



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ στα
Α.Π. ΠΟΛΥΠΛΟΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ και ΔΙΚΤΥΑ

ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εφαρμογή της Ανάλυσης Δικτύων στη μελέτη του Διεθνούς Εμπορίου:
Η περίπτωση της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς**

**Implementation of Network Analysis in the Study of International Trade:
The Case of the European Union**

Μαρία Α. Στρωτού

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Νικόλαος Βαρσακέλης, Αν. Καθηγητής Α.Π.Θ.

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Γρηγόριος Ζαρωτιάδης, Αν. Καθηγητής Α.Π.Θ.

Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2017





ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ στα
Α.Π. ΠΟΛΥΠΛΟΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ και ΔΙΚΤΥΑ

ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εφαρμογή της Ανάλυσης Δικτύων στη μελέτη του Διεθνούς Εμπορίου: Η περίπτωση της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς

**Implementation of Network Analysis in the Study of International Trade:
The Case of the European Union**

Μαρία Α. Στρωτού

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Νικόλαος Βαρσακέλης,
Αν. Καθηγητής Α.Π.Θ.

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Γρηγόριος Ζαρωτιάδης,
Αν. Καθηγητής Α.Π.Θ.

Εγκρίθηκε από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή την

.....
Ν. Βαρσακέλης
Αν. Καθηγητής,
Τμήμα Οικονομικών
Επιστημών Α.Π.Θ.

.....
Γ. Ζαρωτιάδης
Αν. Καθηγητής,
Τμήμα Οικονομικών
Επιστημών Α.Π.Θ.

.....
Ι. Αντωνίου Καθηγητής
Τμήμα Μαθηματικών
Α.Π.Θ.

Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2017



.....
Μαρία Α. Στρωτού

Πτυχιούχος Οικονομολόγος Α.Π.Θ.

Copyright © Μαρία Α. Στρωτού, 2017
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



*Στη γιαγιά μου Ουρανία
και στη μητέρα μου*





ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η εμπορική δυναμικότητα του δικτύου των χωρών, κρατών – μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς μέσα από την σύνδεση δυο θεωριών, αυτή της Θεωρίας των Δικτύων και της Θεωρίας του Διεθνούς Εμπορίου. Κύριο μέρος της εργασίας καταλαμβάνει η εμπειρική ανάλυση των χωρών, κρατών - μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα έτη 2005 και 2015 αντίστοιχα. Η μελέτη της εμπορικής δυναμικότητας βασίζεται στην εξαγωγική ροή κάθε κράτους - μέλους προς το άλλο κράτος - μέλος. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται μία σύντομη ιστορική αναφορά και εξήγηση τόσο της Θεωρίας των Δικτύων όσο και της Θεωρίας του Διεθνούς Εμπορίου. Στη συνέχεια, εφαρμόζονται οι μέθοδοι και τα εργαλεία της Θεωρίας των Δικτύων όπως οι κεντρικότητες, οι ρόλοι κλειδιά εντός του δικτύου της Ευρωπαϊκής Ένωσης με βάση την ποσότητα, τη ροή από την εξαγωγική δραστηριότητα των χωρών, κρατών - μελών αντίστοιχα για τις δύο χρονικές στιγμές και παρουσιάζεται μία συγκριτική ανάλυση αυτών των δύο περιπτώσεων. Επιπλέον εφαρμόζεται η περίπτωση του Δικτύου Ανοιχτής Ροής (OFN) στο δίκτυο των χωρών, κρατών – μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς, μέθοδος η οποία προσεγγίζει την απόσταση ροής για την ανάδειξη μιας νέας προοπτικής μελέτης του Διεθνούς Εμπορίου. Παρουσιάζονται τα τροφικά επίπεδα των χωρών, κρατών – μελών για τις δύο χρονικές περιόδους τόσο από την πλευρά της ροής χρημάτων όσο και από την πλευρά της ροής των εμπορευμάτων. Τέλος χρησιμοποιείται η αρμονική κεντρικότητα για την ανάδειξη των κεντρικών κόμβων του δικτύου από την τοπολογική άποψη. Οι πρώτες χώρες στην κατάταξη αυτού του δείκτη σε αύξουσα σειρά αποτελούν τους πιο σημαντικούς hub του δικτύου από την χωροταξική πλευρά.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ

Θεωρία Δικτύων, Διεθνές Εμπόριο, Ενιαία Ευρωπαϊκή Αγορά, Μέτρα κεντρικότητας, Markov, Απόσταση Ροής, Open Flow Network



ABSTRACT,

This present paper examines the commercial potential of the network of countries, members - states of the European Single Market through the connection of two theories, the Network Theory and the Theory International Trade. The main part of the paper is the empirical analysis of the countries, members - states of the European Union for the year of 2005 and 2015, respectively. The study of commercial capacity is based on the export flow of each Member - State to the other. More specifically, there is a brief historical reference and explanation for both Network Theory and International Trade Theory. Then, the methods and the tools of the Network Theory are applied to this empirical analysis ,such as the centralities, the roles within the European Union Network based on the quantity, the flow from the export activity of countries, members - states and it is presented a comparative analysis of these two cases. In addition, the method of the Open Flow Network (OFN) is applied to the network of countries, members - states of the European Single Market, a method that approaches the flow distance for the emergence of a new perspective for the study of the International Trade. We present the trophic levels of the countries, members - states for the two different time periods both from the money flow and the commodity flow. Finally, we use the harmonic centrality to highlight the central nodes of the network from the topological point of view. The first countries in the ranking of this index in ascending order are the most important hub of the network from the spatial aspect.

KEY WORDS

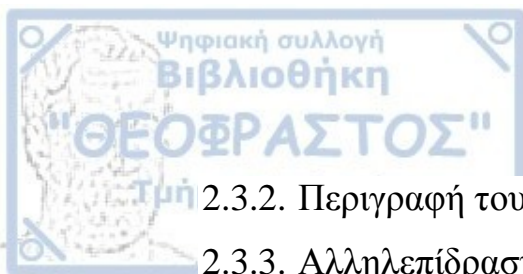
Graph Theory, International Trade, European Union, Centrality Measures, Markov, Flow Distance, Open Flow Network





ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

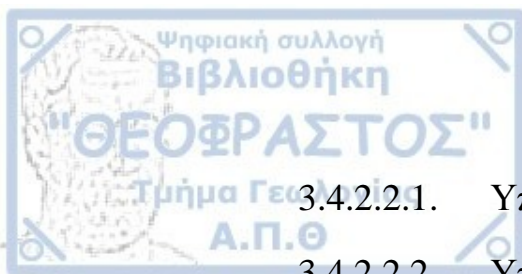
Περίληψη.....	7
Abstract.....	8
Ευχαριστίες.....	14
Εισαγωγή.....	16
Κεφάλαιο 1	
1. Η Θεωρία Των Δικτύων.....	18
1.1. Ιστορική Αναφορά.....	18
1.2. Βασικά Στοιχεία και Ιδιότητες Της Θεωρίας Των Δικτύων.....	23
1.2.1. Λίγα λόγια για τα δίκτυα.....	23
1.2.2. Τοπολογία Δικτύου.....	23
1.2.2.1. Τα κυριότερα είδη τοπολογιών.....	23
1.2.3. Κατηγορίες δικτύων ως προς τον τρόπο κατασκευής τους.....	24
1.2.4. Μέτρα Κεντρικότητας.....	24
1.2.4.1. Βαθμική Κεντρικότητα (Degree Centrality).....	24
1.2.4.2. Κεντρικότητας Εγγύτητας (Closeness Centrality).....	25
1.2.4.3. Ενδιάμεση Κεντρικότητα (Betweenness Centrality).....	25
1.2.4.4. Ιδιοκεντρικότητα (Eigenvector Centrality).....	25
1.3. Η Οικονομική Στη θεωρία Των Δικτύων.....	27
1.3.1. Ο όρος Οικονομική.....	27
1.3.2. Η ιστορία της Οικονομικής.....	27
Κεφάλαιο 2	
2. Η Θεωρία Του Διεθνούς Εμπορίου.....	29
2.1. Ιστορική Αναφορά.....	29
2.2. Στοιχεία Μελέτης του Παγκόσμιου Οικονομικού Συστήματος.....	33
2.3. Τα Δίκτυα Ανοιχτής Ροής [ή Open Flow Networks- OFN].....	37
2.3.1. Το Μοντέλο Δικτύων Ανοιχτής Ροής [Open Flow Networks].....	39



2.3.2. Περιγραφή του Μοντέλου.....	40
2.3.3. Αλληλεπίδραση Του Δικτύου Ροής Εμπορευμάτων Και Του Δικτύου Ροής Χρημάτων.....	42
2.3.3.1. Από τη πλευρά της εμπορευματικών συναλλαγών.....	43
2.3.3.2. Από την πλευρά των χρηματικών συναλλαγών.....	44

Κεφάλαιο 3

3. Η Μελέτη της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς.....	45
3.1. Δεδομένα.....	45
3.2. Σκοπός της Εργασίας.....	45
3.3. Ερμηνεία των διαφορών των εξαγωγών και των εισαγωγών των κρατών – μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς.....	46
3.4. Συγκριτική Ανάλυση Του Δικτύου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα έτη 2005 και 2015.....	48
3.4.1. Το Δίκτυο του 2005.....	48
3.4.1.1. Αναπαράσταση του Δικτύου 2005.....	49
3.4.1.2. Υπολογισμός Βασικών Μέτρων Κεντρικότητας.....	50
3.4.1.2.1. Υπολογισμός Της Βαθμικής Κεντρικότητας.....	50
3.4.1.2.2. Υπολογισμός Της Βεβαρημένης Κεντρικότητας Εγγύτητας	51
3.4.1.2.3. Υπολογισμός Της Βεβαρημένης Ενδιάμεση Κεντρικότητας.....	52
3.4.1.2.4. Υπολογισμός Της Βεβαρημένης Ιδιοκεντρικότητας..	54
3.4.2. Το Δίκτυο του 2015.....	57
3.4.2.1. Αναπαράσταση του Δικτύου 2015.....	58
3.4.2.2. Υπολογισμός Βασικών Μέτρων Κεντρικότητας.....	59



3.4.2.2.1.	Υπολογισμός Της Βαθμικής Κεντρικότητας.....	59	
3.4.2.2.2.	Υπολογισμός Της Βεβαρημένης Κεντρικότητας Εγγύτητας	60	
3.4.2.2.3.	Υπολογισμός Της Βεβαρημένης Ενδιάμεση Κεντρικότητας.....	61	
3.4.2.2.4.	Υπολογισμός Της Βεβαρημένης Ιδιοκεντρικότητας..	63	
3.4.3.	Συγκριτική Ανάλυση για τα δίκτυα του 2005 και του 2015.....	65	
3.5.	Εφαρμογή Της Θεωρίας των Δικτύων Ανοιχτής Ροής Στη Μελέτη Του Δικτύου της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	67	
3.5.1.	Προϊόν Μελέτης.....	67	
3.5.2.	Δίκτυο Ροής Εμπορευμάτων.....	67	
3.5.2.1.	Κατασκευή του Δικτύου Ροής Εμπορευμάτων 2005.....	68	
3.5.2.2.	Χρήση Κεντρικής Αρμονίας Για Την Ανάδειξη Της Κεντρικής Θέσης Χώρας Στην Ενιαία Ευρωπαϊκή Αγορά για το 2005.....	73	
3.5.3.	Δίκτυο Ροής Εμπορευμάτων 2015.....	75	
3.5.3.1.	Κατασκευή του Δικτύου Ροής Εμπορευμάτων 2015.....	75	
3.5.3.2.	Χρήση Κεντρικής Αρμονίας Για Την Ανάδειξη Της Κεντρικής Θέσης Χώρας Στην Ενιαία Ευρωπαϊκή Αγορά για το 2005.....	80	
3.5.4.	Τροφικό Επίπεδο.....	82	
Κεφάλαιο 4			
4.	Συμπεράσματα.....	85	
Παραρτήματα.....			88
Βιβλιογραφία.....			89





Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους εκείνους τους ανθρώπους για την πολύτιμη προσφορά και την στήριξη που απλόχερα μου πρόσφεραν κατά την διάρκεια της συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας.

Θερμά θέλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, τον κύριο Ζαρωτιάδη Γρηγόριο, για τις παρατηρήσεις που έκανε σχετικά με την εργασία μου, για την καθοδήγηση του αλλά και για την πλούσια πνευματική και επιστημονική εμπειρία που απέκτησα από την συνεργασία μαζί του.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους άλλους δύο καθηγητές μου και μέλη της επιτροπής, τον κύριο Βαρσακέλη Νικόλαο και τον κύριο Αντωνίου Ιωάννη, όπου με την ένθερμη υποστήριξη και την συμμετοχή τους βοήθησαν στην αποπεράτωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, οφείλω να ομολογήσω πως χωρίς την υποστήριξη και βοήθεια αγαπημένων μου ατόμων δεν θα είχα καταφέρει να φτάσω στο σημείο αυτό της ζωής μου. Συγκεκριμένα ευχαριστώ μέσα από την καρδιά μου την οικογένειά μου, τον αγαπημένο μου Δημήτρη Παπαδόπουλο και όλους μου τους φίλους που ήταν πάντα στο πλευρό μου πολλές φορές κατά τη διάρκεια των σπουδών μου και γενικότερα στην πορεία της ζωής μου.



Εισαγωγή

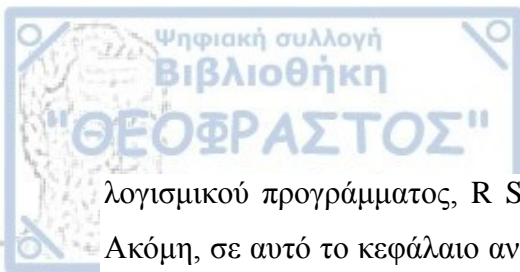
Το Διεθνές Εμπόριο αποτελεί το βασικό θεμέλιο της ύπαρξης και της ανάπτυξης της παγκόσμιας οικονομίας. Ποτέ δεν ήταν η μελέτη των οικονομικών σχέσεων πιο σημαντική όσο είναι σήμερα. Οι χώρες είναι πιο στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους, αν λάβουμε υπόψη την κινητικότητα των εμπορευμάτων (Αγαθών και Υπηρεσιών), την κινητικότητα των ανθρώπων και τέλος την κινητικότητα κεφαλαίων, τόσο λόγω από τις Ξένες Άμεσες Επένδυσης όσο και λόγω κερδοσκοπικών κινήσεων.

Η πολυπλοκότητα του Διεθνούς Εμπορίου αναδεικνύεται σε σημαντικό βαθμό μέσα από τις διασυνδέσεις των χωρών που προκύπτουν από την ύπαρξη εμπορικών συναλλαγών μεταξύ του. Παρατηρείται ότι στη σημερινή εποχή, το οικονομικό περιβάλλον αναπτύσσεται με πολύ ταχείς και πολύπλοκους ρυθμούς. Η μελέτη του Διεθνούς Εμπορίου για την ανάλυση της δυναμικής των εκάστοτε οικονομιών έχει σαν συνέπεια την ανάγκη της ανάδειξης διαφορετικών μεθόδων και εργαλείων για τη μελέτη της νέα προοπτικής του Διεθνούς Εμπορίου. Σε αυτήν τη ανάδειξη σημαντικό ρόλο παίζει η Θεωρία των Δικτύων και οι καινούργιες μετρικές της που δίνουν μία νέα προοπτική στην ανάδειξη πτυχών του Διεθνούς Εμπορίου που δεν θα μπορούσαν να αναδειχθούν με κάποιον άλλον τρόπο.

Η παρούσα εργασία είναι δομημένη σε τέσσερα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μία σύντομη ιστορική αναφορά για τη Θεωρία Των Δικτύων καθώς και τα στοιχεία, οι ιδιότητες και τα εργαλεία αυτής. Γίνεται αναφορά στην Οικονομική και στη σχέση της με τα δίκτυα. Η οικονομική (econophysics) είναι ένας διεπιστημονικός ερευνητικός κλάδος, εφαρμόζοντας μοντέλα και εργαλεία που αναπτύχθηκαν αρχικά στην φυσική επιστήμη με στόχο να λυθούν προβλήματα στην οικονομική επιστήμη.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναπτύσσεται μία σύντομη ιστορική αναφορά για την Θεωρία Του Διεθνούς Εμπορίου και για τη διαχρονική μελέτη και ανάλυση των οικονομικών συστημάτων. Ακόμη αναφερόμαστε στα Δίκτυα Ανοιχτής Ροής (OFNs) και ποια είναι η σχέση τους με τη μελέτη του Διεθνούς Εμπορίου.

Στο τρίτο κεφάλαιο χρησιμοποιούνται τα εργαλεία και τα μέτρα των δικτύων στο οικονομικό σύστημα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Γίνεται εξόρυξη των εμπορικών δεδομένων από την Βάση δεδομένων του Comtrade του ΟΗΕ για το δίκτυο της Ευρωπαϊκής Ένωσης του 2005 και του 2015 και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα από τη μελέτη. Με τη βοήθεια του



λογισμικού προγράμματος, R Studio, πραγματοποιείται η εμπειρική ανάλυση της μελέτης. Ακόμη, σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται και τα χαρακτηριστικά των OFN και εφαρμόζονται στο δίκτυο των χωρών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς για τα έτη 2005 και 2015 και παρουσιάζονται κάποια συγκριτικά αποτελέσματα. Σκοπός και σε αυτό το υποκεφάλαιο είναι να μελετηθεί η μεταβολή που υπέστη το δίκτυο των κρατών - μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς από τη παγκόσμια κρίση του οικονομικού συστήματος για τη διαπραγματευόμενη δεκαετία με τη χρήση μετρικών που θα αντληθούν τόσο από τα εργαλεία της Θεωρίας των Δικτύων όσο και από το μοντέλο του OFN.

Στο τέταρτο κεφάλαιο ακολουθούν εν κατακλείδι η σύνοψη των συμπερασμάτων από την εμπειρική ανάλυση των χωρών, κρατών – μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς.

Κεφάλαιο 1

1. Η Θεωρία Των Δικτύων

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μία σύντομη ιστορική αναφορά για τη Θεωρία Των Δικτύων και θα παρουσιαστούν τα στοιχεία, οι ιδιότητες και τα εργαλεία των δικτύων. Τέλος θα αναφερθούμε στην Οικονομική και στη σχέση της με τα δίκτυα.

1.1. Ιστορική Αναφορά

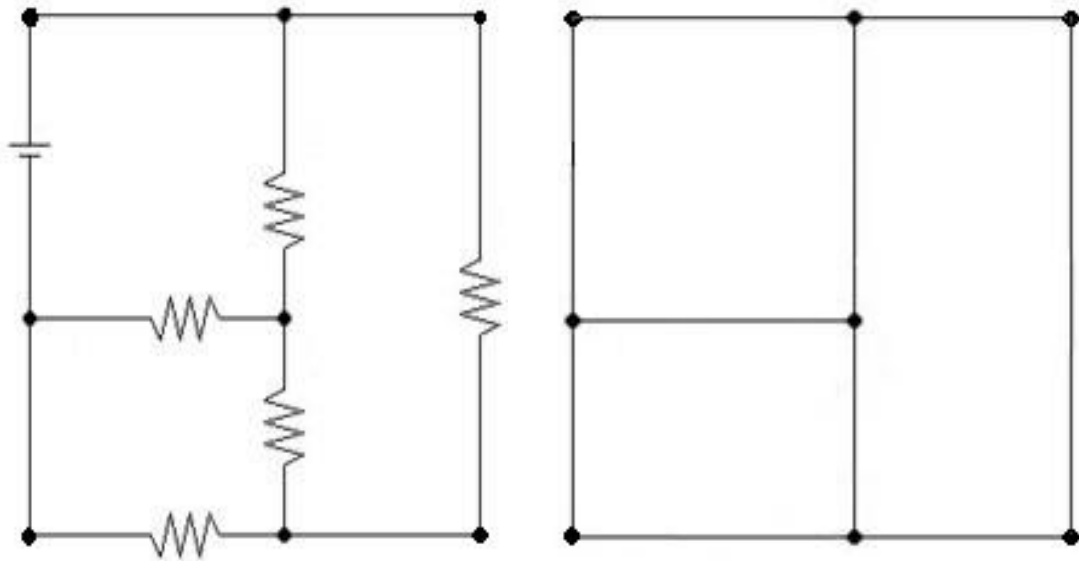
Σε μία επιστολή του προς τον C. Huygens, ο W. Leibniz, το 1679, παρατήρησε ότι "μας χρειάζεται ένα άλλο είδος ανάλυσης, γεωμετρικής ή γραμμικής, που να ασχολείται απ' ευθείας με τη θέση, όπως η άλγεβρα ασχολείται με το μέγεθος". [1]

Ο W. Leibniz χρησιμοποίησε τον όρο "analysis situs" (δηλ. ανάλυση της θέσης) για το είδος αυτό της ανάλυσης το οποίο κατά καιρούς ονομάστηκε "geometria situs ή geometry of position", ώστε να καταλήξει σήμερα στον όρο που οι περισσότεροι γνωρίζουν, τη θεωρία γραφημάτων (Graph theory). [1]

Το περίφημο πρόβλημα των γεφυρών του Königsberg που παρουσίασε το 1735 ο L. Euler στην ακαδημία επιστημών της Αγίας Πετρούπολης. Αυτό το πρόβλημα θεωρείται ως το γενέθλιο πρόβλημα της θεωρίας γραφημάτων, γιατί στη λύση που πρότεινε ο Euler έλαβε υπόψη του μόνο τις θέσεις και όχι τις σχετικές αποστάσεις των γεφυρών. [2]

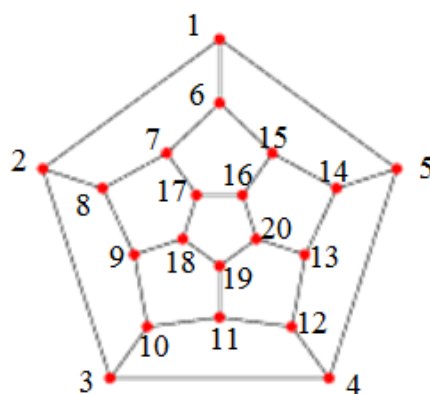
Ακόμη, ο Euler, το 1750 παρατήρησε ότι στα κυρτά γεωμετρικά στερεά, ανεξάρτητα από το μέγεθος ή τη μορφή τους, ισχύει η σχέση: $H+S=A+2$, όπου H είναι το πλήθος εδρών, S είναι το πλήθος στερεών γωνιών και το A αποτελεί το πλήθος των ακμών του στερεού. [1]

Θέλοντας να υπολογίσει τη ζεύξη σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, το 1847, ο Kirchhoff αντιστόιχε ένα γράφημα με ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1: Η Αντιστοιχία του ηλεκτρονικού κυκλώματος με γράφημα.

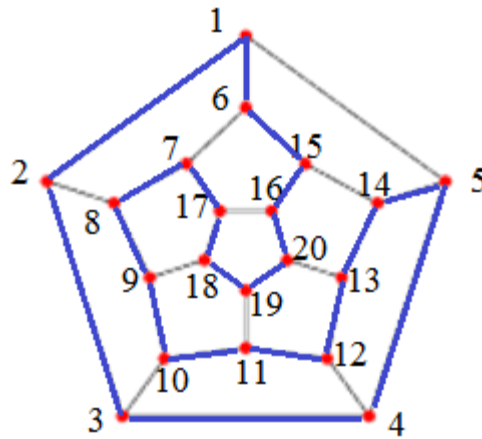
Ο Sir William Hamilton το 1859 σκέφθηκε ένα παιχνίδι το οποίο το ονόμασε ο Γύρος του κόσμου (around the world). Για παράδειγμα ας θεωρήσουμε ότι 20 πόλεις στον κόσμο είναι κορυφές ενός κανονικού 20-γώνου, στερεού που εγγράφεται σε κύκλο. Ας υποθέσουμε επιπλέον ότι η συγκοινωνία μεταξύ αυτών των πόλεων είναι εφικτή μόνο δια των ακμών του 20-γώνου. Είναι δυνατό να βρεθεί διαδρομή που να περνά από όλες τις πόλεις και να επιστρέφει στην πόλη εκκίνησης, χωρίς να περνά δεύτερη φορά από καμία πόλη;



Εικόνα 2: Το παιχνίδι του Sir William Hamilton

Το παιχνίδι περιγράφεται στην Εικόνα 2. Οι κορυφές στο σχήμα αυτό παριστάνουν τις 20 πόλεις και οι ακμές παριστάνουν της σύνδεση μεταξύ των πόλεων και τους σχηματικά επιτρεπούς τρόπους μετάβασης από τη μία στην άλλη. Μία διαδρομή που ικανοποιεί τις

απαιτήσεις του παιχνιδιού του Sir William Hamilton, είναι η: 1, 2, 3, 4, 5, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 17, 18, 19, 20, 16, 15, 6, 1. όπου με 1 συμβολίσαμε την πόλη εκκίνησης και άφιξης και η οποία διαδρομή αναπαριστάται στην Εικόνα 3.



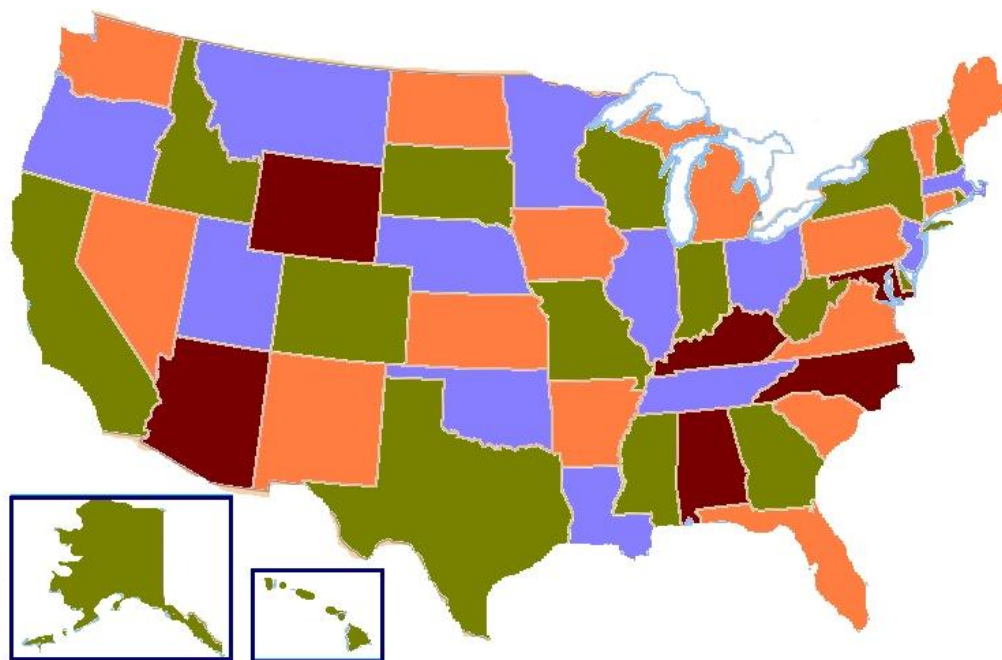
Εικόνα 3: Η λύση του παιχνιδιού του Sir William Hamilton

Τέτοιες διαδρομές σε γραφήματα, δηλαδή διαδρομές που περνούν από όλες τις κορυφές ενός γραφήματος, μόνο από μία φορά και επιστρέφουν στην πόλη εκκίνησης, λέγονται διαδρομές Hamilton και το γράφημα που περιέχει μία τουλάχιστον τέτοια διαδρομή, λέγεται γράφημα Hamilton ή Hamiltonian γράφημα. [1]

Δεν υπάρχει γενικός τρόπος να διαπιστωθεί αν ένα τυχαίο γράφημα είναι ένα γράφημα Hamilton. Ακόμη πιο δύσκολο είναι το να βρεθεί ποια διαδρομή Hamilton έχει ελάχιστο μήκος, ή ελάχιστο κόστος κλπ. Το πρόβλημα αυτό στη γενική περίπτωση είναι άλυτο, με την έννοια ότι οι αλγόριθμοι που κατασκευάζονται δε συγκλίνουν σε πολυωνυμικό χρόνο (NP-Complete Problem¹). [1]

Το πρόβλημα των 4 χρωμάτων είναι επίσης ένα γνωστό πρόβλημα των γραφημάτων. Το πρόβλημα αυτό διατυπώθηκε για πρώτη φορά το 1840 από τον Möbius και αφορά τη δυνατότητα χρωματισμού οποιουδήποτε χάρτη με ακριβώς τέσσερα χρώματα. Οι χώρες συμβολίζονται με τις κορυφές του γραφήματος, ενώ η ιδιότητα δύο χωρών να συνορεύουν, παριστάνεται με μία ακμή που συνδέει τις χώρες. Το πρόβλημα των 4 χρωμάτων ανάγεται με τον τρόπο αυτό στο πρόβλημα του χρωματισμού των επίπεδων γραφημάτων.

¹ Στην κλάση NP ανήκουν όλα τα προβλήματα για οποία η λύση μπορεί να επαληθευτεί σε πολυωνυμικό χρόνο δηλαδή μπορούν να λυθούν σε πολυωνυμικό χρόνο από μια μη-ντετερμινιστική μηχανή Turing. Η μη-ντετερμινιστική μηχανή Turing είναι μία μηχανή Turing που σε κάθε της βήμα μπορεί και μαντεύει σωστά τη λύση του προβλήματος όταν πρέπει να διαλέξει μεταξύ περισσότερων της μιας επιλογών.



Εικόνα 4: Χρωματισμός του χάρτη των ΗΠΑ με τέσσερα χρώματα (αγνοώντας τις λίμνες)

Οι Appel και Haken το 1976 απέδειξαν με τη βοήθεια υπολογιστή ότι αρκούν τέσσερα χρώματα για να χρωματιστεί οποιοσδήποτε χάρτης. Η απόδειξη όμως είναι αρκετά πολύπλοκη και είναι δύσκολο να ελεγχθεί εάν πράγματι ισχύει για όλες τις περιπτώσεις. Όμως όπως είναι γνωστό από τον Heawood από το 1890, αρκούν 5 χρώματα για να χρωματίσουν ένα χάρτη. [3]

Το 2008 κυκλοφόρησε ένα ντοκιμαντέρ με τίτλο, *Connected: The Power of Six Degrees*. Το νόημα του Ντοκιμαντέρ είναι ότι ο καθένας στον κόσμο μπορεί να έρθει σε επικοινωνία με κάποιον άλλον στον κόσμο που δεν γνωρίζει μόνο με έξι κοινούς γνωστούς. Ένα αξιόλογο ντοκιμαντέρ για τη νέα επιστήμη της Θεωρίας των Δικτύου. Είναι χτισμένο γύρω από την αναπαραγωγή της εμπειρίας "Έξι βαθμοί διαχωρισμού". Οι κύριες έννοιες των Δικτύων εξηγούνται σε μεγάλο βαθμό γι' αυτό και προσωπικά πιστεύω ότι το ντοκιμαντέρ γίνεται εύκολα κατανοητό από οποιοδήποτε κοινό. Το πρώτο μέρος αφορά το μοντέλο του Μικρόκοσμου και εξηγεί πως και γιατί λειτουργούν οι έξι βαθμοί (κόμβοι - άτομα). Στο δεύτερο μέρος ερμηνεύονται οι έννοιες των κόμβων και της κατανομής της βαθμικής κεντρικότητας. Επίσης γίνεται μεγαλύτερη αναφορά στις εφαρμογές της Θεωρίας των Δικτύων, συγκεκριμένα για την έρευνα για τον καρκίνο. [4]



Σήμερα τα γραφήματα χρησιμοποιούνται σε όλες σχεδόν τις επιστήμες, διότι το μόνο που απαιτείται για τη δημιουργία τους είναι κάποια αντικείμενα που έχουν ή δεν έχουν σχέση μεταξύ τους.

Σε όλη αυτήν την ιστορική αντιπαράθεση δεν έπεσε στην αντίληψή μας κάποια συσχέτιση της θεωρίας των δικτύων με κοινωνικοοικονομικά θέματα και ζητήματα όπως γραφήματα ή μελέτη δικτύων που να αναδεικνύουν τα χαρακτηριστικά του διεθνούς εμπορίου.

1.2. Βασικά Στοιχεία και Ιδιότητες Της Θεωρίας Των Δικτύων

1.2.1. Λίγα λόγια για τα δίκτυα

Ένα δίκτυο (ή γράφημα) είναι ένα (πεπερασμένο) σύνολο κόμβων (ή κορυφών) και γραμμών (ή ακμών) $G = \{V, E\}$, όπου V είναι το σύνολο των κόμβων και E το σύνολο των ακμών. Η ακμή που συνδέει τους κόμβους i και j συμβολίζεται απλά (i, j) . Αν κάθε ακμή έχει μία συγκεκριμένη διεύθυνση, τότε το δίκτυο ονομάζεται κατευθυνόμενο (directed graph), σε αντίθετη περίπτωση ονομάζεται μη κατευθυνόμενο (undirected graph). Αν κάποιες ακμές έχουν διεύθυνση και κάποιες όχι, τότε το δίκτυο ονομάζεται μεικτό (mixed graph). Μία ακμή με διεύθυνση (i, j) οδηγεί από τον κόμβο i στον κόμβο j . [1,5]

Δύο κόμβοι που συνδέονται με μία ακμή καθώς και δύο ακμές που συνδέονται με έναν κόμβο ονομάζονται γειτονικοί. Ο βαθμός ενός κόμβου σε ένα μη κατευθυνόμενο δίκτυο είναι ο αριθμός των ακμών που περνούν από τη κορυφή. Σε ένα κατευθυνόμενο δίκτυο, ορίζεται ως εσω-βαθμός ο αριθμός των ακμών που καταλήγουν σε αυτό τον κόμβο (indegree) και εξω-βαθμός ο αριθμός των ακμών που φεύγουν από αυτό τον κόμβο (outdegree). [1,5]

1.2.2. Τοπολογία Δικτύου

Ο όρος Τοπολογία Δικτύου εκφράζει τη μορφή της σύνδεσης μεταξύ των κόμβων ενός δικτύου. Οι τοπολογίες είναι είτε φυσικές είτε λογικές. Τα κυριότερα είδη τοπολογιών είναι η γραμμική, η τύπου διαύλου, αστέρι, η κατανεμημένη, η πλήρως κατανεμημένη και η τύπου δένδρου.

1.2.2.1. Τα κυριότερα είδη τοπολογιών

Στην τοπολογία διαύλου (ή bus) όλοι οι κόμβοι είναι συνδεδεμένοι με μία κεντρική ακμή. Στην τοπολογία δακτυλίου (ή ring) όλοι οι κόμβοι είναι συνδεδεμένοι με μορφή ενός κλειστού βρόχου, έτσι ώστε κάθε κόμβος συνδέεται άμεσα με δύο άλλους κόμβους, έναν από κάθε πλευρά. Στην τοπολογία αστέρα (ή star) όλοι οι κόμβοι συνδέονται με έναν κεντρικό κόμβο (hub). Μια τοπολογία δέντρου συνδυάζει τα χαρακτηριστικά των γραμμικών τοπολογιών διαύλου και αστεριού. Το επόμενο στάδιο πολυπλοκότητας είναι η κατανεμημένη τοπολογία (mesh topology), η οποία παίρνει ένα σύνολο τοπολογιών αστέρα και προσθέτει πλεονάζουσες συνδέσεις μεταξύ των κόμβων. Δηλαδή δημιουργούνται εναλλακτικοί δρόμοι επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων. Τα τηλεφωνικά δίκτυα είναι μίξη της τοπολογίας αστέρα και της

κατανεμημένης. Τέλος στην πλήρως κατανεμημένη τοπολογία όλοι οι κόμβοι συνδέονται μεταξύ τους. Ο αριθμός των συνδέσεων (connections /edges) αυξάνεται τετραγωνικά σε σχέση με τον αριθμό των κόμβων (nodes/ vertices). [6]

1.2.3. Κατηγορίες δικτύων ως προς τον τρόπο κατασκευής τους

Οι κατηγορίες των δικτύων ως προς τον τρόπο κατασκευής τους διακρίνονται σε:

- i. Σταθμισμένο δίκτυο (weighted): οι σχέσεις περιγράφονται με έναν συντελεστή βαρύτητας.
- ii. Δίκτυο χωρίς βάρη (binary) – δυαδικό δίκτυο ή 0-1 δίκτυο.
- iii. Δυαδικό δίκτυο που προκύπτει από τον καθορισμό ενός κατωφλίου (μια ακμή υπάρχει αν το βάρος είναι μεγαλύτερο του 1).
- iv. Ίδια περίπτωση με την προηγούμενη για βάρος μεγαλύτερο του 2.
- v. Κατευθυνόμενο (directed) (όταν π.χ. αναπαριστά τη σχέση «απευθύνομαι σ' αυτόν/ην για συμβουλή»)
- vi. Μη κατευθυνόμενο (non directed) (όταν πχ αναπαριστά τη σχέση «ο Α είναι φίλος με τον Β»). [6]

1.2.4. Μέτρα Κεντρικότητας

1.2.4.1. Βαθμική Κεντρικότητα (Degree Centrality)

Με τη βαθμική κεντρικότητα (ή degree centrality) μετράμε πόσο συνδεδεμένος είναι ένας κόμβος σε ένα δίκτυο. Η κεντρικότητα ενός κόμβου ορίζεται ως

$$\frac{d_i(g)}{(n-1)}$$

, όπου d_i είναι ο βαθμός του κόμβου i , δηλαδή το άθροισμα των ακμών που περνούν από τον κόμβο i στο δίκτυο g και n είναι το πλήθος των κόμβων του δικτύου g . Επισημαίνουμε ότι με τον όρο βαθμό του κόμβου εννοούμε το συνολικός αριθμός των κόμβων με τους οποίους είναι συνδεδεμένος ο κόμβος i που εξετάζουμε. [8]

1.2.4.2. Κεντρικότητας Εγγύτητας (Closeness Centrality)

Με την κεντρικότητα εγγύτητας (ή closeness centrality) μετράμε πόσο εύκολα από ένα κόμβο είναι δυνατό να μεταφερθούμε σε κάποιον άλλο κόμβο. Ορίζεται ως το αντίστροφο της μέσης απόστασης μεταξύ του i και οποιοδήποτε άλλου κόμβου και αναπαριστάται μαθηματικά ως εξής,

$$\frac{(n - 1)}{\sum_j l(i, j)}$$

, όπου $l(i, j)$ είναι το μήκος του συντομότερου μονοπατιού μεταξύ δύο κόμβων i και j . [8]

1.2.4.3. Ενδιάμεση Κεντρικότητα (Betweenness Centrality)

Με την ενδιάμεση κεντρικότητα (betweenness centrality) υπολογίζουμε πόσο σημαντικός είναι ένας κόμβος για τη σύνδεση μεταξύ των άλλων κόμβων ή για τη ροή της πληροφορίας στο δίκτυο. Η ενδιάμεση κεντρικότητα προτάθηκε από τον Freedman το 1977, αλλά είχε ήδη προταθεί από τον Anthonisse σε αδημοσίευτη εργασία που είχε κάνει. [8]

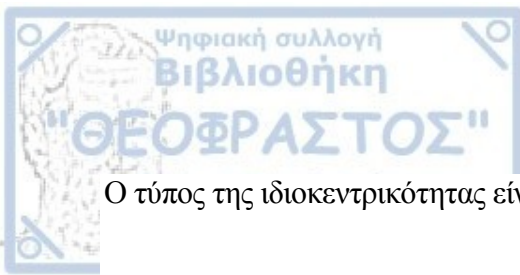
Ο τύπος της ενδιάμεσης κεντρικότητας είναι ίσος με:

$$\sum_{i \neq v \neq j} \left(\frac{\sigma_{ij}(v)}{\sigma_{ij}} \right)$$

όπου $\sigma_{ij}(v)$ είναι το πλήθος των ελαχίστων μονοπατιών που συνδέουν τους κόμβους i και j αλλά διέρχονται από τον κόμβο v και υπολογίζεται για κάθε τριάδα κόμβων και σ_{ij} είναι το πλήθος των ελαχίστων μονοπατιών μεταξύ όλων των ζευγών των κόμβων i και j .

