



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
“ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ, ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΣΜΟΣ”**

Διπλωματική Εργασία

**Μελέτη της αλληλεπίδρασης οικονομικού και
γεωγραφικού περιβάλλοντος στο χωρικό σχεδιασμό.
Η περίπτωση υπεραστικών δικτύων Κ.Τ.Ε.Λ. στην Ελλάδα**

Τασοπούλου Θωμά

ΒΟΛΟΣ 2022

© 2022 Θωμάη Τασοπούλου

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

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)

Δρ. Σεραφείμ Πολύζος

Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής

Δρ. Μαρί-Νοέλ Ντυκέν

Καθηγήτρια, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής

Δρ. Ευτυχία Ναθαναήλ

Καθηγήτρια, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Είμαι πολύ χαρούμενη που κρατάτε στα χέρια σας αυτή την εργασία η οποία αποτελεί αποτέλεσμα πολύμηνης προσπάθειας και για την οποία νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω κάποιους ανθρώπους που συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της.

Ένα θερμό ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή, Δρ. Σεραφείμ Πολύζο για τη συνεργασία μας και την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Δρ. Δημήτρη Τσιώτα που με υποστήριξε ουσιαστικά από την αρχή ως το τέλος της παρούσας εργασίας. Η καθοδήγηση, οι εύστοχες παρατηρήσεις, η υπομονή και το αμείωτο ενδιαφέρον του αποδείχθηκαν πολύτιμοι οδηγοί σε αυτό το ακαδημαϊκό ταξίδι.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Άννα και Δημήτρη, και την αδερφή μου, Αγνή, που και αυτοί με τη σειρά τους με παρότρυναν να συνεχίσω το επιστημονικό έργο, να μη σταματώ να θέτω στόχους και που είναι πάντα δίπλα μου.

Θωμάη Τασοπούλου

Περίληψη

Τα Κ.Τ.Ε.Λ. αποτελούν μεταφορικές επιχειρήσεις που εξυπηρετούν τις μεταφορές με χρήση λεωφορείων, τόσο σε μικροοικονομικό (επιβατικού κοινού) όσο και σε μακροοικονομικό πλαίσιο (μεταξύ πόλεων, εντός και έκτος νομού), προάγοντας την περιφερειακή ανάπτυξη. Ο ρόλος τους είναι διπλός καθώς υποστηρίζουν τόσο την κρατική ανάγκη όσο και τη ζήτηση στις τοπικές αγορές για μεταφορές, δεδομένου ότι καλύπτουν το 80% των επιβατικών μεταφορών στη χώρα. Η εργασία αυτή αποσκοπεί στη μελέτη και ανάδειξη των τοπολογικών και γεωγραφικών ιδιοτήτων του ελληνικού δικτύου δημόσιων υπεραστικών μεταφορών (GPRN) των Κ.Τ.Ε.Λ. πέντε περιφερειών της Ελλάδας (Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, Κεντρική Μακεδονία, Δυτική Μακεδονία, Θεσσαλία και Ήπειρος) σε σχέση με το κοινωνικοοικονομικό τους περιβάλλον. Απώτερος σκοπός αποτελεί η μελέτη της αποτελεσματικότητας του GPRN συγκριτικά με το διαπεριφερειακό δίκτυο οδικών μεταφορών στην Ελλάδα και της σχέσης μεταξύ χώρου και κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών, χρησιμοποιώντας μεθοδολογικές προσεγγίσεις χωρικής και οικονομετρικής ανάλυσης και ανάλυσης πολύπλοκων δικτύων, οι οποίες είναι χρήσιμες για το χωρικό σχεδιασμό. Συγκεκριμένα, στην εργασία θα πραγματοποιηθεί μελέτη της δομής του GPRN, με χρήση μεταβλητών που θα αντληθούν από την ανάλυση πολύπλοκων δικτύων (π.χ. αριθμός προορισμών, μήκος ακμών), σε σχέση με μεταβλητές που αντλούνται από το κοινωνικό και οικονομικό περιβάλλον των περιφερειών μελέτης (διακρίνονται ανταγωνιστικές ή συμπληρωματικές συμπεριφορές μεταξύ περιπτώσεων) και αξιολόγηση της συνεισφοράς του δικτύου υπεραστικών γραμμών στο συνολικό οδικό δίκτυο της χώρας και την υποστήριξη και προαγωγή του οικονομικού προφίλ των τοπικών αγορών. Συνολικά, η εργασία αποσκοπεί στην ανάδειξη της ανάλυσης χωρικών δικτύων ως εργαλείου μοντελοποίησης στο χωρικό σχεδιασμό.

Λέξεις Κλειδιά: δημόσια συγκοινωνία, περιφερειακή/τοπική οικονομία, επιστήμη των δικτύων, χωρικά δίκτυα, ανάλυση δικτύου

Abstract

The K.T.E.A. are transport companies that serve transport using buses, both in microeconomy (passenger public) and in macroeconomic context (between cities, within and outside the prefecture), promoting regional development. Their role is twofold as they support both the state need and the demand in the local markets for transport, as they cover 80% of the passenger transport in the country. This case study aims at the study and promotion of the topological and geographical properties of the Greek public interurban transport network (GPRN) of K.T.E.A. five regions of Greece (Eastern Macedonia and Thrace, Central Macedonia, Western Macedonia, Thessaly and Epirus) in relation to their socio-economic environment. The ultimate goal is to study the effectiveness of GPRN compared to the interregional road transport network in Greece and the relationship between space and socio-economic characteristics, using methodological approaches of spatial and econometric analysis and analysis of complex networks, which are useful for spatial planning. Specifically, this paper will study the structure of GPRN, using variables derived from the analysis of complex networks (eg number of destinations, length of edges), in relation to variables derived from the social and economic environment of the study regions (competitive or complementary behaviors are distinguished between cases) and evaluation of the contribution of the intercity network to the overall road network of the country and the support and promotion of the economic profile of the local markets. Overall, our study aims to highlight the analysis of spatial networks as a modeling tool in spatial planning.

Keywords: public transport, regional / local economy, network science, spatial networks, network analysis

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	v
Abstract.....	vi
Κεφάλαιο 1.....	1
Εισαγωγή.....	1
1.1. Θέμα και Σκοπός.....	4
1.2. Δομή Διπλωματικής Εργασίας.....	6
Κεφάλαιο 2.....	7
Η σημασία των δημόσιων μεταφορών στην περιφερειακή ανάπτυξη.....	7
2.1. Η σημασία των μεταφορών στην εθνική και τοπική οικονομία.....	7
2.2. Δημόσιες μεταφορές και οικονομία.....	9
2.3. Κ.Τ.Ε.Λ.....	13
Κεφάλαιο 3.....	17
Η επιστήμη των δικτύων στην περιγραφή συστημάτων μεταφορών.....	17
3.1. Η επιστήμη των δικτύων.....	17
3.2. Η θεωρία των γράφων.....	18
3.3. Δίκτυα μεταφορών.....	22
Κεφάλαιο 4.....	25
Μεθοδολογικό πλαίσιο.....	25
4.1. Μοντελοποίηση Δικτύου και Δεδομένα.....	26
4.2. Ανάλυση δικτύου.....	30
4.2.1. Τοπολογία δικτύου.....	30
4.2.2. Μέτρα δικτύου.....	34
4.3. Οικονομική και εμπειρική ανάλυση.....	40
Κεφάλαιο 5.....	43
Ανάλυση δικτύου και εμπειρική ανάλυση.....	43
5.1 Ανάλυση δικτύου.....	43
5.2 Εμπειρική ανάλυση.....	56
Κεφάλαιο 6.....	64
Συμπεράσματα.....	64
Βιβλιογραφία.....	71
Ελληνόγλωσση.....	71
Ξενόγλωσση.....	71
Παράρτημα.....	76
I. Διαδικτυακές πηγές GPRN.....	76

II. Νομοθετικό πλαίσιο.....	77
-----------------------------	----

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 4.1 Περιφερειακές Ενότητες του GPRN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)	30
Πίνακας 4.2 Μεταβλητές που συμμετέχουν στην ανάλυση συσχετίσεων του GPRN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία).....	41
Πίνακας 5.1 Συγκριτικός πίνακας μέτρων GPRN και GRN ^(a) (Πηγή: Ίδια επεξεργασία; Tsiotas, 2020)	43
Πίνακας 5.2 Αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης του GPRN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία) ..	62

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1.1 Κ.Τ.Ε.Λ. δικτύου GPRN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)	6
Σχήμα 2.1 Κατανομή της επενδυτικής συγχρηματοδότησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανά τομέα (Πηγή: Υπουργείο Οικονομικών, 2022)	11
Σχήμα 3.1 Γραφική παράσταση ενός δικτύου μεταφορών (Πηγή: Rodrigue & Ducruet, 2013). 18	
Σχήμα 3.2 (a) το πρόβλημα της γέφυρας Königsberg και (b) το αντίστοιχο γραφικό μοντέλο (Πηγή: Chatterjee, 2015).....	19
Σχήμα 3.3 Αναπαράσταση γράφου ενός πραγματικού δικτύου (Πηγή: Rodrigue & Ducruet, 2013)	21
Σχήμα 4.1 Διάγραμμα ροής μεθοδολογικού πλαισίου μελέτης (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)	25
Σχήμα 4.2 Χωρική θέση (a) στάσεων (προορισμοί και αφετηρίες) λεωφορείων του GPRN (1486;1663) και (b) διασταυρώσεων (στάσεων) οδικών διαδρομών του GRN (4993;6847) (Πηγή: Ίδια επεξεργασία; Tsiotas, 2020)	27
Σχήμα 4.3 Χάρτης συνδετικών συνιστωσών των Περιφερειακών Ενοτήτων του GPRN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία).....	29
Σχήμα 5.1 Χωρική κατανομή των μέτρων του GPRN: (a) βαθμός (b) ενδιαμέσου κεντρικότητα (c) κεντρικότητα εγγύτητα (d) συντελεστή συγκέντρωσης (e) συναρμολογησιμότητα (f) συναρμολογησιμότητα με την πληροφορία της χιλιομετρικής εγγύτητας και (g) συναρμολογησιμότητα με την πληροφορία της χρονικής εγγύτητας (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)	49
Σχήμα 5.2 Διάγραμμα διασποράς (a) $(k, n(k))$ της κατανομής βαθμού, (b) $(k_{w(km)}, n(k_{w(km)}))$ της κατανομής σταθμισμένου βαθμού (χιλιομετρική εγγύτητα) και (c) $(k_{w(\min)}, n(k_{w(\min)}))$ της	

κατανομής σταθμισμένου βαθμού (χρονική εγγύτητα) του GPRN σε λογαριθμική κλίμακα(Πηγή: Ίδια επεξεργασία)	52
Σχήμα 5.3 Διάγραμμα διασποράς (C,n(C)) του συντελεστή συγκέντρωσης των κόμβων του GPGN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία).....	53
Σχήμα 5.4 Διάγραμμα διασποράς (k,C) του συντελεστή συγκέντρωσης και του βαθμού των κόμβων του GPGN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία).....	53
Σχήμα 5.5 Διάγραμμα διασποράς (C,n(CB)) της ενδιαμεσότητας των κόμβων του GPGN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)	54
Σχήμα 5.6 Διάγραμμα διασποράς (k,CB) της ενδιαμεσότητας των κόμβων του GPGN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία).....	55
Σχήμα 5.7 Διάγραμμα Κ.Τ.Ε.Λ. (κόμβος αφητηρίας) και μέσης απόστασης των Κ.Τ.Ε.Λ. (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)	55

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Ο σκοπός της μεταφοράς είναι να ξεπεράσει το χώρο, ο οποίος διαμορφώνεται από μια ποικιλία ανθρωπίνων και φυσικών περιορισμών όπως απόσταση, χρόνος και διοικητικά όρια (Rodrigue, et al., 2009). Ο βασικός προορισμός των μεταφορικών συστημάτων είναι η μεταφορά ατόμων, εμπορευμάτων και πληροφοριών από την πηγή σε προορισμούς (Ducruet & Beauguitte, 2014). Τα δίκτυα μεταφορών γενικότερα και τα δίκτυα οδικών συγκοινωνιών ειδικότερα αποτελούν τη ραχοκοκαλιά μιας πόλης και επηρεάζουν άμεσα την παραγωγικότητα και την επιβίωσή της. Παρουσιάζουν δομή μικρού κόσμου, αντικατοπτρίζοντας την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη της πόλης και υλοποιούν τις διασυνδέσεις μεταξύ των πόλεων. Το οδικό δίκτυο αποτελεί το βασικό χερσαίο δίκτυο μεταφορών στις χώρες του Δυτικού κόσμου από τη δεκαετία του 1950 έως σήμερα και παρουσιάζει σύνθετες τοπολογικές ιδιότητες. Επιτρέπει την εκτεταμένη διασπορά των μετακινήσεων στο χώρο και τη σχετικά εύκολη προσβασιμότητα σε περιοχές με πολύπλοκο γεωμορφολογικό ανάγλυφο.

Στην Ελλάδα, ο οδικός τρόπος χερσαίας μεταφοράς είναι ο κυριότερος, δεδομένου ότι οι σιδηροδρομικές υποδομές τις χώρες υστερούν αρκετά σε σχέση με αυτές άλλων ευρωπαϊκών χωρών και το βασικότερο στοιχείο υποδομής των μεταφορών της είναι το οδικό δίκτυο. Αυτό συμπληρώνει τόσο τις θαλάσσιες και τις εναέριες, όσο και τις σιδηροδρομικές μεταφορές. Το οδικό δίκτυο της Ελλάδας αποτελείται από αυτοκινητόδρομους, εθνικές και επαρχιακές οδούς. Δύο από τους βασικούς οδικούς άξονες της ηπειρωτικής Ελλάδας είναι ο άξονας Πάτρα – Αθήνα – Θεσσαλονίκη - Εύζωνοι (ΠΑΘΕ) και η Εγνατία Οδός που διασχίζει την Ελλάδα από δυτικά προς ανατολικά, από το λιμάνι της Ηγουμενίτσας μέχρι τα τουρκικά σύνορα. Το ελληνικό διαπεριφερειακό οδικό δίκτυο έχει μήκος 35.860 km (Tsiotas, 2020) και συνδέει ποικίλα ορεινά, χερσαία και παράκτια μέρη. Παλαιότερες έρευνες έχουν καταδείξει ότι η κινητικότητα των Ελληνικών περιφερειών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το οδικό δίκτυο, ενώ σε ορισμένες περιφέρειες οι οδικές μεταφορές αποτελούν το μοναδικό διαθέσιμο σύστημα χερσαίων μεταφορών (Gavanas, 2014).

Ένα εξαιρετικά σημαντικό μέρος των οδικών μεταφορών αποτελούν οι δημόσιες συγκοινωνίες, οι οποίες είναι μια συλλογή τρόπων μεταφοράς που είναι διαθέσιμη στο κοινό ανεξάρτητα από την ιδιοκτησία (White, 2002). Ιστορικά, τα περισσότερα δίκτυα δημόσιων μεταφορών έχουν εξελιχθεί με την πάροδο του χρόνου με βάση την προηγούμενη εμπειρία των σχεδιαστών, απλές οδηγίες ή απαιτήσεις από τις τοπικές κοινότητες (Mumford, 2013). Η κύρια λειτουργία του συστήματος δημόσιων μεταφορών διαφέρει ανάλογα με την περιοχή λειτουργίας του. Στις αραιοκατοικημένες περιοχές, σκοπός είναι η κάλυψη των βασικών μεταφορικών αναγκών, ενώ στις

μεγαλύτερες πόλεις η μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και η βελτίωση του περιβάλλοντος. Σε περιφερειακή κλίμακα, σκοπός είναι η δημιουργία ευκαιριών για εκπαίδευση και η αύξηση της αγοράς εργασίας (Hydén, 2008). Έτσι, η εξέλιξη του δημόσιου συστήματος μεταφορών μιας πόλης σχετίζεται στενά με την ίδια την ανάπτυξη της πόλης και επομένως επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες ιστορικής, γεωγραφικής και κοινωνικής προέλευσης. Πολλές μελέτες έχουν εξετάσει τη συσχέτιση μεταξύ των δημόσιων μεταφορών και του δομημένου περιβάλλοντος, καθώς και τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά (Crane and Schweitzer, 2003; Titze, et al., 2008; Van Acker, et al., 2013; Marti & Weidmann, 2016; Zhang, et al., 2017; Yu, et al., 2019). Αυτές οι μελέτες μέτρησαν ποσοτικά τον αντίκτυπο των τοπικών δομημένων περιβαλλοντικών παραγόντων (πυκνότητα, ποικιλομορφία, σχεδιασμός, απόσταση από τη διέλευση και προσβασιμότητα στον προορισμό) (Renne and Wells 2005; Evans & Pratt, 2007; Renne 2009a; Kamruzzaman et al. 2014; Wey et al. 2016) στις δημόσιες συγκοινωνίες. Οι περισσότερες πρώτες μελέτες υπέθεσαν ότι η επιλογή ταξιδιού στα μέσα μαζικής μεταφοράς επηρεάζεται μόνο από τοπικούς παράγοντες εντός της ίδιας χωρικής ενότητας (π.χ. ζώνες ανάλυσης κυκλοφορίας) και οι περισσότερες βασίστηκαν σε εμπειρικές παρατηρήσεις και έρευνες της τοπικής χωρικής ενότητας. Ωστόσο, η πόλη αποτελείται από ένα σύνολο δράσεων, αλληλεπιδράσεων και συναλλαγών (Batty, 2013; Liu, et al., 2015) και οι μελέτες πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις δυναμικές χωρικές αλληλεπιδράσεις σε σχέση με το χώρο και το χρόνο (Nasri and Zhang, 2014; Singh, et al., 2017). Αυτό υποδηλώνει ότι οι χωρικές αλληλεπιδράσεις μέσα σε ένα δομημένο περιβάλλον θα πρέπει να εξετάζονται από την άποψη της θεωρίας των δικτύων. Η ανάλυση των δικτύων δημόσιων μεταφορών με τη χρήση της θεωρίας δικτύου επιτρέπει τη χρήση μιας κοινής πλατφόρμας στην οποία μπορούμε να κατανοήσουμε και να αποκρυπτογραφήσουμε τα εγγενή χαρακτηριστικά του δικτύου που κωδικοποιούνται στις τοπολογικές ιδιότητες. Στη θεωρία των γραφημάτων ένα δίκτυο αναπαρίσταται τυπικά ως ένα γράφημα που αποτελείται από ένα σύνολο κόμβων που διασυνδέονται από ένα σύνολο ακμών. Μία από τις παλαιότερες περιπτώσεις χρήσης της έννοιας της θεωρίας γραφημάτων για την ανάλυση ενός πραγματικού προβλήματος χρονολογείται από τον 17^ο αιώνα, όταν ο Leonhard Euler χρησιμοποίησε την έννοια των κόμβων και των ακμών για να λύσει το πρόβλημα των επτά γεφυρών του Königsberg, ένα αξιοσημείωτο πρόβλημα στην ιστορία των μαθηματικών (Euler, 1953). Αυτός ο τομέας μελέτης συνεχίζει να προσελκύει τεράστιο ερευνητικό ενδιαφέρον και στις τελευταίες δύο δεκαετίες (Barabási, 2016; Van Steen, 2010). Αν και πολλά σύνθετα συστήματα του πραγματικού κόσμου έχουν αναλυθεί χρησιμοποιώντας τη θεωρία γραφημάτων, λίγη προσοχή έχει δοθεί στο πεδίο των δικτύων δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών που είναι ένας ενεργός ερευνητικός τομέας.

Οι υπηρεσίες υπεραστικών λεωφορείων αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του συνολικού συστήματος δημόσιων μεταφορών που ανταποκρίνεται στη ζήτηση για ταξίδια μεγάλων αποστάσεων. Διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στη σύνδεση των μεγάλων πόλεων μεταξύ τους και τις μικρές πόλεις και με τους αγροτικούς οικισμούς. Τα υπεραστικά λεωφορεία βοηθούν τις κοινότητες να επιτύχουν τους στόχους βιωσιμότητας. Αν και άλλοι τρόποι μεταφοράς υπεραστικών μεταφορών διαδραματίζουν αναμφισβήτητα σημαντικό ρόλο στην κάλυψη της ζήτησης για ταξίδια μεγάλων αποστάσεων, τα πλεονεκτήματα των υπεραστικών λεωφορείων είναι πολλαπλά και ξεχωρίζουν έναντι των άλλων τρόπων μεταφοράς.

Το υπεραστικό λεωφορείο ή διαφορετικά το λεωφορείο μεγάλων αποστάσεων είναι ένα σύστημα δημόσιας συγκοινωνίας σε περίπου δεκατέσσερις χώρες του κόσμου, συμπεριλαμβανομένων των ΗΠΑ, του Ηνωμένου Βασιλείου, της Νορβηγίας, της Γερμανίας, της Ιρλανδίας και της Κίνας. Η πλειονότητα των ταξιδιωτών προτιμά τα υπεραστικά λεωφορεία έναντι των σιδηροδρομικών και αεροπορικών υπηρεσιών λόγω της υψηλότερης συχνότητας και του χαμηλότερου κομίστρου. Σε μια χρονική περίοδο όπου διάφορες πηγές δεδομένων δείχνουν ότι οι ομάδες χαμηλού εισοδήματος εξαπλώνονται, τα υπεραστικά λεωφορεία θα μπορούσαν να είναι μια βιώσιμη επιλογή για όσους δε διαθέτουν αυτοκίνητο. Το υπεραστικό λεωφορείο είναι σημαντικά μία λιγότερο ακριβή εναλλακτική μορφή μεταφοράς από την οδήγηση. Επίσης, τα υπεραστικά λεωφορεία είναι χρήσιμα ιδιαίτερα σε απομακρυσμένες και αγροτικές περιοχές. Η συγκέντρωση των υπηρεσιών μεταφορών στις αστικές περιοχές, καθιστά τις αγροτικές κοινότητες σε μειονεκτική θέση από το σύστημα μεταφορών λόγω της μακρινής εγγύτητας τους από τις αστικές περιοχές. Σε πολλές αγροτικές και μικρές κοινότητες πόλεων, η οδική υπεραστική μεταφορά είναι η μόνη υπηρεσία καθώς για αυτές τις κοινότητες δεν είναι διαθέσιμες οι επιλογές αεροπορικών ή επιβατικών σιδηροδρομικών μετακινήσεων. Με το ποσοστό του ηλικιωμένου πληθυσμού να αυξάνεται και τα δύο τρίτα από αυτούς να ζουν σε μικρές κοινότητες, ο ρόλος των υπεραστικών λεωφορείων καθιστάτε αναγκαίος. Τα υπεραστικά λεωφορεία μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την αντικατάσταση ή την προσθήκη άλλης υπηρεσίας μεταφοράς, όπως για παράδειγμα, όταν ένα τρένο ή ένα αεροπλάνο δε λειτουργεί. Τα υπεραστικά λεωφορεία είναι μια εξαιρετικά αποτελεσματική μορφή μεταφοράς επιβατών και αναμφισβήτητα ο πιο βολικός τρόπος ταξιδιού στην ηπειρωτική χώρα. Αρκετές ερευνητικές εργασίες και έγγραφα πολιτικής υποδηλώνουν ότι τα υπεραστικά λεωφορεία είναι φιλικά προς το περιβάλλον (χαμηλότερο διοξείδιο του άνθρακα σε σύγκριση με άλλα μέσα μεταφοράς), οικονομικά βιώσιμα, κοινωνικά αποδεκτά και ασφαλή μέσα ταξιδιών μεγάλων αποστάσεων σε σύγκριση με άλλους τρόπους υπεραστικής μετακίνησης. Η κατανάλωση ενέργειας ανά χιλιόμετρο επιβατών είναι χαμηλότερη από ό,τι για τα περισσότερα άλλα μέσα μεταφοράς (ανάλογα με τον αριθμό των επιβατών που μεταφέρονται). Τα υπεραστικά λεωφορεία είναι ο ταχύτερα

αναπτυσσόμενος τρόπος υπεραστικής μεταφοράς, ξεπερνώντας τα συστήματα αεροπορικών και σιδηροδρομικών μεταφορών. Με μια ευρύτερη έννοια, εάν το μέλλον απαιτεί τη δημιουργία μιας αυτοσυντηρούμενης κοινότητας, μια περιοχή παρέμβασης θα πρέπει να δημιουργήσει ένα βιώσιμο σύστημα μεταφορών. Για αυτό το σκοπό, τα υπεραστικά λεωφορεία θα μπορούσαν να είναι ένας πολλά υποσχόμενος τρόπος μετακίνησης όσον αφορά τα περιβαλλοντικά και τα κοινωνικοοικονομικά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλους τρόπους υπεραστικής μετακίνησης.

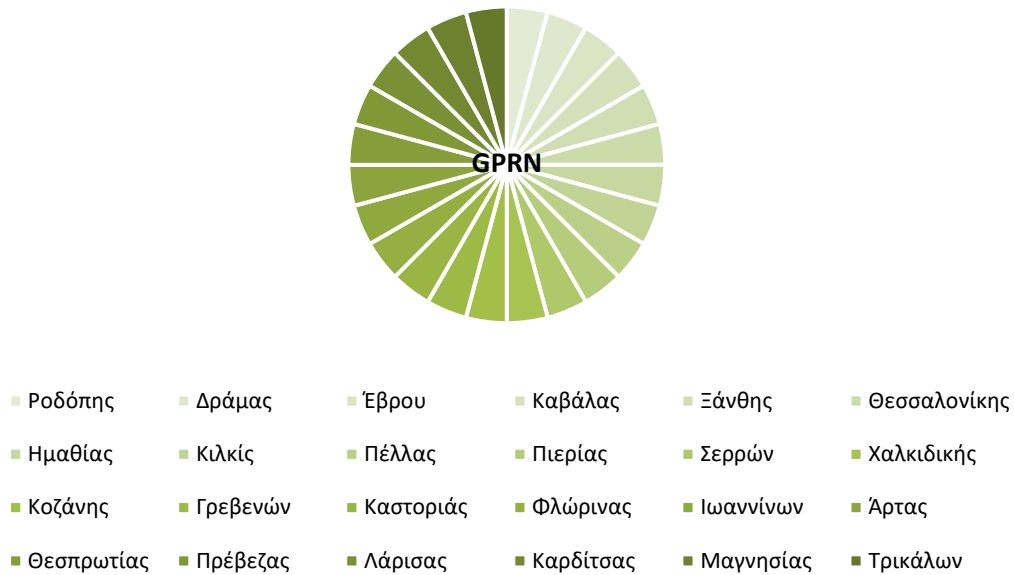
Στην Ελλάδα, υπάρχουν εξήντα δύο φορείς που παρέχουν δημόσιες υπηρεσίες υπεραστικών οδικών μεταφορών επιβατών με χρήση λεωφορείων με την επωνυμία Κοινά Ταμεία Εισπράξεων Λεωφορείων (Κ.Τ.Ε.Λ.) με έδρα και περιοχή εκμετάλλευσης την περιφερειακή τους ενότητα. Στον ορισμός Κ.Τ.Ε.Λ. αναφέρονται επίσης και οι σταθμοί επιβίβασης σε αυτά τα λεωφορεία. Τα Κ.Τ.Ε.Λ. εξυπηρετούν το σύνολο της χώρας, με 180 εκατομμύρια περίπου μετακινούμενους επιβάτες το χρόνο. Το δίκτυο των δημοσίων υπεραστικών οδικών μεταφορών είναι το σύνολο των προκαθορισμένων υπεραστικών γραμμών εντός των γεωγραφικών ορίων μιας περιφερειακής ενότητας, στο οποίο περιλαμβάνονται και υπεραστικές γραμμές που έχουν την αφετηρία ή το τέρμα τους στην περιοχή αυτή. Μεγάλος αριθμός Κ.Τ.Ε.Λ. εξυπηρετούν δρομολόγια που πραγματοποιούνται μεταξύ της πρωτεύουσας μίας περιφερειακής ενότητας και των κωμοπόλεων και εν γένει μεγάλων οικισμών της περιφερειακής ενότητας. Κάθε υπεραστική γραμμή περιλαμβάνει την αφετηρία, τη διαδρομή, τις ενδιάμεσες στάσεις για επιβίβαση ή αποβίβαση επιβατών και το τέρμα (τόπο άφιξης). Το δίκτυο δημοσίων υπεραστικών οδικών μεταφορών εξυπηρετεί τις διαρκείς ανάγκες μετακινήσεων του επιβατικού κοινού, με προγραμματισμένα δρομολόγια, στα οποία καθένας έχει πρόσβαση έναντι του καθορισμένου κομίστρου.

1.1. Θέμα και Σκοπός

Τα συστήματα δημόσιας μεταφοράς αποτελούν σημαντικό μέρος του δικτύου υποδομής που επιτρέπει τη μαζική ροή επιβατών εντός μιας πόλης και μεταξύ των πόλεων. Ορισμένες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα δίκτυα μεταφορών είναι η επίτευξη μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας και η βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών. Αυτές οι προκλήσεις αντιμετωπίζονται σε διάφορα επίπεδα λειτουργίας, που κυμαίνονται από το βέλτιστο σχεδιασμό διαδρομής έως την ανάπτυξη της υποδομής, και τα προβλήματα αντιμετωπίζονται από διαφορετικές οπτικές γωνίες ανάλογα με τον κλάδο σπουδών, όπως η περιφερειακή επιστήμη, ο πολεοδομικός σχεδιασμός και η γεωγραφία. Η βιβλιογραφία αφθονεί με ποικίλες μεθοδολογίες που υιοθετήθηκαν σε διάφορους κλάδους για την αναπαράσταση, την ανάλυση και την αντίληψη της πολύπλοκης δυναμικής των συστημάτων δημοσίων μεταφορών, μεταξύ των οποίων, το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS), η θεωρία γραφημάτων και ο

μαθηματικός προγραμματισμός. Με αφετηρία τις αξιοσημείωτες συνεισφορές της θεωρίας δικτύων, η εφαρμογή των θεωρητικών εννοιών γραφημάτων στην ανάλυση των δικτύων δημόσιων μεταφορών έχει αποσπάσει σημαντική προσοχή και σήμερα, είναι μια από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες προσεγγίσεις για την κατανόηση της φύσης της συνδεσιμότητας σε δίκτυο δημόσιων μεταφορών. Ως επέκταση της θεωρίας γραφημάτων, η θεωρία δικτύων έχει εφαρμοστεί σε μια μεγάλη ποικιλία συστημάτων πραγματικού κόσμου που ενσωματώνουν πολύπλοκη διασύνδεση υποσυστημάτων. Η εφαρμογή της θεωρίας δικτύων επέτρεψε τη σε βάθος κατανόηση της συνδεσιμότητας, των τοπολογιών και των λειτουργιών πολλών πρακτικών δικτυωμένων συστημάτων καθώς και των ρόλων που διαδραματίζουν διάφορες παράμετροι στον προσδιορισμό της απόδοσης τέτοιων συστημάτων. Η αναπαράσταση ενός δικτύου δημόσιων μεταφορών ως σύνθετου δικτύου, μαζί με την υιοθέτηση ορισμένων εννοιών από τη στατιστική φυσική, προσφέρει αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα στη μοντελοποίηση και ανάλυση μη γραμμικών και δυναμικών δομών δικτύου. Ωστόσο, η χρήση της θεωρίας γραφημάτων, στον τομέα των δικτύων μεταφορών, έχει διερευνηθεί σχετικά λιγότερο, και αυτό μας παρακινεί να συγκεντρώσουμε την πρόσφατη εξέλιξη στον τομέα της ανάλυσης των δημόσιων μεταφορών από μια θεωρητική σκοπιά γραφημάτων.

Σε αυτή την εργασία, εστιάζουμε σε ένα τύπο δημόσιας συγκοινωνίας, το δίκτυο δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών με λεωφορείο (GPRN), καθώς αυτό το δίκτυο χρησιμοποιείται ευρέως από το κοινό για να καλύψει τις καθημερινές του ανάγκες μετακίνησης. Διεξάγουμε μια μελέτη περίπτωσης πέντε περιφερειών της Ελλάδας (Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, Κεντρική Μακεδονία, Δυτικής Μακεδονία, Θεσσαλία και Ήπειρος) χρησιμοποιώντας 24 Κ.Τ.Ε.Λ. (ζώνες ανάλυσης) (Σχήμα 1.1). Κατά τη διάρκεια της ανάλυσής μας, εισάγονται διάφορες παράμετροι δικτύου για να διερευνηθεί ο αντίκτυπος της τοπολογίας στη μεταφορά και η σύνδεση της με το κοινωνικοοικονομικό πλαίσιο του δικτύου. Οι διάφορες τοπικές και παγκόσμιες ιδιότητες αξιολογούνται ως μέρος της τοπολογικής ανάλυσης και παρέχουν μια κοινή πλατφόρμα για την κατανόηση και την αποκρυπτογράφηση των εγγενών χαρακτηριστικών του δικτύου που είναι εν μέρει κωδικοποιημένα στις τοπολογικές τους ιδιότητες. Επιπρόσθετα, πραγματοποιείται σύγκριση δύο τοπολογικών δικτύων. Συγκεκριμένα, συγκρίνουμε το δίκτυο δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών (GPRN) με το διαπεριφερειακό δίκτυο οδικών μεταφορών στην Ελλάδα (GRN) του Tsiotas (2020), ένα χωροταξικό δίκτυο υποδομής. Συνολικά, αυτό το έγγραφο παρέχει μια λεπτομερή έκθεση της πρόσφατης εξέλιξης στη χρήση της θεωρίας γραφημάτων στην ανάλυση του δικτύου δημόσιων μεταφορών.



Σχήμα 1.1 Κ.Τ.Ε.Λ. δικτύου GPRN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

1.2. Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Στο εξής υποκεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση της δομής της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η οποία αναπτύσσεται σε έξι κεφάλαια. Το Κεφάλαιο 2 και 3 περιλαμβάνει μια βιβλιογραφική ανασκόπηση. Συγκεκριμένα, το Κεφάλαιο 2 εστιάζει στη σημασία των δημόσιων μεταφορών στην περιφερειακή και τοπική οικονομία. Γίνεται μια εις βάθος βιβλιογραφική επισκόπηση στον τρόπο με τον οποίο το δίκτυο υπηρετεί και προάγει την περιφερειακή οικονομία. Το Κεφάλαιο 3 εστιάζει στην επιστήμη των δικτύων στην περιγραφή συστημάτων μεταφορών. Στο Κεφάλαιο 4 περιγράφεται το μεθοδολογικό πλαίσιο της μελέτης και η μοντελοποίηση του δικτύου. Ακόμα περιγράφονται οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι ανάλυσης. Το Κεφάλαιο 5 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης και το σχολιασμό τους υπό το πρίσμα της επιστήμης των δικτύων και της περιφερειακής οικονομίας. Η διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με το Κεφάλαιο 6 όπου συνοψίζονται τα πιο σημαντικά ευρήματα της έρευνας και δίνεται μια προοπτική για περαιτέρω έρευνα.

Κεφάλαιο 2

Η σημασία των δημόσιων μεταφορών στην περιφερειακή ανάπτυξη

2.1. Η σημασία των μεταφορών στην εθνική και τοπική οικονομία

Η ανάπτυξη μπορεί να οριστεί ως η βελτίωση της ευημερίας μιας κοινωνίας μέσω κατάλληλων κοινωνικών, πολιτικών και οικονομικών συνθηκών. Βελτιώνει την ποιότητα ζωής των ανθρώπων καθώς η οικονομική ανάπτυξη ως προς το κατά κεφαλήν εισόδημα ή το κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) παρέμεινε κριτήριο για τη μέτρηση της ανάπτυξης μιας περιοχής για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η αυξανόμενη αλληλεξάρτηση και κινητικότητα των παραγωγικών συντελεστών της οικονομικής περιφέρειας και της περιφερειακής ανάπτυξης έχει μεταβάλει την έννοια της οικονομικής περιφέρειας και της περιφερειακής ανάπτυξης. Η κινητικότητα της εργασίας και του κεφαλαίου διευκολύνει τη διασύνδεση και δικτύωση των αγορών. Όσο περισσότερο αναπτυγμένη είναι μια περιοχή, τόσο λιγότερα εμπόδια πρέπει να ξεπεραστούν λόγω της πληρότητας της τεχνογνωσίας, του θεσμικού πλαισίου και του ενδιαφέροντος. Αντίθετα, τα εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν σε μία λιγότερο αναπτυγμένη περιοχή προκύπτουν εξαιτίας ισχυρών τοπικών συμφερόντων που επωφελούνται από μια υπάρχουσα κατάσταση μη ανάπτυξης.

Η ανθρώπινη μετακίνηση εξυπηρετεί την εγγενή ανάγκη για κινητικότητα και επενεργεί συνεχώς στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη των κοινωνιών σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο (Πολύζος, 2011). Τα συστήματα μεταφορών χρησιμοποιούνται από ένα μεγάλο φάσμα παραγωγών και καταναλωτών. Η βαρύτητά τους στην προώθηση της συνοχής και της ολοκλήρωσης στις αναπτυξιακές διαδικασίες είναι μεγάλη. Έπειτα, τα εν λόγω συστήματα συμβάλλουν καίρια στη βελτίωση των συνθηκών πρόσβασης σε απομακρυσμένες περιοχές μίας χώρας και την αποσυμφόρηση και εξομάλυνση της κινητικότητας στις πλέον κεντρικές περιοχές μίας περιφέρειας. Η ύπαρξη και η αποτελεσματική λειτουργία ενός συστήματος μεταφορών και των αντίστοιχων υποδομών συνιστά ουσιαστική προϋπόθεση τόσο για την ανάπτυξη σε εθνικό επίπεδο, όσο και σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Άλλωστε, η ανεπαρκής πρόσβαση του πληθυσμού στο δίκτυο μεταφορών και η έλλειψη κατάλληλων μεταφορικών υποδομών έχουν συνδεθεί με την υποανάπτυξη, καθώς οι εν λόγω ελλείψεις αποτελούν ορισμένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά των λιγότερο αναπτυγμένων, από οικονομική άποψη, περιοχών του πλανήτη (Σκούντζος, 1993). Εν γένει, το δομικό υπόβαθρο εντός του οποίου πραγματοποιούνται οι δράσεις που αφορούν κάθε μία από τις κατηγορίες των μεταφορών οι οποίες είναι η μεταφορά

ανθρώπων, η μεταφορά αγαθών και γνώσης, τεχνολογίας και πληροφοριών, είναι οι υποδομές των μεταφορών (Πολύζος, 2011).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η περιφερειακή ανάπτυξη δεν αποτελεί απλά συνάρτηση των ιδιωτικών συντελεστών παραγωγής, δηλαδή το κεφάλαιο και την εργασία, αλλά και των μεταφορών και δη των δημοσίων. Μία περιοχή που χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη και λειτουργία κατάλληλα σχεδιασμένων και αναπτυγμένων μεταφορικών δικτύων και υποδομών εμφανίζει πολλά συγκριτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με μία περιφέρεια όπου το επίπεδο των υπηρεσιών μεταφορών είναι λιγότερο αναπτυγμένο. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη περίπτωση έχει εκτιμηθεί ότι το περιφερειακό Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) κατά κεφαλήν ή ανά εργαζόμενο είναι υψηλότερο, κάτι που ισχύει και για τα επίπεδα απασχόλησης της συγκεκριμένης περιοχής. Ακριβέστερα, προκύπτει ότι το περιφερειακό εισόδημα, η περιφερειακή εργασία και η περιφερειακή παραγωγικότητα συνιστούν αύξουσες συναρτήσεις της παρουσίας οργανωμένου δικτύου μεταφορών και των αντίστοιχων υποδομών. Επομένως, είναι ευρέως παραδεκτό ότι ένα αποτελεσματικό σύστημα μεταφορών αποτελεί έναν εκ των ων ουκ άνευ παράγοντα που επιδρά στην οικονομική ανάπτυξη της εκάστοτε περιφέρειας και, ως εκ τούτου, μία αναγκαιότητα για τις σύγχρονες οικονομίες η οποία δε μπορεί να υποκατασταθεί με άλλον παράγοντα (Μεταξάς, 1986).

