



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής

Διερεύνηση Ανισοτήτων στη Συγκοινωνιακή Εξυπηρέτηση
σε σχέση με Κοινωνικο-Οικονομικά Χαρακτηριστικά, με
Μεθόδους Χωρικής Ανάλυσης



Διπλωματική Εργασία
Σοφία Χρηστάκη

Επιβλέπουσα:
Ελεονώρα Παπαδημητρίου, Επίκουρη Καθηγήτρια ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2026

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας σηματοδοτεί το τέλος ενός κύκλου πολύχρονης ακαδημαϊκής αλλά και προσωπικής πορείας. Σε όλη αυτή τη διαδρομή, καθοριστική ήταν η στήριξη των ανθρώπων που ήταν δίπλα μου, προσφέροντάς μου γνωστικά και ψυχικά εφόδια.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα Καθηγήτριά μου, κα Ελεονώρα Παπαδημητρίου, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και για την υποστήριξή της. Ιδιαίτερα θα ήθελα να την ευχαριστήσω γιατί με ενέπνευσε να αντιληφθώ ότι η επιστήμη του μηχανικού δεν περιορίζεται σε μια στενά τεχνοκρατική προσέγγιση, αλλά διαθέτει και μια ουσιαστική ανθρώπινη και κοινωνική διάσταση.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Απόστολο Ζιακόπουλο, Διδάκτορα και επιστημονικού ερευνητή του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ, για την βοήθειά του σε κρίσιμα σημεία της Εργασίας μου. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω και στους λοιπούς υποψήφιους διδάκτορες του Εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής, όπου αφιέρωσαν χρόνο για την ενίσχυση της έρευνάς μου.

Πέρα από τη πρακτική βοήθεια για την συγγραφή, θέλω να ευχαριστήσω όλους τους φίλους που με στήριξαν και πίστεψαν σε εμένα. Ιδιαίτερα, ευχαριστώ τον Γιώργο Νασόπουλο με τον οποίο μοιραστήκαμε την ακαδημαϊκή καθημερινότητα και γνώση. Ευχαριστώ τις φίλες μου, Ανδριανή Τ. και Φαίδρα Κ., για την αμέριστη συμπαράσταση και αγάπη που υπέδειξαν σε αυτή τη προσπάθεια μου.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου που δίνουν πάντα την στήριξή τους, για να ανθίζω προς όποια κατεύθυνση επιθυμώ.

Διερεύνηση Ανισοτήτων στη Συγκοινωνιακή Εξυπηρέτηση σε σχέση με Κοινωνικο-Οικονομικά Χαρακτηριστικά, με Μεθόδους Χωρικής Ανάλυσης

Σοφία Χρηστάκη (2026)

Επιβλέπουσα:

Ελεονώρα Παπαδημητρίου, Επίκουρη Καθηγήτρια ΕΜΠ

ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά το κρίσιμο ζήτημα της ισότητας και της δικαιοσύνης στις μεταφορές εντός της Περιφέρειας Αττικής, εξετάζοντας τις χωρικές και κοινωνικές ανισότητες στο επίπεδο συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης των δήμων. Σκοπός της έρευνας είναι η ποσοτική και χωρική αποτύπωση του βαθμού στον οποίο το συγκοινωνιακό σύστημα ανταποκρίνεται ισότιμα στις ανάγκες διαφορετικών κοινωνικών ομάδων και περιοχών.

Η μεθοδολογική προσέγγιση συνδυάζει πολυμεταβλητές στατιστικές τεχνικές και μεθόδους χωρικής ανάλυσης για 58 δήμους της Αττικής. Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκε η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) για την κατασκευή τριών σύνθετων δεικτών: του Δείκτη Κοινωνικών Αναγκών Μετακίνησης (SN), του Δείκτη Μεταφορικής Εξυπηρέτησης (TS) και του Δείκτη Οδικής Ασφάλειας (Safety). Η συνδυαστική ανάλυση αυτών οδήγησε στον υπολογισμό του Δείκτη Χάσματος (Equity Gap Index), ο οποίος προσδιορίζει τις αποκλίσεις μεταξύ των κοινωνικών αναγκών και της παρεχόμενης εξυπηρέτησης. Για τη διερεύνηση των χωρικών προτύπων και της αλληλεξάρτησης μεταξύ γειτονικών δήμων, χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης και χωρικά μοντέλα Conditional Autoregressive (CAR).

Τα κύρια ευρήματα της ανάλυσης ανέδειξαν μια γενική θετική συσχέτιση μεταξύ κοινωνικών αναγκών και συγκοινωνιακής παροχής στο σύνολο της Αττικής, υποδηλώνοντας ότι οι πυκνοκατοικημένες περιοχές με αυξημένες ανάγκες συγκεντρώνουν και υψηλότερο επίπεδο υποδομών. Παρά ταύτα, η έρευνα αποκάλυψε σημαντικές τοπικές ανισότητες και «χάσματα». Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι η οδική ασφάλεια στην Αττική λειτουργεί σχετικά ανεξάρτητα από την πυκνότητα της συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. Η εργασία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ο συγκοινωνιακός σχεδιασμός οφείλει να ενσωματώνει κοινωνικά και χωρικά κριτήρια για την επίτευξη μιας πιο δίκαιης και βιώσιμης αστικής κινητικότητας.

Investigation of Inequalities in Public Transport Provision in Relation to Socio-Economic Characteristics

Using Spatial Analysis Methods

Sofia Christaki (2026)

Supervisor:

Eleonora Papadimitriou, Assistant Professor, NTUA

ABSTRACT

This thesis investigates the critical issue of equity and justice in transportation within the Region of Attica, examining spatial and social inequalities in the level of public transport provision across municipalities. The aim of the research is to quantitatively and spatially assess the extent to which the transport system responds equitably to the needs of different social groups and areas.

The methodological approach combines multivariate statistical techniques and spatial analysis methods for 58 municipalities of Attica. Specifically, Principal Component Analysis (PCA) was applied to construct three composite indicators: the Social Mobility Needs Index (SN), the Transport Service Index (TS), and the Road Safety Index (Safety). The combined analysis of these indicators led to the calculation of the Equity Gap Index, which captures the discrepancies between social mobility needs and the level of transport provision. To investigate spatial patterns and interdependencies among neighboring municipalities, linear regression models and Conditional Autoregressive (CAR) spatial models were employed.

The main findings reveal a generally positive correlation between social mobility needs and transport provision across Attica, indicating that densely populated areas with higher needs tend to concentrate higher levels of transport infrastructure. Nevertheless, the analysis also identifies significant local inequalities and “gaps”. Furthermore, the results suggest that road safety in Attica operates relatively independently from the density of transport provision. The study concludes that transport planning should incorporate social and spatial criteria in order to promote a more equitable and sustainable urban mobility system.

Περιεχόμενα

1.	Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	1
1.1	Γενική ανασκόπηση	1
1.2	Ελλείψεις στη μελέτη της ισότητας στις μεταφορές	2
1.3	Σκοπός διπλωματικής εργασίας	3
1.4	Μεθοδολογία	4
1.5	Δομή της διπλωματικής εργασίας.....	5
2.	Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	6
2.1	Εισαγωγή	6
2.2	Υφιστάμενη κατάσταση και αποτελέσματα ερευνών.....	6
2.3	Θεωρητικά πλαίσια – Δικαιοσύνη και Μεταφορές	7
2.4	Μεθοδολογικές Προσεγγίσεις για την Ανάλυση Ισότητας	9
2.5	Κοινωνικοί και χωρικοί παράγοντες ανισότητας	13
2.5.1	Κοινωνικοί Παράγοντες.....	14
2.5.2	Συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση	17
2.5.3	Επιρροή κοινωνικών και οικονομικών ανισοτήτων στη συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση	19
2.6	Η περίπτωση της Αθήνας	20
2.7	Συμπεράσματα	21
3.	Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό υπόβαθρο / Μεθοδολογίες.....	22
3.1	Μεθοδολογία	22
3.2	Θεωρητικό Υπόβαθρο της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA)	23
3.2.1	Ερμηνεία και Αξιολόγηση των Αποτελεσμάτων της PCA.....	25
3.2.2	Κριτήρια Επιλογής του Αριθμού των Συνιστωσών.....	25
3.2.3	Ερμηνεία των Φορτίσεων (Loadings)	26
3.2.4	Σκορ Συνιστωσών και Κατασκευή Σύνθετων Δεικτών.....	26
3.2.5	Έλεγχοι Καταλληλότητας Δεδομένων (KMO και Bartlett).....	27
3.3	Σύνθετοι Δείκτες και Κανονικοποίηση Μεταβλητών.....	28
3.4	Δείκτης Ανισότητας Μεταφορών (Gap Index)	29
3.5	Ανάλυση Παλινδρόμησης.....	30
3.6	Χωρική Στατιστική Ανάλυση και Μοντέλα Αυτό-παλινδρόμησης	32
3.6.1	Η Έννοια της Χωρικής Εξάρτησης.....	32
3.6.2	Πίνακες Χωρικών Βαρών (Spatial Weight Matrices)	33
3.6.3	Το Μοντέλο CAR (Conditional Autoregressive).....	34
4.	Κεφάλαιο 4: Συλλογή και Βασική Επεξεργασία Δεδομένων.....	35
4.1	Εισαγωγή	35

4.2	Δεδομένα.....	35
4.3	Περιοχή Μελέτης.....	36
4.4	Πηγές Δεδομένων.....	37
4.5	Επεξεργασία και Οργάνωση Δεδομένων	38
5.	Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή Μεθοδολογίας και Αποτελέσματα.....	40
5.1	Αποτελέσματα Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA)	40
5.1.1	Δείκτης Μεταφορικής Εξυπηρέτησης (Transport Service).....	41
5.1.2	Δείκτης Κοινωνικών Αναγκών Μετακίνησης (Social Needs).....	44
5.1.3	Δείκτης Οδικής Ασφάλειας (Safety)	46
5.2	Δείκτης Χωρικού Χάσματος Μεταφορικής Ισότητας (Gap Index)	48
5.3	Συνοπτικά συμπεράσματα	50
5.4	Μοντέλα Παλινδρόμησης	50
5.5	Κατασκευή Πίνακα Γειτνίασης και Ορισμός Χωρικής Δομής.....	53
5.5.1	Επιλογή της χωρικής μονάδας ανάλυσης	53
5.5.2	Φόρτωση και προετοιμασία του χωρικού αρχείου	54
5.5.3	Σύνδεση χωρικών και μη χωρικών δεδομένων.....	54
5.5.4	Ορισμός της έννοιας της γειτνίασης	54
5.5.5	Δημιουργία της λίστας γειτνίασης	55
5.5.6	Δημιουργία του πίνακα γειτνίασης.....	55
5.5.7	Χαρακτηριστικά του πίνακα γειτνίασης.....	56
5.5.8	Οπτικοποίηση της χωρικής δομής	56
5.5.9	Ενσωμάτωση του πίνακα στο μοντέλο CAR	57
5.5.10	Συνοπτικό συμπέρασμα	57
5.6	Εφαρμογή χωρικών μοντέλων CAR.....	57
5.6.1	Δημιουργία του χωρικού dataset.....	58
5.6.2	Κατασκευή του πίνακα χωρικών βαρών	58
5.6.3	Εκτίμηση των μοντέλων CAR.....	58
5.6.4	Διερεύνηση εναλλακτικών προδιαγραφών	59
5.6.5	Επιλογή των τελικών μοντέλων.....	60
5.6.6	Μοντέλο για το σύνολο των δήμων χωρίς έλεγχο πυκνότητας.....	62
5.6.7	Ανάλυση ανά τεταρτημόριο του διαγράμματος TS–SN.....	64
5.6.8	Συνολικό Equity Gap και χωρική διάσταση.....	75
5.6.9	Στατιστική διερεύνηση της κατανομής του δείκτη Equity Gap.....	77
6.	Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και Προτάσεις	81
6.1	Σύνοψη της έρευνας.....	81
6.2	Κύρια ευρήματα της ανάλυσης.....	81

6.3	Ερμηνεία των αποτελεσμάτων και χωρικές διαφοροποιήσεις	82
6.4	Περιορισμοί της έρευνας	83
6.5	Συζήτηση Αποτελεσμάτων και Σύγκριση με τη Διεθνή Βιβλιογραφία	84
6.6	Κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα.....	85
6.7	Τελικό συμπέρασμα	86
7.	Βιβλιογραφία.....	87
8.	Παράρτημα.....	90
8.1	Πίνακες δεδομένων.....	90
8.2	Πίνακες Αποτελεσμάτων	97
8.3	Script κώδικα R.....	109

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1:	Επίπεδο Εξυπηρέτησης- Κοινωνικοί Παράγοντες.....	14
Πίνακας 2:	Επίπεδο Εξυπηρέτησης ανά κατηγορία μετακίνησης.....	17
Πίνακας 3:	Παράδειγμα Πίνακα Γειτνίαση.....	33
Πίνακας 4:	Περιγραφικά στατιστικά των μεταβλητών (Minimum, Maximum, Mean, Standard Dev.).....	38
Πίνακας 5:	Αποτελέσματα Γραμμικής Παλινδρόμησης	52
Πίνακας 6:	Ενδεικτικός Πίνακας Γειτνίασης Δήμων Αττικής.....	56
Πίνακας 7:	Μεταβλητές που δοκιμάστηκαν στο CAR Model.....	60
Πίνακας 8:	Αποτελέσματα κατανομής 1	77
Πίνακας 9:	Αποτελέσματα κατανομής 2	78

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1	22
Εικόνα 2: Χωρική κατανομή του δείκτη μεταφορικής εξυπηρέτησης (Transport Service Index – TS)	43
Εικόνα 3: Χωρική κατανομή του δείκτη κοινωνικών αναγκών μετακίνησης (Social Needs Index – SN).....	46
Εικόνα 4: Χωρική κατανομή του δείκτη οδικής ασφάλειας (Safety Index)	48
Εικόνα 5: Χωρική κατανομή του δείκτη συγκοινωνιακού χάσματος (Transport Equity Gap Index).....	50
Εικόνα 6: Γραφήματα Γραμμικής Παλινδρόμησης	52
Εικόνα 7: Χάρτης χωρικής συσχέτισης για $TS = SN + \log(\text{Density})$ για το σύνολο των δήμων	61
Εικόνα 8: Χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals) για $TS = SN + \log(\text{Density})$ για το σύνολο των δήμων	62
Εικόνα 9: Χάρτης χωρικής συσχέτισης για $TS = SN$ για το σύνολο των δήμων.....	63

Εικόνα 10: Χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals) για $TS = SN$ για το σύνολο των δήμων	64
Εικόνα 11: Διάγραμμα διασποράς , $SN > 0$ και $TS < 0$	65
Εικόνα 12: Χάρτης χωρικής συσχέτισης για $TS = SN + \log(\text{Density})$, $SN > 0$ και $TS < 0$	66
Εικόνα 13: Χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals) για $TS = SN + \log(\text{Density})$, $SN > 0$ και $TS < 0$	67
Εικόνα 14: Διάγραμμα διασποράς , $SN > 0$ και $TS > 0$	68
Εικόνα 15: Χάρτης χωρικής συσχέτισης για $TS = SN + \log(\text{Density})$, $SN > 0$ και $TS > 0$	69
Εικόνα 16: Χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals) για $TS = SN + \log(\text{Density})$, $SN > 0$ και $TS > 0$	69
Εικόνα 17: Διάγραμμα διασποράς , $SN < 0$ και $TS > 0$	70
Εικόνα 18: Χάρτης χωρικής συσχέτισης για $TS = SN + \log(\text{Density})$, $SN < 0$ και $TS > 0$	71
Εικόνα 19 : Χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals) για $TS=SN + \log(\text{Density})$, $SN < 0$ και $TS > 0$	71
Εικόνα 20: Διάγραμμα διασποράς , $SN < 0$ και $TS < 0$	72
Εικόνα 21: Χάρτης χωρικής συσχέτισης για $TS = SN + \log(\text{Density})$, $SN < 0$ και $TS < 0$	73
Εικόνα 22: Χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals) για $TS = SN + \log(\text{Density})$, $SN < 0$ και $TS < 0$	74
Εικόνα 23: Χάρτης χωρικής συσχέτισης για $\text{Gap}=\beta_0+\phi+\varepsilon$	76
Εικόνα 24: Χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals) για $\text{Gap}=\beta_0+\phi+\varepsilon$	77
Εικόνα 25: Ιστόγραμμα και κατανομή Equity Gap 1	78
Εικόνα 27: Ιστόγραμμα και κατανομή Equity Gap 2	79

1. Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Γενική ανασκόπηση

Η πρόσβαση στις μεταφορές αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο της λειτουργίας των σύγχρονων πόλεων και επηρεάζει άμεσα την καθημερινότητα, τις ευκαιρίες και την κοινωνική ένταξη των πολιτών. Η δυνατότητα μετακίνησης συνδέεται στενά με την πρόσβαση σε βασικές δραστηριότητες, όπως η εργασία, η εκπαίδευση, η υγεία και η κοινωνική ζωή, καθιστώντας τα συστήματα μεταφορών έναν από τους σημαντικότερους μηχανισμούς διαμόρφωσης της αστικής κινητικότητας και της κοινωνικής συνοχής.

Ωστόσο, η κατανομή των μεταφορικών πόρων και υποδομών δεν είναι πάντοτε ισότιμη, οδηγώντας σε φαινόμενα συγκοινωνιακής αδικίας. Ο παραδοσιακός σχεδιασμός των μεταφορών καθοδηγείται σε μεγάλο βαθμό από οικονομικές αρχές αποδοτικότητας, με πρωταρχικό στόχο τη μεγιστοποίηση της συνολικής χρησιμότητας για το σύνολο των χρηστών. Στο πλαίσιο αυτό, οι αποφάσεις σχεδιασμού συχνά λαμβάνονται με κριτήρια όπως η μείωση του χρόνου μετακίνησης ή η αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας του δικτύου, χωρίς να εξετάζεται επαρκώς η κατανομή των ωφελειών μεταξύ διαφορετικών κοινωνικών ομάδων.

Στις σύγχρονες πόλεις, οι κοινωνικοοικονομικές ανισότητες και ο γεωγραφικός διαχωρισμός δημιουργούν ασύμμετρες συνθήκες προσβασιμότητας, ιδιαίτερα για τις ευάλωτες πληθυσμιακές ομάδες. Παρά το γεγονός ότι η μετακίνηση αποτελεί βασική προϋπόθεση για πρόσβαση σε εργασία, υγεία, εκπαίδευση και κοινωνική ζωή, μεγάλο μέρος του πληθυσμού αντιμετωπίζει εμπόδια στην καθημερινή του κινητικότητα. Η ανισότητα στην προσβασιμότητα αποτελεί έναν σημαντικό δείκτη της κοινωνικής εξέλιξης και της βιωσιμότητας των πόλεων.

Η ισότητα στις μεταφορές (Transport Equity) και η δικαιοσύνη στον σχεδιασμό τους (Transport Justice) δεν αποτελούν απλώς ζητήματα τεχνικής βελτιστοποίησης, αλλά συνδέονται άμεσα με το κοινωνικό πρόσημο του συγκοινωνιακού σχεδιασμού. Η ανάδειξη των ανισοτήτων αυτών, καθώς και η κατανόηση των δομικών μηχανισμών που τις ενισχύουν, καθίστανται αναγκαίες για την υλοποίηση πολιτικών που στοχεύουν σε κοινωνικά δίκαιη κινητικότητα και βιώσιμη αστική ανάπτυξη.

1.2 Ελλείψεις στη μελέτη της ισότητας στις μεταφορές

Το θέμα της ισότητας στις μεταφορές έχει τεθεί υπό διερεύνηση από τη δεκαετία του 1970, ενώ φαίνεται να λαμβάνει συστηματική προσοχή και εφαρμογή κυρίως μετά το 2010. Η αυξανόμενη αναγνώριση της σημασίας της ισότητας και η ενσωμάτωση των αρχών της δικαιοσύνης στον σχεδιασμό των μεταφορών έχουν οδηγήσει σε σημαντική ανάπτυξη της σχετικής βιβλιογραφίας. Παρά την πρόοδο αυτή, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικές ελλείψεις και προκλήσεις τόσο στο θεωρητικό όσο και στο πρακτικό επίπεδο.

Αρχικά, δεν υπάρχουν πλήρως καθορισμένοι και καθολικά αποδεκτοί ορισμοί για τις έννοιες της ισότητας και της δικαιοσύνης στις μεταφορές. Το φιλοσοφικό πλαίσιο που διέπει τις έννοιες αυτές επηρεάζεται συχνά από την οπτική του εκάστοτε αναλυτή, ενώ πολλές από τις θεωρητικές προσεγγίσεις που έχουν αναπτυχθεί στη βιβλιογραφία είναι δύσκολο να μεταφραστούν σε συγκεκριμένους και μετρήσιμους δείκτες.

Επιπλέον, η έννοια της δικαιοσύνης στις μεταφορές συχνά ταυτίζεται αποκλειστικά με την προσβασιμότητα, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη άλλοι σημαντικοί παράγοντες, όπως η αντίληψη των χρηστών, το κοινωνικό υπόβαθρο, η ποιότητα των υποδομών, το οικονομικό κόστος των μετακινήσεων, η αντιληπτή ασφάλεια και οι πολιτισμικές διαφοροποιήσεις στις μετακινήσεις (Sheller, 2018· Martens et al., 2012).

Ένα ακόμη σημαντικό κενό αφορά τον περιορισμένο αριθμό ερευνών που εξετάζουν συστηματικά ποιοι είναι οι ουσιαστικοί παράγοντες που καθορίζουν τη συγκοινωνιακή αδικία και σε ποιο βαθμό επηρεάζει ο καθένας από αυτούς τη δημιουργία ανισοτήτων. Τα ερωτήματα αυτά συχνά παραμένουν αναπάντητα, κυρίως λόγω μεθοδολογικών δυσκολιών, όπως η έλλειψη επαρκών και αξιόπιστων δεδομένων για την ισότητα και για ευάλωτες ομάδες πληθυσμού, οι δυσκολίες στη συλλογή δεδομένων από διαφορετικές πηγές και η περιορισμένη χρήση συμμετοχικών μεθόδων που αποτυπώνουν τις εμπειρίες των ίδιων των χρηστών.

Παράλληλα, παρατηρείται έλλειψη προτύπων και μεθόδων αξιολόγησης της ισότητας που να ενσωματώνουν κοινωνικούς και χωρικούς δείκτες με τρόπο μετρήσιμο και συγκρίσιμο. Η ανάπτυξη τέτοιων εργαλείων αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ποσοτική διερεύνηση των ανισοτήτων στο σύστημα μεταφορών (Cantilina, Daly, Cohen & Mann, 2021).

1.3 Σκοπός διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της ισότητας και της δικαιοσύνης στις μεταφορές στην Περιφέρεια Αττικής, μέσα από την ανάλυση των χωρικών και κοινωνικών ανισοτήτων που εντοπίζονται στο επίπεδο συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης των δήμων. Η εργασία εστιάζει στη σχέση μεταξύ των κοινωνικών χαρακτηριστικών του πληθυσμού και της παρεχόμενης μεταφορικής εξυπηρέτησης, με σκοπό να αποτυπωθεί κατά πόσο το σύστημα μεταφορών ανταποκρίνεται ισότιμα στις ανάγκες διαφορετικών κοινωνικών ομάδων και περιοχών.

Βασική επιδίωξη της έρευνας είναι η ποσοτική και χωρική αποτύπωση του βαθμού συγκοινωνιακής ισότητας μέσω της αξιοποίησης κοινωνικοοικονομικών, συγκοινωνιακών και γεωχωρικών δεδομένων. Στο πλαίσιο αυτό εξετάζονται διαφορετικές διαστάσεις που συνθέτουν την εμπειρία της μετακίνησης στον αστικό χώρο, όπως οι κοινωνικές ανάγκες μετακίνησης, το επίπεδο συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης και οι συνθήκες οδικής ασφάλειας. Η συνδυαστική ανάλυση αυτών των παραγόντων επιτρέπει την εκτίμηση της σχέσης μεταξύ των αναγκών του πληθυσμού και των υπηρεσιών που παρέχει το σύστημα μεταφορών.

Παράλληλα, η εργασία επιδιώκει να εντοπίσει τους βασικούς κοινωνικούς και χωρικούς παράγοντες που σχετίζονται με την ενίσχυση συγκοινωνιακών ανισοτήτων. Στο πλαίσιο αυτό εξετάζονται χαρακτηριστικά όπως η ηλικιακή σύνθεση του πληθυσμού, το κοινωνικοοικονομικό προφίλ των κατοίκων, η χωρική θέση των περιοχών και η προσβασιμότητα στις συγκοινωνιακές υποδομές και υπηρεσίες. Η ανάλυση αυτών των παραγόντων αποσκοπεί στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι κοινωνικές ανάγκες μετακίνησης συνδέονται με το πραγματικό επίπεδο εξυπηρέτησης που παρέχεται σε κάθε περιοχή.

Επιπλέον, η έρευνα εξετάζει κατά πόσο οι διαφοροποιήσεις αυτές εμφανίζουν χωρικά πρότυπα στον αστικό χώρο, διερευνώντας αν οι ανισότητες που παρατηρούνται συγκεντρώνονται σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές ή αν κατανέμονται με πιο διάχυτο τρόπο στον χώρο της Αττικής. Η χωρική διάσταση της ανάλυσης συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των μηχανισμών που διαμορφώνουν τη συγκοινωνιακή ισότητα σε επίπεδο πόλης.

Με βάση τα παραπάνω, το βασικό ερευνητικό ερώτημα της παρούσας εργασίας είναι κατά πόσο η παρεχόμενη συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση στους δήμους της Περιφέρειας Αττικής ανταποκρίνεται στις κοινωνικές ανάγκες μετακίνησης του πληθυσμού και εάν η σχέση αυτή παρουσιάζει χωρικά πρότυπα. Παράλληλα, εξετάζεται κατά πόσο οι αποκλίσεις μεταξύ κοινωνικής ανάγκης και μεταφορικής εξυπηρέτησης συγκροτούν μορφές χωρικής συγκοινωνιακής ανισότητας. Τελικός

στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η συμβολή στην κατανόηση των χωρικών και κοινωνικών διαστάσεων της κινητικότητας, παρέχοντας ένα αναλυτικό πλαίσιο αξιολόγησης των ανισοτήτων στο σύστημα μεταφορών, το οποίο μπορεί να υποστηρίξει τον σχεδιασμό πολιτικών που προωθούν μια πιο δίκαιη και ισότιμη αστική κινητικότητα.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων αναπτύσσεται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο ανάλυσης, το οποίο συνδυάζει κοινωνικοοικονομικά, συγκοινωνιακά και χωρικά δεδομένα, με σκοπό τη συστηματική αποτύπωση των ανισοτήτων στο σύστημα μεταφορών της Αττικής. Η μεθοδολογία που ακολουθείται παρουσιάζεται αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια της εργασίας.

1.4 Μεθοδολογία

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία που ακολουθείται για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Αρχικά καθορίστηκε το αντικείμενο και οι στόχοι της έρευνας. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε εκτενής ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας με στόχο τον εντοπισμό σχετικών δημοσιεύσεων που προσφέρουν μια ολοκληρωμένη εικόνα για τις έννοιες και τις πρακτικές που σχετίζονται με τη δικαιοσύνη και την ισότητα στις μεταφορές.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε συλλογή και οργάνωση δεδομένων κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών, συγκοινωνιακών υποδομών και κυκλοφοριακών συνθηκών για τους δήμους της Περιφέρειας Αττικής. Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από επίσημες στατιστικές πηγές, φορείς μεταφορών και ανοικτές γεωχωρικές βάσεις δεδομένων.

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιούνται ποσοτικές και χωρικές μέθοδοι. Συγκεκριμένα εφαρμόζεται η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis – PCA) για τη μείωση της διάστασης των δεδομένων και την κατασκευή σύνθετων δεικτών κοινωνικών αναγκών μετακίνησης και συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. Στη συνέχεια οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό ενός δείκτη απόκλισης (Gap Index), ο οποίος αποτυπώνει τη διαφορά μεταξύ κοινωνικών αναγκών και παρεχόμενης συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. Τέλος, εφαρμόζονται στατιστικά και χωρικά μοντέλα ανάλυσης για τη διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τις χωρικές διαφοροποιήσεις του δείκτη αυτού και για τον εντοπισμό πιθανών προτύπων συγκοινωνιακής ανισότητας στην Περιφέρεια Αττικής τα οποία εντάσσονται στο ευρύτερο πλαίσιο της δικαιοσύνης και της ισότητας στις μεταφορές..

1.5 Δομή της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία οργανώνεται σε έξι βασικά κεφάλαια, τα οποία παρουσιάζουν διαδοχικά το θεωρητικό υπόβαθρο, τη μεθοδολογική προσέγγιση, τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται και τα αποτελέσματα της ανάλυσης.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το γενικό πλαίσιο της έρευνας, η σημασία της ισότητας στις μεταφορές, οι βασικές ελλείψεις που εντοπίζονται στη σχετική βιβλιογραφία, καθώς και ο σκοπός και η μεθοδολογική προσέγγιση της παρούσας εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιείται αναλυτική βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με την έννοια της ισότητας και της δικαιοσύνης στις μεταφορές. Παρουσιάζονται οι βασικές θεωρητικές προσεγγίσεις που έχουν αναπτυχθεί στη διεθνή βιβλιογραφία, καθώς και οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των κοινωνικών και χωρικών ανισοτήτων στα συστήματα μεταφορών.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό και μεθοδολογικό πλαίσιο της ανάλυσης. Συγκεκριμένα, περιγράφονται οι στατιστικές και χωρικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των δεδομένων και την ανάπτυξη των δεικτών ισότητας, όπως η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis), η κατασκευή σύνθετων δεικτών, η ανάλυση παλινδρόμησης και τα χωρικά στατιστικά μοντέλα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην έρευνα, οι πηγές από τις οποίες προέρχονται, καθώς και η διαδικασία επεξεργασίας και οργάνωσής τους. Επιπλέον, περιγράφονται οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση και η χωρική κλίμακα εφαρμογής της μελέτης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής και χωρικής ανάλυσης, καθώς και η ερμηνεία τους σε σχέση με τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο συζητούνται τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα και διατυπώνονται προτάσεις για τη βελτίωση της ισότητας στον σχεδιασμό των μεταφορών.

2. Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Η ισότητα, ή αλλιώς η δικαιοσύνη στις μεταφορές, αποτελεί μία από τις σημαντικότερες διαστάσεις της κοινωνικής δικαιοσύνης στον τομέα των μεταφορών. Ο βασικός της στόχος είναι η εξασφάλιση μιας δίκαιης κατανομής τόσο των ωφελειών όσο και των επιβαρύνσεων που απορρέουν από τη λειτουργία του συστήματος μεταφορών. Στο πλαίσιο αυτό, η ανάλυση των μεταφορών δεν περιορίζεται στην τεχνική ή οικονομική αποτελεσματικότητα ενός συστήματος, αλλά επεκτείνεται στην εξέταση του κατά πόσο οι παρεχόμενες υπηρεσίες ανταποκρίνονται με ισότιμο τρόπο στις ανάγκες διαφορετικών κοινωνικών ομάδων.

Για την επίτευξη ενός πιο δίκαιου συστήματος μεταφορών δεν αρκεί μία οριζόντια πολιτική μεταχείριση του συνόλου των χρηστών, αντίθετα απαιτείται η αναγνώριση των διαφορετικών αναγκών, ικανοτήτων και ευκαιριών κάθε ομάδας πληθυσμού. Η ιδιαίτερη έμφαση στους ευάλωτους χρήστες του δικτύου, όπως οι ηλικιωμένοι, τα άτομα με αναπηρία, τα άτομα χαμηλού εισοδήματος, αλλά και οι χρήστες ενεργητικών μετακινήσεων, όπως οι πεζοί, οι ποδηλάτες και οι χρήστες μικροκινητικότητας, αποτελεί βασική προϋπόθεση για τον σχεδιασμό ισότιμων μεταφορικών συστημάτων. Η διερεύνηση της ισότητας στις μεταφορές προϋποθέτει, συνεπώς, τη συνδυαστική εξέταση κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών, σωματικών ικανοτήτων και οικονομικών ευκαιριών των χρηστών, όπως είναι το εισόδημα, το φύλο, η ηλικία, η αναπηρία και ο τόπος κατοικίας.

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει τη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία σχετικά με την έννοια της ισότητας στις μεταφορές, τα βασικά θεωρητικά πλαίσια που έχουν αναπτυχθεί για την κατανόησή της, τις κυριότερες μεθοδολογικές προσεγγίσεις για την αποτίμησή της, καθώς και τις εφαρμογές τους σε αστικά περιβάλλοντα. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ανάδειξη των εννοιολογικών και μεθοδολογικών κενών της βιβλιογραφίας, καθώς και στη σύνδεση των διεθνών ευρημάτων με την περίπτωση της Αθήνας.

2.2 Υφιστάμενη κατάσταση και αποτελέσματα ερευνών

Η έννοια της δικαιοσύνης στις μεταφορές, πάει ένα βήμα παρακάτω από την άκριτη αποδοχή παραδοσιακών οικονομικών αρχών της αποδοτικότητας που επικρατεί. Οι αναλύσεις κρισιμότητας δικτύων μεταφορών συχνά βασίζονται στην ωφελμιστική αρχή, όπου στοχεύει στη μεγιστοποίηση της συνολικής χρησιμότητας για όλους

τους χρήστες χωρίς να λαμβάνει υπόψιν τα ξεχωριστά κοινωνικοοικονομικά στοιχεία. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να είναι «τυφλή» στην κατανομή του κόστους και των ωφελειών σε χρήστες με διαφορετικές ανάγκες και δυνατότητες (Martens, 2012; Elvik, 2009). Συνεπώς, οι παραδοσιακές μέθοδοι, έχουν ιστορικά οδηγήσει στην επιδείνωση των αστικών ανισοτήτων (Pereira & Karner, 2021). Η ανάλυση της ισότητας στις μεταφορές επιδιώκει να διορθώσει αυτές τις ανισορροπίες, διασφαλίζοντας ότι οι ευάλωτοι χρήστες δεν επιβαρύνονται, δυσανάλογα, με αρνητικές επιπτώσεις, όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η ατμοσφαιρική και ηχητική ρύπανση, τα ατυχήματα και ο κοινωνικός αποκλεισμός, ενώ ταυτόχρονα έχουν επαρκή πρόσβαση σε ευκαιρίες όπως η απασχόληση, η στέγαση και η υγεία (Martens, 2016; Golub & Martens, 2014).

Κάποιες από τις διεθνείς έρευνες δείχνουν, στον Καναδά, περίπου ένα εκατομμύριο πολίτες διατρέχουν υψηλό κίνδυνο φτώχειας που σχετίζεται με την κινητικότητα (El-Geneidy et al., 2022). Στη Μάλτα, η χρήση αυτοκινήτου αυξήθηκε από 74,6% σε 83,2% μεταξύ 2010 - 2018, αναδεικνύοντας αυξανόμενα προβλήματα στις μεταφορές (Mobility Justice in Malta, 2021). Στην Καλιφόρνια (ΗΠΑ), οι προτεραιότητες χρηματοδότησης ευνοούν τη χρήση αυτοκινήτου έναντι των μέσων μαζικής μεταφοράς, αποτελώντας πρόκληση για ευάλωτες ομάδες (Pereira & Karner, 2021). Στη Ναντζίνγκ (Κίνα), οι κάτοικοι οικονομικά προσιτών κατοικιών έρχονται αντιμέτωποι με χαμηλότερα επίπεδα ισότητας στις μεταφορές σε σύγκριση με τους κατοίκους εμπορικών κατοικιών (Shi et al., 2021), ενώ στο Πεκίνο η πάγια χαμηλή τιμή εισιτηρίου μετρό θεωρήθηκε «αδικαιολόγητο προνόμιο» από τους κατοίκους της πόλης με υψηλότερο εισόδημα (Zhu & Shi, 2022).

2.3 Θεωρητικά πλαίσια – Δικαιοσύνη και Μεταφορές

Το ζήτημα της ισότητας, δικαιοσύνης στις μεταφορές έχει ανοίξει εδώ και πολλά χρόνια με βάσεις στη φιλοσοφική ηθική και τις θεωρίες της κοινωνικής δικαιοσύνης χωρίς όμως να έχει καθοριστεί πλήρως τι αυτό σημαίνει (Martens, 2016). Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν αρκετές συγκρουόμενες απόψεις και διαφορετικές προσεγγίσεις, οι βασικότερες είναι οι εξής:

- Προσέγγιση των Ικανοτήτων (Capability Approach), Amartya Sen (2006, 2009).

Δίνει βάση στο τι μπορούν πραγματικά να κάνουν και να είναι οι άνθρωποι, όχι μόνο στους πόρους που έχουν. Κατατάσσει τα συστήματα ως περισσότερο δίκαια με βάση την ουσιαστική πρόσβαση σε ευκαιρίες που προσφέρουν (Sen, 2009). Παρουσιάζει μεθοδολογικές δυσκολίες στον ποσοτικό υπολογισμό των “ικανοτήτων”, καθώς αυτές είναι συχνά υποκειμενικές και δύσκολα μετρήσιμες. Η εφαρμογή της απαιτεί

συνδυαστική μεθοδολογία (ποσοτική & ποιοτική), κάτι που αυξάνει την πολυπλοκότητα των ερευνών [3]. Επίσης, λείπει ένα ενιαίο σύνολο δεικτών ή κριτηρίων για συγκρίσεις μεταξύ πληθυσμιακών ομάδων ή περιοχών (Pereira et al., 2017).

- Θεωρία Δικαιοσύνης Μεταφορών (Transport justice theory), Karel Martens (2012, 2016).

Θεωρεί πως όλοι οι πολίτες πρέπει να έχουν ελάχιστη προσβασιμότητα για αξιοπρεπή ζωή. Η ισότητα δεν συνεπάγεται ίση μεταχείριση, αλλά προτεραιότητα στις ανάγκες των λιγότερο προνομιούχων (Martens, 2016). Βασίζεται στην Ισότητα των Πόρων του Dworkin και στην αρχή της επαρκούς προσβασιμότητας (Sufficientarianism) και διακρίνει μια "σφαίρα δικαιοσύνης" για όσους βρίσκονται κάτω από το όριο επαρκούς προσβασιμότητας και μια "σφαίρα ελεύθερης ανταλλαγής". Δέχεται δύο βασικές κριτικές, οι οποίες αναδεικνύουν κενά στην πρακτική της εφαρμογή, η πρώτη έρχεται από τους Vanoutrive και Cooper, υποστηρίζουν ότι η βοήθεια προς αυτούς που βρίσκονται στη σφαίρα της αδικίας μπορεί να είναι πατερναλιστική και να συμβάλλει στον στιγματισμό (Martens, 2016), καθώς μπορεί να βασίζεται στον οίκτο αντί για τη συμπόνια ή την αξιοπρέπεια. Η δεύτερη ένσταση έρχεται από τον Andersen (1999) όπου πιστεύει ότι η θεωρία παραβλέπει τη συλλογική «παραγωγή» του αγαθού των μεταφορών, υπονοώντας ότι η αυτονομία είναι ο κανόνας.

- Θεωρία των Σφαιρών Δικαιοσύνης του Walzer (Walzer's Spheres of Justice), Michael Walzer (1983).

Διανομή διαφορετικών αγαθών σε ξεχωριστές «σφαίρες» (εκπαίδευση, υγεία κ.ά.) με κάθε σφαίρα να διέπεται από τις δικές της αρχές. Αν αναμειχθούν αυτές οι αρχές μπορεί να υπάρξουν αδικίες. Στις μεταφορές ωστόσο οι συνδέσεις των αγαθών είναι αλληλεξαρτώμενες και η αποσύνδεση τους είναι περιοριστική (Walzer, 1983). Δεν προσφέρει συγκεκριμένα εργαλεία για ανάλυση ή αξιολόγηση, ενώ αγνοεί τις κοινωνικοοικονομικές ανισότητες και τη συστημική κατανομή πόρων (Pereira et al., 2017).

- Θεωρία Ισότητας των Πόρων του Dworkin (Dworkin's Theory of Equality of Resources), Ronald Dworkin (2000).

Προτείνει αρχική ίση κατανομή πόρων σε όλους, ώστε ο καθένας να είναι υπεύθυνος για τις επιλογές τους και οι ανισότητες να δείχνουν προσωπικές επιλογές και όχι αδικία του συστήματος (Dworkin, 2000). Αγνοεί τις διαφορετικές ικανότητες, ανάγκες και κοινωνικές συνθήκες των ατόμων, που επηρεάζουν καθοριστικά την κινητικότητα. Δεν παρέχει μηχανισμούς για τη

διόρθωση υφιστάμενων ανισοτήτων, ούτε λαμβάνει υπόψη τον κοινωνικό αποκλεισμό ή τις συστημικές διακρίσεις στις μεταφορές.

- Θεωρία Δικαιοσύνης του Rawls (Rawlsian Justice Theory), John Rawls (1971, 2009).

Δίνει προτεραιότητα στους λιγότερο ευνοημένους χρήστες του δικτύου και προωθεί υποδομές που βοηθούν τους χρήστες περιορισμένων δυνατοτήτων. Η Ρωλσιανή αρχή της διαφοράς εφαρμόζεται στον Σχεδιασμό Δικτύου Μεταφορών (TNDP), που στοχεύει στη μεγιστοποίηση των οφελών που λαμβάνει η λιγότερο προνομιούχα ομάδα, επίσης χρήση της σε εφαρμογές Deep Reinforcement Learning (Deep RL) (π.χ. σε Άμστερνταμ και Χί'Αν, AAMAS 2023, May 29–June 2, 2023, London, United Kingdom), ως συνάρτηση ανταμοιβής επιτρέπει στους σχεδιαστές να διερευνήσουν πιθανούς συμβιβασμούς μεταξύ της αποδοτικότητας και της δικαιοσύνης (Zhu & Shi, 2022). Έχει δεχθεί κριτική για την περιθωριακή θέση που δίνει στη δημοκρατική διαβούλευση στην υποθετική «αγορά ασφάλισης» του Dworkin (η οποία εμπνέει τον Rawls). Αν και ο Martens υποστηρίζει ότι το αποτέλεσμα του Ρωλσιανού πειράματος σκέψης πρέπει λαμβάνεται υπόψιν στη δημοκρατική λήψη αποφάσεων, η θεωρία από μόνη της δεν παρέχει επαρκή διαδικαστική βάση για την εμπλοκή των πολιτών (Karner & Golub, 2015).

- Ωφελισμός, Jeremy Bentham 1948.

Είναι η πλέον διαδεδομένη προσέγγιση (π.χ., μέσω της Ανάλυσης Κόστους-Οφέλους, CBA) και έχει στόχο τη μεγιστοποίηση της συνολικής αποδοτικότητας ενός δικτύου (**Max Efficiency Baseline**) (Elvik, 2009). Βασική αδυναμία του είναι η «τυφλή διανομή» καθώς δεν λαμβάνει υπόψιν την πολυμορφία του κοινωνικού συνόλου και έχει μια οριζόντια αντιμετώπιση όπου αναπόφευκτα οξύνει τις αστικές αδικίες και αποδέχεται την αδικία σε βάρος μειονοτήτων προς όφελος την πλειοψηφίας.

2.4 Μεθοδολογικές Προσεγγίσεις για την Ανάλυση Ισότητας

Στην πράξη για να μπορέσει να βρεθεί τρόπος ρεαλιστικής εφαρμογής και σχεδιασμού ισότιμων συστημάτων γίνεται χρήση διάφορων μεθοδολογικών προσεγγίσεων όπου συνδυάζουν ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα. Εκτενέστερα, γίνεται χρήση των παρακάτω :

- Χωρικές Μέθοδοι όπως τα Χωρικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) όπου γίνεται χρησιμοποιούνται στην αποτύπωση των υφιστάμενων υποδομών

μετακινήσεων. Συμβάλουν στην οπτικοποίηση αποτελεσμάτων και τη μελέτη των χωρικών προτύπων, π.χ. πυκνότητα πληθυσμού, επιτρέποντας τη σύνδεση δημογραφικών και κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών με τις υποδομές και τις υπηρεσίες μεταφορών. Κάποια παραδείγματα που αξίζουν να αναφερθούν είναι:

1. *Transportation Justice Threshold Index Framework (TJTIF) (Karner & Golub, 2015)*: Πρόκειται για μια μέθοδο αξιολόγησης της επάρκειας των μέσων μεταφοράς σε διάφορες περιοχές όπου βασίζεται στη χρήση GIS. Εφαρμόστηκε πιλοτικά σε επτά κομητείες της Πενσυλβάνια και έκανε χρήση δημογραφικών, κοινωνικοοικονομικών παραγόντων (ηλικία, εθνικότητα, εισόδημα, αναπηρία) και τους συνέδεσε με τα επίπεδα προσβασιμότητας. Λειτουργήσε σε τέσσερα βήματα Επιλογή Παραγόντων, Συλλογή Δεδομένων GIS, Ανάπτυξη Δείκτη «Κατωφλίου» (Threshold Index Development) και TJ (Transportation Justice) Ταυτοποίηση και Προτάσεις. Στην κομητεία Sullivan, με 13 δήμους, εμφανίστηκαν τα χειρότερα αποτελέσματα αφού το TJTIF κατέγραψε ότι το 67% των κατοίκων με χαμηλό εισόδημα, το 71% των ηλικιωμένων και το 64% των ΑμεΑ διέμεναν σε περιοχές κάτω από το κατώφλι ελάχιστης προσβασιμότητας σε μέσα μεταφοράς (Karner & Golub, 2015). Συνολικά, εντοπίστηκαν αποκλίσεις άνω του 50% μεταξύ κοινωνικών ομάδων στην κάλυψη συγκοινωνιακών υπηρεσιών.
2. *Zhu, L. και Shi, F. (2022)*: Η μελέτη αυτή έδωσε βάση σε χωρικές και κοινωνικές αδικίες στην προσβασιμότητα σε θέσεις εργασίας στην Kunshan, Κίνα. Βασίστηκε σε δεδομένα από το Amp API (Application Programming Interface) και πληροφορίες από το σήμα κινητής τηλεφωνίας. Χρησιμοποιώντας δείκτες όπως ο δείκτης Hoover και ο Gini, διαπιστώθηκε ότι οι περιοχές με χαμηλότερο κοινωνικοοικονομικό προφίλ εμφάνιζαν έως και 40% χαμηλότερη προσβασιμότητα σε θέσεις εργασίας εντός 45 λεπτών από το σπίτι. Η προσβασιμότητα με μέσα μαζικής μεταφοράς παρουσίαζε εντονότερη ανισότητα σε σχέση με τη μετακίνηση με ΙΧ, αναδεικνύοντας τη διάκριση εις βάρος των κοινωνικά ευάλωτων ομάδων.
3. *El-Geneidy*: Η σειρά αυτή ερευνών, εστιάζει στην ενσωμάτωση της κοινωνικής ισότητας στον αστικό σχεδιασμό των μεταφορών, εξετάζοντας κυρίως τη σχέση μεταξύ προσβασιμότητας και κοινωνικής ανισότητας, ειδικότερα στο πλαίσιο των μέσων και του κόστους μετακίνησης. Η εφαρμογή σε περιοχές των ΗΠΑ και του Καναδά με χρήση GIS και δεικτών ισότητας κατέδειξαν ότι οι περιοχές με χαμηλότερα εισοδήματα και υψηλότερη πυκνότητα ευάλωτου

πληθυσμού συχνά έχουν χειρότερη εξυπηρέτηση συγκοινωνίας, παρά την εξάρτησή τους από αυτή (El-Geneidy et al., 2016).

