

ΠΑΝΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΑΚΤΟΠΛΟΪΚΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΟΝ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟ
ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΛΑΧΟΜΗΤΡΟΥ ΜΑΡΙΑ

Αθήνα, 2019

Τριμελής επιτροπή

Μιμής Α., Καθηγητής Παντείου Πανεπιστημίου

Παπαδασκαλόπουλος Α., Καθηγητής Παντείου Πανεπιστημίου

Ροβολής Α., Καθηγητής Παντείου Πανεπιστημίου

Copyright © Μαρία Βλαχομήτρου, 2019

All rights reserved. Με επιφύλαξη δικαιώματος.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας πτυχιακής 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 πτυχιακής εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Η έγκριση πτυχιακής εργασίας από το Πάντειο Πανεπιστήμιο Επιστημών Οικονομίας και Δημόσιας Διοίκησης δεν δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Περιεχόμενα

Ευρετήριο Πινάκων.....	5
Ευρετήριο Διαγραμμάτων.....	5
Ευρετήριο Γραφημάτων.....	6
Ευρετήριο Εικόνων.....	6
Ευρετήριο Χαρτών.....	6
Περίληψη.....	8
Εισαγωγή.....	10
Κεφάλαιο 1ο Βιβλιογραφική ανασκόπηση για τις ακτοπλοϊκές μεταφορές στον νησιωτικό ελλαδικό χώρο	
1.1 Η ακτοπλοΐα.....	14
1.2 Το ακτοπλοϊκό δίκτυο.....	15
1.3 Ο νησιωτικός ελλαδικός χώρος.....	16
1.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την ζήτηση ακτοπλοϊκών μεταφορών.....	19
1.4.1 Πληθυσμός νησιωτικού ελλαδικού χώρου.....	20
1.4.2 ΑΕΠ νησιωτικού ελλαδικού χώρου.....	23
Κεφάλαιο 2ο Μεθοδολογία ανάλυσης ακτοπλοϊκού δικτύου στον νησιωτικό ελλαδικό χώρο	
2.1 Δίκτυο.....	29
2.2 Ανάλυση δικτύων.....	31
2.3 Παράδειγμα ανάλυσης δικτύου.....	34
2.4 Μεθοδολογία ανάλυσης ακτοπλοϊκού δικτύου στον νησιωτικό ελλαδικό χώρο...40	
2.4.1 Χαρτογράφηση	47
Κεφάλαιο 3ο Δεδομένα για τις ακτοπλοϊκές μεταφορές στον νησιωτικό ελλαδικό χώρο	
3.1 Δεδομένα.....	49
Κεφάλαιο 4ο Αποτελέσματα ανάλυσης δικτύου των ακτοπλοϊκών μεταφορών στον νησιωτικό ελλαδικό χώρο	
4.1 Αποτελέσματα.....	52
4.1.1 Χαρτογράφηση.....	79
Κεφάλαιο 5ο Συμπεράσματα	
5.1 Συμπεράσματα.....	81

Βιβλιογραφία.....85

Πίνακες

Πίνακας 1.1: Απογραφή πληθυσμού 2011, Μόνιμος πληθυσμός.....	21
Πίνακας 1.2: Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (σε εκατομμύρια ευρώ), 2016.....	23
Πίνακας 1.3: Η απασχόληση ανά κλάδο, 2016.....	25
Πίνακας 1.4: Βασικά μεγέθη του ελληνικού τουρισμού, 2018.....	25
Πίνακας 1.5: Αποβιβασθέντες επιβάτες ακτοπλοϊας και πορθμείων, το Γ' τρίμηνο του 2018.....	27
Πίνακας 1.6: Αφίξεις στα καταλύματα ξενοδοχειακού τύπου και κάμπινγκ, κατά περιφερειακή ενότητα, το 2018.....	28
Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικά των Βρετανικών και Ιαπωνικών Ναυτιλιακών Δικτύων στην Κίνα.....	36
Πίνακας 4.1: Ακτοπλοϊκές συνδέσεις, εισερχόμενες και εξερχόμενες.....	56

Διαγράμματα

Διάγραμμα 2.1: Η θέση των λιμένων στα δίκτυα α) βρετανικών και β) ιαπωνικών ωκεανικών δρομολογίων, με βάση την κεντρική τιμή.....	38
Διάγραμμα 4.1: Ο αριθμός των ακτοπλοϊκών συνδέσεων.....	54
Διάγραμμα 4.2: Ο αριθμός των εισερχόμενων ακτοπλοϊκών συνδέσεων	54
Διάγραμμα 4.3: Ο αριθμός των εξερχόμενων ακτοπλοϊκών συνδέσεων.....	55
Διάγραμμα 4.4: Άθροισμα βάρους συνδέσεων.....	63
Διάγραμμα 4.5: Άθροισμα βάρους εισερχόμενων συνδέσεων.....	63
Διάγραμμα 4.6: Άθροισμα βάρους εξερχόμενων συνδέσεων.....	64
Διάγραμμα 4.7: Κοινότητες ακτοπλοϊκού δικτύου.....	70
Διάγραμμα 4.8: “Betweenness Centrality”	72
Διάγραμμα 4.9: “Closeness Centrality”	74
Διάγραμμα 4.10: “Eccentricity”	75
Διάγραμμα 4.11: Γεωγραφική αναφορά λιμανιών.....	77
Διάγραμμα 4.12: Γεωγραφική αναφορά λιμανιών.....	77
Διάγραμμα 4.13: Τελικό διάγραμμα ακτοπλοϊκής σύνδεσης και γεωαναφοράς των λιμανιών στην Ελλάδα.....	78

Γραφήματα

Γράφημα 4.1: Η εισαγωγή των ακτοπλοϊκών δεδομένων στο Gephi.....	52
Γράφημα 4.2: Η εισαγωγή βαθμού στα λιμάνια.....	53
Γράφημα 4.3: Χρωματισμός των λιμανιών ανάλογα τον αριθμό συνδέσεων και εισαγωγή ετικετών στα λιμάνια.....	58
Γράφημα 4.4: Συνδεσιμότητα μεταξύ των λιμανιών.....	59
Γράφημα 4.5: Συνδεσιμότητα μεταξύ των λιμανιών.....	60
Γράφημα 4.6: Αλγόριθμος “Fruchterman Reingold”.....	61
Γράφημα 4.7: Αλγόριθμος “Force Atlas2”	62
Γράφημα 4.8: Η ακτοπλοϊκή σύνδεση των λιμανιών με βάση το βάρος των εισερχόμενων συνδέσεων	67
Γράφημα 4.9: Η ακτοπλοϊκή σύνδεση των λιμανιών με βάση το βάρος των εισερχόμενων συνδέσεων	68
Γράφημα 4.10: Ρύθμιση παραμέτρων - Ακτοπλοϊκή σύνδεση των λιμανιών με βάση το βάρος των εισερχόμενων συνδέσεων	69
Γράφημα 4.11: Κοιρότητες ακτοπλοϊκού δικτύου.....	71
Γράφημα 4.12: Κοιρότητες ακτοπλοϊκού δικτύου.....	71
Γράφημα 4.13: “Betweenness Centrality”	73
Γράφημα 4.14: “Closeness Centrality”.....	74
Γράφημα 4.15: “Eccentricity”.....	76

Εικόνες

Εικόνα 2.1: Δίκτυο.....	30
Εικόνα 2.2: Ρυθμίσεις για να τρέξει το μέτρο “Network Diameter”.....	45
Εικόνα 3.1 Εισαγωγή αρχείου csv κόμβων στο Gephi.....	51
Εικόνα 3.2: Εισαγωγή αρχείου csv συνδέσεων των κόμβων στο Gephi.....	51

Χάρτες

Χάρτης 1.1: Νησιωτικά συμπλέγματα Ελλάδας.....	17
Χάρτης 1.2: Μεταβολή πληθυσμού ανά νησί, 1951-2011, σε %.....	22
Χάρτης 2.1: Η κάλυψη της ναυτιλιακής υπηρεσίας των δύο χωρών στην Κίνα με βάση το βαθμό	36

Χάρτης 4.1: Χαρτογράφηση της ακτοπλοϊκής σύνδεσης των λιμανιών της Ελλάδας, στο Inkscape.....	79
Χάρτης 4.2: Χαρτογράφηση της ακτοπλοϊκής σύνδεσης των λιμανιών της Ελλάδας, στο Google Earth.....	80

Περίληψη

Η εργασία έχει θέμα την ανάλυση δικτύου των ακτοπλοϊκών μεταφορών στον νησιωτικό ελλαδικό χώρο. Σκοπός της ανάλυσης του ακτοπλοϊκού δικτύου είναι να ερευνηθούν τυχόν μοτίβα που μπορεί να υπάρχουν στο δίκτυο και να εξεταστούν. Συγκεκριμένα διερευνώνται οι ακτοπλοϊκές συνδέσεις μεταξύ των λιμανιών στον ελλαδικό χώρο και το κάθε λιμάνι ξεχωριστά και σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, αφού πρώτα οπτικοποιηθεί το δίκτυο των ακτοπλοϊκών συγκοινωνιών με την μορφή γραφήματος ώστε να είναι πιο εύκολη η ανάλυση του.

Η παρούσα διπλωματική χωρίζεται σε πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο μέρος της εργασίας πραγματοποιείται μία βιβλιογραφική ανασκόπηση για τις ακτοπλοϊκές μεταφορές στην νησιωτικό ελλαδικό χώρο. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση εξετάζει τον όρο της ακτοπλοΐας και του ακτοπλοϊκού δικτύου καθώς και τα χαρακτηριστικά του νησιωτικού χώρου. Η θεωρητική προσέγγιση έχει σκοπό να δοθεί μία εικόνα για την φυσιολογία των ελληνικών νησιών. Μέσα από την μελέτη των χαρακτηριστικών των νησιών και των παραγόντων που επηρεάζουν την ζήτηση των ακτοπλοϊκών μεταφορών μπορεί να γίνει φανερό γιατί κάποια νησιά διαλέγονται περισσότερο ως τόπος προορισμού.

Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά την μεθοδολογία ανάλυσης του ακτοπλοϊκού δικτύου. Στην μεθοδολογία ανάλυσης δικτύου υπάρχουν δύο μέθοδοι ανάλυσης της δομής του δικτύου, ένας με βάση την συνδετικότητα και ένας με βάση την προσιτότητα. Επίσης αναφέρεται και ένα αξιολογικό παράδειγμα έρευνας ακτοπλοϊκού δικτύου για τα Βρετανικά και Ιαπωνικά ναυτιλιακά δίκτυα που αναπτύχθηκαν στην Κίνα το 1920, από τον καθηγητή Cesar Blaise Ducruet. Η διαδικασία της μεθοδολογίας που χρησιμοποίησε ο καθηγητής Ducruet λειτούργησε ως πρότυπο διαδικασίας στην συγκεκριμένη έρευνα, για τον νησιωτικό ελλαδικό χώρο.

Τα επόμενα δύο κεφάλαια εστιάζουν στα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα και στα αποτελέσματα αυτών. Τα δεδομένα εισάγονται στο λογισμικό Gephi για ανάλυση και με βάση τους δείκτες που παρέχει το λογισμικό μπορούν να εντοπιστούν τα λιμάνια με τις περισσότερες συνδέσεις όπως και με τα περισσότερα δρομολόγια. Επιπλέον εντοπίζεται ποια λιμάνια συνδέονται μεταξύ τους, ποια η διάμετρος του δικτύου και πιο το συντομότερο μονοπάτι, καθώς και τα κεντρικά

μέτρα για κάθε λιμάνι.. Τα αποτελέσματα για κάθε μέτρο που εξετάζεται οπτικοποιούνται με την μορφή πινάκων, διαγραμμάτων ή γραφημάτων. Έπειτα το διάγραμμα του ακτοπλοϊκού δικτύου με τις τελικές ρυθμίσεις απεικονίζεται με χάρτη υπόβαθρο, με την βοήθεια του προγράμματος Inkcape και του Google Earth. Τελειώνοντας, στο πέμπτο κεφάλαιο διατυπώνονται τα γενικά συμπεράσματα της μελέτης.

Εισαγωγή

Η Ελλάδα είναι η χώρα με το μεγαλύτερο νησιωτικό σύμπλεγμα στην Ευρώπη. Η γεωμορφολογία της έχει δημιουργήσει από πολύ νωρίς την ανάγκη τακτικής συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης περιοχών και λόγω του μεγάλου αριθμού νησιών που κατέχει, χαρακτηρίζεται και από μεγάλο αριθμό λιμανιών. Η αρχή της ελληνικής επιβατηγού ναυτιλίας πραγματοποιήθηκε το 1828 με την δρομολόγηση του πρώτου ταχυδρομικού πλοίου, το οποίο εκτός από ταχυδρομείο, μετέφερε και επιβάτες (Σαμπράκος, 2008).

Το σημαντικότερο λιμάνι της Ελλάδας είναι ο Πειραιάς. Το λιμάνι του Πειραιά ανήκει στην ηπειρωτική χερσόνησο, σε μια πυκνοκατοικημένη περιφέρεια με μεγάλο πληθυσμό, και πραγματοποιεί ένα μεγάλο αριθμό δρομολογίων καθημερινώς. Από την άλλη πλευρά, τα λιμάνια που ανήκουν στα νησιά παρουσιάζουν μικρότερη επιβατική κίνηση από το λιμάνι του Πειραιά καθώς στα νησιά υπάρχει λιγότερος πληθυσμός και έχουν λιγότερα συχνά δρομολόγια. Το ερώτημα είναι ποια λιμάνια από αυτά συνδέονται καλύτερα μεταξύ τους και με την ηπειρωτική χώρα. Τα λιμάνια που δεν εμφανίζουν συχνή επιβατική κίνηση ούτε και επιχειρηματικό ενδιαφέρον εκ μέρους των πλοιοκτητών ή των εφοπλιστών, θεωρούνται άγονες γραμμές (https://el.wikipedia.org/wiki/Άγονη_γραμμή) ή λιγότερο δημοφιλής, ενώ τα λιμάνια με μεγάλη συνδεσιμότητα και μεγαλύτερη συχνότητα δρομολογίων θεωρούνται και τα πιο δημοφιλή.

Τα λιμάνια και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις καλούνται ακτοπλοϊκό δίκτυο. Ως κόμβοι του ακτοπλοϊκού δικτύου λαμβάνονται τα λιμάνια και ως συνδέσεις ή άκρες του δικτύου οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των λιμανιών. Για την ανάλυση των δικτύων, σύμφωνα με τον Κουτσόπουλο (2005), δύο είδη ανάλυσης δικτύου που υπάρχουν είναι η αξιολόγηση της δομής του δικτύου με βάση την συνδετικότητα και η αξιολόγηση της δομής του δικτύου με βάση την προσιτότητα. Η πρώτη ανάλυση αφορά το συνολικό γεωμετρικό πρότυπο του δικτύου και η δεύτερη ανάλυση αφορά την σχέση μεταξύ κόμβων με ολόκληρο το δίκτυο. Επίσης, ένα τρίτο είδος ανάλυσης που αναφέρει ο Κουτσόπουλος (2005) είναι το γνωστό πρόβλημα του ταξιδεύοντα πωλητή το οποίο αφορά την εύρεση λύσης του πωλητή, που από ένα συγκεκριμένο σημείο εκκίνησης θέλει να περάσει από μία σειρά άλλων σημείων που είναι γνωστή η

θέση τους, πραγματοποιώντας την βέλτιστη διαδρομή που θα ελαχιστοποιεί την συνολική απόσταση ή το χρόνο μετακίνησης.

Ένα παράδειγμα ανάλυσης δικτύου είναι η μελέτη των Barrat A., Barthelemy M., Rastor- Satorras R. και Vespigianni A. (2004) οι οποίοι ανέλυσαν το παγκόσμιο δίκτυο αεροδρομίων. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από τη Διεθνούς Ένωσης Αεροπορικών Μεταφορών η οποία περιέχει τον παγκόσμιο κατάλογο για αεροδρόμια που συνδέονται με απευθείας πτήσεις μεταξύ τους και τον αριθμό διαθέσιμων θέσεων σε οποιαδήποτε σύνδεση για το έτος 2002. Ο αριθμός των αεροδρομίων που περιείχε η ανάλυση τους ήταν 3.880 και οι μεταξύ τους συνδέσεις 18.810. Σκοπός της έρευνας ήταν να δείξουν ότι υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ του βάρους των συνδέσεων και των τοπολογικών ιδιοτήτων του παγκόσμιου δικτύου αεροδρομίων, με την βοήθεια στατιστικών μέτρων.

Μία άλλη ενδιαφέρουσα μελέτη, η οποία αναλύει το ακτοπλοϊκό δίκτυο είναι η μελέτη του καθηγητή Cesar Blaise Ducruet, από το πανεπιστήμιο της Σορβόνης. Αυτή η μελέτη πραγματοποιήθηκε για τα Βρετανικά και ιαπωνικά ναυτιλιακά δίκτυα που άρχισαν να αναπτύσσονται στην Κίνα τη δεκαετία του 1920. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη συλλέχθηκαν από τις τελωνειακές στατιστικές της Κίνας και αναλύθηκαν με την βοήθεια των δεικτών που παρέχει το λογισμικό ανάλυσης δικτύων Gephi, και με το Gis. Οι κόμβοι για το βρετανικό και ιαπωνικό ναυτιλιακό δίκτυο στην Κίνα αριθμούνταν στους 66 και για τα δύο δίκτυα, ενώ οι συνδέσεις ήταν 113 και 130 αντίστοιχα. Τα μέτρα που υπολογίστηκαν στην μελέτη για την ανάλυση των δικτύων ήταν ο βαθμός κόμβου, που είναι ίσος με τον αριθμό των συνδέσεων του, ο μέσος αριθμός κόμβων που συνδέονται με τον κόμβο, για την ανάλυση της πυκνότητας του δικτύου, η κεντρική θέση των κόμβων, η διάμετρος, το μέσο μήκος διαδρομής και οι κοινότητες. Τα κυριότερα αποτελέσματα της μελέτης ήταν ότι το Ιαπωνικό δίκτυο είχε περισσότερες συνδέσεις, άρα και μεγαλύτερη πυκνότητα σε σύγκριση με το Βρετανικό δίκτυο. Επιπλέον το Ιαπωνικό δίκτυο παρουσίαζε ισχυρότερη σύνδεση με τα λιμάνια κατά μήκος των βόρειων κινεζικών ακτών και με τους λιμένες της Ταϊβάν, ενώ το Βρετανικό δίκτυο με τα λιμάνια της νοτιοανατολικής Κίνας και στην λεκάνη του ποταμού Περλ. Ο κυρίαρχος κόμβος στο Ιαπωνικό δίκτυο ήταν η Σανγκάη και στο Βρετανικό δίκτυο η Σανγκάη και το Χονγκ Κόνγκ.

Όσο αφορά το ελληνικό νησιωτικό ακτοπλοϊκό δίκτυο, μία μελέτη που πραγματοποιήθηκε είναι η διπλωματική εργασία της Γκρίντζαλης Κωνσταντίνας το 2014, με σκοπό την ανάλυση της ακτοπλοϊκής σύνδεση της Νήσου Τήνου. Η μελέτη είχε σκοπό να ερευνήσει την ακτοπλοϊκή σύνδεση της νήσου Τήνου με την ηπειρωτική Ελλάδα και με την Σύρο, που αποτελεί τη πρωτεύουσα του Νομού στον οποίο ανήκει. Συγκεκριμένα μελετήθηκαν οι γραμμές Τήνου – Ραφήνας, Τήνου – Πειραιά και Τήνου - Σύρου. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από τις Λιμενικές και τοπικές αρχές με βάση συνεντεύξεων και ερωτηματολογίων στους ταξιδιωτικούς πράκτορες του νησιού. Το κύριο πόρισμα της έρευνας ήταν ότι η γραμμή της Ραφήνας είναι η κυρίως δημοφιλής γραμμή για Τήνο λόγω της ώρας αναχώρησης του δρομολογίου και της διάρκειας του ταξιδιού.

Εκτός της ακτοπλοϊκής σύνδεσης της νήσου Τήνου έχει πραγματοποιηθεί και μία άλλη ενδιαφέρουσα μελέτη για την ακτοπλοϊκή γραμμή Ρέθυμνο – Πειραιάς η οποία πραγματοποιήθηκε ύστερα από χρηματοδότηση, από το Πανεπιστήμιο Κρήτης το 2009. Στην ερευνητική ομάδα μελέτης συμμετείχαν δύο καθηγητές, Παπαδόπουλος Α. και Σταθάκης Γ., και ένας Δρ Ναυπηγός Μηχανολόγος Μηχανικός, Πηγουνάκης Κ. Σκοπός της έρευνας ήταν αν η γραμμή Ρεθύμνου – Πειραιά είναι κερδοφόρα ή το αντίθετο και εάν, με κανονικούς όρους επένδυσης, μπορεί να θεωρηθεί μακροχρόνια αποδοτική. Το πλοίο που χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη ήταν ένα “πλοίο πρότυπο”, στο οποίο οι τεχνικές προδιαγραφές του ήταν ανάλογες των λιμανιών που δένει, του χρόνου ταξιδιού που πραγματοποιεί και της εκτίμησης της μεταφορικής του ικανότητας. Το αποτέλεσμα της έρευνας έδειξε ότι το Ρέθυμνο έχει την δυνατότητα να συντηρήσει οικονομικά μια μόνιμη ακτοπλοϊκή σύνδεση με τον Πειραιά, καθ’ όλη τη διάρκεια του έτους.

Ακόμη, η διπλωματική εργασία του Γεωργόπουλου Αντώνιου το 2010 είχε θέμα την Βελτιστοποίηση δικτύου άγονης γραμμής. Το θέμα της έρευνας του αφορούσε την μελέτη του συστήματος επιδοτούμενων γραμμών δημοσίου συμφέροντος και έπειτα την μελέτη της δυνατότητας εφαρμογής ενός μαθηματικού μοντέλου για την καλύτερευση των δρομολογίων της άγονης γραμμής. Σκοπός αυτής της έρευνας ήταν να βρεθούν τυχόν τρόποι αναδιοργάνωσης των γραμμών δημοσίου συμφέροντος στον τρόπο λειτουργίας τους. Το μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε ήταν του πλανόδιου πωλητή. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο η

ακτοπλοϊκή γραμμή κάνει κυκλική διαδρομή και πρέπει να περάσει μόνο μία φορά από κάθε λιμάνι, και να επιστρέψει εκεί από όπου ξεκίνησε. Η ιδέα που δόθηκε με τον σχεδιασμό κυκλικών διαδρομών για την εξυπηρέτηση των νησιών της άγονης γραμμής προτείνει τα σύγχρονα και μεγάλα πλοία να συνδέουν τα μεγαλύτερα νησιά με την ηπειρωτική χώρα και τα μικρά πλοία να συνδέουν τα μικρά νησιά με τα λιμάνια μετεπιβίβασης.

Ωστόσο, παρότι στην Ελλάδα έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες για το ακτοπλοϊκό δίκτυο παρατηρούνται κάποια κενά στην βιβλιογραφία. Οι μελέτες έχουν καλύψει σε ικανοποιητικό βαθμό τα χαρακτηριστικά των ακτοπλοϊκών μεταφορών, όπως το θεσμικό πλαίσιο, τη δομή του δικτύου και τον ακτοπλοϊκό στόλο. Επίσης έχει γίνει εκτεταμένη έρευνα για την υπάρχουσα κατάσταση σε ότι αφορά την ζήτηση και την προσφορά των ακτοπλοϊκών επιβατηγών μέσων, αλλά δεν έχει πραγματοποιηθεί κάποια αντίστοιχη μελέτη όπως του καθηγητή Cesar Blaise Ducruet που να αφορά την ανάλυση του ακτοπλοϊκού δικτύου. Τα χαρακτηριστικά της ετερογένειας στην ικανότητα και την ένταση των συνδέσεων, δεν έχουν ληφθεί υπόψη σε προηγούμενες μελέτες. Επομένως, έχοντας γίνει λιγότερες έρευνες πάνω στο κομμάτι ανάλυσης των συνδέσεων του υφιστάμενου ακτοπλοϊκού δικτύου, η συγκεκριμένη έρευνα έρχεται να καλύψει αυτό το κενό και εξετάζει το δίκτυο των ακτοπλοϊκών μεταφορών στον νησιωτικό ελλαδικό χώρο. Η ανάλυση του δικτύου θα πραγματοποιηθεί εξετάζοντας την συνδετικότητα και την προσιτότητα των κόμβων, μέσω των δεικτών που προσφέρει το λογισμικό Gephi, με παρόμοια διαδικασία ανάλυσης αυτής που έγινε από τον καθηγητή Cesar Blaise Ducruet για τα ναυτιλιακά δίκτυα στην Κίνα με βάση στοιχεία του 1920.

Στο λογισμικό Gephi εισάγονται τα λιμάνια και οι μεταξύ τους συνδέσεις όπου οπτικοποιούνται σε μορφή γραφήματος και με την χρήση συγκεκριμένων δεικτών παράγονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα. Το Gephi κάνει δυνατή την ανάλυση του δικτύου ώστε να διερευνηθούν τα λιμάνια με το μεγαλύτερο ή μικρότερο μέγεθος αριθμού συνδέσεων, η συχνότητα δρομολογίων τους, τα λιμάνια που έχουν κεντρική θέση και τα έντονα συνδεδεμένα λιμάνια μεταξύ τους. Στην συνέχεια γίνεται γεωαναφορά των λιμανιών, όπου τα λιμάνια απεικονίζονται με βάση τις συντεταγμένες τους. Το τελικό αποτέλεσμα παρουσιάζεται σε μορφή χάρτη με την βοήθεια ενός χάρτη υπόβαθρου στο πρόγραμμα Inkscape αλλά και στο Google Earth.

Κεφάλαιο 1ο: Βιβλιογραφική ανασκόπηση για τις ακτοπλοϊκές μεταφορές στον νησιωτικό ελλαδικό χώρο

1.1 Η ακτοπλοΐα

Με τον όρο ακτοπλοΐα εννοείται η συγκοινωνία μεταξύ εθνικών λιμένων όπου διακινεί επιβάτες, οχήματα και προϊόντα. Ο όρος ακτοπλοΐα ετυμολογικά αποτελείται από τη λέξη ακτή + πλοία. (<https://el.wikipedia.org/wiki/Ακτοπλοΐα>) Ως πλοίο ορίζεται κάθε σκάφος που είναι προορισμένο να μετακινείται στο νερό για μεταφορά προσώπων, ή πραγμάτων, ρυμούλκηση, επιθαλάσσια αρωγή, αλιεία, αναψυχή, επιστημονικές έρευνες ή άλλο σκοπό. Επίσης το πλοίο πρέπει να πληρεί κάποια χαρακτηριστικά, όπως να είναι κοίλο ναυπήγημα, να έχει καθαρή χωρητικότητα τουλάχιστον δέκα κόρων, να έχει αυτοδύναμη κίνηση χωρίς να έχει σημασία ποια είναι η κινητήρια δύναμη του σκάφους και ο προορισμός κινήσεως του να είναι στη θάλασσα. (Λυκούδης Π., 2014' ΟΕCD, 2002' Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, 1984)

Το πλοίο που έχει ως κύρια χρήση τη μεταφορά επιβατών, χωρίς όμως να αποκλείει και τη μεταφορά εμπορευμάτων καλείται επιβατηγό πλοίο. Τα επιβατικά πλοία διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Τα αμιγή επιβατικά. Στα αμιγή επιβατηγά το πλοίο είναι σχεδιασμένο για τη μεταφορά περισσότερων από δώδεκα επιβατών που ταξιδεύουν με εισιτήριο, είτε είναι αγκυροβολημένο είτε όχι. Είναι τα πλοία που διαθέτουν το σύνολο ή το μεγαλύτερο μέρος της χωρητικότητας τους για τη μεταφορά επιβατών. Η παραλαβή εμπορευμάτων γίνεται σε πολύ περιορισμένο βαθμό με σκοπό την εκμετάλλευση χώρων που λόγω της θέσεως τους δεν προσφέρονται για επιβάτες.

Τα αμιγή επιβατικά πλοία διακρίνονται:

- Στα υπερωκεάνεια, τα οποία εξυπηρετούν δρομολογιακές γραμμές που συνδέουν υπερπόντιες χώρες αλλά τα τελευταία χρόνια το είδος αυτών των πλοίων έχει περιοριστεί σημαντικά.

- Στα εκτελούντα πλόες περιορισμένες εκτάσεως, τα οποία εξυπηρετούν δρομολογιακές γραμμές μεταξύ χωρών που βρίσκονται σε μικρή σχετικά απόσταση μεταξύ τους. Τέτοια πλοία στη χώρα μας είναι κυρίως αυτά που εκτελούν τη γραμμή με την Ιταλία.
 - Στα ακτοπλοϊκά επιβατικά, που εκτελούν τακτικές δρομολογιακές γραμμές μεταξύ των λιμανιών της ημεδαπής.
- Τα μεικτά επιβατικά. Είναι τα πλοία, τα οποία διαθέτουν χώρους εξυπηρετήσεως επιβατών και επαρκείς χώρους για παραλαβή περιορισμένων ποσοτήτων φορτίων. Μεικτά επίσης θεωρούνται και τα πλοία στα οποία ισχύει το αντίθετο, δηλαδή έχουν ως κύρια χρήση τη μεταφορά εμπορευμάτων, αλλά διαθέτουν και κατάλληλους χώρους για την παραλαβή και μεταφορά περιορισμένου αριθμού επιβατών.
 - Τα κρουαζιερόπλοια. Σκοπό έχουν την ψυχαγωγία και την ξενάγηση των επιβατών τους για μικρό ή μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.
 - Τα επιβατικά οχηματαγωγά. Είναι πλοία ειδικής κατασκευής που διαθέτουν χώρους και ευκολίες για την παραλαβή και μεταφορά επιβατικών και φορτηγών οχημάτων. Σκοπός του είναι η σύνδεση περιοχών που βρίσκονται σε σχετικά μικρή μεταξύ τους απόσταση ή νησιωτικών περιοχών μεταξύ τους ή με λιμάνια της ηπειρωτικής χώρας.

(Λυκούδης Π., 2014)

1.2 Το ακτοπλοϊκό δίκτυο

Οι συνδέσεις που πραγματοποιούνται μεταξύ των λιμανιών με την βοήθεια των επιβατηγών και επιβατηγών - οχηματαγωγών πλοίων σε συνδυασμό με τα λιμάνια καλείται ακτοπλοϊκό δίκτυο. Οι περισσότερες συνδέσεις πραγματοποιούνται από την ηπειρωτική χώρα προς τα νησιά, οι υπόλοιπες μεταξύ νησιών, καθώς υπάρχουν και ελάχιστες ηπειρωτικές συνδέσεις.

Ανάλογα με το λιμάνι αφετηρίας και προορισμού, οι ακτοπλοϊκές συνδέσεις έχουν χωριστεί στις παρακάτω κατηγορίες:

- Κύριες γραμμές, δηλαδή όσες έχουν αφετηρία τον Πειραιά και εκτείνονται σε περισσότερους του ενός νομούς
- Δευτερεύουσες γραμμές, ξεκινούν από λιμάνια εκτός Πειραιά (πχ Ραφήνα) και συνδέουν λιμάνια διαφορετικών περιφερειών
- Τοπικές γραμμές, συνδέουν λιμάνια ίδιας περιφέρειας (πχ Ρίο- Αντίρριο), όπου περιλαμβάνονται και οι πορθμειακές συνδέσεις
- Γραμμή Αργοσαρωνικού.

Η κάθε γραμμή ακτοπλοϊκής σύνδεσης περιλαμβάνει ένα σύνολο νησιών όμως στο κάθε δρομολόγιο δεν εξυπηρετούνται όλα τα λιμάνια της γραμμής. Αντίθετα, κάθε γραμμή συμπεριλαμβάνει πάνω από ένα συνδυασμούς δρομολογίων και δεν συνδέονται όλα τα νησιά το ίδιο συχνά με τα υπόλοιπα νησιά ή με τα λιμάνια της κεντρικής χώρας.