Είναι σαφές εδώ και πολλές δεκαετίες ότι η ανάπτυξη των περιφερειών, κυρίως των ακριτικών περιοχών, συνδέεται αναπόσπαστα με την ύπαρξη των κύριων μεταφορικών έργων υποδομής και την παροχή ασφαλών, ανταγωνιστικών και αποτελεσματικών υπηρεσιών μεταφοράς ανθρώπων και αγαθών από και προς όλα τα κέντρα του εθνικού και του ευρωπαϊκού κορμού. Παρ' όλ' αυτά, είναι αρκετές οι περιφερειακές ενότητες οι οποίες αντιμετωπίζουν διάφορα προβλήματα αναφορικά με το αυξημένο κόστος των μεταφορών και την έλλειψη εναλλακτικών μεταφορικών συνδέσεων, που έχουν ως συνέπεια την αυξημένη οικονομική επιβάρυνση της μεταφοράς ανθρώπων και αγαθών, το διαρκή περιορισμό της ανταγωνιστικότητας των προϊόντων που εξάγονται από τις εν λόγω περιοχές, καθώς και την εν γένει αύξηση των δαπανών που καταβάλλονται από τους τοπικούς πληθυσμούς για τη διαβίωσή τους. Αν και η συγκεκριμένη κατάσταση μπορεί να αντιμετωπιστεί σε ένα βαθμό από την κατασκευή αξιόπιστων μεταφορικών υποδομών, που παρέχει ασφαλέστερες, ταχύτερες και προγραμματισμένες μεταφορικές συνδέσεις, η έλλειψη οικονομικών πόρων που αφορούν το σχεδιασμό και την οργάνωση του μεταφορικού δικτύου, καθώς και η αναποτελεσματική αξιοποίηση αυτών, συνιστούν παράγοντες το ίδιο ή και περισσότερο κρίσιμους σε σχέση με την απουσία μεταφορικών υποδομών (Μεταξάς, 1986).

Σύμφωνα με τους Behrens & Thisse (2007), βάσει της περιφερειακής οικονομικής, οι μεταφορές συμβάλλουν από διαχρονική άποψη στη σύνδεση των επιμέρους χρήσεων

γης και προάγουν την παραγωγική διαδικασία και την πραγματοποίηση των εμπορικών συναλλαγών διά της δημιουργίας εμπορικών ροών. Επιπλέον, οι μεταφορές συνεπάγονται την ανάπτυξη των οικονομικών σε τοπικό επίπεδο, τον περιορισμό των ανισοτήτων μεταξύ των περιφερειακών μονάδων και της εν γένει χωρικής ασυμμετρίας, μεγεθύνοντας παράλληλα τις εθνικές οικονομίες και προάγοντας κατ' επέκταση τις διεθνείς οικονομικές συναλλαγές (Πολύζος, 2011).

Συνοπτικά, η λειτουργία των δικτύων μεταφορών συμβάλλουν στην ανάπτυξη σε επίπεδο περιφέρειας με ορισμένους τρόπους (Προφυλλίδης, 2001). Εντείνουν τις παραγωγικές δραστηριότητες και συντελούν στην αξιοποίηση των συγκριτικών πλεονεκτημάτων της περιφέρειας. Διευκολύνουν και αναπτύσσουν το διαμετακομιστικό εμπόριο σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο (διαδικασία που συμβάλλει κατ' επέκταση στην ανάπτυξη του εμπορίου σε εθνικό επίπεδο) με τη μείωση του κόστους και των χρόνων μετακίνησης, συνδυαστικά με την αύξηση του επιπέδου ασφάλειας των μεταφορών. Διευρύνουν τον τουριστικό τομέα και συμβάλλουν στην τουριστική αξιοποίηση απομακρυσμένων περιοχών, συνδυαστικά με τη βελτίωση των τουριστικών υποδομών και των τομέων προστασίας του περιβάλλοντος. Ακόμα, αυξάνουν το βαθμό κοινωνικής συνοχής και συμβάλλουν στην αντιμετώπιση φαινομένων απομόνωσης και δημογραφικής αποδυνάμωσης των περιφερειών με τη συγκράτηση του πληθυσμού μέσω της ενισχυμένης οικονομικής δραστηριότητας, της αύξησης των επιπέδων εργασίας και της βελτίωσης των συνθηκών διαπεριφερειακής μετακίνησης. Εκσυγχρονίζουν και αναβαθμίζουν τον τρόπο ζωής στα αστικά κέντρα μίας περιφέρειας και βελτιώνουν το αστικό περιβάλλον τους με τον εξορθολογισμό της κατανομής των μετακινήσεων στα μεταφορικά δίκτυα και μέσα. Προωθούν τη διασύνδεση και τη συνεργασία μεταξύ των οικιστικών περιοχών και των πόλων οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης. Τέλος, συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας και τον περιορισμό των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, εξαιτίας των αλλαγών των προτύπων κινητικότητας των πολιτών και της αναβάθμισης του ρόλου που διαδραματίζουν τα μέσα μαζικής μεταφοράς.

2.2. Δημόσιες μεταφορές και οικονομία

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών η συνεχής τεχνολογική εξέλιξη, η παγκοσμιοποίηση της οικονομίας και η αύξηση του αναγκαίου επιπέδου εξειδίκευσης στις διαδικασίες της παραγωγής του εμπορίου έχουν συμβάλλει στη διαμόρφωση νέων δεδομένων στο ρόλο που διαδραματίζει ο τομέας των μεταφορών στην οικονομία τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο. Σύγχρονα ζητούμενα για τον τομέα των μεταφορών συνιστούν οι απαιτήσεις για αξιόπιστη, έγκαιρη, ασφαλή, οικονομική και περιβαλλοντικά βιώσιμη μεταφορά αγαθών και ανθρώπων με στόχο τη

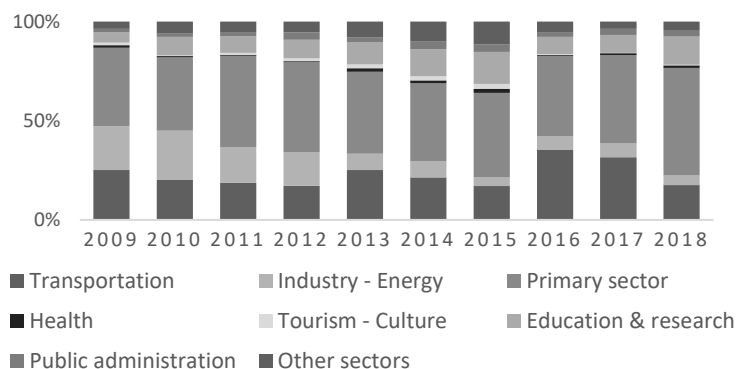
διασφάλιση της εδαφικής συνοχής των χωρών, την οικονομική μεγέθυνση, τη βιώσιμη επιχειρηματική ανάπτυξη και την περιφερειακή και τοπική ανάπτυξη (Τσέκερης & Τσούμα, 2010). Αντίστοιχα, η παροχή δημόσιων μεταφορών απαιτεί σημαντικές οργανωτικές προσπάθειες, προσεκτικό σχεδιασμό, οικονομικές συνεισφορές από το κοινό και συντονισμό μεταξύ εκατομμυρίων επιβατών και μελών του προσωπικού σε μεγάλα συστήματα. Οι οικονομικές και κοινωνικές ευκαιρίες, η καλύτερη προσβασιμότητα στις αγορές, η απασχόληση και πρόσθετες επενδύσεις είναι μερικά από τα αποτελέσματα της σωστής λειτουργίας των δημόσιων μεταφορών.

Η ύπαρξη και η λειτουργία αποτελεσματικών μεταφορικών δικτύων και των αντίστοιχων υποδομών, όπως φάνηκε και στο υποκεφάλαιο 2.1, ενέχει μία καίρια οικονομική διάσταση που επιδρά τόσο στο επίπεδο εξυπηρέτησης του δημοσίου συμφέροντος και της εθνικής οικονομίας όσο και στο επίπεδο ενθάρρυνσης της ιδιωτικής πρωτοβουλίας και ενίσχυσης της επιχειρηματικότητας (Μπάσμπας, 2014). Αντίθετα, οι μειωμένες ή χαμένες ευκαιρίες, που αποτελούν οικονομικό κόστος είναι αποτελέσματα όταν τα συστήματα δημόσιων μεταφορών είναι ανεπαρκή από την άποψη της χωρητικότητας ή αξιοπιστίας. Η αποτελεσματική κατανομή πόρων είναι κρίσιμης σημασίας στις καθημερινές λειτουργίες της. Ως εκ τούτου, οι δημόσιες συγκοινωνίες είναι από τα πιο δημοφιλή θέματα στην οικονομία των μεταφορών από την αρχή αυτού του κλάδου.

Αρκετές έρευνες έχουν πραγματοποιήσει εκτενείς ανασκοπήσεις των οικονομικών και πολιτικών ζητημάτων που αφορούν τις δημόσιες συγκοινωνίες, καθιστώντας κορυφαίες πηγές πληροφοριών στο πλαίσιο της απορρύθμισης των λεωφορείων και των τρένων. Αρκετές μελέτες, εκθέτουν συνοπτικά προηγούμενες εξελίξεις στη βελτιστοποίηση της χωρητικότητας των δημόσιων μεταφορών με γνώμονα τη βελτίωση των συνθηκών ζωής μιας κοινωνίας σε συνάρτηση του εισοδήματος και της οικονομικής πολιτικής που εφαρμόζονται από την τοπική κυβέρνηση ή από ιδιωτικές επιχειρήσεις. Την ίδια χρονιά έρευνες βιβλιογραφίας δημοσιεύθηκαν για συγκεκριμένο τρόπο λειτουργίας για τις σιδηροδρομικές και λεωφορειακές μεταφορές. Ορισμένοι μελετητές επανεξετάζουν τη βιβλιογραφία της τιμολόγησης σε ένα πολυτροπικό πλαίσιο, όπου η υποκατάσταση μεταξύ των δημόσιων συγκοινωνιών και της χρήσης του δρόμου σε χαμηλότερη τιμή είναι πράγματι μια βασική πτυχή. Επίσης, εξετάστηκε η τιμολόγηση στα μέσα μαζικής μεταφοράς. Τέλος, υπάρχουν σχετικές μελέτες που ανασκοπούν στα προβλήματα βελτιστοποίησης στις δημόσιες συγκοινωνίες με ισχυρό προσανατολισμό προς την επιχειρησιακή έρευνα, εξετάζοντας εργασίες σχετικά με το σχεδιασμό και τον προγραμματισμό δικτύων.

Γενικά, οι πάσης φύσεως μεταφορές (σιδηροδρομικές, θαλάσσιες, αεροπορικές και οδικές) δε συνιστούν αυτοσκοπό, αλλά μέσο για την επίτευξη των διαφόρων οικονομικών στόχων σε διάφορους τομείς, όπως του εμπορίου, της βιομηχανίας, της γεωργίας και του τουρισμού. Έπειτα, ως οικονομικό μέγεθος, οι μεταφορές

κατατάσσονται σε μία αρκετά καλή θέση μεταξύ των οικονομικών δραστηριοτήτων, αφού συμμετέχουν κατά 4.9% στο Ακαθάριστο Προϊόν της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Επιπλέον, απασχολούν περί τους 11 εκατομμύρια εργαζόμενους (5.0% περίπου του συνόλου των εργαζομένων) σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Το μεγαλύτερο ποσοστό των εργαζομένων στις μεταφορές απασχολείται στον τομέα των οδικών μεταφορών, τόσο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης (46.5%) όσο και σε επίπεδο Ελλάδας, όπου το αντίστοιχο ποσοστό είναι ακόμη μεγαλύτερο (60.2%). Έπειτα, είναι χαρακτηριστικό το σημαντικό ποσό κονδυλίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης που διατέθηκε για την κατασκευή υποδομών μεταφορών, με το μέσο μερίδιο της να αγγίζει το 23% (Σχήμα 2.1). Αυτές οι εισροές κεφαλαίων από κονδύλια της Ευρωπαϊκής Ένωσης χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την κατασκευή δικτύων αυτοκινητοδρόμων. Άλλωστε, η νοοτροπία των τελών του 20^{ου} αιώνα που εδραζόταν στην ικανοποίηση της διαρκώς αυξανόμενης χρήσης του αυτοκινήτου ιδιωτικής χρήσης με την κατασκευή των αντίστοιχων υποδομών έχει εδώ και καιρό παραχωρήσει τη θέση της στη θεώρηση ότι η μόνη δυνατή αντιμετώπιση των κυκλοφοριακών και των περιβαλλοντικών προβλημάτων αντιστοιχεί στην προγραμματισμένη και την ισόρροπη ανάπτυξη του συνόλου των μέσων μεταφοράς και, επομένως, και των δημοσίων (Γιαννόπουλος, 2004).



Σχήμα 2.1 Κατανομή της επενδυτικής συγχρηματοδότησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανά τομέα (Πηγή: Υπουργείο Οικονομικών, 2022)

Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, το επιβατικό αυτοκίνητο ιδιωτικής χρήσης κυριαρχεί έναντι του συνόλου των άλλων μέσων μεταφοράς. Το γεγονός αυτό, στο βαθμό που συνδέεται με τη συμφόρηση των αρτηριών του δικτύου συγκοινωνιών, έχει όχι μόνο σημαντική επίπτωση στο περιβάλλον (αύξηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης) και την ποιότητα της ζωής των πληθυσμών των μεγάλων αστικών κέντρων (τροχαία ατυχήματα), αλλά από ένα βαθμό και μετά λειτουργεί αρνητικά στην κινητικότητα (με όρους χρόνου και κόστους) της μεταφοράς αγαθών από και προς τα μεγάλα αστικά κέντρα και ανθρώπων, με συνέπειες που αφορούν την παραγωγικότητά τους και τη γενικότερη αποτελεσματική διαχείριση του χρόνου τους.

Στην Ελλάδα, παρά το γεγονός ότι μέσω ιδιωτικοποιήσεων και συμπράξεων δημοσίου και ιδιωτικού τομέα (ΣΔΙΤ) το ποσοστό ελέγχου των μεταφορικών μέσων, ιδίως του τομέα των χερσαίων μεταφορών, από το κράτος έχει περιοριστεί σε σημαντικό βαθμό κατά την τελευταία δεκαετία, πολλά σημεία συγκοινωνιακής υποδοχής και υποδομές μεταφορικών υπηρεσιών εξακολουθούν να ανήκουν σε κρατικούς φορείς. Επομένως, και σύμφωνα με τα όσα καταγράφηκαν στο υποκεφάλαιο 2.1, οι δημόσιες μεταφορές εξακολουθούν να διαδραματίζουν αξιόλογο ρόλο στην περιφερειακή οικονομική ανάπτυξη της Ελλάδας (Σαμπράκος, 2013)

Ένα ακόμη σημαντικό κεφάλαιο στις δημόσιες συγκοινωνίες και τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζουν την οικονομία αποτελούν οι επενδύσεις. Οι δημόσιες μεταφορές παρέχουν κινητικότητα σε όσους δεν έχουν πρόσβαση σε αυτοκίνητο. Επίσης, οι δημόσιες συγκοινωνίες συμβάλλουν στη μείωση της αύξησης της κυκλοφορίας, των καθυστερήσεων συμφόρησης και των επιπτώσεων στην ποιότητα του αέρα. Οι παράγοντες αυτοί μπορεί να είναι σχετικοί ως φορείς προτεραιότητας στις μεταφορικές επενδύσεις. Οι επενδύσεις στις δημόσιες συγκοινωνίες επηρεάζουν τη ροή χρήματος καθώς και τη δημιουργία θέσεων εργασίας στην οικονομία. Επομένως, ο οικονομικός αντίκτυπος θα πρέπει να είναι μόνο μια πτυχή μιας ευρύτερης ιστορίας επιπτώσεων στην κοινωνία (περιβαλλοντική, κοινωνική, ισότητα). Ωστόσο, μπορεί να υπάρξει ένα ιδιαίτερα επιτακτικό ενδιαφέρον, τόσο για τη δημόσια συζήτηση όσο και για τη λήψη αποφάσεων των φορέων, για την καλύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι επενδύσεις στα μέσα μαζικής μεταφοράς οδηγούν σε ευρύτερες επιπτώσεις στην οικονομία. Διάφοροι ερευνητές έχουν βρει στενή σχέση μεταξύ των επενδύσεων σε υποδομές και της οικονομικής ανάπτυξης μιας περιοχής. Η υποδομή μεταφορών, μεταξύ των διαφορετικών τύπων υποδομής, θεωρείται μία από τις πιο σημαντικές από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, δεδομένου ότι το κόστος μεταφοράς είναι πολύ σημαντικό για την επιλογή της τοποθεσίας για τις επιχειρήσεις και συνεπώς την οικονομική ανάπτυξη μιας περιοχής. Ωστόσο, θέμα συζήτησης αποτελεί εάν η ανάπτυξη υποδομών μεταφορών προάγει την οικονομική ανάπτυξη ή η οικονομική ανάπτυξη προωθεί την ανάπτυξη της υποδομής μεταφορών ή υπάρχει ένα αποτέλεσμα ανατροφοδότησης. Οι επενδύσεις στις εγκαταστάσεις και τις λειτουργίες δημόσιων μεταφορών υποστηρίζουν θέσεις εργασίας και εισόδημα για τον κλάδο αυτό. Η βελτιωμένη κινητικότητα, η εξοικονόμηση χρόνου και το κόστος, που παρέχονται από τις επενδύσεις, οδηγούν σε ευρύτερη οικονομική ανάπτυξη που προκύπτει ως αποτέλεσμα των αλλαγών στην παραγωγικότητα των επιχειρήσεων, στο διαθέσιμο εισόδημα των νοικοκυριών και την πρόσβαση στην αγορά. Και στα δύο στοιχεία οικονομικού αντίκτυπου υπάρχουν συμφέροντα δημόσιας πολιτικής.

2.3. Κ.Τ.Ε.Λ.

Τα Κ.Τ.Ε.Λ. (Κοινά Ταμεία Εισπράξεων Λεωφορείων) συνιστούν μία ξεχωριστή επιχειρησιακή δομή στον ελληνικό τομέα των μεταφορών. Πρόκειται για μεταφορικές επιχειρήσεις (νομικά πρόσωπα ιδιωτικού δικαίου) οι οποίες εξυπηρετούν τη μετακίνηση του επιβατικού κοινού μεταξύ και των ελληνικών πόλεων και οικισμών με τη χρήση λεωφορείων. Εν ολίγοις, τα Κ.Τ.Ε.Λ. συνιστούν ανώνυμες εταιρείες οι οποίες έχουν επωμισθεί την εκτέλεση και εκμετάλλευση του συγκοινωνιακού έργου υπεραστικών και αστικών επιβατικών γραμμών. Ο όρος Κ.Τ.Ε.Λ. αναφέρεται επίσης και στους σταθμούς επιβίβασης στα εν λόγω λεωφορεία.

Η ιστορική εξέλιξη των Κ.Τ.Ε.Λ. ξεκινάει το 1896 όπου εμφανίστηκε το πρώτο λεωφορείο Γαλλικής κατασκευής, δεκατεσσάρων μόνο θέσεων, στη γραμμή Αθηνών – Θήβας. Κατά την περίοδο αυτή για την εκμετάλλευση του λεωφορείου ως μεταφορικού μέσου χρειαζόταν μία απλή άδεια της αστυνομικής αρχής. Κάθε λεωφορείο αποτελούσε ανεξάρτητη ιδιωτική επιχείρηση και ο ιδιοκτήτης σύμφωνα με την κρίση του, χωρίς την εποπτεία της πολιτείας, μπορούσε να το χρησιμοποιήσει σε οποιαδήποτε περιοχή και γραμμή. Το κόμιστρο διαμορφωνόταν ελεύθερα ανάλογα με την επιβατική κίνηση ή τον τυχόν ανταγωνισμό. Το 1920-25 εμφανίζονται οι πρώτες διατάξεις που καθορίζουν την κυκλοφορία ή την κίνηση των λεωφορείων. Τέτοιες διατάξεις ήταν το Νομοθετικό Διάταγμα 24812 Σεπτεμβρίου 1922, και το Προεδρικό Διάταγμα 715 Οκτωβρίου 1925. Το 1937-40 θεσπίστηκαν οι θεμελιώδεις διατάξεις και ιδρύθηκαν οι πρώτες κοινές διευθύνσεις αστικών και υπεραστικών λεωφορείων. Συνεπώς, το 1937 μπορεί να θεωρηθεί ως η αφετηρία των επιβατικών συγκοινωνιών με λεωφορεία δημόσιας χρήσης. Δημιουργούνται οι κοινές Διευθύνσεις Αστικών και Υπεραστικών Λεωφορείων που αποτέλεσαν το πρώτο ουσιαστικό βήμα οργάνωσης των επιβατικών συγκοινωνιών. Η πορεία αυτή ανακόπηκε με το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Κατά το έτος 1939 το σύνολο των Υπεραστικών Λεωφορείων της χώρας ήταν 1635 λεωφορεία με 27.767 θέσεις. Μετά την λήξη του πολέμου άρχισε και πάλι η ανασυγκρότηση των λεωφορειακών συγκοινωνιών που παρουσίασαν αλματώδη άνοδο, λόγω του ότι ο σιδηρόδρομος είχε καταστραφεί και εξυπηρετούσε λίγες περιοχές της χώρας, αεροδρόμια δεν υπήρχαν και ουσιαστικά το αυτοκίνητο ήταν το μοναδικό χερσαίο μέσο. Τα Κ.Τ.Ε.Λ. συστάθηκαν με το Νόμο 2119/1952 «Περί των διά των λεωφορείων αυτοκινήτων συγκοινωνιών», ένα για κάθε νησί και για κάθε νομό (συνολικά δημιουργήθηκαν 104 κοινά Ταμεία εκ των οποίων τα 59 ήταν υπεραστικά και τα 45 αστικά). Τα Υπεραστικά Κ.Τ.Ε.Λ. είχαν στόλο 3311 λεωφορεία με 79.464 θέσεις. Με απόφαση του Υπουργείου Συγκοινωνιών, το 1967-68, έγινε η συγχώνευση όλων των Κ.Τ.Ε.Λ. σε 8 οργανισμούς Κ.Τ.Ε.Υ.Λ. (Κοινά Ταμεία Εισπράξεων Υπεραστικών Λεωφορείων). Τα 6 αστικά Κ.Τ.Ε.Λ. της Αττικής συγχωνεύτηκαν σε 1, τα 45 υπεραστικά Κ.Τ.Ε.Λ. της ηπειρωτικής χώρας και της Κρήτης συγχωνεύτηκαν σε 8 Κ.Τ.Ε.Υ.Λ., τα δε

υπόλοιπα 53 διατήρησαν την αυτοτέλειά τους. Το σύστημα αυτό όμως αποδείχθηκε προβληματικό και με το Νομοθετικό Διάταγμα 102/1973 «Περί οργανώσεως των λεωφορείων, αυτοκινήτων εκτελούμενων δημόσιων επιβατικών συγκοινωνιών» επανέρχεται το προηγούμενο καθεστώς. Με βάση τον Νόμο 1437/1984 άρχισε μία διαδικασία διαχωρισμού των Αστικών από τα Υπεραστικά Κ.Τ.Ε.Λ. με βάση το άρθρο 24. Ο Νόμος 1437/1987 «Ρύθμιση θεμάτων επιβατηγών αυτοκινήτων δημόσιας χρήσης και άλλες διατάξεις» εξασφάλισε τον οριστικό τους διαχωρισμό σε υπεραστικά και αστικά, ενώ με το Νόμο 2963/2001 «Οργάνωση και λειτουργία των δημόσιων επιβατικών μεταφορών με λεωφορεία, τεχνικός έλεγχος οχημάτων και ασφάλεια μεταφορών και άλλες διατάξεις», μετατράπηκαν σε ανώνυμες εταιρείες παροχής μεταφορικών, εμπορικών και τουριστικών υπηρεσιών.

Επί του παρόντος λειτουργούν εξήντα δύο Κ.Τ.Ε.Λ. που έχουν τη μορφή ανωνύμων εταιρειών με στόλο περί τα 4.199 λεωφορεία. Παρά το γεγονός ότι είναι ιδιωτικές επιχειρήσεις, που δεν επιχορηγούνται άμεσα από το κράτος, όπως συμβαίνει με τις αστικές συγκοινωνίες, συνεχίζουν να αποτελούν στην ουσία, κοινωφελείς οργανισμούς, υπό την άμεση εποπτεία του κράτους, το οποίο καθορίζει το κόμιστρο (τις τιμές των εισιτηρίων) προσφέροντας το ύψιστο κοινωνικό αγαθό της συγκοινωνίας. Σε διάφορες χώρες ανάλογα με τις χωρικές δομές, τις εναλλακτικές υπηρεσίες μεταφοράς και τους κανονισμούς υπάρχουν τεράστιες διαφορές στα μερίδια αγοράς. Σε πλήρως απελευθερωμένες χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, οι ΗΠΑ και η Σουηδία τα υπεραστικά λεωφορεία λειτουργούν χωρίς επιδοτήσεις. Σε μερικές απορρυθμισμένες χώρες, όπως η Νορβηγία και η Ισπανία, τα υπεραστικά λεωφορεία κινούνται με επιδοτήσεις ως αποτέλεσμα ανταγωνιστικών διαγωνισμών. Εποπτικά όργανα των Κ.Τ.Ε.Λ. αποτελούν η οικεία Περιφέρεια και το Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών. Οι σταθμοί υπεραστικών λεωφορείων που ανήκουν κατά κυριότητα στο Δημόσιο ή άλλους φορείς του δημοσίου τομέα ή σε Συμπράξεις Δημοσίου και Ιδιωτικού Τομέα (Σ.Δ.Ι.Τ.) εντάσσονται στο δίκτυο των δημοσίων υπεραστικών οδικών μεταφορών επιβατών.

Με τα Κ.Τ.Ε.Λ. καλύπτονται οι βασικές οδικές συγκοινωνιακές συνδέσεις μεταξύ των τοπικών και δημοτικών ενοτήτων με τα διοικητικά κέντρα των δήμων, τα κέντρα των δήμων με τα διοικητικά κέντρα των περιφερειακών ενοτήτων, των περιφερειακών ενοτήτων με το διοικητικό κέντρο της περιφέρειας και των διοικητικών κέντρων των περιφερειακών ενοτήτων και της περιφέρειας με την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη ή τα διοικητικά κέντρα άλλων περιφερειακών ενοτήτων ή περιφερειών καθώς και των τοπικών κοινοτήτων ή οικισμών με τα κέντρα των δημοτικών κοινοτήτων και δημοτικών ενοτήτων ή και μεταξύ τους. Όσον αφορά στην περιφέρεια Αττικής, εξαιρουμένης της περιφερειακής ενότητας νήσων, και στην περιφερειακή ενότητα Θεσσαλονίκης, ο σχεδιασμός του δικτύου υπεραστικών οδικών επιβατικών μεταφορών αφορά μόνο τις υπεραστικές γραμμές εντός των γεωγραφικών ορίων τους, καθώς και την υπεραστική

γραμμή Αθήνας – Θεσσαλονίκης. Επίσης, τα Κ.Τ.Ε.Λ. λαμβάνουν υπόψη τις ειδικές ανάγκες μετακινήσεων μαθητών ή εκπαιδευομένων προς τα κέντρα εκπαίδευσης και των εργαζομένων προς τους χώρους εργασίας.

Δεδομένου ότι οι μεταφορές είναι ένα τόσο σημαντικό συστατικό της σύγχρονης κοινωνίας, ικανό να παράγει σημαντικά οφέλη, αλλά να προκαλεί πολλές αρνητικές εξωτερικές επιδράσεις, πρέπει να σχεδιαστούν κατάλληλες πολιτικές για τη μεγιστοποίηση των οφελών και την ελαχιστοποίηση των προβλημάτων. Η συνεχής προσφορά δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών επιβατών, ο σχεδιασμός, η οργάνωση και η λειτουργία δικτύων δημόσιων οδικών επιβατικών μεταφορών, η διασφάλιση της παροχής υψηλής ποιότητας δημόσιων υπεραστικών οδικών επιβατικών μεταφορών με το χαμηλότερο δυνατό κόστος, η ρύθμιση της χορήγησης αποκλειστικών δικαιωμάτων εκμετάλλευσης δημόσιων υπεραστικών γραμμών ή δικτύων είναι ορισμένα από τα ζητήματα που πρέπει να υπόκεινται σε ένα νομοθετικό πλαίσιο (Παράρτημα II).

Η συνεισφορά των Κ.Τ.Ε.Λ. στην περιφερειακή οικονομία κρίνεται αξιόλογη, καθώς εξυπηρετεί την κινητικότητα αρκετών εργαζομένων, ενώ συνδέει απομακρυσμένες περιοχές της Ελλάδας με τα περιφερειακά και εθνικά κέντρα, εξυπηρετώντας την προώθηση της περιφερειακής και τοπικής ανάπτυξης με ποικίλους τρόπους, όπως με τη βελτίωση της πρόσβασής τους από τουρίστες. Εξάλλου, η σημασία των Κ.Τ.Ε.Λ. ως βασικού φορέα εξυπηρέτησης των υπεραστικών συγκοινωνιών της Ελλάδας, είναι ευνόητη από το γεγονός ότι καλύπτουν σε πανελλαδικό επίπεδο την ανάγκη οδικής μεταφοράς προσώπων και αγαθών, ακόμη και σε περιοχές όπου δεν υφίστανται εναλλακτικές λύσεις μεταφορές, δηλαδή πρόσβαση στις ακτοπλοϊκές, σιδηροδρομικές ή αεροπορικές συγκοινωνίες. Έπειτα, αρκετά Κ.Τ.Ε.Λ. έχουν προβεί σε ίδρυση γραφείων τουρισμού, διοργανώνοντας εκδρομές σε προορισμούς εντός και εκτός ελληνικού χώρου, ενώ λειτουργούν δρομολόγια μεταξύ ελληνικών αστικών κέντρων και αστικών κέντρων όμορων κρατών. Μάλιστα, στο παρελθόν το γεγονός ότι τα Κ.Τ.Ε.Λ. είχαν το μονοπώλιο των υπεραστικών λεωφορειακών μεταφορών επέφερε τις αντιδράσεις της Πανελλήνιας Ομοσπονδίας Επιχειρήσεων Τουρισμού (ΠΟΕΤ) (Σγάρτσου, 2007). Για την επιτέλεση του συγκοινωνιακού τους έργου, τα Κ.Τ.Ε.Λ. είναι δυνατό να προβαίνουν σε εκπόνηση μελετών που είναι συναφείς με την οργάνωση και τη λειτουργία του έργου τους, να συνεργάζονται με φορείς των σιδηροδρομικών, ναυτιλιακών και αεροπορικών μεταφορών, να κατασκευάζουν και να αξιοποιούν εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης του επιβατικού κοινού και να ιδρύουν μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα συνεταιρισμούς για την προμήθεια οχημάτων, ανταλλακτικών ή/και λοιπών υλικών. Επιπλέον, τα Κ.Τ.Ε.Λ. έχουν τη δυνατότητα να εκτελέσουν οποιοδήποτε μεταφορικό έργο, με δεδομένη την τήρηση των σχετικών προϋποθέσεων της περιφερειακής ενότητας, συστήνοντας ειδικές μεταφορικές επιχειρήσεις για την επίτευξη του εν λόγω έργου. Με βάση τα παραπάνω, καθίσταται αντιληπτό ότι ο

βαθμός στον οποίο η λειτουργία τους είναι εύρυθμη και αποτελεσματική έχει αξιόλογο αποτύπωμα στην τοπική οικονομία και κοινωνία.

Η σημασία των Κ.Τ.Ε.Λ. για την περιφερειακή και τοπική ανάπτυξη και η διεύρυνση του κλάδου λόγω του γεγονότος ότι η οικονομική ύφεση και η αύξηση του κόστους των καυσίμων έχει ως αποτέλεσμα την μεγέθυνση του ενδιαφέροντος των πολιτών και των επιχειρήσεων για τις υπεραστικές συγκοινωνίες, συνεπάγονται το γεγονός ότι η διερεύνηση της λειτουργίας των εν λόγω φορέων χαρακτηρίζεται από μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον.

Κεφάλαιο 3

Η επιστήμη των δικτύων στην περιγραφή συστημάτων μεταφορών

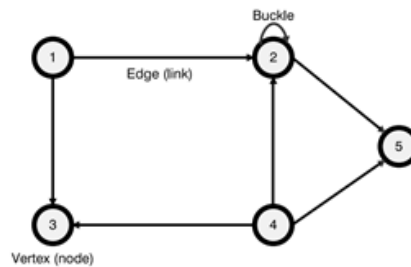
3.1. Η επιστήμη των δικτύων

Ως επιστήμη δικτύων έχει οριστεί η μελέτη των δικτύων που χρησιμοποιούνται ως αναπαραστάσεις για τα φυσικά, βιολογικά και κοινωνικά φαινόμενα, η οποία οδηγεί στην κατασκευή υποδειγμάτων που χαρακτηρίζονται από τη δυνατότητα πρόβλεψης των φαινομένων αυτών (NRC, 2005). Αποτελεί ένα πεδίο που βασίζεται σε θεωρίες και μεθόδους, όπως η θεωρία γραφημάτων από τα μαθηματικά, η στατιστική μηχανική από τη φυσική, η εξόρυξη δεδομένων και οπτικοποίηση πληροφοριών από την επιστήμη των υπολογιστών, η συμπερασματική μοντελοποίηση από στατιστικές και η κοινωνική δομή από την κοινωνιολογία. Μελετά πολύπλοκα δίκτυα (υπολογιστών, βιολογικά, τηλεπικοινωνιών, γνωστικά και σημασιολογικά, κοινωνικά) λαμβάνοντας υπόψη διακριτά στοιχεία ή φορείς που αντιπροσωπεύονται από κορυφές (κόμβους) και τις συνδέσεις μεταξύ των στοιχείων (ακμές).

Δύο θεαματικά παραδείγματα μελετών που «γέννησαν» την επιστήμη των δικτύων όπως τη γνωρίζουμε σήμερα είναι αυτό του Milgram το 1967, το πείραμα μικρού κόσμου, και η θεωρία του Granovetter για τη διάδοση πληροφοριών στα κοινωνικά δίκτυα το 1973 (Milgram, 1967; Granovetter, 1973). Τα αποτελέσματα από το πείραμα του Milgram μας βοήθησαν να κατανοήσουμε πόσο στενά συνδεδεμένοι είμαστε μέσω των κοινωνικών μας δεσμών, ενώ η θεωρία του Granovetter τόνισε τη σημασία της ατομικής σύνδεσης που μοιράζεται ένας κόμβος στο δίκτυο. Και οι δύο παρατηρήσεις οδήγησαν σε αυξημένο ενδιαφέρον για αυτό το νέο πεδίο μελέτης από μαθηματικούς και κοινωνικούς επιστήμονες. Με την πρόοδο της τεχνολογίας, που επέτρεψε τη διαθεσιμότητα μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων από τον πραγματικό κόσμο και βελτιωμένους υπολογιστικούς πόρους, οι φυσικοί ήρθαν τελικά στην εικόνα στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Ήταν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου που μελετούσαν τη δομή και τη τοπολογία σύνθετων δικτύων μεγάλης κλίμακας και τέθηκαν θεμελιώδη ερωτήματα όπως η φύση των συνδέσεων και γενικά οι στατιστικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων του δικτύου ή των κόμβων. Σήμερα, η επιστήμη των δικτύων συνιστά έναν από τους πλέον σύγχρονους επιστημονικούς τομείς, του οποίου το θεωρητικό, ερευνητικό και μεθοδολογικό υλικό χαρακτηρίζεται από ένα συνεχώς αυξανόμενο όγκο. Ο τομέας της επιστήμης των δικτύων έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση της λειτουργίας των δικτύων και των χαρακτηριστικών τους και έχει γίνει εξαιρετικά χρήσιμος για την κατανόηση της υποκείμενης δομής διαφόρων δικτύων του πραγματικού κόσμου και για την απάντηση μη τετριμμένων ερωτήσεων σχετικά με

αυτά. Συγκεκριμένα, ερωτήσεις που σχετίζονται με την τοπολογική δομή του δικτύου, όπως η παρουσία ιδιοτήτων μικρού κόσμου ή μοτίβων κατανομής βαθμών με οξεία ουρά (heavy tailed degree distribution), ή ερωτήσεις που αφορούν κυρίως τη διακομβική συνδεσιμότητα και τη στατική (δυναμική) εξέλιξη του δικτύου στο οποίο η παραδοσιακή διατύπωση απέτυχε να αντιμετωπίσει, βρήκε απαντήσεις στον τομέα της επιστήμης του δικτύου. Το πεδίο της επιστήμης των δικτύων έχει αναδυθεί από τη μαθηματική θεωρία των γραφημάτων. Επομένως, η υποκείμενη μαθηματική δομή των δικτύων και οι διάφορες χαρακτηριστικές ιδιότητές της χρησιμοποιούν τη γλώσσα της θεωρίας γραφημάτων για θεωρητικούς και υπολογιστικούς σκοπούς.

Υπό μία γενική θεώρηση, κάθε δίκτυο αντιστοιχεί σε ένα σύστημα επικοινωνιών το οποίο συγκροτείται από έναν αριθμό διασυνδεδεμένων οντοτήτων ή στοιχείων (τους κόμβους (nodes) ή τις κορυφές (vertices)), καθώς και τις συνδέσεις (links) ή τους δεσμούς (ties), δηλαδή τις σχέσεις της μεταξύ τους επικοινωνίας (Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1 Γραφική παράσταση ενός δικτύου μεταφορών (Πηγή: Rodrigue & Ducruet, 2013)

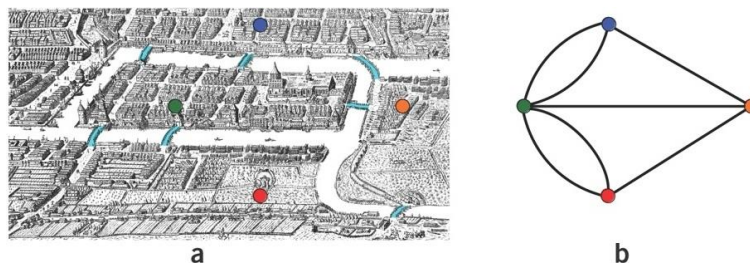
Από μεθοδολογική άποψη, τα δίκτυα συνιστούν διακριτά μοντέλα ή πρότυπα που αναπαριστούν ποικίλα συστήματα επικοινωνιών. Τα συστήματα επικοινωνιών αναπαρίστανται ως διμερή σύνολα κόμβων και των συνδέσεων αυτών, με άντληση υλικού από τη θεωρία γράφων ή γραφημάτων (graph theory) και, εν γένει, από το χώρο των διακριτών μαθηματικών. Η μοντελοποίηση με τη χρήση των δικτύων έχει ως αποτελέσματα τη διακριτοποίηση του συνεχούς χώρου εκείνων των καταστάσεων που συναπαρτίζουν ένα σύστημα επικοινωνίας, καθώς και το μετασχηματισμό του συστήματος επικοινωνίας σε ένα διακριτό πρότυπο μειωμένης διάστασης (Μωυσιάδης, 2002).

