



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ



ΕΚΠΟΝΗΣΗ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΜΠΡΙΤΣΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΕΠΑΠΤΣΟΓΛΟΥ

Αθήνα, Οκτώβριος 2021



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF RURAL, SURVEYING AND
GEOINFORMATICS ENGINEERING
LABORATORY OF TRANSPORTATION ENGINEERING

DIPLOMA THESIS

**EVALUATION OF THE ACCESSIBILITY
OF THE URBAN TRANSPORTATION SYSTEM
BASED ON RELIABILITY**



BY: ALEXANDRA BRITSA

SUPERVISOR: KONSTANTINOS KEPAPTSOGLOU

Athens, October 2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους όσους ήταν δίπλα μου και με στήριξαν.

Καταρχάς θέλω να εκφράσω τις βαθύτατες ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Κεραπτσόγλου για την πολύτιμη βοήθεια του και για τη στήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της υλοποίησης της διπλωματικής μου εργασίας αλλά και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και για το ενδιαφέρον θέμα που μου ανέθεσε.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Μετά-Διδάκτορα της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, κ. Χριστίνα Ηλιοπούλου, για τις εύστοχες παρατηρήσεις της και για χρόνο που αφιέρωσε για την επίλυση των αποριών μου.

Ένα ιδιαίτερα μεγάλο ευχαριστώ στους αγαπημένους μου φίλους για την ηθική συμπαράστασή τους. Η δύναμη και η ευχάριστη διάθεσή τους έπαιξαν καθοριστικό ρόλο.

Τέλος, δεν θα είχα καταφέρει απολύτως τίποτα χωρίς τη διαρκή υποστήριξη και ψυχολογική ενθάρρυνση της οικογένειάς μου όλα αυτά τα χρόνια και κυρίως κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έννοια της προσβασιμότητας στον τομέα του συγκοινωνιακού σχεδιασμού έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας για πολλούς ερευνητές. Ωστόσο, στις περισσότερες μελέτες αγνοείται η μεταβλητότητα των χρόνων μετακίνησης η οποία επηρεάζει την προσβασιμότητα. Στη διπλωματική αυτή εργασία επιχειρείται η αξιολόγηση της προσβασιμότητας του συστήματος αστικών συγκοινωνιών βάσει της αξιοπιστίας. Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα εργασία αναλύεται η προσβασιμότητα βάσει αξιοπιστίας από τις στάσεις λεωφορείου-τρόλεϊ του Κεντρικού Τομέα Αθηνών ως προς τους πλησιέστερους σε αυτές σταθμούς μετρό, με τη χρήση μέσων μαζικής μεταφοράς. Το επίπεδο της προσβασιμότητας από τις στάσεις αυτές στον κοντινότερο σταθμό μετρό υπολογίζεται μέσω ενός δείκτη, ο οποίος επηρεάζεται από την ελκυστικότητα του προορισμού και από τον χρόνο που χρειάζεται ο ταξιδιώτης για να μεταβεί από την αφετηρία στον προορισμό. Όσον αφορά το επίπεδο της αξιοπιστίας χρησιμοποιούνται τρεις διαφορετικοί δείκτες οι οποίοι στη συνέχεια συγκρίνονται. Για τον υπολογισμό των δεικτών, τόσο της προσβασιμότητας όσο και της αξιοπιστίας, είναι απαραίτητοι οι χρόνοι ταξιδιού από τη στάση λεωφορείου-τρόλεϊ στον πλησιέστερο σταθμό μετρό. Για την εκτίμηση των πλησιέστερων σταθμών μετρό στις στάσεις λεωφορείου-τρόλεϊ και των χρόνων ταξιδιού χρειάζονται οι συντεταγμένες των στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ και των σταθμών μετρό, αλλά και η δημιουργία ενός Google Maps API key ώστε να είναι εφικτή η πρόσβαση στην Google Maps και άρα η λήψη των οδηγιών μέσω GPS από τις στάσεις λεωφορείου-τρόλεϊ στον πλησιέστερο σταθμό μετρό. Οι χρόνοι ταξιδιού από την αφετηρία στον προορισμό λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο. Τα υπόλοιπα δεδομένα που χρειάζονται για τον υπολογισμό των δεικτών και για τη λήψη των τελικών αποτελεσμάτων αποκτώνται από τον Οργανισμό Αστικών Συγκοινωνιών Αθήνας και από μία μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2021. Έπειτα από την εφαρμογή των δεικτών προσδιορίζεται το επίπεδο της προσβασιμότητας και της αξιοπιστίας της κάθε στάσης ως προς τους πλησιέστερους σταθμούς μετρό. Τα αποτελέσματα της εργασίας τονίζουν πόσο σημαντικό είναι να λαμβάνεται υπόψη η μεταβλητότητα των χρόνων μετακίνησης (ημερήσια ή ωριαία) κατά την ανάλυση της προσβασιμότητας. Τα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις κατευθύνσεις και τις προτεραιότητες που χρειάζεται να τεθούν για τον καλύτερο σχεδιασμό των μέσων μαζικής μεταφοράς. Η μελέτη, εκτός από τη παρουσίαση των αποτελεσμάτων για το σύνολο του Κεντρικού Τομέα Αθηνών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την λεπτομερή ανάλυση ξεχωριστών Δήμων και περιοχών.

Λέξεις-κλειδιά: προσβασιμότητα, αξιοπιστία, σύστημα μεταφορών, Google Maps API, ελκυστικότητα, χρόνος ταξιδιού.

ABSTRACT

The meaning of accessibility in the area of transportation planning has become the subject of research for many researchers. However, the most studies ignore the variability between the travel time which affects the accessibility. In this diploma thesis the evaluation of accessibility is attempted as for an urban transportation system based on reliability. More specifically, in this thesis the accessibility is analyzed through the reliability gazing from the trolley-bus stations in the Central Sector of Athens as to the nearest metro stations, using public transportation means. The level of accessibility from these stations to the closest metro station is counted by an index which is affected by the attractiveness of the destination and the time needed from the passenger to reach it from the starting point. As for the level of reliability, there have been used three different indexes, who also were compared to each other. For the calculation of these indexes, both the one for accessibility and for reliability, the travel times from the bus-trolley stations to the metro stations where needed. For the estimation of the closest stations to the bus-trolley stations and for the travel time it is also needed to have the coordinates of all the stations, both metro and bus, while also the creation of a Google Maps API key, in order to have the access to Google Maps application and be able to download the GPS instructions from the starting point stations to the destination metro station. The traveling times from the starting points to the end are taken from real time measurements. The rest of the data needed for the calculation of the indexes and the receipt of the final results are acquired from the Organization of Urban Transportation of Athens and from a survey of 2021. After the application of those indexes the level of accessibility and reliability is calculated for each station as to the nearest metro station. The results of the thesis highlight how important it is to take under consideration the variability of the travel time (either from day to day, or from time to time) while analyzing the accessibility. The results can be used for the direction and priorities that need to be set for the better design of public transport. The study, except of the presentation of the results for the whole Central Sector of Athens, could be used also for the detailed analysis of different municipalities and areas.

Keywords: accessibility, reliability, transportation system, Google Maps API, attractiveness, travel time.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1° ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1. Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας	10
1.2. Δομή διπλωματικής εργασίας	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	12
2.1. Εισαγωγή	12
2.2. Προσβασιμότητα	13
2.2.1. Η έννοια της προσβασιμότητας	13
2.2.2. Μέτρα προσβασιμότητας	14
2.2.2.1 Μέτρα που βασίζονται στις υποδομές (Infrastructure-based measures)	15
2.2.2.2. Μέτρα που βασίζονται στη θέση (location-based accessibility measures)	17
2.2.2.3. Μέτρα που βασίζονται στη χρησιμότητα (Utility-based accessibility measures)	22
2.2.2.4. Μέτρα που βασίζονται στο άτομο (Person-based accessibility measures)	25
2.3. Αξιοπιστία	27
2.3.1. Η έννοια της αξιοπιστίας	27
2.3.2. Τρόποι μέτρησης της αξιοπιστίας	29
2.3.3. Δείκτες αξιοπιστίας	29
2.4. Προσβασιμότητα βάσει αξιοπιστίας	33
2.5. Συμπεράσματα	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° ΔΕΔΟΜΕΝΑ	37
3.1. Περιοχή Μελέτης	37
3.2. Δίκτυο δημόσιων συγκοινωνιών	39
3.2.1. Λεωφορειακές γραμμές και γραμμές τρόλεϊ	39
3.2.2. Σταθμοί μετρό	43
3.3. Επιβάτες σταθμών μετρό	44
3.4. Βαθμός σημαντικότητας σταθμών μετρό	48
3.5. Google Maps API Key	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4° ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	51
4.1. Προσδιορισμός πλησιέστερου σταθμού μετρό	51
4.1.1. Περιγραφή Κώδικα	51
4.1.2. Περιγραφή διαδικασίας στο Excel	52
4.2. Χρόνος ταξιδιού	53
4.3. Λεωφορειακές γραμμές - γραμμές τρόλεϊ στη στάση	55
4.4. Δείκτες	56

4.4.1. Δείκτης προσβασιμότητας	56
4.4.2. Δείκτης αξιοπιστίας	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5° ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	59
5.1. Πλησιέστερος σταθμός μετρό.....	59
5.2. Μετακίνηση ως πεζός.....	61
5.2.1. Σύγκριση Πρωινής –Απογευματινής περιόδου αιχμής.....	61
5.2.2. Στάσεις που λήφθηκαν υπόψη στην ανάλυση της προσβασιμότητας.....	62
5.3. Αποτελέσματα δεικτών.....	67
5.3.1 Δείκτης προσβασιμότητας	68
5.3.1.1 Αποτελέσματα δείκτη προσβασιμότητας	68
5.3.1.2 Σχολιασμός δείκτη προσβασιμότητας.....	70
5.3.2 Αξιοπιστία	75
5.3.2.1 Συσχέτιση των δεικτών αξιοπιστίας.....	75
5.3.2.2 Αποτελέσματα δεικτών αξιοπιστίας.....	79
5.3.2.3 Σχολιασμός δεικτών αξιοπιστίας	85
5.3.2.4. Αξιοπιστία στη στάση.....	91
5.3.3. Προσβασιμότητα βάσει αξιοπιστίας	100
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6° ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	110
6.1. Σύνοψη αποτελεσμάτων	110
6.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	112
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	113
ΙΣΤΟΓΡΑΦΙΑ	118
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	119
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	120
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	124
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.....	128

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. Σχέση των συνθετικών στοιχείων της προσβασιμότητας (Πηγή: Geurs and Van Wee, 2004)	14
Διάγραμμα 2. Αντιστάσεις (impedance functions) (Πηγή: Gutiérrez, 2009)	16
Διάγραμμα 3. Συσχέτιση λ-διακύμανση και Δείκτη Πρόσθετου Χρόνου (μ.ο.) (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).	76
Διάγραμμα 4. Συσχέτιση Δείκτη Πρόσθετου Χρόνου (μ.ο.) και Δείκτη Πρόσθετου Χρόνου (δ) (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).	76
Διάγραμμα 5. Συσχέτιση λ-διακύμανση και Δείκτη Πρόσθετου Χρόνου (δ) (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).	77
Διάγραμμα 6. Συσχέτιση λ-διακύμανση και Δείκτη Πρόσθετου Χρόνου (μ.ο.) (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).	77
Διάγραμμα 7. Συσχέτιση Δείκτη Πρόσθετου Χρόνου (μ.ο.) και Δείκτη Πρόσθετου Χρόνου (δ) (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).	78
Διάγραμμα 8. Συσχέτιση λ-διακύμανση και Δείκτη Πρόσθετου Χρόνου (δ) (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).	78
Διάγραμμα 9. Χρόνος αναμονής της στάσης με κωδικό 010188 (Πρωινή Περίοδος αιχμής)	93
Διάγραμμα 10. Χρόνος αναμονής της στάσης με κωδικό 010188 (Απογευματινή Περίοδος αιχμής)	93

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Απόσπασμα του Χάρτη 14.	72
Εικόνα 2. Απόσπασμα του Χάρτη 15.	72
Εικόνα 3. Απόσπασμα του Χάρτη 14.	72
Εικόνα 4. Απόσπασμα του Χάρτη 15.	72
Εικόνα 5. Απόσπασμα του Χάρτη 20.	96
Εικόνα 6. Απόσπασμα του Χάρτη 17.	96
Εικόνα 7. Απόσπασμα του Χάρτη 17.	97
Εικόνα 8. Απόσπασμα του Χάρτη 20.	97

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Δείκτες αξιοπιστίας.	32
Πίνακας 2. Μέσος όρος επιβατών των σταθμών μετρό για πρωινή και απογευματινή περίοδο αιχμής.	45
Πίνακας 3. Βαθμός σημαντικότητας των σταθμών μετρό.	49
Πίνακας 4. Απόσπασμα του πίνακα που δημιουργήθηκε για τις γραμμές που διέρχονται από κάθε στάση της περιοχής μελέτης.	55
Πίνακας 5. Αριθμός στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ που θεωρείται πλησιέστερος ο κάθε σταθμός μετρό.	60
Πίνακας 6. Πληροφορίες για τις στάσεις με κωδικούς 60724, 60781 και 60866 για πρωινή και απογευματινή περίοδο αιχμής.	73
Πίνακας 7. Πληροφορίες για τις στάσεις με κωδικούς 140005, 140021 και 140022 για πρωινή και απογευματινή περίοδο αιχμής.	73
Πίνακας 8. Συσχέτιση του επιπέδου της προσβασιμότητας των κοινών στάσεων των δύο περιόδων αιχμής.	74
Πίνακας 9. Αριθμός στάσεων που λαμβάνει η κάθε κατηγορία για κάθε έναν από τους δείκτες αξιοπιστίας (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).	85
Πίνακας 10. Ποσοστό στάσεων που λαμβάνει η κάθε κατηγορία για κάθε έναν από τους δείκτες αξιοπιστίας (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).	86
Πίνακας 11. Αριθμός στάσεων που λαμβάνει η κάθε κατηγορία για κάθε έναν από τους δείκτες αξιοπιστίας (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).	86
Πίνακας 12. Ποσοστό στάσεων που λαμβάνει η κάθε κατηγορία για κάθε έναν από τους δείκτες αξιοπιστίας (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).	86
Πίνακας 13. Αριθμός στάσεων που έχουν χαρακτηριστεί με την ίδια κατηγορία συγκρίνοντας του δείκτες αξιοπιστίας ανά δύο (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).	88
Πίνακας 14. Αριθμός στάσεων που έχουν χαρακτηριστεί με την ίδια κατηγορία συγκρίνοντας του δείκτες αξιοπιστίας ανά δύο (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).	88
Πίνακας 15. Ποσοστό των στάσεων που έχουν ταξινομηθεί στην ίδια κατηγορία αξιοπιστίας, ανάλογα με το είδος της προσβασιμότητας συγκρίνοντας του δείκτες ανά δύο (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).	89
Πίνακας 16. Ποσοστό των στάσεων που έχουν ταξινομηθεί στην ίδια κατηγορία αξιοπιστίας, ανάλογα με το είδος της προσβασιμότητας συγκρίνοντας του δείκτες ανά δύο (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).	89
Πίνακας 17. Αριθμός στάσεων που έχουν ταξινομηθεί την ίδια κατηγορία αξιοπιστίας και στους τρεις δείκτες αξιοπιστίας (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).	90
Πίνακας 18. Αριθμός στάσεων που έχουν ταξινομηθεί την ίδια κατηγορία αξιοπιστίας και στους τρεις δείκτες αξιοπιστίας (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).	90
Πίνακας 19. Πληροφορίες της στάσης με κωδικό 60069.	98

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1. Περιοχής μελέτης.	38
Χάρτης 2. Στάσεις λεωφορείου-τρόλεϊ στην περιοχή μελέτης.	40
Χάρτης 3. Πυκνότητα στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ της περιοχής μελέτης.	41
Χάρτης 4. Πυκνότητα στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ της περιοχής μελέτης ανά Δήμο.	42
Χάρτης 5. Σταθμοί μετρό.	43
Χάρτης 6. Επιβάτες ανά σταθμό μετρό (πρωινή περίοδος αιχμής).	46
Χάρτης 7. Επιβάτες ανά σταθμό μετρό (απογευματινή περίοδος αιχμής).	47
Χάρτης 8. Σύγκριση του πλήθους των φορών της μετακίνησης με πόδια για τις δύο περιόδους αιχμής.	61
Χάρτης 9. Πλήθος φορών που η πρόσβαση στον πλησιέστερο σταθμό μετρό από τη στάση πραγματοποιείται αποκλειστικά με τα πόδια (πρωινή περίοδος αιχμής).	63
Χάρτης 10. Πλήθος φορών που η πρόσβαση στον πλησιέστερο σταθμό μετρό από τη στάση πραγματοποιείται αποκλειστικά με τα πόδια (απογευματινή περίοδος αιχμής).	63
Χάρτης 11. Στάσεις που συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση της προσβασιμότητας βάσει αξιοπιστίας (πρωινή περίοδος αιχμής).	64
Χάρτης 12. Στάσεις που συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση της προσβασιμότητας βάσει αξιοπιστίας (απογευματινή περίοδος αιχμής).	65
Χάρτης 13. Στάσεις που συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση της προσβασιμότητας βάσει αξιοπιστίας σε κάθε περίοδο αιχμής.	66
Χάρτης 14. Προσβασιμότητα των στάσεων στους πλησιέστερους σταθμούς μετρό κατά την πρωινή περίοδο αιχμής.	68
Χάρτης 15. Προσβασιμότητα των στάσεων στους πλησιέστερους σταθμούς μετρό κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής.	69
Χάρτης 16. Αξιοπιστία των στάσεων ως προς τον χρόνο ταξιδιού βάσει του δείκτη λ-διακύμανση κατά την πρωινή περίοδο αιχμής.	79
Χάρτης 17. Αξιοπιστία των στάσεων ως προς τον χρόνο ταξιδιού βάσει του δείκτη ΔΠΧ (μ.ο.) κατά την πρωινή περίοδο αιχμής.	80
Χάρτης 18. Αξιοπιστία των στάσεων ως προς τον χρόνο ταξιδιού βάσει του δείκτη ΔΠΧ (δ) κατά την πρωινή περίοδο αιχμής.	81
Χάρτης 19. Αξιοπιστία των στάσεων ως προς τον χρόνο ταξιδιού βάσει του δείκτη λ-διακύμανση κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής.	82
Χάρτης 20. Αξιοπιστία των στάσεων ως προς τον χρόνο ταξιδιού βάσει του δείκτη ΔΠΧ (μ.ο.) κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής.	83
Χάρτης 21. Αξιοπιστία των στάσεων ως προς τον χρόνο ταξιδιού βάσει του δείκτη ΔΠΧ (δ) κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής.	84

Χάρτης 22. Στάσεις - σημεία αφετηρίες (Πρωινή περίοδος αιχμής).....	91
Χάρτης 23. Στάσεις - σημεία αφετηρίες (Απογευματινή περίοδος αιχμής).	92
Χάρτης 24. Προσβασιμότητα βάσει αξιοπιστίας (ΔΠΧ μ.ο.) κατά την πρωινή περίοδο αιχμής.	101
Χάρτης 25. Προσβασιμότητα βάσει αξιοπιστίας (ΔΠΧ μ.ο.) κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής	105

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας, καθώς και η δομή της.

1.1. Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιούνται οι όροι προσβασιμότητα και αξιοπιστία. Η προσβασιμότητα και η αξιοπιστία των συστημάτων μεταφοράς είναι δημοφιλή μέτρα που έχουν εφαρμοστεί ευρέως για την αξιολόγηση της απόδοσης και της ευαισθησίας αυτών. Ωστόσο, η χρήση ενός μόνο μέτρου, είτε της προσβασιμότητας είτε της αξιοπιστίας, παρέχει διαφορετικά αποτελέσματα, τα οποία πρέπει να συνδυαστούν κατάλληλα για να προσδιοριστεί η συνολική απόδοση του συστήματος μεταφορών.

Στόχος της διπλωματικής είναι η αξιολόγηση της προσβασιμότητας του συστήματος αστικών συγκοινωνιών βάσει της αξιοπιστίας. Έτσι διερευνήθηκαν τα επίπεδα της προσβασιμότητας αλλά και της αξιοπιστίας των στάσεων λεωφορείων-τρόλεϊ, που εντοπίζονται στον Κεντρικό Τομέα Αθηνών, ως προς τους πλησιέστερους σταθμούς μετρό των στάσεων αυτών, με τη χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς κατά την πρωινή και την απογευματινή περίοδο αιχμής. Ο πλησιέστερος σταθμός μετρό της κάθε στάσης προσδιορίστηκε μέσω του Google Maps εκτελώντας έναν κώδικα που υλοποιήθηκε σε περιβάλλον Python. Για την επίτευξη του στόχου της παρούσας εργασίας εφαρμόζονται δείκτες προσβασιμότητας και αξιοπιστίας. Μάλιστα, εφαρμόζονται τρεις δείκτες αξιοπιστίας. Όλοι οι δείκτες έχουν ως παράμετρο τον χρόνο ταξιδιού από την αφετηρία στον προορισμό. Οι χρόνοι ταξιδιού λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο μέσω του Google Maps υλοποιώντας έναν κώδικα σε περιβάλλον Python. Ο δείκτης προσβασιμότητας πέρα από τον χρόνο ταξιδιού έχει ως παραμέτρους και τον αριθμό των επιβατών του πλησιέστερου σταθμού μετρό της στάσης και τον βαθμό σημαντικότητας αυτού. Τα δεδομένα που χρειάστηκαν για την περάτωση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας παρήχθησαν από τον ΟΑΣΑ, την ΕΛ.ΣΤΑΤ. και από μια μελέτη των Kopsidas and Keraptsoglou (2021). Η μελέτη και η έρευνα των επιπέδων προσβασιμότητας και αξιοπιστίας και η ερμηνεία αυτών μπορούν να συμβάλλουν σε έναν καλύτερο στο κοινωνικό σχεδιασμό.

1.2 Δομή διπλωματικής εργασίας

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η δομή που ακολουθήθηκε στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία.

- Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση του αντικείμενου της παρούσας διπλωματικής εργασίας και ο στόχος αυτής.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο επιχειρείται μια σύντομη ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας όπου συνοψίζονται έννοιες σχετικές με το αντικείμενο της εργασίας και γίνεται περιγραφή των μεθόδων και τεχνικών που τις πλαισιώνουν. Οι κύριοι ερευνητικοί άξονες, σχετίζονται με την έννοια της προσβασιμότητας και της αξιοπιστίας και τα μέτρα ποσοτικοποίησης τους και τα συμπεράσματα που προέκυψαν μέσω αυτών.
- Στο τρίτο κεφάλαιο καταγράφονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την διεκπεραίωση της διπλωματικής εργασίας.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία και η ανάλυση των βημάτων για την επίτευξη του στόχου. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται η επεξεργασία που υπέστησαν τα δεδομένα και οι δείκτες προσβασιμότητας και αξιοπιστίας που εφαρμόστηκαν στη συγκεκριμένη διπλωματική.
- Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας και πιο συγκεκριμένα τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων, των δεικτών προσβασιμότητας και αξιοπιστίας, καθώς και ο σχολιασμός αυτών. Επιπλέον, προτείνονται ορισμένα μέτρα με στόχο τη βελτίωση της προσβασιμότητας και της αξιοπιστίας στην περιοχή μελέτης.
- Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο διατυπώνονται τα βασικότερα συμπεράσματα της προσέγγισης από την επικείμενη εφαρμογή στην περιοχή μελέτης και κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και επέκταση της παρούσας εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. Εισαγωγή

Το ζήτημα της προσβασιμότητας έχει απασχολήσει πολλούς μελετητές σε διάφορους τομείς κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών. Η προσβασιμότητα αποτελεί αντικείμενο έρευνας πολλών επιστημονικών τομέων, όπως της γεωγραφία, της έρευνας μεταφορών και του πολεοδομικού σχεδιασμού. Παρόλα αυτά, συχνά δεν μπορεί να οριστεί και να μετρηθεί με σαφήνεια, καθώς πρόκειται για μία έννοια την οποία ο καθένας αντιλαμβάνεται διαφορετικά μέσω της εμπειρίας και των βιωμάτων του. Σύμφωνα με τις Handy και Niemeier (1997) δεν υπάρχει ιδανική προσέγγιση για τη μέτρηση της προσβασιμότητας. Αυτός είναι και ο λόγος που η προσβασιμότητα με την πάροδο του χρόνου έχει οριστεί και εφαρμοστεί με αρκετούς τρόπους. Σύμφωνα, με τους Geurs και Van Wee (2004) τα στοιχεία που συνθέτουν την έννοια αυτής είναι οι χρήσεις γης, τα μέσα μεταφοράς, οι χρονικοί περιορισμοί, καθώς και το άτομο με τα χαρακτηριστικά του.

Γενικότερα, τα μέτρα προσβασιμότητας είναι σημαντικά για την αξιολόγηση της απόδοσης, την βελτίωση και την επιλογή των κατάλληλων συστημάτων μεταφοράς. Αντιπροσωπεύουν το βαθμό στον οποίο οι ταξιδιώτες μπορούν να φτάσουν στους επιθυμητούς προορισμούς, και είναι εξαιρετικά χρήσιμα για την καταγραφή των επιδράσεων τόσο του συστήματος μεταφοράς όσο και των χρήσεων γης (Bills και Carrel, 2021).

Στα περισσότερα μέτρα προσβασιμότητας μια παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη είναι ο χρόνος ταξιδιού μεταξύ αφητηρίας και προορισμού. Ωστόσο, οι χρόνοι ταξιδιού σε αστικές περιοχές είναι επιρρεπείς σε διαταραχές της κυκλοφορίας που προκαλούνται από γεγονότα όπως συμφόρηση, οδικά έργα και τροχαία ατυχήματα και άρα ποικίλλουν είτε από μέρα σε μέρα, είτε από στιγμή σε στιγμή. Έτσι, η ευκολία με την οποία μπορούν οι ταξιδιώτες να φτάσουν σε έναν συγκεκριμένο προορισμό ποικίλλει, καθώς η αβεβαιότητα του χρόνου του ταξιδιού μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερη ή χαμηλότερη προσβασιμότητα. Συνεπώς, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη η παράμετρος της μεταβλητότητας του χρόνου ταξιδιού στην προσβασιμότητα, ώστε να προσμετρηθεί η ευαισθησία του συστήματος μεταφορών και έτσι να υπάρξει μια πιο αντιπροσωπευτική εικόνα για το αν ο προορισμός μπορεί να θεωρηθεί πράγματι προσβάσιμος.

Όσον αφορά την μέτρηση της μεταβλητότητας του χρόνου ταξιδιού, δηλαδή της αξιοπιστίας του συστήματος μεταφορών έχουν βρεθεί διάφοροι τρόποι μέτρησης της. Σύμφωνα με τους Lomax et al. (2003) και Van Lint et al. (2008), τα μέτρα αξιοπιστίας χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες. Γενικότερα, η αναξιπιστία του χρόνου ταξιδιού επηρεάζει σημαντικά την ζωή των ανθρώπων καθώς καθυστερήσεις μπορεί να επιφέρουν ανεπιθύμητες αλλαγές στα καθημερινά τους προγράμματα.

Όπως αναφέρουν και οι Taylor και D'Este (2007), η αξιοπιστία του χρόνου ταξιδιού και η προσβασιμότητα είναι έννοιες πολύ στενά συνδεδεμένες. Παρόλα αυτά μέχρι στιγμής, η επίδραση της αξιοπιστίας του χρόνου ταξιδιού στη μέτρηση της προσβασιμότητας δεν έχει μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό.

2.2. Προσβασιμότητα

2.2.1. Η έννοια της προσβασιμότητας

Η προσβασιμότητα αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές έννοιες του συστήματος μεταφορών. Ωστόσο, από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας δεν προκύπτει ένας μοναδικός ορισμός που να περιγράφει την έννοια της. Έχουν γίνει διάφορες διατυπώσεις της προσβασιμότητας που την συσχετίζουν με την εγγύτητα ή τη δυνατότητα για χωρική αλληλεπίδραση σε σχέση με τις οικονομικές και κοινωνικές ευκαιρίες. Σύμφωνα με τους Geurs και Van Wee (2004), ο ορισμός της έννοιας της προσβασιμότητας εξαρτάται από το αντικείμενο το οποίο μελετάται κάθε φορά. Αυτός είναι και ο λόγος που υπάρχει αμφιβολία σχετικά με την έννοια της. Οι πιο γνωστοί ορισμοί της είναι «η δυνατότητα των ευκαιριών για αλληλεπίδραση» (Hansen, 1959), «η ευκολία πρόσβασης σε οποιαδήποτε δραστηριότητα από μία τοποθεσία χρησιμοποιώντας ένα συγκεκριμένο σύστημα μεταφορών» (Dalvi και Martin, 1976), «η ελευθερία των ατόμων να αποφασίσουν αν θα συμμετέχουν ή όχι σε διαφορετικές δραστηριότητες» (Burns, 1979), «τα οφέλη/προνόμια που παρέχονται από το σύστημα μεταφορών/χρήσεων γης» (Ben-Akiva και Lerman, 1979), «η ευκολία με την οποία οι επιθυμητοί προορισμοί μπορούν να προσεγγιστούν» (Niemeier, 1997), «ένα μέτρο της ευκολίας ενός ατόμου να ασχοληθεί με μία δραστηριότητα που επιθυμεί, σε μία επιθυμητή τοποθεσία, χρησιμοποιώντας ένα επιθυμητό μέσο μεταφοράς και σε μία επιθυμητή στιγμή» (Bhat et al, 2000), «ο βαθμός στον οποίο το σύστημα χρήσεων γης επιτρέπει σε ομάδες ατόμων ή σε αγαθά να φτάσουν σε δραστηριότητες ή προορισμούς μέσω ενός ή συνδυασμού τρόπων μεταφοράς» (Geurs και van Eck 2001), «το σύνολο και η ποικιλία των θέσεων που μπορούν να επιτευχθούν εντός ενός δεδομένου χρόνου ταξιδιού ή /και κόστους», (Bertolini et al, 2005).