(Χλωμούδης κ.ά, 2007)

1.3 Ο νησιωτικός ελλαδικός χώρος

Γεωγραφικά η Ελλάδα βρίσκεται ανάμεσα σε δύο ηπείρους, την Ευρώπη και την Ασία, και σε τρεις θάλασσες, την Μαύρη Θάλασσα, την Μεσόγειο και την Αδριατική, και καλύπτεται από το Αιγαίο πέλαγος. Στην γεωγραφική της οντότητα περιλαμβάνεται ένας μεγάλος αριθμός νησιών, τα οποία αριθμούνται στα 6.000 νησιά και νησίδες, από τα οποία περίπου μόνο τα 227 κατοικούνται.

Το νησιωτικό σύμπλεγμα της Ελλάδας θεωρείται το μοναδικό στην Ευρώπη με τα περισσότερα νησιά να βρίσκονται στο χώρο του Αιγαίου πελάγους. Τα νησιά στο Αιγαίο χωρίζονται σε επτά συμπλέγματα:

- Νησιά Βορειοανατολικού Αιγαίου: Άγιος Ευστράτιος, Θάσος, Ικαρία, Λέσβος, Λήμνος, Οινούσες, Σάμος, Σαμοθράκη, Χίος, Ψαρά
- Σποράδες: Αλόνησος, Σκιάθος, Σκόπελος, Σκύρος
- Εύβοια

- Νησιά Αργοσαρωνικού: Αγκίστρι, Αίγινα, Μέθανα, Πόρος, Σαλαμίνα, Σπέτσες, Ύδρα.
- Κυκλάδες: Σύμπλεγμα 56 νησιών με κυριότερα τα Αμοργός, Ανάφη, Άνδρος, Αντίπαρος, Δήλος, Ίος, Τζια (Κέα), Κίμωλος, Κύθνος, Μήλος, Μύκονος, Νάξος, Πάρος, Σαντορίνη, Σέριφος, Σίκινος, Σίφνος, Σύρος, Τήνος, Φολέγανδρος και τις «Μικρές Κυκλάδες», που αποτελούνται από τα νησιά Δονούσα, Ηρακλειά, Κουφονήσια και Σχοινούσα
- Δωδεκάνησα: Αστυπάλαια, Κάλυμνος, Κάρπαθος, Κάσος, Καστελόριζο, Κως, Λειψοί, Λέρος, Νίσυρος, Πάτμος, Ρόδος, Σύμη, Τήλος, Χάλκη
- Κρήτη

Τα υπόλοιπα νησιά βρίσκονται στο Ιόνιο Πέλαγος. Τα μεγαλύτερα σε μέγεθος νησιά του Ιονίου αποτελούν το νησιωτικό σύμπλεγμα “Επτάνησα” και τα οποία είναι η Ζάκυνθος, η Ιθάκη, η Κέρκυρα, η Κεφαλονιά, η Λευκάδα, οι Παξοί και τα Κύθηρα.

(Πηγή: http://www.visitgreece.gr/el/greek_islands)

Χάρτης 1.1: Νησιωτικά συμπλέγματα Ελλάδας



(Πηγή: https://el.wikivoyage.org/wiki/Νησιά_της_Ελλάδας#/media/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%B6:F:Greek_Islands_regions_map.png)

Τα νησιά του Αιγαίου όσο και του Ιονίου είναι δημοφιλής προορισμός σε ευρωπαϊκό και σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα παραδοσιακά χτισμένα σπίτια και τα όμορφα τοπία τα καθιστούν ιδανικό προορισμό από τη δεκαετία του 1960. Συγκεκριμένα τα κυριότερα αξιοθέατα που προσφέρουν οι νησιωτικές περιοχές είναι ο ήλιος, η άμμος, η θάλασσα, όπου σε συνδυασμό με την κοινωνικό - πολιτιστική κληρονομιά και τους ιστορικούς πόρους αποτελούν τον τέλειο προορισμό αναψυχής.

Ωστόσο κάθε νησί εμφανίζει τα δικά του ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και μπορεί να αποτελεί πόλο έλξης για διαφορετικούς λόγους. Για παράδειγμα η Σαντορίνη, η Μήλος και η Νίσυρος δημιουργήθηκαν από εκρήξεις ηφαιστειών. Η Τήνος και η Πάτμος είναι γνωστά νησιά λόγω της Θρησκευτικής τους φήμης. Από την άλλη πλευρά η Μύκονος, η Πάρος, η Ίος είναι κοσμοπολίτικα νησιά που φημίζονται για την διασκέδαση. Όμως εκτός από την φυσική ομορφιά και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που λειτουργούν ως πόλος έλξης για τα νησιά σημαντικό ρόλο παίζει και πόσο προσιτή είναι η πρόσβαση σε κάθε νησί.

Τα νησιά χαρακτηρίζονται από τρία στοιχεία, το πρώτο είναι το μικρό μέγεθος τους σε έκταση και πληθυσμό, το δεύτερο είναι η απομόνωση τους, εξαιτίας της ασυνέχειας χώρου, και το τρίτο η ευπάθεια του φυσικού και πολιτιστικού τους περιβάλλοντος (Σπιλάνης κ.ά, 2011). Ο κατακερματισμός του χώρου και η δημιουργία νησιών μπορεί να αποτελεί έναν ενδιαφέρον προορισμό σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο αλλά οι μόνιμοι κάτοικοι των νησιωτικών περιοχών υφίστανται την αντιμετώπιση αρκετών δυσκολιών λόγω της απόστασης τους από την ηπειρωτική χερσόνησο.

Το στοιχείο της ασυνέχειας χώρου και της μη συνδεσιμότητας τους με την ηπειρωτική χερσόνησο καθιστά αναγκαία την ύπαρξη των ακτοπλοϊκών και αεροπορικών μεταφορών, ενώ ο ρόλος των οδικών μεταφορών αναγκαστικά περιορίζεται στο επίπεδο νησιού. Στα πρώτα μεγάλα τουριστικά ρεύματα, στα τέλη της δεκαετίας του 70 και του 80, ο τουρισμός κατευθυνόταν κυρίως στα μεγάλα νησιά της Ελλάδας που παρείχαν και αεροδρόμιο (Buhalis, 1999) Μία σημαντική διαφορά για τις αεροπορικές και ακτοπλοϊκές μεταφορές είναι ότι οι αεροπορικές μεταφορές δεν καλύπτουν όλα τα νησιά του ελλαδικού χώρου αλλά κάποια συγκεκριμένα νησιά, καθιστώντας την ακτοπλοϊκή σύνδεση το μόνο μεταφορικό μέσο για αρκετά νησιά. Μερικά από τα νησιά που δεν έχουν αεροδρόμιο και

στηρίζονται μόνο στην ακτοπλοϊκή σύνδεση είναι: η Σίφνος, η Σέριφος, η Σκόπελος, η Αλόνησος, η Θάσος, η Σαμοθράκη, οι Φούρνοι, η Πάτμος, η Τήνος, το Αγκίστρι, η Αίγινα, η Κέα, η Ύδρα, η Σαλαμίνα, τα Ψαρά και οι Λειψοί.

1.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την ζήτηση ακτοπλοϊκών μεταφορών

Η θαλάσσια μεταφορά επιβατών δέχεται μεγάλο ανταγωνισμό από τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς και κυρίως από τις αεροπορικές μεταφορές. Παρόλα αυτά η θαλάσσια μεταφορά είναι δύσκολο να πέσει από το βάθρο της υπεροχής καθώς, ενώ υστερεί σε χρόνο μεταφοράς, αποτελεί οικονομικότερο μέσο από το αεροπλάνο και πιο ασφαλές (Σαμπράκος, 2008).

Οι κύριοι παράγοντες που φαίνεται να επηρεάζουν την ζήτηση ακτοπλοϊκών υπηρεσιών για μεταφορά επιβατών, εμπορευμάτων και οχημάτων είναι:

- Ο Τουρισμός, ο οποίος είναι ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας στη ζήτηση μεταφορικών υπηρεσιών και οποιαδήποτε μεταβολή της τουριστικής κίνησης έχει άμεσο αντίκτυπο στη ζήτηση των υπηρεσιών του κλάδου. Ένα κύριο χαρακτηριστικό του τουρισμού είναι η εποχικότητα και παρουσιάζεται αρκετά έντονη το καλοκαίρι με το μεγαλύτερο ποσοστό να κατευθύνεται στα νησιά. Το μεγαλύτερο μέρος της τουριστικής κίνησης προς τα νησιά είτε πρόκειται για εθνικούς ή διεθνή τουρίστες κινείται με τις θαλάσσιες μεταφορές.
- Η διάρκεια του ταξιδιού, που έχει να κάνει με την απόσταση από το λιμάνι αφετηρίας στο λιμάνι προορισμού. Η μεγάλη διάρκεια ταξιδιού λειτουργεί ως ανασταλτικός παράγοντας επιλογής του συγκεκριμένου τόπου ως προορισμού αναψυχής, ενώ αν υπάρχει η εναλλακτική της αεροπορικής μεταφοράς υπάρχει η πιθανότητα να μειωθεί η ζήτηση για ακτοπλοϊκή σύνδεση και να αυξηθεί για την αεροπορική μεταφορά.
- Η τιμή του εισιτηρίου, που όσο χαμηλότερη η τιμή για το λιμάνι προορισμού τόσο μεγαλύτερο το κοινό προτίμησης.

Ο Χλωμούδης κ.ά (2007) προσθέτουν άλλους δύο παράγοντες που καθορίζουν σημαντικά την δυναμική της ζήτησης για τις ακτοπλοϊκές μεταφορές, τον πληθυσμό και το ΑΕΠ. Η αύξηση του πληθυσμού οδηγεί σε μεγέθυνση του εν δυνάμει επιβατικού κοινού, ενώ σε οικονομικό επίπεδο, μία ανάπτυξη θα οδηγούσε αφενός σε αύξηση των τουριστών, αφού θα δημιουργούνταν οι κατάλληλες συνθήκες υποδοχής αυτών και αφετέρου στην αύξηση της εμπορικής διακίνησης.

Επίσης, ο Σαμπράκος (2008) θέτει άλλους δύο παράγοντες που παίζουν ρόλο στην ζήτηση, την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και την ύπαρξη ή μη υποκατάστατων της ακτοπλοϊκής υπηρεσίας. Εκτός από τους ενδογενείς παράγοντες αναφέρει και κάποιους εξωγενείς, όπως τις καιρικές συνθήκες.

1.4.1. Πληθυσμός νησιωτικού ελλαδικού χώρου. Οι καθαρά νησιωτικές Περιφέρειες που περιλαμβάνει η Ελλάδα είναι το Βόρειο Αιγαίο, το Νότιο Αιγαίο, τα Ιόνια Νησιά και η Κρήτη. Η πλειονότητα των νησιών της χώρας χωροθετείται στο αρχιπέλαγος του Αιγαίου με τον μεγαλύτερο αριθμό εδαφών από τις νησιωτικές περιφέρειες να τον κατέχει το Νότιο Αιγαίο. Από πληθυσμιακής άποψης η Κρήτη υπάγεται στα πολύ μεγάλα νησιά, με πληθυσμό άνω του μισού εκατομμυρίου. Ακόμα πέντε νησιά που θεωρούνται μεγάλα είναι η Εύβοια, η Ρόδος, η Κέρκυρα, η Λέσβος και η Χίος.

Το 2011 το Ηράκλειο Κρήτης έρχεται πρώτο σε πληθυσμό (305.490) και έπειτα ακολουθούν η Εύβοια (207.821), τα Χανιά (156.585), η Ρόδος (115.490), η Κέρκυρα (102.071), η Μυτιλήνη (86.436) και το Ρέθυμνο (85.609), τα οποία αφορούν μεγάλες γεωγραφικές οντότητες και δικαιολογείται ο μεγάλος αριθμός πληθυσμού. Η Σύρος είναι δέκατη πέμπτη στην σειρά, η Σαντορίνη δέκατη ένατη, η Πάρος εικοστή πρώτη και η Μύκονος εικοστή τρίτη. Τελευταίοι στην σειρά της πληθυσμιακής κατάταξης για το 2011 έρχονται η Νίσυρος (1.008) και οι Λειψοί (975). (Ελληνική Στατιστική αρχή [ΕΛΣΤΑΤ], 2011)

Πίνακας 1.1: Απογραφή πληθυσμού 2011, Μόνιμος πληθυσμός

ΛΙΜΑΝΙΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
LEIPSOI	975
NISYROS	1008
AGKISTRI	1142
ANTIPAROS	1211
FOLEGANDROS – SIKINOS – ANAFH	1309
ASTYPALAIΑ	1334
SERIFOS	1420
KYTHNOS	1456
FOYRNOYS	1459
THLOS – XALKH	1750
YDRA	1966
PAXOI	2300
TZIA	2455
SYMH	2590
SIKINOS	2625
ALONNHOSOS	2750
SKYROS	2994
PATMOS	3047
ITHAKH	3231
POROS	3993
SPETSES	4027
KYTHIRA	4041
SKOPELOS	4960
MHLOS – KIMWLOS	5885
SKIATHOS	6088
KARPATHOS	7310
LEROS	7917
IKARIA	8423
THNOS	8636
ANDROS	9221
MYKONOS	10134
AIGINA	13056
PAROS	13715
THASOS	13770
SANTORINH	15550
KALYMNOS	16179
LHMNOS	17262
NAXOS	18904
SYROS	21507
LEYKADA	23693
SAMOS	32977
KOS	33388
KEFALLONIA	35801
SALAMINA	39283
ZAKYNTHOS	40759
XIOS	52674
RETHYMNO	85609
MYTILHNH	86436
KERKYRA	102071
RODOS	115490
XANIA	156585
EYBOIA	207821
HRAKLEIO	305490
THESSALONIKH	1110551
BOREIA ELLADA	1986529
KENTRIKH ELLADA	2313238
ATTIKH	3753783

(Πηγή: Επεξεργασία στοιχείων από

ΕΛΣΤΑΤ, <http://www.statistics.gr/el/statistics/>

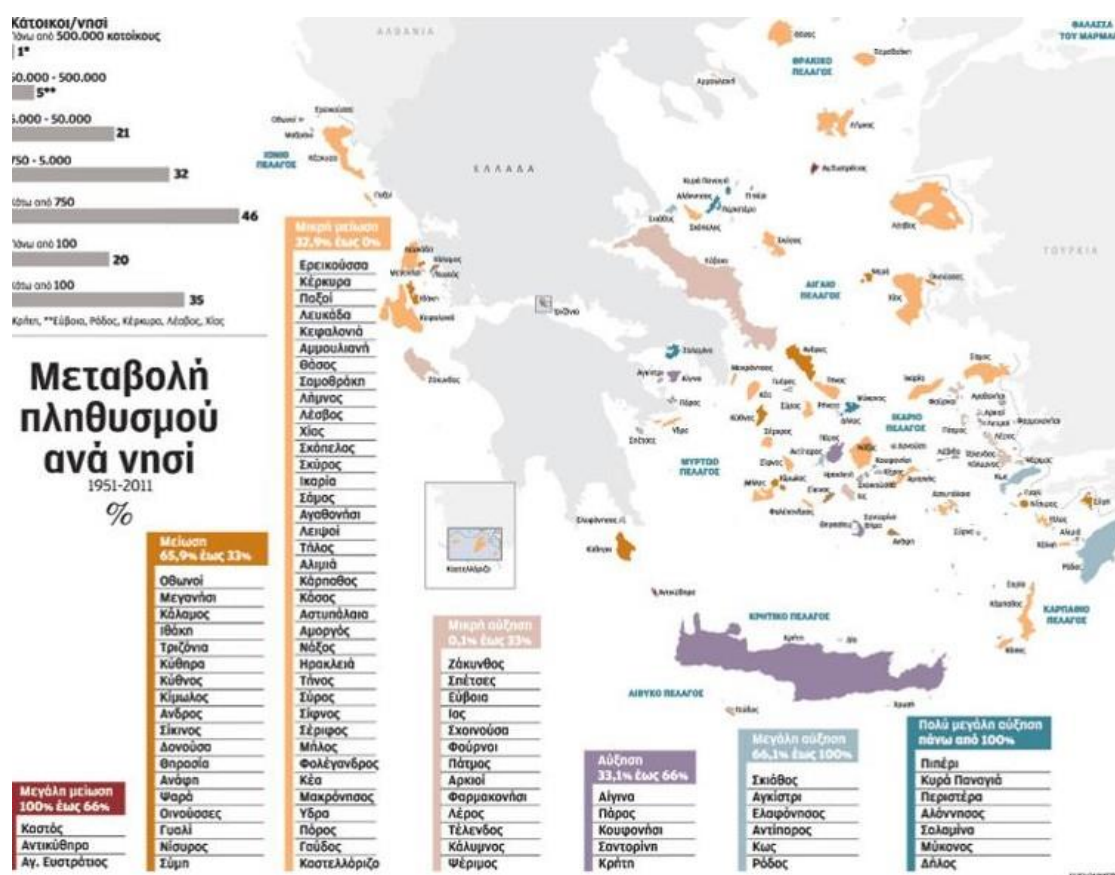
-/publication/SAM03/-)

Μελετώντας την πληθυσμιακή μεταβολή στα νησιά, για το χρονικό διάστημα 1951 – 2011, η μεγαλύτερη αύξηση πληθυσμού παρατηρήθηκε στην Κρήτη, την

Εύβοια, την Ζάκυνθο και ακόμα 8 νησιά. Αντίθετα η μεγαλύτερη μείωση πληθυσμού εντοπίστηκε στον Νομό Λέσβου. Τα νησιά με τον υψηλότερο ρυθμό γεννήσεων είναι η Μύκονος (+8,2%), η Σαντορίνη (+7,7%), η Ρόδος (+5,98%), η Κώς (+5,9%), το Καστελόριζο (+4,05%) και η Κάλυμνος (+5%). Από την άλλη πλευρά, τα μεγαλύτερα ποσοστά υπογεννητικότητας έχουν τα Αντικύθηρα (-17,6%). (Λιάλιος Γ., 2017)

Εξετάζοντας τον πληθυσμό ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο παρατηρείται ότι η Σαλαμίνα είναι το πιο πυκνοκατοικημένο νησί της Ελλάδας (413,5 κάτοικοι ανά τ.χλμ.), καθώς λειτουργεί ως προάστιο της πρωτεύουσας, και ακολουθούν τα υπόλοιπα νησιά του Αργοσαρωνικού, η Σύρος (257,1 κάτοικοι ανά τ.χλμ.), η Σαντορίνη (200,9), η Κέρκυρα (170,3), πλην της Ύδρας. Ωστόσο τη μεγαλύτερη πυκνότητα πληθυσμού στα μικρά νησιά την έχει η Τήλος. (Λιάλιος Γ., 2017)

Χάρτης 1.2: Μεταβολή πληθυσμού ανά νησί, 1951-2011, σε %



(Πηγή: <https://www.kathimerini.gr/902052/article/oikonomia/ellhnikh-oikonomia/hnea-aktinografia-twn-ellhnikwn-nhsion>)

1.4.2 ΑΕΠ νησιωτικού ελλαδικού χώρου. Τις μεγαλύτερες τιμές σε ακαθάριστο εγχώριο προϊόν για το 2016, σύμφωνα με προσωρινά στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, το εμφανίζουν η Κρήτη, έπειτα το Νότιο Αιγαίο, τα Ιόνια Νησιά, το Βόρειο Αιγαίο. Οι παραπάνω τέσσερις νησιωτικές περιφέρειες της Ελλάδας κατοικούνται από το 12,3 % του συνολικού πληθυσμού της χώρας και δημιουργούν το 11,5% του συνολικού ΑΕΠ της Ελλάδας (Ίδρυμα Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών, 2014). Από την Κρήτη το μεγαλύτερο ΑΕΠ το καταλαμβάνει το Ηράκλειο και από τα Ιόνια Νησιά η Κέρκυρα. Τελευταία στην σειρά κατάταξης έρχεται νησιωτική περιφέρεια της Εύβοιας.

Πίνακας 1.2: Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (σε εκατομμύρια ευρώ), 2016

ΕΛΛΑΔΑ	176.488
ΒΟΡΕΙΟ ΑΙΓΑΙΟ	2.455
ΛΕΣΒΟΣ, ΔΗΜΝΟΣ	1.279
ΙΚΑΡΙΑ, ΣΑΜΟΣ	532
ΧΙΟΣ	644
ΝΟΤΙΟ ΑΙΓΑΙΟ	5.981
ΚΑΛΥΜΝΟΣ, ΚΑΡΠΑΘΟΣ, ΚΩΣ, ΡΟΔΟΣ	3.230
ΑΝΔΡΟΣ, ΘΗΡΑ, ΚΕΑ, ΜΗΛΟΣ, ΜΥΚΟΝΟΣ, ΝΑΞΟΣ, ΠΑΡΟΣ, ΣΥΡΟΣ, ΤΗΝΟΣ	2.751
ΚΡΗΤΗ	8.732
ΗΡΑΚΛΕΙΟ	4.215
ΛΑΣΙΘΙ	1.115
ΡΕΘΥΜΝΟ	1.174
ΧΑΝΙΑ	2.228
ΙΟΝΙΑ ΝΗΣΙΑ	3.124
ΖΑΚΥΝΘΟΣ	722
ΚΕΡΚΥΡΑ	1.548
ΙΘΑΚΗ, ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑ	566
ΛΕΥΚΑΔΑ	288
ΕΥΒΟΙΑ	2.836

(Πηγή: επεξεργασία στοιχείων από ΕΛΣΤΑΤ <http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SEL48/->)

Η διάρθρωση της οικονομίας βασίζεται σε τρεις τομείς, τον πρωτογενή (γεωργία, κτηνοτροφία), τον δευτερογενή (ορυχεία, λατομεία, μεταποιητικές βιομηχανίες κυρίως αγροτικών προϊόντων, κατασκευές) και τον τριτογενή (εμπόριο, τουρισμός, εστιατόρια, μεταφορές, επικοινωνίες, εκπαίδευση, υγεία, κτλ). Ωστόσο το

50% της συνολικής έκτασης των νησιών χαρακτηρίζεται θαμνώδες έτσι η κύρια χρήση τους δεν μπορεί να είναι άλλη από την βόσκηση. Έπειτα η μεταποίηση στα νησιά είναι σχεδόν ανύπαρκτη, με τη συμμετοχή της να κυμαίνεται από 1,42% του ΑΕΠ στον Ν. Κεφαλληνίας μέχρι το 6,05% στον Ν. Ηρακλείου. Αντίθετα η παρουσία του τριτογενή τομέα κατέχει μεγαλύτερα ποσοστά από τον πρωτογενή και τον δευτερογενή στο ΑΕΠ καθώς οι νησιωτικές Περιφέρειες χαρακτηρίζονται από έντονη εξειδίκευση στον τριτογενή τομέα της οικονομίας, με ιδιαίτερη έμφαση στον τουρισμό και σε σχετικές δραστηριότητες που συνδέονται μ' αυτόν. (Λιάλιος Γ., 2017)

Συγκεκριμένα στην Κρήτη οι βασικότεροι τομείς της οικονομίας είναι η γεωργία, ο τουρισμός, οι μεταφορές και ο δημόσιος τομέας. Στο Νότιο Αιγαίο αυξημένη βαρύτητα έχουν ο τομέας Εμπορίου, Μεταφορών και Τουρισμού και οι Κατασκευές. Στα Ιόνια νησιά ενισχυμένη συνεισφορά στην απασχόληση έχουν ο τομέας Εμπόριο, μεταφορές και τουρισμός, η Γεωργία, οι Κατασκευές, ενώ η τέταρτη και μικρότερη νησιωτική περιφέρεια από πληθυσμιακής άποψης, το Βόρειο Αιγαίο, παρουσιάζει ισχυρή θέση στον Δημόσιο Τομέα. (Ίδρυμα Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών, 2014)

Τα νησιά κάθε χρόνο δέχονται μεγάλο αριθμό τουριστών, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες, ο οποίος συμβάλλει σημαντικά στο ΑΕΠ τους. Έτσι τα νησιά προσπαθούν να αναπτύξουν νέες δραστηριότητες γύρω από τον τουρισμό και να στηρίζουν σε αυτόν τον κλάδο την οικονομία τους. Όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, η απασχόληση είναι μεγαλύτερη στον τριτογενή τομέα και αφορά κυρίως το χονδρικό και λιανικό εμπόριο, τις δραστηριότητες υπηρεσιών παροχής καταλύματος και υπηρεσιών εστίασης, και το δημόσιο. Τα υψηλότερα επίπεδα συνολικής απασχόλησης τα κατέχει η Κρήτη και το Νότιο Αιγαίο, με τιμές 247.181,5 και 145.707,3 αντίστοιχα.

Πίνακας 1.3: Η απασχόληση ανά κλάδο, 2016

	Γεωργία, δασοκομία και αλιεία	Ορυχεία, λατομεία, βιομηχανία, κλπ	Κατασκευές	Χονδρικό και λιανικό εμπόριο, κλπ	Ενημέρωση και επικοινωνία	Χρημ/στωτικές και ασφαλιστικές δραστηριότητες	Διαχείριση ακίνητης περιουσίας	Επαγγελματικές, επιστημονικές και τεχνικές δραστηριότητες, διοικητικές και κλπ	Δημόσια διοίκηση και άμυνα, υποχρεωτική κοινωνική ασφάλιση, εκπαίδευση, κλπ	Τέχνες, διασκέδαση, ψυχαγωγία, άλλες δραστηριότητες παροχής υπηρεσιών, κλπ	Σύνολο απ
ΕΛΛΑΔΑ	461.817,0	377.875,0	199.230,0	1.358.189,0	83.966,0	81.080,0	9.176,0	347.144,0	886.911,0	277.638,0	4.083.026,0
Βόρειο Αιγαίο	8.602,8	3.798,6	4.077,3	23.773,9	951,6	1.024,2	119,0	4.422,9	18.676,5	3.184,5	68.631,3
Νότιο Αιγαίο	10.131,5	9.434,3	10.043,1	72.841,5	1.219,0	1.467,0	229,7	8.995,9	25.206,0	6.139,4	145.707,3
Κρήτη	39.472,3	17.406,6	15.347,2	97.900,0	2.236,6	3.070,6	335,1	15.690,5	42.741,5	12.981,1	247.181,5
Ιόνια Νησιά	9.366,5	3.637,3	5.974,6	37.702,0	659,1	915,2	148,4	6.039,0	13.697,3	4.652,0	82.791,4

(Πηγή: επεξεργασία στοιχείων από ΕΛΣΤΑΤ <http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SEL54/->)

Το αποτέλεσμα της τουριστικής ανάπτυξης που παρατηρείται στα νησιά είναι η συμβολή του στην αύξηση του ΑΕΠ και στην μείωση της ανεργίας. Ο τουρισμός και το ΑΕΠ είναι δύο αλληλοεξαρτώμενες μεταβλητές, όπου ο τουρισμός συμβάλει στο ΑΕΠ και οδηγεί σε βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των περιοχών στις οποίες αναπτύσσεται και το ΑΕΠ με την σειρά του αποτελεί πόλο έλξης για τον τουρισμό. Η συμβολή της τουριστικής οικονομίας το 2018 στο ΑΕΠ της Ελλάδας φτάνει το 30,90%, ενώ η συνολική συμμετοχή της απασχόλησης στην τουριστική οικονομία (988.600 θέσεις εργασίας) αντιστοιχεί στο 25,9% της συνολικής απασχόλησης.

Πίνακας 1.4: Βασικά μεγέθη του Ελληνικού τουρισμού, 2018

Συνολική συμμετοχή στο ΑΕΠ	30,90%
Συνολική συμμετοχή στην απασχόληση	25,9% της συνολικής απασχόλησης
Συνολική Απασχόληση	988.600
Έσοδα από εισερχόμενο τουρισμό	15,6 δισ. € (δεν περιλαμβάνονται τα έσοδα από κρουαζιέρα)
Αφίξεις μη κατοίκων	30,1 εκατ. (δεν περιλαμβάνονται οι αφίξεις από κρουαζιέρα)
Μέση κατά κεφαλή δαπάνη	520 € (δεν περιλαμβάνονται τα ποσά κρουαζιέρας)
Εποχικότητα	54,8% των αφίξεων αλλοδαπών πραγματοποιείται Ιούλιο – Αύγουστο - Σεπτέμβριο

(Πηγή: επεξεργασία στοιχείων από: <https://sete.gr/el/stratigiki-gia-ton-tourismo/vasika-megethi-tou-ellinikoy-tourismoy/>)

Στην Ελλάδα έρχεται ετησίως ένας μεγάλος αριθμός τουριστών εκ των οποίων ένα ποσοστό κατευθύνεται προς τα νησιά. Ειδικά τους θερινούς μήνες είτε πρόκειται για εθνικούς ή διεθνή τουρίστες, το μεγαλύτερο μέρος τους κινείται με τις θαλάσσιες μεταφορές. Η πρώτη κατηγορία επιβατών μπορεί να χρησιμοποιεί συχνότερα τις υπηρεσίες των πορθμείων, ενώ οι επιβάτες στην δεύτερη κατηγορία χρησιμοποιούν κατά κύριο λόγο τη μεταφορά ακτοπλοϊκών εισιτηρίων κατά τη θερινή περίοδο.

Για τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβρη του 2018 η Σαλαμίνα εμφάνισε τους περισσότερους αποβιβασθέντες (1.097,638), ακολούθησαν η Πάρος (585.674), η Θάσος, η Σαντορίνη, η Μύκονος, το Ηράκλειο, η Αίγινα, η Νάξος, η Κέρκυρα, τα Χανιά, η Τήνος, η Ζάκυνθος, η Κεφαλλονιά, η Αντίπαρος, ενώ οι τιμές για τα υπόλοιπα λιμάνια έπεσαν κάτω από τις διακόσιες χιλιάδες. Τελευταία στην σειρά ήταν τα Αντικύθηρα με 873 αποβιβασθέντες.

Πίνακας 1.5: Αποβιβασθέντες επιβάτες ακτοπλοΐας και πορθμείων, το Γ' τρίμηνο του 2018

ΝΗΣΙΑ	ΑΠΟΒΙΒΑΣΘΕΝΤΕΣ
Αντικύθηρα	873
Λέσβος	3.169
Κάσος	3.346
Τήλος	4.169
Ψαρά	4.402
Χάλκη	4.527
Οινούσσει	6.876
Νίσυρος	7.424
Σίκινος	7.984
Κάρπαθος	8.371
Λειψοί	8.475
Ηράκλεια	9.219
Ανάφη	9.753
Φούρνοι	9.948
Μέθανα	10.844
Σχοινούσσα	12.520
Κύθηρα	13.051
Αστακός	13.552
Δονούσα	14.295
Αστυπάλαια	15.112
Ρέθυμνο	23.153
Λέρος	28.483
Κίμωλος	31.548
Φολέγανδρος	35.365
Πάτμος	40.003
Σαμοθράκη	41.032
Ιθάκης	41.729
Αμοργός	42.781
Αλόνησος	42.828
Σκύρος	44.255
Σάμος	46.131
Κουφονήσι	47.579
Παξοί	50.491
Σέριφος	51.495
Ικαρία	52.942
Κύθνος	53.304
Κύμη	54.492
Υδρα	58.356
Σπέτσες	58.765
Λήμνος	58.947
Λευκάδα	63.679
Κάλυμνος	68.019
Κέα	72.157
Χίου	74.997
Μυτιλήνη	82.140
Αγκίστρι	84.118
Σίφνος	87.119
Σύμη	89.751

ΝΗΣΙΑ	ΑΠΟΒΙΒΑΣΘΕΝΤΕΣ
Σκόπελος	100.214
Ελαφώνησος	106.661
Ιος	109.488
Κως	114.991
Ρόδος	119.587
Σκιάθος	122.123
Μήλος	125.950
Σύρος	163.166
Πόρος	164.885
Αντίπαρος	223.921
Κεφαλλονιά	226.131
Ζάκυνθος	280.783
Τήνος	286.240
Χανίων	293.592
Κέρκυρα	302.315
Νάξος	315.018
Αίγινα	334.433
Ηράκλειο	366.029
Μύκονος	409.743
Θήρα	543.330
Κεραμωτή	547.215
Θάσος	563.058
Πάρος	585.674
Σαλαμίνα	1.097.638

(Πηγή: επεξεργασία στοιχείων από ΕΛΣΤΑΤ:<http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SMA06/2018-Q3>)

Σύμφωνα με προσωρινά στοιχεία της Έρευνας Κίνησης Καταλυμάτων Ξενοδοχειακού Τύπου και Κάμπινγκ, που διενεργείται από την Ελληνική Στατιστική Αρχή, το διάστημα Ιανουαρίου – Σεπτεμβρίου 2018, το μεγαλύτερο μερίδιο των αφίξεων και διανυκτερεύσεων στα καταλύματα ξενοδοχειακού τύπου αναλογεί σε αλλοδαπούς, δηλαδή 75,1% του συνόλου των αφίξεων και 85,6% του συνόλου των διανυκτερεύσεων. Η Ρόδος έρχεται πρώτη σε κλίνες που λειτούργησαν για το 2018, μαζί με το Ηράκλειο. Έπειτα ακολουθούν η Κως, τα Χανιά, η Κέρκυρα και η Ζάκυνθος.