Αδύναμα σημεία: Για τη χρήση των χωρικών μεθόδων κάποιες φορές υπάρχει περιορισμός των διαθέσιμων δεδομένων, ενώ η συλλογή τους μπορεί να γίνει χρονοβόρα καθώς τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται, όπως αυτά από το Google Street View, ενδέχεται να είναι αρκετά παλαιά (από το 2019 ή παλαιότερα). Τα εργαλεία GIS που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των ισοχρόνων (π.χ., Open Trip Planner) δεν μπορούν να υπολογίσουν τον μέσο χρόνο αναμονής για τις συγκοινωνίες, γεγονός που καθιστά την υπολογιστική ανάλυση μη ακριβή. Επίσης πολλές φορές καθίσταται δύσκολος ο εντοπισμός ακριβής θέσης κατοικίας, ατόμου κλπ. που μπορεί να επηρεάσει τις εκτιμήσεις κόστους και χρόνου ταξιδιού.

- Ποσοτικές Μέθοδοι και Μοντελοποίηση μέσω:
 1. Λογιστικών μοντέλων που βοηθούν στην ανάλυση επιλογής μέσου και αντιληπτής ασφάλειας
π.χ. *Chen & Akar (2021)*: Η μελέτη αυτή ανέλυσε την ισότητα προσβασιμότητας στις μετακινήσεις με γνώμονα τον τύπο κατοικίας στο Columbus του Οχάιο των ΗΠΑ κάνοντας χρήση χωρικών μοντέλων παλινδρόμησης και GIS. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι κάτοικοι οικονομικά προσιτών κατοικιών είχαν κατά 25–35% χαμηλότερη προσβασιμότητα σε θέσεις εργασίας και βασικές υπηρεσίες με τα MMM, σε σύγκριση με άλλες ομάδες. Φάνηκε έντονη συσχέτιση του χωρικού διαχωρισμού με την έλλειψη συνεκτικού πολεοδομικού σχεδιασμού. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν την ανάγκη για στοχευμένες χωρικά παρεμβάσεις και συγκοινωνιακό σχεδιασμό πιο ευαίσθητο σε κοινωνικούς παράγοντες.
Martens et al. (2012): Ανάλυση κρισιμότητας δικτύων με χρήση αλγορίθμων για να εντοπιστεί ανισότιμη πρόσβαση σε υποδομές. Μέσω υπολογιστικών μοντέλων και GIS υπολογίσθηκε κατά πόσο η απουσία ενός τμήματος του εκάστοτε δικτύου (π.χ. λεωφορειακής γραμμής) επηρεάζει την προσβασιμότητα κάποιων κοινωνικών ομάδων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αφαίρεση ακόμη και ενός κόμβου υψηλής κρισιμότητας μπορεί να μειώσει την προσβασιμότητα κατά έως και 40% για πληθυσμούς χαμηλού εισοδήματος αναδεικνύοντας την ανάγκη για ενσωμάτωση ενδεχόμενης «αποτυχίας» στον σχεδιασμό.
 2. Δεικτών ανισότητας όπως οι Gini, Teil και Atkinson που μετρούν τα επίπεδα προσβασιμότητας
π.χ. *Elvik (2009)*: Χρήση δείκτη Gini για να μετρηθεί η κατανομή κινδύνου οδικών ατυχημάτων μεταξύ κοινωνικών ομάδων.

3. Μοντέλων όπως η *Ενισχυτική Μάθηση (Deep RL)*, που συνεισφέρουν στη σχεδίαση δικτύων που λαμβάνουν υπόψιν κοινωνικά κριτήρια στην κατανομή πόρων (Dixit & Sivakumar, 2022).

Αδύναμα σημεία: Συχνά αγνοούνται μη μετρήσιμες μεταβλητές όπως εμπειρίες, φόβος, αντίληψη ασφάλειας, δηλαδή η υποκειμενική εμπειρία των χρηστών. Οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης συχνά μεγιστοποιούν την απόδοση εις βάρος των ευάλωτων κάνοντας χρήση μέσων όρων.

- Συμμετοχικές και ποιοτικές μέθοδοι: Λαμβάνουν υπόψιν τις υποκειμενικές εμπειρίες κι απόψεις χρηστών ερωτηματολογίων, συνεντεύξεων και ομάδων εστίασης (focus groups) για την υπογράμμιση κοινών προβληματισμών. Στο δείγμα συμπεριλαμβάνονται άτομα όλων των κατηγοριών. (ΑμεΑ, Ηλικιωμένοι, Γυναίκες, Ποδηλάτες κλπ.)

π.χ *Interprofessional Collaboration for Transport Equity (2021)*: Στην έρευνα εξετάστηκε η συνεργασία μηχανικών, πολεοδόμων και κοινωνικών λειτουργών για την προώθηση της ισότητας στις μεταφορές. Μέσα από συνεντεύξεις και ποιοτική ανάλυση, αναδείχθηκαν ως κρίσιμα σημεία η έλλειψη συντονισμού μεταξύ φορέων και η απουσία κοινού οράματος για κοινωνικά δίκαιη κινητικότητα. Βασικά εμπόδια αναδείχθηκαν η έλλειψη ποιοτικών δεδομένων (80%) και τα απομονωμένα εργασιακά περιβάλλοντα. Οι συμμετέχοντες τόνισαν την ανάγκη για ενσωμάτωση εμπειρικών δεδομένων από ευάλωτες ομάδες και για δια-επαγγελματική συνεργασία στον σχεδιασμό πολιτικών.

Mobility Justice in Malta (2021): Μέσω συνεντεύξεων με χρήστες ΜΜΜ και ανάλυση λόγου για την καταγραφή «κρυφών» αποκλεισμών ανέδειξε έντονες κοινωνικές και περιβαλλοντικές ανισότητες λόγω της κυριαρχίας του αυτοκινήτου. Παρά την αύξηση υποδομών, η βιώσιμη κινητικότητα παρέμεινε περιορισμένη, ειδικά για μη κατόχους ΙΧ. Η έλλειψη προσβασιμότητας, ο χωρικός αποκλεισμός και η ανεπαρκής δημόσια συγκοινωνία επιδείνωσαν τον κοινωνικό αποκλεισμό ευάλωτων ομάδων.

Αδύναμα σημεία: Τα δεδομένα βασίζονται σε υποκειμενικές εμπειρίες και αντιλήψεις των συμμετεχόντων, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει την αντικειμενικότητα της ανάλυσης. Επιπλέον, τα μικρά ή μη αντιπροσωπευτικά δείγματα περιορίζουν τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων. Η συλλογή και επεξεργασία ποιοτικών δεδομένων είναι συχνά χρονοβόρα και απαιτεί εμπειρία στη διευκόλυνση της συμμετοχής, ενώ υπάρχει και ο κίνδυνος υποεκπροσώπησης ορισμένων ευάλωτων κοινωνικών ομάδων.

- Πολυκριτηριακή Ανάλυση (Multi-criteria Analysis - MCA) που βοηθά στην αξιολόγηση μεταφορικών σχεδίων και πολιτικών, ενσωματώνοντας ποικίλα κριτήρια. Μέθοδοι όπως η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (AHP)

εφαρμόζονται για τη σύγκριση εναλλακτικών σεναρίων παρεμβάσεων. Επιτρέπει την εξισορρόπηση αντικρουόμενων στόχων, όπως η αποδοτικότητα και η ισότητα, προσφέροντας μια ολιστική θεώρηση στις αποφάσεις σχεδιασμού.

Π.χ. *Shi et al. (2021)*: Εφαρμόστηκε πολυκριτηριακή ανάλυση για την αξιολόγηση της προσβασιμότητας του συστήματος μεταφορών στην πόλη Wuhan, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως το κόστος μετακίνησης, ο χρόνος διαδρομής, το επίπεδο άνεσης και η ευπάθεια διαφορετικών κοινωνικών ομάδων. Η προσέγγιση αυτή επέτρεψε τη σύγκριση εναλλακτικών σεναρίων μεταφορικού σχεδιασμού και ανέδειξε χωρικές ανισότητες στην πρόσβαση στις μεταφορικές υπηρεσίες, υπογραμμίζοντας τη σημασία ενσωμάτωσης κοινωνικών κριτηρίων στην αξιολόγηση των μεταφορικών πολιτικών).

Fair Transport Network Design (2021): Η μελέτη προτείνει ένα πλαίσιο σχεδιασμού δικτύου μεταφορών που συνδυάζει πολυκριτηριακή ανάλυση (MCA) με τεχνικές Reinforcement Learning για την αξιολόγηση και βελτιστοποίηση εναλλακτικών σεναρίων σχεδιασμού. Το μοντέλο ενσωματώνει τόσο λειτουργικά κριτήρια, όπως η αποδοτικότητα και ο χρόνος μετακίνησης, όσο και κοινωνικά κριτήρια που σχετίζονται με τη δίκαιη κατανομή των μεταφορικών υπηρεσιών, με στόχο τη βελτίωση της συνολικής απόδοσης του δικτύου χωρίς επιδείνωση των ανισοτήτων στην προσβασιμότητα.

Η επιλογή κριτηρίων και ιδιαίτερα η ανάθεση βαρών σε αυτά μπορεί να είναι υποκειμενική και να επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα της αξιολόγησης. Παράλληλα, η αυξημένη μεθοδολογική πολυπλοκότητα των μοντέλων μπορεί να περιορίσει τη διαφάνεια και την κατανόηση των αποτελεσμάτων από φορείς λήψης αποφάσεων, ενώ η αξιοπιστία της ανάλυσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διαθεσιμότητα και την ποιότητα των δεδομένων.

2.5 Κοινωνικοί και χωρικοί παράγοντες ανισότητας

Οι κοινωνικές και χωρικές ανισότητες στη συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση είναι αλληλένδετες και αποκαλύπτονται μέσα από ένα σύνολο παραγόντων που σχετίζονται τόσο με τα χαρακτηριστικά των ατόμων όσο και με τη γεωγραφική κατανομή των υποδομών. Κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες (Πίνακας 1) όπως το χαμηλό εισόδημα, η ηλικία, η αναπηρία, το φύλο, η οικογενειακή κατάσταση ή η μεταναστευτική προέλευση επηρεάζουν καθοριστικά την πρόσβαση ενός ατόμου σε ποιοτικές και ασφαλείς συγκοινωνιακές υπηρεσίες. Για παράδειγμα, άτομα με χαμηλό εισόδημα έχουν περιορισμένες επιλογές μετακίνησης, συχνά εξαρτώμενα

από μέσα μαζικής μεταφοράς, τα οποία ενδέχεται να είναι χαμηλής εξυπηρέτησης στις περιοχές που κατοικούν. Παρομοίως, ηλικιωμένοι, άτομα με αναπηρία και γονείς με μικρά παιδιά απαιτούν εύκολη, κοντινή και χωρίς εμπόδια πρόσβαση, την οποία πολλές φορές δεν απολαμβάνουν.

Σε επίπεδο χώρου, οι ανισότητες εντοπίζονται στην κατανομή των συγκοινωνιακών υποδομών και υπηρεσιών. Οι περιοχές υψηλής αστικής πυκνότητας τείνουν να διαθέτουν μεγαλύτερη κάλυψη, με περισσότερες γραμμές, συχνότερα δρομολόγια και μικρότερες αποστάσεις από στάσεις. Αυτό όμως δεν φαίνεται να συνεπάγεται μια καλή συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση καθώς εμπλέκονται επιπλέον δεδομένα ικανοποίησης. Επιπλέον, η απόσταση από κεντρικά σημεία δραστηριοτήτων (εργασία, υγεία, εκπαίδευση), ο κατακερματισμός των χρήσεων γης και η έλλειψη υποδομών προσβασιμότητας εντείνουν τις χωρικές ανισότητες, οδηγώντας τελικά σε κοινωνικό αποκλεισμό.

2.5.1 Κοινωνικοί Παράγοντες

Πίνακας 1: Επίπεδο Εξυπηρέτησης- Κοινωνικοί Παράγοντες

Παράγοντας	Δείκτες / Μετρήσεις	Πηγή Δεδομένων / Μέθοδος	Πώς επηρεάζει την ανισότητα
Εισόδημα	Μέσο εισόδημα νοικοκυριών	Δεδομένα απογραφής (π.χ. ΕΛΣΤΑΤ), φορολογικά αρχεία	Τα άτομα με χαμηλό εισόδημα έχουν περιορισμένες επιλογές μέσων, εξαρτώνται από ΜΜΜ, ενώ φαίνεται να κατοικούν σε περιοχές με κακή συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση.
Εκπαίδευση	Ποσοστό πληθυσμού ανά μορφωτικό επίπεδο	ΕΛΣΤΑΤ, Υπουργείο Παιδείας, τοπικές βάσεις	Χαμηλότερα μορφωτικά επίπεδα σχετίζονται με περιορισμένη γνώση ή διεκδίκηση δικαιωμάτων προσβασιμότητας.

Ηλικία	Ποσοστό πληθυσμού ανά ηλικιακή ομάδα, Οι ηλικιωμένοι (>60 ετών) εξετάζονται ως ομάδα με διαφορετικές ανάγκες/δυσκολίες	Δεδομένα απογραφής (π.χ. ΕΛΣΤΑΤ)	Οι ηλικιωμένοι συχνά αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην πρόσβαση, ιδιαίτερα σε υποδομές χωρίς προσβασιμότητα ή με μακρινές αποστάσεις.
Φύλο	Κατανομή πληθυσμού ανά φύλο	Δεδομένα απογραφής (π.χ. ΕΛΣΤΑΤ)	Γυναίκες έχουν αυξημένη ευαισθησία σε ζητήματα ασφάλειας (π.χ. φωτισμός, παρενόχληση), επηρεάζοντας τις μετακινήσεις τους.
Αναπηρία	Ποσοστό ΑμεΑ και είδος αναπηρίας,	Υγειονομικά δεδομένα, απογραφή, κοινωνικές υπηρεσίες	Η έλλειψη κατάλληλων υποδομών όπως ράμπες, χαμηλά λεωφορεία, ηχητικές σημάσεις κλπ. δημιουργεί εμπόδια στην ισότιμη πρόσβαση.
Εθνικότητα/ Μεταναστευτικό υπόβαθρο	Ποσοστό πληθυσμού ανά ομάδα υπηκοοτήτων	Απογραφή, Υπ. Μετανάστευσης	Συχνά ζουν σε περιοχές χαμηλής εξυπηρέτησης (γκετοποίηση) ή είναι αποκλεισμένοι από πολιτικές συμμετοχής στον σχεδιασμό.
Κατοικία – Τοποθεσία	Απόσταση από κέντρα δραστηριότητας, τύπος κατοικίας	GIS ανάλυση, πολεοδομικά δεδομένα	Περιφερειακές ή πυκνοκατοικημένες περιοχές συχνά έχουν φτωχότερη εξυπηρέτηση, οδηγώντας σε χωρικές ανισότητες
Αναλογία ΙΧ ανά νοικοκυριό	Δείκτης μηχανοκίνητης εξάρτησης	Στατιστικές ΜΜΕ, ΕΛΣΤΑΤ, Υπ. Υποδομών	
Πρόσβαση σε ΜΜΜ	Ποσοστό κατοικιών εντός Χ μέτρων από στάση	GIS, transit layers	

Οικογενειακή Κατάσταση	Ποσοστό πληθυσμού ανά κατηγορία (π.χ., Άγαμοι, Έγγαμοι, Διαζευγμένοι, Χήροι)	Δημογραφικά Στοιχεία	Γονείς με μικρά παιδιά έχουν αυξημένες ανάγκες για ασφαλείς, σύντομες και προσβάσιμες διαδρομές
------------------------	--	----------------------	---

Η μέτρηση αυτών των παραγόντων σε επίπεδο περιοχής απαιτεί κυρίως τη χρήση στατιστικών δεδομένων και εργαλείων χωρικής αποτύπωσης μέσω συγκεκριμένων βημάτων όπως:

- Οριοθέτηση Χωρικών Μονάδων (Zones/TAZs): Πρωταρχικό βήμα είναι ο ορισμός των ζωνών ανάλυσης μεταφορών ή άλλων διοικητικών/γεωγραφικών μονάδων (όπως δήμοι, διαμερίσματα, ή δημοτικές κοινότητες (ΔΚ)). Η χωρική κατανομή των ανισοτήτων μελετάται μεταξύ αυτών των περιοχών.
- Χρήση Δεδομένων Απογραφής: Σε επίπεδο περιοχής, οι μετρήσεις βασίζονται σε επίσημα στατιστικά στοιχεία, όπως αυτά της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ.). Αυτά τα δεδομένα παρέχουν τη βάση για τη συγκέντρωση κοινωνικο-δημογραφικών στοιχείων (όπως ηλικία, φύλο, εισόδημα, οικογενειακή κατάσταση και υπηκοότητα/φυλή) σε κάθε οριοθετημένη ζώνη.

Ανάπτυξη Δεικτών και Ποσοστών: Οι ατομικοί παράγοντες μετατρέπονται σε δείκτες σε επίπεδο περιοχής (ζώνης). Για παράδειγμα:

- Πυκνότητα Πληθυσμού: Υπολογίζεται ως κάτοικοι ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (κατ/τ.χλμ) ανά περιοχή.
- Ποσοστά Ευάλωτων Ομάδων: Υπολογίζονται ποσοστά όπως το ποσοστό του πληθυσμού άνω των 60 ετών ή το ποσοστό ατόμων με αναπηρία εντός της ζώνης.
- Οικονομικοί Δείκτες: Το μέσο ή διάμεσο εισόδημα της ζώνης, ή το ποσοστό των νοικοκυριών που ανήκουν σε συγκεκριμένες εισοδηματικές κατηγορίες.
- Συστήματα Βασισμένα σε GIS: Ένα παράδειγμα ολοκληρωμένου πλαισίου είναι το Transportation Justice Threshold Index Framework (TJTIF), το οποίο χρησιμοποιεί GIS για να συνδυάσει δημογραφικά, κοινωνικο-οικονομικά και

μεταφορικά/χωροταξικά στοιχεία, καθορίζοντας συγκεκριμένες τιμές (thresholds) για κάθε παράγοντα σε επίπεδο περιοχής.

- **Σταθμισμένη Ζήτηση Μεταφορών:** Για τη μέτρηση της επίδρασης αυτών των παραγόντων στη λειτουργία του δικτύου, χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά χρήστη για κάθε ζώνη ανάλυσης. Η ανισότητα μεταξύ των χρηστών, μετρούμενη μέσω των κοινωνικο-οικονομικών χαρακτηριστικών τους, ενσωματώνεται στον υπολογισμό της σταθμισμένης ζήτησης μεταφορών με βάση την ισότητα (equity-weighted transport demand). Παραδείγματα μεταβλητών που χρησιμοποιούνται για αυτή τη στάθμιση σε επίπεδο περιοχής είναι ο συνολικός πληθυσμός και ο δείκτης ευαλωτότητας νοικοκυριού (household vulnerability index).
- **Έμμεσοι Χωρικοί Παράγοντες:** Σε περιπτώσεις όπου τα άμεσα δεδομένα (π.χ., εισόδημα) είναι δύσκολο να συλλεχθούν, χρησιμοποιούνται χωρικά δεδομένα ως πληρεξούσιοι (proxies), όπως: Ο δείκτης τιμής κατοικίας σε μια περιοχή, ο οποίος λειτουργεί ως δείκτης για το επίπεδο ανάπτυξης και πλούτου της συγκεκριμένης ζώνης, επιτρέποντας την ομαδοποίηση των κατοίκων της περιοχής σε διαφορετικές οικονομικές κλίμακες.

2.5.2 Συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση

Η κατανομή του παρεχόμενου επιπέδου συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης ανά περιοχή εξαρτάται από παράγοντες όπως η εγγύτητα σε βασικά δίκτυα (σταθμοί, γραμμές), η πυκνότητα πληθυσμού, ο πολεοδομικός σχεδιασμός και η προτεραιότητα των μεταφορικών πολιτικών. Η αξιολόγηση γίνεται μέσω χωρικής ανάλυσης, με δείκτες (Πίνακας 2) όπως:

Πίνακας 2: Επίπεδο Εξυπηρέτησης ανά κατηγορία μετακίνησης

Κατηγορία Μετακίνησης	Δείκτης	Περιγραφή
I.X. (Αυτοκίνητα)	Level of Service (A–F)	Απόδοση οδικού δικτύου με βάση τον κορεσμό δηλαδή ροή, καθυστέρηση, συμφόρηση και αντιληπτή ασφάλεια
	Μέσος Χρόνος Ταξιδιού	Απόσταση σε συνάρτηση με τον χρόνο μετακίνησης.

	Peak-hour Speed	Ταχύτητα στις ώρες αιχμής συγκριτικά με ελεύθερη κυκλοφορία.
	Καθυστέρηση σε κόμβους	Χρόνος αναμονής σε φανάρια και διασταυρώσεις.
	Reliability Index	Σταθερότητα χρόνου ταξιδιού ανά ημέρα/ώρα.
	Parking Availability	Επαρκής χώρος στάθμευσης ανά περιοχή.
Δίκυκλα	Υποδομές Κίνησης	Παρουσία αποκλειστικών λωρίδων κυκλοφορίας ή προτεραιότητας.
	Χώροι Στάθμευσης	Ειδικές υποδομές για ασφαλή στάθμευση.
	Δείκτης Ατυχημάτων	Συχνότητα και σοβαρότητα ατυχημάτων ανά χλμ./χρήστη.
	Αντιληπτή Ασφάλεια	Υποκειμενική αίσθηση κινδύνου του χρήστη.
Ενεργές Μετακινήσεις (πεζοί & ποδηλάτες)	Walkability / Bike-ability Index	Ποιότητα περιπάτων και ποδηλατοδρόμων με βάση υποδομές και συνδεσιμότητα.
	Προσβασιμότητα σε Σημεία Ενδιαφέροντος	Ποσοστό πληθυσμού με δυνατότητα πρόσβασης σε βασικές υπηρεσίες (π.χ. σχολείο, στάση, μαγαζιά) εντός Χ χρόνου.
	Συνθήκες	Φωτισμός, σκίαση, θόρυβος, καθαριότητα και γενική άνεση διαδρομής.
MMM	Πυκνότητα Διαδρομών	Χλμ. υποδομής ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Καταγεγραμμένα ή δηλωμένα συμβάντα ανά τύπο χρήστη.

	Απόσταση από στάσεις / σταθμούς	Πόσοι κάτοικοι μένουν σε Χ απόσταση π.χ. <400 μ από στάση λεωφορείου
	Συχνότητα δρομολογίων	Πόσα δρομολόγια περνούν ανά ώρα στην περιοχή
	Χρονική κάλυψη	Ώρες λειτουργίας συγκοινωνίας
	Συνδεσιμότητα	Αριθμός γραμμών που συνδέονται / εναλλακτικές διαδρομές
	Προσβασιμότητα σε προορισμούς	Πόσες ευκαιρίες (εργασία, υγεία, σχολεία) προσεγγίζονται εντός 30'
	Επίπεδο Εξυπηρέτησης (Level of Transit Service – LoTS)	Κατάταξη περιοχών βάσει συχνότητας, απόστασης και χρόνου μετακίνησης

*Buffer είναι μια γεωμετρική περιοχή που δημιουργείται γύρω από ένα γεωγραφικό στοιχείο (όπως στάση λεωφορείου, σταθμό μετρό ή δρόμο) ώστε να αναλυθεί η εμβέλειά του ή η επίδρασή του στον γύρω χώρο.)

*Το Isochrone analysis (ανάλυση ισοχρόνου) είναι μια χωρική μέθοδος που χρησιμοποιείται για να απεικονίσει και να αναλύσει ποιες περιοχές μπορούν να προσεγγιστούν από ένα σημείο μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (π.χ. 10, 20 λεπτά), με ένα συγκεκριμένο μέσο μεταφοράς (π.χ. πεζή, με ποδήλατο, με ΜΜΜ, κ.ά.).

2.5.3 Επιρροή κοινωνικών και οικονομικών ανισοτήτων στη συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση

Οι κοινωνικές και οικονομικές ανισότητες επηρεάζουν άμεσα τη συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση, η οποία ορίζεται ως προσβασιμότητα, καθορίζοντας τόσο την ικανότητα των ατόμων να χρησιμοποιήσουν τις παρεχόμενες υπηρεσίες όσο και τον τρόπο κατανομής των οφελών. Το χαμηλό εισόδημα αποτελεί βασική πηγή αποκλεισμού στις μεταφορές, καθώς αυξάνει σημαντικά την ευαισθησία στο κόστος ταξιδιού και μειώνει την αντιληπτή οικονομική προσιτότητα. Μάλιστα, φαίνεται πως η βελτίωση της οικονομικής προσιτότητας είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος βελτίωσης της αντιληπτής προσβασιμότητας και της δικαιοσύνης στις μεταφορές.

Δημογραφικοί παράγοντες, όπως το φύλο (π.χ. γυναίκες με παιδιά < 5 ετών είναι πιο ευαίσθητες στον χρόνο περπατήματος) και η ηλικία (οι ηλικιωμένοι (>60) μεγαλύτερη δυσκολία στην πεζή κάλυψη αποστάσεων), διαφοροποιούν τη χρησιμότητα που αντλείται από την εξυπηρέτηση. Επιπλέον, ο χωρικός διαχωρισμός και ο τύπος κατοικίας αποκαλύπτουν ανισότητες, με τους κατοίκους χαμηλού κόστους κατοικιών να αντιλαμβάνονται χειρότερα την εξυπηρέτηση και τη δικαιοσύνη στις μεταφορές.

Τέλος, οι ανισότητες στην εξυπηρέτηση ενισχύονται όταν ο σχεδιασμός βασίζεται στον ωφελμισμό, ο οποίος μεγιστοποιεί τη συνολική απόδοση, αλλά οδηγεί σε δυσανάλογα οφέλη παραμελώντας τις ευάλωτες ομάδες. Αντίθετα, η εφαρμογή αρχών πιο ανθρωποκεντρικών με σεβασμό στην διαφορετικότητα του κάθε χρήστη επιδιώκει να μεγιστοποιήσει τα οφέλη για τους λιγότερο ευνοημένους, μετριάζοντας έτσι τις κοινωνικοοικονομικές ανισότητες.

2.6 Η περίπτωση της Αθήνας

Στην Αθήνα, η διερεύνηση της ισότητας και της δικαιοσύνης στις μεταφορές έχει αναδείξει σημαντικές ανισότητες τόσο στην αντιληπτή ασφάλεια όσο και στην κατανομή και ποιότητα των υποδομών. Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στις πρώτες δημοτικές ενότητες του Δήμου Αθηναίων δείχνουν ότι η αντιληπτή οδική ασφάλεια είναι σχετικά υψηλή για τους οδηγούς αυτοκινήτων και τους πεζούς, ενώ παραμένει αισθητά χαμηλότερη για τους ποδηλάτες και τους χρήστες ηλεκτρικών πατινιών, γεγονός που υποδηλώνει ότι το αστικό οδικό περιβάλλον δεν ενθαρρύνει ισότιμα τις ενεργές και εναλλακτικές μορφές μετακίνησης (Καρακίτσου, 2023).

Παράλληλα, καταγράφεται άνιση ποιότητα υποδομών μεταξύ διαφορετικών περιοχών του αστικού ιστού. Σε ορισμένες δημοτικές ενότητες παρατηρούνται αναβαθμισμένα πεζοδρόμια, καλύτερα οργανωμένες διαβάσεις και βελτιωμένες συνθήκες κυκλοφορίας, ενώ σε άλλες εξακολουθούν να εντοπίζονται ελλείψεις που επηρεάζουν αρνητικά την προσβασιμότητα και την αίσθηση ασφάλειας των χρηστών. Επίσης, στοχευμένες παρεμβάσεις, όπως η προσωρινή εφαρμογή ποδηλατοδρόμου στη Βασιλίσσης Όλγας, έχουν αναδείξει ότι ακόμη και περιορισμένες χωρικά αλλαγές μπορούν να επηρεάσουν θετικά την εμπειρία και την αντιληπτή ασφάλεια των χρηστών (Tsigdinos, 2024).

Επιπλέον, η περίπτωση της Αθήνας αναδεικνύει ότι οι οικονομικοί παράγοντες και η τιμολογιακή πολιτική των δημόσιων συγκοινωνιών παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της αντίληψης περί δικαιοσύνης. Η ικανοποίηση των χρηστών από εκπτώσεις ή παρεμβάσεις που μειώνουν το κόστος μετακίνησης συνδέεται άμεσα με την αποδοχή πολιτικών για πιο δίκαιη κινητικότητα, γεγονός που ενισχύει την ανάγκη να αντιμετωπίζεται η ισότητα στις μεταφορές όχι μόνο ως τεχνικό ή χωρικό, αλλά και ως οικονομικό και κοινωνικό ζήτημα.

2.7 Συμπεράσματα

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση επιβεβαιώνει ότι η ισότητα και η δικαιοσύνη στις μεταφορές δεν μπορούν να αποδοθούν επαρκώς μέσω αποκλειστικά τεχνοοικονομικών κριτηρίων. Αντίθετα, πρόκειται για πολυδιάστατες έννοιες που συνδέονται με ζητήματα κοινωνικής δικαιοσύνης, προσβασιμότητας, χωρικής οργάνωσης, οικονομικής προσιτότητας και αντιληπτής ασφάλειας. Οι θεωρητικές προσεγγίσεις που έχουν αναπτυχθεί στη διεθνή βιβλιογραφία προσφέρουν σημαντικά ηθικά και εννοιολογικά εργαλεία για την κατανόηση του ζητήματος, χωρίς όμως να παρέχουν πάντα άμεσα εφαρμόσιμες μεθόδους αξιολόγησης.

Παράλληλα, οι σύγχρονες μεθοδολογικές προσεγγίσεις αναδεικνύουν την ανάγκη για συνδυαστική χρήση εργαλείων ποσοτικού, χωρικού και ποιοτικού χαρακτήρα. Η αποτύπωση των εμπειριών των χρηστών, η χωρική ανάλυση των ανισοτήτων και η ενσωμάτωση κοινωνικών κριτηρίων στον σχεδιασμό αποτελούν βασικά στοιχεία μιας πιο ολοκληρωμένης αποτίμησης της συγκοινωνιακής δικαιοσύνης.

Στην περίπτωση της Αθήνας, η βιβλιογραφία είναι ελλιπής και καταδεικνύει ότι παρατηρούνται σαφείς χωρικές ανισότητες στην ποιότητα των υποδομών, στην αντιληπτή ασφάλεια και στις δυνατότητες πρόσβασης, ιδιαίτερα για χρήστες ενεργών μετακινήσεων και ευάλωτες ομάδες πληθυσμού. Τα ευρήματα αυτά καθιστούν αναγκαία την περαιτέρω διερεύνηση της ισότητας στις μεταφορές στο μητροπολιτικό περιβάλλον της Αττικής, μέσα από μεθοδολογίες που να συνδυάζουν κοινωνικά, χωρικά και λειτουργικά δεδομένα.

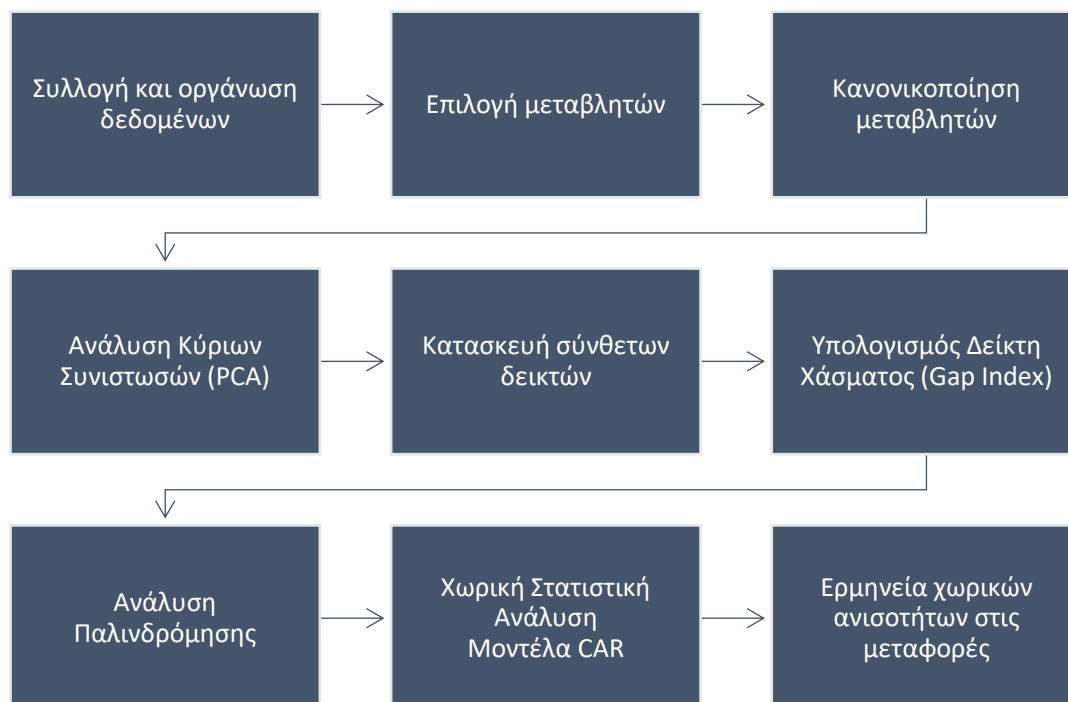
Παρά την εκτενή θεωρητική και μεθοδολογική συζήτηση γύρω από την έννοια της ισότητας και της δικαιοσύνης στις μεταφορές, ένα κρίσιμο κενό εξακολουθεί να παραμένει στον πυρήνα της σχετικής έρευνας: η απόκλιση μεταξύ των αντικειμενικών τεχνικών δεδομένων και της υποκειμενικής εμπειρίας των χρηστών. Τα διαθέσιμα εργαλεία μπορούν στη μεγάλη τους πλειονότητα να αποτυπώσουν τη δυνητική κινητικότητα, όχι όμως πάντοτε την ολοκληρωμένη, πραγματική εμπειρία των χρηστών και ιδιαίτερα των ευάλωτων ομάδων. Αναδύεται, επομένως, η ανάγκη για μια σύνθεση τεχνικής και βιωματικής προσέγγισης, η οποία να ενσωματώνει τις «φωνές» των χρηστών και να αναδεικνύει αντιληπτές ανισότητες που σχετίζονται με το αίσθημα ασφάλειας, την άνεση και την προσβασιμότητα υπό όρους φόβου ή σωματικής δυσκολίας.

Από αυτή τη συνθήκη προκύπτει το βασικό ερευνητικό ερώτημα της παρούσας εργασίας: ποιοι είναι οι κοινωνικοί και χωρικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη δικαιοσύνη στις μεταφορές και πώς μπορεί να μετρηθεί στην πράξη ο βαθμός δικαιοσύνης και ισότητας σε επίπεδο περιοχής;

3. Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό υπόβαθρο / Μεθοδολογίες

3.1 Μεθοδολογία

Η συνολική μεθοδολογική διαδικασία που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται στο Σχήμα 1. Η ανάλυση ξεκινά από τη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων και την επιλογή των μεταβλητών που σχετίζονται με τις κοινωνικές ανάγκες μετακίνησης, τη μεταφορική εξυπηρέτηση και την οδική ασφάλεια. Στη συνέχεια πραγματοποιείται κανονικοποίηση των μεταβλητών και εφαρμογή της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA) για την κατασκευή των σύνθετων δεικτών. Η μέθοδος PCA επιλέγεται καθώς επιτρέπει τη μείωση της διάστασης των δεδομένων και τη συμπύκνωση πολλαπλών συσχετισμένων μεταβλητών σε έναν μικρό αριθμό συνιστωσών, διατηρώντας το μεγαλύτερο μέρος της πληροφορίας και περιορίζοντας την πολυσυγγραμμικότητα μεταξύ των δεικτών. Οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του δείκτη χάσματος (Gap Index), ενώ στη συνέχεια εφαρμόζονται μοντέλα παλινδρόμησης και χωρικής στατιστικής ανάλυσης (CAR) για τη διερεύνηση των χωρικών προτύπων και των ανισοτήτων στο σύστημα μεταφορών της Αττικής. Η χρήση των μοντέλων CAR είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για χωρικά δεδομένα, καθώς λαμβάνει υπόψη τη χωρική αυτοσυσχέτιση μεταξύ γειτονικών περιοχών, επιτρέποντας την ακριβέστερη εκτίμηση των χωρικών ανισοτήτων και την αποφυγή μεροληψίας που μπορεί να προκύψει από την υπόθεση ανεξαρτησίας των παρατηρήσεων.



Εικόνα 1

3.2 Θεωρητικό Υπόβαθρο της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA)

Η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis – PCA) αποτελεί μία από τις πλέον διαδεδομένες πολυμεταβλητές στατιστικές τεχνικές για τη διερεύνηση σύνθετων συνόλων δεδομένων (Jolliffe & Cadima, 2016). Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η PCA επιλέγεται ως το βασικό μεθοδολογικό εργαλείο για τη μείωση της διάστασης των δεδομένων και την κατασκευή σύνθετων δεικτών που αφορούν την κοινωνική δομή, τη μεταφορική εξυπηρέτηση και την οδική ασφάλεια των δήμων της Αττικής. Ο πρωταρχικός σκοπός της μεθόδου είναι η μετατροπή ενός συνόλου συσχετισμένων μεταβλητών σε ένα νέο σύνολο ασυσχέτιστων μεταβλητών, τις κύριες συνιστώσες, οι οποίες διατηρούν τη μέγιστη δυνατή πληροφορία από την αρχική διακύμανση του συστήματος (Jolliffe, 1990).

Η μαθηματική αρχή της μεθόδου βασίζεται στην εύρεση γραμμικών συνδυασμών των αρχικών μεταβλητών που μεγιστοποιούν τη διακύμανση (Tharwat, 2016). Εάν θεωρήσουμε έναν πίνακα παρατηρήσεων X μεγέθους $n \times p$ όπου n είναι ο αριθμός των δήμων και p ο αριθμός των εξεταζόμενων μεταβλητών, η PCA επιδιώκει να προσδιορίσει έναν νέο μετασχηματισμό της μορφής:

$$Z = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_pX_p$$

όπου Z είναι η κύρια συνιστώσα και a_i οι συντελεστές (φορτίσεις) που πρέπει να προσδιοριστούν έτσι ώστε η διακύμανση της Z να είναι η μέγιστη δυνατή, υπό τον περιορισμό ότι το άθροισμα των τετραγώνων των συντελεστών ισούται με τη μονάδα ($a^2 = 1$) για λόγους κανονικοποίησης (Jolliffe & Cadima, 2016). Η διαδικασία αυτή είναι επαναληπτική, με κάθε επόμενη συνιστώσα να μεγιστοποιεί την υπολειπόμενη διακύμανση, όντας παράλληλα ορθογώνια (μη συσχετισμένη) προς τις προηγούμενες (Maćkiewicz & Ratajczak, 1993).

Κεντρικό ρόλο στον μαθηματικό προσδιορισμό των συνιστωσών παίζει ο πίνακας συνδιακύμανσης (S) ή ο πίνακας συσχέτισης (R) των δεδομένων. Ο πίνακας συνδιακύμανσης χρησιμοποιείται όταν όλες οι μεταβλητές εκφράζονται στις ίδιες μονάδες μέτρησης, ωστόσο στην ανάλυση μεταφορικών και κοινωνικών δεικτών, όπου οι μονάδες διαφέρουν (π.χ. πυκνότητα πληθυσμού έναντι αριθμού ατυχημάτων), κρίνεται απαραίτητη η χρήση του πίνακα συσχέτισης (Jolliffe, 1990). Η χρήση του R ισοδυναμεί με την ανάλυση τυποποιημένων μεταβλητών (standardized variables), διασφαλίζοντας ότι μεταβλητές με μεγάλες απόλυτες τιμές δεν θα κυριαρχήσουν αδικαιολόγητα στην ανάλυση (Jolliffe & Cadima, 2016). Ο προσδιορισμός των κύριων συνιστωσών ανάγεται στην επίλυση του προβλήματος

των ιδιοτιμών και ιδιοδιανυσμάτων του πίνακα συνδιακύμανσης ή συσχέτισης. Μαθηματικά, αυτό εκφράζεται μέσω της χαρακτηριστικής εξίσωσης:

$$|S - \lambda I| = 0$$

όπου S είναι ο πίνακας συνδιακύμανσης, λ αντιπροσωπεύει τις ιδιοτιμές (eigenvalues) και I είναι ο μοναδιαίος πίνακας (Maćkiewicz & Ratajczak, 1993). Οι ιδιοτιμές $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$, διατεταγμένες σε φθίνουσα σειρά ($\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$), αντιστοιχούν στη διακύμανση που εξηγείται από κάθε κύρια συνιστώσα (Tharwat, 2016). Τα αντίστοιχα ιδιοδιανύσματα (eigenvectors) A_i παρέχουν τους συντελεστές των γραμμικών συνδυασμών, καθορίζοντας την κατεύθυνση των νέων αξόνων στον p - διάστατο χώρο (Maćkiewicz & Ratajczak, 1993). Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της PCA είναι η δυνατότητα εκτίμησης της εξηγούμενης διακύμανσης, η οποία επιτρέπει στον ερευνητή να αποφασίσει πόσες συνιστώσες είναι απαραίτητες για μια αξιόπιστη αναπαράσταση των δεδομένων. Το ποσοστό της συνολικής διακύμανσης που εξηγείται από την i -οστή συνιστώσα δίνεται από τον λόγο της αντίστοιχης ιδιοτιμής προς το άθροισμα των ιδιοτιμών του πίνακα S :

$$W_i = \frac{\lambda_i}{tr(S)} \times 100$$

Στην πράξη, επιλέγεται ένας αριθμός συνιστωσών που αθροιστικά εξηγούν ένα ικανοποιητικό ποσοστό της συνολικής διακύμανσης, συνήθως άνω του 70-80% (Jolliffe & Cadima, 2016). Η μείωση αυτή είναι κρίσιμη, καθώς επιτρέπει τη διαχείριση μεγάλου πλήθους δεικτών οδικής ασφάλειας ή κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών μέσω ελάχιστων σύνθετων μεταβλητών, διευκολύνοντας την ερμηνεία και τη λήψη αποφάσεων (Tharwat, 2016).

Στην παρούσα εργασία, η εφαρμογή της PCA στοχεύει στην ανάδειξη της πληροφορίας που εμπεριέχεται σε πληθώρα πρωτογενών δεδομένων για τους δήμους της Αττικής. Για παράδειγμα, στην ενότητα της κοινωνικής δομής, η PCA επιτρέπει την ενοποίηση μεταβλητών όπως το εισόδημα, το επίπεδο εκπαίδευσης και η ανεργία σε έναν ενιαίο δείκτη κοινωνικής ευπάθειας. Αντίστοιχα, για τη μεταφορική εξυπηρέτηση, η μέθοδος συνδυάζει στοιχεία προσβασιμότητας και πυκνότητας δικτύου, ενώ στην οδική ασφάλεια επιτρέπει την κατασκευή ενός σύνθετου δείκτη επικινδυνότητας που λαμβάνει υπόψη τη σοβαρότητα και τη συχνότητα των ατυχημάτων. Με τον τρόπο αυτό, η PCA δεν λειτουργεί απλώς ως μέθοδος στατιστικής επεξεργασίας, αλλά ως ένα εργαλείο ανάδειξης των χωρικών ανισοτήτων και της μεταφορικής αδικίας, επιτρέποντας τη σύγκριση των δήμων βάσει επιστημονικά τεκμηριωμένων σύνθετων κριτηρίων (Jolliffe, 1990· Maćkiewicz & Ratajczak, 1993).

Συνοψίζοντας, η PCA αποτελεί μια μαθηματική διαδικασία που μετασχηματίζει τις αρχικές μεταβλητές σε ένα βελτιστοποιημένο σύστημα συντεταγμένων. Μέσω της φασματικής αποσύνθεσης του πίνακα συνδιακύμανσης, επιτυγχάνεται η απομόνωση της σημαντικότερης πληροφορίας, επιτρέποντας τη μελέτη των μεταφορών στην Αττική μέσα από ένα πιο καθαρό και ερμηνεύσιμο πρίσμα, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα την απώλεια στατιστικής πληροφορίας (Maćkiewicz & Ratajczak, 1993, Jolliffe & Cadima, 2016).