Επομένως, σε αντίθεση με τον όρο κινητικότητα, ο οποίος αναφέρεται στις πραγματικές μετακινήσεις (κυκλοφορίες των επιβατών ή των εμπορευμάτων στο χώρο), η προσβασιμότητα αναφέρεται σε ένα χαρακτηριστικό των θέσεων ή των ατόμων (Gutierrez, 2009). Υπάρχουν πολλοί που συνδέουν την έννοια της προσβασιμότητας με την έννοια της κινητικότητας και θεωρούν πως η αύξηση της μιας οδηγεί σε αύξηση της άλλης. Ωστόσο, αυτή η άποψη είναι λανθασμένη. Η κινητικότητα αναφέρεται στη δυνατότητα μετακίνησης μεταξύ διαφορετικών περιοχών με το ισχύον σύστημα μεταφορών. Η διαφορά των δύο εννοιών έγκειται στο ότι η προσβασιμότητα εκτός από τη μέτρηση της απόδοσης των συστημάτων μεταφοράς, λαμβάνει υπόψη και τη κατανομή των χρήσεων γης, τις ευκαιρίες και τον σκοπό της μετακίνησης. Πιο απλά, η κινητικότητα αναφέρεται στο πόσο μακριά μπορεί κάποιος να φτάσει μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, ενώ η προσβασιμότητα αναφέρεται στο πόσα μπορεί να έχει καταφέρει στο χρονικό αυτό διάστημα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που αναφέρει ο Litman (2003) με το οποίο επισημαίνεται η διαφορά των δύο εννοιών είναι το ακόλουθο. Οι αυτοκινητόδρομοι που είναι σχεδιασμένοι για μέγιστη κινητικότητα, έχουν χαμηλή προσβασιμότητα στις χρήσεις γης (λόγω του μικρού αριθμού ραμπών εξόδου).

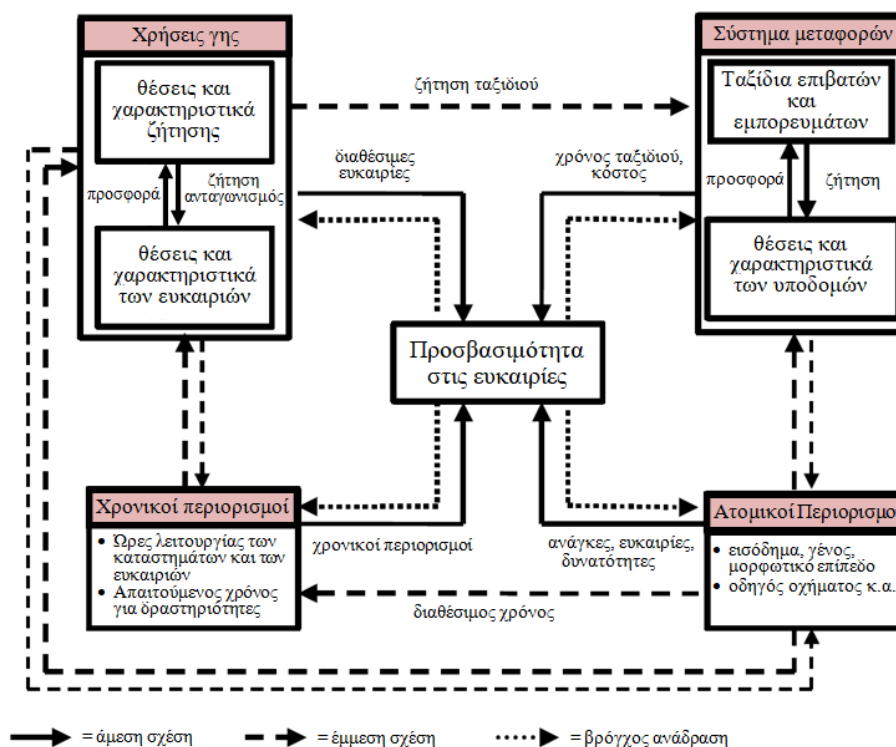
2.2.2 Μέτρα προσβασιμότητας

Όπως προαναφέρθηκε ο ορισμός της έννοιας της προσβασιμότητας ποικίλει. Έτσι, με την πάροδο του χρόνου έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες που έχουν ως στόχο τη μέτρηση της. Συνεπώς, έχουν γίνει διάφορες προσεγγίσεις και έχουν δημιουργηθεί αρκετοί δείκτες προσβασιμότητας ανάλογα με τις συνιστώσες και τις παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη. Οι προαναφερθείσες εξαρτώνται από τις καταστάσεις και τους στόχους οι οποίοι τίθενται. Αξίζει να αναφερθεί πως σύμφωνα με τις Handy και Niemeier (1997) δεν υπάρχει ιδανική προσέγγιση για τη μέτρηση της προσβασιμότητας.

Υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί δείκτες προσβασιμότητας, που συνήθως βασίζονται στην μέτρηση του συστήματος μεταφορών, των ευκαιριών, της συμπεριφοράς και άλλων τρόπων, και διαφορετικές μεθοδολογικές κατηγοριοποιήσεις αυτών (G. Koenig, 1980, Geurs και Van Wee, 2004, Curtis και Scheurer, 2010, Kumar κ.ά., 2011).

Οι Geurs και Van Wee (2004) συνοψίζουν τέσσερις βασικές προσεγγίσεις για τη μέτρηση της προσβασιμότητας:

- μέτρα που βασίζονται στις υποδομές (infrastructure-based measures),
- μέτρα που βασίζονται στη θέση (location-based measures),
- μέτρα που βασίζονται στη χρησιμότητα (utility-based measures) και
- μέτρα που βασίζονται στο άτομο (person-based measures).



Διάγραμμα 1. Σχέση των συνθετικών στοιχείων της προσβασιμότητας (Πηγή: Geurs και Van Wee, 2004) .

Στη συνέχεια περιγράφονται εν συντομία οι τέσσερις αυτοί τύποι μέτρων προσβασιμότητας και παραθέτονται ενδεικτικά ορισμένοι δείκτες προσβασιμότητας.

2.2.2.1 Μέτρα που βασίζονται στις υποδομές (Infrastructure-based measures)

Αυτή η προσέγγιση είναι κυρίως τομέας των πολιτικών μηχανικών, μηχανικών μεταφορών και σχεδιαστών και χρησιμοποιείται συνήθως στον προγραμματισμό μεταφορών (Geurs και Van Wee, 2004).

Τα μέτρα που βασίζονται στις υποδομές εστιάζουν στους χρόνους, στην συμφόρηση και στην ταχύτητα του δικτύου μεταφορών (γενικευμένο κόστος για πρόσβαση στις δραστηριότητες) και αναλύουν την (παρατηρούμενη ή προσομοιωμένη) απόδοση ή το επίπεδο εξυπηρέτησης των υποδομών μεταφορών (Geurs, K.T., 2018). Δηλαδή, κυμαίνονται από απλούς δείκτες ταχύτητας και συμφόρησης ταξιδιού μέχρι πιο πολύπλοκα μέτρα που βασίζονται στο δίκτυο και αναλύουν τη σχετική απόδοση ενός κόμβου ή μιας περιοχής στο δίκτυο μεταφοράς, βάσει της θεωρίας των γράφων (Graph Theory).

Ένα παράδειγμα αυτής της προσέγγισης είναι ο δείκτης κόστους. Αυτός ο δείκτης είναι το άθροισμα όλων των εμποδίων ταξιδιού (χρόνος ή/και κόστος) της περιοχής i σε όλες τις περιοχές j , διαιρούμενο με τον αριθμό των τοποθεσιών. Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή του δείκτη, τόσο μεγαλύτερη προσβασιμότητα έχει η περιοχή i .

Ένας ακόμη δείκτης είναι ο δείκτης αποδοτικότητας δικτύων, ο οποίος είναι ο ακόλουθος και προσφέρει ένα μέτρο σε σχέση με τη σχετική ευκολία πρόσβασης σύμφωνα με την απόδοση του δικτύου (Gutiérrez, 2009):

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{t_{ij}}{\hat{t}_{ij}} m_j}{\sum_{j=1}^n m_j}$$

όπου:

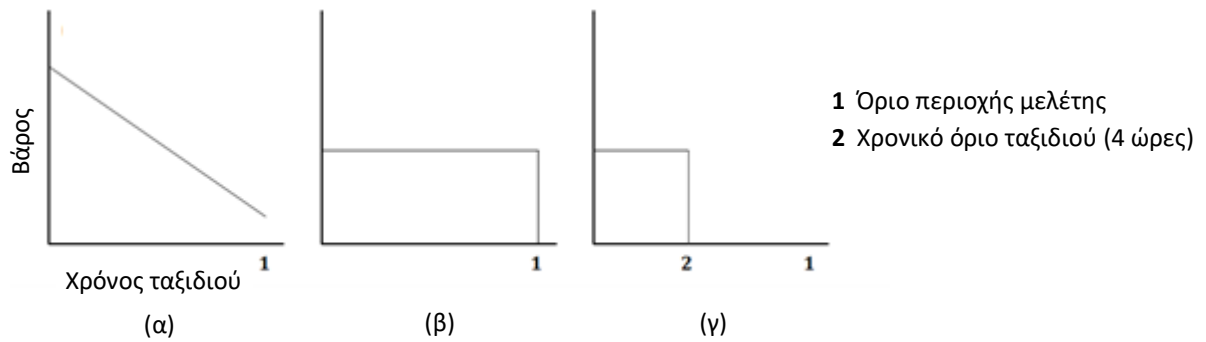
A_i : είναι η προσβασιμότητα του κόμβου i ,

t_{ij} : είναι ο ελάχιστος χρόνος ταξιδιού (σε λεπτά) στο δίκτυο μεταξύ αφετηρίας i και προορισμού j ,

\hat{t}_{ij} : είναι ο ιδανικός χρόνος ταξιδιού (σε λεπτά) μεταξύ των κόμβων i και j , υποθέτοντας την ύπαρξη υποδομών μεγάλης ταχύτητας (αυτοκινητόδρομος ή σιδηρόδρομος υψηλής ταχύτητας) σε ευθεία γραμμή (ευκλείδεια αντίσταση) και

m_j : είναι το μέγεθος/όγκος της δραστηριότητας j .

Ο σταθμισμένος μέσος όρος του λόγου t_{ij}/\hat{t}_{ij} υπολογίζεται ανάλογα με το μέγεθος των προορισμών (Διάγραμμα 2(β)). Έτσι, λαμβάνονται υπόψη όλες οι σχέσεις εντός της περιοχής μελέτης, χωρίς όμως οι σύντομες αποστάσεις να συμβάλλουν περισσότερο από τις μεγαλύτερες στους υπολογισμούς της προσβασιμότητας, διότι δεν υπάρχει 'απόσβεση' της απόστασης (distance decay). Στο συγκεκριμένο μέτρο έχει χρησιμοποιηθεί ως σταθμιστικός παράγοντας το μέγεθος της δραστηριότητας j (m_j), αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλοι σταθμιστικοί παράγοντες όπως για παράδειγμα η πραγματική ζήτηση (Διάγραμμα 2(α)). Σε αυτή την περίπτωση, όλες οι σχέσεις εντός της περιοχής μελέτης λαμβάνονται υπόψη αλλά αντιστρόφως ανάλογα με το χρόνο ταξιδιού, έτσι ώστε τα μικρής διάρκειας δρομολόγια να συμβάλουν σε μεγάλο βαθμό στις μετρήσεις του δυναμικού και πολύ λίγο αυτά των μακρινών διαδρομών ('απόσβεση' της απόστασης-distance decay) (Gutiérrez, 2009).



Διάγραμμα 2. Συναρτήσεις εμποδίων που συναντώνται (impedance functions) (Πηγή: Gutiérrez, 2009) .

Αυτοί οι δείκτες πρέπει να ερμηνεύονται από άποψη υποδομών, καθώς απεικονίζουν την αποδοτικότητα των υποδομών για πρόσβαση, στους σχετικούς προορισμούς. Τα αποτελέσματα δίνονται σε σχέση με την ευκλείδεια αντίσταση, δηλαδή σε σχέση με το πόσο ξεπερνά η αντίσταση δικτύου την ευκλείδεια αντίσταση. Παραδείγματος χάρη, μια τιμή ίση με 2 σημαίνει ότι η αντίσταση του δικτύου διπλασιάζει την ευκλείδεια (Gutiérrez, 2009).

Ένα ακόμη παράδειγμα αυτής της προσέγγισης είναι ο δείκτης συνδεσιμότητας δημοσίων συγκοινωνιών. Ένα σχετικά γνωστό παράδειγμα είναι ο βαθμός προσβασιμότητας στις δημόσιες συγκοινωνίες (Public Transport Accessibility Level) που χρησιμοποιείται από τις Συγκοινωνίες για το Λονδίνο (Transport for London, TfL) στο Ηνωμένο Βασίλειο για την αξιολόγηση του επιπέδου προσβασιμότητας των γεωγραφικών περιοχών στις δημόσιες συγκοινωνίες. Τα PTALs μετρούν την προσβασιμότητα ενός σημείου στο δίκτυο των μέσων μαζικής μεταφοράς, λαμβάνοντας υπόψη τον χρόνο πρόσβασης με τα πόδια (ως πεζός) και τη διαθεσιμότητα δρομολογίων. Με τη μέθοδο αυτή ουσιαστικά μετράται η πυκνότητα του δικτύου δημόσιων συγκοινωνιών από οποιοδήποτε σημείο εντός της ευρύτερης περιοχής του Λονδίνου (TfL, 2015).

Τα πλεονεκτήματα των μέτρων που βασίζονται στις υποδομές είναι πως τα δεδομένα είναι συνήθως εύκολα και άμεσα διαθέσιμα και η ερμηνεία των μέτρων αυτών είναι αρκετά εύκολη. Το πρόβλημα είναι πως δε λαμβάνουν υπόψη τις χρήσεις γης και δεν είναι κατάλληλα για να επεξεργάζονται χρονικούς περιορισμούς και ατομικά χαρακτηριστικά.

2.2.2.2. Μέτρα που βασίζονται στη θέση (location-based accessibility measures)

Τα μέτρα που βασίζονται στη θέση χρησιμοποιούνται κυρίως στον πολεοδομικό σχεδιασμό και σε γεωγραφικές μελέτες (Wickstrom, 1971, Wachs and Kumagai, 1973, Guti_errez and Urbano, 1996, Bruinsma and Rietveld, 1998, Hull et al., 2012). Τα αποτελέσματα των δεικτών αυτών είναι αναπόφευκτα και έντονα επηρεασμένα από τη γεωγραφική θέση και συνήθως χρησιμοποιούνται στα σχέδια πυρήνας-περιφέρειας (καθώς τονίζουν τις διαφορές μεταξύ των περιφερειακών και κεντρικών τοποθεσιών).

Στα μέτρα που βασίζονται στη θέση, η προσβασιμότητα αναλύεται βάσει των θέσεων. Αυτά τα μέτρα περιγράφουν το επίπεδο της προσβασιμότητας από δεδομένες θέσεις σε χωρικά καταναμημένες δραστηριότητες/ευκαιρίες. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν από την άποψη της προέλευσης, π.χ. τη θέση της κατοικίας ενός ατόμου, ή από την οπτική γωνία του προορισμού, π.χ. μια τοποθεσία ενός καταστήματος, που εκφράζει, για παράδειγμα, τον πιθανό αριθμό πελατών (Geurs, K.T., 2018).

Οι τρεις πιο δημοφιλείς δείκτες βάσει τοποθεσίας είναι: ο σταθμισμένος μέσος χρόνος ταξιδιού (Weighted Average Travel Time), η καθημερινή προσβασιμότητα (Daily Accessibility) και η προσβασιμότητα δυναμικού (Potential Accessibility).

Σταθμισμένος μέσος χρόνος ταξιδιού (WATT)

Σύμφωνα με τους Geertman και van Eck (1995), ο μέσος χρόνος ταξιδιού από μια τοποθεσία i προς όλους τους προορισμούς που συνδέονται με την τοποθεσία i , μπορεί να περιγραφεί ως:

$$T_i = \sum_j (p_{ij} \cdot t_{ij}) \quad j = 1, 2, \dots, k$$

όπου:

p_{ij} : είναι το ποσοστό του πληθυσμού που ζει στην τοποθεσία i και ταξιδεύει στην τοποθεσία j ,

t_{ij} : είναι ο ελάχιστος χρόνος ταξιδιού (σε λεπτά) μεταξύ της αφετηρίας i και του προορισμού j και

k : είναι ο συνολικός αριθμός των προορισμών j από την αφετηρία i

Με βάση την υπόθεση του μοτίβου αλληλεπίδρασης της βαρύτητας (Geertman και van Eck, 1995), η ποσότητα του πληθυσμού που ταξιδεύει από τοποθεσία i στις τοποθεσίες j είναι ανάλογη της μάζας αυτού του προορισμού m_j (για παράδειγμα, πληθυσμός ή ΑΕΠ) και αντιστρόφως ανάλογη μιας συγκεκριμένης δύναμης του χρόνου ταξιδιού μεταξύ των τοποθεσιών i και j , t_{ij} . Έτσι, η τιμή του p_{ij} υπολογίζεται ως εξής:

$$p_{ij} = \frac{\frac{m_j}{t_{ij}^\alpha}}{\sum_k \frac{m_k}{t_{ik}^\alpha}}$$

Αντικαθιστώντας την εξίσωση του p_{ij} αυτή στην εξίσωση του T_i προκύπτει ότι:

$$T_i = \frac{\sum_j \frac{m_j}{t_{ij}^{\alpha-1}}}{\sum_k \frac{m_k}{t_{ik}^{\alpha}}}$$

Όταν στην παραπάνω εξίσωση τεθεί $\alpha = 0$, η εξίσωση γίνεται:

$$T_i = \frac{\sum_j m_j \cdot t_{ij}}{\sum_j m_j}$$

όπου:

T_i : είναι ο σταθμισμένος μέσος χρόνος ταξιδιού (WATT) της τοποθεσίας i , ο οποίος έχει αναγνωριστεί ως δείκτης θέσης (Gutiérrez et al., 1996, Gutiérrez, 2001)

t_{ij} : είναι ο ελάχιστος χρόνος ταξιδιού (σε λεπτά) μεταξύ της αφετηρίας i και του προορισμού j και

m_j : είναι ο πληθυσμός του προορισμού j , που χρησιμοποιείται ως παράγοντας στάθμισης (Gutiérrez, 2001).

Το μέγεθος m_j εκτός από τον πληθυσμό του προορισμού j μπορεί να αντιστοιχεί στο μέγεθος/όγκο της δραστηριότητας στον προορισμό j (Gutiérrez, 2009). Το μέγεθος αυτό χρησιμοποιείται για στάθμιση ως προς την σημαντικότητα των χρονικά συντομότερων διαδρομών ταξιδιού.

Ο δείκτης αυτός είναι γνωστός διότι αποτελεί ένα απλό μέτρο, εκφράζεται σε γνωστές μονάδες και ο υπολογισμός του και η ερμηνεία του είναι αρκετά εύκολη. Επιπλέον για τον υπολογισμό του δεν απαιτείται μεγάλος όγκος δεδομένων. Ωστόσο, δεν λαμβάνει υπόψη το κομμάτι της συμπεριφοράς, γιατί αγνοεί το γεγονός ότι οι πιο απόμακροι προορισμοί μπορεί να επισκέπτονται λιγότερο συχνά (Schürmann, 1997). Γίνεται δηλαδή η υπόθεση πως όλοι οι κάτοικοι έχουν ίση πρόσβαση σε όλες τις δραστηριότητες και δεν λαμβάνονται υπόψη οι επιλογές του χρήστη και οι κινήσεις του στο χώρο.

Καθημερινή προσβασιμότητα (Daily accessibility)

Ο δείκτης καθημερινής προσβασιμότητας (daily accessibility indicator) είναι ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος δείκτης συσσωρευμένων ευκαιριών/δραστηριοτήτων (Cumulative opportunities). Οι συσσωρευμένοι δείκτες είναι απλοί δείκτες που εκφράζουν τον αριθμό των ευκαιριών/δραστηριοτήτων που μπορούν να επιτευχθούν εντός ενός προκαθορισμένου χρόνου ταξιδιού, απόστασης ή κόστους (Geurs, K.T. 2018). Μετρούν επίσης τον (μέσο ή συνολικό) χρόνο ή κόστος που απαιτείται για την πρόσβαση σε έναν ορισμένο αριθμό ευκαιριών/δραστηριοτήτων (Geurs και Van Wee, 2004).

Συγκεκριμένα ο δείκτης της καθημερινής προσβασιμότητας αναπτύσσει την έννοια των «δικτύων επαφών» υπολογίζοντας τον πληθυσμού ή την οικονομική δραστηριότητα που μπορεί να επιτευχθεί από κάθε σημείο (αφετηρία) εντός ενός χρονικού ορίου ταξιδιού. Με άλλα λόγια μετρά το σύνολο των ευκαιριών/δραστηριοτήτων, συνήθως από την άποψη του πληθυσμού, των εργασιών ή του ΑΕΠ, που είναι εφικτές να πραγματοποιηθούν σε ένα δεδομένο χρονικό ανώτατο όριο ταξιδιού. Το ανώτατο αυτό όριο (λαμβάνοντας υπόψη το παράδειγμα

των επαγγελματιών ταξιδιωτών) ορίζεται συχνά μεταξύ 3 και 4 ώρες, ώστε να είναι εφικτό ο ταξιδιώτης να πάει και να και επιστρέψει μέσα στην ίδια ημέρα και να πραγματοποιήσει την δραστηριότητα στον προορισμό (Gutiérrez, 2001). Η μαθηματική μορφή του δείκτη αυτού είναι η εξής (Gutiérrez, 2009):

$$DA_i = \sum_{j=1}^n m_j \delta_{ij}$$

όπου

DA_i : είναι η καθημερινή προσβασιμότητα (Daily Accessibility) του σημείου i ,

m_j : η μάζα του κέντρου j (π.χ. πληθυσμός) και

δ_{ij} : παίρνει τιμή 1 όταν η τιμή του t_{ij} είναι μικρότερη από το ανώτερο όριο που έχει οριστεί (π.χ μικρότερη από 3 ώρες) και 0 σε αντίθετη περίπτωση.

Στον δείκτη αυτό θεωρούνται αποκλειστικά τα κέντρα που εμπεριέχονται στην περιοχή μελέτης μέσα σε ορισμένα χρονικά πλαίσια ταξιδιού. Μέσα σε αυτά τα χρονικά πλαίσια (συνήθως 3 - 4 ώρες) δεν υπάρχει 'απόσβεση' της απόστασης. Όπως είναι φανερό και από το Διάγραμμα 2 (γ) η 'απόσβεση' της απόστασης είναι όλα ή τίποτα, ανάλογα με την τιμή που τίθεται σαν όριο.

Ο συγκεκριμένος δείκτης, όπως και ο είναι ο σταθμισμένος μέσος χρόνος ταξιδιού, είναι εύκολα υπολογίσιμος και ερμηνεύσιμος π.χ. "πληθυσμός προσβάσιμος σε τρεις ώρες". Επίσης, δεν απαιτεί πολλά δεδομένα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη δημιουργία ισόχρονων χαρτών. Ωστόσο, υπάρχει ένα σημαντικό μεθοδολογικό μειονέκτημα, το οποίο είναι η έντονη εξάρτηση από την αυθαίρετη τιμή κατωφλίου, η οποία, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την ανάλυση. Επιπροσθέτως, αντιμετωπίζει τις κοντινές και μακρινές δραστηριότητες εντός της προκαθορισμένης ζώνης με τον ίδιο τρόπο. Επίσης, ένα ακόμη μειονέκτημα είναι ότι η βελτίωση του χρόνου ταξιδιού που δεν οδηγεί σε μείωση του χρόνου κάτω από το καθορισμένο όριο, δεν έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της προσβασιμότητας (Geurs και Ritsema van Eck, 2001).

Ο λόγος που οι δύο δείκτες (σταθμισμένου μέσου χρόνου ταξιδιού και καθημερινής προσβασιμότητας) δεν απαιτούν πολλά δεδομένα και είναι εύκολο να ερμηνευτούν, είναι το ότι δεν ικανοποιούν τα περισσότερα από τα θεωρητικά κριτήρια. Πιο αναλυτικά, αρχικά, ενώ περιλαμβάνουν στοιχεία για τις χρήσεις γης και τις μεταφορές ξεχωριστά, δεν μπορούν να αξιολογήσουν το συνδυαστικό αποτέλεσμα που έχουν. Επίσης, τα μέτρα δεν λαμβάνουν υπόψη τα αποτελέσματα του ανταγωνισμού, δηλαδή τη χωρική κατανομή της ζήτησης για μια ευκαιρία και τους πιθανούς περιορισμούς της δυνατότητας/χωρητικότητας των παρεχόμενων ευκαιριών ανταγωνισμού (π.χ. κενές θέσεις εργασίας, διαθέσιμα νοσοκομειακά κρεβάτια κτλ). Επιπροσθέτως, τα μέτρα δεν λαμβάνουν υπόψη τις αντιλήψεις και τις προτιμήσεις των ατόμων, δηλαδή στα μέτρα αυτά υπονοείται πως όλες οι ευκαιρίες/δραστηριότητες είναι εξίσου επιθυμητές, ανεξάρτητα από το χρόνο που δαπανάται για τα ταξίδια ή για το είδος της ευκαιρίας. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται τα προβλήματα της αυθαίρετης επιλογής του ισόχρονου (ή ισοαπόστασης) του ενδιαφέροντος και της έλλειψη διαφοροποίησης μεταξύ γειτονικών ευκαιριών που είναι κοντά στην αφετηρία και εκείνων που είναι μέσα στο ισόχρονο του ενδιαφέροντος (Vickerman, 1974, Ben-Akiva and Lerman, 1979). Ως εκ τούτου, σε εφαρμογές σε αξιολογήσεις χρήσεων γης και μεταφορών παρατηρείται ότι το μέτρο αλλάζει αισθητά με τις αλλαγές του χρόνου ταξιδιού (Geurs and Ritsema van Eck, 2001).

Προσβασιμότητα Δυναμικού (Potential accessibility)

Τα μέτρα προσβασιμότητας δυναμικού (potential accessibility measures), ή αλλιώς μέτρα που βασίζονται στη βαρύτητα (gravity based measures) είναι το πιο δημοφιλές είδος των δεικτών προσβασιμότητας που βρίσκονται στη βιβλιογραφία και έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε αστικές και γεωγραφικές μελέτες από τα τέλη της δεκαετίας του 1940 (Geurs και Van Wee, 2004).

Το μέτρο αυτό εκτιμά την προσβασιμότητα σε ευκαιρίες στη ζώνη i προς όλες τις υπόλοιπες ζώνες j στις οποίες μικρότερες ή/και πιο μακρινές ευκαιρίες έχουν φθίνουσα επίδραση. Βασίζονται στη Νευτονική θεωρία της βαρύτητας και στην παραδοχή ότι η προσβασιμότητα μειώνεται αναλογικά για τις πιο απομακρυσμένες δραστηριότητες ή από την αφετηρία του χρήστη.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν διάφορες μορφές αυτού του τύπου, όπως συναρτήσεις δυνάμεων, γκαουσιανές ή λογιστικές συναρτήσεις. Ο εκθετικός τύπος και ο τύπος δυνάμεων είναι από τις πιο βασικές μορφές. Σε μικρές αποστάσεις η συνάρτηση των δυνάμεων προσφέρει συνήθως βέλτιστη εφαρμογή αλλά και η εκθετική μορφή είναι συνήθως επαρκής. Πολύ γνωστές μελέτες έχουν γίνει από τους Stewart (1947), Hansen (1959), Ingram (1971) και Vickerman (1974).

Ο Hansen (1959), όπως προαναφέρθηκε στην ενότητα 2.2.1., υποστήριξε ότι η προσβασιμότητα είναι "η δυνατότητα των δραστηριοτήτων για αλληλεπίδραση".

Στο αρχικό μοντέλο του ορίζει την προσβασιμότητα A_i σε μια τοποθεσία i ως:

$$A_i = \sum_{j=1}^n D_j t_{ij}^{-\beta}$$

όπου

A_i : η προσβασιμότητα στην τοποθεσία i προς όλες τις ευκαιρίες D στη τοποθεσία j ,

D_j : είναι η ελκυστικότητα του προορισμού j ,

t_{ij} : είναι ο χρόνος/κόστος ταξιδιού μεταξύ τοποθεσίας i και j ,

β : είναι μια παράμετρος 'φθοράς' της απόστασης, που υπολογίζει δηλαδή τη σημασία της απόστασης και

n : είναι ο συνολικός αριθμός των προορισμών.

Όπως είναι φανερό από τον τύπο, η δυνατότητα για αλληλεπίδραση δύο τοποθεσιών είναι ανάλογη της ελκυστικότητας και αντιστρόφως ανάλογη της αντίστασης του ταξιδιού μεταξύ τους. Δίνει επομένως μια εικόνα της ελκυστικότητας και της τριβής της μεταξύ τους απόστασης. Το πλεονέκτημα που έχει σε σχέση με μια απλή μέτρηση χρόνου διαδρομής στην πλησιέστερη δραστηριότητα είναι πως δε θεωρεί πως οι ταξιδιώτες θα πάνε οπωσδήποτε στην πλησιέστερη δραστηριότητα αλλά θα ληφθεί υπόψη η πλήρης κατανομή των δραστηριοτήτων και οι μεγαλύτερες ή εκείνες οι εγκαταστάσεις που προσφέρουν περισσότερες δραστηριότητες/ευκαιρίες, θα προσελκύουν άτομα από πιο μακριά. Στο μοντέλο αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη η ζήτηση στις δραστηριότητες αλλά μόνο η προσφορά.

Η μορφή ισχύος χρησιμοποιήθηκε από τον Hansen (1959) αλλά η αρνητική εκθετική μορφή είναι αυτή που χρησιμοποιείται πιο συχνά δεδομένης της θεωρητικής της ρίζας στην προσέγγιση μεγιστοποίησης της εντροπίας (Reggiani et al., 2011) και είναι επίσης αυτή που συνδέεται πιο στενά με τη θεωρία της συμπεριφοράς κατά τη μετακίνηση.

Η αρνητική εκθετική συνάρτηση κόστους, έχει την ακόλουθη μορφή:

$$A_i = \sum_{j=1}^n D_j e^{-\beta t_{ij}}$$

όπου

A_i : η προσβασιμότητα στην τοποθεσία i προς όλες τις ευκαιρίες D στη τοποθεσία j ,

D_j : είναι η ελκυστικότητα του προορισμού j ,

t_{ij} : είναι ο χρόνος/κόστος ταξιδιού μεταξύ τοποθεσίας i και j ,

β : είναι μια παράμετρος ευαισθησίας κόστους

n : είναι ο συνολικός αριθμός των προορισμών.