Πίνακας 1.6: Αφίξεις στα καταλύματα ξενοδοχειακού τύπου και κάμπινγκ, κατά Περιφερειακή Ενότητα, το 2018

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΑ ΚΑΤΑΛΥΜΑΤΑ ΠΛΗΝ CAMPINGS			ΚΛΙΝΕΣ ΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓ.
	ΑΦΙΞΕΙΣ			
	ΗΜΕΔΑΠΟΙ	ΑΛΛΟΔΑΠΟΙ	ΣΥΝΟΛΟ	
ΣΠΟΡΑΔΩΝ	28.341	93.449	121.790	9.473
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	101.565	865.724	967.289	44.795
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	46.506	524.307	570.813	32.366
ΙΘΑΚΗΣ	3.295	3.308	6.603	226
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	26.857	127.563	154.420	8.963
ΛΕΥΚΑΔΑΣ	20.150	44.667	64.817	4.620
ΕΥΒΟΙΑΣ	136.409	77.348	213.757	13.708
ΛΕΣΒΟΥ	45.392	67.190	112.582	7.135
ΙΚΑΡΙΑΣ	7.316	2.090	9.406	942
ΔΗΜΝΟΥ	15.608	13.951	29.559	1.775
ΣΑΜΟΥ	22.703	123.237	145.940	10.800
ΧΙΟΥ	24.992	23.919	48.911	2.491
ΣΥΡΟΥ	28.186	5.602	33.788	1.351
ΑΝΔΡΟΥ	18.546	8.127	26.673	1.425
ΘΗΡΑΣ	27.430	241.872	269.302	9.607
ΚΑΛΥΜΝΟΥ	20.167	23.905	44.072	3.821
ΚΑΡΠΑΘΟΥ	4.386	45.694	50.080	4.305
ΚΕΑΣ-ΚΥΘΝΟΥ	5.369	415	5.784	304
ΚΩΣ	41.092	922.872	963.964	50.924
ΜΗΛΟΥ	9.537	16.485	26.022	1.693
ΜΥΚΟΝΟΥ	29.468	376.274	405.742	11.334
ΝΑΞΟΥ	13.333	32.829	46.162	2.887
ΠΑΡΟΥ	21.058	81.082	102.140	6.045
ΡΟΔΟΥ	112.208	1.845.083	1.957.291	93.116
ΤΗΝΟΥ	39.976	5.456	45.432	1.628
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	140.006	1.738.218	1.878.224	82.374
ΔΑΣΙΘΙΟΥ	39.945	691.416	731.361	27.215
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	51.376	661.714	713.090	30.353
ΧΑΝΙΩΝ	97.271	942.016	1.039.287	48.132

(Πηγή: επεξεργασία στοιχείων από <http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/STO12/->)

Κεφάλαιο 2ο: Μεθοδολογία ανάλυσης ακτοπλοϊκού δικτύου στον νησιωτικό ελλαδικό χώρο

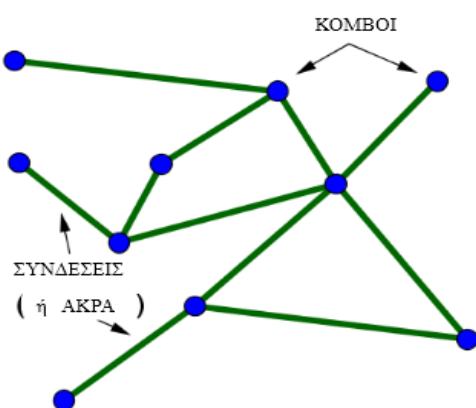
2.1 Δίκτυο

Τα δίκτυα μπορούν να αντιπροσωπεύουν όλα τα είδη συστημάτων στον πραγματικό κόσμο. Για παράδειγμα μια δικτυωμένη δομή συναντάται σε τεχνολογικές υποδομές, κοινωνικά φαινόμενα και βιολογικά συστήματα. Ένα κλασικό παράδειγμα δικτύου είναι το Διαδίκτυο, όπου οι κόμβοι είναι υπολογιστές και οι άκρες είναι φυσικές ή ασύρματες συνδέσεις μεταξύ των συσκευών. Άλλα παραδείγματα για δίκτυα, είναι τα δίκτυα δημοσιεύσεων που συνδέονται με αναφορές, επαγγελματικά δίκτυα, μεταβολικά δίκτυα και δίκτυα επικοινωνίας. (Nykamp DQ, “An introduction to networks.” Math Insight) Επίσης, δίκτυα συναντάμε και στις μεταφορικές υποδομές, όπου οι δρόμοι είναι οργανωμένοι σε δίκτυα. Οι αυτοκινητόδρομοι και οι σιδηροδρομικές, ακτοπλοϊκές και αεροπορικές γραμμές είναι δίκτυα που ως κόμβοι λαμβάνονται οι πόλεις, οι σιδηροδρομικοί σταθμοί, τα λιμάνια και τα αεροδρόμια και οι αυτοκινητόδρομοι και οι σιδηροδρομικές, ακτοπλοϊκές και αεροπορικές γραμμές είναι οι συνδέσεις. (Λαμπριανίδης, 2008)

Δίκτυο είναι ένα σύστημα στοιχείων που συνδέονται και λειτουργούν μαζί. Τα στοιχεία του αναφέρονται ως κόμβοι ή κορυφές και συνήθως απεικονίζονται ως σημεία. Οι άμεσες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχείων αποκαλούνται συνδέσεις ή άκρες και συνήθως σχεδιάζονται σαν γραμμές μεταξύ των σημείων. Η δομή των δικτύων μπορεί να είναι εξαιρετικά πολύπλοκη, καθώς οι συνδέσεις μεταξύ των κόμβων μπορούν να παρουσιάσουν πολύπλοκα σχήματα. Η απλούστευση της μελέτης ενός πολύπλοκου δικτύου θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με την οπτικοποίηση του και έπειτα με την ανάπτυξη απλουστευμένων μέτρων που θα εξετάζουν κάθε κόμβο ξεχωριστά και μετά στο σύνολο, ανιχνεύοντας τυχόν πρότυπα μεταξύ διαφορετικών κόμβων. Η οπτικοποίηση των δικτύων κατορθώνεται με την χρήση γραφημάτων. Η θεωρία γραφημάτων αφορά την ανάπτυξη αφηρημένων αναπαραστάσεων των δικτύων που αποτελούνται από σημεία και γραμμές. Το γράφημα που προκύπτει δεν είναι ένας χάρτης και δεν είναι ένα ακριβές μοντέλο του

πραγματικού κόσμου, αλλά μια εννοιολογική αναπαράσταση της πραγματικότητας. Για τη δημιουργία γραφημάτων δικτύου, συνδέονται τα σημεία χρησιμοποιώντας γραμμές με σκοπό να κατανοηθεί ο βαθμός στον οποίο όλες οι κορυφές είναι διασυνδεδεμένες. (George Van Otten and Dennis Bellafiore, 2018) Όταν οι συνδέσεις είναι πολύ περισσότερες από τους κόμβους τότε το δίκτυο θεωρείται ότι είναι καλά συνδεδεμένο. Επιπλέον, η συνεκτικότητα του δικτύου υποδηλώνει την ευκολία μετακίνησης από το ένα μέρος στο άλλο μέσα στο δίκτυο. (Λαμπριανίδης, 2008)

Εικόνα 2.1: Δίκτυο



(Πηγή: Επεξεργασία από: https://mathinsight.org/network_introduction)

Οι συνδέσεις μεταξύ των κόμβων στο δίκτυο μπορεί να είναι κατευθυνόμενες ή μη κατευθυνόμενες, ενώ υπάρχουν δίκτυα που μπορούν να ταυτόχρονα να έχουν κατευθυνόμενες και μη κατευθυνόμενες συνδέσεις. Τα μη κατευθυνόμενα γραφήματα έχουν συνδέσεις που δεν έχουν κατεύθυνση. Οι συνδέσεις δείχνουν μια αμφίδρομη σχέση, καθώς κάθε σύνδεση μπορεί να διασχίζεται και προς τις δύο κατευθύνσεις. Τα κατευθυνόμενα γραφήματα έχουν συνδέσεις με κατεύθυνση. Οι συνδέσεις δείχνουν μια σχέση μονής κατεύθυνσης, καθώς κάθε σύνδεση μπορεί να διασχίζεται μόνο σε μία κατεύθυνση.

Επομένως σε ένα κατευθυνόμενο δίκτυο, θα δούμε ότι σε ένα κόμβο υπάρχουν άκρες που εισέρχονται στον κόμβο και μερικές άκρες που εξέρχονται από τον κόμβο. Το σύνολο των συνδέσεων ενός κόμβου καλείται βαθμός κόμβου. Στην ανάλυση του δικτύου μπορούν να εξεταστούν οι συνδέσεις στο σύνολο ή ξεχωριστά,

σαν εισερχόμενες και εξερχόμενες. Μια εισερχόμενη άκρη και μια εξερχόμενη άκρη μπορεί να σημαίνουν πολύ διαφορετικά πράγματα και κάποιος μπορεί να θέλει να διατηρήσει αυτή τη διάκριση. Συνήθως οι εισερχόμενες συνδέσεις δείχνουν έναν δημοφιλή κόμβο, κάτι το οποίο δεν μπορείς να το ερευνήσεις αν λάβεις υπόψη το σύνολο των συνδέσεων.

2.2 Ανάλυση δικτύων

Οι κόμβοι αποτελούν χωρικά σημεία και οι μεταξύ τους συνδέσεις γραμμικά ιδεατά στοιχεία. Η ανάλυση του χώρου αποτελούμενου με γραμμικά στοιχεία μπορεί να γίνει με την βοήθεια της ανάλυσης δικτύων, η οποία στηρίζεται στην θεωρία γραφημάτων. Ωστόσο ένα δίκτυο αποτελείται από κόμβους και τις μεταξύ τους συνδέσεις. Επομένως η χωρική ανάλυση γραμμικών στοιχείων αφορά τους κόμβους και τις μεταξύ τους συνδέσεις,

Η χωρική ανάλυση στοχεύει στην μελέτη χωρικών προτύπων, χωρικών σχέσεων, στην περιγραφή συγκεκριμένων θέσεων και στη μελέτη των χωρικών διαφοροποιήσεων τους. Οι διαδικασίες για την ανάλυση χώρου είναι αρχικά η ακριβή περιγραφή στοιχείων που αφορούν μια διαδικασία στο χώρο και έπειτα η εύρεση των προτύπων και σχέσεων μέσα από τα στοιχεία αυτά, και η έρευνα για την εξήγηση τους.

Ο Κουτσόπουλος (2005), μελετώντας την ανάλυση χώρου αναφέρει ως πρωτεύων βήμα την απλοποίηση των δικτύων με την μετατροπή τους σε γραφήματα και έπειτα την ανάλυση της δομής του δικτύου με βάση την συνδετικότητα και την προσιτότητα. Η πρώτη ανάλυση αφορά τον βαθμό σύνδεσης μεταξύ των κόμβων. Ένα δίκτυο είναι συνδεδεμένο αν κάθε ένας κόμβος συνδέεται με τουλάχιστον έναν άλλο κόμβο. Όταν οι περισσότεροι κόμβοι του συνδέονται με πάνω από έναν άλλον κόμβο θεωρείται ότι το δίκτυο είναι πολύ καλά συνδεδεμένο και όταν ο αριθμός συνδέσμων είναι ένας λιγότερος των κόμβων θεωρείται ελάχιστα συνδεδεμένο δίκτυο. Αντίθετα σ' ένα δίκτυο που υπάρχει τουλάχιστον ένας απομονωμένος κόμβος, το δίκτυο θεωρείται ότι δεν είναι πλήρες συνδεδεμένο και χωρίζεται σε τμήματα. Για την εξέταση της συνδετικότητας της δομής ενός δικτύου μπορούν να

χρησιμοποιηθούν ο δείκτης Γάμμα, ο δείκτης Άλφα και η Διάμετρος του δικτύου.

Ο δείκτης Γάμμα είναι το πηλίκο του αριθμού των συνδέσμων που υπάρχουν σ' ένα δίκτυο σ προς τον μέγιστο αριθμό συνδέσμων σ_{\max} που μπορούν να υπάρξουν στο δίκτυο. Ο μέγιστος αριθμός συνδέσμων που μπορούν να υπάρξουν σ' ένα δίκτυο ισούται με $3(k-2)$, όπου k είναι ο αριθμός των κόμβων του δικτύου. Ο δείκτης Γάμμα παίρνει τιμή μεταξύ 0 και 1, η οποία εκφράζεται και επί τις εκατό, και ανάλογα με τον βαθμό που παρεκκλίνει το δίκτυο από ένα ασύνδετο γράφημα και προσεγγίζει ένα μέγιστα συνδεδεμένο χαρακτηρίζεται και η συνδετικότητα του.

Αν από ένα ελάχιστα συνδεδεμένο δίκτυο αφαιρεθεί ένας σύνδεσμος το δίκτυο θα χωριστεί σε δύο τμήματα και αν προστεθεί ένας σύνδεσμος θα αυξηθεί η συνδετικότητα του πέρα από την ελάχιστη διάταξη στην οποία μόνο μία και μοναδική διαδρομή μπορεί να υπάρχει μεταξύ κάθε ζεύγους κόμβων του δικτύου. Έτσι δημιουργούνται επιπλέον σύνδεσμοι που δημιουργούν κυκλικούς συνδέσμους. Ο δείκτης Άλφα ορίζεται ως λόγος του αριθμού των κυκλικών συνδέσμων που υπάρχουν σε ένα δίκτυο προς τον μέγιστο δυνατό αριθμό τους. Οι τιμές που παίρνει ο συγκεκριμένος δείκτης κυμαίνονται μεταξύ 0 για ελάχιστα συνδεδεμένα δίκτυα και 1 για μέγιστα συνδεδεμένα δίκτυα.

Ο τρίτος δείκτης αξιολόγησης της συνδετικότητας είναι η διάμετρος. Αυτός ο δείκτης μπορεί να εκτιμηθεί μόνο για ένα συνδεδεμένο δίκτυο και ορίζεται ως ο μέγιστος αριθμός συνδέσμων που απαιτούνται για την μετακίνηση από ένα κόμβο σε ένα άλλο μέσω μιας ελάχιστης διαδρομής.

Το δεύτερο είδος ανάλυσης της δομής του δικτύου είναι η προσιτότητα. Η ανάλυση με βάση την προσιτότητα αφορά διανύσματα τιμών που μετρούν την σχέση των επιμέρων στοιχείων, κόμβων ή γραμμών, με ολόκληρο το δίκτυο. Η προσιτότητα των κόμβων αξιολογείται με την βοήθεια των γραφημάτων τα οποία μπορούν να εκφραστούν με την μορφή πίνακα. Στον πίνακα “συνδετικότητας C” όπως αποκαλείται οι οριζόντιες σειρές ορίζονται ως το σύνολο κόμβων αποστολής και οι κάθετες στήλες ως το σύνολο των κόμβων προορισμού. Κάθε κελί του πίνακα εκφράζει κάποια συνδετικότητα ανάμεσα στο αντίστοιχο ζεύγος των κόμβων, δηλαδή αν υπάρχει παρουσία σύνδεσης ή απουσία σύνδεσης.

Ο πίνακας συνδετικότητας που δημιουργήθηκε βοηθάει στην απλή μέτρηση της προσιτότητας. Το άθροισμα των σειρών δημιουργεί μία στήλη που

αντιπροσωπεύει τον συνολικό αριθμό συνδέσεων από έναν συγκεκριμένο κόμβο προς όλους τους υπόλοιπους κόμβους του δικτύου. Ο συνολικός αριθμός συνδέσεων ονομάζεται ως βαθμός του κόμβου και όσο μεγαλύτερος ο βαθμός κόμβου τόσο μεγαλύτερη η προσιτότητα.

Εκτός από τις άμεσες συνδέσεις είναι σημαντικό σ' ένα δίκτυο να εξεταστούν και οι έμμεσες συνδέσεις. Αυτό θα εξεταστεί μέσα από πολλαπλασιασμούς του πίνακα συνδετικότητας. Έτσι πολλαπλασιάζοντας τον πίνακα με τον εαυτό του, κάθε κελί θα περιέχει τιμή η οποία θα δηλώνει την μοναδική έμμεση σύνδεση με δύο συνδέσμους από τον κόμβο i στον κόμβο j μέσω του κόμβου k . Ο πίνακας που δημιουργείται ονομάζεται πίνακας “Συνδετικότητας C^2 ”. Όταν τα στοιχεία στον πίνακα δεν είναι μηδενικά σημαίνει ότι υπάρχουν μοναδικές έμμεσες συνδέσεις με δύο συνδέσμους μεταξύ των ζευγών κόμβων. Το άθροισμα των σειρών στον πίνακα C^2 εκφράζει τον αριθμό των διαφορετικών διαδρομών με δύο συνδέσμους και όσο μεγαλύτερο το άθροισμα για έναν κόμβο τόσο καλύτερη η προσιτότητα του από όλους τους κόμβους του δικτύου.

Για την μελέτη των έμμεσων διαδρομών με πάνω από δύο κόμβους πολλαπλασιάζεται ο αρχικός πίνακας C με τον πίνακα C^2 φτιάχνοντας τον πίνακα C^3 . Ο τελευταίος πίνακας αποτελείται από έμμεσες διαδρομές τριών συνδέσμων. Η διαδικασία πολλαπλασιασμού των πινάκων συνδετικότητας σταματά όταν φτάσει στον αριθμό που εκφράζει την συντομότερη διαδρομή μεταξύ των δύο πιο απομακρυσμένων κόμβων του δικτύου, την διάμετρο.

Προσθέτοντας όλους τους πίνακες συνδετικότητας προκύπτει ένας καινούργιος πίνακας, ο πίνακας προσιτότητας T . Σε αυτόν τον πίνακα αποτυπώνονται το σύνολο των άμεσων και έμμεσων συνδέσεων μεταξύ των κόμβων του δικτύου. Το άθροισμα των σειρών του καινούργιου πίνακα δίνει την προσιτότητα των κόμβων σε σχέση με τους άλλους κόμβους. Ο κόμβος με την μεγαλύτερη προσιτότητα είναι και ο πιο κεντρικός κόμβος του δικτύου. Επίσης όσο μεγαλύτερο εμφανίζεται το άθροισμα, τόσες περισσότερες εναλλακτικές διαδρομές υπάρχουν στο δίκτυο και τόσο πιο πυκνό εμφανίζεται.

Στην συνέχεια ανάλυσης του δικτύου κατασκευάζεται ο πίνακας συντομότερης τοπολογικής απόστασης. Η συντομότερη τοπολογική απόσταση μεταξύ κόμβων είναι αντιστρόφως ανάλογη της προσιτότητας. Λόγω του ότι στον

πίνακα προσιτότητας οι έμμεσες συνδέσεις έχουν όλες την ίδια σπουδαιότητα τώρα γίνεται μια διαφοροποίηση τους με τον βαθμό σπουδαιότητας, ο οποίος θα είναι αντιστρόφως ανάλογος από τον αριθμό συνδέσεων αυτής της διαδρομής. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με την βοήθεια ενός θετικού αριθμού στην διαδικασία πολλαπλασιασμού.

Για την δημιουργία του πίνακα συντομότερης τοπολογικής απόστασης D , ο πίνακα συνδεσιμότητας C υψώνεται στις διαδοχικές τιμές $2,3,\dots, n$, όπου n η διάμετρος του δικτύου. Η διαδικασία σταματάει όταν δεν εμφανίζονται πλέον νέα μη-μηδενικά στοιχεία, εκτός της διαγωνίου, χωρίς ο αριθμός στον οποίο υψώνεται ο πίνακας να ξεπεράσει την διάμετρο. Τα στοιχεία του τελικού πίνακα D δείχνουν το τοπολογικό μήκος των μικρότερων διαδρομών μεταξύ κάθε ζεύγους κόμβων του δικτύου. Προσθέτοντας τα στοιχεία κάθε σειράς τα αθροίσματα που προκύπτουν αφορούν το σύνολο των συντομότερων διαδρομών ενός κόμβου προς κάθε άλλο κόμβο του δικτύου. Όσο μικρότερο είναι το άθροισμα που προκύπτει για έναν κόμβο τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η προσιτότητα του κόμβου αυτού σε σχέση με τους υπόλοιπους.

(Κουτσόπουλος, 2005)

2.3 Παράδειγμα ανάλυσης δικτύου

Η μελέτη του καθηγητή Cesar Ducruet, από το πανεπιστήμιο της Σορβόνης, θέλησε να αναλύσει τα ναυτιλιακά δίκτυα των βρετανικών και ιαπωνικών εταιρειών που υφίστανταν το 1920 στην Κίνα. Η Κίνα άρχισε να αναπτύσσει το εμπόριο με ξένα έθνη έπειτα τον πρώτο πόλεμο του οπίου, το 1842. Εκείνη την περίοδο η βρετανική ναυτιλιακή βιομηχανία εκπροσωπήθηκε έντονα στην Κίνα. Μετά το 1895 άρχισε να αναπτύσσεται και το ιαπωνικό ναυτιλιακό δίκτυο. Μέχρι τη δεκαετία του 1920, τα βρετανικά και ιαπωνικά ναυτιλιακά δίκτυα κατέλαβαν τις δύο πρώτες θέσεις στην Κίνα. Σταδιακά άρχισε να εμφανίζεται ένας έντονος ανταγωνισμός μεταξύ των βρετανικών και ιαπωνικών ναυτιλιακών εταιρειών και επιχειρηματικών συμφερόντων, ο οποίος οδήγησε σε διακυμάνσεις των κινήσεων των πλοίων και των ποσοτήτων των δύο χωρών.

Τα δεδομένα που χρησιμοποίησε η μελέτη για την ανάλυση των βρετανικών και ιαπωνικών ναυτιλιακών δικτύων στην Κίνα συλλέχθηκαν από τις τελωνειακές στατιστικές της Κίνας και περιλάμβαναν κινήσεις πλοίων μέσα και έξω από όλο το κινεζικό σύστημα θαλάσσιων λιμένων μετά τον πρώτο πόλεμο του οπίου. Η ανάλυση των δεδομένων για τα βρετανικά και ιαπωνικά ναυτιλιακά δίκτυα πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το λογισμικό ανάλυσης κοινωνικών δικτύων Gephi και το λογισμικό Gis ARCGis, για περαιτέρω ανάλυση και χαρτογράφηση. Τα μέτρα ανάλυσης δικτύου που αξιοποιήθηκαν από το gephi για να περιγράψουν τις ιδιότητες και τη δομή των ναυτιλιακών δικτύων είναι:

- Ο βαθμός, είναι ίσος με τον αριθμό των απευθείας συνδέσεων στον κόμβο i .
- Ο μέσος όρος, ο μέσος αριθμός κόμβων K που συνδέονται με τον κόμβο i .
- Η κεντρικότητα, είναι ένα μέτρο της κεντρικής θέσης ενός κόμβου σε ένα δίκτυο και είναι ίση με τον αριθμό των συντομότερων διαδρομών από όλες τις κορυφές σε όλους τους άλλους που διέρχονται από αυτόν τον κόμβο. Η έννοια αυτή ελέγχει την θέση που έχει ένας κόμβος με βάση τους υπόλοιπους κόμβους.
- Το μέσο μήκος διαδρομής, ο μέσος αριθμός βημάτων κατά μήκος των βραχύτερων διαδρομών για όλα τα πιθανά ζεύγη κόμβων δικτύου.
- Κοινότητες, οι κόμβοι του δικτύου να μπορούν να υποδιαιρεθούν σε πολλές ομάδες για καλύτερη ανάλυση του δικτύου. Τα δύο προφανή χαρακτηριστικά της κοινότητας είναι ότι οι δεσμοί μεταξύ των κόμβων της ίδιας ομάδας είναι πυκνοί, αλλά οι διασυνδέσεις μεταξύ διαφορετικών ομάδων είναι αραιές.

Το βρετανικό ναυτιλιακό δίκτυο στην Κίνα περιλαμβάνει 66 κόμβους και το ιαπωνικό ναυτιλιακό δίκτυο άλλους 66 κόμβους. Οι συνδέσεις μεταξύ τους αριθμούνται στις 113 και 130, αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα από τα μέτρα ανάλυσης έδειξαν ότι ο μέσος βαθμός για το πρώτο δίκτυο είναι 1,712 και για το δεύτερο 1,97. Έτσι, το ναυτιλιακό δίκτυο της Ιαπωνίας έχει πολύ μεγαλύτερη πυκνότητα από το βρετανικό δίκτυο και αυτό δικαιολογείται γιατί η Ιαπωνία κατέχει μία γεωγραφική θέση κοντά στην Κίνα και τα ιαπωνικά λιμάνια εμφανίζουν ισχυρούς δεσμούς με τα κινεζικά λιμάνια.

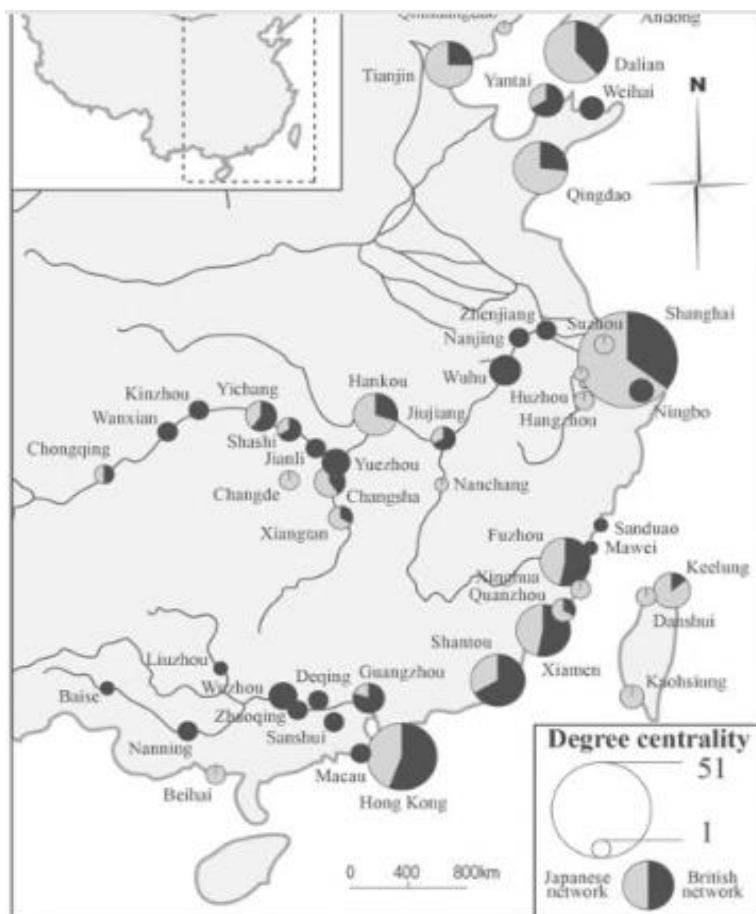
Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικά των Βρετανικών και Ιαπωνικών Ναυτιλιακών Δικτύων στην Κίνα

	Nodes	Edges	Average Degree	Average Distance
Britain	66	113	1712	5132
Japan	66	130	1970	3675

(Πηγή:https://books.google.gr/books?id=0u2oCgAAQBAJ&pg=PA112&dq=GEPHI+S HIPPING&hl=el&sa=X&ved=0ahUKEwjH8KCioPHiAhWS_qQKHTmtCvYQ6AEIQTAD#v=onepage&q=GEPHI%20SHIPPING&f=false)

Στον παρακάτω χάρτη οι κόμβοι του ναυτιλιακού δικτύου συμβολίζονται με κύκλους, οι οποίοι ανάλογα με το πόσους άλλους κόμβους συνδέονται έχουν και το αντίστοιχο μέγεθος. Επίσης, όσο αφορά το χρωματικό συμβολισμό, με ανοιχτό γκρι συμβολίζεται η Ιαπωνικό δίκτυο και με μαύρο το Βρετανικό Δίκτυο.

Χάρτης 2.1: Η κάλυψη της ναυτιλιακής υπηρεσίας των δύο χωρών με βάση το βαθμό



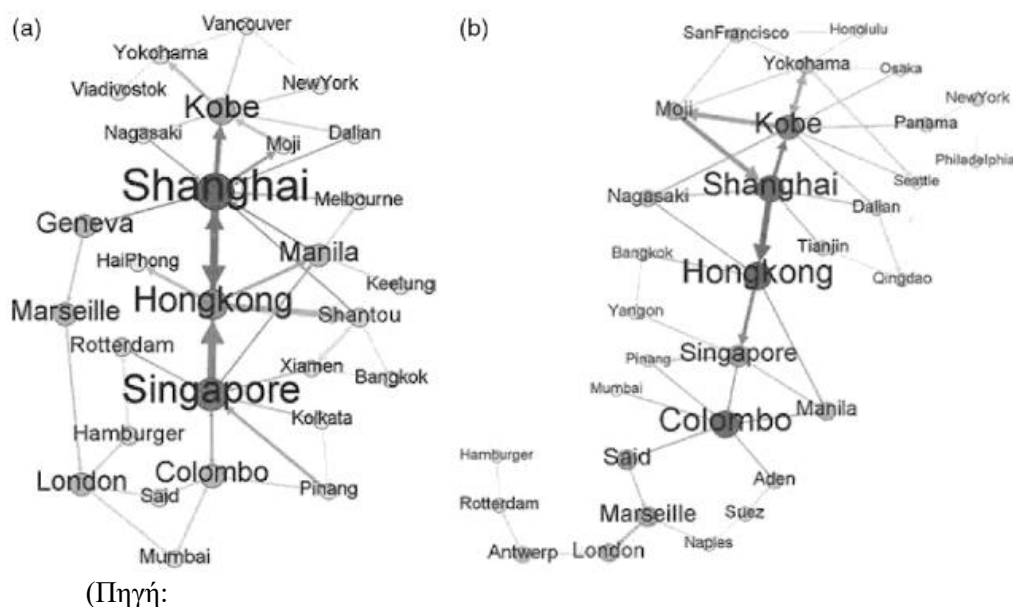
(Πηγή:
https://books.google.gr/books?id=0u2oCgAAQBAJ&pg=PA112&dq=GEPHI+SHIPPING&hl=el&sa=X&ved=0ahUKEwjH8KCioPHiAhWS_qQKHTmtCvYQ6AEIQTAD#v=onepage&q=GEPHI+SHIPPING&f=false)

Οι ιαπωνικές ναυτιλιακές εταιρείες εμφανίζουν ισχυρότερη σύνδεση με τα λιμάνια κατά μήκος των βορείων κινεζικών ακτών και οι βρετανικές ναυτιλιακές εταιρείες δείχνουν καλύτερη σύνδεση με τα λιμάνια της νοτιοανατολικής Κίνας. Οι βρετανικές ναυτιλιακές εταιρείες κυριαρχούν επίσης στη λεκάνη του ποταμού Περγλ ενώ οι ιαπωνικές ναυτιλιακές εταιρείες κάνουν εμφανή την παρουσία τους στους λιμένες της Ταϊβάν. Ακόμη, στον ποταμό Γιανγκτσέ οι βρετανικές ναυτιλιακές εταιρείες κατέχουν δεσπόζουσα θέση στις μεσαίες και πιο βόρειες περιοχές του, ενώ οι ιαπωνικές επιχειρήσεις έχουν ισχυρότερη παρουσία στις νότιες περιοχές του.