3.2.1 Ερμηνεία και Αξιολόγηση των Αποτελεσμάτων της PCA

Μετά τον μαθηματικό προσδιορισμό των κύριων συνιστωσών, κρίνεται απαραίτητη η αξιολόγηση και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι νέες μεταβλητές (σύνθετοι δείκτες) αναπαριστούν με ακρίβεια τη δομή των πρωτογενών δεδομένων. Η διαδικασία αυτή εστιάζει στην ανάλυση των ιδιοτιμών, του ποσοστού εξηγούμενης διακύμανσης, των φορτίσεων και των σκορ των συνιστωσών (component scores).

3.2.2 Κριτήρια Επιλογής του Αριθμού των Συνιστωσών

Ο προσδιορισμός του βέλτιστου αριθμού συνιστωσών (q) αποτελεί κρίσιμο στάδιο για τη μείωση της διαστασιμότητας, καθώς στόχος είναι η διατήρηση του «σήματος» (signal) και η απόρριψη του στατιστικού «θορύβου» (noise) (Jolliffe, 2002). Στη βιβλιογραφία προτείνονται δύο κυρίως μέθοδοι:

1. **Κριτήριο Kaiser:** Σύμφωνα με αυτό το κριτήριο, διατηρούνται μόνο οι συνιστώσες εκείνες των οποίων η ιδιοτιμή είναι μεγαλύτερη της μονάδας ($\lambda > 1$). Η λογική βασίζεται στο γεγονός ότι, σε μια ανάλυση βασισμένη στον πίνακα συσχέτισης, κάθε αρχική τυποποιημένη μεταβλητή έχει διακύμανση ίση με 1· συνεπώς, μια συνιστώσα είναι στατιστικά χρήσιμη μόνον όταν εξηγεί περισσότερη διακύμανση από μία μεμονωμένη μεταβλητή (Jolliffe & Cadima, 2016· Tharwat, 2016).
2. **Ποσοστό Εξηγούμενης Διακύμανσης:** Επιλέγεται ένας αριθμός συνιστωσών που αθροιστικά εξηγούν ένα επαρκές ποσοστό της συνολικής διακύμανσης του δείγματος. Αν και το όριο είναι υποκειμενικό και εξαρτάται από το πεδίο μελέτης, ένα ποσοστό άνω του 70-80% θεωρείται συνήθως αποδεκτό για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων (Jolliffe & Cadima, 2016). Σε περιπτώσεις γραφικής αναπαράστασης, συχνά χρησιμοποιούνται οι δύο ή τρεις πρώτες συνιστώσες (Tharwat, 2016).

Επιπλέον, χρησιμοποιείται συχνά το **Scree Plot**, ένα διάγραμμα όπου οι ιδιοτιμές παρατίθενται σε φθίνουσα σειρά. Ο ερευνητής αναζητά το σημείο «αγκώνα» (elbow), δηλαδή το σημείο όπου η κλίση της καμπύλης μειώνεται απότομα, υποδηλώνοντας ότι οι επόμενες συνιστώσες συνεισφέρουν ελάχιστα στην πληροφορία (Maćkiewicz & Ratajczak, 1993).

3.2.3 Ερμηνεία των Φορτίσεων (Loadings)

Οι φορτίσεις των συνιστωσών αντιπροσωπεύουν τους συντελεστές των γραμμικών συνδυασμών των αρχικών μεταβλητών. Στην περίπτωση χρήσης του πίνακα συσχέτισης, οι φορτίσεις εκφράζουν τη συσχέτιση (correlation) μεταξύ της j -οστής μεταβλητής και της k -οστής συνιστώσας (Jolliffe & Cadima, 2016). Η ερμηνεία τους βασίζεται στις εξής αρχές:

- **Μέγεθος Φορτίσεων:** Τιμές φορτίσεων με υψηλή απόλυτη τιμή (συνήθως $|>0.4|$ ή $|>0.5|$) υποδηλώνουν ότι η αντίστοιχη μεταβλητή συμβάλλει σημαντικά στη διαμόρφωση της συνιστώσας.
- **Πρόσημα Φορτίσεων:** Τα πρόσημα (+/-) των φορτίσεων είναι αυθαίρετα ως προς την απόλυτη κατεύθυνση, αλλά εξαιρετικά σημαντικά ως προς τη σχετική τους σχέση (Jolliffe & Cadima, 2016). Εάν όλες οι φορτίσεις μιας συνιστώσας έχουν το ίδιο πρόσημο, η συνιστώσα ερμηνεύεται ως ένας δείκτης «συνολικού μεγέθους» (overall size). Αντίθετα, εάν υπάρχουν θετικές και αρνητικές φορτίσεις, η συνιστώσα αναδεικνύει μια αντίθεση (contrast) μεταξύ των μεταβλητών, περιγράφοντας το «σχήμα» (shape) ή τη δομή των δεδομένων (Jolliffe, 1990).

Για παράδειγμα, στην παρούσα μελέτη, μια συνιστώσα κοινωνικής δομής μπορεί να παρουσιάζει θετικές φορτίσεις στο εισόδημα και το επίπεδο εκπαίδευσης και αρνητικές στην ανεργία. Η συνιστώσα αυτή θα ερμηνευόταν ως δείκτης «κοινωνικοοικονομικής ευημερίας». Αντίστοιχα, για τη μεταφορική εξυπηρέτηση, μια συνιστώσα με υψηλές φορτίσεις στην προσβασιμότητα σε ΜΜΜ και τη συχνότητα δρομολογίων θα λειτουργούσε ως δείκτης «ποιότητας συγκοινωνιακής παροχής».

3.2.4 Σκορ Συνιστωσών και Κατασκευή Σύνθετων Δεικτών

Τα σκορ των συνιστωσών (component scores) είναι οι τιμές που λαμβάνει κάθε παρατήρηση (δήμος) στις νέες μετασχηματισμένες μεταβλητές (Jolliffe & Cadima, 2016). Υπολογίζονται για κάθε δήμο i μέσω του τύπου:

$$Z_{ik} = \sum_{j=1}^p a_{jk} X_{ij}$$

όπου a_{jk} είναι η φόρτιση της μεταβλητής j στη συνιστώσα k και X_{ij} η (τυποποιημένη) τιμή της μεταβλητής για τον δήμο. Τα σκορ αυτά επιτρέπουν την κατάταξη (ranking) των δήμων και τη χαρτογραφική τους απεικόνιση, αναδεικνύοντας χωρικές συστάδες (clusters) με παρόμοια χαρακτηριστικά (Lyu et al., 2016).

Η PCA χρησιμοποιείται εδώ για την κατασκευή **σύνθετων δεικτών**, καθώς επιτρέπει την ενοποίηση πολλών συσχετισμένων δεικτών σε έναν ενιαίο, ασυσχέτιστο άξονα που συγκεντρώνει τη μέγιστη πληροφορία (Lyu et al., 2016· Tharwat, 2016). Με τον τρόπο αυτό, αντί να αναλύονται μεμονωμένα δεκάδες μεταβλητές οδικής ασφάλειας ή κοινωνικής ευπάθειας, η μελέτη επικεντρώνεται σε λίγες, ερμηνεύσιμες συνιστώσες που διευκολύνουν τον εντοπισμό συγκοινωνιακών ανισοτήτων στην Αττική (Jolliffe, 2002).

3.2.5 Έλεγχοι Καταλληλότητας Δεδομένων (ΚΜΟ και Bartlett)

Πριν από την εφαρμογή της PCA και την εξαγωγή των συνιστωσών, είναι απαραίτητο να επιβεβαιωθεί ότι το σύνολο των δεδομένων που αφορούν τους δήμους της Αττικής είναι κατάλληλο για στατιστική παραγοντοποίηση. Η διαδικασία αυτή διασφαλίζει ότι οι επιλεγμένες μεταβλητές (κοινωνικοοικονομικές, μεταφορικές κ.λπ.) παρουσιάζουν επαρκή βαθμό γραμμικής συσχέτισης, ώστε η μείωση της διαστασιμότητας να είναι στατιστικά έγκυρη και ερμηνεύσιμη. Κεντρικό ρόλο σε αυτό το στάδιο παίζει ο δείκτης Kaiser-Meyer-Olkin (ΚΜΟ), ο οποίος αποτελεί ένα μέτρο της καταλληλότητας του δείγματος (sampling adequacy). Ο δείκτης ΚΜΟ εξετάζει τη συνολική δομή του πίνακα συσχέτισης, συγκρίνοντας τους παρατηρούμενους συντελεστές συσχέτισης με τους μερικούς συντελεστές συσχέτισης. Στη διεθνή βιβλιογραφία, τιμές του **ΚΜΟ άνω του 0.6** θεωρούνται το ελάχιστο αποδεκτό όριο για τη διεξαγωγή PCA, ενώ τιμές άνω του 0.8 υποδηλώνουν ότι οι μεταβλητές μοιράζονται ισχυρή κοινή διακύμανση, καθιστώντας τα δεδομένα ιδανικά για την κατασκευή σύνθετων δεικτών.

Παράλληλα, διενεργείται ο Έλεγχος Σφαιρικότητας του Bartlett (Bartlett's Test of Sphericity). Ο έλεγχος αυτός εξετάζει τη μηδενική υπόθεση ότι ο πίνακας συσχέτισης των δεδομένων είναι ένας μοναδιαίος πίνακας (identity matrix), στον οποίο όλες οι μεταβλητές είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους. Η απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης (όπου το p-value πρέπει να είναι < 0.05) είναι απαραίτητη προϋπόθεση, καθώς επιβεβαιώνει ότι υπάρχουν σημαντικές συσχετίσεις που η PCA μπορεί να «συμπυκνώσει» στις κύριες συνιστώσες.

3.3 Σύνθετοι Δείκτες και Κανονικοποίηση Μεταβλητών

Στην ανάλυση σύνθετων κοινωνικών και συγκοινωνιακών φαινομένων συχνά απαιτείται η συνδυαστική αξιολόγηση πολλαπλών μεταβλητών που εκφράζουν διαφορετικές διαστάσεις του ίδιου προβλήματος. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται **σύνθετοι δείκτες (composite indicators)**, οι οποίοι επιτρέπουν τη συνοπτική αποτύπωση πολύπλοκων φαινομένων μέσω ενός ενιαίου μέτρου.

Οι σύνθετοι δείκτες αποτελούν γραμμικούς ή μη γραμμικούς συνδυασμούς πολλών μεταβλητών και χρησιμοποιούνται ευρέως στην ανάλυση κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών συστημάτων (Nardo et al., 2005). Στον τομέα των μεταφορών, οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται συχνά για την αξιολόγηση της προσβασιμότητας, της συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης ή της οδικής ασφάλειας, επιτρέποντας τη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών χωρικών μονάδων.

Ένα βασικό ζήτημα κατά την κατασκευή σύνθετων δεικτών είναι ότι οι επιμέρους μεταβλητές συχνά εκφράζονται σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης και κλίμακες τιμών. Για παράδειγμα, μεταβλητές όπως η πυκνότητα πληθυσμού, το ποσοστό ανεργίας και ο αριθμός τροχαίων ατυχημάτων διαφέρουν σημαντικά ως προς το εύρος τιμών τους. Η άμεση συνδυαστική χρήση τους χωρίς προηγούμενη επεξεργασία θα μπορούσε να οδηγήσει σε στρεβλά αποτελέσματα, καθώς μεταβλητές με μεγαλύτερες αριθμητικές τιμές θα επηρέαζαν δυσανάλογα τον τελικό δείκτη.

Για τον λόγο αυτό, πριν από την κατασκευή των σύνθετων δεικτών πραγματοποιείται διαδικασία **κανονικοποίησης (normalization)** των μεταβλητών. Η κανονικοποίηση επιτρέπει τη μετατροπή των μεταβλητών σε συγκρίσιμη κλίμακα τιμών, εξαλείφοντας τις διαφορές στις μονάδες μέτρησης.

Μία από τις συνηθέστερες μεθόδους κανονικοποίησης είναι η **τυποποίηση (standardization)** των μεταβλητών, η οποία βασίζεται στον υπολογισμό των τυποποιημένων τιμών:

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

όπου x_i είναι η αρχική τιμή της μεταβλητής, \bar{x} η μέση τιμή της μεταβλητής και σ η τυπική απόκλιση. Με τον τρόπο αυτό οι μεταβλητές αποκτούν μέση τιμή μηδέν και τυπική απόκλιση ίση με τη μονάδα, καθιστώντας δυνατή τη συγκριτική τους ανάλυση. Η διαδικασία της κανονικοποίησης αποτελεί απαραίτητο στάδιο για την εφαρμογή πολυμεταβλητών τεχνικών όπως η **Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA)**,

καθώς εξασφαλίζει ότι καμία μεταβλητή δεν θα κυριαρχήσει στην ανάλυση λόγω της κλίμακας μέτρησής της (Nardo et al., 2005).

Στην παρούσα εργασία, η κανονικοποίηση των μεταβλητών πραγματοποιείται πριν από την εφαρμογή της PCA, ώστε να διασφαλιστεί η συγκρισιμότητα μεταξύ των κοινωνικών, συγκοινωνιακών και δεικτών οδικής ασφάλειας που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των σύνθετων δεικτών των δήμων της Περιφέρειας Αττικής.

3.4 Δείκτης Ανισότητας Μεταφορών (Gap Index)

Η έννοια της συγκοινωνιακής ισότητας αποτελεί βασικό αντικείμενο έρευνας στον τομέα των μεταφορών, καθώς αφορά τον βαθμό στον οποίο τα οφέλη και οι ευκαιρίες μετακίνησης κατανέμονται δίκαια μεταξύ διαφορετικών κοινωνικών ομάδων και γεωγραφικών περιοχών (Martens, 2017). Στο πλαίσιο της ανάλυσης χωρικών ανισοτήτων στο σύστημα μεταφορών, έχει αναπτυχθεί μια σειρά δεικτών που επιτρέπουν τη σύγκριση της προσφοράς συγκοινωνιακών υπηρεσιών με τις ανάγκες μετακίνησης του πληθυσμού.

Μία προσέγγιση είναι η χρήση ενός **δείκτη απόκλισης (Gap Index)**, ο οποίος αποτυπώνει τη διαφορά μεταξύ της διαθέσιμης συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης και των κοινωνικών αναγκών μετακίνησης μιας περιοχής. Η βασική λογική της προσέγγισης αυτής είναι ότι οι περιοχές με υψηλές κοινωνικές ανάγκες μετακίνησης αλλά περιορισμένη συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση παρουσιάζουν μεγαλύτερο βαθμό συγκοινωνιακής ανισότητας.

Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, ο δείκτης αυτός υπολογίζεται ως η διαφορά μεταξύ ενός κοινωνικών αναγκών μετακίνησης **SN** (Social Needs Index), ενός δείκτη μεταφορικής εξυπηρέτησης **TS** (Transport Service Index) και ενός δείκτη ασφάλειας (**Safety**). Οι δείκτες αυτοί προκύπτουν από την εφαρμογή της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών σε ομάδες μεταβλητών που σχετίζονται αντίστοιχα με τη συγκοινωνιακή υποδομή και τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού.

Ο γενικός τύπος του δείκτη ανισότητας μπορεί να εκφραστεί ως:

$$Gap_i = SNI - TSi + Safety_i$$

όπου:

- Gap_i είναι ο δείκτης συγκοινωνιακής ανισότητας για τον δήμο i ,
- TS_i είναι ο δείκτης μεταφορικής εξυπηρέτησης (Transport Service Index),
- SN_i είναι ο δείκτης κοινωνικών αναγκών μετακίνησης (Social Needs Index),
- $Safety_i$ είναι ο δείκτης οδικών ατυχημάτων

Θετικές τιμές του δείκτη υποδηλώνουν περιοχές στις οποίες οι κοινωνικές ανάγκες μετακίνησης υπερβαίνουν το επίπεδο μεταφορικής εξυπηρέτησης και ασφάλειας, γεγονός που μπορεί να θεωρηθεί ένδειξη συγκοινωνιακής ανισότητας. Αντίθετα, αρνητικές τιμές υποδηλώνουν περιοχές στις οποίες η παρεχόμενη εξυπηρέτηση υπερβαίνει τις σχετικές κοινωνικές ανάγκες. Η χρήση ενός τέτοιου δείκτη επιτρέπει τη χωρική σύγκριση μεταξύ διαφορετικών περιοχών και την ανάδειξη προτύπων συγκοινωνιακής ανισότητας. Παράλληλα, παρέχει ένα εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων για τον σχεδιασμό πολιτικών μεταφορών που στοχεύουν στη βελτίωση της ισότητας στο σύστημα μεταφορών.

Στην παρούσα εργασία, ο δείκτης Gar υπολογίζεται για 58 δήμος της Περιφέρειας Αττικής, επιτρέποντας τη συγκριτική αξιολόγηση του βαθμού συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης σε σχέση με τις κοινωνικές ανάγκες μετακίνησης. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται στη συνέχεια ως εξαρτημένη μεταβλητή σε μοντέλα στατιστικής ανάλυσης, με στόχο τη διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τις χωρικές ανισότητες στο σύστημα μεταφορών.

3.5 Ανάλυση Παλινδρόμησης

Η γραμμική παλινδρόμηση αποτελεί μία από τις πλέον θεμελιώδεις και ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους στην πολυμεταβλητή στατιστική ανάλυση, στοχεύοντας στην πρόβλεψη μιας ποσοτικής απόκρισης βάσει ενός ή περισσότερων προβλεπτικών μεταβλητών. Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η μέθοδος αυτή επιλέγεται για τη διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών που συνθέτουν την κοινωνική δομή και τη μεταφορική εξυπηρέτηση των δήμων της Αττικής, επιτρέποντας την ποσοτικοποίηση του τρόπου με τον οποίο οι κοινωνικές ανάγκες επηρεάζουν τη συγκοινωνιακή δικαιοσύνη. Η δημοτικότητα της συγκεκριμένης τεχνικής οφείλεται στην απλότητα της μορφής της, η οποία επιτρέπει την εύκολη ερμηνεία των παραμέτρων του μοντέλου, καθιστώντας την ιδανική για την εξαγωγή συμπερασμάτων σε προβλήματα συγκοινωνιακού σχεδιασμού.

Το μαθηματικό υπόβαθρο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης ορίζεται από τη σχέση μιας συνεχούς εξαρτημένης μεταβλητής y (response) με ένα σύνολο k ανεξάρτητων μεταβλητών x_1, x_2, \dots, x_k (predictors). Η γενική μορφή του μοντέλου για n παρατηρήσεις εκφράζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n$$

όπου β_0 είναι ο σταθερός όρος (intercept), β_1, \dots, β_k είναι οι συντελεστές παλινδρόμησης που υποδηλώνουν τον ρυθμό μεταβολής της μέσης τιμής της y ανά

μονάδα μεταβολής της αντίστοιχης x_j , και ε_i είναι το τυχαίο σφάλμα. Σε μητρική μορφή, η οποία διευκολύνει τους υπολογισμούς, το μοντέλο γράφεται ως:

$$y = X\beta + \varepsilon$$

όπου y είναι το διάνυσμα των αποκρίσεων μεγέθους $n \times 1$, X είναι ο πίνακας σχεδιασμού (design matrix) μεγέθους $n \times (k + 1)$ που περιλαμβάνει τις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών και μια στήλη μονάδων για τον σταθερό όρο, β είναι το διάνυσμα των παραμέτρων και ε το διάνυσμα των σφαλμάτων. Η εκτίμηση των παραμέτρων β πραγματοποιείται μέσω της μεθόδου των Ελαχίστων Τετραγώνων (Ordinary Least Squares – OLS), η οποία επιδιώκει την ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των τετραγώνων των υπολοίπων, δηλαδή της απόστασης μεταξύ των παρατηρούμενων τιμών και των προβλέψεων του μοντέλου. Η συνάρτηση προς ελαχιστοποίηση ορίζεται ως:

$$Q(\beta) = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij})^2 = (\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta)^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta)$$

Παραγωγίζοντας τη συνάρτηση ως προς β και εξισώνοντας με το μηδέν, προκύπτουν οι κανονικές εξισώσεις $X^T y = X^T X \beta$. Υπό την προϋπόθεση ότι ο πίνακας X έχει πλήρη βαθμό στήλης, ο εκτιμητής OLS δίνεται από τη σχέση:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y$$

Σύμφωνα με το θεώρημα Gauss-Markov, ο συγκεκριμένος εκτιμητής είναι ο Καλύτερος Γραμμικός Αμερόληπτος Εκτιμητής (Best Linear Unbiased Estimator – BLUE), διαθέτοντας την ελάχιστη διακύμανση μεταξύ όλων των γραμμικών αμερόληπτων εκτιμητών. Για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας των στατιστικών συμπερασμάτων, το μοντέλο OLS βασίζεται σε τέσσερις κύριες υποθέσεις. Πρώτον, απαιτείται η **γραμμικότητα**, δηλαδή η σχέση μεταξύ της εξαρτημένης και των ανεξάρτητων μεταβλητών να είναι γραμμική ως προς τις παραμέτρους. Δεύτερον, υποτίθεται η **ανεξαρτησία** των σφαλμάτων, που σημαίνει ότι η τιμή ενός σφάλματος δεν επηρεάζεται από την τιμή ενός άλλου, μια υπόθεση κρίσιμη για την αποφυγή αυτοσυσχέτισης. Τρίτον, η **ομοσκεδαστικότητα** επιβάλλει τα σφάλματα να έχουν σταθερή διακύμανση σ^2 για όλες τις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών. Τέταρτον, για την εκτέλεση ελέγχων υποθέσεων, θεωρείται η **κανονικότητα**, σύμφωνα με την οποία τα σφάλματα ακολουθούν την κανονική κατανομή $N(0, \sigma^2)$. Επιπλέον, απαιτείται η απουσία ισχυρής πολυσυγγραμμικότητας μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η παραβίαση αυτών των υποθέσεων μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένη εκτίμηση των τυπικών σφαλμάτων και σε αναξιόπιστα p-values. Το μοντέλο επιτρέπει την ταυτοποίηση των παραγόντων που συμβάλλουν στη διεύρυνση ή μείωση αυτού του χάσματος σε επίπεδο δήμου. Για παράδειγμα, μέσω του συντελεστή προσδιορισμού R^2 , εκτιμάται το ποσοστό της συνολικής

διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής. Για την αποφυγή υπερεκτίμησης της ερμηνευτικής ικανότητας του μοντέλου σε περιπτώσεις πολλών ανεξάρτητων μεταβλητών, χρησιμοποιείται συχνά ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού (adjusted R^2). Επιπλέον, η ανάλυση των **υπολοίπων (residuals)** επιτρέπει τον εντοπισμό δήμων που αποτελούν ακραίες παρατηρήσεις (outliers), αναδεικνύοντας περιοχές όπου η μεταφορική αδικία είναι εντονότερη από ό,τι θα προέβλεπαν τα γενικά χαρακτηριστικά τους. Με τον τρόπο αυτό, η παλινδρόμηση δεν λειτουργεί απλώς ως προβλεπτικό εργαλείο, αλλά ως μέσο βαθύτερης κατανόησης των δομικών ανισοτήτων στην Αττική.

3.6 Χωρική Στατιστική Ανάλυση και Μοντέλα Αυτό-παλινδρόμησης

Η ανάλυση των συγκοινωνιακών ανισοτήτων σε επίπεδο δήμων απαιτεί τη χρήση προηγμένων στατιστικών μεθόδων που υπερβαίνουν τους περιορισμούς της παραδοσιακής οικονομετρίας. Η κλασική γραμμική παλινδρόμηση βασίζεται στη θεμελιώδη υπόθεση ότι οι παρατηρήσεις του δείγματος είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Ωστόσο, στην περίπτωση των δήμων της Αττικής, η υπόθεση αυτή κρίνεται μη ρεαλιστική, καθώς οι κοινωνικές και μεταφορικές δραστηριότητες σε μια περιοχή δεν είναι ανεξάρτητες από τις αντίστοιχες δραστηριότητες στις γειτονικές περιοχές. Η χωρική οικονομετρία (spatial econometrics) αποτελεί το κατάλληλο μεθοδολογικό πλαίσιο για τη μοντελοποίηση δεδομένων που παρουσιάζουν χωρική εξάρτηση, επιτρέποντας την ενσωμάτωση της τοπολογικής δομής του χώρου στη στατιστική ανάλυση.

3.6.1 Η Έννοια της Χωρικής Εξάρτησης

Σύμφωνα με τον πρώτο νόμο της γεωγραφίας του Tobler (Tobler, 1970), «όλα σχετίζονται με όλα, αλλά τα κοντινά πράγματα σχετίζονται περισσότερο από τα μακρινά». Η αρχή αυτή αποτελεί τη θεωρητική βάση της χωρικής ανάλυσης και εξηγεί γιατί γεωγραφικά γειτονικές περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά. Η **χωρική εξάρτηση (spatial dependence)** ορίζεται ως η κατάσταση στην οποία η τιμή μιας μεταβλητής στην τοποθεσία i εξαρτάται από τις τιμές της ίδιας μεταβλητής σε άλλες τοποθεσίες j , όπου $j \neq i$. Μαθηματικά, η σχέση αυτή εκφράζεται ως:

$$y_i = f(y_j), \quad i = 1, \dots, n, \quad j \neq i$$

Η ύπαρξη χωρικής εξάρτησης στα δεδομένα συχνά οφείλεται σε φαινόμενα «διάχυσης» (spatial spillovers), όπου οι αλλαγές στα χαρακτηριστικά ενός δήμου (π.χ. βελτίωση της μεταφορικής εξυπηρέτησης) ασκούν επιρροή στους γειτονικούς δήμους. Εάν η χωρική αυτή αλληλεπίδραση αγνοηθεί, οι εκτιμητές της απλής παλινδρόμησης καθίστανται μεροληπτικοί και ανεπαρκείς, οδηγώντας σε εσφαλμένα συμπεράσματα σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκοινωνιακή δικαιοσύνη.

3.6.2 Πίνακες Χωρικών Βαρών (Spatial Weight Matrices)

Για την ποσοτικοποίηση της χωρικής θέσης και της συνδεσιμότητας μεταξύ των δήμων, είναι απαραίτητη η κατασκευή ενός πίνακα χωρικών βαρών W . Ο πίνακας W είναι ένας **τετραγωνικός πίνακας μεγέθους $n \times n$** (όπου n ο αριθμός των δήμων), τα στοιχεία του οποίου w_{ij} κωδικοποιούν τη σχέση γειτνίασης. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, τα διαγώνια στοιχεία του πίνακα ορίζονται ως μηδενικά ($w_{ij} = 0$), ώστε να αποκλείεται η αυτο-γειτνίαση μιας περιοχής.

Η κατασκευή του πίνακα βασίζεται συνήθως στην έννοια της γειτνίασης (contiguity/adjacency). Δύο δήμοι i και j θεωρούνται γείτονες εάν μοιράζονται κοινά σύνορα. Οι δύο συνηθέστερες μέθοδοι ορισμού είναι:

1. **Rook Contiguity:** Δύο περιοχές θεωρούνται γείτονες μόνο εάν μοιράζονται μια κοινή πλευρά (border).
2. **Queen Contiguity:** Δύο περιοχές θεωρούνται γείτονες εάν μοιράζονται οποιοδήποτε κοινό σημείο (πλευρά ή κορυφή).

Για έναν δυαδικό πίνακα γειτνίασης, τα στοιχεία ορίζονται ως:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{εαν οι δήμοι } i, j \text{ γειτνιάζουν} \\ 0, & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

Στον Πίνακα 3 δίνεται ένα τυπικό παράδειγμα για το πως είναι η τελική μορφή ενός πίνακα γειτνίασης.

Πίνακας 3. Παράδειγμα Πίνακα Γειτνίαση

Δήμος	A	B	C	D	E
A	0	1	1	0	0
B	1	0	1	1	0
C	1	1	0	0	0
D	0	1	0	0	1
E	0	0	0	1	0

3.6.3 Το Μοντέλο CAR (Conditional Autoregressive)

Η χρήση χωρικού μοντέλου είναι κρίσιμη όταν η μεταβλητή ενδιαφέροντος παρουσιάζει χωρική εξάρτηση, καθώς σε αυτήν την περίπτωση η αγνόηση της χωρικής διάστασης μπορεί να οδηγήσει σε ελλιπή ή μεροληπτική ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Στην παρούσα εργασία, η χωρική προσέγγιση είναι απαραίτητη, καθώς οι δήμοι της Αττικής αποτελούν χωρικά αλληλεξαρτώμενες μονάδες.

Για την ανάλυση των Transport Service, Gap Index και την διερεύνηση χωρικών προτύπων, επιλέγεται το μοντέλο **Υπό Συνθήκη Αυτοπαλινδρόμησης (Conditional Autoregressive – CAR)**. Το μοντέλο CAR ανήκει στην οικογένεια των ιεραρχικών (multilevel) μοντέλων και επιτρέπει τη διάσπαση της τυχαίας διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής σε δύο συνιστώσες: μια δομημένη (structured) συνιστώσα u_i , η οποία αποδίδεται στη χωρική δομή, και μια μη δομημένη (unstructured) συνιστώσα v_i , που αντιπροσωπεύει το υπολειπόμενο σφάλμα.

Στο μοντέλο CAR, η εκτίμηση της τιμής σε μια περιοχή i γίνεται υπό τη συνθήκη των τιμών των γειτονικών περιοχών $j \in N_i$. Η μαθηματική μορφή της υπό συνθήκη κατανομής των χωρικών τυχαίων επιδράσεων u_i δίνεται από τη σχέση:

$$[u_i | u_j, i \neq j] \sim N \left(\frac{\sum_j w_{ij} u_j}{\sum_j w_{ij}}, \frac{\tau^2}{\sum_j w_{ij}} \right)$$

όπου w_{ij} είναι τα στοιχεία του πίνακα γειτνίασης και T^2 είναι η παράμετρος διακύμανσης. Η εξίσωση αυτή υποδηλώνει ότι η μέση τιμή της χωρικής επίδρασης σε έναν δήμο είναι ο μέσος όρος των επιδράσεων στους γείτονές του, με τη διακύμανση να είναι αντιστρόφως ανάλογη του αριθμού των γειτόνων.

4. Κεφάλαιο 4: Συλλογή και Βασική Επεξεργασία Δεδομένων.

4.1 Εισαγωγή

Η διερεύνηση της ισότητας και των χωρικών ανισοτήτων στο σύστημα μεταφορών της Περιφέρειας Αττικής απαιτεί τη συνδυαστική ανάλυση δεδομένων που προέρχονται από ετερογενείς πηγές και καλύπτουν διαφορετικές διαστάσεις του αστικού χώρου. Συγκεκριμένα, η παρούσα εργασία αξιοποιεί δεδομένα δημογραφικά, συγκοινωνιακά, κυκλοφοριακά, οδικής ασφάλειας και οικονομικούς δείκτες, με στόχο τη διαμόρφωση ενός ολοκληρωμένου πλαισίου αξιολόγησης των χωρικών διαφοροποιήσεων.

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει τη διαδικασία συλλογής, οργάνωσης και βασικής επεξεργασίας των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση. Αρχικά, επεξηγούνται τα είδη των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, και πως αυτά συμβάλλουν στην επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η επεξεργασία των στοιχείων με το Microsoft Excel και με κώδικα σε περιβάλλον R, όπως η κατάλληλη διαμόρφωσή τους ώστε να μπορούν να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία στο στατιστικό **λογισμικό R**. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη συγκέντρωση όλων των πληροφοριών σε κοινή χωρική μονάδα, προκειμένου να καταστεί δυνατή η συγκριτική αξιολόγηση **58 δήμων της Αττικής**.

4.2 Δεδομένα

Η συλλογή των στοιχείων αφορά 58 από τους 66 δήμους της Περιφέρειας Αττικής καθώς έχουν εξαιρεθεί οι δήμοι της Περιφερειακής Ενότητας Νήσων. Τα δεδομένα προέρχονται από την Ελληνική Στατιστική Αρχή, θεσμικούς φορείς μεταφορών, ερευνητικές βάσεις δεδομένων του ΕΜΠ και εξωτερικές πηγές και οργανώθηκαν σε ενιαία βάση σε επίπεδο δήμου.

Τα δεδομένα συγκεκριμένα είναι τα ακόλουθα:

1. Δημογραφικά και χωρικά χαρακτηριστικά
 - Πληθυσμός
 - Φύλο
 - Ηλικία
 - Έκταση δήμου
 - Πυκνότητα πληθυσμού
 - Γεωγραφικές συντεταγμένες κέντρου δήμου
2. Κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά

- Εκπαιδευτικό επίπεδο
 - Καταγωγή πληθυσμού
 - Τιμές πώλησης ακινήτων
 - Τιμές ενοικίασης ακινήτων
 - Αριθμός ανέργων
3. Χαρακτηριστικά κινητικότητας και ιδιοκτησίας οχημάτων
 - Νοικοκυριά με ή χωρίς αυτοκίνητο
 - Νοικοκυριά χωρίς δυνατότητα στάθμευσης
 4. Δεδομένα δημόσιων συγκοινωνιών
 - Αριθμός σταθμών μετρό
 - Αριθμός στάσεων λεωφορείου
 - Αριθμός στάσεων τραμ
 - Αριθμός σταθμών προαστιακού
 - Πυκνότητα δημόσιων συγκοινωνιών
 - Αριθμός προσβάσιμων στάσεων
 5. Δεδομένα τηλεματικής συγκοινωνιών
 - Αριθμός γραμμών δημόσιων συγκοινωνιών
 - Συχνότητα δρομολογίων
 6. Δεδομένα οδικής ασφάλειας
 - Αριθμός θανάτων ανά κατηγορία χρήστη οδού
 - Αριθμός τραυματιών ανά κατηγορία χρήστη οδού
 7. Δεδομένα κυκλοφοριακών συνθηκών
 - Δείκτες καθυστερήσεων
 - Κυκλοφοριακοί φόρτοι βασικών οδικών αξόνων

4.3 Περιοχή Μελέτης

Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας εξετάζεται η περιοχή της Περιφέρειας Αττικής, συγκεκριμένα 58 δήμοι της, η οποία αποτελεί το σημαντικότερο αστικό και συγκοινωνιακό κέντρο της χώρας. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα, έντονη συγκέντρωση δραστηριοτήτων και εκτεταμένο δίκτυο μεταφορών, το οποίο περιλαμβάνει τόσο μέσα μαζικής μεταφοράς όσο και ένα ιδιαίτερα ανεπτυγμένο οδικό δίκτυο. Για τις ανάγκες της ανάλυσης, η χωρική μονάδα αναφοράς ορίστηκε σε επίπεδο δήμου, ώστε να είναι δυνατή η συσχέτιση των συγκοινωνιακών χαρακτηριστικών με τα αντίστοιχα κοινωνικοοικονομικά δεδομένα του πληθυσμού. Η επιλογή του συγκεκριμένου επιπέδου ανάλυσης επιτρέπει την συγκριτική αξιολόγηση των συνθηκών συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης μεταξύ διαφορετικών περιοχών της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας, καθώς και την διερεύνηση πιθανών χωρικών ανισοτήτων στο σύστημα μεταφορών.

4.4 Πηγές Δεδομένων

Για την υλοποίηση της παρούσας έρευνας πραγματοποιήθηκε συλλογή δεδομένων από διαφορετικές πηγές, οι οποίες αφορούν τόσο τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού όσο και τη λειτουργία του συγκοινωνιακού συστήματος της Αττικής.

Αρχικά, τα δημογραφικά και κοινωνικοοικονομικά στοιχεία αντλήθηκαν από την **Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ)**. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τη σύνθεση του πληθυσμού, την ηλικιακή δομή, το επίπεδο εκπαίδευσης και άλλα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των κατοίκων. Τα στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για την αποτύπωση των κοινωνικών αναγκών μετακίνησης σε επίπεδο δήμου.

Παράλληλα, για την καταγραφή των χαρακτηριστικών του συστήματος δημόσιων συγκοινωνιών χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τον **Οργανισμό Αστικών Συγκοινωνιών Αθηνών (ΟΑΣΑ)** καθώς και από την **ΣΤΑΣΥ (Σταθερές Συγκοινωνίες Α.Ε)**, οι οποίοι αποτελούν τους βασικούς φορείς λειτουργίας των μέσων μαζικής μεταφοράς στην περιοχή της Αττικής. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τη διάρθρωση του δικτύου, τον αριθμό στάσεων και σταθμών, καθώς και τη χωρική κατανομή των γραμμών δημόσιων συγκοινωνιών.

Επιπλέον, αξιοποιήθηκαν δεδομένα τηλεματικής του συστήματος δημόσιων συγκοινωνιών, τα οποία παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία των λεωφορειακών γραμμών και τη συχνότητα των δρομολογίων. Τα στοιχεία αυτά συνέβαλαν στην αποτύπωση της πραγματικής λειτουργίας του συγκοινωνιακού δικτύου και στη βελτίωση της ακρίβειας των συγκοινωνιακών δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση. Τέλος, για την αποτύπωση των κυκλοφοριακών συνθηκών χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την πλατφόρμα **TomTom Traffic Index**, η οποία παρέχει πληροφορίες σχετικά με τα επίπεδα κυκλοφοριακής συμφόρησης και τους χρόνους καθυστέρησης στο οδικό δίκτυο.

Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιήθηκαν συμπληρωματικά για την εκτίμηση των συνθηκών λειτουργίας του οδικού συστήματος μεταφορών. Για τη χωρική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν γεωχωρικά δεδομένα των διοικητικών ορίων των δήμων της Περιφέρειας Αττικής σε μορφή `shapefile` από την πλατφόρμα **geodata.gov.gr**. Τα δεδομένα αυτά αξιοποιήθηκαν για τη χαρτογραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων και για την εφαρμογή των χωρικών στατιστικών μοντέλων.

4.5 Επεξεργασία και Οργάνωση Δεδομένων

Μετά τη συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε διαδικασία ελέγχου και επεξεργασίας των στοιχείων, με στόχο τη δημιουργία μιας ενιαίας βάσης δεδομένων για την ανάλυση. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιήθηκε έλεγχος πληρότητας και συνέπειας των δεδομένων, καθώς και εναρμόνιση των διαφορετικών πηγών ως προς τη χωρική μονάδα αναφοράς. Σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρήθηκε απουσία δεδομένων για συγκεκριμένους δήμους ή για επιμέρους μεταβλητές. Για τη διατήρηση της πληρότητας του dataset και την εφαρμογή των στατιστικών διαδικασιών, οι ελλείπουσες τιμές αντιμετωπίστηκαν με την απόδοση μηδενικών τιμών, επιλογή η οποία επιτρέπει τη συνέχιση της ανάλυσης αλλά ενδέχεται να επηρεάζει την ακρίβεια ορισμένων εκτιμήσεων. Συνεπώς, η ερμηνεία των αποτελεσμάτων πρέπει να λαμβάνει υπόψη τον συγκεκριμένο περιορισμό.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η μετατροπή των επιμέρους μεταβλητών σε συγκρίσιμη μορφή και η οργάνωση των δεδομένων σε έναν ενιαίο πίνακα, στον οποίο περιλαμβάνονται τόσο οι κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές όσο και οι μεταβλητές που σχετίζονται με τη λειτουργία του συγκοινωνιακού συστήματος. Ο πίνακας αυτός αποτελεί την κύρια βάση δεδομένων της Διπλωματικής Εργασίας και χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή των στατιστικών μεθόδων που παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια.

Η τελική βάση δεδομένων (Παράρτημα 8.1) περιλαμβάνει μεταβλητές που σχετίζονται με τα κοινωνικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού, την προσφορά συγκοινωνιακών υπηρεσιών και τις συνθήκες λειτουργίας του οδικού δικτύου, οι οποίες χρησιμοποιούνται στα επόμενα στάδια της ανάλυσης για την κατασκευή σύνθετων δεικτών και την ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων.

Τέλος υπολογίστηκαν τα στατιστικά των μεταβλητών (Minimum, Maximum, Mean, Standard Deviation) ώστε να είναι εύκολη η άμεση κατανόηση της διακύμανσης τους (Πίνακας 4).

Πίνακας 4. Περιγραφικά στατιστικά των μεταβλητών (Minimum, Maximum, Mean, Standard Dev.)

	POP_SUM	POP_MALE	pop_fem ale_perc	POP_FEMAL E	AREA_K M2	DENSITY_P ER_KM2	CENTROI D_LON	CENTROI D_LAT	FATAL_C AR	FATAL_P EDESTRI AN
Min	17822	8699	0	9123	2	42	0	0	0	0
Max	643452	310569	1	332883	426	20815	0	0	3	7
Mean	64553	31082	1	33470	51	6440	0	0	1	1
Standard Deviation	82651	39853	0	42809	88	5743	0	0	1	1

	FATAL_MOTORCYCLE	SERIOUS_INJURY_CAR	SERIOUS_INJURY_PEDESTRIAN	SERIOUS_INJURY_MOTORCYCLE	LIGHT_INJURY_CAR	LIGHT_INJURY_PEDESTRIAN	LIGHT_INJURY_MOTORCYCLE	EDU_HIGH	EDU_MEDIUM	EDU_LOW
Min	0	0	0	0	3	0	4	244	216	9
Max	9	4	12	19	177	302	980	19949	22151	4197
Mean	2	1	1	2	24	16	63	1634	1841	310
Standard Deviation	1	1	2	2	28	39	130	2567	2916	561

	UNEMPLOYED	ORIGIN_EUROPEAN	ORIGIN_OTHER_OR_UNDECLARED	AGE_0_19	AGE_20_59	AGE_60_PLUS	METRO_STATIONS	BUS_STOPS	TRAM_STOPS
Min	831	30	68	36	3417	9150	5259	0	0
Max	46300	5304	6794	15059	92403	369000	182047	31	1033
Mean	3784	349	430	582	11643	35075	17833	1	156
Standard Deviation	5987	687	872	1957	11979	47418	23427	4	151

	SUBURBAN_STATIONS	PT_DEN_SITY_PER_KM^2	PT_DEN_SITY_PER_1000_RESIDENTS	PRICE_SALE_EUR_PER_M2	PRICE_RENT_EUR_PER_M2	HOUSEHOLDS_NO_CAR	HOUSEHOLDS_WITH_CAR1000	HOUSEHOLDS_WITH_CAR	HOUSEHOLDS_NO_PARKING	HOUSEHOLDS_WITH_PARKING_1000
Min	0	0	0	1100	4	1020	237	5241	2383	65
Max	4	34	1	6128	18	155441	352	165201	273053	321
Mean	0	13	0	2772	10	8718	305	19040	17494	187
Standard Deviation	1	10	0	1079	3	20348	27	21210	35859	67

	HOUSEHOLDS_WITH_PARKING	ACCESSIBLE_BUS_STOPS	DELAY_RUSH_MIN_PER_KM	TOTAL_SAMPLE_KM	BUS_LINES_SERVING	BUS_INTERVENTIONS_PER_LINE	BUS_ROUTE_CHANGES_PER_LINE	bus_stops_per_1000	metro_stations_per_1000	tram_stops_per_1000
Min	1727	0	0	4270	0	0	0	0	0	0
Max	47594	160	1	167493	225	421	275	8	0	0
Mean	10265	7	0	28290	27	33	29	3	0	0
Standard Deviation	6959	22	0	50158	32	67	49	2	0	0

	suburban_stations_per_1000	accessible_bus_stops_per_1000	bus_reliability	bus_stops_per_km2	metro_stations_per_km2	tram_stops_per_km2	acce_Bus_km^2	suburban_stations_per_km2	fatalities_total	serious_injuries_total
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Max	0	0	12	33	1	2	9	0	19	35
Mean	0	0	2	13	0	0	1	0	5	5
Standard Deviation	0	0	2	9	0	0	1	0	3	4

	light_injuries_total	injuries_to_total	fatalities_per_1000	injuries_per_1000	households_total	car_ownership_rate	no_car_rate	households_parking_total	parking_rate	no_parking_rate	bus_lines_per_1000	bus_lines_per_km2
Min	10	14	0	5	6687	1	0	6687	0	0	0	0
Max	1459	1494	3	29	320642	1	0	320647	1	1	2	13
Mean	103	108	1	15	27758	1	0	27759	0	1	0	3
Standard Deviation	192	196	1	7	41267	0	0	41268	0	0	0	3

5. Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή Μεθοδολογίας και Αποτελέσματα

5.1 Αποτελέσματα Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA)

Για τη δημιουργία των σύνθετων δεικτών που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση εφαρμόστηκε η μέθοδος της **Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis - PCA)**. Η ίδια διαδικασία εφαρμόστηκε για την κατασκευή και των τριών δεικτών της έρευνας: της κοινωνικής ανάγκης μετακίνησης (**Social Needs - SN**), του επιπέδου συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης (**Transport Service - TS**) και της οδικής ασφάλειας (**Safety**). Η PCA χρησιμοποιείται για τη σύνθεση πολλαπλών συσχετισμένων μεταβλητών σε έναν ενιαίο σύνθετο δείκτη, επιτρέποντας τη μείωση της πολυδιάστατης πληροφορίας χωρίς σημαντική απώλεια πληροφορίας. Η διαδικασία κατασκευής των δεικτών πραγματοποιήθηκε με τα ακόλουθα βήματα:

1. Επιλογή μεταβλητών

Για κάθε δείκτη επιλέχθηκε ένα σύνολο μεταβλητών που αποτυπώνουν διαφορετικές πτυχές του υπό μελέτη φαινομένου. Οι μεταβλητές αυτές περιλαμβάνουν δείκτες προσβασιμότητας, διαθεσιμότητας υποδομών, κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών ή δεικτών ασφάλειας, ανάλογα με τον δείκτη που κατασκευάζεται.

2. Προεπεξεργασία δεδομένων

Τα δεδομένα εισήχθησαν στο περιβάλλον R από αρχεία Excel και πραγματοποιήθηκε καθαρισμός των ονομάτων των μεταβλητών, ενώ έγινε και κανονικοποίηση των δεδομένων.. Οι ελλείπουσες τιμές αντικαταστάθηκαν με μηδενικές τιμές, ώστε να είναι δυνατή η ενιαία στατιστική επεξεργασία του συνόλου των παρατηρήσεων. Ενώ έγινε και κανονικοποίηση των δεδομένων.