Η συνάρτηση ευαισθησίας του κόστους που χρησιμοποιείται έχει σημαντική επίδραση στα αποτελέσματα του μέτρου προσβασιμότητας. Για πιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα, η μορφή της συνάρτησης πρέπει να είναι προσεκτικά επιλεγμένη και πρέπει οι παράμετροι της συνάρτησης να εκτιμώνται χρησιμοποιώντας πρόσφατα εμπειρικά δεδομένα της συμπεριφοράς κατά το ταξίδι στην περιοχή μελέτης.

Οι δείκτες δυναμικού λαμβάνουν υπόψη και το μέγεθος των προορισμών και το κόστος ταξιδιού για να φθάσουν σε αυτούς, βασισμένοι στις περιπτώσεις βαρύτητας όπου η έλξη ενός προορισμού αυξάνεται με το μέγεθός της και μειώνεται με το κόστος ταξιδιού. Αξίζει να σημειωθεί πως τα μέτρα αυτά είναι κατάλληλα ως κοινωνικοί δείκτες για την ανάλυση του επιπέδου πρόσβασης σε κοινωνικές και οικονομικές ευκαιρίες για διάφορες κοινωνικοοικονομικές ομάδες.

Γενικότερα, το μέτρο προσβασιμότητας δυναμικού ξεπερνά μερικές από τις θεωρητικές ελλείψεις του μέτρου της καθημερινής προσβασιμότητας καθώς αξιολογεί τη συνδυασμένη επίδραση των στοιχείων της χρήσης γης και μεταφοράς, και ενσωματώνει υποθέσεις σχετικά με τις αντιλήψεις ενός ατόμου για μεταφορά χρησιμοποιώντας μια λειτουργία απόσβεσης απόστασης (παράμετρος ευαισθησίας του κόστους). Επίσης έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί εύκολα να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας υπάρχοντα δεδομένα χρήσης γης και μεταφορών, ή/και μοντέλα, που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση μέτρων που βασίζονται σε υποδομές. Ωστόσο, είναι δύσκολο ως προς την κατανόηση και την ερμηνεία του εξαιτίας του ότι συνδυάζει στοιχεία χρήσης γης και μεταφοράς, και ζυγίζει ευκαιρίες (ανάλογα με την ευαισθησία κόστους) (Geurs και Van Wee, 2004). Επίσης, οι τιμές του δείκτη δεν είναι ομοιόμορφες αλλά μπορεί να αλλάζουν από μία μελέτη σε άλλη ανάλογα με τις μονάδες των παραμέτρων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις μεταξύ μελετών. Οι τιμές είναι συγκρίσιμες μόνο για την κάθε μελέτη ξεχωριστά.

2.2.2.3. Μέτρα που βασίζονται στη χρησιμότητα (Utility-based accessibility measures)

Αυτή η προσέγγιση προέρχεται από οικονομικές μελέτες (Geurs και Van Wee, 2004).

Τα μέτρα που βασίζονται στη χρησιμότητα βασίζονται στην μικροοικονομική θεωρία και συνδέονται με τα (οικονομικά) οφέλη των ατόμων από τη χρήση του συστήματος μεταφορών (Koenig, 1980, Ben-Akiva και Lerman, 1979). Η προσβασιμότητα σε αυτή την προσέγγιση δεν καθορίζεται σαν χαρακτηριστικό μιας θέσης, αλλά των ατόμων σε μια συγκεκριμένη θέση. Στη βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται κυρίως δύο τύποι μέτρων που βασίζονται στη χρησιμότητα.

Μια αρχική προσέγγιση βασίζεται στη θεωρία τυχαίας χρησιμότητας χρησιμοποιώντας τον παρονομαστή του πολυωνυμικού μοντέλου logit, γνωστό και ως logsum, ως μέτρο προσβασιμότητας. Το logsum μερικές φορές εφαρμόζεται στον σχεδιασμό και την αξιολόγηση των μεταφορών (Geurs et al., 2012, Zondag et al., 2015). Γενικώς το logsum χρησιμεύει ως αθροιστικό μέτρο, δείχνοντας την ελκυστικότητα ενός συνόλου επιλογών (Ben-Akiva και Lerman, 1985). Ο τύπος είναι ο ακόλουθος.

$$A_i = \ln \left(\sum_{k=1}^m e^{V_k} \right)$$

όπου:

A_i : η μέγιστη αναμενόμενη χρησιμότητα και

V_k : η έμμεσες ή παρατηρούμενες (χρονικές, χωρικές ή που αφορούν τη μεταφορά) συνιστώσες της χρησιμότητας

Εάν το v_j θεωρηθεί ως ο πιθανός αριθμός δραστηριοτήτων (θέσεις εργασίας, πληθυσμός) σε κοντινή απόσταση, το μέτρο είναι ουσιαστικά μια μονότονη αυξανόμενη συνάρτηση του μέτρου προσβασιμότητας δυναμικού (βλ. υποενότητα 2.2.2.2.) (Geurs και Van Wee, 2004). Ένα σοβαρό μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι δεν μπορούν να συγκριθούν διαφορετικές προδιαγραφές μοντέλου. Αυτό μπορεί να ξεπεραστεί με τη μετατροπή της προσβασιμότητας σε νομισματικές και επομένως συγκρίσιμες μονάδες διαιρώντας την παραπάνω εξίσωση με έναν συντελεστή κόστους ταξιδιού (Ben-Akiva και Lerman, 1985). Γενικότερα, από τις αρχές της δεκαετίας του 1970 έχουν ξεκινήσει δημοσιεύσεις (π.χ. Neuburger, 1971, Leonardi, 1978, Williams και Senior, 1978) για το logsum ως μέτρο πλεονάσματος του καταναλωτή (διαφορά μεταξύ της αγοραστικής αξίας ενός αγαθού ή υπηρεσίας και της αξίας για τον χρήστη) διαιρώντας την παραπάνω εξίσωση με έναν συντελεστή κόστους ταξιδιού.

$$A_i = -\frac{1}{\lambda} \ln \left(\sum_{k=1}^m e^{V_k} \right)$$

Το μέτρο logsum έχει το πλεονέκτημα ότι πέραν του ότι μπορεί να συνδεθεί με τη μικροοικονομική θεωρία, μπορεί να συνδεθεί και με τη διακύμανση της αποζημίωσης, η οποία προκύπτει διαιρώντας την εξίσωση με την οριακή χρησιμότητα του εισοδήματος (Small και Rosen, 1981). Παρόλα αυτά το μέτρο logsum δεν χρησιμοποιείται συχνά σε πρακτικές εφαρμογές. Παραδείγματα που έχουν εφαρμόσει το συγκεκριμένο μέτρο είναι από τον Niemeier (1997), ο οποίος ανέλυσε την προσβασιμότητα μέσου-προορισμού για ταξίδια από το σπίτι στην εργασία στην πόλη

της Ουάσινγκτον, από τον Levine (1998), ο οποίος ανέλυσε την επίδραση της προσβασιμότητας σε θέσεις εργασίας σε περιοχές με κατοικίες και τον Geurs (2010, 2012) που ανέλυσε τα οφέλη της προσβασιμότητας του ολοκληρωμένου χωροταξικού σχεδιασμού και των επενδύσεων σε μέσα μαζικής μεταφοράς στην Ολλανδία.

Μια δεύτερη προσέγγιση της μέτρησης της προσβασιμότητας που βασίζεται στη χρησιμότητα στηρίζεται στο μοντέλο της διπλά περιορισμένης εντροπίας. Οι Martinez (1995) και Martinez και Araya (2000) έλαβαν τα ακόλουθα μέτρα προσβασιμότητας από το μέτρο ολοκληρωμένο οφέλους μεταφοράς-χρήστη του Williams (1976).

$$A_i = \frac{-1}{\beta} \ln(\alpha_i),$$

$$A_j = \frac{-1}{\beta} \ln(b_j),$$

$$A_{ij} = \frac{-1}{\beta} \ln(\alpha_i b_j)$$

όπου:

A_i : τα αναμενόμενα οφέλη ανά ταξίδι που παράγεται,

A_j : τα αναμενόμενα οφέλη ανά ταξίδι που προσελκύεται και

A_{ij} : τα αναμενόμενα οφέλη για το ταξίδι μεταξύ ζώνης i και j

για μια δεδομένη κατάσταση μεταφοράς και υπόκειται σε ταξίδια που συμμορφώνονται με τις αφετηρίες και τους προορισμούς των ταξιδιών από το μοντέλο εντροπίας (Geurs και Van Wee, 2004).

Αυτά τα μέτρα θα πρέπει να καταλήξουν σε παρόμοιες μετρήσεις των οικονομικών οφελών με το μέτρο logsum, καθώς το πολυωνυμικό μοντέλο logit και τα χωρικά μοντέλα αλληλεπίδρασης είναι τυπικά ισοδύναμα (Anas, 1983). Το πλεονέκτημα αυτού του μέτρου οφέλους εξισορροπητικού παράγοντα σε σύγκριση με το μέτρο οφέλους logsum είναι ότι επιτρέπει την ερμηνεία των παραγόντων εξισορρόπησης ως μέτρα προσβασιμότητας με βάση τη χρησιμότητα, συμπεριλαμβάνοντας τις επιπτώσεις του ανταγωνισμού. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες επιφυλάξεις εάν τα μέτρα οφέλους logsum και εξισορροπητικού παράγοντα μπορούν να ερμηνευτούν ως μέτρα πλεονάσματος ή ευημερίας των καταναλωτών, καθώς τα μέτρα μπορούν να ερμηνευτούν με χρηματικούς όρους μόνο εάν η λειτουργία της χρησιμότητας είναι γραμμική ως προς το εισόδημα ή οι αλλαγές πολιτικής είναι αρκετά μικρές ώστε οι γραμμικές διορθώσεις των επιπτώσεων στο εισόδημα να είναι ακριβείς (McFadden, 2001).

Γενικότερα τα μέτρα αυτά πληρούν τα περισσότερα θεωρητικά κριτήρια. Ένα επίσης σημαντικό πλεονέκτημα τους είναι πως μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε οικονομικές αξιολογήσεις (π.χ. για την ανάλυση του οφέλους που αντλούν τα άτομα από το σύστημα μεταφορών και χρήσεων γης) (Kumar et al, 2011). Ωστόσο, δε λαμβάνουν υπόψη τους χρονικούς περιορισμούς. Παρόλα αυτά όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια έχουν γίνει προσπάθειες να συνδυαστούν με τα μέτρα που βασίζονται στο άτομο. Ένα ακόμη μειονέκτημα είναι πως είναι δύσκολα ως προς την ερμηνεία και την μεταδοτικότητά τους, καθώς δεν μπορούν να εξηγηθούν εύκολα, αλλά και ως προς την εφαρμογή τους, διότι απαιτούνται πολλά στοιχεία και υποστήριξη από διάφορες οικονομικές θεωρίες (Kumar et al., 2011).

Ακολουθούν μέτρα προσβασιμότητας που βασίζονται στη χρησιμότητα και εφαρμόστηκαν συγκεκριμένα από τους Nemieier (1997) και Martinez (1995).

Nemieier (1997):

$$\Delta A = -\frac{1}{\lambda} \left[\ln \sum_k e^{V_k} \right]_{V^1}^{V^2}$$

όπου

ΔA : Εξισορροπητική μεταβολή

λ : οριακή χρησιμότητα εισοδήματος

V : μέση έμμεση χρησιμότητα

k : συνδυασμένη επιλογή μέσου- προορισμού

$V^{1,2}$: μέση έμμεση χρησιμότητα για τα σενάρια 1,2

Martinez (1995):

$$A = \frac{-1}{\beta_{hp}} \ln(g_{hpti})$$

$$A_{pseudo} = \frac{-1}{\beta_{hp}} \ln(b_{hptj})$$

όπου:

A : προσβασιμότητα

A_{pseudo} : ψευδο-ελκυστικότητα

h : νοικοκυριό

p : σκοπός

t : χρόνος

i : προέλευση

j : προορισμός

g, b_{htij} : παράγοντας εξισορρόπησης-πλεονάσματος καταναλωτή και παραγωγού

2.2.2.4. Μέτρα που βασίζονται στο άτομο (Person-based accessibility measures)

Τα μέτρα που βασίζονται στο άτομο αναλύουν την προσβασιμότητα σε ατομικό επίπεδο, παραδείγματος χάρη οι δραστηριότητες στις οποίες μπορεί να συμμετέχει ένα άτομο σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αυτός ο τύπος μέτρου θεμελιώνεται στη χωροχρονική γεωγραφία (Hägerstrand, 1970), που μετράει τους περιορισμούς στην ελευθερία δράσης ενός ατόμου στο περιβάλλον (δηλαδή τη θέση και τη διάρκεια των υποχρεωτικών δραστηριοτήτων, τον διαθέσιμο χρόνο για ευέλικτες δραστηριότητες και την ταχύτητα ταξιδιού που επιτρέπεται από το σύστημα μεταφορών). Τα μέτρα αυτά αναγνωρίζουν ότι η συμμετοχή στη δραστηριότητα έχει τόσο χωρικές όσο και χρονικές διαστάσεις, δηλαδή, ότι οι δραστηριότητες εμφανίζονται σε συγκεκριμένες τοποθεσίες για πεπερασμένο χρονικό διάστημα (Miller, 1999).

Τα μέτρα αυτού του τύπου εκφράζουν την προσωπική προσβασιμότητα από την άποψη της χωροχρονικής σκοπιμότητας των ευκαιριών ενός ατόμου χρησιμοποιώντας τον όγκο του (τρισεδιάστατου) χωροχρονικού πρίσματος (ή τον χρόνο πιθανής διαδρομής (potential path space, PPS)) ή τον αριθμό των ευκαιριών στην προβολή του στον επίπεδο χώρο (περιοχή πιθανής περιοχής (potential path area, PPA)) ως δείκτες. Στη βιβλιογραφία έχουν αναπτυχθεί διάφορα τέτοιου τύπου μέτρα προσβασιμότητας, τα οποία βασίζονται μεταξύ άλλων, στη διαχείριση των ευκαιριών (διχοτόμων, σωρευτικών, σταθμισμένων) εντός της περιοχής πιθανής διαδρομής (PPA) (Geurs, K.T., 2018). Υπάρχουν μέτρα που βασίζονται στο άτομο που παρέχουν ένα πλαίσιο για την ενσωμάτωση της χωροταξικής διαμόρφωσης του συστήματος μεταφοράς, της χωρικής κατανομής των αστικών ευκαιριών και των επιμέρους χωροχρονικών περιορισμών σε ένα ενιαίο μέτρο προσβασιμότητας (Kwan, 1998).

Τύπος του Kwan (1998):

$$A_g = \sum_j W_j I(i)$$
$$I(k) = \begin{cases} 1 & \text{if } k \in FOS \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

A_g : σταθμισμένο άθροισμα των ευκαιριών του συνόλου των εφικτών δραστηριοτήτων,
 W_j : σταθμισμένη περιοχή της θέσης j ,
 $I(i)$: άθροισμα των δραστηριοτήτων μέσα από ένα σύνολο εφικτών δραστηριοτήτων (FOS).

Ο Kwan (1998) αποδεικνύει ότι τα χωροχρονικά μέτρα καταγράφουν επιδράσεις βάσει δραστηριότητας που δεν ενσωματώνονται στα μέτρα προσβασιμότητας που βασίζονται στη θέση (βλ υποενότητα 2.2.2.2.). Αυτό επιτρέπει πιο ευαίσθητη αξιολόγηση των μεμονωμένων αποκλίσεων της προσβασιμότητας, συμπεριλαμβάνοντας διαφορές ως προς το φύλο και τις εθνικές διαφορές.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, αναπτύχθηκαν μέθοδοι για την εκτίμηση των μέτρων που βασίζονται στο άτομο χρησιμοποιώντας διαδικασίες GIS. Ο Miller (1991) ανέπτυξε μέτρα χωροχρονικής προσβασιμότητας σε επίπεδο δικτύου χρησιμοποιώντας γενικές διαδικασίες με βάση το GIS, ασχολούμενος με ταχύτητες ταξιδιού με βάση τις συνδέσεις, και ενσωματώνοντας έτσι χαρακτηριστικά δικτύου μεταφορών (Geurs, K.T., 2018). Παρά την πρόοδο στα GIS και την χωρική μοντελοποίηση, η λειτουργικότητα των μέτρων πρόσβασης σε ατομικό επίπεδο

εξακολουθεί να αντιμετωπίζει πολλές δυσκολίες, συμπεριλαμβανομένων των λεπτομερών δεδομένων ατομικής δραστηριότητας-μετακίνησης που απαιτούνται, της υπολογιστικής έντασης και της έλλειψης εφικτών λειτουργικών αλγορίθμων (Kwan, 1998).

Γενικότερα τα μέτρα που βασίζονται στα άτομα έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς πληρούν σχεδόν όλα τα θεωρητικά κριτήρια λόγω της αθροιστικής προσέγγισης που ακολουθείται. Αν και οι χωροχρονικές προσεγγίσεις φαίνεται να έχουν ένα ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον στην έρευνα συμπεριφοράς του ταξιδιού (Bhat και Koppelman, 1999, Ettema και Timmermans, 1997), η εφαρμογή τους στις μελέτες προσβασιμότητας είναι σχετικά σπάνια. Αυτό οφείλεται στα μειονεκτήματα αυτού του τύπου μέτρων. Τα πιο σημαντικά μειονεκτήματα των μέτρων αυτών όπως προαναφέρθηκε σχετίζονται με τη λειτουργικότητα και τη μεταδοτικότητα αλλά και με το ότι τα δεδομένα που χρειάζονται δεν είναι εύκολα διαθέσιμα. Οι εφαρμογές συχνά περιορίζονται σε σχετικά μικρή περιοχή και σε υποσύνολο του πληθυσμού λόγω των μεγάλων απαιτήσεων δεδομένων. Ως αποτέλεσμα, τα αποτελέσματα είναι δύσκολο να συγκεντρωθούν για να αξιολογηθεί η προσβασιμότητα των πληθυσμιακών ομάδων ή/και σε μεγαλύτερη γεωγραφική κλίμακα. Ένα ακόμη μειονέκτημα της προσέγγισης αυτής είναι πως δε λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις του ανταγωνισμού (π.χ. κενές θέσεις εργασίας, διαθέσιμα νοσοκομειακά κρεβάτια κτλ). Ως εκ τούτου, τα μέτρα αυτά είναι λιγότερο κατάλληλα για την ανάλυση της προσβασιμότητας στην εργασία ή σε άλλες ευκαιρίες όπου επέρχονται οι επιπτώσεις του ανταγωνισμού (Geurs και Van Wee, 2004).

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί πως ο Miller (1999) ανέπτυξε ένα μέτρο προσβασιμότητας χωροχρόνου βασισμένο στη χρησιμότητα συμπεριλαμβάνοντας τον διαθέσιμο χρόνο του ατόμου για τη συμμετοχή στη δραστηριότητα ως μεταβλητή στη συνάρτηση χρησιμότητας του μέτρου logsum. Τύπος του Miller (1999):

$$A_1 = \frac{1}{\lambda} \ln \sum_{k=1}^m \exp \left(\alpha_k \alpha T_k^\beta \exp(-\lambda t_k) \right)$$

$$A_2 = \sum_{k=1}^m b_k, \text{ όπου } b_k = \begin{cases} 0, & \text{αν } \alpha_k = 0 \text{ ή } T_k \leq 0 \\ \exp \left[\lambda \left(\frac{\alpha}{\lambda} \alpha_k + \frac{\beta}{\lambda} \ln T_k - t_k \right) \right], & \text{σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση} \end{cases}$$

$$A_3 = \max_{\{k\}} [b_k]$$

όπου:

A : προσβασιμότητα

α_k : ελκυστικότητα της θέσης της δραστηριότητας

T_k : χρόνος που χρειάζεται για τη συμμετοχή στη δραστηριότητα

t : χρόνος ταξιδιού

m : αριθμός των ευέλικτων δραστηριοτήτων

b_k : όφελος

α, β, λ : παράμετροι (≥ 0)

Οι Dong et al. (2006) και Neutens et al. (2010) ανέπτυξαν κι εκείνοι παρόμοιες προσεγγίσεις βασισμένοι στη θεωρία μεγιστοποίησης της χρησιμότητας, εκτιμώντας ένα μέτρο logsum εντός ενός χωροχρονικού πλαισίου, εκφράζοντας την αναμενόμενη μέγιστη χρησιμότητα του ατόμου έναντι των επιλογών όλων των διαθέσιμων προτύπων δραστηριότητας (Geurs, K.T., 2018).

2.3. Αξιοπιστία

2.3.1. Η έννοια της αξιοπιστίας

Η αξιοπιστία στις δημόσιες συγκοινωνίες είναι μια γενικά κατανοητή έννοια. Ωστόσο, όταν πρόκειται για ορισμούς ή ερμηνείες της αξιοπιστίας, έχουν διατυπωθεί διάφορες έννοιες και τρόποι μέτρησης της.

Για να κατανοηθεί η αντικειμενική φύση της αξιοπιστίας των υπηρεσιών, θα πρέπει να γίνει κατανόηση των διαφορετικών ορισμών της αξιοπιστίας των υπηρεσιών στα μέσα μαζικής μεταφοράς και της σχετικής σημασίας αυτών των ορισμών για κάθε ομάδα συμφερόντων (Ap. Sorratini et al. 2008).

Στη συνέχεια ακολουθούν ενδεικτικά κάποιοι ορισμοί της αξιοπιστίας.

- Σύμφωνα με τους Ap. Sorratini et al (2008), η αξιοπιστία ορίζεται ως ένα μέτρο της πιθανότητας ενός ταξιδιού να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τα αναμενόμενα στοιχεία του. Τέτοια στοιχεία μπορεί να είναι ο χρόνος ταξιδιού, η άνεση και το κόστος. Με άλλα λόγια, αξιόπιστες δημόσιες συγκοινωνίες μπορούν να θεωρηθούν αυτές που λειτουργούν με συνέπεια με βάση το πρόγραμμα ή το χρονοδιάγραμμά τους.
- Ο Cham (2006) ορίζει την αξιοπιστία ως τη διαθεσιμότητα και τη σταθερότητα των χαρακτηριστικών του ταξιδιού σε ένα δεδομένο σημείο που επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων των επιβατών και των μεταφορέων. Αυτός ο ορισμός διαχωρίζει τις απόψεις που υπάρχουν μεταξύ των επιβατών και των φορέων.
- Σύμφωνα με OECD-ITF (2010), η αξιοπιστία γενικότερα αναφέρεται στην ικανότητα του μεταφορικού συστήματος να παρέχει το αναμενόμενο εκείνο επίπεδο υπηρεσίας, βάσει του οποίου οι χρήστες του έχουν οργανώσει τις δραστηριότητές τους.
- Σύμφωνα με τον Margiotta (2008), η αξιοπιστία του χρόνου μεταφοράς αναφέρεται στη διακύμανση του χρόνου μεταφοράς η οποία μετράται συγκριτικά είτε από μέρα σε μέρα, είτε για διαφορετικές στιγμές της ημέρας.
- Η USDOT ορίζει την αξιοπιστία ως τον βαθμό βεβαιότητας και προβλεψιμότητας στους χρόνους ταξιδιού στο σύστημα μεταφοράς.
- Σύμφωνα με τους Τυρινόπουλος, Γ. και Κεραπτσόγλου, Κ. (2015), η έννοια της αξιοπιστίας σχετίζεται με τη δυνατότητα του συστήματος αστικών συγκοινωνιών να λειτουργεί και να παρέχει υπηρεσίες σύμφωνα με τον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό του, αλλά και με τον ελάχιστο δυνατό αριθμό διακοπών ή παρεκτροπών από τον προγραμματισμό αυτό, ανεξάρτητα από τις αιτίες των παρεκτροπών (ενδογενείς, όπως βλάβη ενός οχήματος, ή εξωγενείς, όπως ένα ατύχημα).

Αναμφίβολα ένα από τα πιο συχνά προβλήματα των μεγάλων πόλεων όπως η Αθήνα είναι η κυκλοφοριακή συμφόρηση. Η συμφόρηση είναι μια κατάσταση κυκλοφορίας που χαρακτηρίζεται από χαμηλότερες ταχύτητες, μεγαλύτερους χρόνους ταξιδιού και εμφάνιση ουρών αναμονής. Η συμφόρηση μπορεί να είναι επαναλαμβανόμενη ή μη επαναλαμβανόμενη. Η επαναλαμβανόμενη συμφόρηση περιλαμβάνει καθυστερήσεις που είναι προβλέψιμες σε συχνότητα και βαθμό. Αντίθετα, η μη επαναλαμβανόμενη συμφόρηση οφείλεται σε απροσδόκητες καθυστερήσεις από μείωση των λωρίδων του δρόμου (π.χ., κλειστή λωρίδα λόγω ατυχήματος ή ζώνη έργου) ή απότομες αυξήσεις της ζήτησης (π.χ. προγραμματισμένες ειδικές εκδηλώσεις). (FHWA, 2019) Οι καθυστερήσεις αυτές μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα οι χρήστες του δρόμου να αργήσουν στις δουλειές τους, σε κάποιο σημαντικό συνέδριο, να χάσουν κάποιο ραντεβού κλπ.. Γι' αυτόν τον λόγο ένα σημαντικό ποσοστό ανθρώπων προσπαθεί να λάβει υπόψη τις πιθανές καθυστερήσεις λόγω κίνησης, εκτιμώντας έναν επιπλέον χρόνο ώστε να είναι σίγουροι πως θα φτάσουν στην ώρα τους (FHWA, 2017).

Σε αυτό το σημείο πρέπει επισημανθεί πως η έλλειψη αξιοπιστίας διαφέρει από τη συμφόρηση, αν και σχετίζεται με μη επαναλαμβανόμενη συμφόρηση. Η αξιοπιστία αναφέρεται στην προβλεψιμότητα των χρόνων ταξιδιού. Ένας αυτοκινητόδρομος επιρρεπής σε απρόσμενες καθυστερήσεις είναι αναξιόπιστος. Από την άλλη πλευρά, ένας αυτοκινητόδρομος που έχει συνήθως συμφόρηση και όπου η ταχύτητα κυκλοφορίας είναι σταθερά χαμηλή μπορεί να είναι αξιόπιστος, καθώς η συμφόρηση είναι αναμενόμενη και άρα η καθυστέρηση εξαιτίας της είναι προβλέψιμη. Ωστόσο, τα υψηλά επίπεδα συμφόρησης αυξάνουν την πιθανότητα αναξιπιστίας. Εάν οι δρόμοι παρουσιάζουν μεγάλη συμφόρηση, μια μικρή διαταραχή της ροής της κυκλοφορίας μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολικές καθυστερήσεις, να έχει μεγαλύτερο αντίκτυπο και να πάρει περισσότερο χρόνο για να ανακάμψει από ότι σε περιοχή μη συμφόρησης. Επομένως, η έλλειψη αξιοπιστίας στον χρόνο ταξιδιού σχετίζεται με μη αναμενόμενες καθυστερήσεις (καθυστερήσεις από μη επαναλαμβανόμενα γεγονότα), όπως καθυστερήσεις που προκαλούνται από μη προβλέψιμη συμφόρηση. Η συμφόρηση και η αξιοπιστία σχετίζονται τόσο στενά που οι βελτιώσεις στη συμφόρηση μπορούν επίσης να βελτιώσουν την αξιοπιστία του χρόνου ταξιδιού. Για παράδειγμα, μια παράκαμψη γύρω από τη Στοκχόλμη μείωσε την καθυστέρηση και βελτίωσε την αξιοπιστία. Τα οφέλη από τη βελτίωση της αξιοπιστίας ήταν 15 τοις εκατό επιπλέον από τα οφέλη της ίδιας της μείωσης της καθυστέρησης (Eliasson, J. 2007).

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την αξιοπιστία πέρα από τη συμφόρηση που προαναφέρθηκε είναι τα φανάρια, ο καιρός, τα έργα, τα ατυχήματα, οι διακυμάνσεις της ζήτησης του ταξιδιού (FHWA, 2019).

Αξίζει να αναφερθεί πως σύμφωνα με τους Lei et al. (2014) και Van Lint et al. (2008), οι χρήστες του δρόμου και κυρίως αυτοί που μεταφέρουν εμπορεύματα προτιμούν αξιόπιστους χρόνους ταξιδιού χωρίς μεταβλητότητα αντί για μικρούς χρόνους ταξιδιού με μεγάλη μεταβλητότητα.

2.3.2. Τρόποι μέτρησης της αξιοπιστίας

Όπως αναφέρθηκε η αξιοπιστία αποτελεί έναν βασικό δείκτη της αποτελεσματικότητας ενός συστήματος μεταφοράς. Ένα σύστημα μεταφορών που δεν λαμβάνει υπόψη την επίδραση της μεταβλητότητας του συστήματος δεν είναι χρήσιμο όταν μελετάται σε πραγματικές κυκλοφοριακές συνθήκες.

Μέχρι στιγμής έχουν βρεθεί διάφοροι δείκτες μέτρησης της αξιοπιστίας του χρόνου ταξιδιού. Σύμφωνα με τους Lomax et al. (2003) και Van Lint et al. (2008), για τον προσδιορισμό της αξιοπιστίας χρησιμοποιούνται:

- μέθοδοι στατιστικού εύρους (Statistical Range Methods): αναμενόμενοι χρόνοι μετακίνησης εντός του εύρους ενός μεγαλύτερου/μικρότερου αριθμού τυπικών αποκλίσεων της κατανομής πιθανοτήτων,
- μέθοδοι πρόσθετου χρόνου (Buffer Time Methods): επιπλέον χρόνος προγραμματισμού για την επίτευξη κάποιου χρόνου, τις περισσότερες φορές. Αυτά τα μέτρα χρησιμοποιούν κυρίως το 95^ο, το 90^ο και το 80^ο εκατοστημόριο,
- μέτρα σχετικά με τις καθυστερήσεις δρομολογίων (“Tardy Trip” Measures): υποδηλώνουν "χαμηλή αξιοπιστία", η οποία υπολογίζεται με βάση τον αριθμό των δρομολογίων που φτάνουν με καθυστέρηση,
- πιθανολογικά μέτρα (Probabilistic Measures): μέτρα που χρησιμοποιούν στατιστικές παραμέτρους, όπως κατώτατα όρια, για να καθορίσουν ποια δρομολόγια είναι καθυστερημένα και ποια όχι.