Το βρετανικό ναυτιλιακό δίκτυο χαρακτηρίζεται από δύο κυρίαρχους κόμβους, την Σαγκάη με βαθμό 18 και το Χονγκ Κονγκ με βαθμό 14. Το Χονγκ Κονγκ είναι ένα από τα μεγαλύτερα εμπορικά κέντρα του κόσμου και η Σαγκάη ένα από τα κυριότερα ναυτιλιακά κέντρα. Το ιαπωνικό ναυτιλιακό δίκτυο φαίνεται να είναι επικεντρωμένο γύρω από τη Σαγκάη με βαθμό 31 και ακολουθούν το Νταλιάν και η Οσάκα με βαθμό 13.

Στην συνέχεια αναλύθηκαν οι θέσεις των κινεζικών λιμένων χωρίζοντας όμως τις διαδρομές σε τρεις τύπους: θαλάσσιες, παράκτιες και οδοί εσωτερικής ναυσιπλοΐας. Στο δίκτυο των Βρετανικών θαλάσσιων δρομολογίων, η τιμή κεντρικότητας της Σαγκάης ανέρχεται σε 314,5. Η Σιγκαπούρη, το Χονγκ Κονγκ και το Κόμπε ακολουθούν, με κεντρική τιμή 252,5, 200 και 160 αντίστοιχα. Στο Ιαπωνικό ωκεάνιο δίκτυο διαδρομών η κεντρική τιμή του Χονγκ Κονγκ ανέρχεται σε 165,5. Οι τιμές της Σαγκάης, του Κόμπε και της Σιγκαπούρης είναι 123, 122 και 110 αντίστοιχα.

Διάγραμμα 2.1: Η θέση των λιμένων στα δίκτυα α) βρετανικών και β) ιαπωνικών ωκεανικών δρομολογίων, με βάση την κεντρική θέση



(Πηγή: https://books.google.gr/books?id=0u2oCgAAQBAJ&pg=PA112&dq=GEPHI+SHIPPING&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjH8KCioPHiAhWS_qQKHTmtCvYQ6AEIQTAD#v=onepage&q&f=false)

Έπειτα μετρώντας την μέση απόσταση, η τιμή που παίρνει για το ιαπωνικό ναυτιλιακό δίκτυο είναι 3.675, το οποίο σημαίνει ότι για την μεταφορά από ένα κόμβο σε οποιονδήποτε άλλο κόμβο του δικτύου θα διαμεσολαβήσουν περίπου τρία λιμάνια κατά μέσο όρο. Αντίστοιχα η μέση απόσταση στο βρετανικό ναυτιλιακό δίκτυο ισούται με 5.132, άρα θα διαμεσολαβήσουν περίπου 5 λιμάνια κατά μέσο όρο.

Ακόμη τα λιμάνια αναλύθηκαν με βάση τις κοινότητες. Οι 66 λιμένες του βρετανικού ναυτιλιακού δικτύου χωρίστηκαν σε επτά κοινότητες. Οι τρεις κοινότητες βρίσκονται κατά μήκος της ακτής της Κίνας. Η μία κοινότητα περιέχει τα λιμάνια βόρεια του Νινγκμπό. Η δεύτερη κοινότητα αφορά τα πέντε λιμάνια μεταξύ Νινγκμπό και Σιαμέν και η τρίτη τα έξι λιμάνια στην εξωτερική Κίνα και τα οκτώ λιμάνια της Νοτιοανατολικής Ασίας, που αποτελούν την μεγαλύτερη κοινότητα. Επίσης υπάρχουν δύο κοινότητες στο τμήμα της εσωτερικής ναυσιπλοΐας του δικτύου, όπου μια κοινότητα σχηματίζεται από όλα τα λιμάνια κατά μήκος του ποταμού Γιανγκτσέ και η άλλη αποτελείται από όλα τα λιμάνια της λεκάνης απορροής του

ποταμού Περγλ. Οι υπόλοιπες δύο κοινότητες περιλαμβάνουν 11 λιμάνια στην Ευρώπη και επτά λιμάνια στην Ιαπωνία και τη Βόρεια Αμερική.

Τα λιμάνια στο ιαπωνικό ναυτιλιακό δίκτυο χωρίζονται σε επτά κοινότητες επίσης. Η πρώτη κοινότητα αφορά τα λιμάνια της λεκάνης απορροής του ποταμού Γιανγκτσέ, την επαρχία Φουτσιάν και την Ταϊβάν, καθώς και ορισμένα λιμάνια της Ιαπωνίας που συνδέονται με τα λιμάνια του ποταμού Γιανγκτσέ. Η δεύτερη κοινότητα αφορά λιμάνια στο βόρειο τμήμα της Κίνας και της Κορέας ενώ η τρίτη κοινότητα αποτελείται από τα λιμάνια της νότιας Κίνας και τα λιμάνια της Νοτιοανατολικής Ασίας. Μία άλλη κοινότητα αποτελούν τα έξι λιμάνια στην Ιαπωνία και τα λιμάνια κατά μήκος της δυτικής ακτής των Ηνωμένων Πολιτειών. Υπάρχουν άλλες δύο κοινότητες με τρεις λιμένες, η μία στην επαρχία Τσιανγκσί και η άλλη περιλαμβάνει τον Παναμά, τη Νέα Υόρκη και τη Φιλαδέλφεια.

Η ανάλυση του δικτύου διαδρομών αποδεικνύει ότι οι ιαπωνικές και βρετανικές ναυτιλιακές εταιρείες ανταγωνίζονταν σε αρκετές κινεζικές περιφέρειες. Τα σημαντικότερα λιμάνια των βρετανικών και ιαπωνικών ωκεανικών δρομολογίων ήταν τα ίδια: η Σαγκάη, το Χονγκ Κονγκ και το Κόμπε. Ωστόσο, η σειρά σπουδαιότητας διαφέρει, καθώς η Σαγκάη είναι το κορυφαίο λιμάνι του βρετανικού δικτύου ωκεανών ενώ το Χονγκ Κονγκ αποδείχθηκε το πιο σημαντικό λιμάνι για τις ιαπωνικές διαδρομές. Στο βρετανικό δίκτυο διαδρομών πλησίον της θάλασσας, το Χονγκ Κονγκ διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο, ενώ η Σαγκάη κατατάχθηκε μόνο στην όγδοη θέση, και στις ιαπωνικές διαδρομές πλησίον της θάλασσας η Σαγκάη ήταν ο σημαντικότερος κόμβος και το Χονγκ Κονγκ κατείχε την τρίτη θέση. Στο δίκτυο εσωτερικής ναυσιπλοΐας, το βρετανικό δίκτυο επικεντρώθηκε κυρίως στο Δέλτα του ποταμού Περγλ στο νότο της Κίνας, ενώ οι διαδρομές της ιαπωνικής εσωτερικής ναυσιπλοΐας κατευθύνθηκαν προς το Δέλτα του ποταμού Γιάνγκτσε στο ανατολικό τμήμα της Κίνας. Στον ποταμό Γιάνγκτσε, η Χανκόου και η Σαγκάη λειτουργούσαν ως κόμβοι στα βρετανικά και ιαπωνικά δίκτυα εσωτερικής ναυσιπλοΐας, αντίστοιχα. (Cesar Ducruet, 2016)

2.4 Μεθοδολογία ανάλυσης του ακτοπλοϊκού δικτύου στον νησιωτικό ελλαδικό χώρο

Για την ανάλυση του δικτύου επιλέγεται το λογισμικό Gephi, ένα ανοιχτό λογισμικό από τα πιο χρησιμοποιούμενα εργαλεία για την εξερεύνηση και ανάλυση δεδομένων δικτύου. Το λογισμικό Gephi είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο ανάλυσης δικτύων και δίνει τη δυνατότητα να εισάγεται μια μεγάλη ποικιλία μορφών δεδομένων καθώς και να κατασκευάζονται ελκυστικά γραφήματα. Η οπτική χαρτογράφηση των συνδέσεων του ακτοπλοϊκού δικτύου μπορεί να αποκαλύψει μοτίβα που διαφορετικά ενδέχεται να αποκρύπτονταν στα δεδομένα. (Bastian M., Heymann S. and Jacomy M., 2009)

Επίσης, το λογισμικό Gephi προσφέρει την δυνατότητα να αξιοποιηθούν επιπρόσθετα εργαλεία, όπως είναι:

- ο συντελεστής συσσωμάτωσης “Clustering Coefficient”, ο οποίος αποτελεί μέτρο στον οποίο οι κόμβοι σε ένα γράφημα τείνουν να συσσωρεύονται μαζί
- το “Noverlap Layout”, για την αποφυγή της επικάλυψης κάποιου κόμβου, κρατώντας παράλληλα τη μορφή του γραφήματος
- το “GeoLayout”, το οποίο βοηθάει στο να αξιοποιηθούν οι ήδη υπάρχουσες συντεταγμένες, καθώς εμφανίζει το γράφημα βάση γεωγραφικών χαρακτηριστικών, γεωγραφικού μήκους και πλάτους, και
- το “Export to Earth”, με την βοήθεια του οποίου εξάγονται τα δίκτυα με γεωγραφικές διαστάσεις σε ένα αρχείο KMZ, το οποίο μπορεί να ανοίξει σε Google Earth.

(Grandjean M., 2015)

Τα στοιχεία του δικτύου εισάγονται στο Gephi με την μορφή csv. Έπειτα την εισαγωγή των στοιχείων στο Gephi το ακτοπλοϊκό δίκτυο οπτικοποιείται με την μορφή γραφήματος το οποίο δεν μπορεί να προσφέρει ακόμη καμία πληροφορία, καθώς δεν δίνει κάποια πληροφορία για τα λιμάνια και τις μεταξύ τους συνδέσεις. Για την ανάλυση του δικτύου θα χρησιμοποιηθούν δείκτες που προσφέρει το λογισμικό μαζί με τα επιπρόσθετα εργαλεία. Τα πρώτα μέτρα που θα εφαρμοστούν αφορούν την οπτικοποίηση του γραφήματος με βάση ένα πιο σωστό οπτικό αποτέλεσμα και αλλαγή χωροθέτησης των κόμβων με βάση αλγορίθμων. Συνεπώς, τα μέτρα που θα χρησιμοποιηθούν είναι:

α) Βαθμός κόμβων. Μια βασική ιδιότητα του κάθε κόμβου είναι ο βαθμός του (Degree), ο οποίος αντιπροσωπεύει τον αριθμό των συνδέσεων που έχει με άλλους κόμβους. Πριν την ανάλυση του δικτύου οι κόμβοι πρέπει να πάρουν ένα μέγεθος ανάλογα των αριθμό συνδέσεων τους και να αλλάξουν χωροθέτηση για ένα σωστά οπτικό αποτέλεσμα. Στο πλαίσιο “Ranking” του λογισμικού δίνοντας “ελάχιστη τιμή : 5” και “μέγιστη τιμή : 40” Η επισκόπηση του γραφήματος μπορεί να αλλάξει. Με αυτή τη διαδικασία οι κόμβοι έχουν διαφορετικό μέγεθος ο ένας από τον άλλο και όσο περισσότερες συνδέσεις έχει ένα λιμάνι, τόσο μεγαλύτερο μέγεθος θα εμφανίζεται στο δίκτυο που κατασκευάστηκε. (Grandjean M., 2015)

Στα κατευθυνόμενα δίκτυα υπάρχει ο εισερχόμενος βαθμός (k_i^{in}) που αντιπροσωπεύει τον αριθμό των συνδέσεων που δείχνουν τον κόμβο i και ο εξερχόμενος βαθμός (k_i^{out}) που αντιπροσωπεύει τον αριθμό των συνδέσεων που δείχνουν από τον κόμβο i στους άλλους κόμβους και τον συνολικό βαθμό (k_i) που δίνεται από: $K_i = k_i^{in} + k_i^{out}$. Επομένως ο συνολικός αριθμός των συνδέσεων σε ένα κατευθυνόμενο δίκτυο είναι:

$$L = \sum_{i=1}^N k_i^{in} = \sum_{i=1}^N k_i^{out}$$
, όπου τον αριθμό των κόμβων τον δηλώνουμε με το N , που αντιπροσωπεύει τον αριθμό των στοιχείων στο σύστημα, και τον αριθμό των συνδέσεων των δηλώνουμε με L , που αντιπροσωπεύει τον συνολικό αριθμό αλληλεπιδράσεων μεταξύ των κόμβων. Ο μέσος αριθμός κόμβων k (Average Degree) που συνδέονται με τον κόμβο I , δίνεται από την σχέση:

$$\langle k^{in} \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N k_i^{in} = \langle k^{out} \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N k_i^{out} = \frac{L}{N}$$
, και όσο υψηλότερος είναι ο μέσος βαθμός, τόσο πιο πυκνό είναι το δίκτυο. Ωστόσο, για να γίνει πιο ευανάγνωστο το αποτέλεσμα του συγκεκριμένου μέτρου είναι πολύ χρήσιμο να δοθεί χρώμα στους κόμβους ανάλογα του αριθμού συνδέσεων τους, στον πίνακα “Ranking” επιλέγεται το εικονίδιο “Color”, και μία ετικέτα για αναγνώριση του κάθε κόμβου, με το εικονίδιο “T”. (Albert Barabasi, 2012)

β) Συνδεδεμένα στοιχεία. Με τον αριθμό συνδέσεων και τον μέσο βαθμό γίνεται φανερό ποιοι είναι οι πιο σημαντικοί κόμβοι αλλά δεν είναι γνωστό ποια από τα λιμάνια είναι το ίδιο έντονα συνδεδεμένα μεταξύ τους. Σε ένα δίκτυο είναι σημαντικό

να διευρυνθεί ποιες είναι οι ισχυρές συνδέσεις που δημιουργούνται. Ένα κατευθυνόμενο γράφημα ονομάζεται έντονα συνδεδεμένο αν υπάρχει μια διαδρομή προς κάθε κατεύθυνση μεταξύ κάθε ζεύγους κορυφών του γραφήματος. Δηλαδή, υπάρχει μια διαδρομή από την πρώτη κορυφή στο ζεύγος στη δεύτερη, και υπάρχει μια άλλη διαδρομή από τη δεύτερη κορυφή έως την πρώτη. Σε ένα κατευθυνόμενο γράφημα που μπορεί να μην συνδέεται έντονα, ένα ζεύγος κορυφών λέγεται ότι είναι ισχυρά συνδεδεμένα μεταξύ τους αν υπάρχει μια διαδρομή προς οποιαδήποτε κατεύθυνση μεταξύ τους. Ένα δίκτυο συνδέεται αν όλα τα ζεύγη κόμβων στο δίκτυο είναι συνδεδεμένα. (Albert Barabasi, 2012)

Το μέτρο “Connected components” εντοπίζει βασικά σύνολα συνδεδεμένων κόμβων όπου κάθε κόμβος είναι προσβάσιμος από οποιονδήποτε άλλο κόμβο στο ίδιο σύνολο. Δηλαδή, μετράει τον αριθμό των συνδεδεμένων στοιχείων σε ένα δίκτυο. Επιλέγοντας λοιπόν να εξεταστούν οι καλά συνδεδεμένοι κόμβοι διαλέγεται και η επιλογή “Directed” η οποία εντοπίζει ισχυρά και ασθενώς συνδεδεμένα στοιχεία και λαμβάνει υπόψη την κατεύθυνση των άκρων. (Albert Barabasi, 2012)

γ) Αλγόριθμοι διάταξης. Όμως λόγω των πολλών συνδέσεων και την μικρή απόσταση μεταξύ πολλών κόμβων μπορεί να μην είναι πολύ ξεκάθαρη ακόμα η εικόνα του γραφήματος. Το γράφημα μπορεί να αλλάξει χωροθέτηση ώστε να αποκτήσει περισσότερο χώρο, αλλά και να παραμείνει στην προκαθορισμένη περιοχή. Αυτό επιτυγχάνεται με τον αλγόριθμο “Fruchterman Reingold”. Για να τρέξει ο αλγόριθμος θα πρέπει να του δοθούν και κάποιες τιμές. Η τιμή Area ορίζει το μέγεθος της περιοχής του γραφήματος, για παράδειγμα 1000 για 100 κόμβους, άρα στην δική μας έρευνα που υπάρχουν 91 λιμάνια θα πάρει την τιμή, Area: 910.0. Οι υπόλοιπες τιμές είναι Gravity: 10.0, όπου αυτή είναι η δύναμη που προσελκύει όλους τους κόμβους στο κέντρο για να αποφευχθεί η διασπορά των αποσυνδεδεμένων συνόλων, και Speed: 10.0.

Αυτή η απεικόνιση διαθέτει τους κόμβους με βαρυντικό τρόπο, έλξη-απόδραση και είναι ένας τρόπος για να απεικονιστούν τα πιο συνδεδεμένα μέρη του δικτύου. Οι κόμβοι που τοπολογικά είναι κοντά ο ένας στον άλλον τοποθετούνται στην ίδια περιοχή και οι μακρινοί κόμβοι τοποθετούνται μακριά ο ένας από τον άλλο.

Ένας άλλος αλγόριθμος διάταξης που μπορεί να δώσει μεγαλύτερο χώρο γύρω

από τους κόμβους, ώστε να αποφευχθεί η επικάλυψη, είναι ο “Force Atlas2”, ο οποίος διασκορπίζει τους κόμβους σε ομάδες. Όταν τρέχει ο αλγόριθμος “Force Atlas2” οι κόμβοι απομακρύνονται ο ένας από τον άλλον σαν φορτισμένα σωματίδια, ενώ τα άκρα προσελκύουν τους κόμβους τους. Αυτή η διάταξη προσπαθεί να μετατρέψει τις τοπολογικές εγγύτητες σε οπτικές γεινιότητες, διευκολύνοντας την ανάλυση του δικτύου.

(Grandjean M., 2015)

δ) Μέσος σταθμισμένος βαθμός. Έπειτα την εφαρμογή των παραπάνω αλγορίθμων διάταξης θα είναι ενδιαφέρον αν θα προστεθούν κάποιες περισσότερες πληροφορίες στο γράφημα δίνοντας στους κόμβους νέα χαρακτηριστικά. Έως τώρα λαμβανόταν υπόψη ότι όλες οι συνδέσεις είχαν το ίδιο βάρος, weight: 1. Στην πραγματικότητα όμως οι συνδέσεις μεταξύ των λιμανιών δεν έχουν όλες την ίδια συχνότητα δρομολογίων, άρα έχουν διαφορετικό βάρος. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να ληφθούν υπόψη αυτές οι διαφορές υπολογίζοντας τον σταθμισμένο βαθμό των κόμβων (Avg. Weighted Degree).

Ο μέσος σταθμισμένος βαθμός ενός κόμβου βασίζεται στον αριθμό συνδέσεων του, αλλά μετράται από το βάρος κάθε σύνδεσης, δηλαδή κάνει το άθροισμα του βάρους των συνδέσεων. Για τον υπολογισμό του σταθμισμένου βαθμού των κόμβων πρέπει να επιλεγεί να τρέξει το μέτρο “Avg. Weighted Degree” στο πλαίσιο “Statistics”, υπολογίζοντας έτσι την τιμή που παίρνει και εμφανίζοντας τα τρία διαγράμματα που αφορούν το βάρος των συνδέσεων των λιμανιών. Το πρώτο διάγραμμα αφορά το συνολικό βάρος των συνδέσεων των λιμανιών, το δεύτερο διάγραμμα το βάρος των εισερχόμενων συνδέσεων και το τρίτο διάγραμμα το βάρος των εξερχόμενων συνδέσεων.

Φθάνοντας στην ολοκλήρωση του γραφήματος, στον πίνακα “Preview”, χρειάζεται να γίνει ρύθμιση των τελικών λεπτομερειών, δηλαδή επιλέγονται με κλικ “Show edges”, “Curved”, “Show Labels” και δίνεται η τιμή “Opacity: 70” στις συνδέσεις, για καλύτερη αντίθεση με τους κόμβους. Έπειτα αποθηκεύεται ως εικόνα ή ως αρχείο .svg.

(Grandjean M., 2015)

ε) Κοινότητες. Το επόμενο μέτρο που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι το “Modularity”, το οποίο αφορά αλγόριθμο που ανιχνεύει τις κοινότητες που υπάρχουν στο δίκτυο. Το μέτρο “modularity” χρησιμοποιείται κυρίως για τη μείωση της πολυπλοκότητας με το σπάσιμο ενός συστήματος σε ποικίλους βαθμούς αλληλεξάρτησης και ανεξαρτησίας. Στις ρυθμίσεις του “Modularity”, το “Resolution” παίρνει τιμή 0.5. Όσο χαμηλότερη τιμή πάρει το “Resolution” τόσες περισσότερες κοινότητες θα ανιχνευτούν και όσο υψηλότερη τιμή τόσες λιγότερες.

(Grandjean M., 2015)

ζ) Διάμετρος, Συντομότερο μονοπάτι και Κεντρικά μέτρα. Έπειτα ένα άλλο μέτρο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον πίνακα “Statistics” είναι το μέτρο “Network Diameter”, το οποίο είναι η διάμετρος του δικτύου. (Grandjean M., 2015) Στο γράφημα θεωρείται ότι οι συνδεδεμένοι κόμβοι έχουν απόσταση 1. Στα φυσικά συστήματα τα συστατικά χαρακτηρίζονται από προφανείς αποστάσεις, όπως η απόσταση μεταξύ δύο λιμανιών. Η συντομότερη διαδρομή μεταξύ δύο λιμανιών i και j είναι η διαδρομή με τον μικρότερο αριθμό συνδέσμων. Σ' ένα κατευθυνόμενο δίκτυο συχνά ισχύει ότι η απόσταση d_{ij} είναι διάφορη της απόστασης d_{ji} , καθώς η ύπαρξη μιας διαδρομής από τον κόμβο i στον κόμβο j δεν εγγυάται την ύπαρξη διαδρομής από j σε i .

Η διάμετρος ενός δικτύου είναι η μεγαλύτερη απόσταση στο γράφημα από όλα τα υπολογισμένα συντομότερα μονοπάτια σε ένα δίκτυο η αλλιώς η μικρότερη απόσταση μεταξύ των δύο πιο απομακρυσμένων κόμβων του δικτύου. Για να βρεθεί η διάμετρος ενός γραφήματος, πρέπει να βρεθεί πρώτα η μικρότερη διαδρομή μεταξύ κάθε ζεύγους κορυφών. Το μεγαλύτερο μήκος οποιουδήποτε από αυτά τα μονοπάτια είναι η διάμετρος του γραφήματος.

Όταν τρέξει το μέτρο “Network Diameter” από τον πίνακα “Statistics”, τα αποτελέσματα που εμφανίζονται είναι η Διάμετρος του δικτύου και το συντομότερο μονοπάτι μεταξύ κάθε ζεύγους κορυφών (Avg Path Length). Το μήκος διαδρομής (Average Path Length) αφορά τον μέσο όρο των μικρότερων διαδρομών μεταξύ όλων των ζευγών κόμβων. Η μαθηματική του έκφραση είναι:

$$\langle d \rangle = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i,j=1,N} d_{i,j} , \text{ όπου } N \text{ είναι ο συνολικός αριθμός των κόμβων στο δίκτυο}$$

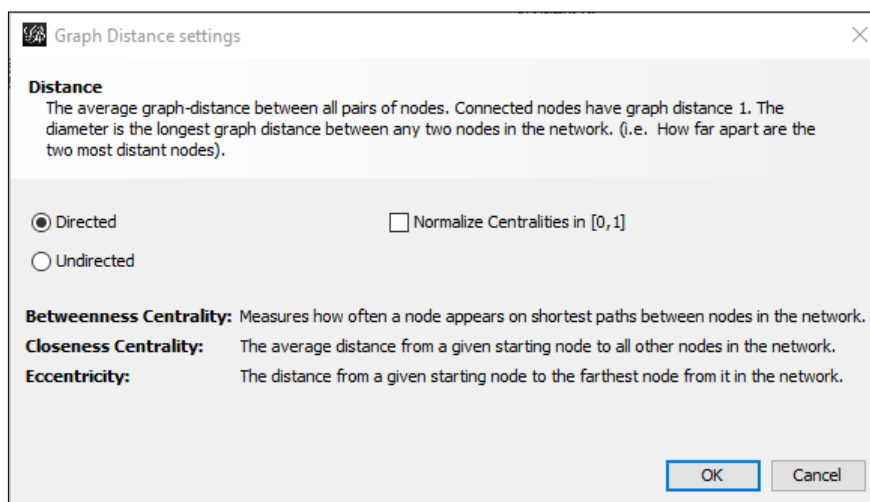
και d_{ij} είναι η απόσταση μεταξύ κόμβου i και j . Το μέσο μήκος διαδρομής σε ένα πλαίσιο θαλάσσιου δικτύου αναφέρεται στον μέσο αριθμό των ενδιάμεσων λιμένων που πρέπει να περάσουν εάν τα αγαθά αποστέλλονται από το ένα λιμάνι στο άλλο. Τρέχοντας το μέτρο “Network Diameter”, εκτός από τις παραπάνω τιμές, υπολογίζονται και τέσσερα κεντρικά μέτρα.

(Albert Barabasi, 2012)

Οι τέσσερις τύποι κεντρικών μέτρων παρέχουν βασικές μετρήσεις για την ανάλυση της θέσης ενός κόμβου ή λιμανιού στο δίκτυο, και τα οποία είναι:

1. Degree Centrality, αριθμός συνδέσεων
2. Closeness Centrality, εγγύτητα με όλο το δίκτυο
3. Eigenvector Centrality, σύνδεση με καλά συνδεδεμένους κόμβους, και
4. Betweenness Centrality, κεντρική θέση.

Εικόνα 2.2: Ρυθμίσεις για να τρέξει το μέτρο “Network Diameter”



Το κεντρικό μέτρο “Closeness Centrality” αφορά την εγγύτητα, δηλαδή την μέση απόσταση από τον ένα αρχικό κόμβο σε άλλους κόμβους του δικτύου. Η “Closeness Centrality” είναι ένα μέτρο που υποδεικνύει πόσο κοντά είναι ένας κόμβος σε όλους τους άλλους κόμβους σε ένα δίκτυο, ανεξάρτητα από το αν ο κόμβος βγαίνει ή όχι στον συντομότερο δρόμο μεταξύ άλλων κόμβων. Αν ένας κόμβος εμφανίζει υψηλή τιμή “Closeness Centrality” σημαίνει ότι υπάρχει μεγάλη μέση απόσταση από άλλους κόμβους στο δίκτυο. Επομένως, μια μικρή τιμή “Closeness Centrality” σημαίνει ότι

υπάρχει μια μικρή μέση απόσταση από όλους τους άλλους κόμβους του δικτύου. (Grandjean M., 2015)

Το τρίτο μέτρο καταγράφει την απόσταση μεταξύ ενός κόμβου και του κόμβου που είναι πιο μακριά από αυτό. Αυτό το μέτρο ερευνάται με τον υπολογισμό της συντομότερης διαδρομής μεταξύ αυτού του κόμβου και όλων των άλλων κόμβων στο γράφημα και τότε επιλέγεται η "μακρύτερη" συντομότερη διαδρομή. Αν ο κόμβος παρουσιάζει υψηλή τιμή στο μέτρο αυτό σημαίνει ότι όλοι οι άλλοι κόμβοι είναι κοντά. Αντίθετα, αν εμφανίζει χαμηλή τιμή, αυτό σημαίνει ότι υπάρχει τουλάχιστον ένας κόμβος (και όλοι οι γείτονές του) που απέχει πολύ από τον κόμβο αυτό. Ακόμη μπορεί να ερμηνευθεί ως η ευκολία ενός κόμβου που επιτυγχάνεται λειτουργικά από όλους τους άλλους κόμβους στο δίκτυο. Έτσι, ένας κόμβος με υψηλή τιμή, σε σύγκριση με τη μέση τιμή του δικτύου, θα επηρεάζεται ευκολότερα από τη δραστηριότητα άλλων κόμβων ή αντίστροφα θα μπορούσε εύκολα να επηρεάσει αρκετούς άλλους κόμβους. Αντίθετα, η χαμηλή τιμή, σε σύγκριση με τη μέση "τιμή του δικτύου, θα μπορούσε να υποδηλώνει έναν περιθωριακό λειτουργικό ρόλο.

Ωστόσο το πιο σημαντικό από τα τέσσερα μέτρα θεωρείται το τελευταίο, το οποίο αφορά την κεντρικότητα μεταξύ σημείων και ελέγχει την θέση που έχει ένας κόμβος με βάση τους υπόλοιπους κόμβους. Αποτελεί ένα μέτρο κεντρικής θέσης ενός κόμβου σε ένα δίκτυο και μετράει όλα τα μικρότερα μονοπάτια μεταξύ κάθε ζεύγους κόμβων του δικτύου και το πόσες φορές ένας κόμβος βρίσκεται σε μια μικρότερη διαδρομή μεταξύ δύο άλλων. Η κεντρική θέση μεταξύ ενός κόμβου i δίνεται από την έκφραση:

$$B_i = \sum_{k, j} \frac{\sum_{l \in S_{kj}} \delta_j^l}{|S_{kj}|}, \quad \text{όπου } s \text{ είναι ο συνολικός αριθμός των μικρότερων διαδρομών από τον κόμβο } k \text{ στον κόμβο } j \text{ και } d \text{ είναι ο αριθμός εκείνων}$$

των διαδρομών που διέρχονται από το i . Η κεντρική θέση έχει πολύ ενδιαφέρον καθώς επιτρέπει να ανιχνεύεις κόμβους που κατέχουν μια ενδιάμεση θέση μεταξύ δύο άλλων. Εάν η κεντρική θέση μεταξύ κόμβων είναι υψηλή, ο κόμβος λειτουργεί ως κεντρικός κόμβος στο δίκτυο μεταφοράς.

(Albert Barabasi, 2012)

η) Γεωγραφική αναφορά κόμβων. Αφού πραγματοποιηθεί η μελέτη του δικτύου, με

βάση τα πιο σημαντικά μέτρα από τον πίνακα “Statistics”, επόμενο βασικό βήμα είναι η γεωγραφική αναφορά των λιμανιών στον χάρτη. Το αποτέλεσμα της γεωγραφικής αναφοράς των λιμανιών είναι και το τελευταίο βήμα για την τελειοποίηση του χάρτη. Η γεωγραφική αναφορά πραγματοποιείται με την βοήθεια ενός πρόσθετου εργαλείου του “Geolayout”. (Grandjean M., 2015)

Το πρόσθετο εργαλείο Geo Layout θα βοηθήσει τώρα ώστε να εμφανιστούν οι κόμβοι με γεωγραφικό τρόπο. Η τοποθέτηση των λιμανιών στο χάρτη εξαρτάται από το σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων και το προβολικό σύστημα. Οι τιμές που παίρνει το εργαλείο Geo Layout είναι: κλίμακα 20.000, "Γεωγραφικό πλάτος", "Γεωγραφικό μήκος" και η προβολή ορίζεται ως "Mercator". Ο χάρτης που δημιουργείται ονομάζεται “χάρτης σημείων” και δίνει μία πρώτη εικόνα για το σχήμα της περιοχής μελέτης και τα πιθανά πρότυπα που μπορεί να δημιουργούνται από την τοποθέτηση των σημείων πάνω σε αυτόν (Γεώργιος Ν. Φώτης, 2009).

Επειδή όμως κάποιοι κόμβοι τώρα μπορεί να επικαλύπτονται από άλλους κόμβους μπορεί να επιλεγεί από το κυλιόμενο μενού “Layout” το πρόσθετο εργαλείο διάταξης “Nooverlap”, με περιθώριο 5,0, για να αποφευχθεί η επικάλυψη τους. Έπειτα από το παράθυρο “Preview” με τον καθορισμό των τελευταίων λεπτομερειών, όπως της γραμματοσειράς, ο τελικός χάρτης εξάγεται σε αρχείο .png, σε αρχείο .svg και σε kmz. (Grandjean M., 2015)

2.4.1 Χαρτογράφηση του δικτύου. Το αρχείο που κατασκευάζεται ύστερα από την χρήση των παραπάνω μέτρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή χάρτη με την βοήθεια ενός χάρτη υπόβαθρου. (Grandjean M., 2015) Στην κατασκευή χάρτη με υπόβαθρο μπορεί να βοηθήσει το πρόγραμμα Inkscape και το Google Earth. Το Inkscape είναι επεξεργαστής διανυσματικών γραφικών ανοικτού κώδικα. Με το Inkscape, μπορεί να παραχθεί μια μεγάλη ποικιλία τέχνης, από φωτορεαλιστικά σχέδια έως οργανωτικά γραφήματα και χρησιμοποιεί το svg, μια ισχυρή γλώσσα σχεδίασης. Για την κατασκευή χάρτη στο Inkscape, εισάγεται το αρχείο svg μαζί με έναν χάρτη υπόβαθρο της Ελλάδας που θα βρίσκεται στο ίδιο προβολικό σύστημα "Mercator".