1.2.4.4. Ιδιοκεντρικότητα (Eigenvector Centrality)

Στην ιδιοκεντρικότητα (eigenvector centrality) θεωρούμε ότι η αξία δηλαδή το κύρος του ενός κόμβου εξαρτάται από την αξία των γειτόνων του, πόσους βαθμικά σημαντικότερους γείτονες έχουν. [8]



Ο τύπος της ιδιοκεντρικότητας είναι ίσος με:

$$\frac{1}{\lambda} \sum_{t \in M(v)} x_t$$

όπου $M(v)$ είναι το σύνολο των γειτόνων του κόμβου v , t είναι ένας κόμβος που επικοινωνεί με τον κόμβο v και λ είναι μία σταθερά.

1.3. Η Οικονοφυσική Στη θεωρία Των Δικτύων

1.3.1. Ο όρος Οικονοφυσική

Η οικονομοφυσική (econophysics) είναι ένας διεπιστημονικός ερευνητικός κλάδος, εφαρμόζοντας μοντέλα και εργαλεία που αναπτύχθηκαν αρχικά στην φυσική επιστήμη με στόχο να λυθούν προβλήματα στην οικονομική επιστήμη. [8]

Ένα βασικό εργαλείο αυτού του τομέα είναι η μαθηματική θεωρία της πολυπλοκότητας, και άμεσα συνδεδεμένη η θεωρία των πληροφοριών, δύο θεωρίες που αναπτύχθηκαν αντίστοιχα από τους Murray Gell-Mann και τον Claude E. Shannon. Επειδή τα οικονομικά φαινόμενα είναι στην πραγματικότητα το μακροοικονομικό αποτέλεσμα αλληλεπιδράσεων πολλών παραμέτρων σε ένα μικροοικονομικό επίπεδο μιας οικονομίας, τα φυσικά μοντέλα πρέπει να αντανakλούν αυτό το φαινόμενο. Παρόλο αυτά, υπάρχουν πολλά πεδία και εργαλεία από τη φυσική που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Οικονοφυσική, για παράδειγμα η δυναμική ρευστών, η κβαντική μηχανική, και η ολοκλήρωση τροχιών στην στατιστική μηχανική. [8]

1.3.2. Η ιστορία της Οικονοφυσικής

Η Οικονοφυσική αναπτύχθηκε στα μέσα της δεκαετίας του '90 από διάφορους φυσικούς που εργάζονται στο πεδίο της στατιστικής μηχανικής, εφαρμόζοντας διάφορες θεωρίες και μεθόδους στο πλαίσιο της Μηχανικής, της Θερμοδυναμικής και της Στατιστικής Φυσικής για να διαμορφώσουν και να επιλύσουν σύνθετα προβλήματα στα Οικονομικά. Τα παραδοσιακά εργαλεία ανάλυσης των οικονομολόγων δεν ήταν ικανά να επιλύσουν τα διάφορα προβλήματα που προέκυπταν. Έτσι, εφάρμοσαν εργαλεία και μεθόδους από τη φυσική - αρχικά για να προσπαθήσουν να αντιστοιχίσουν οικονομικά στοιχεία, και έπειτα για να εξηγήσουν τα γενικότερα οικονομικά φαινόμενα. [8]

Μια κατευθυντήρια δύναμη για την Οικονοφυσική ήταν η διαθεσιμότητα τεράστιων ποσοτήτων οικονομικών δεδομένων (big data), που ξεκίνησαν στη δεκαετία του '80. Έγινε προφανές ότι οι παραδοσιακές μέθοδοι ανάλυσης ήταν ανεπαρκείς, γιατί οι καθιερωμένες οικονομικές μέθοδοι ασχολούνταν με ομοιογενή αίτια και ισορροπίες, ενώ πολλά από τα φαινόμενα στις χρηματιστικές αγορές επηρεάζονται πλήρως από ετερογενή αίτια και καταστάσεις που απέχουν αρκετά από την ισορροπία. [8]

Τα μαθηματικά της Οικονομικής βασίζονται στη Μηχανική, τη Θερμοδυναμική και τη Στατιστική Φυσική και περιλαμβάνουν τα Δυναμικά Συστήματα, τις Στοχαστικές Διαδικασίες και την Ανάλυση και Εξέλιξη του Δικτύου. [9]

Ο όρος «Οικονομική» αναπτύχθηκε από τον H. E Stanley, σε ένα στατιστικό συνέδριο φυσικής στην Καλκούτα το 1995. Αργότερα στο άρθρο του με τίτλο “An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance”, προσπάθησε να περιγράψει το μεγάλο αριθμό εργασιών που γράφτηκαν από τους φυσικούς πάνω στα προβλήματα στα Οικονομικά. Η εναρκτήρια συνεδρίαση για την Οικονομική οργανώθηκε αργότερα στη Βουδαπέστη. [8, 9]

Συμπερασματικά, μία καινοτομία που οφείλεται πιθανώς στους Farjoun και Machover (κατά το 1983) με το βιβλίο τους "Νόμοι του Χάους: Μια πιθανολογική προσέγγιση στην πολιτική οικονομία" είχε ως αποτέλεσμα να ενταχθούν οι αρχές της στατιστικής μηχανικής στην οικονομική για τη μελέτη οικονομικών ζητημάτων. Όπως και οι εργασίες των Lion Walras και Vilfredo Pareto αποτέλεσαν σημαντικό παράγοντα ανάδειξης της εφαρμογής της φυσικής σε προβλήματα της οικονομίας. Πράγματι, όπως παρουσιάζεται από τους Ingraο και Israel, η γενική θεωρία της ισορροπίας στα οικονομικά βασίζεται ακριβώς στη φυσική έννοια της μηχανικής ισορροπίας. [8]

Ο λόγος εφαρμογής των εργαλείων της οικονομικής στην παρούσα εργασία είναι για να αναδείξει και να σχολιάσει πτυχές του Διεθνούς Εμπορίου που δεν θα μπορούσαν να αναδειχθούν με κάποιον άλλον τρόπο. Τα δίκτυα ανοιχτής ροής ή OFNs² όπως αλλιώς ονομάζονται αποτελούν έναν ειδικό τύπο πολύπλοκων δικτύων, ο οποίος είναι σε θέση να απεικονίσει καλά τις ροές στα δίκτυα.

² Θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο

Κεφάλαιο 2

2. Η Θεωρία Του Διεθνούς Εμπορίου

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μία σύντομη ιστορική αναφορά για την Θεωρία Του Διεθνούς Εμπορίου και θα παρουσιαστεί μία μελέτη για τη διαχρονική μελέτη και ανάλυση των οικονομικών συστημάτων. Τέλος θα αναφερθούμε στα Δίκτυα Ανοιχτής Ροής (OFNs) και ποια είναι η σχέση τους με τη μελέτη του Διεθνούς Εμπορίου.

2.1. Ιστορική Αναφορά

Από τον 17^ο αιώνα και μετά οι διεθνείς οικονομικές σχέσεις παρουσιάζουν ένα πολύ ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Πολλές από τις έννοιες της οικονομικής επιστήμης αναπτύχθηκαν μέσω διαφόρων προσεγγίσεων που κατά βάση αφορούσαν στο διεθνές εμπόριο. Η θεωρία και η πολιτική του Διεθνούς Εμπορίου αποτελούν το βασικό άξονα γύρω από τον οποίο περιστρέφονται κύριοι κλάδοι της οικονομικής επιστήμης. [10]

Οι κυριότεροι λόγοι διεξαγωγής του διεθνούς εμπορίου είναι η αδυναμία παραγωγής όλων των προϊόντων από μία χώρα, καθώς δε διαθέτει τους κατάλληλους παραγωγικούς συντελεστές (ποσότητα και είδος), η εκμετάλλευση του συγκριτικού πλεονεκτήματος κάθε χώρας και η εκμετάλλευση των οικονομιών κλίμακας από το μέγεθος της αγοράς, αλλά και της παραγωγής. [11]

Από ένα είδος προστατευτισμού χαρακτηρίζονται οι προσεγγίσεις για το διεθνές εμπόριο που προηγήθηκαν αυτές των κλασικών οικονομολόγων. Πριν τα τέλη του 16^{ου} αιώνα, οι οικονομίες έδειχναν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στο ύψος του εμπορικού ισοζυγίου, επιδίωκαν τη σταθεροποίηση των αποθεμάτων σε πολύτιμα μέταλλα, τη προστασία του νομίσματος από την υποτίμηση και, μέσω αυστηρών κανονισμών, τον καθορισμό των συναλλαγών που αφορούσαν στο τότε νόμισμα και στα πολύτιμα μέταλλα. Ένας τρόπος αύξησης των αποθεμάτων των οικονομιών σε μέταλλα κυρίως χρυσού ήταν να υπερτερούν οι εξαγωγές έναντι των εισαγωγών. Επειδή εκείνη την περίοδο η συγκέντρωση πολύτιμων μετάλλων ήταν ο μοναδικός τρόπος αποταμίευσης για τις οικονομίες και τα κράτη, ήταν αδιαμφισβήτητη η σημασία των πολύτιμων αυτών μετάλλων για την αύξηση του πλούτου των εκάστοτε κρατών. [10]

Κατά τη διάρκεια λοιπόν του 16ου, 17ου και 18ου αιώνα επικρατούσε το δόγμα του «Μερκαντισμού» ή «Εμποροκρατίας» στον χώρο της οικονομικής πολιτικής των κρατών. Ο έντονος εθνικισμός και ο σχεδιασμός της οικονομικής δραστηριότητας ως ένα μέσο για την επίτευξη των σκοπών του κράτους είναι ιδέες που χαρακτηρίζουν τον Μερκαντισμό. Αυτή η αρνητική στάση των Μερκαντιστών στην ανάπτυξη του διεθνούς εμπορίου προέρχεται από το ότι ο πλούτος μιας χώρας οριζόταν ως το σύνολο των πολύτιμων μετάλλων της. Τα πολύτιμα αυτά μέταλλα έπρεπε όσο το δυνατόν περισσότερο να είναι υπό τον έλεγχο του κράτους, το οποίο δεν θα έπρεπε να δίνει σε ιδιώτες γιατί οι ιδιώτες μπορεί να τα αντάλλασσαν με εμπορεύματα που θα εισήγαγαν από άλλες χώρες, με αποτέλεσμα πολύτιμα μέταλλα να φεύγουν από τη χώρα. Αυτό θα είχε ως συνέπεια να μειωθεί ο πλούτος της εφόσον μειώθηκε το σύνολο των πολύτιμων μετάλλων της. Το κάθε κράτος και η κάθε οικονομία έπρεπε να έχει τον απόλυτο έλεγχο του εμπορίου με τα άλλα κράτη βάζοντας κάποιους περιορισμούς ώστε να αποτρέψει τέτοιες δραστηριότητες από τους ιδιώτες. Τα προστατευτικά μέτρα όπως οι δασμοί και άλλοι περιορισμοί ήταν οι μηχανισμοί που εξυπηρετούσαν αυτόν τον σκοπό, γι' αυτό η θεωρία είναι γνωστή και ως προστατευτισμός. Οι εξαγωγές θεωρούνταν σημαντικές για το κράτος γιατί βελτίωναν την εγχώρια απασχόληση του εργατικού δυναμικού και αύξαναν τα αποθέματά του σε πολύτιμα μέταλλα, ενώ οι εισαγωγές θεωρούνταν επιβλαβείς και έπρεπε να μειώνονται γιατί πραγματοποιούνταν με την πληρωμή σε πολύτιμα μέταλλα με συνέπεια να μειώνουν τον πλούτο του κράτους. [10, 12]

Η στροφή της οικονομικής σκέψης από τον Μερκαντισμό στο ανοιχτό εμπόριο και τις ανοιχτές αγορές αποτέλεσε ο Διαφωτισμός. Η επανάσταση που έφερε το δόγμα του *laissez faire, laissez passer* (δηλαδή αφήστε να γίνει, αφήστε να περάσει) έδωσε την εναρκτήρια ώθηση στον Adam Smith για να γράψει το βιβλίο του "An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations" το 1776, έτος που θεωρείτε ότι ξεκίνησε η επιστήμη των οικονομικών. [10]

Ο Adam Smith αναδεικνύει τον καταμερισμό της εργασίας εν προκειμένω τον χωρικό καταμερισμό ως την πηγή του οφέλους του εμπορίου. Υποστήριξε ότι κάθε χώρα μπορεί να έχει οφέλη από το εμπόριο. Το εμπόριο, μέσω της κατανομής εργασίας, οδηγεί στην εξειδίκευση της παραγωγής εκείνου του προϊόντος, το οποίο κάθε χώρα παράγει φθηνά οπότε μπορεί και να το εξάγει σε άλλες χώρες. Έτσι κατά τον Adam Smith, μία χώρα την συμφέρει να εξάγει εκείνο το προϊόν με κόστος παραγωγής μικρότερο του κόστους παραγωγής στην άλλη χώρα. Για παράδειγμα, μία χώρα Α χρειάζεται 10 μονάδες εργασίας για να παράξει μία

μονάδα προϊόντος Κ ενώ η χώρα Β χρειάζεται 20 μονάδες εργασίας για να παράξει το ίδιο προϊόν με τη χώρα Α. Από την άλλη πλευρά η χώρα Α χρειάζεται 20 μονάδες εργασίας για να παράξει μία μονάδα προϊόντος Λ ενώ η χώρα Β χρειάζεται 10 μονάδες εργασίας για να παράξει το ίδιο προϊόν με τη χώρα Α. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο χώρες μπορούν να κερδίσουν από το εμπόριο ανταλλάσσοντας τα προϊόντα που παράγουν φθηνά. Αυτό σημαίνει ότι η χώρα Α έχει απόλυτο πλεονέκτημα στο προϊόν Κ που οδηγεί τη χώρα Α να εξειδικευτεί και να εξάγει αυτό το προϊόν Κ, και να μην παράγει καθόλου το προϊόν Λ. Αντίστοιχα ισχύει και για τη χώρα Β όπου έχει το απόλυτο πλεονέκτημα στη παραγωγή του προϊόντος Λ. Σε αυτό το παράδειγμα το απόλυτο πλεονέκτημα μετράται σε μονάδες εργασίες. Όλα αυτά τα οφέλη μοιράζονται όπως και ο καταμερισμός γίνεται ανάλογα με το απόλυτο πλεονέκτημα δηλαδή την απλή σύγκριση των τιμών. [10]

Ωστόσο, η θεωρία του Adam Smith για το διεθνές εμπόριο δεν μπορούσε να καθορίσει με ποιον τρόπο θα γίνει η εξειδίκευση της παραγωγής, στην περίπτωση που μία χώρα έχει απόλυτο πλεονέκτημα στην παραγωγή δύο αγαθών ή όταν προκύπτουν χώρες χωρίς απόλυτο πλεονέκτημα σε κάποιο προϊόν. Σε αυτό το σημείο έρχεται η θεωρία του συγκριτικού πλεονεκτήματος του David Ricardo για να καλύψει το κενό αυτό. Η θεωρία του συγκριτικού πλεονεκτήματος διατυπώνεται στο βιβλίο του David Ricardo με τίτλο "On the Principles of Political Economy and Taxation" το 1817. Ο Ricardo με τη θεωρία του παρουσιάζει ότι μπορούν να έχουν όφελος από το εμπόριο και χώρες που δεν έχουν απόλυτο πλεονέκτημα και θα έπρεπε να μην συμμετέχουν στο εμπόριο με βάση τον Smith. Η θεωρία του συγκριτικού πλεονεκτήματος αναδεικνύεται εκεί όπου μία χώρα έχει μικρότερο κόστος ευκαιρίας και όχι απλώς τιμής. Υποστηρίζει δηλαδή ότι κάθε χώρα θα πρέπει να εξάγει εκείνα τα προϊόντα, στα οποία έχει συγκριτικό πλεονέκτημα και προσδιορίζονται από τη παραγωγικότητα της εργασίας των παραγόμενων προϊόντων. Έτσι, το συγκριτικό πλεονέκτημα πηγάζει μέσα από την τέλεια ανταγωνιστικότητα. Η διαφορά της παραγωγικότητας της εργασίας στις διάφορες χώρες οφείλεται στη διαφορετικές μεθόδους και τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε κάθε μία χώρα. Όμως δεν είναι σε όλες τις αγορές τελείως ανταγωνιστικές. [10]

Μία άλλη θεωρία για το διεθνές εμπόριο έρχεται να δώσει λύση για τα προβλήματα που προκύπτουν από το συγκριτικό πλεονέκτημα καθώς αυτό πηγάζει από τις διαφορές της παραγωγικότητας της εργασίας στον τέλει ανταγωνισμό. Η θεωρία αυτή αναπτύσσεται από τους των Heckscher και Ohlin, και αναφέρει ότι εναλλακτικά με τον Ricardo το συγκριτικό

πλεονέκτημα αναδεικνύεται από τις διαφορές τις σχετικής αφθονίας των παραγωγικών συντελεστών. Υποστηρίζει ότι κάθε χώρα πρέπει να εξειδικεύεται στα προϊόντα εκείνα για τα οποία διαθέτει τη σχετική αφθονία των αναγκαίων παραγωγικών συντελεστών για την παραγωγή αυτών των προϊόντων. Εφόσον είναι άφθονοι οι αναγκαίοι παραγωγικοί συντελεστές για την παραγωγή αυτών των προϊόντων, τότε η χώρα θα παρουσιάζει πλεονεκτήματα στο κόστος παραγωγής σε σχέση με άλλες χώρες που δεν διαθέτουν παρόμοια διαθεσιμότητα αντίστοιχων παραγωγικών συντελεστών. Σύμφωνα με την παραπάνω θεωρία, μια χώρα τείνει να ειδικευτεί στην παραγωγή εξαγωγίμων προϊόντων, για τα οποία χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες συντελεστών παραγωγής που βρίσκονται σε αφθονία στη χώρα και να πραγματοποιεί εισαγωγές προϊόντων, για τα οποία η παραγωγή αυτών απαιτεί ποσότητες συντελεστών παραγωγής που δεν είναι διαθέσιμοι αλλά είναι έλλειψη στο εσωτερικό της χώρας. [11]

Και οι τρεις παραπάνω θεωρίες εξηγούν τις ιδιότητες του διακλαδικού εμπορίου που αποτελεί το 1/3 των παγκόσμιων εμπορικών ροών. Τα άλλα 2/3 αποτελούν το διακλαδικό εμπόριο. Το ενδοκλαδικό εμπόριο χαρακτηρίζεται από τη διαφοροποίηση των προϊόντων και από οικονομίες κλίμακας που οδηγούν σε ατελή ανταγωνισμό.

Το φαινόμενο του «παράδοξου» του Leontief ήρθε ως επακόλουθο της μελέτης της θεωρίας των Hecksher – Ohlin. Ο Leontief εξέτασε για το 1947 τη διάρθρωση του εξωτερικού εμπορίου των Η.Π.Α. και πιο συγκεκριμένα την αναλογία των παραγωγικών συντελεστών εργασίας και κεφαλαίου που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή προϊόντων του έτους 1947. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι, με βάση το θεώρημα των Hecksher – Ohlin, οι Η.Π.Α. είναι πλούσιες σε κεφάλαιο και θα έπρεπε να εξάγουν προϊόντα εντάσεων κεφαλαίου. Όμως οι εξαγωγές των Η.Π.Α. ενσωμάτωναν προϊόντα με περισσότερη εργασία και λιγότερο κεφάλαιο. Πολλοί ήταν αυτοί που προσπάθησαν να εξηγήσουν ή να απορρίψουν αυτό το παράδοξο, λέγοντας ότι οι παραδοχές των Heckscher – Ohlin δεν είναι οι κατάλληλες ή ότι τα αποτελέσματα του Leontief ήταν λανθασμένα. Όμως καμία από τις δύο προσεγγίσεις δεν επαληθεύτηκε. [11]

Αν και η κυρίαρχη αντίληψη σήμερα για το Διεθνές Εμπόριο είναι η απελευθέρωση των αγορών και η κατάργηση των περιορισμών στην πραγματοποίηση του εμπορίου, πολλές από τις παγκόσμιες χώρες καταφεύγουν σε προστατευτικά μέτρα με σκοπό να προστατεύσουν και να προωθήσουν τα εθνικά και οικονομικά τους συμφέροντα. [10]

2.2. Στοιχεία Μελέτης του Παγκόσμιου Οικονομικού Συστήματος

Το παγκόσμιο οικονομικό σύστημα χαρακτηρίζεται σήμερα από σημαντικές αλληλεξαρτήσεις και πολυπλοκότητα. Πιο συγκεκριμένα, η αλληλεξάρτηση των διαφόρων οικονομιών έχει δύο κυρίως συνιστώσες, το διεθνές εμπόριο αγαθών και υπηρεσιών και το διεθνές εμπόριο των χρηματοοικονομικών κεφαλαίων. Το άνοιγμα των οικονομιών έχει ξεκινήσει από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 και ενέταξε τις χώρες της Ανατολικής Ευρώπης και της Ασίας πλήρως στην παγκόσμια οικονομία. Σήμερα, οι παγκόσμιες συναλλαγές (Αγαθών/Υπηρεσιών καθώς και Χρήματος) αυξάνονται και συμβάλλουν περισσότερο στην αύξηση του ΑΕΠ. Οι ροές Αγαθών/Υπηρεσιών και Κεφαλαίων, το 2012, έφθασαν τα 26 τρισεκατομμύρια δολάρια, αυτό σημαίνει ότι αποτελεί το 36% του παγκόσμιου ΑΕΠ, το οποίο είναι 1,5 φορές μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του ΑΕΠ του 1990 [13].

Οι επιχειρήσεις και τα άτομα έχουν περισσότερες ευκαιρίες συμμετοχής. Οι κυβερνήσεις και οι πολυεθνικές εταιρείες ήταν κάποτε οι μοναδικοί φορείς που συμμετείχαν σε διασυνοριακές συναλλαγές, αλλά με την εξέλιξη της τεχνολογίας επιτρέπουν ακόμη και στον μικρότερο επιχειρηματία ή ιδιώτη επιχειρηματία να είναι μία "μικρο-πολιτισμική" οντότητα της παγκόσμιας οικονομίας που πωλεί και προμηθεύει τα προϊόντα, τις υπηρεσίες και τις ιδέες του πέρα από τα σύνορα της χώρας που βρίσκεται. Η νέα εποχή της δραματικής διεύρυνσης και εμβάθυνσης των διεθνών εμπορικών συναλλαγών θα δημιουργήσει πολλές νέες ευκαιρίες για τις επιχειρήσεις, και γενικότερα για τις χώρες, που μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη και στην καινοτομία και να ανοίξει την πόρτα για μεγαλύτερη συμμετοχή νέων οικονομικών αντικειμένων [13, 14].

Τα εμπειρικά αποτελέσματα [15, 16] δείχνουν ότι η παγκοσμιοποίηση και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά διαφόρων χωρών στο παγκόσμιο δίκτυο των εμπορικών συναλλαγών οδήγησαν σε σημαντικές αλλαγές στο εσωτερικό μακροοικονομικό περιβάλλον των χωρών και αύξησαν σημαντικά την οικονομική τους ανάπτυξη. Όμως η αύξηση της παραγωγικότητας της εργασίας είναι η αιτία για την αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας σύμφωνα με την Οικονομική επιστήμη. Από την άλλη πλευρά, κάποιες πρόσφατες μελέτες [13, 17, 18, 22, 23] πρότειναν ότι η οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας επηρεάζεται από τη θέση και το ρόλο που έχει η κάθε χώρα στο δίκτυο των εμπορικών συναλλαγών παγκοσμίως με την χρήση διαφόρων τύπων και μεθόδων για τη μελέτη του διεθνούς εμπορίου.

Ειδικότερα, η ανάλυση [13] για τις παγκόσμιες συναλλαγές στη σύγχρονη ψηφιακή εποχή, όπως των συνολικών παγκόσμιων συναλλαγών αγαθών και υπηρεσιών, χρηματοοικονομικού κεφαλαίου, ανθρώπων και δεδομένων, είχε ως αποτέλεσμα την εξεύρεση μίας θετικής συσχέτισης μεταξύ παγκόσμιων αυτών συναλλαγών και της αύξησης του ΑΕΠ μιας χώρας και αναφέρθηκε ένας δείκτης συνδεσιμότητας ταξινομώντας τις χώρες ανάλογα με τον όγκο των συναλλαγών που πραγματοποίησαν. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι οι ροές αυτές συμβάλλουν στην ταχύτερη αύξηση του Α.Ε.Π. με την παγκόσμια οικονομία να συνδέεται όλο και περισσότερο. Όμως και η αύξηση του Α.Ε.Π. συμβάλει στην αύξηση των συναλλαγών του εμπορίου. Είναι μία αμφίδρομη διαδικασία αλληλεπίδρασης του Α.Ε.Π. και του εμπορίου.

Από την πρόσφατη βιβλιογραφία που μελετήθηκε για τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, παρατηρήθηκε ότι, έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες μελέτες για την ερμηνεία του διεθνούς εμπορίου [13, 15-18, 22, 23]. Κάποιες μελέτες έχουν ως στόχο την εξήγηση των διμερών εμπορικών συναλλαγών και συγκεκριμένα μεταξύ των χωρών και του όγκου των εμπορευματικών συναλλαγών που πραγματοποιούν. Ο Tinbergen [19] αρχικά εκτίμησε τις διεθνείς εμπορικές ροές χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο αποτελούμενο από απλές εξισώσεις βαρύτητας για τις ροές του διεθνούς εμπορίου ενώ αργότερα οι Helpman et al. [20] παρουσίασαν ένα πιο γενικευμένο μοντέλο βαρύτητας με διορθωμένη μεροληψία διότι οι παραδοσιακές εκτιμήσεις ήταν μεροληπτικές με το μεγαλύτερο μέρος της μεροληψίας να οφείλεται, όχι στην επιλογή αλλά, στην παράλειψη του περιθωρίου κέρδους στο εμπόριο των εμπλεκόμενων χωρών. Οι Dobbbs κα. [13], όπως αναφέραμε προηγουμένως, μελέτησαν ένα πολύ πιο ευρύτερο πεδίο εμπορικών συναλλαγών (των συνολικών παγκόσμιων συναλλαγών αγαθών και υπηρεσιών, χρηματοοικονομικού κεφαλαίου, ανθρώπων και δεδομένων) κατατάσσοντας τις χώρες με βάση ένα δείκτη συνδεσιμότητας που προκύπτει από τις συναλλαγές αυτές.

Παράλληλα, υπάρχουν κάποιες άλλες μελέτες στην παγκόσμια βιβλιογραφία που προσπαθούν να αναλύσουν τις εμπορικές συναλλαγές των χωρών από την άποψη του παγκόσμιου εμπορικού συστήματος. Για παράδειγμα, οι Serrano κ.ά. [21] ανέπτυξαν ένα θεωρητικό μοντέλο λαμβάνοντας υπόψην το παγκόσμιο δίκτυο διμερών συναλλαγών, το οποίο είναι σε θέση να εξάγει τις δεσπόζουσες θέσεις συναλλαγών των χωρών, δηλαδή τόσο τις τοπικές όσο και τις παγκόσμιες συναλλαγές υψηλής ροής που καθορίζουν τη ραχοκοκαλιά του διεθνούς εμπορικού συστήματος.

Με βάση τα παραπάνω, η μοντελοποίηση και ανάλυση του δικτύου των χωρών του διεθνούς εμπορίου έχει πρωταρχικό ενδιαφέρον για την μελέτη και κατανόηση της βιομηχανικής ανταγωνιστικότητας, της οικονομικής ανάπτυξης και της πολιτικής μιας χώρας στο διεθνές εμπορικό δίκτυο των χωρών. Αν και η βιβλιογραφία που αναφέρθηκε προηγουμένως στο παρόν κεφάλαιο μελέτησε τις εμπορικές συναλλαγές ως ένα σημαντικό βαθμό, ένα μοντέλο με ικανές και αποτελεσματικές μεθόδους είναι αναγκαίο για τη μοντελοποίηση και την ανάλυση των εμπορικών συναλλαγών χρησιμοποιώντας εργαλεία και μεθόδους της Θεωρίας των Δικτύων [30].

Διάφορες μέθοδοι για τη διερεύνηση της μοντελοποίησης και ανάλυσης διεθνούς εμπορίου έχουν διαχρονικά αναπτυχθεί για την ερμηνεία του διεθνούς εμπορίου. Αρχικά, οι Hausmann και Hidalgo μελέτησαν ένα διμερές δίκτυο³, το οποίο παρουσιάζει τα προϊόντα και τις χώρες που τα παράγουν και μετά τα εξάγουν, και μοντελοποίησαν τη δομή του δικτύου αυτού για να ερμηνεύσουν τα χαρακτηριστικά των σχέσεων μεταξύ της χώρας, των προϊόντων της και της ικανότητας που έχει να τα παράγει. [17]

Οι Fan κ.α. εφάρμοσαν την ανάλυση των πολύπλοκων δικτύων⁴ για την εμπειρική διερεύνηση του διεθνούς εμπορίου και των παγκόσμιων εμπορικών σχέσεων των χωρών ερευνώντας τους ρόλους και τις θέσεις των χωρών στο διεθνές εμπόριο με την χρήση σύγχρονων εννοιών και μεθόδων των πολύπλοκων δικτύων (όπως τη δομή της κοινότητας του δικτύου- community structure network, τη σημασία της κεντρικότητας των κορυφών- the centralities of vertices και την περίπτωση της διείσδυσης- bootstrap percolation). [18]

Οι Serrano και Boguñá παρουσίασαν τον πρώτο εμπειρικό χαρακτηρισμό του “παγκόσμιου εμπορικού δικτύου”, δηλαδή του δικτύου που βασίζεται στις εμπορικές σχέσεις μεταξύ των διαφόρων χωρών παγκοσμίως, να εμφανίζει τις τυπικές ιδιότητες των πολύπλοκων δικτύων, δηλαδή την κατανομή βαθμού χωρίς κλίμακα⁵ (scale-free degree distribution), την ιδιότητα του μικρού κόσμου (the small-world property), έναν υψηλό

³ Σε ένα διμερές γράφημα, το σύνολο των κορυφών μπορεί να χωριστεί σε δύο ομάδες, W και X, έτσι ώστε να μην υπάρχουν δύο κορυφές στο W που να συνδέονται και να μην υπάρχουν δύο κορυφές στο X που να συνδέονται. [33]

⁴ Τα πολύπλοκα συστήματα διακρίνονται από το ότι δεν αναλύονται ως συνάθροιση απλούστερων συστημάτων.

⁵ Τα δίκτυα με κατανομή χωρίς κλίμακα τα οποία προτάθηκαν από τους Barabasi και Albert ορίζονται από δύο σημαντικά χαρακτηριστικά, την ανάπτυξη (growth) και την επιλεκτική προσκόλληση (preferential attachment). Τα δίκτυα επεκτείνονται συνεχώς με την προσθήκη νέων κόμβων συνδεδεμένων με ήδη υπάρχοντες κόμβους. Σύμφωνα με την επιλεκτική συνδεσιμότητα, οι νέοι κόμβοι είναι πιθανότερο να συνδέονται με κόμβους με μεγάλο βαθμό. [34]

συντελεστή συσσωμάτωσης (high clustering coefficient) και επιπλέον, τη συσχέτιση βαθμού μεταξύ διαφορετικών κορυφών (degree-degree correlation between different vertices) καθιστώντας το παγκόσμιο εμπορικό δίκτυο ένα πολύπλοκο εμπορικό δίκτυο. Ενώ οι Fagiolo και μελέτησαν τις τοπολογικές ιδιότητες των παγκόσμιων εμπορικών δικτύων (World Trade Web-WTW) και την εξέλιξή του με την πάροδο του χρόνου χρησιμοποιώντας μια ανάλυση σταθμισμένου δικτύου. [22, 23]

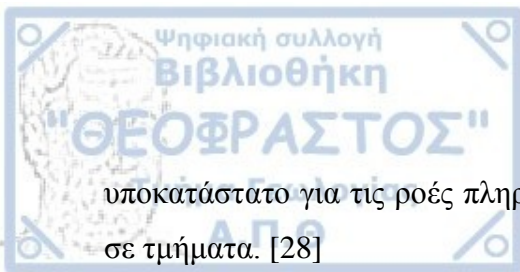
Συμπληρωματικά στη μελέτη του διεθνούς εμπορίου θα γίνει η εισαγωγή και χρήση των εργαλείων των Δικτύων Ανοιχτής Ροής που βασίζονται στις αποστάσεις ροής, μία νέα προοπτική για να μελετηθούν οι ρόλοι και οι θέσεις των χωρών στις παγκόσμιες εμπορικές συναλλαγές. Τα Δίκτυα Ανοιχτής Ροής- O.F.N. είναι μία ενδιαφέρουσα οπτική γωνία για τη μελέτη και την ανάδειξη χαρακτηριστικών των χωρών που δεν θα μπορούσαν να αναδειχθούν αλλιώς, όπως η οπτική των συσχετιζόμενων απόψεων αυτής της εμπορικής συναλλαγής και της αντίστοιχης ροής χρημάτων, τα τροφικά επίπεδα και οι θέσεις των χωρών και τέλος οι κεντρικές θέσεις των χωρών στα Ανοιχτά Δίκτυα Ροών με την χρήση της αρμονικής κεντρικότητας. Σε αυτήν την εργασία θα χρησιμοποιηθούν αυτά τα τρία εργαλεία των Δικτύων Ανοιχτής Ροής στο εμπειρικό τμήμα της εργασίας για την ανάδειξη των ρόλων και των θέσεων των χωρών, μία διαφορετική άποψη για τη μελέτη δικτύων χωρών. Αναλυτικότερες πληροφορίες παραθέτονται στο επόμενο κεφάλαιο.