Ορισμένοι από τους δείκτες αξιοπιστίας που έχουν αναπτυχθεί παρουσιάζονται στη συνέχεια.

2.3.3. Δείκτες αξιοπιστίας

Οι Sekhar και Asakura το 2007 ανέπτυξαν έναν απλό δείκτη εκτίμησης της αξιοπιστίας του ταξιδιού, τον Συντελεστή Διακύμανσης, ΣΔ (Coefficient of Variation, COV). Ο δείκτης αυτός ορίζεται ως το πηλίκο της τυπικής απόκλισης ως προς το μέσο χρόνο ταξιδιού. Είναι ένας από τους πιο διαδεδομένους δείκτες και μετρά τη διασπορά του συνόλου των δεδομένων σε σχέση με τη μέση τιμή.

$$\Sigma\Delta = \frac{\text{Τυπική απόκλιση}}{\text{Μέσος όρος χρόνου ταξιδιού}}$$

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του δείκτη τόσο μεγαλύτερη είναι διασπορά και άρα τόσο λιγότερο αξιόπιστος είναι ο χρόνος ταξιδιού.

Ένα ακόμη σημαντικό μέτρο αξιοπιστίας που ανέπτυξαν οι Sekhar και Asakura το 2007 είναι ο χρόνος ταξιδιού για το 95% των ταξιδιών (95^ο εκατοστημόριο του χρόνου ταξιδιού, 95th percentile TT) και δείχνει ποια μπορεί να είναι η χειρότερη καθυστέρηση. Δηλώνει το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να καλυφθεί το τμήμα που αντιστοιχεί στο 95% του χρόνου.

Ο Mazloumi et al. το 2004 πρότειναν ως δείκτη την διαφορά του 90^{ου} εκατοστημορίου του χρόνου ταξιδιού και του 10^{ου} εκατοστημορίου του χρόνου ταξιδιού. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η διαφορά τόσο μεγαλύτερη είναι η διασπορά και συνεπώς τόσο μικρότερη είναι η αξιοπιστία.

$$\text{Διαφορά} = TT_{90} - TT_{10}$$

Οι Lint και Zuyley το 2005, πρότειναν ένα δείκτη βασισμένο στην κατανομή του χρόνου ταξιδιού, τον $\lambda_{\text{διακύμανση}}$ (λ_{var}). Ο δείκτης αυτός ορίζεται ως το πηλίκο της διαφοράς του 90^{ου} εκατοστημόριου του χρόνου ταξιδιού και του 10^{ου} εκατοστημόριου του χρόνου ταξιδιού ως προς το 50^ο εκατοστημόριο του χρόνου ταξιδιού (διάμεσος). Όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης τόσο μεγαλύτερο είναι το εύρος της κατανομής του χρόνου ταξιδιού.

$$\lambda_{\text{διακύμανση}} = \frac{TT_{90} - TT_{10}}{TT_{50}}$$

Στη συνέχεια οι Lint και Zuyley το 2005, πρότειναν έναν νέο δείκτη, τον $\lambda_{\text{κύρτωση}}$ (λ_{skew}). Αυτός ο δείκτης είναι αποτελεί ένα μέτρο ασυμμετρίας της κατανομής που μοντελοποιεί δεδομένα και υποδεικνύει το επίπεδο και την κατεύθυνση του συστηματικού σφάλματος. Μεγάλες τιμές υποδηλώνουν την πιθανότητα να βρεθούν τιμές μεγαλύτερες από τη μέση τιμή, καθώς επίσης και κατανομή με υψηλό συστηματικό σφάλμα προς τα αριστερά.

$$\lambda_{\text{κύρτωση}} = \frac{TT_{90} - TT_{50}}{TT_{50} - TT_{10}}$$

Ο Federal Highway Administration (FHWA) το 2006, ανέφερε έναν διαδεδομένο δείκτη για τη μέτρηση της αξιοπιστίας του χρόνου ταξιδιού, τον δείκτη πρόσθετου χρόνου, ΔΠΧ, (Buffer Time Index, BTI), που ορίζεται ως το πηλίκο της διαφοράς του 95^{ου} εκατοστημόριου του χρόνου ταξιδιού και του μέσου χρόνου του ταξιδιού προς τον μέσο χρόνο του ταξιδιού.

$$\Delta\Pi\chi_{\mu.o.} = \frac{TT_{95} - \text{μέσος όρος χρόνου ταξιδιού}}{\text{μέσος όρος χρόνου ταξιδιού}}$$

Σε μια έρευνα το 2009 (SHRP 2) προτάθηκε στον παραπάνω δείκτη η διάμεσος ου χρόνου ταξιδιού (TT_{50}) αντί για τον μέσο χρόνο ταξιδιού.

$$\Delta\Pi\chi_{\delta} = \frac{TT_{95} - TT_{50}}{TT_{50}}$$

Στην περίπτωση που η κατανομή των χρόνων ταξιδιού είναι συμμετρική, τότε οι τιμές του μέσου χρόνου ταξιδιού και της διαμέσου συμπίπτουν και άρα οι δείκτες $\Delta\Pi\chi_{\mu.o.}$ και $\Delta\Pi\chi_{\delta}$ ταυτίζονται. Ωστόσο, ο $\Delta\Pi\chi_{\mu.o.}$ (δείκτης που βασίζεται στον μέσο όρο του χρόνου ταξιδιού) μπορεί να υποτιμήσει την αξιοπιστία σε κατανομές του χρόνου ταξιδιού που είναι θετικά ασύμμετρες (ασύμμετρες στα δεξιά), οπότε σε αυτή την περίπτωση προτιμάται ο $\Delta\Pi\chi_{\delta}$ (δείκτης που βασίζεται στη διάμεσο του χρόνου ταξιδιού) (Pu, 2011). Ομοίως, ο $\Delta\Pi\chi_{\delta}$ μπορεί να υποτιμήσει την αξιοπιστία όταν η κατανομή είναι αρνητικά ασύμμετρη (ασύμμετρη στα αριστερά).

Ένας ακόμη δείκτης που προτάθηκε από FHWA το 2006, ήταν ο δείκτης χρόνου προγραμματισμού ΔΧΠ, (Planning Time Index, PTI), ο οποίος προκύπτει από το πηλίκο του 95^{ου} εκατοστημόριου του χρόνου ταξιδιού προς τον χρόνο ταξιδιού σε ελεύθερη ροή.

$$\Delta\chi\Pi(1) = \frac{TT_{95}}{\text{χρόνος ταξιδιού ελεύθερης ροής}}$$

Στη συνέχεια οι Ma et al, το 2013, τροποποίησαν τον παραπάνω δείκτη αντικαθιστώντας στον παρονομαστή αντί για τον χρόνο ταξιδιού σε ελεύθερη ροή, τον μέσο όρο του χρόνου ταξιδιού.

$$\Delta\text{ΧΠ}(2) = \frac{TT_{95}}{\text{μέσος όρος χρόνου ταξιδιού}}$$

Αν ο δείκτης λάβει την τιμή 1.30 τότε αυτό σημαίνει πως οι επιβάτες θα πρέπει να υπολογίσουν επιπλέον 30% του χρόνου του ταξιδιού για να είναι σίγουροι ότι θα φτάσουν εγκαίρως στον προορισμό τους.

Για τους ταξιδιώτες που είναι εξοικειωμένοι με την καθημερινή συμφόρηση, ο $\Delta\text{ΧΠ}(2)$ και οι $\Delta\text{ΠΧ}$ θα ήταν προτιμότερα μέτρα αξιοπιστίας, επειδή βασίζονται στον μέσο χρόνο ταξιδιού. Για τους ταξιδιώτες που δεν είναι εξοικειωμένοι, ο δείκτης $\Delta\text{ΧΠ}(1)$ μπορεί να είναι προτιμότερος επειδή βασίζεται στον χρόνο ταξιδιού ελεύθερης ροής (Pu, 2011).

Το 2019, οι Cedillo-Campos, Perez-Gonzalez, Pina-Barcena και Moreno-Quintero ανέπτυξαν έναν νέο δείκτη, τον δείκτη ροής εμπορευμάτων, ΔPE , (Fluidity index, FI), ο οποίος ορίζεται ως το πηλίκο του μέσου όρου του χρόνου ταξιδιού ως προς τον χρόνο ταξιδιού σε ελεύθερη ροή. Ο δείκτης αυτός απεικονίζει τις συνθήκες λειτουργίας του τμήματος, και εκφράζεται σύμφωνα με την ελεύθερη ροή.

$$\Delta\text{PE} = \frac{\text{μέσος όρος χρόνου ταξιδιού}}{\text{χρόνου ταξιδιού ελεύθερης ροής}}$$

Οι Chen et al. το 2009, πρότειναν τον δείκτη ακριβείας, ΔA , (Punctuality Index, PI), ο οποίος ορίζεται ως η πιθανότητα του μέσου να φτάσει στον προορισμό εντός μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Το μαθηματικό μοντέλο είναι το εξής:

$$\Delta\text{A} = P\{t_{run} - t_{sch} \in [\delta'_1, \delta'_2]\}$$

όπου:

t_{run} : ο πραγματικός χρόνος ταξιδιού,

t_{sch} : ο προγραμματισμένος χρόνος ταξιδιού και

δ_1, δ_2 : τα κατώφλια που χρησιμοποιούνται για τον ορισμό της χρονικής περιόδου.

Οι παραπάνω δείκτες παρουσιάζονται συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 1. Δείκτες αξιοπιστίας.

ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΤΑΞΙΔΙΟΥ		
ΔΕΙΚΤΗΣ	ΤΥΠΟΣ	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ
Συντελεστής Διακύμανσης (ΣΔ)	$\Sigma\Delta = \frac{\text{Τυπική απόκλιση}}{\text{Μέσος όρος } TT}$	Μετρά τη διασπορά του συνόλου δεδομένων σε σχέση με τη μέση τιμή.
Planning Time	95° εκατοστημόριο του TT	Δηλώνει το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να καλυφθεί το τμήμα που αντιστοιχεί στο 95% του χρόνου.
Διαφορά εκατοστημορίων	$\Delta\text{ιαφορά} = TT_{90} - TT_{10}$	Δείχνει τη διασπορά του συνόλου των δεδομένων.
λ-διακύμανση	$\lambda_{\text{διακύμανση}} = \frac{TT_{90} - TT_{10}}{TT_{50}}$	Ποσοστό του εύρους κατανομής, στο οποίο αντιστοιχεί το 80% των παρατηρήσεων γύρω από τη μέση τιμή και τη διάμεσο.
λ-κύρτωση	$\lambda_{\text{κύρτωση}} = \frac{TT_{90} - TT_{50}}{TT_{50} - TT_{10}}$	Μέτρο ασυμμετρίας της κατανομής που μοντελοποιεί δεδομένα, υποδεικνύοντας το επίπεδο και την κατεύθυνση του συστηματικού σφάλματος.
Δείκτης πρόσθετου χρόνου βασισμένο στο μέσο όρο του χρόνου ταξιδιού ($\Delta\Pi X_{\mu.o.}$)	$\Delta\Pi X_{\mu.o.} = \frac{TT_{95} - \text{μέσος όρος } TT}{\text{μέσος όρος } TT}$	Υποδηλώνουν την πιθανότητα να βρεθούν τιμές μεγαλύτερες από τη μέση τιμή, καθώς επίσης και κατανομή με υψηλό συστηματικό σφάλμα προς τα αριστερά.
Δείκτης πρόσθετου χρόνου βασισμένο στη διάμεσο του χρόνου ταξιδιού ($\Delta\Pi X_{\delta}$)	$\Delta\Pi X_{\delta} = \frac{TT_{95} - TT_{50}}{TT_{50}}$	Υποδηλώνουν την πιθανότητα να βρεθούν τιμές μεγαλύτερες από τη διάμεσο, καθώς επίσης και κατανομή με υψηλό συστηματικό σφάλμα προς τα αριστερά.
Δείκτης χρόνου προγραμματισμού 1 ($\Delta X\Pi 1$)	$\Delta X\Pi 1 = \frac{TT_{95}}{TT_{\text{ελεύθερης ροής}}}$	Συγκρίνει τον χρόνο ταξιδιού με τον χρόνο ελεύθερης ροής μετακινήσεων, και περιλαμβάνει αναμενόμενες, και μη, καθυστερήσεις.
Δείκτης χρόνου προγραμματισμού 2 ($\Delta X\Pi 2$)	$\Delta X\Pi 2 = \frac{TT_{95}}{\text{μέσος όρος } TT}$	Συγκρίνει τον χρόνο ταξιδιού με τον μέσο όρο του χρόνου ταξιδιού, και περιλαμβάνει αναμενόμενες, και μη, καθυστερήσεις.
Δείκτης ροής εμπορευμάτων ($\Delta P E$)	$\Delta P E = \frac{\text{μέσος όρος } TT}{TT_{\text{ελεύθερης ροής}}}$	Απεικονίζει τις συνήθεις συνθήκες λειτουργίας του τμήματος, και εκφράζεται σύμφωνα με την ελεύθερη ροή.
Δείκτης Ακρίβειας (ΔA)	$\Delta A = P\{t_{run} - t_{sch} \in [\delta'_1, \delta'_2]\}$	Η πιθανότητα του μέσου να φτάσει στον προορισμό εντός μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου.

*TT: χρόνος ταξιδιού

2.4. Προσβασιμότητα βάσει αξιοπιστίας

Στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάστηκαν μερικοί από τους δείκτες που έχουν αναπτυχθεί για την προσβασιμότητα και την αξιοπιστία ξεχωριστά. Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται ορισμένες πρόσφατες μελέτες που αναλύουν την προσβασιμότητα λαμβάνοντας υπόψη την αξιοπιστία.

Στη μελέτη τους, οι Bimrou και Ferguson (2020) ανέπτυξαν δείκτη προσβασιμότητας στον οποίο ενσωμάτωσαν την αξιοπιστία. Ειδικότερα, επέκτειναν έναν ήδη ευρέως χρησιμοποιούμενο δείκτη (αυτόν που ανέπτυξε ο Hansen το 1959 και αναλύθηκε στην υποενότητα 2.2.2.2.) συμπεριλαμβάνοντας τη μεταβλητότητα των χρόνων ταξιδιού και τον εφάρμοσαν για να εξετάσουν τη δυναμική καθημερινή προσβασιμότητα σε ένα μεγάλο νεόκτιστο νοσοκομείο στη Γλασκώβη (1 προορισμός) χρησιμοποιώντας το αυτοκίνητο. Οι αφετηρίες ήταν 89 σημεία. Για να υπολογιστεί ο δείκτης προσβασιμότητας που ανέπτυξαν ήταν απαραίτητο να προσδιοριστούν οι έλξεις και οι χρόνοι ταξιδιού. Οι έλξεις στον δείκτη θεωρήθηκαν ίσες με 1 για λόγους απλότητας, καθώς εξεταζόταν η προσβασιμότητα σε ένα συγκεκριμένο νοσοκομείο και άρα η μόνη μεταβλητή που χρειαζόταν να εκτιμηθεί για το υπολογισμό του δείκτη ήταν οι χρόνοι ταξιδιού. Οι χρόνοι ταξιδιού, εκτιμήθηκαν χρησιμοποιώντας το Google Distance Matrix API.

Για να συμπεριληφθεί η μεταβλητότητα των χρόνων ταξιδιού τροποποίησαν την συνάρτηση της δύναμης του δείκτη προσβασιμότητας που ανέπτυξε ο Hansen. Πιο συγκεκριμένα, οι Bimrou και Ferguson ανέπτυξαν ένα μέτρο αξιοπιστίας που ορίζεται ως το πηλίκο της διαφοράς του 95% των ταξιδιών και το 5% ως προς τον χρόνο βάσει του οποίου θα υπολογιζόταν ο δείκτης προσβασιμότητας (παρονομαστής του κλάσματος του δείκτης προσβασιμότητας). Το μέτρο αυτό συμπεριλήφθηκε στη συνάρτηση της δύναμης του δείκτη προσβασιμότητας.

Έτσι, υπολογίστηκε και ο δείκτης προσβασιμότητας (DA) που ανέπτυξαν, αλλά και ο δείκτης προσβασιμότητας όπως έχει αναπτυχθεί από τον Hansen (TA) που δε λάμβανε υπόψη την ενσωμάτωση της αξιοπιστίας. Τα αποτελέσματα δείχνουν συστηματικές διαφορές στη σχετική επίδραση των περιόδων πρωινής και απογευματινής αιχμής στον χρόνο ταξιδιού από τις αφετηρίες προς το νοσοκομείο και πως η αξιοπιστία του χρόνου του ταξιδιού ποικίλει χρονικά και χωρικά. Το αν θα καθυστερήσει ή θα φτάσει νωρίτερα ο χρήστης εξαρτάται τόσο από την ώρα που ταξιδεύει όσο και από την αφετηρία. Έτσι, γίνεται φανερό το πόσο σημαντικό είναι να ληφθεί υπόψη η αξιοπιστία. Διαπιστώθηκε επίσης ότι η δυναμική προσβασιμότητα (DA) αυξανόταν με την απόσταση από το νοσοκομείο και ότι αυτό το φαινόμενο ήταν πιο έντονο την πρωινή περίοδο αιχμής. Μάλιστα, χαρτογραφήθηκε και η διαφορά μεταξύ των δύο δεικτών (TA-DA) για διάφορες στιγμές της ημέρας και προέκυψε πως στις ζώνες της περιοχής μελέτης που είναι κοντά στους αυτοκινητόδρομους η διαφορά αυτή είναι μεγάλη, γεγονός που υποδηλώνει πως αυτές οι ζώνες είναι λιγότερο αξιόπιστες. Επομένως, με αυτή την προσέγγιση, υπάρχει μια πιο αντιπροσωπευτική αναπαράσταση της απόδοσης του οδικού δικτύου και είναι δυνατή η αξιολόγηση της επίδρασης της αξιοπιστίας του χρόνου ταξιδιού στην προσβασιμότητα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Στη μελέτη τους οι Lee και Miller (2020) ανέπτυξαν ένα γενικό αναλυτικό πλαίσιο για τη μέτρηση της προσβασιμότητας, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές στρατηγικές των επιβατών για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας του χρόνου ταξιδιού. Το πλαίσιο αυτό εφαρμόστηκε σε μια μελέτη που διερευνά το αντίκτυπο ενός νέου λεωφορείου ταχείας συγκοινωνίας (CMAX) στην προσβασιμότητα των

ανθρώπων στις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης στο Λίντεν στο Οχάιο, ΗΠΑ. Η προσβασιμότητα υπολογίστηκε για διάφορους συνδυασμούς της στάσης των ταξιδιωτών απέναντι στην ανάληψη κινδύνου και της στρατηγικής της επιλογής της διαδρομής (π.χ. αναζήτηση κινδύνου-ρίσκου στο περιθώριο ασφαλείας αλλά και αποφυγή κινδύνου-ρίσκου στην επιλογή της διαδρομής). Έτσι, με βάση τους διάφορους συνδυασμούς του περιθωρίου ασφαλείας και της στρατηγικής που ακολουθούν οι ταξιδιώτες, εξετάστηκε το πώς αλλάζει η προσβασιμότητα στις συνιστώσες αυτές. Στην ανάλυση εφαρμόστηκαν γραφήματα βάσει δρομολόγησης (graph-based routing), ο γρήγορος αλγόριθμος ταξινόμησης χωρίς κυριαρχία (Fast Non-dominated Sorting Algorithm) και χωροχρονικά πρίσματα (Space Time Prism). Επίσης, υπολογίστηκε και η εύρωστη (robust) προσβασιμότητα (γεωγραφικές περιοχές που είναι προσβάσιμες ανεξάρτητα από τη στρατηγική σχεδιασμού και του περιθωρίου ασφαλείας).

Για την ανάλυση αυτή ήταν απαραίτητα δεδομένα χρόνου ταξιδιού (άθροισμα χρόνου αναμονής, χρόνου εντός λεωφορείου και χρόνου περπατήματος) από τις αφετηρίες (στάσεις λεωφορείου) στους προορισμούς (υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης). Για να ληφθούν τα δεδομένα των χρόνων του ταξιδιού χρησιμοποιήθηκε το GTFS σε πραγματικό χρόνο και έτσι εκτιμήθηκε ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του χρόνου ταξιδιού της διαδρομής. Ο αποτελεσματικός χρόνος ταξιδιού υπολογίστηκε ως το άθροισμα του αναμενόμενου χρόνου (μέσου όρου του χρόνου ταξιδιού) και ενός περιθωρίου ασφαλείας (τυπική απόκλιση) με δεδομένες συγκεκριμένες πιθανότητες άφιξης στην ώρα τους. Οι συντεταγμένες των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης λήφθηκαν από μια γεωβάση.

Οι Chen et al. (2020) ανέλυσαν την χωρική προσβασιμότητα στις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης (πιο συγκεκριμένα, στα τριτοβάθμια και στα δευτεροβάθμια νοσοκομεία) στο Σενζέν της Κίνας, λαμβάνοντας υπόψη την μεταβλητότητα του χρόνου ταξιδιού. Η ανάλυση τους αυτή στοχεύει στο να εξετάσει το αντίκτυπο που έχει η αβεβαιότητα του χρόνου του ταξιδιού στην προσβασιμότητα στις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης. Στην μελέτη τους, οι Chen et al. ανέπτυξαν ένα νέο μέτρο (two-step floating catchment area, 2SFCA) που βασίζεται στην αξιοπιστία (είναι επέκταση του 2SFCA) για την αξιολόγηση της προσβασιμότητας στις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς των ατόμων για την αξιοπιστία (αν θέλουν να ρισκάρουν για το αν θα καθυστερήσουν ή όχι) όταν προγραμματίζουν να πάνε στις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης κι έχουν να αντιμετωπίσουν την αβεβαιότητα του χρόνου. Το 2SFCA είναι μια μέτρηση δυνητικής προσβασιμότητας που λαμβάνει υπόψη τους παράγοντες προσφοράς και ζήτησης. Με τη μέθοδο αυτή στο πρώτο στάδιο υπολογίστηκε σε κάθε προορισμό το ποσοστό των μονάδων προσφοράς προς το σύνολο του πληθυσμού που καλύπτεται από αυτό το σημείο σε συνδυασμό με την αξιοπιστία και προκύπτει θέτοντας μια ζώνη επιρροής από αυτό το σημείο. Στο δεύτερο στάδιο, για κάθε περιοχή της όποιας υπολογίζεται η προσβασιμότητα στη συγκεκριμένη υπηρεσία με την ίδια ζώνη επιρροής σε κόστους ταξιδιού, αθροίζονται όλα τα ποσοστά που υπολογιστήκαν στο πρώτο στάδιο και βρίσκονται εντός της ζώνης επιρροής λαμβάνοντας υπόψη την αξιοπιστία.

Στη μελέτη τους αναφέρουν οι Chen et al. (2020) πως η προσβασιμότητα στην υγειονομική περίθαλψη εξαρτάται από τρεις συνιστώσες: την ικανότητα παροχής υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης (π.χ. αριθμός ιατρών ή κλινών), την πιθανή ζήτηση για υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης (π.χ. πληθυσμός) και την απόδοση του δικτύου μεταφορών (π.χ. ο χρόνος ταξιδιού από τις τοποθεσίες ζήτησης στις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης). Έτσι, τα δεδομένα που χρειάστηκαν για την

ανάλυση ήταν οι τοποθεσίες και ο αριθμός των κρεβατιών των νοσοκομείων και ο πληθυσμός. Επίσης, απαραίτητη ήταν η πληροφορία για την κίνηση στους δρόμους, η οποία εκτιμήθηκε από τις τροχιές/πορείες των ταξί μέσω GPS. Με τη χρήση ενός αλγορίθμου εκτιμήθηκαν οι χρόνοι ταξιδιού και έτσι υπολογίστηκε η μεταβλητότητα του χρόνου ταξιδιού. Συνεπώς, η χωρική προσβασιμότητα στις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης διερευνήθηκε στο οδικό δίκτυο του Σενζέν με μεταβαλλόμενους χρόνους ταξιδιού. Ο περιορισμός αξιοπιστίας ορίστηκε 0,95 ώστε να αντικατοπτρίσει τα άτομα που δεν είναι πρόθυμα να ρισκάρουν να μη φτάσουν εγκαίρως στον προορισμό τους.

Τα αποτελέσματα της μελέτης ήταν πως η αβεβαιότητα του χρόνου ταξιδιού έχει ανομοιογενείς επιπτώσεις στην προσβασιμότητα στις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης για διαφορετικά μέρη της πόλης και επιδεινώνει τη συνολική χωρική ανισότητα όσον αφορά την προσβασιμότητα στις εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης. Ειδικότερα, η αβεβαιότητα του χρόνου ταξιδιού έχει θετικές επιπτώσεις στην προσβασιμότητα για τοποθεσίες κοντά στις υπηρεσίες και αρνητικές επιπτώσεις για τοποθεσίες μακριά από αυτές. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης υπογραμμίζουν τη προκατάληψη που έχουν απέναντι στα συμβατικά 2SFCA μέτρα που χρησιμοποιούν στατικούς χρόνους ταξιδιού για την αξιολόγηση του προσβασιμότητα υγειονομικής περίθαλψης υπό αβεβαιότητα χρόνου ταξιδιού.

Οι Kim και Song (2018), στην μελέτη τους πρότειναν και εφαρμόσαν μια σειρά ολοκληρωμένων δεικτών, που ονομάζεται ACCREL (Integrated Accessibility and Reliability indicators), αρχικά σε ένα υποθετικό δίκτυο συστήματος μεταφορών (το οποίο αντιπροσωπεύει τις εξελιγμένες μορφές συστήματος δικτύου στο πρώιμο, στο ενδιάμεσο και στο ώριμο στάδιο) και έπειτα σε ένα από τα μεγαλύτερα δίκτυα μετρό στον κόσμο, στο δίκτυο μετρό στο Σεούλ. Όσον αφορά τα δεδομένα, πριν από το 1999 δεν υπήρχαν τα δεδομένα ροής μεταξύ αφετηρίας-προορισμού και αντί αυτών χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα πληθυσμού και ακολουθώντας μια μεθοδολογία που έχει προταθεί από την κυβέρνηση της Κορέας έγινε μια εκτίμηση των δεδομένων ροής αφετηρίας-προορισμού. Βάση αυτών υπολογίστηκε η προσβασιμότητας και η αξιοπιστία. Για τον υπολογισμό των μέτρων ACCREL, χρησιμοποίησαν αρχικά ένα τυποποιημένο μέτρο για την προσβασιμότητα και την αξιοπιστία (ACC, REL). Τα μέτρα ACC και REL λαμβάνουν τιμές από το -1 έως το 1 και είναι χρήσιμα για την ανάλυση του κάθε σταθμού μετρό ξεχωριστά και μπορεί να προσδιοριστεί ποιοι σταθμοί κρίνεται πως πρέπει να βελτιωθούν είτε σε επίπεδο προσβασιμότητας, είτε αξιοπιστίας είτε και στα δύο. Όταν οι τιμές των ACC και REL είναι ανάμεσα στο -1 και στο 0 τότε σημαίνει πως υπάρχει χαμηλή προσβασιμότητα και αξιοπιστία αντίστοιχα, ενώ όταν κυμαίνονται ανάμεσα στο 0 και το 1 τότε υπάρχει υψηλή. Τα μέτρα ACCREL που εφαρμόστηκαν ήταν το ACCREL^{nodal}, το ACCREL^{balance} και το ACCREL^{global} και αναπτύχθηκαν για να προκύψουν συμπεράσματα για την εξέλιξη ενός δικτύου σε τοπικό και σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα μέτρα ACCREL συνδυάζουν δύο ξεχωριστούς δείκτες (προσβασιμότητας και αξιοπιστίας) και έτσι λαμβάνουν υπόψη τόσο την προσβασιμότητα όσο και την αξιοπιστία ενός δικτύου. Στόχος της μελέτης ήταν η ανάπτυξη αυτών των μέτρων για την αξιολόγηση της απόδοσης αλλά και της ευαισθησίας ενός δικτύου χρησιμοποιώντας το ACCREL. Επίσης, μέσα από τα αποτελέσματα της έρευνάς τους στοχεύουν στο να ενημερώσουν για το πως μπορεί να γίνει ο σχεδιασμός ενός δικτύου μεταφορών που να συνδυάζει και να ισορροπεί προσβασιμότητα και αξιοπιστία, ενισχύοντας έτσι τη λειτουργικότητά του.

2.5. Συμπεράσματα

Κατά την πάροδο των χρόνων έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες αναλύσεις για την προσβασιμότητα και την αξιοπιστία και έχουν αναπτυχθεί διάφοροι δείκτες. Η προσβασιμότητα έχει χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για την ανάλυση της απόδοσης του συστήματος μεταφορών και η αξιοπιστία για την αξιολόγηση της ευαισθησία του. Σε πολλές αναλύσεις της προσβασιμότητας σε υπηρεσίες που έχουν ως παράμετρο τον χρόνο/κόστος του ταξιδιού (είτε πρόκειται για μετακινήσεις με αυτοκίνητο, είτε με λεωφορείο είτε με οποιοδήποτε άλλο μέσο) δεν λαμβάνεται υπόψη η μεταβλητότητα αυτού και έτσι τα αποτελέσματα που προκύπτουν δεν είναι αντιπροσωπευτικά. Οι Bimrou και Ferguson (2020) και οι Chen et al. (2020) τονίζουν έντονα στις μελέτες τους πως η διαφορά των αποτελεσμάτων επιλέγοντας στατιστικούς χρόνους ταξιδιού και αναλύοντας την προσβασιμότητα σε συνδυασμό με την μεταβλητότητα του χρόνου του ταξιδιού είναι σημαντική και επομένως πρέπει κατά την ανάλυση της προσβασιμότητας να λαμβάνεται υπόψη και η αξιοπιστία. Οι ταξιδιώτες (είτε επιβάτες, είτε μεταφορείς) δεν ενδιαφέρονται μόνο για εύκολη προσβασιμότητα ή αξιόπιστους χρόνους ταξιδιού αλλά για μία ισορροπία αυτών η οποία θα προσφέρει τα καλύτερα αποτελέσματα στην κοινωνία. Μάλιστα, προτιμώνται οι αξιόπιστοι χρόνοι ταξιδιού χωρίς μεταβλητότητα από τους μικρούς χρόνους ταξιδιού με μεγάλη μεταβλητότητα.