3.2. Η θεωρία των γράφων

Η ανάγκη για δυνατότητα αναπαράστασης εννοιών που συσχετίζονται οδήγησε στη διαμόρφωση της μαθηματικής οντότητας η οποία αποκαλείται γράφος (ή γράφημα) (graph). Μέσω των γράφων είναι εφικτή η αποτύπωση σύνθετων καταστάσεων που περιλαμβάνουν ένα πλήθος εννοιών και, επομένως, έναν μεγάλο αριθμό λογικών

διαδικασιών (Γεωργίου, et al., 2015). Τα γραφήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μοντελοποίηση πολλών τύπων σχέσεων και διαδικασιών σε φυσικά, βιολογικά, κοινωνικά και πληροφοριακά συστήματα. Πολλά πρακτικά προβλήματα μπορούν να αναπαρασταθούν με γραφήματα. Ο όρος δίκτυο, δίνοντας έμφαση στην εφαρμογή τους σε συστήματα πραγματικού κόσμου, σημαίνει ένα γράφημα στο οποίο τα χαρακτηριστικά συνδέονται με τις κορυφές και τις ακμές. Ένα δίκτυο μεταφορών επιτρέπει ροές ανθρώπων, εμπορευμάτων ή πληροφοριών, που συμβαίνουν κατά μήκος των συνδέσμων του. Η θεωρία γραφημάτων επομένως προσφέρει τη δυνατότητα αναπαράστασης των κινήσεων ως συνδέσμων του δικτύου μεταφορών.

Ένα από τα παλαιότερα παραδείγματα χρήσης της θεωρίας γραφημάτων για την ανάλυση των προβλημάτων του πραγματικού κόσμου χρονολογείται ήδη από το 1736 στην πόλη Königsberg της Πρωσίας (τώρα Kaliningrad, Ρωσία). Τότε η πόλη επικεντρωνόταν γύρω από δύο νησιά μέσα στον ποταμό Pregel, και αυτά συνδέονταν με την ηπειρωτική χώρα με επτά διακριτές γέφυρες. Το πρόβλημα ήταν να επινοηθεί ένας περίπατος στην πόλη που θα διέσχιζε κάθε γέφυρα μόνο μία φορά. Ο Ελβετός μαθηματικός Leonhard Euler, μπόρεσε να αποδείξει ότι το πρόβλημα στην πραγματικότητα δεν είχε έγκυρη λύση και με αυτό τον τρόπο έθεσε τα θεμέλια της θεωρίας γραφημάτων (Σχήμα 3.2). Η πρώτη φυσική εφαρμογή των θεωρητικών ιδεών γραφημάτων ανακαλύφθηκε από τον Gustav Kirchhoff το 1845 για τον υπολογισμό της τάσης και του ρεύματος στα ηλεκτρικά κυκλώματα. Από τότε, η χρήση της θεωρίας γραφημάτων ως τεχνική μοντελοποίησης έχει βρει αναρίθμητες εφαρμογές σε διάφορους κλάδους. Στον τομέα των συγκοινωνιακών δικτύων η χρήση της θεωρίας γραφημάτων έχει διερευνηθεί σχετικά πολύ λιγότερο, και αυτό μας παρακινεί να συγκεντρώσουμε τις πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα ανάλυσης των δημόσιων συγκοινωνιών από μια θεωρητική σκοπιά γραφημάτων. Ουσιαστικά, η θεωρία των γράφων είναι ένας από τους απλούστερους αλλά εξαιρετικά χρήσιμος μαθηματικός κλάδος που ασχολείται με τον τρόπο που τα δίκτυα μπορούν να κωδικοποιηθούν και να μετρηθούν οι ιδιότητές τους.



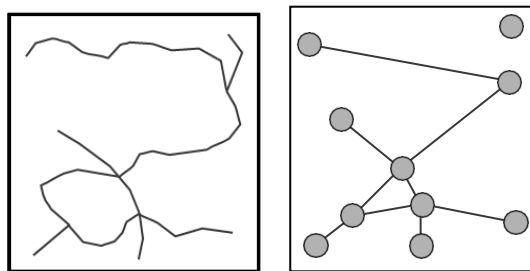
Σχήμα 3.2 (a) το πρόβλημα της γέφυρας Königsberg και (b) το αντίστοιχο γραφικό μοντέλο
(Πηγή: Chatterjee, 2015)

Ένας γράφος G είναι ένα σύνολο κορυφών (κόμβων) V που συνδέονται με ακμές E . Κάθε σημείο αφετηρίας, τομής και τερματικό σημείο γίνεται κόμβος, κάθε συνδεδεμένος κόμβος συνδέεται στη συνέχεια με ένα ευθύγραμμο τμήμα, δηλαδή $G = (V, E)$. Ο κόμβος V είναι ένα τελικό σημείο ή ένα σημείο τομής ενός γραφήματος. Είναι η αφαίρεση μιας θέσης όπως μια πόλη, μια διοικητική διαίρεση, μια οδική διασταύρωση ή ένας τερματικός σταθμός μεταφορών (σταθμοί, τερματικές εγκαταστάσεις, λιμάνια και αεροδρόμια). Η ακμή E είναι μια σύνδεση μεταξύ δύο κόμβων. Ο γράφος αντιπροσωπεύει τη δομή, όχι την εμφάνιση ενός δικτύου (Σχήμα 3.3). Το υποσύνολο ενός γραφήματος ονομάζεται υπο-γράφημα. Θεωρητικά κάθε δίκτυο μεταφορών είναι ένα υπο-γράφημα ενός άλλου. Για παράδειγμα, το δίκτυο οδικών μεταφορών μιας πόλης είναι ένα υπο-γράφημα ενός περιφερειακού δικτύου μεταφορών, το οποίο είναι από μόνο του ένα υπο-γράφημα ενός εθνικού δικτύου μεταφορών. Ένα γράφημα μπορεί να είναι επίπεδο ή μη επίπεδο, απλό ή πολύγραφο. Στην πρώτη κατηγορία εντάσσεται το γράφημα όπου όλες οι τομές δύο ακμών είναι κορυφές. Εφόσον αυτό το γράφημα βρίσκεται μέσα σε ένα επίπεδο, η τοπολογία του είναι δισδιάστατη. Αυτό ισχύει συνήθως για τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, τα οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα, αν και πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στον ορισμό των κόμβων (τερματικά, αποθήκες, πόλεις). Το μη επίπεδο γράφημα είναι ένα γράφημα όπου δεν υπάρχουν κορυφές στη διασταύρωση δύο τουλάχιστον ακμών. Τα δίκτυα που μπορούν να θεωρηθούν με επίπεδο τρόπο, όπως οι δρόμοι, μπορούν να αναπαρασταθούν ως μη επίπεδα δίκτυα. Αυτό συνεπάγεται μια τρίτη διάσταση στην τοπολογία του γραφήματος, καθώς υπάρχει η πιθανότητα να υπάρξει μια κίνηση «περνώντας» από μια άλλη κίνηση, όπως για τις αεροπορικές και θαλάσσιες μεταφορές, ή μια υπέρβαση για ένα δρόμο. Ένα μη επίπεδο γράφημα έχει δυνητικά πολύ περισσότερους συνδέσμους από ένα επίπεδο γράφημα. Ένα γράφημα που περιλαμβάνει μόνο έναν τύπο σύνδεσης μεταξύ των κόμβων του ονομάζεται απλό γράφημα. Ένα οδικό ή σιδηροδρομικό δίκτυο είναι απλά γραφήματα. Από την άλλη πλευρά ο πολύγραφος είναι ένα γράφημα που περιλαμβάνει διάφορους τύπους συνδέσεων μεταξύ των κόμβων του. Μερικοί κόμβοι μπορούν να συνδεθούν σε έναν τύπο συνδέσμου ενώ άλλοι μπορούν να συνδεθούν με περισσότερους από έναν που εκτελούνται παράλληλα. Ένα γράφημα που απεικονίζει έναν δρόμο και ένα σιδηροδρομικό δίκτυο με διαφορετικούς δεσμούς μεταξύ κόμβων που εξυπηρετούνται από τον έναν ή και τους δύο τρόπους λειτουργίας είναι ένα πολύγραφο.

Η οργάνωση των κόμβων και των συνδέσμων σε ένα γράφημα μεταφέρει μια δομή που μπορεί να αναλυθεί και να επισημανθεί. Έτσι, ένα γράφημα είναι συμμετρικό εάν κάθε ζεύγος κόμβων που συνδέονται προς τη μία κατεύθυνση είναι επίσης συνδεδεμένο με την άλλη. Κατά σύμβαση, μια γραμμή χωρίς βέλος αντιπροσωπεύει ένα σύνδεσμο όπου είναι δυνατή η κίνηση και προς τις δύο κατευθύνσεις. Ωστόσο, και οι δύο κατευθύνσεις πρέπει να οριστούν στο γράφημα. Τα περισσότερα συστήματα

μεταφορών είναι συμμετρικά, αλλά συχνά μπορεί να εμφανιστεί ασυμμετρία, όπως συμβαίνει με τις αεροπορικές και τις θαλάσσιες υπηρεσίες. Η ασυμμετρία είναι σπάνια στα δίκτυα οδικών μεταφορών, εκτός εάν ληφθούν υπόψη μονόδρομοι. Τα ομαδικά δίκτυα είναι εκείνα που χαρακτηρίζονται από σχέσεις μεταξύ παρόμοιων κόμβων, ενώ τα ανομοιογενή δίκτυα βρίσκονται όταν συχνά συνδέονται δομικά διαφορετικοί κόμβοι. Τα δίκτυα μεταφορών είναι συχνά δυσμενή όταν είναι μη επίπεδα, λόγω της μεγαλύτερης πιθανότητας το δίκτυο να συγκεντρωθεί σε μερικούς μεγάλους κόμβους. Ένα γράφημα είναι πλήρες εάν δύο κόμβοι συνδέονται σε τουλάχιστον μία κατεύθυνση.

Επιπλέον, γίνεται διάκριση μεταξύ κατευθυνόμενων γραφημάτων, όπου ένα γράφημα στο οποίο η κατεύθυνση της ακμής ορίζεται σε ένα συγκεκριμένο κόμβο είναι ένα μη κατευθυνόμενο γράφημα στο οποίο η κατεύθυνση της ακμής δεν ορίζεται, δηλαδή εάν υπάρχει μια ακμή μεταξύ των κόμβων, τότε υπάρχει μια διαδρομή από τον κόμβο στην ακμή και αντίστροφα. Επίσης, πολλά γραφήματα μπορεί να έχουν ακμές που περιέχουν ένα βάρος που σχετίζεται με την αναπαράσταση μιας πραγματικής σημασίας όπως το κόστος, η απόσταση, η ποσότητα και ονομάζονται σταθμισμένα γραφήματα. Μπορεί όμως να υπάρχουν πολλά βάρη που σχετίζονται με κάθε άκρο, συμπεριλαμβανομένης της απόστασης, του χρόνου ταξιδιού ή του χρηματικού κόστους. Τέτοια σταθμισμένα γραφήματα χρησιμοποιούνται συνήθως για τον προγραμματισμό μηχανών αναζήτησης GPS και ταξιδιωτικού σχεδιασμού που συγκρίνουν τους χρόνους και το κόστος πτήσης. Σταθμισμένα γραφήματα μπορεί να είναι είτε κατευθυνόμενο είτε μη κατευθυνόμενο γράφημα.



Σχήμα 3.3 Αναπαράσταση γράφου ενός πραγματικού δικτύου (Πηγή: Rodrigue & Ducruet, 2013)

Λαμβάνοντας υπόψη τη χωρική ανάλυση του δικτύου, στην τρέχουσα εργασία, ένα γράφημα G αντιπροσωπεύεται από το $G = (V(X, Y), E)$ όπου τα V και E περιγράφονται:

$$V = \{n_i (x_i, y_i) : i = 1, 2, \dots, N, x_i = \text{latitude}, y_i = \text{longitude}\} \quad (1)$$

$$E = \{e_{ij} \rightarrow (n_i (x_i, y_i), n_j (x_j, y_j)) \forall (n_i (x_i, y_i), n_j (x_j, y_j)) \in V : i = j = 1, 2, \dots, N\} \quad (2)$$

όπου $N = |V|$ υποδεικνύει το μέγεθος του δικτύου και ένας συγκεκριμένος κόμβος ταυτίζεται πάντα με το γεωγραφικό πλάτος και το μήκος του, $n_i(x_i, y_i)$.

Η εφαρμογή της θεωρίας δικτύων επέτρεψε τη σε βάθος κατανόηση της συνδεσιμότητας, των τοπολογιών και των λειτουργιών πολλών συστημάτων δικτύου καθώς και των ρόλων που διάφορες παράμετροι παίζουν στον καθορισμό της απόδοσης τέτοιων συστημάτων. Ιδιαίτερης σημασίας είναι η διερεύνηση του είδους των συνδέσεων που συγκροτούν ένα δίκτυο, διαδικασία που επιτελείται από τη θεωρία των γράφων. Οι λεγόμενες «ισχυρές» συνδέσεις αναπαριστούν σχέσεις επικοινωνίας που είναι στενές και χαρακτηρίζονται από μεγάλη συχνότητα. Από την άλλη, οι ασθενείς συνδέσεις αναφέρονται στην περιγραφή πιο περιστατικών αλληλεπιδράσεων, οι οποίες τείνουν να διασταυρώνουν τις παραπάνω περιοχές. Επίσης, η θεωρία των γράφων συμβάλλει στην κατασκευή προτύπων που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της ερμηνείας δικτύων τα οποία προέρχονται από σύνολα που αλληλοεπιδρούν, ως συνέπεια της σύγκρουσης μεταξύ των πλέον ισχυρών (κεντρικών) οντοτήτων του (Easley & Kleinberg, 2010). Επιπλέον, η θεωρία της δομικής ισορροπίας δύναται να αξιοποιηθεί αποτελεσματικά στο πλαίσιο της ερμηνείας της δημιουργίας «σχισμών» εντός ενός δικτύου που παρουσιάζονται ως αποτέλεσμα ενός είδους ανταγωνισμού δράσεων που πραγματοποιούνται σε σαφώς τοπικό επίπεδο. Είναι δε σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη ότι η θέση ισχύος ή η κεντρική θέση κάποιου κόμβου δε συναρτάται αποκλειστικώς με τον αριθμό των συνδέσεών του, αλλά και από τη σημαντικότητα των κορυφών οι οποίες συμμετέχουν στις εν λόγω συνδέσεις. Με άλλα λόγια, σχετίζεται με την αξία των συνδεδεμένων «γειτόνων» στον κόμβο.

3.3. Δίκτυα μεταφορών

Ο όρος δίκτυο αναφέρεται στις διαδρομές μέσα σε ένα σύστημα τοποθεσιών, που αποτελούν τους κόμβους. Η διαδρομή αναφέρεται στην ενιαία σύνδεση μεταξύ δύο κόμβων που αποτελούν μέρος ενός μεγαλύτερου δικτύου. Οι διαδρομές μπορεί να είναι απτές διαδρομές, όπως δρόμοι και σιδηροδρομικές γραμμές ή λιγότερο απτές διαδρομές, όπως εναέριοι και θαλάσσιοι διάδρομοι

Εξαιτίας του φαινομένου του περιορισμού των αποστάσεων που έχει προκαλέσει στα δίκτυα των μεταφορών και του εμπορίου η διεθνής ανάπτυξη των μεταφορών, η δομή των υφιστάμενων δικτύων χαρακτηρίζεται από έντονη πολυπλοκότητα (complexity) που ανάγεται κατά βάση στη διεύρυνση του όγκου των διασυνδεδεμένων οντοτήτων που τα συναπαρτίζουν. Ως εκ τούτου, η διερεύνηση της δομής τους συνιστά ερευνητικό πεδίο με ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ως πολύπλοκο ή σύνθετο δίκτυο περιγράφεται ένα δίκτυο που χαρακτηρίζεται από ασυνήθεις τοπολογικές ιδιότητες, ήτοι με ιδιότητες οι οποίες δεν συναντώνται στα απλά δίκτυα (π.χ. δικτυώματα) ή στα

τυχαία γραφήματα, όμως παρουσιάζονται σε δίκτυα «του πραγματικού κόσμου» (Barthélemy, 2011)

Ο τομέας των μεταφορών συνιστά ένα πεδίο έρευνας το οποίο μπορεί να διερευνηθεί μέσω της χρήσης και εφαρμογής μεθοδολογικών εργαλείων που προέρχονται από την επιστήμη των δικτύων, καθώς οι μεταφορές αποτελούν συστήματα επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης. Επομένως, η ανάλυση των συστημάτων μεταφορών ως σύνθετων δικτύων δύναται να αποτελέσει ένα αποτελεσματικό μεθοδολογικό εργαλείο για τη διερεύνησή τους. Βάσει της οπτικής της επιστήμης των δικτύων, οι υποδομές μεταφορών αντιστοιχούν σε δίκτυα και οι μεταφορές στις ροές που λαμβάνουν χώρα εντός των δικτύων. Ένα παράδειγμα είναι ότι στα συστήματα οδικών μεταφορών οι οδικές υποδομές αντιστοιχούν σε ένα δίκτυο μέσα στο οποίο πραγματοποιούνται ροές μετακίνησης που εξυπηρετούν τη μεταφορά ανθρώπων, αγαθών, πληροφοριών, γνώσεων ή τεχνολογιών. Με βάση τα παραπάνω, ως δίκτυα μεταφορών είναι δυνατό να θεωρηθούν τα συστήματα συνδέσεων τα οποία υλοποιούνται μεταξύ επιμέρους χωρικών μονάδων ή θέσεων (πόλεις, αστικοί σχηματισμοί, αεροδρόμια, λιμάνια κλπ.), λαμβάνουν χώρα εντός ενός συγκεκριμένου χωρικού υποδοχέα (αέρας, θαλάσσια επιφάνεια, εδαφική επιφάνεια) αποσκοπώντας στη λειτουργία των μεταφορών και κατ' επέκταση, στην προώθηση της περιφερειακής ανάπτυξης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εκάστοτε δομή, μορφή ή λειτουργία των δικτύων μεταφορών μπορεί να διαφοροποιείται αναλόγως των τρεχουσών ιστορικών, οικονομικών και κοινωνικών συνθηκών.

Επιπλέον, η αλληλεπίδραση των δικτύων μεταφορών με τα συστήματα χρήσεων γης συνιστά ένα εκ των βασικότερων φαινομένων τα οποία παρουσιάζονται στις περιοχές με αστικές συγκεντρώσεις. Έχει παρατηρηθεί ότι η εμφάνιση και η διεύρυνση των δικτύων μεταφοράς είναι πόλος έλξης οικονομικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων στις όμορες περιοχές. Κατά κανόνα, λοιπόν, η διαμόρφωση περιοχών (κόμβων) που χαρακτηρίζονται από υψηλή προσβασιμότητα συνεπάγεται την αύξηση της συνολικής ζήτησης για εγκατάσταση των δραστηριοτήτων και, επομένως, τη δημιουργία συγκριτικού πλεονεκτήματος σε σχέση με άλλες ανταγωνιστικές περιοχές. Η εν λόγω ανάπτυξη πολλαπλασιάζεται για όσο διάστημα οι περιοχές που εμφανίζουν υψηλή προσβασιμότητα μπορούν να ανατροφοδοτούν νέα συγκέντρωση οικονομικών δραστηριοτήτων και, επομένως, επιπρόσθετη ανάπτυξη (Πολύζος, 2011).

Ειδικότερα, τα δίκτυα μεταφορών στον ελληνικό χώρο είναι το οδικό, το σιδηροδρομικό, το ακτοπλοϊκό και το αεροπορικό δίκτυο. Σε ό,τι αφορά το οδικό δίκτυο μεταφορών αυτό συγκροτείται από τα ακόλουθα επιμέρους δίκτυα (Π.Δ.401/93):

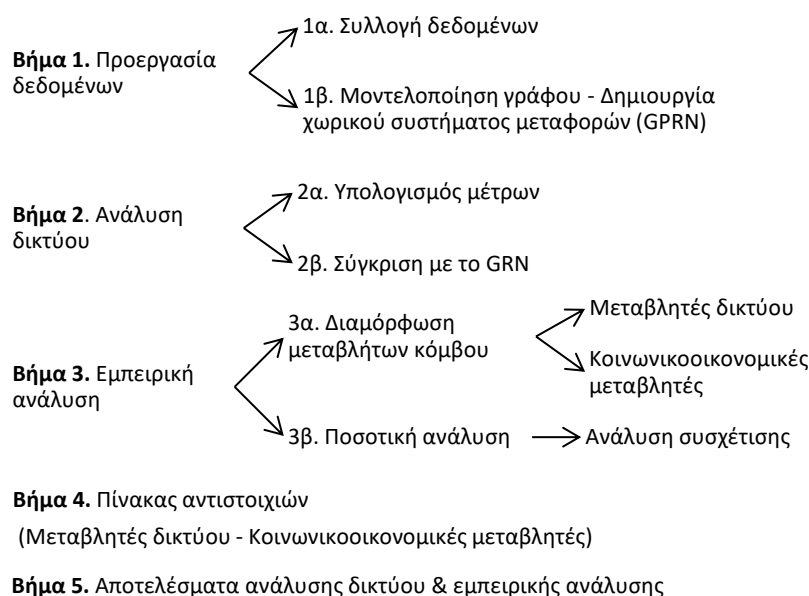
- Το κύριο (βασικό) οδικό δίκτυο, που αντιστοιχεί στο τμήμα του εθνικού οδικού δικτύου το οποίο συνδέει τα πλέον σημαντικά αστικά κέντρα μεταξύ τους και τη χώρα με γειτονικές της χώρες, απευθείας ή μέσω πορθμείων.

- Το δευτερεύον εθνικό δίκτυο, δηλαδή το τμήμα του εθνικού δικτύου που διενεργεί τη σύνδεση βασικών εθνικών οδικών αξόνων μεταξύ τους ή με κύρια αστικά κέντρα, αεροδρόμια, λιμένες ή σημεία μεγάλου τουριστικού ενδιαφέροντος.
- Τριτεύον εθνικό οδικό δίκτυο, δηλαδή το τμήμα του εθνικού οδικού δικτύου το οποίο είτε έχει αντικατασταθεί με χαράξεις εθνικού οδικού δικτύου είτε εξυπηρετεί τις μετακινήσεις σε περιοχές που εμφανίζουν ιστορικό, τουριστικό, αρχαιολογικό ή γενικότερο αναπτυξιακό ενδιαφέρον.
- Το πρωτεύον επαρχιακό οδικό δίκτυο, δηλαδή το τμήμα του επαρχιακού δικτύου που διενεργεί τη σύνδεση αστικών κέντρων με το εθνικό δίκτυο, αλλά και περιοχές που εμφανίζουν ιστορικό, τουριστικό, αρχαιολογικό ή γενικότερο αναπτυξιακό ενδιαφέρον.
- Το δευτερεύον επαρχιακό οδικό δίκτυο, δηλαδή το τμήμα του επαρχιακού οδικού δικτύου το οποίο διενεργεί τη σύνδεση Δήμων ή Κοινοτήτων πέραν της πρωτεύουσας μίας Περιφερειακής Ενότητας.

Κεφάλαιο 4

Μεθοδολογικό πλαίσιο

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που ακολουθείται για την ανάλυση του GPRN παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.1 και αποτελείται από πέντε διακριτά βήματα. Το πρώτο αποτελεί προκαταρκτικό βήμα για την κατασκευή μίας τοπολογίας δικτύου πραγματικού κόσμου και τη μοντελοποίηση του δικτύου από σύνολα δεδομένων όπως η ανασκόπηση της τρέχουσας κατάστασης (προορισμοί και αφετηρίες δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών). Το δεύτερο αναφέρεται στην ανάλυση του GPRN, υπολογίζοντας σημαντικά μέτρα τοπολογίας και γεωμετρίας σχετικά με τη διάρθρωση και την αποτελεσματικότητα του GPRN. Τα μέτρα δικτύου GPRN συγκρίνονται με τα αντίστοιχα μέτρα του διαπεριφερειακού δικτύου οδικών μεταφορών στην Ελλάδα (GRN) που είναι διαθέσιμα στη βιβλιογραφία (Tsiotas D., 2020). Το τρίτο βήμα περιέχει την εμπειρική ανάλυση μέσω του στατιστικού μεθοδολογικού εργαλείου, της ανάλυσης συσχέτισης και βασίζεται σε ένα σύνολο μεταβλητών του δικτύου και κοινωνικοοικονομικών μεταβλητών για κάθε περιφερειακή ενότητα μελέτης. Στο τέταρτο βήμα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εμπειρικής ανάλυσης σε πίνακα για την ανίχνευση της συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών του δικτύου και των κοινωνικοοικονομικών μεταβλητών. Τέλος, το πέμπτο βήμα παρουσιάζει και αναλύει τα αποτελέσματα σχετικά με την κοινωνικοοικονομική απόδοση των τοπολογικών δομών του GPRN τόσο από υπολογιστική όσο και από εμπειρική άποψη. Στα επόμενα κεφάλαια, περιγράφονται αναλυτικότερα τα βήματα του μεθοδολογικού πλαισίου.



Σχήμα 4.1 Διάγραμμα ροής μεθοδολογικού πλαισίου μελέτης (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

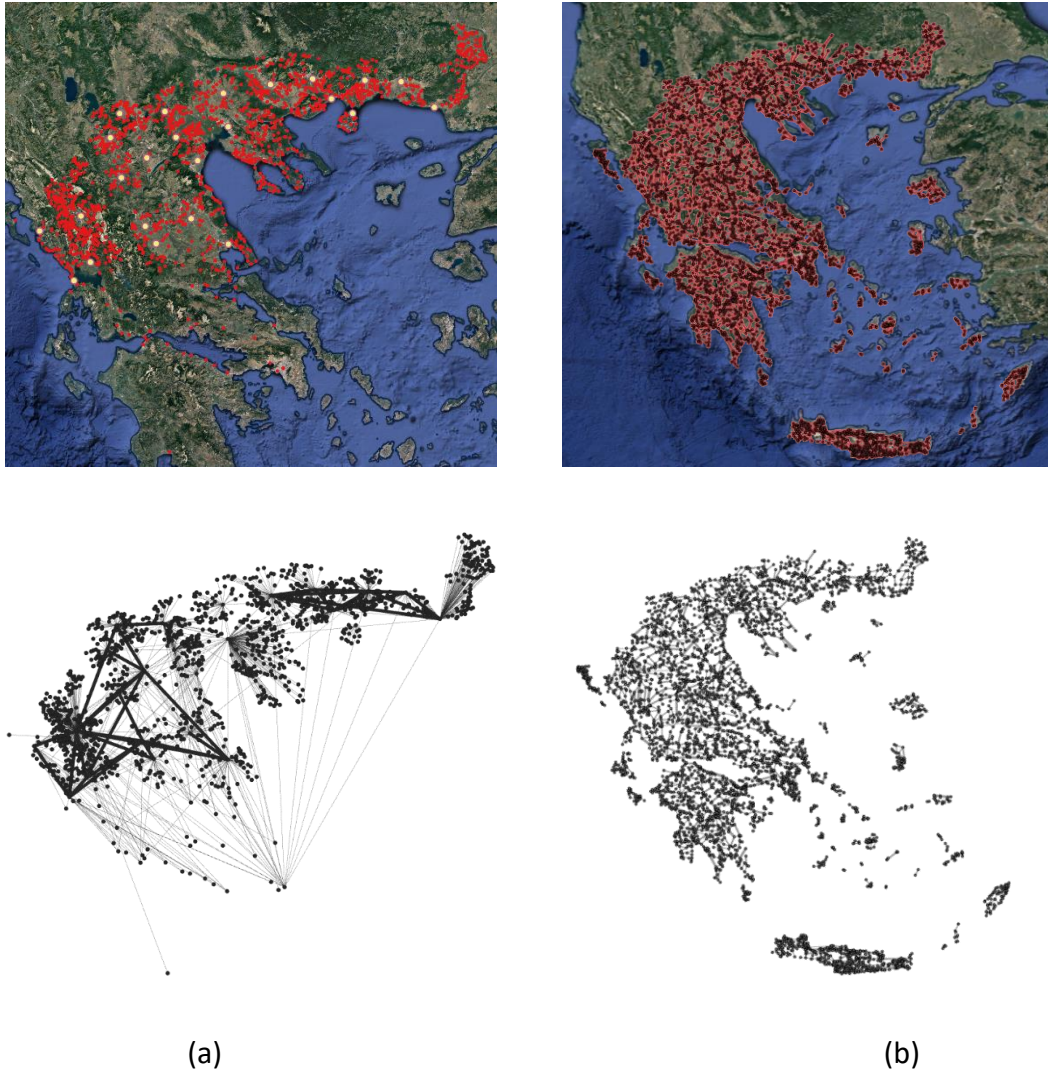
4.1. Μοντελοποίηση Δικτύου και Δεδομένα

Το δίκτυο δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών (GPRN) έχει μοντελοποιηθεί σε ένα γεωαναφερμένο αρχικό γράφημα (Tsiotas, 2020), λαμβάνοντας υπόψη τη χωρική ενσωμάτωση είκοσι τεσσάρων δικτύων δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών (Κ.Τ.Ε.Λ.) για τις περιφέρειες της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, της Κεντρικής Μακεδονίας, της Δυτικής Μακεδονίας, της Θεσσαλίας και της Ηπείρου. Όλες οι δομές GPRN, στη μελέτη ανάλυσης δικτύου, αντιμετωπίζονται ως ένα ενιαίο δίκτυο υποθέτοντας ότι ένας μόνο χειριστής εκτελεί τις διαδρομές στο δίκτυο, αντί να εξετάζει μεμονωμένους φορείς εκμετάλλευσης και να διαιρεί το δίκτυο σε υποδίκτυα. Η εμπειρική ανάλυση, εφαρμόζεται σε κλίμακα περιφερειακών ενοτήτων καθώς κάθε κόμβος έχει ορισμένες χαρακτηριστικές τιμές που περιγράφουν ένα σύνολο κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών της περιφερειακής ενότητας στην οποία ανήκει.

Το γράφημα αναπαρίσταται στο χώρο L, που ονομάζεται επίσης χώρος των στάσεων (Kurant & Thiran, 2006; Von Ferber, et al., 2009). Σε ένα γράφημα L-space, μία στάση λεωφορείου αντιμετωπίζεται ως κόμβος και ένα ζεύγος κόμβων συνδέονται με μία άκρη εάν υπάρχει τουλάχιστον μία διαδρομή που εξυπηρετεί τις δύο στάσεις διαδοχικά. Πολλαπλές ακμές μεταξύ κόμβων δε λαμβάνονται υπόψη σε μία αναπαράσταση L-space προκειμένου να εμφανιστεί η πραγματική φυσική συνδεσιμότητα του δικτύου, δηλαδή, η αναπαράσταση L-space αποτελείται από τις στάσεις του λεωφορείου και την παρουσία ή απουσία συνδεσιμότητας μεταξύ των στάσεων ανεξάρτητα από τον αριθμό διαδρομών μεταξύ των στάσεων. Η αναπαράσταση L-space είναι η πιο εκτενώς χρησιμοποιούμενη αναπαράσταση στην ανάλυση των δικτύων δημόσιων συγκοινωνιών, καθώς υποδηλώνει την πραγματική φυσική υποδομή που υπάρχει σε ένα πραγματικό δίκτυο και αποδίδει χρήσιμες πληροφορίες για τη σχέση μεταξύ των κόμβων.

Το Σχήμα 4.2(a) δείχνει τις χωρικές θέσεις των στάσεων λεωφορείων του GPRN και την τελική δομή του δικτύου. Κάθε κόμβος των υποδικτύων είναι συνδεδεμένος με ένα κεντρικό σημείο (κόμβος αφετηρίας), έχοντας συνδεσμολογία σημείου-σημείου. Με κίτρινο χρώμα είναι τα κέντρα των υποδικτύων (Κ.Τ.Ε.Λ.) και αναφέρονται ως στάσεις αφετηρίας των λεωφορείων στις πρωτεύουσες των περιφερειακών ενοτήτων, με εξαίρεση το Κ.Τ.Ε.Λ. Χαλκιδικής, στο οποίο ως θέση αφετηρίας του ορίζεται η Θεσσαλονίκη. Η ψηφιοποίηση έγινε χρησιμοποιώντας το εργαλείο QGIS, ένα λογισμικό συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών ανοιχτού κώδικα που επιτρέπει τη δημιουργία, οπτικοποίηση, επεξεργασία και ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων. Το Google Earth χρησιμοποιείται για την οπτικοποίηση της χωρικής θέσης των στάσεων λεωφορείων και το εργαλείο Gephi χρησιμοποιείται για την απεικόνιση και την ανάλυση της δομής γραφήματος (Bastian, et al., 2009). Επίσης, στο Σχήμα 4.2(b),

απεικονίζονται οι χωρικές θέσεις διασταυρώσεων οδικών διαδρομών και η δομή του GRN (Tsiotas, 2020).



Σχήμα 4.2 Χωρική θέση (a) στάσεων (προορισμοί και αφετηρίες) λεωφορείων του GPRN (1486;1663) και (b) διασταυρώσεων (στάσεων) οδικών διαδρομών του GRN (4993;6847) (Πηγή: Ίδια επεξεργασία; Tsiotas, 2020)

Η οικοδόμηση μιας τοπολογίας δικτύου αποτελεί τη θεμελιώδη και σημαντική πτυχή της ανάλυσης GPRN, καθώς η πορεία της καθορισμένης τοπολογίας επηρεάζει σημαντικά την κατανόηση τόσο των τοπικών και περιφερειακών πτυχών ενός δικτύου. Το είδος της τοπολογίας των υποδικτύων του GPRN, όπως περιεγράφηκε παραπάνω ανήκει στην τοπολογία αστέρα ή τοπολογία πλήμνης-ακτίνων (hub-and-spoke topology).

Τα δεδομένα δικτύου λεωφορείων για το GPRN που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη μελέτη προέρχονται από τις ιστοσελίδες των είκοσι τεσσάρων τοπικών οργανισμών μεταφορών Κ.Τ.Ε.Λ. και τα θεσμικά πλαίσια των αρμόδιων αρχών (Διεύθυνση

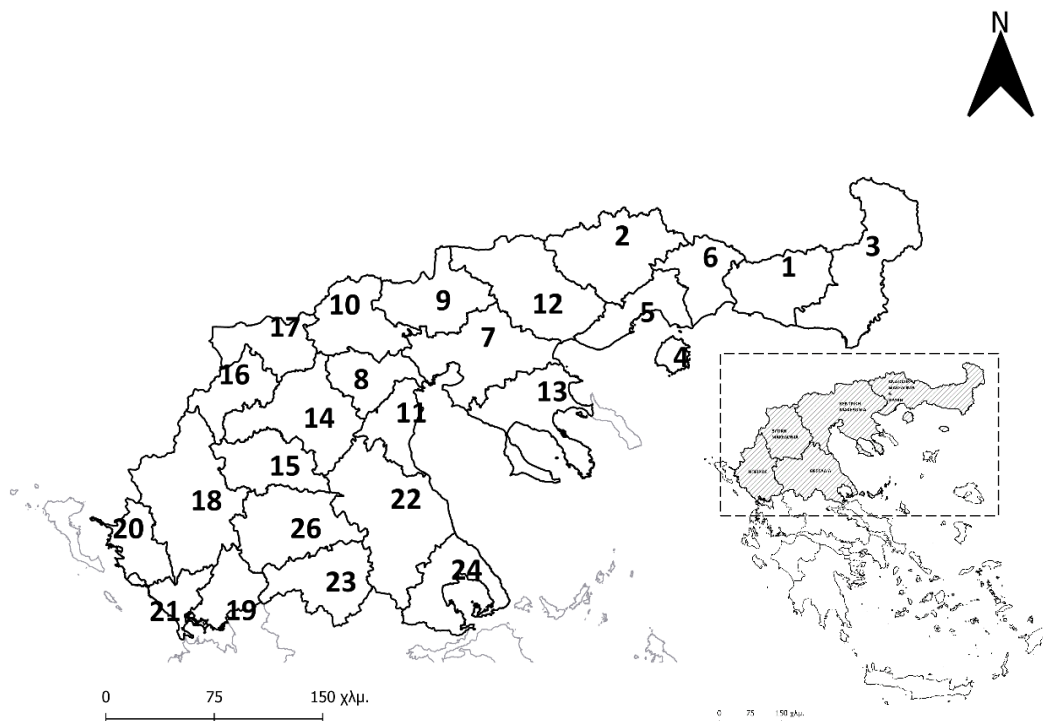
Μεταφορών & Επικοινωνιών) και των τοπικών αρχών (Περιφέρειες) (Παράρτημα Ι). Οι διαθέσιμες πληροφορίες για κάθε προκαθορισμένη διαδρομή (υπεραστική γραμμή) περιλάμβαναν τη λίστα στάσεων και τη λίστα διαδρομών (ακολουθίας στάσεων) που εκτελούνται από τους φορείς εκμετάλλευσης. Μία στάση ή σταθμός είναι ένα καθορισμένο μέρος που διατίθεται για την παραλαβή ή την αποβίβαση επιβατών και μια διαδρομή (ακολουθία στάσεων) είναι μια διαδρομή που ακολουθείται για να φτάσετε στον προορισμό από μια πηγή κατά μήκος των ενδιάμεσων στάσεων.