Για την κατασκευή χάρτη με υπόβαθρο τον χάρτη της Ελλάδας στο Google Earth χρησιμοποιείται το πρόσθετο εργαλείο “Export to Earth” από το gephi, με την

βοήθεια του οποίου εξάγονται τα δίκτυα με γεωγραφικές διαστάσεις σε ένα αρχείο kmz. Αποθηκεύοντας λοιπόν τον χάρτη σε αρχείο .kmz μπορεί στην συνέχεια να εισαχθεί στο Google Earth οπτικοποιώντας σε καλύτερο βαθμό το αποτέλεσμα μας.

Κεφάλαιο 3ο: Δεδομένα για τις ακτοπλοϊκές μεταφορές στον νησιωτικό ελλαδικό χώρο

3.1 Δεδομένα

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη έρευνα αφορούν δεδομένα ακτοπλοϊκής σύνδεσης για τα λιμάνια στον ελλαδικό χώρο. Συγκεκριμένα είναι στοιχεία δρομολογίων που συλλέχθηκαν με βάση την εβδομαδιαία συχνότητα για τον μήνα Ιούλιο του 2018. Τα λιμάνια που επιλέχθηκαν για την έρευνα αριθμούνται στα 91 και οι μεταξύ τους συνδέσεις στις 738. Η επιλογή τους έγινε λαμβάνοντας υπόψη κάποια κριτήρια, όπως το ποια λιμάνια είναι τα πιο δημοφιλή, αν το λιμάνι ανήκει σε κατοικήσιμη περιοχή και αν όντως υφίσταται ακτοπλοϊκή σύνδεση, ενώ μερικές περιοχές με ύπαρξη πάνω από έναν λιμένα, λήφθηκαν υπόψη ως ένα λιμάνι. Από τα 91 λιμάνια που επιλέχθηκαν τα δεκατέσσερα αφορούν λιμένες της ηπειρωτικής χερσονήσου, συμπεριλαμβανομένου τα λιμάνια της Εύβοιας, με κυρίαρχο το λιμάνι του Πειραιά.

Η συλλογή των δεδομένων έγινε με βάση τα στοιχεία που παρείχαν οι παρακάτω ακτοπλοϊκές εταιρείες: Blue Star Ferries, Sea Jet (Champion Jet1, Champion Jet2, Tera Jet, Paros Jet, Sea Jet2, Andros Jet, Naxos Jet, Mega Jet), Caldera Vista, Aqua Blue, Hellenic Seaways (Νήσος Μύκονος, Νήσος Χίος, Νήσος Σάμος, Αριάδνη, Νήσος Ρόδος, Άρτεμις, Εξπρές Σκιάθου, Εξπρές Πήγασος), Hellenic Highspeed, Hellenic flyingcat 5, Anek Lines, Minoan Lines, ANES Ferries (Sebeco, Άγιος Νεκτάριος, Πρωτεύς), IONION P. LINES και Corfu Ferries, για τον Ιούλιο του 2018.

Στην καταγραφή των δεδομένων για την πραγματοποίηση της έρευνας σημαντικό ρόλο έπαιξε το Microsoft Excel το οποίο αποτελεί πρόγραμμα λογιστικών φύλλων. Το Excel έχει τα βασικά χαρακτηριστικά όλων των λογιστικών φύλλων, χρησιμοποιώντας ένα πλέγμα κελιών διατεταγμένων σε αριθμημένες σειρές και στήλες. (https://el.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel) Για την καταγραφή των δεδομένων χρειάζονται δύο αρχεία excel, από τα οποία το ένα αφορά τα λιμάνια και το άλλο αφορά τις συνδέσεις μεταξύ τους. Το πρώτο αρχείο excel πρέπει να περιέχει τέσσερις στήλες:

- ένα αύξοντα αριθμό, ως αναγνωριστικό των λιμανιών
- την ονομασία των λιμανιών
- το γεωγραφικό μήκος, και
- το γεωγραφικό πλάτος τους.

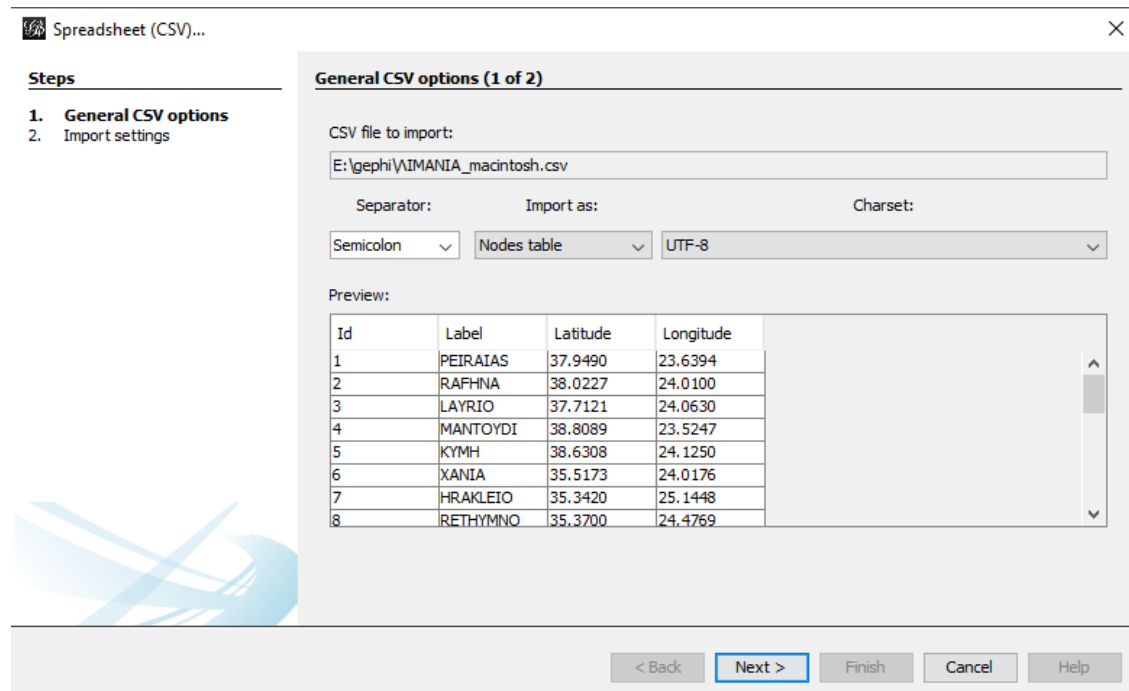
Τα στοιχεία στις δύο τελευταίες στήλες, που αφορούν τις συντεταγμένες, βρέθηκαν με την βοήθεια ενός ιδιαίτερα χρηστικού εργαλείου, τον ιστότοπο: www.apostaseis.gr. Οι συντεταγμένες παίζουν ρόλο στον προσδιορισμό των θέσεων των λιμανιών, άρα και στην πραγματική τους θέση πάνω στην γη.

Το δεύτερο αρχείο EXCEL, με τις ακτοπλοϊκές συνδέσεις μεταξύ των λιμανιών, περιέχει έξι στήλες:

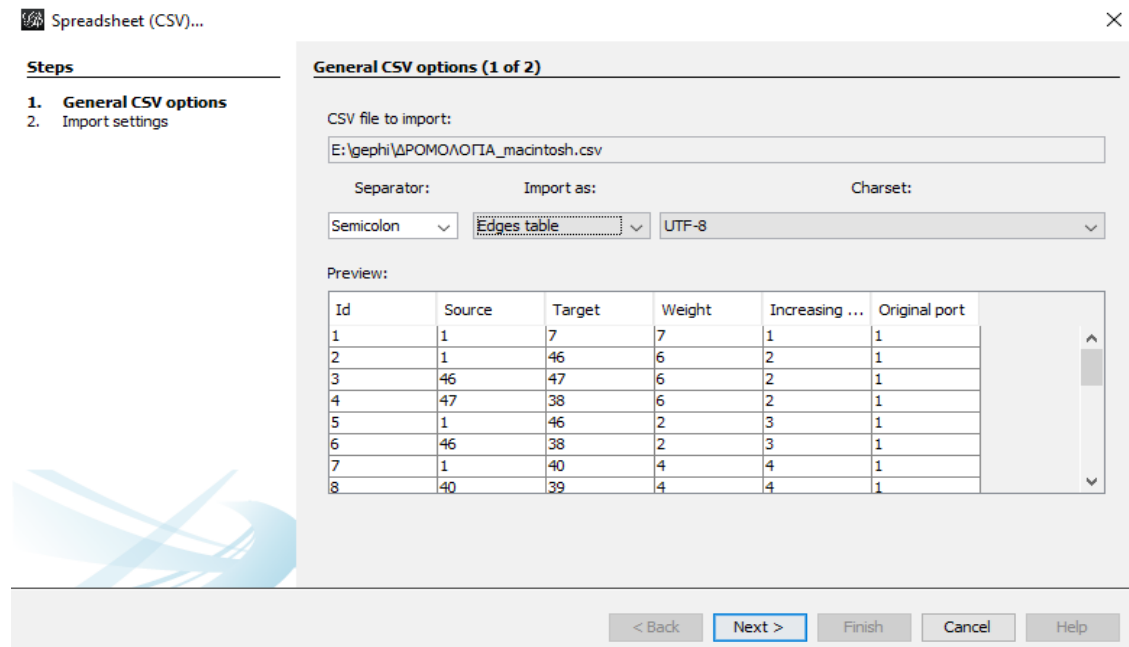
- τον αύξοντα αριθμό, ο οποίος δίνει τον αριθμό συνδέσεων
- το λιμάνι αναχώρησης, από το οποίο ξεκινάει το δρομολόγιο
- το λιμάνι προορισμού, στο οποίο κατευθύνεται το δρομολόγιο
- το βάρος ή η συχνότητα, το πόσες φορές πραγματοποιείται την εβδομάδα το συγκεκριμένο δρομολόγιο
- τον αύξοντα αριθμό δρομολογίου, που δίνει τον αριθμό δρομολογίων, και
- το αρχικό λιμάνι, από όπου ξεκίνησε το δρομολόγιο.

Στην συνέχεια η οπτικοποίηση των στοιχείων των δύο παραπάνω αρχείων excel και η κατασκευή του ακτοπλοϊκού δικτύου πραγματοποιείται με τις δυνατότητες που παρέχει το λογισμικό Gephi καθώς βασική δυνατότητα του λογισμικού είναι η μετατροπή του δικτύου σε γράφημα. Ωστόσο το πρόγραμμα Gephi δεν εισάγει αρχεία excel αλλά αρχεία csv, έτσι τα αρχεία excel αποθηκεύονται σε μορφή csv. Επιπλέον, με βάση τις δυνατότητες του συγκεκριμένου λογισμικού, μπορούν να αξιοποιηθούν και κάποια επιπρόσθετα εργαλεία τα οποία παρέχει, για την υπέρβαση των βασικών του λειτουργιών.

Εικόνα 3.1: Εισαγωγή αρχείου csv κόμβων στο Gephi



Εικόνα 3.2: Εισαγωγή αρχείου csv συνδέσεων των κόμβων στο Gephi

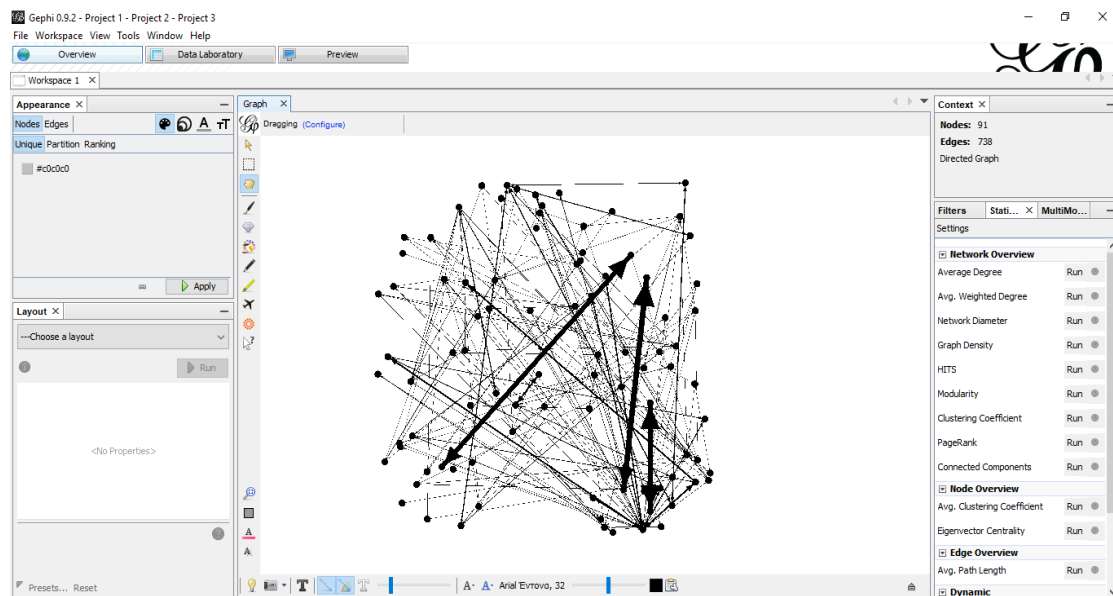


Κεφάλαιο 4ο: Αποτελέσματα ανάλυσης δικτύου των ακτοπλοϊκών μεταφορών στον νησιωτικό ελλαδικό χώρο

4.1 Αποτελέσματα

Τα δεδομένα δρομολογίων για τις ακτοπλοϊκές συνδέσεις στην Ελλάδα, για τον Ιούλιο του 2018, που καταγράφηκαν σε excel το οποίο μετατράπηκε σε αρχείο csv, επεξεργάστηκαν με την βοήθεια του λογισμικού Gephi. Ανοίγοντας τα στοιχεία στον πίνακα “Overview” του λογισμικού παράγεται μία επισκόπηση του γραφήματος η οποία είναι ακατάλληλη καθώς δεν δίνει κάποια πληροφορία για τα λιμάνια και τις μεταξύ τους συνδέσεις.

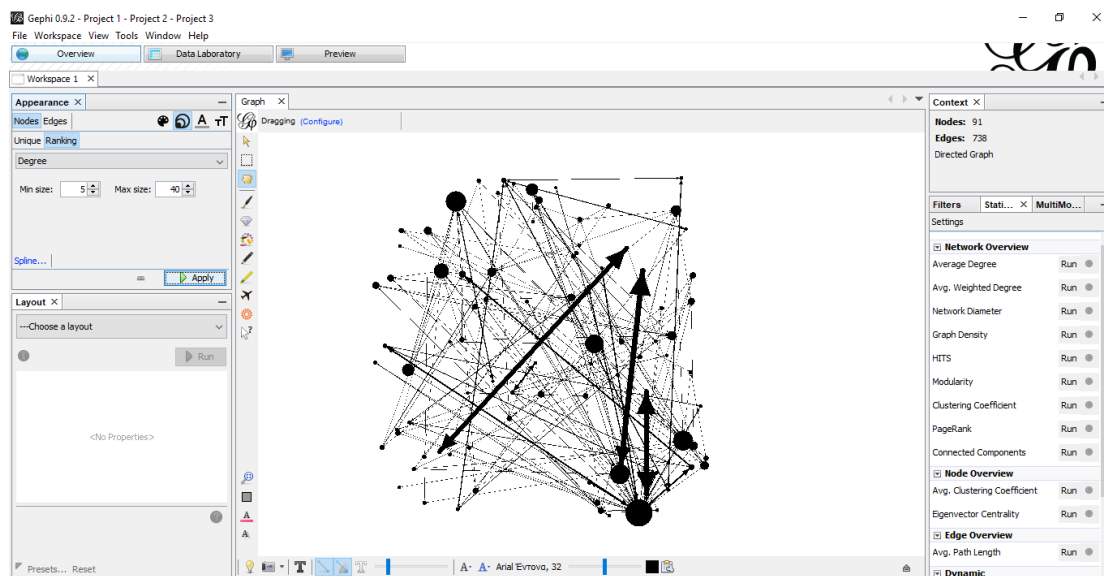
Γράφημα 4.1: Η εισαγωγή των ακτοπλοϊκών δεδομένων στο Gephi



Στην συνέχεια με βάση τα μέτρα που χρησιμοποιήθηκαν προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

α) **Βαθμός.** Το γράφημα αλλάζει η εικόνα με την εισαγωγή βαθμού στους κόμβους. Τα λιμάνια αλλάζουν μέγεθος στο γράφημα, ανάλογο του αριθμού συνδέσεων τους, ώστε να αποκτήσει μία πρώτη πληροφορία.

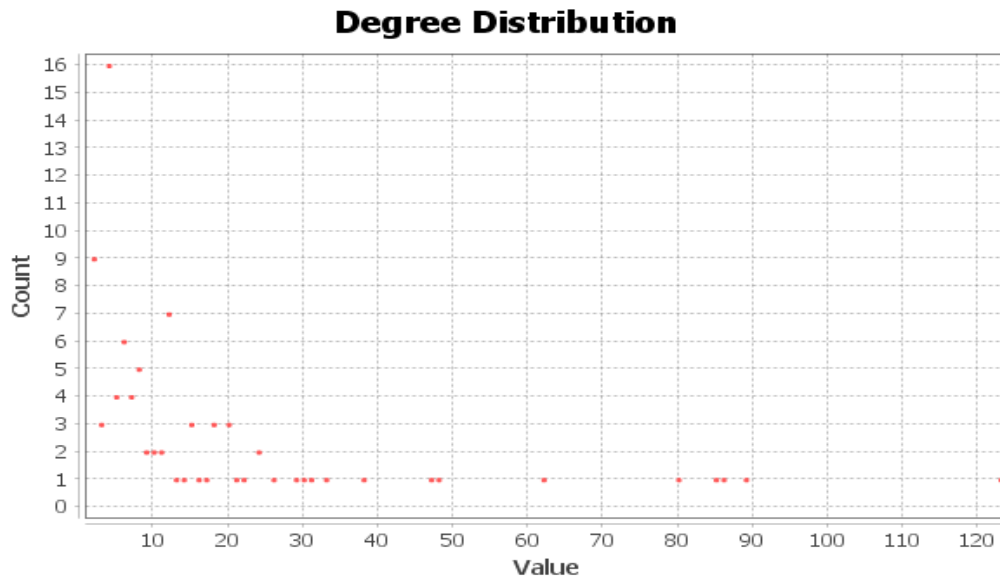
Γράφημα 4.2: Η εισαγωγή βαθμού στα λιμάνια



Στο καινούργιο διάγραμμα που διαμορφώνεται οι κόμβοι δεν έχουν το ίδιο μέγεθος. Το μεγαλύτερο μέγεθος το εμφανίζει το λιμάνι που βρίσκεται στο κάτω μέρος του γραφήματος και το οποίο έχει και τις περισσότερες συνδέσεις, άρα αφορά ένα κεντρικό κόμβο. Με την βοήθεια του μέσου βαθμού (Average Degree) γίνεται φανερός ο αριθμός των συνδέσεων, εισερχόμενων και εξερχόμενων, για τα λιμάνια και ο Μέσος Βαθμός είναι 8.110. Δηλαδή, διαιρώντας τις 738 συνδέσεις με τα 91 λιμάνια. Τρέχοντας το παραπάνω μέτρο εμφανίζονται και τρία διαγράμματα: “Degree Distribution”, “InDegree Distribution” και “OutDegree Distribution”.

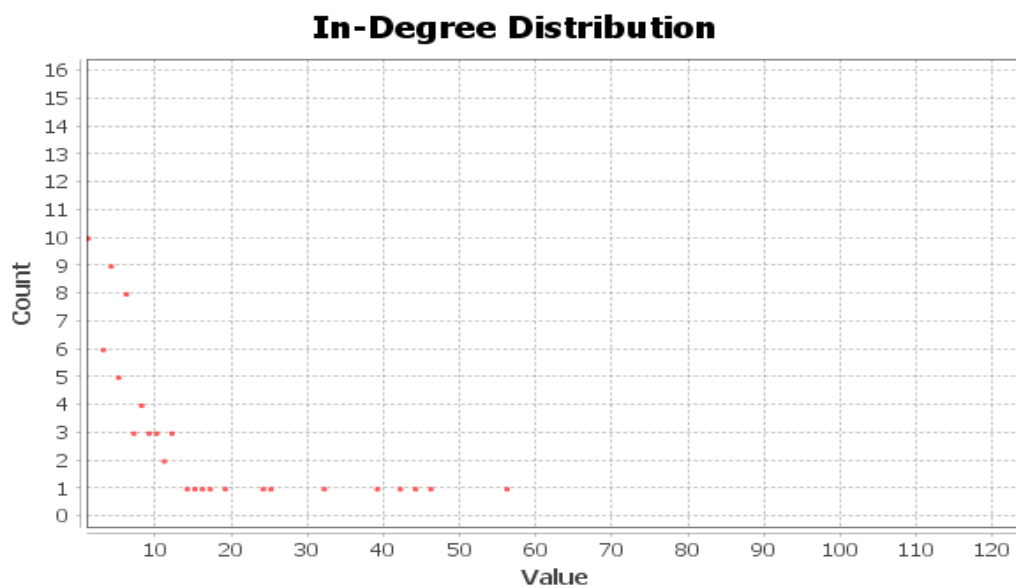
Το διάγραμμα “Degree Distribution” αφορά το σύνολο των συνδέσεων, όπου στην κάθετο γραμμή του διαγράμματος έχουμε τον αριθμό των λιμανιών και στην οριζόντια γραμμή των αριθμό των συνδέσεων.

Διάγραμμα 4.1: Ο αριθμός των ακτοπλοϊκών συνδέσεων

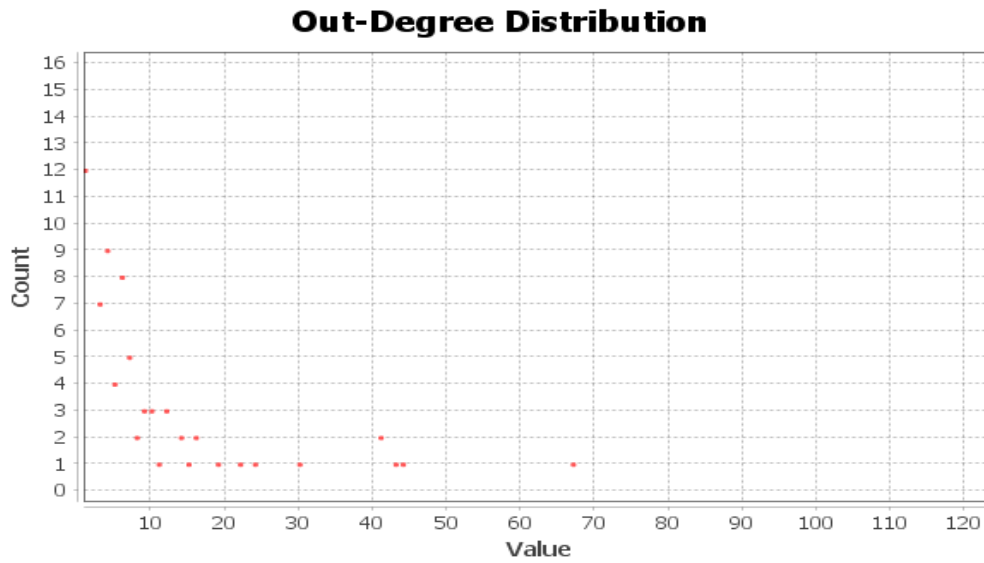


Εννέα λιμάνια έχουν μόνο δύο συνδέσεις, τρία λιμάνια έχουν τρεις συνδέσεις, δεκαέξι λιμάνια έχουν τέσσερις συνδέσεις και τις περισσότερες ακτοπλοϊκές συνδέσεις τις εμφανίζει μόνο ένα λιμάνι, οι οποίες ανέρχονται στις εκατόν είκοσι τρεις συνδέσεις. Αντίστοιχα και στα διαγράμματα των εισερχόμενων και εξερχόμενων συνδέσεων, στην κάθετο γραμμή είναι ο αριθμός των λιμανιών και στην οριζόντια ο αριθμός των συνδέσεων τους.

Διάγραμμα 4.2: Ο αριθμός των εισερχόμενων ακτοπλοϊκών συνδέσεων



Διάγραμμα 4.3: Ο αριθμός των εξερχόμενων ακτοπλοϊκών συνδέσεων



Στις εισερχόμενες ακτοπλοϊκές συνδέσεις, δέκα λιμάνια έχουν μία μόνο εισερχόμενη σύνδεση και ένα λιμάνι φτάνει τις πενήντα έξι εισερχόμενες συνδέσεις. Στο διάγραμμα των εξερχόμενων συνδέσεων, δώδεκα λιμάνια έχουν μόνο μία εξερχόμενη σύνδεση, επτά λιμάνια έχουν τρεις, εννέα λιμάνια έχουν τέσσερις και ένα μόνο λιμάνι φτάνει στις εξήντα επτά εξερχόμενες συνδέσεις. Βέβαια παρατηρούνται και άλλα τέσσερα λιμάνια με υψηλό αριθμό εξερχόμενων συνδέσεων. Δύο λιμάνια έχουν σαράντα μία εξερχόμενες συνδέσεις, ένα σαράντα τρεις και ένα σαράντα τέσσερις.

Επίσης ο αριθμός συνδέσεων για κάθε λιμάνι μπορεί να εντοπιστεί και στον Πίνακα “Data Laboratory”. Αυτός ο πίνακας δείχνει τον αριθμό των συνδέσεων που αντιστοιχεί σε κάθε λιμάνι, εισερχόμενες και εξερχόμενες συνδέσεις.

Πίνακας 4.1: Ακτοπλοϊκές συνδέσεις, εισερχόμενες και εξερχόμενες

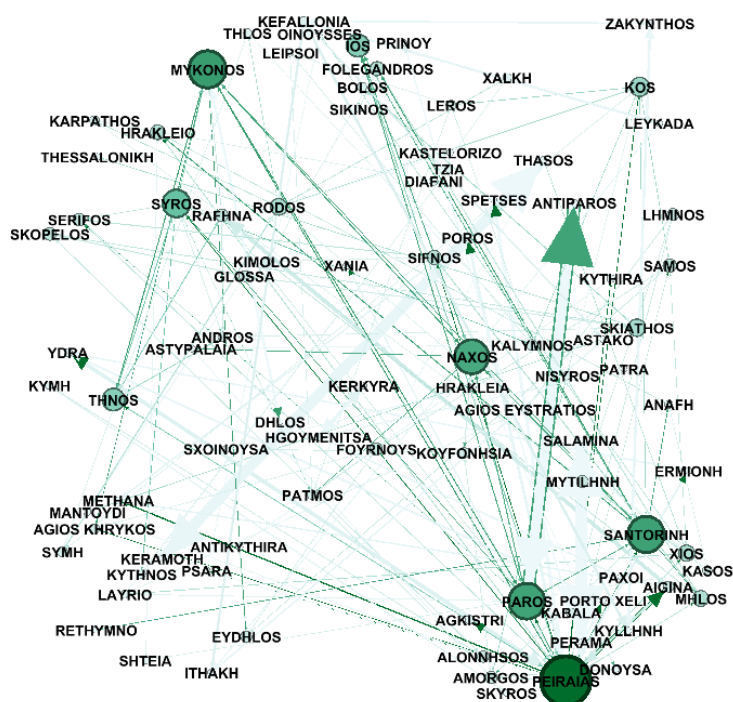
ΛΙΜΑΝΙΑ	ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΕΣ	ΕΞΕΡΧΟΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
RETHYMNO	1	2	3
SALAMINA	1	1	2
SPETSES	1	1	2
ANTIPAROS	1	1	2
DHLOS	1	1	2
PAXOI	1	1	2
PATRA	1	1	2
PERAMA	1	1	2
KERAMOTH	1	1	2
PRINOY	1	1	2
LAYRIO	2	5	7
MANTOYDI	2	3	5
KYMH	2	4	6
THASOS	2	2	4
PSARA	2	2	4
SKYROS	2	1	3
POROS	2	3	5
SIKINOS	2	2	4
HRAKLEIA	2	2	4
DONOYSA	2	2	4
SXOINOYSA	2	2	4
ASTYPALAIA	2	2	4
KASTELORIZO	2	2	4
ZAKYNTHOS	2	2	4
KERKYRA	2	1	3
LEYKADA	2	2	4
KYLLHNH	2	2	4
THESSALONIKH	2	2	4
OINOYSSES	2	2	4
ASTAKO	2	2	4
ERMIONH	2	2	4
PORTO XELI	2	2	4
XANIA	3	2	5
ITHAKH	3	3	6
KYTHIRA	3	4	7
AGIOS EYSTRATIOS	3	3	6
SHTEIA	3	3	6
HGOYMENITSA	3	4	7
ANTIKYTHIRA	4	1	5
METHANA	4	2	6
YDRA	4	4	8
TZIA	4	3	7

KEFALLONIA	5	5	10
BOLOS	5	6	11
AGIOS KHRYKOS	6	6	12
ANDROS	6	6	12
KIMOLOS	6	6	12
KARPATOS	6	6	12
KASOS	6	6	12
LEROS	6	6	12
PATMOS	6	6	12
SYMH	6	7	13
KOYFONHSIA	7	7	14
KABALA	7	4	11
GLOSSA	7	8	15
RAFHNA	8	12	20
AIGINA	8	7	15
KALYMNOS	8	7	15
EYDHLOS	8	8	16
MYTILHNH	9	9	18
LHMNOS	9	9	18
AMORGOS	9	9	18
ALONNHSOS	10	7	17
SERIFOS	10	10	20
FOYRNOYS	10	10	20
SAMOS	11	11	22
SKOPELOS	11	10	21
HRAKLEIO	12	14	26
SIFNOS	12	12	24
FOLEGANDROS	12	12	24
XIOS	14	16	30
MHLOS	15	14	29
RODOS	16	15	31
SKIATHOS	17	16	33
KOS	19	19	38
IOS	24	24	48
THNOS	25	22	47
SYROS	32	30	62
NAXOS	39	41	80

Στον πίνακα παρατηρείται ότι πρώτος έρχεται ο Πειραιάς με 123 συνδέσεις, από τις οποίες οι 56 είναι εισερχόμενες και οι 67 εξερχόμενες. Εξετάζοντας τις εισερχόμενες συνδέσεις μετά τον Πειραιά ακολουθούν η Μύκονος (46), η Πάρος (44), η Σαντορίνη(42), η Νάξος (39), η Σύρος(32), η Τήνος (25), η Ίος (24) και έπειτα τα υπόλοιπα λιμάνια. Τελευταία στην σειρά είναι τα λιμάνια Παξοί, Δήλος, Αντίπαρος, Σπέτσες, Σαλαμίνα και Ρέθυμνο τα οποία εμφανίζουν μία μόνο εισερχόμενη ακτοπλοϊκή σύνδεση.

Ανάλογα με τον αριθμό συνδέσεων τους, στο παρακάτω γράφημα, τα λιμάνια χρωματίζονται σε αποχρώσεις του πράσινου, και τους δίνεται μία ετικέτα για αναγνώριση. Οι κόμβοι με το μεγαλύτερο μέγεθος χρωματίζονται με πράσινο και οι λιγότερο δημοφιλείς κόμβοι με πιο ανοιχτή απόχρωση του.