2.3. Τα Δίκτυα Ανοικτής Ροής [ή Open Flow Networks-OFN]

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στη μελέτη του Διεθνούς Εμπορίου εισάγουμε τα Δίκτυα Ανοικτής Ροής (Open Flow Network ή αλλιώς OFN) και μεθόδους που βασίζονται στις αποστάσεις των ροών, τα οποία προσφέρουν νέες δυνατότητες στη διερεύνηση των ρόλων και των θέσεων των χωρών στο παγκόσμιο εμπορικό δίκτυο. Τα Δίκτυα Ανοικτής Ροής (OFN) αποτελούν ένα απαραίτητο και χρήσιμο εργαλείο για την περιγραφή και την ανάλυση συστημάτων ανοικτής ροής σε ένα πιο ευρύτερο πεδίων εφαρμογών, όπως η Βιολογία, το Κυκλοφοριακό Σύστημα και η διαδικασία μεταφοράς γενικότερα. Τα Δίκτυα Ανοικτής Ροής αναπαριστώνται συνήθως ως σταθμισμένα κατευθυνόμενα δίκτυα με μία πηγή και ένα δέκτη, δύο επιπλέον κόμβους, όπου οι κατευθύνσεις και τα βάρη των ακμών αντιπροσωπεύουν τις κατευθύνσεις και τις ποσοτικές ροές των συναλλαγών των εμπλεκόμενων κόμβων, αντίστοιχα. Η τροφική πυραμίδα, τα οικονομικά δίκτυα εισροών-εκροών και τα δίκτυα διεθνούς εμπορίου αποτελούν μοντέλα Δικτύων Ανοικτής Ροής των ροών ενέργειας των ειδών, του χρήματος μεταξύ βιομηχανικών τομέων και ροών αγαθών και υπηρεσιών μεταξύ χωρών αντίστοιχα. Επειδή τα συστήματα αυτά ανταλλάσσουν πάντα ενέργεια, ύλη και πληροφορίες με το περιβάλλον τους, τα Δίκτυα Ανοικτής Ροής έχουν συνήθως δύο επιπλέον ειδικούς κόμβους (δηλαδή την πηγή και τον δέκτη) που αντιπροσωπεύουν το περιβάλλον όπου όλες οι ροές υποτίθεται ότι πηγαινούν από την πηγή, μέσω του δικτύου ροής, και καταλήγουν δέκτη [23, 24, 25, 26].

Με βάση τα διάφορα μοντέλα OFNs, έχουν αναπτυχθεί πολλές χρήσιμες τεχνικές για την μελέτη των δομών και της δυναμικής των συστημάτων ροής. Για παράδειγμα, οι Ahuja και παρέχουν μια ολοκληρωμένη άποψη της θεωρίας, των αλγορίθμων και των εφαρμογών που σχετίζονται με τα δίκτυα ροής, όπως το πρόβλημα ελάχιστης διαδρομής, μέγιστης ποσοτικής ροής και ελάχιστου κόστους ροής, τη βελτιστοποίηση του δικτύου και τεχνικές πρακτικές επίλυσης (Lagrangian relaxation). [27]

Για την κατανόηση της πολυδιάστατης οργάνωσης των βιολογικών και κοινωνικών συστημάτων μεγάλης κλίμακας, οι Rosvall και Bergstrom εισήγαγαν μια πληροφοριακή, θεωρητική προσέγγιση η οποία είναι η μέθοδος πιθανής ροής τυχαίων περιπάτων για την αποκάλυψη της δομής της κοινότητας σε σταθμισμένα και ταυτόχρονα κατευθυνόμενα δίκτυα. Χρησιμοποίησαν την πιθανότητα ροής των τυχαίων περιπάτων σε ένα δίκτυο ως



υποκατάστατο για τις ροές πληροφοριών στο πραγματικό σύστημα και μελέτησαν το δίκτυο σε τμήματα. [28]

Οι Vézina και Platt ανέλυσαν την εφαρμογή αντιστρόφων μεθόδων για την εκτίμηση των διατροφικών ροών του συστήματος του υποθαλάσσιου περιβάλλοντος των ωκεανών και περιέγραψαν ένα γενικό πλαίσιο για την εφαρμογή του αντίστροφου αλγορίθμου. [29]

Οι Ser-Giacomi κ.α. χρησιμοποίησαν εργαλεία της Θεωρίας των Δικτύων για να αναλύσουν το δίκτυο ροής για την καλύτερη κατανόηση των διαδικασιών μεταφοράς, καθόρισαν τις εντροπίες του δικτύου, οι οποίες σχετίζονται με τις στατιστικές της ρευστότητας των υγρών και με τον τύπο των Perron-Frobenius, χρησιμοποίησαν έναν αλγόριθμο ανίχνευσης κοινότητας, τον Infomap, για να χωρίσουν το δίκτυο σε συνεκτικές περιοχές. [26]

Συνοψίζοντας από τα παραπάνω, η απόσταση ροής είναι ένα χρήσιμο και ισχυρό εργαλείο για τη μελέτη των Δικτύων Ανοικτής Ροής. Οι Guo κ.α. σε πρόσφατη μελέτη τους κατάφεραν να λύσουν ένα θεμελιώδες πρόβλημα στον τρόπο μέτρησης των αποστάσεων μεταξύ των κόμβων στα συστήματα ροής και εφάρμοσαν τις αποστάσεις ροής σε διάφορα Δίκτυα Ανοικτής Ροής. Αυτές οι αποστάσεις χαρακτηρίζουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών κόμβων και εισήγαγαν διάφορους τύπους για την αποστάσεις ροής, όπως η απόσταση συναλλαγής πρώτης διέλευσης και η συνολική απόσταση συναλλαγής. [31]

Η εξέλιξη και πρόοδος που έχει σημειωθεί στον υπολογισμό των αποστάσεων ροής μεταξύ κόμβων μας δίνει τη δυνατότητα να αναληφθούμε σε μεγαλύτερο και πιο ουσιαστικό βαθμό τη σημασία των ρόλων και των θέσεων των χωρών στο διεθνές εμπορικό δίκτυο. Από τη νέα οπτική πλευρά των Δικτύων Ανοικτής Ροής δημιουργείτε ως συμπέρασμα ότι η μοντελοποίηση και η ανάλυση των διεθνών εμπορικών συναλλαγών των χωρών να γίνεται απαραίτητα τόσο με τη χρήση της Θεωρία των Δικτύων όσο και των αποστάσεων ροής. [32]

Η δημιουργία των Δικτύων Ανοικτής Ροής του διεθνούς εμπορίου πραγματοποιείται από δύο συσχετιζόμενες απόψεις: την άποψη της εμπορικής ροής των εμπορευμάτων (αγαθών και υπηρεσιών) και της ροής των χρημάτων από τη συναλλαγή. Με την εισαγωγή των εννοιών των τροφικών επιπέδων και των θέσεων των χωρών στο διεθνές εμπορικό δίκτυο, δίνεται η δυνατότητα να αξιολογηθούν πλέον οι ρόλοι και οι θέσεις των χωρών στο δίκτυο αυτό. Η αρμονική κεντρικότητα κόμβου (harmonic centrality), μας δίνει τη



δυνατότητα να αναδείξουμε του κεντρικούς κόμβους του δικτύου από την τοπολογική άποψη. Οι πρώτες χώρες στην κατάταξη αυτού του δείκτη σε αύξουσα σειρά αποτελούν τους πιο σημαντικούς hub του δικτύου από την χωροταξική πλευρά. [32]

Τα αποτελέσματα χαρακτηρίζουν τη σημαντικότητα και τη χρησιμότητα του μοντέλου των Δικτύων Ανοιχτής Ροής στις προσεγγίσεις της θεωρίας των δικτύων για τη διερεύνηση των ροών του διεθνούς εμπορίου [32].

2.3.1. Το Μοντέλο Δικτύων Ανοιχτής Ροής [Open Flow Networks]

Έναν ειδικό τύπο πολύπλοκων δικτύων αποτελούν τα OFNs, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να απεικονίζουν τις ροές στα δίκτυα.

Ένα OFN είναι ένα δίκτυο ανοικτής ροής, κατευθυνόμενο (δυναμικό⁶ ή σταθμισμένο⁷) γράφημα $OFN = \{V, E\}$, όπου V και E είναι το σύνολο κόμβων και ακμών που ορίζονται αντίστοιχα. Το σύνολο κόμβων V αποτελείται από N κοινούς κόμβους αλλά και από δύο ειδικούς κόμβους την "πηγή" και τον "δέκτη", όπου "πηγή" είναι η αρχή όλων των ροών και δηλώνεται ως κόμβος 0, και "δέκτης" είναι το τέλος όλων των ροών στο δίκτυο και δηλώνεται ως κόμβος $N + 1$. Το σύνολο ακμών E μπορεί να γραφτεί ως πίνακας γειτνίασης όπως παρακάτω:

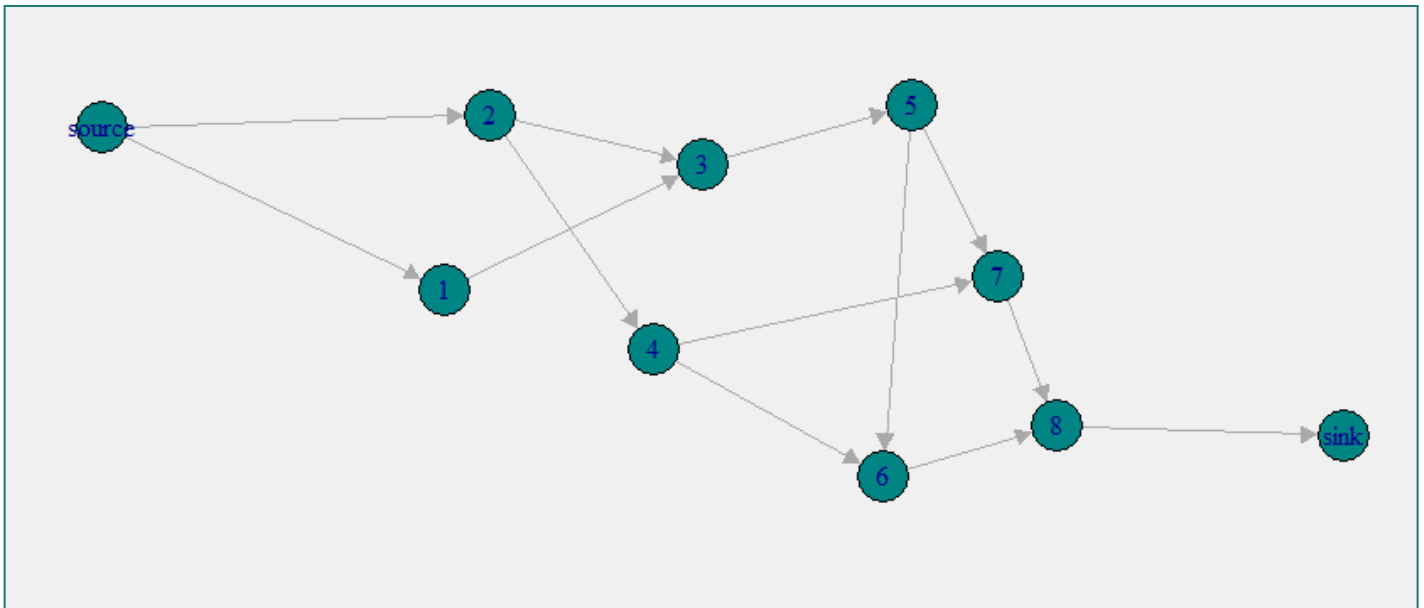
$$E = \{e_{i,j}\}_{(N+2) \times (N+2)}, \quad i, j \in \{0, \dots, N + 1\}$$

όπου $e_{i,j}$ είναι η ακμή ή αλλιώς μπορούμε να πούμε ότι είναι η ροή από τον κόμβο i στον κόμβο j . Ειδικά, η πρώτη στήλη και η τελευταία σειρά αυτής της μήτρας είναι όλα 0 επειδή δεν υπάρχει εισροή στον κόμβο "πηγή" και καμία εκροή από τον κόμβο "δέκτη". Κανονικά το e_0 και το e_{N+1} είναι 0, επειδή συνήθως δεν υπάρχει ροή από την "πηγή" κατευθείαν προς το "δέκτη" άμεσα. Η συνολική εισροή στον κόμβο j (που δηλώνεται ως e_j) υπολογίζεται ως $\sum_{i=0}^{N+1} e_{ij}$ και η συνολική εκροή από τον i (που συμβολίζεται ως e_i) υπολογίζεται ως $\sum_{j=0}^{N+1} e_{ij}$. Επειδή το σύστημα ροής θεωρείται ότι βρίσκεται σε ισορροπία, εκτός από την πηγή και το

⁶ Σε ένα δυναμικό δίκτυο, στον πίνακα συνδέσεων με το στοιχείο 1 δηλώνεται η σύνδεση δύο κόμβων ενώ με 0 όταν δεν συνδέονται.

⁷ Σε ένα σταθμισμένο δίκτυο, στον πίνακα συνδέσεων τα στοιχεία δηλώνουν το βάρος στη σύνδεση δύο κόμβων.

δέκτη, όλοι οι άλλοι κόμβοι έχουν ισορροπημένη εισροή και εκροή, δηλαδή $e_i = e_i$ όπου το $i = 1, \dots, N$. Οι ροές προς τον "δέκτη" (δηλαδή, $e_{i,N+1}$) θεωρούνται ως διαρροή.



Εικόνα 5: Απεικόνιση του OFN

2.3.2. Περιγραφή του Μοντέλου

Οι L. Guo κ.α. ανέπτυξαν τις αποστάσεις ροής σε δίκτυα ανοικτής ροής, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω. Σε ένα Ανοιχτό Δίκτυο Ροής, υποθέτουμε ότι ένα αρκετά μεγάλο αριθμό σωματιδίων (π.χ. λ) να συναλλάσσεται τυχαία κατά μήκος των κατευθυνόμενων ακμών. Αυτή η τυχαία διαδικασία περιπάτου μπορεί να θεωρηθεί ως Μαρκοβιανή αλυσίδα. Η μέση απόσταση ροής πρώτης διέλευσης (*Mean First-Passage Flow Distance*, ή MFPPD) από έναν κόμβο i σε έναν άλλο κόμβο j (συμβολίζεται ως l_{ij}) ορίζεται ως ο αναμενόμενος αριθμός βημάτων για να φθάσει στον κόμβο j για πρώτη φορά, δεδομένου ότι αρχικά τα σωματίδια βρίσκονται στον i . Η μέση ολική απόσταση ροής (*Mean Total Flow Distance*, ή MTFD), που συμβολίζεται ως t_{ij} , είναι ο μέσος αριθμός βημάτων για την άφιξη στο j ανεξάρτητα από το αν είναι η πρώτη φορά άφιξης, δεδομένου ότι αρχικά τα σωματίδια είναι στον i . [24]

Ο υπολογισμός των αποστάσεων ροής υπολογίζεται ως εξής:



$$M = \{m_{ij}\}_{(N+2)(N+2)}$$

Επίσης, έχουμε έναν στοχαστικό πίνακα που περιγράφει τις μεταβάσεις της αλυσίδας Markov όπου

$$m_{ij} = \begin{cases} \frac{e_{ij}}{\sum_{j=0}^{N+1} e_{ij}} & \sum_{j=0}^{N+1} e_{ij} \neq 0 \\ 0 & \sum_{j=0}^{N+1} e_{ij} = 0 \end{cases}$$

Στη συνέχεια, για αυτή την απορροφητική αλυσίδα Markov, ο θεμελιώδης πίνακας της ορίζεται ως εξής:

$$U = (I - M)^{-1} = I + M + M^2 + \dots,$$

Όπου I είναι ο αντίστοιχος πίνακας ταυτότητας με το ίδιο μέγεθος του M . Έτσι, έχουμε τον πίνακα της MTFD $T = \{t_{ij}\}_{(N+2)(N+2)}$ και του MFPPD $L = \{l_{ij}\}_{(N+2)(N+2)}$ όπου,

$$t_{ij} = \frac{(M U^2)_{ij}}{u_{ij}}$$

$$l_{ij} = t_{ij} - t_{jj}$$

Τα t_{ij} και l_{ij} είναι ασύμμετρα και δεν μπορούν να ικανοποιήσουν τις εφαρμογές, οι οποίες χρειάζονται συμμετρικές μετρήσεις απόστασης (π.χ., ομαδοποίηση και δημιουργία ελάχιστου συνδέσεων δένδρων). Επομένως, εδώ θα χρησιμοποιήσουμε μια συμμετρική απόσταση ροής που ονομάζεται ελάχιστη συμμετρική απόσταση ροής (Symmetric Minimum Flow Distance ή SMFD) f_{ij} όπως αυτή παρουσιάζεται παρακάτω:

$$f_{ij} = \min \{l_{ij}, l_{ji}\}$$

Τα στοιχεία αυτά f_{ij} αποτελούν τον SMFD Πίνακα

$$F = \{f_{ij}\}_{(N+2)(N+2)}$$

Με βάση τα εργαλεία που προέκυψαν από το μοντέλο OFN, τα οποία είναι τα MTFD, MFDFD και SMFD, θα χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση και τη διερεύνηση των ποιοτικών ρόλων και των θέσεων των χωρών, κρατών – μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς.

2.3.3. Αλληλεπίδραση Του Δικτύου Ροής Εμπορευμάτων Και Του Δικτύου Ροής Χρημάτων.

Στην περίπτωση μελέτης ενός προϊόντος, μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα δίκτυο ροής εμπορευμάτων, το Commodity Flow Network ή CFN και αντίστοιχα ένα δίκτυο ροής χρημάτων, το Money Flow Network ή MFN. Οι δομές των CFN και MFN συνδέονται με τις ακόλουθες ιδιότητες:

Ιδιότητα 1: Οι τοπολογίες του CFN και του MFN είναι οι ίδιες.

Ιδιότητα 2: Στα CFN και MFN, οι ποσότητες των ροών των αντίστοιχων ακμών είναι ίδιες, αλλά οι κατευθύνσεις αντιστρέφονται.

Οι παραπάνω δυο ιδιότητες μπορούν να επαληθευτούν από το γεγονός ότι η διακίνηση του εμπορεύματος συνοδεύεται πάντα από μία ροή χρήματος με την ίδια αξία αλλά προς την αντίστροφη κατεύθυνση.

Ιδιότητα 3: Η «πηγή» και ο «δέκτης» σε αυτά τα δύο δίκτυα αντιστρέφονται τοπολογικά.

Οι ροές σε CFN και MFN αντιστρέφονται, έχουν την ίδια τοπολογία, είναι φυσικό να εναλλάσσονται η «πηγή» και με τον «δέκτη». Έτσι, σε αυτά τα δύο δίκτυα, όλες οι ροές μπορούν να ξεκινήσουν από την πηγή και να καταλήξουν στον δέκτη.

Λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιότητες 1, 2 και 3, το CFN και το MFN είναι αλληλοαντιστρέψιμα. Λαμβάνοντας υπόψη ένα CFN, το αντίστοιχο MFN μπορεί να ληφθεί χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα δύο βήματα:



1^ο Βήμα: Ανάστροφη των κατευθύνσεων όλων των ακμών

2^ο Βήμα: Οι κόμβοι εναλλαγής είναι η "πηγή" και ο "δέκτης"

2.3.3.1. Από τη πλευρά των εμπορευματικών συναλλαγών.

Το Δίκτυο Ροής των Εμπορευμάτων απεικονίζει την παραγωγή, τη διαδικασία μεταφοράς μέσω των κόμβων και την κατανάλωση των υποπροϊόντων. Στο δίκτυο αυτό, οι κόμβοι "πηγή" και "δέκτης" είναι η αρχή και το τέλος όλων των ροών των εμπορευμάτων αντίστοιχα. Η ροή σε κάθε ακμή μπορεί να οριστεί ως η αντίστοιχη τιμή από την εμπορική συναλλαγή, την παραγωγή και την κατανάλωση αντίστοιχα. Συνεπώς, από την άποψη της ροής των εμπορευμάτων, υπάρχουν τρεις περιπτώσεις για μία κατευθυνόμενη ακμή.

1^η Περίπτωση: Εάν υπάρχει εμπορική σχέση μεταξύ δύο χωρών, μπορεί να κατασκευαστεί κατευθυνόμενη ακμή από τον εξαγωγέα στον εισαγωγέα.

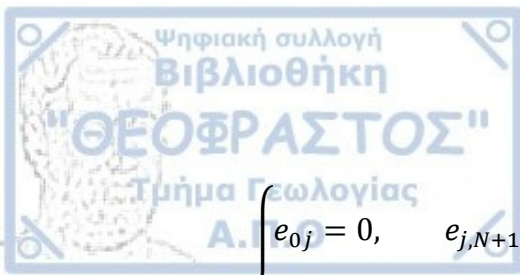
2^η Περίπτωση: Μια ακμή από την "πηγή" στον κόμβο i σημαίνει την παραγωγή αυτού του προϊόντος στη χώρα i .

3^η Περίπτωση: Μια ακμή από τον κόμβο j στον "δέκτη" αντιπροσωπεύει την κατανάλωση αυτού του προϊόντος στη χώρα j .

Εξάλλου, για κάθε χώρα i , σύμφωνα με τον περιορισμό της ισορροπημένης εισροής και εκροής, πρέπει να ικανοποιείτε η ακόλουθη εξίσωση:

$$\sum_{i=1}^N e_{ij} + e_{0j} = \sum_{k=1}^N e_{jk} + e_{j,N+1}$$

όπου e_{ij} και e_{jk} είναι η αξία της εισροής των εμπορευμάτων από τον i και η εκροή των εμπορευμάτων στον k αντίστοιχα, e_{0j} και $e_{j,N+1}$ είναι η αξία της παραγωγής και της κατανάλωσης της χώρας j αντίστοιχα. Αν τα e_{0j} και $e_{j,N+1}$ δεν είναι διαθέσιμα, για απλότητα, τα e_{0j} και $e_{j,N+1}$ μπορούν να εκτιμηθούν ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:



$$\begin{cases} e_{0j} = 0, & e_{j,N+1} = \sum_{i=1}^N e_{ij} - \sum_{k=1}^N e_{jk} \\ e_{j,N+1} = 0, & e_{0j} = \sum_{k=1}^N e_{jk} - \sum_{i=1}^N e_{ij} \end{cases} \quad \begin{cases} \alpha\nu \sum_{i=1}^N e_{ij} \geq \sum_{k=1}^N e_{jk} \\ \alpha\nu \sum_{i=1}^N e_{ij} < \sum_{k=1}^N e_{jk} \end{cases}$$

2.3.3.2. Από την πλευρά των χρηματικών συναλλαγών

Εκτός από το Δίκτυο Ροής των Εμπορευμάτων ένα OFN διεθνούς εμπορίου μπορεί να δημιουργηθεί και από την πλευρά της ροής των χρημάτων. Επειδή η διακίνηση των εμπορευμάτων συνοδεύεται πάντοτε από μία ροή χρημάτων, η κατεύθυνση της ροής χρημάτων είναι ακριβώς αντίθετης φοράς από εκείνης της ροής των εμπορευμάτων, η οποία είναι από τον εισαγωγέα προς τον εξαγωγέα. Ο όγκος της ροής χρημάτων είναι ίδιος με αυτόν της ροής των εμπορευμάτων καθώς οι δύο ροές αναδεικνύουν τη συναλλαγή από τη διακίνηση των εμπορευμάτων.

Στο Δίκτυο Ροής Χρημάτων, ο κόμβος "πηγή" και "δέκτης" είναι η αρχή και το τέλος όλων των χρηματικών ροών αντίστοιχα. Επομένως, η ακμή από την "πηγή" στον κόμβο της χώρας j μπορεί να αντιπροσωπεύει το εμπορικό έλλειμμα της χώρας j που προκύπτει από την κατανάλωση του εμπορεύματος και η ακμή από τον κόμβο της χώρας j στον "δέκτη" αντιπροσωπεύει το εμπορικό πλεόνασμα των εξαγωγών έναντι των εισαγωγών.

Για κάθε κόμβο j που βρίσκεται σε ισορροπία, ο περιορισμός της παραπάνω εξίσωσης εξακολουθεί να ισχύει, όπου e_{ij} και e_{jk} είναι η εισροή χρημάτων από τη χώρα i στη χώρα j και η εκροή χρημάτων από τη χώρα j στη χώρα k αντίστοιχα. Τα e_{0j} και $e_{j,N+1}$ είναι το έλλειμμα και το πλεόνασμα αντίστοιχα, τα οποία επίσης μπορούν να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας τα παρακάτω ίδια βήματα:

$$\begin{cases} e_{0j} = 0, & e_{j,N+1} = \sum_{i=1}^N e_{ij} - \sum_{k=1}^N e_{jk} \\ e_{j,N+1} = 0, & e_{0j} = \sum_{k=1}^N e_{jk} - \sum_{i=1}^N e_{ij} \end{cases} \quad \begin{cases} \alpha\nu \sum_{i=1}^N e_{ij} \geq \sum_{k=1}^N e_{jk} \\ \alpha\nu \sum_{i=1}^N e_{ij} < \sum_{k=1}^N e_{jk} \end{cases}$$



Κεφάλαιο 3

3. Η Μελέτη της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει χρήση των εργαλείων και των μέτρων των δικτύων στο οικονομικό σύστημα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Θα χρησιμοποιηθούν τα εμπορικά δεδομένα από την Βάση δεδομένων του Comtrade του ΟΗΕ για το δίκτυο της Ευρωπαϊκής Ένωσης του 2005 και του 2015 και θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα από τη μελέτη. Με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος, R Studio, θα γίνει η εμπειρική ανάλυση της μελέτης.

3.1. Δεδομένα

Χρησιμοποιούμε τα δεδομένα των εμπορικών εξαγωγών κάθε κράτους - μέλους προς κάθε άλλο κράτος - μέλος της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς. Η άντληση των δεδομένων θα πραγματοποιηθεί από την Βάση δεδομένων του Comtrade του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών Ο.Η.Ε. (<https://comtrade.un.org/>) για το δίκτυο των χωρών (μελών - κρατών) της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τα δεδομένα αφορούν τα έτη 2005 και 2015, και βρίσκονται σε πίνακα στο Παράρτημα της εργασίας.

3.2. Σκοπός της Εργασίας

Όπως αναφέρθηκε εκτενέστερα στην εισαγωγή της παρούσας εργασίας, στόχος αυτής της εργασίας είναι να μελετηθεί και ερμηνευτεί το δίκτυο των χωρών, μελών – κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις δύο χρονικές περιόδους 2005 και 2015 και να παρουσιαστεί μία συγκριτική ανάλυση αυτών των αποτελεσμάτων. Ακόμη θα εφαρμόσουμε κάποια από τα χαρακτηριστικά των OFNs στη μελέτη και διερεύνηση του δικτύου του ενδοκοινοτικού εμπορίου των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

3.3.Ερμηνεία των διαφορών των εξαγωγών και των εισαγωγών των κρατών – μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς

Στην παρούσα εργασία και κατά την διάρκεια εξόρυξης των δεδομένων βρεθήκαμε μπροστά σε μία παρατήρηση. Πιο συγκεκριμένα, όλα τα κράτη - μέλη της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς δηλώνουν στις υπηρεσίες του ΟΗΕ αναλυτικά στοιχεία για το ενδοκοινοτικό τους εμπόριο αλλά και για το εμπόριο με τον υπόλοιπο κόσμο. Όσον αφορά το ενδοκοινοτικό εμπόριο, για τη διακίνηση του ίδιου προϊόντος ανάμεσα σε δυο χώρες, κράτη - μέλη, έχουμε δύο πηγές που δηλώνουν την εμπορική συναλλαγή: τη δήλωση της χώρας που εξάγει το προϊόν και την αντίστοιχη δήλωση της χώρας που θα εισάγει το αντίστοιχο προϊόν.

Όταν η Ελλάδα, λοιπόν, δηλώνει στον Ο.Η.Ε. την συνολική της εξαγωγή στην Ιταλία, τότε εύλογα και λογικά όλοι θα περιμένουμε να δούμε το ίδιο ποσό ή ποσότητα ως δηλωθείσα εισαγωγή και από την πλευρά της Ιταλία. Όμως σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρείται ότι οι δηλώσεις δεν ταυτίζονται. Οι λόγοι που συμβαίνει αυτή η μη ταύτιση των ποσών είναι οι εξής:

Ο Μάρδας Δ. (2015) σε ερώτησή του στην στατιστική υπηρεσία του ΟΗΕ ζήτησε να δοθεί μία ερμηνεία για τις προαναφερθείσες διαφορές. Ο ΟΗΕ στην απάντηση του ανέφερε ότι οι κύριοι λόγοι για τους οποίους οι εξαγωγές δεν συμβαδίζουν με τις αντίστοιχες δηλώσεις των χωρών που εισάγουν το προϊόν είναι οι ακόλουθες:

- Η χρονική υστέρηση μεταξύ των εξαγωγών και των εισαγωγών, δηλαδή τα εμπορεύματα αποστέλλονται από τη χώρα Α στο τέλος του 2002 και μπορούν να φτάσουν στη χώρα Β το 2003.
- Τα εμπορεύματα διέρχονται από τρίτες χώρες μέχρι να φτάσουν στην χώρα προορισμού.
- Τα εμπορεύματα μπορεί να ταξινομούνται σε διαφορετικές κατηγορίες.
- Χρήση της χώρας αποστολής αντί της χώρας προέλευσης ή του τελικού προορισμού.

Ακόμη, μετά την δημιουργία της Ενιαίας Εσωτερικής Αγοράς, την 1η Ιανουαρίου 1993, καταργήθηκαν τα σύνορα μεταξύ των κρατών - μελών καθώς και οι έλεγχοι που διενεργούνταν από τα τελωνεία της κάθε χώρας. Αυτό είχε σαν συνέπεια να καταργηθεί η



Υποχρεωτική κατάθεση των εγγράφων εξαγωγής για τη διακίνηση αγαθών εντός της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς.

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 638/2004 και την Υπουργική Απόφαση 15988/1274/9-8-1993 οι επιχειρήσεις, οι οποίες διενεργούν ενδοκοινοτικές συναλλαγές αποκτήσεων και παραδόσεων αγαθών, έχουν υποχρέωση υποβολής δήλωσης INTRASTAT (INTRASTAT (Intracommunity Statistics) ή Σύστημα Στατιστικών Ενδοκοινοτικού Εμπορίου) Αφίξεων και Αποστολών σε μηνιαία βάση. Ενδοκοινοτική απόκτηση αγαθών για ένα κράτος - μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης θεωρείται, η αγορά αγαθών ή υπηρεσιών από ένα άλλο κράτος μέλος. Για παράδειγμα για την Ελλάδα ενδοκοινοτική απόκτηση θεωρείται η αγορά αγαθών από την Ιταλία και ομοίως για την Ιταλία ενδοκοινοτική απόκτηση θεωρείται αγορά αγαθών από την Ελλάδα.

Η υποχρέωση ξεκινά όταν η επιχείρηση υπερβεί το στατιστικό κατώφλι, είτε κατά το προηγούμενο έτος είτε αθροιστικά κατά τη διάρκεια του έτους αναφοράς. Για το έτος 2017, τα στατιστικά κατώφλια είναι:

1. Αφίξεις: 150.000,00 Ευρώ
2. Αποστολές: 90.000,00 Ευρώ

Επειδή σύμφωνα με την παραπάνω ισχύουσα νομοθεσία, μία επιχείρηση δηλώνει αποστολές, δηλαδή εξαγωγές όταν φτάσουν το όριο των 90.000,00 Ευρώ και αφίξεις δηλαδή εισαγωγές όταν φτάσουν το όριο των 150.000,00 Ευρώ. Αυτό σημαίνει για παράδειγμα ότι για μία επιχείρηση στην Ελλάδα και μία επιχείρηση στην Ιταλία, αν η πρώτη αποστείλει προϊόντα αξίας 95.000,00 Ευρώ στην δεύτερη, τότε μόνο η πρώτη θα δηλώσει αυτή την εξαγωγή. Όταν η δεύτερη φτάσει τις αφίξεις προϊόντων στα 150.000,00 Ευρώ τότε μόνο θα δηλώσει αυτό το ποσό. Λόγω λοιπόν αυτής της κατάστασης, η παραδοχή που θα κάνουμε για την παρούσα εργασία είναι ότι, για το ενδοκοινοτικό εμπόριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, θα πάρουμε μόνο τις εξαγωγές κάθε κράτους - μέλους προς το άλλο κράτος - μέλος και κατά συνέπεια θα αντιστοιχούν και στις δηλωθείσες εισαγωγές από τα αντίστοιχα κράτη - μέλη.

3.4. Συγκριτική Ανάλυση Του Δικτύου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα έτη 2005 και 2015

Στο παρόν υποκεφάλαιο, θα παρουσιαστούν τα χαρακτηριστικά του δικτύου των χωρών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς για τα έτη 2005 και 2015 και θα παρουσιαστούν κάποια συγκριτικά αποτελέσματα. Σκοπός είναι να μελετηθεί η μεταβολή που υπέστη το δίκτυο των κρατών - μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς από τη παγκόσμια κρίση του οικονομικού συστήματος για την διαπραγματευόμενη δεκαετία.

3.4.1. Το Δίκτυο του 2005

Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα χαρακτηριστικά του δικτύου των κρατών - μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς για το έτος 2005.

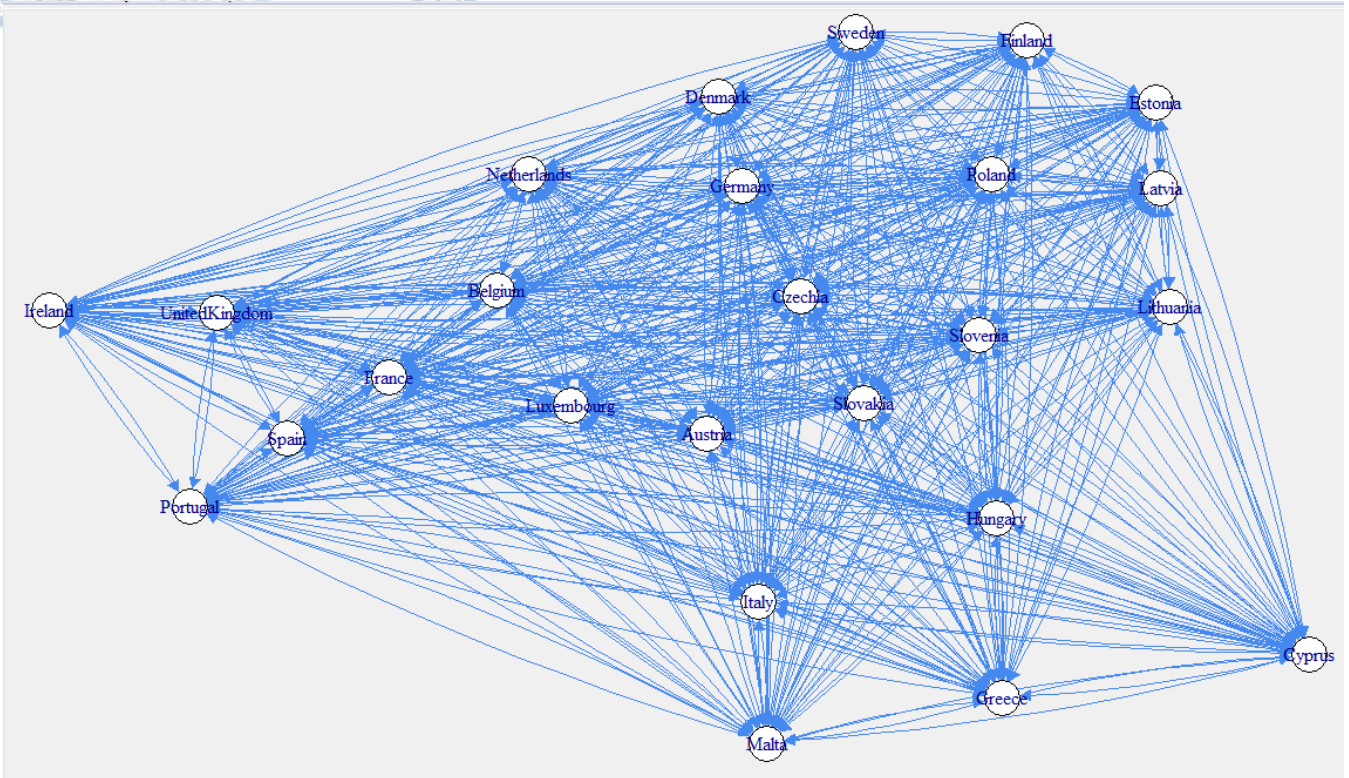
Το δίκτυο του 2005 περιλαμβάνει εκείνες τις χώρες, κράτη - μέλη της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς από την διεύρυνση του 2004. Είναι ένα κατευθυνόμενο και σταθμισμένο δίκτυο. Οι κόμβοι αποτελούν τις χώρες, κράτη - μέλη της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς για το έτος 2005. Οι ακμές, αντίστοιχα, αποτελούν την οικονομική ροή από την εξαγωγή εμπορευμάτων. Το βάρος υποδηλώνει την εμπορική αξία σε USD (\$) των προϊόντων από την εξαγωγή.

Με συγκεκριμένες εντολές στην R - Studio αντλούμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Πλήθος κορυφών $\{vcount(g)\}$: 25
- Πλήθος ακμών $\{ecount(g)\}$: 599
- Πυκνότητα $\{graph.density(g)\}$: 0.9983333

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι το δίκτυο των κρατών – μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελείται από 25 χώρες, κράτη – μέλη, με πλήθος εμπορικών συναλλαγών τις τάξεως 599. Έχω ένα πάρα πολύ πυκνό εμπορικό δίκτυο. Σχεδόν 100% πυκνότητα. Όμως αυτό που καταλαβαίνουμε είναι ότι το δίκτυο αυτό δεν είναι πλήρες. Αν ήταν πλήρες, ο αριθμός των ακμών θα ήταν $n * (n - 1)$, όπου n είναι το πλήθος των κόμβων, δηλαδή $25 * 24 = 600$. Από τα παραπάνω αποτελέσματα βλέπουμε ότι μία χώρα δεν επικοινωνεί με μία άλλη στο παρόν δίκτυο. Παρακάτω θα δούμε την αναπαράσταση του δικτύου και θα αντιληφθούμε το παραπάνω συμπέρασμα και θα δούμε ποια χώρα δεν εξάγει σε κάποια άλλη στο δίκτυο.