Όπως και σε άλλα πολύπλοκα δίκτυα, η διαθεσιμότητα μεγάλων δεδομένων έχει θέσει υψηλή πρόκληση στην ανάλυση του δικτύου μεταφορών. Παρακάτω περιγράφουμε τις βασικές παραδοχές της εργασίας για την εξόρυξη των συνόλων δεδομένων για την εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών:

- α) Προορισμοί (τόπο άφιξης) θεωρούνται οι ενδιάμεσες στάσεις (οικισμοί) και το τέρμα (οικισμός), ακόμα και όταν πρόκειται για κυκλικές διαδρομές
- β) Εάν η στάση είναι εκτός οικισμού (π.χ. διασταύρωση) λαμβάνεται ως θέση στάσης ο εγγύτερος οικισμός
- γ) Τα δρομολόγια που πραγματοποιούνται μόνο με τη λειτουργία των σχολικών μονάδων λαμβάνονται ως μόνιμα δρομολόγια (προορισμοί)
- δ) Δε γίνεται διαχωρισμός χειμερινών και θερινών δρομολογίων (προορισμών)

Στο παραπάνω πλαίσιο, το GPRN κατασκευάστηκε ως ένας μη κατευθυνόμενος γράφος $G(V,E)$, με χωρικά βάρη (spatial network), αποτελούμενος από $n=1486$ κόμβους (κορυφές) και $m=1663$ ακμές (συνδέσεις). Ένα γράφημα μπορεί να είναι είτε κατευθυνόμενο, μη κατευθυνόμενο, σταθμισμένο ή μη σταθμισμένο. Η πρόθεση επιλογής του τύπου γραφήματος εξαρτάται αποκλειστικά από την αναγκαιότητα του τύπου της ανάλυσης που πρέπει να πραγματοποιηθεί. Για την ανάλυση των δομών μεταφοράς, ειδικά των δομών μεταφοράς λεωφορείων, επιλέγεται συχνά ένα κατευθυνόμενο γράφημα, καθώς οι διαδρομές εισόδου και εξερχόμενων έχουν διαφορετικές διαδρομές ταξιδιού που εξυπηρετούν διαφορετικούς σταθμούς (εκτός από τις διαδρομές μετ' επιστροφής). Ωστόσο, καθώς στο δίκτυο μελέτης οι διαδρομές εισερχόμενης και εξερχόμενης διαδρομής παραμένουν οι ίδιες για τη συντριπτική πλειονότητα των διαδρομών, επιλέγεται ένα μη κατευθυνόμενο γράφημα στην ανάλυση του δικτύου μεταφοράς. Το σύνολο των κόμβων V αντιστοιχεί στις αφετηρίες και τους προορισμούς (τόπο άφιξης) του GPRN, ενώ το σύνολο των ακμών E , αντιπροσωπεύει τις οδικές διαδρομές μεταξύ αφετηρίας και προορισμού. Οι θέσεις των κόμβων βρίσκονται στις ακριβείς γεωγραφικές συντεταγμένες (γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος) των οικισμών, ενώ οι ακμές σχεδιάζονται ως γραμμές και όχι με τη φυσική τους (υπό κλίμακα) μορφή. Τα βάρη των ακμών αντιπροσωπεύουν τη γεωγραφική απόσταση (σε χιλιόμετρα) και τη χρονοαπόσταση (σε λεπτά) μεταξύ δύο κόμβων. Η γεωγραφική θέση των σημείων διαδρομής κατά μήκος οδικών συνδέσεων μεταξύ διαδοχικών στάσεων και ο χρόνος ταξιδιού ολόκληρης της διαδρομής δεν ήταν

διαθέσιμα από τους όλους τους φορείς εκτέλεσης των δρομολογίων, επομένως χρειάστηκε να γίνει προσέγγιση για κάθε διαδρομή. Μία υπόθεση ήταν ως αποστάσεις να ληφθούν υπόψη η ελάχιστη χιλιομετρική, σε ακτίνα μεγαλύτερη των 10 km από το κέντρο του κάθε υποδικτύου (αφετηρία), και η ελάχιστη χρονική απόσταση μεταξύ της στάσης της αφετηρίας και της στάσης του προορισμού, ακόμα και στην περίπτωση που δεν αντιστοιχούν στην ίδια οδική διαδρομή. Επειδή αυτή η υπόθεση είναι σταθερή στο χώρο και στο χρόνο σε όλα τα υποδίκτυα, η επίδρασή της δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα. Το GPRN προέκυψε μη συνδεδεμένο ή ασύνδετο (disconnected) δίκτυο (Tsiotas & Polyzos, 2015a), έχοντας ως συνιστώσες τα είκοσι πέντε υποδίκτυα (Πίνακας 4.1) των περιοχών που αποτυπώνονται στο Σχήμα 4.3 και δύο συνδεδεμένες συνιστώσες (components).



Σχήμα 4.3 Χάρτης συνδεδετικών συνιστωσών των Περιφερειακών Ενοτήτων του GPRN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

Συγκεκριμένα, τα συνδεδετικά τμήματα είναι το υποδίκτυο των περιφερειών Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, Κεντρικής Μακεδονίας, Δυτικής Μακεδονίας, Θεσσαλίας και Ηπείρου και το υποδίκτυο της περιφερειακής ενότητας Θάσου της περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Τα δεδομένα GIS που χρησιμοποιήθηκαν για την οριοθέτηση του GPRN αντλήθηκαν από την Ελληνική Στατιστική Αρχή μέσω ψηφιακών χαρτογραφικών υπόβαθρων, ενώ οι πληροφορίες των ακμών από τον ιστότοπο Google Maps.

Πίνακας 4.1 Περιφερειακές Ενότητες του GPRN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

Συνιστώσες	Περιφερειακή Ενότητα	Περιφέρεια
GPRN1	Ροδόπης	Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης
GPRN2	Δράμας	Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης
GPRN3	Έβρου	Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης
GPRN4	Θάσου ^(α)	Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης
GPRN5	Καβάλας	Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης
GPRN6	Ξάνθης	Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης
GPRN7	Θεσσαλονίκης	Κεντρικής Μακεδονίας
GPRN8	Ημαθίας	Κεντρικής Μακεδονίας
GPRN9	Κιλκίς	Κεντρικής Μακεδονίας
GPRN10	Πέλλας	Κεντρικής Μακεδονίας
GPRN11	Πιερίας	Κεντρικής Μακεδονίας
GPRN12	Σερρών	Κεντρικής Μακεδονίας
GPRN13	Χαλκιδικής	Κεντρικής Μακεδονίας
GPRN14	Κοζάνης	Δυτικής Μακεδονίας
GPRN15	Γρεβενών	Δυτικής Μακεδονίας
GPRN16	Καστοριάς	Δυτικής Μακεδονίας
GPRN17	Φλώρινας	Δυτικής Μακεδονίας
GPRN18	Ιωαννίνων	Ηπείρου
GPRN19	Άρτας	Ηπείρου
GPRN20	Θεσπρωτίας	Ηπείρου
GPRN21	Πρέβεζας	Ηπείρου
GPRN22	Λάρισας	Θεσσαλίας
GPRN23	Καρδίτσας	Θεσσαλίας
GPRN24	Μαγνησίας	Θεσσαλίας
GPRN25	Τρικάλων	Θεσσαλίας

(α): Κ.Τ.Ε.Λ. Ν.Καβάλας Α.Ε.

4.2. Ανάλυση δικτύου

4.2.1. Τοπολογία δικτύου

Τα δίκτυα μεταφορών, ενσωματώνονται ως ένα σύνολο συνδέσμων και ένα σύνολο τοποθεσιών που αντιπροσωπεύουν τις συνδέσεις μεταξύ αυτών των τοποθεσιών. Η συνδεσιμότητα ενός δικτύου και η διάταξη του είναι γνωστές ως τοπολογία, με κάθε δίκτυο μεταφορών να έχει μια συγκεκριμένη τοπολογία. Το επίπεδο συνδεσιμότητας και η γεωμετρία του δικτύου αποτελούν τα πιο βασικά στοιχεία μιας τέτοιας δομής. Τα πιο θεμελιώδη στοιχεία μιας τέτοιας δομής είναι η γεωμετρία του δικτύου και το επίπεδο συνδεσιμότητας. Τα δίκτυα μεταφορών μπορούν να ταξινομηθούν σε συγκεκριμένες κατηγορίες ανάλογα με ένα σύνολο τοπολογικών χαρακτηριστικών που

τα περιγράφουν. Είναι επομένως δυνατό να δημιουργηθεί μια βασική τυπολογία των δικτύων μεταφορών που να σχετίζεται με τη γεωγραφική τους θέση καθώς και με τα χαρακτηριστικά και τα δομικά χαρακτηριστικά τους.

Υπάρχουν τρεις τύποι φυσικών χώρων στους οποίους τίθεται η τυπολογία των δικτύων μεταφορών και όπου ο καθένας αντιπροσωπεύει έναν συγκεκριμένο τρόπο εδαφικής κατοχής:

Σαφώς καθορισμένο και οριοθετημένο: Ο χώρος που καταλαμβάνει το δίκτυο μεταφορών προορίζεται αυστηρά για αποκλειστική χρήση του και μπορεί να εντοπιστεί σε χάρτη. Η ιδιοκτησία μπορεί επίσης να καθοριστεί σαφώς με καθορισμένα δικαιώματα διέλευσης, είτε ιδιωτικής είτε δημόσιας ιδιοκτησίας. Τα πιο σχετικά παραδείγματα περιλαμβάνουν οδικά, κανάλια και σιδηροδρομικά δίκτυα .

Αόριστα καθορισμένα και οριοθετημένα: Ο χώρος αυτών των δικτύων μπορεί να είναι κοινόχρηστος με άλλους τρόπους λειτουργίας και δεν αποτελεί αντικείμενο οποιασδήποτε ιδιοκτησίας, παρά μόνο δικαιωμάτων διέλευσης. Παραδείγματα αυτών των δικτύων περιλαμβάνουν δίκτυα αεροπορικών και θαλάσσιων μεταφορών.

Χωρίς ορισμό: Με αυτά τα δίκτυα, ο χώρος δεν έχει κανένα από νόημα, εκτός από την απόσταση που επιβάλλει με τους κόμβους να αποτελούν τη δομή του πυρήνα. Λίγος έλεγχος και ιδιοκτησία είναι δυνατός, αλλά πρέπει να γίνουν συμφωνίες για κοινή χρήση. Παραδείγματα είναι το ραδιόφωνο, η τηλεόραση, το WiFi και τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, τα οποία βασίζονται στη χρήση συγκεκριμένων συχνοτήτων που χορηγούνται από ρυθμιστικούς φορείς.

Τα δίκτυα παρέχουν ένα επίπεδο υπηρεσιών μεταφοράς που σχετίζεται με το κόστος τους, υπονοώντας ότι τα επίπεδα οικονομικής ανάπτυξης σχετίζονται με την πυκνότητα του δικτύου. Ένα βέλτιστο δίκτυο θα ήταν ένα δίκτυο που εξυπηρετεί όλες τις πιθανές τοποθεσίες, αλλά μια τέτοια υπηρεσία θα είχε υψηλό κεφάλαιο και λειτουργικό κόστος. Οι υποδομές μεταφορών δημιουργούνται σε ασυνεχή δίκτυα, καθώς πολλά δεν κατασκευάστηκαν ταυτόχρονα, από την ίδια οντότητα ή χρησιμοποιώντας την ίδια τεχνολογία. Ένα σύστημα μετρό θα μπορούσε να κατασκευαστεί σε μια περίοδο αρκετών δεκαετιών με νέα τμήματα που χρησιμοποιούν διαφορετική τεχνολογία. Ένα σιδηροδρομικό δίκτυο θα μπορούσε να κατασκευαστεί από πολλές διαφορετικές σιδηροδρομικές εταιρείες και να υπόκειται σε ενοποίηση σε μεταγενέστερες φάσεις. Ένα σύστημα αεροπορικών μεταφορών θα μπορούσε να αποτελείται από το δίκτυο πολλών αερομεταφορέων, καθένας από τους οποίους έχει τους κόμβους του και υπόκειται σε συγχωνεύσεις και νεοεισερχόμενους. Επομένως, τα επιχειρησιακά δίκτυα σπάνια εξυπηρετούν όλα τα μέρη της επικράτειας άμεσα και ομοιογενώς. Κάποιος συμβιβασμός πρέπει συχνά να βρεθεί μεταξύ εναλλακτικών λύσεων λαμβάνοντας υπόψη μια ποικιλία συνδυασμών διαδρομών, επίπεδα εξυπηρέτησης και ανταγωνιστικότητα. Τα δίκτυα επισημαίνονται επίσης ανάλογα με τις συνολικές ιδιότητές τους:

Κανονικό δίκτυο: Ένα δίκτυο όπου όλοι οι κόμβοι έχουν τον ίδιο αριθμό ακμών. Στο ίδιο πνεύμα, ένα τυχαίο δίκτυο είναι ένα δίκτυο που σχηματίζεται από τυχαίες διαδικασίες. Ενώ τα κανονικά δίκτυα τείνουν να συνδέονται με υψηλά επίπεδα χωρικής οργάνωσης (ένα δίκτυο πόλεων), τα τυχαία δίκτυα τείνουν να συνδέονται με ευκαιρίες ανάπτυξης, όπως η πρόσβαση σε έναν πόρο.

Δίκτυο μικρού κόσμου: Ένα δίκτυο με πυκνές συνδέσεις μεταξύ κοντινών γειτόνων και λίγες αλλά κρίσιμες συνδέσεις μεταξύ μακρινών γειτόνων. Τέτοια δίκτυα είναι ιδιαίτερα ευάλωτα σε καταστροφικές βλάβες γύρω από μεγάλους κόμβους.

Δίκτυο χωρίς κλίμακα: Ένα δίκτυο με ισχυρή ιεραρχική διάσταση, με λίγες κορυφές να έχουν πολλές συνδέσεις και πολλές κορυφές να έχουν λίγες συνδέσεις. Τέτοια δίκτυα εξελίσσονται μέσω της δυναμικής της προνομιακής προσάρτησης με την οποία νέοι κόμβοι που προστίθενται στο δίκτυο θα συνδέουν κυρίως μεγαλύτερους κόμβους αντί να συνδέονται τυχαία.

Η διερεύνηση των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των διαφορετικών δικτύων μεταφορών, ιδίως όταν αυτά είναι διαφορετικής φύσης και δομής, αποτελεί πρόκληση. Ορισμένες κρίσιμες πτυχές και προβλήματα που σχετίζονται με τις σχέσεις μεταξύ των δικτύων μπορεί να είναι οι εξής:

Συνεξέλιξη: Διαφορετικά δίκτυα μεταφορών μπορεί να ακολουθούν παρόμοια ή διαφορετικά μονοπάτια με βάση τη χωρική εγγύτητα και την εξάρτηση από την πορεία της οικονομικής ανάπτυξης, με μεγαλύτερη ποικιλία δικτύων στις κεντρικές περιοχές παρά στις περιφερειακές περιοχές.

Συμπληρωματικότητα: Ορισμένες τοποθεσίες μπορεί να είναι κεντρικές σε ένα δίκτυο αλλά περιφερειακές σε ένα άλλο, ανάλογα με την εξειδίκευση και τη λειτουργία τους και την κλίμακα ανάλυσης (τερματικός σταθμός, πόλη, περιοχή, χώρα). Η συμπληρωματικότητα μεταξύ των δικτύων μπορεί να μετρηθεί με βάση τον αριθμό των κοινών κόμβων και συνδέσεων.

Διαλειτουργικότητα: Συνήθως, οι ροές φορτίου από ένα θαλάσσιο δίκτυο σε ένα οδικό δίκτυο μετατοπίζονται από μια δομή χωρίς κλίμακα σε μια κανονική δομή, ακολουθώντας έτσι διαφορετικές τοπολογίες που δεν συνδυάζονται εύκολα. Οι τερματικοί σταθμοί αέρα και θάλασσας παραμένουν λίγοι στον κόσμο λόγω της δυσκολίας συνδυασμού και ενσωμάτωσης τεχνικά εναέριων και θαλάσσιων δικτύων στις ίδιες τοποθεσίες.

Ευπάθεια: Με ποιο τρόπο επηρεάζουν οι αλλαγές σε ένα δίκτυο το άλλο δίκτυο, σε παγκόσμιο επίπεδο (ολόκληρο το δίκτυο) ή σε τοπικό επίπεδο (μεμονωμένος κόμβος ή περιοχή). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για δύο δίκτυα που μοιράζονται κοινούς κόμβους, όπως παγκόσμιες πόλεις, πλατφόρμες logistics και πολυεπίπεδους κόμβους σε περίπτωση απότομων συγκυριών (φυσικές καταστροφές, στοχευμένες επιθέσεις, εργασιακές διαφορές, ασφάλεια και γεωπολιτικές εντάσεις), θέτοντας έτσι το

πρόβλημα της αλλαγής δρομολόγησης των ροών μέσω εναλλακτικών διαδρομών και τοποθεσιών.

Σύμφωνα με την Επιστήμη των Υπολογιστών (Αβούρης, et al., 2004), στη μελέτη των δικτύων διακρίνονται οκτώ βασικά είδη τοπολογίας, η τοπολογία σημείου-σημείου (point-to-point topology), η τοπολογία διαύλου (bus topology), αστέρα (star topology), δακτυλίου (ring topology), πλέγματος (mesh topology), δένδρου (tree topology), η υβριδική τοπολογία (hybrid topology) και η γραμμική τοπολογία ή τοπολογία αλυσίδας (linear or daisy chain topology). Αναλυτικότερα παρουσιάζονται παρακάτω:

Τοπολογία σημείου-σημείου: Αποτελείται από άμεσες συνδέσεις μεταξύ ζευγών κόμβων. Η διεξαγωγή απρόσκοπτης επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων αποτελεί βασικό πλεονέκτημα ενώ η επιβάρυνση του φόρτου επικοινωνίας με την αύξηση του αριθμού των συνδέσεων αποτελεί βασικό μειονέκτημά. Αποτελεί την απλούστερη τοπολογία δικτύου.

Τοπολογία διαύλου: Κάθε κόμβος είναι συνδεδεμένος με μία ενιαία ακμή, η οποία ονομάζεται δίαυλος (bus). Το σήμα διαδίδεται από τον κόμβο προορισμού προς όλες τις κατευθύνσεις μέχρι να φτάσει στον προοριζόμενο παραλήπτη. Αυτό σημαίνει ότι το σήμα στη συγκεκριμένη τοπολογία είναι διαθέσιμο σε όλους τους συνδεδεμένους κόμβους. Η τοπολογία διαύλου διακρίνεται σε γραμμική (linear) και κατανεμημένη (distributed). Στη γραμμική τοπολογία υφίσταται ένας δίαυλος, ενώ στην κατανεμημένη ο δίαυλος διαθέτει διακλαδώσεις. Βασικό πλεονέκτημα της τοπολογίας διαύλου αποτελεί το χαμηλό κόστος εγκατάστασης, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες τοπολογίες, δεδομένης της ύπαρξης αποκλειστικά μίας συνδετήριας ακμής, δηλαδή του διαύλου. Ωστόσο, το χαμηλό κόστος εγκατάστασης αντισταθμίζεται από το υψηλό κόστος της λειτουργικής διαχείρισης αυτής της τοπολογίας, γεγονός που αποτελεί το βασικό της μειονέκτημα μαζί με την τρωτότητα σε επιθέσεις, εξαιτίας της ύπαρξης του μοναδικού καναλιού σύνδεσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τοπολογίας διαύλου στα χωρικά δίκτυα αποτελούν τα παραποτάμια αρδευτικά συστήματα (riverside irrigation networks), στα οποία ο ποταμός κατέχει το ρόλο του διαύλου και τα αγροτεμάχια, τα οποία συνδέονται σε αυτόν για άρδευση, αποτελούν τους εξυπηρετούμενους κόμβους.

Τοπολογία αστέρα: Στην τοπολογία αστέρα (star or hub-and-spoke topology) κάθε κόμβος είναι συνδεδεμένος με ένα κεντρικό σημείο, έχοντας συνδεσμολογία σημείου-σημείου, το οποίο ονομάζεται κέντρο (center), κομβικό σημείο ή πλήμνη (hub) ή διακόπτης (switch). Οι περιφερειακοί κόμβοι στην τοπολογία αστέρα ονομάζονται ακτίνες (spokes) ή πελάτες (clients). Στην τοπολογία αυτή το δίκτυο δεν είναι απαραίτητο να έχει φυσικό σχήμα αστέρα (για παράδειγμα, η θέση της πλήμνης μπορεί να βρίσκεται έκκεντρα), αλλά απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί οι κόμβοι του δικτύου να είναι συνδεδεμένοι με έναν κεντρικό κόμβο. Στην τοπολογία αστέρα το σύνολο της κυκλοφορίας που διαπερνά το δίκτυο διεξάγεται μέσω της κεντρικής πλήμνης, η οποία λειτουργεί ως αναμεταδότης σημάτων (transmitter or repeater). Βασικό πλεονέκτημα

αυτής της τοπολογίας αποτελεί η απλότητα προσθήκης επιπλέον κόμβων στο δίκτυο και η ευκολία σχεδιασμού και εγκατάστασής της. Αντιθέτως, μειονέκτημά της αποτελεί η τρωτότητα του δικτύου έναντι στοχευμένων επιθέσεων κατά της πλήμνης. Η τοπολογία αστέρα είναι δυνατό να έχει μορφή εκτεταμένου (extended star) η κατανεμημένου (distributed star) αστέρα. Στην πρώτη περίπτωση το δίκτυο που δημιουργείται είναι βασισμένο στη φυσική τοπολογία αστέρα, όπου όλοι οι περιφερειακοί κόμβοι είναι συνδεδεμένοι με τον κεντρικό κόμβο, ενώ στη δεύτερη περίπτωση το δίκτυο είναι πολυκεντρικό και αποτελείται από τη γραμμική σύνδεση επιμέρους δικτύων τοπολογίας αστέρα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα χωρικών δικτύων με τοπολογία αστέρα αποτελούν τα δίκτυα αεροπορικών γραμμών (air transport networks or aviation networks), όπου για την περιγραφή της τοπολογίας αστέρα έχει επικρατήσει ο όρος τοπολογία πλήμνης-ακτίνων (hub-and-spoke topology) (Burghouwt and Hakfoort, 2001).

Τοπολογία δακτυλίου: Σε αυτήν την τοπολογία οι συνδεδεμένοι κόμβοι στο δίκτυο οργανώνονται σε κυκλική διάταξη, στην οποία η πληροφορία διαδίδεται προς μία κατά μήκος του δακτυλίου και κάθε κόμβος ενεργεί ως αναμεταδότης που διατηρεί το σήμα ισχυρό κατά τη διαδρομή του. Η αποτελεσματικότητα του δικτύου εξαρτάται από τη ικανότητα μεταφοράς του σήματος κατά μήκος του δακτυλίου, στον οποίο κάθε κόμβος αποτελεί μια κρίσιμη σύνδεση με την ίδια σημαντικότητα για την τρωτότητα του δικτύου. Ενδεικτικό παράδειγμα χωρικών δικτύων με τοπολογία δακτυλίου αποτελούν τα δρομολόγια των αστικών λεωφορείων (urban bus routes) ή των δικτύων διανομής εμπορευμάτων (courier networks), στα οποία η διαδρομή τερματίζει στην αρχική θέση αφετηρίας, δημιουργώντας το δακτύλιο.

Τοπολογία πλέγματος: Στην τοπολογία πλέγματος η μορφή του δικτύου δεν έχει κάποιο βασικό γεωμετρικό σχήμα, αλλά χαρακτηρίζεται από ένα πολύπλοκο μοτίβο κόμβων και συνδέσεων. Στην περίπτωση ύπαρξης συνδέσεων μεταξύ του συνόλου των κόμβων, ανά ζεύγη, η τοπολογία ονομάζεται πλήρης (full mesh topology), ενώ στην ημιτελή κατάσταση η τοπολογία ονομάζεται μερικής συνδέσεως (partially connection mesh topology).

4.2.2. Μέτρα δικτύου

Η τοπολογική ανάλυση του GPRN έχει πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας βασικά θεωρητικά τοπικά μέτρα (π.χ. βαθμός, συντελεστής συγκέντρωσης, κεντρικότητα εγγύτητα), παγκόσμια μέτρα (π.χ. κατανομή βαθμού, μέσο μήκος μονοπατιού) δικτύου και ιδιότητες κατά ζεύγη (π.χ. κοινότητες). Η μελέτη διάφορων τοπικών, παγκόσμιων μέτρων και ιδιοτήτων κατά ζεύγη προσφέρει πληροφορίες σχετικά με την τοπολογική συμπεριφορά του GPRN. Από τη βιβλιογραφία της θεωρίας γραφημάτων (Diestel, 2005) και της επιστήμης των δικτύων (Tsiotas, 2020; Polyzos & Tsiotas, 2019; Barthélemy,

2011), τα μέτρα ανάλυσης δικτύου παρουσιάζονται συνοπτικά στις ακόλουθες παραγράφους:

Βαθμός κόμβου (Node degree) k

Ο αριθμός των ακμών από/προς τους κόμβους, ο οποίος αντιπροσωπεύει τη συνδετικότητα και την ικανότητα επικοινωνίας του δικτύου. Ο βαθμός είναι το πιο απλό μέτρο κεντρικότητας στην ανάλυση δικτύου. Για τον υπολογισμό του μεγέθους αυτού καταμετρούνται οι συνδέσεις (ακμές) του δικτύου που έχουν ένα από τα άκρα τους τη δεδομένη κορυφή. Ο κόμβος που έχει τις περισσότερες συνδέσεις είναι ο πιο ενεργός και έχει μεγάλο βαθμό σημασίας στο δίκτυο. Ο βαθμός είναι μια τοπική ιδιότητα ενός κόμβου.

$$k_i = k(i) = \sum \delta_{ij}, \quad j \in V(G), \quad \delta_{ij} \begin{cases} 1, & e_{ij} \in E(G) \\ 0, & \text{διαφορετικά} \end{cases} \quad (3)$$

Στις περιπτώσεις κατευθυνόμενων δικτύων διακρίνουμε τον έσω-βαθμό (incoming or input degree) k_- της κορυφής v , ο οποίος ορίζεται ως το πλήθος των ακμών που καταλήγουν στην v , και τον έξω-βαθμό (outgoing or output degree) k_+ της κορυφής v , ο οποίος ορίζεται ως το πλήθος των ακμών που καταλήγουν στην υπόψη κορυφή. Με χρήση του πίνακα συνδέσεων $A=(a_{ij})$ ο έσω-βαθμός ενός κόμβου $v_i \in V(G)$ ορίζεται από τη σχέση:

$$k_{v^-} = \text{deg}^-(v) = |E_{v^-}(G)|, \quad (4)$$

$$E_{v^-}(G) = \{(v_i v_j) \in E(G) : v_j = v \wedge v_i \in V(G)\} \quad (5)$$

Όμοια, ο έξω-βαθμός ενός κόμβου $v, e \in V(G)$ ορίζεται από τη σχέση:

$$k_{v^+} = \text{deg}^+(v) = |E_{v^+}(G)|, \quad (6)$$

$$E_{v^+}(G) = \{(v_i v_j) \in E(G) : v_j = v \wedge v_i \in V(G)\} \quad (7)$$

Μέσος βαθμός κόμβων (Average network's degree) $\langle k \rangle$

Ο μέσος όρος των τιμών του βαθμού των κόμβων (k_i) για το σύνολο των κορυφών $V(G)$ του δικτύου, εκφράζοντας το μέσο αριθμό των συνδέσεων που προέρχονται από τις αφετηρίες των σταθμών του GPRN. Ο μέσος βαθμός ενός δικτύου είναι μια παγκόσμια παράμετρος.

$$\langle k \rangle = \frac{1}{|V(G)|} \cdot \sum_{i=1}^{|V(G)|} k(i) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n k(i) \quad (8)$$

Χωρική ισχύς (Node strength) s

Το άθροισμα των χωρικών αποστάσεων των ακμών που πρόσκεινται σε έναν κόμβο.

$$s_i = s(i) = \sum d_{il}, \quad j \in V(G), \quad \delta_{ij} \begin{cases} 1, e_{il} \in E(G) \\ 0, \text{διαφορετικά} \end{cases} \quad (9)$$

Πυκνότητα γράφου (Graph density) ρ

Ο λόγος του αριθμού των υφιστάμενων συνδέσεων (ακμών) του δικτύου προς τον αριθμό των δυνατών συνδέσεων που μπορούν να σχηματιστούν από το σύνολο των κόμβων. Το μέγεθος της πυκνότητας αντιπροσωπεύει την πιθανότητα εμφάνισης μιας σύνδεσης μεταξύ δύο τυχαίων κόμβων στο δίκτυο. Ως προς τη φυσική της ερμηνεία, η πυκνότητα του δικτύου εκφράζει την πιθανότητα εύρεσης μιας σύνδεσης μεταξύ δύο τυχαία επιλεγμένων κορυφών του δικτύου $G(V,E)$ και αποτελεί μέγεθος μέτρησης της συνδετικότητας του δικτύου

$$\rho = \frac{|E(G)|}{|E(G_{complete})|} = \frac{m}{\binom{n}{2}} = \frac{2m}{n(n-1)} \quad (10)$$

Κεντρικότητα εγγύτητας (Closeness centrality) C_i^C

Ισούται με το αντίστροφο μέσο μήκος των ελάχιστων μονοπατιών που ξεκινούν από έναν δεδομένο κόμβο $i \in V(G)$ και εκφράζει την προσβασιμότητα του κόμβου αυτού προς τους υπόλοιπους κόμβους του δικτύου. Οι κόμβοι που έχουν μικρότερη απόσταση μεταξύ τους, θεωρούνται πιο σημαντικοί από τους άλλους που έχουν μεγαλύτερη. Το μέτρο της κεντρικότητας εγγύτητας φανερώνει πόσο γρήγορα μπορεί να μεταφερθεί η πληροφορία από τον έναν κόμβο στον άλλο και παράλληλα, πόσο σημαντικός είναι ένας κόμβος μέσα στο δίκτυο. Η φυσική ερμηνεία αντιστοιχεί με το μέσο μήκος των δρομολογίων που προέρχονται από ένα κόμβο του GPRN έναντι όλων των δυνατών συνδεδεμένων προορισμών.

$$C_i^C = \frac{1}{|V|-1} \cdot \sum_{j=1, i \neq j}^{|V|} d_{ij} = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1, i \neq j}^n d_{ij} = \bar{d}_i \quad (11)$$

Ενδιαμέσου κεντρικότητα (Betweenness centrality) C_k^B

Ισούται με το λόγο του αριθμού των ελάχιστων μονοπατιών $\sigma(k)$ του δικτύου, τα οποία περιλαμβάνουν μία δεδομένη κορυφή k , προς το συνολικό αριθμό των μονοπατιών του δικτύου. Η ενδιαμέσου κεντρικότητα αποτελεί βασικό μέτρο στην ανάλυση των σύνθετων δικτύων, διότι αναδεικνύει ως κεντρικούς τους κόμβους που αποτελούν «περάσματα» σε ένα δίκτυο, δηλαδή αυτούς που παρεμβάλλονται στο μεγαλύτερο αριθμό διαδρομών. Δεν υπολογίζει ούτε γειτονιές ούτε αποστάσεις, αλλά τον αριθμό των εγγύτερων μονοπατιών που διέρχονται από ένα συγκεκριμένο κόμβο. Ο κόμβος που έχει τη μεγαλύτερη τιμή ενδιαμέσου κεντρικότητας είναι αυτός που ενώνει δύο

σημαντικές ομάδες μέσα σε ένα δίκτυο. Αποτελεί δηλαδή τη γέφυρα επικοινωνίας μεταξύ δύο ομάδων κόμβων. Σε περίπτωση που φύγει αυτός, οι δύο ομάδες δε θα μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους.

$$C_k^B = \sigma(k)/\sigma \quad (12)$$

Συντελεστής συγκέντρωσης (Clustering coefficient) C_v

Εκφράζει την πιθανότητα εύρεσης συνδεδεμένων γειτόνων σε έναν τυχαίο κόμβο του δικτύου, η οποία ισοδυναμεί με το λόγο του αριθμού των συνδεδεμένων γειτόνων $E(v)$ της κορυφής, προς τον αριθμό των συνολικών τριπλετών που σχηματίζονται από τη συγκεκριμένη κορυφή. Είναι μια τοπική ιδιότητα που ασχολείται με πληροφορίες επιπέδου κόμβου στη θεωρία δικτύου. Στα περισσότερα πραγματικά δίκτυα, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την περίπτωση των κοινωνικών δικτύων, οι κόμβοι τείνουν να δημιουργήσουν συμπλέγματα που χαρακτηρίζονται από μια σχετικά υψηλή πυκνότητα συνδέσεων, η πιθανότητα εμφάνισης των οποίων είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη πιθανότητα εμφάνισης μιας σύνδεσης μεταξύ δύο τυχαίων κορυφών.

$$C_v = \frac{E(v)}{k_v \cdot (k_v - 1)} \quad (13)$$

Συναρμολογησιμότητα (Modularity) Q

Αντικειμενική συνάρτηση που εκφράζει τη δυνατότητα διαχωρισμού του δικτύου σε κοινότητες, όπου το g_i αντιπροσωπεύει την κοινότητα του κόμβου v_i , το $[A_{ij}-P_{ij}]$ τη διαφορά του παρατηρούμενου μείον τον αναμενόμενο αριθμό των ακμών που προσπίπτουν σε ένα δεδομένο ζεύγος κορυφών v_i, v_j του δικτύου και $\delta(g_i, g_j)$ είναι η δείκτρια συνάρτηση που επιστρέφει την τιμή 1 όταν $g_i = g_j$. Το $Q = 0$ υποδηλώνει την απουσία συνδεσιμότητας παρόμοιου βαθμού σε ένα δίκτυο (τυχαίο γράφημα) και το $Q = 1$ υποδηλώνει μια ισχυρή σύνδεση εντός των κοινοτήτων. Αν και είναι μια παράμετρος που μελετάται σε επίπεδο κόμβου ωστόσο προσφέρει μια συνολική άποψη στη θεωρία δικτύων. Ο εντοπισμός κοινοτήτων σε ένα δίκτυο, που ονομάζεται επίσης κατάτμηση δικτύου, μπορεί να θεωρηθεί ως επέκταση για τον εντοπισμό ομαδικής ανάμειξης στο δίκτυο, αλλά σε ένα πολύ μεγαλύτερο σύνολο κόμβων. Μια κοινότητα είναι ένα υπο-γράφημα ενός δικτύου με κόμβους παρόμοιας συμπεριφοράς (από άποψη συνδεσιμότητας) και υπάρχουν πυκνοί σύνδεσμοι μέσα σε μια κοινότητα αλλά πολύ λιγότεροι σύνδεσμοι μεταξύ κοινοτήτων. Η εμπειρική έρευνα έχει δείξει ότι τα δίκτυα εμφανίζουν ιδιότητες στο επίπεδο κοινοτήτων που είναι διαφορετικές στο επίπεδο του συνολικού δικτύου (global level or aggregate network's level). Συγκεκριμένα, στην περίπτωση των κοινωνικών δικτύων, οι κόμβοι που βρίσκονται μεταξύ των ορίων διαφορετικών κοινοτήτων κατέχουν εξέχοντα ρόλο στη μεταφορά

πληροφοριών μεταξύ ομάδων που διαφορετικά θα ήταν ασύνδετες, με αποτέλεσμα να ασκούν ιδιαίτερη επιρροή στα μέλη των υπόψη κοινοτήτων.

$$Q = \frac{\sum_{ij}[A_{ij}-P_{ij}] \cdot \delta(g_i, g_j)}{2m} \quad (14)$$

Η εξίσωση αυτή χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του δείκτη σπονδυλωτών για όλους τους τύπους δικτύων (κατευθυνόμενα, μη κατευθυνόμενα, σταθμισμένα και μη σταθμισμένα). Μια φυσική σημασία της αναγνώρισης κοινοτήτων σε ένα δίκτυο είναι ότι η γνώση της δομικής ισοδυναμίας των κόμβων και των κοινοτήτων τους είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση της συμπεριφοράς των ενδοκοινοτικών και διακοινοτικών κόμβων.

Διάμετρος δικτύου (Network diameter) $d(G)$

Η διάμετρος είναι η μεγαλύτερη από όλες τις συντομότερες διαδρομές και είναι ένα άνω όριο του μέσου μήκους διαδρομής. Μετρά την έκταση ενός γραφήματος και το τοπολογικό μήκος μεταξύ δύο κόμβων. Μια υψηλή διάμετρος συνεπάγεται ένα λιγότερο συνδεδεμένο δίκτυο. Τα επίπεδα δίκτυα έχουν συχνά μεγάλη διάμετρο λόγω της παρουσίας πολλών ενδιάμεσων στάσεων μεταξύ δύο απομακρυσμένων κόμβων. Μπορεί να είναι είτε δυαδική είτε σταθμισμένη.

$$d(G) = \max\{d(v, u) : \forall v, u \in V(G)\} \quad (15)$$

Μέσο μήκος μονοπατιού (Average path length) $\langle l \rangle$

Ο αριθμός των αναπηδήσεων που παρεμβάλλονται για να πραγματοποιηθεί ένα ταξίδι μεταξύ δύο οποιωνδήποτε επιλεγμένων στάσεων σε ένα δίκτυο μετριέται συνήθως με το μήκος διαδρομής. Στη θεωρία γραφημάτων, μια διαδρομή είναι μια ακολουθία κόμβων που συνδέονται με συνδέσμους. Το μικρότερο μήκος διαδρομής είναι ο συντομότερος αριθμός συνδέσεων μεταξύ δύο επιλεγμένων κόμβων και το μέσο μήκος διαδρομής (γεωδαισική διαδρομή) είναι ο μέσος όρος του μικρότερου μήκους διαδρομής μεταξύ όλων των ζευγών κόμβων στο δίκτυο. Παρόλο που το μέτρο του μήκους διαδρομής δεν παρέχει πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των μεταφορών που πρέπει να πραγματοποιηθούν κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, εξακολουθεί να είναι ένα σημαντικό μέτρο στην ανάλυση του δικτύου των δημόσιων μεταφορών από την άποψη των επιβατών, καθώς ο αριθμός των βημάτων είναι σίγουρα ένας από τους κορυφαίους παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη από τους επιβάτες κατά την επιλογή μιας διαδρομής για το ταξίδι.

$$\langle l \rangle = \frac{\sum_{v \in V(G)} d(v_i, v_j)}{n \cdot (n-1)} \quad (16)$$

Σε ένα συνδεδετικό δίκτυο $G(V,E)$ υφίσταται μία και μοναδική γεωδαισιανή (εγγύτερο ή ελάχιστο μονοπάτι) για κάθε ζεύγος κορυφών $v, u \in V(G)$, τότε ο αριθμός των συνδυασμών n ανά 2 στη σχέση (16) εκφράζει το πλήθος των ελάχιστων μονοπατιών που υπάρχουν στο δίκτυο $G(V,E)$. Το μέσο μήκος μονοπατιού υπολογίζεται στα ελάχιστα μονοπάτια (γεωδαισιανές) των κορυφών $v, u \in V(G)$ του δικτύου, αλλά ο όρος της εγγύτητας παραλείπεται στον προσδιορισμό του μεγέθους. Το μέσο μήκος μονοπατιού μπορεί να λάβει είτε δυαδική είτε σταθμισμένη μορφή, ανάλογα με τη μορφή της συνάρτησης απόστασης που χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς. Στη δυαδική περίπτωση το μέγεθος εκφράζει τον αριθμό των διαδοχικών μετακινήσεων (βημάτων) που πρέπει να πραγματοποιηθούν για τη μετακίνηση μεταξύ δύο τυχαίων κόμβων στο δίκτυο ενώ στη σταθμισμένη περίπτωση το μέγεθος εκφράζει το μήκος αυτής της διαδρομής. Και στις δύο περιπτώσεις, το μέγεθος αποτελεί δείκτη της κλίμακας του δικτύου και ανήκει στην οικογένεια των μέτρων προσβασιμότητας (accessibility measures).