3. Έλεγχος καταλληλότητας για PCA

Πριν από την εφαρμογή της ανάλυσης πραγματοποιήθηκαν δύο βασικοί στατιστικοί έλεγχοι:

Ο δείκτης Kaiser–Meyer–Olkin (KMO), που αξιολογεί την επάρκεια των συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών για παραγοντική ανάλυση, και το τεστ σφαιρικότητας του Bartlett, το οποίο εξετάζει αν ο πίνακας συσχετίσεων διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τον μοναδιαίο πίνακα.

Οι έλεγχοι αυτοί επιβεβαιώνουν ότι τα δεδομένα είναι κατάλληλα για εφαρμογή της PCA.

4. Εφαρμογή της PCA

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με εξαγωγή **μίας κύριας συνιστώσας**, με στόχο τη δημιουργία ενός ενιαίου σύνθετου δείκτη για κάθε θεματική διάσταση. Από την ανάλυση προέκυψαν οι φορτίσεις των μεταβλητών (component loadings), οι communalities και το ποσοστό εξηγούμενης διακύμανσης της συνιστώσας.

5. Υπολογισμός τιμών δείκτη (component scores)

Με βάση τους συντελεστές της PCA υπολογίστηκαν οι τιμές της κύριας συνιστώσας για κάθε δήμο. Οι τιμές αυτές αποτελούν τον τελικό σύνθετο δείκτη για τη συγκεκριμένη διάσταση.

6. Έλεγχος κατεύθυνσης του δείκτη

Δεδομένου ότι στην PCA το πρόσημο της συνιστώσας είναι μαθηματικά αυθαίρετο, πραγματοποιήθηκε έλεγχος της κατεύθυνσης του δείκτη και, όπου ήταν απαραίτητο, αντιστροφή του πρόσημου. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται ότι υψηλότερες τιμές του δείκτη αντιστοιχούν σε υψηλότερα επίπεδα του χαρακτηριστικού που αποτυπώνεται (π.χ. μεγαλύτερη συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση ή χειρότερη οδική ασφάλεια).

Οι τιμές των δεικτών που προέκυψαν χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τη χωρική σύγκριση των δήμων και την ανάλυση των διαφοροποιήσεων μεταξύ κοινωνικής ανάγκης μετακίνησης, συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης και οδικής ασφάλειας.

5.1.1 Δείκτης Μεταφορικής Εξυπηρέτησης (Transport Service)

Για τον υπολογισμό του δείκτη μεταφορικής εξυπηρέτησης (**Transport Service – TS**) εξετάστηκε αρχικά ένα σύνολο μεταβλητών που περιγράφουν την πυκνότητα και τη λειτουργία του δικτύου δημόσιων μεταφορών. Στο αρχικό στάδιο της ανάλυσης επιλέχθηκαν οι ακόλουθες μεταβλητές:

- Σταθμοί μετρό ανά 1000 κατοίκους
- Στάσεις λεωφορείων ανά 1000 κατοίκους
- Στάσεις τραμ ανά 1000 κατοίκους
- Σταθμοί προαστιακού ανά 1000 κατοίκους
- Προσβάσιμες στάσεις λεωφορείων ανά 1000 κατοίκους
- Γραμμές λεωφορείων ανά 1000 κατοίκους
- Καθυστερήσεις τις ώρες αιχμής (λεπτά/ χλμ)

Με βάση τις μεταβλητές αυτές πραγματοποιήθηκε αρχικά Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) καθώς και διερευνητική παραγοντική ανάλυση (Factor Analysis). Η εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης δεν κρίθηκε κατάλληλη λόγω του

περιορισμένου αριθμού μεταβλητών και της αδύναμης στατιστικής δομής του μοντέλου. Για τον λόγο αυτό η ανάλυση συνεχίστηκε με την PCA, η οποία επιτρέπει την αποτελεσματική μείωση της διάστασης των δεδομένων.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε αναθεώρηση του συνόλου μεταβλητών, με στόχο τη βελτίωση της στατιστικής ερμηνείας του μοντέλου. Συγκεκριμένα, οι μεταβλητές επαναδιατυπώθηκαν σε όρους χωρικής πυκνότητας, ώστε να αποτυπώνουν καλύτερα την ένταση της συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης ανά επιφάνεια περιοχής. Το διευρυμένο σύνολο μεταβλητών περιλάμβανε:

- Σταθμοί μετρό ανά km^2
- Στάσεις λεωφορείων ανά km^2
- Στάσεις τραμ ανά km^2
- Σταθμοί προαστιακού ανά km^2
- Προσβάσιμες στάσεις λεωφορείων ανά km^2
- Γραμμές λεωφορείων ανά km^2
- Καθυστερήσεις τις ώρες αιχμής (λεπτά/ χλμ)
- Δείκτης αξιοπιστίας λεωφορείων
- Νοικοκυριά που διαθέτουν Ι.Χ ανά 1000 κατοίκους
- Νοικοκυριά που διαθέτουν πάρκινγκ ανά 1000 κατοίκους

Η επαναληπτική εφαρμογή της PCA έδειξε ότι ορισμένες από τις παραπάνω μεταβλητές δεν παρουσίαζαν επαρκή στατιστική συμβολή στη διαμόρφωση της κύριας συνιστώσας. Ως αποτέλεσμα, οι μεταβλητές αυτές απορρίφθηκαν ώστε να προκύψει ένα πιο συνεκτικό και στατιστικά ισχυρό μοντέλο.

Το τελικό σύνολο μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του δείκτη μεταφορικής εξυπηρέτησης περιλάμβανε τις εξής::

- Σταθμοί μετρό ανά km^2
- Στάσεις λεωφορείων ανά km^2
- Στάσεις τραμ ανά km^2
- Σταθμοί προαστιακού ανά km^2
- Προσβάσιμες στάσεις λεωφορείων ανά km^2
- Γραμμές λεωφορείων ανά km^2
- Δείκτης αξιοπιστίας λεωφορείων
- Νοικοκυριά που διαθέτουν Ι.Χ ανά 1000 κατοίκους
- Νοικοκυριά που διαθέτουν πάρκινγκ ανά 1000 κατοίκους

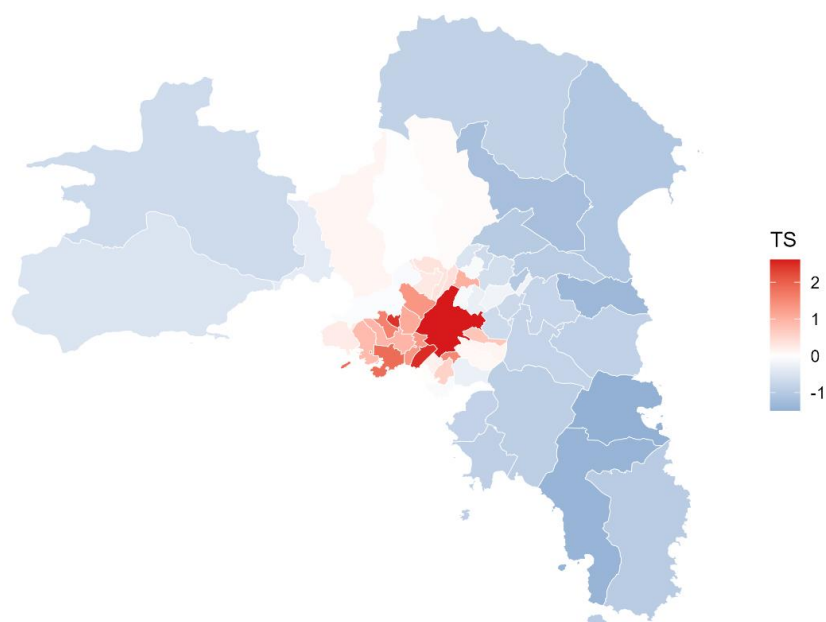
Η ανάλυση PCA (Παράρτημα 8.3) για τις μεταβλητές που σχετίζονται με τη μεταφορική εξυπηρέτηση παρουσίασε συνολική τιμή KMO ίση με 0.62, η οποία

θεωρείται αποδεκτή για την εφαρμογή της μεθόδου. Ο έλεγχος Bartlett ήταν στατιστικά σημαντικός ($\chi^2 = 169.35$, $p < 0.001$), υποδεικνύοντας ότι οι μεταβλητές παρουσιάζουν επαρκή συσχέτιση.

Η ανάλυση ανέδειξε μία κύρια συνιστώσα, η οποία **εξηγεί περίπου 43.9%** της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Οι υψηλότερες θετικές φορτίσεις παρατηρούνται στις μεταβλητές που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα και πυκνότητα του δικτύου δημόσιων μεταφορών, όπως ο αριθμός στάσεων λεωφορείων ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, ο αριθμός σταθμών μετρό ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο και η προσβασιμότητα στο δίκτυο λεωφορείων.

Αντίθετα, οι μεταβλητές που σχετίζονται με την κατοχή αυτοκινήτου και τη διαθεσιμότητα χώρων στάθμευσης εμφανίζουν θετικές φορτίσεις. Η σχέση αυτή υποδηλώνει ότι περιοχές με υψηλότερη ποιότητα συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης τείνουν να εμφανίζουν αυξημένη εξάρτηση από το ιδιωτικό αυτοκίνητο. Συνεπώς, η κύρια συνιστώσα μπορεί να ερμηνευθεί ως ένας συνολικός δείκτης μεταφορικής εξυπηρέτησης, ο οποίος αποτυπώνει την ένταση και την ποιότητα της δημόσιας συγκοινωνίας σε κάθε δήμο. Όσο αυξάνεται η τιμή του δείκτη, τόσο καλύτερη παρουσιάζεται η συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση στον εκάστοτε δήμο. Η χωρική κατανομή του δείκτη TS στην περιφέρεια Αττικής παρουσιάζεται στο Εικόνα 2 και αποτυπώνει το πως η εξυπηρέτηση μειώνεται στα προάστια και αυξάνεται στο μητροπολιτικό κέντρο της Αθήνας. (Παράρτημα 8.2)

Χωρική κατανομή του δείκτη μεταφορικής εξυπηρέτησης (TS)
Δήμοι με διαθέσιμη τιμή TS



Εικόνα 2: Χωρική κατανομή του δείκτη μεταφορικής εξυπηρέτησης (Transport Service Index – TS)

5.1.2 Δείκτης Κοινωνικών Αναγκών Μετακίνησης (Social Needs)

Για τον υπολογισμό του δείκτη κοινωνικών αναγκών μετακίνησης (**Social Needs – SN**) εξετάστηκε αρχικά ένα σύνολο κοινωνικοοικονομικών και δημογραφικών μεταβλητών που αποτυπώνουν χαρακτηριστικά πληθυσμιακών ομάδων οι οποίες ενδέχεται να παρουσιάζουν αυξημένη ανάγκη πρόσβασης σε υπηρεσίες μεταφορών. Στο αρχικό στάδιο της ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθοι δείκτες:

- Ποσοστό πληθυσμού με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο
- Ποσοστό πληθυσμού ηλικίας άνω των 60 ετών
- Ποσοστό πληθυσμού μη ευρωπαϊκής καταγωγής
- Μέση τιμή ενοικίου ανά m²

Οι μεταβλητές αυτές χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία δεικτών σε επίπεδο δήμου, με στόχο την αποτύπωση βασικών κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών του πληθυσμού που ενδέχεται να επηρεάζουν τις ανάγκες μετακίνησης. Παράλληλα εξετάστηκε και η εφαρμογή διερευνητικής παραγοντικής ανάλυσης (Exploratory Factor Analysis – EFA), με στόχο την αναγνώριση πιθανών λανθανουσών διαστάσεων των κοινωνικών χαρακτηριστικών. Ωστόσο, η εφαρμογή της μεθόδου δεν οδήγησε σε σαφή και σταθερή δομή παραγόντων, κυρίως λόγω του σχετικά μικρού αριθμού μεταβλητών. Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκε η χρήση της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis – PCA), η οποία είναι καταλληλότερη για τη δημιουργία σύνθετων δεικτών και τη μείωση της διάστασης των δεδομένων.

Στη συνέχεια, το σύνολο των μεταβλητών επεκτάθηκε ώστε να συμπεριλάβει επιπλέον δημογραφικούς και κοινωνικοοικονομικούς δείκτες, με σκοπό την πληρέστερη αποτύπωση της κοινωνικής δομής των δήμων.

Το τελικό σύνολο μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του δείκτη SN περιλάμβανε τις ακόλουθες μεταβλητές:

- Ποσοστό γυναικείου πληθυσμού
- Ποσοστό πληθυσμού με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο
- Ποσοστό πληθυσμού ηλικίας άνω των 60 ετών
- Ποσοστό πληθυσμού μη ευρωπαϊκής καταγωγής
- Μέση τιμή ενοικίου ανά m²
- Ποσοστό ανεργίας

Η επιλογή των μεταβλητών αυτών βασίστηκε στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με τη συγκοινωνιακή ισότητα, σύμφωνα με την οποία συγκεκριμένες κοινωνικές ομάδες, όπως άτομα χαμηλού μορφωτικού επιπέδου, ηλικιωμένοι, άνεργοι και πληθυσμοί μεταναστευτικής προέλευσης παρουσιάζουν συχνά μεγαλύτερη εξάρτηση από τις δημόσιες μεταφορές και συνεπώς αυξημένη ανάγκη πρόσβασης σε συγκοινωνιακές υπηρεσίες.

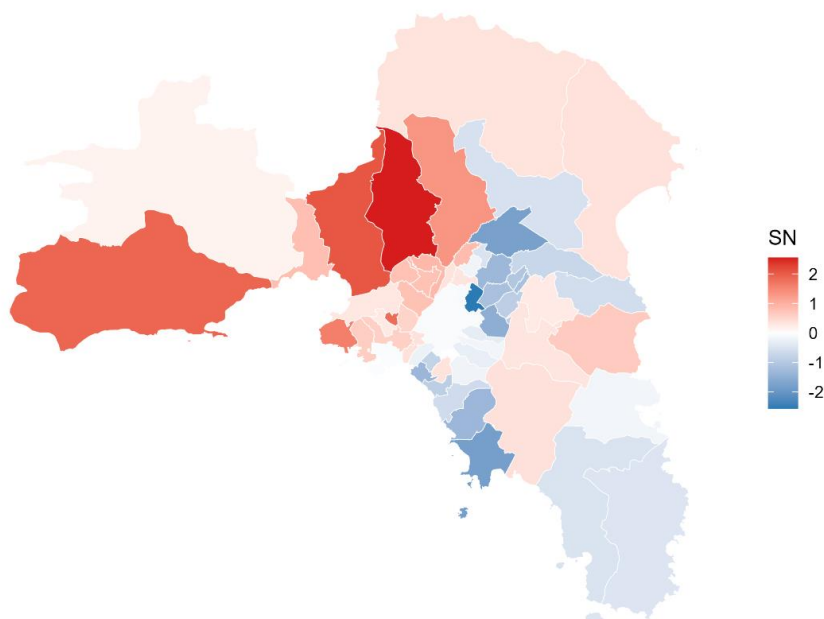
Η εφαρμογή της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών στο σύνολο των παραπάνω μεταβλητών έδειξε ότι το μοντέλο είναι στατιστικά αποδεκτό. Συγκεκριμένα, ο δείκτης **Kaiser–Meyer–Olkin (ΚΜΟ) έλαβε τιμή 0.65**, η οποία θεωρείται ικανοποιητική για την εφαρμογή της μεθόδου, ενώ ο έλεγχος σφαιρικότητας του Bartlett ήταν στατιστικά σημαντικός ($\chi^2 = 173.12, p < 0.001$), γεγονός που επιβεβαιώνει ότι οι μεταβλητές παρουσιάζουν επαρκείς συσχετίσεις μεταξύ τους.

Η ανάλυση ανέδειξε μία κύρια συνιστώσα, η οποία **εξηγεί περίπου 54.7%** της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Οι υψηλότερες φορτίσεις παρατηρούνται σε μεταβλητές που σχετίζονται με κοινωνικοοικονομική ευαλωτότητα, όπως το ποσοστό πληθυσμού με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο και το ποσοστό ανεργίας, καθώς και σε δημογραφικά χαρακτηριστικά όπως το ποσοστό πληθυσμού ηλικίας άνω των 60 ετών.

Η κύρια συνιστώσα μπορεί συνεπώς να ερμηνευθεί ως ένας συνολικός δείκτης κοινωνικών αναγκών μετακίνησης, ο οποίος αποτυπώνει τον βαθμό στον οποίο κάθε δήμος συγκεντρώνει πληθυσμιακές ομάδες που ενδέχεται να παρουσιάζουν αυξημένη ανάγκη μετακίνησης και πρόσβασης σε υπηρεσίες μεταφορών. Υψηλότερες τιμές του δείκτη υποδηλώνουν περιοχές με μεγαλύτερη κοινωνική ευαλωτότητα και αυξημένες ανάγκες μετακίνησης, ενώ χαμηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε περιοχές με μικρότερη σχετική ανάγκη για συγκοινωνιακή υποστήριξη.

Η χωρική κατανομή του δείκτη SN στην περιφέρεια Αττικής παρουσιάζεται στο Εικόνα 3 και αποτυπώνει το πως οι περιοχές με υψηλότερες κοινωνικές ανάγκες εντοπίζονται κυρίως στα δυτικά προάστια και ίσως και σε κάποιους δήμους ανατολικά. (Παράρτημα 8.2)

Χωρική κατανομή του δείκτη κοινωνικών αναγκών μετακίνησης (SN)
Δήμοι με διαθέσιμη τιμή SN



Εικόνα 3: Χωρική κατανομή του δείκτη κοινωνικών αναγκών μετακίνησης (Social Needs Index – SN)

5.1.3 Δείκτης Οδικής Ασφάλειας (Safety)

Για την αποτύπωση του επιπέδου **οδικής ασφάλειας** σε επίπεδο δήμου χρησιμοποιήθηκαν μεταβλητές που περιγράφουν τη συχνότητα σοβαρών τροχαίων ατυχημάτων. Αρχικά εξετάστηκε η χρήση δύο συνοπτικών δεικτών:

- Θανατηφόρα τροχαία
- Τραυματισμοί από τροχαία

Ωστόσο, οι μεταβλητές αυτές δεν παρείχαν επαρκώς σταθερή και διαφοροποιημένη εικόνα της κατανομής των τροχαίων ατυχημάτων μεταξύ των δήμων. Για τον λόγο αυτό εξετάστηκε ένα πιο αναλυτικό σύνολο μεταβλητών που διακρίνει τα ατυχήματα ανά τύπο χρήστη του οδικού δικτύου και ανά βαθμό σοβαρότητας τραυματισμού.

Το αρχικό σύνολο μεταβλητών περιλάμβανε:

- Θανατηφόρα ατυχήματα πεζών ανά 10.000 κατοίκους
- Θανατηφόρα ατυχήματα αυτοκινήτων ανά 10.000 κατοίκους
- Θανατηφόρα ατυχήματα μοτοσυκλετών ανά 10.000 κατοίκους
- Σοβαροί τραυματισμοί οδηγών αυτοκινήτου ανά 10.000 κατοίκους
- Σοβαροί τραυματισμοί πεζών ανά 10.000 κατοίκους

- Σοβαροί τραυματισμοί μοτοσυκλετιστών ανά 10.000 κατοίκους
- Ελαφροί τραυματισμοί οδηγών αυτοκινήτου ανά 10.000 κατοίκους
- Ελαφροί τραυματισμοί πεζών ανά 10.000 κατοίκους
- Ελαφροί τραυματισμοί μοτοσυκλετιστών ανά 10.000 κατοίκους

Ωστόσο, οι μεταβλητές που αφορούν ελαφρούς τραυματισμούς παρουσίασαν χαμηλές φορτίσεις και περιορισμένη συμβολή στη διακύμανση του δείκτη. Για τον λόγο αυτό αφαιρέθηκαν από την ανάλυση και ο τελικός δείκτης βασίστηκε στις μεταβλητές που σχετίζονται με θανατηφόρα και σοβαρά τροχαία ατυχήματα:

- Θανατηφόρα ατυχήματα πεζών ανά 10.000 κατοίκους
- Θανατηφόρα ατυχήματα αυτοκινήτων ανά 10.000 κατοίκους
- Θανατηφόρα ατυχήματα μοτοσυκλετών ανά 10.000 κατοίκους
- Σοβαροί τραυματισμοί οδηγών αυτοκινήτου ανά 10.000 κατοίκους
- Σοβαροί τραυματισμοί πεζών ανά 10.000 κατοίκους
- Σοβαροί τραυματισμοί μοτοσυκλετιστών ανά 10.000 κατοίκους

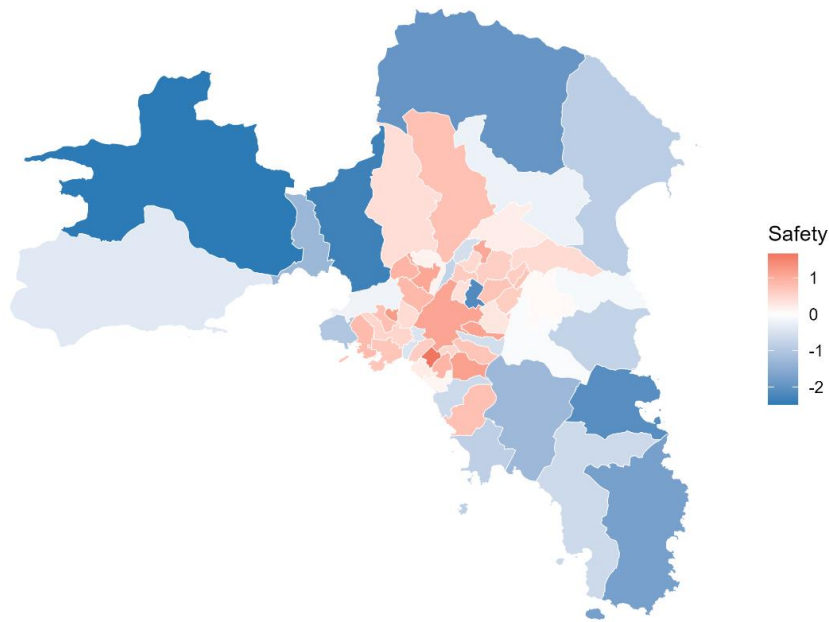
Η PCA για τις μεταβλητές αυτές παρουσίασε τιμή **KMO=0.70**, η οποία θεωρείται ικανοποιητική για την εφαρμογή της μεθόδου. Ο έλεγχος Bartlett ήταν στατιστικά σημαντικός ($\chi^2 = 80.75$, $p < 0.001$), επιβεβαιώνοντας την ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών.

Η πρώτη κύρια συνιστώσα **εξηγεί περίπου το 44.6%** της συνολικής διακύμανσης και παρουσιάζει υψηλές φορτίσεις στις μεταβλητές που σχετίζονται με θανατηφόρα και σοβαρά τροχαία ατυχήματα για διαφορετικές κατηγορίες χρηστών του οδικού δικτύου. Η συνιστώσα αυτή αποτυπώνει το συνολικό επίπεδο οδικής επικινδυνότητας σε κάθε δήμο.

Ο δείκτης χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τη συγκριτική αξιολόγηση της οδικής ασφάλειας μεταξύ των δήμων της Αττικής και για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ οδικής ασφάλειας, κοινωνικών χαρακτηριστικών και επιπέδου συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης.

Η χωρική κατανομή του δείκτη Safety στην περιφέρεια Αττικής παρουσιάζεται στο Εικόνα 4 και αποτυπώνει το πως οι περιοχές με υψηλότερο ποσοστό ατυχημάτων εντοπίζονται στους κεντρικούς Δήμους της Αττικής. Αυτό το αποτέλεσμα θεωρείται αναμενόμενο καθώς εκεί εντοπίζονται σημαντικά περισσότερες μετακινήσεις. (Παράρτημα 8.2)

Χωρική κατανομή του δείκτη οδικής ασφάλειας (Safety)
Δήμοι με διαθέσιμη τιμή δείκτη ασφάλειας



Εικόνα 4: Χωρική κατανομή του δείκτη οδικής ασφάλειας (Safety Index)

5.2 Δείκτης Χωρικού Χάσματος Μεταφορικής Ισότητας (Gap Index)

Με βάση τους τρεις σύνθετους δείκτες που προέκυψαν από την Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών **Transport Service (TS)**, **Social Needs (SN)** και **Safety**, δημιουργήθηκε ένας δείκτης που αποτυπώνει το χάσμα μεταξύ κοινωνικών αναγκών μετακίνησης και επιπέδου συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης και ασφάλειας σε κάθε έναν από τους 58 εξεταζόμενους δήμους της Αττικής.

Οι τιμές της πρώτης κύριας συνιστώσας (PC1) από κάθε PCA χρησιμοποιήθηκαν ως **scores** για τους δήμους, δημιουργώντας έναν πίνακα τιμών για κάθε δείκτη. Οι δείκτες αυτοί εκφράζουν τη σχετική θέση κάθε δήμου σε σχέση με τον μέσο όρο της Περιφέρειας Αττικής.

Η κατεύθυνση των δεικτών προσαρμόστηκε ώστε να είναι δυνατή η συγκριτική ερμηνεία τους. Συγκεκριμένα, στον δείκτη **Transport Service** υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε καλύτερο επίπεδο συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. Αντίθετα, στους δείκτες **Social Needs** και **Safety** υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε μεγαλύτερες κοινωνικές ανάγκες μετακίνησης και υψηλότερο επίπεδο οδικής επικινδυνότητας αντίστοιχα.

Με βάση τους τρεις αυτούς δείκτες υπολογίστηκε για κάθε δήμο ένα μέτρο απόκλισης μεταξύ κοινωνικών αναγκών και επιπέδου μεταφορικής εξυπηρέτησης και ασφάλειας. Ο δείκτης χάσματος υπολογίστηκε σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$Gap_i = SN_i - (TS_i - Safety_i)$$

όπου:

- Gap_i είναι ο δείκτης συγκοινωνιακής ανισότητας για τον δήμο i ,
- TS_i είναι ο δείκτης μεταφορικής εξυπηρέτησης (Transport Service Index),
- SN_i είναι ο δείκτης κοινωνικών αναγκών μετακίνησης (Social Needs Index),
- $Safety_i$ είναι ο δείκτης οδικών ατυχημάτων

Ο δείκτης αυτός αποτυπώνει τον βαθμό στον οποίο οι κοινωνικές ανάγκες μετακίνησης σε έναν δήμο αντιστοιχούν ή όχι στο επίπεδο μεταφορικής εξυπηρέτησης και ασφάλειας που παρέχεται.

Λόγω της διαφορετικής κατεύθυνσης των αρχικών δεικτών, υπολογίστηκε επίσης ένας **μέσος όρος των τριών δεικτών**, ώστε να δημιουργηθεί ένα συγκρίσιμο μέτρο μεταξύ των δήμων. Στη συνέχεια ο δείκτης χάσματος (Gap) κανονικοποιήθηκε ως προς τη μέγιστη τιμή του δείκτη, ώστε να προκύψει ένας σχετικός δείκτης ανισότητας:

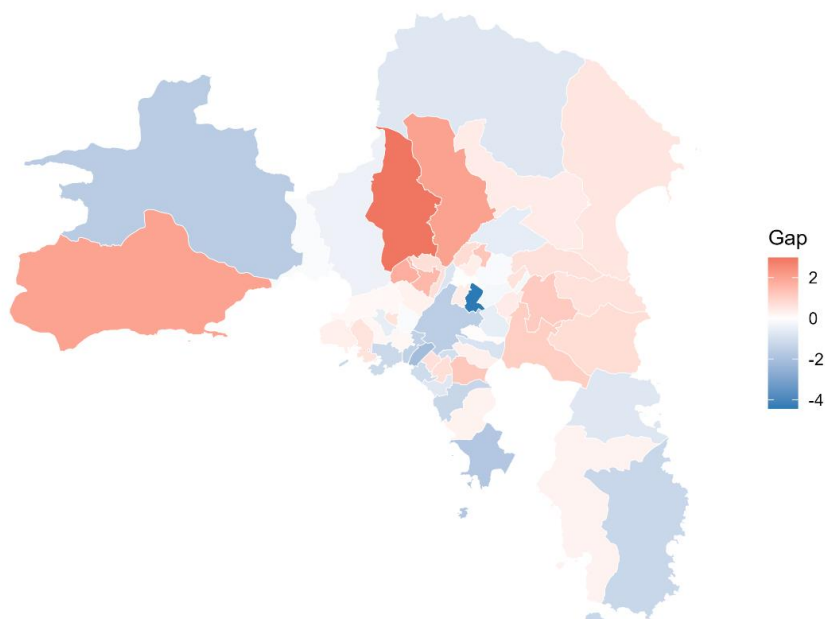
$$Relative\ Gap_i = \frac{Gap_i}{Gap_{max}}$$

όπου Gap_{max} είναι η μέγιστη τιμή του δείκτη χάσματος μεταξύ των δήμων της Αττικής. (Παράρτημα 8.2)

Στην παρούσα ανάλυση, η μέγιστη τιμή του δείκτη παρατηρείται στον **Δήμο Αγίας Βαρβάρας**, ο οποίος χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς για την κανονικοποίηση του δείκτη. Ο σχετικός δείκτης επιτρέπει τη σύγκριση του βαθμού μεταφορικής ανισότητας μεταξύ των δήμων και τη διερεύνηση χωρικών διαφορών στο σύστημα μεταφορών της Περιφέρειας Αττικής.

Η χωρική κατανομή του δείκτη Gap στην περιφέρεια Αττικής παρουσιάζεται στο Εικόνα 5 και αποτυπώνει το πως ο δείκτης αυτός δεν συσσωρεύει υψηλές θετικές τιμές σε συγκεκριμένα σημεία του χάρτη.

Χωρική κατανομή του δείκτη χάσματος μεταφορών (Gap)
Δήμοι με διαθέσιμη τιμή δείκτη Gap



Εικόνα 5: Χωρική κατανομή του δείκτη συγκοινωνιακού χάσματος (Transport Equity Gap Index)

5.3 Συνοπτικά συμπεράσματα

Η χωρική απεικόνιση των δεικτών παρέχει μια πρώτη εικόνα των διαφοροποιήσεων που εμφανίζονται στο σύστημα μεταφορών της Αττικής. Ωστόσο, η οπτική αυτή διερεύνηση δεν επαρκεί από μόνη της για την κατανόηση των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών. Για τον λόγο αυτό, στη συνέχεια εφαρμόζονται στατιστικά και χωρικά μοντέλα παλινδρόμησης προκειμένου να διερευνηθεί συστηματικά η σχέση μεταξύ κοινωνικών αναγκών μετακίνησης και επιπέδου συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης.

5.4 Μοντέλα Παλινδρόμησης

Αφού κατασκευάστηκαν οι σύνθετοι δείκτες μέσω της PCA, στη συνέχεια εξετάστηκε η σχέση μεταξύ κοινωνικής ανάγκης και μεταφορικής εξυπηρέτησης σε επίπεδο δήμου. Ο βασικός στόχος ήταν να διερευνηθεί αν οι δήμοι με μεγαλύτερες κοινωνικές ανάγκες εμφανίζουν και αντίστοιχα υψηλότερο ή χαμηλότερο επίπεδο συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης.

Για τον σκοπό αυτό, εκτιμήθηκε αρχικά ένα γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή τον δείκτη μεταφορικής εξυπηρέτησης (**TS**) και ανεξάρτητες μεταβλητές τον δείκτη κοινωνικής ανάγκης (**SN**), τον δείκτη οδικής ασφάλειας (**Safety**) και το ποσοστό ιδιοκτησίας αυτοκινήτου. Η ιδιοκτησία αυτοκινήτου μήκε

στο μοντέλο ως μεταβλητή ελέγχου, καθώς συνδέεται τόσο με το επίπεδο μηχανοκίνησης όσο και με διαφορετικά πρότυπα μετακίνησης μεταξύ των δήμων.

Σημειώνεται ότι στην παλινδρομική ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν οι αρχικές τιμές των δεικτών που προέκυψαν από την PCA και όχι οι κανονικοποιημένες τιμές 0–100. Η επιλογή αυτή έγινε επειδή οι αρχικές τιμές διατηρούν καλύτερα τη στατιστική πληροφορία των δεδομένων και είναι πιο κατάλληλες για οικονομετρική ανάλυση, ενώ η κανονικοποίηση χρησιμοποιήθηκε κυρίως για λόγους παρουσίασης και χαρτογράφησης.

Ωστόσο, επειδή αρκετές από τις μεταβλητές που σχετίζονται με την παροχή μεταφορικών υπηρεσιών επηρεάζονται από το μέγεθος και τη χωρική συγκέντρωση του πληθυσμού, κρίθηκε απαραίτητο να ληφθεί υπόψη και η πληθυσμιακή πυκνότητα. Για τον λόγο αυτό προστέθηκε στο μοντέλο η μεταβλητή της πληθυσμιακής πυκνότητας σε λογαριθμική μορφή ($\log(\text{Density})$), προκειμένου να ελεγχθεί πιθανό φαινόμενο κλίμακας (denominator effect).

Το τελικό μοντέλο είχε τη μορφή:

$$TS_i = \beta_0 + \beta_1 SN_i + \beta_2 Safety_i + \beta_3 \log(Density_i) + \varepsilon_i$$

όπου i αντιστοιχεί στον δήμο.

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης (Πίνακας 5) έδειξαν ότι ο δείκτης κοινωνικής ανάγκης (SN) παρουσιάζει θετική και στατιστικά σημαντική σχέση με τον δείκτη μεταφορικής εξυπηρέτησης ($\beta = 0.476, p < 0.001$). Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι δήμοι με υψηλότερο επίπεδο κοινωνικής ανάγκης τείνουν να εμφανίζουν και υψηλότερες τιμές στον δείκτη μεταφορικής εξυπηρέτησης. Με άλλα λόγια, περιοχές με αυξημένες κοινωνικές ανάγκες φαίνεται να συγκεντρώνουν σχετικά υψηλότερο επίπεδο συγκοινωνιακής παροχής.

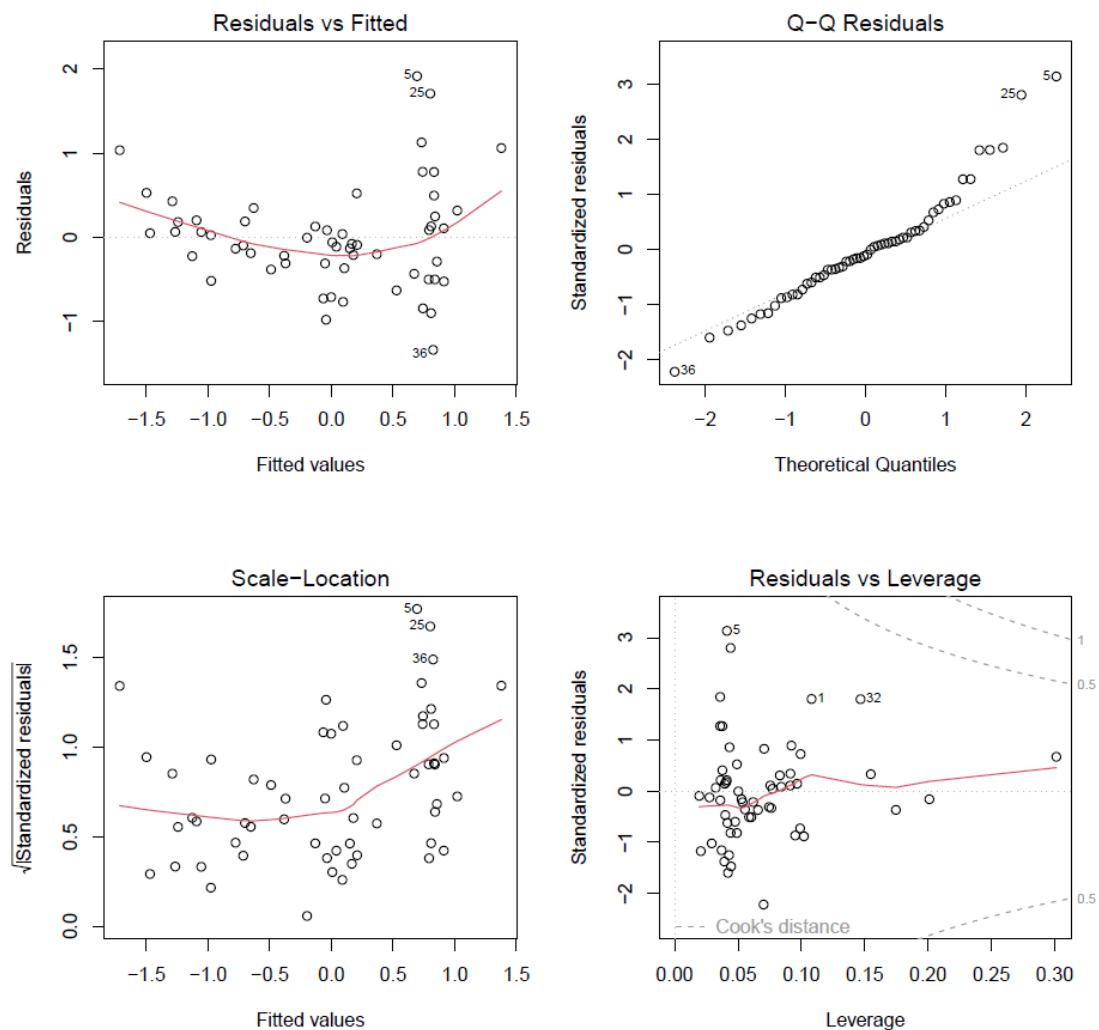
Αντίθετα, ο δείκτης οδικής ασφάλειας δεν προέκυψε στατιστικά σημαντικός ($p > 0.05$), γεγονός που δείχνει ότι η διάσταση της οδικής ασφάλειας δεν εμφανίζει σαφή συσχέτιση με το επίπεδο μεταφορικής εξυπηρέτησης σε επίπεδο δήμου.

Η μεταβλητή της πληθυσμιακής πυκνότητας προέκυψε επίσης θετική και ιδιαίτερα στατιστικά σημαντική ($\beta = 0.519, p < 0.001$). Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι οι πιο πυκνοκατοικημένοι δήμοι τείνουν να εμφανίζουν υψηλότερες τιμές του δείκτη μεταφορικής εξυπηρέτησης. Η σχέση αυτή είναι συμβατή με τη γενικότερη χωρική οργάνωση των αστικών μεταφορών, καθώς οι περιοχές με μεγαλύτερη πληθυσμιακή συγκέντρωση τείνουν να διαθέτουν πιο πυκνό δίκτυο συγκοινωνιακών υπηρεσιών.

Πίνακας 5. Αποτελέσματα Γραμμικής Παλινδρόμησης

term	estimate	std.error	statistic	p.value	conf.low	conf.high
(Intercept)	-4,13102025	0,60624597	-6,8140993	8,2555E-09	-5,34647025	-2,91557026
score_sn	0,47609417	0,0854794	5,56969451	8,2681E-07	0,30471828	0,64747005
score_safety	-0,16255582	0,12248429	-1,32715652	0,19004118	-0,40812203	0,08301039
log_density	0,51886152	0,07546017	6,87596568	6,5511E-09	0,36757299	0,67015004

Παράλληλα πραγματοποιήθηκαν βασικοί διαγνωστικοί έλεγχοι του μοντέλου (Εικόνα 6). Τα διαγράμματα των υπολοίπων δεν έδειξαν σοβαρή απόκλιση από τις βασικές υποθέσεις της γραμμικής παλινδρόμησης, καθώς τα υπόλοιπα ήταν σχετικά συμμετρικά κατανεμημένα γύρω από το μηδέν και δεν παρουσίαζαν έντονα μοτίβα. Επιπλέον, ο έλεγχος πολυσυγγραμμικότητας μέσω των VIF δεν υπέδειξε σοβαρό πρόβλημα μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών, ενώ και ο έλεγχος Breusch–Pagan δεν έδειξε στατιστικά σημαντική ετεροσκεδαστικότητα. Για μεγαλύτερη μεθοδολογική ασφάλεια υπολογίστηκαν επίσης robust standard errors, χωρίς ουσιαστική διαφοροποίηση ως προς την κατεύθυνση και τη στατιστική σημαντικότητα των βασικών αποτελεσμάτων.



Εικόνα 6: Γραφήματα Γραμμικής Παλινδρόμησης

Συνολικά, το βασικό εύρημα της ανάλυσης είναι ότι οι δήμοι με υψηλότερη κοινωνική ανάγκη δεν εμφανίζουν χαμηλότερο επίπεδο μεταφορικής εξυπηρέτησης. Αντίθετα, φαίνεται να συνδέονται με υψηλότερες τιμές του δείκτη TS. Από τη σκοπιά της δικαιοσύνης στις μεταφορές το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι η μεταφορική προσφορά δεν κατανέμεται αποκλειστικά προς περιοχές με μεγαλύτερο κοινωνικοοικονομικό πλεονέκτημα, αλλά σε σημαντικό βαθμό συμπίπτει και με περιοχές αυξημένων κοινωνικών αναγκών. Παράλληλα, η θετική σχέση της πληθυσμιακής πυκνότητας με τον δείκτη μεταφορικής εξυπηρέτησης αντανακλά τη μεγαλύτερη συγκοινωνιακή κάλυψη που παρατηρείται συνήθως σε πιο πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές.

5.5 Κατασκευή Πίνακα Γειτνίασης και Ορισμός Χωρικής Δομής

Η εφαρμογή του χωρικού μοντέλου τύπου **Conditional Autoregressive (CAR)** προϋποθέτει τον ορισμό της χωρικής δομής μεταξύ των μονάδων ανάλυσης. Στην παρούσα εργασία, οι μονάδες αυτές είναι οι δήμοι της Περιφέρειας Αττικής. Για να καταστεί δυνατή η εκτίμηση της χωρικής εξάρτησης μεταξύ των δήμων, κατασκευάστηκε **πίνακας γειτνίασης (adjacency matrix)**, ο οποίος αποτυπώνει ποιοι δήμοι θεωρούνται χωρικά γειτονικοί.

Η δημιουργία του πίνακα γειτνίασης αποτέλεσε βασικό βήμα της μεθοδολογίας, καθώς το χωρικό μοντέλο CAR δεν χρησιμοποιεί μόνο τις τιμές των μεταβλητών κάθε δήμου, αλλά και τη χωρική σχέση κάθε δήμου με τους γειτονικούς του. Με άλλα λόγια, η χωρική διάσταση δεν εισάγεται αφηρημένα, αλλά ποσοτικοποιείται μέσω ενός συγκεκριμένου πίνακα που ορίζει ποιες περιοχές επηρεάζουν ποιες.

5.5.1 Επιλογή της χωρικής μονάδας ανάλυσης

Ως χωρική μονάδα ανάλυσης επιλέχθηκαν οι δήμοι της Περιφέρειας Αττικής. Η επιλογή αυτή έγινε επειδή το σύνολο της ανάλυσης των δεικτών μεταφορικής εξυπηρέτησης, κοινωνικής ανάγκης και οδικής ασφάλειας είχε ήδη οργανωθεί σε επίπεδο δήμου. Επομένως, για να υπάρχει συνέπεια μεταξύ περιγραφικής, παλινδρομικής και χωρικής ανάλυσης, κρίθηκε σκόπιμο να διατηρηθεί το ίδιο επίπεδο χωρικής ανάλυσης σε όλα τα στάδια της έρευνας.

Η γεωγραφική πληροφορία για τους δήμους προήλθε από πολυγωνικό shapefile διοικητικών ορίων, το οποίο περιλάμβανε όλους τους δήμους της Ελλάδας. Από αυτό το αρχικό shapefile πραγματοποιήθηκε επιλογή μόνο των δήμων της Αττικής, με βάση τον αντίστοιχο κωδικό κάθε δήμου. Η χρήση των κωδικών εξασφάλισε ότι η χωρική βάση δεδομένων ταυτίζεται πλήρως με το σύνολο των 58 δήμων που χρησιμοποιήθηκε στην οικονομετρική ανάλυση.

5.5.2 Φόρτωση και προετοιμασία του χωρικού αρχείου

Το shapefile εισήχθη στο περιβάλλον R και χρησιμοποιήθηκε ως η βασική γεωμετρική αναπαράσταση των δήμων. Κάθε δήμος αντιστοιχούσε σε ένα πολύγωνο, δηλαδή σε ένα κλειστό γεωμετρικό σχήμα που αποτυπώνει τα διοικητικά του όρια. Στη συνέχεια το αρχείο φιλτραρίστηκε ώστε να παραμείνουν μόνο οι δήμοι που περιλαμβάνονται στο τελικό dataset της ανάλυσης.

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιήθηκε και έλεγχος εγκυρότητας των γεωμετριών. Ο έλεγχος αυτός είναι σημαντικός, επειδή τα χωρικά μοντέλα προϋποθέτουν ότι τα πολυγωνικά όρια είναι τοπολογικά ορθά, δηλαδή δεν περιέχουν γεωμετρικά σφάλματα όπως ανοιχτά όρια, αλληλεπικαλύψεις ή ασυνέχειες. Για τον λόγο αυτό εφαρμόστηκε διαδικασία διόρθωσης των γεωμετριών πριν από τη δημιουργία του πίνακα γειτνίασης.

5.5.3 Σύνδεση χωρικών και μη χωρικών δεδομένων

Αφού περιορίστηκε το shapefile στους 58 δήμους της Αττικής, πραγματοποιήθηκε σύνδεση του χωρικού dataset με το τελικό αρχείο δεδομένων της ανάλυσης, το οποίο περιείχε τους δείκτες:

- μεταφορικής εξυπηρέτησης (Score.TS),
- κοινωνικής ανάγκης (Score.SN),
- οδικής ασφάλειας (Score.Safety),
- δείκτη Gap,
- καθώς και την πληθυσμιακή πυκνότητα (DENSITY_PER_KM2).

Η σύνδεση έγινε με βάση τον μοναδικό κωδικό δήμου (CODE), ώστε κάθε πολύγωνο δήμου να αντιστοιχεί με ακρίβεια στις τιμές των μεταβλητών του. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε ένα ενιαίο χωρικό dataset, στο οποίο κάθε παρατήρηση διαθέτει τόσο τη γεωμετρία του δήμου όσο και τα αναλυτικά του χαρακτηριστικά.