3.4.1.1. Αναπαράσταση του Δικτύου 2005



Εικόνα 6: Αναπαράσταση Δικτύου κρατών –μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης του 2005

Σε αυτό το δίκτυο που αναπαρίσταται στην Εικόνα 6, παρατηρούμε τα κράτη – μέλη της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς και τις εμπορικές συναλλαγές, συγκεκριμένα για τις εξαγωγές, που πραγματοποιούν μεταξύ τους για το έτος 2005. Όπως αναφέραμε το δίκτυο είναι πάρα πολύ πυκνό, (πυκνότητα = $0.9983333 \approx 1$), σχεδόν πλήρες. Από αυτό προκύπτει ότι σχεδόν όλες οι χώρες, κράτη – μέλη στέλνουν εμπορεύματα το ένα στο άλλο. Μόνο η Μάλτα δεν κάνει εξαγωγές στην Λιθουανία για το έτος 2005.

3.4.1.2. Υπολογισμός Βασικών Μέτρων Κεντρικότητας

Σε αυτήν την ενότητα θα υπολογιστούν τα βασικά μέτρα κεντρικότητας λαμβάνοντας υπόψη τα βάρη που αντιπροσωπεύουν.

3.4.1.2.1. Υπολογισμός Της Βαθμικής Κεντρικότητας

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι βαθμοί των κόμβων του δικτύου. Η Βαθμική Κεντρικότητα δείχνει πόσο συνδεδεμένος είναι ένας κόμβος και υπολογίζεται από το πλήθος των γειτόνων της συγκεκριμένης κορυφής, ως μέτρο κεντρικότητας των κορυφών. Οι κανονικοποιημένες τιμές κυμαίνονται από 0-1. Όσο περισσότερες συνδέσεις (γείτονες) έχει ένας κόμβος τόσο σημαντικότερος είναι στο δίκτυο. Από τον πίνακα παρατηρούμε ότι η Λιθουανία και η Μάλτα δεν είναι συνδεδεμένες. Δεν υπάρχει εμπορική εξαγωγή από την μία στην άλλη.

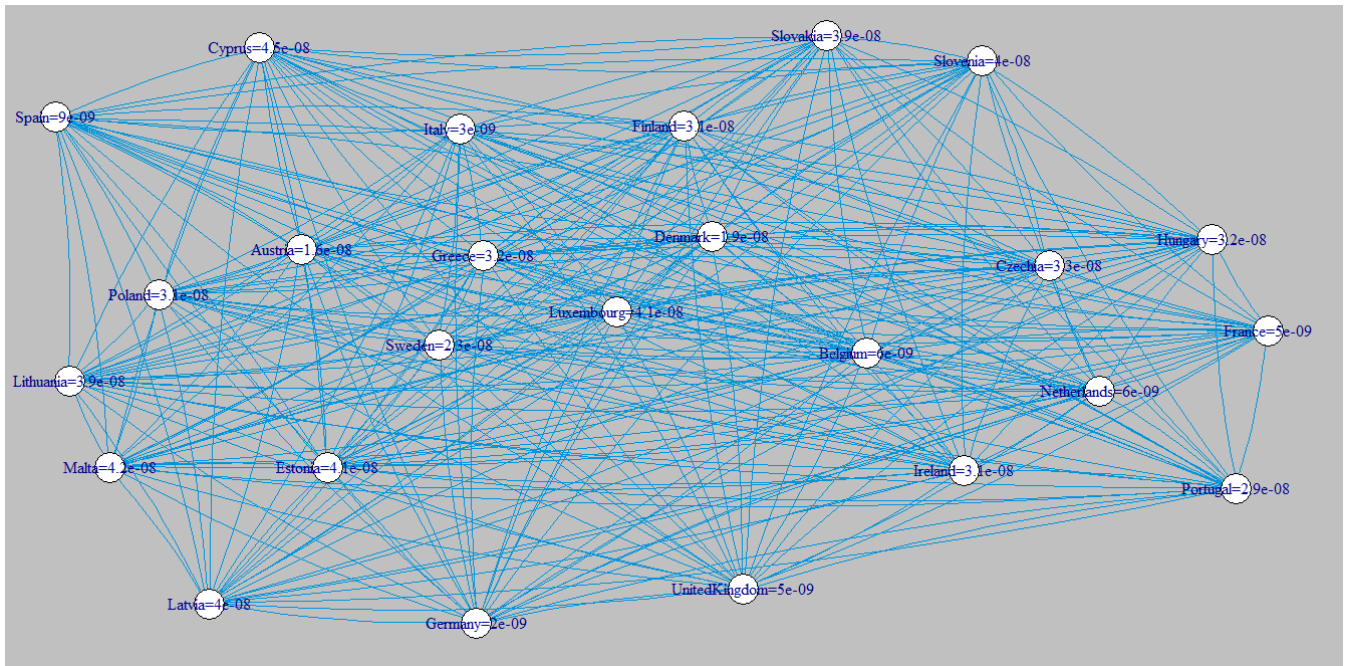
Degree Centrality ή Βαθμική Κεντρικότητα		
Χώρες	Τιμή	Κανονικοποιημένα
Τσεχία	24	1
Εσθονία	24	1
Κύπρος	24	1
Λετονία	24	1
Λιθουανία	23	0,958333
Ουγγαρία	24	1
Μάλτα	23	0,958333
Πολωνία	24	1
Σλοβενία	24	1
Σλοβακία	24	1
Σουηδία	24	1
Φινλανδία	24	1
Αυστρία	24	1
Πορτογαλία	24	1
Ισπανία	24	1
Ελλάδα	24	1
ΗΒ	24	1
Ιρλανδία	24	1
Δανία	24	1
Ολλανδία	24	1
Λουξεμβούργο	24	1
Ιταλία	24	1
Γαλλία	24	1
Γερμανία	24	1
Βέλγιο	24	1

3.4.1.2.2. Υπολογισμός Της Βεβαρημένης Κεντρικότητας Εγγύτητας

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η κεντρικότητα εγγύτητας. Η συγκεκριμένη κεντρικότητα δείχνει το πόσο εύκολα από ένα κόμβο είναι δυνατό να μεταφερθούμε σε κάποιον άλλο λαμβάνοντας υπόψη ταυτόχρονα όμως το βάρος κάθε κόμβου. Υπολογίζεται μόνο για συνεκτικό δίκτυο. Η τιμή αυτής της κεντρικότητας είναι μικρή για τις απομακρυσμένες κορυφές και μεγαλύτερη για τις κεντρικές κορυφές του δικτύου. Παρατηρείτε ένα μικρό εύρος τιμών. Οι Γαλλία, η Γερμανία και το Βέλγιο οι οποίες θεωρούνται χώρες του κεντρικού ευρωπαϊκού πυρήνα έχουν την μικρότερη βεβαρημένη κεντρικότητα εγγύτητας που σημαίνει ότι δεν είναι ευνοϊκές χώρες για την διακίνηση των εμπορευμάτων. Άρα παρατηρούμε ότι οι κεντρικές χώρες του δικτύου για τη ευκολότερη διακίνηση στην εξαγωγή εμπορευμάτων σε όλο το δίκτυο είναι η Τσεχία, η Εσθονία και η Κύπρος. Για εφοδιαστικούς λόγους δεν θα έπρεπε να βρίσκονται αυτές οι χώρες στην κορυφή της κατάταξης αλλά για άλλους λόγους βρίσκονται στο κέντρο όπως οικονομικούς, πολιτικούς, γεωγραφικούς.

Weighted Closeness Centrality ή Βεβαρημένη Κεντρικότητα Εγγύτητας	
Χώρες	Τιμή
Τσεχία	0,04469
Εσθονία	0,04181
Κύπρος	0,04114
Λετονία	0,04061
Λιθουανία	0,03996
Ουγγαρία	0,03979
Μάλτα	0,03932
Πολωνία	0,03916
Σλοβενία	0,03325
Σλοβακία	0,03218
Σουηδία	0,03167
Φινλανδία	0,03146
Αυστρία	0,03103
Πορτογαλία	0,03070
Ισπανία	0,02949
Ελλάδα	0,02315
ΗΒ	0,01855
Ιρλανδία	0,01583
Δανία	0,00915

Ολλανδία	0,00645
Λουξεμβούργο	0,00609
Ιταλία	0,00517
Γαλλία	0,00480
Γερμανία	0,00329
Βέλγιο	0,00242



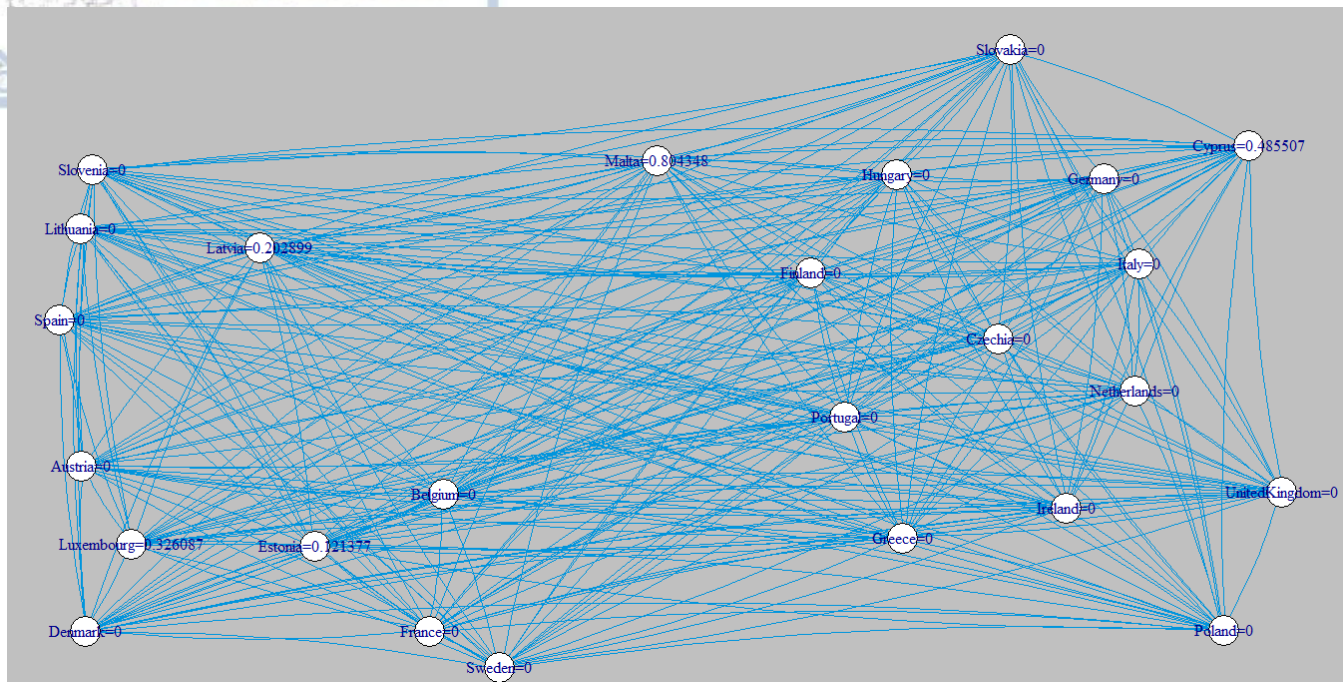
Εικόνα 7: Αναπαράσταση της Βεβαρημένης Κεντρικότητας Εγγύτητας για το δίκτυο του 2005

3.4.1.2.3. Υπολογισμός Της Βεβαρημένης Ενδιάμεσης Κεντρικότητας

Η ενδιάμεση κεντρικότητα για το δίκτυο 2005 παρουσιάζεται παρακάτω. Η συγκεκριμένη κεντρικότητα δείχνει πόσο σημαντικός είναι ένας κόμβος για τη σύνδεση μεταξύ άλλων κόμβων ή για τη ροή της πληροφορίας. Υπολογίζεται μόνο για συνεκτικό δίκτυο. Παρατηρούμε ότι η Μάλτα, η Κύπρος και το Λουξεμβούργο ανήκουν στις πρώτες τρεις θέσεις της κατάταξης των χωρών, κρατών – μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην κατηγορία της Βεβαρημένης Ενδιάμεσης Κεντρικότητας, δηλαδή φαίνεται ότι αυτές οι τρεις χώρες είναι σημαντικές, απαραίτητες για τη ροή ή τη διέλευση εμπορευμάτων από μία αρχική χώρα προς την χώρα προορισμού. Στη σύνδεση μεταξύ άλλων χωρών για την

πραγματοποίηση εμπορικών συναλλαγών οι υψηλότερες χώρες στην κατάταξη αποτελούν απαραίτητους μεσάζοντες στο ενδοκοινοτικό εμπόριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Weighted Betweenness Centrality Βεβαρημένη Ενδιάμεση Κεντρικότητα	
Χώρες	Τιμή
Μάλτα	0.8043478
Κύπρος	0.4855072
Λουξεμβούργο	0.3260870
Λετονία	0.2028986
Εσθονία	0.1213768
Βέλγιο	0.0000000
Γερμανία	0.0000000
Γαλλία	0.0000000
Ιταλία	0.0000000
Ολλανδία	0.0000000
Δανία	0.0000000
Ιρλανδία	0.0000000
ΗΒ	0.0000000
Ελλάδα	0.0000000
Ισπανία	0.0000000
Πορτογαλία	0.0000000
Αυστρία	0.0000000
Φινλανδία	0.0000000
Σουηδία	0.0000000
Σλοβακία	0.0000000
Σλοβενία	0.0000000
Πολωνία	0.0000000
Ουγγαρία	0.0000000
Λιθουανία	0.0000000
Τσεχία	0.0000000

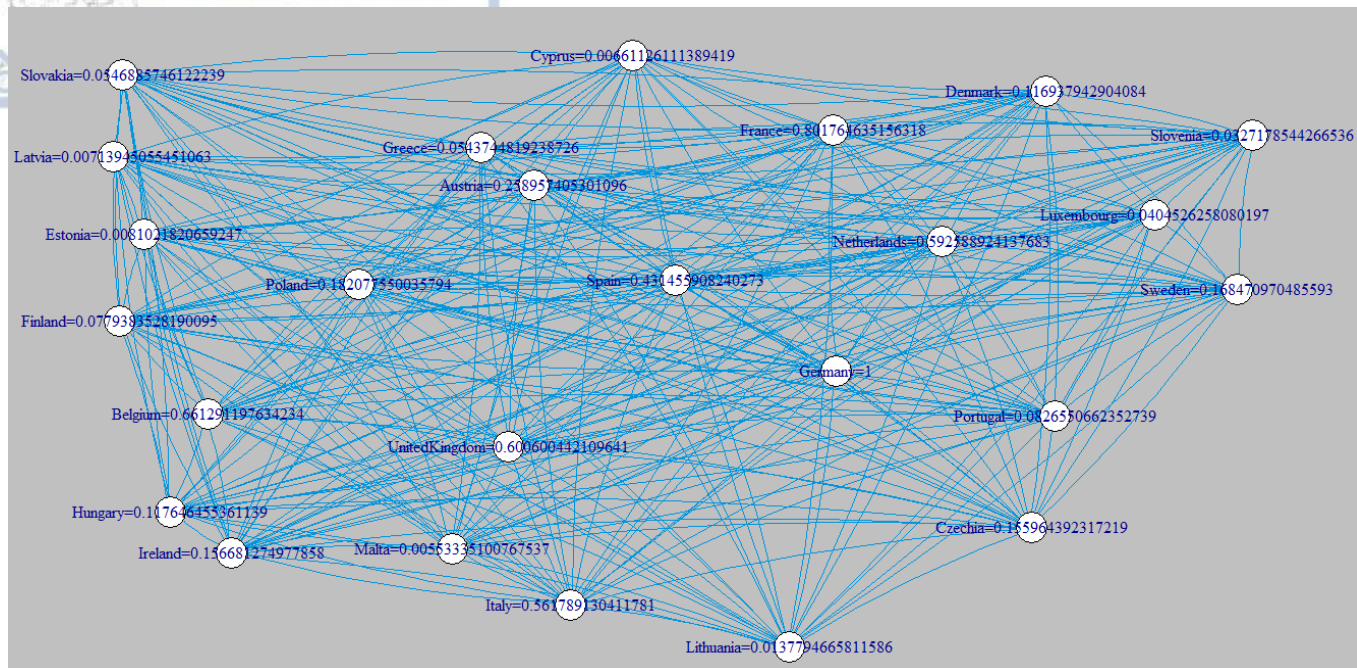


Εικόνα 8: Αναπαράσταση της Βεβαρημένης Ενδιάμεσης Κεντρικότητας για το δίκτυο του 2005

3.4.1.2.4. Υπολογισμός Της Βεβαρημένης Ιδιοκεντρικότητας

Η ιδιοκεντρικότητα παρουσιάζεται στο επόμενο πίνακα. Αυτή η κεντρικότητα δείχνει ότι το κύρος ενός κόμβου εξαρτάται από το κύρος των γειτόνων του (Prestige). Υπολογίζεται μόνο για ένα συνεκτικό δίκτυο. Μπορεί 2 κόμβοι να έχουν ίδιο βαθμό (να έχουν τον ίδιο αριθμό γειτόνων), όμως αν οι γείτονες του ενός από τους δύο έχει συνολικά μεγαλύτερο άθροισμα βαθμών, τότε ο πρώτος θα έχει βαθμικά σημαντικότερους γείτονες. Όλες οι χώρες, κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης που μελετάμε για το δίκτυο του 2005 έχουν βαθμό 24, εκτός από την Μάλτα και την Λιθουανία που έχουν 23. Από τον παρακάτω πίνακα παρατηρούμε ότι η Γερμανία, Γαλλία, το Βέλγιο και το Ηνωμένο Βασίλειο έχουν τις μεγαλύτερες τιμές βεβαρημένης ιδιοκεντρικότητας, με τη Γερμανία να έχει τους πιο σημαντικούς γείτονες στο δίκτυο του 2005 σε συνάρτηση με τις συνολικές εξαγωγές εμπορευμάτων που έχουν πραγματοποιήσει οι γείτονές του. Η Λετονία, η Κύπρος και η Μάλτα έχουν τους λιγότερους σημαντικούς γείτονες με βάση τις εμπορικές ροές των τελευταίων.

Weighted Eigenvector Centrality ή Βεβαρημένη Ιδιοκεντρικότητα	
Χώρες	Τιμή
Γερμανία	1.000000000
Γαλλία	0.801764635
Βέλγιο	0.661291198
ΗΒ	0.600600442
Ολλανδία	0.592588924
Ιταλία	0.561789130
Ισπανία	0.431455908
Αυστρία	0.258957405
Πολωνία	0.182077550
Σουηδία	0.168470970
Ιρλανδία	0.156681275
Τσεχία	0.155964392
Ουγγαρία	0.117646455
Δανία	0.116937943
Πορτογαλία	0.082655066
Φινλανδία	0.077938353
Σλοβακία	0.054688575
Ελλάδα	0.054374482
Λουξεμβούργο	0.040452626
Σλοβενία	0.032717854
Λιθουανία	0.013779467
Εσθονία	0.008102182
Λετονία	0.007139451
Κύπρος	0.006611261
Μάλτα	0.005533351



Εικόνα 9: Αναπαράσταση της Βεβαρημένης Ιδιοκεντρικότητας για το δίκτυο του 2005

3.4.2. Το δίκτυο του 2015

Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα χαρακτηριστικά του δικτύου των κρατών - μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς για το έτος 2015.

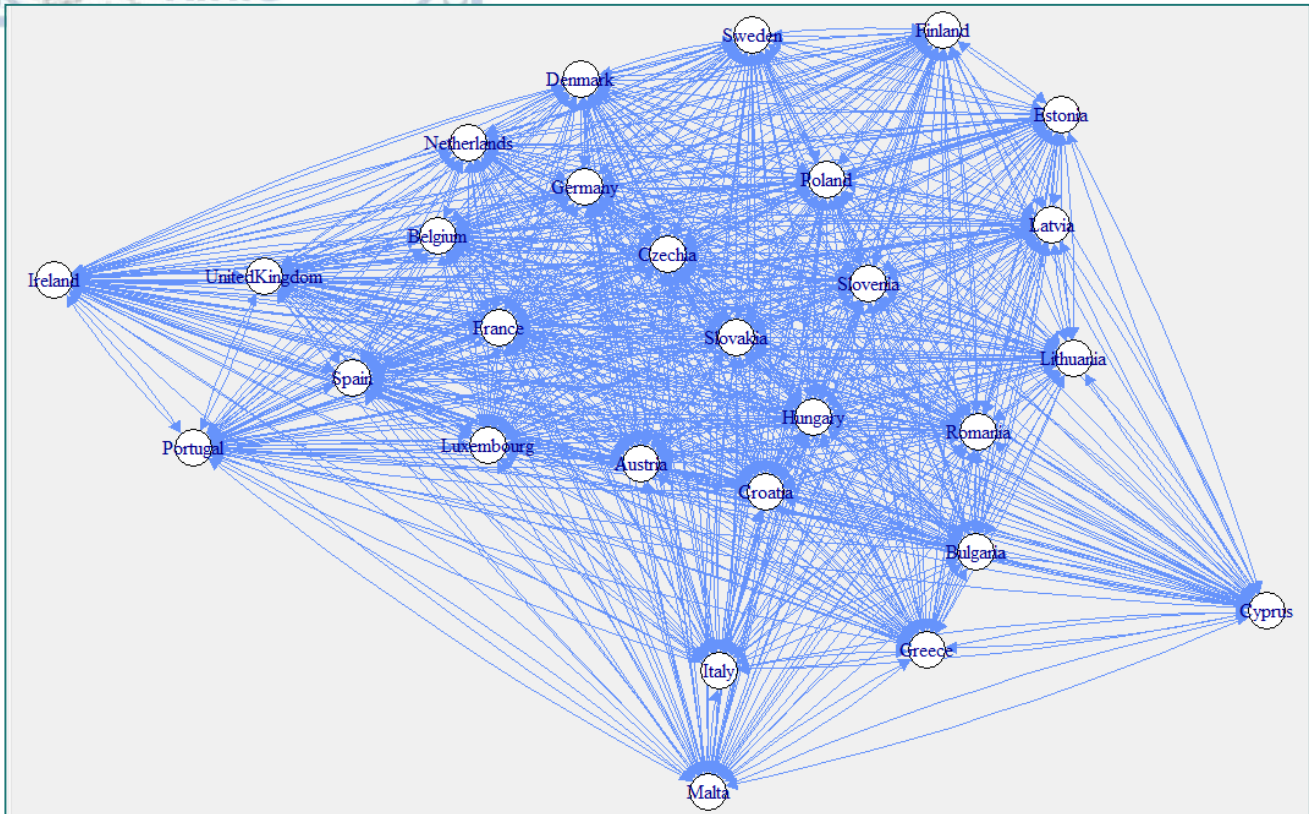
Το δίκτυο του 2015 περιλαμβάνει εκείνες τις χώρες, κράτη - μέλη της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς από την τελευταία διεύρυνση που πραγματοποιήθηκε το 2013. Είναι ένα κατευθυνόμενο και σταθμισμένο δίκτυο. Και σε αυτό το δίκτυο, οι κόμβοι αποτελούν τις χώρες, κράτη - μέλη της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς για το έτος 2015. Οι ακμές, αντίστοιχα, αποτελούν την οικονομική ροή από την εξαγωγή εμπορευμάτων. Το βάρος υποδηλώνει την εμπορική αξία σε USD (\$) των προϊόντων από την εξαγωγή.

Με συγκεκριμένες εντολές στην R - Studio αντλούμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Πλήθος κορυφών $\{vcount(g)\}$: 28
- Πλήθος ακμών $\{ecount(g)\}$: 756
- Πυκνότητα $\{graph.density(g)\}$: 1

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι το δίκτυο των κρατών – μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελείται από 28 χώρες, κράτη – μέλη, με πλήθος εμπορικών συναλλαγών τις τάξεως 756. Έχω ένα πάρα πολύ πυκνό εμπορικό δίκτυο. Με τη μέγιστη πυκνότητα που θα μπορούσε να έχει ένα δίκτυο. Αυτό που συμπεραίνουμε είναι ότι το δίκτυο του 2015 είναι πλήρες. Εφόσον είναι πλήρες, ο αριθμός των ακμών θα είναι $n * (n - 1)$, όπου n είναι το πλήθος των κόμβων, δηλαδή $28 * 27 = 756$. Από τα παραπάνω αποτελέσματα βλέπουμε ότι κάθε χώρα επικοινωνεί με όλες τις άλλες χώρες του δικτύου. Παρακάτω θα δούμε την αναπαράσταση του δικτύου και θα αντιληφθούμε τα παραπάνω συμπεράσματα.

3.4.2.1. Αναπαράσταση του Δικτύου 2015



Εικόνα 10: Αναπαράσταση Δικτύου κρατών – μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης του 2015

Σε αυτό το δίκτυο που αναπαρίσταται στην Εικόνα 2, παρατηρούμε τα κράτη – μέλη της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς και τις εμπορικές συναλλαγές, συγκεκριμένα για τις εξαγωγές, που πραγματοποιούν μεταξύ τους για το έτος 2015. Όπως αναφέραμε το δίκτυο είναι πλήρες και κατ' επέκταση έχει την υψηλότερη πυκνότητα = 1. Από αυτό προκύπτει ότι όλες οι χώρες, κράτη – μέλη στέλνουν εμπορεύματα το ένα στο άλλο.

3.4.2.2. Υπολογισμός Βασικών Μέτρων Κεντρικότητας

Σε αυτήν την ενότητα θα υπολογιστούν τα βασικά μέτρα κεντρικότητας λαμβάνοντας υπόψη τα βάρη που αντιπροσωπεύουν.

3.4.2.2.1. Υπολογισμός Της Βαθμικής Κεντρικότητας

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι βαθμοί των κόμβων του δικτύου. Η Βαθμική Κεντρικότητα δείχνει πόσο συνδεδεμένος είναι ένας κόμβος και υπολογίζεται από το πλήθος των γειτόνων της συγκεκριμένης κορυφής, ως μέτρο κεντρικότητας των κορυφών. Οι κανονικοποιημένες τιμές κυμαίνονται από 0-1. Όσο περισσότερες συνδέσεις (γείτονες) έχει ένας κόμβος τόσο σημαντικότερος είναι στο δίκτυο. Από τον παρακάτω πίνακα παρατηρούμε ότι όλες είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους, όλες στέλνουν σε όλες.

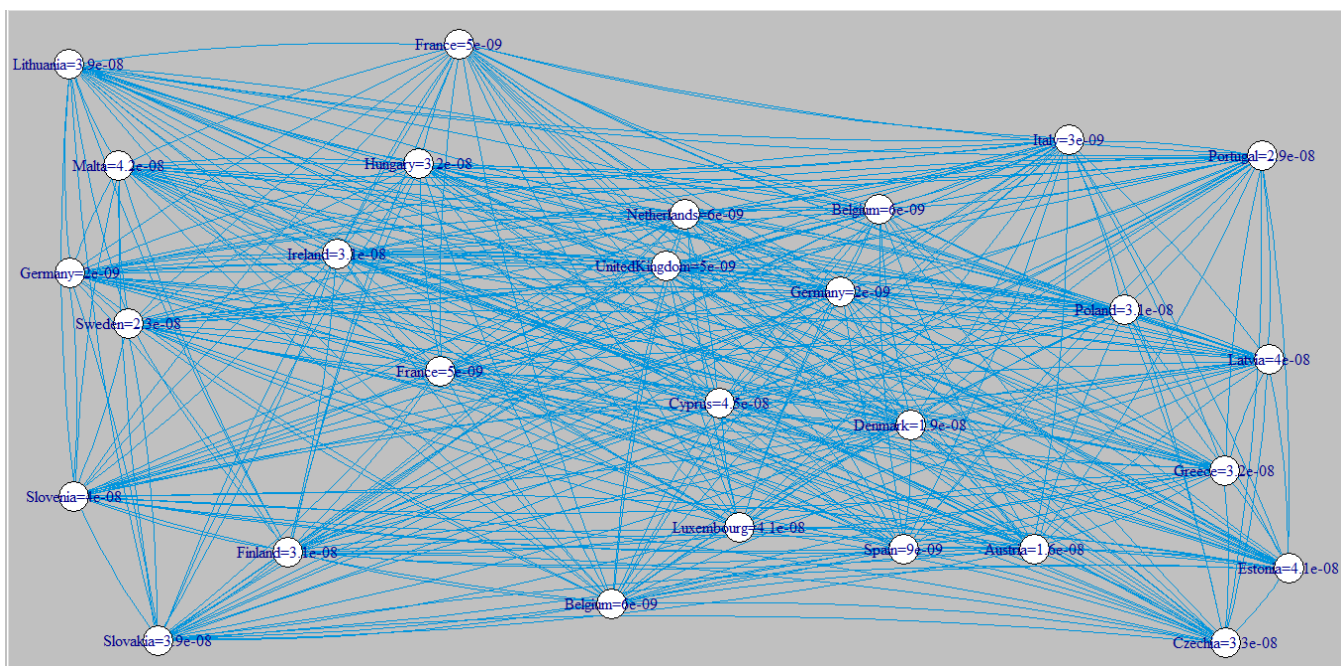
Degree Centrality ή Βαθμική Κεντρικότητα		
Χώρες	Τιμή	Κανονικοποιημένα
Τσεχία	27	1
Εσθονία	27	1
Κύπρος	27	1
Λετονία	27	1
Λιθουανία	27	1
Ουγγαρία	27	1
Μάλτα	27	1
Πολωνία	27	1
Σλοβενία	27	1
Σλοβακία	27	1
Σουηδία	27	1
Φινλανδία	27	1
Αυστρία	27	1
Πορτογαλία	27	1
Ισπανία	27	1
Ελλάδα	27	1
ΗΒ	27	1
Ιρλανδία	27	1
Δανία	27	1
Ολλανδία	27	1
Λουξεμβούργο	27	1
Ιταλία	27	1
Γαλλία	27	1
Γερμανία	27	1
Βέλγιο	27	1
Ρουμανία	27	1
Βουλγαρία	27	1
Κροατία	27	1

3.4.2.2.2. Υπολογισμός Της Βεβαρημένης Κεντρικότητας Εγγύτητας

Η κεντρικότητα εγγύτητας παρουσιάζεται στον πίνακα παρακάτω. Η συγκεκριμένη κεντρικότητα δείχνει το πόσο εύκολα από ένα κόμβο είναι δυνατό να μεταφερθούμε σε κάποιον άλλο λαμβάνοντας υπόψη ταυτόχρονα όμως το βάρος κάθε κόμβου. Υπολογίζεται μόνο για συνεκτικό δίκτυο. Η τιμή αυτής της κεντρικότητας είναι μικρή για τις απομακρυσμένες κορυφές και μεγαλύτερη για τις κεντρικές κορυφές του δικτύου. Οι Ιταλία, η Γερμανία και το Βέλγιο έχουν την μικρότερη βεβαρημένη κεντρικότητα εγγύτητας που σημαίνει ότι δεν είναι ευνοϊκές χώρες για την διακίνηση των εμπορευμάτων για το δίκτυο συνολικά γιατί είναι οι πιο απομακρυσμένες χώρες από το κέντρο του δικτύου. Άρα παρατηρούμε ότι οι κεντρικές χώρες του δικτύου για τη ευκολότερη διακίνηση στην εξαγωγή εμπορευμάτων σε όλο το δίκτυο είναι η Μάλτα, η Κύπρος και η Εσθονία. Για εφοδιαστικούς λόγους δεν θα έπρεπε να βρίσκονται αυτές οι χώρες στην κορυφή της κατάταξης αλλά για άλλους λόγους βρίσκονται στο κέντρο όπως οικονομικούς, πολιτικούς, φορολογικούς, γεωγραφικούς.

Weighted Closeness Centrality ή Βεβαρημένη Κεντρικότητα Εγγύτητας	
Χώρες	Τιμή
Μάλτα	0,06905179
Κύπρος	0,06684178
Εσθονία	0,06068432
Λουξεμβούργο	0,05638280
Λετονία	0,04788381
Λιθουανία	0,04673406
Σλοβενία	0,04353568
Βουλγαρία	0,04263236
Ελλάδα	0,04050294
Κροατία	0,03889401
Σλοβακία	0,03858489
Φινλανδία	0,03476080
Ουγγαρία	0,02928081
Σουηδία	0,02591560
Ρουμανία	0,02587404
Πορτογαλία	0,02556383
Ιρλανδία	0,02239788
Τσεχία	0,01956182

Αυστρία	0,01748985
Δανία	0,01579358
Πολωνία	0,01399505
Βέλγιο	0,00620778
ΗΒ	0,00432013
Ισπανία	0,00409166
Γαλλία	0,00348103
Ολλανδία	0,00280496
Γερμανία	0,00244538
Ιταλία	0,00226305



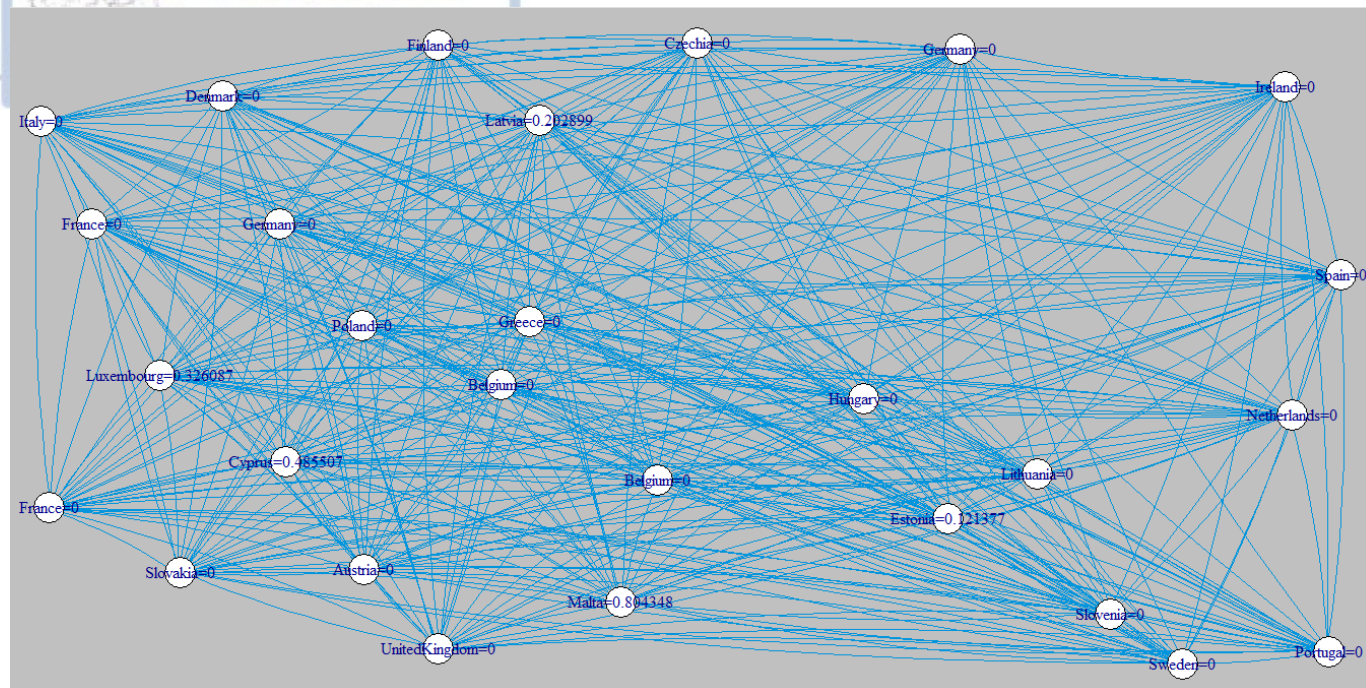
Εικόνα 11: Αναπαράσταση της Βεβαρημένης Κεντρικότητας Εγγύτητας για το δίκτυο του 2015

3.4.2.2.3. Υπολογισμός Της Βεβαρημένης Ενδιάμεση Κεντρικότητας

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται η ενδιάμεση κεντρικότητα. Η συγκεκριμένη κεντρικότητα δείχνει πόσο σημαντικός είναι ένας κόμβος για τη σύνδεση μεταξύ άλλων κόμβων ή για τη ροή της πληροφορίας. Υπολογίζεται μόνο για συνεκτικό δίκτυο. Παρατηρούμε ότι η Μάλτα, η Κύπρος και η Εσθονία ανήκουν στις πρώτες τρεις θέσεις της κατάταξης των χωρών, κρατών – μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην κατηγορία της Βεβαρημένης Ενδιάμεσης Κεντρικότητας, δηλαδή φαίνεται ότι αυτές οι τρεις χώρες είναι

σημαντικές, απαραίτητες για τη ροή ή τη διέλευση εμπορευμάτων από μία αρχική χώρα προς την χώρα προορισμού. Στη σύνδεση μεταξύ άλλων χωρών για την πραγματοποίηση εμπορικών συναλλαγών οι υψηλότερες χώρες στην κατάταξη αποτελούν απαραίτητους μεσάζοντες στο ενδοκοινοτικό εμπόριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Weighted Betweenness Centrality Βεβαρημένη Ενδιάμεση Κεντρικότητα	
Χώρες	Τιμή
Μάλτα	0,82336182
Κύπρος	0,40883191
Εσθονία	0,22364672
Λουξεμβούργο	0,18803419
Κροατία	0,03703704
Λετονία	0,03703704
Ρουμανία	0,00000000
Βουλγαρία	0,00000000
Βέλγιο	0,00000000
Γερμανία	0,00000000
Γαλλία	0,00000000
Ιταλία	0,00000000
Ολλανδία	0,00000000
Δανία	0,00000000
Ιρλανδία	0,00000000
ΗΒ	0,00000000
Ελλάδα	0,00000000
Ισπανία	0,00000000
Πορτογαλία	0,00000000
Αυστρία	0,00000000
Φινλανδία	0,00000000
Σουηδία	0,00000000
Σλοβακία	0,00000000
Σλοβενία	0,00000000
Πολωνία	0,00000000
Ουγγαρία	0,00000000
Λιθουανία	0,00000000
Τσεχία	0,00000000



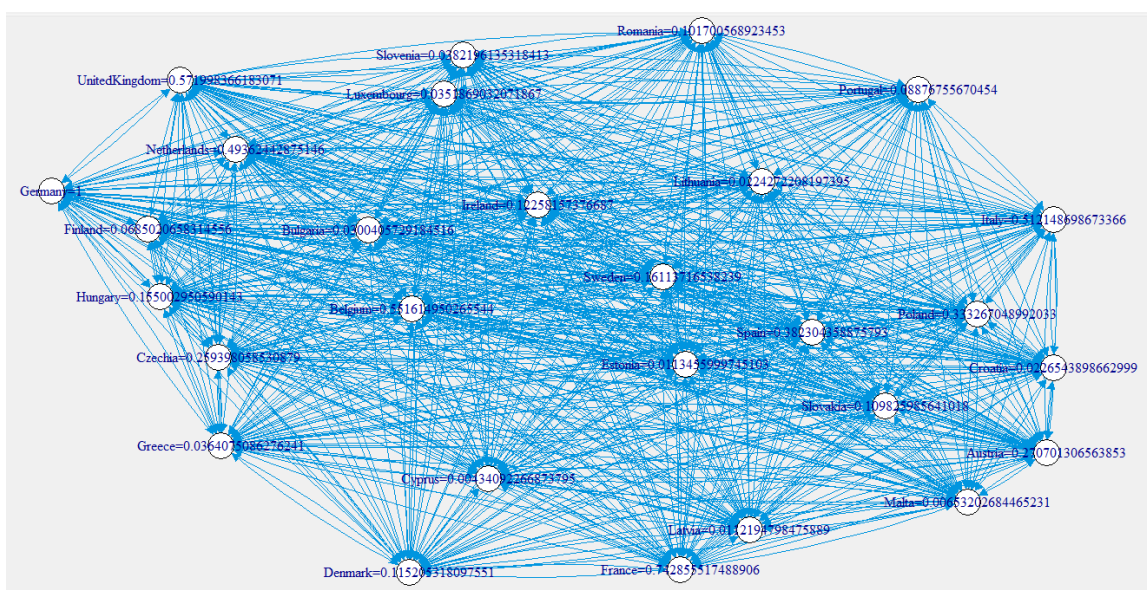
Εικόνα 12: Αναπαράσταση της Βεβαρημένης Ενδιάμεσης Κεντρικότητας για το δίκτυο του 2015

3.4.2.2.4. Υπολογισμός Της Βεβαρημένης Ιδιοκεντρικότητας

Η ιδιοκεντρικότητα για το δίκτυο του 2015 παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί. Αυτή η κεντρικότητα δείχνει ότι το κύρος ενός κόμβου εξαρτάται από το κύρος των γειτόνων του (Prestige). Υπολογίζεται μόνο για ένα συνεκτικό δίκτυο. Μπορεί 2 κόμβοι να έχουν ίδιο βαθμό (να έχουν τον ίδιο αριθμό γειτόνων), όμως αν οι γείτονες του ενός από τους δύο έχει συνολικά μεγαλύτερο άθροισμα βαθμών, τότε ο πρώτος θα έχει βαθμικά σημαντικότερους γείτονες. Όλες οι χώρες, κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης που μελετάμε για το δίκτυο του 2015 έχουν βαθμό 27. Από τον παρακάτω πίνακα παρατηρούμε ότι η Λετονία, η Πολωνία και η Τσεχία έχουν τις μεγαλύτερες τιμές βεβαρημένης ιδιοκεντρικότητας, με τη Λετονία να έχει τους πιο σημαντικούς γείτονες στο δίκτυο του 2015 σε συνάρτηση με τις συνολικές εξαγωγές εμπορευμάτων που έχουν πραγματοποιήσει οι γείτονές του. Τα συμπεράσματα όμως δεν είναι απόλυτα λόγω του μικρού εύρους τιμών για αυτήν την κεντρικότητα.