Κατανομή βαθμού (Degree distribution) $P(k)$

Η συχνότητα των κόμβων n_k σε σύνδεση με το k .

$$p(k) = |V_k(G)| = n_k, \quad V_k(G) = \{v_i \in V(G) | k(v_i) = k\} \subseteq V(G) \quad (17)$$

Η έννοια της κατανομής βαθμού κατέχει κεντρικό ρόλο στην επιστήμη των δικτύων και αποτελεί μια καλή πηγή συμπερασμάτων για την εξέλιξη του δικτύου. Έτσι, η μελέτη της κατανομής πτυχίων έχει προσελκύσει τεράστιο ερευνητικό ενδιαφέρον. Τα δίκτυα που ακολουθούν μία παρόμοια κατανομή βαθμού τείνουν να εμφανίζουν παρόμοια χαρακτηριστικά δικτύου. Επομένως, χρησιμοποιείται για να υποδείξει την ετερογένεια των δικτύων και παρέχει πληροφορίες για την τοπολογική εξέλιξη του δικτύου δημόσιων συγκοινωνιών σε μια πόλη. Διακρίνονται δύο κύριες κατηγορίες δικτύων που η τοπολογία τους περιγράφεται από την κατανομή βαθμών. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα τυχαία δίκτυα που ένας μεγάλος αριθμός κόμβων στο δίκτυο παρουσιάζουν παρόμοιο βαθμό, καθώς οι κόμβοι είναι συνδεδεμένοι τυχαία. Η κατανομή βαθμών ενός τέτοιου τυχαίου δικτύου είναι πιο πιθανό να ακολουθεί μια κατανομή Poisson. Στη δεύτερη κατηγορία εντάσσονται τα δίκτυα άνευ κλίμακας (scale free) με τυπικό παράδειγμα αυτό της κατανομής Power-law. Το δίκτυο άνευ κλίμακας είναι ένα δίκτυο με ισχυρή ιεραρχική διάσταση, με λίγες κορυφές να έχουν πολλές συνδέσεις και πολλές κορυφές να έχουν λίγες συνδέσεις. Τέτοια δίκτυα εξελίσσονται μέσω της δυναμικής της προνομιακής προσάρτησης με την οποία νέοι κόμβοι που προστίθενται στο δίκτυο θα συνδέουν κυρίως μεγαλύτερους κόμβους αντί να συνδέονται τυχαία. Η

κατανομή Power-law ενός δικτύου άνευ κλίμακας εμφανίζεται σε πολλά δίκτυα του πραγματικού κόσμου όπου οι περισσότεροι κόμβοι έχουν μικρό αριθμό συνδέσεων και υπάρχουν λίγοι κόμβοι με μεγάλο αριθμό συνδέσεων (Barthélemy, 2011). Η συγκεκριμένη κατανομή επιτρέπει σε πολύ λίγους κόμβους να έχουν πολύ μεγάλο βαθμό, δημιουργώντας ισχυρούς κεντρικούς κόμβους, ενώ οι υπόλοιποι και περισσότεροι έχουν πολύ μικρότερο βαθμό που συσσωρεύεται στην ουρά της κατανομής. Συνεπώς, οι υψηλόβαθμοι κόμβοι είναι λίγοι και είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους, ενώ οι περισσότεροι κόμβοι κυμαίνονται σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα με αποτέλεσμα η κεντρικότητα σε αυτά τα δίκτυα να μην αυξομειώνεται βάσει κάποιας κλίμακας. Τα δίκτυα αυτά φέρουν το σημαντικό χαρακτηριστικό της ανθεκτικότητας, διότι η αφαίρεση ενός κόμβου είτε χαμηλόβαθμου είτε υψηλόβαθμου, δε θα επηρέαζε τη συνεκτικότητα του γραφήματος λόγω των κόμβων που έχουν απομείνει. Η παρατήρηση της ιδιότητας χωρίς κλίμακα στα δίκτυα δημόσιων μεταφορών καταδεικνύει μια ισχυρή επικράτηση της ιεραρχικής δομής του δικτύου, δηλαδή οι κόμβοι στην κορυφή της ιεραρχίας εξυπηρετούν τη μέγιστη ζήτηση, ενώ οι παρακάτω είναι σχετικά μικροί κόμβοι που εξυπηρετούν μέτρια ζήτηση. Όσο αφορά τη φυσική ερμηνεία, η κατανομή βαθμού απαριθμεί τον αριθμό των θέσεων εξυπηρέτησης που έχουν ορισμένο αριθμό συνδέσεων.

4.3. Οικονομετρική και εμπειρική ανάλυση

Σε αυτό το μέρος εφαρμόζεται το επόμενο στάδιο μελέτης του GPRN της εμπειρικής ανάλυσης για τον εντοπισμό προτύπων μεταξύ των τοπολογικών μέτρων του δικτύου και των κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών που το περιγράφουν. Η ανάλυση συσχέτισης εφαρμόζεται σε ένα σύνολο μεταβλητών υποδομής του οδικού δικτύου, χωρικών, οικονομικών, δημογραφικών καθώς και μεταβλητών τουρισμού. Για την εφαρμογή της ανάλυσης συσχέτισεων πραγματοποιήθηκε αναγωγή των μεταβλητών σε κλίμακα περιφερειακής ενότητας καθώς οι κόμβοι του δικτύου δεν έχουν κάποια επιπλέον αξιοποιήσιμη φυσική ή οικονομική σημασία. Οι μεταβλητές που συμμετέχουν στην ανάλυση συσχέτισεων αντλήθηκαν από σχετική βιβλιογραφία (ΕΛΣΤΑΤ, 2011; Tsiotas, 2020) και παρουσιάζονται, ανά κατηγορία στον Πίνακα 4.2.

Στην ανάλυση συσχέτισεων υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson ή του γινομένου των ροπών (product-moment correlation coefficient), που αποτελεί μέτρο γραμμικής συμμεταβολής δύο τυχαίων μεταβλητών. Ο συντελεστής αυτός συμβολίζεται με r_{xy} (Norusis, 2004), για κάθε ζεύγος μεταβλητών x, y του Πίνακα 4.2, ο οποίος δίνεται από τη σχέση:

$$r_{xy} = \frac{Cov(x,y)}{\sqrt{Var(x)} \cdot \sqrt{Var(y)}} = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}, \quad -1 \leq r_{xy} \leq 1 \quad (18)$$

όπου $\text{Cov}(x,y)$ είναι η συνδιακύμανση και $\text{Var}(x)=\sigma_x$, $\text{Var}(y)=\sigma_y$ οι διασπορές των διανυσματικών μεταβλητών x,y αντίστοιχα. Οι ακραίες τιμές -1 και 1 αντιστοιχούν στην περίπτωση που όλα τα σημεία (x_i,y_i) , $i=1,\dots,n$ βρίσκονται επάνω σε μία ευθεία γραμμή με αρνητική ή θετική κλίση, αντίστοιχα. Ο συντελεστής r_{xy} είναι καθαρός αριθμός επιτρέποντας έτσι τις συγκρίσεις. Θα πρέπει να τονίζουμε ότι ο συντελεστής συγκέντρωσης δεν είναι τίποτε άλλο παρά μόνο ένα μέτρο γραμμικής συμμεταβολής δύο τυχαίων μεταβλητών και η συσχέτιση δε σημαίνει αιτιότητα.

Πίνακας 4.2 Μεταβλητές που συμμετέχουν στην ανάλυση συσχετίσεων του GPRN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

Σύμβολο	Περιγραφή
Τοπολογικές και χωρικές μεταβλητές	
n	Ο αριθμός των κόμβων του GPRN
m	Ο αριθμός των συνδέσεων του GPRN
$\langle k \rangle$	Ο μέσος βαθμός των κόμβων του GPRN
$\langle k_{w(km)} \rangle$	Ο μέσος σταθμισμένος (χιλιομετρική εγγύτητα) βαθμός των κόμβων του GPRN
$\langle k_{w(\min)} \rangle$	Ο μέσος σταθμισμένος (χρονική εγγύτητα) βαθμός των κόμβων του GPRN
$\langle CC \rangle$	Η μέση κεντρικότητα εγγύτητα του GPRN
$\langle CB \rangle$	Η μέση ενδιάμεσου κεντρικότητα του GPRN
$\langle C \rangle$	Ο μέσος συντελεστής συγκέντρωσης (πιθανότητα εύρεσης συνδεδεμένων γειτόνων) του GPRN
$\langle d_{km} \rangle$	Η μέση χιλιομετρική απόσταση του GPRN
$\langle d_{\min} \rangle$	Η μέση χρονοαπόσταση του GPRN
R_{km}	Το εύρος χιλιομετρικής απόστασης του GPRN
Μεταβλητές υποδομών δικτύου	
RODENS	Η πυκνότητα οδικού δικτύου, που ορίζεται ως το κλάσμα του συνολικού μήκους των οδών της χώρας προς την συνολική έκταση της χώρας
RADENS	Η πυκνότητα σιδηροδρομικού δικτύου, που ορίζεται ως το κλάσμα του συνολικού μήκους των σιδηρόδρομων προς την συνολική έκταση της χώρας
PRT	Ο αριθμός λιμένων
AIR	Ο αριθμός αεροδρομίων
CENTR	Κεντρικότητα, η μέση απόσταση πρωτεύουσας περιφερειακής ενότητας από όλες τις άλλες στο δίκτυο
FLT	Ο στόλος του GPRN, το σύνολο των στόλων των 25 υποδικτύων
DATH	Η απόσταση κάθε σημείου εξυπηρέτησης/αφετηρίας για Αθήνα

DTHS	Η απόσταση κάθε σημείου εξυπηρέτησης/αφετηρίας για Θεσσαλονίκη
Κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές	
POP	Ο μόνιμος πληθυσμός
URBAN	Ο βαθμός αστικοποίησης-αναλογία πληθυσμού πρωτεύουσας περιφερειακής ενότητας με σύνολο περιφερειακής ενότητας
EDU	Το επίπεδο εκπαίδευσης
HUM	Το ανθρώπινο κεφάλαιο-ποιοτικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού
FRC	Ο αριθμός των εργαζομένων
A_SEC	Η συνεισφορά στον εθνικό πρωτογενή τομέα ΑΕΠ των περιφερειακών ενοτήτων μελέτης
B_SEC	Η συνεισφορά στον εθνικό δευτερογενή τομέα ΑΕΠ των περιφερειακών ενοτήτων μελέτης
C_SEC	Η συνεισφορά στον εθνικό τριτογενή τομέα ΑΕΠ των περιφερειακών ενοτήτων μελέτης
TOUR	Η συνεισφορά στον τουριστικό τομέα των περιφερειακών ενοτήτων μελέτης
FRM	Ο αριθμός εγγεγραμμένων επιχειρήσεων στο Ε.Ε.Ε.
PRVHC	Τα ιδιωτικά μηχανοκίνητα οχήματα σε κυκλοφορία
MTR	Οι μοτοσικλέτες σε κυκλοφορία
PVHC	Τα δημόσια μηχανοκίνητα οχήματα σε κυκλοφορία
BUS	Τα λεωφορεία σε κυκλοφορία
TCKATH	Η τιμή εισιτηρίου για Αθήνα
TCKTHS	Η τιμή εισιτηρίου για Θεσσαλονίκη
COST	Το κόστος ταξιδιού/χιλιόμετρο
GDP	Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ)

Κεφάλαιο 5

Ανάλυση δικτύου και εμπειρική ανάλυση

5.1 Ανάλυση δικτύου

Τα αποτελέσματα υπολογισμού των μέτρων δικτύου, που περιεγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, σε σύγκριση με τα αντίστοιχα μέτρα του διαπεριφερειακού οδικού δικτύου στην Ελλάδα (GRN) παρουσιάζονται στο συγκριτικό Πίνακα 5.1. Τα δεδομένα του GRN αντλήθηκαν από τη βιβλιογραφία του Tsiotas, 2020.

Πίνακας 5.1 Συγκριτικός πίνακας μέτρων GPRN και GRN^(a) (Πηγή: Ίδια επεξεργασία; Tsiotas, 2020)

Metric/Measure	Symbol	Unit	GPRN	GRN ^(a)
Type of graph	#	#	Non-directed	Non-directed
Network nodes	n	# ^(b)	1486	4993
Network edges	m	#	1663	6487
Connected components	a	#	2	156
Maximum degree	k_{max}	#	251	8
Minimum degree	k_{min}	#	1	1
Average degree	$\langle k \rangle$	#	2.238	2.598
Average distance – weighted degree	$\langle k_{w(km)} \rangle$	km	140.657	14.108
Average time – distance weighted degree	$\langle k_{w(min)} \rangle$	min	122.203	N/A ^(d)
Average path length (weighted)	$\langle l \rangle$	#	3.371	46.794
Network diameter (weighted)	d	km	4	993
Graph density	ρ	net ^(c)	0.002	0.001
Average clustering coefficient	$\langle C \rangle$	net	0.686	0.07
Modularity – weighted	Q_w	net	0.774	0.946
No of communities	No_w	#	13	N/A
Modularity – distance weighted	$Q_{w(km)}$	net	0.621	N/A
No of communities – distance weighted	$No_{w(km)}$	#	10	N/A
Modularity – time – distance weighted	$Q_{w(min)}$	net	0.673	N/A
No of communities – time – distance weighted	$No_{w(min)}$	#	11	N/A

^(a) Πηγή: Tsiotas, 2020

^(b) Αριθμός οικισμών

^(c) Αδιάστατος αριθμός

^(d) N/A: Μη διαθέσιμο

Οι περιοχές μελέτης (Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, Κεντρική Μακεδονία, Δυτική Μακεδονία, Θεσσαλία και Ήπειρος) του GPRN καταλαμβάνουν σχεδόν τη μισή

γεωγραφική έκταση του GRN αφού το GPRN εξυπηρετεί σχεδόν τις μισές περιφερειακές ενότητες. Το GPRN αποτελείται από 1486 κόμβους (nodes) από τους οποίους οι είκοσι τέσσερις κατέχουν κεντρικό ρόλο (hubs) και οι υπόλοιποι περιφερειακό ρόλο (spokes).

Το GPRN είναι ένα δίκτυο με 2 συνδεδεμένες συνιστώσες (connected components), χωρίς απομονωμένους κόμβους (isolated nodes) ($k_{\text{GPRNmin}} \neq 0$) και με την ύπαρξη αυτοσυνδέσεων (self-connections), δηλαδή ακμών που να συνδέουν τον ίδιο κόμβο. Η μέγιστη τιμή του βαθμού κόμβου του GPRN είναι $k_{\text{max(GPRN)}}=251$. Στην περίπτωση του GRN είναι $k_{\text{max(GRN)}}=8$ και είναι σχεδόν ο μισός σε σύγκριση με τις περιπτώσεις των αστικών συστημάτων (Buhl et al., 2006; Barthelemy, 2011), όπου ισχύει $k_{\text{max(GRN)}} \approx 20$. Η μέση τιμή του βαθμού $\langle k \rangle_{\text{GPRN}}=2.238$ είναι της τάξης του μεγέθους δομής δικτυωμάτων (lattice network) και εκφράζει τις συνδέσεις που αναλογούν στους 1462 περιφερειακούς προορισμούς. Σε σχέση με το μέσο αριθμό προορισμών που αντιστοιχούν σε κάθε Κ.Τ.Ε.Λ. (κόμβο αφετηρίας), 69 προορισμοί, η τιμή του μέσου βαθμού είναι αρκετά μικρή, αναδεικνύοντας ότι το GPRN θέτει περιορισμούς. Πάρα την εξειδίκευση του δικτύου μελέτης στις δημόσιες υπεραστικές οδικές μεταφορές, η βαθμολογία της μέσης τιμής του βαθμού φαίνεται να συμφωνεί με τη περίπτωση του GRN $\langle k \rangle=2.598$. Επομένως, φαίνεται ότι τα Κ.Τ.Ε.Λ. έχουν ένα στοιχειώδες επιχειρησιακό προφίλ.

Ο μέσος σταθμισμένος (χιλιομετρική εγγύτητα) βαθμός κόμβων (average distance-weighted degree) ισούται με $\langle k_{w(km)} \rangle=140.657$ km και εκφράζει το συνολικό μήκος των συνδέσεων που έχει ένας τυχαίος κόμβος του δικτύου. Ανάλογη τιμή μεγέθους εμφανίζει και ο μέσος σταθμισμένος (χρονική εγγύτητα) βαθμός κόμβων (average time-distance-weighted degree) $\langle k_{w(km)} \rangle=122.203$ min. Από τους δύο σταθμισμένους βαθμούς, προκύπτει ότι η μέση ταχύτητα πρόσβασης των υπεραστικών λεωφορείων είναι 69 km/h. Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας των αυτοκινήτων οχημάτων, μέσα στις κατοικημένες περιοχές, ορίζεται σε 50 km/h. Έκτος κατοικημένων περιοχών, για αυτοκινητόδρομους, οδούς ταχείας κυκλοφορίας και άλλου δικτύου, το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας ορίζεται 100 km/h για τα λεωφορεία, 80km/h για τα διώροφα λεωφορεία και 80km/h για τα λεωφορεία μεταφοράς μαθητών (τροποποίηση του άρθρου 20, ΦΕΚ 57Α/1999). Τα υπεραστικά λεωφορεία του GPRN κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα από αυτή που ορίζεται για τις κατοικημένες περιοχές και με μικρότερη ταχύτητα από εκείνες που ορίζονται για τις εκτός κατοικημένες περιοχές. Η ταχύτητα κίνησης εξαρτάται επίσης από την ανάπτυξη των οδικών δικτύων. Καθώς τα Κ.Τ.Ε.Λ. εκτελούν μόνο υπεραστικές διαδρομές, συμπεραίνουμε ότι εκτελούνται περισσότερα δρομολόγια σε δυσπρόσιτες περιοχές. Οι θέσεις αφετηρίας των Κ.Τ.Ε.Λ. απέχουν κατά μέσο όρο 52 km από τα πιο απομακρυσμένα γεωγραφικά όρια των περιφερειακών ενοτήτων που ανήκουν. Επομένως, σύμφωνα με το σταθμισμένο, σε χιλιομετρική απόσταση, βαθμό, τα δρομολόγια κάθε Κ.Τ.Ε.Λ. εκτείνονται κατά μέσο όρο κατά τρεις περιφερειακές ενότητες. Το μέτρο του μέσου σταθμισμένου βαθμού και

του μέσου βαθμού, μας παρέχουν την πληροφορία ότι αν και τα δρομολόγια των Κ.Τ.Ε.Λ. χαρακτηρίζονται από εξωστρέφεια, εκτείνονται σε μεγάλες χιλιομετρικά και χρονικά αποστάσεις, στους προορισμούς καταλήγουν σχεδόν 2 διαδρομές (συνδέσεις) όποτε το δίκτυο δεν καταφέρνει να εξυπηρετήσει όλους τους προορισμούς.

Η τιμή που αναφέρεται στο μέγεθος του μέσου μήκους μονοπατιού (average path length) του δικτύου εκφράζει τον αριθμό των βημάτων που διαχωρίζει τις πιο απομακρυσμένες κορυφές του δικτύου, αποτελείται από 3.371 ακμές (συνδέσεις). Βάσει του προτύπου της πλήμνης-ακτινών ο αριθμός των άμεσων συνδέσεων μειώνεται εξαιρετικά, διότι στη δομή του δικτύου αναπτύσσονται οι πλήμνες (hubs), με αποτέλεσμα να αντικαθιστούν τις άμεσες συνδέσεις μεταξύ των γειτόνων τους, αποτελώντας ενδιάμεσο σταθμό για την μεταξύ τους επικοινωνία. Ωστόσο, η χαμηλή βαθμολογία του μέσου μήκους μονοπατιού του GPRN εκφράζει ένα ικανοποιητικό επίπεδο αμεσότητας και προσβασιμότητας. Το GRN αποτελείται από $\langle l \rangle = 46.794$ ακμές. Οι τιμές του $\langle l \rangle$ ερμηνεύουν την έκφανση του γενικευμένου κόστους των μετακινήσεων που συντελούνται εντός των δικτύων (Tsiotas & Polyzos, 2015a), οι οποίες επηρεάζονται από τους περιορισμούς της επιπεδότητας των δικτύων. Για αξιολόγηση του μέσου μήκους διαδρομής σε ένα σταθμισμένο γράφημα λαμβάνεται υπόψη το βάρος των ακμών. Επομένως, όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος διαδρομής, τόσο υψηλότερο είναι το κόστος ταξιδιού των επιβατών. Η διάμετρος είναι η μεγαλύτερη από όλες τις συντομότερες διαδρομές και είναι ένα άνω όριο του μέσου μήκους διαδρομής. Η χωρική (χιλιομετρική) διάμετρος του GPRN και του GRN ισούται με 4 km και 993 km, αντίστοιχα και εκφράζει τη χιλιομετρική απόσταση μεταξύ των δύο περισσότερο απομακρυσμένων κόμβων στο δίκτυο.

Η πυκνότητα του μη επίπεδου GPRN ισούται με $\rho = 0.002$, τιμή η οποία είναι απειροστά μικρή και δε φαίνεται να επιδέχεται περαιτέρω ερμηνείας δεδομένης της επίπεδης φύσης του δικτύου.

Ο μέσος συντελεστής συγκέντρωσης του GPRN, ποσοτικοποιεί τη σχέση γειτονίας ή εγγύτητας μεταξύ των κόμβων ενός δικτύου, η οποία αποτελεί τοπολογική σχέση. Η ομαδοποίηση του GPRN είναι της τάξης του 69%, εκφράζοντας μεγάλη αποτελεσματικότητα των περιφερειακών σχέσεων και καλή περιφερειακή πολιτική. Η υψηλή βαθμολογία του συντελεστή συγκέντρωσης (ομαδοποίησης) σε συνδυασμό με τη χαμηλή τιμή του μέσου μήκους διαδρομής καταδεικνύει την αποτελεσματικότητα και την προσβασιμότητα του GPRN. Σε μακροοικονομική κλίμακα οι κόμβοι δε μπορούν να εξυπηρετηθούν από αυτό που τους επιτρέπει το δίκτυο. Η αντίστοιχη τιμή για το δίκτυο GRN ισούται με 0.07. Και οι δύο τιμές του $\langle C \rangle$ είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από την αντίστοιχη τιμή ενός τυχαίου δικτύου ER, η οποία προσεγγίζεται από τη σχέση $\langle C \rangle_{ER} \sim 1/n = 2 \cdot 10^{-4}$ (Barthélemy, 2011), γεγονός το οποίο υποδηλώνει ότι τα GPRN και GRN απέχουν πάρα πολύ από το να περιγράφονται από την τυπολογία του τυχαίου προτύπου.

Η τιμή της συναρμολογησιμότητας (modularity) του GRN ισούται με $Q_{GRN}=0.774$ και εκφράζει την ικανότητα επιμερισμού του δικτύου σε κοινότητες. Οι κοινότητες που προέκυψαν είναι 13. Η υψηλή τιμή καταδεικνύει ανθεκτικότερο πυρήνα μεταξύ των κόμβων εντός της ίδιας κοινότητας και ασθενείς σχέσεις μεταξύ των κοινοτήτων. Αναδεικνύοντας κατά βάση μία γενική ανταγωνιστική συμπεριφορά αλλά και μία συμπληρωματική συμπεριφορά μεταξύ των γειτονικών (σε γεωγραφική θέση) Κ.Τ.Ε.Λ.. Η τιμή της συναρμολογησιμότητας υπολογίστηκε επίσης με τα βάρη των ακμών, χιλιομετρική και χρονική απόσταση. Η σταθμισμένη συναρμολογησιμότητα με τη χιλιομετρική εγγύτητα είναι 0.621, με δέκα κοινότητες και με τη χρονική εγγύτητα είναι 0.673 με έντεκα κοινότητες.

Στο επόμενο στάδιο, παρουσιάζονται τα βασικά μέτρα τοπολογίας και κεντρικότητας (βαθμός, ενδιαμεσότητα, εγγύτητα, συγκέντρωση, συναρμολογησιμότητα) στους τοπολογικούς χάρτες του Σχήματος 5.1. Αρχικά, στη χωρική κατανομή του βαθμού, Σχήμα 5.1(a), η υψηλότερη τιμή εμφανίζεται στα Ιωάννινα, στον κόμβο αφετηρίας των Κ.Τ.Ε.Λ. Ιωαννίνων, καθιστώντας τον κόμβο αυτό πλήμνη (hub). Τα Ιωάννινα, είναι η μεγαλύτερη πόλη της Ηπείρου και πρωτεύουσα της περιφερειακής ενότητας Ιωαννίνων με πληθυσμό που ανέρχεται περίπου στους 70.000 κατοίκους. Βρίσκονται στο βορειοδυτικό κομμάτι της ηπειρωτικής Ελλάδας, στο κέντρο του ομώνυμου λεκανοπεδίου. Η περιφερειακή ενότητα είναι μία από τις μεγαλύτερες σε έκταση περιφερειακές ενότητες της Ελλάδας και καταλαμβάνει τη μισή περίπου έκταση του γεωγραφικού διαμερίσματος της Ηπείρου με έκταση 4990 km², είναι κυρίως ορεινή και η πρόσβαση γίνεται κατά κύριο λόγο οδικώς με τα δρομολόγια του Κ.Τ.Ε.Λ. Ιωαννίνων. Από τις 251 συνδέσεις μόνο τριάντα δύο είναι εκτός των ορίων της περιφερειακής ενότητας, καλύπτοντας και διασφαλίζοντας μία πρόσβαση κυρίως στα χωριά της περιφερειακής ενότητας. Η κατεύθυνση της εξυπηρέτησης του Κ.Τ.Ε.Λ. Ιωαννίνων χαρακτηρίζεται από εσωστρέφεια και έχει συγκεκριμένη οικονομική λειτουργία και γεωγραφικό περιορισμό. Επίσης, η ανάλυση ανέδειξε, δεύτερο σε βαθμολογία (177 συνδέσεις), τον κόμβο της Θεσσαλονίκης ως κεντρικό σημείο (hub). Σε αντίθεση με την περίπτωση των Ιωαννίνων, η συνδεσιμότητα της Θεσσαλονίκης οφείλεται κυρίως στους φορείς εκμετάλλευσης των υπόλοιπων περιφερειακών ενότητων πέραν της ίδιας της περιφερειακής ενότητας. Αρχικά, στην περιφερειακή ενότητα Θεσσαλονίκης, ο σχεδιασμός του δικτύου υπεραστικών οδικών επιβατικών μεταφορών αφορά μόνο τις υπεραστικές γραμμές εντός των γεωγραφικών ορίων της, καθώς και την υπεραστική γραμμή Αθήνας – Θεσσαλονίκης, σύνολο 50 συνδέσεις. Για τις υπόλοιπες όμως περιφερειακές ενότητες η Θεσσαλονίκη αποτελεί μία βασική οδική σύνδεση και ένας οικονομικός πόλος καθώς συγκεντρώνει το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού και της οικονομικής δραστηριότητας της χώρας μετά από την Αθήνα. Περίπου το 33% του εθνικού πληθυσμού ζει στη μητροπολιτική Αθήνα (με 3562538 άτομα), 10% στη μητροπολιτική Θεσσαλονίκη (με 1054673 άτομα), 6% σε 6 αστικές περιοχές μεσαίου

μεγέθους (250000 έως 0.5 εκατομμύρια κάτοικοι) και 8% σε 6 μικρές αστικές περιοχές (50000 έως 250000 κάτοικοι). Το υπόλοιπο του πληθυσμού περίπου το 43% ζει σε μικρούς δήμους με πληθυσμό περίπου 50000 κατοίκων ή λιγότερο. Τέλος, η Θεσσαλονίκη αποτελεί την έδρα του Κ.Τ.Ε.Λ. Χαλκιδικής με 102 συνδέσεις.

Η παρουσία βαθμού ετερογένειας οδηγεί σε ανισότητα μεταξύ των κόμβων σε ένα δίκτυο. Ορισμένοι κόμβοι σε ένα δίκτυο είναι πιο «κεντρικοί» από τους άλλους. Σε αυτό το πλαίσιο, θεωρούμε την ενδιαμεσότητα (betweenness centrality) και την κεντρικότητα εγγύτητα (closeness centrality) ως τον κεντρικό κόμβο μας επειδή διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο από την άποψη της μεταφοράς. Η κεντρικότητα εγγύτητα είναι ένα μέτρο της σχετικής σημασίας ενός κόμβου στο δίκτυο λόγω της ύπαρξης συντομότερων διαδρομών από τον συγκεκριμένο κόμβο σε κάθε άλλο κόμβο σε ολόκληρο το δίκτυο. Η ενδιαμεσότητα από την άλλη πλευρά λειτουργεί ως κόμβος γέφυρας που συνδέει διαφορετικά μέρη του δικτύου μεταξύ τους. Όταν κινούμαστε από τον έναν κόμβο στον άλλο, είναι συχνά ωφέλιμο να φτάσουμε πρώτα στον κόμβο με την υψηλότερη τιμή κεντροκότητας εγγύτητας εάν δεν υπάρχει άμεση διαδρομή μεταξύ του ζεύγους προέλευσης προορισμού. Έτσι, η ενδιαμεσότητα και η κεντρικότητα εγγύτητα μας λένε τη σχετική σημασία των κόμβων στο δίκτυο. Η μέση κεντρικότητα εγγύτητα είναι ο μέσος όρος των συντομότερων μονοπατιών από οποιονδήποτε κόμβο σε κάθε άλλο κόμβο. Στα σταθμισμένα δίκτυα, συνήθως τα βάρη ακμών θεωρούνται ως συναρτήσεις κόστους. Επομένως, όσο μεγαλύτερο είναι το βάρος της ακμής, τόσο μικρότερη είναι η εγγύτητα του κόμβου, καθώς το κόστος ταξιδιού θα ήταν μεγάλο. Στο Σχήμα 5.1(b&c), αποτυπώνονται οι κατανομές κεντρικότητας (ενδιαμεσότητα και κεντρικότητα εγγύτητα). Η υψηλότερη βαθμολογία στο χάρτη για την κεντρικότητα εγγύτητα, εμφανίζεται στο νησί της Θάσου, στη νησιωτική συνδετική συνιστώσα. Τα αποτελέσματα της κεντρικότητας εγγύτητας προκύπτουν εξαιτίας της ανεπαρκούς σύνδεσιμότητας και της υπολογιστικής εξέτασης του συνολικού αριθμού των κόμβων του συγκεντρωτικού δικτύου αντι του τοπικού αριθμού των κόμβων που περιλαμβάνονται σε κάθε στοιχείο, επαληθεύοντας την εμπειρική έρευνα του Tsiotas, 2020. Η υψηλότερη τιμή της ενδιαμέσου κεντρικότητας ανήκει στη Θεσσαλονίκη. Μία ενδιαφέρουσα παρατήρηση αφορά το γεγονός της διατήρησης της ιεράρχησης των κόμβων μεταξύ των αποτελεσμάτων των κεντρικότητας βαθμού και ενδιαμεσότητας. Οι πλήμνες (hubs) αποτελούν εξ' ορισμού φυσικά σταυροδρόμια, με αποτέλεσμα να είναι αναμενόμενη η συσχέτιση μεταξύ των κόμβων μεγάλου βαθμού με αυτούς με μεγάλη τιμή ενδιαμέσου κεντρικότητας (Barthélemy, 2011). Η Θεσσαλονίκη είναι μια σύγχρονη πόλη της Κεντρικής Μακεδονίας, η μεγαλύτερη πόλη στη γεωγραφική περιοχή της Μακεδονίας. Η Θεσσαλονίκη έχει γίνει εδώ και πολύ καιρό ένα κέντρο έλξης λόγω της θέσης και των εμπορικών, οικονομικών, οικονομικών, πολιτιστικών, εκπαιδευτικών και κοινωνικών πτυχών της στη χώρα και την περιοχή. Η θέση της πόλης στην ευρύτερη περιοχή

Μακεδονίας – Θράκης, η ύπαρξη αεροδρομίου, η ύπαρξη του λιμανιού της ως φυσικής πύλης της περιοχής αυτής προς τη θάλασσα καθιστούν τη Θεσσαλονίκη αφενός σημαντικό στρατηγικό σημείο, αφετέρου εμπορικό, συγκοινωνιακό και πολιτισμικό σταυροδρόμι. Επίσης, η Θεσσαλονίκη αποτελεί τον πιο σημαντικό σιδηροδρομικό κόμβο της χώρας στον άξονα της γραμμής ΠΑΘΕΠ (Πατρών – Αθηνών – Θεσσαλονίκης - Ειδομένης/Προμαχώνα), καθώς συνδέει την Ελλάδα με την υπόλοιπη Ευρώπη και την Τουρκία και τον κύριο συγκοινωνιακό και εμπορευματικό κόμβο στην ευρύτερη περιοχή των Βαλκανίων. Ο σταθμός υπεραστικών λεωφορείων στην πόλη (κόμβο) της Θεσσαλονίκης παρεμβάλλεται σε μεγάλο αριθμό εγγύτερων διαδρομών (μονοπατιών) του δικτύου καθώς είναι ο τερματικός σταθμός για τα υπεραστικά λεωφορεία όλης της χώρας. Επομένως, λόγω της έλξης των μετακινήσεων και κατ'επέκταση των οργανωμένων μετεπιβιβάσεων, η Θεσσαλονίκη αποτελεί σημαντικό σταθμό μετεπιβίβασης.

(a) Βαθμός (Degree)



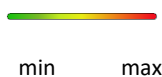
(b) Ενδιάμεσου κεντρικότητα (Betweenness)

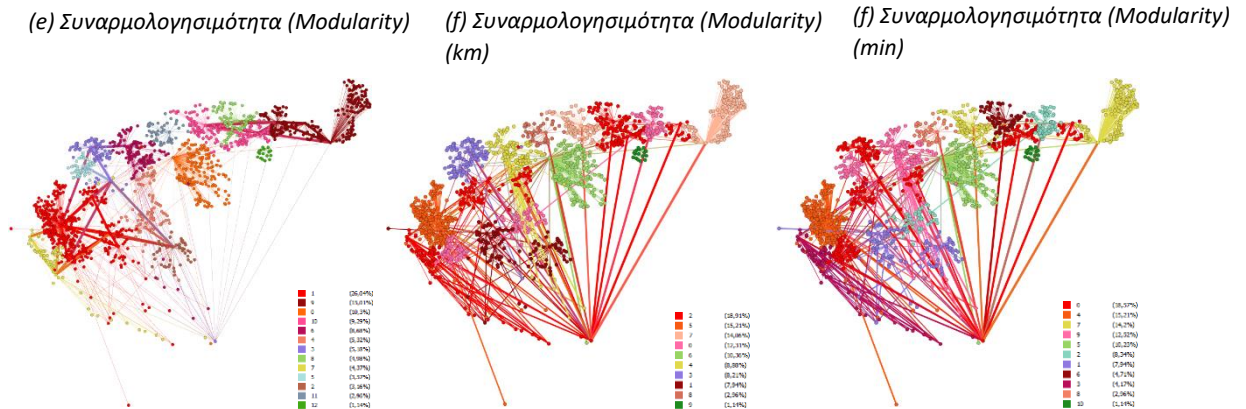


(c) Κεντρικότητα εγγύτητα (Closeness)



(d) Συντελεστής συγκέντρωσης (Clustering)





Σχήμα 5.1 Χωρική κατανομή των μέτρων του GPRN: (α) βαθμός (β) ενδιάμεσου κεντρικότητα (γ) κεντρικότητα εγγύτητα (δ) συντελεστή συγκέντρωσης (ε) συναρμολογησιμότητα (f) συναρμολογησιμότητα με την πληροφορία της χιλιομετρικής εγγύτητας και (g) συναρμολογησιμότητα με την πληροφορία της χρονικής εγγύτητας (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

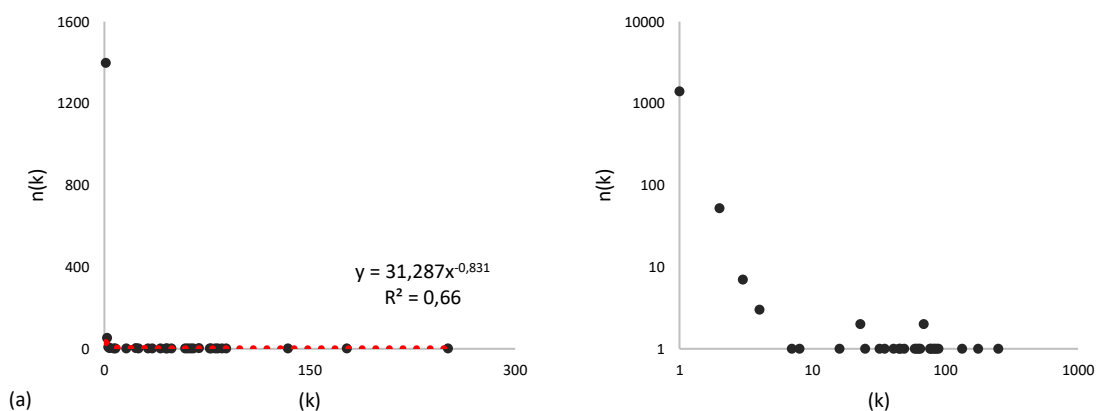
Η χωρική κατανομή του συντελεστή συγκέντρωσης (clustering coefficient) C , Σχήμα 5.1(d), εμφανίζεται ιδιαίτερα σύνθετη. Μεγάλες τιμές του συντελεστή φανερώνουν αλληλοσυνδεδεμένες περιοχές (ύπαρξη τριγώνων), δηλαδή περιοχές με πολλές κυκλικές συνδέσεις, στις οποίες οι κόμβοι διαθέτουν γείτονες που είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους. Η κατάσταση αυτή ενδεχομένως να σχετίζεται με την ύπαρξη περιοχών με σημαίνουσα οικονομική ή συναφή δραστηριότητα, καθόσον μεταξύ των θέσεων με μεγάλες τιμές υφίστανται περιοχές εντός των περιφερειών μελέτης όπως Ασπροβάλτα και Φάρσαλα, και εκτός των περιφερειών μελέτης όπως Θήβα, Λευκάδα, Χαλκίδα.