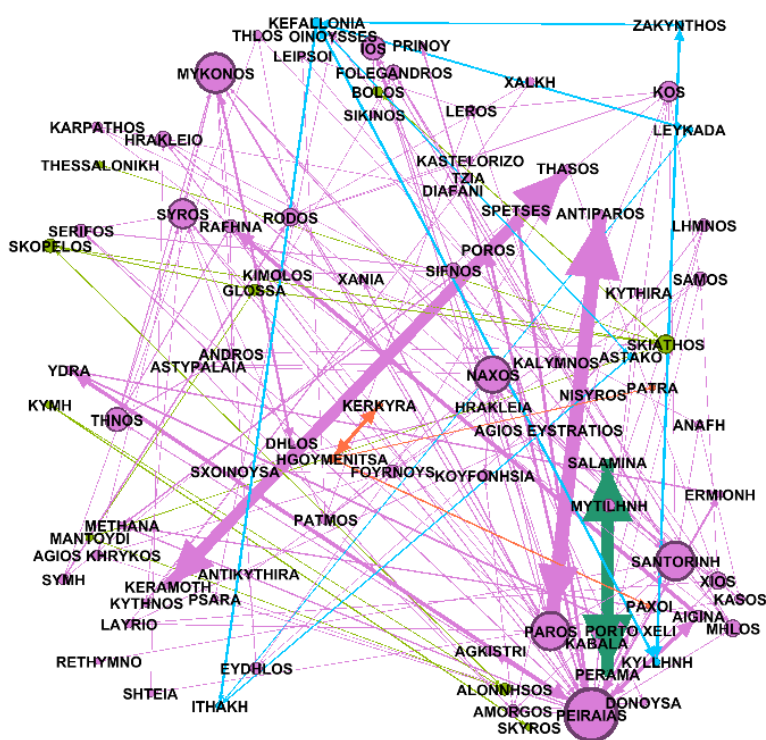
Γράφημα 4.3: Χρωματισμός των λιμανιών ανάλογα τον αριθμό συνδέσεων και εισαγωγή ετικετών στα λιμάνια



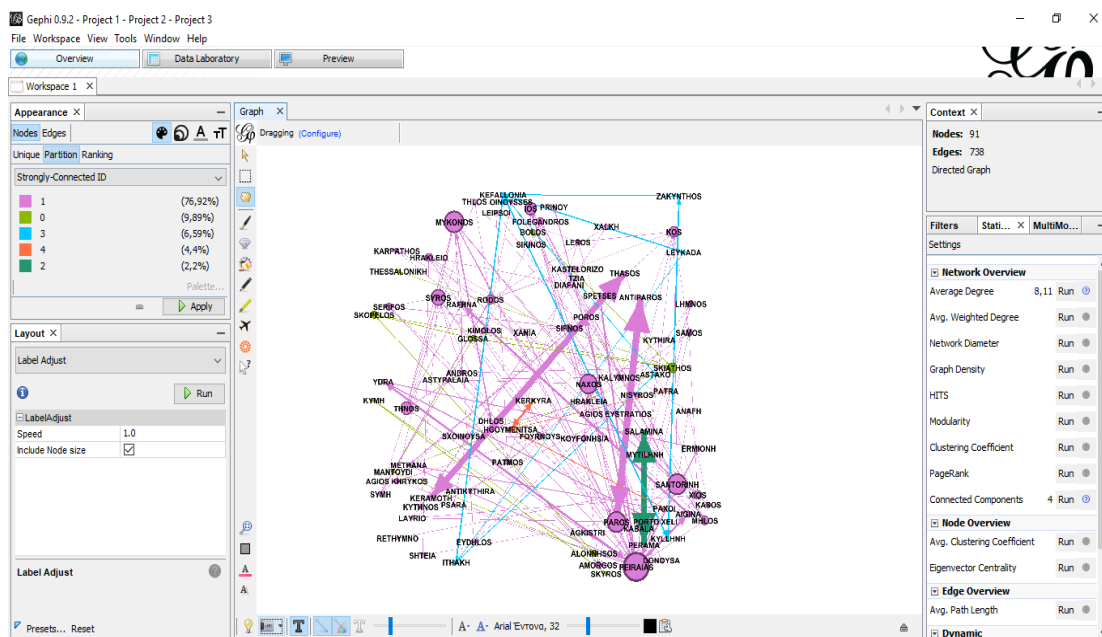
Το λιμάνι του Πειραιά έχει την πιο σκούρα απόχρωση και τις περισσότερες συνδέσεις, εισερχόμενες και εξερχόμενες. Όσο πιο μεγάλο μέγεθος εμφανίζει ένας κόμβος τόσο και πιο δημοφιλής θα είναι. Άρα είναι φυσικό το λιμάνι του Πειραιά να θεωρείται και το πιο δημοφιλές. Μετά τον Πειραιά ακολουθεί η Μύκονος, η Σαντορίνη, η Πάρος, η Νάξος, η Σύρος, η Ιός, η Τήνος και η Κως. Οι υπόλοιποι κόμβοι έχουν μικρότερο αριθμό συνδέσεων και είναι λιγότερο δημοφιλής, με τελευταία θέση να παίρνουν τα λιμάνια της Σαλαμίνας, οι Σπέτσες, η Αντίπαρος, η Δήλος, οι Παξοί, η Πάτρα, το Πέραμα, η Κεραμωτή και το λιμάνι Πρίνου.

β) Συνδεδεμένα στοιχεία. Στο δίκτυο των λιμανιών κάποια λιμάνια δημιουργούν ισχυρές συνδέσεις μεταξύ τους. Το μέτρο “Connected components” εντόπισε 5 ισχυρές συνδέσεις και 4 αδύναμες συνδέσεις. Αυτό δείχνει ότι υπάρχουν πέντε διαφορετικά έντονα συνδεδεμένα στοιχεία, που σημαίνει ότι η ακτοπλοϊκή σύνδεση δεν θα γίνεται σε όλο το δίκτυο ακολουθώντας κατευθυνόμενες άκρες. Οι πέντε χρωματικές ενότητες που δημιουργήθηκαν δείχνουν τα λιμάνια που συνδέονται μεταξύ τους.

Γράφημα 4.4: Συνδεσιμότητα μεταξύ των λιμανιών



Γράφημα 4.5: Συνδεσιμότητα μεταξύ των λιμανιών

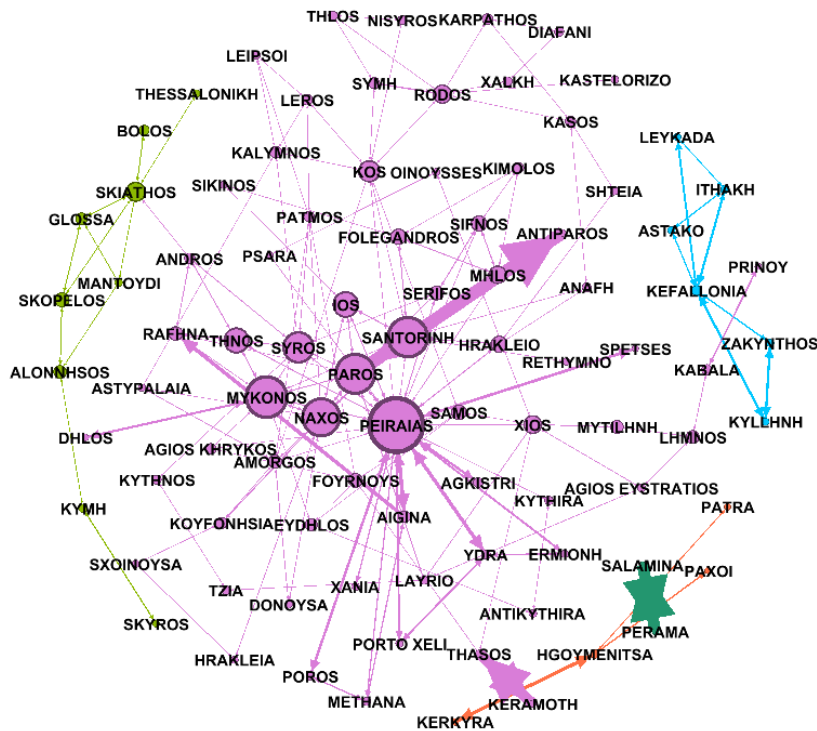


Η πρώτη χρωματική ομάδα με το πράσινο χρώμα περιλαμβάνει το λιμάνι του Βόλου, της Θεσσαλονίκης, της Κύμης, του Μαντουδίου και τα λιμάνια που βρίσκονται στα νησιά των Σποράδων. Η δεύτερη χρωματική ομάδα με το γαλάζιο χρώμα περιλαμβάνει το λιμάνι της Κυλλήνης, του Αστακού και τα λιμάνια που βρίσκονται στα νησιά των Επτανήσων, εκτός αυτό της Κέρκυρας, το οποίο ανήκει στην πορτοκαλί χρωματική ομάδα με το λιμάνι της Ηγουμενίτσας, της Πάτρας και των Παξών. Η τέταρτη χρωματική ομάδα με κόκκινο χρώμα αφορά το Πέραμα και την Σαλαμίνα, και η τελευταία και μεγαλύτερη χρωματική ομάδα είναι η μοβ η οποία περιλαμβάνει τα λιμάνια της Αθήνας, των Κυθήρων, των Αντικυθήρων, τα λιμάνια του Αργοσαρωνικού, των Δωδεκανήσων, των Κυκλάδων και τα λιμάνια των νησιών του Βόρειου Αιγαίου. Επίσης η μοβ ομάδα περιλαμβάνει και τους πιο δημοφιλείς προορισμούς του γραφήματος, όπως είναι ο Πειραιάς, η Μύκονος και η Σαντορίνη.

γ) Αλγόριθμοι διάταξης. Τρέχοντας τον αλγόριθμο “Fruchterman Reingold” η χωροθέτηση των λιμανιών στο γράφημα αλλάζει και αποκτάει περισσότερο χώρο, αλλά παραμένει στην προκαθορισμένη περιοχή. Αυτή η απεικόνιση διαθέτει τους κόμβους με βαρυντικό τρόπο, έλξη-απόδραση. Οι κόμβοι που τοπολογικά είναι κοντά ο ένας στον άλλον τοποθετούνται στην ίδια περιοχή και οι μακρινοί κόμβοι

τοποθετούνται μακριά ο ένας από τον άλλο.

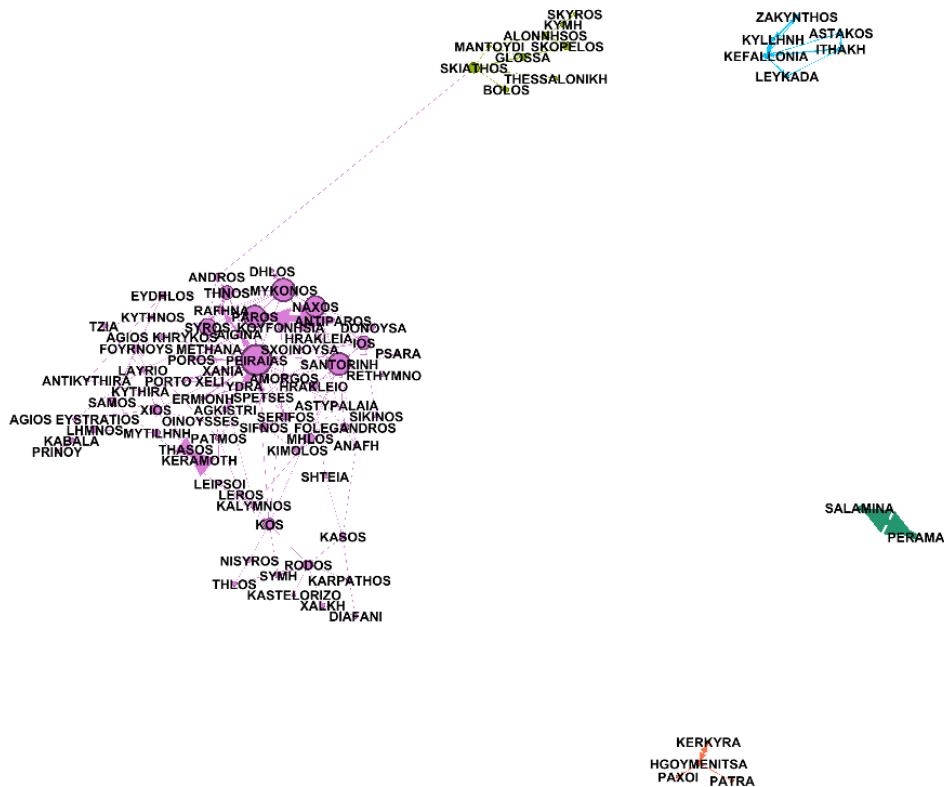
Γράφημα 4.6: Αλγόριθμος “Fruchterman Reingold”



Τα λιμάνια που είναι στην ίδια χρωματική ομάδα και συνδέονται με έντονα βέλη όπως η Σαλαμίνα με το πέραμα, η Πάρος με την Αντίπαρο, και η Θάσος με την Κεραμωτή, σημαίνει ότι βρίσκονται πολύ κοντά.

Ο δεύτερος αλγόριθμος διάταξης, ο “Force Atlas2”, δίνει μεγαλύτερο χώρο γύρω από τους κόμβους, ώστε να αποφευχθεί η επικάλυψη. Όταν τρέχει ο αλγόριθμος “Force Atlas2” οι κόμβοι διασκορπίζονται σε ομάδες, απομακρύνονται ο ένας από τον άλλον σαν φορτισμένα σωματίδια ενώ τα άκρα προσελκύουν τους κόμβους τους.

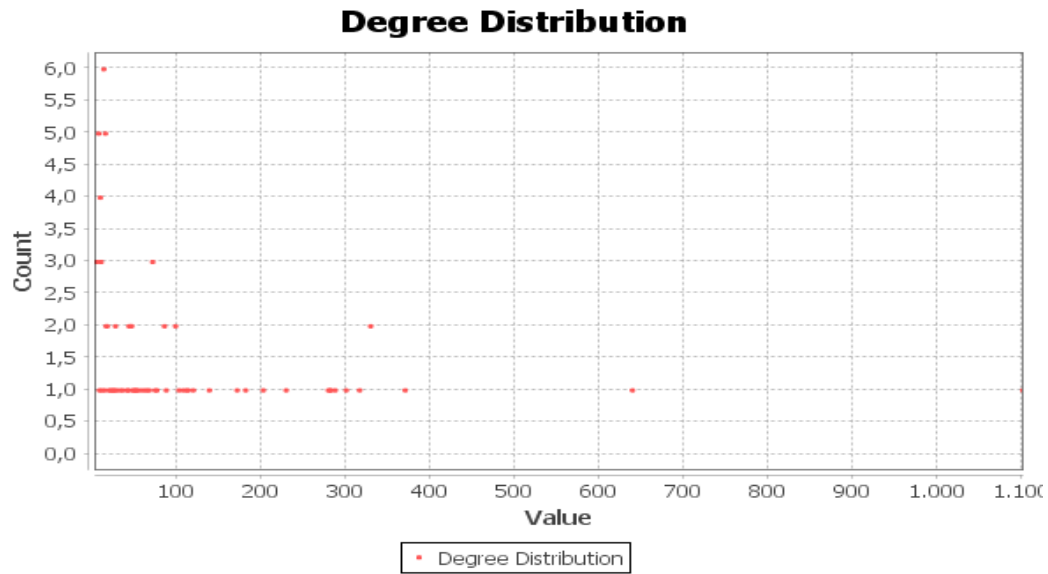
Γράφημα 4.7: Αλγόριθμος “Force Atlas2”



Η ίδιες χρωματικές ομάδες λιμανιών, όπως στον αλγόριθμο, τώρα είναι απομακρυσμένες η μία από την άλλη. Αντίθετα τα λιμάνια κάθε χρωματικής ομάδας έλκονται το ένα πολύ κοντά με το άλλο.

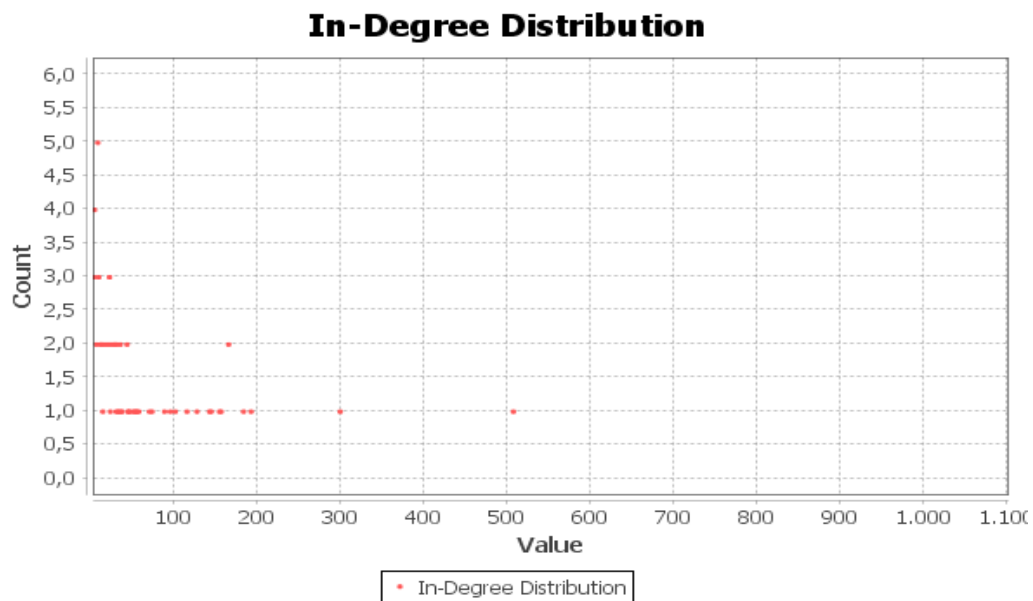
δ) Μέσος σταθμισμένος βαθμός. Προσθέτοντας περισσότερες πληροφορίες στο γράφημα των λιμανιών και υπολογίζοντας τον σταθμισμένο βαθμό για κάθε λιμάνι δεν θα λαμβάνεται υπόψη πλέον ότι $weight: 1$. Οι συνδέσεις έως τώρα είχαν το ίδιο βάρος, στην πραγματικότητα όμως οι συνδέσεις μεταξύ των λιμανιών δεν έχουν όλες την ίδια συχνότητα δρομολογίων, άρα έχουν διαφορετικό βάρος. Ο μέσος σταθμισμένος βαθμός ενός κόμβου είναι το άθροισμα του βάρους των συνδέσεων και η τιμή που υπολογίστηκε στην έρευνα είναι 45,033. Με τον υπολογισμό του σταθμισμένου βαθμού εμφανίζονται τρία διαγράμματα που αφορούν το βάρος των συνδέσεων των λιμανιών. Το πρώτο διάγραμμα αφορά το συνολικό βάρος των συνδέσεων των λιμανιών, το δεύτερο διάγραμμα το βάρος των εισερχόμενων συνδέσεων και το τρίτο διάγραμμα το βάρος των εξερχόμενων συνδέσεων.

Διάγραμμα 4.4: Άθροισμα βάρους συνδέσεων

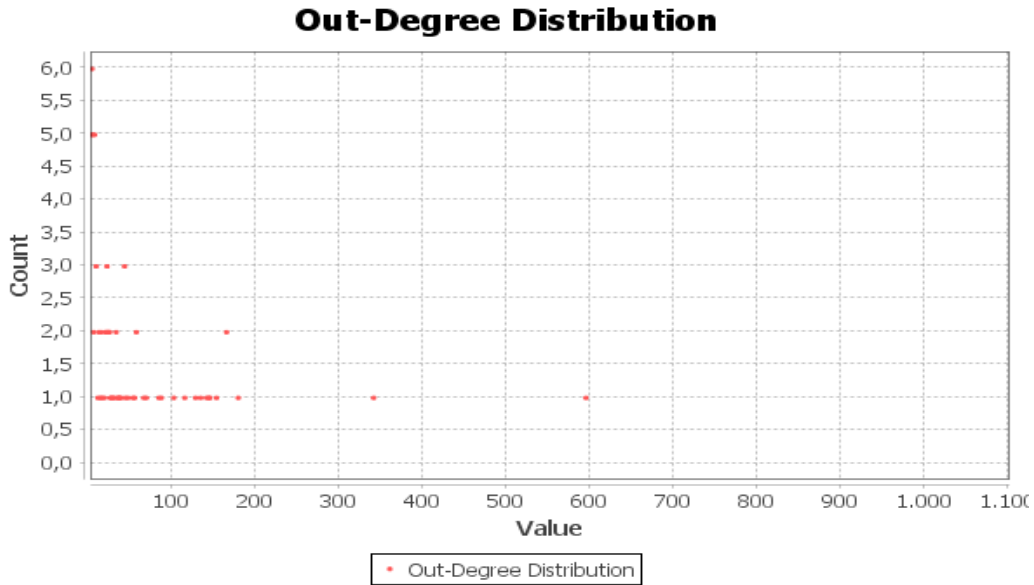


Στο διάγραμμα του συνολικού βάρους συνδέσεων διακρίνεται ότι ένα λιμάνι έχει 1.100 δρομολόγια την εβδομάδα, ένα άλλο λιμάνι έχει 638 δρομολόγια και τρία λιμάνια έχουν μόνο τέσσερα δρομολόγια την εβδομάδα.

Διάγραμμα 4.5: Άθροισμα βάρους εισερχόμενων συνδέσεων



Διάγραμμα 4.6: Άθροισμα βάρους εξερχόμενων συνδέσεων



Το βάρος των συνδέσεων για κάθε λιμάνι φαίνεται πιο αναλυτικά στον πίνακα “DATA LABORATORY”, όπου τα 1.100 δρομολόγια την εβδομάδα αντιστοιχούν στον Πειραιά, τα 638 στην Πάρο, τα 328 στην Σαλαμίνα και στο Πέραμα ενώ τα λιγότερα εβδομαδιαία δρομολόγια τα έχει το Ρέθυμνο, η Σίκινος και το Καστελόριζο, με την συχνότητα τους να είναι 4 φορές την εβδομάδα. Αυτό σημαίνει ότι οι μεγαλύτεροι κόμβοι, με μεγάλο αριθμό συνδέσεων, δεν είναι απαραίτητα εκείνοι με το μεγαλύτερο σταθμισμένο βαθμό. Τον μεγαλύτερο αριθμό συνδέσεων τον έχουν ο Πειραιάς, η Μύκονος, η Σαντορίνη, η Πάρος, η Νάξος και η Σύρος αλλά στην κατάταξη για τον σταθμισμένο βαθμό, εκτός τον Πειραιά τα υπόλοιπα λιμάνια βρίσκονται σε χαμηλότερη θέση. Τα λιμάνια που έρχονται πρώτα στον αριθμό βάρους συνδέσεων είναι ο Πειραιάς, η Πάρος, η Αίγινα, η Σαλαμίνα, το Πέραμα και η Αντίπαρος, όπου τα τρία τελευταία λιμάνια έχουν το μικρότερο αριθμό συνδέσεων.

Πίνακας 4.2: Πίνακας “Data Laboratory” και “Βάρος συνδέσεων”

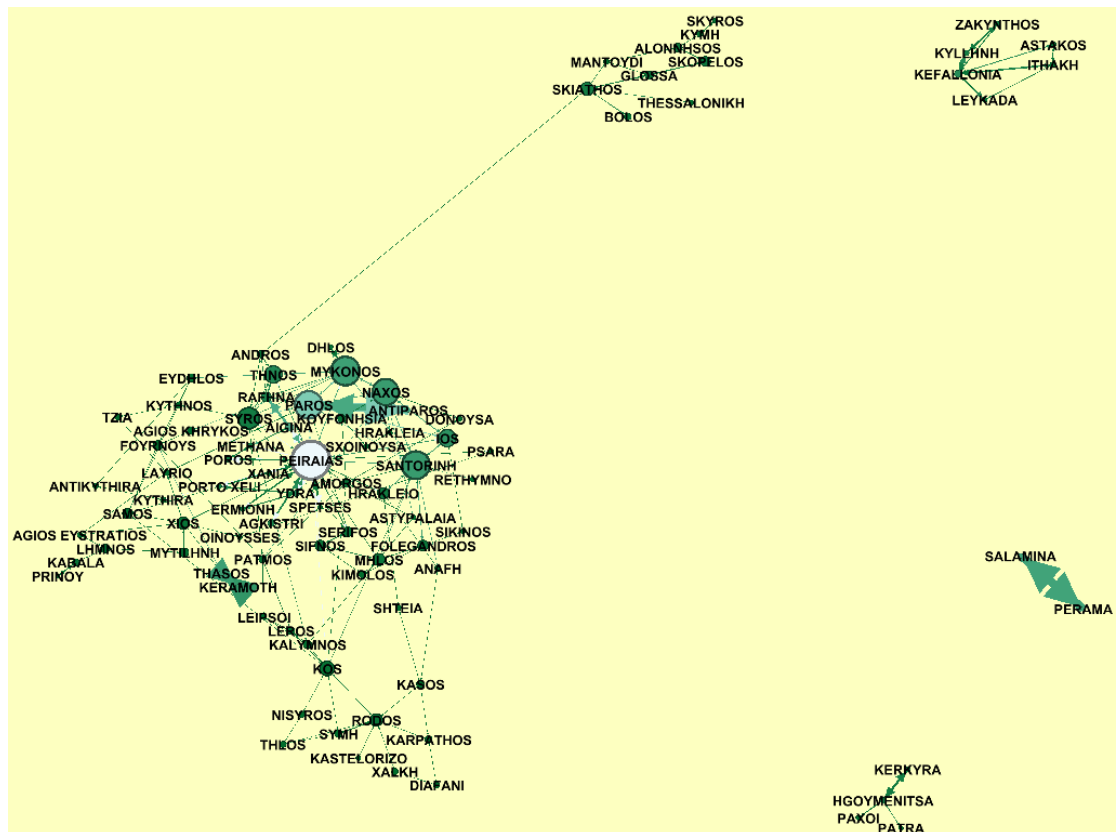
ΑΙΜΑΝΙΑ	ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΕΣ	ΕΞΕΡΧΟΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
PEIRAIAS	506.0	594.0	1100.0
KYMH	10.0	22.0	32.0
FOYRNOYS	10.0	10.0	20.0
YDRA	100.0	101.0	201.0
MYTILHNH	11.0	14.0	25.0
SAMOS	11.0	11.0	22.0
IOS	114.0	114.0	228.0
KERAMOTH	126.0	152.0	278.0
LHMNOS	13.0	13.0	26.0
PAXOI	14.0	4.0	18.0
PRINOY	14.0	14.0	28.0
SANTORINH	141.0	140.0	281.0
NAXOS	143.0	143.0	286.0
THASOS	153.0	127.0	280.0
MYKONOS	155.0	144.0	299.0
SALAMINA	164.0	164.0	328.0
PERAMA	164.0	164.0	328.0
SKYROS	17.0	7.0	24.0
ANDROS	17.0	18.0	35.0
ANTIPAROS	182.0	133.0	315.0
AIGINA	191.0	178.0	369.0
RETHYMNO	2.0	2.0	4.0
SIKINOS	2.0	2.0	4.0
KASTELORIZO	2.0	2.0	4.0
KOS	20.0	20.0	40.0
ASTAKO	20.0	24.0	44.0
AMORGOS	21.0	21.0	42.0
KOYFONHSIA	21.0	21.0	42.0
BOLOS	21.0	23.0	44.0
KABALA	22.0	19.0	41.0
XIOS	23.0	25.0	48.0
SERIFOS	23.0	23.0	46.0
XANIA	26.0	19.0	45.0
DHLOS	26.0	26.0	52.0
SIFNOS	28.0	28.0	56.0
LEYKADA	28.0	21.0	49.0
ALONNHSOS	29.0	22.0	51.0
PAROS	298.0	340.0	638.0
PSARA	3.0	3.0	6.0
THESSALONIKH	3.0	3.0	6.0
OINOYSSES	3.0	3.0	6.0
SHTEIA	3.0	3.0	6.0
FOLEGANDROS	30.0	30.0	60.0
RODOS	30.0	15.0	45.0
GLOSSA	31.0	32.0	63.0
ITHAKH	32.0	43.0	75.0
MHLOS	34.0	32.0	66.0
ERMIONH	34.0	36.0	70.0
SPETSES	35.0	35.0	70.0
SKOPELOS	36.0	34.0	70.0
LA YRIO	4.0	11.0	15.0
MANTOYDI	4.0	8.0	12.0
TZIA	4.0	3.0	7.0
KYTHNOS	4.0	4.0	8.0

LEIPSOI	4.0	2.0	6.0
NISYROS	4.0	4.0	8.0
THLOS	4.0	4.0	8.0
DIAFANI	4.0	5.0	9.0
ZAKYNTHOS	42.0	42.0	84.0
PORTO XELI	42.0	42.0	84.0
POROS	43.0	54.0	97.0
KERKYRA	44.0	42.0	86.0
HRAKLEIO	45.0	56.0	101.0
METHANA	49.0	24.0	73.0
ASTYPALAIA	5.0	5.0	10.0
XALKH	5.0	4.0	9.0
SYROS	51.0	46.0	97.0
HGOYMENTSA	53.0	65.0	118.0
SKIATHOS	54.0	52.0	106.0
KYLLHNH	56.0	56.0	112.0
AGIOS KHRYKOS	6.0	6.0	12.0
ANTIKYTHIRA	6.0	2.0	8.0
ANAFH	6.0	3.0	9.0
HRAKLEIA	6.0	6.0	12.0
SXOINOYSA	6.0	6.0	12.0
KARPATHOS	6.0	6.0	12.0
KASOS	6.0	6.0	12.0
SYMH	6.0	20.0	26.0
KYTHIRA	6.0	7.0	13.0
AGKISTRI	69.0	68.0	137.0
KIMOLOS	7.0	7.0	14.0
LEROS	7.0	7.0	14.0
PATMOS	7.0	7.0	14.0
PATRA	7.0	7.0	14.0
AGIOS EYSTRATIOS	7.0	7.0	14.0
RAFHNA	72.0	38.0	110.0
DONOYSA	8.0	8.0	16.0
KALYMNOS	8.0	7.0	15.0
EYDHLOS	8.0	8.0	16.0
THNOS	87.0	83.0	170.0
KEFALLONIA	94.0	86.0	180.0

Λαμβάνοντας υπόψη τις νέες ιδιότητες των κόμβων, τα λιμάνια χρωματίζονται ανάλογα του συνολικό βάρους των εισερχόμενων συνδέσεων τους. Οι κόμβοι θα μπορούσαν να χρωματιστούν ανάλογα του συνολικού βάρους των συνδέσεων αλλά το βάρος των εισερχόμενων συνδέσεων είναι πιο ενδιαφέρον γιατί δείχνει ποιοι προορισμοί έχουν περισσότερες αφίξεις, άρα είναι και πιο δημοφιλείς. Στην διαβάθμιση του χρώματος τα λιμάνια με σκούρο πράσινο δείχνουν μικρές τιμές στις εισερχόμενες συνδέσεις και οι πιο ανοιχτές αποχρώσεις δείχνουν τους πολύ

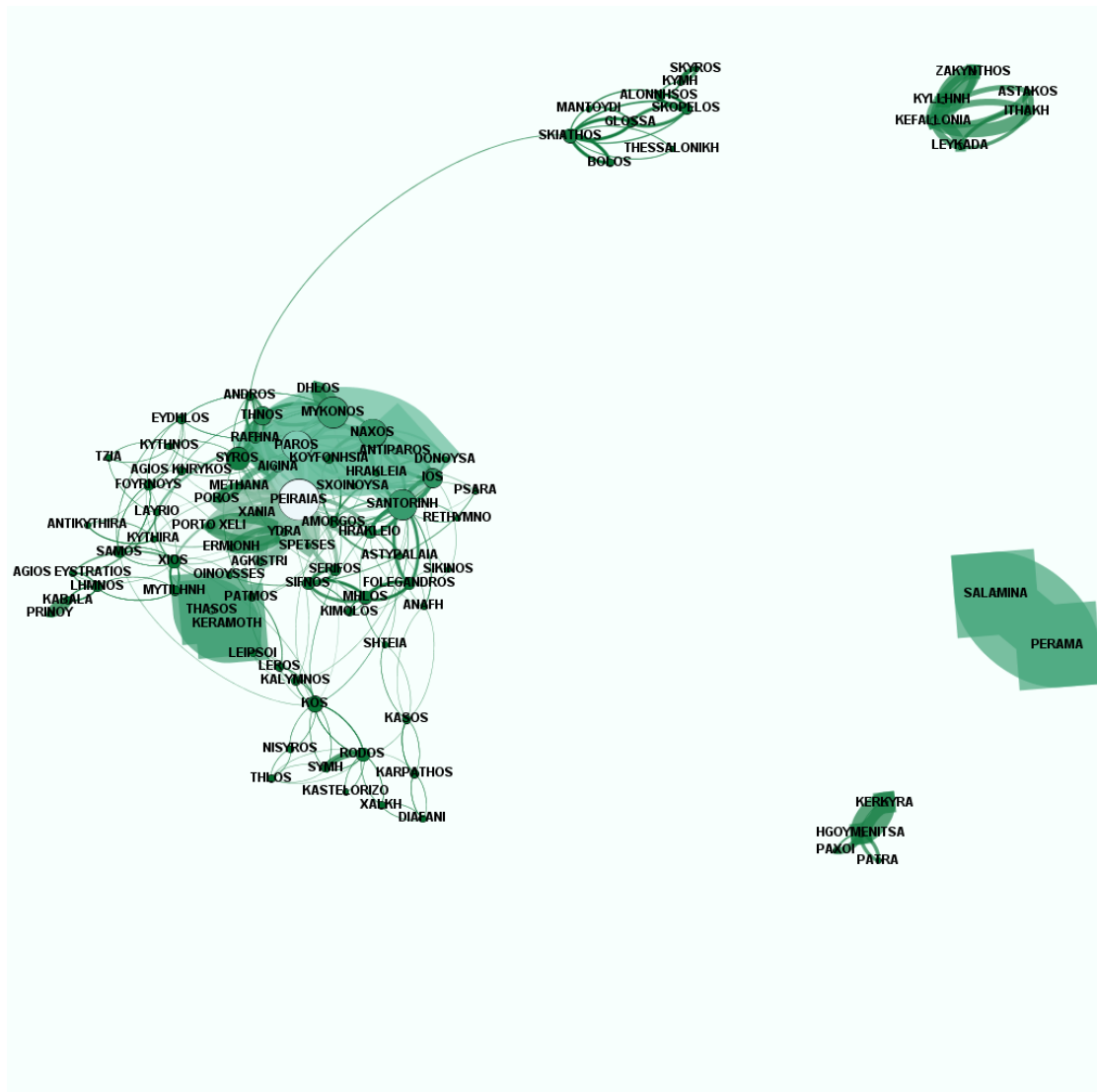
συνδεδεμένους κόμβους. Οι μικρότερες τιμές συμβολίζονται με πιο σκούρα απόχρωση προκειμένου οι μικρότεροι κόμβοι να είναι ορατοί στο τελικό γράφημα καθώς οι καλά συνδεδεμένοι κόμβοι είναι γενικά πιο ορατοί.