Weighted Eigenvector Centrality ή Βεβαρημένη Ιδιοκεντρικότητα	
Χώρες	Τιμή
Λετονία	1,0000000

Πολωνία	0,9999999
Τσεχία	0,9999998
Ιρλανδία	0,9999996
Μάλτα	0,9999991
Ισπανία	0,9999990
Αυστρία	0,9999989
Ουγγαρία	0,9999989
Εσθονία	0,9999988
Ρουμανία	0,9999988
Λιθουανία	0,9999987
Σουηδία	0,9999986
Κροατία	0,9999986
Ιταλία	0,9999984
Φινλανδία	0,9999983
HB	0,9999983
Σλοβακία	0,9999983
Ελλάδα	0,9999982
Δανία	0,9999980
Βέλγιο	0,9999978
Λουξεμβούργο	0,9999978
Γερμανία	0,9999977
Γαλλία	0,9999976
Σλοβενία	0,9999971
Βουλγαρία	0,9999968



Εικόνα 13: Αναπαράσταση της Βεβαρημένης Ιδιοκεντρικότητας για το δίκτυο του 2015

3.4.3. Συγκριτική Ανάλυση για τα δίκτυα του 2005 και του 2015

Από την μελέτη των δύο δικτύων των χωρών, κρατών – μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς για τα έτη 2005 και 2015 προέκυψαν κάποια συμπεράσματα που θα παρουσιαστούν παρακάτω. Στον πίνακα, που ακολουθεί, παραθέτουμε κάθε κεντρικότητες που υπολογίστηκε στα προηγούμενα υποκεφάλαια για το 2005 και 2015 αντίστοιχα για να γίνει συγκριτική ανάλυση αυτών.

Βεβαρημένη Κεντρικότητα Εγγύτητας 2005 (Closeness)		Βεβαρημένη Κεντρικότητα Εγγύτητας 2015 (Closeness)		Βεβαρημένη Ενδιάμεση Κεντρικότητα 2005 (Betweenness)		Βεβαρημένη Ενδιάμεση Κεντρικότητα 2015 (Betweenness)		Βεβαρημένη Ιδιοκεντρικότητα 2005 (Eigenvector)		Βεβαρημένη Ιδιοκεντρικότητα 2015 (Eigenvector)	
Χώρες	Τιμή	Χώρες	Τιμή	Χώρες	Τιμή	Χώρες	Τιμή	Χώρες	Τιμή	Χώρες	Τιμή
Τσεχία	0,04469	Μάλτα	0,06905179	Μάλτα	0,8043478	Μάλτα	0,82336182	Γερμανία	1,00000000	Λετονία	1,00000000
Εσθονία	0,04181	Κύπρος	0,06684178	Κύπρος	0,4855072	Κύπρος	0,40883191	Γαλλία	0,801764635	Πολωνία	0,99999999
Κύπρος	0,04114	Εσθονία	0,06068432	Λουξεμβούργο	0,3260870	Εσθονία	0,22364672	Βέλγιο	0,661291198	Τσεχία	0,99999998
Λετονία	0,04061	Λουξεμβούργο	0,05638280	Λετονία	0,2028986	Λουξεμβούργο	0,18803419	ΗΒ	0,600600442	Ιρλανδία	0,99999996
Λιθουανία	0,03996	Λετονία	0,04788381	Εσθονία	0,1213768	Κροατία	0,03703704	Ολλανδία	0,592588924	Μάλτα	0,99999991
Ουγγαρία	0,03979	Λιθουανία	0,04673406	Βέλγιο	0,0000000	Λετονία	0,03703704	Ιταλία	0,561789130	Ισπανία	0,99999990
Μάλτα	0,03932	Σλοβενία	0,04335368	Γερμανία	0,0000000	Ρουμανία	0,0000000	Ισπανία	0,431455908	Αυστρία	0,99999989
Πολωνία	0,03916	Βουλγαρία	0,04263236	Γαλλία	0,0000000	Βουλγαρία	0,0000000	Αυστρία	0,258957405	Ουγγαρία	0,99999989
Σλοβενία	0,03325	Ελλάδα	0,04050294	Ιταλία	0,0000000	Βέλγιο	0,0000000	Πολωνία	0,182077550	Εσθονία	0,99999988
Σλοβακία	0,03218	Κροατία	0,03889401	Ολλανδία	0,0000000	Γερμανία	0,0000000	Σουηδία	0,168470970	Ρουμανία	0,99999988
Σουηδία	0,03167	Σλοβακία	0,03858489	Δανία	0,0000000	Γαλλία	0,0000000	Ιρλανδία	0,156681275	Λιθουανία	0,99999987
Φινλανδία	0,03146	Φινλανδία	0,03476080	Ιρλανδία	0,0000000	Ιταλία	0,0000000	Τσεχία	0,155964392	Σουηδία	0,99999986
Αυστρία	0,03103	Ουγγαρία	0,02928081	ΗΒ	0,0000000	Ολλανδία	0,0000000	Ουγγαρία	0,117646455	Κροατία	0,99999986
Πορτογαλία	0,03070	Σουηδία	0,02591560	Ελλάδα	0,0000000	Δανία	0,0000000	Δανία	0,116937943	Ιταλία	0,99999984
Ισπανία	0,02949	Ρουμανία	0,02587404	Ισπανία	0,0000000	Ιρλανδία	0,0000000	Πορτογαλία	0,082655066	Φινλανδία	0,99999983
Ελλάδα	0,02315	Πορτογαλία	0,02556383	Πορτογαλία	0,0000000	ΗΒ	0,0000000	Φινλανδία	0,077938353	ΗΒ	0,99999983
ΗΒ	0,01855	Ιρλανδία	0,02239788	Αυστρία	0,0000000	Ελλάδα	0,0000000	Φινλανδία	0,054688575	Σλοβακία	0,99999983
Ιρλανδία	0,01583	Τσεχία	0,01956182	Φινλανδία	0,0000000	Ισπανία	0,0000000	Ελλάδα	0,054374482	Ελλάδα	0,99999982
Δανία	0,00915	Αυστρία	0,01748985	Σουηδία	0,0000000	Πορτογαλία	0,0000000	Λουξεμβούργο	0,040452626	Δανία	0,99999980
Ολλανδία	0,00645	Δανία	0,01579358	Σλοβακία	0,0000000	Αυστρία	0,0000000	Σλοβενία	0,032717854	Βέλγιο	0,99999978
Λουξεμβούργο	0,00609	Πολωνία	0,01399505	Σλοβενία	0,0000000	Φινλανδία	0,0000000	Λιθουανία	0,013779467	Λουξεμβούργο	0,99999978
Ιταλία	0,00517	Βέλγιο	0,00620778	Πολωνία	0,0000000	Σουηδία	0,0000000	Εσθονία	0,008102182	Γερμανία	0,99999977
Γαλλία	0,00480	ΗΒ	0,00432013	Ουγγαρία	0,0000000	Σλοβακία	0,0000000	Λετονία	0,007139451	Γαλλία	0,99999976
Γερμανία	0,00329	Ισπανία	0,00409166	Λιθουανία	0,0000000	Σλοβενία	0,0000000	Κύπρος	0,006611261	Σλοβενία	0,99999971
Βέλγιο	0,00242	Γαλλία	0,00348103	Τσεχία	0,0000000	Πολωνία	0,0000000	Μάλτα	0,005533351	Βουλγαρία	0,99999968
		Γερμανία	0,00244538			Λιθουανία	0,0000000			Ολλανδία	0,99999965
		Ιταλία	0,00226305			Τσεχία	0,0000000			Πορτογαλία	0,99999965

Εικόνα 14: Συγκριτική παρουσίαση για τις σταθμισμένες κεντρικότητες για τα έτη 2005 και 2015

Όσον αφορά τη συνδεσιμότητα των χωρών μεταξύ του στις δύο αυτές χρονικές στιγμές, όπως έχουμε αναφέρει το δίκτυο του 2005 είναι σχεδόν πλήρες, μόνο μία σύνδεση δεν υπάρχει στο δίκτυο αυτό. Η εμπορική εξαγωγή που δεν υφίσταται είναι αυτής της Μάλτας προς στη Λιθουανία, δεν εξάγει δηλαδή προϊόντα η Μάλτα στη Λιθουανία. Αντιθέτως το δίκτυο του 2015 είναι ένα πλήρες δίκτυο, όπου όλες οι χώρες, κράτη – μέλη εξάγουν μεταξύ του.

Στον υπολογισμό της closeness centrality, παρατηρείται ότι η Τσεχία, η Εσθονία και η Κύπρος για το 2005 έχουν τη μεγαλύτερη τιμή για αυτή τη κεντρικότητα. Αυτό σημαίνει ότι συναρτήσει των εμπορικών συναλλαγών που έχουν με τις άλλες χώρες τις Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελούν τις τρεις πρώτες χώρες οι οποίες είναι οι πιο προσβάσιμες χώρες για τη γρηγορότερη και ευκολότερη διακίνηση προϊόντων στον τομέα των εξαγωγών. Από αυτό το συμπέρασμα όμως δεν μπορούμε να πούμε ότι οι χώρες αυτές παράγουν τα προϊόντα που

εξάγουν και από αυτά έχουν τις μεγαλύτερες εισροές χρημάτων αλλά παίζουν τον κεντρικότερο ρόλο διακίνησης προϊόντων στην Ενιαία Ευρωπαϊκή Αγορά. Αυτό μπορεί να συμβαίνει είτε λόγω εύκολων γραφειοκρατικών διαδικασιών είτε λόγω κόστους διακίνησης προϊόντων. Όμως μέσα σε μία δεκαετία η κατάταξη των χωρών άλλαξε. Η Τσεχία έχασε την πρώτη θέση και έπεσε στη δέκατη έβδομη, την πρώτη θέση στη διακίνηση προϊόντων για το 2015 την κατέλαβε η Μάλτα. Υπήρξε εναλλαγή των θέσεων μεταξύ Κύπρου και Εσθονίας ενώ το Λουξεμβούργο εμφανίστηκε στην πρώτη τετράδα, κάτι που την κάνει σημαντική κορυφή για τη διακίνηση προϊόντων στο δίκτυο του 2015.

Στο δίκτυο των χωρών, κρατών – μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι χώρες που είναι πιο σημαντικές για τη εμπορική σύνδεση μεταξύ άλλων χωρών για το 2005 είναι η Μάλτα, η Κύπρος, το Λουξεμβούργο και η Λετονία. Αυτές οι χώρες φαίνεται να μην έχουν αλλάξει θέση στη κατάταξη για την Betweenness Centrality για το έτος 2015. Γενικότερα οι χώρες φαίνεται να κατέχουν τις ίδιες θέσεις στην κατάταξη. Παρατηρείται όμως ότι μετά την τελευταία διεύρυνση του 2013 φαίνεται ότι οι τρεις χώρες που προστέθηκαν στο δίκτυο των χωρών, κρατών – μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς, οι οποίες ήταν η Ρουμανία, η Βουλγαρία και η Κροατία να είναι στη πρώτη οκτάδα χωρών στην κατάταξη για την σημαντικότητα στη σύνδεση μεταξύ άλλων χωρών.

Όσον αφορά όμως τις χώρες και το κύρος των γειτονικών χωρών αυτών για το 2005 ούτε η Μάλτα αλλά ούτε η Κύπρος και η Εσθονία δεν έχουν τους σημαντικότερους γείτονες με βάση την εμπορική αξία συναλλαγών. Βρίσκονται μάλιστα τις τελευταίες θέσεις στην κατάταξη. Η Γερμανία, η Γαλλία και το Βέλγιο παρατηρούνται να βρίσκονται στις πρώτες θέσεις κύρους με βάση τις χώρες που έχουν τους ως γείτονες και τις εξαγωγές αυτών. Η άποψη αυτή δεν συνεχίζεται καθώς μετά από μία δεκαετία τα πράγματα έχουν διαφοροποιηθεί. Το Βέλγιο, η Γαλλία έχουν χάσει το κύρος τους στο δίκτυο με τη Λετονία, τη Πολωνία και τη Τσεχία να κατακτούν τις πρώτες θέσεις στην κατάταξη του Eigenvector Centrality. Ακόμη, η Μάλτα και η Εσθονία στη διάρκεια τις δεκαετία 2005-2015 απέκτησαν μεγαλύτερο κύρος στο δίκτυο της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς.

3.5. Εφαρμογή Της Θεωρίας των Δικτύων Ανοιχτής Ροής Στη Μελέτη Του Δικτύου της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Στο παρόν υποκεφάλαιο, θα παρουσιαστούν τα χαρακτηριστικά των OFN και θα εφαρμοστούν στο του δικτύου των χωρών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς για τα έτη 2005 και 2015 και θα παρουσιαστούν κάποια συγκριτικά αποτελέσματα. Σκοπός και σε αυτό το υποκεφάλαιο είναι να μελετηθεί η μεταβολή που υπέστη το δίκτυο των κρατών - μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς από τη παγκόσμια κρίση του οικονομικού συστήματος για την διαπραγματευόμενη δεκαετία με την χρήση μετρικών που θα αντληθούν από το μοντέλο του OFN.

3.5.1. Προϊόν Μελέτης

Για τη δημιουργία του μοντέλου του OFN θα χρησιμοποιηθεί το προϊόν «πλούτος», το οποίο θα εκφράζει το σύνολο των εμπορευμάτων που θα εξάγει κάθε χώρα, κράτος - μέλος της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς. Το προϊόν «πλούτος» θα περιλαμβάνει όλα τα προϊόντα και θα είναι εκφρασμένο σε USD.

3.5.2. Δίκτυο Ροής Εμπορευμάτων 2005

Για τη δημιουργία του Δικτύου Ροής Εμπορευμάτων (Commodity Flow Network - CFN) θα υπολογιστεί ο πίνακας γειννιάσης μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης των κοινών αυτών κόμβων και των δύο επιπλέον κόμβων, της πηγής και του δέκτη. Θα υπολογιστεί η Μαρκοβιανή Αλυσίδα για το δίκτυο εμπορευμάτων του 2005 και στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο αντίστροφος του (I-M) πίνακας, όπου I είναι ο Ταυτοτικός Πίνακας και M είναι ο Μαρκοβιανός Πίνακας. Μετέπειτα, παρουσιάζεται ο πίνακας MTFD, που είναι η συνολική μέση απόσταση ροής (Mean Total Flow Distance, MTFD) και ο MFPPD, που είναι η μέση απόσταση ροής πρώτης διέλευσης (Mean First-Passage Flow Distance, MFPPD). Με την δημιουργία αυτών των δύο πινάκων θα κατασκευαστεί ο πίνακας SMFD, όπου είναι συμμετρική ελάχιστη απόσταση ροής. Με βάση τα εργαλεία των MTFD, MFPPD και SMFD, μπορούμε να διερευνήσουμε ποσοτικά τους ρόλους και τις θέσεις των χωρών στα δίκτυα εμπορικής ροής, τα οποία δεν μπορούν να επιτευχθούν με τις παραδοσιακές οικονομικές μεθόδους. Οι λεπτομερείς περιγραφή του μοντέλου παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 2.3.

3.5.2.1. Κατασκευή του Δικτύου Ροής Εμπορευμάτων 2005

Με βάση τα παραπάνω, ο υπολογισμός του πίνακα γειτνίασης παρουσιάζεται παρακάτω. Περιλαμβάνει τις κορυφές, τις χώρες, κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και την πηγή και τον δέκτη, τις δύο επιπλέον κορυφές για τη δημιουργία του OFN που ονομάζονται 0 και $N + 1$ αντίστοιχα. Η πηγή, δηλαδή, ο κόμβος 0 δεν δέχεται από κανέναν αλλά δίνει στους κοινούς N κόμβους αλλά δεν δίνει κατευθείαν στον δέκτη. Ο δέκτης, δηλαδή ο κόμβος $N + 1$, δεν είναι σε κανέναν αλλά δέχεται μόνο από τους κοινούς N κόμβους. Στο παράρτημα βρίσκεται στο ο πίνακας γειτνίασης με τους 0, N και $N + 1$ κόμβους. Τα στοιχεία του πίνακα εκφράζουν τη εμπορική αξία, ροή από την εξαγωγή προϊόντων προς της άλλες χώρες.

Το δίκτυο ροής εμπορευμάτων του 2005 περιλαμβάνει τις κορυφές που αντιπροσωπεύουν τις χώρες, κράτη - μέλη της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς και τις δύο επιπλέον κορυφές, τους ειδικούς κόμβους «πηγής» και «δέκτη». Είναι ένα κατευθυνόμενο και σταθμισμένο δίκτυο. Οι ακμές, αντίστοιχα, αποτελούν την οικονομική ροή από την εξαγωγή εμπορευμάτων. Το βάρος υποδηλώνει την εμπορική αξία σε USD (\$) των προϊόντων από την εξαγωγή. Η ροή από την «πηγή» προς κάποιες χώρες εκφράζει την παραγωγή του εμπορεύματος πλούτου από τις συγκεκριμένες χώρες και η ροή από τις χώρες προς τον «δέκτη» δηλώνει την κατανάλωση του εμπορεύματος πλούτου από τις συγκεκριμένες χώρες.

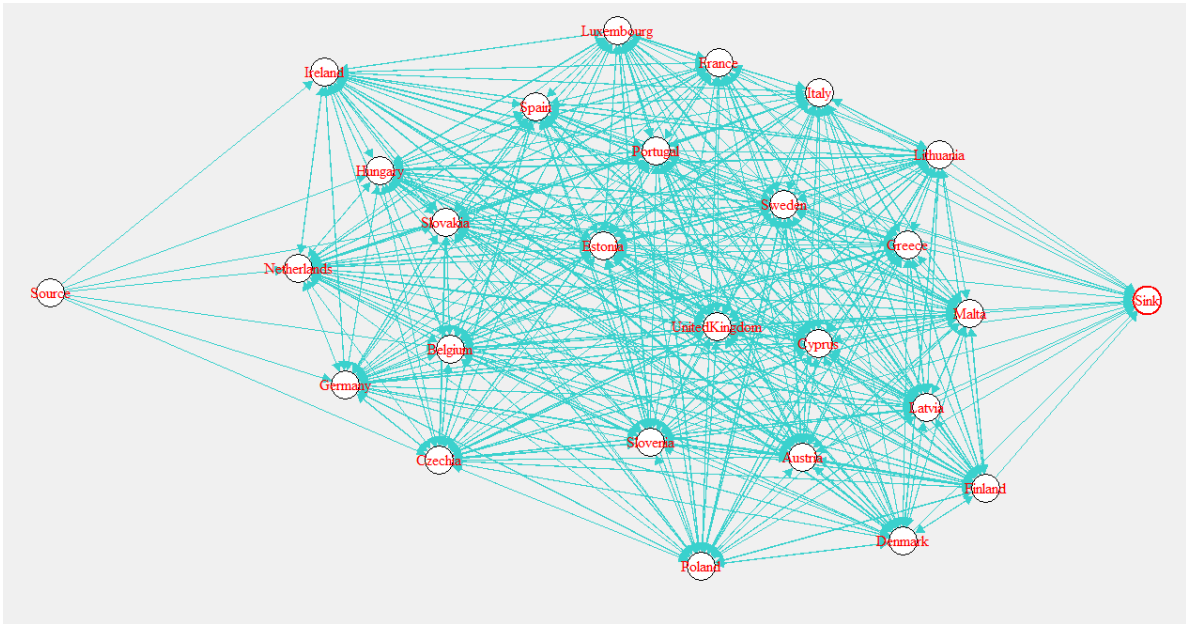
Με συγκεκριμένες εντολές στην R - Studio αντλούμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Πλήθος κορυφών $\{vcount(g)\} : 27$
- Πλήθος ακμών $\{ecount(g)\} : 624$

Για παράδειγμα, για το δίκτυο ροής εμπορευμάτων του OFN και συγκεκριμένα της εμπορίας πλούτου, ο κόμβος "Βέλγιο" έχει εισροή εμπορευμάτων-πλούτου από την Γερμανία, Γαλλία, Δανία και άλλες χώρες (βλέπε πίνακα 3 στο παράρτημα) και το άθροισμα αυτών είναι 243.101.885.084 USD. Εν τω μεταξύ, το Βέλγιο έχει εκροή εμπορευμάτων-πλούτου προς χώρες όπως η Γερμανία, η Ιταλία, Αυστρία και άλλες (βλέπε πίνακα 3 στο παράρτημα) και με το άθροισμα αυτών να είναι 255.293.356.143 USD. Δεδομένου ότι η παραγωγή και η κατανάλωση του εμπορεύματος – πλούτου για το Βέλγιο δεν είναι διαθέσιμες, μπορούν να εκτιμηθούν χρησιμοποιώντας την εξίσωση 4. Συνεπώς, η τιμή της

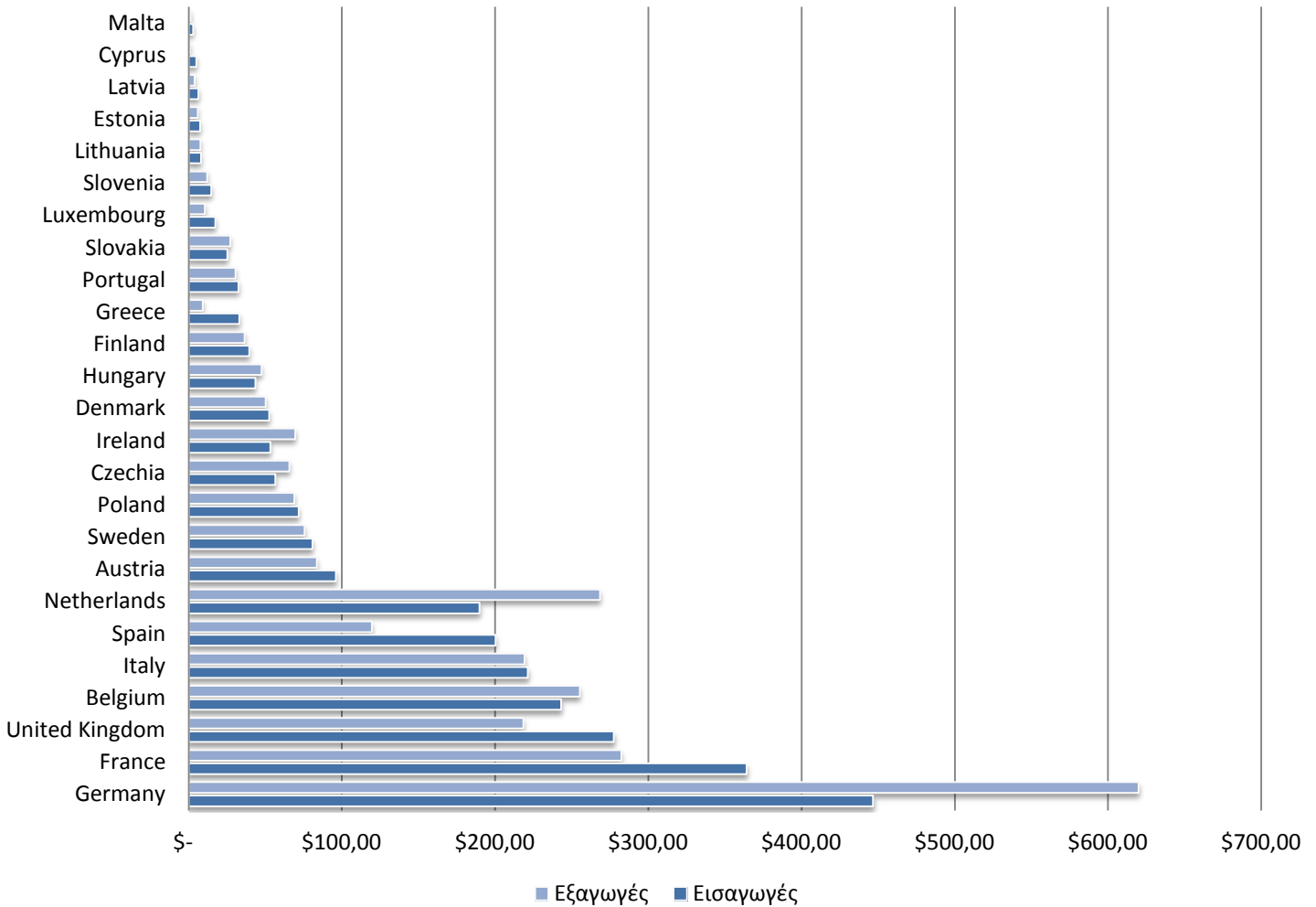
εισροής από τον κόμβο «πηγή» προς Βέλγιο υπολογίζεται σε 12.191.471.059 USD και η τιμή της εκροής από το Βέλγιο προς τον «δέκτη» υπολογίζονται σε 0 USD.

Παρακάτω μπορούμε να δούμε την αναπαράσταση του δικτύου ροής εμπορευμάτων για το OFN του 2005 όπως προέκυψε από την R.



Εικόνα 15: Αναπαράσταση του Δικτύου Ροής Εμπορευμάτων Του OFN για το 2005

Εισαγωγές-Εξαγωγές εμπορευμάτων σε δις. \$ για το 2005



Πηγή: ΟΗΕ Βάση δεδομένων Comtrade (www.comtrade.un.org)

Με βάση το μοντέλο του OFN του περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο υπολογισμός των αποστάσεων ροής για τη δημιουργία του στοχαστικού πίνακα που περιγράφει τις μεταβάσεις της αλυσίδας Markov $M = \{m_{ij}\}_{(N+2)(N+2)}$ όπου

$$m_{ij} = \begin{cases} \frac{e_{ij}}{\sum_{j=0}^{N+1} e_{ij}} & \sum_{j=0}^{N+1} e_{ij} \neq 0 \\ 0 & \sum_{j=0}^{N+1} e_{ij} = 0 \end{cases}$$

όπου, e_{ij} είναι η ροή του κάθε κόμβου όπως αυτή παρουσιάζεται στον πίνακα 3.

Με βάση την παραπάνω αλυσίδα Markov, ο στοχαστικός πίνακας που προκύπτει με βάση τα δεδομένα της εργασίας είναι όπως φαίνεται στο στον πίνακα στο Παράρτημα.

Στη συνέχεια, για αυτή την απορροφητική αλυσίδα Markov, ο θεμελιώδης πίνακας ορίζεται ως εξής:

$$U = (I - M)^{-1} = I + M + M^2 + \dots,$$

Όπου I είναι ο Ταυτοτικός Πίνακας με μονάδες στην κύρια διαγώνιο του και μηδέν σε όλα τα άλλα στοιχεία του. Όπως ενδεικτικά παρουσιάζεται παρακάτω:

$$I_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ο Ταυτοτικός Πίνακας που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχει το ίδιο μέγεθος με τον M (27×27).

Για τη δημιουργία του πίνακα MTFD,

$$T = \{t_{ij}\}_{(N+2)(N+2)}$$

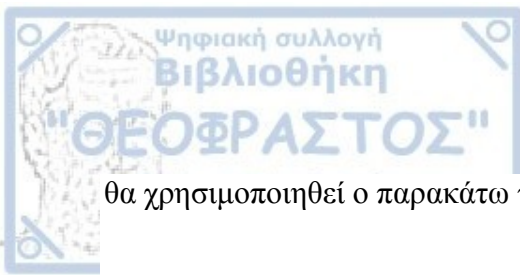
θα χρησιμοποιηθεί ο παρακάτω τύπος:

$$t_{ij} = \frac{(M U^2)_{ij}}{u_{ij}}$$

Ο Πίνακας που θα προκύψει από τη χρήση της παραπάνω εξίσωσης στη R παρουσιάζεται στο Παράρτημα.

Στη συνέχεια για να δημιουργηθεί ο πίνακας MFPPD,

$$L = \{l_{ij}\}_{(N+2)(N+2)}$$



θα χρησιμοποιηθεί ο παρακάτω τύπος:

$$l_{ij} = t_{ij} - t_{jj}$$

Τα t_{ij} και l_{ij} είναι ασύμμετρα και δεν μπορούν να ικανοποιήσουν τις εφαρμογές, οι οποίες χρειάζονται συμμετρικές μετρήσεις απόστασης (π.χ., ομαδοποίηση και δημιουργία ελάχιστου συνδέσεων δένδρων). Επομένως, εδώ θα χρησιμοποιήσουμε μια συμμετρική απόσταση ροής που ονομάζεται ελάχιστη συμμετρική απόσταση ροής (SMFD) f_{ij} όπως αυτή παρουσιάζεται παρακάτω:

$$f_{ij} = \min \{l_{ij}, l_{ji}\}$$

Τα στοιχεία αυτά f_{ij} αποτελούν τον SMFD Πίνακα

$$F = \{f_{ij}\}_{(N+2)(N+2)}$$

Με βάση τα εργαλεία που προέκυψαν από το μοντέλο OFN, τα οποία είναι τα MTFD, MFDFD και SMFD, θα χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση και τη διερεύνηση των ποιοτικών ρόλων και των θέσεων των χωρών, κρατών – μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς.

3.5.2.2. Χρήση Κεντρικής Αρμονίας Για Την Ανάδειξη Της

Κεντρικής Θέσης Χώρας Στην Ενιαία Ευρωπαϊκή Αγορά για το 2005

Με δεδομένο ένα συγκεκριμένο προϊόν το οποίο στην περίπτωση μας είναι ο πλούτος που παράγει κάθε χώρα, υπολογίζουμε την κεντρική θέση κάθε χώρας, κράτους - μέλους της Ευρωπαϊκής Ένωσης με βάση τις αποστάσεις ροής στο OFN. Η κεντρική θέση ενός κόμβου δηλαδή χώρας της Ευρωπαϊκής Ένωσης μπορεί να υπολογιστεί ως ο μέσος όρος των αποστάσεων από τον κόμβο σε όλους τους άλλους κόμβους (χώρες). Άρα η κεντρικότητα που προκύπτει είναι η κεντρική αρμονική, όπως παρουσιάζεται παρακάτω:

$$f_i = \frac{N - 1}{\frac{1}{f_{i1}} + \frac{1}{f_{i2}} + \dots + \frac{1}{f_{ij-1}} + \frac{1}{f_{ij+1}} + \dots + \frac{1}{f_{iN-1}} + \frac{1}{f_{iN+1}}}$$

όπου f_{ij} , με $j = 1, \dots, N$ και $j \neq i$, τα οποία αποτελούν τα στοιχεία του Πίνακα SMFD. Όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενο κεφάλαιο οι δύο ειδικοί κόμβοι, δηλαδή ο κόμβος «πηγή», ο οποίος δηλώθηκε σαν κόμβος 0, και ο κόμβος «δέκτης» ο οποίος δηλώθηκε σαν κόμβος $N+1$, εξαιρούνται σε αυτόν τον υπολογισμό, επειδή εδώ διερευνούμε για τις αποστάσεις ενός κόμβου προς όλους τους άλλους κοινούς κόμβους, N .

Έτσι, ο υπολογισμός της κεντρικής αρμονικότητας ενός κόμβου μπορεί να απομακρύνει το πρόβλημα της άπειρης απόστασης και να μετρήσει καλά τις κεντρικές θέσεις των κόμβων. Ένας μικρός αριθμός για το f_{ij} μίας χώρας υποδηλώνει ότι αυτή η χώρα κατέχει μία πιο κεντρική θέση στο δίκτυο επειδή έχει τη μικρότερη μέση απόσταση προς τους άλλους κόμβους.

Στον παρακάτω Πίνακα, παρουσιάζεται η κατάταξη των χωρών με βάση την κεντρική αρμονία.

Πίνακας 5: Λίστα χωρών με βάση το f_{ij} για Δίκτυο Εμπορικής Ροής για το 2005

A/A	Χώρα	f_{ij}
1	Germany	2,759085609
2	France	4,063922516
3	United Kingdom	4,438093865
4	Belgium	4,626822843
5	Italy	4,663091968
6	Netherlands	4,750314969
7	Latvia	5,110117508
8	Cyprus	5,286768199
9	Lithuania	5,305040437
10	Sweden	5,3523866
11	Spain	5,355811825
12	Estonia	5,38421836
13	Greece	5,451656527
14	Poland	5,662635937
15	Austria	5,663590201
16	Finland	5,7184832
17	Denmark	5,734006628
18	Czechia	5,811517386
19	Hungary	5,906268282
20	Malta	5,987856348
21	Ireland	5,997324651
22	Slovakia	6,041916362
23	Slovenia	6,13583794
24	Portugal	6,174774706
25	Luxembourg	6,235922603

Από την παραπάνω κατάταξη οι 5 κορυφαίες χώρες είναι η Γερμανία, η Γαλλία, το Ηνωμένο Βασίλειο, το Βέλγιο και η Ιταλία και οι 5 τελευταίες χώρες στην κατάταξη είναι η Ιρλανδία, η Σλοβακία, η Σλοβενία, η Πορτογαλία και το Λουξεμβούργο για το δίκτυο ροής του εμπορεύματος πλούτου. Οι 5 κορυφαίες χώρες είναι οι πιο σημαντικοί hubs από την άποψη της τοπολογίας. Ακόμη παρατηρείται ότι οι πρώτες 5 χώρες έχουν την ίδια κατάταξη όπως στις συνολικές εξαγωγές του εμπορεύματος πλούτου.