5.5.4 Ορισμός της έννοιας της γειτνίασης

Το επόμενο βήμα ήταν να οριστεί τι σημαίνει «γειτονικός δήμος». Στη χωρική ανάλυση, η έννοια της γειτνίασης δεν είναι αυτονόητη, αλλά εξαρτάται από το ερευνητικό ερώτημα και τη χωρική λογική του μοντέλου. Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε το κριτήριο **queen contiguity**.

Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό, δύο περιοχές θεωρούνται γειτονικές όταν έχουν κοινό σύνορο ή ακόμη και κοινό σημείο επαφής. Πρόκειται για σχετικά ευρύ ορισμό γειτνίασης, ο οποίος χρησιμοποιείται συχνά σε διοικητικές χωρικές αναλύσεις,

καθώς λαμβάνει υπόψη κάθε μορφή άμεσης χωρικής επαφής μεταξύ δύο πολυγώνων.

Η επιλογή του queen contiguity κρίθηκε κατάλληλη για την παρούσα εργασία επειδή:

1. οι δήμοι αποτελούν διοικητικές ενότητες με σαφή όρια,
2. το ενδιαφέρον της ανάλυσης αφορά τη χωρική συσχέτιση σε μητροπολιτικό επίπεδο,
3. η μεταφορική εξυπηρέτηση και η κοινωνική ανάγκη είναι πιθανό να παρουσιάζουν χωρική συνέχεια όχι μόνο σε περιοχές που μοιράζονται μεγάλη κοινή μεθόριο, αλλά και σε περιοχές που απλώς εφάπτονται.

5.5.5 Δημιουργία της λίστας γειτνίασης

Με βάση το παραπάνω κριτήριο, δημιουργήθηκε αρχικά λίστα γειτνίασης (neighbour list), στην οποία για κάθε δήμο καταγράφηκαν οι δήμοι που θεωρούνται χωρικά γειτονικοί. Το βήμα αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως η ενδιάμεση φάση μεταξύ της γεωμετρικής πληροφορίας και του τελικού πίνακα χωρικών βαρών.

Η λίστα αυτή δεν είναι ακόμη ο τελικός πίνακας του μοντέλου, αλλά μια χωρική αναπαράσταση της λογικής γειτνίασης: για κάθε δήμο, το σύστημα γνωρίζει ποιοι άλλοι δήμοι τον περιβάλλουν χωρικά. Από τη λίστα αυτή προκύπτει το δομημένο δίκτυο χωρικών σχέσεων που θα ενσωματωθεί στη συνέχεια στο CAR μοντέλο.

5.5.6 Δημιουργία του πίνακα γειτνίασης

Από τη λίστα γειτονικών περιοχών δημιουργήθηκε ο τελικός πίνακας γειτνίασης W , ο οποίος αποτελεί έναν τετραγωνικό πίνακα διαστάσεων 58×58 . Κάθε γραμμή και κάθε στήλη του πίνακα αντιστοιχεί σε έναν δήμο της Αττικής (Πίνακας 6) (Παράρτημα 8.2).

Ο πίνακας έχει δυαδική μορφή, δηλαδή:

- $W_{ij} = 1$ όταν ο δήμος i είναι γειτονικός με τον δήμο j ,
- $W_{ij} = 0$ όταν οι δύο δήμοι δεν είναι γειτονικοί.

Η χρήση δυαδικών χωρικών βαρών σημαίνει ότι όλοι οι γειτονικοί δήμοι αντιμετωπίζονται ως εξίσου σημαντικοί ως προς τη χωρική τους επίδραση. Δεν εφαρμόστηκε στάθμιση με βάση την απόσταση, το μήκος κοινού συνόρου ή κάποιο άλλο μέτρο έντασης χωρικής σύνδεσης. Η επιλογή αυτή είναι σύμφωνη με τη συνήθη πρακτική σε εφαρμογές CAR μοντέλων σε διοικητικές χωρικές ενότητες, όπου το βασικό ενδιαφέρον είναι η ύπαρξη ή μη άμεσης χωρικής γειτνίασης.

Πίνακας 6. Ενδεικτικός Πίνακας Γειτνίασης Δήμων Αττικής

ΔΗΜΟΙ	ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΔΗΜΟΣ ΒΥΡΩΝΟΣ	ΔΗΜΟΣ ΓΑΛΑΤΣΙΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΔΑΦΝΗΣ - ΥΜΗΤΤΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΗΛΙΟΥΠΟΛΕΩΣ	ΔΗΜΟΣ ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗΣ	ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑΣ - ΝΕΑΣ ΧΑΛΚΗΔΟΝΟΣ	ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ
ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ	0	1	1	1	1	0	1	1	0
ΔΗΜΟΣ ΒΥΡΩΝΟΣ	1	0	0	1	0	1	1	0	0
ΔΗΜΟΣ ΓΑΛΑΤΣΙΟΥ	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΔΑΦΝΗΣ - ΥΜΗΤΤΟΥ	1	1	0	0	0	1	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ	1	0	0	0	0	0	1	0	0
ΔΗΜΟΣ ΗΛΙΟΥΠΟΛΕΩΣ	0	1	0	1	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗΣ	1	1	0	0	1	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑΣ - ΝΕΑΣ ΧΑΛΚΗΔΟΝΟΣ	1	0	0	0	0	0	0	0	0

5.5.7 Χαρακτηριστικά του πίνακα γειτνίασης

Ο πίνακας που δημιουργήθηκε είναι συμμετρικός. Αυτό σημαίνει ότι αν ο δήμος i θεωρείται γειτονικός με τον δήμο j , τότε και ο δήμος j θεωρείται γειτονικός με τον δήμο i . Η συμμετρία αυτή είναι απαραίτητη για τη σωστή λειτουργία του χωρικού μοντέλου.

Επιπλέον, ο πίνακας περιέχει μηδενικά στη διαγώνιο, καθώς ένας δήμος δεν θεωρείται γείτονας του εαυτού του. Επομένως, η κύρια διαγώνιος του πίνακα λαμβάνει τιμή 0.

Ο πίνακας γειτνίασης αποθηκεύτηκε και σε μορφή Excel, με ονόματα δήμων στις γραμμές και στις στήλες, ώστε να μπορεί να ελεγχθεί οπτικά η χωρική δομή που χρησιμοποιείται στο μοντέλο.

5.5.8 Οπτικοποίηση της χωρικής δομής

Για την καλύτερη κατανόηση της χωρικής δομής που ορίστηκε μέσω του πίνακα γειτνίασης, δημιουργήθηκε και γράφημα γειτνίασης (neighbour graph). Στο γράφημα αυτό, οι δήμοι της Αττικής απεικονίζονται χωρικά με βάση τα διοικητικά τους όρια, ενώ οι χωρικές σχέσεις γειτνίασης εμφανίζονται ως γραμμές που συνδέουν τους γειτονικούς δήμους.

Η οπτικοποίηση αυτή επιτρέπει να φανεί καθαρά η λογική του πίνακα γειτνίασης και επιβεβαιώνει ότι η χωρική δομή που χρησιμοποιείται στο μοντέλο ανταποκρίνεται στη γεωγραφική πραγματικότητα των δήμων της Αττικής.

5.5.9 Ενσωμάτωση του πίνακα στο μοντέλο CAR

Ο πίνακας γειννίασης δεν χρησιμοποιήθηκε απλώς ως περιγραφικό εργαλείο, αλλά ενσωματώθηκε άμεσα στο χωρικό μοντέλο CAR μέσω του πίνακα χωρικών βαρών W . Το μοντέλο αξιοποιεί τον πίνακα αυτό για να προσδιορίσει ποιοι δήμοι επηρεάζουν χωρικά ο ένας τον άλλο, δηλαδή πώς η χωρική εξάρτηση διαχέεται στο σύστημα.

Με άλλα λόγια, ο πίνακας γειννίασης χρησιμοποιήθηκε για να ορίσει τη χωρική δομή πάνω στην οποία εκτιμήθηκαν :

- η παράμετρος χωρικής εξάρτησης ρ ,
- οι χωρικές τυχαίες επιδράσεις για κάθε δήμο.

Η χρήση του πίνακα αυτού επιτρέπει στο μοντέλο να λάβει υπόψη ότι οι γειτονικές περιοχές είναι πιθανό να εμφανίζουν παρόμοια επίπεδα μεταφορικής εξυπηρέτησης, όχι μόνο λόγω κοινών κοινωνικών χαρακτηριστικών αλλά και λόγω κοινής γεωγραφικής θέσης και ένταξης στο ίδιο μητροπολιτικό σύστημα μεταφορών.

5.5.10 Συνοπτικό συμπέρασμα

Η κατασκευή του πίνακα γειννίασης αποτέλεσε θεμελιώδες στάδιο της χωρικής ανάλυσης. Μέσω αυτού ορίστηκε με σαφή τρόπο η χωρική σχέση μεταξύ των 58 δήμων της Αττικής. Ο πίνακας αυτός επέτρεψε την εφαρμογή του μοντέλου CAR και την εκτίμηση της χωρικής εξάρτησης μεταξύ των περιοχών, προσθέτοντας έτσι μια κρίσιμη γεωγραφική διάσταση στην ανάλυση της μεταφορικής εξυπηρέτησης και της ισότητας στις ενεργές μετακινήσεις

5.6 Εφαρμογή χωρικών μοντέλων CAR

Μετά την κατασκευή των σύνθετων δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση, εφαρμόστηκε χωρική παλινδρόμηση τύπου **Conditional Autoregressive (CAR)** με σκοπό τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ του επιπέδου συγκοινωνιακής **εξυπηρέτησης (TS)** και της **κοινωνικής ανάγκης μετακίνησης (SN)**, λαμβάνοντας υπόψη τη χωρική εξάρτηση μεταξύ των δήμων της Περιφέρειας Αττικής.

Η χρήση χωρικού μοντέλου κρίθηκε απαραίτητη, καθώς οι χωρικές μονάδες της ανάλυσης δεν μπορούν να θεωρηθούν στατιστικά ανεξάρτητες. Γειτονικοί δήμοι τείνουν να παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά ως προς τη μεταφορική υποδομή, τη χωρική οργάνωση, την πληθυσμιακή πυκνότητα και τα κοινωνικοοικονομικά πρότυπα. Η χωρική αυτή αλληλεπίδραση δημιουργεί

φαινόμενα χωρικής αυτοσυσχέτισης, τα οποία δεν μπορούν να αποτυπωθούν επαρκώς από συμβατικά μη χωρικά μοντέλα παλινδρόμησης. Συνεπώς, η εφαρμογή χωρικών οικονομετρικών μοντέλων επιτρέπει την ενσωμάτωση της γεωγραφικής διάστασης στη στατιστική ανάλυση.

5.6.1 Δημιουργία του χωρικού dataset

Στο πρώτο στάδιο της διαδικασίας εισήχθη το shapefile των δήμων της Περιφέρειας Αττικής, το οποίο περιλαμβάνει τη γεωμετρία των διοικητικών ορίων. Στη συνέχεια το αρχείο αυτό συνδέθηκε με τον πίνακα δεδομένων που περιείχε τις τιμές των σύνθετων δεικτών και των υπόλοιπων μεταβλητών της ανάλυσης.

Η σύνδεση πραγματοποιήθηκε μέσω του κοινού πεδίου ταυτοποίησης CODE, αφού προηγουμένως εξασφαλίστηκε ότι το συγκεκριμένο πεδίο είχε την ίδια μορφή και στα δύο αρχεία. Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκε ένα ενιαίο χωρικό dataset για τους δήμους της Αττικής, το οποίο περιείχε τόσο τη γεωμετρία των πολυγώνων όσο και τις μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στη χωρική ανάλυση.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε έλεγχος ποιότητας των δεδομένων. Αφαιρέθηκαν οι παρατηρήσεις με ελλείπουσες τιμές στις βασικές μεταβλητές της ανάλυσης, όπως οι δείκτες TS, SN, Safety και η πληθυσμιακή πυκνότητα.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε έλεγχος εγκυρότητας των γεωμετριών, με διόρθωση μη έγκυρων πολυγώνων και απομάκρυνση κενών γεωμετριών, προκειμένου το χωρικό dataset να είναι κατάλληλο για την κατασκευή του πίνακα γειννίας. (Παράρτημα 8.3)

5.6.2 Κατασκευή του πίνακα χωρικών βαρών

Για την ενσωμάτωση της χωρικής διάστασης στην ανάλυση κατασκευάστηκε πίνακας γειννίας με βάση το κριτήριο queen contiguity. Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό, δύο χωρικές μονάδες θεωρούνται γειτονικές όταν μοιράζονται είτε κοινό όριο είτε κοινό σημείο.

Από τη χωρική αυτή δομή προέκυψε ο πίνακας χωρικών βαρών W , ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στα μοντέλα CAR για την αποτύπωση των χωρικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των δήμων. Περισσότερες λεπτομέρειες αναλύθηκαν και προηγούμενη υποενότητα.

5.6.3 Εκτίμηση των μοντέλων CAR

Η εκτίμηση των χωρικών μοντέλων πραγματοποιήθηκε με τη συνάρτηση S.CAR1eroux του πακέτου CARBayes, η οποία υλοποιεί το μοντέλο Leroux CAR σε

Bayesian πλαίσιο. Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι κατάλληλο για περιπτώσεις όπου η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής και επιδιώκεται η ταυτόχρονη εκτίμηση των παλινδρομικών συντελεστών και της χωρικής εξάρτησης.

Η εκτίμηση πραγματοποιήθηκε μέσω αλγορίθμου Markov Chain Monte Carlo (MCMC) με περίοδο προσαρμογής (burn-in) 20.000 επαναλήψεων και συνολικό αριθμό 60.000 δειγμάτων.

Από κάθε εκτίμηση προέκυψαν:

- οι εκτιμήσεις των συντελεστών παλινδρόμησης
- τα 95% credible intervals
- τα μέτρα προσαρμογής του μοντέλου
- οι προσαρμοσμένες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής
- τα κατάλοιπα
- οι χωρικές επιδράσεις για κάθε δήμο

Ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στη χωρική παράμετρο ρ (rho), η οποία αποτυπώνει τον βαθμό χωρικής συσχέτισης που παραμένει στο μοντέλο μετά την εισαγωγή των ερμηνευτικών μεταβλητών.

5.6.4 Διερεύνηση εναλλακτικών προδιαγραφών

Η ανάλυση δεν περιορίστηκε σε μία μόνο προδιαγραφή μοντέλου. Αντίθετα, εκτιμήθηκε ένας μεγάλος αριθμός εναλλακτικών προσεγγίσεων, προκειμένου να εξεταστεί η σταθερότητα και η ευρωστία των αποτελεσμάτων. Συνολικά δοκιμάστηκαν περίπου είκοσι διαφορετικοί συνδυασμοί μεταβλητών και υποσυνόλων του δείγματος.

Μεταξύ των μεταβλητών που εξετάστηκαν περιλαμβάνονται οι ακόλουθες (Πίνακας 7) :

- SN
- Safety
- log(Density)
- Απόσταση από το κέντρο της Αθήνας (Παράρτημα 8.2)
- Θανατηφόρα ανά 10.000
- Τραυματισμοί ανά 10.000

Παράλληλα εξετάστηκαν εκτιμήσεις σε υποσύνολα των δεδομένων, όπως ξεχωριστή ανάλυση για δήμους με $SN > 0$ και $SN < 0$, καθώς και δοκιμές μετά την αφαίρεση ακραίων παρατηρήσεων που επηρέαζαν δυσανάλογα τα αποτελέσματα.

Πίνακας 7. Μεταβλητές που δοκιμάστηκαν στο CAR Model

CAR
SN
TS
Gap
log(Density)
Safety
Απόσταση από το κέντρο της Αθήνας
Θανατηφόρα ανά 10.000
Τραυματισμοί ανά 10.000

5.6.5 Επιλογή των τελικών μοντέλων

Οι τελικές μορφές μοντέλων που παρήγαγαν τα πιο σταθερά και ερμηνεύσιμα αποτελέσματα, παρουσιάζονται αναλυτικά είναι οι εξής:

- $TS = SN + \log(Density)$ για το σύνολο των δήμων
- $TS = SN$ για το σύνολο των δήμων
- $TS = SN + \log(Density)$ για την ομάδα $SN > 0, TS < 0$
- $TS = SN + \log(Density)$ για την ομάδα $SN > 0, TS > 0$
- $TS = SN + \log(Density)$ για την ομάδα $SN < 0, TS > 0$
- $TS = SN + \log(Density)$ για την ομάδα $SN < 0, TS < 0$

Η επιλογή των μοντέλων αυτών βασίστηκε στην ανάγκη διερεύνησης τόσο της συνολικής σχέσης μεταξύ κοινωνικής ανάγκης μετακίνησης και συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης όσο και της πιθανής διαφοροποίησής της μεταξύ διαφορετικών χωρικών κατηγοριών δήμων.

Το βασικό μοντέλο που εφαρμόστηκε στο σύνολο των δήμων είχε τη μορφή:

$$TS = SN + \log(Density)$$

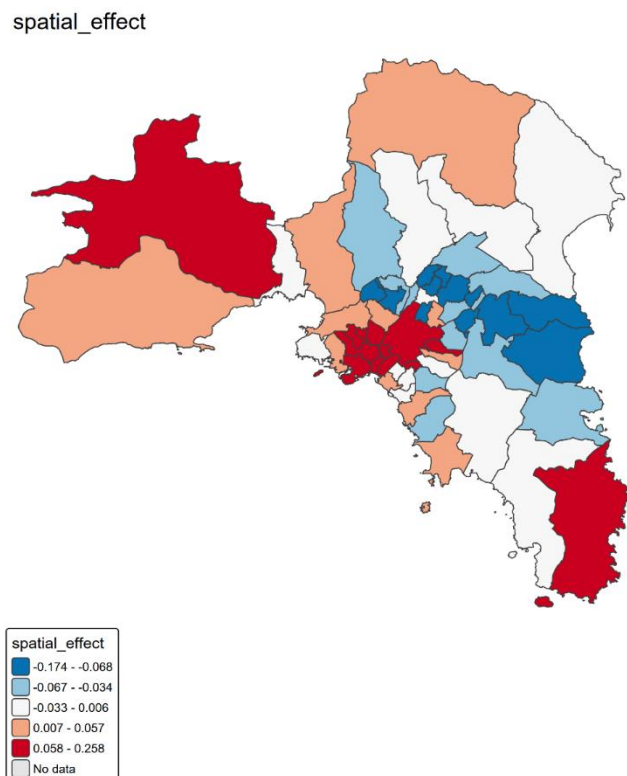
Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο ο δείκτης SN όσο και ο λογάριθμος της πληθυσμιακής πυκνότητας έχουν θετική και στατιστικά σαφή σχέση με τον δείκτη TS. (Παράρτημα 8.2)

Ο συντελεστής του **SN εκτιμήθηκε σε 0.4456 με 95% credible interval [0.2629, 0.6207]**, ενώ ο συντελεστής του $\log(\text{Density})$ εκτιμήθηκε σε 0.4414 με 95% credible interval [0.3314, 0.5502]. Καθώς τα διαστήματα αξιοπιστίας δεν περιλαμβάνουν το μηδέν, προκύπτει ότι και οι δύο επιδράσεις είναι στατιστικά σημαντικές.

Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι οι δήμοι με μεγαλύτερη κοινωνική ανάγκη μετακίνησης και υψηλότερη πληθυσμιακή πυκνότητα τείνουν να εμφανίζουν υψηλότερο επίπεδο συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης.

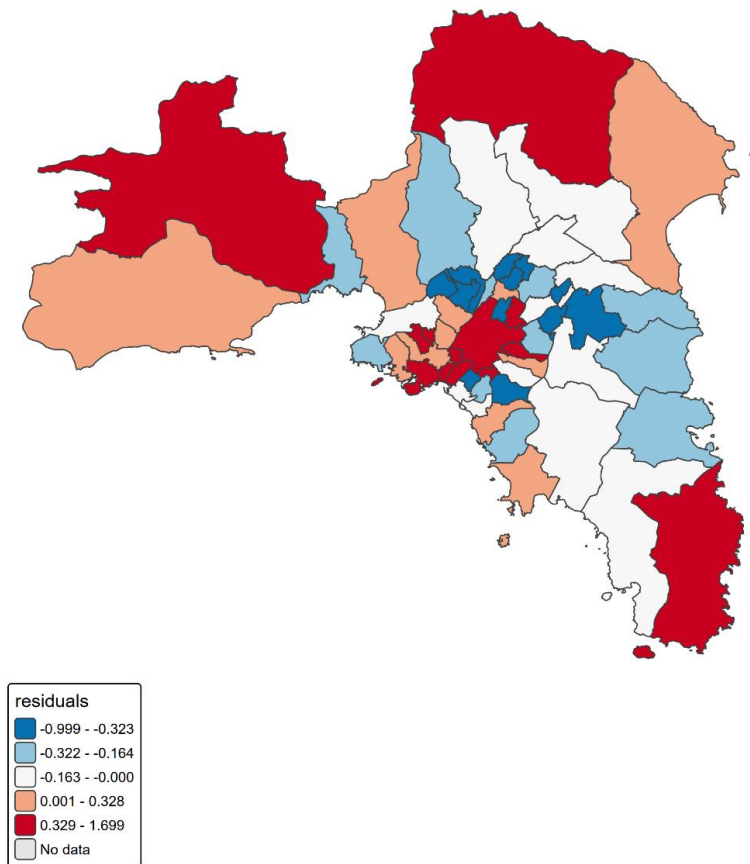
Η **χωρική παράμετρος εκτιμήθηκε σε $\rho = 0.4363$** , γεγονός που δείχνει ότι παραμένει μέτρια χωρική συσχέτιση ακόμη και μετά την εισαγωγή των ερμηνευτικών μεταβλητών. Η παράμετρος αυτή, αποτυπώνεται γραφικά στην Εικόνα 7, ενώ στην Εικόνα 8 βλέπουμε την χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals) .

Το αποτέλεσμα αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η κατανομή της μεταφορικής εξυπηρέτησης είναι κοινωνικά δίκαιη, αλλά ότι, στο επίπεδο των διαθέσιμων δεδομένων, περιοχές με αυξημένες κοινωνικές ανάγκες και υψηλότερη πυκνότητα εμφανίζουν και αυξημένη συγκοινωνιακή προσφορά.



Εικόνα 7: Χάρτης χωρικής συσχέτισης για $TS = SN + \log(\text{Density})$ για το σύνολο των δήμων

residuals



Εικόνα 8: Χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals) για $TS = SN + \log(Density)$ για το σύνολο των δήμων

5.6.6 Μοντέλο για το σύνολο των δήμων χωρίς έλεγχο πυκνότητας

Το βασικό μοντέλο που εφαρμόστηκε στο σύνολο των δήμων είχε τη μορφή:

$$TS = SN$$

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο σταθερός όρος είναι πρακτικά μηδενικός ($\beta_0 = 0.0021$, 95% credible interval $[-0.3018, 0.3062]$), γεγονός που υποδηλώνει ότι σε συνολικό επίπεδο δεν παρατηρείται συστηματική μετατόπιση του δείκτη μεταφορικής εξυπηρέτησης όταν εξετάζεται αποκλειστικά σε σχέση με τον δείκτη κοινωνικών αναγκών μετακίνησης. Με άλλα λόγια, το επίπεδο συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης δεν εμφανίζει γενικευμένη αύξηση ή μείωση ως προς τον SN στο σύνολο των δήμων. (Παράρτημα 8.2)

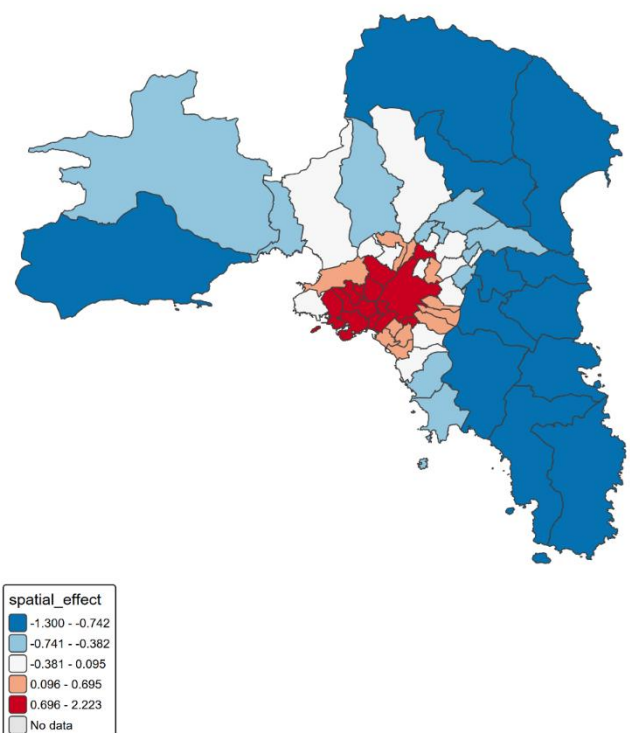
Η χωρική παράμετρος εκτιμήθηκε σε $\rho = 0.4020$ με 95% credible interval $[0.0192, 0.9138]$, γεγονός που υποδηλώνει την ύπαρξη μέτριας χωρικής συσχέτισης. Το

αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι οι τιμές του δείκτη μεταφορικής εξυπηρέτησης τείνουν να εμφανίζουν χωρική οργάνωση, καθώς γειτονικοί δήμοι παρουσιάζουν παρόμοια επίπεδα TS. Επομένως, η σχέση μεταξύ μεταφορικής εξυπηρέτησης και κοινωνικών αναγκών δεν είναι πλήρως ανεξάρτητη από τη γεωγραφική διάρθρωση του χώρου.

Παράλληλα, η παράμετρος τ^2 εκτιμήθηκε σε **0.0211** με 95% credible interval [0.0021, 0.1023], ενώ η παράμετρος ν^2 εκτιμήθηκε σε **1.3913** με 95% credible interval [0.9511, 2.0044]. Η εικόνα αυτή υποδηλώνει ότι ένα μέρος της μεταβλητότητας του δείκτη TS αποδίδεται στη χωρικά δομημένη συνιστώσα, ενώ ένα σημαντικό ποσοστό σχετίζεται και με το μη χωρικό τυχαίο σφάλμα. Η χωρική παράμετρος, αποτυπώνεται γραφικά στην Εικόνα 9, ενώ στην Εικόνα 10 βλέπουμε την χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals) .

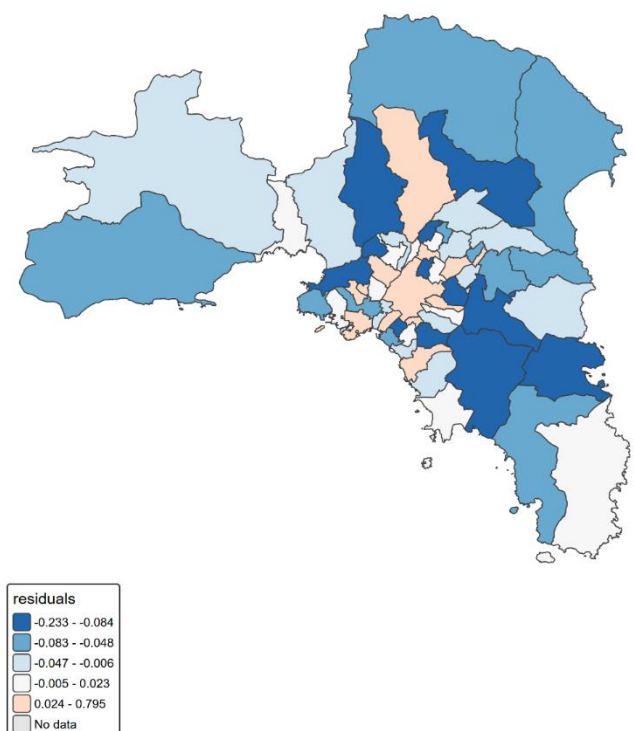
Συνολικά, το μοντέλο TS = SN δείχνει ότι, παρότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ των δύο δεικτών, η σχέση αυτή επηρεάζεται από τη χωρική δομή του αστικού συστήματος της Αττικής. Το εύρημα αυτό ενισχύει τη σημασία της χρήσης χωρικών μοντέλων στην ανάλυση της μεταφορικής ισότητας, καθώς η αγνόηση της χωρικής εξάρτησης θα μπορούσε να οδηγήσει σε ελλιπή κατανόηση των προτύπων που διαμορφώνονται μεταξύ των δήμων.

spatial_effect



Εικόνα 9: Χάρτης χωρικής συσχέτισης για TS = SN για το σύνολο των δήμων

residuals



Εικόνα 10: Χωρική κατανομή των υπολοίπων (*residuals*) για $TS = SN$ για το σύνολο των δήμων

5.6.7 Ανάλυση ανά τεταρτημόριο του διαγράμματος TS–SN

Παρά τη συνολική θετική σχέση μεταξύ TS και SN, κρίθηκε απαραίτητο να εξεταστεί εάν αυτή η σχέση διαφοροποιείται μεταξύ διαφορετικών κατηγοριών δήμων. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το διάγραμμα διασποράς των δύο δεικτών και οι δήμοι ταξινομήθηκαν σε τέσσερις ομάδες. Οι ομάδες αυτές είναι τα τέσσερα τεταρτημόρια του διαγράμματος διασποράς, κρίθηκε απαραίτητος ο διαχωρισμός αυτός αφού παρατηρήθηκε πως τα δεδομένα μπορεί να μην ακολουθούν γραμμική κατανομή :

1. $SN > 0$ και $TS < 0$
2. $SN > 0$ και $TS > 0$
3. $SN < 0$ και $TS > 0$
4. $SN < 0$ και $TS < 0$

Για κάθε ομάδα εκτιμήθηκε το μοντέλο:

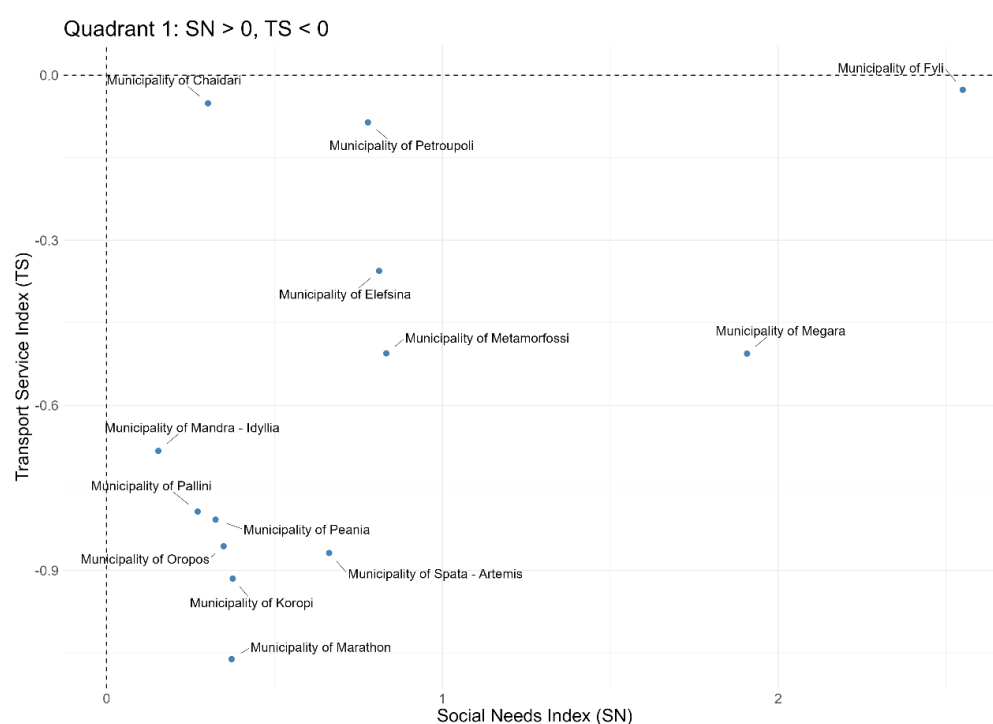
$$TS = SN + \log(\text{Density})$$

Η ανάλυση αυτή επέτρεψε να φανεί ότι η συνολική θετική συσχέτιση μεταξύ των δύο δεικτών δεν είναι ομοιόμορφη σε όλες τις κατηγορίες δήμων, αλλά

διαφοροποιείται ανάλογα με τη χωρική θέση και τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής. Στις αναλύσεις αυτές αφαιρέθηκαν οι Δήμοι Αγίας Βαρβάρας και Φιλοθέης-Ψυχικού καθώς αποτελούσαν ακέραιες τιμές που επηρέαζαν δυσανάλογα τις εκτιμήσεις του μοντέλου.

5.6.7.1 Δήμοι με $SN > 0$ και $TS < 0$

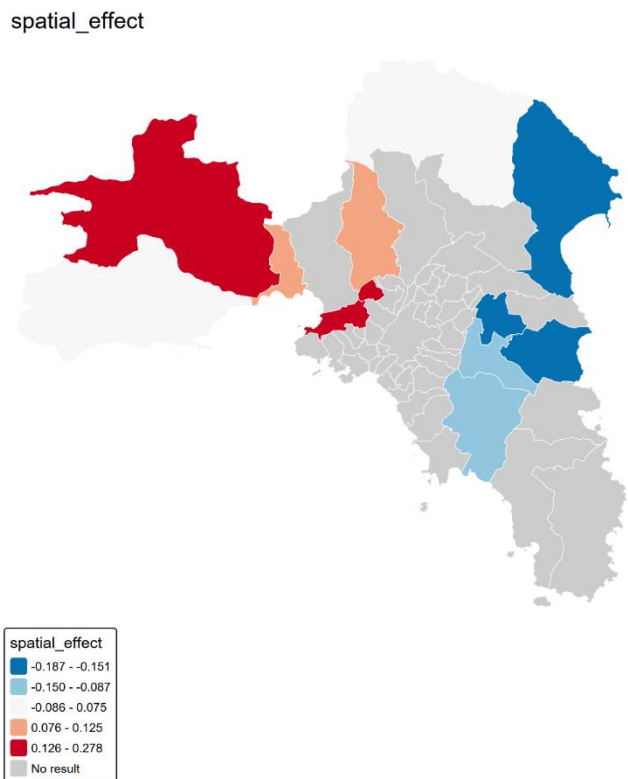
Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει δήμους με **υψηλότερη από τον μέσο όρο κοινωνική ανάγκη μετακίνησης αλλά χαμηλότερη από τον μέσο όρο συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση** (Εικόνα 11). Πρόκειται για τη χωρική κατηγορία με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από την οπτική της ισότητας στις μεταφορές, καθώς αντανακλά περιπτώσεις όπου η κοινωνική ανάγκη δεν συνοδεύεται από αντίστοιχο επίπεδο παροχής. Για την εκτίμηση του μοντέλου αφαιρέθηκε ο Δήμος Μεταμόρφωσης καθώς δεν είχε γειτονικούς Δήμους στην κατηγορία.



Εικόνα 11: Διάγραμμα διασποράς, $SN > 0$ και $TS < 0$

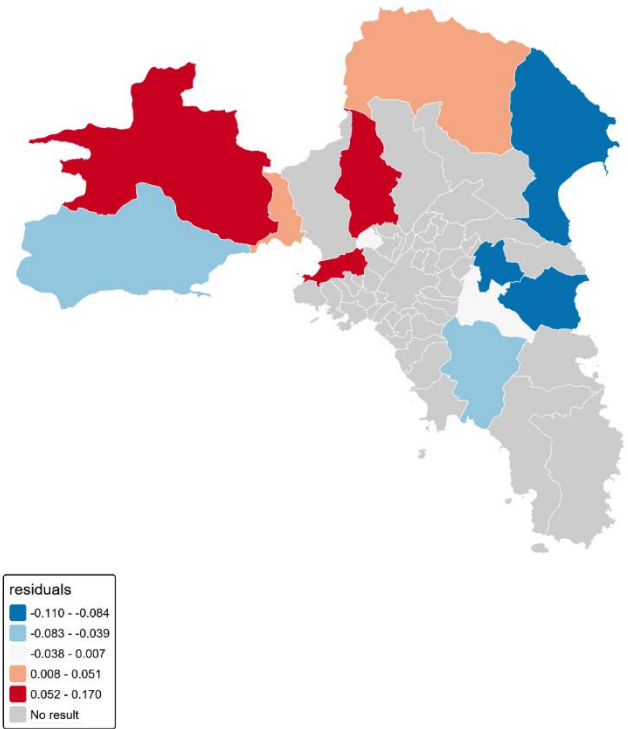
Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο ο δείκτης **SN** όσο και ο λογάριθμος της πληθυσμιακής πυκνότητας έχουν **θετική και στατιστικά σαφή επίδραση** στον δείκτη **TS**. (Παράρτημα 8.2) Ειδικότερα, ο συντελεστής του **SN** εκτιμήθηκε σε **0.2194** με 95% credible interval [**0.0503, 0.4115**], ενώ ο συντελεστής του **log(Density)** εκτιμήθηκε σε **0.1184** με 95% credible interval [**0.0254, 0.2149**]. Τα ευρήματα αυτά δείχνουν ότι ακόμη και μέσα στην κατηγορία των δήμων με χαμηλό TS, οι πιο πυκνοκατοικημένοι και κοινωνικά πιο πιεσμένοι δήμοι τείνουν να εμφανίζουν σχετικά καλύτερη θέση σε όρους συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης.

Η χωρική παράμετρος εκτιμήθηκε σε $\rho = 0.5819$ με 95% credible interval **[0.0502, 0.9509]**, γεγονός που υποδηλώνει σχετικά έντονη χωρική συσχέτιση. Επομένως, ακόμη και σε αυτή την κατηγορία, η κατανομή της συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης δεν εξηγείται αποκλειστικά από τις παρατηρούμενες μεταβλητές, αλλά επηρεάζεται και από τη χωρική δομή του φαινομένου. Η παράμετρος αυτή, αποτυπώνεται γραφικά στην Εικόνα 12, ενώ στην Εικόνα 13 βλέπουμε την χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals) .



Εικόνα 12: Χάρτης χωρικής συσχέτισης για $TS = SN + \log(\text{Density})$, $SN > 0$ και $TS < 0$

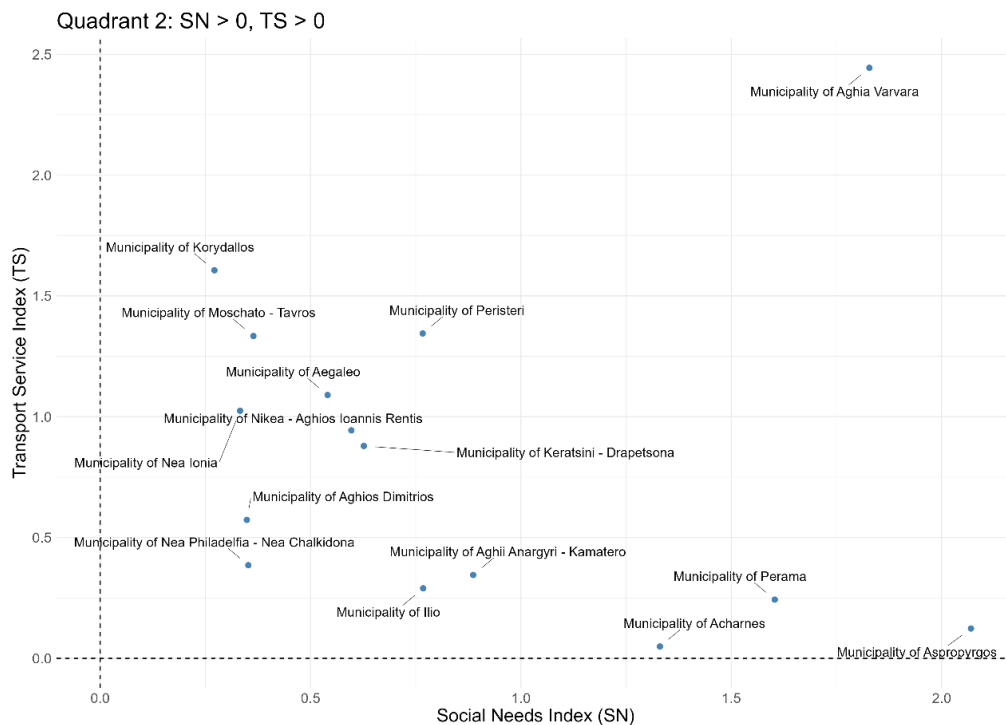
residuals



Εικόνα 13: Χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals) για $TS = SN + \log(Density)$, $SN > 0$ και $TS < 0$

5.6.7.2 Δήμοι με $SN > 0$ και $TS > 0$

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει δήμους που εμφανίζουν **υψηλές τιμές τόσο στον δείκτη κοινωνικής ανάγκης όσο και στον δείκτη συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης** (Εικόνα 14). Η ομάδα αυτή αντιστοιχεί σε περιπτώσεις σχετικής ευθυγράμμισης μεταξύ ανάγκης και συγκοινωνιακής παροχής. Από την εκτίμηση αφαιρέθηκαν οι Δήμοι Αγίου Δημητρίου και Ασπροπύργου καθώς δεν είχαν «γείτονες».

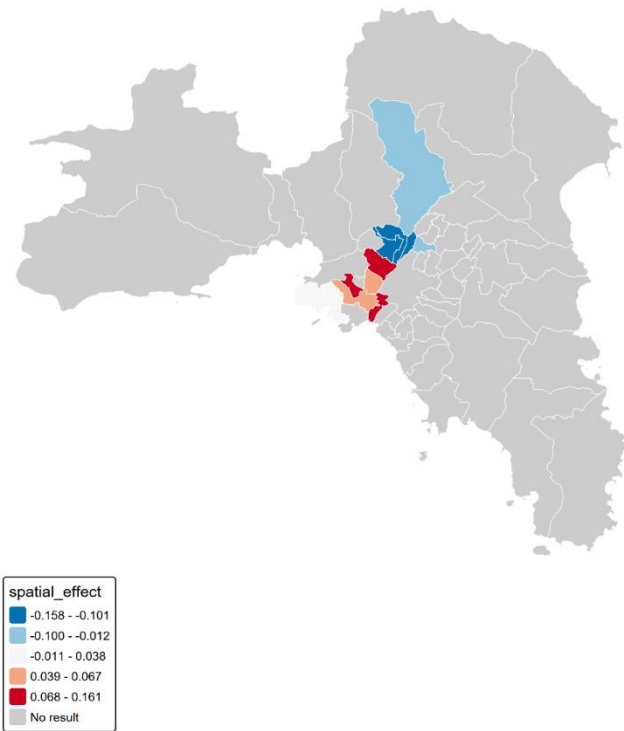


Εικόνα 14: Διάγραμμα διασποράς, SN > 0 και TS > 0

Σε αντίθεση με την προηγούμενη κατηγορία, τα αποτελέσματα δεν έδειξαν **στατιστικά σαφή επίδραση** ούτε του δείκτη SN ούτε της πληθυσμιακής πυκνότητας (Παράρτημα 8.2). Ο συντελεστής του SN εκτιμήθηκε σε **-0.2727** με 95% credible interval **[-1.4568, 0.9164]**, ενώ ο συντελεστής του **log(Density)** εκτιμήθηκε σε **0.3086** με 95% credible interval **[-0.2634, 0.8760]**. Και στις δύο περιπτώσεις τα διαστήματα αξιοπιστίας περιλαμβάνουν το μηδέν, γεγονός που δεν επιτρέπει σαφή στατιστική ερμηνεία.