Η διπλωματική αυτή εργασία συμβάλλει σε αυτή την κατεύθυνση, αναλύοντας τη προσβασιμότητα του συστήματος αστικών συγκοινωνιών λαμβάνοντας υπόψη την αξιοπιστία αυτού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΔΕΔΟΜΕΝΑ

3.1. Περιοχή Μελέτης

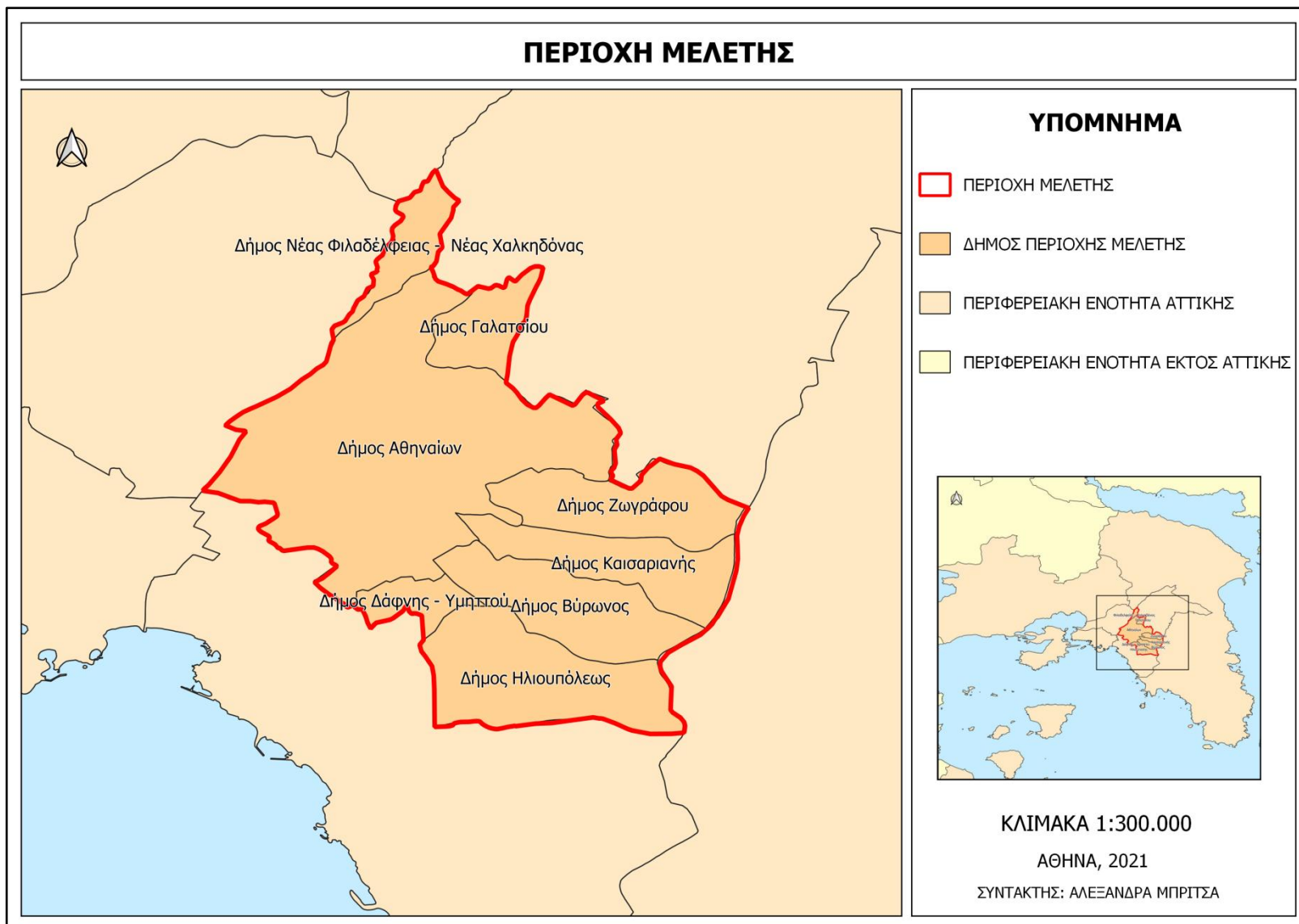
Η περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε για την ανάλυση της προσβασιμότητας είναι η Περιφερειακή Ενότητα του Κεντρικού Τομέα Αθηνών. Πρόκειται για μία από τις οκτώ Περιφερειακές Ενότητες που διαιρείται η Περιφέρεια Αττικής και συνορεύει με τον Βόρειο, τον Δυτικό και τον Νότιο Τομέα Αθηνών. Ο Κεντρικός Τομέας Αθηνών οριοθετείται από την Εθνική Οδό Αθηνών-Λαμίας, τα Τουρκοβούνια, τον Υμηττό και τον Ιλισσό ποταμό και περιλαμβάνει τους ακόλουθους οκτώ Δήμους:

- Δήμος Αθηναίων
- Δήμος Βύρωνος
- Δήμος Γαλατσίου
- Δήμος Δάφνης-Υμηττού
- Δήμος Ζωγράφου
- Δήμος Ηλιουπόλεως
- Δήμος Καισαριανής
- Δήμος Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας

Ο πληθυσμός του Κεντρικού Τομέα Αθηνών σύμφωνα με το αρχείο της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής για την απογραφή πληθυσμού της Ελλάδας του 2011 ανέρχεται στους 1.029.520 κατοίκους. Αποτελεί περίπου το 27% του πληθυσμού της Περιφέρειας της Αττικής (3.828.434 κάτοικοι) και περίπου το 10% του συνολικού πληθυσμού της Ελλάδος (10.816.286 κάτοικοι). Η έκταση του Κεντρικού Τομέα Αθηνών είναι 87,3 τετραγωνικά χιλιόμετρα και άρα η πυκνότητα του πληθυσμού του αντιστοιχεί σε 11.796 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο.

Ο λόγος που επιλέχθηκε η συγκριμένη Περιφερειακή Ενότητα ως περιοχής μελέτης είναι διότι αποτελεί το πιο αστικοποιημένο τμήμα της Περιφέρειας της Αττικής με ανεπτυγμένο δίκτυο δημοσίων συγκοινωνιών και με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση πληθυσμού και οικονομικών και κοινωνικών υπηρεσιών και δραστηριοτήτων.

Στον χάρτη που ακολουθεί παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης και οι γύρω Περιφερειακές Ενότητες. Τα όρια των Περιφερειακών Ενοτήτων Ελλάδας και των Δήμων του Κεντρικού Τομέα Αθηνών λήφθηκαν από την Ελληνική Στατιστική Αρχή.



Χάρτης 1. Περιοχής μελέτης.

3.2. Δίκτυο δημόσιων συγκοινωνιών

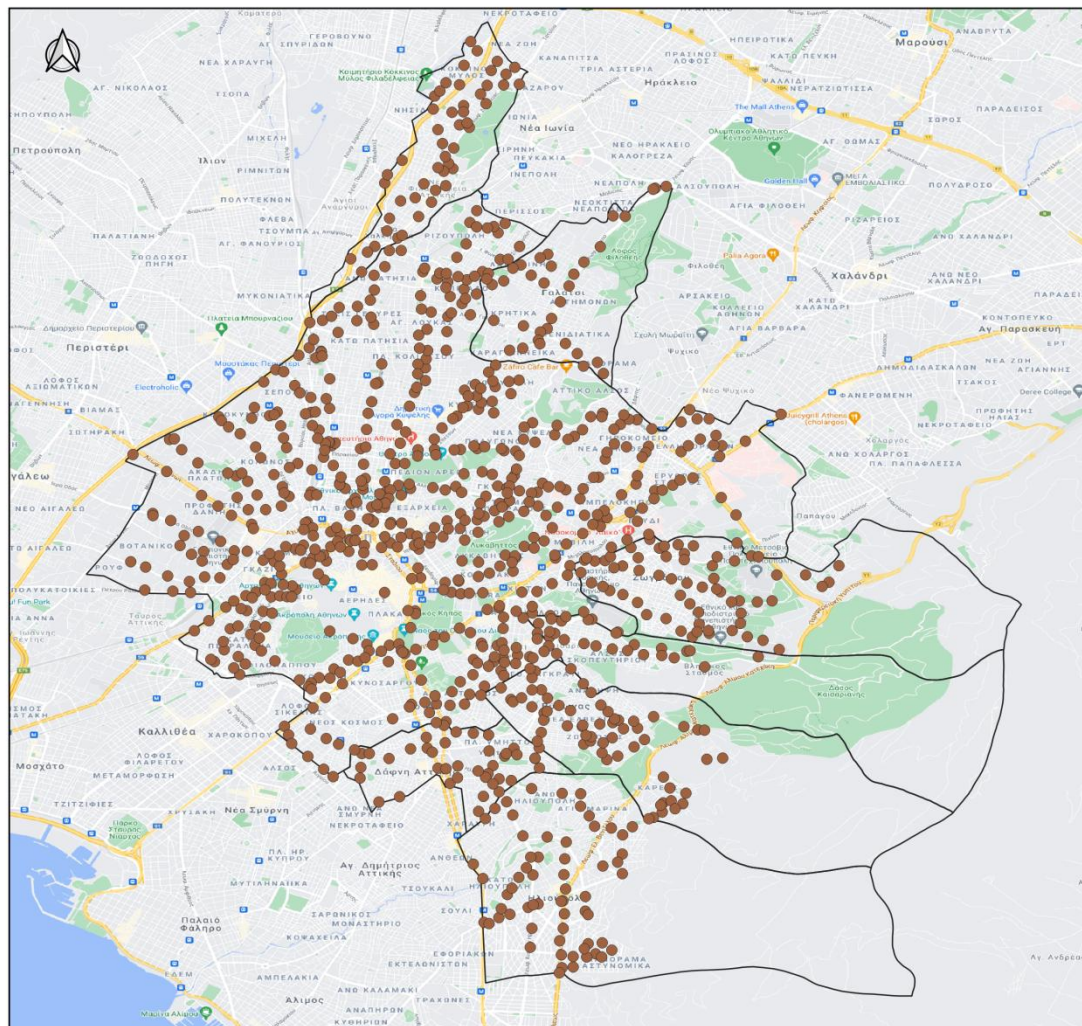
Το δίκτυο δημόσιων συγκοινωνιών στην περιοχή μελέτης διακρίνεται σε πρωτεύον και δευτερεύον. Το πρωτεύον αποτελείται από μέσα σταθερής τροχιάς και διακρίνεται σε τρία επιμέρους δίκτυα: το δίκτυο του μετρό, του τραμ και του προαστιακού σιδηρόδρομου. Το δευτερεύον είναι συμπληρωματικό ως προς το πρωτεύον και αποτελείται από λεωφορειακές γραμμές και γραμμές τρόλεϊ. Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιούνται οι λεωφορειακές γραμμές, οι γραμμές τρόλεϊ και το δίκτυο του μετρό.

3.2.1. Λεωφορειακές γραμμές και γραμμές τρόλεϊ

Το σύνολο των στάσεων και οι ακριβείς τοποθεσίες τους συλλέχθηκαν από τον Οργανισμό Αστικών Συγκοινωνιών Αθηνών (Athens Mass Transit System), ο οποίος είναι ο μεγαλύτερος φορέας συγκοινωνιακού έργου στην Ελλάδα και διαχειρίζεται διαδρομές λεωφορείων και τρόλεϊ στην Περιφέρεια της Αττικής. Κάθε στάση λαμβάνει έναν μοναδικό κωδικό “Stop_ID”. Συνολικά, το δίκτυο των γραμμών λεωφορείων και τρόλεϊ στην Αττική του ΟΑΣΑ περιλαμβάνει 7962 διαφορετικές στάσεις και 278 λεωφορειακές γραμμές.

Συγκεκριμένα στην περιοχή μελέτης εντοπίζονται περίπου 1300 στάσεις. Ωστόσο, δε συμπεριλήφθηκαν όλες στην ανάλυση της προσβασιμότητας. Πιο συγκεκριμένα, οι στάσεις που βρίσκονταν σε απόσταση μικρότερη των 150 μέτρων από τους σταθμούς μέτρο δε λήφθηκαν υπόψη καθώς θεωρήθηκε πως οι ταξιδιώτες έχουν άμεση πρόσβαση στους σταθμούς από αυτές τις στάσεις με τα πόδια και επομένως δεν τίθεται θέμα για μεταβλητότητα του χρόνου ταξιδιού. Επιπλέον, συγχωνεύτηκαν οι στάσεις οι οποίες βρίσκονταν απέναντι σε διπλό δρόμο και που η μεταξύ τους απόσταση ήταν μικρότερη των 50 μέτρων. Αυτό έγινε διότι θεωρήθηκε ότι για τις στάσεις αυτές τα αποτελέσματα θα είναι σχεδόν ίδια και πως η μόνη διαφορά θα είναι ένας πολύ μικρός επιπλέον χρόνος περπατήματος, ο οποίος πρακτικά αντιστοιχεί στον χρόνο που χρειάζεται το άτομο για να διασχίσει τον δρόμο και να περάσει απέναντι. Επομένως οι στάσεις των λεωφορείων-τρόλεϊ της περιοχής μελέτης μειώθηκαν σε 916 και παρουσιάζονται στον παρακάτω χάρτη που έχει ως υπόβαθρο το Google Maps.

ΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΥ-ΤΡΟΛΕΪ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ
- ΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΥ-ΤΡΟΛΕΪ

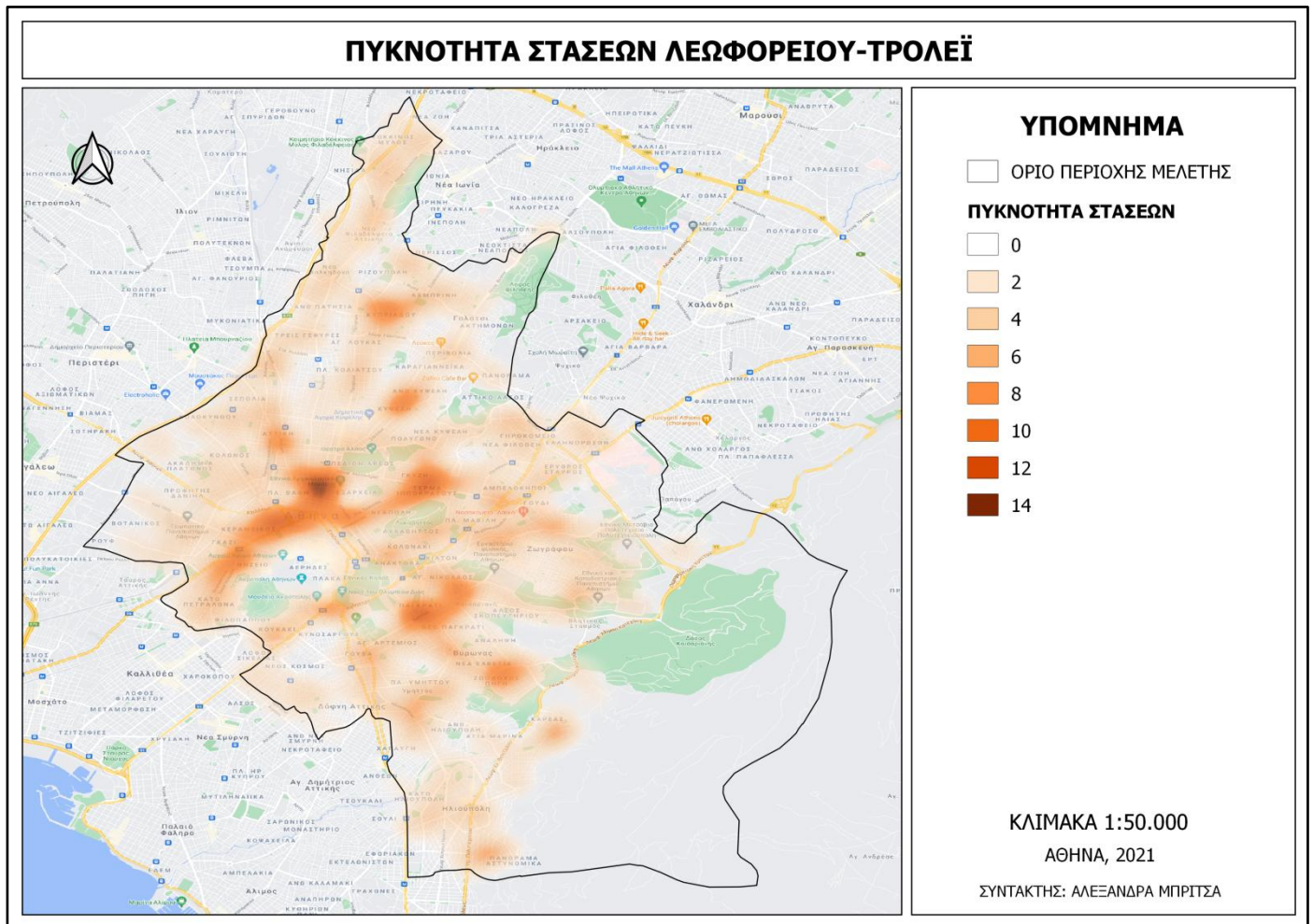
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50.000

ΑΘΗΝΑ, 2021

ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΜΠΡΙΤΣΑ

Χάρτης 2. Στάσεις λεωφορείου-τρόλεϊ στην περιοχή μελέτης.

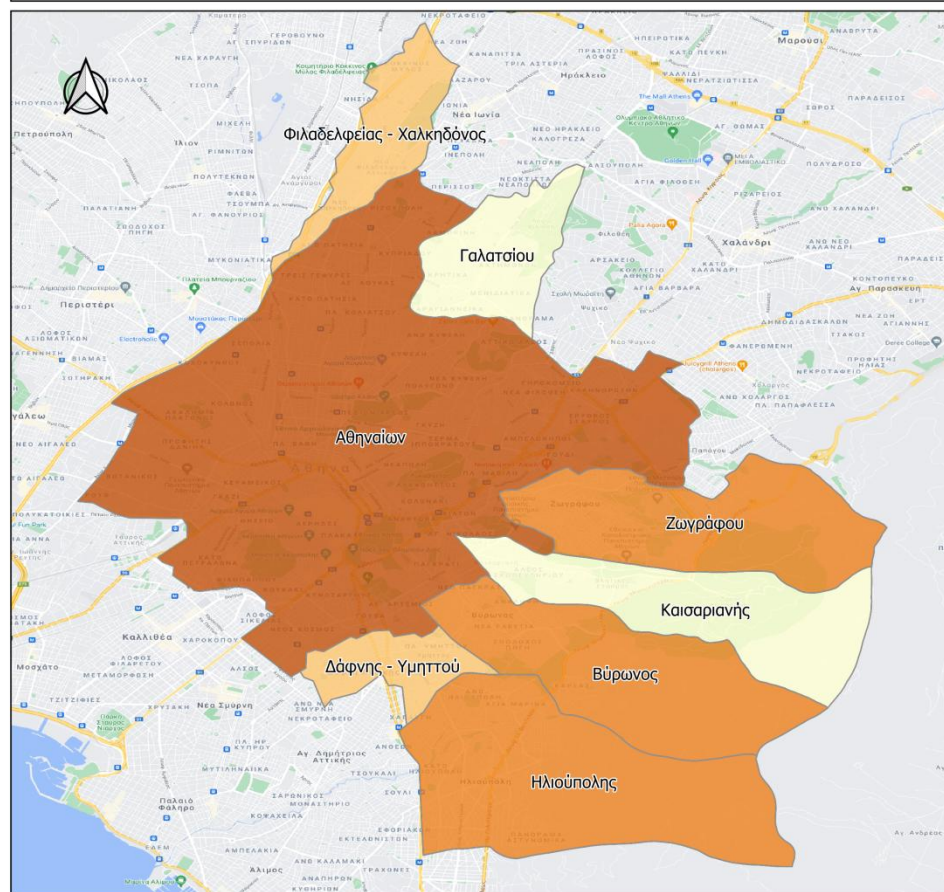
Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν χάρτες στους οποίους παρουσιάζεται η πυκνότητα των στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ για όλη την περιοχή μελέτης αλλά και ανά Δήμο, ώστε να υπάρχει μια καλύτερη εικόνα όσον αφορά τη συγκέντρωσή τους.



Χάρτης 3. Πυκνότητα στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ της περιοχής μελέτης.

Όπως είναι φανερό από τον παραπάνω Χάρτη, μεγαλύτερη πυκνότητα στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ παρατηρείται κυρίως στο κεντρικό και δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, μεγαλύτερη συγκέντρωση στάσεων υπάρχει κοντά στην περιοχή της Ομόνοιας. Κάποιες ακόμη περιοχές που παρατηρείται συγκέντρωση στάσεων είναι στο Γαλάτσι, στην Κυψέλη, στους Αμπελόκηπους (βόρεια του Λυκαβηττού), στο Κέντρο της Αθήνας (κοντά στην Παναγή Τσαλδάρη), στο Παγκράτι, στον Βύρωνα, στον Καρέα και στην Ηλιούπολη. Αντίθετα, στο νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης δεν υπάρχει καμία στάση λεωφορείου-τρόλεϊ, καθώς εκεί βρίσκεται το Δάσος της Καισαριανής.

ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΑΣΕΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΥ-ΤΡΟΛΕΪ ΑΝΑ ΔΗΜΟ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

□ ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΑΣΕΩΝ ΑΝΑ ΔΗΜΟ

□ 24 - 34

□ 34 - 49

□ 49 - 62

□ 62 - 589

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50.000

ΑΘΗΝΑ, 2021

ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΜΠΡΙΤΣΑ

Χάρτης 4. Πυκνότητα στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ της περιοχής μελέτης ανά Δήμο.

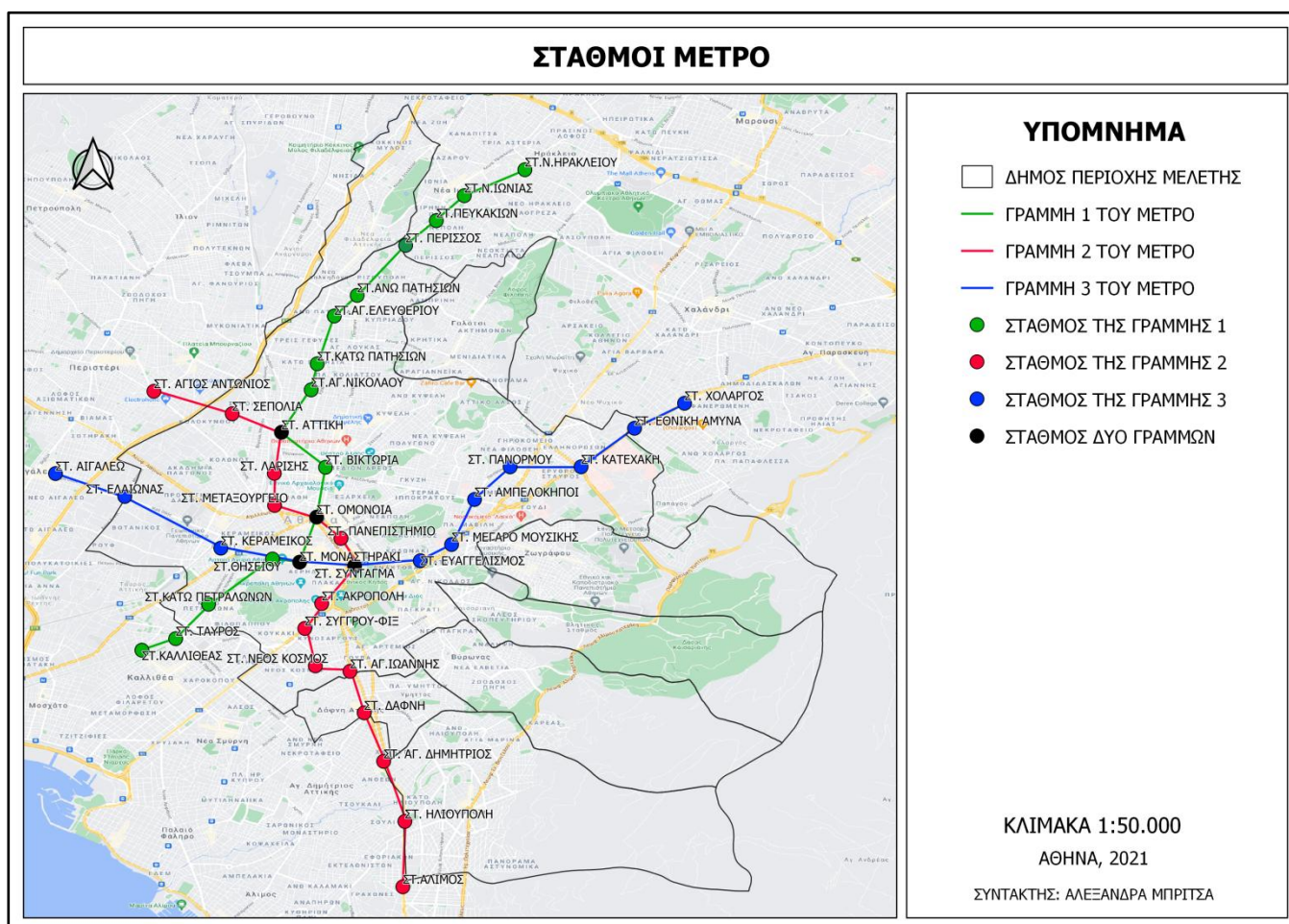
Από τον παραπάνω χάρτη είναι προκύπτει ότι ο Δήμος Αθηναίων περιλαμβάνει σχεδόν τον δεκαπλάσιο αριθμό στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ από τον αμέσως επόμενο Δήμο που είναι ο Δήμος Ηλιούπολης. Οι Δήμοι Ηλιούπολης, Ζωγράφου και Βύρωνα διαθέτουν περίπου ίδιο αριθμό στάσεων. Ακολουθεί ο Δήμος Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας με 49 στάσεις, έπειτα ο Δήμος Δάφνης-Υμηττού με 41 στάσεις, στη συνέχεια ο Δήμος Γαλατσίου με 34 στάσεις και τέλος ο Δήμος Καισαριανής με 24 στάσεις.

3.2.2. Σταθμοί μετρό

Γενικότερα, το δίκτυο μετρό της Αττικής, είναι ένα δίκτυο υπογείων, επιγείων και υπέργειων αστικών σιδηροδρόμων και είναι το μοναδικό μέχρι στιγμής στην Ελλάδα. Αποτελείται από τρεις γραμμές, με 64 συνολικά σταθμούς. Πιο αναλυτικά, η Γραμμή 1 γνωστή και ως “ηλεκτρικός” είναι η παλιότερη σιδηροδρομική γραμμή της Αττικής αποτελείται από 24 σταθμούς και συνδέει το λιμάνι του Πειραιά με την Κηφισιά. Η Γραμμή 2 του μετρό αποτελείται από 20 σταθμούς και συνδέει την Ανθούπολη με το Ελληνικό και η Γραμμή 3 αποτελείται από 24 σταθμούς και ενώνει την Νίκαια με το Αεροδρόμιο “Ελευθέριος Βενιζέλος”.

Στην περιοχή μελέτης εντοπίστηκαν και ψηφιοποιήθηκαν 28 σταθμοί μετρό στο Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών QGIS έχοντας ως υπόβαθρο τον χάρτη του Google Maps. Οι σταθμοί μετρό είναι απαραίτητοι στην ανάλυση προκειμένου να προσδιοριστεί ο κοντινότερος για κάθε στάση λεωφορείου-τρόλεϊ που εντοπίζεται στην περιοχή μελέτης. Έτσι, οι πλησιέστεροι σταθμοί μετρό για τις στάσεις λεωφορείου που βρίσκονται στην περιοχή μελέτης μπορεί να εντοπίζονται εκτός αυτής. Για τον λόγο αυτό ψηφιοποιήθηκαν και μερικοί σταθμοί μετρό που εντοπίζονται εκτός του Κεντρικού Τομέα Αθηνών.

Έτσι, συνολικά οι σταθμοί μετρό που λήφθηκαν υπόψη στη διαδικασία είναι 40 και παρουσιάζονται στον ακόλουθο χάρτη που έχει ως υπόβαθρο το Google Maps.



Χάρτης 5. Σταθμοί μετρό.

3.3. Επιβάτες σταθμών μετρό

Η ανάλυση της προσβασιμότητας βάσει αξιοπιστίας στη συγκεκριμένη εργασία πραγματοποιήθηκε για δύο περιόδους, για την πρωινή περίοδο αιχμής (8:30-9:30 π.μ.) και για την απογευματινή (5:30-6:30 μ.μ.). Για τον υπολογισμό του δείκτη προσβασιμότητας ήταν απαραίτητος ο αριθμός των ατόμων που επιβιβάζονται την πρωινή και την απογευματινή περίοδο αιχμής σε κάθε σταθμό μετρό που λαμβάνεται υπόψη στην ανάλυση της προσβασιμότητας. Τα δεδομένα αυτά λήφθηκαν έπειτα από επεξεργασία του πίνακα Προέλευσης-Προορισμού των σταθμών μετρό για μια καθημερινή του 2020 (την Τρίτη 20 Οκτώβρη), ο οποίος λήφθηκε από τον ΟΑΣΑ. Οι επιβάτες των σταθμών μετρό δίνονταν ανά ώρα. Έτσι, για την πρωινή αιχμή υπολογίστηκε ο μέσος όρος των επιβατών του σταθμού στις 8:00 π.μ., στις 9:00 π.μ. και στις 10:00 π.μ. και για την απογευματινή αιχμή στις 5:00 μ.μ., στις 6:00 μ.μ. και στις 7:00 μ.μ.. Οι μέσοι όροι των ατόμων που επιβιβάζονται σε κάθε σταθμό μετρό για τις δύο περιόδους αιχμής παρουσιάζονται χωρικά στους Χάρτες 6 και 7 και στον Πίνακα 2 (με πράσινο χρώμα έχουν επισημανθεί οι σταθμοί της γραμμής 1, με κόκκινο της γραμμής 2, με μπλε της γραμμής 3 και με γκρι οι σταθμοί από τους οποίους περνάνε δύο γραμμές μετρό).