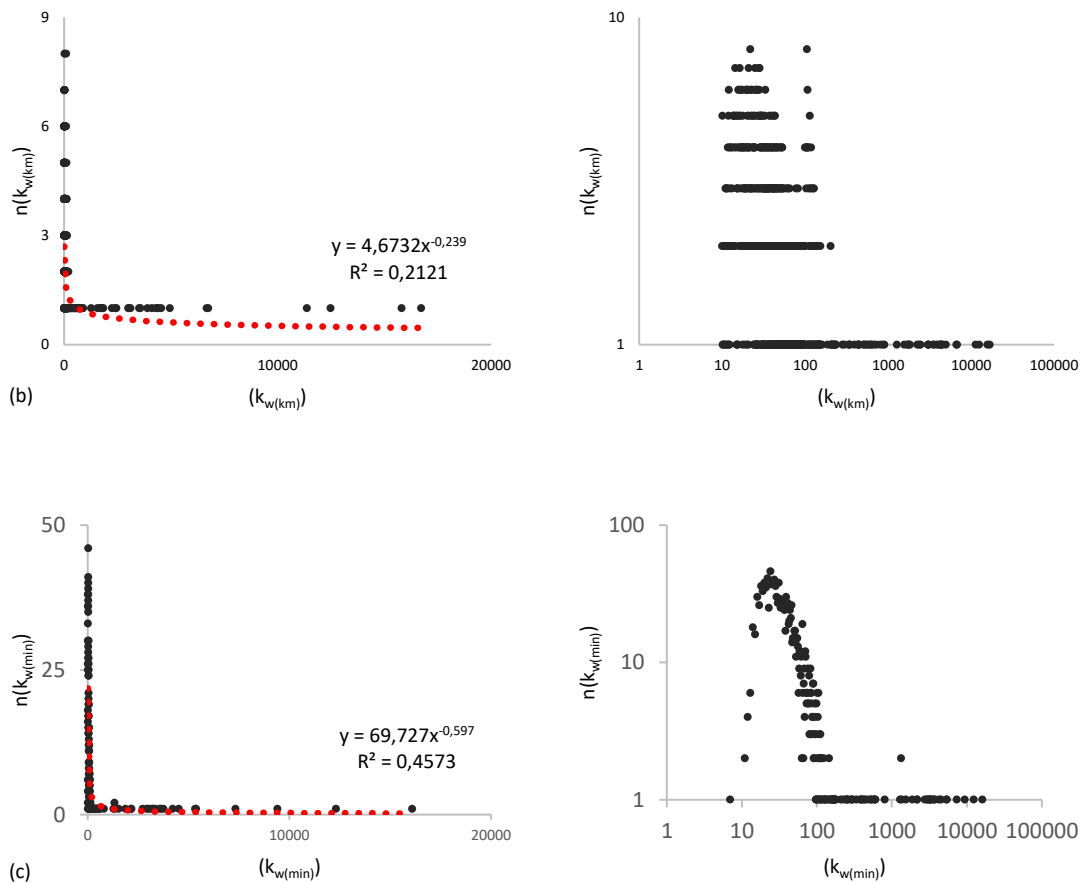
Τέλος, η χωρική κατανομή των τιμών της συναρμολογησιμότητας (modularity) δηλαδή των τιμών που αντιστοιχούν στις κοινότητες που ανήκουν οι κόμβοι του δικτύου αποτυπώνεται στο Σχήμα 5.1(e) και παρουσιάζεται συνεπής με τη θεωρία. Η σχετική εμπειρική έρευνα έχει γενικά αναδείξει ότι ο διαμοιρασμός των χωρικών δικτύων σε κοινότητες διέπεται κατά κανόνα από γεωγραφικά κριτήρια, μη παρέχοντας ιδιαίτερα αξιοποιήσιμη δομική πληροφορία, επειδή οι σημαντικότερες ροές στο δίκτυο εντοπίζονται μεταξύ κόμβων που ανήκουν σε ίδιες ή παρόμοιες γεωγραφικές περιοχές (Guimera et al., 2005; Kaluza et al., 2010; Barthelemy, 2011). Επιπλέον, στην έρευνα που διεξήχθη από τους Khan και Niazi, 2017, έχουν ληφθεί υπόψη διάφορα μέτρα συναρμολογησιμότητας ανάλογα με τον τύπο του δικτύου. Στη μελέτη των Háznagy et al. 2015, το κέντρο της πόλης βρέθηκε να έχει λίγες κοινότητες ενώ η περιφέρεια έχει πολλές κοινότητες. Το έργο των Bona et al. 2016 έχει εντοπίσει 187 διαφορετικές κοινότητες με τιμή σπονδυλωτών μεταξύ 0.3 και 0.7 για ένα PTN σε μια πόλη της Βραζιλίας. Για την κινεζική πόλη Qingdao, οι Zhang et al. 2016 παρατήρησε υψηλή τιμή σπονδυλωτότητας 0.8 με μέσο όρο 20 κοινότητες. Επιπλέον, συνολικά 46 κοινότητες με ισχυρή τιμή σπονδυλωτότητας 0.91 παρατηρήθηκαν σε ένα αστικό σιδηροδρομικό σύστημα διαμετακόμισης στην Κίνα (Zhang, et al., 2013). Οι Sun et al., 2015 βρήκε

επίσης μια ασθενή τιμή σπονδυλωτών 0.34 με 7 κοινότητες σε δίκτυα αστικών λεωφορείων. Στο παραπάνω πλαίσιο εντάσσεται και η εικόνα της χωρικής κατανομής των τιμών της συναρμολογησιμότητας του GPRN, η οποία επιμερίζεται σε δεκατρείς ευδιάκριτες χρωματικές ζώνες, αναδεικνύοντας μία μερική τάση διπολικής λειτουργίας, με σχετική γεωγραφική συνάφεια, γεγονός που εμφανίζεται συνεπές με τα χαρακτηριστικά δικτύωματος που διέπουν την τοπολογία του GPRN. Αντίθετα, οι κοινότητες της σταθμισμένης, σε χιλιομετρική εγγύτητα, συναρμολογησιμότητα και της σταθμισμένης, σε χρονική εγγύτητα, συναρμολογησιμότητα δε διέπονται από γεωγραφικά κριτήρια. Η σύνθεση κοινοτήτων με τη συμμετοχή ενοτήτων που βρίσκονται σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, τόσο για την Q_{km} όσο και για την Q_{min} , προκύπτουν από τη συμμετοχή της αποστάσης και χρονοαπόστασης, ανίσοιχα, και αναδεικνύουν τις συνδέσεις μεταξύ ετερόκλητων χωρικών ενοτήτων. Και στις δύο περιπτώσεις της συναρμολογησιμότητας, το GPRN τείνει να γίνεται περισσότερο συνεκτικό.

Περαιτέρω αναλύουμε το μέτρο του βαθμού σχεδιάζοντας και αναλύοντας τα γραφήματα της συχνότητας των βαθμών. Διαισθητικά, αν και θα περιμέναμε ότι ένας ορισμένος αριθμός στάσεων στο δίκτυο να εξυπηρετείται από μεγάλο αριθμό διαδρομών, είναι ενδιαφέρον να επαληθεύσουμε μια τέτοια ιδιότητα μαθηματικά. Στο Σχήμα 5.2 φαίνεται τόσο ο βαθμός όσο και οι σταθμισμένοι βαθμοί να ακολουθούν μία κατανομή Power-law με ιεραρχική δομή. Έτσι, το δίκτυο μελέτης συμπεριφέρεται ως δίκτυο χωρίς κλίμακα με δόμηση υπερκόμβων. Σε σύγκριση με μια κανονική κατανομή, αυτή η ιδιότητα κλιμάκωσης αντανακλά ένα μη ισορροπημένο φαινόμενο καθώς ένα υψηλό ποσοστό κόμβων έχει συνδεσιμότητα μικρότερη από τη μέση τιμή, ενώ ένα χαμηλό ποσοστό κόμβων έχει βαθμό μεγαλύτερο από το μέσο όρο. Η κορυφές με βαθμό που ξεπερνά το μέσο βαθμό του δικτύου συνιστούν τις πλήμνες (hubs). Η παρουσία πλημνών σε ένα δίκτυο ελευθέρου-κλίμακας μειώνει σημαντικά τον αριθμό των απαιτούμενων συνδέσεων και συνεπακόλουθα το φόρτο της επικοινωνίας. Επίσης, η ύπαρξη των πλημνών καθιστά το δίκτυο ιδιαίτερα τρωτό σε στοχευμένες επιθέσεις, κατά τις οποίες η καταστροφή μίας πλήμνης συνεπάγεται την κατάρρευση μεγάλου όγκου επικοινωνίας. Ο ρόλος των πλημνών στη δομή, αλλά και στη λειτουργία του δικτύου είναι καθοριστικός, αποτελώντας ταυτόχρονα το ισχυρό, αλλά και το τρωτό σημείο των δικτύων αυτής της τυπολογίας (Barthélemy, 2011). Η ιδιότητα χωρίς κλίμακα στα δίκτυα δημόσιων συγκοινωνιών δείχνει το γεγονός ότι οι πλήμνες (hubs) μεταφέρουν το 80% του φορτίου, διαθέτοντας περισσότερες συνδέσεις, και το 20% του φορτίου μεταφέρεται από τους υπόλοιπους κόμβους. Η κατάσταση αυτή είναι αναμενόμενη λόγω της τοπολογίας αστέρα των υποδικτύων. Δίκτυα με τέτοια δομή είναι αρκετά διαδεδομένα στον τομέα των μεταφορών κυρίως εξαιτίας του γεγονότος ότι ένας μεταφορέας πρέπει να ελαχιστοποιήσει τις λειτουργικές του δαπάνες, ακόμη κι αν αυτό δε συνοδεύεται με την ελαχιστοποίηση του μέσου χρόνου μεταφοράς των

μετακινουμένων. Η εμφάνιση αυτής της τοπολογίας (hub-and-spoke topology) στα δημόσια υπεραστικά οδικά δίκτυα αποτελεί συνέπεια των οικονομικών προσδοκιών, λόγω της δημιουργίας κομβικών σταθμών Κ.Τ.Ε.Λ. σε περιοχές με μεγάλες αστικές συγκεντρώσεις (πρωτεύουσες περιφερειακών ενοτήτων), αλλά και της προσπάθειας των Κ.Τ.Ε.Λ. για αύξηση της αποτελεσματικότητας του δικτύου (εξυπηρέτησης περισσότερων προορισμών με τον ελάχιστο συνολικά αριθμό μετεπιβιβάσεων) με ταυτόχρονη μείωση του λειτουργικού κόστους. Επομένως, αναδεικνύεται μία στρατηγική προσανατολισμένη στην κερδοφορία. Είναι μία προφανής στρατηγική για κάθε υγιή επιχειρησιακό οργανισμό που δραστηριοποιείται σε μια αγορά ελεύθερου ανταγωνισμού. Τα δίκτυα δημόσιων συγκοινωνιών που διαθέτουν τέτοια ιδιότητα είναι απαλλαγμένα από οποιαδήποτε κλίμακα που εφαρμόζεται σε αυτά. Ο μηχανισμός της ροής επιβατών σε ένα δίκτυο χωρίς κλίμακα είναι ένα σημαντικό ερευνητικό θέμα από την οπτική γωνία ενός μηχανικού μεταφορών, παρόμοιο με τη μελέτη της εξάπλωσης πληροφοριών ή της εξάπλωσης ασθενειών από μηχανικούς δικτύων και βιολόγους. Ένας άλλος βασικός ερευνητικός τομέας πρακτικής σημασίας είναι η ανάλυση ευρωστίας που στοχεύει στη μελέτη της λειτουργικότητας του δικτύου κατά την αφαίρεση ενός συγκεκριμένου συνόλου κόμβων-στόχων. Έχει αποδειχθεί ότι τα δίκτυα χωρίς κλίμακα είναι πιο επιρρεπή σε στοχευμένες επιθέσεις, σε αντίθεση με τα τυχαία δίκτυα που καταλήγουν απλώς σε κατακερματισμό δικτύου σε στοχευμένες επιθέσεις. Μία παρατήρηση που προκύπτει από το Σχήμα 5.2, αφορά τη σύγκριση του τοπολογικού μεγέθους του βαθμού με τα αντίστοιχα σταθμισμένα (χιλιομετρική και χρονική εγγύτητα). Συγκεκριμένα και στις δύο περιπτώσεις, οι σταθμισμένες τιμές (με χωρικά βάρη) του μεγέθους του βαθμού εμφανίζονται συστηματικά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των τοπολογικών περιπτώσεων. Τέλος, από το Σχήμα 5.2 (α), η διασπορά των τιμών προσαρμόζεται σε ποσοστό 66%. Παρόλο που πρόκειται για μία κανονική αλλά όχι υψηλή προσαρμογή, δεν ακυρώνει τη δομή του δικτύου.

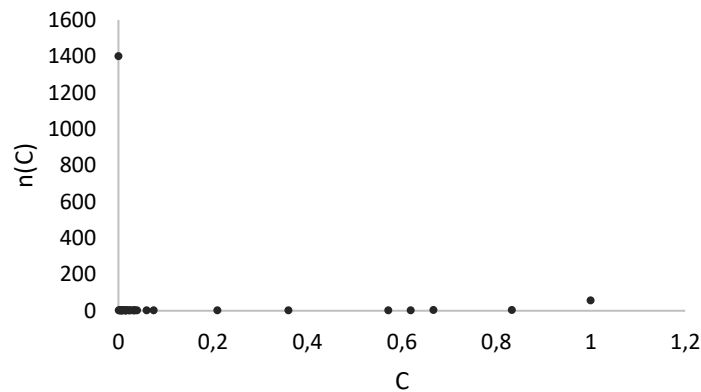




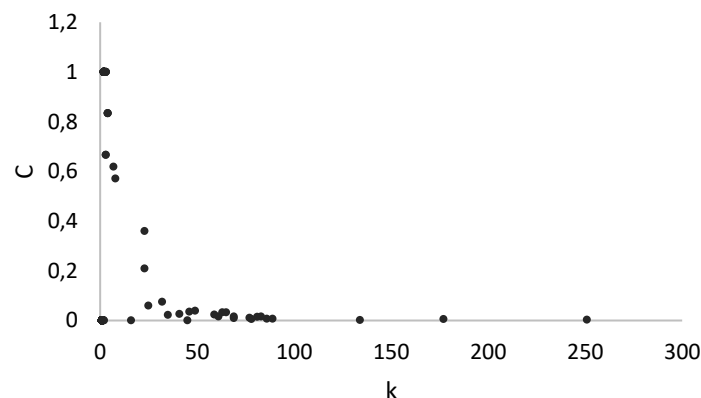
Σχήμα 5.2 Διάγραμμα διασποράς (α) $(k, n(k))$ της κατανομής βαθμού, (b) $(k_w(km), n(k_w(km)))$ της κατανομής σταθμισμένου βαθμού (χιλιομετρική εγγύτητα) και (c) $(k_w(min), n(k_w(min)))$ της κατανομής σταθμισμένου βαθμού (χρονική εγγύτητα) του GPRN αριστερά σε μετρική και δεξιά σε λογαριθμική κλίμακα (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

Η συνοχή των κόμβων αξιολογείται σε τοπικό επίπεδο μέσω του συντελεστή συγκέντρωσης (ομαδοποίησης). Η ομαδοποίηση, γνωστή και ως μεταβατικότητα, είναι μια τοπική ιδιότητα που ασχολείται με πληροφορίες επιπέδου κόμβου στη θεωρία δικτύου. Προκειμένου να μελετήσουμε τη συμπεριφορά του συντελεστή συγκέντρωσης ως προς το μέγεθος του δικτύου κατασκευάστηκε το διάγραμμα το Σχήματος 5.3, στο οποίο παρουσιάζεται πως ο συντελεστής συγκέντρωσης μειώνεται ως προς το $n(C)$. Ακολουθεί την κατανομή Power-law, όπως και η κατανομή του βαθμού. Η κατάσταση αυτή υποδηλώνει ότι οι κόμβοι με μικρό βαθμό συντελεστή συγκέντρωσης ανήκουν σε πυκνά συνδεδεμένες κοινότητες (υποδίκτυα), οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους στο δίκτυο διαμέσου των πλημνών. Η μελέτη των συντελεστών ομαδοποίησης από μόνη της δεν έχει προσελκύσει μεγάλη προσοχή από τους ερευνητές στην ανάλυση των δικτύων μεταφορών. Μερικές ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις μπορούν να γίνουν από τη σχέση μεταξύ του συντελεστή συγκέντρωσης C και του βαθμού k . Στο Σχήμα 5.4 η εξάρτηση των C_i και k μοιάζει πολύ με έναν νόμο

ισχύος όπου η τιμή του C_i για ένα δεδομένο $k(C_i(k))$ είναι κοντά στη μονάδα για μικρές τιμές του k , και το $C_i(k)$ μειώνεται γρήγορα με την αύξηση του k . Αυτή η συμπεριφορά αποτελεί άμεση συνέπεια του ρόλου των πλημνών στο GPRN, οι οποίες παρέχουν απευθείας συνδέσεις σε διαφορετικές περιοχές που δεν διασυνδέονται μεταξύ τους (δηλαδή στις ακτίνες - spokes), με αποτέλεσμα η κατάσταση αυτή να μην συνεισφέρει στην αύξηση της τιμής του συντελεστή συγκέντρωσης των ιδίων. Ακόμα, όπως μπορεί να παρατηρηθεί και από τις εξισώσεις της υποενότητας 4.2.1, η αντίστροφη εξάρτηση του C_i από το k υποδεικνύει την ιεραρχική δομή ενός δικτύου στην αναπαράσταση του χώρου L , όπου οι κόμβοι υψηλού βαθμού (hubs) τείνουν να σχηματίζουν πολυάριθμες συνδέσεις με τους γείτονές τους, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα οι γείτονές τους να έχουν διασυνδέσεις μεταξύ τους. Αυτό μειώνει το συντελεστή συγκέντρωσης κόμβων υψηλού βαθμού. Από την άλλη πλευρά, ένας κόμβος χαμηλού βαθμού έχει μεγαλύτερη τάση να συνδέεται μεταξύ των γειτόνων του, αυξάνοντας το συντελεστή συγκέντρωσης.

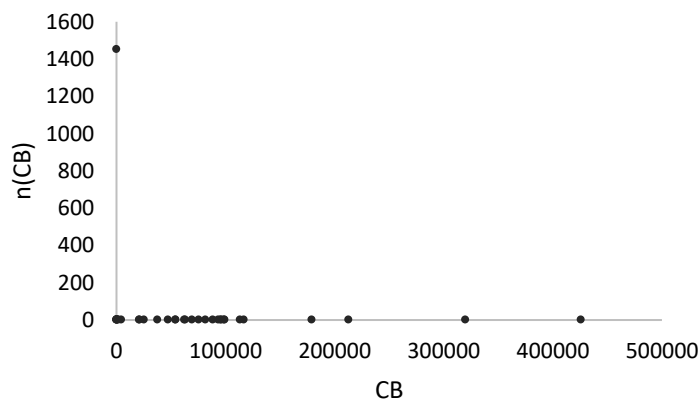


Σχήμα 5.3 Διάγραμμα διασποράς ($C, n(C)$) του συντελεστή συγκέντρωσης των κόμβων του GPGN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)



Σχήμα 5.4 Διάγραμμα διασποράς (k, C) του συντελεστή συγκέντρωσης και του βαθμού των κόμβων του GPGN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

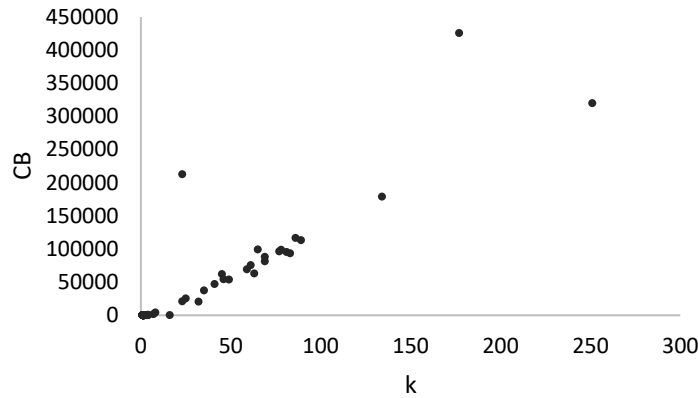
Στις μεταφορές η σημασία μιας οδού συναρτάται προφανώς από την κυκλοφορία (traffic) που αυτή εξυπηρετεί. Το μέγεθος που προσδιορίζει την κυκλοφοριακή κίνηση στο δίκτυο είναι η ενδιάμεσου κεντρικότητα (betweenness centrality), γεγονός που την αναδεικνύει ως μέτρο μείζονος σημασίας στην ανάλυση του δικτύου. Στο πλαίσιο αυτό, διαπιστώνουμε ότι οι κατανομές της ενδιάμεσου κεντρικότητας (Σχήμα 5.5) ακολουθούν το πρότυπα Power-law και κυμαίνεται στο διάστημα $[0, 425870]$ καλύπτοντας μεγάλο εύρος. Τα αποτελέσματα αυτά εκφράζουν ότι το GPRN εμφανίζει ισχυρή ετερογένεια ως προς την κυκλοφορία. Οι περιοχές των κεντρικών κόμβων από γεωγραφική άποψη (τρεις πρώτες υψηλότερες τιμές στη Θεσσαλονίκη, τα Ιωάννινα και την Αθήνα), έχοντας μερικούς μόνο κεντρικούς δρόμους με μεγάλη κυκλοφορία ενδέχεται να αναλάβουν μεγαλύτερο κυκλοφοριακό φόρτο και συνεπώς να εμφανίσουν πιθανά σημεία κυκλοφοριακής συμφόρησης. Η απουσία κλίμακας στην κατανομή της ενδιάμεσου κεντρικότητας υποδηλώνει την ύπαρξη ιεραρχικής δομής σχετικά με την οργάνωση της κυκλοφορίας, γεγονός το οποίο αποτελεί γενικευμένη ιδιότητα στα δίκτυα μεταφορών.



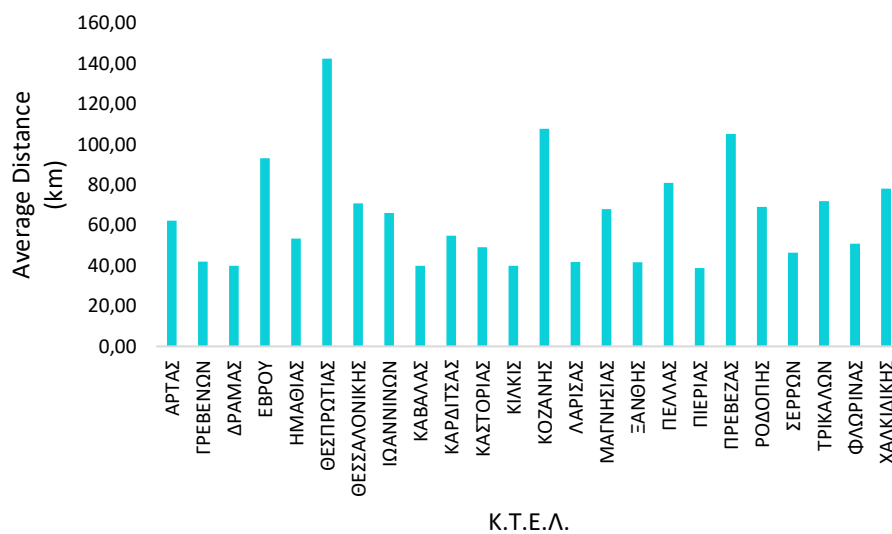
Σχήμα 5.5 Διάγραμμα διασποράς $(C, n(CB))$ της ενδιάμεσου κεντρικότητας των κόμβων του GPRN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

Όπως προαναφέρθηκε, ο βαθμός ενός γράφου συσχετίζεται με το μέγεθος της ενδιάμεσου κεντρικότητας. Σε ένα δίκτυωμα οι κόμβοι με τη μεγαλύτερη ενδιάμεσου κεντρικότητα (betweenness centrality) βρίσκονται πλησίον του κέντρου βάρους του δικτυώματος (Barthélemy, 2011). Ένα δίκτυωμα γραμμικής διάταξης εμφανίζει βαρυκεντραρισμένες τιμές της ενδιάμεσου κεντρικότητας, δηλαδή οι κεντρικοί, ως προς την ενδιάμεσου κεντρικότητα, κόμβοι βρίσκονται πλησίον του κέντρου βάρους του δικτυώματος. Το Σχήμα 5.6 που παρουσιάζει το διάγραμμα διασποράς του GPRN μεταξύ βαθμού και ενδιάμεσου κεντρικότητας ανά βαθμό φαίνεται πως είναι σύμφωνη με τα αποτελέσματα της προαναφερθείσας έρευνας. Όταν μεταβληθεί η τοπολογία του γράφου και προστεθούν περαιτέρω ακμές η κανονικότητα που χαρακτηρίζει το

μέγεθος της ενδιαμέσου κεντρικότητας μεταβάλλεται, τείνοντας να ακολουθήσει την τυπολογία που επιβάλλει το μέγεθος του βαθμού. Ακόμη, ερευνητές εντόπισαν ότι οι περιοχές με υψηλές τιμές κεντρικότητας βαθμού και ενδιαμέσου εμφανίζουν ευρεία εξάπλωση.



Σχήμα 5.6 Διάγραμμα διασποράς (k,CB) της ενδιαμεσότητας των κόμβων του GPGN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)



Σχήμα 5.7 Διάγραμμα Κ.Τ.Ε.Λ. (κόμβος αφετηρίας) και μέσης απόστασης των Κ.Τ.Ε.Λ. (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

Η κατανομή της μέσης χιλιομετρικής απόστασης των υποδικτύων (η κατανομή της γεωγραφικής απόστασης μεταξύ των στάσεων) του GPRN, μεταφέρει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το μήκος διαδρομής που υιοθετούν τα δίκτυα δημόσιων μεταφορών. Από το Σχήμα 5.7, παρατηρούμε ότι η πληθώρα των υποδικτύων του GPRN έχει μικρή μέση απόσταση. Επομένως, η κατανομή του μήκους της γεωγραφικής ζεύξης

ακολουθεί έναν νόμο ισχύος, υποδεικνύοντας ότι ένας σημαντικός αριθμός διαδρομών στα μέσα μαζικής μεταφοράς έχει μικρό γεωγραφικό μήκος διαδρομής και μόνο λίγοι αριθμοί διαδρομών έχουν μεγάλο μήκος διαδρομής. Τα δημόσια υπεραστικά οδικά δίκτυα εξυπηρετούν περισσότερο τη μετακίνηση εντός της περιφερειακής ενότητας ή με γειτονικές περιφερειακές ενότητες. Επιπλέον, μια τέτοια ανάλυση ρίχνει χρήσιμο φως στα δημογραφικά στοιχεία της πόλης (δεδομένου ότι οι πληροφορίες γεωγραφικού πλάτους και μήκους των στάσεων δίνονται σε ένα σφαιρικό σύστημα συντεταγμένων, η απόσταση μεγάλου κύκλου προτιμάται από την Ευκλείδεια απόσταση για την αξιολόγηση της γεωγραφικής απόστασης μεταξύ δύο στάσεων (Invis, 2006)). Η μεγαλύτερη τιμή διακρίνεται ορθός στη Θεσπρωτία (κόμβος Ηγουμενίτσα) καθώς οι συνδέσεις εντός των ορίων της περιφερειακής ενότητας δε ξεπερνούν το 19% των συνδέσεων της.

5.2 Εμπειρική ανάλυση

Η ανάλυση συσχέτισης εφαρμόζεται στις μεταβλητές του Πίνακα 4.2, με στόχο τον εντοπισμό προτύπων μεταξύ των μέτρων του δικτύου και κοινωνικοοικονομικών μεταβλητών του GPRN. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης για διαφορετικά επίπεδα σημαντικότητας (5% και 1%) παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2.

Αρχικά, παρατηρείται η αναμενόμενη ύπαρξη συσχετίσεων (σημαντικών στο επίπεδο 5%) μεταξύ των μεταβλητών του αριθμού κόμβων n και του αριθμού ακμών m με τη μεταβλητή του στόλου FLT των δημόσιων υπεραστικών οδικών δικτύων των περιφερειακών ενότητων, $r=(n,FLT)=0.466$ και $r=(m, FLT)=0.431$. Ο στόλος αποτελεί δομικό και λειτουργικό (transportation element) χαρακτηριστικό των Κ.Τ.Ε.Λ.. Η παραπάνω συσχέτιση αναδεικνύουν ότι ο στόλος είναι καθοριστικός και προσδιοριστικός για το μέγεθος του δικτύου. Τα Κ.Τ.Ε.Λ. που εξυπηρετούν περισσότερους οικισμούς (κόμβους) διαθέτουν μεγαλύτερο στόλο. Όσο αυξάνονται οι θέσεις εξυπηρέτησης τόσο αυξάνεται και ο στόλος των φορέων εκμετάλλευσης. Επίσης, ο στόλος συσχετίζεται σημαντικά σε επίπεδο 5% με τη μέση κεντρικότητα εγγύτητα του GPRN, όπου $r((CC),FLT)=0.421$ αναδεικνύοντας ότι το δίκτυο με το μεγαλύτερο στόλο επεκτείνεται πιο μακριά και οι αποστάσεις μικραίνουν.

Στη συνέχεια η πλειονότητα των μεταβλητών δικτύου, ο μέσος βαθμός των κόμβων $\langle k \rangle$, η μέση κεντρικότητα εγγύτητα $\langle CC \rangle$, η μέση ενδιάμεσου κεντρικότητα $\langle CB \rangle$, ο μέσος σταθμισμένος (χιλιομετρική εγγύτητα) βαθμός των κόμβων $\langle k_{w(km)} \rangle$ και ο μέσος σταθμισμένος (χρονική εγγύτητα) βαθμός των κόμβων $\langle k_{w(min)} \rangle$ περιλαμβάνουν (υψηλή ή μέτρια) πληροφορία σχετικά με την υποδομή του δικτύου, όπως φαίνεται από τις θετικές συσχετίσεις (σημαντικές στο επίπεδο 5%) με την πυκνότητα οδικού δικτύου της χώρας RODENS, τη πυκνότητα σιδηροδρομικού δικτύου της χώρας RADENS και με τον αριθμό λιμένων PRT. Αυτή η παρατήρηση υποδηλώνει ότι οι μεταβλητές του δικτύου

σχετίζονται με δομικές πτυχές του δικτύου δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών, κάτι που είναι κάπως αναμενόμενο στο βαθμό που η τοπολογία και η γεωμετρία του δικτύου αλληλεπιδρούν έννοιες στα χωρικά δίκτυα (Tsiotas & Polyzos, 2018). Επίσης, στις περιφερειακές ενότητες δημόσιων υπεραστικών οδικών δικτύων με μεγάλη συνδεσιμότητα, προσβασιμότητα και με μεγάλες αποστάσεις τείνουν να υπάρχουν λιμάνια και σιδηροδρομικοί σταθμοί εισάγοντας και την έννοια της διατροπικότητας. Ένα αποτελεσματικό δημόσιο υπεραστικό οδικό δίκτυο δρα θετικά προς την ακτοπλοϊκή και σιδηροδρομική δραστηριότητα της περιφερειακής ενότητας. Η διατροπικότητα αποτελεί μέρος της βιώσιμης κινητικότητας και στοχεύει στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της ελκυστικότητας ενός ταξιδιού που γίνεται με το συνδυασμό περισσότερων του ενός τρόπων μεταφοράς αποφεύγοντας τη χρήση ιδιωτικών αυτοκινήτων. Η χρήση και ο συνδυασμός διαφορετικών μέσων μεταφοράς με ευέλικτο τρόπο σε ένα μόνο ταξίδι είναι ζωτικής σημασίας για ένα πιο αποτελεσματικό και βιώσιμο σύστημα υπεραστικών μεταφορών. Σε κεντρικές πόλεις και κωμοπόλεις, οι διατροπικοί σταθμοί έχουν κεντρικό ρόλο για τη σωστή λειτουργία μιας αποτελεσματικής αλυσίδας διατροπικών μεταφορών. Θα πρέπει να προσφέρεται ένα αξιόπιστο και επαρκές επίπεδο δημόσιας συγκοινωνίας, με τη μορφή ενός καλά οργανωμένου συστήματος που ενσωματώνει δύο ή περισσότερα μέσα μεταφοράς στο ίδιο ταξίδι αποφεύγοντας υψηλούς χρόνους αναμονής και διασφαλίζοντας προσιτές τιμές και προσβασιμότητα για όλους τους τύπους χρηστών. Οι Oostendorp και Gebhardt (2018) διεξήγαγαν μια μελέτη που έδειξε πώς οι χωρικές αποστάσεις επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τις διατροπικές επιλογές. Ο συνδυασμός ποδηλάτου και δημόσιων συγκοινωνιών είναι ισχυρός στις αστικές γειτονίες, αυτοκίνητο και δημόσια συγκοινωνία σε αποκεντρωμένες περιοχές, ενώ συνδυασμοί διαφορετικών μέσων μαζικής μεταφοράς σε περιοχές με καλή σύνδεση. Σε αυτό το πλαίσιο, η ανυπαρξία συσχέτισης με τη μεταβλητή του αριθμού των αεροδρομίων αναδεικνύει ότι μεταξύ του δημόσιου υπεραστικού οδικού δικτύου και του αεροπορικού δικτύου δεν υπάρχει διατροπική σχέση και ότι το δημόσιο υπεραστικό οδικό δίκτυο έχει αναπτυχθεί για να εξυπηρετεί περισσότερο άλλου είδους μεταφορών. Από την άλλη πλευρά ο συντελεστής συσχέτισης του μέσου συντελεστή συγκέντρωσης με τον αριθμό λιμένων παρουσιάζει χαμηλή τιμή συσχέτισης σε επίπεδο σημαντικότητας 1%. Η αρνητική συσχέτιση που καταγράφεται μεταξύ της μέσης χρονοαπόστασης και της πυκνότητα σιδηροδρομικού δικτύου της χώρας RADENS υποδηλώνει ότι οι διαφορές στον χρόνο ταξιδιού μεταξύ των μέσων μεταφοράς ότι είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ανταγωνιστικότητα των μέσων μεταφοράς. Τέλος, η θετική συσχέτιση σε χαμηλό ποσοστό 45% της μεταβλητής RADENS με το εύρος των χιλιομετρικών αποστάσεων του δημόσιου οδικού υπεραστικού δικτύου αναδεικνύει ότι η συμπλήρωση μεταξύ των δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών με το σιδηροδρομικό δίκτυο πραγματοποιείται για την κάλυψη μεγάλων αποστάσεων.

Επίσης, οι μεταβλητές δικτύου, ο μέσος βαθμός των κόμβων $\langle k \rangle$, η μέση κεντρικότητα εγγύτητα $\langle CC \rangle$, η μέση ενδιάμεσου κεντρικότητα $\langle CB \rangle$, ο μέσος σταθμισμένος (χιλιομετρική εγγύτητα) βαθμός των κόμβων $\langle k_{w(km)} \rangle$ και ο μέσος σταθμισμένος (χρονική εγγύτητα) συσχετίζονται θετικά (σημαντικά στο επίπεδο 1%) με τις μεταβλητές του μόνιμου πληθυσμού POP, του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) GDP και της συνεισφορά στον τουριστικό τομέα TOUR των περιφερειακών ενοτήτων μελέτης γεγονός που υποδηλώνει ότι οι μεταβλητές δικτύου περιλαμβάνουν επίσης δημογραφικές και οικονομικές πληροφορίες οικονομικής σχετικά με το σύστημα μεταφορών που αντιπροσωπεύουν. Η περίπτωση με τον πληθυσμός POP είναι εξαιρετικά υψηλή και εκφράζει την τάση των πόλεων με υψηλό πληθυσμό να έχουν επίσης υψηλή συνδεσιμότητα δημόσιου υπεραστικού οδικού δικτύου, η οποία πιθανώς σχετίζεται με τις πιο εντατικές χρήσεις γης και τις επιπτώσεις συσσωμάτωσης που εμφανίζονται σε τέτοιες πόλεις (Πολύζος, 2011). Η συσχέτιση με το ΑΕΠ εκφράζει ότι ένα αποτελεσματικό δίκτυο υπεραστικών δημόσιων μεταφορών λειτουργεί ως παράγοντας οικονομικής ανάπτυξης (στο βαθμό που η οικονομική ανάπτυξη αντανακλάται στο GPRN μιας περιφέρειας). Η συσχέτιση με τη μεταβλητή TOUR υποδηλώνει ότι οι περιφερειακές ενότητες δικτύων δημόσιων οδικών μεταφορών με μεγάλη συνδεσιμότητα, εγγύτητα, κεντρικότητα τείνουν να αναλαμβάνουν μεγαλύτερο φορτίο τουρισμού και ιδιαίτερα ίσως ορισμένα τμήματα του τουρισμού που σχετίζονται με μικρές αποστάσεις (π.χ. εσωτερικός τουρισμός και «διαμονή»), προτιμήσεις περιήγησης (π.χ. ταξίδια με λεωφορεία). Επίσης, σημαίνει ότι οι θέσεις εξυπηρέτησης του GPRN θεωρούνται σημαντικές και είναι δημοφιλείς στη λήψη ρών επιβατών. Η εύκολη πρόσβαση σε τουριστικούς προορισμούς έχουν θετική επίδραση στο βιοτικό επίπεδο της τοπικής κοινωνίας. Φαίνεται ο αντίκτυπος του τομέα των δημόσιων μεταφορών στον τομέα του τουρισμού, περιγράφοντας ότι οι βελτιώσεις στον τομέα των μεταφορών, όσον αφορά τόσο τις διαδρομές όσο και τις υποδομές έχουν ενισχύσει τα ταξίδια για τον τουρισμό. Η ζήτηση μεταφορών είναι σε μεγάλο βαθμό παραγόμενη φύσης, δηλαδή οι περισσότεροι μετακινούνται για να πάνε κάπου και να κάνουν κάτι. Με άλλα λόγια, η ζήτηση δημόσιων μεταφορών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από χωρικά σταθερές δραστηριότητες που σχετίζονται κυρίως με τον τουρισμό για αναψυχή, επιχειρήσεις (FRM). Τόσο οι δημόσιες οδικές μεταφορές όσο και ο τουρισμός είναι έντονα κυκλικές και ιδιαίτερα ευαίσθητες στις αλλαγές στο οικονομικό, κοινωνικό και πολιτικό περιβάλλον. Αλλά όπως συμβαίνει με πολλές άλλες σχέσεις μεταξύ κοινωνικοοικονομικών φαινομένων, αυτή είναι μια πολύπλοκη σχέση που χαρακτηρίζεται επίσης από μη γραμμικότητα και αμφίδρομη αιτιότητα. Στην πραγματικότητα, οι βελτιώσεις στην προσβασιμότητα που προκύπτουν από νέους προορισμούς και η δημιουργία απευθείας οδικών συνδέσεων μπορεί να τονώσουν τον τουρισμό σε έναν προορισμό μειώνοντας το χρηματικό και το κόστος που σχετίζεται με το χρόνο. Ταυτόχρονα, εάν οι ροές εισερχόμενου τουρισμού σε μια περιφερειακή

περιοχή ξεπεράσουν ένα ορισμένο όριο, τότε οι επενδυτές μπορεί να πειστούν να διοχετεύσουν πόρους στις δημόσιες μεταφορές για να βοηθήσουν τον εν λόγω προορισμό να πραγματοποιήσει το πλήρες δυναμικό ανάπτυξής του. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι οι οδικές και μεταφορικές υποδομές όχι μόνο διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στην ενίσχυση των υφιστάμενων τουριστικών δραστηριοτήτων, αλλά προωθούν επίσης την ανάπτυξη νέων τουριστικών τοποθεσιών στην περιοχή (Currie & Falconer, 2014; Musa & Ndawayo, 2011; Virkar & Mallya, 2018).