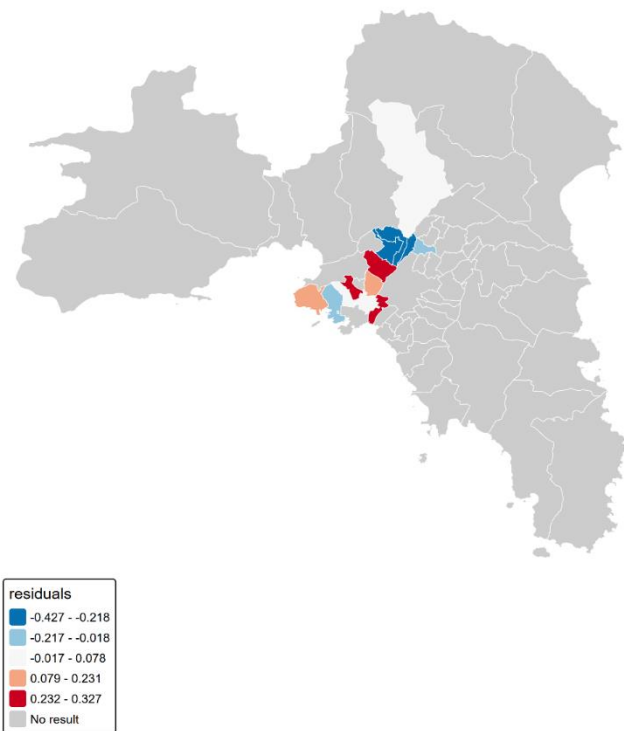
Η εικόνα αυτή υποδηλώνει ότι, στο εσωτερικό της συγκεκριμένης ομάδας, οι διαφοροποιήσεις του TS δεν εξηγούνται επαρκώς από τις δύο μεταβλητές του μοντέλου. Είναι πιθανό άλλοι παράγοντες, όπως η γεωγραφική θέση, η ιστορική ανάπτυξη των δικτύων ή ειδικά χαρακτηριστικά του συστήματος μεταφορών, να παίζουν σημαντικότερο ρόλο. Η χωρική παράμετρος εκτιμήθηκε σε **$\rho = 0.4073$** με 95% credible interval **[0.0173, 0.9204]**, γεγονός που δείχνει ότι η χωρική διάσταση παραμένει ουσιαστική ακόμη και όταν οι κύριες ερμηνευτικές μεταβλητές δεν εμφανίζονται στατιστικά σαφείς. Η παράμετρος αυτή, αποτυπώνεται γραφικά στην Εικόνα 15, ενώ στην Εικόνα 16 βλέπουμε την χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals).

spatial_effect



Εικόνα 15: Χάρτης χωρικής συσχέτισης για $TS = SN + \log(Density)$, $SN > 0$ και $TS > 0$

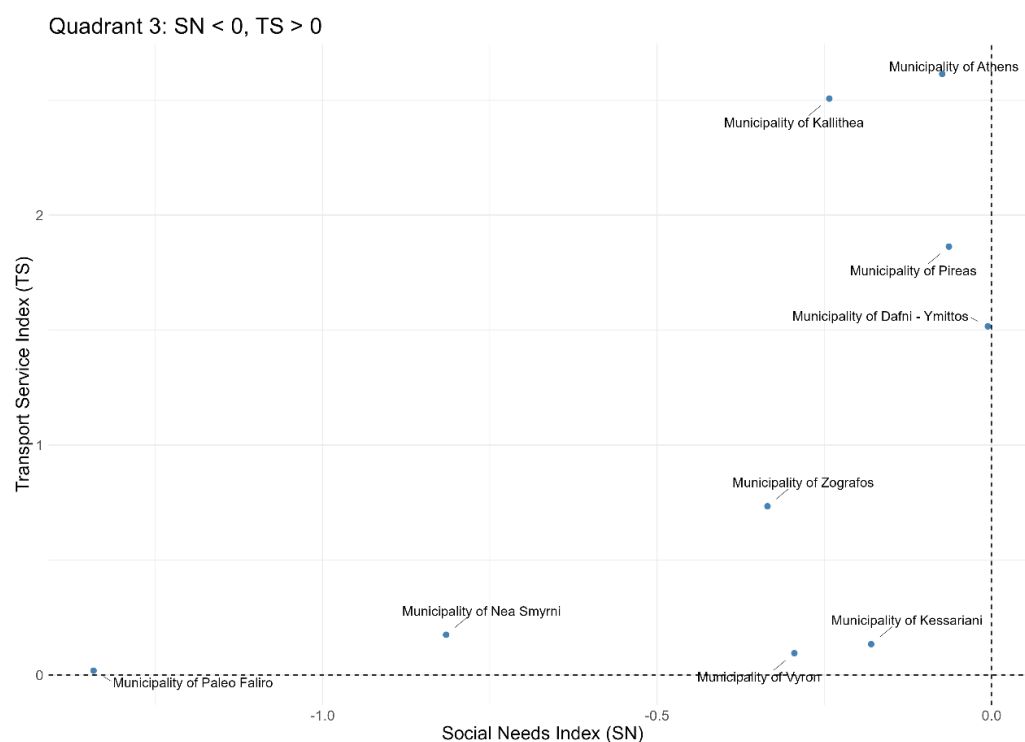
residuals



Εικόνα 16: Χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals) για $TS = SN + \log(Density)$, $SN > 0$ και $TS > 0$

5.6.7.3 Δήμοι με $SN < 0$ και $TS > 0$

Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει δήμους με **χαμηλότερη από τον μέσο όρο κοινωνική ανάγκη μετακίνησης, αλλά υψηλή συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση** (Εικόνα 17). Οι περιοχές αυτές μπορούν να θεωρηθούν σχετικά προνομιούχες από πλευράς μεταφορικής παροχής. Για την εκτίμηση του μοντέλου αφαιρέθηκε ο Δήμος Πειραιά καθώς δεν είχε γειτονικούς Δήμους στην κατηγορία.

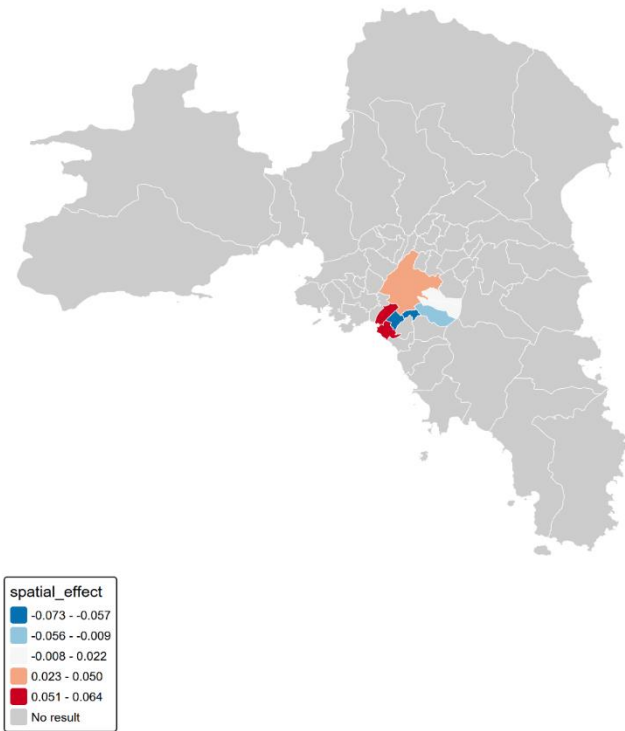


Εικόνα 17: Διάγραμμα διασποράς, $SN < 0$ και $TS > 0$

Τα αποτελέσματα του μοντέλου ήταν ιδιαίτερα ισχυρά (Παράρτημα 8.2). Ο συντελεστής του **SN** εκτιμήθηκε σε **1.8275** με 95% credible interval [**0.7608, 2.9144**], ενώ ο συντελεστής του **log(Density)** εκτιμήθηκε σε **1.2095** με 95% credible interval [**0.4605, 1.9682**]. Και οι δύο επιδράσεις είναι θετικές και στατιστικά σαφείς. Το εύρημα αυτό δείχνει ότι ακόμη και μέσα σε μια ομάδα γενικά υψηλού TS, οι δήμοι που βρίσκονται πιο κοντά στον μέσο όρο ως προς την κοινωνική ανάγκη και εκείνοι με μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα εμφανίζουν ακόμη υψηλότερα επίπεδα συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης.

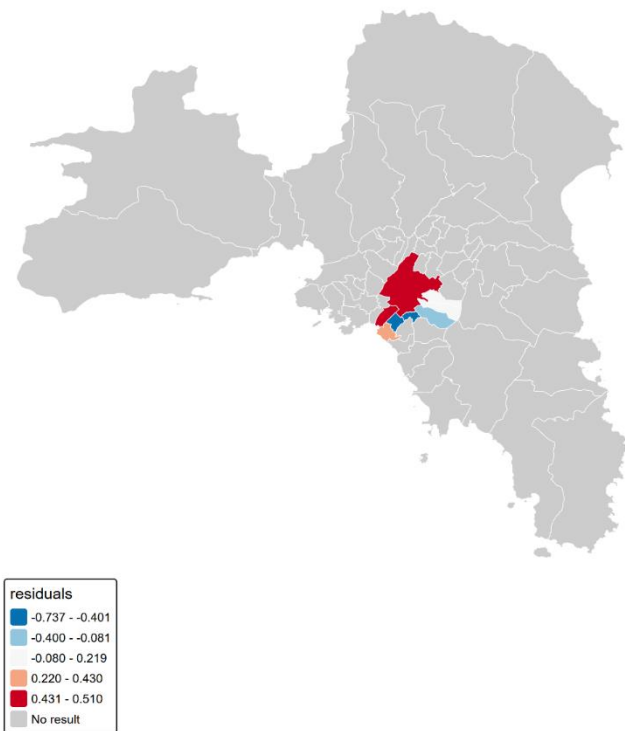
Η χωρική παράμετρος εκτιμήθηκε σε **$\rho = 0.3837$** με 95% credible interval [**0.0145, 0.9084**], γεγονός που υποδηλώνει και εδώ παρουσία χωρικής εξάρτησης. Συνολικά, το μοντέλο αυτό αναδεικνύει την πιο καθαρή και έντονη εσωτερική σχέση μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών. Η παράμετρος αυτή, αποτυπώνεται γραφικά στην Εικόνα 18, ενώ στην Εικόνα 19 βλέπουμε την χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals).

spatial_effect



Εικόνα 18: Χάρτης χωρικής συσχέτισης για $TS = SN + \log(Density)$, $SN < 0$ και $TS > 0$

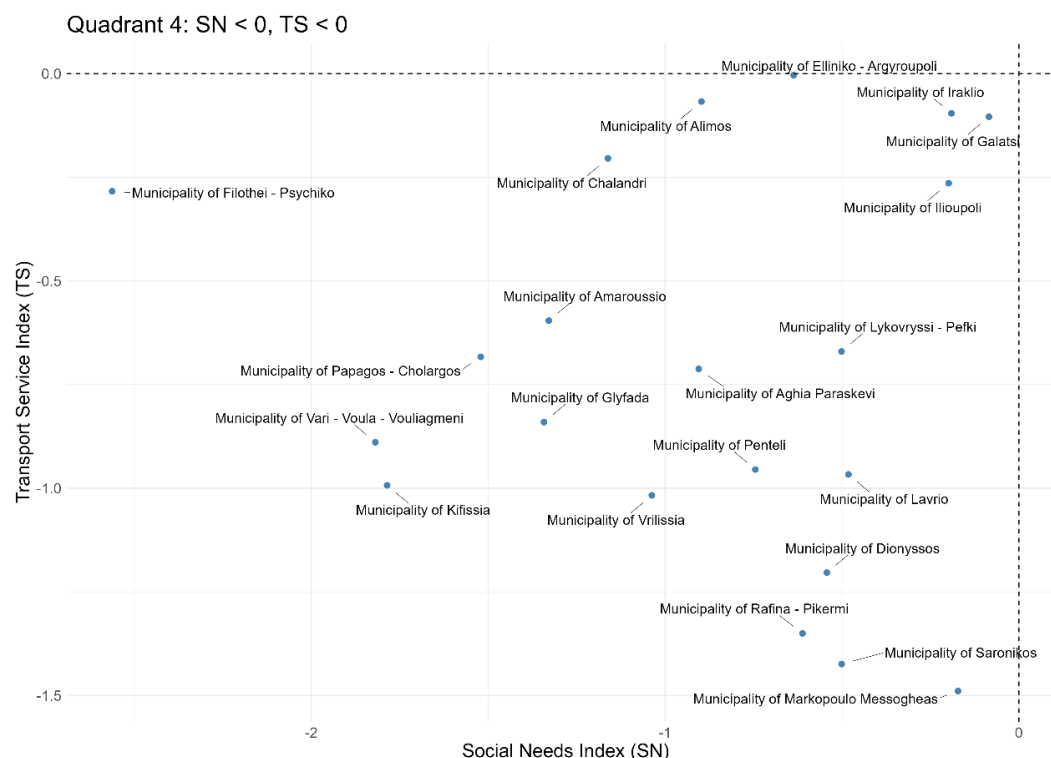
residuals



Εικόνα 19 : Χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals) για $TS=SN + \log(Density)$, $SN < 0$ και $TS > 0$

5.6.7.4 Δήμοι με $SN < 0$ και $TS < 0$

Η τέταρτη κατηγορία περιλαμβάνει δήμους με χαμηλές τιμές τόσο στον δείκτη κοινωνικής ανάγκης όσο και στον δείκτη συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης (Εικόνα 20). Πρόκειται για περιοχές οι οποίες δεν εμφανίζουν έντονη κοινωνική ανάγκη, αλλά ταυτόχρονα δεν χαρακτηρίζονται από υψηλή μεταφορική εξυπηρέτηση. Από την εκτίμηση αφαιρέθηκε ο Δήμος Γαλασίου καθώς δεν είχε γειτονικούς Δήμους στην κατηγορία.

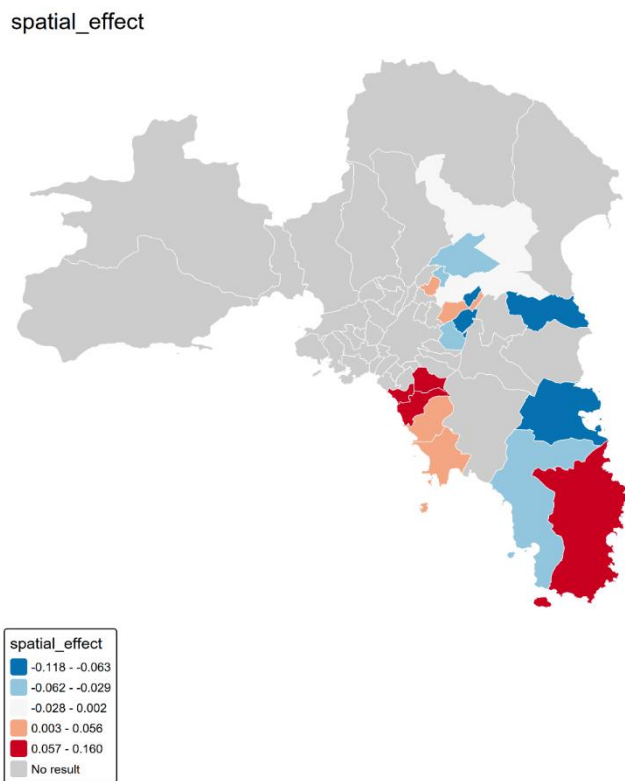


Εικόνα 20: Διάγραμμα διασποράς, $SN < 0$ και $TS < 0$

Στην περίπτωση αυτή, ο δείκτης **SN** δεν εμφανίζει στατιστικά σαφή επίδραση στον **TS**. Ο συντελεστής του εκτιμήθηκε σε **0.1705** με 95% credible interval **[-0.1220, 0.4666]**, άρα το διάστημα αξιοπιστίας περιλαμβάνει το μηδέν. Αντίθετα, ο συντελεστής του **log(Density)** εκτιμήθηκε σε **0.2516** με 95% credible interval **[0.1343, 0.3658]**, γεγονός που δείχνει θετική και στατιστικά σαφή σχέση μεταξύ πυκνότητας και συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. (Παράρτημα 8.2)

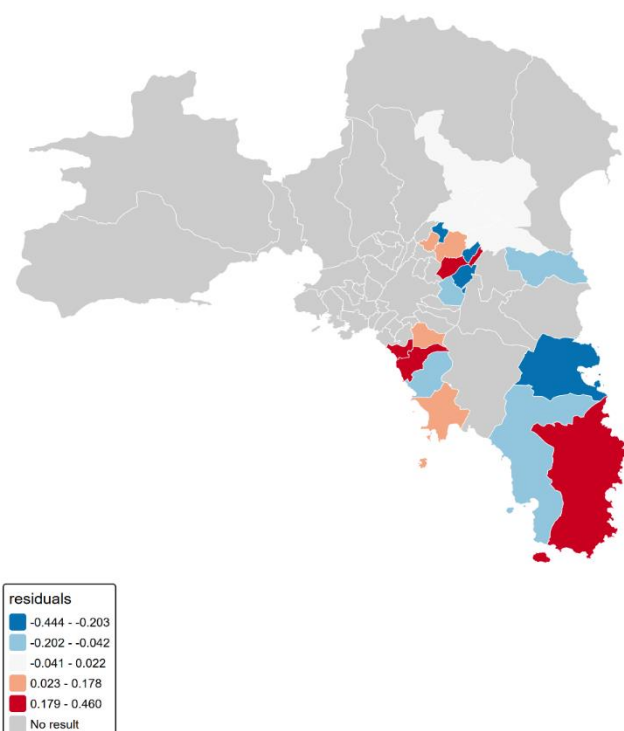
Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι, στην κατηγορία αυτή, η διαφοροποίηση της συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης εξαρτάται περισσότερο από τη μορφή της αστικής ανάπτυξης και λιγότερο από την κοινωνική ανάγκη μετακίνησης. Η χωρική παράμετρος εκτιμήθηκε σε **$\rho = 0.4066$** με 95% credible interval **[0.0179, 0.9240]**, επιβεβαιώνοντας ότι και εδώ παραμένει χωρικά δομημένη συσχέτιση. Η

παράμετρος αυτή, αποτυπώνεται γραφικά στην Εικόνα 21, ενώ στην Εικόνα 22 βλέπουμε την χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals).



Εικόνα 21: Χάρτης χωρικής συσχέτισης για $TS = SN + \log(Density)$, $SN < 0$ και $TS < 0$

residuals



Εικόνα 22: Χωρική κατανομή των υπολοίπων (*residuals*) για $TS = SN + \log(\text{Density})$, $SN < 0$ και $TS < 0$

5.6.7.5 Συνοπτική σύγκριση των τεσσάρων κατηγοριών

Η σύγκριση των τεσσάρων επιμέρους μοντέλων δείχνει ότι η σχέση μεταξύ κοινωνικής ανάγκης μετακίνησης και συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης **δεν είναι ομοιόμορφη σε όλες τις χωρικές κατηγορίες δήμων**. Στην κατηγορία **$SN > 0$ και $TS < 0$** η επίδραση τόσο του SN όσο και της πυκνότητας είναι θετική και στατιστικά σαφής, γεγονός που υποδηλώνει εσωτερικές διαφοροποιήσεις ακόμη και μέσα στην πιο ευάλωτη ομάδα. Στην κατηγορία **$SN > 0$ και $TS > 0$** οι αντίστοιχες επιδράσεις δεν είναι στατιστικά καθαρές, κάτι που φανερώνει μεγαλύτερη ετερογένεια. Στην κατηγορία **$SN < 0$ και $TS > 0$** οι επιδράσεις είναι ιδιαίτερα ισχυρές, ενώ στην κατηγορία **$SN < 0$ και $TS < 0$** η πληθυσμιακή πυκνότητα παραμένει σημαντική αλλά ο δείκτης SN όχι.

Συνεπώς, η συνολική θετική σχέση που παρατηρείται μεταξύ **TS** και **SN** στο σύνολο των δήμων δεν αποτυπώνεται με τον ίδιο τρόπο σε κάθε χωρική υποομάδα. Η ανάλυση ανά τεταρτημόριο δείχνει ότι η ισότητα στις μεταφορές δεν συνιστά ενιαίο φαινόμενο, αλλά διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με τη θέση κάθε δήμου στο χωρικό και κοινωνικό σύστημα της Αττικής.

5.6.8 Συνολικό Equity Gap και χωρική διάσταση

Τέλος, εξετάστηκε και το συνολικό **Equity Gap**, το οποίο ερμηνεύεται ως η απόκλιση μεταξύ κοινωνικής ανάγκης μετακίνησης και επιπέδου συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. Η χωρική ανάλυση του Gap Index επιτρέπει να εντοπιστούν περιοχές όπου το επίπεδο εξυπηρέτησης αποκλίνει σημαντικά από το επίπεδο κοινωνικής ανάγκης. Το Gap έτρεξε ουσιαστικά ένα CAR model μόνο με σταθερό όρο, δηλαδή χωρίς ερμηνευτικές μεταβλητές. Άρα η εξίσωση γράφεται ως:

$$Score.Gap_i = \beta_0 + \phi_i + \epsilon_i$$

όπου:

- *Score.Gap_i* είναι η τιμή του Gap για τον δήμο *i*
- β_0 είναι ο σταθερός όρος
- ϕ_i είναι η χωρική τυχαία επίδραση του δήμου *i*
- ϵ_i είναι το μη χωρικό σφάλμα

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο σταθερός όρος είναι πρακτικά μηδενικός ($\beta_0 = 0.0021$, 95% credible interval [-0.3018, 0.3062]), γεγονός που υποδηλώνει ότι σε συνολικό επίπεδο το gap δεν παρουσιάζει γενικευμένη θετική ή αρνητική μετατόπιση. Αντίθετα, η βασική πληροφορία του μοντέλου βρίσκεται κυρίως στη χωρική παράμετρο και στις διασπορές των τυχαίων όρων. (Παράρτημα 8.2)

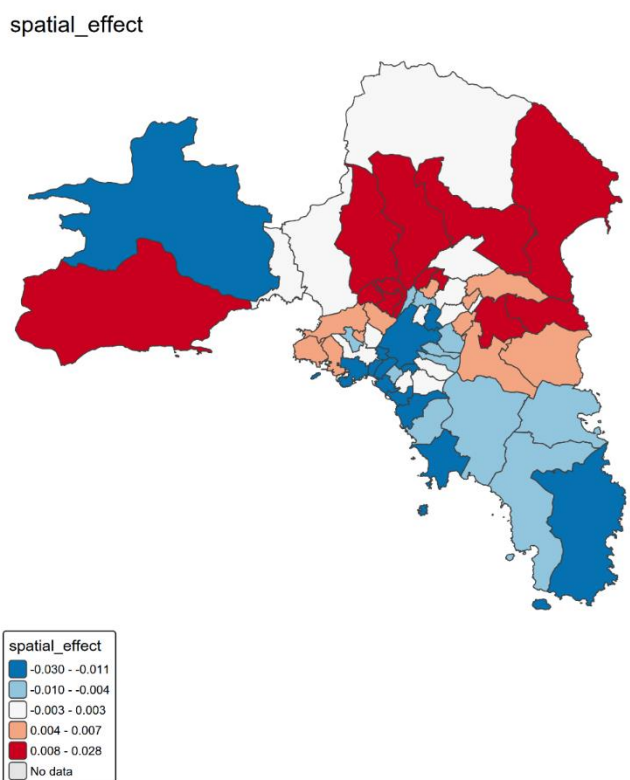
Η **χωρική παράμετρος** εκτιμήθηκε σε $\rho = 0.4020$ με 95% credible interval [0.0192, 0.9138], γεγονός που δείχνει την ύπαρξη χωρικής συσχέτισης. Το αποτέλεσμα αυτό σημαίνει ότι το gap **δεν είναι πλήρως τυχαία κατανομημένο** στον χώρο, αλλά παρουσιάζει έναν βαθμό χωρικής οργάνωσης: γειτονικοί δήμοι τείνουν να εμφανίζουν παρόμοιες τιμές gap. Επομένως, το φαινόμενο παρουσιάζει γεωγραφική διάσταση και η χωρική προσέγγιση συμβάλλει στην κατανόηση της κατανομής του. Η παράμετρος αυτή, αποτυπώνεται γραφικά στην Εικόνα 23, ενώ στην Εικόνα 24 βλέπουμε την χωρική κατανομή των υπολοίπων (residuals).

Παράλληλα, η παράμετρος τu^2 εκτιμήθηκε σε **0.0211** με 95% credible interval [0.0021, 0.1023], ενώ η nu^2 εκτιμήθηκε σε **1.3913** με 95% credible interval [0.9511, 2.0044]. Η εικόνα αυτή δείχνει ότι η μεταβλητότητα του gap δεν αποδίδεται αποκλειστικά στη χωρικά δομημένη συνιστώσα, αλλά σε σημαντικό βαθμό και στο μη χωρικό τυχαίο σφάλμα. Με άλλα λόγια, οι αποκλίσεις του gap μεταξύ των δήμων επηρεάζονται τόσο από χωρικούς όσο και από τοπικούς παράγοντες που δεν περιλαμβάνονται στο μοντέλο.

Η σύγκριση των προσαρμοσμένων τιμών, των καταλοίπων και των χωρικών επιδράσεων επιβεβαιώνει αυτή την ερμηνεία, καθώς οι fitted τιμές ακολουθούν σε

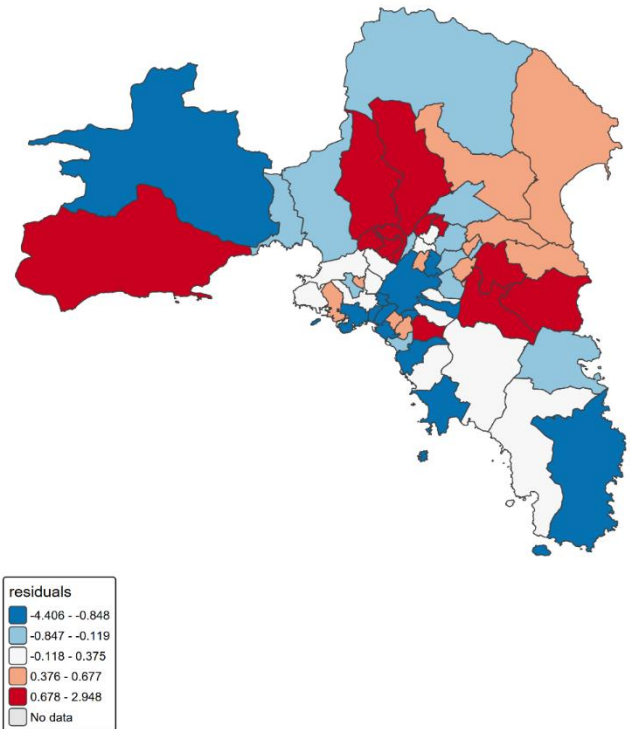
γενικές γραμμές τις παρατηρούμενες τιμές του δείκτη, ενώ τα κατάλοιπα παραμένουν σχετικά περιορισμένα. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι το μοντέλο αποτυπώνει ένα μέρος της χωρικής δομής του gap, χωρίς ωστόσο να εξηγεί πλήρως το σύνολο της διακύμανσής του.

Συνολικά, το χωρικό μοντέλο του gap δείχνει ότι το κενό δεν αποτελεί απλώς μια υπολειμματική διαφορά μεταξύ δεικτών, αλλά παρουσιάζει και χωρική διάσταση. Το εύρημα αυτό είναι σημαντικό για την ερμηνεία της μεταφορικής ανισότητας, καθώς υποδηλώνει ότι οι αποκλίσεις μεταξύ κοινωνικής ανάγκης και συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης δεν κατανέμονται πλήρως τυχαία στον χώρο, αλλά επηρεάζονται από τη γεωγραφία του μητροπολιτικού συστήματος και από τοπικούς κοινωνικούς και συγκοινωνιακούς παράγοντες.



Εικόνα 23: Χάρτης χωρικής συσχέτισης για $Gar=\beta_0+\varphi+\varepsilon$

residuals



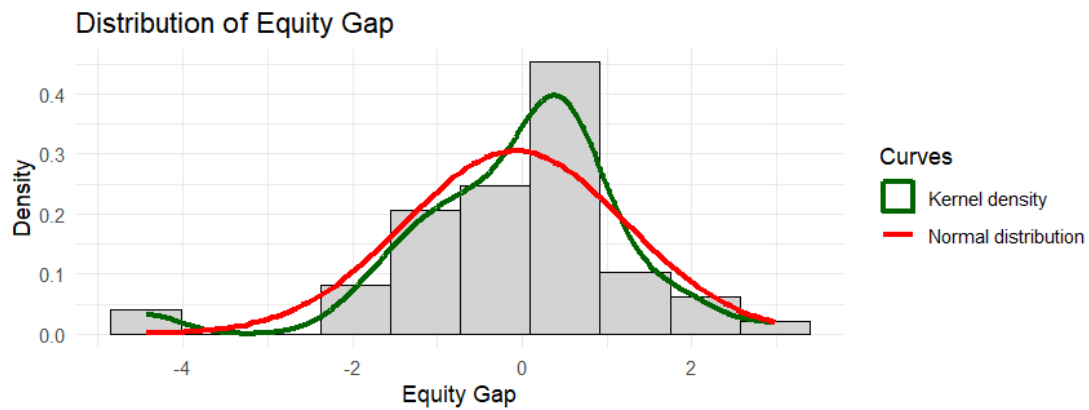
Εικόνα 24: Χωρική κατανομή των υπολοίπων (*residuals*) για $Gap = \beta_0 + \varphi + \varepsilon$

5.6.9 Στατιστική διερεύνηση της κατανομής του δείκτη Equity Gap

Προκειμένου να διερευνηθεί περαιτέρω αν το Gap αποτελεί απλώς μια τυχαία διακύμανση μεταξύ των δεικτών ή αν περιγράφει ένα συστηματικό φαινόμενο, εξετάστηκε επίσης η στατιστική μορφή της κατανομής των τιμών του δείκτη. Η αρχική διερεύνηση έδειξε ότι η κατανομή παρουσίαζε απόκλιση από την κανονική μορφή, με *Skewness* = -0.99 και *Kurtosis* = 5.57, ενώ ο έλεγχος *Shapiro–Wilk* έδειξε στατιστικά σημαντική απόκλιση από την κανονικότητα ($W = 0.927$, $p = 0.0016$) (Πίνακας 8)(Εικόνα 25). Η απόκλιση αυτή αποδόθηκε κυρίως στην παρουσία δύο ακραίων παρατηρήσεων, που αντιστοιχούν στους δήμους Φιλοθέης-Ψυχικού και Φυλής, οι οποίοι παρουσίαζαν ιδιαίτερα υψηλές αποκλίσεις σε σχέση με το υπόλοιπο σύνολο των δεδομένων.

Πίνακας 8. Αποτελέσματα κατανομής 1

Μέσος ορος (Mean)	-0,075
Τυπική απόκλιση (Standard Deviation)	1,309
Ασυμμετρία (Skewness)	-0,994
Κύρτωση (Kurtosis)	5,567
Στατιστική Shapiro–Wilk (W)	0,927
p-value Shapiro–Wilk	0,002

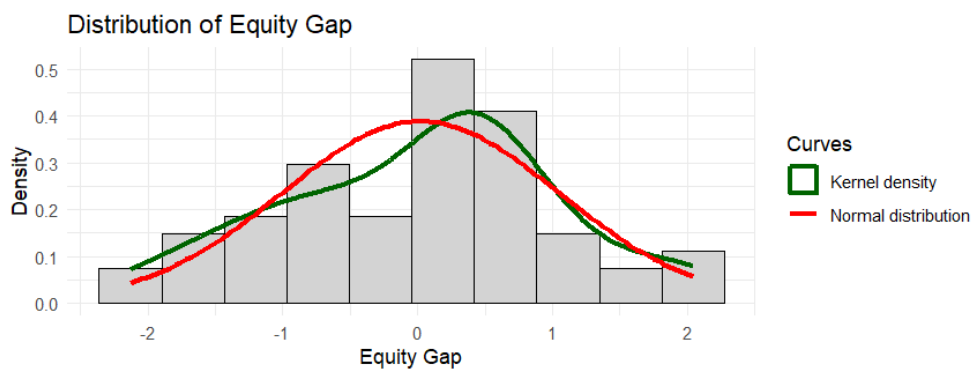


Εικόνα 25: Ιστόγραμμα και κατανομή Equity Gap 1

Μετά την αφαίρεση των δύο αυτών περιπτώσεων, πραγματοποιήθηκε εκ νέου ανάλυση της κατανομής. Τα περιγραφικά στατιστικά έδειξαν ότι η κατανομή γίνεται πλέον σχεδόν συμμετρική (Skewness = -0.13) και παρουσιάζει κύρτωση πολύ κοντά στη θεωρητική τιμή της κανονικής κατανομής (Kurtosis = 2.56). Παράλληλα, ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro–Wilk δεν απορρίπτει πλέον την υπόθεση κανονικής κατανομής ($W = 0.977$, $p = 0.335$), γεγονός που υποδηλώνει ότι η κατανομή των τιμών του Gap μπορεί να θεωρηθεί προσεγγιστικά κανονική για τη μεγάλη πλειονότητα των δήμων. (Πίνακας 9) (Εικόνα 27)

Πίνακας 9. Αποτελέσματα κατανομής 2

Στατιστικό μέγεθος	Τιμή
Μέσος όρος (Mean)	0.024
Τυπική απόκλιση (Standard Deviation)	1.03
Ασυμμετρία (Skewness)	-0.13
Κύρτωση (Kurtosis)	2.56
Στατιστική Shapiro–Wilk (W)	0.977
p-value Shapiro–Wilk	0.335



Εικόνα 26: Ιστόγραμμα και κατανομή Equity Gap 2

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε σύγκριση προσαρμογής σε διάφορες θεωρητικές κατανομές (Normal, Logistic, Laplace και Cauchy) χρησιμοποιώντας κριτήρια προσαρμογής AIC και BIC καθώς και στατιστικά goodness-of-fit. Για τη σύγκριση της προσαρμογής των διαφορετικών θεωρητικών κατανομών χρησιμοποιήθηκαν τα κριτήρια Akaike Information Criterion (AIC) και Bayesian Information Criterion (BIC), τα οποία αξιολογούν την ποιότητα προσαρμογής ενός μοντέλου στα δεδομένα λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη και την πολυπλοκότητά του. Και στα δύο κριτήρια ισχύει ότι χαμηλότερες τιμές υποδηλώνουν καλύτερη προσαρμογή της κατανομής στα δεδομένα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η κανονική κατανομή παρουσιάζει την καλύτερη συνολική προσαρμογή στα δεδομένα (AIC = 170.72, BIC = 174.84), ενώ οι υπόλοιπες κατανομές εμφανίζουν υψηλότερες τιμές των κριτηρίων. Για λόγους πληρότητας εξετάστηκε επίσης η κατανομή Gamma, μετά από μετατόπιση των δεδομένων ώστε να καταστούν θετικά. Ωστόσο, η προσαρμογή της αποδείχθηκε σημαντικά χειρότερη (AIC = 206.64, BIC = 210.76), γεγονός που επιβεβαιώνει ότι η μορφή της κατανομής του Gap περιγράφεται καλύτερα από την κανονική κατανομή. (Πίνακας 10)

Πίνακας 10: Κριτήρια AIC, BIC κατανομών

Κατανομή	AIC	BIC
Κανονική (Normal)	170.72	174.84
Λογιστική (Logistic)	172.75	176.87
Laplace	176.53	180.65
Cauchy	191.70	195.82
Gamma	206.64	210.76

Η παρατήρηση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα του χωρικού μοντέλου CAR. Το γεγονός ότι το Gap παρουσιάζει συνεκτική στατιστική κατανομή που προσεγγίζει την **κανονική μορφή** υποδηλώνει ότι δεν αποτελεί απλώς τυχαίο θόρυβο (noise) που προκύπτει από τη διαφορά μεταξύ δύο δεικτών. Αντίθετα, η στατιστική του δομή σε συνδυασμό με την εκτιμώμενη χωρική συσχέτιση ($\rho = 0.402$) δείχνει ότι το Gap αποτελεί πραγματικό και χωρικά

οργανωμένο φαινόμενο, το οποίο αντανακλά συστηματικές διαφοροποιήσεις μεταξύ κοινωνικής ανάγκης μετακίνησης και επιπέδου συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. Με άλλα λόγια, η ανάλυση δείχνει ότι οι αποκλίσεις του Gap δεν κατανέμονται τυχαία στον χώρο, αλλά παρουσιάζουν τόσο στατιστική κανονικότητα όσο και γεωγραφική δομή, γεγονός που ενισχύει την ερμηνεία του δείκτη ως ουσιαστικού εργαλείου για την κατανόηση της μεταφορικής ανισότητας στο μητροπολιτικό σύστημα της Αθήνας.

6. Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και Προτάσεις

6.1 Σύνοψη της έρευνας

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως στόχο τη διερεύνηση των χωρικών ανισοτήτων στο σύστημα μεταφορών της Περιφέρειας Αττικής, με έμφαση στη σχέση μεταξύ κοινωνικών αναγκών μετακίνησης και επιπέδου συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. Η έννοια της ισότητας στις μεταφορές αποτελεί ένα ολοένα και σημαντικότερο ζήτημα στον σύγχρονο συγκοινωνιακό σχεδιασμό, καθώς η πρόσβαση στις μεταφορικές υπηρεσίες επηρεάζει άμεσα τη δυνατότητα συμμετοχής των πολιτών στην οικονομική και κοινωνική ζωή.

Στο πλαίσιο της εργασίας αναπτύχθηκε ένα μεθοδολογικό πλαίσιο το οποίο συνδυάζει πολυμεταβλητές στατιστικές τεχνικές και χωρική ανάλυση. Αρχικά πραγματοποιήθηκε κατασκευή σύνθετων δεικτών για τρεις βασικές διαστάσεις του συστήματος μεταφορών: το επίπεδο συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης (Transport Service), τις κοινωνικές ανάγκες μετακίνησης (Social Needs) και την οδική ασφάλεια (Safety). Οι δείκτες αυτοί προέκυψαν μέσω Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis – PCA), η οποία επέτρεψε τη μείωση της διάστασης των δεδομένων και τη δημιουργία αντιπροσωπευτικών σύνθετων μεταβλητών.

Στη συνέχεια εξετάστηκε η σχέση μεταξύ των δεικτών μέσω γραμμικών μοντέλων παλινδρόμησης και χωρικών μοντέλων Conditional Autoregressive (CAR), προκειμένου να ληφθεί υπόψη η χωρική εξάρτηση μεταξύ των δήμων της Αττικής. Η χωρική προσέγγιση κρίθηκε απαραίτητη, καθώς οι γεωγραφικά γειτονικές περιοχές τείνουν να εμφανίζουν παρόμοια χαρακτηριστικά ως προς την αστική δομή, την κοινωνική σύνθεση και την κατανομή των μεταφορικών υποδομών.

Η συμβολή της παρούσας εργασίας έγκειται στην ανάπτυξη ενός συνδυαστικού πλαισίου ανάλυσης, το οποίο ενσωματώνει κοινωνικούς, συγκοινωνιακούς και χωρικούς δείκτες για τη μελέτη της μεταφορικής ισότητας σε μητροπολιτική κλίμακα.

6.2 Κύρια ευρήματα της ανάλυσης

Τα αποτελέσματα της στατιστικής και χωρικής ανάλυσης ανέδειξαν ορισμένα σημαντικά πρότυπα σχετικά με τη σχέση μεταξύ κοινωνικών αναγκών μετακίνησης και επιπέδου συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης στην Αττική.

Αρχικά, η εφαρμογή της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών επέτρεψε τη δημιουργία **τριών σύνθετων δεικτών** που αποτυπώνουν βασικές διαστάσεις του συστήματος

μεταφορών. Ο δείκτης κοινωνικών αναγκών μετακίνησης συνδέεται κυρίως με δημογραφικά και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού, όπως το ποσοστό ηλικιωμένων, το επίπεδο εκπαίδευσης, η ανεργία και η παρουσία πληθυσμών μεταναστευτικής προέλευσης. Αντίστοιχα, ο δείκτης συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης αποτυπώνει κυρίως την πυκνότητα και τη διαθεσιμότητα του δικτύου δημόσιων μεταφορών, ενώ ο δείκτης ασφάλειας σχετίζεται με τη χωρική κατανομή των οδικών ατυχημάτων.

Η ανάλυση παλινδρόμησης έδειξε ότι σε επίπεδο συνόλου δήμων παρατηρείται θετική συσχέτιση μεταξύ του δείκτη κοινωνικών αναγκών μετακίνησης και του επιπέδου συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι περιοχές με υψηλότερες κοινωνικές ανάγκες μετακίνησης τείνουν να διαθέτουν, σε γενικές γραμμές, υψηλότερη πυκνότητα συγκοινωνιακών υποδομών.

Ωστόσο, η περαιτέρω ανάλυση έδειξε ότι η σχέση αυτή δεν είναι ομοιογενής στο σύνολο του αστικού χώρου. Σε ορισμένες περιπτώσεις εντοπίζονται δήμοι στους οποίους οι κοινωνικές ανάγκες μετακίνησης δεν συνοδεύονται από αντίστοιχο επίπεδο συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. Οι περιπτώσεις αυτές αποτελούν ενδείξεις πιθανών χωρικών ανισοτήτων στο σύστημα μεταφορών.

Η εφαρμογή των χωρικών μοντέλων CAR επιβεβαίωσε ότι η χωρική διάσταση παίζει σημαντικό ρόλο στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Η ύπαρξη χωρικής αυτοσυσχέτισης δείχνει ότι το επίπεδο συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης ενός δήμου επηρεάζεται όχι μόνο από τα δικά του χαρακτηριστικά αλλά και από τα χαρακτηριστικά των γειτονικών περιοχών.

6.3 Ερμηνεία των αποτελεσμάτων και χωρικές διαφοροποιήσεις

Παρά το γεγονός ότι η συνολική ανάλυση έδειξε θετική σχέση μεταξύ κοινωνικών αναγκών μετακίνησης και συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης, το αποτέλεσμα αυτό δεν θα πρέπει να ερμηνευθεί ως ένδειξη πλήρους ισορροπίας ή δικαιοσύνης στο σύστημα μεταφορών της Αττικής.

Από τη **χαρτογραφική απεικόνιση** των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA) προκύπτει ότι ο δείκτης συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης (**TS**) εμφανίζει **υψηλότερες τιμές στις κεντρικές περιοχές της Αττικής και χαμηλότερες στα προάστια**. Αντίστοιχα, ο δείκτης κοινωνικών αναγκών μετακίνησης (**SN**) παρουσιάζει **αυξημένες τιμές τόσο στο κέντρο όσο και σε ορισμένες δυτικές περιοχές**. Παρά τις διαφοροποιήσεις αυτές στη χωρική κατανομή των δύο δεικτών, τα στατιστικά μοντέλα κατέδειξαν θετική συσχέτιση μεταξύ τους. **Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι οι περιοχές με μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα και εντονότερη συγκέντρωση δραστηριοτήτων**

συγκεντρώνουν ταυτόχρονα υψηλότερες κοινωνικές ανάγκες μετακίνησης και υψηλότερο επίπεδο συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. Επιπλέον, η χωρική εξάρτηση μεταξύ γειτονικών δήμων ενδέχεται να ενισχύει αυτή τη συσχέτιση, καθώς οι συγκοινωνιακές υποδομές και τα πρότυπα μετακίνησης τείνουν να κατανέμονται χωρικά με παρόμοιο τρόπο.

Η σχέση μεταξύ των δύο δεικτών φαίνεται να επηρεάζεται από τη χωρική δομή της μητροπολιτικής περιοχής, καθώς παράγοντες όπως η πληθυσμιακή πυκνότητα, η ιστορική ανάπτυξη του αστικού ιστού και η συγκέντρωση μεταφορικών υποδομών επηρεάζουν την κατανομή των συγκοινωνιακών υπηρεσιών.

Επιπλέον, η ανάλυση των υποομάδων δήμων έδειξε ότι η συνολική θετική συσχέτιση μεταξύ των δεικτών δεν ισχύει απαραίτητα για όλες τις χωρικές κατηγορίες. Σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρούνται αποκλίσεις μεταξύ κοινωνικής ανάγκης και συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης, γεγονός που υποδηλώνει την ύπαρξη τοπικών ανισοτήτων στο σύστημα μεταφορών.

Η παρατήρηση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική από την οπτική της ισότητας στις μεταφορές, καθώς δείχνει ότι η συνολική στατιστική σχέση μεταξύ των μεταβλητών δεν αποτυπώνει πλήρως τις χωρικές διαφοροποιήσεις που εμφανίζονται στο επίπεδο των επιμέρους δήμων.

Επιπλέον, στο πεδίο της οδικής ασφάλειας παρατηρείται ότι τα περισσότερα τροχαία ατυχήματα εντοπίζονται στις κεντρικές περιοχές της Αττικής, οι οποίες παρουσιάζουν υψηλότερο επίπεδο συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. Ωστόσο, η χωρική αυτή σύμπτωση δεν υποδηλώνει απαραίτητα αιτιώδη σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Αντιθέτως, είναι πιθανό να οφείλεται στο γεγονός ότι οι περιοχές αυτές συγκεντρώνουν υψηλότερους κυκλοφοριακούς φόρτους και μεγαλύτερο αριθμό μετακινήσεων, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης ατυχημάτων.

6.4 Περιορισμοί της έρευνας

Παρά τη χρησιμότητα της μεθοδολογικής προσέγγισης που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία, τα αποτελέσματα θα πρέπει να ερμηνεύονται λαμβάνοντας υπόψη ορισμένους σημαντικούς περιορισμούς που σχετίζονται κυρίως με τη διαθεσιμότητα των δεδομένων.

Ένας από τους βασικότερους περιορισμούς αφορά την απουσία δεδομένων σχετικά με το **εισόδημα του πληθυσμού** σε επίπεδο δήμου. Το εισόδημα αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει τη συμπεριφορά μετακίνησης και την εξάρτηση από διαφορετικά μέσα μεταφοράς. Η απουσία αυτού του στοιχείου

περιορίζει τη δυνατότητα πλήρους αποτύπωσης των κοινωνικών διαστάσεων της κινητικότητας.

Παράλληλα, δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα σχετικά με **τους πραγματικούς κυκλοφοριακούς φόρτους ή τη ζήτηση μετακινήσεων**, γεγονός που επηρεάζει την ερμηνεία του δείκτη συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. Στην παρούσα εργασία ο δείκτης Transport Service αποτυπώνει κυρίως την **προσφορά συγκοινωνιακών υποδομών**, όπως η πυκνότητα στάσεων και η παρουσία συγκοινωνιακών γραμμών, και όχι την πραγματική χρήση ή τη ζήτηση του συστήματος μεταφορών.

Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις υπήρξε απουσία δεδομένων για συγκεκριμένους δήμους. Για να διατηρηθεί η πληρότητα του dataset και να καταστεί δυνατή η εφαρμογή των στατιστικών μοντέλων, σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν **μηδενικές τιμές ως υποκατάστατο**, γεγονός που ενδέχεται να επηρεάζει την ακρίβεια ορισμένων εκτιμήσεων.

Οι περιορισμοί αυτοί αντανακλώνται και στην ερμηνευτική ικανότητα των στατιστικών μοντέλων. Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα του Κεφαλαίου 5, τα μοντέλα εξηγούν σχετικά **χαμηλό ποσοστό της συνολικής διακύμανσης**, γεγονός που υποδηλώνει ότι ένα σημαντικό μέρος της μεταβολής των δεικτών πιθανότατα οφείλεται σε παράγοντες που δεν περιλαμβάνονται στο διαθέσιμο σύνολο δεδομένων.

Συνεπώς, τα αποτελέσματα της παρούσας ανάλυσης θα πρέπει να θεωρηθούν κυρίως ως μια πρώτη προσέγγιση διερεύνησης των χωρικών προτύπων μεταφορικής ισότητας στην Αττική.

6.5 Συζήτηση Αποτελεσμάτων και Σύγκριση με τη Διεθνή Βιβλιογραφία

Η παρούσα έρευνα ανέδειξε σημαντικές πτυχές της συγκοινωνιακής ισότητας στην Αττική, οι οποίες παρουσιάζουν τόσο συγκλίσεις όσο και αξιοσημείωτες διαφοροποιήσεις σε σχέση με τα διεθνή βιβλιογραφικά δεδομένα.