Για τη δημιουργία του Δικτύου Ροής Εμπορευμάτων (Commodity Flow Network - CFN) θα υπολογιστεί και εδώ ο πίνακας γειτνίασης μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το 2015 των κοινών αυτών κόμβων και των δύο επιπλέον κόμβων, της πηγής και του δέκτη. Θα υπολογιστεί η Μαρκοβιανή Αλυσίδα για το δίκτυο εμπορευμάτων του 2015 και στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο αντίστροφος του (I-M) πίνακας, όπου I είναι ο Ταυτοτικός Πίνακας και M είναι ο Μαρκοβιανός Πίνακας. Μετέπειτα, παρουσιάζεται ο πίνακας MTFD, που είναι η συνολική μέση απόσταση ροής (Mean Total Flow Distance, MTFD) και ο MFPPD, που είναι η μέση απόσταση ροής πρώτης διέλευσης (Mean First-Passage Flow Distance, MFPPD). Με την δημιουργία αυτών των δύο πινάκων θα κατασκευαστεί ο πίνακας SMFD, όπου είναι συμμετρική ελάχιστη απόσταση ροής. Με βάση τα εργαλεία των MTFD, MFPPD και SMFD, μπορούμε να διερευνήσουμε ποσοτικά τους ρόλους και τις θέσεις των χωρών στα δίκτυα εμπορικής ροής, τα οποία δεν μπορούν να επιτευχθούν με τις παραδοσιακές οικονομικές μεθόδους. Οι λεπτομερείς περιγραφή του μοντέλου παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 2.3.

3.5.3.1. Κατασκευή του Δικτύου Ροής Εμπορευμάτων 2015

Με βάση τα παραπάνω, ο υπολογισμός του πίνακα γειτνίασης παρουσιάζεται παρακάτω. Περιλαμβάνει τις κορυφές, τις χώρες, κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και την πηγή και τον δέκτη, τις δύο επιπλέον κορυφές για τη δημιουργία του OFN που ονομάζονται 0 και $N + 1$ αντίστοιχα. Η πηγή, δηλαδή, ο κόμβος 0 δεν δέχεται από κανέναν αλλά δίνει στους κοινούς N κόμβους αλλά δεν δίνει κατευθείαν στον δέκτη. Ο δέκτης, δηλαδή ο κόμβος $N + 1$, δεν είναι σε κανέναν αλλά δέχεται μόνο από τους κοινούς N κόμβους. Στο παράρτημα βρίσκεται στο ο πίνακας γειτνίασης με τους 0, N και $N + 1$ κόμβους. Τα στοιχεία του πίνακα εκφράζουν τη εμπορική αξία, ροή από την εξαγωγή προϊόντων προς της άλλες χώρες.

Το δίκτυο ροής εμπορευμάτων του 2015 περιλαμβάνει τις κορυφές που αντιπροσωπεύουν τις χώρες, κράτη - μέλη της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς και τις δύο επιπλέον κορυφές, τους ειδικούς κόμβους «πηγής» και «δέκτη». Είναι ένα κατευθυνόμενο και σταθμισμένο δίκτυο. Οι ακμές, αντίστοιχα, αποτελούν την οικονομική ροή από την εξαγωγή

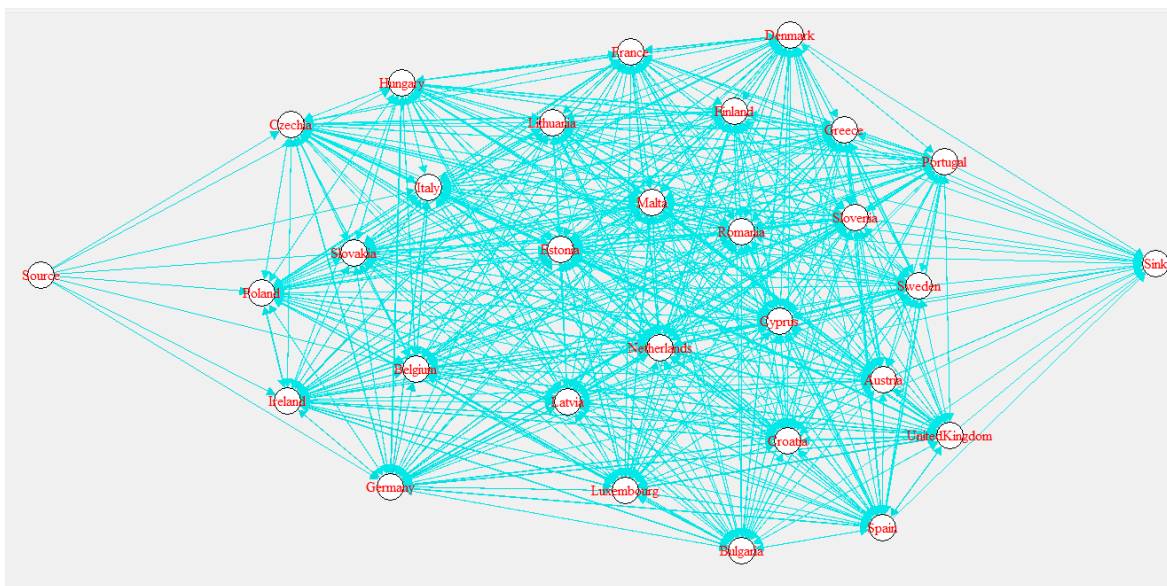
εμπορευμάτων. Το βάρος υποδηλώνει την εμπορική αξία σε USD (\$) των προϊόντων από την εξαγωγή. Η ροή από την «πηγή» προς κάποιες χώρες εκφράζει την παραγωγή του εμπορεύματος πλούτου από τις συγκεκριμένες χώρες και η ροή από τις χώρες προς τον «δέκτη» δηλώνει την κατανάλωση του εμπορεύματος πλούτου από τις συγκεκριμένες χώρες.

Με συγκεκριμένες εντολές στην R - Studio αντλούμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Πλήθος κορυφών $\{vcount(g)\}$: 30
- Πλήθος ακμών $\{ecount(g)\}$: 784

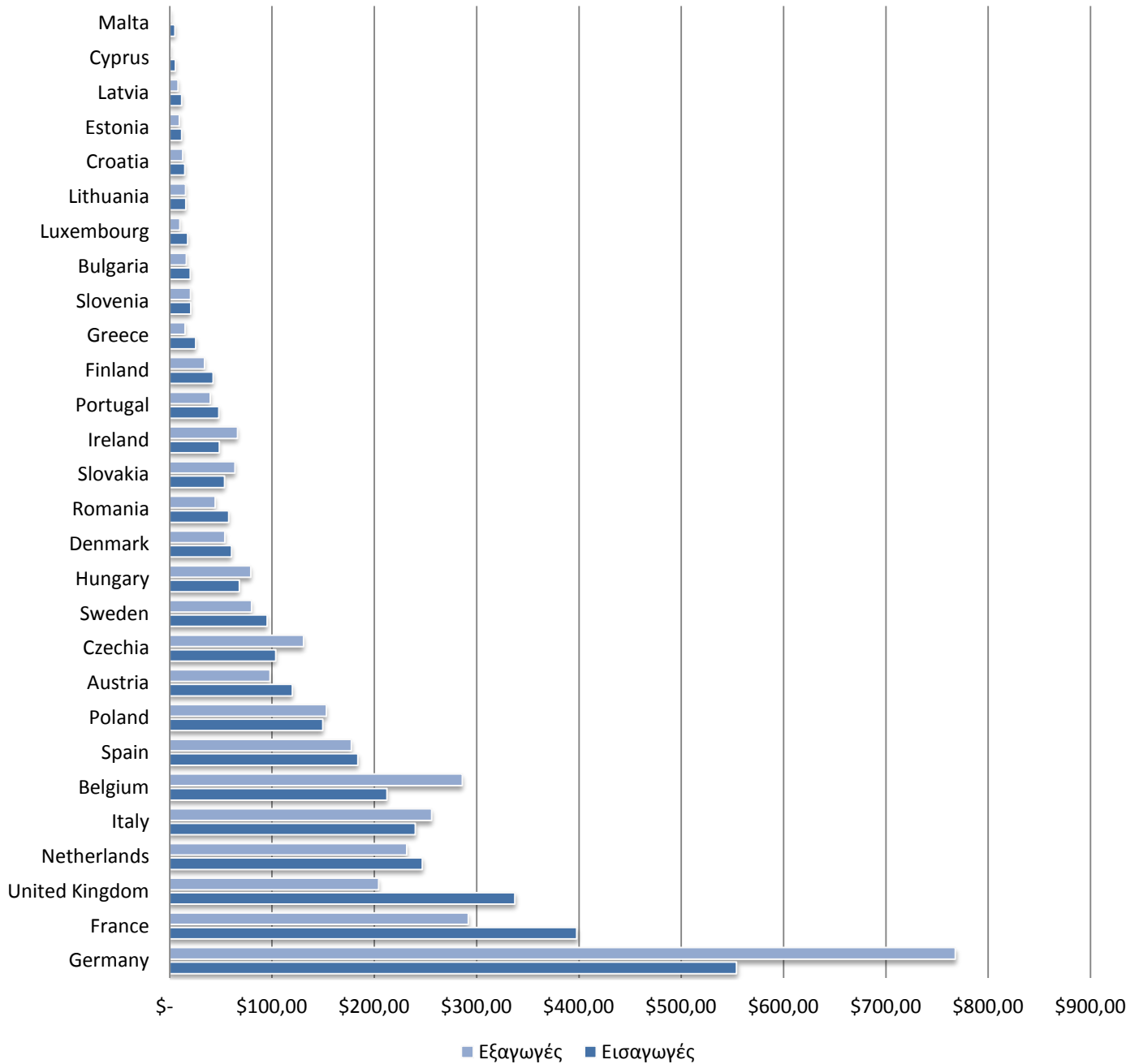
Για παράδειγμα, για το δίκτυο ροής εμπορευμάτων του OFN και συγκεκριμένα της εμπορίας πλούτου, ο κόμβος Ελλάδα έχει εισροή εμπορευμάτων-πλούτου από την Γερμανία, Γαλλία, Δανία και άλλες χώρες (βλέπε πίνακα 3 στο παράρτημα) και το άθροισμα αυτών είναι 25.479.460.760 USD. Εν τω μεταξύ, το Ελλάδα έχει εκροή εμπορευμάτων-πλούτου προς χώρες όπως η Γερμανία, η Ιταλία, Αυστρία και άλλες (βλέπε πίνακα 3 στο παράρτημα) και με το άθροισμα αυτών να είναι 15.082.414.225 USD. Δεδομένου ότι η παραγωγή και η κατανάλωση του εμπορεύματος – πλούτου για την Ελλάδα δεν είναι διαθέσιμες, μπορούν να εκτιμηθούν χρησιμοποιώντας την εξίσωση 4. Συνεπώς, η τιμή της εισροής από τον κόμβο «πηγή» προς την Ελλάδα υπολογίζεται σε 0 USD και η τιμή της εκροής από την Ελλάδα προς τον «δέκτη» υπολογίζονται σε 10.397.046.535 USD.

Παρακάτω μπορούμε να δούμε την αναπαράσταση του δικτύου ροής εμπορευμάτων για το OFN του 2015 όπως προέκυψε από την R.



Εικόνα 16: Αναπαράσταση του Δικτύου Ροής Εμπορευμάτων Του OFN για το 2015

Εισαγωγές-Εξαγωγές εμπορευμάτων σε δις. \$ για το 2015



Πηγή: ΟΗΕ Βάση δεδομένων Comtrade (www.comtrade.un.org)

Με βάση το μοντέλο του OFN του περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο υπολογισμός των αποστάσεων ροής για τη δημιουργία του στοχαστικού πίνακα που περιγράφει τις μεταβάσεις της αλυσίδας Markov $M = \{m_{ij}\}_{(N+2)(N+2)}$ όπου

$$m_{ij} = \begin{cases} \frac{e_{ij}}{\sum_{j=0}^{N+1} e_{ij}} & \sum_{j=0}^{N+1} e_{ij} \neq 0 \\ 0 & \sum_{j=0}^{N+1} e_{ij} = 0 \end{cases}$$

όπου, e_{ij} είναι η ροή του κάθε κόμβου όπως αυτή παρουσιάζεται στον πίνακα 3.

Με βάση την παραπάνω αλυσίδα Markov, ο στοχαστικός πίνακας που προκύπτει με βάση τα δεδομένα της εργασίας είναι όπως φαίνεται στο στον πίνακα στο Παράρτημα.

Στη συνέχεια, για αυτή την απορροφητική αλυσίδα Markov, ο θεμελιώδης πίνακας ορίζεται ως εξής:

$$U = (I - M)^{-1} = I + M + M^2 + \dots,$$

Όπου I είναι ο Ταυτοτικός Πίνακας με μονάδες στην κύρια διαγώνιο του και μηδέν όλα τα άλλα στοιχεία του όπως ενδεικτικά παρουσιάζεται παρακάτω.

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

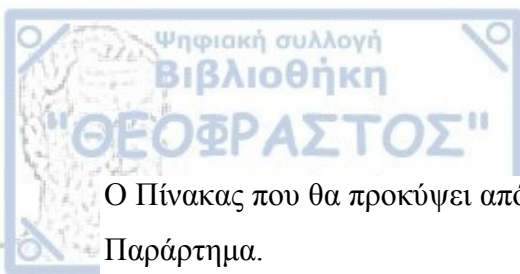
Ο Ταυτοτικός Πίνακας που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχει το ίδιο μέγεθος με τον M (27×27).

Για τη δημιουργία του πίνακα MTFD,

$$T = \{t_{ij}\}_{(N+2)(N+2)}$$

θα χρησιμοποιηθεί ο παρακάτω τύπος:

$$t_{ij} = \frac{(M U^2)_{ij}}{u_{ij}}$$



Ο Πίνακας που θα προκύψει από τη χρήση της παραπάνω εξίσωσης στη R παρουσιάζεται στο Παράρτημα.

Στη συνέχεια για να δημιουργηθεί ο πίνακας MFPPD,

$$L = \{l_{ij}\}_{(N+2)(N+2)}$$

θα χρησιμοποιηθεί ο παρακάτω τύπος:

$$l_{ij} = t_{ij} - t_{jj}$$

Τα t_{ij} και l_{ij} είναι ασύμμετρα και δεν μπορούν να ικανοποιήσουν τις εφαρμογές, οι οποίες χρειάζονται συμμετρικές μετρήσεις απόστασης (π.χ., ομαδοποίηση και δημιουργία ελάχιστου συνδέσεων δένδρων). Επομένως, εδώ θα χρησιμοποιήσουμε μια συμμετρική απόσταση ροής που ονομάζεται ελάχιστη συμμετρική απόσταση ροής (SMFD) f_{ij} όπως αυτή παρουσιάζεται παρακάτω:

$$f_{ij} = \min \{l_{ij}, l_{ji}\}$$

Τα στοιχεία αυτά f_{ij} αποτελούν τον SMFD Πίνακα

$$F = \{f_{ij}\}_{(N+2)(N+2)}$$

Με βάση τα εργαλεία που προέκυψαν από το μοντέλο OFN, τα οποία είναι τα MTFD, MFPPD και SMFD, θα χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση και τη διερεύνηση των ποιοτικών ρόλων και των θέσεων των χωρών, κρατών – μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς.

3.5.3.2. Χρήση Κεντρικής Αρμονίας Για Την Ανάδειξη Της Κεντρικής Θέσης Χώρας Στην Ενιαία Ευρωπαϊκή Αγορά για το 2015

Με δεδομένο ένα συγκεκριμένο προϊόν το οποίο στην περίπτωση μας είναι ο πλούτος που παράγει κάθε χώρα, υπολογίζουμε την κεντρική θέση κάθε χώρας, κράτους - μέλους της Ευρωπαϊκής Ένωσης με βάση τις αποστάσεις ροής στο OFN. Η κεντρική θέση ενός κόμβου δηλαδή χώρας της Ευρωπαϊκής Ένωσης μπορεί να υπολογιστεί ως ο μέσος όρος των αποστάσεων από τον κόμβο σε όλους τους άλλους κόμβους (χώρες). Άρα η κεντρικότητα που προκύπτει είναι η κεντρική αρμονική, όπως παρουσιάζεται παρακάτω:

$$f_i = \frac{N - 1}{\frac{1}{f_{i1}} + \frac{1}{f_{i2}} + \dots + \frac{1}{f_{ij-1}} + \frac{1}{f_{ij+1}} + \dots + \frac{1}{f_{iN-1}} + \frac{1}{f_{iN+1}}}$$

όπου f_{ij} , με $j = 1, \dots, N$ και $j \neq i$, τα οποία αποτελούν τα στοιχεία του Πίνακα SMFD. Όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενο κεφάλαιο οι δύο ειδικοί κόμβοι, δηλαδή ο κόμβος «πηγή», ο οποίος δηλώθηκε σαν κόμβος 0, και ο κόμβος «δέκτης» ο οποίος δηλώθηκε σαν κόμβος $N+1$, εξαιρούνται σε αυτόν τον υπολογισμό, επειδή εδώ διερευνούμε για τις αποστάσεις ενός κόμβου προς όλους τους άλλους κοινούς κόμβους, N .

Έτσι, ο υπολογισμός της κεντρικής αρμονικότητας ενός κόμβου μπορεί να απομακρύνει το πρόβλημα της άπειρης απόστασης και να μετρήσει καλά τις κεντρικές θέσεις των κόμβων. Ένας μικρός αριθμός για το f_{ij} μίας χώρας υποδηλώνει ότι αυτή η χώρα κατέχει μία πιο κεντρική θέση στο δίκτυο επειδή έχει τη μικρότερη μέση απόσταση προς τους άλλους κόμβους.

Στον παρακάτω Πίνακα, παρουσιάζεται η κατάταξη των χωρών με βάση την κεντρική αρμονία.

Πίνακας 5: Λίστα χωρών με βάση το f_i για Δίκτυο Εμπορικής Ροής 2015

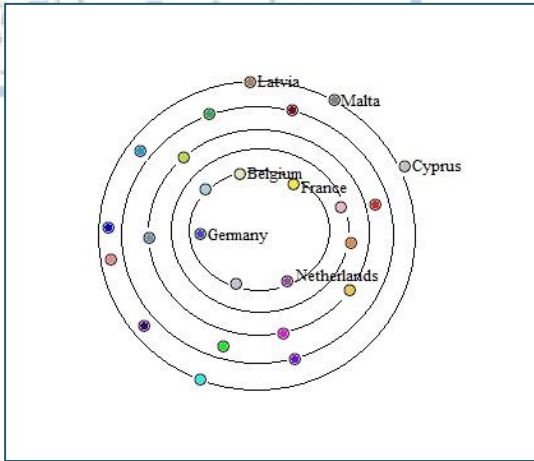
A/A	Χώρα	f_i
1	Germany	2,79466384
2	France	4,48158670

3	Italy	4,54160094
4	Belgium	5,00619765
5	United Kingdom	5,00823116
6	Netherlands	5,07999088
7	Cyprus	5,15010207
8	Poland	5,32106806
9	Spain	5,32229722
10	Greece	5,41764167
11	Latvia	5,49171042
12	Estonia	5,53044452
13	Lithuania	5,53996943
14	Sweden	5,56375113
15	Czechia	5,72285452
16	Austria	5,78687476
17	Malta	5,78766636
18	Finland	5,84411974
19	Bulgaria	5,85624311
20	Denmark	5,91382897
21	Slovenia	5,95751468
22	Ireland	5,96813634
23	Hungary	5,97645784
24	Romania	5,98983172
25	Croatia	6,02902554

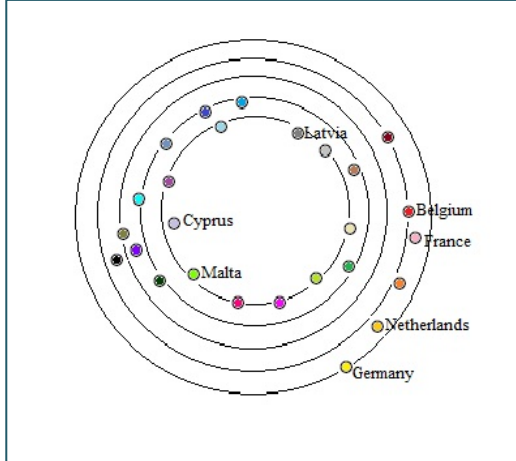
Από την παραπάνω κατάταξη οι 5 κορυφαίες χώρες είναι η Γερμανία, η Γαλλία, η Ιταλία, το Βέλγιο και το Ηνωμένο Βασίλειο και οι 5 τελευταίες χώρες στην κατάταξη είναι η Σλοβενία, η Ιρλανδία, η Ουγγαρία, η Ρουμανία και η Κροατία για το δίκτυο ροής του εμπορεύματος πλούτου. Οι 5 κορυφαίες χώρες είναι οι πιο σημαντικοί hub από την άποψη της τοπολογίας. Ακόμη παρατηρείται ότι οι πρώτες 8 από τις 10 χώρες βρίσκονται στην πρώτη δεκάδα με τις χώρες με την μεγαλύτερες συνολικές εξαγωγές του εμπορεύματος πλούτου. Αυτές οι χώρες είναι η Γερμανία, η Γαλλία, το Βέλγιο, η Ιταλία, η Ολλανδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ισπανία και η Πολωνία. Από την άλλη σημαντικές κεντρικές χώρες στο δίκτυο των εμπορικών ροών φαίνεται να έχει και η Ελλάδα και η Κύπρος παρόλο που βρίσκονται στην 22^η και στην 28^η θέση στην κατάταξη των συνολικών εξαγωγών αντίστοιχα. Φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο και αυτές στην τοπολογία του δικτύου για τη ροή του εμπορεύματος πλούτου για το 2015.

Το "τροφικό επίπεδο" είναι ένας όρος που δανείζεται από την οικολογία, δηλαδή τη θέση που καταλαμβάνει ένα είδος σε μια τροφική αλυσίδα. Στο διεθνές εμπόριο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτή η μεταβλητή για να αναδειχθεί ποσοτικά ο ρόλος και η θέση μιας χώρας στις παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού και η αξία της είναι η απόσταση της χώρας από την «πηγή». Στην περίπτωση της μελέτης μας θα υπολογιστούν τα τροφικά επίπεδα για τις χώρες, κράτη – μέλη της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς. Επειδή μπορεί να υπάρχουν πολλαπλά μονοπάτια από την πηγή προς τον κόμβο της χώρας, η υιοθέτηση της απόστασης από τη μικρότερη διαδρομή από την «πηγή» μπορεί να υποτιμήσει το "τροφικό επίπεδο" της χώρας. Θα χρησιμοποιηθεί η μέση απόσταση πρώτη διέλευση, ο Πίνακας MFPPD τα στοιχεία του οποίου υπολογιστήκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Τα στοιχεία από την «πηγή» προς τις άλλες χώρες είναι πιο αντικειμενικά για να υπολογιστούν τα τροφικά επίπεδα, επειδή αυτή η απόσταση αντανακλά την τοπολογία του εμπορίου και τη δυναμική της ροής στα OFN [14].

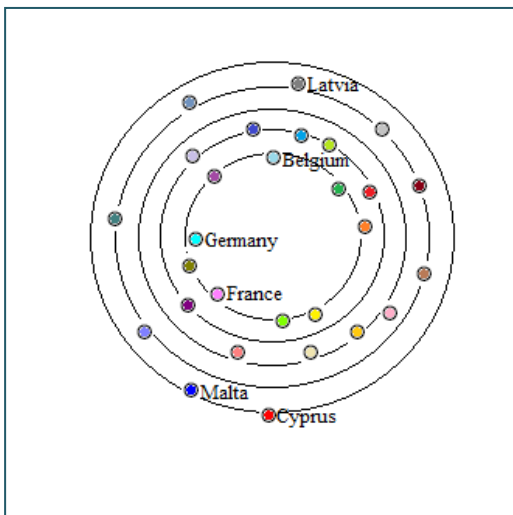
Χρησιμοποιούμε το OFN του εμπορεύματος πλούτου στο για τον υπολογισμό των τροφικών επιπέδων. Με βάση το MFPPD που συζητήθηκε εκτενέστερα προηγουμένως, χρησιμοποιούμε το MFPPD από την "πηγή" προς κάθε κόμβο (χώρα, κράτος – μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης) ως το τροφικό επίπεδο στο δίκτυο του ενδοκοινοτικού εμπορίου. Τα τροφικά επίπεδα των χωρών από την άποψη της ροής των εμπορεύματος πλούτου και της ροής χρήματος υπολογίζονται και στη συνέχεια απεικονίζονται στην Εικόνα 5, αντίστοιχα. Στο σχήμα, οι κόμβοι, χώρες και κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχεδιάζονται σε έναν κύκλο, οι αποστάσεις από το κέντρο του κύκλου υπολογίζονται αναλογικά από το τροφικό επίπεδο. Τα μεγέθη κόμβων είναι ανάλογα με τον φυσικό λογάριθμο της συνολικής εκροής των κόμβων.



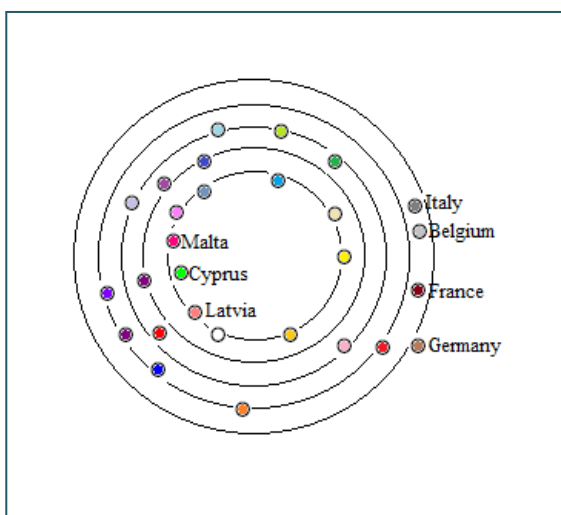
Εικόνα 1α
Τροφικά επίπεδα χωρών για το εμπόρευμα πλούτος από την άποψη της ροής των εμπορευμάτων 2005



Εικόνα 1β
Τροφικά επίπεδα χωρών για το εμπόρευμα πλούτος από την άποψη της ροής των χρημάτων 2005

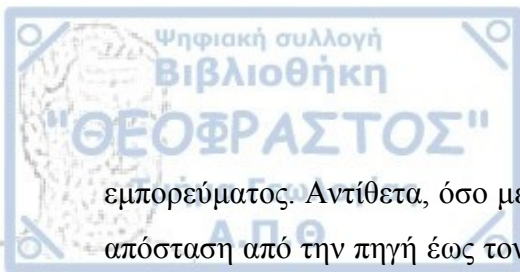


Εικόνα 2α
Τροφικά επίπεδα χωρών για το εμπόρευμα πλούτος από την άποψη της ροής των εμπορευμάτων 2015



Εικόνα 2β
Τροφικά επίπεδα χωρών για το εμπόρευμα πλούτος από την άποψη της ροής των χρημάτων 2015

Από την άποψη της ροής των εμπορευμάτων, η ροή της «πηγής» των εμπορευμάτων είναι η παραγωγή αυτού του εμπορεύματος και στην δική μας περίπτωση ο πλούτος, και ο η ροή προς τον «δέκτη» είναι η κατανάλωση. Έτσι, για ένα συγκεκριμένο εμπόρευμα, το τροφικό επίπεδο ενός κόμβου αντιπροσωπεύει τη θέση που κατέλαβε η χώρα στις αλυσίδες εφοδιασμού του ενδοκοινοτικού εμπορίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης (δηλ. τις ροές των εμπορευμάτων). Όσο μικρότερο είναι το τροφικό επίπεδο, ο ρόλος της χώρας είναι περισσότερο διατεθειμένος να είναι ο παραγωγός, δηλαδή ο εξαγωγέας αυτού του



εμπορεύματος. Αντίθετα, όσο μεγαλύτερο είναι το τροφικό επίπεδο, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση από την πηγή έως τον κόμβο αυτόν και η χώρα είναι περισσότερο διατεθειμένη να είναι ο καταναλωτής, δηλαδή ο εισαγωγέας αυτού του εμπορεύματος. Από την Εικόνα 1α διαπιστώνουμε ότι ορισμένες χώρες όπως η Γερμανία, η Ολλανδία, το Βέλγιο και η Γαλλία, οι οποίες βρίσκονται πιο κοντά στο κέντρο του κύκλου, φαίνονται να είναι οι εξαγωγείς του εμπορεύματος πλούτου. Ορισμένοι άλλοι κόμβοι, όπως η Κύπρος, η Λετονία και η Μάλτα, που απέχουν πολύ από το κέντρο του κύκλου, είναι οι εισαγωγείς του εμπορεύματος πλούτου.

Από την άποψη της ροής χρημάτων, η «πηγή» είναι η ζήτηση της χώρας για το εμπόρευμα πλούτος που οδηγεί σε εμπορικό έλλειμμα και ο «δέκτης» είναι το πλεόνασμα. Από την Εικόνα 1β διαπιστώνουμε ότι ορισμένοι άλλοι κόμβοι, όπως η Κύπρος, η Λετονία και η Μάλτα, βρίσκονται πολύ πιο κοντά στο κέντρο του κύκλου σε σχέση με άλλες χώρες, κράτη – μέλη του δικτύου, είναι χώρες με εμπορικό έλλειμμα οι οποίες καθοδηγούνται από την κατανάλωση του εμπορεύματος πλούτου στο εσωτερικό των χωρών αυτών. Ορισμένες άλλες χώρες όπως η Γερμανία, η Ολλανδία, το Βέλγιο και η Γαλλία, οι οποίες βρίσκονται πιο μακριά από το κέντρο του κύκλου, φαίνονται να έχουν το πλεόνασμα από τις εξαγωγές τους έναντι των εισαγωγών, το οποίο πλεόνασμα καθοδηγείται από την παραγωγή του εμπορεύματος πλούτου.

Κεφάλαιο 4

4. Συμπεράσματα

Από την μελέτη των δύο δικτύων των χωρών, κρατών – μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς για τα έτη 2005 και 2015 κάποια συμπεράσματα που προέκυψαν μπορούν να φανούν και στον Πίνακα 14.

Όσον αφορά τη συνδεσιμότητα των χωρών μεταξύ του στις δύο αυτές χρονικές στιγμές, όπως έχουμε αναφέρει το δίκτυο του 2005 είναι σχεδόν πλήρες, μόνο μία σύνδεση δεν υπάρχει στο δίκτυο αυτό. Η εμπορική εξαγωγή που δεν υφίσταται είναι αυτή της Μάλτας προς στη Λιθουανία, δεν εξάγει δηλαδή προϊόντα η Μάλτα στη Λιθουανία. Αντιθέτως το δίκτυο του 2015 είναι ένα πλήρες δίκτυο, όπου όλες οι χώρες, κράτη – μέλη εξάγουν μεταξύ του.

Στον υπολογισμό της closeness centrality, παρατηρείται ότι η Τσεχία, η Εσθονία και η Κύπρος για το 2005 έχουν τη μεγαλύτερη τιμή για αυτή τη κεντρικότητα. Αυτό σημαίνει ότι συναρτήσει των εμπορικών συναλλαγών που έχουν με τις άλλες χώρες τις Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελούν τις τρεις πρώτες χώρες οι οποίες είναι οι πιο προσβάσιμες χώρες για τη γρηγορότερη και ευκολότερη διακίνηση προϊόντων στον τομέα των εξαγωγών. Από αυτό το συμπέρασμα όμως δεν μπορούμε να πούμε ότι οι χώρες αυτές παράγουν τα προϊόντα που εξάγουν και από αυτά έχουν τις μεγαλύτερες εισροές χρημάτων αλλά παίζουν τον κεντρικότερο ρόλο διακίνησης προϊόντων στην Ενιαία Ευρωπαϊκή Αγορά. Αυτό μπορεί να συμβαίνει είτε λόγω εύκολων γραφειοκρατικών διαδικασιών είτε λόγω κόστους διακίνησης προϊόντων. Όμως μέσα σε μία δεκαετία η κατάταξη των χωρών άλλαξε. Η Τσεχία έχασε την πρώτη θέση και έπεσε στη δέκατη έβδομη, την πρώτη θέση στη διακίνηση προϊόντων για το 2015 την κατέλαβε η Μάλτα. Υπήρξε εναλλαγή των θέσεων μεταξύ Κύπρου και Εσθονίας ενώ το Λουξεμβούργο εμφανίστηκε στην πρώτη τετράδα, κάτι που την κάνει σημαντική κορυφή για τη διακίνηση προϊόντων στο δίκτυο του 2015.

Στο δίκτυο των χωρών, κρατών – μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι χώρες που είναι πιο σημαντικές για τη εμπορική σύνδεση μεταξύ άλλων χωρών για το 2005 είναι η Μάλτα, η Κύπρος, το Λουξεμβούργο και η Λετονία. Αυτές οι χώρες φαίνεται να μην έχουν αλλάξει θέση στη κατάταξη για την Betweenness Centrality για το έτος 2015. Γενικότερα οι χώρες φαίνεται να κατέχουν τις ίδιες θέσεις στην κατάταξη. Παρατηρείται όμως ότι μετά την

τελευταία διεύρυνση του 2013 φαίνεται ότι οι τρεις χώρες που προστέθηκαν στο δίκτυο των χωρών, κρατών – μελών της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς, οι οποίες ήταν η Ρουμανία, η Βουλγαρία και η Κροατία να είναι στη πρώτη οκτάδα χωρών στην κατάταξη για την σημαντικότητα στη σύνδεση μεταξύ άλλων χωρών.

Όσον αφορά όμως τις χώρες και το κύρος των γειτονικών χωρών αυτών για το 2005 ούτε η Μάλτα αλλά ούτε η Κύπρος και η Εσθονία δεν έχουν τους σημαντικότερους γείτονες με βάση την εμπορική αξία συναλλαγών. Βρίσκονται μάλιστα τις τελευταίες θέσεις στην κατάταξη. Η Γερμανία, η Γαλλία και το Βέλγιο παρατηρούνται να βρίσκονται στις πρώτες θέσεις κύρους με βάση τις χώρες που έχουν τους ως γείτονες και τις εξαγωγές αυτών. Η άποψη αυτή δεν συνεχίζεται καθώς μετά από μία δεκαετία τα πράγματα έχουν διαφοροποιηθεί. Το Βέλγιο, η Γαλλία έχουν χάσει το κύρος τους στο δίκτυο με τη Λετονία, τη Πολωνία και τη Τσεχία να κατακτούν τις πρώτες θέσεις στην κατάταξη του Eigenvector Centrality. Ακόμη, η Μάλτα και η Εσθονία στη διάρκεια τις δεκαετία 2005-2015 απέκτησαν μεγαλύτερο κύρος στο δίκτυο της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς.

Από την ανάλυση του OFN για το έτος 2005 η κατάταξη των 5 κορυφαίων χωρών είναι η Γερμανία, η Γαλλία, το Ηνωμένο Βασίλειο, το Βέλγιο και η Ιταλία και οι 5 τελευταίες χώρες στην κατάταξη είναι η Ιρλανδία, η Σλοβακία, η Σλοβενία, η Πορτογαλία και το Λουξεμβούργο για το δίκτυο ροής του εμπορεύματος πλούτου. Οι 5 κορυφαίες χώρες είναι οι πιο σημαντικοί hubs από την άποψη της τοπολογίας. Ακόμη παρατηρήθηκε ότι οι πρώτες 5 χώρες έχουν την ίδια κατάταξη όπως στις συνολικές εξαγωγές του εμπορεύματος πλούτου.

Από την ανάλυση του OFN για το έτος 2015 η κατάταξη των 5 κορυφαίων χωρών είναι η Γερμανία, η Γαλλία, η Ιταλία, το Βέλγιο και το Ηνωμένο Βασίλειο και οι 5 τελευταίες χώρες στην κατάταξη είναι η Σλοβενία, η Ιρλανδία, η Ουγγαρία, η Ρουμανία και η Κροατία για το δίκτυο ροής του εμπορεύματος πλούτου. Οι 5 κορυφαίες χώρες είναι οι πιο σημαντικοί hub από την άποψη της τοπολογίας. Ακόμη παρατηρείται ότι οι πρώτες 8 από τις 10 χώρες βρίσκονται στην πρώτη δεκάδα με τις χώρες με την μεγαλύτερες συνολικές εξαγωγές του εμπορεύματος πλούτου. Αυτές οι χώρες είναι η Γερμανία, η Γαλλία, το Βέλγιο, η Ιταλία, η Ολλανδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ισπανία και η Πολωνία. Από την άλλη σημαντικές κεντρικές χώρες στο δίκτυο των εμπορικών ροών φαίνεται να έχει και η Ελλάδα και η Κύπρος παρόλο που βρίσκονται στην 22^η και στην 28^η θέση στην κατάταξη των

συνολικών εξαγωγών αντίστοιχα. Φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο και αυτές στην τοπολογία του δικτύου για τη ροή του εμπορεύματος πλούτου για το 2015.