Γράφημα 4.8: Η ακτοπλοϊκή σύνδεση των λιμανιών με βάση το βάρος των εισερχόμενων συνδέσεων

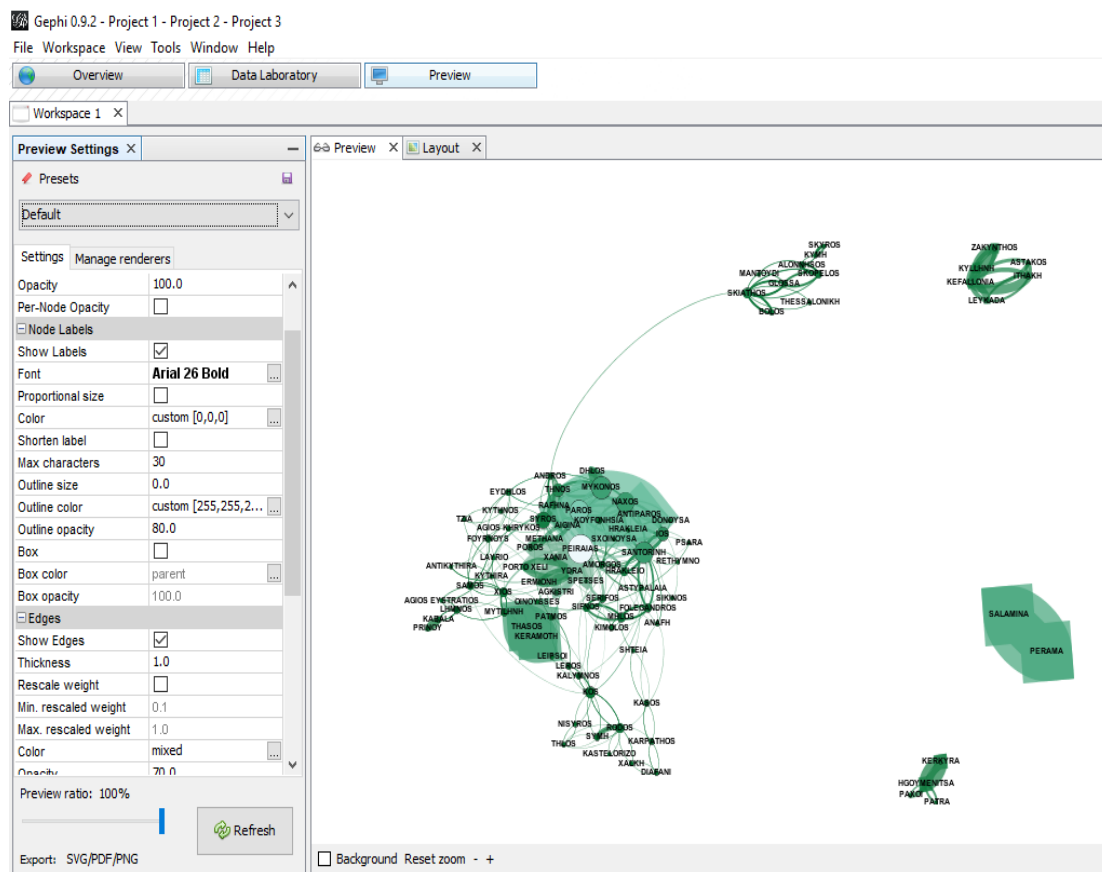


Φθάνοντας στην ολοκλήρωση του γραφήματος και ρυθμίζοντας τις τελικές λεπτομέρειες στον πίνακα “Preview”, το αποτέλεσμα είναι το παρακάτω διάγραμμα, το οποίο αποθηκεύεται ως εικόνα και ως αρχείο .svg.

Γράφημα 4.9: Η ακτοπλοϊκή σύνδεση των λιμανιών με βάση το βάρος των εισερχόμενων συνδέσεων

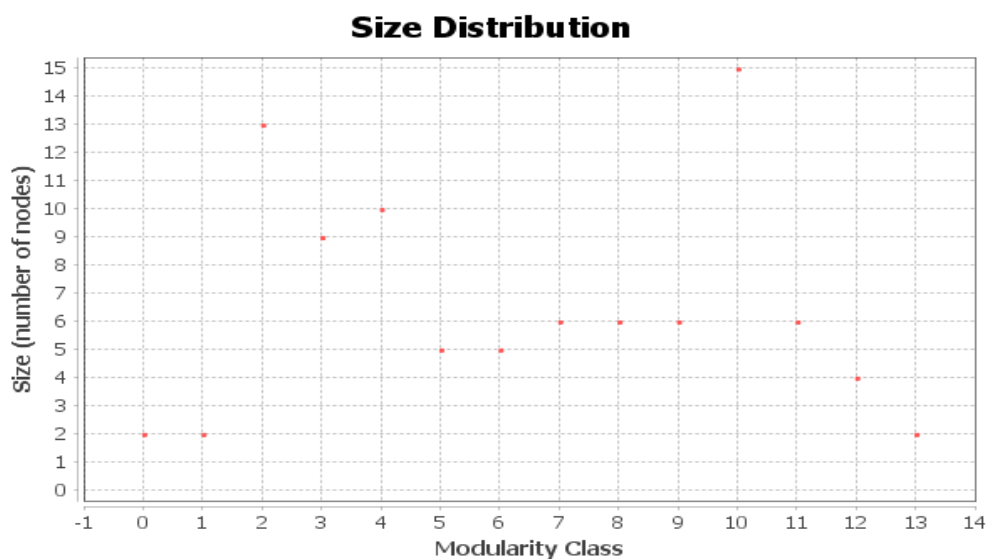


Γράφημα 4.10: Ρύθμιση παραμέτρων - Ακτοπλοϊκή σύνδεση των λιμανιών με βάση το βάρος των εισερχόμενων συνδέσεων



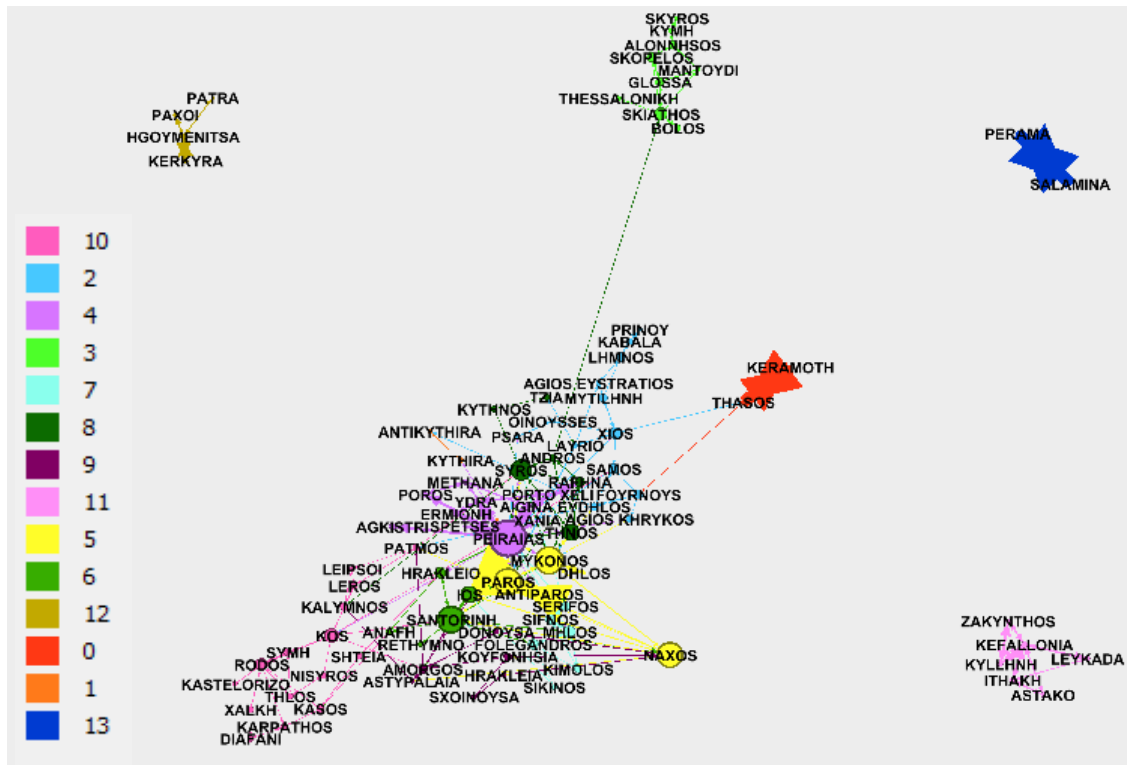
ε) Κοιότητες. Χρησιμοποιώντας πρώτα το μέτρο “Modularity” ο αριθμός των κοινοτήτων που ανιχνεύονται είναι 14 και το μέτρο “Modularity” παίρνει την τιμή 0,679. Η ανίχνευση των κοινοτήτων βοηθάει κυρίως στην μείωση της πολυπλοκότητας με το σπάσιμο ενός συστήματος σε ποικίλους βαθμούς αλληλεξάρτησης και ανεξαρτησίας.

Διάγραμμα 4.7: Κοινότητες ακτοπλοϊκού δικτύου

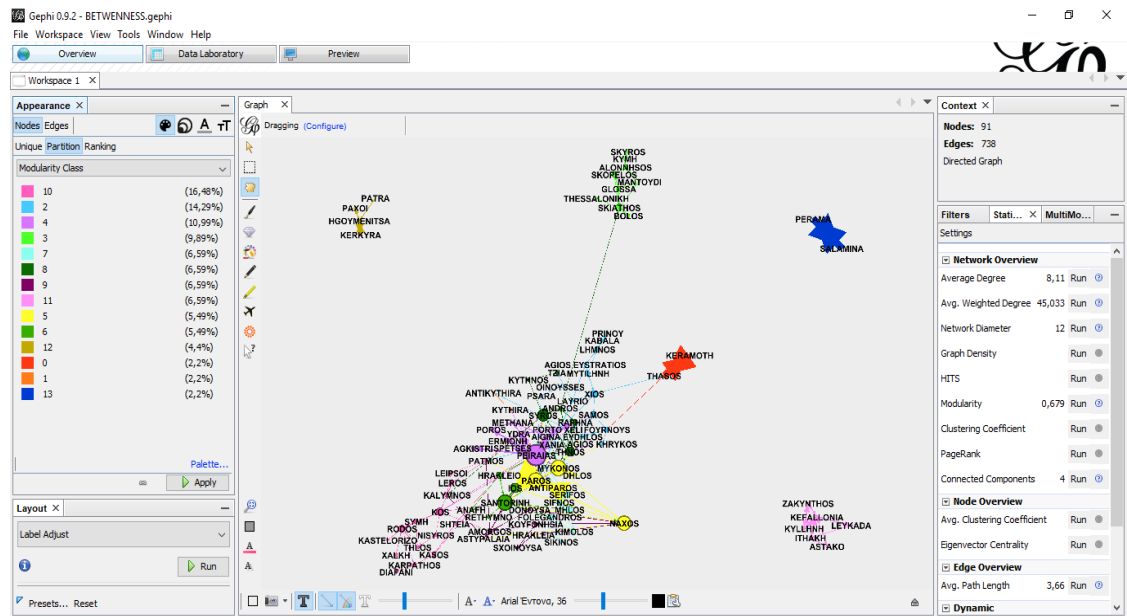


Στο διάγραμμα που εμφανίζεται τρέχοντας το μέτρο “Modularity” η οριζόντια γραμμή αφορά τις 14 κοινότητες που ανιχνεύτηκαν και η κάθετος γραμμή τον αριθμό των κόμβων που περιέχει η κάθε κλάση. Για παράδειγμα οι κοινότητες 0, 1, 13 περιέχουν 2 κόμβους, η κοινότητα 12 έχει 4 κόμβους, οι κοινότητες 5, 6 έχουν 5 κόμβους, οι 7, 8, 9, 11 έχουν 6 κόμβους, η κοινότητα 3 έχει 9 κόμβους, η κοινότητα 4 έχει 10 κόμβους, η κοινότητα 2 έχει 13 κόμβους και η κοινότητα 10 έχει 15 κόμβους.

Γράφημα 4.11: Κοινότητες ακτοπλοϊκού δικτύου



Γράφημα 4.12: Κοινότητες ακτοπλοϊκού δικτύου

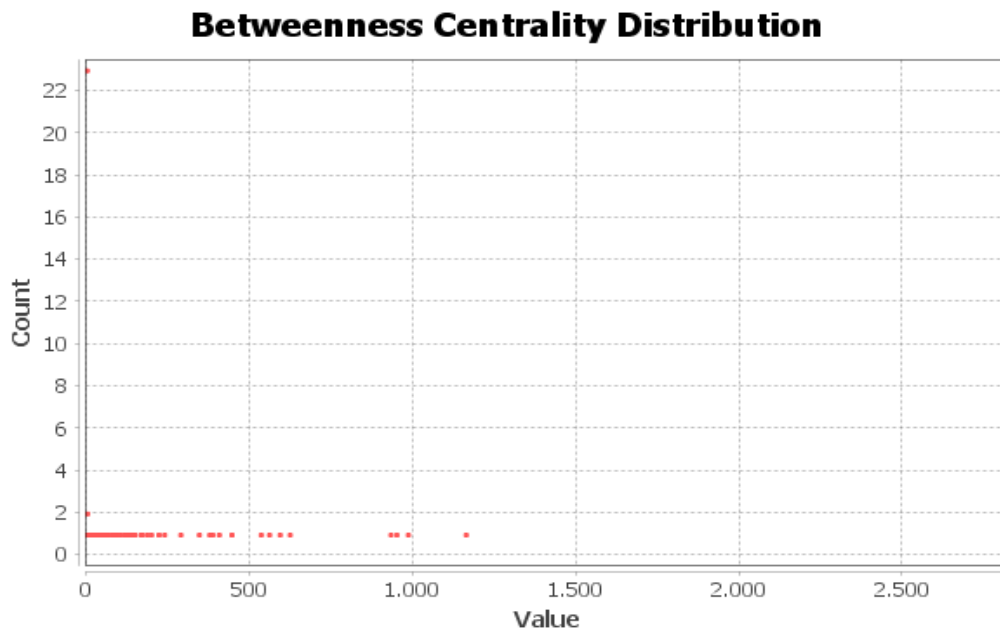


ζ) Διάμεσος, Συντομότερο μονοπάτι και Κεντρικά μέτρα. Η μεγαλύτερη απόσταση στο γράφημα, η οποία αποτελεί και την μικρότερη απόσταση μεταξύ των δύο πιο απομακρυσμένων κόμβων του δικτύου, η διάμετρος, παίρνει τιμή 12. Στην συνέχεια

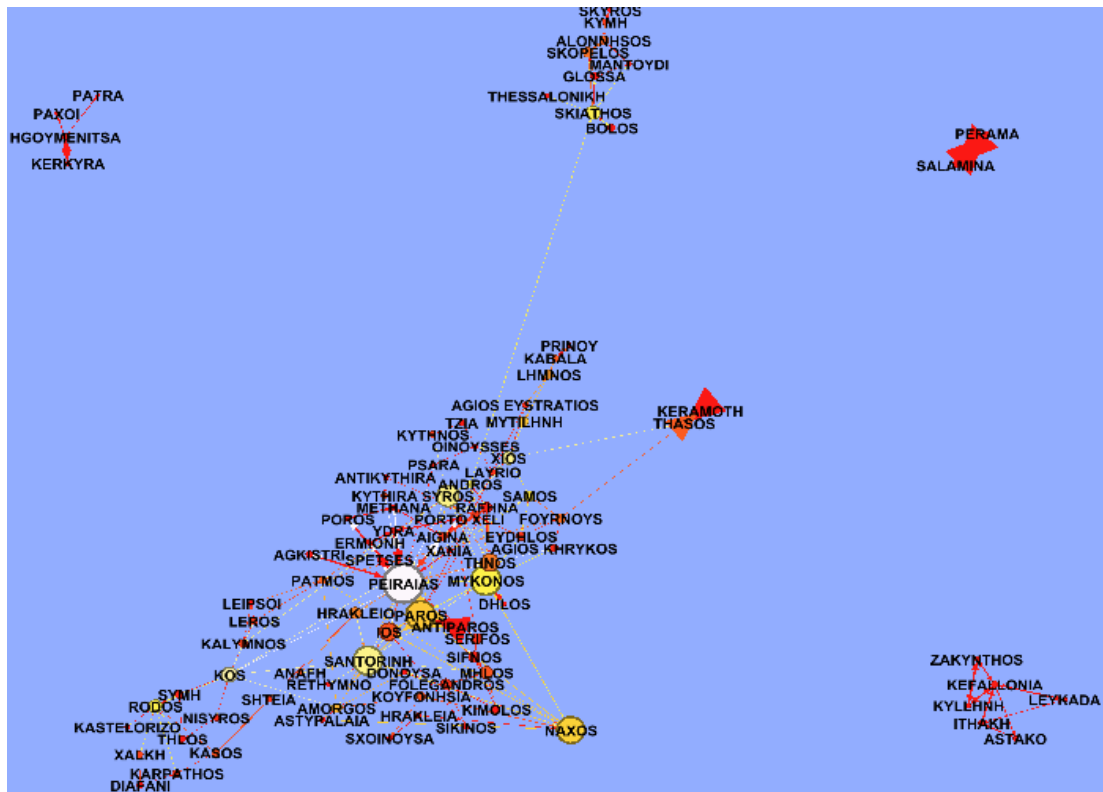
υπολογίζεται το συντομότερο μονοπάτι μεταξύ κάθε ζεύγους κορυφών το οποίο είναι 3.66. Το συντομότερο μονοπάτι μας δείχνει ότι θα διαμεσολαβήσουν για την μεταφορά από ένα κόμβο σε οποιονδήποτε άλλο κόμβο του δικτύου περίπου 3,66 λιμάνια κατά μέσο όρο.

Άλλα τρία σημαντικά μέτρα τα οποία υπολογίζονται είναι: η “Betweenness Centrality”, η “Closeness Centrality” και η “Eccentricity”.

Διάγραμμα 4.8: “Betweenness Centrality”

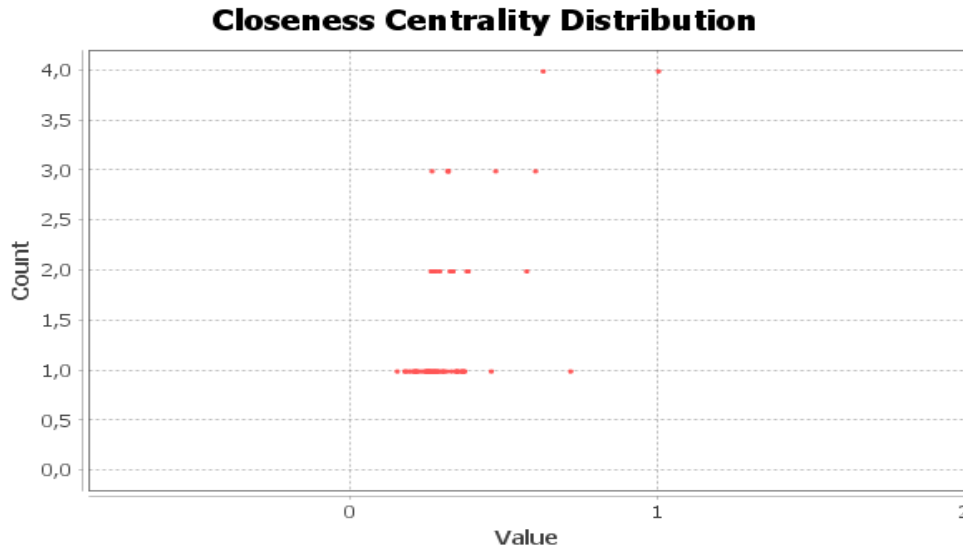


Γράφημα 4.13: “Betweenness Centrality”

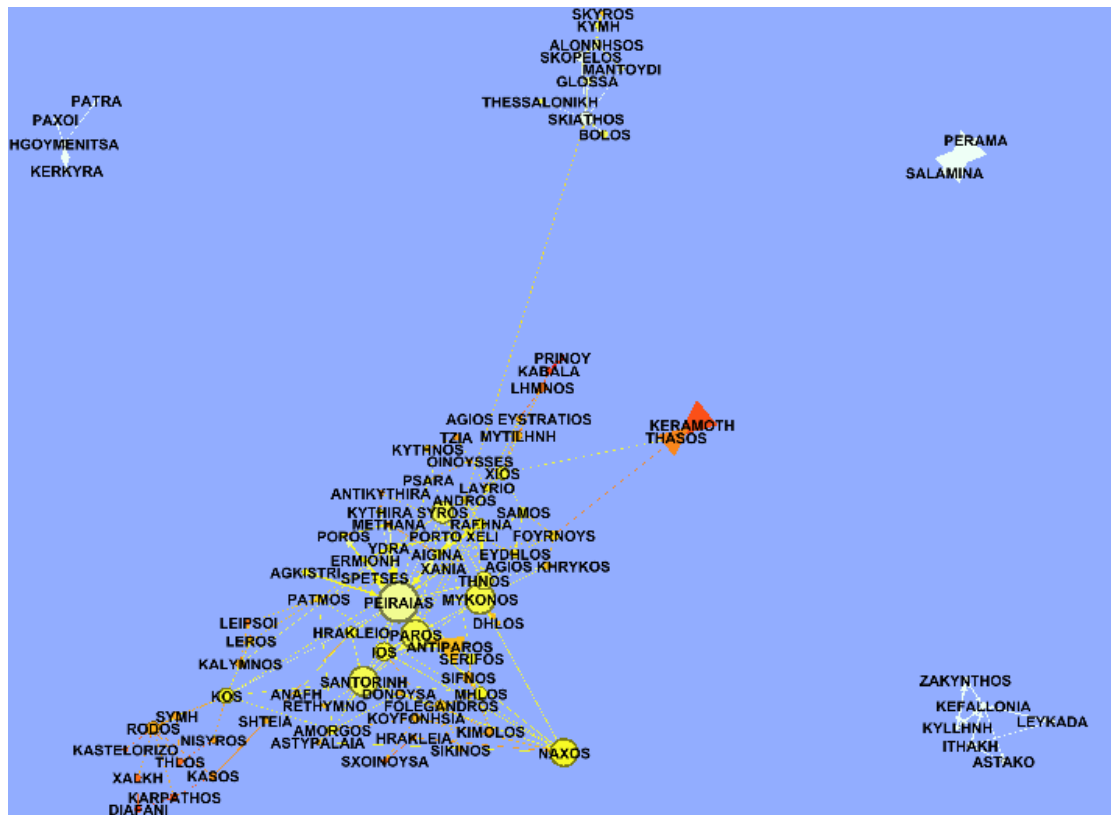


Οι κόμβοι στο μέτρο “Betweenness Centrality” χρωματίζονται ανάλογα με το πόσο συχνά εντοπίζονται σε ενδιάμεση θέση μεταξύ δύο άλλων κόμβων. Το έντονο κόκκινο συμβολίζει κόμβους που εμφανίζουν χαμηλότερες τιμές, το κίτρινο τις ενδιάμεσες και το λευκό είναι για τους κόμβους με τις υψηλότερες τιμές. Άρα δεν είναι τυχαίο που ο Πειραιάς κατέχει την πρώτη θέση και συνδέει διάφορα διαφορετικά μέρη του δικτύου μαζί. Έπειτα, υψηλές τιμές εμφανίζουν η Κως, η Σαντορίνη, η Σύρος, η Χίος και μετά ακολουθούν η Μύκονος, η Σκιάθος, η Ρόδος και τα υπόλοιπα λιμάνια.

Διάγραμμα 4.9: “Closeness Centrality”



Γράφημα 4.14: “Closeness Centrality”

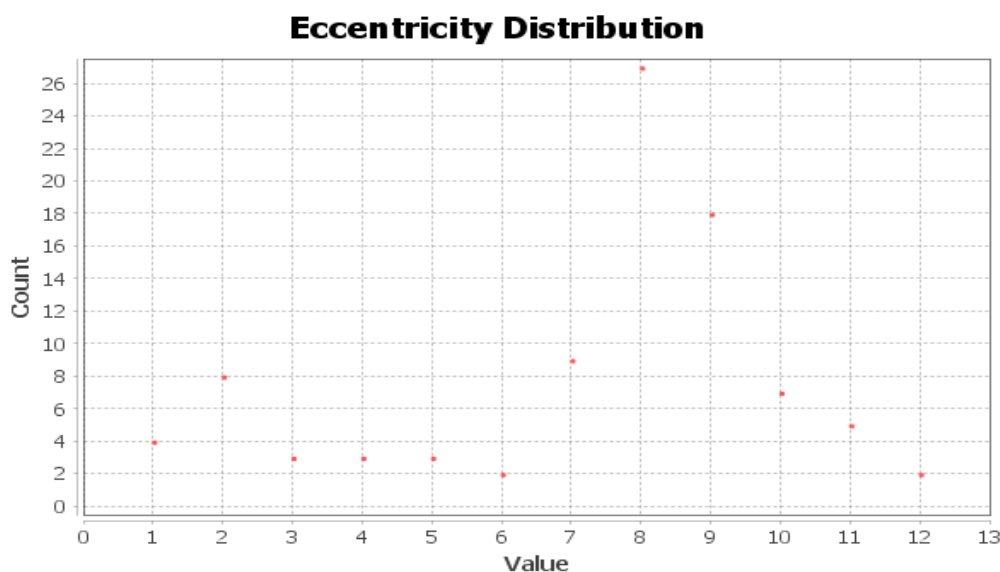


Στον χάρτη “Closeness Centrality” οι κόμβοι χρωματίζονται αναλόγως με την εγγύτητα τους με ολόκληρο το δίκτυο. Οι κόμβοι που συμβολίζονται με ανοιχτή

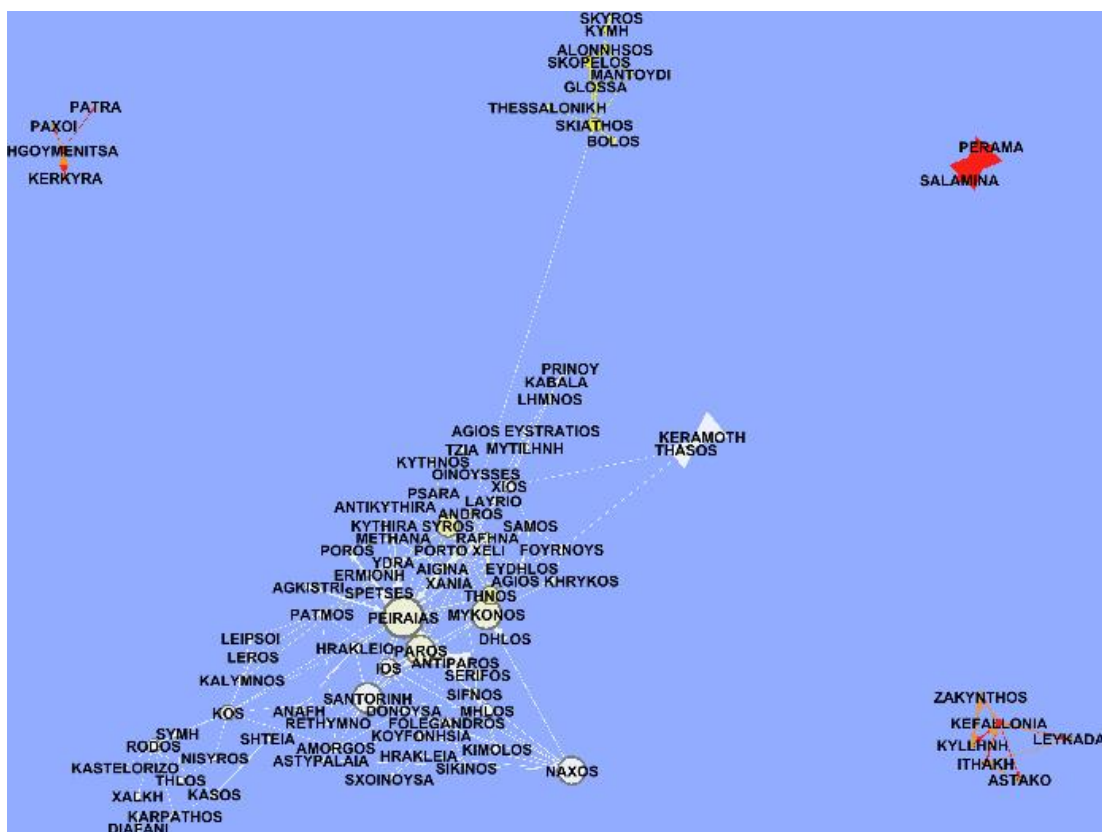
απόχρωση έχουν τις υψηλότερες τιμές “Closeness Centrality” και την μεγαλύτερη μέση απόσταση από άλλους κόμβους στο δίκτυο, ενώ ισχύει το αντίθετο αν εμφανίζουν χαμηλότερες τιμές. Επομένως, αναλύοντας τον χάρτη οι κόμβοι με την μεγαλύτερη μέση απόσταση είναι κυρίως τα λιμάνια που βρίσκονται στο Ιόνιο, τα λιμάνια στις Σποράδες, το Πέραμα, η Σαλαμίνα και μετά ο Πειραιάς. Αντίθετα οι μικρότερες τιμές εμφανίζονται στα λιμάνια Πρίνου, Καβάλα, Κεραμωτή, Λήμνος, Θάσος, Διαφάνι, Κάρπαθο, Καστελόριζο, Χάλκη, Κάσο, Τήλο και Ρόδο.