Οι ίδιες μεταβλητές δικτύου συσχετίζονται θετικά (σημαντικές στο επίπεδο 1%) με τα ιδιωτικά μηχανοκίνητα οχήματα σε κυκλοφορία PRVHC, τα δημόσια μηχανοκίνητα οχήματα σε κυκλοφορία PVHC, τα λεωφορεία σε κυκλοφορία BUS και τις μοτοσυκλέτες σε κυκλοφορία (MTR). Συνάγεται το συμπέρασμα ότι το επίπεδο υπηρεσιών των δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών έχει αντίκτυπο στην ιδιοκτησία αυτοκινήτου και μοτοσυκλετών. Στις περιφερειακές ενότητες με υψηλή συνδεσιμότητα, εγγύτητα, κεντρικότητα δημόσιου υπεραστικού οδικού δικτύου, που συνεπάγεται την ύπαρξη υποδομών ταχείας ανάπτυξης, κυκλοφορούν περισσότερα ιδιωτικά αυτοκίνητα και μοτοσυκλέτες

Η συνδεσιμότητα <k> φαίνεται να επηρεάζεται από το επίπεδο εκπαίδευσης του πληθυσμού EDU σε ποσοστό 96.3% (σημαντικές στο επίπεδο του 1%) περιγράφοντας ότι οι περιφερειακές ενότητες με υψηλή συνδεσιμότητα δικτύων δημόσιων μεταφορών τείνουν να διακρίνονται από μεγαλύτερο επίπεδο εκπαίδευσης του πληθυσμού τους. Επίσης, η συνδεσιμότητα επηρεάζεται από το ανθρώπινο κεφάλαιο-ποιοτικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού HUM σε ποσοστό 90,1% και από τον αριθμό των εργαζομένων FRC σε ποσοστό 96.4%. Επεξηγηματικά, η πρόσβαση σε ευκαιρίες εργασίας σχετίζεται με την πιθανότητα ένα άτομο να έχει καλές επιδόσεις στην αγορά εργασίας. Αυτό ισχύει για τις αναπτυσσόμενες χώρες, επειδή οι δημόσιες συγκοινωνίες διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην κινητικότητα, ειδικά για τα φτωχά νοικοκυριά. Υπό αυτή την έννοια, οι δημόσιες συγκοινωνίες είναι μία από τις πιο σημαντικές πολιτικές για την ενίσχυση της προσβασιμότητας. Η επιστημονική βιβλιογραφία που έχει συνδέσει την ανεργία και την προσβασιμότητα αναφέρεται στην έλλειψη φυσικής σύνδεσης μεταξύ των νοικοκυριών και των αγορών εργασίας και την επίδρασή της στη διαδικασία αναζήτησης εργασίας και στην πρόσβαση στην απασχόληση. Σχετικά με αυτήν την αποσύνδεση, η θεμελιώδης εργασία της υπόθεσης της χωρικής ασυμφωνίας του Kain (1968) είναι μια αξιοσημείωτη συμβολή σε αυτή τη γραμμή έρευνας. Συγκεκριμένα, ο Kain προτείνει ότι η έλλειψη πρόσβασης των αφροαμερικανικών νοικοκυριών στην απασχόληση είναι συνέπεια της περιαστικοποίησης των ευκαιριών εργασίας σε συνδυασμό με τη συγκέντρωση του αφροαμερικανικού πληθυσμού στις κεντρικές περιοχές των πόλεων (Kain, 1992; Gobillon et al., 2007). Με άλλα λόγια, η χωρική προσβασιμότητα μπορεί επομένως να εξηγήσει, τουλάχιστον εν μέρει, την πιθανότητα ατομικής ανεργίας. Τα άτομα που αναζητούν εργασία με υψηλότερα ή

επαρκή επίπεδα προσβασιμότητας στην απασχόληση έχουν περισσότερες ευκαιρίες εργασίας στη διάθεσή τους, γεγονός που μπορεί επίσης να συντομεύσει τη διάρκεια αναζήτησης εργασίας (Korsu & Wenglenski, 2010). Αντίθετα, τα άτομα που αναζητούν εργασία με χαμηλή πρόσβαση στην απασχόληση ενδέχεται να αντιμετωπίσουν υψηλότερα έξοδα μετακίνησης και αναζήτησης εργασίας. Καθώς το κόστος αναζήτησης αυξάνεται, το κίνητρο για επιδίωξη μιας ευκαιρίας μειώνεται τόσο λόγω του πραγματικού κόστους αναζήτησης όσο και λόγω του προβλεπόμενου κόστους μετακίνησης (Gobillon et al., 2007; Gobillon and Selod, 2014). Επίσης, οι μεταβλητές EDU, HUM και FRC συσχετίζονται με υψηλό ποσοστό άνω του 85% με τη προσβασιμότητα (CC), τη δομή των ενδιάμεσων διαδρομών (CB), τη χιλιομετρική ($k_{w(km)}$) και χρονική ($k_{w(min)}$) εγγύτητα.

Η συνεισφορά στον εθνικό πρωτογενή τομέα ΑΕΠ των περιφερειακών ενοτήτων μελέτης A_SEC φαίνεται να συσχετίζεται αρνητικά με ποσοστό μικρότερο του 45% (σημαντικό στο επίπεδο 5%) με τη συνδεσιμότητα (k), την προσβασιμότητα (CC), τη δομή των ενδιάμεσων διαδρομών (CB), την κατάσταση της συνδεσιμότητας γειτόνων (C), τη χιλιομετρική ($k_{w(km)}$) και χρονική ($k_{w(min)}$) εγγύτητα των δημόσιων οδικών δικτύων των περιφερειακών ενοτήτων. Περιφερειακές ενότητες με υψηλά ποσοστά τοπολογικών χαρακτηριστικών των δημόσιων οδικών δικτύων τείνουν να εμφανίζουν χαμηλή συμμετοχή του πρωτογενή τομέα στη διαμόρφωση του ΑΕΠ της χώρας και πιο ελεύθερα χαμηλή αγροτική παραγωγή ή δραστηριότητα. Αυτό το αποτέλεσμα, όσο αφορά την περιφερειακή πολιτική, επαληθεύει τους Πολύζος κ.ά. (2014), που έχουν σημειώσει ότι το ελληνικό κράτος υιοθετεί ασύνδετες στρατηγικές για την αγροτική και τουριστική ανάπτυξη, προτιμώντας έναν χωρικό διαχωρισμό των δραστηριοτήτων τους που πιθανώς χαλαρώνει τον ανταγωνισμό και την πολυπλοκότητα και δίνει την ευκαιρία σε τοπικές οικονομίες που δεν βασίζονται στον τουρισμό να αναπτυχθούν. Υπογραμμίζουν επίσης, ότι οι αγροτοβιομηχανίες προτιμούν τοποθεσίες που εξασφαλίζουν εύκολη πρόσβαση σε πρώτες ύλες και σε αποτελεσματικές αλυσίδες εφοδιασμού για την προώθηση των προϊόντων τους παρά σε κεντρικούς χώρους μεγάλων ενδογενών αγορών.

Αρνητική συσχέτιση παρατηρείται στη συνεισφορά στον εθνικό τριτογενή τομέα ΑΕΠ των περιφερειακών ενοτήτων μελέτης με την κατάσταση της συνδεσιμότητας γειτονιάς και με το εύρος χιλιομετρικών αποστάσεων έχοντας συντελεστές $r=(C,C_SEC)=-0.336$ και $r(R_{km},C_SEC)=-0.407$ σημαντικά στο επίπεδο του 5%. Από την άλλη πλευρά η συνεισφορά στον εθνικό δευτερογενή τομέα B_SEC ΑΕΠ των περιφερειακών ενοτήτων μελέτης αντικατοπτρίζεται σε ποσοστό 47.1% (σημαντικό στο επίπεδο 1%) στην κατάσταση της συνδεσιμότητας γειτόνων. Η έννοια της συσχέτισης των παραπάνω μεταβλητών συνεπάγεται ότι οι περιφερειακές ενότητες με δίκτυα υψηλής κατάστασης συνδεσιμότητας γειτόνων διευκολύνουν την ανάπτυξη του δευτερογενούς τομέα και ανταγωνίζονται τη λειτουργικότητα του τριτοβάθμιας τομέα.

Η ερμηνεία αυτή επαληθεύει τις καθιερωμένες θεωρητικές προσεγγίσεις σχετικά με τη σχέση μεταξύ προσβασιμότητας και βιομηχανικής τοποθεσίας (O'Sullivan, 2007).

Επιπλέον, παρατηρείται χαμηλή συσχέτιση (σημαντική σε επίπεδο 5%) με αρνητικό πρόσημο μεταξύ του βαθμού αστικοποίησης URBAN και της μέσης χιλιομετρικής (d_{km}) και χρονικής (d_{min}) απόστασης. Το αποτέλεσμα εκφράζει ότι οι περιφερειακές ενότητες με δημόσια υπεραστικά οδικά δίκτυα με μεγάλη μέση χιλιομετρική και χρονική απόσταση τείνουν να παρουσιάζουν χαμηλό επίπεδο αστικοποίησης. Δημόσια υπεραστικά οδικά δίκτυα με μακρινούς προορισμούς είναι πιο πιθανό να συναντηθούν σε λιγότερο αστικοποιημένες περιοχές.

Αναμενόμενες συσχετίσεις, σημαντικές στο επίπεδο 5%, καταγράφονται μεταξύ των μεταβλητών δικτύου της μέσης χιλιομετρικής απόστασης (d_{km}), της μέσης χρονοαπόστασης (d_{min}), του μέσου σταθμισμένου (χιλιομετρική εγγύτητα) βαθμού ($k_{w(km)}$) και του μέσου σταθμισμένου (χρονική εγγύτητα) βαθμού ($k_{w(km)}$) και της απόστασης κάθε σημείου εξυπηρέτησης/αφετηρίας για Θεσσαλονίκη DTSH και της τιμή εισιτηρίου για Θεσσαλονίκη TCKTHS. Από την άλλη πλευρά, η αντίστοιχος μεταβλητές για την Αθήνα DATA και TCKATH συσχετίζονται με υψηλή τιμή (σε επίπεδο 1%) μόνο με το εύρος χιλιομετρικής απόστασης R_{km} . Επίσης, η μέση χρονοαπόσταση (d_{min}) συσχετίζεται με τη μεταβλητή του κόστους ταξιδιού/χιλιόμετρο COST. Συγκεντρωτικά, οι παραπάνω συσχετίσεις εκφράζουν ότι το δημόσιο υπεραστικό οδικό δίκτυο με μεγάλη χιλιομετρική απόσταση διαδρομών τείνει να καθορίζει μεγαλύτερο κόστος εισιτηρίου μετακινήσεων. Η παρατήρηση αυτή επαληθεύεται με το νομοθετικό πλαίσιο καθορισμού του κομίστρου των δημόσιων επιβατικών μεταφορών με λεωφορεία, σύμφωνα με το οποίο για τον καθορισμό ενός ενιαίου τρόπου υπολογισμού του κομίστρου υπεραστικών συγκοινωνιών, χρησιμοποιούνται χιλιομετρικοί συντελεστές. Οι συντελεστές αυτοί δύνανται να είναι ενιαίοι για το σύνολο της χώρας ή διαφορετικοί κατά περιφέρεια ή κατά περιφερειακή ενότητα ή περιφερειακές ενότητες ή κατά κατηγορίες γραμμών που παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά στοιχεία εκμετάλλευσης.

Τέλος, η αρνητική συσχέτιση της μεταβλητή της μέση απόσταση πρωτεύουσας περιφερειακής ενότητας από όλες τις άλλες στο δίκτυο CENTR με το εύρος χιλιομετρικής απόστασης R_{km} , υπογραμμίζει ότι όσο μεγαλύτερη εξωστρέφεια έχει το δίκτυο δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών μίας περιφερειακής ενότητας τόσο πιο απομακρυσμένη θα είναι η πρωτεύουσα της περιφερειακής ενότητας από όλες τις άλλες στο δίκτυο.

Πίνακας 5.2 Αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης του GPRN (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

		FLT	POP	PRVHC	PVHC	BUS	MTR	GDP	DATH	TCKATH	DTHS	TCKTHS	COST
n	Correl	.466*											
	Sig.	.022											
	N	24											
m	Correl	.431*											
	Sig.	.036											
	N	24											
(k)	Correl		.959**	.975**	.975**	.970**	.973**	.511**					
	Sig.		.000	.000	.000	.000	.000	.002					
	N		35	35	35	35	35	35					
(CC)	Correl	.421*	.907**	.899**	.903**	.905**	.902**	.615**					
	Sig.	.040	.000	.000	.000	.000	.000	.000					
	N	24	35	35	35	35	35	35					
(CB)	Correl		.968**	.989**	.992**	.986**	.985**	.532**					
	Sig.		.000	.000	.000	.000	.000	.001					
	N		35	35	35	35	35	35					
(C)	Correl												
	Sig.												
	N												
(d _{km})	Correl										.577**	.587**	
	Sig.										.005	.004	
	N										22	22	
(d _{min})	Correl										.665**	.668**	.457*
	Sig.										.001	.001	.032
	N										22	22	22
R _{km}	Correl								.986**	.934**			
	Sig.								.000	.000			
	N								23	23			
(k _{w(km)})	Correl		.961**	.980**	.988**	.978**	.980**	.571**			.461*	.477*	
	Sig.		.000	.000	.000	.000	.000	.000			.031	.025	
	N		35	35	35	35	35	35			22	22	
(k _{w(min)})	Correl		.961**	.980**	.988**	.978**	.981**	.570**			.521*	.535*	
	Sig.		.000	.000	.000	.000	.000	.000			.013	.010	
	N		35	35	35	35	35	35			22	22	

**Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0.01 (2-tailed)

*Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0.05 (2-tailed)

Πίνακας 5.2 (συνέχεια)

		URBAN	EDU	HUM	FRC	A_SEC	B_SEC	C_SEC	TOUR	FRM	RODENS	RADENS	PRT	AIR	CENTR
	Correl														
n	Sig.														
	N														
	Correl														
m	Sig.														
	N														
	Correl	.963**	.901**	.964**	-.356*				.945**	.958**	.817**	.863**	.700**		
(k)	Sig.	.000	.000	.000	.036				.000	.000	.000	.000	.000		
	N	35	35	35	35				35	35	35	35	35		
	Correl	.907**	.865**	.908**	-.439**				.909**	.910**	.855**	.703**	.809**		
(CC)	Sig.	.000	.000	.000	.008				.000	.000	.000	.000	.000		
	N	35	35	35	35				35	35	35	35	35		
	Correl	.975**	.885**	.975**	-.338*				.954**	.967**	.861**	.879**	.744**		
(CB)	Sig.	.000	.000	.000	.047				.000	.000	.000	.000	.000		
	N	35	35	35	35				35	35	35	35	35		
	Correl				-.371*	.471**	-.336*								.396*
(C)	Sig.				.028	.004	.049								.019
	N				35	35	35								35
	Correl	-.408*													
(d _{km})	Sig.	.048													
	N	24													
	Correl	-.417*										-.491*			
(d _{min})	Sig.	.043										.015			
	N	24										24			
	Correl							-.407*				.450*			-.746**
R _{km}	Sig.							.048				.027			.000
	N							24				24			24
	Correl	.967**	.880**	.968**	-.377*				.947**	.960**	.882**	.880**	.782**		
(k _{w(tkm)})	Sig.	.000	.000	.000	.025				.000	.000	.000	.000	.000		
	N	35	35	35	35				35	35	35	35	35		
	Correl	.967**	.881**	.968**	-.383*				.947**	.960**	.886**	.876**	.785**		
(k _{w(min)})	Sig.	.000	.000	.000	.023				.000	.000	.000	.000	.000		
	N	35	35	35	35				35	35	35	35	35		

**Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0.01 (2-tailed)

*Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0.05 (2-tailed)

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η τοπολογία του ελληνικού δικτύου δημόσιων υπεραστικών μεταφορών (GPRN) των Κ.Τ.Ε.Λ. πέντε περιφερειών της Ελλάδας (Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, Κεντρική Μακεδονία, Δυτική Μακεδονία, Θεσσαλία και Ήπειρος) με χρήση της ανάλυση σύνθετων δικτύων (complex network analysis) και στατιστικών εργαλείων. Στη μελέτη επιδιώχθηκε η μελέτη της τοπολογίας του GPRN, η μελέτη της τοπολογίας του δικτύου συγκριτικά με το διαπεριφερειακό δίκτυο οδικών μεταφορών στην Ελλάδα (Tsiotas, 2020) και η εξόρυξη της κοινωνικοοικονομικής πληροφορίας που είναι ενσωματωμένη στην τοπολογία του δικτύου δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών.

Συγκεκριμένα, το GPRN αναπαράσθησε στον χώρο L ως μη κατευθυνόμενος γράφος, όπου το σύνολο των κόμβων αντιστοιχεί σε θέσεις εξυπηρέτησης, ενώ το σύνολο των ακμών σε χιλιομετρικές και χρονικές αποστάσεις διαδρομών. Το GPRN αποτελείται από 1486 θέσεις εξυπηρέτησης από τις οποίες οι είκοσι τέσσερις αποτελούν στάσεις αφετηρίας (hubs) και οι υπόλοιποι κατέχουν περιφερειακό ρόλο (spokes). Οι περιοχές μελέτης (Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, Κεντρική Μακεδονία, Δυτική Μακεδονία, Θεσσαλία και Ήπειρος) του GPRN καταλαμβάνουν σχεδόν τη μισή γεωγραφική έκταση του εθνικού διαπεριφερειακού δικτύου αφού το GPRN εξυπηρετεί σχεδόν τις μισές περιφερειακές ενότητες.

Η τοπολογική ανάλυση του δικτύου δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών έχει πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας διάφορα τοπικά μέτρα (βαθμός, ομαδοποίηση, κεντρικότητα εγγύτητα), καθολικά μέτρα (κατανομή βαθμού, ιδιότητα χωρίς κλίμακα, μέσο μήκος διαδρομής) και ανά ζεύγη ιδιότητες (συνεισφορά και κοινότητες). Η μελέτη διαφόρων τοπικών, παγκόσμιων και ζευγαρωμένων ιδιοτήτων παράσχει ενδιαφέρουσες πληροφορίες σχετικά με την τοπολογική συμπεριφορά των δικτύων δημόσιων μεταφορών.

Αναλυτικότερα, από την ανάλυση σημειώνεται ότι ενώ ο μέσος αριθμός προορισμών που αντιστοιχούν σε κάθε Κ.Τ.Ε.Λ. (κόμβο αφετηρίας) είναι 69 προορισμοί, στους προορισμούς καταλήγουν κατά μέσο όρο μόνο δύο διαδρομές. Επομένως, αναδεικνύεται ότι το GPRN θέτει περιορισμούς, μη καταφέροντας να εξυπηρετήσει όλους τους προορισμούς. Παράλληλα όμως, οι υπεραστικές διαδρομές χαρακτηρίζονται από εξωστρέφεια, καθώς εκτείνονται σε μεγάλες χιλιομετρικά και χρονικά αποστάσεις. Τα δρομολόγια κάθε Κ.Τ.Ε.Λ. εκτείνονται κατά μέσο όρο κατά τρεις περιφερειακές ενότητες. Σε επίπεδο αμεσότητας και προσβασιμότητας το δίκτυο μελέτης προσδιορίζεται ικανοποιητικό καθώς μεταξύ των πιο απομακρυσμένων

προορισμών του δικτύου παρεμβάλλονται τρεις στάσεις ή μετεπιβιβάσεις. Το δίκτυο εξυπηρετεί τις περιφερειακές θέσεις σε ποσοστό 69%, σκιαγραφώντας περαιτέρω το επιχειρησιακό προφίλ του δικτύου των Ιωαννίνων, το οποίο είναι προσανατολισμένο σε τοπικές αγορές. Το αρκετά ικανοποιητικό ποσοστό, εκφράζει μια μεγάλη αποτελεσματικότητα των περιφερειακών σχέσεων, την καλή περιφερειακή πολιτική και την υποστήριξη και προαγωγή του οικονομικού προφίλ των τοπικών αγορών. Παράλληλα, αναδεικνύεται μία στρατηγική προσανατολισμένη στην κερδοφορία. Η ανάλυση GPRN παράγει πληροφορίες όπως η ύπαρξη ιεραρχικής δομής, hub and spoke και την απουσία κλίμακας στο δίκτυο. Η κατάσταση αυτή είναι αναμενόμενη καθώς οι αφετηρίες (hubs) μεταφέρουν το 80% του φορτίου μετακίνησης, διαθέτοντας περισσότερες συνδέσεις, και το 20% του φορτίου μεταφέρεται από τους υπόλοιπους κόμβους. Δίκτυα με τέτοια δομή είναι αρκετά διαδεδομένα στον τομέα των μεταφορών κυρίως εξαιτίας του γεγονότος ότι ένας μεταφορέας πρέπει να ελαχιστοποιήσει τις λειτουργικές του δαπάνες, ακόμη κι αν αυτό δε συνοδεύεται με την ελαχιστοποίηση του μέσου χρόνου μεταφοράς των μετακινουμένων. Η εμφάνιση αυτής της τοπολογίας στα δημόσια υπεραστικά οδικά δίκτυα αποτελεί συνέπεια των οικονομικών προσδοκιών, λόγω της δημιουργίας κομβικών σταθμών Κ.Τ.Ε.Λ. σε περιοχές με μεγάλες αστικές συγκεντρώσεις (πρωτεύουσες περιφερειακών ενοτήτων), αλλά και της προσπάθειας των Κ.Τ.Ε.Λ. για αύξηση της αποτελεσματικότητας του δικτύου (εξυπηρέτησης περισσότερων προορισμών με τον ελάχιστο συνολικά αριθμό μετεπιβιβάσεων) με ταυτόχρονη μείωση του λειτουργικού κόστους. Είναι μία προφανής στρατηγική για κάθε υγιή επιχειρησιακό οργανισμό που δραστηριοποιείται σε μια αγορά ελεύθερου ανταγωνισμού.

Οι δύο πρώτες υψηλότερες τιμές των διαδρομών (συνδέσεων) εμφανίζονται στα Ιωάννινα και τη Θεσσαλονίκη. Το αποτέλεσμα του Κ.Τ.Ε.Λ. Ιωαννίνων προκύπτει από το μεγάλο σε αριθμό διαδρομών που πραγματοποιούνται εντός των γεωγραφικών όριων της περιφερειακής της ενότητας. Η κατεύθυνση αυτής της εξυπηρέτησης του Κ.Τ.Ε.Λ. χαρακτηρίζεται από εσωστρέφεια καθώς φαίνεται συγκεντρώνουν τις οικονομικές δραστηριότητες και τη δυνατότητα πρόσβασης στο εσωτερικό τους, με αποτέλεσμα να περιορίζουν την πρόσβασή τους στις οικονομικές δραστηριότητες των υπολοίπων νομών (γεωγραφικός περιορισμός). Σε αντίθεση με τα Ιωάννινα, η Θεσσαλονίκη χαρακτηρίζεται από περισσότερη εξωστρέφεια. Η υψηλή συνδεσιμότητα οφείλεται κυρίως στους φορείς εκμετάλλευσης των υπόλοιπων περιφερειακών ενοτήτων πέραν της ίδιας της περιφερειακής ενότητας και στο γεγονός ότι η Θεσσαλονίκη αποτελεί την αφετηρία του Κ.Τ.Ε.Λ. Χαλκιδικής. Για όλες της περιφερειακές ενότητες μελέτης η Θεσσαλονίκη αποτελεί μία βασική οδική σύνδεση και ένας οικονομικός πόλος καθώς συγκεντρώνει το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού και της οικονομικής δραστηριότητας της χώρας μετά από την Αθήνα. Επιπρόσθετα, η Θεσσαλονίκη αναδείχθηκε ως κόμβος γέφυρας που συνδέει διαφορετικά μέρη του δικτύου μεταξύ

τους. Η Θεσσαλονίκη έχει γίνει εδώ και πολύ καιρό ένα κέντρο έλξης λόγω της θέσης και των εμπορικών, οικονομικών, οικονομικών, πολιτιστικών, εκπαιδευτικών και κοινωνικών πτυχών της στη χώρα και την περιοχή. Η θέση της πόλης στην ευρύτερη περιοχή Μακεδονίας – Θράκης, η ύπαρξη αεροδρομίου, η ύπαρξη του λιμανιού της ως φυσικής πύλης της περιοχής αυτής προς τη θάλασσα καθιστούν τη Θεσσαλονίκη αφενός σημαντικό στρατηγικό σημείο, αφετέρου εμπορικό, συγκοινωνιακό και πολιτισμικό σταυροδρόμι. Επίσης, η Θεσσαλονίκη αποτελεί τον πιο σημαντικό σιδηροδρομικό κόμβο της χώρας στον άξονα της γραμμής ΠΑΘΕΠ (Πατρών – Αθηνών – Θεσσαλονίκης - Ειδομένης/Προμαχώνα), καθώς συνδέει την Ελλάδα με την υπόλοιπη Ευρώπη και την Τουρκία και τον κύριο συγκοινωνιακό και εμπορευματικό κόμβο στην ευρύτερη περιοχή των Βαλκανίων. Ο σταθμός υπεραστικών λεωφορείων στην πόλη (κόμβο) της Θεσσαλονίκης παρεμβάλλεται σε μεγάλο αριθμό εγγύτερων διαδρομών (μονοπατιών) του δικτύου καθώς είναι ο τερματικός σταθμός για τα υπεραστικά λεωφορεία όλης της χώρας. Επομένως, λόγω της έλξης των μετακινήσεων και κατ'επέκταση των οργανωμένων μετεπιβιβάσεων, η Θεσσαλονίκη αποτελεί σημαντικό σταθμό μετεπιβίβασης.

Επίσης, αποτελέσματα της ανάλυσης εκφράζουν ότι το GPRN εμφανίζει ισχυρή ετερογένεια ως προς την κυκλοφορία. Οι περιοχές των κεντρικών κόμβων από γεωγραφική άποψη (τρεις πρώτες υψηλότερες τιμές στη Θεσσαλονίκη, τα Ιωάννινα και την Αθήνα), έχοντας μερικούς μόνο κεντρικούς δρόμους με μεγάλη κυκλοφορία ενδέχεται να αναλάβουν μεγαλύτερο κυκλοφοριακό φόρτο και συνεπώς να εμφανίσουν πιθανά σημεία κυκλοφοριακής συμφόρησης.

Η μέση ταχύτητα πρόσβασης των υπεραστικών λεωφορείων υπολογίστηκε 69 km/h. Επομένως, βάσει των επιτρεπόμενων ορίων ταχύτητας διαπιστώσαμε ότι τα υπεραστικά λεωφορεία του GPRN κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα από αυτή που ορίζεται για τις κατοικημένες περιοχές και με μικρότερη ταχύτητα από εκείνες που ορίζονται για τις εκτός κατοικημένες περιοχές. Καθώς τα Κ.Τ.Ε.Λ. εκτελούν μόνο υπεραστικές διαδρομές, συμπεραίνουμε ότι εκτελούνται περισσότερο δρομολόγια σε δυσπρόσιτες περιοχές. Επίσης, τα δημόσια υπεραστικά οδικά δίκτυα εξυπηρετούν περισσότερο τη μετακίνηση εντός της περιφερειακής ενότητας ή με γειτονικές περιφερειακές ενότητες υπογραμμίζοντας τον επιχειρησιακό τοπικό χαρακτήρα των Κ.Τ.Ε.Λ.

Συμπερασματικά, θα θέλαμε να τονίσουμε ότι η εφαρμογή της θεωρίας γραφημάτων στην ανάλυση της συμπεριφοράς του δημόσιου υπεραστικού οδικού δικτύου προσφέρει έναν αποτελεσματικό και βολικό τρόπο κατανόησης της λειτουργίας του δικτύου τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε διαφάνηκε ένα ευρύ φάσμα τοπολογικής δομής του GPRN και η επίδραση των χωρικών περιορισμών. Συνολικά, η τοπολογία του GPRN

διαφάνηκε συγγενική με το θεωρητικό (μηδενικό) πρότυπο του δικτύωματος η οποία σχετίζεται με την ύπαρξη χωρικών περιορισμών.

Επίσης, μελετήθηκε εμπειρικά το ποσό της κοινωνικοοικονομικής πληροφορίας που περιέχεται στην τοπολογία του GRN, με χρήση ανάλυσης συσχετίσεων μεταξύ ενός συνόλου χωρικών, οικονομικών, δημογραφικών και τουριστικής προέλευσης μεταβλητών και μεταβλητών του δικτύου.

Αρχικά, διαφάνηκε ότι τα Κ.Τ.Ε.Λ. που εξυπηρετούν περισσότερους οικισμούς (κόμβους) διαθέτουν μεγαλύτερο στόλο. Όσο αυξάνονται οι θέσεις εξυπηρέτησης τόσο αυξάνεται και ο στόλος των φορέων εκμετάλλευσης. Το δίκτυο με το μεγαλύτερο στόλο επεκτείνεται πιο μακριά και οι αποστάσεις μικραίνουν.

Επίσης αναδείχθηκε η παρατήρηση ότι οι μεταβλητές του δικτύου σχετίζονται με δομικές πτυχές του δικτύου δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών, κάτι που είναι κάπως αναμενόμενο στο βαθμό που η τοπολογία και η γεωμετρία του δικτύου αλληλεπιδρούν έννοιες στα χωρικά δίκτυα (Tsiotas & Polyzos, 2018). Επίσης, ένα αποτελεσματικό δημόσιο υπεραστικό οδικό δίκτυο δρα θετικά προς τη ανάπτυξη συμπληρωματικών τρόπων μεταφοράς, όπως της ακτοπλοϊκής και σιδηροδρομικής δραστηριότητα της περιφερειακής ενότητας. Η διατροφικότητα αποτελεί μέρος της βιώσιμης κινητικότητας και στοχεύει στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της ελκυστικότητας ενός ταξιδιού που γίνεται με το συνδυασμό περισσότερων του ενός τρόπων μεταφοράς αποφεύγοντας τη χρήση ιδιωτικών αυτοκινήτων. Η χρήση και ο συνδυασμός διαφορετικών μέσων μεταφοράς με ευέλικτο τρόπο σε ένα μόνο ταξίδι είναι ζωτικής σημασίας για ένα πιο αποτελεσματικό και βιώσιμο σύστημα υπεραστικών μεταφορών. Σε κεντρικές πόλεις και κωμοπόλεις, οι διατροφικοί σταθμοί έχουν κεντρικό ρόλο για τη σωστή λειτουργία μιας αποτελεσματικής αλυσίδας διατροφικών μεταφορών. Θα πρέπει να προσφέρεται ένα αξιόπιστο και επαρκές επίπεδο δημόσιας συγκοινωνίας, με τη μορφή ενός καλά οργανωμένου συστήματος που ενσωματώνει δύο ή περισσότερα μέσα μεταφοράς στο ίδιο ταξίδι αποφεύγοντας υψηλούς χρόνους αναμονής και διασφαλίζοντας προσιτές τιμές και προσβασιμότητα για όλους τους τύπους χρηστών. Η ανυπαρξία συσχέτισης με τη μεταβλητή του αριθμού των αεροδρομίων αναδεικνύει ότι μεταξύ του δημόσιου υπεραστικού οδικού δικτύου και του αεροπορικού δικτύου δεν υπάρχει διατροφική σχέση και ότι το δημόσιο υπεραστικό οδικό δίκτυο έχει αναπτυχθεί για να εξυπηρετεί περισσότερο άλλου είδους μεταφορών. Από την άλλη πλευρά οι διαφορές στον χρόνο ταξιδιού μεταξύ των μέσων μεταφοράς ότι είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ανταγωνιστικότητα των μέσων μεταφοράς. Τέλος, η συμπλήρωση μεταξύ των δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφοράς με το σιδηροδρομικό δίκτυο πραγματοποιείται για την κάλυψη μεγάλων αποστάσεων.

Έπειτα, η ανάλυση συσχετίσεων παρείχε ενδείξεις ότι οι μεταβλητές δικτύου περιλαμβάνουν δημογραφικές και οικονομικές πληροφορίες οικονομικής σχετικά με το

σύστημα μεταφορών που αντιπροσωπεύουν. Εκφράζεται η τάση των πόλεων με υψηλό πληθυσμό να έχουν υψηλή συνδεσιμότητα δημόσιου υπεραστικού οδικού δικτύου, η οποία πιθανώς σχετίζεται με τις πιο εντατικές χρήσεις γης και τις επιπτώσεις συσσωμάτωσης που εμφανίζονται σε τέτοιες πόλεις (Πολύζος, 2011). Η συσχέτιση του δικτύου με το ΑΕΠ εκφράζει ότι ένα αποτελεσματικό δίκτυο υπεραστικών δημόσιων μεταφορών λειτουργεί ως παράγοντας οικονομικής ανάπτυξης (στο βαθμό που η οικονομική ανάπτυξη αντανakλάται στο GPRN μιας περιφέρειας). Επίσης, οι θέσεις εξυπηρέτησης του GPRN αναδείχθηκαν σημαντικές και είναι δημοφιλείς στη λήψη ροών επιβατών. Η εύκολη πρόσβαση σε τουριστικούς προορισμούς έχουν θετική επίδραση στο βιοτικό επίπεδο της τοπικής κοινωνίας. Φαίνεται ο αντίκτυπος του τομέα των δημόσιων μεταφορών στον τομέα του τουρισμού, περιγράφοντας ότι οι βελτιώσεις στον τομέα των μεταφορών, όσον αφορά τόσο τις διαδρομές όσο και τις υποδομές έχουν ενισχύσει τα ταξίδια για τον τουρισμό. Η ζήτηση μεταφορών είναι σε μεγάλο βαθμό παραγόμενη φύσης, δηλαδή οι περισσότεροι μετακινούνται για να πάνε κάπου και να κάνουν κάτι. Με άλλα λόγια, η ζήτηση δημόσιων μεταφορών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από χωρικά σταθερές δραστηριότητες που σχετίζονται κυρίως με τον τουρισμό για αναψυχή, επιχειρήσεις. Τόσο οι δημόσιες οδικές μεταφορές όσο και ο τουρισμός είναι έντονα κυκλικές και ιδιαίτερα ευαίσθητες στις αλλαγές στο οικονομικό, κοινωνικό και πολιτικό περιβάλλον. Αλλά όπως συμβαίνει με πολλές άλλες σχέσεις μεταξύ κοινωνικοοικονομικών φαινομένων, αυτή είναι μια πολύπλοκη σχέση που χαρακτηρίζεται επίσης από μη γραμμικότητα και αμφίδρομη αιτιότητα. Στην πραγματικότητα, οι βελτιώσεις στην προσβασιμότητα που προκύπτουν από νέους προορισμούς και η δημιουργία απευθείας οδικών συνδέσεων μπορεί να τονώσουν τον τουρισμό σε έναν προορισμό μειώνοντας το χρηματικό και το κόστος που σχετίζεται με το χρόνο. Ταυτόχρονα, εάν οι ροές εισερχόμενου τουρισμού σε μια περιφερειακή περιοχή ξεπεράσουν ένα ορισμένο όριο, τότε οι επενδυτές μπορεί να πειστούν να διοχετεύσουν πόρους στις δημόσιες μεταφορές για να βοηθήσουν τον εν λόγω προορισμό να πραγματοποιήσει το πλήρες δυναμικό ανάπτυξής του. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι οι οδικές και μεταφορικές υποδομές όχι μόνο διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στην ενίσχυση των υφιστάμενων τουριστικών δραστηριοτήτων, αλλά προωθούν επίσης την ανάπτυξη νέων τουριστικών τοποθεσιών στην περιοχή (Currie & Falconer, 2014; Musa & Ndawayo, 2011; Virkar & Mallya, 2018).

Ακόμη, το επίπεδο υπηρεσιών των δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών έχει αντίκτυπο στην ιδιοκτησία αυτοκινήτου και μοτοσικλετών.

Από την ανάλυση προέκυψε ότι η πρόσβαση σε ευκαιρίες εργασίας σχετίζεται με την πιθανότητα ένα άτομο να έχει καλές επιδόσεις στην αγορά εργασίας. Αυτό ισχύει για τις αναπτυσσόμενες χώρες, επειδή οι δημόσιες συγκοινωνίες διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην κινητικότητα, ειδικά για τα φτωχά νοικοκυριά. Υπό αυτή την έννοια, οι δημόσιες συγκοινωνίες είναι μία από τις πιο σημαντικές πολιτικές για την ενίσχυση της

προσβασιμότητας. Η επιστημονική βιβλιογραφία που έχει συνδέσει την ανεργία και την προσβασιμότητα αναφέρεται στην έλλειψη φυσικής σύνδεσης μεταξύ των νοικοκυριών και των αγορών εργασίας και την επίδρασή της στη διαδικασία αναζήτησης εργασίας και στην πρόσβαση στην απασχόληση. Σχετικά με αυτήν την αποσύνδεση, η θεμελιώδης εργασία της υπόθεσης της χωρικής ασυμφωνίας του Kain (1968) είναι μια αξιοσημείωτη συμβολή σε αυτή τη γραμμή έρευνας. Συγκεκριμένα, ο Kain προτείνει ότι η έλλειψη πρόσβασης των αφροαμερικανικών νοικοκυριών στην απασχόληση είναι συνέπεια της περιαστικοποίησης των ευκαιριών εργασίας σε συνδυασμό με τη συγκέντρωση του αφροαμερικανικού πληθυσμού στις κεντρικές περιοχές των πόλεων (Kain, 1992; Gobillon et al., 2007). Με άλλα λόγια, η χωρική προσβασιμότητα μπορεί επομένως να εξηγήσει, τουλάχιστον εν μέρει, την πιθανότητα ατομικής ανεργίας. Τα άτομα που αναζητούν εργασία με υψηλότερα ή επαρκή επίπεδα προσβασιμότητας στην απασχόληση έχουν περισσότερες ευκαιρίες εργασίας στη διάθεσή τους, γεγονός που μπορεί επίσης να συντομεύσει τη διάρκεια αναζήτησης εργασίας (Korsu & Wenglenski, 2010). Αντίθετα, τα άτομα που αναζητούν εργασία με χαμηλή πρόσβαση στην απασχόληση ενδέχεται να αντιμετωπίσουν υψηλότερα έξοδα μετακίνησης και αναζήτησης εργασίας. Καθώς το κόστος αναζήτησης αυξάνεται, το κίνητρο για επιδίωξη μιας ευκαιρίας μειώνεται τόσο λόγω του πραγματικού κόστους αναζήτησης όσο και λόγω του προβλεπόμενου κόστους μετακίνησης (Gobillon et al., 2007; Gobillon and Selod, 2014).

Περιφερειακές ενότητες με υψηλά ποσοστά τοπολογικών χαρακτηριστικών των δημόσιων οδικών δικτύων τείνουν να εμφανίζουν χαμηλή συμμετοχή του πρωτογενή τομέα στη διαμόρφωση του ΑΕΠ της χώρας και πιο ελεύθερα χαμηλή αγροτική παραγωγή ή δραστηριότητα. Αυτό το αποτέλεσμα, όσο αφορά την περιφερειακή πολιτική, επαληθεύει τους Πολύζος κ.ά. (2014), που έχουν σημειώσει ότι το ελληνικό κράτος υιοθετεί ασύνδετες στρατηγικές για την αγροτική και τουριστική ανάπτυξη, προτιμώντας έναν χωρικό διαχωρισμό των δραστηριοτήτων τους που πιθανώς χαλαρώνει τον ανταγωνισμό και την πολυπλοκότητα και δίνει την ευκαιρία σε τοπικές οικονομίες που δεν βασίζονται στον τουρισμό να αναπτυχθούν. Υπογραμμίζουν επίσης, ότι οι αγροτοβιομηχανίες προτιμούν τοποθεσίες που εξασφαλίζουν εύκολη πρόσβαση σε πρώτες ύλες και σε αποτελεσματικές αλυσίδες εφοδιασμού για την προώθηση των προϊόντων τους παρά σε κεντρικούς χώρους μεγάλων ενδογενών αγορών. Οι περιφερειακές ενότητες με δίκτυα υψηλής κατάστασης συνδεσιμότητας γειτόνων διευκολύνουν την ανάπτυξη του δευτερογενούς τομέα και ανταγωνίζονται τη λειτουργικότητα του τριτοβάθμιας τομέα. Η ερμηνεία αυτή επαληθεύει τις καθιερωμένες θεωρητικές προσεγγίσεις σχετικά με τη σχέση μεταξύ προσβασιμότητας και βιομηχανικής τοποθεσίας (O'Sullivan, 2007).