Από την άποψη της ροής των εμπορευμάτων, η ροή της «πηγής» των εμπορευμάτων είναι η παραγωγή αυτού του εμπορεύματος και στην δική μας περίπτωση ο πλούτος, και ο η ροή προς τον «δέκτη» είναι η κατανάλωση. Έτσι, για ένα συγκεκριμένο εμπόρευμα, το τροφικό επίπεδο ενός κόμβου αντιπροσωπεύει τη θέση που κατέλαβε η χώρα στις αλυσίδες εφοδιασμού του ενδοκοινοτικού εμπορίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης (δηλ. τις ροές των εμπορευμάτων). Όσο μικρότερο είναι το τροφικό επίπεδο, ο ρόλος της χώρας είναι περισσότερο διατεθειμένος να είναι ο παραγωγός, δηλαδή ο εξαγωγέας αυτού του εμπορεύματος. Αντίθετα, όσο μεγαλύτερο είναι το τροφικό επίπεδο, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση από την πηγή έως τον κόμβο αυτόν και η χώρα είναι περισσότερο διατεθειμένη να είναι ο καταναλωτής, δηλαδή ο εισαγωγέας αυτού του εμπορεύματος. Από την Εικόνα 1α διαπιστώνουμε ότι ορισμένες χώρες όπως η Γερμανία, η Ολλανδία, το Βέλγιο και η Γαλλία, οι οποίες βρίσκονται πιο κοντά στο κέντρο του κύκλου, φαίνονται να είναι οι εξαγωγείς του εμπορεύματος πλούτου. Ορισμένοι άλλοι κόμβοι, όπως η Κύπρος, η Λετονία και η Μάλτα, που απέχουν πολύ από το κέντρο του κύκλου, είναι οι εισαγωγείς του εμπορεύματος πλούτου.

Από την άποψη της ροής χρημάτων, η «πηγή» είναι η ζήτηση της χώρας για το εμπόρευμα πλούτος που οδηγεί σε εμπορικό έλλειμμα και ο «δέκτης» είναι το πλεόνασμα. Από την Εικόνα 1β διαπιστώνουμε ότι ορισμένοι άλλοι κόμβοι, όπως η Κύπρος, η Λετονία και η Μάλτα, βρίσκονται πολύ πιο κοντά στο κέντρο του κύκλου σε σχέση με άλλες χώρες, κράτη – μέλη του δικτύου, είναι χώρες με εμπορικό έλλειμμα οι οποίες καθοδηγούνται από την κατανάλωση του εμπορεύματος πλούτου στο εσωτερικό των χωρών αυτών. Ορισμένες άλλες χώρες όπως η Γερμανία, η Ολλανδία, το Βέλγιο και η Γαλλία, οι οποίες βρίσκονται πιο μακριά από το κέντρο του κύκλου, φαίνονται να έχουν το πλεόνασμα από τις εξαγωγές τους έναντι των εισαγωγών, το οποίο πλεόνασμα καθοδηγείται από την παραγωγή του εμπορεύματος πλούτου.

Παραρτήματα

Πίνακας 1: Open Flow Network για το έτος 2005

Source	Belgium	Germany	France	Italy	Luxembourg	Netherlands	Denmark	Ireland	United Kingdom	Greece	Spain	Portugal	Austria	Finland	Sweden	Slovakia	Slovenia	Poland	Malta	Hungary	Lithuania	Latvia	Cyprus	Estonia	Czechia	Sink		
0	12191471059	173285608466	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Belgium	0	64547770665	57659467585	17593935285	6729252940	39244445982	2670026271	3568341092	27392316327	2050330286	12473667242	2115242289	3189429105	1891785299	4639601660	669566969	445342613	3744507105	138953488	1603166301	307173490	162038022	133061114	201285962	2122649051	0		
Germany	0	54292454000	0	98354819000	67002331000	4843556000	60942951000	15499476000	6015708000	75159988000	8065762000	49796586000	9143387000	53765327000	10117999000	21441276000	7397080000	3700412000	2729562000	392765000	16955679000	1905902000	1152674000	1192053000	1261761000	23815108000	0	
France	0	32740005390	63112311077	0	39877082265	2008535488	17885946404	3243498189	3470629636	38237980968	3862278528	44221756006	5750895191	4232533919	2105531637	5438463471	1021766767	1637457653	5769446843	597918130	2857335161	402797303	187254727	302869718	227198637	3204764927	81709359009	
Italy	0	9839991228	48804633918	45521829813	0	675355655	8972410555	3250348195	1780016645	24393365030	7450120005	27658817283	4096684246	9173100316	1918084776	3805154208	1607992938	3351999203	6928774513	836210650	3618390270	481113281	313329713	895086210	280166316	3583477901	2192029895	
Luxembourg	0	1446885220	2190331359	3223634562	795707738	0	582115811	134092815	40499712	656481963	35571557	454085520	50417758	356372631	90288561	171073208	28182108	38685176	182755820	172091	53463256	10728293	6582993	6875159	8558379	92492308	6814665295	
Netherlands	0	83272317312	40914697144	32004652190	20007495975	1313742030	0	5318377754	3441782870	32219564166	2901839615	13556531298	2537340546	4701240053	4033196551	7228625040	653161776	574999756	4972497633	141196068	3028116646	467712285	296870913	232198956	391853537	4266220058	0	
Denmark	0	1020638223	12617215029	3553997642	2385348283	59788706	3922477553	0	1169157622	6203054571	556375094	1941799056	447238726	585601480	2179459646	10602981767	110905732	70532125	1320006203	30246872	382792096	276582409	204461001	46714621	194997572	358061807	2399678447	
Ireland	0	16639904762	7040355225	8234303835	4510424591	432342722	5292887950	737375709	0	18856491588	415356680	3673111330	470179538	519071308	418607755	1331346541	48062771	25827917	348967775	14792002	151739343	16124338	7756355	33526814	18413174	319448848	0	
United Kingdom	0	20213295176	36467378217	41794206016	15830011629	4054212333	22950371766	4235272107	29981708162	0	2504494399	18928619290	3067672731	2426271036	2723899674	8153998260	465513066	303371989	2836222019	433388443	1499918475	303404400	179331074	643601855	212309442	1839982719	59131471632	
Greece	0	237802015	2171999352	720550190	1832259787	49180043	417779476	153270286	49180043	1169802600	0	620471493	102417867	154031319	112706808	176882408	20019162	46920483	167529614	19657804	70904964	12947920	10635860	899180423	7532163	72501325	23869580849	
Spain	0	5452116416	21901060180	36990730814	16127980895	201715530	6027050453	1363804800	1179834013	16201573642	2137857657	0	1930355727	1642556733	456764473	505509599	1930355727	108927781	969414962	161255917	84659270	199194279	113440283	1232548937	80697370883	0	0	
Portugal	0	1507673288	4738211509	5196560617	1670306063	41945467	1481154934	306406400	204766956	3162604881	156515198	10625898103	0	212591948	282835797	425025950	40256774	38081314	207147454	11697368	134481915	14654327	17482019	18159381	9817728	109311813	1894557390	
Austria	0	1990816564	37425416493	4993478796	10176457104	216679681	2112872699	812022397	274894101	4779658691	567028403	3250020245	434876407	0	613705572	1238862373	2038570750	2127276109	2350272596	39424575	4006089465	188878252	134089594	56815376	294981997	3636414903	12354569017	
Finland	0	1489527391	6800766331	2209759259	1971204247	71088311	3077684532	1535619710	410311916	4332728717	329754382	1581115380	347934641	471859085	0	6981888300	76459976	73151479	1257310474	8108076	423684979	385352110	514983730	176413276	1685015501	271680489	3141023690	
Sweden	0	5639258737	13520752023	6428687504	4522461188	91833042	5925153980	8969328863	719741367	9681488639	717373375	3844895117	679136648	1227977916	7945521891	0	224078415	122288958	2335868737	19634030	665329954	425825232	389237592	58292641	757274998	719482529	5154445757	
Slovakia	0	625466798	8215002650	1230148490	2107282552	37363121	1090146283	224322062	56079918	975773329	117264310	654565277	53933030	2271544840	227083860	334783402	0	301945685	2000978530	1645605	1891777749	74838159	57130810	60055111	28271492	4520937815	0	
Slovenia	0	197371006	3562321978	1478148882	2265058708	58468904	258162806	181785175	25906330	444558290	73626746	319437539	62535434	1442893193	49134696	191902137	264917666	0	453120573	1240122	353028122	39028613	15272764	6703080	14292416	398370783	2686888584	
Poland	0	2663163000	25222684658	5558476499	5482764523	85910997	3721393537	1878781120	291690054	4995603061	282336244	2221356572	431564676	1863287201	693160066	2749765949	1709089149	292218354	0	8500950	2538221543	1232351000	570095142	31376656	409128493	407857770	2822528371	
Malta	0	539072007	293126325	352111252	124691761	10201	21721878	6284813	3586843	268242946	5097632	15485507	5196778	40892525	6143556	8349646	559985	525333	5556364	0	30720992	0	137672	3352485	1082068	16140251	1623631438	
Hungary	0	1325199000	18731716000	3186557000	343466000	35471000	2405548000	501743000	184614000	3161244000	426730000	1997786000	380380000	3480539000	654443000	836627000	1764215000	731746000	2020434000	7326000	0	149918000	85806000	54174000	82262000	1898539000	0	
Lithuania	0	229658248	1104454043	825424265	226076964	1074055	375268476	509474902	60625428	551243881	10350375	315627870	64949979	27639490	116265324	586777584	18265811	4311453	643567695	1896770	49264171	0	1206757070	6033886	692014857	68294233	321436761	
Latvia	0	36027188	525491040	92415723	84193581	529534	109124406	273834205	78433482	521238084	5363301	66353978	32418646	21477133	179859105	398482773	8930555	3307663	269654096	24529664	26088769	558302969	0	21559870	553513782	21752156	2526161533	
Cyprus	0	10894875	81836192	262163876	14763530	15471	30454836	3741433	7614228	262256401	176307453	6264361	736706	6618276	2289846	7591804	3362155	1089122	1263116	3398026	592346	2439760	0	1228430	8412007	4206098725	0	
Estonia	0	100969874	468843185	94326611	60849270	208726	186302854	242265200	30309096	272234486	20503005	56835643	11380802	35450595	2031549044	1006615122	7461105	2875032	90322217	930742	174043551	356764149	700649474	3377522	0	28648867	1566927318	
Czechia	0	2076542166	26200642941	4139348423	3326293824	111770436	2840962027	588996877	352115227	3633630549	297508009	1990154910	291269228	4302665456	432696724	1172310277	6733382448	444299531	4266184481	6652201	2085683714	242477774	140754061	19810922	104243263	0	0	
Sink	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Πίνακας 3: Συναλλαγές Εμπορευμάτων προς κάθε χώρα, κράτος - μέλος για το έτος 2005

	Belgium	Germany	France	Italy	Luxembourg	Netherlands	Denmark	Ireland	United Kingdom	Greece	Spain	Portugal	Austria	Finland	Sweden	Slovakia	Slovenia	Poland	Malta	Hungary	Lithuania	Latvia	Cyprus	Estonia	Czechia
Belgium	0	64547770665	57659467585	17593935285	6729252940	39244445982	2670026271	3568341092	27392316327	2050330286	12473667242	2115242289	3189429105	1891785299	4639601660	669566969	445342613	3744507105	138953488	1603166301	307173490	162038022	133061114	201285962	2122649051
Germany	54292454000	0	98354819000	67002331000	4843556000	60942951000	15499476000	6015708000	75159998000	8065762000	49796586000	9143387000	53765327000	10117999000	21441276000	7397080000	3700412000	27729562000	392765000	16955679000	1905902000	1152674000	1192053000	1261761000	23815108000
France	32740005390	63112311077	0	39877082265	2008535488	17885946404	3243498189	3470629636	38237980968	3862278528	44221756006	5750895191	4232533919	2105531637	5438463471	1021766767	1637457653	5769446843	597918130	2857335161	402797303	187254727	302869718	227198637	3204764927
Italy	9839991228	48804633918	45521829813	0	675355655	8972410555	3250948195	1780016645	24393365030	7450120005	27658817283	4096684246	9173100316	1918084776	3805154208	1607992938	3351999203	6928774513	836210650	3618390270	481113281	313329713	895086210	280166316	3583477901
Luxembourg	1446885220	2190331359	3223634562	795707738	0	582115811	134092815	40499712	656481963	35571557	454085520	50417758	356372631	90288561	171073208	28182108	38685176	182755820	172091	53463256	10728293	6582993	6875159	8558379	92492308
Netherlands	83272317312	40914697144	32004652190	20007495975	1313742030	0	5318377754	3441782870	32219564166	2901839615	13556531298	2537340546	4701240053	4033196551	7228625040	653161776	574999756	4972497633	141196068	3028116646	467712285	296870913	232198956	391853537	4266220058
Denmark	1020638223	12617215029	3553997642	2385384283	59788706	3922477553	0	1169157622	6203054571	556375094	1941799056	447238726	58601480	2179459646	10602981767	110905732	70532125	1320006203	30246872	382792096	276582409	204461001	46714621	194997572	358061807
Ireland	16639904762	7040355225	8234303835	4510424591	432342722	5292887950	737375709	0	18856491588	415356680	3673111330	470179538	519071308	418607755	1331346541	48062771	25827917	348967775	14792002	151739343	16124338	7756355	33526814	18413174	31948848
United Kingdom	20213295176	36467378217	41794206016	15830011629	405421233	22950371766	4235272107	29981708162	0	2504494399	18928619290	3067672731	2426271036	2723899674	8153998260	465513066	303371989	2836222019	433388443	1499918475	303404400	179331074	643601854	212309442	1839982719
Greece	237802015	2171999352	720550190	1832259787	49180043	417779476	153270286	49180043	1169802600	0	620471493	102417867	154031319	112706808	176882408	20019162	46920483	167529614	19657804	70904964	12947920	10635860	899180423	7532163	72501325
Spain	5452116416	21901060180	36990730814	16127980895	201715530	6027050453	1363804800	1179834013	16201573642	2137857657	0	1930355727	1642556735	798177794	1856984253	456764473	505509599	1930355727	108927781	969414962	161255917	84659270	199194279	113440283	1232548937
Portugal	1507673288	4738211509	5196560617	1670306063	41945467	1481154934	306406400	204766956	3162604881	156515198	10625898103	0	212591948	282835797	425025950	40256774	38081314	207147454	11697368	134481915	14654327	17482019	18159381	9817728	109311813
Austria	1990816564	37425416493	4993478796	10176457104	216679681	2112872699	812022397	274894101	4779658691	567028403	3250020245	434876407	0	613705572	1238862373	2038570750	2127276109	2350272596	39424575	4006089465	188878252	134089594	56815376	294981997	3636414903
Finland	1489527391	6800766331	2209759259	1971204247	71088311	3077684532	1535619710	410311916	4332728717	329754382	1581115380	347934641	471859085	0	6981888300	76459976	73151479	1257310474	8108076	423684979	385352110	514983730	176413276	1685015501	271680489
Sweden	5639258737	13520752023	6428687504	4522461188	91833042	5925153980	8969328863	719741367	9681488639	717373375	3844895117	679136648	1227977916	7945521891	0	224078415	122288958	2335868737	19634030	665329954	425825232	389237592	58292641	757274998	719482529
Slovakia	625466798	8215002650	1230148490	2107282552	37363121	1090146283	224322062	56079918	975773329	117264310	654565277	53933030	2271548440	227083860	334783402	0	301945685	2009978530	1645605	1891777749	74838159	57130810	60055111	28271492	4520937815
Slovenia	197371006	3562321978	1478148882	2265058708	58468904	258162806	181785175	29906330	444558290	73626746	319437539	62535434	1442893193	49134696	191902137	264917666	0	453120573	1240122	353028122	39028613	15272764	6703080	14292416	398370783
Poland	2663163000	25222684658	5558476499	5482764523	85910997	3721393537	1878781120	291690054	4995603061	282336244	2221365672	431564676	1863287201	693160066	2749765949	1709089149	292218354	0	8500950	2538221543	1232351000	570095142	31376656	409128493	4076857770
Malta	53907207	293126235	352111252	124691761	10201	21721878	6284813	3586843	268242946	5097632	15485507	5196778	4089525	6143556	8349646	559985	525333	5556364	0	30720992	0	137672	3352485	1820668	16140251
Hungary	1325199000	18731716000	3186557000	3433466000	35471000	2405548000	501743000	184614000	3161244000	426730000	1997786000	380380000	3480539000	654443000	836627000	1764215000	731746000	2020434000	7326000	0	149918000	85806000	54174000	82262000	1898539000
Lithuania	229658248	1104544043	825242465	226076964	1074055	375268476	509474902	60625428	551243881	10350375	315627870	64949979	27639400	116265324	586777584	18265811	4311453	643567695	1896770	49264171	26088769	558302969	0	21559870	68294423
Latvia	36027188	525491040	92415723	84193581	529534	109124406	273834205	78433482	521238084	5363301	66353978	32418646	21477133	179859105	398482773	8930555	3307663	269654096	24529664	26088769	558302969	0	21559870	68294423	21752156
Cyprus	10894875	81836192	262163876	14763530	15471	30454836	3741433	7614228	260256401	176307453	6264361	736706	618276	2289846	7591804	3362155	1089122	1263116	3398026	592346	2439760	1053380	0	1228430	8412007
Estonia	100969874	468843185	94326611	60849270	208726	186302854	242265200	30309096	272324486	20503005	56835643	11380802	35450595	2031549044	1006615122	7461105	2875032	90322217	930742	174043551	356764149	700649474	3377522	0	28648867
Czechia	2076542166	26200642941	4139348423	3326293824	111770436	2840962027	588996877	352115227	3633630549	297508009	1990154910	291269228	4302665456	432696724	1172310277	6733382448	444299531	4266184481	6652201	2085683714	242477774	140754061	19810922	104243263	0



Πίνακας 5: Μαρκοβιανός Πίνακας (M) για το δίκτυο του 2005

Table with 22 columns and 48 rows of numerical data, representing a Markovian matrix for the year 2005. The rows contain various numerical values in scientific notation, likely representing transition probabilities between states in a network.



Πίνακας 9: Μέση Ολική Απόσταση Ροής (Mean Total Flow Distance, ή MTFD) για το έτος 2005

0	8,86666	7,614433	9,741687	9,711431	9,565608	7,214546	9,777463	8,077890	9,648582	9,896528	9,918010	9,835776	9,274398	9,887255	9,849204	8,977533	9,910393	9,556033	10,250917	8,837534	10,018629	10,272260	10,092484	10,274768	8,308731	10,779475	
NaN	3,909206	8,524163	8,284837	8,868769	6,807333	7,949932	9,244545	9,052079	8,714444	9,081246	9,017370	9,000062	9,321018	9,346122	9,215879	9,650309	9,493740	9,194658	9,199446	9,378765	9,565604	9,856511	9,530564	9,811168	9,364061	9,725571	
NaN	8,792673	5,612029	8,692214	8,555602	8,682764	8,553540	8,608808	9,261881	8,687168	8,769387	8,763440	8,658335	7,748096	8,757614	8,704908	8,375927	8,605850	8,257824	9,148137	8,191138	9,036835	8,844407	9,068608	8,108905	9,678593		
NaN	8,528787	8,606253	4,403973	8,240309	8,634192	8,836313	9,211340	9,045224	8,518087	8,611349	7,976137	8,226130	9,232771	9,367979	9,199197	9,460507	8,749130	8,989770	8,029793	9,139662	9,458500	9,800540	9,082569	9,791036	9,221355	7,737733	
NaN	9,220134	8,529445	8,325867	3,702566	9,319807	9,146793	9,026130	9,300997	8,671652	7,500654	8,168221	8,268892	8,478698	9,246311	9,198024	8,875912	7,468183	8,551268	7,100914	8,653032	9,071814	9,323224	7,761240	9,478841	8,859071	9,237835	
NaN	8,316441	8,651749	7,895630	8,784715	0,295695	8,934786	9,222527	9,705925	9,106140	9,439119	9,058972	9,253843	8,803306	9,361725	9,334614	9,619048	9,082929	9,118832	9,566828	9,453380	9,646766	9,902089	9,570527	9,840001	9,368385	6,345902	
NaN	7,188697	8,883742	8,795189	8,912516	8,491777	3,566253	8,879779	9,068624	8,667191	8,971651	9,117191	9,024357	9,349202	8,911434	8,959701	9,705621	9,541224	9,153276	9,313744	9,213473	9,392293	9,603101	9,418401	9,487451	9,165140	9,923586	
NaN	9,441541	8,591938	9,322039	9,255424	9,838916	8,715833	1,326962	8,673075	8,622939	8,998502	9,345850	9,107172	9,430157	6,978044	5,740392	9,761600	9,775221	8,766738	9,437931	9,347606	7,938634	7,874905	9,311500	7,815545	9,491269	9,585551	
NaN	7,467527	9,175414	8,749686	9,003253	8,427338	8,538524	9,321507	1,413810	7,627056	9,294652	9,040176	9,174063	9,819475	9,528003	9,226819	10,256203	10,039178	9,788492	9,453777	9,950290	10,165024	10,399906	9,594243	10,247312	9,870529	9,718563	
NaN	8,490674	8,915299	8,472843	8,893098	9,283236	8,403457	8,854214	5,972499	3,825922	8,894262	8,666514	8,678567	9,569971	9,014675	8,688053	9,889127	9,705017	9,388374	8,252214	9,521544	9,578327	9,802247	8,512843	9,699654	9,546705	7,969668	
NaN	9,476658	8,503090	9,020600	7,683921	9,055669	9,109998	8,888572	9,350940	8,505874	0,253318	8,750977	8,729883	9,075685	8,978727	9,097535	9,564123	8,661962	8,790545	7,769554	9,191535	9,342688	9,459374	2,164038	9,617234	9,314757	3,305165	
NaN	9,151472	8,759455	7,848906	8,222493	9,505206	9,042418	9,252412	9,122051	8,488026	8,319181	2,572180	8,386111	9,327810	9,461333	9,330357	9,493598	8,932656	9,143278	8,659781	9,280008	9,524864	9,837142	8,767881	9,802902	9,310102	6,155293	
NaN	9,104456	8,854578	8,296802	8,860261	9,602715	9,012459	9,302407	9,285039	8,612378	9,146366	6,361465	0,742828	9,635230	9,272890	9,366489	9,961708	9,587967	9,559478	9,218992	9,608521	9,926270	10,023260	9,412425	10,076974	9,745187	8,425589	
NaN	9,641620	7,835800	9,341282	8,459561	9,530790	9,425260	9,272597	9,918540	9,266592	9,194559	9,294423	9,334990	1,953668	9,320300	9,321194	7,342182	6,638143	8,516636	9,427613	7,285622	8,966130	9,140437	9,403213	8,806752	7,725610	9,052404	
NaN	9,281276	8,842184	9,416211	9,235102	9,735783	8,665337	7,441151	9,169659	8,683109	9,159429	9,337127	9,099515	9,491458	1,022428	5,860207	9,807428	9,705545	8,526973	9,759014	9,121690	6,618847	5,574517	7,824507	3,960367	9,529784	9,202921	
NaN	8,968657	8,832892	9,213706	9,140677	9,711885	8,695111	6,034960	9,165757	8,610136	9,093506	9,209900	9,100643	9,395277	5,659237	1,861363	9,700772	9,725190	8,661292	9,667288	9,303274	7,799618	7,430362	9,319175	6,605406	9,433928	9,368317	
NaN	9,774086	8,200930	9,614815	8,941373	9,894280	9,365488	9,437222	10,205141	9,587174	9,574738	9,665099	9,774955	7,512586	9,384370	9,474661	0,754193	7,873854	7,411228	10,075598	6,620474	8,682110	8,898350	9,968826	9,434946	5,447875	10,441509	
NaN	9,800668	8,258660	8,984826	7,912428	9,279180	9,583263	9,097446	10,091879	9,461932	9,167289	9,385077	9,324185	7,005451	9,618738	9,353517	7,499584	0,370286	8,301417	9,550402	7,897464	8,743386	9,295198	9,442935	9,495054	8,047847	8,464539	
NaN	9,416039	8,105701	9,256970	8,888506	9,735451	9,062264	8,436633	9,772909	9,132498	9,484127	9,417650	9,303862	8,678390	8,938288	8,516180	7,345600	8,934186	1,717981	9,804752	7,728123	6,128588	6,895650	9,626017	7,737528	7,379439	9,894920	
NaN	9,202493	8,536859	7,935665	8,519604	9,799466	9,416538	9,600180	9,130747	7,918080	9,293452	9,343865	9,219243	9,570742	9,620035	9,632023	9,818661	9,642119	9,569398	0,037585	8,353342	10,109057	10,284682	8,427414	9,972382	9,165305	4,710979	
NaN	9,550324	7,972721	9,335296	8,897472	9,819100	9,123017	9,223595	9,856242	9,200805	9,125863	9,300291	9,181592	7,697912	8,957984	9,214162	6,703647	7,479346	8,155998	9,814641	1,159039	8,696200	9,018246	9,241377	9,179719	7,778060	10,163887	
NaN	9,601731	9,002499	9,223481	9,587209	10,250098	9,151032	6,770300	9,450313	9,059920	9,943209	9,442617	9,212291	9,892328	7,243324	7,060695	9,713860	10,121113	7,152239	9,403285	9,348525	0,257835	2,025893	9,423995	2,745044	9,425749	9,162958	
NaN	9,936819	9,137215	9,880530	9,825167	10,483579	9,441057	6,640320	8,808850	8,653778	10,045316	9,891004	9,342521	9,960873	6,115786	6,583576	9,897462	10,249300	7,497203	6,367591	9,394879	2,334244	0,170251	7,679628	2,315522	9,716339	6,411168	
NaN	9,417092	9,145968	7,653949	9,307574	9,896942	9,111776	9,606826	8,372736	7,141296	9,378824	9,398016	9,498646	9,753270	9,744018	9,504336	9,681947	9,723920	9,886987	6,614646	9,998028	9,051385	9,573350	0,023862	9,638986	9,474231	2,280984	
NaN	9,889722	9,383397	10,071191	9,996677	10,530332	9,340540	7,130794	9,706406	9,287912	9,853615	10,076077	9,872658	10,011568	3,297889	5,642917	10,166401	10,349369	8,880350	9,924898	8,355089	3,403006	2,344948	9,197130	0,238843	9,930304	8,050949	
NaN	9,570888	7,971632	9,431529	9,138822	9,706387	9,240243	9,326783	9,892955	9,351339	9,534279	9,519878	9,521506	7,808385	9,402744	9,266070	4,781638	8,445186	7,608555	9,994074	7,713579	8,510245	8,869026	9,734872	9,270326	1,475890	10,337231	
NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN



Πίνακας 11: Μέση Απόσταση Ροής Πρώτης Διέλευσης (Mean First-Passage Flow Distance ή MFPPD) για το έτος 2005

0	4,957400	2,002404	5,337714	6,008865	9,269913	3,648293	8,450501	6,664080	5,822660	9,643210	7,345830	9,092948	7,320730	8,864827	7,987841	8,223340	9,540108	7,838052	10,213330	7,678495	9,760793	10,102010	10,068620	10,035930	6,832841	10,779475	
NaN	0,000000	2,912134	3,880864	5,166203	6,511638	4,383679	7,917583	7,638269	4,888522	8,827927	6,445190	8,257235	7,367350	8,323694	7,354516	8,896116	9,123454	7,476677	9,161861	8,219726	9,307769	9,686260	9,506702	9,572325	7,888171	9,725571	
NaN	4,883467	0,000000	4,288241	4,853036	8,387069	4,987287	7,281846	7,848071	4,861246	8,516068	6,191260	7,915507	5,794428	7,735186	6,843545	7,621734	8,235564	6,539843	9,110552	7,032099	8,516949	8,866584	8,820545	8,829765	6,633015	9,678593	
NaN	4,619581	2,994224	0,000000	4,537743	8,338497	5,270060	7,884378	7,631414	4,692165	8,358031	5,403957	7,483302	7,279103	8,345551	7,337834	8,706314	8,378844	7,271789	7,992208	7,980623	9,200665	9,630288	9,058707	9,552193	7,745465	7,737733	
NaN	5,310928	2,917416	3,921894	0,000000	9,024111	5,580540	7,699168	7,887187	4,845730	7,247336	5,596041	7,526064	6,525030	8,223883	7,336661	8,121719	7,097897	6,833287	7,063329	7,493993	8,813979	9,152973	7,737378	9,239998	7,383181	9,237835	
NaN	4,407235	3,039720	3,491657	5,082149	0,000000	5,368533	7,895565	8,292115	5,280218	9,185800	6,486792	8,511015	6,849638	8,339297	7,473251	8,864855	8,712643	7,400851	9,529244	8,294341	9,388931	9,731837	9,546665	9,601158	7,892495	6,345902	
NaN	3,279491	3,271713	4,391216	5,209950	8,196081	0,000000	7,552817	7,654814	4,841269	8,718332	6,545011	8,281529	7,395534	7,889006	7,098338	8,951428	9,170939	7,435295	9,276159	8,054434	9,134457	9,432849	9,394539	9,248608	7,689250	9,923586	
NaN	5,532335	2,979909	4,918066	5,552858	9,543221	5,149580	0,000000	7,259265	4,797017	8,745184	6,773670	8,364344	7,476489	5,955616	3,879029	9,007407	9,404935	7,048757	9,400346	8,188567	7,680798	7,704654	9,287638	7,576702	8,015379	9,585551	
NaN	3,558321	3,563385	4,345713	5,300687	8,131642	4,972271	7,994545	0,000000	3,801134	9,041334	6,467996	8,431235	7,865807	8,505575	7,365456	9,502010	9,668892	8,070511	9,416192	8,791251	9,907189	10,229650	9,570381	10,008470	8,394639	9,718563	
NaN	4,581468	3,303270	4,068870	5,190532	8,987541	4,837204	7,527252	4,558689	0,000000	8,640943	6,094334	7,935740	7,616303	7,992247	6,826690	9,134934	9,334731	7,670393	8,214629	8,362505	9,320491	9,631996	8,488982	9,460811	8,070815	7,969668	
NaN	5,567452	2,891061	4,616627	3,981355	8,759973	5,543745	7,561610	7,937130	4,679952	0,000000	6,178797	7,987055	7,122017	7,956299	7,236172	8,809930	8,291676	7,252567	7,731969	8,032496	9,084853	9,289123	2,140176	9,378391	7,838867	3,305165	
NaN	5,242266	3,147426	3,444933	4,519927	9,209511	5,476165	7,925450	7,708241	4,662104	8,065862	0,000000	7,643284	7,374142	8,438905	7,468994	8,739405	8,562370	7,425297	8,622196	8,120969	9,267029	9,666891	8,744019	9,564059	7,834212	6,155293	
NaN	5,195250	3,242549	3,892829	5,157695	9,307020	5,446206	7,975445	7,871229	4,786456	8,893048	3,789285	0,000000	7,681562	8,250462	7,505126	9,207515	9,217681	7,841497	9,181407	8,449482	9,668435	9,853009	9,388564	9,838131	8,269297	8,425589	
NaN	5,732414	2,223771	4,937309	4,756995	9,235095	5,859007	7,945635	8,504730	5,440670	8,941241	6,722243	0,000000	8,297872	7,459831	6,587989	6,267857	6,798655	9,390028	6,126583	8,708294	8,970185	9,379351	8,567909	6,249720	9,052404		
NaN	5,372070	3,230155	5,012238	5,532536	9,440088	5,099084	6,114189	7,755849	4,857187	8,906110	6,764947	8,356687	7,537790	0,000000	3,998844	9,053235	9,335259	6,808992	9,721429	7,962651	6,361012	5,404265	7,800646	3,721524	8,053894	9,202921	
NaN	5,059451	3,220863	4,809733	5,438111	9,416190	5,128858	4,707998	7,751947	4,784214	8,840188	6,637720	8,357815	7,441609	4,636809	0,000000	8,946579	9,354904	6,943311	9,629703	8,144235	7,541783	7,260110	9,295314	6,366563	7,958038	9,368317	
NaN	5,864880	2,588901	5,210842	5,238807	9,598585	5,799235	8,110260	8,791331	5,755792	9,321420	7,092919	9,032127	5,558918	8,361942	7,613298	0,000000	7,503569	5,693247	10,038010	5,461435	8,424274	8,728099	8,944964	9,196103	3,971985	10,441509	
NaN	5,891462	2,646631	4,580853	4,209862	8,983485	6,017010	7,770484	8,678069	5,636010	8,913971	6,812897	8,581357	5,051783	8,596310	7,492154	6,739391	0,000000	6,583436	9,512817	6,738425	8,485551	9,124947	9,419073	9,256211	6,571957	8,464539	
NaN	5,506833	2,493672	4,852997	5,185940	9,439755	5,496011	7,109671	8,359099	5,306576	9,230809	6,845470	8,561034	6,724722	7,915860	6,654817	6,591407	8,563900	0,000000	9,767168	6,569084	5,870752	6,725399	9,602155	7,498865	5,903549	9,849420	
NaN	5,293287	2,924830	3,531692	4,817038	9,503770	5,850285	8,273218	7,716937	4,092158	9,040134	6,771685	8,476416	7,617074	8,597607	7,770660	9,064468	9,271833	7,851417	0,000000	7,194303	9,851222	10,114430	8,403552	9,733539	7,689415	4,710979	
NaN	5,641118	2,365262	4,931323	5,194906	9,523405	5,556764	7,896993	8,442432	5,374883	8,872545	6,728111	8,438764	5,744244	7,935556	7,352799	5,949454	7,109061	6,438017	9,777056	0,000000	8,438365	8,847995	9,217515	8,940876	6,302170	10,163887	
NaN	5,692525	3,390470	4,819508	5,884643	9,954403	5,584779	5,443338	8,036503	5,233998	9,689890	6,870437	8,469463	7,938660	6,220896	5,199332	8,959667	9,750827	5,434258	9,365700	8,189486	0,000000	1,855641	9,400133	2,506201	7,949859	9,162958	
NaN	6,027613	3,525186	5,476557	6,122601	10,187880	5,874804	5,313358	7,395040	4,827856	9,791998	7,318824	8,599693	8,007205	5,093358	4,722213	9,143269	9,879015	5,779222	6,330006	8,235840	2,076409	0,000000	7,655766	2,076679	8,240449	6,411168	
NaN	5,507886	3,533939	3,249976	5,605008	9,601247	5,545523	8,279864	6,958926	3,315374	3,325505	6,825836	8,755818	7,799602	8,721590	7,642973	8,927754	9,353634	8,169006	6,577062	8,838899	8,793549	9,403009	0,000000	9,400143	7,998341	2,280984	
NaN	5,980516	3,771368	5,667218	6,294111	10,234640	5,774287	5,803832	8,292596	5,461990	9,600297	7,503897	9,129830	8,057900	2,275461	3,781554	9,412208	9,979083	7,162369	9,887313	7,196050	3,145170	2,174696	9,173268	0,000000	8,454414	8,050949	
NaN	5,661682	2,359603	5,027556	5,436256	9,410692	5,673990	7,999821	8,479145	5,525417	9,280960	6,947698	8,778678	5,854717	8,380316	7,404707	4,027445	8,074900	5,890574	9,956489	6,554540	8,252410	8,698774	9,711011	9,031483	0,000000	10,337231	
NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	0



Πίνακας 12: Μέση Απόσταση Ροής Πρώτης Διέλευσης (Mean First-Passage Flow Distance ή MFPPD) για το έτος 2015