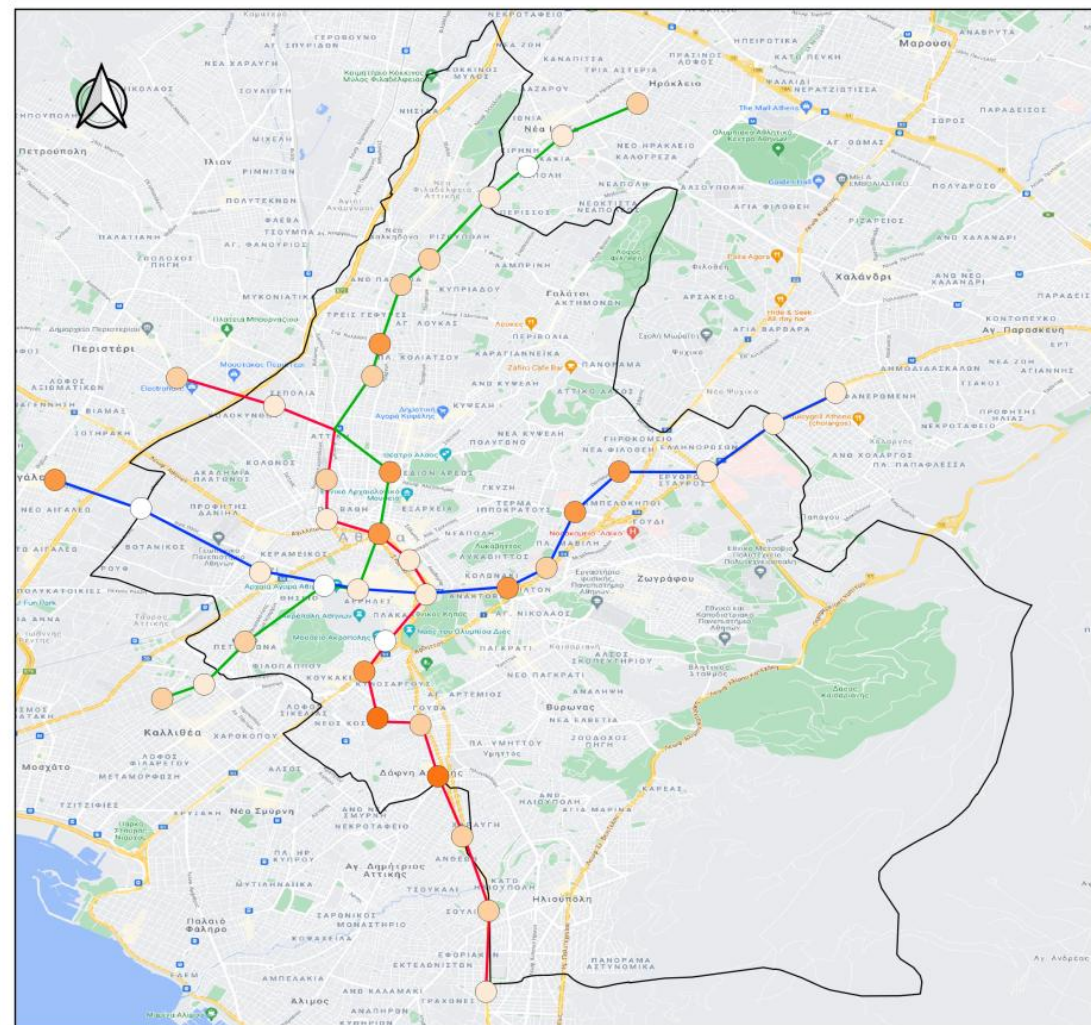
Παρατηρείται πως οι συνολικοί επιβάτες σε πρωινή και απογευματινή αιχμή δεν διαφέρουν πολύ. Ωστόσο, σε επίπεδο στάσεων ο αριθμός των επιβατών για τις δύο περιόδους παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις σε ορισμένους σταθμούς. Οι μεγαλύτερες διαφορές παρατηρούνται στους σταθμούς που εντοπίζονται στο κέντρο της Αθήνας (κεντρικό-δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης) στους οποίους οι επιβάτες κατά την απογευματινή αιχμή είναι αρκετά περισσότεροι από αυτούς κατά την πρωινή αιχμή. Πιο συγκεκριμένα, στον σταθμό Σύνταγμα τα άτομα που επιβιβάζονται κατά την πρωινή περίοδο αιχμή αντιστοιχούν στο 20% αυτών που επιβιβάζονται την απογευματινή, στον σταθμό Μοναστηράκι στο 22%, στον σταθμό Πανεπιστήμιο στο 30% και στον σταθμό Ομόνοια στο 42%. Αξίζει να αναφερθεί πως οι τρεις από τους τέσσερεις προαναφερθέντες σταθμούς είναι σταθμοί από τους οποίους περνάνε δύο γραμμές μετρό. Σημαντικές διαφορές παρατηρούνται και στους σταθμούς Άγιος Νικόλαος, Αττική, Κάτω Πατήσια, Νέος Κόσμος και Δάφνη, στους οποίους οι επιβάτες κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής αντιστοιχούν στο 52%, 56%, 61%, 66% και 67% της πρωινής περιόδου αιχμής αντίστοιχα. Οι μικρότερες διαφορές επιβατών (λιγότερο από 3%) μεταξύ πρωινής και απογευματινής αιχμής εντοπίζονται στους σταθμούς Εθνική Άμυνα, Νέα Ιωνία, Πανόρμου, Κατεχάκη, Συγγρού Φιξ, Άγιος Δημήτριος και Βικτώρια.

Σε επίπεδο γραμμών, συνολικά στους σταθμούς που περνάει η γραμμή 1 επιβιβάζονται την πρωινή αιχμή 6464 και την απογευματινή 5740. Αντίστοιχα στους σταθμούς που περνά η γραμμή 2 7237 και 7522 άτομα και στους σταθμούς που περνά η γραμμή 3 4873 και 6356 άτομα. Μεταξύ των γραμμών φαίνεται πως η γραμμή 2 χρησιμοποιείται περισσότερο τόσο την πρωινή αιχμή όσο και την απογευματινή και η διαφορά μεταξύ πρωινής και απογευματινής αιχμής στη συγκεκριμένη γραμμή είναι αρκετά μικρή. Αντίθετα, η γραμμή 3 χρησιμοποιείται αισθητά περισσότερο κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής.

Πίνακας 2. Μέσος όρος επιβατών των σταθμών μετρό για πρωινή και απογευματινή περίοδο αιχμής.

ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΟ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΕΠΙΒΑΤΩΝ	
	ΠΡΩΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΙΧΜΗΣ (8:00-10:00)	ΑΠΟΓΕΥΜΑΤΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΙΧΜΗΣ (17:00-19:00)
ΣΤ. ΑΓ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ	414	222
ΣΤ. ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	465	244
ΣΤ. ΑΝΩ ΠΑΤΗΣΙΩΝ	466	266
ΣΤ. ΒΙΚΤΩΡΙΑ	652	632
ΣΤ. ΘΗΣΕΙΟΥ	86	140
ΣΤ. ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	448	479
ΣΤ. ΚΑΤΩ ΠΑΤΗΣΙΩΝ	627	383
ΣΤ. ΚΑΤΩ ΠΕΤΡΑΛΩΝΩΝ	415	258
ΣΤ. Ν.ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	440	312
ΣΤ. Ν.ΙΩΝΙΑΣ	299	304
ΣΤ. ΠΕΡΙΣΣΟΣ	291	169
ΣΤ. ΠΕΥΚΑΚΙΩΝ	200	141
ΣΤ. ΤΑΥΡΟΣ	318	227
ΣΤ. ΑΤΤΙΚΗ	1459	815
ΣΤ. ΟΜΟΝΟΙΑ	773	1802
ΣΤ. ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	271	1220
ΣΤ. ΑΓ. ΑΝΤΩΝΙΟΣ	541	353
ΣΤ. ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	437	423
ΣΤ. ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ	440	277
ΣΤ. ΑΚΡΟΠΟΛΗ	125	284
ΣΤ. ΑΛΙΜΟΣ	327	203
ΣΤ. ΔΑΦΝΗ	819	546
ΣΤ. ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	402	246
ΣΤ. ΛΑΡΙΣΗΣ	479	331
ΣΤ. ΜΕΤΑΞΟΥΡΓΕΙΟ	300	273
ΣΤ. ΝΕΟΣ ΚΟΣΜΟΣ	821	540
ΣΤ. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	287	977
ΣΤ. ΣΕΠΟΛΙΑ	357	240
ΣΤ. ΣΥΓΓΡΟΥ-ΦΙΞ	742	730
ΣΤ. ΣΥΝΤΑΓΜΑ	352	1742
ΣΤ. ΑΙΓΑΛΕΩ	657	457
ΣΤ. ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ	720	875
ΣΤ. ΕΘΝΙΚΗ ΑΜΥΝΑ	289	284
ΣΤ. ΕΛΑΙΩΝΑΣ	52	129
ΣΤ. ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΣ	729	803
ΣΤ. ΚΑΤΕΧΑΚΗ	343	355
ΣΤ. ΚΕΡΑΜΕΙΚΟΣ	323	373
ΣΤ. ΜΕΓΑΡΟ ΜΟΥΣΙΚΗΣ	424	622
ΣΤ. ΠΑΝΟΡΜΟΥ	650	643
ΣΤ. ΧΟΛΑΡΓΟΣ	334	298
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	18574	19618

ΕΠΙΒΑΤΕΣ ΑΝΑ ΣΤΑΘΜΟ ΜΕΤΡΟ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΩΙΝΗ ΑΙΧΜΗ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

□ ΟΡΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΕΠΙΒΑΤΕΣ

- < 200
- 200 - 400
- 400 - 600
- 600 - 800
- > 800

ΓΡΑΜΜΗ ΜΕΤΡΟ

- 1
- 2
- 3

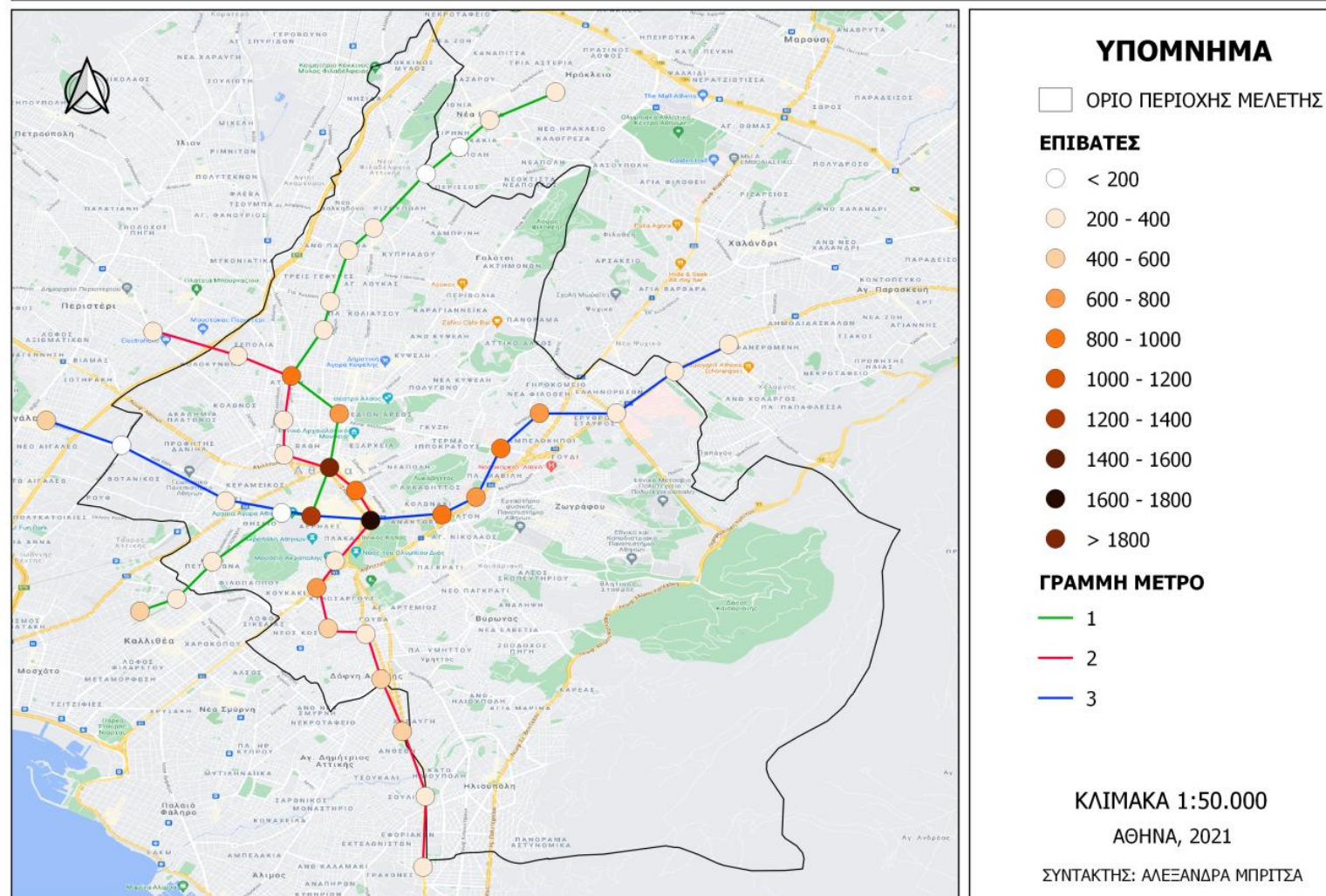
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50.000

ΑΘΗΝΑ, 2021

ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΜΠΡΙΤΣΑ

Χάρτης 6. Επιβάτες ανά σταθμό μετρό (πρωινή περίοδος αιχμής).

ΕΠΙΒΑΤΕΣ ΑΝΑ ΣΤΑΘΜΟ ΜΕΤΡΟ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΓΕΥΜΑΤΙΝΗ ΑΙΧΜΗ



Χάρτης 7. Επιβάτες ανά σταθμό μετρό (απογευματινή περίοδος αιχμής).

3.4. Βαθμός σημαντικότητας σταθμών μετρό

Τα δεδομένα για το βαθμό σημαντικότητας των σταθμών μετρό που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση της προσβασιμότητας βάσει της αξιοπιστίας λήφθηκαν από τη μελέτη των Kopsidas and Keraptsoglou (2021). Ο υπολογισμός του βαθμού σημαντικότητας των σταθμών μετρό στη συγκεκριμένη μελέτη έγινε βάσει της κεντρικότητας ενδιάμεσου (betweenness centrality), της κεντρικότητας εγγύτητας (closeness centrality) και της κεντρικότητας βαθμού (weighted centrality).

Η κεντρικότητα ενδιάμεσου υπολογίζεται ως ο αριθμός όλων των συντομότερων διαδρομών που διέρχονται από τον συγκεκριμένο σταθμό ως προς τις συντομότερες διαδρομές γενικότερα του δικτύου των σταθμών μετρό και έχει υπολογιστεί από τον τύπο:

$$C_B^i = \sum_{s \neq i \neq t \in N} \frac{\sigma_{st}^i}{\sigma_{st}}$$

Η κεντρικότητα εγγύτητας υπολογίζεται ως το αντίστροφο των τετραγωνικών αποστάσεων μεταξύ του σταθμού μετρό και όλων των άλλων, και έχει προσδιοριστεί (έπειτα από κανονικοποίηση) από την ακόλουθη εξίσωση:

$$C_C^i = \frac{n-1}{\sum_{i \neq j \in N} d_{ij}}$$

Η κεντρικότητα βαθμού δείχνει πόσες συνδέσεις έχει ο σταθμός μετρό, λαμβάνοντας υπόψη τα βάρη κάθε σύνδεσης. Υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$C_D^i = \sum_j^n w_{ij} \quad \forall i, j \in N, i \neq j$$

όπου:

$$w_{ij} = \frac{1}{(AD_{ij} - MD_{ij})} \quad \forall i, j \in N, i \neq j$$

όπου:

w_{ij} : βαθμός που συνδέει το σταθμό μετρό i με τον σταθμό μετρό j ,

MD: ο χρόνος ταξιδιού μεταξύ του σταθμού μετρό i και του σταθμού μετρό j χρησιμοποιώντας το μετρό (σε λεπτά),

AD: ο χρόνος ταξιδιού μεταξύ του σταθμού μετρό i και του σταθμού μετρό j χρησιμοποιώντας εναλλακτικούς τρόπους (εκτός του μετρό) (σε λεπτά),

N: ο αριθμός των σταθμών μετρό του δικτύου.

Έτσι, ο τύπος που υπολογίστηκε ο βαθμός σημαντικότητας του σταθμού μετρό είναι:

$$CL_i = \frac{C_B^i * C_C^i}{C_D^i} \quad \forall i \in N$$

Όσο πιο μεγάλος είναι ο βαθμός σημαντικότητας του σταθμού μετρό τόσο περισσότερο απαραίτητος είναι ο σταθμός μετρό για το δίκτυο και για τον ταξιδιώτη.

Πίνακας 3. Βαθμός σημαντικότητας των σταθμών μετρό.

ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΟ	ΒΑΘΜΟΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΣΤ. ΑΓ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ	11035
ΣΤ. ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	15128
ΣΤ. ΑΝΩ ΠΑΤΗΣΙΩΝ	8521
ΣΤ. ΒΙΚΤΩΡΙΑ	15150
ΣΤ. ΘΗΣΕΙΟΥ	8880
ΣΤ. ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	4960
ΣΤ. ΚΑΤΩ ΠΑΤΗΣΙΩΝ	12206
ΣΤ. ΚΑΤΩ ΠΕΤΡΑΛΩΝΩΝ	9497
ΣΤ. Ν.ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	7587
ΣΤ. Ν.ΙΩΝΙΑΣ	5927
ΣΤ. ΠΕΡΙΣΣΟΣ	6558
ΣΤ. ΠΕΥΚΑΚΙΩΝ	6908
ΣΤ. ΤΑΥΡΟΣ	6537
ΣΤ. ΑΤΤΙΚΗ	14008
ΣΤ. ΟΜΟΝΟΙΑ	7179
ΣΤ. ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	15145
ΣΤ. ΑΓ. ΑΝΤΩΝΙΟΣ	2399
ΣΤ. ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	2272
ΣΤ. ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ	4463
ΣΤ. ΑΚΡΟΠΟΛΗ	7513
ΣΤ. ΑΛΙΜΟΣ	1328
ΣΤ. ΔΑΦΝΗ	3441
ΣΤ. ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	1854
ΣΤ. ΛΑΡΙΣΗΣ	427
ΣΤ. ΜΕΤΑΞΟΥΡΓΕΙΟ	648
ΣΤ. ΝΕΟΣ ΚΟΣΜΟΣ	8339
ΣΤ. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	2981
ΣΤ. ΣΕΠΟΛΙΑ	4937
ΣΤ. ΣΥΓΓΡΟΥ-ΦΙΞ	6842
ΣΤ. ΣΥΝΤΑΓΜΑ	7892
ΣΤ. ΑΙΓΑΛΕΩ	5371
ΣΤ. ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ	8591
ΣΤ. ΕΘΝΙΚΗ ΑΜΥΝΑ	3490
ΣΤ. ΕΛΑΙΩΝΑΣ	11233
ΣΤ. ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΣ	10191
ΣΤ. ΚΑΤΕΧΑΚΗ	4949
ΣΤ. ΚΕΡΑΜΕΙΚΟΣ	13258
ΣΤ. ΜΕΓΑΡΟ ΜΟΥΣΙΚΗΣ	9463
ΣΤ. ΠΑΝΟΡΜΟΥ	8313
ΣΤ. ΧΟΛΑΡΓΟΣ	3148
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	288565

3.5. Google Maps API Key

Η Google εδώ και αρκετά χρόνια παρέχει τις υπηρεσίες χαρτών της σε όλο τον κόσμο, μέσω της υπηρεσίας Google Maps. Η Google Maps αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές και πρόκειται για έναν συνδυασμό HTML, JavaScript και CSS. Μία από τις πιο διαδεδομένες λειτουργίες της, είναι η εμφάνιση οδηγιών (directions) μέσω GPS από ένα σημείο αφετηρίας σε ένα σημείο προορισμού. Έτσι, τα δεδομένα των χρόνων εντός του μεταφορικού μέσου, αναμονής και περπατήματος από κάθε στάση της περιοχής μελέτης προς τους σταθμούς μετρό λήφθηκαν από το Google Maps με την εκτέλεση ενός κώδικα που υλοποιήθηκε σε περιβάλλον Python ο οποίος περιγράφεται σε επόμενη υποενότητα.

Η πρόσβαση στα δεδομένα των χαρτών που διαθέτει η Google γίνεται μέσω του Google Maps Application Program Interface (API, διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογής). Για να χρησιμοποιηθεί το Google Maps API στην Python, ήταν απαραίτητη η δημιουργία ενός κλειδιού (Google Maps API Key), το οποίο είναι μια μεγάλη ακολουθία χαρακτήρων. Για την απόκτηση του κλειδιού χρειάζεται η δημιουργία λογαριασμού στη Google και η εγγραφή στο Google APIs Console. Αφού δημιουργήθηκε το Google Maps API Key, από το Google API Console, το οποίο διαθέτει ένα μεγάλο πλήθος βιβλιοθηκών, ενεργοποιήθηκε ένα API, το Directions API. Η βιβλιοθήκη αυτή χρησιμεύει στην εμφάνιση της διαδρομής από ένα σημείο αφετηρία σε ένα σημείο προορισμού, που είναι και το ζητούμενο.

Το Google Maps API Key επιτρέπει συγκεκριμένο αριθμό αιτημάτων προς στους χάρτες της Google, ανάλογα με το ποσό πληρωμής. Λόγω του ότι πρόκειται για νέο χρήστη υπήρχε η δυνατότητα για δωρεάν 80.000 αιτήματα, τα οποία αντιστοιχούν σε 80.000 ζεύγη αφετηρίας-προορισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1. Προσδιορισμός πλησιέστερου σταθμού μετρό

Για την ανάλυση της προσβασιμότητας των στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ στον πλησιέστερο σταθμό μετρό πρέπει αρχικά να βρεθεί το ποιος είναι ο κοντινότερος σταθμός σε κάθε στάση. Έτσι, ο προσδιορισμός του πλησιέστερου σταθμού μετρό επιτεύχθηκε με την εκτέλεση ενός κώδικα που υλοποιήθηκε σε περιβάλλον Python και με την χρήση του Υπολογιστικού φύλλου Excel.

4.1.1. Περιγραφή Κώδικα

Αρχικά, έπειτα από την εισαγωγή των δεδομένων που παρέχονται από τον ΟΑΣΑ στο QGIS (Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών) λήφθηκαν οι συντεταγμένες (γεωγραφικό πλάτος φ, γεωγραφικό μήκος λ) των στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ και των σταθμών μετρό και εισήχθησαν σε ένα αρχείο .txt (points957.txt). Οι πρώτες 917 συντεταγμένες αντιστοιχούν στις στάσεις λεωφορείων-τρόλεϊ και οι επόμενες 40 στους σταθμούς μετρό.

Πρώτο βήμα στον κώδικα ήταν να γίνει η εισαγωγή του αρχείου points957.txt, που όπως προαναφέρθηκε, περιέχει τις συντεταγμένες των 917 στάσεων λεωφορείου και τρόλεϊ και των 40 σταθμών μετρό που παρουσιάστηκαν στον Χάρτη 1 και στον Χάρτη 5 αντίστοιχα.

Έπειτα, ορίστηκαν ως αφετηρία οι (917) στάσεις λεωφορείων και τρόλεϊ και ως προορισμοί οι (40) σταθμοί μετρό.

Στη συνέχεια, με την εισαγωγή του Google Maps API Key (που αναφέρθηκε στην υποενότητα 3.5.) έγινε δυνατή η πρόσβαση στα δεδομένα του Google Maps. Έτσι, για κάθε έναν από τους (917×40) συνδυασμούς μεταξύ στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ και σταθμών μετρό λήφθηκαν οι οδηγίες (directions) που πρέπει να ακολουθήσει ο επιβάτης, ορίζοντας ως ώρα αναχώρησης την Παρασκευή 17 Σεπτεμβρίου στις 17:00.

Με τη χρήση των κατάλληλων εντολών λήφθηκαν από τις οδηγίες (directions) ο συνολικός χρόνος εντός του μέσου μεταφοράς, ο συνολικός χρόνος αναμονής και ο συνολικός χρόνος περπατήματος και ο αριθμός μετεπιβιβάσεων για κάθε συνδυασμό. Τα αποτελέσματα των χρόνων δίνονταν σε λεπτά. Σε αυτό το σημείο σημειώνεται πως λήφθηκε υπόψη και ο αρχικός αναμονής στη στάση.

Έπειτα, τα αποτελέσματα των χρόνων που προέκυψαν καταχωρήθηκαν σε έναν πίνακα ο οποίος και αποθηκεύτηκε σε ένα αρχείο .csv. Έτσι, στο αρχείο περιέχονται για κάθε πιθανό συνδυασμό η αφετηρία, ο προορισμός και οι συντεταγμένες τους (γεωγραφικό πλάτος φ, γεωγραφικό μήκος λ), ο αριθμός μετεπιβιβάσεων και οι συνολικοί χρόνοι εντός του μέσου μεταφοράς, αναμονής και περπατήματος (σε λεπτά).

Ο κώδικας παρουσιάζεται στο *Παράρτημα Α*.

4.1.2. Περιγραφή διαδικασίας στο Excel

Στη συνέχεια, ο πίνακας του αρχείου .csv ανοίχτηκε στο υπολογιστικό φύλλο Excel. Στον πίνακα αυτόν για κάθε μία από τις 917 στάσεις υπάρχουν 40 πιθανοί προορισμοί (σταθμοί μετρό), από τους οποίους πλησιέστερος είναι αυτός που απέχει τον μικρότερο χρόνο συνολικά.

Ο επιβάτης αντιλαμβάνεται διαφορετικά τον χρόνο εντός του μέσου μεταφοράς, αναμονής και περπατήματος γι' αυτό και εφαρμόστηκαν βάρη στους χρόνους αυτούς. Τα βάρη που εφαρμόστηκαν είναι βασισμένα σε μια μελέτη που έγινε στην Αθήνα (Korsidas et al., 2019). Έτσι, θεωρήθηκε πως το 1 λεπτό εντός του μέσου μαζικής μεταφοράς αντιστοιχεί σε 1,37 λεπτά αναμονής και σε 1,37 λεπτά περπατήματος. Έπειτα από την εφαρμογή των βαρών οι χρόνοι αυτοί αθροίστηκαν και προέκυψε ο συνολικός χρόνος διαδρομής για κάθε έναν από τους συνδυασμούς στάσης λεωφορείου-σταθμού μετρό. Άρα, ο συνολικός χρόνος ταξιδιού για κάθε συνδυασμό στάσης λεωφορείου-σταθμού μετρό υπολογίστηκε βάση του τύπου:

$$TT_{i,j} = TT_{i,j \text{ εντός MMM}} + 1,37 \cdot TT_{i,j \text{ αναμονής}} + 1,37 \cdot TT_{i,j \text{ περπατήματος}}$$

όπου:

i : αφετηρία (στάση λεωφορείου-τρόλεϊ),

j : προορισμός (σταθμός μετρό),

$TT_{i,j}$: συνολικός χρόνος μεταξύ αφετηρίας i-προορισμού j,

$TT_{i,j \text{ εντός MMM}}$: χρόνος εντός μέσου μαζικής μεταφοράς της διαδρομής αφετηρίας i-προορισμού j,

$TT_{i,j \text{ αναμονής}}$: χρόνος αναμονής της διαδρομής αφετηρίας i-προορισμού j και

$TT_{i,j \text{ περπατήματος}}$: χρόνος περπατήματος της διαδρομής αφετηρίας i-προορισμού j

Έτσι, για κάθε στάση λεωφορείου-τρόλεϊ υπολογίστηκαν 40 χρόνοι ταξιδιού (ένας για κάθε σταθμό μετρό), από τους οποίους ο μικρότερος χρόνος αντιστοιχεί στον πλησιέστερο σταθμό μετρό της στάσης. Με αυτόν τον τρόπο προσδιορίστηκε ο πλησιέστερος σταθμός μετρό για κάθε στάση λεωφορείου-τρόλεϊ.

4.2. Χρόνος ταξιδιού

Προκειμένου να υπολογιστεί η προσβασιμότητα και η αξιοπιστία κάθε στάσης στον κοντινότερο μετρό δεν αρκεί μόνο μια μέτρηση του χρόνου ταξιδιού για τα ζεύγη στάση λεωφορείου(ή τρόλεϊ)-κοντινότερος σταθμός μετρό. Πρέπει να συλλεχθούν τουλάχιστον 15-20 μετρήσεις του χρόνου ταξιδιού για τα ζεύγη αυτά, ώστε να θεωρηθεί το δείγμα καλό και να μπορεί να γίνει στατιστική ανάλυση αυτού. Για να υπολογιστεί ο χρόνος ταξιδιού, όπως έχει προαναφερθεί, χρειάζεται να προσδιοριστούν ο χρόνος εντός του μέσου μαζικής μεταφοράς, ο χρόνος αναμονής, και ο χρόνος περπατήματος (Hillman και Pool, 1997).

Έτσι, οι χρόνοι εντός του μέσου μεταφοράς, αναμονής και περπατήματος υπολογίστηκαν για τα ζεύγη στάση λεωφορείου(ή τρόλεϊ)-κοντινότερος σταθμός μετρό κάθε μέρα από τη Δευτέρα 20 Σεπτεμβρίου 2021 μέχρι την Πέμπτη 23 Σεπτεμβρίου 2021 για την πρωινή περίοδο αιχμής (8:30-9:30) και την απογευματινή περίοδο αιχμής (5:30-6:30) με χρονικό βήμα 15 λεπτά (για να ληφθεί υπόψη η διακύμανση), εκτελώντας τον κώδικα περιγράφηκε στην υποενότητα 4.1.1. στην Python με κάποιες τροποποιήσεις (*Παράρτημα Β*).