Επιπλέον, παρατηρείται ότι δημόσια υπεραστικά οδικά δίκτυα με μακρινούς προορισμούς είναι πιο πιθανό να συναντηθούν σε λιγότερο αστικοποιημένες περιοχές.

Ακόμη, όσο μεγαλύτερη εξωστρέφεια έχει το δίκτυο δημόσιων υπεραστικών οδικών μεταφορών μίας περιφερειακής ενότητας τόσο πιο απομακρυσμένη θα είναι η πρωτεύουσα της περιφερειακής ενότητας από όλες τις άλλες στο δίκτυο.

Τέλος, το δημόσιο υπεραστικό οδικό δίκτυο με μεγάλη χιλιομετρική απόσταση διαδρομών τείνει να καθορίζει μεγαλύτερο κόστος εισιτηρίου μετακινήσεων. Η παρατήρηση αυτή επαληθεύεται με το νομοθετικό πλαίσιο καθορισμού του κομίστρου των δημόσιων επιβατικών μεταφορών με λεωφορεία, σύμφωνα με το οποίο για τον καθορισμό ενός ενιαίου τρόπου υπολογισμού του κομίστρου υπεραστικών συγκοινωνιών, χρησιμοποιούνται χιλιομετρικοί συντελεστές. Οι συντελεστές αυτοί δύνανται να είναι ενιαίοι για το σύνολο της χώρας ή διαφορετικοί κατά περιφέρεια ή κατά περιφερειακή ενότητα ή περιφερειακές ενότητες ή κατά κατηγορίες γραμμών που παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά στοιχεία εκμετάλλευσης.

Επομένως, η ανάλυση συσχετίσεων μας παρείχε ενδείξεις ότι η χωρική κατανομή των δημόσιων υπεραστικών οδικών δικτύων περιγράφεται από τα χαρακτηριστικά της υποδομής του δικτύου καθώς και από κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά.

Συνολικά, η παρούσα εργασία αναδεικνύει την αποτελεσματικότητα της χρήσης της ανάλυσης των σύνθετων δικτύων στη μοντελοποίηση των χωρικών δικτύων και ειδικότερα των συστημάτων μεταφορών. Τέλος, τα δίκτυα λεωφορείων σχηματίζουν μια συγκεκριμένη κατηγορία πολύπλοκων δικτύων που αναπτύσσονται και εξελίσσονται σε φυσικώς περιορισμένα χωρικά δίκτυα.

Η τρέχουσα μελέτη λαμβάνει υπόψη ένα υποσύνολο του δικτύου μεγάλης κλίμακας. Θα ήταν ενδιαφέρον να γίνει μια ολοκληρωμένη μελέτη που να περιλαμβάνει όλους τους φορείς εκμετάλλευσης των υπεραστικών οδικών δικτύων. Δεδομένου ότι οι μεταφορές διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην οικονομική ανάπτυξη μιας πόλης, η παρούσα μελέτη μπορεί να επεκταθεί για να ενσωματώσει και άλλα δίκτυα, όπως σιδηροδρομικά επιβατικά δίκτυα. Μια ολιστική προσέγγιση σε αυτά τα δίκτυα θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε κάθε επίπεδο της πολυπλοκότητας της κοινωνίας.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

- Αβούρης, Ν., Κουφοπούλου, Ο. & Σερπάνος, Δ., (2004), *Εισαγωγή στους Υπολογιστές*, Πάτρα: Εκδόσεις Τυπόραμα.
- Γεωργίου, Δ., Αντωνίου, Ε. & Χατζημιχαηλίδης, Α., (2015), *Διακριτές μαθηματικές δομές για την επιστήμη των υπολογιστών*, Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Γιαννόπουλος, Γ., (2004), *Δημόσιες Αστικές Συγκοινωνίες (2η έκδ.)*, Αθήνα: Επίκεντρο.
- Μεταξάς, Β. Ν., (1986), *Η Οικονομική των Μεταφορών*, Αθήνα: Παπαζήση.
- Μπάσμπας, Σ., (2014), *Μεταφορές και Οικονομία. Οικονομική των Μεταφορών*, Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών.
- Μωυσιάδης, Χ., (2002), *Συνδυαστική Απαρίθμηση. Η τέχνη να μετράμε χωρίς μέτρημα*, Θεσσαλονίκη: Ζήτη.
- Παναγιωτόπουλος, Β., (1985), *Αγροτική έξοδος και σχηματισμός της εργατικής δύναμης στην ελληνική πόλη*, Πρακτικά Συνεδρίου Νεοελληνική Πόλη: Οθωμανικές κληρονομίες και Ελληνικό Κράτος, τ. Β', Αθήνα.
- Πολύζος, Σ., (2011), *Περιφερειακή ανάπτυξη*, Αθήνα: Κριτική.
- Προφυλλίδης, Β., (2001), *Οικονομική των μεταφορών*, Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Σαμπράκος, Ε. Α., (2013), *Εισαγωγή στην Οικονομική των Μεταφορών (3η έκδ.)*, Αθήνα: Ιδιωτική έκδοση.
- Σγάρτσου, Δ., (2007), *Αντίθετη η ΠΟΕΤ στην παράταση του μονοπωλίου των ΚΤΕΛ έως το 2019*, *Travel Daily News*
- Σκούντζος, Θ., (1993), *Περιφερειακή Οικονομική Ανάλυση και Πολιτική*, Αθήνα: Σταμούλη.
- Τσέκερης, Θ. & Τσούμα, Α., (2010), *Μεταφορές και Οικονομία: Συμβολή, τάσεις και προοπτικές στην Ελλάδα με έμφαση στις χερσαίες μεταφορές*, Αθήνα: ΠΕΚΕ.

Ξενόγλωσση

- Acheampong, R., Cugurullo, F., Gueriau, M. & Dusparic, I., (2021), *Can autonomous vehicles enable sustainable mobility in future cities? Insights and policy challenges from user preferences over different urban transport options*, *Cities* 112, 103134.
- Aggelakis, A. & Takis, E., (2007), *The regional problem in Greece: Public investment policy and the non-diffusion of development*, *The Current*, 11(1), 65- 81.
- Allard, R. & Moura, F., (2016), *The incorporation of passenger connectivity and intermodal*, *Transport Reviews*, Taylor & Francis, 36(2).
- Balcombe, R. et al., (2014), *The demand for public transport: A practical guide*, London: Transportation Research Laboratory Report TRL593.
- Banister, D., (2008), *The sustainable mobility paradigm*, *Transport Policy*, 15(2), 73–80.

- Barabási, A.-L. & Albert, A.-L., (1999), *Emergence of scaling in random networks*, Science, 286(5439), 509–512.
- Barabási, A.-L., (2003), *Linked: The New Science of Networks*, American Journal of Physics, 71(4).
- Barabási, A.-L., (2016), *Network Science*, Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Barthélemy, M., (2011), *Spatial networks*, Physics Reports, 499 (1–3), 1–101.
- Bastian, M., Heymann, S. & Jacomy, M., (2009), *Gephi: An open-source software for exploring and manipulating networks*, Third International ICWSM Conference, 361–362.
- Batty, M., (2013), *The New Science of Cities*, London: MIT Press.
- Behrens, K. & Thisse, J.-F. (2007), *Regional economics: A new economic geography perspective*, Regional Science and Urban Economics, 37(4), 457-465.
- Brůhová Foltýnová, H., Vejchodská, E., Rybová, K. & Květoň, V., (2020), *Sustainable urban mobility: One definition, different stakeholders opinions*, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 87, 102465.
- Burghouwt, G., Hakfoort, J., (2001), *The evolution of the European aviation network*, Journal of Air Transport Management, 7(5), 311 - 318.
- Chatterjee, A., Manohar, M. & Ramadurai, G., (2016), *Statistical analysis of bus networks in India*, PLoS One, 11 (12), 1–17.
- Chen, Y.-Z., Li, N. & He, D.-R., (2007), *A study on some urban bus transport networks*, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 376, 747–754.
- Cohen, J., Boniface, S. & Watkins, S., (2014), *Health implications of transport planning, development and operations*, Journal of Transport & Health, 1(1), 63–72.
- Crane, R. & Schweitzer, L., (2003), *Transport and sustainability: the role of the built environment*, Built Environment, 29 (3), 238–252.
- Diestel, R., (2005), *Graph Theory*, Third Edition, Heidelberg, Germany, Springer Verlag Publications.
- Ducruet, C. & Beauguitte, L., (2014), *Spatial science and network science: review and outcome of a complex relationship*, Networks and Spatial Economics, Springer, 14 (3), 297-316.
- Easley, D. & Kleinberg, J., (2010), *Networks, crowds, and markets: Reasoning about a highly connected world*, Oxford: Cambridge University Press.
- Erdős, P. & Rényi, A., (1959), *On random graphs*, Publ. Math. (Debrecen), 6, 290–294.
- Erdős, P. & Rényi, A., (1960), *On the evolution of random graphs*, Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences, 5, 17–61.
- Euler, L., (1953), *Leonhard Euler and the Königsberg bridges*, Scientific American, 189 (1), 66–72.
- Gavanas, N., (2014), *Towards an integrated accessibility model for the Balkan region*, Concepts and methodological framework, LAP LAMBERT Academic Publishing.
- Gobillon, L. & Selod, H., (2014), *Spatial mismatch, poverty, and vulnerable populations*, Handbook of Regional Science, Springer, Heidelberg, Germany, 93–107.
- Gobillon, L., Selod, H. & Zenou, Y., (2007), *The mechanisms of spatial mismatch*, Urban Studies, 44, 2401–2427.
- Granovetter, M., (1973), *The strength of weak ties*, American journal of sociology, Chicago Journals, 78(6) 1360-1380.
- Haggett, P. & Chorley, R., (1969), *Network analysis in geography*, London: Edward Arnold.

- Háznagy, A., Fi, I., London, A. & Németh, T., (2015), *Complex network analysis of public transportation networks: A comprehensive study*, International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS), 371-378.
- Higgins, C. & Kanaroglou, P., (2016), *A latent class method for classifying and evaluating the performance of station area transit-oriented development in the Toronto region*, Journal of Transport Geography, 52, 61–72.
- Hydén, C., (2008), *Trafiken I Den Hållbara Staden*, Lund: Studentlitteratur.
- Ivis, F., (2006), *Calculating geographic distance: Concepts and methods*, Proceeding of the 19th Conference Northeast SAS User Group.
- Jabareen, Y., (2006), *Sustainable urban forms: their typologies, models, and concepts*, Journal of Planning Education and Research, Sage journals, 26 (1), 38–52.
- Jacob, E. & Mörters, P., (2017), *Robustness of scale-free spatial networks*, Ann. Probab. 45 (3) 1680–1722.
- Kim, Y., Kim, E., Jang, S. & Kim, D., (2021), *A comparative analysis of the users of private cars and public transportation for intermodal options under Mobility-as-a-Service in Seoul*, Travel Behaviour and Society, 24, 68–80.
- Kopylova, T., Mikhailov, A. & Shestev, E., (2018), *A Level-of-Service concept regarding intermodal hubs of urban public passenger transport*, Transportation Research Procedia, 36, 303–307.
- Korsu, E. & Wenglenski, S., (2010), *Job accessibility, residential segregation and risk of longterm unemployment in the Paris region*, Urban Studies, Sage journals, 47 (11), 2279–2324.
- Kuby, M., Tierney, S., Roberts, T. & Upchurch, C., (2005), *A comparison of geographic information systems, complex networks, and other model for analyzing transportation network topologies*, Complex network theory, NTRS, 1–58.
- Kurant, M. & Thiran, P., (2006), *Extraction and analysis of traffic and topologies of transportation networks*, Physical Review E, 74 (3), 1–10.
- Latapy, M., (2008), *Main-memory triangle computations for very large (sparse (power-law)) graphs*, Theoretical Computer Science, 407(1-3), 458–473.
- Liu, X., Gong, L., Gong, Y. & Liu, Y., (2015), *Revealing travel patterns and city structure with taxi trip data*, Journal of Transport Geography, 43, 78–90.
- Liu, Y., He, S., Wu, F. & Webster, C., (2010), *Urban villages under China's rapid urbanization: unregulated assets and transitional neighbourhoods*, Habitat International, 34 (2), 135–144.
- MacKinnon, D., Cumbers, A. & Chapman, K., (2002), *Learning, innovation and regional development: a critical appraisal of recent debates*, Progress in Human Geography, Sage journals.
- Marti, C. & Weidmann, U., (2016), *Understanding public transport and built environment integration at the neighbourhood scale: Towards a method for holistic quantitative assessment*, 16th Swiss Transport Research Conference.
- Milgram, S., (1967), *The small world problem*, Psychology today, 2(1), 60-67.
- Mindell, J., Watkins, S.J. & Cohen, J.M., (2011), *Health on the move 2: Policies for health promoting transport*, The policy statement of the transport and health study group, Transport and Health Study Group, Stockport.

- Morgan, K., (1997), *The learning region: institutions, innovation and regional renewal*, Regional Studies, Taylor & Francis, 31, 491–504.
- Mumford, C., (2013), *New Heuristic and Evolutionary Operators for the Multi-Objective Urban Transit Routing Problem*, IEEE Congress on Evolutionary Computation, 939–946.
- Murray, S., Walton, D. & Thomas, J.A., (2010), *Attitudes towards public transport in New Zealand*, Transportation, Springer, 37 (6), 915–929.
- Nasri, A. & Zhang, L., (2014), *The analysis of transit-oriented development (TOD) in Washington, D.C. and Baltimore metropolitan areas*, Transport Policy, 32, 172–179.
- Norusis, M., (2004), *SPSS 13.0 statistical procedures companion*, New Jersey: Prentice.
- NRC, (2005), National Research Council, *Network Science*, Washington, DC: The National Academies Press.
- Paasi, A., (1991), *Deconstructing regions: notes on the scales of spatial life*, Environment and Planning A: Economy and Space, 23, 239–56.
- Pazzini, M. et al., (2020), *Case Studies in the Emilia Romagna Region in Support of Intermodality and Accessibility of Public Transport*, Conference on Sustainable Urban Mobility, Springer, 65–74.
- Polyzos, S. & Tsiotas, D., (2019), *Modeling of the Greek road transportation network using complex network*, Βόλος: ΑΕΙΧΩΡΟΣ.
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C. & Slack, B., (2009), *The geography of Transport Systems*, London: Taylor & Francis Group.
- Shanmukhappa, T., Wang-Hei Ho, I. & Tse, C.K. Leung, K.K., (2019), *Recent development in public transport network analysis from the complex network perspective*, IEEE Circuits and Systems Magazine, 19 (4), 39–65.
- Singh, Y. et al., (2017), *Measuring TOD around transit nodes-towards TOD policy*, Transport Policy, 56, 96–111.
- Smith, D. M., (1996), *A theoretical framework for geographical studies of industrial location*, Economic Geography, 42, 95–113.
- Solé, R. & Valverde, S., (2004), *Information theory of complex networks: On evolution and architectural constraints*, Complex Networks, Springer, 189–207.
- Storper, M., (1997), *The regional world: territorial development in a global economy*, London: Guilford Press.
- Thierstein, A. & Egger, U. K., (1998), *Integrated Regional Policy: Lessons from Switzerland*, Environment and Planning C: Politics and Space, 16, 155–172.
- Titze, S., Stronegger, W., Janschitz, S. & Oja, P., (2008), *Association of built-environment, social-environment and personal factors with bicycling as a mode of transportation among Austrian city dwellers*, Preventive Medicine, 47 (3), 252–259.
- Tsiotas D., (2020), *Drawing indicators of economic performance from network topology: the case of the interregional road transportation in Greece*, Research in Transportation Economics, 90.
- Tsiotas, D. & Polyzos, S., (2015a), *Analyzing the maritime transportation system in Greece: A complex network approach*, Networks and Spatial Economics, 15 (4), 981–1010.
- Tsiotas, D. & Polyzos, S., (2018), *The complexity in the study of spatial networks: An epistemological approach*, Networks and Spatial Economics, 18 (1), 1–32.

- Van Acker, V., Derudder, B. & Witlox, F., (2013), *Why people use their cars while the built environment imposes cycling*, Journal of Transport and Land Use, 6 (1), 53–62.
- Van Steen, M., (2010), *Graph Theory and Complex Networks: An Introduction*, Amsterdam: VU.
- Von Ferber, C., Holovatch, T., Holovatch, Y. & Palchykov, V., (2009), *Public transport networks: Empirical analysis and modeling*, The European Physical Journal B, 68 (2), 261–275.
- White, T., (2002), *Public Transport: Its Planning, Management and Operations*, New York: Spon Press.
- Yashiro, R. & Kato, H., (2019), *Success factors in the introduction of an intermodal passenger transportation system connecting high-speed rail with intercity bus services*, Case Studies on Transport Policy, 7 (4), 708-717.
- Yu, L., Xie, B. & Chan, E., (2019), *How does the built environment influence public transit choice in urban villages in China?* Sustainability, 11 (1), 148.
- Zhang, H., Zhao, P., Gao, J. & Yao, X.-m., (2013), *The analysis of the properties of bus network topology in Beijing basing on complex networks*, Mathematical Problems in Engineerig, 2013.
- Zhang, P.-P. & et al., (2006), *Model and empirical study on some collaboration networks*, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 360 (2), 599–616.
- Zhang, Y., Thomas, T., Brussel, M. & van Maarseveen, M., (2017), *Exploring the impact of built environment factors on the use of public bikes at bike stations: case study in Zhongshan, China*, Journal of Transport Geography, 58, 59–70.

Παράρτημα

I. Διαδικτυακές πηγές GPRN

Υπεραστικό Κ.Τ.Ε.Λ	Πηγή
Ροδόπης	http://www.ktelrodopis.gr
Δράμας	http://www.kteldramas.gr https://diavgeia.gov.gr/doc/4A8Ω7ΛB-1ΨP https://diavgeia.gov.gr/doc/45ΠA7ΛB-KM8
Έβρου	http://www.ktelevrou.gr https://diavgeia.gov.gr/doc/Ω34B7ΛB-HΣ5
Καβάλας	http://www.ktelkavalas.gr https://diavgeia.gov.gr/doc/Ω69N7ΛB-ΞΞM https://diavgeia.gov.gr/doc/ΩΞΥK7ΛB-TBO https://diavgeia.gov.gr/doc/ΩΠΗΞ7ΛB-ΦΧ6
Ξάνθης	http://www.ktelxanthis.gr https://diavgeia.gov.gr/doc/6P2Ψ7ΛB-AΩΣ
Θεσσαλονίκης	http://www.ktelthes.gr
Ημαθίας	http://ktel-imathias.gr/
Κιλκίς	http://www.ktelkilkis.gr https://diavgeia.gov.gr/doc/60A17ΛΛ-BNΛ https://diavgeia.gov.gr/doc/ΩΘΙ07ΛΛ-Δ00
Πέλλας	http://www.ktelpellas.gr/
Πιερίας	http://www.ktelpierias.gr
Σερρών	http://www.ktelserron.gr
Χαλκιδικής	http://www.ktel-chalkidikis.gr
Κοζάνης	http://www.ktelkozanis.gr
Γρεβενών	http://www.ktelgrevenon.gr
Καστοριάς	http://www.ktel-kastorias.gr https://diavgeia.gov.gr/doc/72ΩΦ7ΛΨ-05Z
Φλώρινας	http://www.ktelflorinas.gr https://diavgeia.gov.gr/doc/7NIZ7ΛΨ-EΞ7
Ιωαννίνων	http://www.ktelioannina.gr
Άρτας	http://www.ktelartas.gr https://diavgeia.gov.gr/doc/68ΨH7Λ9-ΨΦA
Θεσπρωτίας	http://www.ktel-thesprotias.gr
Πρέβεζας	http://www.ktelprevezas.gr https://diavgeia.gov.gr/doc/6PXX7Λ9-ΓΓΣ https://diavgeia.gov.gr/doc/ΨMΞM7Λ9-Ω79
Λάρισας	http://www.ktellarisas.gr
Καρδίτσας	http://www.ktel-karditsas.gr
Μαγνησίας	http://www.ktelvolou.gr
Τρικάλων	http://www.ktel-trikalas.gr

II. Νομοθετικό πλαίσιο

I – ΜΕΡΟΣ Πρώτο

Παράρτημα Α – Βασικός Νόμος ΚΤΕΛ ΑΕ και ΚΤΕΛ ως ισχύει

N. 2963/2001 (A 268)

«Οργάνωση και λειτουργία των δημόσιων επιβατικών μεταφορών με λεωφορεία, τεχνικός έλεγχος οχημάτων και ασφάλεια χερσαίων μεταφορών και άλλες διατάξεις», κωδικοποιημένος όπως τροποποιήθηκε, συμπληρώθηκε και ισχύει με το Ν. 3082/2002 (Α 316), το Ν. 3109/2003 (Α 38), το Ν. 3185/2003 (Α 229), το Ν. 3254/2004 (Α 137), το Ν. 3333/2005 (Α 91), το Ν. 3446/2006 (Α 49), το Ν. 3534/2007 (Α 40), το Ν.3710/2008 (Α 216), το Ν.3717/2008 (Α 239), το Ν.4070/2012 (Α 82), το Ν.4199/2013 (Α 216), Ν.4233/2014 (Α 22), το Ν.4254/2014 (Α 85), το Ν.4262/2014 (Α 114), το Ν.4313/2014 (Α 261), Ν.4512/2018 (Α 5), το Ν.4530/2018 (Α 59), το Ν.4568/2018 (Α 178), το Ν.4663/2020 (Α 30), το Ν.4753/2020 (Α 227), το Ν.4764/2020 (Α256), το Ν.4849/2021 (Α 207) και το Ν.4850/2021 (Α 208)

Παράρτημα Β – «Διάφορες σχετικές διατάξεις νόμων»

N. 3109/03 (A 38) άρθρο 25 παρ. 2

«Ρύθμιση θεμάτων επιβατηγών δημόσιας χρήσης αυτοκινήτων και άλλες διατάξεις»

N.2446/1996 (B 276) άρθρο 1

«Τροποποίηση του ν.711/1977 (ΦΕΚ 284 Α) περί ειδικών τουριστικών λεωφορείων και άλλες διατάξεις» όπως τροποποιήθηκε με το Ν. 3446/2006 (Α 49) άρθρο 27 παρ.2, το Ν.4179/2013 (Α 175) άρθρο 29, το Ν.4254/2014 (Α 85) άρθρο πρώτο (ΣΤ 14) και το Ν.4336/2015 (Α 94) άρθρο 2 υποπαράγραφος Α2 παρ.3.

N. 2641/1998 (A 211) άρθρο 17

«Για την Παλλαϊκή Άμυνα»

N. 2696/99 (A 57) άρθρο 11 παρ. 5

«Κύρωση του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας» (Διαφημίσεις σε στέγαστρα στάσεων), ως ισχύει με παρ. 15 άρθρου 19 Ν.4071/2012 (Α 85)

N. 3446/2006 (A 49) άρθρο 8 (παράγραφος 1, 2 και 5)

«Αναγκαστική αφαίρεση, πλειστηριασμός, δήμευση Δ.Χ. οχημάτων»

N. 3710/2008 (A 216) άρθρο 25 παρ. 5

«Ρυθμίσεις για θέματα μεταφορών» (για την αναγκαστική αφαίρεση, πλειστηριασμό και δήμευση λεωφορείων)

N. 1903/1990 (A 142) άρθρο 18

«Για την τροποποίηση διατάξεων του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας που κυρώθηκε με το Νόμο 614/1977 (ΦΕΚ 167/Α/16.6.1977) και άλλων διατάξεων», όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 22 του Ν.4530/2018 (Α 59), με το άρθρο 36 του

N.4663/2020 (A 30) (Κυρώσεις για την υποκλοπή μεταφορικού έργου) και με το άρθρο 75 παρ. 1ε του Ν.4850/2021 (A 208).

N. 3446/2006 (A 49) άρθρο 26

«Οργάνωση και λειτουργία ελέγχου κυκλοφορίας των οχημάτων – Ρυθμίσεις για τις επιβατικές μεταφορές και άλλες διατάξεις» (Για τη μεταβίβαση λεωφορείων ιδιοκτησίας ΚΤΕΛ Α.Ε. και ΚΤΕΛ)

N. 3463/2006 (A 114) άρθρο 83

«Κύρωση κώδικα Δήμων και Κοινοτήτων» (Για τη Δημοτική Συγκοινωνία), όπως συμπληρώθηκε με άρθρο 48 Ν.4599/2019 (A 40)

N. 3534/2007 (A 40) άρθρο 17 παρ. 1

N. 3534/2007 (A 40) άρθρο 26

N. 3710/2008 (A 216) άρθρο 12

“Παράταση λειτουργίας σταθμών”, όπως τροποποιήθηκε με την παρ. 2 του άρθρου 33 του Ν.4053/2012 (Α44)

N. 3710/2008 (A 216) άρθρο 19

Επέκταση επαγγέλματος οδικού μεταφορέα

N. 4233/2014 (A 22) άρθρο 18 παράγραφος 10

“Εκμ/ση Λ.Δ.Χ. από Δημόσιο Υπάλληλο λόγω κτήσης αυτού με γονική παροχή ή κληρονομιά ή δωρεά εν ζωή από συγγενή εξ αίματος ή εξ αγχιστείας έως β’ βαθμού ή από σύζυγο”

N. 3185/2003 (A 229) άρθρο 20 παρ. 10

«Άδεια μεταφορέα τέκνων μετά την ενηλικίωσή τους που απέκτησαν Λ.Δ.Χ. λόγω γονικής παροχής ή κληρονομιάς»

N. 3852/2010 (A 87) ΚΑΛΛΙΚΡΑΤΗΣ {άρθρα 94 (παρ. 2 και 4), 186 (Τομέας Ε και Η εδάφιο 21), 204 (πρώτο εδάφιο και Τομέας Δ), 205 (παρ. 1 και 2), 210 (παρ. 1 και Τομέας Γ), 282 (παρ. 1), 283 (παρ. 3), 286}.

N. 4070/2012 (A 82) άρθρο 118

«Κατάργηση ασφαλιστικής ενημερότητας για ΚΤΕΟ»

N. 4070/2012 (A 82) άρθρο 119 παρ. 6

«Συμπλήρωση της περίπτωσης γ της παραγράφου 1 του άρθρου 7 του Ν.3891/2010 για το μεταφορικό έργο της ΤΡΑΙΝΟΣΕ»

N. 4070/2012 (A 82) άρθρο 119 παρ. 8

«Ηλεκτρονικό σήμα και όρια ηλικίας Τουριστικών λεωφορείων»

N. 4811/2021 (A 108) άρθρο 11

«Θέση σε κυκλοφορία και άδεια κυκλοφορίας ειδικών τουριστικών λεωφορείων Δ.Χ. – Αντικατάσταση του άρθρου 4 του Ν.711/1977 (A 284) και άρθρο 12 “Αντικατάσταση αδειών κυκλοφορίας τουριστικών λεωφορείων – Τροποποίηση του άρθρου 6 του Ν.711/1977 (A 184)”

N. 4663/2020 (A 30) άρθρο 37

Ρυθμίσεις για τα ειδικά τουριστικά λεωφορεία (χρόνος κυκλοφορίας, αντικατάσταση, ανάκληση άδειας, τροποποίηση των άρθρων 7, 8 και 9 του Ν.711/1977 (Α 284), όπως τροποποιήθηκαν με άρθρα 13, 14 και 15 του Ν.4811/2021 (Α 108) και με παρ. 4 τροποποίηση του άρθρου 37 Ν.3710/2008 για τα ειδικά τουριστικά λεωφορεία ΔΧ ανοικτού τύπου αστικής περιήγησης πόλεων)

N. 4071/2012 (Α 85) άρθρο 10 παρ. 18

«Δημιουργία Α.Ε. από Δημοτικές Συγκοινωνιακές Επιχειρήσεις νήσων με τη συμμετοχή ΝΠΙΔ ή ΚΤΕΛ»

N. 4199/2013 (Α 216) άρθρο 51

«Προσωρινή άδεια λειτουργίας υφιστάμενων σταθμών υπεραστικών λεωφορείων»

N. 4199/2013 (Α 216) άρθρο 52 παράγραφος 3

«Μετάπτωση του ειδικού λογαριασμού 1% στο προγενέστερο καθεστώς»

N. 4199/2013 (Α 216) άρθρο 53

«Αποστάσεις ίδρυσης σταθμών υπεραστικών λεωφορείων»

N. 4313/2014 (Α 261) άρθρο 29 παρ. 1

«Υπόχρεοι υποβολής ασφαλιστικής ενημερότητας για την έκδοση άδειας ή πράξης αποχαρκτηρισμού λεωφορείου Δ.Χ.»

N. 4646/2019 (Α 201) άρθρο 46

«Φορολογία μεταβίβασης λεωφορείων Δ.Χ.»

N. 4313/2014 (Α 261) άρθρο 27

«Διεθνείς Γραμμές – Χρήση υπεραστικών σταθμών κατά το μεταβατικό στάδιο»

N. 4368/2016 (Α 21) άρθρο 96

«Συνδρομή του Υπουργείου Εθνικής Άμυνας στη διαχείριση της προσφυγικής κρίσης, κ.λπ.»

N. 4375/2016 (Α 51) άρθρο 74

«Μεταφορές προσφύγων και μεταναστών και με τα λεωφορεία των ΚΤΕΛ»

N. 4445/2016 (Α 236) άρθρο 72 παρ. 4

«Μεταφορές προσφύγων και μεταναστών με επιβατικά οχήματα των ΟΤΑ α' και β' βαθμού»

N. 4568/2018 (Α 178) άρθρο 54 παρ. 2, 3 και 4

«Ρυθμίσεις θεμάτων περιοχής ΟΑΣΑ ΑΕ, ΟΣΕΘ ΑΕ και ΚΤΕΛ ΑΕ», όπως τροποποιήθηκε και αναδιατυπώθηκε ολόκληρο το άρθρο 54 με άρθρο 38 του Ν.4663/2020 (Α 30)

N.4663/2020 (Α 30) άρθρο 31

Τροποποίηση των άρθρων 26 και 30 του Ν.4611/2019 (για το αποδεικτικό ασφαλιστικής ενημερότητας μεταβίβασης ΔΧ αυτοκινήτου)

N.4796/2021 (Α 63/17-4-2021) άρθρο 86

Ρυθμίσεις για την καταβολή κομίστρου στα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς και τις αποζημιώσεις φορέων παροχής συγκοινωνιακού έργου – τροποποίηση του άρθρου 86

του Ν.4530/2018 (Α 59), όπως αντικαταστάθηκε με άρθρο 110 του Ν.4714/2020 (Α 148) και με άρθρο 225 Ν.4823/2021 (Α 136)

Ν.4764/2020 (Α 256) άρθρο 139

Μέτρα στήριξης χερσαίων επιβατικών μεταφορών ΚΤΕΛ ΑΕ και ΚΤΕΛ, Τουριστικά, κ.λπ.

Ν.4781/2021 (Α 31) άρθρο 482 παρ. 2

Συμπλήρωση πλαισίου για τη στήριξη χερσαίων μεταφορών (για τα ποσά της έκτακτης ενίσχυσης ΚΤΕΛ ΑΕ, κ.λπ. ως ακατάσχετα, αφορολόγητα, κ.λπ.)

Ν.4784/2021 (Α 40) άρθρο 47

Χορήγηση δυνατότητας συνέχισης εκμετάλλευσης φορτηγού ή λεωφορείου δημόσιας χρήσης μετά τη συνταξιοδότηση

Ν.4850/2021 (Α 208) άρθρο 41

Θέσπιση ανώτατου ορίου ηλικίας οδηγών φορτηγών και λεωφορείων – Αίτηση συνταξιοδότησης ιδιοκτήτη άδειας φορτηγού ή λεωφορείου ΔΧ ή ΙΧ

Παράρτημα Γ – «Υπουργικές αποφάσεις»

Υ.Α. Β-οικ. 60195/5172/13 (Β 3067)

«Βασικοί όροι ανάληψης υποχρέωσης μεταφοράς προσώπων με λεωφορεία ενταγμένα στις ΚΤΕΛ Α.Ε.», όπως τροποποιήθηκε με την υπ' αριθ. 33800/1491/2019 (Β 1659) όμοια

Υ.Α. Β-54871/4060/03 (Β 1364)

«Όροι, προϋποθέσεις και διαδικασία για το χαρακτηρισμό μιας περιοχής ως αστικής, μιας γραμμής ως αστικής ή υπεραστικής, καθώς και για τον καθορισμό αφετηριών, τερμάτων, διαδρομών στάσεων σταθμών, πρακτορείων εξυπηρέτησης και εκδοτηρίων εισιτηρίων», όπως τροποποιήθηκε με την αριθ. Α-8949/834/09 (Β 941) όμοια

Υ.Α. Β-37835/2851/02 (Β 841)

«Όροι και προϋποθέσεις συνεκμετάλλευσης υφισταμένων ή νέων υπεραστικών διανομαρχιακών γραμμών που συνδέουν πρωτεύουσα ή Δήμο νομού με πρωτεύουσα ή Δήμο άλλου νομού»

Υ.Α. Β-15596/1141/03 (Β 330)

«Όροι και προϋποθέσεις καθορισμού ελαχίστου αριθμού υποχρεωτικών δρομολογίων των συγκοινωνιακών φορέων»

Υ.Α. 37492/1795/03 (Β 922)

«Καθορισμός τύπων και τεχνικών προδιαγραφών λεωφορείων για την ταξινόμηση και την κυκλοφορία τους ως αστικών, υπεραστικών και ημιαστικών», κωδικοποιημένη όπως τροποποιήθηκε με τις αριθ. 57865/2848/03 (Β 607/04) και Β 31078/2787/2009 (Β1423) και Β83836/4593/16/2017 (Β 3662) όμοιες με άρθρο 39 Ν.4530/2018 (Α 59) και με άρθρο 35 Ν.4663/2020 (Α 30)

Υ.Α. Β-13985/1070/05 (Β 321)

«Όροι και προϋποθέσεις αντικατάστασης, αστικών και υπεραστικών λεωφορείων» όπως τροποποιήθηκε με τις αριθ. Α-74021/7150/22-12-2005 (Β 1925), Β-οικ. 55764/4593/16-10-2007 (Β 2064), Β 4957/496/2009 (Β 1423) και Β-36145/3422/2013 (Β 2064) όμοιες

Υ.Α. 54847/2655/03 (Β 607/04)

«Καθορισμός αποδεκτών αποκλίσεων μεταχειρισμένων λεωφορείων που έχουν λάβει άδεια κυκλοφορίας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης»

Κ.Υ.Α. Β-10868/764/03 (Β 265)

«Καθορισμός όρων, προϋποθέσεων, δικαιολογητικών, διαδικασίας κ.λπ. για τη χρηματοδότηση των επενδυτικών προγραμμάτων του άρθρου 12 του Ν. 2963/2001 (Α 268)», κωδικοποιημένη όπως τροποποιήθηκε με τις αριθ. οικ. Β-70092/5266/2003 (Β 1771) και 27119/2337/2006 (Β 926) όμοιες (σχετικό είναι και το δεύτερο εδάφιο της παρ. 1στ του άρθρου 75 του Ν.4850/2021 (Α 208))

Υ.Α. Β 45588/2076/02 (Β 1100)

«Καθορισμός διαδικασίας και δικαιολογητικών για την πιστοποίηση του έτους κατασκευής του πλαισίου λεωφορείων που πρόκειται να κυκλοφορήσουν ως αστική ή υπεραστικά»

Κ.Υ.Α. Β-οικ. 7956/626/14 (Β 449/2014)

«Καθορισμός διαδικασιών μετάπτωσης του λογαριασμού 1% της περίπτωσης α της παρ. 1 του άρθρου 13 του Ν.2963/2001, στο προγενέστερο του Ν.3697/2008 (Α 194) καθεστώς»

Κ.Υ.Α. Β 40413/3090/02 (Β 942)

Όροι και προϋποθέσεις παραχώρησης δικαιώματος εκτέλεσης συγκοινωνιακού έργου σε μεμονωμένα νησιά όπου κατά την ισχύ του Ν.2963/2001 (Α 268) δεν παρέχεται τέτοιο έργο

Υ.Α. Β 36935/2806/02 (Β 862)

Αναγραφή ή ανάρτηση διαφημίσεων στα αστικά και υπεραστικά λεωφορεία των φορέων παροχής συγκοινωνιακού έργου του Ν.2963/2001 (Α 268)

Υ.Α. Β 36933/2804/02 (Β 862)

«Εξίσωση συνθηκών εκμετάλλευσης λεωφορείων ΚΤΕΛ», κωδικοποιημένη όπως τροποποιήθηκε με τις αριθ. Β/16861/1227/2003 (Β 367), Οικ. Β-4741/341/2005 (Β 142) και Β-63656/4695/2003 (Β 1624) όμοιες

Παράρτημα Δ – «Προεδρικά διατάγματα»

Π.Δ. 170/2003 (Α 140)

«Καθορισμός διοικητικών κυρώσεων, οργάνων και διαδικασία επιβολής τους στα διοικητικά όργανα των φορέων παροχής συγκοινωνιακού έργου και στους ιδιοκτήτες των λεωφορείων του Ν. 2963/2001»

Π.Δ. 79/2004 (Α 62)

Καθορισμός των όρων και προϋποθέσεων ιδρύσεως και λειτουργίας Σταθμών υπεραστικών λεωφορείων και Σταθμών φορτηγών αυτοκινήτων για φορτοεκφόρτωση εμπορευμάτων (εμπορευματικών σταθμών αυτοκινήτων)»

Παράρτημα Ε –«Δικαιώματα επιβατών»

N. 4313/2014 (Α 261) άρθρο 26

«Κανονισμός Δικαιωμάτων επιβατών και εφαρμογή διατάξεων των Κανονισμών (ΕΚ) 181/2011, 1371/2007 και 2006/2004», όπως τροποποιήθηκε με άρθρο 43 Ν.4850/2021 (Α 208)

Κανονισμός (ΕΕ) 181/2011

«Για τα δικαιώματα των επιβατών λεωφορείων και πούλμαν και για την τροποποίηση του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2006/2004»

Υ.Α. Α/27733/2213/2015 (ΦΕΚ Β 1181)

«Κανονισμός Δικαιωμάτων Επιβατών τακτικών και έκτακτων γραμμών με οδικά μέσα δημόσιας μεταφοράς (Λεωφορεία) και μέσα σταθερής τροχιάς (Ηλεκτρικό Σιδηρόδρομο, Μετρό και Τραμ)»

II – ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΝΕΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΕΠΙΒΑΤΩΝ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ (ΕΚ) 1370/2007 Κανονισμός (ΕΚ) 1370/2007 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2007

N. 4199/2013 (Α 216)

«Θεσμικό Πλαίσιο για τις δημόσιες Υπεραστικές οδικές μεταφορές επιβατών – ΡΑΕΜ»

N. 4568/2018 (Α 178)

«για τις Αστικές οδικές επιβατικές μεταφορές»