0	4,31271	1,95261	5,50161	5,64206	8,82330	6,02692	8,49018	6,58980	6,27461	9,47108	6,91858	9,11797	7,21373	9,08343	8,12658	6,78107	9,12369	6,59940	9,94855	6,79660	9,49630	9,83560	10,10798	9,88648	5,64401	9,33911	8,60934	9,41546	10,48194	
NaN	0,00000	2,97356	4,00817	5,14195	6,31822	4,44565	7,83583	7,89385	5,16073	8,49010	6,00643	8,15724	7,30434	8,21632	7,26169	8,34154	8,88676	6,42155	9,15138	7,83957	8,71211	9,14802	9,18164	9,20164	7,24915	9,14985	8,31580	8,88514	9,33833	
NaN	5,48216	0,00000	4,51485	5,04898	8,05367	4,99487	7,22174	7,92933	5,25167	8,42506	5,85077	8,00995	5,81101	7,87222	6,94700	7,23373	7,98953	5,57395	8,95054	6,76468	8,38183	8,71479	9,10921	8,73061	6,08699	8,30743	7,59628	8,37559	9,43022	
NaN	4,90812	2,85399	0,00000	4,70004	7,91102	5,38566	7,98241	7,85896	5,27859	8,26145	5,00014	7,41410	7,27817	8,38559	7,43860	8,00349	8,67527	6,38649	8,62187	7,58744	9,03723	9,36242	9,01374	9,38083	7,18040	8,99630	7,85978	8,74543	7,45725	
NaN	5,56465	2,94134	4,23965	0,00000	8,85514	5,73808	7,92824	8,22330	5,48723	7,45572	5,38787	7,61376	6,63704	8,48020	7,49431	7,71760	6,92348	6,02778	6,60705	7,22740	8,63167	8,98331	8,24515	9,10395	6,86984	7,10431	6,23809	7,76878	9,41038	
NaN	4,41827	2,57422	4,25770	5,43440	0,00000	5,30038	7,86171	8,45359	5,82864	8,85074	6,24201	8,47713	7,02453	8,49999	7,44184	8,23339	8,67159	6,39813	9,49228	7,94015	9,18593	9,45237	9,45334	9,44670	7,21807	9,29570	8,36844	8,97644	6,00342	
NaN	3,89459	3,89015	4,27886	5,03337	8,07114	0,00000	7,11784	7,25342	4,78733	8,04420	5,73584	7,84258	7,32551	7,35767	6,78204	8,20895	8,75591	6,11511	8,60052	7,65248	8,43147	8,73837	8,61753	8,44535	6,81677	8,88712	8,13526	8,56504	8,77564	
NaN	5,96024	2,77112	5,26071	5,65309	9,31760	5,32155	0,00000	7,71595	5,39211	8,40353	6,34572	8,61349	7,24525	5,82882	4,07090	8,31890	9,02665	5,93073	8,98992	7,73884	7,48029	7,64515	9,03182	7,51508	7,24032	9,17050	8,43944	6,32212	8,62968	
NaN	3,56554	3,42678	4,71755	5,51405	8,54440	4,96837	7,95478	0,00000	4,21422	8,64714	5,63201	8,11269	7,77007	8,51140	7,47523	8,85477	9,37817	6,71822	9,12229	8,20868	9,37962	9,52813	9,23611	9,63837	7,65291	9,60579	8,53421	9,18848	9,27891	
NaN	4,90623	3,08513	4,54327	5,31842	8,83831	4,75398	7,56217	4,38399	0,00000	8,46960	5,67778	8,00746	7,47031	8,07241	7,00705	8,51310	9,09572	6,49416	8,13453	7,88571	8,97017	9,17497	8,33558	9,11420	7,27797	9,32529	8,33384	8,94296	6,36404	
NaN	6,06263	3,28478	5,12733	3,65230	9,51613	5,90427	8,07483	8,07731	5,63096	0,00000	5,82341	7,91344	7,23728	7,99776	7,69428	8,01944	7,04423	6,41374	4,43852	7,66109	8,53259	8,99738	1,95783	9,35579	7,14591	7,61142	5,73633	3,99462	5,66773	
NaN	5,66926	3,18045	3,83076	4,64499	8,93540	5,62309	8,07466	7,87659	5,28647	7,74333	0,00000	4,51563	7,42663	8,55063	7,65898	8,32563	8,66845	6,42801	8,17937	7,86006	8,94511	9,32708	8,49956	9,32658	7,31805	8,87651	7,87824	8,04888	8,98212	
NaN	5,86151	3,28450	4,13370	5,33717	8,93583	5,60802	8,18023	8,06404	5,43701	8,60969	3,05060	0,00000	7,69302	8,60262	7,82080	8,51678	9,26115	6,80050	8,92601	8,14642	9,35641	9,71439	9,02812	9,68285	7,56644	9,50623	8,26071	8,88204	8,07071	
NaN	6,30066	2,26408	5,15551	5,00117	9,07824	6,01647	8,06038	8,72398	6,02196	8,78027	6,44552	8,71961	0,00000	8,57784	7,58489	6,57050	5,90662	5,94669	9,35481	6,14097	8,89227	9,14274	9,35152	9,27150	5,96241	6,50397	7,32000	8,11467	8,43992	
NaN	5,58823	3,02558	5,28037	5,70460	9,30206	4,87737	6,42940	7,55345	5,51128	8,99448	6,41885	8,62177	7,50920	0,00000	4,15977	8,46296	8,99987	5,98026	9,28062	7,99428	6,29880	5,30638	9,56373	3,82921	7,38833	9,44381	8,55727	9,04099	7,86137	
NaN	5,31168	3,19488	5,08877	5,61794	9,13415	5,07971	4,54496	7,80962	5,23912	8,86714	6,29031	8,30502	7,42064	4,20184	0,00000	8,47039	9,13332	5,88491	8,93518	7,95806	6,93867	7,26369	9,57802	6,10992	7,29823	9,37370	8,62297	8,86592	8,12348	
NaN	6,42570	2,72634	5,25283	5,47447	9,35424	6,06140	8,00069	8,75562	5,93257	9,01273	6,41085	8,77091	5,84619	8,75673	7,55323	0,00000	7,70299	5,18239	9,73201	5,63198	8,71440	9,05800	9,14258	4,42302	7,80394	7,12736	8,05340	10,02505		
NaN	6,41472	2,77767	5,21395	4,27095	9,31209	6,19017	7,85909	8,96264	6,28060	8,66324	6,54047	8,76268	5,20016	8,89278	7,74718	6,82782	0,00000	6,04825	9,00069	6,38562	8,55900	9,03628	9,01359	9,17485	6,52231	2,99598	7,29843	7,78186	9,81963	
NaN	6,07043	2,55242	5,10753	5,37005	9,14522	5,59599	7,34884	8,37974	5,62381	8,66483	6,29595	8,56641	6,84091	7,99813	6,87433	6,48246	8,34492	0,00000	9,46348	6,60998	6,49992	6,89419	8,49958	7,42185	5,40074	8,39152	7,47541	8,24078	9,82088	
NaN	6,18071	2,56110	3,90310	4,47076	9,28556	5,82890	8,30649	7,89933	5,21211	8,39913	5,99308	8,38519	7,33678	8,71307	7,71479	8,24895	8,90359	6,54851	0,00000	7,85228	9,17892	9,65022	8,28702	9,78926	7,37373	9,17874	7,60458	8,68564	2,83442	
NaN	6,24367	2,52378	5,21559	5,27823	9,26536	5,84256	8,05743	8,75341	6,00415	8,60068	6,21559	8,61318	5,97887	8,67624	5,49982	7,13620	5,91347	9,52366	0,00000	8,69839	8,95782	9,28470	8,87561	5,95775	6,26669	5,83544	7,32923	9,92585		
NaN	6,15970	3,44903	5,54321	5,92264	9,75858	5,50862	6,06750	8,33414	5,75665	9,31315	6,70387	8,75883	7,80551	6,12601	5,48168	8,11042	9,05447	4,28423	9,61127	7,81869	0,00000	2,07005	9,24662	2,78322	6,97974	9,34763	8,59799	8,66318	9,30888	
NaN	6,48746	3,73660	5,89208	6,29886	9,88867	5,90958	5,60584	8,56244	5,86134	9,42979	6,95435	9,21042	7,99400	5,67143	5,08452	8,19437	9,50522	5,02844	9,59449	8,16167	1,74350	0,00000	7,92287	2,11245	7,00871	9,86329	8,89808	8,63074	7,05131	
NaN	5,80272	3,88579	5,63036	5,23556	9,84528	5,97523	8,09846	2,91255	4,75891	2,29955	6,67726	8,97133	7,47082	8,53181	7,22359	5,92132	5,59244	6,77820	5,29542	8,30059	7,81710	8,40548	0,00000	8,56977	6,83254	8,21360	7,30861	6,27785	2,16804	
NaN	6,22593	3,79078	5,81934	6,35157	9,93707	5,62529	5,69807	8,56454	6,03366	9,60397	6,96748	9,22011	8,11004	2,87395	3,20739	8,87069	9,64768	6,00498	9,88163	8,37384	3,01154	2,20224	8,76622	0,00000	7,72576	10,04382	9,03291	9,12770	7,62823	
NaN	6,17532	2,40040	5,20757	5,55303	9,19715	5,89802	7,85197	8,52127	5,85529	9,07318	6,37966	8,68600	6,18423	8,46903	7,46039	4,52273	8,16021	5,51457	9,65638	6,42577	8,50127	8,86484	9,41629	8,96995	0,00000	8,31150	7,67462	8,27081	10,02187	
NaN	6,48456	3,37432	5,37009	2,54543	8,52418	6,37956	8,46067	9,05709	6,41751	8,25746	6,46137	8,60826	5,90045	9,18567	8,15925	7,42024	3,05553	6,64395	6,77210	6,54466	9,09856	9,44903	8,91714	9,64255	7,15897	0,00000	7,28081	8,07077	8,80043	
NaN	6,16393	2,78380	4,91402	4,26953	9,42069	5,95050	8,28648	8,62436	5,90734	7,16882	6,13416	8,45393	6,58460	8,79258	7,77365	6,88140	7,64836	6,17636	8,79018	5,50848	9,08901	9,48911	8,18017	9,29096	6,45022	8,00632	0,00000	5,16164	7,86257	
NaN	5,71316	3,03575	5,07001	4,28858	9,42571	5,92100	8,16410	8,77065	6,07084	3,88136	6,17443	8,37415	6,79255	8,75143	7,84779	7,56788	7,09388	6,21561	7,30539	6,84728	8,65536	9,09816	5,20156	9,25487	6,70130	7,60568	4,37085	0,00000	7,83054	
NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN



Πίνακας 13: Ελάχιστη Συμμετρική Απόσταση Ροής (Symmetric Minimum Flow Distance ή SMFD) για το έτος 2005

0	4,957400	2,002404	5,337714	6,008865	9,269913	3,648293	8,450501	6,664080	5,822660	9,643210	7,345830	9,092948	7,320730	8,864827	7,987841	8,223340	9,540108	7,838052	10,213330	7,678495	9,760793	10,102010	10,068620	10,035930	6,832841	10,779475
4,957400	0,000000	2,912134	3,880864	5,166203	4,407235	3,279491	5,532335	3,558321	4,581468	5,567452	5,242266	5,195250	5,732414	5,372070	5,059451	5,864880	5,891462	5,506833	5,293287	5,641118	5,692525	6,027613	5,507886	5,980516	5,661682	9,725571
2,002404	2,912134	0,000000	2,994224	2,917416	3,039720	3,271713	2,979909	3,563385	3,303270	2,891061	3,147426	3,242549	2,223771	3,230155	3,220863	2,588901	2,646631	2,493672	2,924830	2,365262	3,390470	3,525186	3,533939	3,771368	2,359603	9,678593
5,337714	3,880864	2,994224	0,000000	3,921894	3,491657	4,391216	4,918066	4,345713	4,068870	4,616627	3,444933	3,892829	4,937309	5,012238	4,809733	5,210842	4,580853	4,852997	3,531692	4,931323	4,819508	5,476557	3,249976	5,667218	5,027556	7,737733
6,008865	5,166203	2,917416	3,921894	0,000000	5,082149	5,209950	5,552858	5,300687	4,845730	3,981355	4,519927	5,157695	4,756995	5,532536	5,438111	5,238807	4,209862	5,185940	4,817038	5,194906	5,884643	6,122601	5,605008	6,294111	5,436256	9,237835
9,269913	4,407235	3,039720	3,491657	5,082149	0,000000	5,368533	7,895565	8,131642	5,280218	8,759973	6,486792	8,511015	6,849638	8,339297	7,473251	8,864855	8,712643	7,400851	9,503770	8,294341	9,388931	9,731837	9,546665	9,601158	7,892495	6,345902
3,648293	3,279491	3,271713	4,391216	5,209950	5,368533	0,000000	5,149580	4,972271	4,837204	5,543745	5,476165	5,446206	5,859007	5,099084	5,128858	5,799235	6,017010	5,496011	5,850285	5,556764	5,584779	5,874804	5,545523	5,774287	5,673990	9,923586
8,450501	5,532335	2,979909	4,918066	5,552858	7,895565	5,149580	0,000000	7,259265	4,797017	7,561610	6,773670	7,975445	7,476489	5,955616	3,879029	8,110260	7,770484	7,048757	8,273218	7,896993	5,443338	5,313358	8,279864	5,803832	7,999821	9,585551
6,664080	3,558321	3,563385	4,345713	5,300687	8,131642	4,972271	7,259265	0,000000	3,801134	7,937130	6,467996	7,871229	7,865807	7,755849	7,365456	8,791331	8,678069	8,070511	7,716937	8,442432	8,036503	7,395040	6,958926	8,292596	8,394639	9,718563
5,822660	4,581468	3,303270	4,068870	4,845730	5,280218	4,837204	4,797017	3,801134	0,000000	4,679952	4,662104	4,786456	5,440670	4,857187	4,784214	5,755792	5,636010	5,306576	4,092158	5,374883	5,233998	4,827856	3,315374	5,461990	5,525417	7,969668
9,643210	5,567452	2,891061	4,616627	3,981355	8,759973	5,543745	7,561610	7,937130	4,679952	0,000000	6,178797	7,987055	7,122017	7,956299	7,236172	8,809930	8,291676	7,252564	7,731969	8,032496	9,084853	9,289123	2,140176	9,378391	7,838867	3,305165
7,345830	5,242266	3,147426	3,444933	4,519927	6,486792	5,476165	6,773670	6,467996	4,662104	6,178797	0,000000	3,789285	6,722243	6,764947	6,637720	7,092919	6,812897	6,845470	6,771685	6,728111	6,870437	7,318824	6,825836	7,503897	6,947698	6,155293
9,092948	5,195250	3,242549	3,892829	5,157695	8,511015	5,446206	7,975445	7,871229	4,786456	7,987055	3,789285	0,000000	7,681562	8,250462	7,505126	9,032127	8,581357	7,841497	8,476416	8,438764	8,469463	8,599693	8,755818	9,129830	8,269297	8,425589
7,320730	5,732414	2,223771	4,937309	4,756995	6,849638	5,859007	7,476489	7,865807	5,440670	7,122017	6,722243	7,681562	0,000000	7,537790	7,441609	5,558918	5,051783	6,724722	7,617074	5,744244	7,938660	8,007205	7,799602	8,057900	5,854717	9,052404
8,864827	5,372070	3,230155	5,012238	5,532536	8,339297	5,099084	5,955616	7,755849	4,857187	7,956299	6,764947	8,250462	7,537790	0,000000	3,998844	8,361942	8,596310	6,808992	8,597607	7,935556	6,220896	5,093358	7,800646	3,721524	8,053894	9,202921
7,987841	5,059451	3,220863	4,809733	5,438111	7,473251	5,128858	3,879029	7,365456	4,784214	7,236172	6,637720	7,505126	7,441609	3,998844	0,000000	7,613298	7,492154	6,654817	7,770660	7,352799	5,199332	4,722213	7,642973	3,781554	7,404707	9,368317
8,223340	5,864880	2,588901	5,210842	5,238807	8,864855	5,799235	8,110260	8,791331	5,755792	8,809930	7,092919	9,032127	5,558918	8,361942	7,613298	0,000000	6,739391	5,693247	9,064468	5,461435	8,424274	8,728099	8,927754	9,196103	3,971985	10,441509
9,540108	5,891462	2,646631	4,580853	4,209862	8,712643	6,017010	7,770484	8,678069	5,636010	8,291676	6,812897	8,581357	5,051783	8,596310	7,492154	6,739391	0,000000	6,583436	9,271833	6,738425	8,485551	9,124947	9,353634	9,256211	6,571957	8,464539
7,838052	5,506833	2,493672	4,852997	5,185940	7,400851	5,496011	7,048757	8,070511	5,306576	7,252564	6,845470	7,841497	6,724722	6,808992	6,654817	5,693247	6,583436	0,000000	7,851417	6,438017	5,434258	5,779222	8,169006	7,162369	5,890574	9,849420
10,213330	5,293287	2,924830	3,531692	4,817038	9,503770	5,850285	8,273218	7,716937	4,092158	7,731969	6,771685	8,476416	7,617074	8,597607	7,770660	9,064468	9,271833	7,851417	0,000000	7,194303	9,365700	6,330006	6,577062	9,733539	7,689415	4,710979
7,678495	5,641118	2,365262	4,931323	5,194906	8,294341	5,556764	7,896993	8,442432	5,374883	8,032496	6,728111	8,438764	5,744244	7,935556	5,461435	6,738425	6,438017	7,194303	0,000000	8,189486	8,235840	8,838989	7,196050	6,302170	10,163887	
9,760793	5,692525	3,390470	4,819508	5,884643	9,388931	5,584779	5,443338	8,036503	5,233998	9,084853	6,870437	8,469463	7,938660	6,220896	5,199332	8,424274	8,485551	5,434258	9,365700	8,189486	0,000000	1,855641	8,793549	2,506201	7,949859	9,162958
10,102010	6,027613	3,525186	5,476557	6,122601	9,731837	5,874804	5,313358	7,395040	4,827856	9,289123	7,318824	8,599693	8,007205	5,093358	4,722213	8,728099	9,124947	5,779222	6,330006	8,235840	1,855641	0,000000	7,655766	2,076679	8,240449	6,411168
10,068620	5,507886	3,533939	3,249976	5,605008	9,546665	5,545523	8,279864	6,958926	3,315374	2,140176	6,825836	8,755818	7,799602	7,800646	6,742973	8,927754	9,353634	8,169006	6,577062	8,838989	8,793549	7,655766	0,000000	9,173268	7,998341	2,280984
10,035930	5,980516	3,771368	5,667218	6,294111	9,601158	5,774287	5,803832	8,292596	5,461990	9,378391	7,503897	9,129830	8,057900	3,721524	3,781554	9,196103	9,256211	7,162369	9,733539	7,196050	2,506201	2,076679	9,173268	0,000000	8,454414	8,050949
6,832841	5,661682	2,359603	5,027556	5,436256	7,892495	5,673990	7,999821	8,394639	5,525417	7,838867	6,947698	8,269297	5,854717	8,053894	7,404707	3,971985	6,571957	5,890574	7,689415	6,302170	7,949859	8,240449	7,998341	8,454414	0,000000	10,337231
10,779475	9,725571	9,678593	7,737733	9,237835	6,345902	9,923586	9,585551	9,718563	7,969668	3,305165	6,155293	8,425589	9,052404	9,202921	9,368317	10,441509	8,464539	9,849420	4,710979	10,163887	9,162958	6,411168	2,280984	8,050949	10,337231	0



Πίνακας 14: Ελάχιστη Συμμετρική Απόσταση Ροής (Symmetric Minimum Flow Distance ή SMFD) για το έτος 2015

0	4,31271	1,95261	5,50161	5,64206	8,82330	6,02692	8,49018	6,58980	6,27461	9,47108	6,91858	9,11797	7,21373	9,08343	8,12658	6,78107	9,12369	6,59940	9,94855	6,79660	9,49630	9,83560	10,10798	9,88648	5,64401	9,33911	8,60934	9,41546	10,48194
4,31271	0,00000	2,97356	4,00817	5,14195	4,41827	3,89459	5,96024	3,56554	4,90623	6,06263	5,66926	5,86151	6,30066	5,58823	5,31168	6,42570	6,41472	6,07043	6,18071	6,24367	6,15970	6,48746	5,80272	6,22593	6,17532	6,48456	6,16393	5,71316	9,33833
1,95261	2,97356	0,00000	2,85399	2,94134	2,57422	3,89015	2,77112	3,42678	3,08513	3,28478	3,18045	3,28450	2,26408	3,02558	3,19488	2,72634	2,77767	2,55242	2,56110	2,52378	3,44903	3,73660	3,88579	3,79078	2,40040	3,37432	2,78380	3,03575	9,43022
5,50161	4,00817	2,85399	0,00000	4,23965	4,25770	4,27886	5,26071	4,71755	4,54327	5,12733	3,83076	4,13370	5,15551	5,28037	5,08877	5,25283	5,21395	5,10753	3,90310	5,21559	5,54321	5,89208	5,69036	5,81934	5,20757	5,37009	4,91402	5,07001	7,45725
5,64206	5,14195	2,94134	4,23965	0,00000	5,43440	5,03337	5,65309	5,51405	5,31842	3,65230	4,64499	5,33717	5,00117	5,70460	5,61794	5,47447	4,27095	5,37005	4,47076	5,27823	5,92264	6,29886	5,23556	6,35157	5,55303	2,54543	4,26953	4,28858	9,41038
8,82330	4,41827	2,57422	4,25770	5,43440	0,00000	5,30038	7,86171	8,45359	5,82864	8,85074	6,24201	8,47713	7,02453	8,49999	7,44184	8,23339	8,67159	6,39813	9,28556	7,94015	9,18593	9,45237	9,45334	9,44670	7,21807	9,29570	8,36844	8,97644	6,00342
6,02692	3,89459	3,89015	4,27886	5,03337	5,30038	0,00000	5,32155	4,96837	4,75398	5,90427	5,62309	5,60802	6,01647	4,87737	5,07971	6,06140	6,19017	5,59599	5,82890	5,84256	5,50862	5,90958	5,97523	5,62529	5,89802	6,37956	5,95050	5,92100	8,77564
8,49018	5,96024	2,77112	5,26071	5,65309	7,86171	5,32155	0,00000	7,71595	5,39211	8,07483	6,34572	8,18023	7,24525	5,82882	4,07090	8,00069	7,85909	5,93073	8,30649	7,77384	6,06750	5,60584	8,09846	5,69807	7,24032	8,46067	8,28648	6,32212	8,62968
6,58980	3,56554	3,42678	4,71755	5,51405	8,45359	4,96837	7,71595	0,00000	4,21422	8,07731	5,63201	8,06404	7,77007	7,55345	7,47523	8,75562	8,96264	6,71822	7,89933	8,20868	8,33414	8,56244	2,91255	5,65454	7,65291	9,05709	8,53421	8,77065	9,27891
6,27461	4,90623	3,08513	4,54327	5,31842	5,82864	4,75398	5,39211	4,21422	0,00000	5,63096	5,28647	5,43701	6,02196	5,51128	5,23912	5,93257	6,28060	5,62381	5,21211	6,00415	5,75665	5,86134	4,75891	6,03366	5,85529	6,41751	5,90734	6,07084	6,36404
9,47108	6,06263	3,28478	5,12733	3,65230	8,85074	5,90427	8,07483	8,07731	5,63096	0,00000	5,82341	7,91344	7,23728	7,99776	7,69428	8,01944	7,04423	6,41374	4,43852	7,66109	8,53259	8,99738	1,95783	9,35579	7,14591	7,61142	5,73633	3,39462	5,66773
6,91858	5,66926	3,18045	3,83076	4,64499	6,24201	5,62309	6,34572	5,63201	5,28647	5,82341	0,00000	3,05060	6,44552	6,41885	6,29031	6,41085	6,54047	6,29595	5,99908	6,21559	6,70387	6,95435	6,67726	6,96748	6,37966	6,46137	6,13416	6,17443	8,98212
9,11797	5,86151	3,28450	4,13370	5,33717	8,47713	5,60802	8,18023	8,06404	5,43701	7,91344	3,05060	0,00000	7,69302	8,60262	7,82080	8,51678	8,76268	6,80050	8,38519	8,14642	8,75883	9,21042	8,97133	9,22011	7,56644	8,60826	8,26071	8,37415	8,07071
7,21373	6,30066	2,26408	5,15551	5,00117	7,02453	6,01647	7,24525	7,77007	6,02196	7,23728	6,44552	7,69302	0,00000	7,50920	7,42064	5,84619	5,20016	5,94669	7,33678	5,97887	7,80551	7,99400	7,47082	8,11004	5,96241	5,90045	6,58460	6,79255	8,43992
9,08343	5,58823	3,02558	5,28037	5,70460	8,49999	4,87737	5,82882	7,55345	5,51128	7,99776	6,41885	8,60262	7,50920	0,00000	4,15977	8,46296	8,89278	5,98026	8,71307	7,99428	6,12601	5,30638	8,53181	2,87395	7,38833	9,18567	8,55727	8,75143	7,86137
8,12658	5,31168	3,19488	5,08877	5,61794	7,44184	5,07971	4,07090	7,47523	5,23912	7,69428	6,29031	7,82080	7,42064	4,15977	0,00000	7,55323	7,74718	5,88491	7,71479	7,60824	5,48168	5,08452	7,22359	3,20739	7,29823	8,15925	7,77365	7,84779	8,12348
6,78107	6,42570	2,72634	5,25283	5,47447	8,23339	6,06140	8,00069	8,75562	5,93257	8,01944	6,41085	8,51678	5,84619	8,46296	7,55323	0,00000	6,82782	5,18239	8,24895	5,49982	8,11042	8,19437	5,92132	8,87069	4,42302	7,42024	6,88140	5,67888	10,02505
9,12369	6,41472	2,77767	5,21395	4,27095	8,67159	6,19017	7,85909	8,96264	6,28060	7,04423	6,54047	8,76268	5,20016	8,89278	7,74718	6,82782	0,00000	6,04825	8,90359	6,38562	8,55900	9,03628	5,59244	9,17485	6,52231	2,99598	7,29843	9,09388	9,81963
6,59940	6,07043	2,55242	5,10753	5,37005	6,39813	5,59599	5,93073	6,71822	5,62381	6,41374	6,29595	6,80050	5,94669	5,98026	5,88491	5,18239	6,04825	0,00000	6,54851	5,91347	4,28423	5,02844	6,77820	6,00498	5,40074	6,64395	6,17636	6,21561	9,82088
9,94855	6,18071	2,56110	3,90310	4,47076	9,28556	5,82890	8,30649	7,89933	5,21211	4,43852	5,99308	8,38519	7,33678	8,17307	7,71479	8,24895	8,90359	6,54851	0,00000	7,85228	9,17892	9,59449	5,29542	9,78926	7,37373	6,77210	7,60458	7,30539	2,83442
6,79660	6,24367	2,52378	5,21559	5,27823	7,94015	5,84256	7,77384	8,20868	6,00415	7,66109	6,21559	8,14642	5,97887	7,99428	7,60824	5,49982	6,38562	5,91347	7,85228	0,00000	7,81869	8,16167	8,30059	8,37384	5,95775	6,26669	5,50848	6,84728	9,92585
9,49630	6,15970	3,44903	5,54321	5,92264	9,18593	5,50862	6,06750	8,33414	5,75665	8,53259	6,70387	8,75883	7,80551	6,12601	5,48168	8,11042	8,55900	4,28423	9,17892	7,81869	0,00000	1,74350	7,81710	2,78322	6,97974	9,09856	8,59799	8,65536	9,30888
9,83560	6,48746	3,73660	5,89208	6,29886	9,45237	5,90958	5,60584	8,56244	5,86134	8,99738	6,95435	9,21042	7,99400	5,30638	5,08452	8,19437	9,03628	5,02844	9,59449	8,16167	1,74350	0,00000	7,92287	2,11245	7,00871	9,44903	8,89808	6,63074	7,05131
10,10798	5,80272	3,88579	5,63036	5,23556	9,45334	5,97523	8,09846	2,91255	4,75891	1,95783	6,67226	8,97133	7,47082	8,53181	7,22359	5,92132	5,59244	6,77820	5,29542	8,30059	7,81710	7,92287	0,00000	8,56977	6,83254	8,21360	7,30861	5,20156	2,16804
9,88648	6,22593	3,79078	5,81934	6,35157	9,44670	5,62529	5,69807	5,56454	6,03366	9,35579	6,96748	9,22011	8,11004	2,87395	3,20739	8,87069	9,17485	6,00498	9,78926	8,37384	2,78322	2,11245	8,56977	0,00000	7,72576	9,64255	9,03291	9,12770	7,62823
5,64401	6,17532	2,40040	5,20757	5,55303	7,21807	5,89802	7,24032	7,65291	7,14591	6,37966	7,56644	5,96241	7,38833	7,29823	4,42302	6,52231	5,40074	7,37373	5,95775	6,97974	7,00871	6,83254	7,72576	0,00000	7,15897	6,45022	6,70130	10,02187	
9,33911	6,48456	3,37432	5,37009	2,54543	9,29570	6,37956	8,46067	9,05709	6,41751	7,61142	6,46137	8,60826	5,90045	9,18567	8,15925	7,42024	2,99598	6,64395	6,77210	6,26669	9,09856	9,44903	8,21360	9,64255	7,15897	0,00000	7,28081	7,60568	8,80043
8,60934	6,16393	2,78380	4,91402	4,26953	8,36844	5,95050	8,28648	8,53421	5,90734	5,73633	6,13416	8,26071	6,58460	8,55727	7,77365	6,88140	7,29843	6,17636	7,60458	5,50848	8,59799	8,89808	7,30861	9,03291	6,45022	7,28081	0,00000	4,37085	7,86257
9,41546	5,71316	3,03575	5,07001	4,28858	8,97644	5,92100	6,32212	8,77065	6,07084	3,39462	6,17443	8,37415	6,79255	8,75143	7,84779	7,56788	7,09388	6,21561	7,30539	6,84728	8,65536	8,63074	5,20156	9,12770	6,70130	7,60568	4,37085	0,00000	7,83054
10,48194	9,33833	9,43022	7,45725	9,41038	6,00342	8,77564	8,62968	9,27891	6,36404	5,66773	8,98212	8,07071	8,43992	7,86137	8,12348	10,02505	9,81963	9,82088	2,83442	9,92585	9,30888	7,05131	2,16804	7,62823	10,02187	8,80043	7,86257	7,83054	0

Πίνακας 15: Τροφικά επίπεδα των χωρών για το δίκτυο ροής εμπορευμάτων για τα έτη 2005 και 2015 αντίστοιχα

A/A	Έτος 2005
1	Germany 2,002404
2	Netherlands 3,648293
3	Belgium 4,957400
4	France 5,337714
5	United Kingdom 5,822660
6	Italy 6,008865
7	Ireland 6,664080
8	Czechia 6,832841
9	Austria 7,320730
10	Spain 7,345830
11	Hungary 7,678495
12	Poland 7,838052
13	Sweden 7,987841
14	Slovakia 8,223340
15	Denmark 8,450501
16	Finland 8,864827
17	Portugal 9,092948
18	Luxembourg 9,269913
19	Slovenia 9,540108
20	Greece 9,643210
21	Lithuania 9,760793
22	Estonia 10,035930
23	Cyprus 10,068620
24	Latvia 10,102010
25	Malta 10,213330

A/A	Έτος 2015
1	Germany 1,95261
2	Belgium 4,31271
3	France 5,50161
4	Italy 5,64206
5	Czechia 5,64401
6	Netherlands 6,02692
7	United Kingdom 6,27461
8	Ireland 6,58980
9	Poland 6,59940
10	Slovakia 6,78107
11	Hungary 6,79660
12	Spain 6,91858
13	Austria 7,21373
14	Sweden 8,12658
15	Denmark 8,49018
16	Romania 8,60934
17	Luxembourg 8,82330
18	Finland 9,08343
19	Portugal 9,11797
20	Slovenia 9,12369
21	Croatia 9,33911
22	Bulgaria 9,41546
23	Greece 9,47108
24	Lithuania 9,49630
25	Latvia 9,83560
26	Estonia 9,88648
27	Malta 9,94855
28	Cyprus 10,10798



Βιβλιογραφία

- [1] Μωϋσιάδης Π., Συνδυαστική Αριθμητική. Η τέχνη να μετράς χωρίς μέτρημα. Εκδόσεις Ζήτη 2002
- [2] Μωϋσιάδης Π. Διαφάνειες μαθήματος στη Θεωρία Γράφων. Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Πολύπλοκα Συστήματα και Δίκτυα, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2015
- [3] Θεώρημα των τεσσάρων χρωμάτων | Βικιπαίδεια, η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια (Τελευταία τροποποίηση 11:24, 6 Μαΐου 2017). Διαθέσιμο στο: https://el.wikipedia.org/wiki/Θεώρημα_των_τεσσάρων_χρωμάτων [Πρόσβαση 10 Ιουνίου 2017]
- [4] Connected: The Power of Six Degrees | Gephi Blog. Διαθέσιμο στο: <https://gephi.wordpress.com/2008/12/11/how-kevin-bacon-cured-cancer/> [Πρόσβαση 11 Ιουνίου 2017]
- [5] Θεωρία γράφων | Βικιπαίδεια, η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια (Τελευταία τροποποίηση 17:16, 8 Αυγούστου 2017). Διαθέσιμο στο: https://el.wikipedia.org/wiki/Θεωρία_γράφων [Πρόσβαση 10 Αυγούστου 2017]
- [6] Τοπολογία δικτύου | Βικιπαίδεια, η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια (Τελευταία τροποποίηση 15:20, 3 Ιουνίου 2017). Διαθέσιμο στο: https://el.wikipedia.org/wiki/Τοπολογία_δικτύου [Πρόσβαση 10 Αυγούστου 2017]
- [7] Καραγιάννης Β., Μωϋσιάδης Π. Διαφάνειες μαθήματος στην Απόσταση – Δείκτες Κεντρικότητας – Κλίκες – Transitivity – Bi-Components. Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Πολύπλοκα Συστήματα και Δίκτυα, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2015
- [8] Οικονοφυσική | Physics. (Τελευταία τροποποίηση Ιουνίου 2006). Διαθέσιμο στο: <http://www.physics4u.gr/articles/2006/econophysics.html> [Πρόσβαση 10 Αυγούστου 2017]
- [9] Βαρσακέλης Ν., Αντωνίου Ι. Διαφάνειες μαθήματος στην Οικονοφυσική. Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Πολύπλοκα Συστήματα και Δίκτυα, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2015

[10] Μάρδας Δ. Διεθνής Οικονομικές Σχέσεις “Από την ανοιχτή οικονομία στην παγκοσμιοποίηση”, Εκδόσεις Ζυγός 2006

[11] Φιλίνης Κ., Τριαντόπουλος Χ., Ηλεκτρονικές Σημειώσεις για το Εισαγωγικό Σεμινάριο στην Οικονομική Θεωρία, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Ευρωπαϊκών και Διεθνών Σπουδών, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Διαθέσιμο στο: <http://old.eis.psra.uoa.gr/econ/index.htm>

[12] Τσουνής Ν., Θεωρία Διεθνούς Εμπορίου, Εκδόσεις ΣΕΑΒ 2015

[13] Global flows in digital age-How trade finance people & data connect world, McKinsey Global Institute, 2014

[14] David R., On the principles of political economy and taxation, Third edition 1821, Batoche Books, Kitchener 2001

[15] Frankel J. A., Romer R. Does trade cause growth? The American Economic Review, Pages 379- 399, 1999

[16] Milani F., Ho Park S. The Effects of Globalization on Macroeconomic Dynamics in a Trade-Dependent Economy: the Case of Korea, 2015

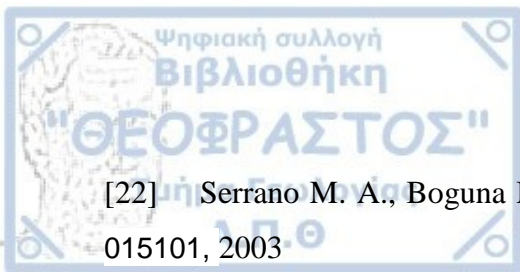
[17] Hausmann R., Hidalgo C. A. The network structure of economic output. Journal of Economic Growth, 2011

[18] Fan Y., Ren S., Cai H., Cui X. The state’s role and position in international trade: A complex network perspective, Economic Modelling, Volume 39, Pages 71-81, 2014

[19] Tinbergen J. Shaping the world economy, suggestions for an international Economic Policy, The Economic Journal, Vol. 76, No. 301, Pages 92-95, 1966

[20] Helpman E., Melitz M., Rubinstein Y. Estimating Trade Flows: Trading Partners and Trading Volumes, Quarterly Journal of Economics 123, no. 2: 441-487, 2008

[21] Serrano M.A., Boguna M., Vespignani A. Patterns of dominant flows in the world trade web, Journal of Economic Interaction and Coordination 2: 111-124, 2007



[22] Serrano M. A., Boguna M. Topology of the world trade web, *Physical Review E* 68, 015101, 2003

[23] Fagiolo G., Reyes J., Schiavo S. On the topological properties of the world trade web: A weighted network analysis, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 387, No. 15, Pages 3868-3873, 2008

[24] Zhang J., Guo L. Scaling behaviors of weighted food webs as energy transportation networks, *Journal of Theoretical Biology*, Volume 264, Issue 3, Pages 760-770, 2010

[25] Khan S. I., Maini P. Modeling heterogeneous traffic flow. *Transportation Research Record*. 1678, Pages: 234–241, 2007

[26] Ser –Giacomi E., Rossi V., Lopez C., Hernandez-Garcia E., *Flow networks: A characterization of geophysical fluid transport*, American Institute of Physics, 2015

[27] Ahuja R. K., Magnanti T. L., Orlin J. B. *Network flows. Theory, Algorithms and Applications*, Prentice Hall, Upper Saddle River, 1993

[28] Rosvall M., Bergstrom C. T. Maps of random walks on complex networks reveal community structure, *National Academy of Sciences*. 105(4): Pages: 1118–1123, 2008

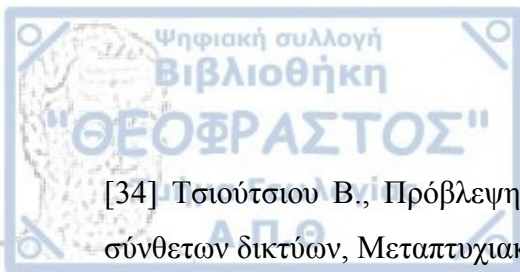
[29] Vezina A. F., Platt T. Food web dynamics in ocean. Best-estimates of flow networks using inverse methods, *Marine Ecology*, Vol 42, Pages: 269–287, 1988

[30] Γάντζου Ε. Ροές Διεθνούς Εμπορίου και Τεχνολογική Διάχυση, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα σπουδών «Νέες Αρχές στη Διοίκηση των Επιχειρήσεων», Πανεπιστήμιο Πατρών

[31] Guo L., Lou X., Shi P., Wang J., Huang X., Zhang J.. *Flow Distances on Open Flow Networks*, *Physics and Society*, 2015

[32] Shen B., Zhang j., Zheng Q., Li X., *International Trade Modelling Using Open Flow Networks: A Flow-Distance Based Analysis*, *Physics and Society*, 2015

[33] Γράφος | Βικιπαίδεια, η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια (Τελευταία τροποποίηση 09:37, 6 Μαΐου 2017). Διαθέσιμο στο: <https://el.wikipedia.org/wiki/Γράφος> [Πρόσβαση 3 Αυγούστου 2017]



[34] Τσιούτσιου Β., Πρόβλεψη πρωτεϊνικής λειτουργίας με χρήση μεθόδου συγχρονισμού σύνθετων δικτύων, Μεταπτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2010