Μια τροποποίηση που πραγματοποιήθηκε ήταν ότι πέρα από τον χρόνο εντός του μέσου μαζικής μεταφοράς, τον χρόνο αναμονής, τον χρόνο περπατήματος και τον αριθμό μετεπιβιβάσεων λήφθηκε και ο τύπος και η γραμμή επιβίβασης για κάθε ζεύγος.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι, στο Google Maps, οι οδηγίες και κατ' επέκταση οι χρόνοι που υπολογίζονται για την διαδρομή από ένα σημείο σε ένα άλλο ορίζοντας μια συγκεκριμένη ώρα αναχώρησης (στο μέλλον) είναι εκτιμήσεις που βασίζονται στο GTFS και δε λαμβάνουν υπόψη την κυκλοφοριακή συμφόρηση π.χ. ο χρόνος από ένα σημείο Α σε ένα σημείο Β στις 8.30 π.μ. είναι ο ίδιος για κάθε καθημερινή και επομένως δεν μπορεί να εκτιμηθεί η αξιοπιστία με αυτόν τον τρόπο (δηλαδή ορίζοντας συγκεκριμένη ώρα αναχώρησης). Ωστόσο, αν στο Google Maps ως ώρα αναχώρησης οριστεί η επιλογή “Αναχώρηση Τώρα” οι χρόνοι λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο και επομένως είναι επηρεασμένοι από την κίνηση άρα μπορεί να γίνει λόγος για αξιοπιστία. Για τον λόγο αυτό, ο κώδικας εκτελέστηκε σε πραγματικό χρόνο για τις χρονικές στιγμές που προαναφέρθηκαν και ορίστηκε ως ώρα αναχώρησης η επιλογή “now” (βλ. *Παράρτημα Β*).

Δηλαδή, εκτελέστηκε ο κώδικας που περιγράφηκε στην υποενότητα 4.1.1. αλλά σε πραγματικό χρόνο, λαμβάνοντας ορισμένες παραπάνω πληροφορίες για τη διαδρομή και μόνο για τα ζεύγη στάση λεωφορείου(ή τρόλεϊ)-κοντινότερος σταθμός μετρό, δηλαδή μόνο για 917×1 συνδυασμούς. Σημειώνεται πως για διευκόλυνση στην εκτέλεση του κώδικα οι στάσεις ταξινομήθηκαν εκ νέου σε ομάδες ανάλογα με τον πλησιέστερο σταθμό. Στο *Παράρτημα Β* παρουσιάζεται ενδεικτικά ο κώδικας για τις 10 στάσεις που είχαν ως προορισμό τον σταθμό μετρό Κάτω Πατήσια.

Για κάθε φορά που εκτελούνταν ο κώδικας δηλαδή για κάθε χρονική στιγμή δημιουργούνταν ένα αρχείο .csv που περιλάμβανε την αφετηρία, τον προορισμό και τις συντεταγμένες τους (γεωγραφικό πλάτος φ, γεωγραφικό μήκος λ), τον αριθμό μετεπιβιβάσεων, τους συνολικούς χρόνους εντός του μέσου μεταφοράς, αναμονής και περπατήματος (σε λεπτά), τον τύπο και το όνομα της γραμμής επιβίβασης.

Συνολικά τα αρχεία ήταν 40 και ενώθηκαν ανά 20 (καθώς τα 20 αφορούσαν την πρωινή περίοδο αιχμής και τα άλλα 20 την απογευματινή) και έτσι προέκυψαν δύο αρχεία, ένα αρχείο για κάθε περίοδο αιχμής (πρωινή και απογευματινή αντίστοιχα), που κάθε ένα περιέχει ένα μεγάλο πίνακα που είχε ως στήλες την αφετηρία, τον προορισμό και τις συντεταγμένες τους (γεωγραφικό πλάτος φ, γεωγραφικό μήκος λ) και για κάθε χρονική στιγμή τον αριθμό μετεπιβιβάσεων, τους συνολικούς χρόνους εντός του μέσου μεταφοράς, αναμονής και περπατήματος (σε λεπτά), τον τύπο και το όνομα της γραμμής επιβίβασης για τα ζεύγη Προέλευσης-Προορισμού. Τα δεδομένα των πινάκων αυτών, στη συνέχεια, τέθηκαν σε περαιτέρω επεξεργασία προκειμένου να αναλυθεί η προσβασιμότητα και η αξιοπιστία της κάθε στάσης.

4.3. Λεωφορειακές γραμμές - γραμμές τρόλεϊ στη στάση

Παρατηρήθηκε ότι σε αρκετές στάσεις ο ταξιδιώτης ορισμένες φορές προκειμένου να φτάσει στον πλησιέστερο σταθμό μετρό δίνεται η οδηγία από το Google Maps να χρησιμοποιήσει κάποιο μέσο μαζικής μεταφοράς το οποίο όμως δεν περνάει από τη στάση που έχει οριστεί ως αφετηρία. Αυτό σημαίνει ότι ο ταξιδιώτης χρειάζεται να περπατήσει και να πάει σε άλλη στάση προκειμένου να φτάσει στο κοντινότερο σταθμό μετρό. Το γεγονός αυτό επηρεάζει την αξιοπιστία της στάσης. Για να προσδιοριστούν οι στάσεις αυτές ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία.

Από τον ΟΑΣΑ διατίθεται ένα αρχείο Excel το οποίο περιλαμβάνει πληροφορίες για τις γραμμές, για τους κλάδους-διαδρομές, τις στάσεις και την αλληλουχία των στάσεων. Για να προσδιοριστούν οι λεωφορειακές γραμμές και οι γραμμές τρόλεϊ που περνάνε από κάθε στάση εκτελέστηκε ένας κώδικας ο οποίος γράφτηκε σε Visual Basic (Παράρτημα Γ). Το αποτέλεσμα έπειτα από την εκτέλεση του κώδικα ήταν ένας πίνακας της μορφής:

Πίνακας 4. Απόσπασμα του πίνακα που δημιουργήθηκε για τις γραμμές που διέρχονται από κάθε στάση της περιοχής μελέτης.

ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	ΣΤΡΟΦΗ	ΚΟΚΚΙΝΑΚΗ	ΑΓ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ	ΠΑΠΑΝΤΩΝΙΟΥ	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	ΠΕΖΟΔΡΟΜΟΣ
060902	060907	060908	060909	060910	069055	060956
6	6	6	6	6	24	24
500	703	703	24	24	735	735
B9	755	755	500	500	755	755
	B9	B9	755	755		
			B9	B9		

Η πρώτη γραμμή του πίνακα αποτελεί το όνομα της κάθε στάσης, η δεύτερη γραμμή αντιστοιχεί στον κωδικό της και οι υπόλοιπες γραμμές της κάθε στήλης είναι οι λεωφορειακές γραμμές-γραμμές τρόλεϊ που περνάνε από την συγκεκριμένη στάση.

Έπειτα, για κάθε στάση συνδυάζοντας τα αποτελέσματα των γραμμών που επιβιβάζεται ο ταξιδιώτης (από εκτέλεση του κώδικα στην Python), και των γραμμών που περνάνε από την συγκεκριμένη στάση (από εκτέλεση του κώδικα στη Visual Basic), έγινε καταμέτρηση για το πόσες φορές ο ταξιδιώτης χρησιμοποιεί κάποιο μέσο μαζικής μεταφοράς που περνά από τη στάση και δημιουργήθηκαν νέα αρχεία με τα δεδομένα αυτά.

4.4. Δείκτες

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της προσβασιμότητας του συστήματος των αστικών συγκοινωνιών με βάση την αξιοπιστία. Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκαν δείκτες προσβασιμότητας και αξιοπιστίας, οι οποίοι στη συνέχεια συνδυάστηκαν κατάλληλα προκειμένου να προκύψουν συμπεράσματα για την προσβασιμότητα και την αξιοπιστία του συστήματος αστικών συγκοινωνιών.

4.4.1. Δείκτης προσβασιμότητας

Στο συγκεκριμένο στάδιο επιχειρείται η ανάπτυξη ενός δείκτη προσβασιμότητας λαμβάνοντας υπόψη τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 2.

Ο συγκεκριμένος δείκτης αναπτύχθηκε βάσει της μελέτης των Bimrou και Ferguson (2020). Πιο συγκεκριμένα, στη μελέτη τους, προκειμένου να αναπτύξουν έναν δείκτη προσβασιμότητας που να λαμβάνει υπόψη την αξιοπιστία βασίστηκαν στη γενική μορφή των τύπων προσβασιμότητας που βασίζονται στη θέση, δηλαδή:

$$A_{i \Rightarrow j} = S_j \cdot f(TT)$$

όπου:

S_j : ο αριθμός των ευκαιριών στη ζώνη j και

$f(TT)$: η συνάρτηση του χρόνου μετακίνησης

Αντικατέστησαν τις ευκαιρίες με τον αριθμό 1, γιατί στη συγκεκριμένη έρευνα υπήρχε μόνο ένας προορισμός (ένα νοσοκομείο) και επομένως θεωρήθηκαν ίσες με τη μονάδα ($S_j = 1$) για λόγους απλότητας. Στη συνάρτηση του χρόνου μετακίνησης στον απλό δείκτη προσβασιμότητας αντικατέστησαν το 95^ο εκατοστημόριο του χρόνου ταξιδιού.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, στην παρούσα διπλωματική εργασία εφαρμόστηκε ένας δείκτης που βασίζεται στην θέση και λαμβάνει υπόψη την ελκυστικότητα του προορισμού και τον χρόνο ταξιδιού μεταξύ αφετηρίας-προορισμού.

Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης ο οποίος αναπτύχθηκε και βάσει του οποίου υπολογίστηκε η προσβασιμότητα είναι ο παρακάτω:

$$Acc_{i \Rightarrow j} = \frac{CL_j \cdot Att_j}{TT_{ij}}$$

όπου:

i : αφετηρία (στάση λεωφορείου-τρόλεϊ),

j : προορισμός (πλησιέστερος σταθμός μετρό σε κάθε στάση λεωφορείου-τρόλεϊ),

$Acc_{i \Rightarrow j}$: η προσβασιμότητα από την στάση λεωφορείου-τρόλεϊ i στον πλησιέστερο σταθμό μετρό (σε αυτή) j ,

Att_j : ο αριθμός των ατόμων που επιβιβάζονται στον πλησιέστερο σταθμό μετρό (όπως προκύπτει από τον Πίνακα 2) *Σημείωση*: ανάλογα με την περίοδο αιχμής που μελετάται η προσβασιμότητα λαμβάνεται και η αντίστοιχη τιμή από τον Πίνακα 2,

CL_j : ο βαθμός σημαντικότητας (Criticality Level) του προορισμού, δηλαδή του σταθμού μετρό j , (ο οποίος προέκυψε από τον Πίνακα 3, εκφρασμένος ως ποσοστό

του συνόλου του βαθμού σημαντικότητας των σταθμών του πίνακα, εκτός των σταθμών Αιγάλεω, Ηράκλειο και Καλλιθέα διότι αυτοί δε θεωρήθηκαν πλησιέστεροι για καμία στάση).

Σημείωση: ο βαθμός σημαντικότητας εφαρμόστηκε σαν βάρος στον αριθμό των επιβατών για να προσδιοριστεί ο αριθμός των επιβατών που οπωσδήποτε θέλουν να επιβιβαστούν στον συγκεκριμένο σταθμό μετρό,

TT_{ij} : ο μέσος όρος του χρόνου ταξιδιού από την στάση λεωφορείου-τρόλεϊ i στον πλησιέστερο σταθμό μετρό (σε αυτή) j .

Ο συνολικός χρόνος ταξιδιού για κάθε ζεύγος για κάθε χρονική στιγμή που έχει ληφθεί το δείγμα, όπως έχει προαναφερθεί και την υποενότητα 4.1.2., υπολογίζεται βάση του τύπου:

$$TT_{i,j} = TT_{i,j \text{ εντός MMM}} + 1,37 \cdot TT_{i,j \text{ αναμονής}} + 1,37 \cdot TT_{i,j \text{ περπατήματος}}$$

όπου:

i : αφετηρία (στάση λεωφορείου-τρόλεϊ),

j : προορισμός (σταθμός μετρό),

$TT_{i,j}$: συνολικός χρόνος μεταξύ αφετηρίας i -προορισμού j ,

$TT_{i,j \text{ εντός MMM}}$: χρόνος εντός του μέσου μαζικής μεταφοράς της διαδρομής αφετηρίας i -προορισμού j ,

$TT_{i,j \text{ αναμονής}}$: χρόνος αναμονής της διαδρομής αφετηρίας i -προορισμού j και

$TT_{i,j \text{ περπατήματος}}$: χρόνος περπατήματος της διαδρομής αφετηρίας i -προορισμού j

Σημείωση: αν ο χρόνος εντός του μέσου μαζικής μεταφοράς και ο χρόνος αναμονής είναι μηδενικοί και άρα ο χρόνος ταξιδιού αντιστοιχεί μόνο στο περπάτημα τότε ο χρόνος αυτός δεν υπολογίζεται, διότι σε αυτή την εργασία εξετάζεται η προσβασιμότητα με τη χρήση μέσων μαζικής μεταφοράς και αν ο χρόνος αυτός συμπεριληφθεί στον υπολογισμό του μέσου όρου του χρόνου ταξιδιού τότε θα υπάρχει σφάλμα.

Βάσει των παραπάνω υπολογίστηκε ο δείκτης προσβασιμότητας για κάθε ζεύγος για κάθε περίοδο αιχμής.

4.4.2. Δείκτης αξιοπιστίας

Όσον αφορά την αξιοπιστία, όπως προαναφέρθηκε και στην υποενότητα 2.2.3., ο δείκτης βάσει του οποίου μπορεί να εκτιμηθεί προτείνεται να επιλέγεται βάσει της κατανομής που ακολουθεί το δείγμα. Τα δείγματα της συγκεκριμένης μελέτης ακολουθούσαν διαφορετικές κατανομές και θεωρήθηκε προτιμότερο να υλοποιηθούν τρεις διαφορετικοί δείκτες αξιοπιστίας (οι οποίοι στη συνέχεια συγκρίθηκαν) για κάθε ζεύγος Προέλευσης-Προορισμού, για κάθε περίοδο αιχμής. Σημειώνεται πως το αποτέλεσμα του δείκτη είναι καθαρός αριθμός. Οι τρεις αυτοί δείκτες είναι οι εξής:

- Δείκτης πρόσθετου χρόνου βασισμένου στον μέσο όρο (average-based BTI):

$$\Delta\Pi X_{\mu.o.i,j} = \frac{TT_{95_{i,j}} - TT_{i,j}}{TT_{i,j}}$$

όπου:

i : αφετηρία (στάση λεωφορείου-τρόλεϊ),

j : προορισμός (πλησιέστερος σταθμός μετρό),

$TT_{i,j}$: ο μέσος χρόνος ταξιδιού όπως υπολογίστηκε στην υποενότητα (4.4.1.) και

$TT_{95_{i,j}}$: το 95° εκατοστημόριο του χρόνου ταξιδιού (για κάθε περίοδο αιχμής).

- Δείκτης πρόσθετου χρόνου βασισμένου στη διάμεσο (median-based BTI):

$$\Delta\Pi X_{\delta_{i,j}} = \frac{TT_{95_{i,j}} - TT_{50_{i,j}}}{TT_{50_{i,j}}}$$

όπου:

i : αφετηρία (στάση λεωφορείου-τρόλεϊ),

j : προορισμός (πλησιέστερος σταθμός μετρό),

$TT_{95_{i,j}}$: το 95° εκατοστημόριο του χρόνου ταξιδιού (για κάθε περίοδο αιχμής) και

$TT_{50_{i,j}}$: το 50° εκατοστημόριο του χρόνου ταξιδιού (για κάθε περίοδο αιχμής).

- λ-διακύμανση:

$$\lambda_{\text{διακύμανση } i,j} = \frac{TT_{90_{i,j}} - TT_{10_{i,j}}}{TT_{50_{i,j}}}$$

i : αφετηρία (στάση λεωφορείου-τρόλεϊ),

j : προορισμός (πλησιέστερος σταθμός μετρό),

$TT_{90_{i,j}}$: το 90° εκατοστημόριο του χρόνου ταξιδιού (για κάθε περίοδο αιχμής)

$TT_{10_{i,j}}$: το 10° εκατοστημόριο του χρόνου ταξιδιού (για κάθε περίοδο αιχμής) και

$TT_{50_{i,j}}$: το 50° εκατοστημόριο του χρόνου ταξιδιού (για κάθε περίοδο αιχμής).

Σημείωση: το 95°, το 90°, το 50° και το 10° εκατοστημόριο του χρόνου ταξιδιού υπολογίστηκε με τη βοήθεια της συνάρτησης percentile στο Excel. Όπως και στην περίπτωση του μέσου όρου έτσι και εδώ δε συμπεριλήφθηκαν στους υπολογισμούς των εκατοστημορίων οι χρόνοι ταξιδιού που αντιστοιχούσαν μόνο σε χρόνο περπατήματος).

Έτσι, βάσει των παραπάνω υπολογίστηκε ο $\Delta\Pi X_{\mu.o.}$, ο $\Delta\Pi X_{\delta}$, και ο λ διακύμανση για κάθε ζεύγος για κάθε περίοδο αιχμής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1. Πλησιέστερος σταθμός μετρό

Αφού εκτελέστηκε ο κώδικας που περιγράφηκε στην υποενότητα 4.1.1. προσδιορίστηκαν οι πλησιέστεροι σταθμοί μετρό για κάθε στάση. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται για πόσες στάσεις λεωφορείου-τρόλεϊ θεωρείται πλησιέστερος ο κάθε σταθμός μετρό. Με πράσινο έχουν επισημανθεί οι σταθμοί της γραμμής 1, με κόκκινο της γραμμής 2 και με μπλε της γραμμής 3, ενώ με γκρι χρώμα έχουν υπογραμμιστεί οι σταθμοί που περνάνε δύο γραμμές.

Είναι φανερό πως ο σταθμός που θεωρείται πλησιέστερος για τις περισσότερες στάσεις λεωφορείου-τρόλεϊ που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης είναι ο σταθμός Ευαγγελισμός και μάλιστα με μεγάλη διαφορά (διπλάσια) από τον αμέσως επόμενο ο οποίος είναι ο σταθμός Βικτώρια. Πιο συγκεκριμένα, για 145 στάσεις (16% των συνολικών στάσεων) ο σταθμός Ευαγγελισμός θεωρείται πλησιέστερος και για 64 (7% των συνολικών στάσεων) ο σταθμός Βικτώρια.

Ο σταθμός Μοναστηράκι θεωρείται κοντινότερος μόνο για μία στάση. Αυτό είναι λογικό καθώς υπάρχουν ελάχιστες στάσεις λεωφορείου-τρόλεϊ στην περιοχή που βρίσκεται το συγκεκριμένο μετρό (αξίζει να σημειωθεί πως υπάρχουν δύο στάσεις οι οποίες βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 150 μέτρων από τον σταθμό και έχουν αφαιρεθεί από τη διαδικασία όπως έχει αναφερθεί στην υποενότητα 3.2.1.).

Οι σταθμοί Αιγάλεω, Ηράκλειο και Καλλιθέα δεν είναι πλησιέστεροι για καμία από τις στάσεις της περιοχής μελέτης. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας του ότι πρόκειται για σταθμούς που λήφθηκαν υπόψη στη διαδικασία εύρεσης του κοντινότερου σταθμού αλλά βρίσκονται αρκετά εκτός της περιοχής μελέτης.

Το αντίθετο συμβαίνει με τους σταθμούς Νέα Ιωνία, Πευκάκια και Ταύρος, οι οποίοι παρόλο που δεν είναι εντός του Κεντρικού Τομέα Αθηνών θεωρούνται κοντινότεροι για ορισμένες στάσεις λεωφορείου-τρόλεϊ (13, 6 και 2 στάσεις αντίστοιχα).

Ωστόσο, οι σταθμοί Αιγάλεω, Ηράκλειο και Καλλιθέα βρίσκονται πιο μακριά από τον Κεντρικό Τομέα Αθηνών σε σχέση με τους σταθμούς Νέα Ιωνία, Πευκάκια και Ταύρος.

Συνολικά για 295 στάσεις λεωφορείου-τρόλεϊ θεωρείται πλησιέστερος κάποιος σταθμός μετρό που βρίσκεται στην γραμμή 1, για 338 στάσεις κάποιος που βρίσκεται στην γραμμή 2 και για 349 στάσεις κάποιος που βρίσκεται στην γραμμή 3 (οι σταθμοί από τους οποίους περνάνε δύο γραμμές έχουν συνυπολογιστεί και στις δύο γραμμές). Οι αριθμοί των στάσεων (295, 338, 349) δε διαφέρουν πολύ και αυτό δείχνει πως υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ των γραμμών μετρό και πως παρόλο που ο σταθμός Ευαγγελισμός, από τον οποίο περνάει η γραμμή 3, θεωρείται πλησιέστερος για μεγάλο αριθμό στάσεων, υπάρχουν αρκετοί σταθμοί στις άλλες γραμμές που θεωρούνται πλησιέστεροι για τις υπόλοιπες στάσεις λεωφορείου-τρόλεϊ.

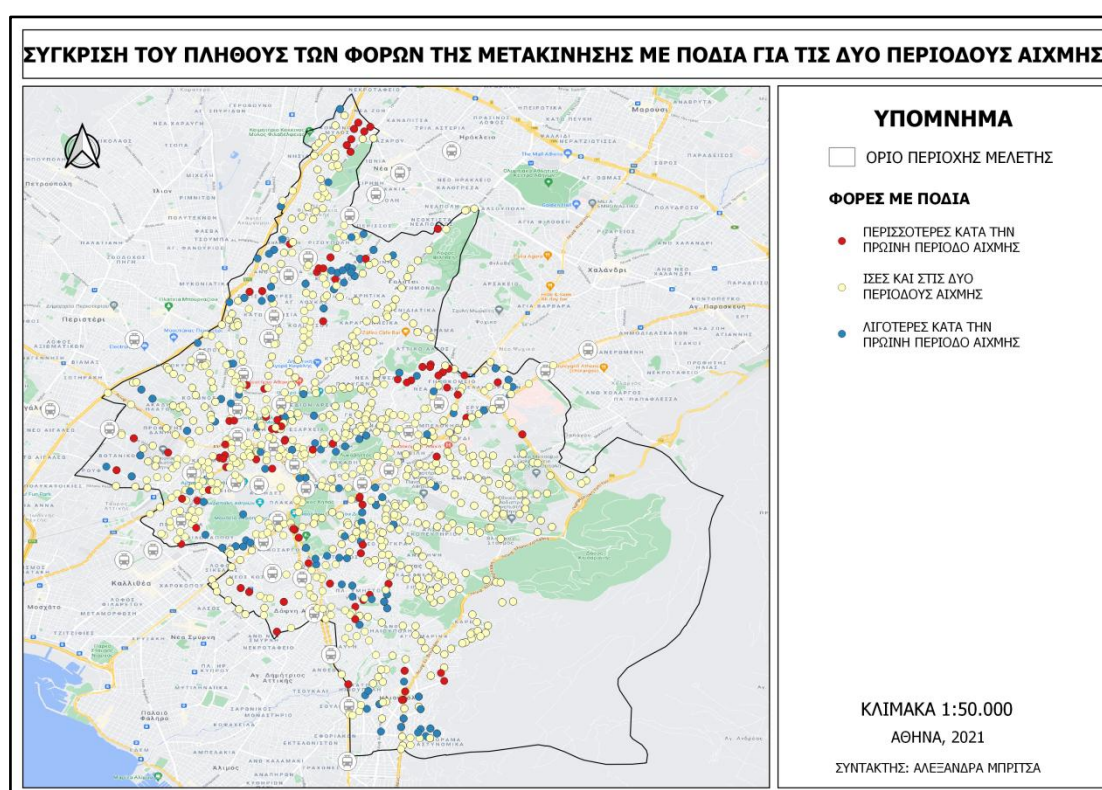
Πίνακας 5. Αριθμός στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ που θεωρείται πλησιέστερος ο κάθε σταθμός μετρό.

Σταθμός Μετρό	Αριθμός στάσεων για τις οποίες θεωρείται πλησιέστερος σταθμός	Ποσοστό του συνόλου
ΣΤ. Ν.ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0	0,00%
ΣΤ. ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	0	0,00%
ΣΤ. ΑΙΓΑΛΕΩ	0	0,00%
ΣΤ. ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	1	0,11%
ΣΤ. ΤΑΥΡΟΣ	2	0,22%
ΣΤ. ΧΟΛΑΡΓΟΣ	4	0,44%
ΣΤ. ΕΘΝΙΚΗ ΑΜΥΝΑ	4	0,44%
ΣΤ. ΠΕΥΚΑΚΙΩΝ	6	0,65%
ΣΤ. ΑΓ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ	8	0,87%
ΣΤ. ΑΓ. ΑΝΤΩΝΙΟΣ	8	0,87%
ΣΤ. ΑΛΙΜΟΣ	9	0,98%
ΣΤ. ΛΑΡΙΣΗΣ	9	0,98%
ΣΤ. ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	10	1,09%
ΣΤ. ΝΕΟΣ ΚΟΣΜΟΣ	10	1,09%
ΣΤ. ΘΗΣΕΙΟΥ	11	1,20%
ΣΤ. Ν.ΙΩΝΙΑΣ	13	1,42%
ΣΤ. ΣΥΝΤΑΓΜΑ	13	1,42%
ΣΤ. ΣΕΠΟΛΙΑ	13	1,42%
ΣΤ. ΑΚΡΟΠΟΛΗ	13	1,42%
ΣΤ. ΕΛΑΙΩΝΑΣ	14	1,53%
ΣΤ. ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	17	1,85%
ΣΤ. ΜΕΓΑΡΟ ΜΟΥΣΙΚΗΣ	19	2,07%
ΣΤ. ΠΕΡΙΣΣΟΣ	19	2,07%
ΣΤ. ΚΑΤΩ ΠΕΤΡΑΛΩΝΩΝ	20	2,18%
ΣΤ. ΚΑΤΕΧΑΚΗ	22	2,40%
ΣΤ. ΑΤΤΙΚΗ	25	2,73%
ΣΤ. ΣΥΓΓΡΟΥ-ΦΙΞ	25	2,73%
ΣΤ. ΟΜΟΝΟΙΑ	26	2,84%
ΣΤ. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	27	2,94%
ΣΤ. ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	28	3,05%
ΣΤ. ΜΕΤΑΞΟΥΡΓΕΙΟ	30	3,27%
ΣΤ. ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ	34	3,71%
ΣΤ. ΚΕΡΑΜΕΙΚΟΣ	36	3,93%
ΣΤ. ΠΑΝΟΡΜΟΥ	38	4,14%
ΣΤ. ΚΑΤΩ ΠΑΤΗΣΙΩΝ	40	4,36%
ΣΤ. ΑΝΩ ΠΑΤΗΣΙΩΝ	50	5,45%
ΣΤ. ΔΑΦΝΗ	51	5,56%
ΣΤ. ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ	53	5,78%
ΣΤ. ΒΙΚΤΩΡΙΑ	64	6,98%
ΣΤ. ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΣ	145	15,81%

5.2. Μετακίνηση ως πεζός

5.2.1. Σύγκριση Πρωινής –Απογευματινής περιόδου αιχμής

Από τα δεδομένα παρατηρήθηκε πως από αρκετές στάσεις σε όλες τις χρονικές στιγμές (για την περίοδο αιχμής που μελετιόταν κάθε φορά) η πρόσβαση στον κοντινότερο σταθμό μετρό γινόταν αποκλειστικά με τα πόδια, δηλαδή ο χρόνος ταξιδιού ήταν ίσος με τον χρόνο περπατήματος. Επιπλέον, από κάποιες άλλες στάσεις ορισμένες φορές η πρόσβαση στον πλησιέστερο σταθμό γινόταν αποκλειστικά με τα πόδια και τις υπόλοιπες φορές με τη χρήση κάποιου μέσου μεταφοράς. Ακολουθεί ένας χάρτης στον οποίον παρουσιάζεται σε ποιες στάσεις το πλήθος των φορών που η μετακίνηση πραγματοποιείται μόνο με τα πόδια είναι μεγαλύτερο για την πρωινή περίοδο αιχμής σε ποιες για την απογευματινή και σε ποιες είναι ίσο.



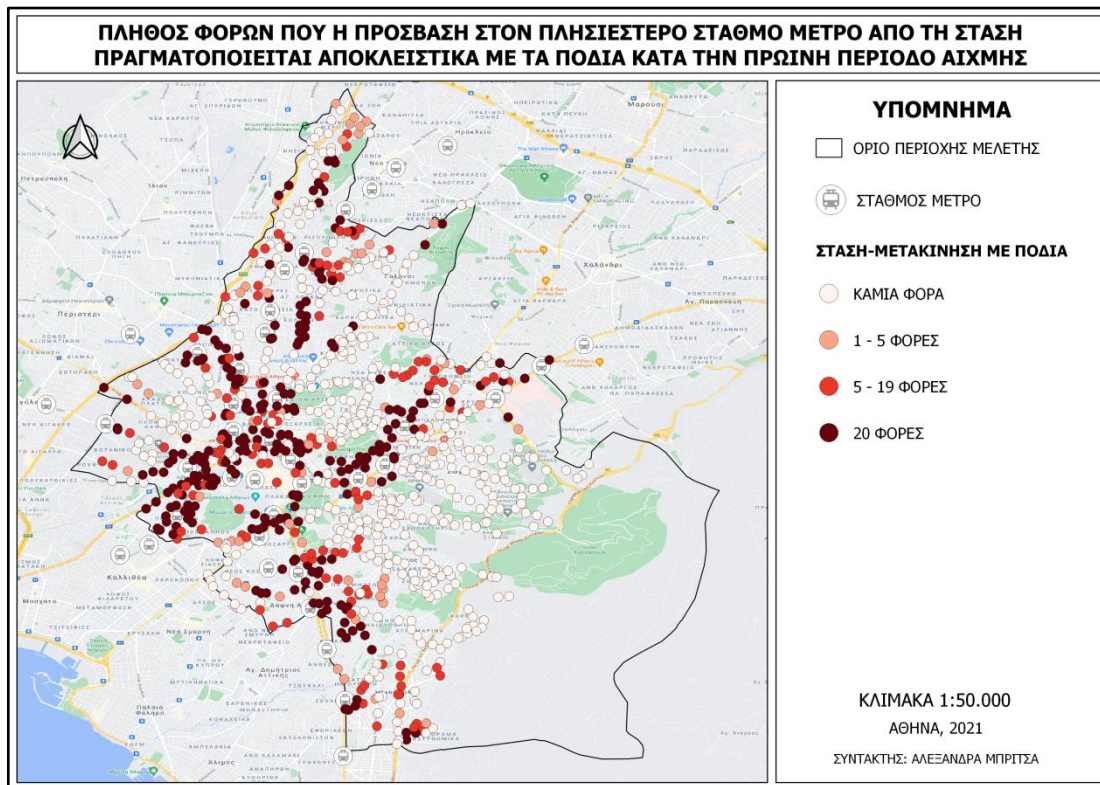
Χάρτης 8. Σύγκριση του πλήθους των φορών της μετακίνησης με πόδια για τις δύο περιόδους αιχμής.