Συγκλίσεις και επιβεβαίωση υπαρχόντων συμπερασμάτων Τα αποτελέσματα της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA) επιβεβαιώνουν ότι οι ευάλωτες ομάδες, όπως οι ηλικιωμένοι, τα άτομα με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο και οι άνεργοι, συγκροτούν τον πυρήνα των κοινωνικών αναγκών μετακίνησης (Social Needs - SN). Το εύρημα αυτό ευθυγραμμίζεται πλήρως με τη διεθνή βιβλιογραφία που συνδέει τον κοινωνικό αποκλεισμό με τη συγκοινωνιακή μειονεξία (Currie G. et al, 2010). Επιπλέον, η ενσωμάτωση **αντικειμενικών δεδομένων οδικής ασφάλειας** (θανατηφόρα και σοβαρά ατυχήματα για οδηγούς, πεζούς και μοτοσικλετιστές)

αναδεικνύει τη συστηματική επιβάρυνση των ευάλωτων χρηστών, επιβεβαιώνοντας μελέτες που δείχνουν ότι οι κοινότητες με υψηλή κοινωνική ανάγκη είναι συχνά πιο εκτεθειμένες στους κινδύνους του οδικού δικτύου.

Διαφοροποιήσεις από τη διεθνή εμπειρία και ανάλυση ατυχημάτων Μια από τις σημαντικότερες διαφοροποιήσεις της παρούσας εργασίας αφορά τη σχέση μεταξύ της οδικής ασφάλειας και της συγκοινωνιακής παροχής. Η ανάλυση έδειξε ότι στην Αττική **η διάσταση της ασφάλειας λειτουργεί σχετικά ανεξάρτητα από την παροχή συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης**, καθώς ο δείκτης Safety δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τον δείκτη TS. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι η επικινδυνότητα των οδικών αξόνων δεν σχετίζεται απαραίτητα την πυκνότητα των υποδομών MMM, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με ορισμένες διεθνείς προσεγγίσεις που θεωρούν ότι η βελτίωση της συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης συνοδεύεται αυτόματα από μείωση της έκθεσης στον κίνδυνο ατυχημάτων.

Παράλληλα, η **θετική συσχέτιση μεταξύ δεικτών SN και TS** στο σύνολο της Αττικής διαφοροποιείται από το φαινόμενο των «συγκοινωνιακών ερήμων» (transit deserts) που παρατηρείται σε πόλεις των ΗΠΑ και του Καναδά, όπου οι υποβαθμισμένες περιοχές στερούνται βασικών υποδομών.

Σημεία που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης Παρά τη γενική εικόνα, η ανάλυση αποκάλυψε ότι υπάρχουν δήμοι με υψηλό **συγκοινωνιακό χάσμα (Gap Index)**, όπως η Αγία Βαρβάρα, όπου οι αυξημένες ανάγκες και η οδική επικινδυνότητα δεν καλύπτονται επαρκώς από τις υπάρχουσες υποδομές. Το γεγονός ότι τα στατιστικά μοντέλα εξηγούν ένα σχετικά περιορισμένο ποσοστό της συνολικής διακύμανσης υποδεικνύει την ανάγκη ένταξης επιπλέον παραγόντων που δεν ήταν διαθέσιμοι, όπως τα **δεδομένα πραγματικού εισοδήματος** και οι **πραγματικοί κυκλοφοριακοί φόρτοι**. Τέλος, η χωρική αυτοσυσχέτιση ($\rho=0.402$) που εντοπίστηκε μέσω των μοντέλων CAR υποδηλώνει ότι η κατανομή των ατυχημάτων και της συγκοινωνιακής ισότητας ακολουθεί γεωγραφικά πρότυπα που απαιτούν περαιτέρω ερμηνεία μέσω της ιστορικής εξέλιξης του αστικού ιστού της Αθήνας

6.6 Κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα

Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας αναδεικνύουν την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση της σχέσης μεταξύ κοινωνικών αναγκών μετακίνησης και επιπέδου συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης στον αστικό χώρο της Αθήνας.

Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να ενσωματώσουν δεδομένα που αποτυπώνουν καλύτερα τη **ζήτηση μετακινήσεων**, όπως στοιχεία επιβατικής

κίνησης, κυκλοφοριακούς φόρτους ή δεδομένα μετακινήσεων από ψηφιακές πλατφόρμες κινητικότητας.

Επιπλέον, η χρήση κοινωνικοοικονομικών δεδομένων μεγαλύτερης ακρίβειας, όπως στοιχεία εισοδήματος ή οικονομικής ευαλωτότητας σε μικρότερη χωρική κλίμακα, θα μπορούσε να βελτιώσει σημαντικά την κατανόηση των πραγματικών προτύπων συγκοινωνιακής ανισότητας.

6.7 Τελικό συμπέρασμα

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρεί να συμβάλει στην κατανόηση της χωρικής διάστασης της ισότητας στις μεταφορές στον αστικό χώρο της Αθήνας, μέσα από τη χρήση στατιστικών και χωρικών μεθόδων ανάλυσης. Παρότι τα αποτελέσματα δεν επιτρέπουν την εξαγωγή οριστικών συμπερασμάτων σχετικά με τον βαθμό συγκοινωνιακής δικαιοσύνης στην Αττική, αναδεικνύουν τη σημασία της συστηματικής διερεύνησης της σχέσης μεταξύ κοινωνικών χαρακτηριστικών και μεταφορικής εξυπηρέτησης.

Η ανάπτυξη ολοκληρωμένων βάσεων δεδομένων και η ενσωμάτωση κοινωνικών δεικτών στον συγκοινωνιακό σχεδιασμό μπορούν να συμβάλουν στη διαμόρφωση πολιτικών που προωθούν ένα πιο δίκαιο και βιώσιμο σύστημα μεταφορών.

7. Βιβλιογραφία

1. Anselin, L. (1988). *Spatial econometrics: Methods and models*. Kluwer Academic Publishers.
2. Approaches and barriers to addressing equity in transportation: Experiences of transportation practitioners. (n.d.). Transportation Research Board.
3. Chen, C., & Akar, G. (2021). Transport justice and accessibility equity: Investigating affordable housing residents' access to opportunities. *Journal of Transport Geography*, 91, 102950.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.102950>
4. Currie, G., Richardson, T., Smyth, P., Vella-Brodrick, D., Hine, J., Lucas, K., Stanley, J., Morris, J., Kinnear, R., & Stanley, J. (2010). Investigating links between transport disadvantage, social exclusion and well-being in Melbourne: Updated results. *Research in Transportation Economics*, 29(1), 287–295. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2010.07.036>
5. Dixit, M., & Sivakumar, A. (2022). A reinforcement learning approach for equity-aware transport network design. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 143, 103830.
<https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103830>
6. Earnest, A., Morgan, G., Mengersen, K., Ryan, L., Summerhayes, R., & Beard, J. (2007). Evaluating the effect of neighbourhood weight matrices on smoothing properties of Conditional Autoregressive (CAR) models. *International Journal of Health Geographics*, 6, 54.
<https://doi.org/10.1186/1476-072X-6-54>
7. El-Geneidy, A., & Levinson, D. (2006). *Access to destinations: Development of accessibility measures*. Minnesota Department of Transportation.
8. Elvik, R. (2009). The non-linearity of risk and the promotion of environmentally sustainable transport. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), 849–855. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.04.009>
9. Getis, A. (2009). Spatial weights matrices. *Geographical Analysis*, 41(4), 404–410. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.2009.00744.x>
10. Golub, A., & Martens, K. (2014). Using principles of justice to assess the modal equity of regional transportation plans. *Journal of Transport Geography*, 41, 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.07.014>
11. Interprofessional Collaboration for Transport Equity. (2021). *Barriers and enablers to interprofessional approaches for equity in urban transport planning* (Conference paper).
12. James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R., & Taylor, J. (2023). *An introduction to statistical learning: With applications in R* (2nd ed.). Springer.
13. Jolliffe, I. T. (1990). Principal component analysis: A beginner's guide—I. Introduction and application. *The American Statistician*, 44(4), 300–302.

14. Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 374(2065). <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
15. Karner, A., & Golub, A. (2015). Transportation justice: A framework for assessing and developing transportation equity. *Transport Reviews*, 35(6), 750–768. <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1057876>
16. LeSage, J. P. (1999). *The theory and practice of spatial econometrics*. University of Toledo.
17. Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy*, 20, 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.013>
18. Maćkiewicz, A., & Ratajczak, W. (1993). Principal components analysis (PCA). *Computers & Geosciences*, 19(3), 303–342. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(93\)90090-R](https://doi.org/10.1016/0098-3004(93)90090-R)
19. Martens, K. (2012). Justice in transport as justice in accessibility: Applying Walzer’s “Spheres of Justice” to the transport sector. *Transportation*, 39(6), 1035–1053. <https://doi.org/10.1007/s11116-012-9388-7>
20. Martens, K. (2016). *Transport justice: Designing fair transportation systems*. Routledge.
21. Martens, K., Golub, A., & Robinson, G. (2012). A justice-theoretic approach to the distribution of transportation benefits: Implications for transportation planning practice in the United States. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(4), 684–695. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.01.004>
22. Mobility justice in Malta. (2021). *Interview-based study on micro-mobility, inequality and public space* (Case study).
23. Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., & Giovannini, E. (2005). *Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide*. OECD. <https://doi.org/10.1787/533411815016>
24. Oliveira, E. L., Portugal, L. S., & Porto Junior, W. (2016). Indicators of reliability and vulnerability: Similarities and differences in ranking links of a complex road system. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.02.002>
25. Papadimitriou, E., Eksler, V., Yannis, G., & Lassarre, S. (2011). Modelling the spatial variation of road safety in Greece. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Transport*, 164(4), 221–229. <https://doi.org/10.1680/tran.9.00044>
26. Shi, F., Chen, C., & Liu, Y. (2021). Assessing transportation equity in accessibility: A multi-criteria evaluation based on high-resolution data. *Journal of Transport Geography*, 96, 103172. <https://doi.org/10.1016/j.itrangeo.2021.103172>
27. Su, X., Yan, X., & Tsai, C. L. (2012). Linear regression. *WIREs Computational Statistics*, 4(3), 275–294. <https://doi.org/10.1002/wics.1198>

28. Tharwat, A. (2016). Principal component analysis—A tutorial. *International Journal of Applied Pattern Recognition*, 3(3), 197–240.
<https://doi.org/10.1504/IJAPR.2016.079024>
29. Tsigdinos, S. (2024). *Reclaiming public space: Micro-mobility and active travel in Athens*. Manuscript under review.
30. Zhu, L., & Shi, F. (2022). Spatial and social equity of job accessibility in Kunshan, China: Evidence from mobile phone and open data. *Cities*, 129, 103816. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103816>

8. Παράρτημα

8.1 Πίνακες δεδομένων

DIMOI	POP_SUM	POP_MAL E	pop_femal e_perc	POP_FEMAL E	AREA_KM2	DENSITY_PER_KM2	CENTRO ID_LON	CENTRO ID_LAT
DIMOS_AGIAS_VARVARAS	26759	12747	0,5236369	14012	2,4	11.150	37.9905	23.6653
DIMOS_AGIAS_PARASKEVIS	62147	29104	0,531691	33043	7,9	7.867	38.0117	23.8028
DIMOS_AGIOU_DIMITRIOU	71664	34624	0,5168564	37040	5	14.333	37.9494	23.7266
DIMOS_AGION_ANGYRON_KAMATEROU	61462	30219	0,5083304	31243	9,2	6.681	38.0341	23.7137
DIMOS_ATHINAION	643452	310569	0,5173393	332883	39	16.499	37.9838	23.7275
DIMOS_AIGALEO	65831	32014	0,5136942	33817	6,5	10.128	37.9921	23.6839
DIMOS_ALIMOU	43174	20499	0,5252004	22675	5,4	7.318	37.9115	23.7261
DIMOS_AMAROUSIOU	71830	33516	0,5333983	38314	12,9	5.568	38.0542	23.8081
DIMOS_ASPROPIRGOU	31381	16108	0,4866958	15273	102	308	38.0634	23.5897
DIMOS_ACHARNON	108169	53622	0,5042757	54547	107,9	1.002	38.0834	23.7351
DIMOS_VARIS_VOULAS_VOULIAGMENIS	52546	25329	0,5179652	27217	37,2	1.413	37.8165	23.7805
DIMOS_VRILISSION	32417	15410	0,5246321	17007	3,9	8.312	38.0361	23.7947
DIMOS_VYRONOS	59134	27910	0,5280211	31224	9,2	6.428	37.9612	23.7537
DIMOS_GALATSIU	57909	27715	0,5214043	30194	4	14.477	38.0039	23.7513
DIMOS_GLYFADAS	89597	42257	0,5283659	47340	25,4	3.527	37.8728	23.7533
DIMOS_DAFNIS_YMITTOU	33886	16118	0,5243463	17768	2,4	14.119	37.9544	23.7354
DIMOS_DIONYSOU	42376	20530	0,5155277	21846	111,5	380	38.1272	23.8574
DIMOS_ELEFSINAS	30147	14873	0,5066507	15274	36,6	824	38.0414	23.5420
DIMOS_ELLINIKOU_ARGYROUPOULIS	50027	23758	0,5250964	26269	15,4	3.249	37.9014	23.7483
DIMOS_ZOGRAFOU	69874	32790	0,5307267	37084	8,5	8.220	37.9683	23.7652
DIMOS_ILIOUPOULIS	76730	36445	0,5250228	40285	12,7	6.042	37.9288	23.7542
DIMOS_IRAKLEIOU	50494	24084	0,5230324	26410	4,6	10.977	38.0523	23.7637
DIMOS_ILIOU	84004	40833	0,513916	43171	9,3	9.033	38.0349	23.6857
DIMOS_KAISARIANIS	26269	12488	0,5246108	13781	7,8	3.368	37.9639	23.7523
DIMOS_KALLITHEAS	97616	45558	0,5332937	52058	4,8	20.337	37.9558	23.7028
DIMOS_KERATSINIOU_DRAPETSONAS	89536	43247	0,5169876	46289	9,3	9.628	37.9637	23.6193
DIMOS_KIFISIAS	72878	34400	0,5279783	38478	35,1	2.076	38.0754	23.8087
DIMOS_KORYDALLOU	61248	30257	0,505992	30991	4,3	14.244	37.9845	23.6829
DIMOS_KROPIAS	30817	15349	0,5019308	15468	102	302	37.8761	23.8583
DIMOS_LAVREOTIKIS	25199	12520	0,5031549	12679	175,8	143	37.7137	23.9440
DIMOS_LYKOVRYSSIS_PEFKIS	30998	14782	0,5231305	16216	4,1	7.560	38.0676	23.7886
DIMOS_MANDRAS_EIDYLLIAS	17822	8699	0,5118954	9123	426,2	42	38.1903	23.3790
DIMOS_MARATHONOS	31331	16266	0,4808337	15065	222,8	141	38.1507	23.9918
DIMOS_MARKOPOULOU_MESOGEIAS	21722	10631	0,5105883	11091	81,8	266	37.9387	24.0081
DIMOS_MEGAREON	38033	20122	0,4709331	17911	332,9	114	38.0004	23.3435
DIMOS_METAMORFOSSEOS	30174	14522	0,5187247	15652	5,5	5.486	38.0672	23.7589
DIMOS_MOSCHATOU_TAVROU	39661	19178	0,5164519	20483	4,5	8.814	37.9511	23.6825
DIMOS_NEAS_IONIAS	64611	31197	0,5171565	33414	4,3	15.026	38.0368	23.7576
DIMOS_NEAS_SMYRNIS	72853	33642	0,5382208	39211	3,5	20.815	37.9466	23.7129
DIMOS_NEAS_FILADELFIAS_NEAS_CHALKIDONOS	34958	16809	0,5191659	18149	3,7	9.448	38.0383	23.7416
DIMOS_NIKAIAS_AGIOU_IOANNI_RENTI	103488	50061	0,5162628	53427	11,2	9.240	37.9716	23.6661
DIMOS_PAIANIAS	28036	13727	0,5103795	14309	53,2	527	37.8831	23.8711
DIMOS_PALAIΟΥ_FALIROU	64863	29899	0,5390438	34964	4,6	14.101	37.9260	23.6944
DIMOS_PALLINIS	59459	28914	0,5137153	30545	29,4	2.022	38.0030	23.8845
DIMOS_PAPAGOU_CHOLARGOU	45266	20651	0,5437856	24615	7,3	6.201	38.0029	23.7902
DIMOS_PEIRAIΟΥ	168151	80642	0,5204191	87509	10,9	15.427	37.9425	23.6469
DIMOS_PENTELIS	35610	17096	0,5199101	18514	36,1	986	38.0651	23.8444
DIMOS_PERAMATOS	25628	12616	0,5077259	13012	14,7	1.743	37.9690	23.5950
DIMOS_PERISTERIOU	133630	65077	0,5130061	68553	10,1	13.231	38.0133	23.6883
DIMOS_PETROUPOULIOS	60146	28999	0,5178565	31147	6	8.845	38.0351	23.6739
DIMOS_RAFINAS_PIKERMIOU	22327	10821	0,5153402	11506	40,5	551	38.0166	24.0002
DIMOS_SARONIKOU	30047	14774	0,5083037	15273	139,1	216	37.7963	23.9224
DIMOS_SPATON_ARTEMIDOS	34915	17254	0,5058284	17661	73,7	474	37.9460	24.0151
DIMOS_FILOTHEIS_PSYCHIKOU	27636	12530	0,5466059	15106	6,1	4.530	38.0228	23.7725
DIMOS_FYLIS	48157	23689	0,5080881	24468	109,1	441	38.0780	23.6851
DIMOS_CHAIDARIOU	47051	22983	0,51153	24068	22,7	2.073	38.0083	23.6604
DIMOS_CHALANDRIOU	77102	36040	0,5325672	41062	10,8	7.139	38.0224	23.7986
DIMOS_OROPOU	31811	16268	0,4886046	15543	338,2	94	38.2911	23.7954

FATAL_CAR	FATAL_PED ESTRIAN	FATAL_MOT ORCYCLE	SERIOUS_IN JURY_CAR	SERIOUS_IN JURY_PEDI STRIAN	SERIOUS_I NJURY_MO TORCYCLE	LIGHT_INJURY _CAR	LIGHT_INJURY _PEDESTRIAN	LIGHT_INJU RY_MOTOR CYCLE
0	0	1	0	0	1	4	4	14
1	2	2	0	2	1	10	13	31
1	1	2	1	0	2	16	10	61
1	2	2	1	1	3	18	14	52
3	7	9	4	12	19	177	302	980
1	2	2	1	1	3	19	17	71
	2	1	1	1	2	10	11	39
1		3	1	2	3	38	26	90
2	2	3	2	1	2	11	2	10
3	0	3	2	2	3	94	29	139
3	1	2	3	2	3	65	11	71
0	1	0	0	1	2	6	4	12
0	1	1	1	1	3	9	7	38
2	1	2	0	3	1	7	10	37
1	2	2	1	2	2	72	26	130
0	0	1	0	1	3	4	4	24
2	2	0	2	0	2	20	5	18
2	1	2	1	1	2	4	2	4
1	2	3	1	2	3	28	14	64
1	0	2	0	1	2	7	12	48
0	1	2	1	1	1	24	14	73
1	1	1	1	1	2	20	13	51
1	1	1	1	0	3	20	15	67
2	1	1	0	1	1	6	3	21
2	2	3	1	1	3	10	20	58
2	0	3	0	1	4	15	16	56
2	3	2	1	1	2	53	18	64
1	0	4	0	0	2	7	10	33
2	1	2	2	0	2	42	4	26
2	0	2	2	1	2	20	4	16
0	0	1	0	1	1	4	6	18
1	1	2	1	0	2	4	2	6
1	1	2	2	0	2	17	4	15
2	1	2	1	1	1	27	6	21
3	1	1	1		2	14	3	8
1	1	1	0	1	3	23	7	49
1	1	1	2	1	3	22	13	75
1	1	1	2	1	2	21	24	71
0	1	0	0	0	1	4	8	25
2	1	2	0	2	2	16	14	51
1	2	3	2	2	4	31	25	122
1	1	1	2	0	0	9	4	18
2	2	3	1	1	1	7	11	31
2	2	2	1	1	2	20	6	40
1	1	1	0	1	3	7	9	25
1	3	4	2	3	7	46	52	240
0	1	1	1	1	1	5	6	14
1	1	2	1	1	1	3	4	19
1	2	3	2	2	4	51	29	158
0	1	1	1	1	2	6	7	19
0	1	1	1	0	1	10	3	11
2	1	2	1	0	1	40	5	21
3	1	2	0	2	1	17	9	22
1	2	4	0	1	2	16	9	39
1	1	1	1	1	2	45	12	42
1	2	2	1	1	2	18	8	35
2	1	2	2	1	1	24	0	74
3	2	1	2	1	2	44	8	14

EDU_HIGH	EDU_MEDIUM	EDU_LOW	unemployed	ORIGIN_EU	ORIGIN_EUROPE_NON_EU	ORIGIN_OTHER_OR_UNDECLARED	AGE_0_19	AGE_20_59	AGE_60_PLUS
585	1.139	485	2.206	63	80	114	4.991	14.475	7.292
1.752	980	64	2.792	568	367	395	11.733	32.216	18.203
1.710	2.088	271	4.077	233	266	215	13.454	40.009	18.202
1.349	1.892	332	3.571	183	226	140	12.289	34.172	14.994
19.949	22.151	4.197	46.300	5.304	6.794	15.059	92.403	369.000	182.047
1.580	2.309	470	4.356	255	257	269	10.457	36.511	18.871
1.230	868	50	2.149	266	321	242	8.167	22.911	12.090
2.018	1.048	86	3.152	569	519	423	13.530	37.430	20.864
360	1.268	432	2.058	88	238	248	8.189	16.727	6.455
1.679	4.004	796	6.488	414	378	956	24.736	59.279	24.153
1.326	678	51	2.053	542	596	603	10.652	26.747	15.157
899	368	21	1.289	245	280	179	6.673	16.544	9.198
1.630	1.784	175	3.588	250	313	229	9.600	31.983	17.548
1.515	1.563	194	3.274	211	297	202	9.631	31.599	16.677
2.451	1.789	164	4.401	530	712	656	16.909	46.690	26.006
1.004	1.090	133	2.227	158	228	173	5.573	18.757	9.554
997	619	57	1.665	247	376	192	9.272	21.779	11.324
505	863	176	1.548	138	233	145	6.585	16.756	6.809
1.309	1.432	133	2.875	223	228	193	9.083	26.982	13.961
2.288	1.789	197	4.270	753	482	364	10.327	39.935	19.615
1.966	2.143	186	4.298	303	323	235	13.412	41.335	21.982
1.367	1.097	112	2.580	234	231	132	9.132	27.537	13.826
1.690	2.969	494	5.155	245	340	211	16.315	46.505	21.189
741	746	116	1.600	115	155	92	4.284	14.659	7.330
2.957	3.653	421	7.040	502	721	1.084	15.462	52.831	29.312
1.913	3.016	463	5.395	225	232	192	17.049	49.037	23.447
1.803	820	80	2.699	665	939	631	14.581	35.810	22.482
1.396	2.014	346	3.758	202	575	660	10.517	33.894	16.839
450	805	194	1.443	95	172	189	6.550	16.202	8.057
416	954	339	1.706	77	413	183	4.353	12.547	8.306
819	562	44	1.422	153	134	116	5.984	16.074	8.936
244	515	76	831	30	103	36	3.417	9.150	5.259
556	820	103	1.482	112	190	200	5.854	16.793	8.675
473	496	56	1.032	97	158	98	4.474	11.399	5.853
603	1.083	564	2.255	118	164	257	7.316	21.245	9.470
681	848	153	1.681	91	68	127	6.288	16.725	7.158
968	1.278	188	2.439	179	226	248	7.521	21.898	10.240
1.560	1.964	344	3.865	204	259	242	11.086	35.737	17.789
2.298	1.715	126	4.137	420	432	342	12.094	38.349	22.417
860	1.182	174	2.217	114	181	263	6.248	18.969	9.733
2.187	3.577	670	6.431	262	412	719	18.596	56.380	28.509
601	525	110	1.234	126	133	192	6.266	14.874	6.892
1.971	1.462	86	3.522	357	535	493	10.522	32.911	21.435
1.254	1.076	168	2.500	304	338	267	13.697	32.758	13.005
1.359	611	26	2.003	387	343	216	7.781	22.546	14.931
4.300	5.192	772	10.256	891	956	1.726	28.596	91.275	48.281
928	484	41	1.449	238	290	193	7.478	18.139	9.996
500	981	317	1.796	64	94	630	5.399	14.076	6.146
3.026	4.853	888	8.769	384	416	398	23.729	74.572	35.326
1.472	1.823	259	3.556	179	130	118	12.246	33.753	14.149
551	421	48	1.010	143	161	93	4.652	11.289	6.393
693	709	118	1.512	118	260	148	5.802	14.938	9.303
735	1.150	265	2.147	147	177	96	7.191	18.096	9.630
753	216	9	978	253	397	247	5.208	13.331	9.095
687	1.926	703	3.320	96	110	175	12.456	26.166	9.532
1.124	1.220	136	2.477	207	164	147	8.822	25.890	12.326
2.126	1.277	110	3.510	558	565	432	14.252	40.170	22.677
587	880	170	1.640	117	255	921	6.437	15.999	9.374

METRO_S TATIONS	BUS_STOPS	TRAM_ST OPS	SUBURBAN STATIONS	PT_DENSITY_P ER_KM^2	PT_DENSITY_PE R_1000_RESIDE NTS	PRICE_SALE_E UR_PER_M2	PRICE_RENT_E UR_PER_M2	HOUSEHOL DS_NO_CAR	HOUSEHOL DS_WITH_C AR1000	HOUSEHOLDS _WITH_CAR
2	62	0	0	26,67	0,064	1.622	6,77	4.113	258	6.905
1	134	0	0	17,09	0,135	3.538	11,32	5.279	336	20.900
1	92	0	0	18,60	0,093	3.205	9,7	7.817	303	21.729
0	182	0	1	19,89	0,183	1.945	7,6	6.331	292	17.950
31	1033	11	2	27,62	1,077	2.909	11,55	155.441	257	165.201
1	130	0	0	20,15	0,131	2.114	9,33	11.502	277	18.253
1	108	5	0	21,11	0,114	4.792	13,33	3.798	332	14.334
3	155	0	0	12,25	0,158	3.620	14,63	5.834	340	24.410
0	209	0	1	2,06	0,210	1.193	6,1	3.271	237	7.445
0	554	0	4	5,17	0,558	1599	7,17	7.915	276	29.826
0	206	5	0	5,67	0,211	6.128	18,2	3.003	339	17.838
0	63	0	0	16,15	0,063	4.264	11,32	1.677	342	11.097
0	102	0	0	11,09	0,102	2.753	10,13	9.792	294	17.360
0	54	0	0	13,50	0,054	2.613	9,23	8.111	307	17.770
0	244	6	0	9,84	0,250	5.228	16,53	6.560	338	30.266
1	80	0	0	33,75	0,081	2.895	9,6	5.443	294	9.954
0	192	0	0	1,72	0,192	2.167	9,18	1.385	318	13.465
0	132	0	0	3,61	0,132	1.739	6,22	2.515	289	8.698
2	153	3	0	10,26	0,158	5.383	15,31	5.084	318	15.915
0	100	0	0	11,76	0,100	2.766	10,37	15.864	279	19.465
1	124	0	0	9,84	0,125	3.329	9,93	8.678	324	24.827
1	73	0	1	16,30	0,075	3.134	9,84	5.294	317	15.999
0	172	0	0	18,49	0,172	2.178	7,99	9.385	293	24.612
0	43	0	0	5,51	0,043	3.209	11,54	4.728	300	7.884
1	113	3	0	24,38	0,117	2.870	10,22	20.171	264	25.747
0	235	0	0	25,27	0,235	2.323	8,5	12.149	284	25.404
2	268	0	1	7,72	0,271	3.988	13,18	3.849	340	24.789
1	104	0	0	24,42	0,105	2.146	8,47	8.345	274	16.783
1	219	0	1	2,17	0,221	2.356	9,3	1.749	313	9.639
0	0	0	0	0,00	0,000	2.025	13,44	2.065	317	7.997
0	62	0	0	15,12	0,062	3.454	10,4	2.343	332	10.289
0	146	0	1	0,34	0,147	1.366	5,69	1.446	294	5.241
0	125	0	0	0,56	0,125	2.097	9,03	1.890	309	9.668
0	2	0	0	0,02	0,002	2.314	9,51	1.110	340	7.384
0	0	0	3	0,01	0,003	1.690	8,19	3.009	271	10.298
0	70	0	1	12,91	0,071	2.427	7,45	2.454	308	9.307
2	100	1	1	23,11	0,104	2.534	9,4	5.515	284	11.281
3	110	0	0	26,28	0,113	2.554	9,38	8.225	306	19.745
0	85	7	0	26,29	0,092	3.361	10,99	10.167	319	23.213
0	77	0	0	20,81	0,077	1.850	8,29	4.678	300	10.479
1	246	0	1	22,14	0,248	1.890	8	15.664	278	28.728
1	120	0	1	2,29	0,122	2.250	8,36	1.343	312	8.748
0	110	7	0	25,43	0,117	3.978	11,97	8.347	326	21.155
1	306	0	1	10,48	0,308	2.592	8,95	2.704	320	19.019
1	81	0	0	11,23	0,082	4.093	11,08	4.692	343	15.520
5	337	7	2	32,20	0,351	2.588	10,56	30.999	271	45.540
0	131	0	1	3,66	0,132	2.482	10,13	1.732	333	11.869
0	94	0	0	6,39	0,094	1.709	7,59	3.255	279	7.161
3	279	0	0	27,92	0,282	2.172	9,13	18.707	284	37.992
0	102	0	0	17,00	0,102	2.628	8,59	5.718	307	18.450
0	74	0	0	1,83	0,074	2.291	11,2	1.020	335	7.488
0	72	0	0	0,52	0,072	3.100	10,3	1.661	339	10.174
1	208	0	1	2,85	0,210	1.800	8,7	2.150	314	10.959
0	90	0	0	14,75	0,090	5.000	14,75	1.994	352	9.728
0	276	0	2	2,55	0,278	1.100	3,5	3.813	265	12.782
0	169	0	0	7,44	0,169	2.272	9,02	4.809	299	14.078
3	203	0	2	19,26	0,208	3.528	13,12	6.672	341	26.317
0	30	0	0	0,09	0,030	1.598	7,39	2.394	291	9.258

HOUSEHOLDS_NO_PARKING	HOUSEHOLDS_WITH_PARKING_1000	HOUSEHOLDS_WITH_PARKING	ACCESSIBLE_BUS_STOPS	DELAY_RUSH_MIN_PER_KM	TOTAL_SAMPLE_KM	BUS_LINES_SERVING	BUS_INSERTIONS_PER_LINE	BUS_ROUTE_CHANGES_PER_LINE
9.290	65	1.727	5	0,399728956		21	10	9
7.928	294	18.251	2	0,399728956		16	17	9
17.833	163	11713	8	0,027327904	6597,228	46	14	27
15.402	145	8.884	3	0,399728956		34	15	37
273.053	74	47.594	160	0,845958932	167493,141	225	421	275
24.637	78	5.119	6	0,667580075	7178,748	48	33	29
8.224	229	9907	0	0,779153559	12569,744	36	33	11
11.353	263	18.886	2	0,399728956		33	7	16
6.594	132	4128	1	0,399728956		6	0	2
17.002	192	20733	2	0,399728956		12	69	51
6.999	263	13841	0	0,399728956		20	72	32
2.383	321	10.390	0	0,399728956		18	2	3
19.327	132	7.826	9	0,399728956		16	5	9
18.030	136	7.852	0	0,399728956		18	1	13
13.422	261	23408	6	0,399728956		38	51	33
11.511	115	3.881	2	0,399728956		32	8	14
3.602	265	11247	0	0,399728956		2	0	0
6.266	164	4943	0	0,399728956		6	3	5
11.208	196	9791	9	0,21734176	40651,132	45	66	12
27.739	109	7.594	27	0,399728956		21	16	22
22.749	140	10.755	2	0,399728956		23	4	9
10.734	209	10.560	0	0,399728956		12	35	3
23.041	130	10.961	0	0,399728956		44	12	48
9.283	127	3.328	12	0,399728956		15	10	5
36.946	92	8.972	44	0,09372897	11571,155	59	23	34
27.820	109	9740	6	0,399728956		38	48	151
8.352	278	20.287	0	0,399728956		23	33	22
19.421	93	5707	4	0,399728956		21	97	161
3.933	242	7460	0	0,399728956		9	2	2
5.207	193	4861	0	0,399728956		0	0	0
4.980	247	7.651	0	0,399728956		9	17	4
3.274	192	3413	0	0,399728956		1	1	0
4.121	237	7437	0	0,399728956		0	0	0
2.566	273	5927	0	0,399728956		0	0	0
6.565	177	6741	0	0,399728956		0	0	0
5.315	214	6.446	0	0,399728956		7	0	4
10.701	154	6096	5	0,108202359	5672,007	50	15	8
18.418	148	9.547	0	0,399728956		16	21	10
20.161	181	13218	4	0,399728956		32	44	12
10.521	133	4.637	0	0,399728956		25	14	29
33.840	102	10553	3	0,399728956		62	178	83
3.022	252	7069	0	0,399728956		14	6	12
16.278	204	13224	5	0,399728956		34	26	21
6.671	253	15052	0	0,399728956		13	5	3
9.659	233	10.546	2	0,399728956		14	7	2
59.549	101	16991	17	0,190722583	21817,935	82	242	162
3.714	278	9.887	4	0,399728956		23	14	37
7.473	115	2944	1	0,399728956		17	17	17
43.508	99	13.198	20	0,399728956		51	40	43
12.658	191	11.511	3	0,399728956		14	12	32
2.695	260	5814	0	0,399728956		0	0	0
3.929	263	7905	0	0,399728956		0	0	0
4.922	234	8186	0	0,399728956		12	0	0
4.653	256	7.063	0	0,552946668	4270,288	45	64	64
8.386	170	8208	2	0,399728956		8	28	17
11.177	164	7.708	0	0,399728956		33	48	48
11.970	273	21.023	8	0,514326753	5079,569	56	17	25
4.624	221	7022	0	0,399728956		0	0	0

bus_reliability	bus_stops_per_km2	metro_stations_per_km2	tram_stops_per_km2	accidents_per_km^2	suburban_stations_per_km2	fatalities_total	serious_injuries_total	light_injuries_total	injuries_total	fatalities_per_1000	injuries_per_1000
0,90	25,83	0,83	0,00	2,08	0,00	1,00	1,00	22,00	23,00	0,37	8,60
1,63	16,96	0,13	0,00	0,25	0,00	4,67	3,00	54,00	57,00	0,75	9,17
0,89	18,40	0,20	0,00	1,60	0,00	4,00	3,00	87,00	90,00	0,56	12,56
1,53	19,78	0,00	0,00	0,33	0,11	5,00	5,00	84,00	89,00	0,81	14,48
3,09	26,49	0,79	0,28	4,10	0,05	19,00	35,00	1459,00	1494,00	0,30	23,22
1,29	20,00	0,15	0,00	0,92	0,00	5,00	4,00	107,00	111,00	0,76	16,86
1,22	20,00	0,19	0,93	0,00	0,00	3,00	4,00	60,00	64,00	0,69	14,82
0,70	12,02	0,23	0,00	0,16	0,00	4,00	6,00	154,00	160,00	0,56	22,27
0,33	2,05	0,00	0,00	0,01	0,01	7,00	5,00	23,00	28,00	2,23	8,92
10,00	5,13	0,00	0,00	0,02	0,04	6,00	7,00	262,00	269,00	0,55	24,87
5,20	5,54	0,00	0,13	0,00	0,00	6,00	8,00	147,00	155,00	1,14	29,50
0,28	16,15	0,00	0,00	0,00		1,00	3,00	22,00	25,00	0,31	7,71
0,88	11,09	0,00	0,00	0,98	0,00	2,00	5,00	54,00	59,00	0,34	9,98
0,78	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	4,00	54,00	58,00	0,86	10,02
2,21	9,61	0,00	0,24	0,24	0,00	5,00	5,00	228,00	233,00	0,56	26,01
0,69	33,33	0,42	0,00	0,83	0,00	1,00	4,00	32,00	36,00	0,30	10,62
0,00	1,72	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	43,00	47,00	0,94	11,09
1,33	3,61	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	4,00	10,00	14,00	1,66	4,64
1,73	9,94	0,13	0,19	0,58	0,00	6,00	6,00	106,00	112,00	1,20	22,39
1,81	11,76	0,00	0,00	3,18	0,00	3,00	3,00	67,00	70,00	0,43	10,02
0,57	9,76	0,08	0,00	0,16	0,00	3,00	3,00	111,00	114,00	0,39	14,86
3,17	15,87	0,22	0,00	0,00	0,22	3,00	4,00	84,00	88,00	0,59	17,43
1,36	18,49	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	4,00	102,00	106,00	0,36	12,62
1,00	5,51	0,00	0,00	1,54	0,00	4,00	2,00	30,00	32,00	1,52	12,18
0,97	23,54	0,21	0,63	9,17	0,00	7,00	5,00	88,00	93,00	0,72	9,53
5,24	25,27	0,00	0,00	0,65	0,00	5,00	5,00	87,00	92,00	0,56	10,28
2,39	7,64	0,06	0,00	0,00	0,03	7,00	4,00	135,00	139,00	0,96	19,07
12,29	24,19	0,23	0,00	0,93	0,00	5,00	2,00	50,00	52,00	0,82	8,49
0,44	2,15	0,01	0,00	0,00	0,01	5,00	4,00	72,00	76,00	1,62	24,66
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	5,00	40,00	45,00	1,59	17,86
2,33	15,12	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	28,00	30,00	0,32	9,68
1,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,00	12,00	15,00	2,24	8,42
0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	36,00	40,00	1,28	12,77
0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	3,00	54,00	57,00	2,30	26,24
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	5,00	3,00	25,00	28,00	1,31	7,36
0,57	12,73	0,00	0,00	0,00	0,18	3,00	4,00	79,00	83,00	0,99	27,51
0,46	22,22	0,44	0,22	1,11	0,22	3,00	6,00	110,00	116,00	0,76	29,25
1,94	25,58	0,70	0,00	0,00	0,00	3,00	5,00	116,00	121,00	0,46	18,73
1,75	24,29	0,00	2,00	1,14	0,00	1,00	1,00	37,00	38,00	0,14	5,22
1,72	20,81	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	4,00	81,00	85,00	1,43	24,31
4,21	21,96	0,09	0,00	0,27	0,09	6,00	8,00	178,00	186,00	0,58	17,97
1,29	2,26	0,02	0,00	0,00	0,02	3,00	2,00	31,00	33,00	1,07	11,77
1,38	23,91	0,00	1,52	1,09	0,00	7,00	3,00	49,00	52,00	1,08	8,02
0,62	10,41	0,03	0,00	0,00	0,03	6,00	4,00	66,00	70,00	1,01	11,77
0,64	11,10	0,14	0,00	0,27	0,00	3,00	4,00	41,00	45,00	0,66	9,94
4,93	30,92	0,46	0,64	1,56	0,18	8,00	12,00	338,00	350,00	0,48	20,81
2,22	3,63	0,00	0,00	0,11	0,03	2,00	3,00	25,00	28,00	0,56	7,86
2,00	6,39	0,00	0,00	0,07	0,00	4,00	3,00	26,00	29,00	1,56	11,32
1,63	27,62	0,30	0,00	1,98	0,00	6,00	8,00	238,00	246,00	0,45	18,41
3,14	17,00	0,00	0,00	0,50	0,00	2,00	4,00	32,00	36,00	0,33	5,99
0,00	1,83	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	24,00	26,00	0,90	11,65
0,00	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	2,00	66,00	68,00	1,66	22,63
0,00	2,82	0,01	0,00	0,00	0,01	6,00	3,00	48,00	51,00	1,72	14,61
2,84	14,75	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	3,00	64,00	67,00	2,53	24,24
5,63	2,53	0,00	0,00	0,02	0,02	3,00	4,00	99,00	103,00	0,62	21,39
2,91	7,44	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	4,00	61,00	65,00	1,06	13,81
0,75	18,80	0,28	0,00	0,74	0,19	5,00	4,00	98,00	102,00	0,65	13,23
0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	5,00	66,00	71,00	1,89	22,32

househol ds_total	car_ow nship_r ate	no_car_r ate	househol ds_parkin g_total	parking_ rate	no_parki ng_rate	bus_line s_per_10 00	bus_line s_per_k m2
11018,00	0,63	0,37	11017,00	0,16	0,84	0,78	8,75
26179,00	0,80	0,20	26179,00	0,70	0,30	0,26	2,03
29546,00	0,74	0,26	29546,00	0,40	0,60	0,64	9,20
24281,00	0,74	0,26	24286,00	0,37	0,63	0,55	3,70
320642,00	0,52	0,48	320647,00	0,15	0,85	0,35	5,77
29755,00	0,61	0,39	29756,00	0,17	0,83	0,73	7,38
18132,00	0,79	0,21	18131,00	0,55	0,45	0,83	6,67
30244,00	0,81	0,19	30239,00	0,62	0,38	0,46	2,56
10716,00	0,69	0,31	10722,00	0,39	0,61	0,19	0,06
37741,00	0,79	0,21	37735,00	0,55	0,45	0,11	0,11
20841,00	0,86	0,14	20840,00	0,66	0,34	0,38	0,54
12774,00	0,87	0,13	12773,00	0,81	0,19	0,56	4,62
27152,00	0,64	0,36	27153,00	0,29	0,71	0,27	1,74
25881,00	0,69	0,31	25882,00	0,30	0,70	0,31	4,50
36826,00	0,82	0,18	36830,00	0,64	0,36	0,42	1,50
15397,00	0,65	0,35	15392,00	0,25	0,75	0,94	13,33
14850,00	0,91	0,09	14849,00	0,76	0,24	0,05	0,02
11213,00	0,78	0,22	11209,00	0,44	0,56	0,20	0,16
20999,00	0,76	0,24	20999,00	0,47	0,53	0,90	2,92
35329,00	0,55	0,45	35333,00	0,21	0,79	0,30	2,47
33505,00	0,74	0,26	33504,00	0,32	0,68	0,30	1,81
21293,00	0,75	0,25	21294,00	0,50	0,50	0,24	2,61
33997,00	0,72	0,28	34002,00	0,32	0,68	0,52	4,73
12612,00	0,63	0,37	12611,00	0,26	0,74	0,57	1,92
45918,00	0,56	0,44	45918,00	0,20	0,80	0,60	12,29
37553,00	0,68	0,32	37560,00	0,26	0,74	0,42	4,09
28638,00	0,87	0,13	28639,00	0,71	0,29	0,32	0,66
25128,00	0,67	0,33	25128,00	0,23	0,77	0,34	4,88
11388,00	0,85	0,15	11393,00	0,65	0,35	0,29	0,09
10062,00	0,79	0,21	10068,00	0,48	0,52	0,00	0,00
12632,00	0,81	0,19	12631,00	0,61	0,39	0,29	2,20
6687,00	0,78	0,22	6687,00	0,51	0,49	0,06	0,00
11558,00	0,84	0,16	11558,00	0,64	0,36	0,00	0,00
8494,00	0,87	0,13	8493,00	0,70	0,30	0,00	0,00
13307,00	0,77	0,23	13306,00	0,51	0,49	0,00	0,00
11761,00	0,79	0,21	11761,00	0,55	0,45	0,23	1,27
16796,00	0,67	0,33	16797,00	0,36	0,64	1,26	11,11
27970,00	0,71	0,29	27965,00	0,34	0,66	0,25	3,72
33380,00	0,70	0,30	33379,00	0,40	0,60	0,44	9,14
15157,00	0,69	0,31	15158,00	0,31	0,69	0,72	6,76
44392,00	0,65	0,35	44393,00	0,24	0,76	0,60	5,54
10091,00	0,87	0,13	10091,00	0,70	0,30	0,50	0,26
29502,00	0,72	0,28	29502,00	0,45	0,55	0,52	7,39
21723,00	0,88	0,12	21723,00	0,69	0,31	0,22	0,44
20212,00	0,77	0,23	20205,00	0,52	0,48	0,31	1,92
76539,00	0,59	0,41	76540,00	0,22	0,78	0,49	7,52
13601,00	0,87	0,13	13601,00	0,73	0,27	0,65	0,64
10416,00	0,69	0,31	10417,00	0,28	0,72	0,66	1,16
56699,00	0,67	0,33	56706,00	0,23	0,77	0,38	5,05
24168,00	0,76	0,24	24169,00	0,48	0,52	0,23	2,33
8508,00	0,88	0,12	8509,00	0,68	0,32	0,00	0,00
11835,00	0,86	0,14	11834,00	0,67	0,33	0,00	0,00
13109,00	0,84	0,16	13108,00	0,62	0,38	0,34	0,16
11722,00	0,83	0,17	11716,00	0,60	0,40	1,63	7,38
16595,00	0,77	0,23	16594,00	0,49	0,51	0,17	0,07
18887,00	0,75	0,25	18885,00	0,41	0,59	0,70	1,45
32989,00	0,80	0,20	32993,00	0,64	0,36	0,73	5,19
11652,00	0,79	0,21	11646,00	0,60	0,40	0,00	0,00