Το τρίτο μέτρο καταγράφει την απόσταση μεταξύ ενός κόμβου και του κόμβου που είναι πιο μακριά από αυτό. Αν ο κόμβος παρουσιάζει υψηλή τιμή στο μέτρο “Eccentricity”, αυτό σημαίνει ότι όλοι οι άλλοι κόμβοι είναι κοντά. Αντίθετα, αν εμφανίζει χαμηλή τιμή, αυτό σημαίνει ότι υπάρχει τουλάχιστον ένας κόμβος (και όλοι οι γείτονές του) που απέχει πολύ από τον κόμβο αυτό. Αλλιώς, μπορεί να ερμηνευθεί ως η ευκολία πρόσβασης ενός κόμβου που επιτυγχάνεται λειτουργικά από όλους τους άλλους κόμβους στο δίκτυο. Έτσι, ένας κόμβος με υψηλή “Eccentricity”, σε σύγκριση με τη μέση “Eccentricity” του δικτύου, θα επηρεάζεται ευκολότερα από τη δραστηριότητα άλλων κόμβων ή αντίστροφα θα μπορούσε εύκολα να επηρεάσει αρκετούς άλλους κόμβους. Αντίθετα, η χαμηλή “Eccentricity”, σε σύγκριση με τη μέση “Eccentricity” του δικτύου, θα μπορούσε να υποδηλώνει έναν περιθωριακό λειτουργικό ρόλο.

Διάγραμμα 4.10: “Eccentricity”



Γράφημα 4.15: “Eccentricity”

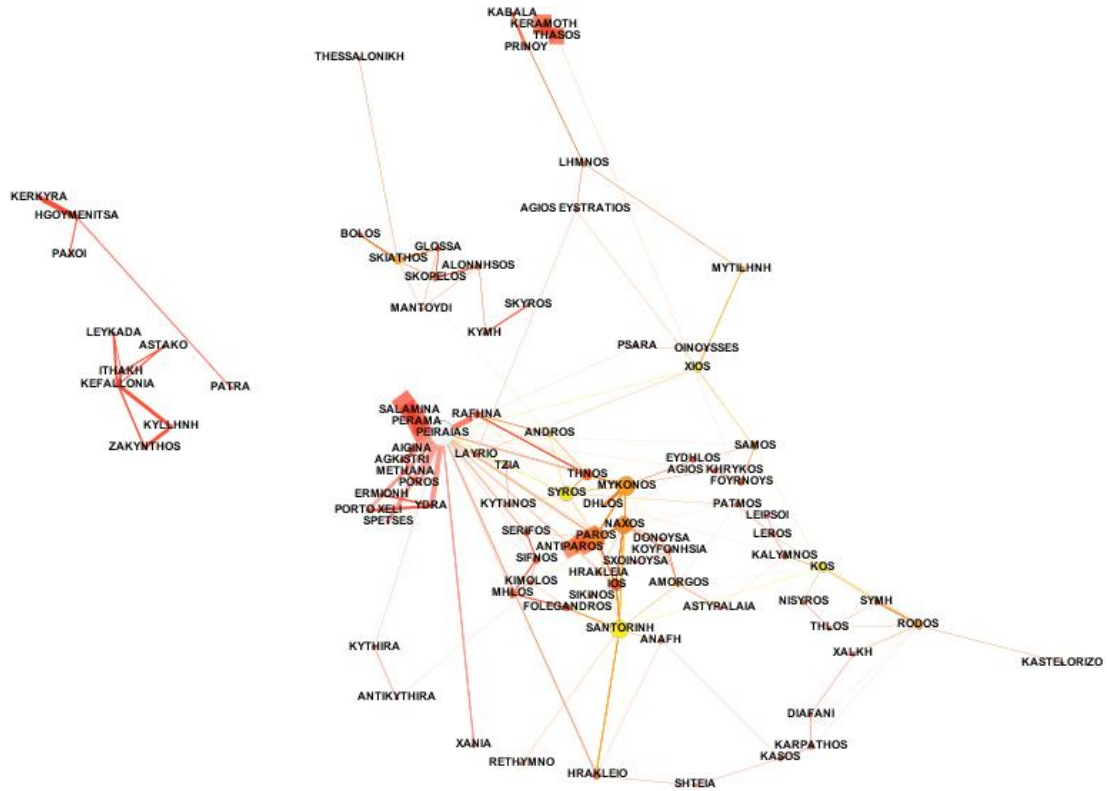


Στον χάρτη “Eccentricity” με κόκκινο χρώμα συμβολίζονται οι πιο χαμηλές τιμές, με κίτρινο χρώμα οι μεσαίες τιμές και με λευκό χρώμα οι πιο υψηλές τιμές. Υψηλές τιμές παρουσιάζουν τα λιμάνια Πρίνου, Καβάλα, Διαφάνι, Κάρπαθος και Χάλκη, όπου αυτό σημαίνει ότι όλοι οι άλλοι κόμβοι είναι κοντά τους ή θα επηρεάζονται ευκολότερα από τη δραστηριότητα άλλων κόμβων. Τα λιμάνια με την μικρότερη τιμή είναι το Πέραμα, η Σαλαμίνα που θα μπορούσε να ειπωθεί ότι απλά έχουν περιθωριακό λειτουργικό ρόλο και για τα υπόλοιπα λιμάνια με χαμηλή τιμή, τα λιμάνια του Ιονίου πελάγους και μετά τα λιμάνια των Σποράδων, ότι υπάρχει τουλάχιστον ένας κόμβος που απέχει πολύ από αυτούς.

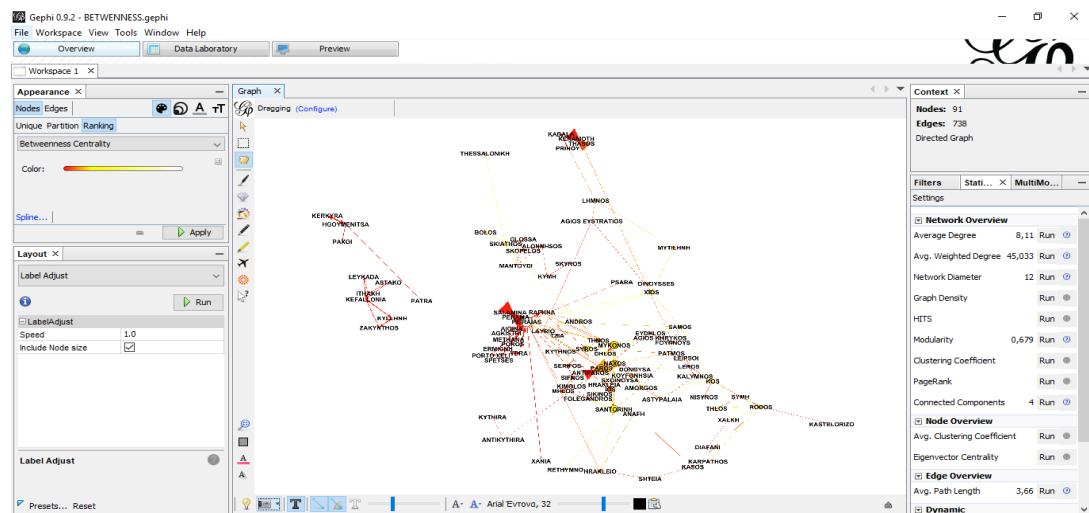
η) Γεωγραφική αναφορά των λιμανιών. Βασικό βήμα ως προς την ανάλυση του δικτύου είναι η γεωγραφική αναφορά των λιμανιών στον χάρτη. Η γεωγραφική αναφορά πραγματοποιείται με την βοήθεια του εργαλείου “Geolayout”, όπου τα λιμάνια τοποθετούνται γεωγραφικά χρησιμοποιώντας συντεταγμένες γεωγραφικού πλάτους / γεωγραφικού μήκους. Η γεωγραφική αναφορά των λιμανιών τελειοποιεί

τον χάρτη με το αποτέλεσμα να παρατίθεται στον παρακάτω διάγραμμα.

Διάγραμμα 4.11: Γεωγραφική αναφορά λιμανιών

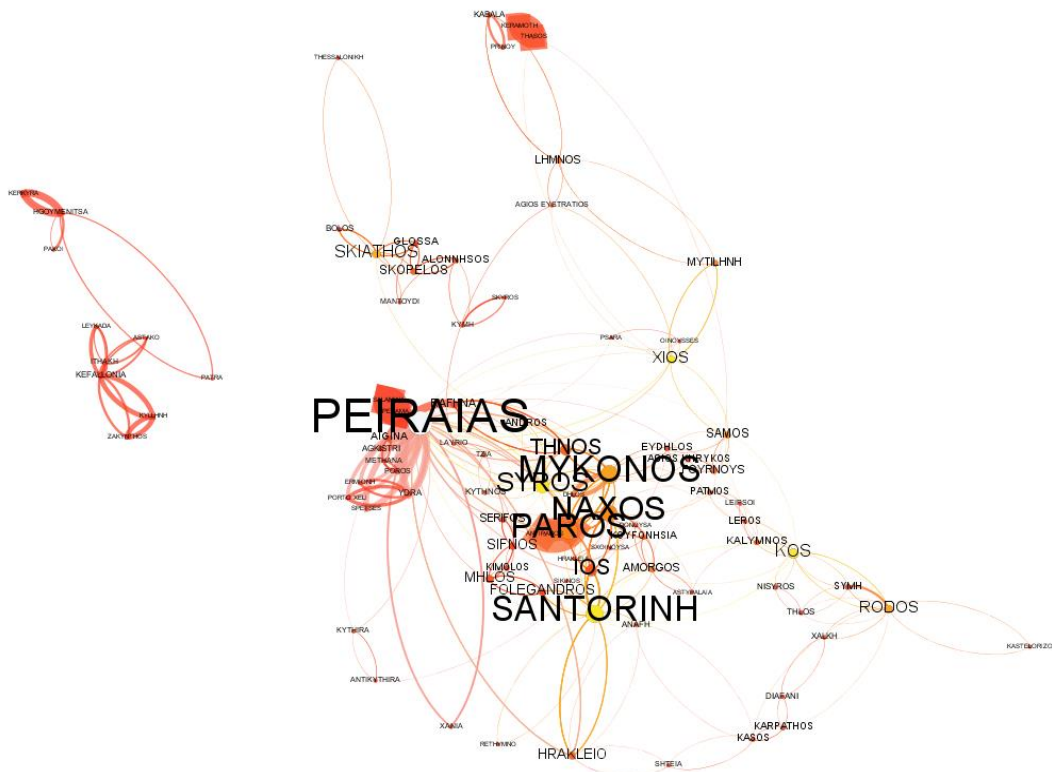


Διάγραμμα 4.12: Γεωγραφική αναφορά λιμανιών



Έπειτα από το παράθυρο “Preview” με τον καθορισμό των τελευταίων λεπτομερειών, όπως της γραμματοσειράς, το ακτοπλοϊκό δίκτυο της Ελλάδας παίρνει την τελική του μορφή και εξάγεται σε αρχείο .png, σε αρχείο .svg και σε kmz.

Διάγραμμα 4.13: Τελικό διάγραμμα ακτοπλοϊκής σύνδεσης και γεωαναφοράς των λιμανιών στην Ελλάδα

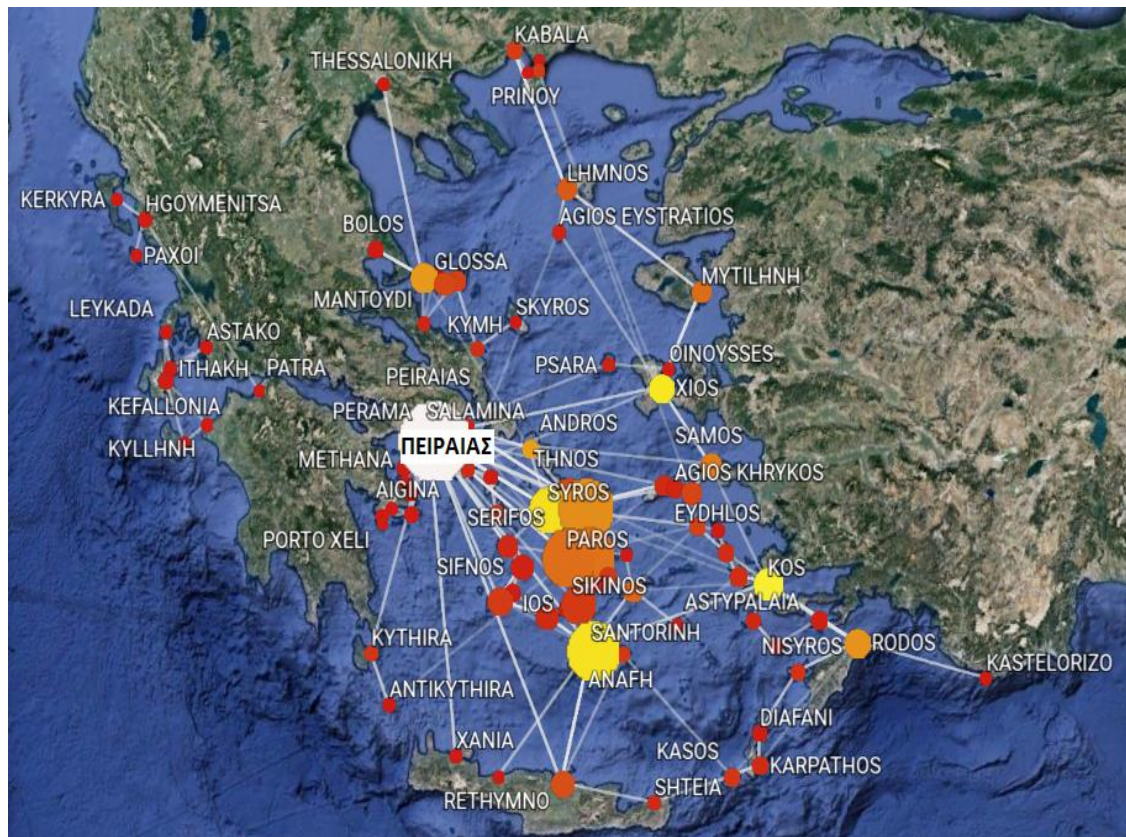


4.1.1 Χαρτογράφηση της ακτοπλοϊκής σύνδεσης. Ο τελικός χάρτης αποθηκεύτηκε ως αρχείο svg και .kmz, ο οποίος στην πρώτη περίπτωση παρουσιάζεται παρακάτω με την βοήθεια του inscape πάνω σε χάρτη υπόβαθρο που βρίσκεται στο ίδιο προβολικό σύστημα "Mercator" και στην δεύτερη περίπτωση γίνεται η προβολή του σε χάρτη του Google Earth.

Χάρτης 4.1: Χαρτογράφηση της ακτοπλοϊκής σύνδεσης των λιμανιών της Ελλάδας, στο Inkscape



Χάρτης 4.2: Χαρτογράφηση της ακτοπλοϊκής σύνδεσης των λιμανιών της Ελλάδας, στο Google Earth



Κεφάλαιο 5ο: Συμπεράσματα

5.1 Αποτελέσματα

Το ακτοπλοϊκό δίκτυο αποτελείται από δύο συστατικά στοιχεία, τα λιμάνια και τις μεταξύ τους συνδέσεις. Το ακτοπλοϊκό δίκτυο στην Ελλάδα περιλαμβάνει τις κύριες γραμμές οι οποίες έχουν ως αφετηρία τον Πειραιά, τις δευτερεύουσες, τις τοπικές και τις γραμμές του Αργοσαρωνικού. Η κάθε γραμμή εξυπηρετεί συγκεκριμένα νησιά. Ωστόσο η συχνότητα δρομολογίων δεν είναι ίδια για όλα τα νησιά, καθώς κάποια λιμάνια μπορεί να εμφανίζουν συχνότητα δρομολογίων μικρότερη των επτά ημερών εβδομαδιαίως, δηλαδή δεν έχουν καθημερινή σύνδεση, ενώ κάποια λιμάνια αντιμετωπίζουν και μεγάλη διάρκεια ταξιδιού.

Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες για το ακτοπλοϊκό δίκτυο οι οποίες έχουν μελετήσει σε ικανοποιητικό βαθμό τα χαρακτηριστικά των ακτοπλοϊκών μεταφορών καθώς και την υπάρχουσα κατάσταση σε ότι αφορά την ζήτηση και την προσφορά των ακτοπλοϊκών επιβατηγών μέσων. Ωστόσο για την ανάλυση ακτοπλοϊκών συνδέσεων έχουν γίνει λιγότερες έρευνες, με αυτή την έρευνα να έχει σκοπό να μικρύνει αυτό το κενό έρευνας στο συγκεκριμένο κομμάτι.

Ένα σημαντικό παράδειγμα ανάλυσης ακτοπλοϊκού δικτύου είναι η μελέτη του καθηγητή Cesar Blaise Ducruet που ανέλυσε τα ναυτιλιακά δίκτυα των βρετανικών και ιαπωνικών εταιρειών στην Κίνα το 1920, με την βοήθεια του λογισμικού Gephi, αναδεικνύοντας τα χαρακτηριστικά της δομής των δύο δικτύων και τα σημαντικότερα λιμάνια των βρετανικών και ιαπωνικών δρομολογίων. Έτσι και στην συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιήθηκε ανάλυση για τις ακτοπλοϊκές συνδέσεις στον Ελλαδικό χώρο με την βοήθεια του Gephi και των δυνατοτήτων που παρέχει.

Το λογισμικό Gephi συνέβαλλε σε μεγάλο βαθμό ώστε να αναλυθούν οι ακτοπλοϊκές συνδέσεις στον Ελλαδικό χώρο. Με βάση τα δεδομένα από τις ακτοπλοϊκές εταιρείες τα οποία εισήχθησαν στο Gephi, το λογισμικό παρείχε μία οπτικοποίηση του ακτοπλοϊκού δικτύου με την μορφή γραφήματος. Η οπτική χαρτογράφηση των συνδέσεων δικτύου βοήθησε στο να αποκαλυφθούν μοτίβα που διαφορετικά ενδέχεται να αποκρύπτονταν στα δεδομένα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης το λιμάνι του Πειραιά είναι το μεγαλύτερο και δημοφιλέστερο λιμάνι στην Ελλάδα, αλλά η συγκεκριμένη μελέτη αφορά τον νησιωτικό χώρο. Η Μύκονος, η Πάρος, η Σαντορίνη, η Νάξος, η Σύρος, η Τήνος, η Ίος είχαν τις περισσότερες εισερχόμενες συνδέσεις καθιστώντας τα ως τους πιο δημοφιλής προορισμούς. Σε τελευταία θέση, ως τους λιγότερους δημοφιλής προορισμούς, ήρθαν οι Παξοί, η Δήλος, η Αντίπαρος, οι Σπέτσες, η Σαλαμίνα και το Ρέθυμνο. Ωστόσο τα λιμάνια που ήρθαν πρώτα σε αριθμό συνδέσεων δεν ήρθαν πρώτα και στον αριθμό βάρους συνδέσεων. Με τον όρο βάρος συνδέσεων εννοείται το άθροισμα της συχνότητας δρομολογίων για κάθε σύνδεση, όπου στις εισερχόμενες συνδέσεις λαμβάνοντας υπόψη το βάρος πρώτα έρχονται η Πάρος, η Αίγινα, η Αντίπαρος, η Σαλαμίνα, η Μύκονος, η Θάσος, η Νάξος και η Σαντορίνη. Επίσης η Σαλαμίνα εμφανίζει και μεγάλο αριθμό βάρους εξερχόμενων συνδέσεων. Η Σαλαμίνα θεωρείται προάστιο της Αθήνας έτσι αιτιολογείται που εμφανίζει μεγάλο βάρος συνδεσιμότητας, καθώς μέρος του πληθυσμού της Σαλαμίνας μπορεί να μετακινείται προς τον Πειραιά για εργασία. Σύμφωνα με στοιχεία της στατιστικής υπηρεσίας το τρίτο τρίμηνο του 2018 η Σαλαμίνα είχε 1097,638 αποβιβασθέντες. Τελευταία στην κατάταξη νησιά, σε άθροισμα των συνδέσεων και του βάρους αυτών, έρχονται η Τζιά, οι Λειψοί και τα Ψαρά.

Τον μεγαλύτερο πληθυσμό από τα λιμάνια του νησιωτικού χώρου τον εμφάνισε το Ηράκλειο και μετά η Εύβοια, τα Χανιά, η Ρόδος, η Κέρκυρα, το Ρέθυμνο, η Χίος, η Ζάκυνθος και η Σαλαμίνα. Η Σαντορίνη στην κατάταξη ήρθε δέκατη ένατη, η Πάρος εικοστή πρώτη και η Μύκονος εικοστή τρίτη. Στο ΑΕΠ το Ηράκλειο επίσης εμφάνισε υψηλή τιμή όπως και τα Χανιά και μετά ακολούθησε το Νότιο Αιγαίο και η Κέρκυρα από το Ιόνιο. Στους αποβιβασθέντες το Ηράκλειο ήρθε έκτο στην σειρά κατάταξης, ενώ αντίστοιχα σε υψηλές τιμές κυμάνθηκαν η Πάρος, η Σαντορίνη, η Μύκονος, η Αίγινα, η Νάξος, η Κέρκυρα, τα Χανιά, η Ζάκυνθος και η Τήνος.

Επομένως παρατηρείται ότι κάποιες περιοχές βρίσκονται σε καλύτερη πληθυσμιακή και αναπτυξιακή θέση από κάποιες άλλες. Η Κρήτη μαζί με κάποια νησιά του νότιου αιγαίου, όπως την Πάρο, την Σαντορίνη και την Μύκονο, και από τα νησιά του Ιονίου την Κέρκυρα και την Ζάκυνθο, εμφανίζουν υψηλή θέση στον πληθυσμό, το ΑΕΠ, τους αποβιβασθέντες και στις κλίνες που λειτουργούν στα

ξενοδοχεία. Αντίθετα τα λιμάνια που εμφανίζονται πιο συχνά στις χαμηλότερες θέσεις είναι τα Ψαρά, η Νίσυρος και οι Λειψοί.

Στην συνέχεια, στην ανάλυση των με βάση τα κεντρικά μέτρα διαπιστώθηκε ότι την μεγαλύτερη κεντρική τιμή την είχε η Κως. Αυτό σημαίνει ότι η Κως εμφανίζεται σαν ενδιάμεσο λιμάνι πιο συχνά από ότι τα υπόλοιπα. Επίσης υψηλές τιμές είχαν η Σαντορίνη, η Σύρος, η Χίος, η Μύκονος και η Πάρος. Την χαμηλότερη κεντρική θέση εμφάνισαν οι Λειψοί, τα Μέθανα, η Δονούσα και η Σίκινος. Ενώ τα λιμάνια που η κεντρική τους τιμή αγγίζει το μηδέν είναι τα νησιά του Ιονίου, η Σαλαμίνα, το Αγκίστρι, οι Σπέτσες, η Αντίπαρος η Δήλος, το Καστελόριζο και η Κρήτη, λόγω της θέσης τους. Επίσης η διάμετρος του δικτύου βρέθηκε 12 που σημαίνει ότι η συντομότερη απόσταση μεταξύ των δύο πιο απομακρυσμένων λιμανιών του δικτύου αποτελείται από δώδεκα συνδέσεις λιμανιών. Ενώ για την μεταφορά από ένα λιμάνι σε οποιονδήποτε άλλο λιμάνι του δικτύου θα διαμεσολαβήσουν περίπου 3,66 λιμάνια κατά μέσο όρο.

Ακόμη, στην ανάλυση των συνδέσεων που πραγματοποιήθηκε μεταξύ των λιμανιών εμφανίστηκαν πέντε δυνατές συνδέσεις, οι οποίες διακρίθηκαν σε γράφημα με διαφορετικό χρώμα η κάθε ομάδα. Η κάθε χρωματική περιοχή δείχνει ποια λιμάνια συνδέονται μεταξύ τους. Έχοντας λοιπόν πέντε διαφορετικά έντονα συνδεδεμένα συμπλέγματα λιμανιών, τα δρομολόγια δεν πραγματοποιούνται σε όλο το δίκτυο ακολουθώντας κατευθυνόμενες άκρες. Η πρώτη χρωματική ομάδα που δείχνει ποια λιμάνια συνδέονται μεταξύ τους περιλαμβάνει το λιμάνι του Βόλου, της Θεσσαλονίκης, της Κύμης, του Μαντουδίου και τα λιμάνια που βρίσκονται στα νησιά των Σποράδων. Η δεύτερη χρωματική ομάδα αφορούσε το λιμάνι της Κυλλήνης, του Αστακού και τα λιμάνια που βρίσκονται στα νησιά των Επτανήσων, εκτός αυτό της Κέρκυρας, το οποίο ανήκει στην χρωματική ομάδα με το λιμάνι της Ηγουμενίτσας, της Πάτρας και των Παξών. Η τέταρτη χρωματική ομάδα αφορά το Πέραμα και την Σαλαμίνα, και η τελευταία και μεγαλύτερη χρωματική ομάδα είναι η μοβ η οποία περιλαμβάνει τα λιμάνια των Κυθήρων, των Αντικυθήρων, τα λιμάνια του Αργοσαρωνικού, των Δωδεκανήσων, των Κυκλάδων και τα λιμάνια των νησιών του Βόρειου Αιγαίου.

Τελειώνοντας, η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από συμπλέγματα νησιών, ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό παγκοσμίως. Επομένως, λόγω των πολλών νησιών της και

των πολλών λιμανιών που παρέχει, η ακτοπλοϊκή σύνδεση μεταξύ των λιμανιών επιβάλλεται. Η ύπαρξη της ακτοπλοϊκής σύνδεσης είναι ιδιαιτέρως απαραίτητη κυρίως στις περιπτώσεις των νησιών που δεν έχουν αεροδρόμιο και η ακτοπλοϊκή τους σύνδεση με τα γειτονικά νησιά ή με την ηπειρωτική χώρα, είναι η μόνη λύση. Λόγω της σημαντικότητας των ακτοπλοϊκών συνδέσεων και της πραγματοποίησης μεγάλου αριθμού δρομολογίων καθημερινώς πρέπει να υπάρξει μεγαλύτερη εμβάθυνση στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι ακτοπλοϊκές συνδέσεις και να υποστηριχθούν τα νησιά που βρίσκονται απομακρυσμένα και εμφανίζουν μικρό αριθμό δρομολογίων.

Βιβλιογραφία

- Anek Lines
<https://www.anek.gr/el/routes/>
- Anes Ferries
<https://www.anes.gr/el/dromologia>
- Barabasi A. (2012), Network Science November Ch2. Ανακτήθηκε από:
https://www.cs.purdue.edu/homes/agebrene/Networks/network_science_November_Ch2_2012.pdf
- Barrat A., Barthelemy M., Rastor- Satorras R. and Vespigianni A. (2004). The architecture of complex weighted networks. National Academy of Sciences of the United States of America. Ανακτήθηκε από:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC374315/>
- Blue Star Ferries
<https://www.bluestarferries.com/el/ταξιδέψτε-μαζί-μας/γραμμές-εσωτερικού/δρομολογια.html>
- Bastian M., Heymann S. and Jacomy M. (2009). Gephi : An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks. Ανακτήθηκε από:
<https://gephi.org/publications/gephi-bastian-feb09.pdf>
- Cesar Ducruet (2016). Maritime Networks, Spatial structures and time dynamics. Ανακτήθηκε από:
https://books.google.gr/books?id=0u2oCgAAQBAJ&pg=PA112&lpg=PA112&dq=maritime+networks&source=bl&ots=Pb-VmrGEDu&sig=ACfU3U3_IQi7Eck5hdZSVRYF_c3KnVE-ag&hl=el&sa=X&ved=2ahUKEwjis6bksc7jAhUH3uAKHV36CWo4ChDoATAADegQICRAB#v=onepage&q&f=false
- Corfu Ferries
<https://www.corfufferries.gr/dromologia>
- George Van Otten and Dennis Bellafiore (2018). Transportation Networks. PennState, College of Earth and Mineral Sciences. Ανακτήθηκε από:
https://www.e-education.psu.edu/geog597i_02/node/823

- Grandjean M., 2015. Gephi – Introduction to Network Analysis and Visualization. Ανακτήθηκε από:
<http://www.martingrandjean.ch/gephi-introduction/>
- Hellenic seaways
<https://hellenicseaways.gr/routes>
- Ionian P. Lines
<https://www.ionionpelagos.com/el/content/6>
- Nykamp DQ, “An introduction to networks.” From Math Insight. Ανακτήθηκε από: http://mathinsight.org/network_introduction
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2002. Ανακτήθηκε από: <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=4246>
- Sea Jets
<https://www.seajets.gr/el/travel-with-us/routes>
- Sea Jets
<https://www.ferries.gr/sea-jets/heraklion-santorini-ios-naxos-mykonos-paros-gr.htm>
- Ακτοπλοΐα
<https://el.wikipedia.org/wiki/Ακτοπλοΐα>
- Άγωνα γραμμής
https://el.wikipedia.org/wiki/Άγωνα_γραμμής
- Γεωργόπουλος Α. (2010). Βελτιστοποίηση δικτύου άγωνα γραμμής (Διπλωματική εργασία). Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Ανακτήθηκε από: <https://core.ac.uk/download/pdf/38429716.pdf>
- Γκριντζάλη Κ. (2014). Η ακτοπλοϊκή σύνδεση της νήσου Τήνου (Διπλωματική εργασία). Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Ανακτήθηκε από: <http://dione.lib.unipi.gr/xmlui/handle/unipi/6729>
- Ελληνικός Τουρισμός
http://www.visitgreece.gr/el/greek_islands
- Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (23 Φεβρουαρίου 1984). Ανακτήθηκε από:
http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/19a_84.1151487749227.pdf
- Ίδρυμα Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών (2014). Η Συμβολή της

Ακτοπλοΐας στην Ελληνική Οικονομία: Επιδόσεις και Προοπτικές.
Ανακτήθηκε από:

http://iobe.gr/docs/research/RES_05_F_04112014_REP_GR.pdf

- Κουτσόπουλος Κ. (2005). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου, Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- Λαμπριανίδης Λ. (2008). Οικονομική γεωγραφία, Στοιχεία θεωρίας και εμπειρικά παραδείγματα. Εκδόσεις Πατάκη.
- Λιάλιος Γ. (2017). Η νέα «ακτινογραφία» των ελληνικών νησιών. Η Καθημερινή, Ελληνική Οικονομία. Ανακτήθηκε από:
<https://www.kathimerini.gr/902052/article/oikonomia/ellhnikh-oikonomia/h-ne-aktinografia-twn-ellhnikwn-nhsion>
- Λυκούδης Π. (2014), Ίδρυμα Ευγενίδου, Γ' Έκδοση. Στοιχεία ναυτικού δικαίου. Ανακτήθηκε από: https://www.eef.edu.gr/media/2553/e_j00106.pdf
- Παπαδόπουλος Α., Σταθάκης Γ. & Πηγουνάκης Κ. (2009). Μελέτη βιωσιμότητας ακτοπλοϊκής γραμμής Ρεθύμνου-Πειραιά. Ρέθυμνο: Πανεπιστήμιο Κρήτης. Ανακτήθηκε από:
ftp://ftp.soc.uoc.gr/incoming/kpig/Meleth_Biwsimothtas_Ploiou_Final.pdf
- Πρόγραμμα Excel
https://el.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel
- Σαμπράκος Ε. (2008). Ο τομέας των Μεταφορών και οι Συνδυασμένες Εμπορευματικές Μεταφορές, Εκδόσεις Σταμούλης.
- Σπιλάνης Ι., Ακριβοπούλου Ι., Γάκης Κ, Μιχαηλίδης Γ. και Νιάρχος Α. (2011). Ο Καλλικράτης στα νησιά. Ανακτήθηκε από:
<https://www.eetaa.gr/ekdoseis/pdf/148.pdf>
- Σύνδεσμος Ελληνικών Τουριστικών Επιχειρήσεων (ΣΕΤΕ)
<https://sete.gr/el/stratigiki-gia-ton-tourismo/vasika-megethi-tou-ellinikoy-tourismoy/>
- Φώτης Γ. (2009). Ποσοτική χωρική ανάλυση. Εκδόσεις Γκοβόστη.
- Χλωμούδης Κ., Λεκάκου Μ., Πάνου Κ., Παπαδημητρίου Ε., Συριόπουλος Θ., & Τζαννάτος Ε. (2007). Μεταφορές , Αρτηρίες ζωής για τα νησιά. Εκδόσεις Παπαζήση.