8.2 Πίνακες Αποτελεσμάτων

dimoi	F1_transport	F2_SocialNeeds	F3_Safety	Average Score	Gap	Correlation Av Gap	Relative Gap Score
DIMOS_AGIAS_V ARVARAS	2,44	1,83	1,22	1,83	0,60	0,37	0,14
DIMOS_AGIAS_PA RASKEVIS	-0,71	-0,90	0,60	-0,34	0,41	0,37	0,09
DIMOS_AGIOU_D IMITRIOU	0,57	0,35	0,90	0,61	0,68	0,37	0,15
DIMOS_AGION_A NARGYRON_KAM ATEROU	0,34	0,89	0,15	0,46	0,69	0,37	0,16
DIMOS_ATHINAI ON	2,61	-0,07	1,11	1,22	-1,58	0,37	-0,36
DIMOS_AIGALEO	1,09	0,54	0,44	0,69	-0,11	0,37	-0,03
DIMOS_ALIMOU	-0,07	-0,90	0,11	-0,28	-0,72	0,37	-0,16
DIMOS_AMAROU SIOU	-0,60	-1,33	0,58	-0,45	-0,15	0,37	-0,03
DIMOS_ASPROPI RGOU	0,12	2,07	-2,34	-0,05	-0,40	0,37	-0,09
DIMOS_ACHARN ON	0,05	1,33	0,76	0,71	2,04	0,37	0,46
DIMOS_VARIS_V OULAS_VOULIAG MENIS	-0,89	-1,82	-0,86	-1,19	-1,79	0,37	-0,40
DIMOS_VRILISSIO N	-1,02	-1,04	0,62	-0,48	0,60	0,37	0,14
DIMOS_VYRONO S	0,09	-0,29	0,71	0,17	0,32	0,37	0,07
DIMOS_GALATSI OU	-0,10	-0,08	0,37	0,06	0,39	0,37	0,09
DIMOS_GLYFADA S	-0,84	-1,34	0,76	-0,47	0,26	0,37	0,06
DIMOS_DAFNIS_Y MITTOU	1,52	-0,01	0,51	0,67	-1,01	0,37	-0,23
DIMOS_DIONYSO U	-1,20	-0,54	-0,24	-0,66	0,42	0,37	0,09
DIMOS_ELEFSINA S	-0,36	0,81	-1,29	-0,28	-0,13	0,37	-0,03
DIMOS_ELLINIKO U_ARGYROUPOLI S	0,00	-0,64	-0,67	-0,44	-1,30	0,37	-0,29
DIMOS_ZOGRAFO U	0,73	-0,33	1,13	0,51	0,06	0,37	0,01
DIMOS_ILIOUPOL IS	-0,26	-0,20	1,15	0,23	1,21	0,37	0,27
DIMOS_IRAKLEIO U	-0,10	-0,19	0,48	0,06	0,38	0,37	0,09
DIMOS_ILIOU	0,29	0,77	1,07	0,71	1,55	0,37	0,35
DIMOS_KAISARIA NIS	0,13	-0,18	-0,56	-0,20	-0,88	0,37	-0,20
DIMOS_KALLITHE AS	2,51	-0,24	0,62	0,96	-2,13	0,37	-0,48
DIMOS_KERATSIN IOU_DRAPETSON AS	0,88	0,63	0,84	0,78	0,59	0,37	0,13
DIMOS_KIFISIAS	-0,99	-1,79	0,22	-0,85	-0,57	0,37	-0,13
DIMOS_KORYDAL LOU	1,61	0,27	0,79	0,89	-0,55	0,37	-0,12

DIMOS_KROPIAS	-0,91	0,38	-1,29	-0,61	0,00	0,37	0,00
DIMOS_LAVREOTIKIS	-0,97	-0,48	-1,75	-1,07	-1,26	0,37	-0,28
DIMOS_LYKOVRY SIS_PEFKIS	-0,67	-0,50	1,05	-0,04	1,22	0,37	0,28
DIMOS_MANDRAS_EIDYLLIAS	-0,68	0,15	-2,48	-1,00	-1,65	0,37	-0,37
DIMOS_MARATHONOS	-1,06	0,37	-0,88	-0,52	0,55	0,37	0,13
DIMOS_MARKOPOULOU_MESOGELIAS	-1,49	-0,17	-2,09	-1,25	-0,77	0,37	-0,17
DIMOS_MEGAREON	-0,51	1,91	-0,39	0,34	2,02	0,37	0,46
DIMOS_METAMORFOSIOS	-0,51	0,83	-0,57	-0,08	0,77	0,37	0,17
DIMOS_MOSCHATOU_TAVROU	1,33	0,36	-0,48	0,41	-1,45	0,37	-0,33
DIMOS_NEAS_IONIAS	1,02	0,33	0,65	0,67	-0,04	0,37	-0,01
DIMOS_NEAS_SMYRNI	0,17	-0,82	1,66	0,34	0,67	0,37	0,15
DIMOS_NEAS_FILADELFIAS_NEAS_CHALKIDONOS	0,39	0,35	-0,78	-0,01	-0,81	0,37	-0,18
DIMOS_NIKAIAS_AGIOU_IOANNI_RENTI	0,94	0,60	0,52	0,69	0,17	0,37	0,04
DIMOS_PAANIAS	-0,81	0,32	-0,07	-0,19	1,06	0,37	0,24
DIMOS_PALAIOU_FALIROU	0,02	-1,34	0,24	-0,36	-1,12	0,37	-0,25
DIMOS_PALLINIS	-0,79	0,27	0,08	-0,15	1,14	0,37	0,26
DIMOS_PAPAGOU_CHOLARGOU	-0,68	-1,52	0,30	-0,64	-0,54	0,37	-0,12
DIMOS_PEIRAIOU	1,86	-0,06	0,70	0,83	-1,23	0,37	-0,28
DIMOS_PENTELIS	-0,95	-0,74	0,44	-0,42	0,65	0,37	0,15
DIMOS_PERAMATOS	0,24	1,60	-1,03	0,27	0,33	0,37	0,07
DIMOS_PERISTERIOU	1,34	0,77	0,86	0,99	0,28	0,37	0,06
DIMOS_PETROPOULOS	-0,09	0,78	0,91	0,53	1,77	0,37	0,40
DIMOS_RAFINAS_PIKERMIOU	-1,35	-0,61	-0,11	-0,69	0,63	0,37	0,14
DIMOS_SARONIKOU	-1,42	-0,50	-0,67	-0,86	0,26	0,37	0,06
DIMOS_SPATON_ARTEMIDOS	-0,87	0,66	-0,80	-0,33	0,73	0,37	0,17
DIMOS_FILOTHEIS_PSYCHIKOU	-0,28	-2,56	-2,16	-1,67	-4,43	0,37	-1,00
DIMOS_FYLIS	-0,03	2,55	0,40	0,97	2,98	0,37	0,67
DIMOS_CHAIDARIOU	-0,05	0,30	-0,20	0,02	0,16	0,37	0,04
DIMOS_CHALANDRIOU	-0,20	-1,16	0,73	-0,21	-0,23	0,37	-0,05
DIMOS_OROPOU	-0,86	0,35	-1,95	-0,82	-0,75	0,37	-0,17

CODE	NAME_ENG	CENTROID_LON	CENTROID_LAT	distance_km
4702	Municipality of Aghia Varvara	37,9905	23,6653	6,326250627
4602	Municipality of Aghia Paraskevi	38,0117	23,8028	7,196019866
4802	Municipality of Aghios Dimitrios	37,9494	23,7266	2,984105625
4703	Municipality of Aghii Anargyri - Kamatero	38,0341	23,7137	6,760612417
4501	Municipality of Athens	37,9838	23,7275	1,122092254
4704	Municipality of Aegaleo	37,9921	23,6839	4,834515857
4803	Municipality of Alimos	37,9115	23,7261	7,141976768
4601	Municipality of Amaroussio	38,0542	23,8081	10,84660428
5002	Municipality of Aspropyrgos	38,0634	23,5897	16,0415101
4901	Municipality of Acharnes	38,0834	23,7351	11,97195846
4902	Municipality of Vari - Voula - Vouliagmeni	37,8165	23,7805	18,09304981
4603	Municipality of Vrilissia	38,0361	23,7947	8,535984051
4502	Municipality of Vyron	37,9612	23,7537	2,29636905
4503	Municipality of Galatsi	38,0039	23,7513	3,46820908
4804	Municipality of Glyfada	37,8728	23,7533	11,51017833
4504	Municipality of Dafni - Ymittos	37,9544	23,7354	2,341695334
4903	Municipality of Dionyssos	38,1272	23,8574	19,97523786
5001	Municipality of Elefsina	38,0414	23,542	18,43751999
4805	Municipality of Elliniko - Argyroupoli	37,9014	23,7483	8,306696702
4505	Municipality of Zografos	37,9683	23,7652	2,787030061
4506	Municipality of Ilioupoli	37,9288	23,7542	5,454600632
4604	Municipality of Iraklio	38,0523	23,7637	8,890851361
4705	Municipality of Ilio	38,0349	23,6857	7,875142715
4507	Municipality of Kessariani	37,9639	23,7523	2,004790915
4801	Municipality of Kallithea	37,9558	23,7028	3,560691511
5102	Municipality of Keratsini - Drapetsona	37,9637	23,6193	10,22906067
4605	Municipality of Kifissia	38,0754	23,8087	12,84250067
5103	Municipality of Korydallos	37,9845	23,6829	4,666082118
4904	Municipality of Koropi	37,8761	23,8583	15,47381021
4905	Municipality of Lavrio	37,7137	23,944	34,38737466
4606	Municipality of Lykovryssi - Pefki	38,0676	23,7886	11,25714482
5003	Municipality of Mandra - Idyllia	38,1903	23,379	39,26460085
4906	Municipality of Marathon	38,1507	23,9918	29,76817542
4907	Municipality of Markopoulo Messogheas	37,9387	24,0081	24,35385198
5004	Municipality of Megara	38,0004	23,3435	34,47248409
4607	Municipality of Metamorfossi	38,0672	23,7589	10,39202335
4806	Municipality of Moschato - Tavros	37,9511	23,6825	5,332484358
4608	Municipality of Nea Ionia	38,0368	23,7576	7,089865759
4807	Municipality of Nea Smyrni	37,9466	23,7129	3,739367062
4508	Municipality of Nea Philadelfia - Nea Chalkidona	38,0383	23,7416	6,993405097
5104	Municipality of Nikea - Aghios Ioannis Rentis	37,9716	23,6661	6,049419804
4908	Municipality of Peania	37,8831	23,8711	15,76652326
4808	Municipality of Paleo Faliro	37,926	23,6944	6,539278818
4909	Municipality of Pallini	38,003	23,8845	13,49475759
4609	Municipality of Papagos - Cholargos	38,0029	23,7902	5,736544067
5101	Municipality of Pireas	37,9425	23,6469	8,54588733
4610	Municipality of Penteli	38,0651	23,8444	13,83390355
5105	Municipality of Perama	37,969	23,595	12,30004444
4701	Municipality of Peristeri	38,0133	23,6883	5,853234107
4706	Municipality of Petroupoli	38,0351	23,6739	8,503831454
4910	Municipality of Rafina - Pikermi	38,0166	24,0002	23,74481972
4911	Municipality of Saronikos	37,7963	23,9224	25,83485309
4912	Municipality of Spata - Artemis	37,946	24,0151	24,83945707
4611	Municipality of Filothei - Psychiko	38,0228	23,7725	6,204736685
5005	Municipality of Fyli	38,078	23,6851	12,18061277
4707	Municipality of Chaidari	38,0083	23,6604	7,47819953
4612	Municipality of Chalandri	38,0224	23,7986	7,645687157
4913	Municipality of Oropos	38,2911	23,7954	35,41808238

CODE	NAME_ENG	Score TS	Score SN	Score Safety	Score Gap	DENSITY_PER_K M2
4702	Municipality of Aghia Varvara	2,44	1,83	1,22	0,60	11150
4602	Municipality of Aghia Paraskevi	-0,71	-0,90	0,60	0,41	7867
4802	Municipality of Aghios Dimitrios	0,57	0,35	0,90	0,68	14333
4703	Municipality of Aghii Anargyri - Kamatero	0,34	0,89	0,15	0,69	6681
4501	Municipality of Athens	2,61	-0,07	1,11	-1,58	16499
4704	Municipality of Aegaleo	1,09	0,54	0,44	-0,11	10128
4803	Municipality of Alimos	-0,07	-0,90	0,11	-0,72	7318
4601	Municipality of Amaroussio	-0,60	-1,33	0,58	-0,15	5568
5002	Municipality of Aspropyrgos	0,12	2,07	-2,34	-0,40	308
4901	Municipality of Acharnes	0,05	1,33	0,76	2,04	1002
4902	Municipality of Vari - Voula - Vouliagmeni	-0,89	-1,82	-0,86	-1,79	1413
4603	Municipality of Vrilissia	-1,02	-1,04	0,62	0,60	8312
4502	Municipality of Vyron	0,09	-0,29	0,71	0,32	6428
4503	Municipality of Galatsi	-0,10	-0,08	0,37	0,39	14477
4804	Municipality of Glyfada	-0,84	-1,34	0,76	0,26	3527
4504	Municipality of Dafni - Ymittos	1,52	-0,01	0,51	-1,01	14119
4903	Municipality of Dionyssos	-1,20	-0,54	-0,24	0,42	380
5001	Municipality of Elefsina	-0,36	0,81	-1,29	-0,13	824
4805	Municipality of Elliniko - Argyroupoli	0,00	-0,64	-0,67	-1,30	3249
4505	Municipality of Zografos	0,73	-0,33	1,13	0,06	8220
4506	Municipality of Ilioupoli	-0,26	-0,20	1,15	1,21	6042
4604	Municipality of Iraklio	-0,10	-0,19	0,48	0,38	10977
4705	Municipality of Ilio	0,29	0,77	1,07	1,55	9033
4507	Municipality of Kessariani	0,13	-0,18	-0,56	-0,88	3368
4801	Municipality of Kallithea	2,51	-0,24	0,62	-2,13	20337
5102	Municipality of Keratsini - Drapetsona	0,88	0,63	0,84	0,59	9628
4605	Municipality of Kifissia	-0,99	-1,79	0,22	-0,57	2076
5103	Municipality of Korydallos	1,61	0,27	0,79	-0,55	14244
4904	Municipality of Koropi	-0,91	0,38	-1,29	0,00	302
4905	Municipality of Lavrio	-0,97	-0,48	-1,75	-1,26	143
4606	Municipality of Lykovryssi - Pefki	-0,67	-0,50	1,05	1,22	7560
5003	Municipality of Mandra - Idyllia	-0,68	0,15	-2,48	-1,65	42
4906	Municipality of Marathon	-1,06	0,37	-0,88	0,55	141
4907	Municipality of Markopoulo Messo gheas	-1,49	-0,17	-2,09	-0,77	266
5004	Municipality of Megara	-0,51	1,91	-0,39	2,02	114
4607	Municipality of Metamorfossi	-0,51	0,83	-0,57	0,77	5486
4806	Municipality of Moschato - Tavros	1,33	0,36	-0,48	-1,45	8814
4608	Municipality of Nea Ionia	1,02	0,33	0,65	-0,04	15026
4807	Municipality of Nea Smyrni	0,17	-0,82	1,66	0,67	20815
4508	Municipality of Nea Philadelfia - Nea Chalkidona	0,39	0,35	-0,78	-0,81	9448
5104	Municipality of Nikea - Aghios Ioannis Rentis	0,94	0,60	0,52	0,17	9240
4908	Municipality of Peania	-0,81	0,32	-0,07	1,06	527
4808	Municipality of Paleo Faliro	0,02	-1,34	0,24	-1,12	14101
4909	Municipality of Pallini	-0,79	0,27	0,08	1,14	2022
4609	Municipality of Papagos - Cholargos	-0,68	-1,52	0,30	-0,54	6201
5101	Municipality of Pireas	1,86	-0,06	0,70	-1,23	15427
4610	Municipality of Penteli	-0,95	-0,74	0,44	0,65	986
5105	Municipality of Perama	0,24	1,60	-1,03	0,33	1743
4701	Municipality of Peristeri	1,34	0,77	0,86	0,28	13231
4706	Municipality of Petroupoli	-0,09	0,78	0,91	1,77	8845
4910	Municipality of Rafina - Pikermi	-1,35	-0,61	-0,11	0,63	551
4911	Municipality of Saronikos	-1,42	-0,50	-0,67	0,26	216
4912	Municipality of Spata - Artemis	-0,87	0,66	-0,80	0,73	474
4611	Municipality of Filothei - Psychiko	-0,28	-2,56	-2,16	-4,43	4530
5005	Municipality of Fyli	-0,03	2,55	0,40	2,98	441
4707	Municipality of Chaidari	-0,05	0,30	-0,20	0,16	2073
4612	Municipality of Chalandri	-0,20	-1,16	0,73	-0,23	7139
4913	Municipality of Oropos	-0,86	0,35	-1,95	-0,75	94

ΔΗΜΟΙ	ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΔΗΜΟΣ ΒΥΡΩΝΟΣ	ΔΗΜΟΣ ΓΑΛΑΤΣΙΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΔΑΦΝΗΣ - ΥΜΗΤΤΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΗΛΙΟΥΠΟΛΕΩΣ	ΔΗΜΟΣ ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗΣ	ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑΣ - ΝΕΑΣ ΧΑΛΚΗΔΟΝΟΣ	ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ
ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ	0	1	1	1	1	0	1	1	0
ΔΗΜΟΣ ΒΥΡΩΝΟΣ	1	0	0	1	0	1	1	0	0
ΔΗΜΟΣ ΓΑΛΑΤΣΙΟΥ	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΔΑΦΝΗΣ - ΥΜΗΤΤΟΥ	1	1	0	0	0	1	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ	1	0	0	0	0	0	1	0	0
ΔΗΜΟΣ ΗΛΙΟΥΠΟΛΕΩΣ	0	1	0	1	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗΣ	1	1	0	0	1	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑΣ - ΝΕΑΣ ΧΑΛΚΗΔΟΝΟΣ	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ΔΗΜΟΙ	ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΑΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ	ΔΗΜΟΣ ΒΡΗΛΗΣΙΩΝ	ΔΗΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑΣ	ΔΗΜΟΣ ΛΥΚΟΒΡΥΣΗΣ - ΠΕΥΚΗΣ	ΔΗΜΟΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ	ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ	ΔΗΜΟΣ ΠΑΠΑΓΟΥ - ΧΟΛΑΡΓΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΠΕΝΤΕΛΗΣ	ΔΗΜΟΣ ΦΙΛΟΘΕΗΣ - ΨΥΧΙΚΟΥ
ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΑΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ΔΗΜΟΣ ΒΡΗΛΗΣΙΩΝ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ΔΗΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑΣ	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
ΔΗΜΟΣ ΛΥΚΟΒΡΥΣΗΣ - ΠΕΥΚΗΣ	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
ΔΗΜΟΣ ΠΑΠΑΓΟΥ - ΧΟΛΑΡΓΟΥ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ΔΗΜΟΣ ΠΕΝΤΕΛΗΣ	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΦΙΛΟΘΕΗΣ - ΨΥΧΙΚΟΥ	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

ΔΗΜΟΙ	ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΑΣ ΒΑΡΒΑΡΑΣ	ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ - ΚΑΜΑΤΕΡΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΑΙΓΑΛΕΩ	ΔΗΜΟΣ ΙΛΙΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΕΩΣ	ΔΗΜΟΣ ΧΑΪΔΑΡΙΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΑΛΙΜΟΥ
ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΑΣ ΒΑΡΒΑΡΑΣ	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ - ΚΑΜΑΤΕΡΟΥ	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΑΙΓΑΛΕΩ	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΙΛΙΟΥ	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΕΩΣ	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΧΑΪΔΑΡΙΟΥ	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ΔΗΜΟΣ ΑΛΙΜΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

ΔΗΜΟΙ	ΔΗΜΟΣ ΓΛΥΦΑΔΑΣ	ΔΗΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ - ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗΣ	ΔΗΜΟΣ ΜΟΣΧΑΤΟΥ - ΤΑΥΡΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΣΜΥΡΝΗΣ	ΔΗΜΟΣ ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΑΧΑΡΝΩΝ	ΔΗΜΟΣ ΒΑΡΗΣ - ΒΟΥΛΑΣ - ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗΣ	ΔΗΜΟΣ ΔΙΟΝΥΣΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΚΡΩΠΙΑΣ
ΔΗΜΟΣ ΓΛΥΦΑΔΑΣ	0	1	0	0	0	0	1	0	1
ΔΗΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ - ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗΣ	1	0	0	0	0	0	0	0	1
ΔΗΜΟΣ ΜΟΣΧΑΤΟΥ - ΤΑΥΡΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΣΜΥΡΝΗΣ	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΑΧΑΡΝΩΝ	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ΔΗΜΟΣ ΒΑΡΗΣ - ΒΟΥΛΑΣ - ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗΣ	1	0	0	0	0	0	0	0	1
ΔΗΜΟΣ ΔΙΟΝΥΣΟΥ	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΚΡΩΠΙΑΣ	1	1	0	0	0	0	1	0	0

ΔΗΜΟΙ	ΔΗΜΟΣ ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ	ΔΗΜΟΣ ΜΑΡΑΘΩΝΟΣ	ΔΗΜΟΣ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ	ΔΗΜΟΣ ΠΑΙΑΝΙΑΣ	ΔΗΜΟΣ ΠΑΛΛΗΝΗΣ	ΔΗΜΟΣ ΡΑΦΗΝΑΣ - ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΣΑΡΩΝΙΚΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΣΠΑΤΩΝ - ΑΡΤΕΜΙΔΟΣ	ΔΗΜΟΣ ΩΡΩΠΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ
ΔΗΜΟΣ ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΜΑΡΑΘΩΝΟΣ	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
ΔΗΜΟΣ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
ΔΗΜΟΣ ΠΑΙΑΝΙΑΣ	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
ΔΗΜΟΣ ΠΑΛΛΗΝΗΣ	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
ΔΗΜΟΣ ΡΑΦΗΝΑΣ - ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
ΔΗΜΟΣ ΣΑΡΩΝΙΚΟΥ	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΣΠΑΤΩΝ - ΑΡΤΕΜΙΔΟΣ	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΩΡΩΠΟΥ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ΔΗΜΟΙ	ΔΗΜΟΣ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΜΑΝΔΡΑΣ - ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ	ΔΗΜΟΣ ΜΕΓΑΡΩΝ	ΔΗΜΟΣ ΦΥΛΗΣ	ΔΗΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΩΣ	ΔΗΜΟΣ ΚΕΡΑΤΣΙΝΙΟΥ - ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑΣ	ΔΗΜΟΣ ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΥ	ΔΗΜΟΣ ΝΙΚΑΙΑΣ - ΑΓΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗ ΡΕΝΤΗ	ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ
ΔΗΜΟΣ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΜΑΝΔΡΑΣ - ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΜΕΓΑΡΩΝ	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΦΥΛΗΣ	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΗΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΩΣ	0	0	0	0	0	1	0	1	0
ΔΗΜΟΣ ΚΕΡΑΤΣΙΝΙΟΥ - ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑΣ	0	0	0	0	1	0	0	1	1
ΔΗΜΟΣ ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ΔΗΜΟΣ ΝΙΚΑΙΑΣ - ΑΓΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗ ΡΕΝΤΗ	0	0	0	0	1	1	1	0	0
ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Variable	Mean	2.5% CI	97.5% CI	Ερμηνεία
Intercept	48.097	32.754	63.356	Βασικό επίπεδο μεταφορικής εξυπηρέτησης
Score SN	0.2692	0.1178	0.4290	Θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση
Score Safety	0.1339	-0.1011	0.3553	Μη στατιστικά σημαντική επίδραση
log(DENSITY_PER_KM2)	-0.6042	-0.7965	-0.4118	Αρνητική και στατιστικά σημαντική επίδραση
rho (spatial dependence)	0.4427	0.0787	0.8797	Μέτρια χωρική αυτοσυσχέτιση μεταξύ δήμων
tau² (spatial variance)	0.1487	0.0029	0.8332	Διακύμανση των χωρικών τυχαίων επιδράσεων
nu² (non-spatial variance)	11.383	0.0046	23.299	Διακύμανση του μη χωρικού σφάλματος

NAME_ENG	fitted_TS	residuals	spatial_effect
Municipality of Athens	0,91	1,70	0,18
Municipality of Vyrion	0,22	-0,13	0,00
Municipality of Galatsi	0,58	-0,68	-0,10
Municipality of Dafni - Ymittos	0,81	0,71	0,11
Municipality of Zografos	0,37	0,36	0,06
Municipality of Ilioupoli	0,19	-0,45	-0,05
Municipality of Kessariani	0,02	0,12	0,03
Municipality of Nea Philadelfia - Nea Chalkidona	0,64	-0,25	-0,04
Municipality of Amaroussio	-0,37	-0,22	-0,07
Municipality of Aghia Paraskevi	-0,08	-0,63	-0,13
Municipality of Vrilissia	-0,17	-0,85	-0,17
Municipality of Iraklio	0,39	-0,49	-0,12
Municipality of Kifissia	-0,99	0,00	-0,05
Municipality of Lykovryssi - Pefki	0,05	-0,72	-0,16
Municipality of Metamorfossi	0,49	-1,00	-0,16
Municipality of Nea Ionia	0,87	0,15	0,00
Municipality of Papagos - Cholargos	-0,38	-0,30	-0,05
Municipality of Penteli	-0,86	-0,09	-0,06
Municipality of Filothei - Psychiko	-0,88	0,60	0,06
Municipality of Chalandri	-0,17	-0,04	-0,05
Municipality of Peristeri	1,06	0,28	0,05
Municipality of Aghia Varvara	1,59	0,85	0,18
Municipality of Aghii Anargyri - Kamatero	0,72	-0,37	-0,05
Municipality of Aegaleo	0,88	0,21	0,08
Municipality of Ilio	0,77	-0,48	-0,08
Municipality of Petroupoli	0,73	-0,82	-0,11
Municipality of Chaidari	0,02	-0,07	0,03
Municipality of Kallithea	1,01	1,49	0,26
Municipality of Aghios Dimitrios	0,84	-0,27	-0,03
Municipality of Alimos	0,00	-0,07	-0,01
Municipality of Glyfada	-0,56	-0,28	-0,05
Municipality of Elliniko - Argyroupoli	-0,21	0,21	0,02
Municipality of Moschato - Tavros	0,80	0,53	0,15
Municipality of Nea Smyrni	0,51	-0,33	-0,01
Municipality of Paleo Faliro	0,11	-0,09	0,01
Municipality of Acharnes	0,10	-0,05	-0,03
Municipality of Vari - Voula - Vouliagmeni	-1,10	0,21	0,02
Municipality of Dionyssos	-1,16	-0,04	-0,03
Municipality of Koropi	-0,84	-0,07	-0,02
Municipality of Lavrio	-1,46	0,50	0,08
Municipality of Marathon	-1,17	0,11	-0,01
Municipality of Markopoulo Messogh eas	-1,18	-0,31	-0,05
Municipality of Peania	-0,65	-0,16	-0,04
Municipality of Pallini	-0,15	-0,64	-0,12
Municipality of Rafina - Pikermi	-1,08	-0,27	-0,08
Municipality of Saronikos	-1,38	-0,05	-0,01
Municipality of Spata - Artemis	-0,58	-0,29	-0,08
Municipality of Oropos	-1,30	0,45	0,05
Municipality of Elefsina	-0,18	-0,17	0,01
Municipality of Aspropyrgos	-0,04	0,16	0,02
Municipality of Mandra - Idyllia	-1,61	0,93	0,19
Municipality of Megara	-0,53	0,02	0,04
Municipality of Fyli	0,26	-0,29	-0,05
Municipality of Pireas	0,92	0,95	0,20
Municipality of Keratsini - Drapetsona	0,86	0,02	0,05
Municipality of Korydallos	0,98	0,63	0,15
Municipality of Nikea - Aghios Ioannis Rentis	0,86	0,08	0,08
Municipality of Perama	0,48	-0,23	-0,02

Variable	Mean	2.5% CI	97.5% CI	Ερμηνεία
Intercept	0	-0,0923	0,0929	Ο σταθερός όρος δεν είναι στατιστικά σημαντικός, καθώς το διάστημα εμπιστοσύνης περιλαμβάνει το μηδέν.
Score SN	0,2564	0,0035	0,5089	Θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση της κοινωνικής ανάγκης στον δείκτη μεταφορικής εξυπηρέτησης.
rho (spatial dependence)	0,7298	0,3536	0,9742	Υψηλή θετική χωρική αυτοσυσχέτιση μεταξύ των δήμων, που δείχνει ότι οι γειτονικές περιοχές τείνουν να παρουσιάζουν παρόμοια επίπεδα εξυπηρέτησης.
tau² (spatial variance)	1,4524	0,662	2,513	Σημαντική χωρική διακύμανση, υποδηλώνοντας την ύπαρξη χωρικών διαφοροποιήσεων που δεν εξηγούνται πλήρως από τις μεταβλητές του μοντέλου.
nu² (non-spatial variance)	0,108	0,0041	0,345	Μη χωρική διακύμανση του σφάλματος, που αποτυπώνει τυχαίες ή μη παρατηρούμενες επιδράσεις.

NAME_ENG	fitted_TS	residuals	spatial_effect
Municipality of Athens	1,82	0,80	1,84
Municipality of Vyron	0,14	-0,05	0,22
Municipality of Galatsi	0,02	-0,12	0,04
Municipality of Dafni - Ymittos	1,28	0,23	1,28
Municipality of Zografos	0,60	0,13	0,69
Municipality of Ilioupoli	-0,16	-0,11	-0,11
Municipality of Kessariani	0,13	0,01	0,17
Municipality of Nea Philadelfia - Nea Chalkidona	0,37	0,01	0,28
Municipality of Amaroussio	-0,57	-0,02	-0,23
Municipality of Aghia Paraskevi	-0,69	-0,02	-0,46
Municipality of Vrilissia	-0,94	-0,07	-0,68
Municipality of Iraklio	-0,11	0,02	-0,06
Municipality of Kifissia	-0,97	-0,02	-0,52
Municipality of Lykovryssi - Pefki	-0,62	-0,05	-0,49
Municipality of Metamorfossi	-0,35	-0,16	-0,56
Municipality of Nea Ionia	0,82	0,21	0,73
Municipality of Papagos - Cholargos	-0,57	-0,12	-0,18
Municipality of Penteli	-0,91	-0,04	-0,72
Municipality of Filothei - Psychiko	-0,31	0,02	0,35
Municipality of Chalandri	-0,32	0,12	-0,02
Municipality of Peristeri	1,16	0,18	0,97
Municipality of Aghia Varvara	2,20	0,24	1,73
Municipality of Aghii Anargyri - Kamatero	0,39	-0,04	0,16
Municipality of Aegaleo	1,09	0,00	0,96
Municipality of Ilio	0,29	0,00	0,09
Municipality of Petroupoli	0,00	-0,08	-0,20
Municipality of Chaidari	0,18	-0,23	0,10
Municipality of Kallithea	2,16	0,35	2,22
Municipality of Aghios Dimitrios	0,56	0,01	0,47
Municipality of Alimos	-0,05	-0,01	0,18
Municipality of Glyfada	-0,81	-0,03	-0,46
Municipality of Elliniko - Argyroupoli	-0,08	0,08	0,08
Municipality of Moschato - Tavros	1,34	0,00	1,25
Municipality of Nea Smyrni	0,32	-0,14	0,53
Municipality of Paleo Faliro	0,10	-0,08	0,44
Municipality of Acharnes	0,02	0,02	-0,32
Municipality of Vari - Voula - Vouliagmeni	-0,90	0,01	-0,43
Municipality of Dionyssos	-1,10	-0,10	-0,96
Municipality of Koropi	-0,72	-0,19	-0,82
Municipality of Lavrio	-0,99	0,02	-0,86
Municipality of Marathon	-0,99	-0,07	-1,09
Municipality of Markopoulo Messogheas	-1,34	-0,14	-1,30
Municipality of Peania	-0,67	-0,14	-0,75
Municipality of Pallini	-0,73	-0,06	-0,80
Municipality of Rafina - Pikermi	-1,27	-0,08	-1,11
Municipality of Saronikos	-1,34	-0,08	-1,21
Municipality of Spata - Artemis	-0,83	-0,04	-1,00
Municipality of Oropos	-0,79	-0,07	-0,88
Municipality of Elefsina	-0,36	0,00	-0,56
Municipality of Aspropyrgos	0,16	-0,04	-0,37
Municipality of Mandra - Idyllia	-0,67	-0,01	-0,71
Municipality of Megara	-0,45	-0,06	-0,94
Municipality of Fyli	0,09	-0,11	-0,57
Municipality of Pireas	1,69	0,17	1,71
Municipality of Keratsini - Drapetsona	0,86	0,02	0,70
Municipality of Korydallos	1,48	0,12	1,41
Municipality of Nikea - Aghios Ioannis Rentis	1,01	-0,07	0,86
Municipality of Perama	0,32	-0,07	-0,09

Variable	Mean	2.5% CI	97.5% CI	Ερμηνεία
Intercept	-1,469	-2,098	-0,873	Αρνητικός και στατιστικά σημαντικός σταθερός όρος, υποδηλώνοντας χαμηλότερο βασικό επίπεδο της εξαρτημένης μεταβλητής.
Score SN	0,219	0,050	0,412	Θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση της κοινωνικής ανάγκης.
log(DENSITY_PER_KM2)	0,118	0,025	0,215	Θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση της πληθυσμιακής πυκνότητας.
nu ² (non-spatial variance)	0,026	0,003	0,099	Μη χωρική διακύμανση σφάλματος.
tau ² (spatial variance)	0,029	0,003	0,090	Χωρική διακύμανση μεταξύ δήμων.
rho (spatial dependence)	0,582	0,050	0,951	Μέτρια θετική χωρική αυτοσυσχέτιση.

NAME_ENG	category	fitted_TS	residuals	spatial_effect
Municipality of Petroupoli	1_SN>0_TS<0	-0,09	0,01	0,13
Municipality of Chaidari	1_SN>0_TS<0	-0,22	0,17	0,28
Municipality of Koropi	1_SN>0_TS<0	-0,86	-0,05	-0,15
Municipality of Marathon	1_SN>0_TS<0	-0,95	-0,11	-0,15
Municipality of Peania	1_SN>0_TS<0	-0,79	-0,02	-0,14
Municipality of Pallini	1_SN>0_TS<0	-0,70	-0,10	-0,19
Municipality of Spata - Artemis	1_SN>0_TS<0	-0,78	-0,09	-0,18
Municipality of Oropos	1_SN>0_TS<0	-0,87	0,01	-0,01
Municipality of Elefsina	1_SN>0_TS<0	-0,39	0,04	0,10
Municipality of Mandra - Idyllia	1_SN>0_TS<0	-0,83	0,15	0,16
Municipality of Megara	1_SN>0_TS<0	-0,45	-0,05	0,04
Municipality of Fyli	1_SN>0_TS<0	-0,08	0,06	0,11

Variable	Mean	2.5% CI	97.5% CI	Ερμηνεία
Intercept	-1,7587	-7,5728	4,0539	Μη στατιστικά σημαντικός σταθερός όρος, καθώς το διάστημα εμπιστοσύνης περιλαμβάνει το μηδέν.
Score SN	-0,2727	-1,4568	0,9164	Αρνητική αλλά μη στατιστικά σημαντική επίδραση της κοινωνικής ανάγκης.
log(DENSITY_PER_KM2)	0,3086	-0,2634	0,876	Θετική αλλά μη στατιστικά σημαντική επίδραση της πυκνότητας.
nu ² (non-spatial variance)	0,1089	0,0051	0,3181	Μη χωρική διακύμανση του σφάλματος.
tau ² (spatial variance)	0,0461	0,0024	0,2447	Χωρική διακύμανση μεταξύ περιοχών.
rho (spatial dependence)	0,4073	0,0173	0,9204	Μέτρια χωρική αυτοσυσχέτιση.

NAME_ENG	category	fitted_TS	residuals	spatial_effect
Municipality of Nea Philadelfia - Nea Chalkidona	2_SN>0_TS>0	0,81	-0,43	-0,16
Municipality of Nea Ionia	2_SN>0_TS>0	1,07	-0,05	-0,05
Municipality of Peristeri	2_SN>0_TS>0	1,03	0,31	0,07
Municipality of Aghii Anargyri - Kamatero	2_SN>0_TS>0	0,61	-0,26	-0,11
Municipality of Aegaleo	2_SN>0_TS>0	1,00	0,09	0,06
Municipality of Ilio	2_SN>0_TS>0	0,69	-0,40	-0,16
Municipality of Moschato - Tavros	2_SN>0_TS>0	1,07	0,26	0,12
Municipality of Acharnes	2_SN>0_TS>0	-0,01	0,06	-0,02
Municipality of Keratsini - Drapetsona	2_SN>0_TS>0	0,91	-0,03	0,01
Municipality of Korydallos	2_SN>0_TS>0	1,28	0,33	0,16
Municipality of Nikea - Aghios Ioannis Rentis	2_SN>0_TS>0	0,94	0,00	0,04
Municipality of Perama	2_SN>0_TS>0	0,14	0,10	0,03

Variable	Mean	2.5% CI	97.5% CI	Ερμηνεία
Intercept	-9,5515	-16,517	-2,6431	Αρνητικός και στατιστικά σημαντικός σταθερός όρος.
Score SN	1,8275	0,7608	2,9144	Ισχυρή θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση της κοινωνικής ανάγκης.
log(DENSITY_PER_KM2)	1,2095	0,4605	1,9682	Θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση της πυκνότητας.
nu² (non-spatial variance)	0,3385	0,0107	1,0669	Μη χωρική διακύμανση του σφάλματος.
tau² (spatial variance)	0,0552	0,0022	0,5052	Χωρική διακύμανση μεταξύ περιοχών.
rho (spatial dependence)	0,3837	0,0145	0,9084	Μέτρια χωρική αυτοσυσχέτιση.

NAME_ENG	category	fitted_TS	residuals	spatial_effect
Municipality of Athens	3_SN<0_TS>0	2,10	0,51	0,04
Municipality of Vyron	3_SN<0_TS>0	0,47	-0,37	-0,05
Municipality of Dafni - Ymittos	3_SN<0_TS>0	1,93	-0,42	-0,06
Municipality of Zografos	3_SN<0_TS>0	0,74	-0,01	0,00
Municipality of Kessariani	3_SN<0_TS>0	-0,04	0,17	0,02
Municipality of Kallithea	3_SN<0_TS>0	2,06	0,45	0,05
Municipality of Nea Smyrni	3_SN<0_TS>0	0,91	-0,74	-0,07
Municipality of Paleo Faliro	3_SN<0_TS>0	-0,39	0,40	0,06

Variable	Mean	2.5% CI	97.5% CI	Ερμηνεία
Intercept	-2,5491	-3,4122	-1,6654	Αρνητικός και στατιστικά σημαντικός σταθερός όρος.
Score SN	0,1705	-0,1222	0,4666	Θετική αλλά μη στατιστικά σημαντική επίδραση της κοινωνικής ανάγκης.
log(DENSITY_PER_KM2)	0,2516	0,1343	0,3658	Θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση της πληθυσμιακής πυκνότητας.
nu² (non-spatial variance)	0,0756	0,0071	0,1709	Μη χωρική διακύμανση του σφάλματος.
tau² (spatial variance)	0,0275	0,0024	0,1396	Χωρική διακύμανση μεταξύ περιοχών.
rho (spatial dependence)	0,4066	0,0179	0,924	Μέτρια χωρική αυτοσυσχέτιση μεταξύ δήμων.

NAME_ENG	category	fitted_TS	residuals	spatial_effect
Municipality of Ilioupoli	4_SN<0_TS<0	-0,31	0,05	0,08
Municipality of Amaroussio	4_SN<0_TS<0	-0,62	0,03	-0,02
Municipality of Aghia Paraskevi	4_SN<0_TS<0	-0,51	-0,20	-0,06
Municipality of Vrilissia	4_SN<0_TS<0	-0,57	-0,44	-0,12
Municipality of Iraklio	4_SN<0_TS<0	-0,22	0,12	0,02
Municipality of Kifissia	4_SN<0_TS<0	-0,96	-0,03	-0,03
Municipality of Lykovryssi - Pefki	4_SN<0_TS<0	-0,45	-0,22	-0,06
Municipality of Papagos - Cholargos	4_SN<0_TS<0	-0,64	-0,04	-0,03
Municipality of Penteli	4_SN<0_TS<0	-0,97	0,01	-0,02
Municipality of Chalandri	4_SN<0_TS<0	-0,48	0,28	0,03
Municipality of Alimos	4_SN<0_TS<0	-0,33	0,27	0,13
Municipality of Glyfada	4_SN<0_TS<0	-0,72	-0,13	0,01
Municipality of Elliniko - Argyroupoli	4_SN<0_TS<0	-0,46	0,46	0,16
Municipality of Vari - Voula - Vouliagmeni	4_SN<0_TS<0	-0,99	0,10	0,04
Municipality of Dionyssos	4_SN<0_TS<0	-1,17	-0,03	-0,03
Municipality of Lavrio	4_SN<0_TS<0	-1,31	0,34	0,08
Municipality of Markopoulo Messogheas	4_SN<0_TS<0	-1,24	-0,25	-0,07
Municipality of Rafina - Pikermi	4_SN<0_TS<0	-1,15	-0,20	-0,08
Municipality of Saronikos	4_SN<0_TS<0	-1,32	-0,11	-0,03

8.3 Script κώδικα R

```
# 3. Reverse μεταβλητή για delay
# =====
dataset$delay_rush_min_per_km_rev <-
  max(dataset$delay_rush_min_per_km, na.rm = TRUE) - dataset$delay_rush_min_per_km

dataset$car_rev <- max(dataset$households_with_car1000) -
dataset$households_with_car1000

dataset$parking_rev <- max(dataset$households_with_parking_1000) -
dataset$households_with_parking_1000
```

```

# =====
# 4. Επιλογή μεταβλητών
# =====
vars <- c(
  "bus_stops_per_km2",
  "metro_stations_per_km2",
  "acce_bus_km_2",
  "bus_lines_per_1000",
  "bus_reliability",
  "car_rev",
  "parking_rev"
)
missing_vars <- setdiff(vars, names(dataset))
if (length(missing_vars) > 0) {
  stop(paste("Λείπουν οι στήλες:", paste(missing_vars, collapse = ", ")))
}
ts <- dataset[, vars]
# =====
# 5. Missing values
# =====
ts[is.na(ts)] <- 0
# =====
# 6. Έλεγχοι καταλληλότητας
# =====
kmo_res <- KMO(ts)
bartlett_res <- cor.test.bartlett(cor(ts), n = nrow(ts))
# =====
# 7. PCA με 1 component
# =====
pca_ts <- principal(
  ts,
  nfactors = 1,
  rotate = "none",
  scores = TRUE
)

```

```

# =====
# 8. Component Matrix
# =====
load_mat <- unclass(pca_ts$loadings)
component_matrix <- data.frame(
  variable = rownames(load_mat),
  component_1 = as.numeric(load_mat[, 1]),
  row.names = NULL
)
# =====
# 9. Communalities
# =====
communalities <- data.frame(
  variable = names(pca_ts$communality),
  communality = as.numeric(pca_ts$communality),
  row.names = NULL
)
# =====
# 10. Coefficient Matrix
# =====
coefficient_matrix <- data.frame(
  variable = rownames(pca_ts$weights),
  component_1 = as.numeric(pca_ts$weights[, 1]),
  row.names = NULL
)
# =====
# 11. Variance Explained
# =====
eigenvalue_1 <- sum(component_matrix$component_1^2)
proportion_variance_1 <- eigenvalue_1 / length(vars)
cumulative_variance_1 <- proportion_variance_1
variance_explained <- data.frame(
  component = "PC1",
  eigenvalue = eigenvalue_1,
  proportion_variance = proportion_variance_1,

```

```

        cumulative_variance = cumulative_variance_1
    )
# =====
# 12. Component Scores
# =====
dataset$f1_transport <- pca_ts$scores[, 1]
# Αντιστροφή πρόσημου για πιο λογική ερμηνεία
if (cor(dataset$f1_transport, dataset$bus_stops_per_km2, use = "complete.obs") < 0)
{
    dataset$f1_transport <- -dataset$f1_transport
    component_matrix$component_1 <- -component_matrix$component_1
    coefficient_matrix$component_1 <- -coefficient_matrix$component_1
}
scores_table <- dataset[, c("dimoi", "f1_transport")]
# =====
# 13. KMO table
# =====
kmo_table <- data.frame(
    measure = c("MSA Overall", names(kmo_res$MSAi)),
    value = c(as.numeric(kmo_res$MSA), as.numeric(kmo_res$MSAi)),
    row.names = NULL
)
# =====
# 14. Bartlett table
# =====
bartlett_table <- data.frame(
    statistic = as.numeric(bartlett_res$chisq),
    df = as.numeric(bartlett_res$df),
    p_value = as.numeric(bartlett_res$p.value)
)
# =====
# -----

```

```

# 4. Create Attica spatial dataset
# -----
attica <- muni %>%
  filter(CODE %in% data_new$CODE) %>%
  dplyr::select(CODE, NAME_GR, geometry) %>%
  left_join(data_new, by = "CODE")
# If NAME_GR exists from both sources, keep one clean version
if ("NAME_GR.x" %in% names(attica)) {
  attica <- attica %>%
    mutate(NAME_GR = NAME_GR.x) %>%
    select(-NAME_GR.x, -NAME_GR.y)
}
# -----

# 5. Basic checks
# -----
cat("Rows in attica:", nrow(attica), "\n")
cat("Columns in attica:\n")
print(names(attica))
cat("\nSummary of variables:\n")
print(summary(attica$Score.TS))
print(summary(attica$Score.SN))
print(summary(attica$Score.Safety))
print(summary(attica$DENSITY_PER_KM2))
cat("\nMissing values:\n")
cat("Score.TS:", sum(is.na(attica$Score.TS)), "\n")
cat("Score.SN:", sum(is.na(attica$Score.SN)), "\n")
cat("Score.Safety:", sum(is.na(attica$Score.Safety)), "\n")

cat("Non-positive DENSITY_PER_KM2:", sum(attica$DENSITY_PER_KM2 <= 0, na.rm =
TRUE), "\n")
# -----

# 6. Keep only complete valid observations for model
# -----
attica <- attica %>%
  filter(

```

```

    !is.na(CODE),
    !is.na(Score.TS),
    !is.na(Score.SN),
    !is.na(Score.Safety),
    !is.na(DENSITY_PER_KM2),
    DENSITY_PER_KM2 > 0
  )
cat("\nRows after filtering:", nrow(attica), "\n")
# -----
# 7. Fix geometries
# -----
attica <- st_make_valid(attica)
attica <- attica[!st_is_empty(attica), ]
# -----
# 8. Create neighbours and spatial weights matrix W
# -----
nb_queen <- poly2nb(attica, queen = TRUE)
cat("\nNeighbour summary:\n")
print(summary(nb_queen))
cat("Areas with zero neighbours:", sum(card(nb_queen) == 0), "\n")
W <- nb2mat(nb_queen, style = "B", zero.policy = TRUE)

# -----
# 9. Run CAR model
# -----
car_model <- S.CARleroux(
  formula = Score.Gap ~ 1,
  family = "gaussian",
  data = attica,
  W = W,
  burnin = 20000,
  n.sample = 60000
)

```