Γενικότερα, για 115 στάσεις το πλήθος των χρονικών στιγμών κατά τις οποίες η πρόσβαση γίνεται αποκλειστικά με τα πόδια κατά την απογευματινή αιχμή είναι μεγαλύτερο από ότι την πρωινή, για 90 στάσεις συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο και για 712 στάσεις το πλήθος είναι ίσο. Όπως είναι φανερό από τον παραπάνω χάρτη, παρατηρούνται αμελητέες διαφορές ως προς το πλήθος των φορών που η μετακίνηση πραγματοποιείται μόνο για τα πόδια μεταξύ πρωινής και απογευματινής περιόδου αιχμής στις στάσεις που βρίσκονται στον Δήμο Βύρωνα, Γαλατσίου, Ζωγράφου και Καισαριανής, καθώς επίσης και σε στάσεις που εντοπίζονται βόρεια του Δήμου Ηλιούπολης, δυτικά του Δήμου Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας, κεντρικά του Δήμου Δάφνης-Υμηττού και βορειοκεντρικά του Δήμου Αθηναίων. Αξίζει να αναφερθεί πως υπάρχει μια στάση για την οποία κατά την πρωινή αιχμή για όλες τις χρονικές στιγμές η μετακίνηση στον πλησιέστερο σταθμό μετρό γίνεται χρησιμοποιώντας κάποιο μέσο μεταφοράς, ενώ κατά την απογευματινή η μετακίνηση γίνεται για όλες τις φορές αποκλειστικά με τα πόδια. Η στάση αυτή ονομάζεται ΔΗΜΑΡΑΚΗ έχει τον κωδικό 060351 και εντοπίζεται ανατολικά του Δήμου Αθηναίων (στην οδό Αγίου Πολυκάρπου).

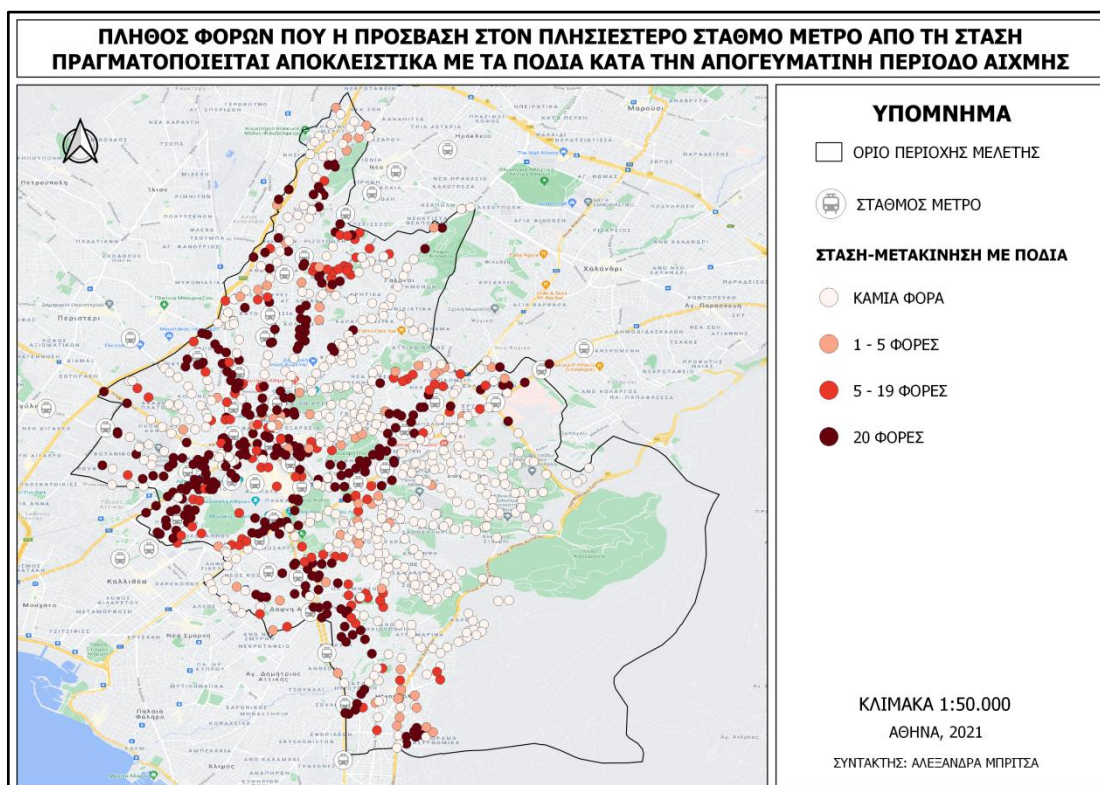
5.2.2. Στάσεις που λήφθηκαν υπόψη στην ανάλυση της προσβασιμότητας

Για την κάθε περίοδο αιχμής, οι στάσεις για τις οποίες η πρόσβαση στον κοντινότερο σταθμό μετρό πραγματοποιούνταν για όλες τις χρονικές στιγμές αποκλειστικά με τα πόδια, δε συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση της προσβασιμότητας βάσει αξιοπιστίας καθώς η ανάλυση της συγκεκριμένης διπλωματικής αναφέρεται στο σύστημα μεταφορών και στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν γινόταν χρήση κάποιου μέσου μεταφοράς. Οι στάσεις αυτές ήταν 261 για την πρωινή αιχμή και 272 για την απογευματινή. Για τις υπόλοιπες στάσεις ελέγχθηκε πόσες φορές η πρόσβαση γίνεται μέσω κάποιου μέσου μαζικής μεταφοράς. Αν οι φορές αυτές ήταν περισσότερες από 15 τότε η στάση συμπεριλήφθηκε στην ανάλυση. Αν όχι, τότε αφαιρέθηκε από την ανάλυση διότι δεν θα ήταν επαρκές το δείγμα για να προσδιοριστεί η αξιοπιστία. Ωστόσο, το γεγονός ότι η πρόσβαση ορισμένες φορές πραγματοποιείται ως πεζή και όχι με τα μέσα μεταφοράς αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για την αξιοπιστία ακόμα και στις στάσεις που συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση, καθώς αυτό δηλώνει πως η στάση δεν είναι τόσο αξιόπιστη.

Στους χάρτες 9 και 10 που ακολουθούν παρουσιάζεται για κάθε στάση το πλήθος των φορών που η πρόσβαση στον πλησιέστερο σταθμό μετρό πραγματοποιείται αποκλειστικά με τα πόδια για την πρωινή και την απογευματινή αιχμή αντίστοιχα.



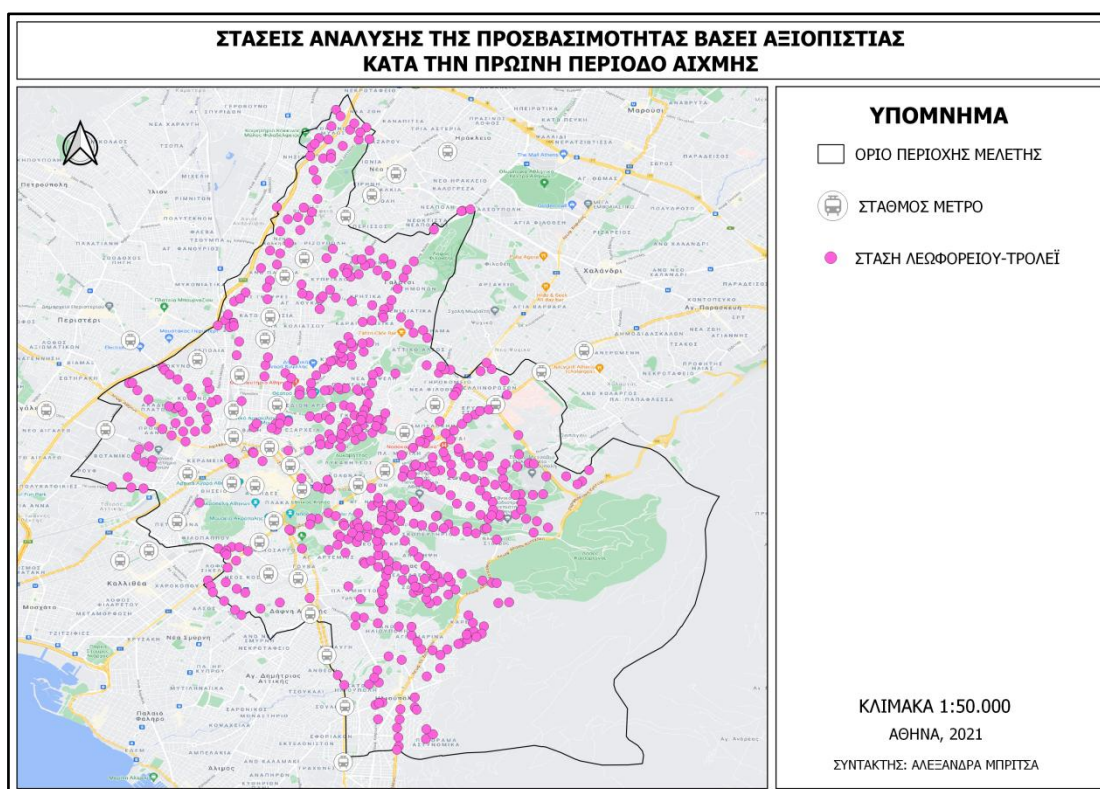
Χάρτης 9. Πλήθος φορών που η πρόσβαση στον πλησιέστερο σταθμό μετρό από τη στάση πραγματοποιείται αποκλειστικά με τα πόδια (πρωινή περίοδος αιχμής).



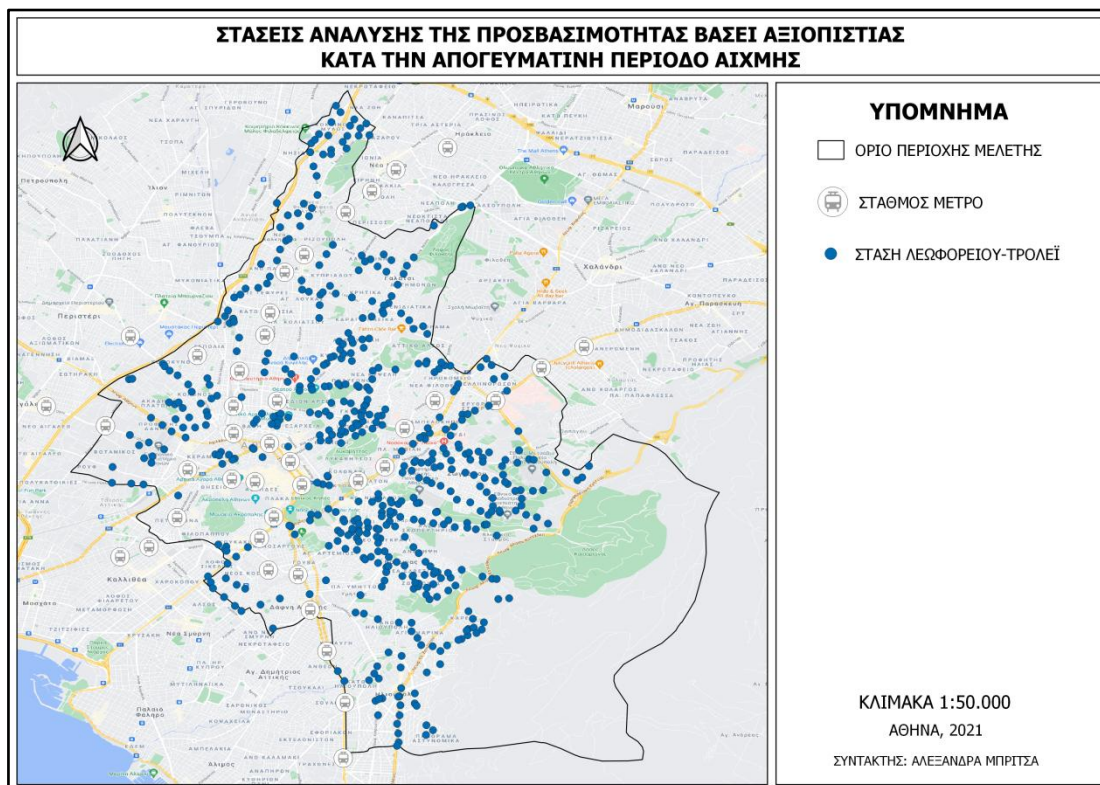
Χάρτης 10. Πλήθος φορών που η πρόσβαση στον πλησιέστερο σταθμό μετρό από τη στάση πραγματοποιείται αποκλειστικά με τα πόδια (απογευματινή περίοδος αιχμής).

Αυτό που παρατηρείται είναι πως από τις στάσεις που βρίσκονται πολύ κοντά στους σταθμούς μετρό ο επιβάτης προτιμά να μετακινείται με τα πόδια είτε λόγω του ότι τα δρομολόγια και οι γραμμές της στάσης δεν τον εξυπηρετούν, είτε λόγω κίνησης. Επιπλέον γίνεται αντιληπτό πως στις περισσότερες στάσεις οι οποίες βρίσκονται μακριά από τους τελικούς προορισμούς οι ταξιδιώτες επέλεξαν να φτάσουν στον προορισμό τους χρησιμοποιώντας κάποιο μέσο μαζικής μεταφοράς. Το ότι δεν κατέληξαν στον σταθμό μετρό καμία φορά ως πεζοί συμβαίνει λόγω του ότι είτε τα δρομολόγια είναι αρκετά καλά, είτε πως παρόλο που μπορεί τα δρομολόγια των λεωφορείων-τρόλεϊ να μην είναι καλά προγραμματισμένα και να υπάρχουν μεγάλοι χρόνοι αναμονής και καθυστερήσεις λόγω κίνησης, η απόσταση είναι τόσο μεγάλη που τελικά δεν προτιμάται από τον ταξιδιώτη η μετακίνηση με πόδια.

Τελικά οι στάσεις της περιοχής μελέτης για τις οποίες αναλύθηκε η προσβασιμότητα βάσει αξιοπιστίας για την πρωινή και για την απογευματινή περίοδο αιχμής παρουσιάζονται στους Χάρτες 11 και 12 αντίστοιχα.

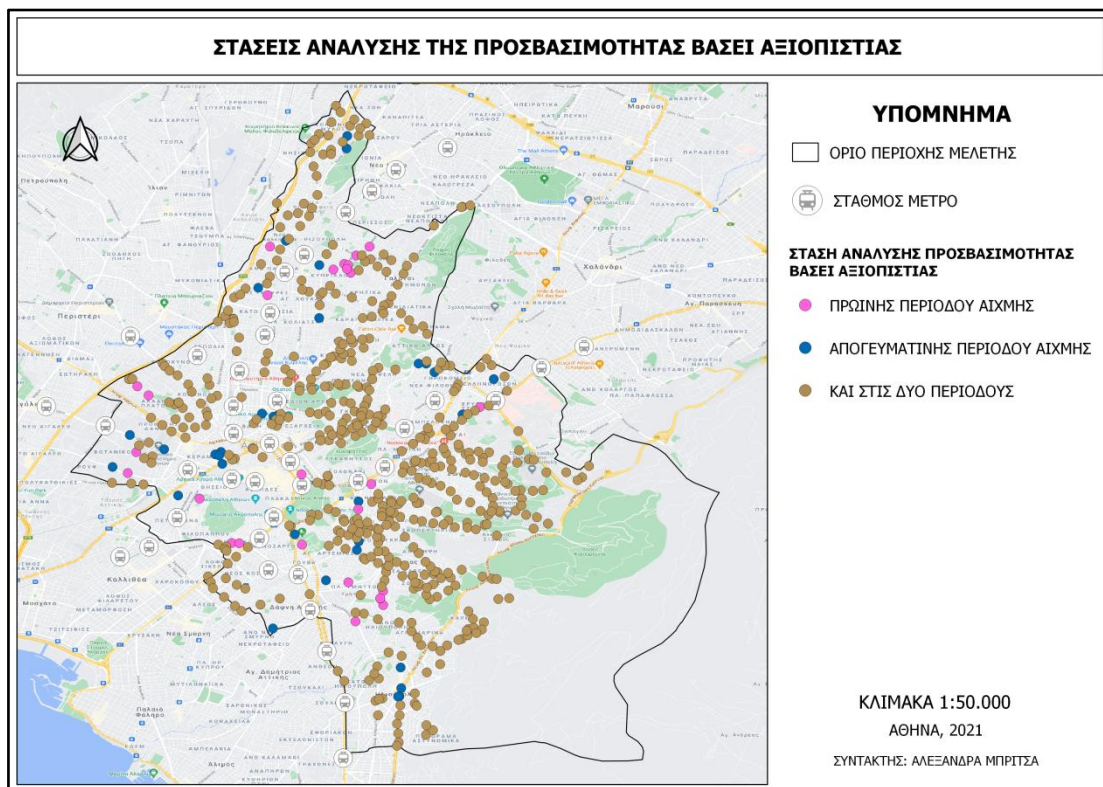


Χάρτης 11. Στάσεις που συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση της προσβασιμότητας βάσει αξιοπιστίας (πρωινή περίοδος αιχμής).



Χάρτης 12. Στάσεις που συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση της προσβασιμότητας βάσει αξιοπιστίας (απογευματινή περίοδος αιχμής).

Για καλύτερη οπτική απεικόνιση δημιουργήθηκε και ο Χάρτης 13 στον οποίο με καφέ χρώμα επισημαίνονται οι στάσεις που έχουν συμπεριληφθεί και στις δύο περιόδους αιχμής, με ροζ χρώμα αυτές που έχουν συμπεριληφθεί μόνο στην πρωινή αιχμή και με μπλε αυτές που έχουν συμπεριληφθεί μόνο στην απογευματινή.



Χάρτης 13. Στάσεις που συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση της προσβασιμότητας βάσει αξιοπιστίας σε κάθε περίοδο αιχμής.

Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω χάρτες προκύπτει ότι στις δύο περιόδους αιχμής οι 505 στάσεις είναι ίδιες. Παρατηρείται ότι 27 στάσεις υπάρχουν μόνο στην πρωινή αιχμή και 33 μόνο στην απογευματινή. Φαίνεται πως υπάρχουν διαφορές ως προς στα δρομολόγια των λεωφορείων αλλά και ως προς την κίνηση μεταξύ των δύο περιόδων αιχμής και γι' αυτό μερικές φορές οι ταξιδιώτες επιλέγουν να φτάσουν στον προορισμό τους με τα πόδια.

5.3. Αποτελέσματα δεικτών

Για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων δημιουργήθηκαν θεματικοί χάρτες. Για τη δημιουργία των υποδιαίρεσεων της τιμής του δείκτη της προσβασιμότητας χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος Jenks Natural Breaks (Μέθοδος Φυσικών διακοπών) (Jenks και Coulson, 1963). Πρόκειται για μια μέθοδο μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης που προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τη μέση απόκλιση κάθε κλάσης από το μέσο όρο της κλάσης, ενώ μεγιστοποιεί την απόκλιση τιμών κάθε κλάσης από τα μέσα άλλων κλάσεων. Πιο απλά, προσπαθεί να μειώσει την διακύμανση εντός των κλάσεων και να μεγιστοποιήσει την διακύμανση μεταξύ των κλάσεων. Στην ταξινόμηση αυτή το μόνο που χρειάζεται να οριστεί από τον χρήστη είναι ο αριθμός των κλάσεων. Η συγκεκριμένη ταξινόμηση θεωρείται ότι παρέχει έμπιστα αποτελέσματα καθώς στηρίζεται στην αναζήτηση φυσικών ομάδων με παρόμοιες τιμές και άρα στόχος της είναι να παρουσιάσει μια σειρά ομάδων που αντιπροσωπεύουν καλύτερα τις πραγματικές αλλαγές που παρατηρούνται στα δεδομένα, σε αντίθεση με κάποιο αυθαίρετο σύστημα ταξινόμησης (π.χ. Equal Interval).

Επισημαίνεται πως οι δύο περίοδοι έχουν διαφορετικά μέγιστα ως προς τον δείκτη προσβασιμότητας. Συγκεκριμένα, κατά την πρωινή περίοδο αιχμής η μέγιστη τιμή του δείκτη προσβασιμότητας είναι 12,5 και κατά την απογευματινή 7,3. Εφαρμόζοντας τέσσερις κλάσεις στον δείκτη προσβασιμότητας κατά την πρωινή περίοδο (χαμηλή, μέτρια, υψηλή και πολύ υψηλή προσβασιμότητα) και τρεις κλάσεις κατά την απογευματινή (χαμηλή, μέτρια, υψηλή προσβασιμότητα) όπως φαίνεται και από τους Χάρτες 14 και 15, οι τιμές στις υποδιαίρεσεις είναι ίδιες. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η σύγκριση των δύο περιόδων.

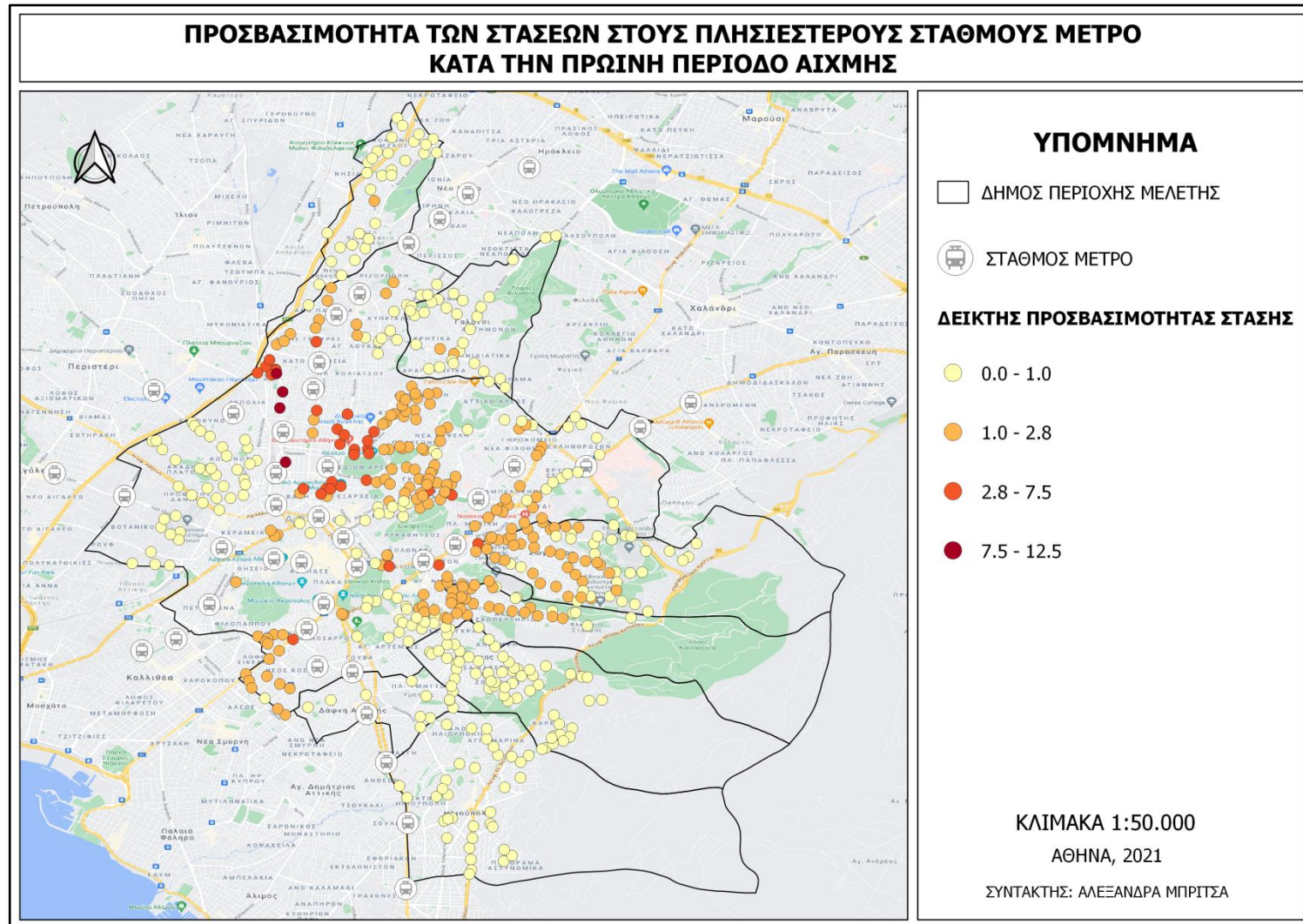
Ο ίδιος αλγόριθμος (Jenks Natural Breaks) χρησιμοποιήθηκε και για τη δημιουργία υποδιαίρεσεων της τιμής των δεικτών αξιοπιστίας. Ο αριθμός των κλάσεων που επιλέχθηκε για κάθε δείκτη ήταν δύο.

Σημειώνεται ότι μεγαλύτερες τιμές του δείκτη προσβασιμότητας αντιστοιχούν σε υψηλότερη προσβασιμότητα και οι μεγαλύτερες τιμές των δεικτών αξιοπιστίας σε χαμηλότερη αξιοπιστία (αναξιόπιστος χρόνος ταξιδιού).

Στις επόμενες υποενότητες (5.3.1.1. και 5.3.2.1.), στους Χάρτες 14-15 και στους Χάρτες 16-21 παρουσιάζονται αντίστοιχα τα αποτελέσματα του δείκτη προσβασιμότητας και των δεικτών αξιοπιστίας (για την πρωινή και την απογευματινή περίοδο αιχμής), όπως προέκυψαν έπειτα από την μέθοδο μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης Jenks Natural Breaks.

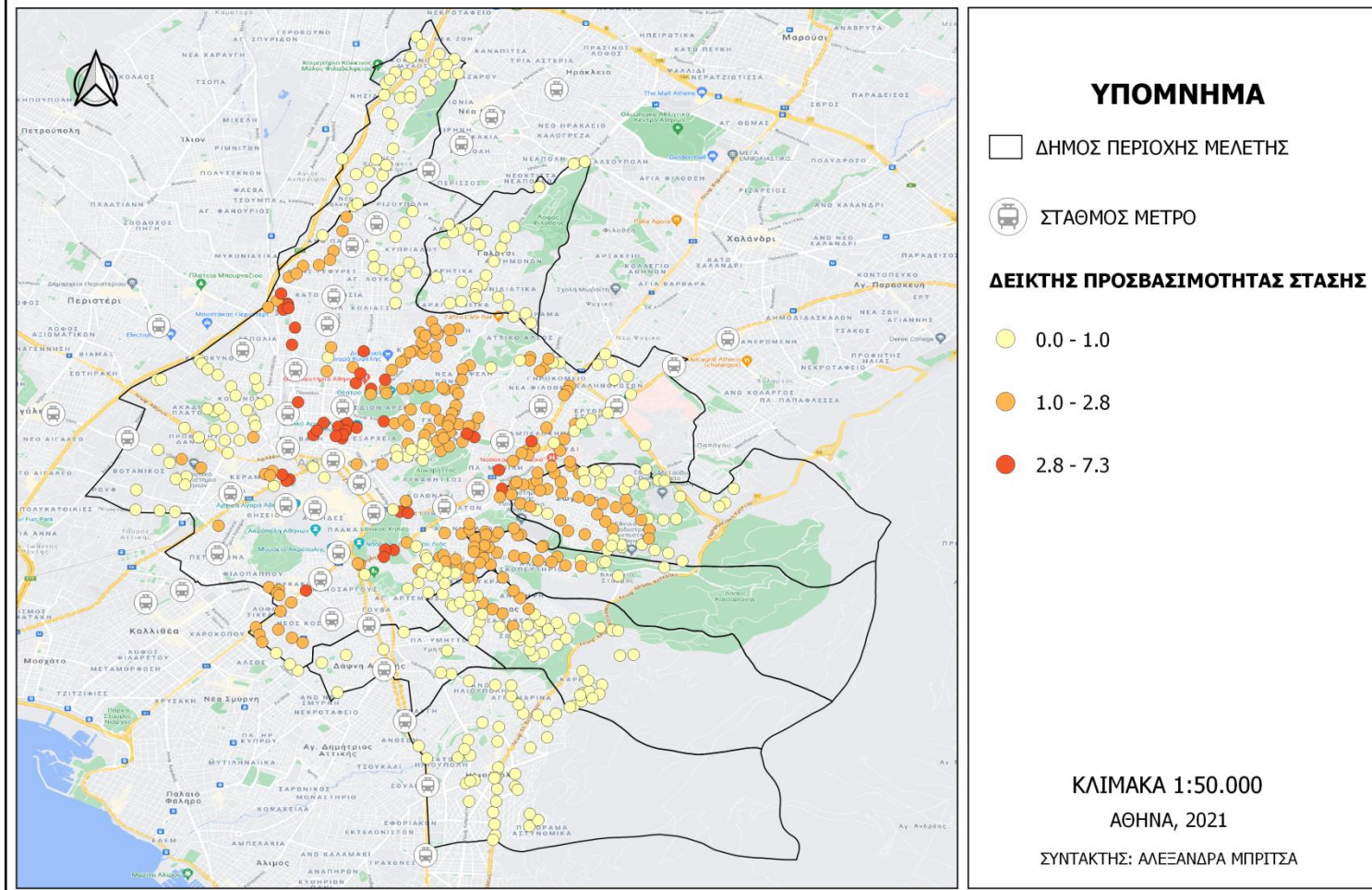
5.3.1 Δείκτης προσβασιμότητας

5.3.1.1 Αποτελέσματα δείκτη προσβασιμότητας



Χάρτης 14. Προσβασιμότητα των στάσεων στους πλησιέστερους σταθμούς μετρό κατά την πρωινή περίοδο αιχμής.

**ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΟΥΣ ΠΛΗΣΙΕΣΤΕΡΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΜΕΤΡΟ
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΓΕΥΜΑΤΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΑΙΧΜΗΣ**



Χάρτης 15. Προσβασιμότητα των στάσεων στους πλησιέστερους σταθμούς μετρό κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής.

5.3.1.2 Σχολιασμός δείκτη προσβασιμότητας

Ποιοτικά, κατά την πρωινή περίοδο αιχμής (Χάρτης 14), πολύ υψηλή προσβασιμότητα έχουν οι στάσεις που βρίσκονται στο βόρειο τμήμα του Δήμου Αθηναίων, κοντά στον σταθμό Αττική. Υψηλή προσβασιμότητα έχουν οι στάσεις που εντοπίζονται κυρίως στο βόρειο και στο κεντρικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και κάποιες διάσπαρτες στο νοτιοδυτικό και νοτιοανατολικό τμήμα του Δήμου αυτού. Πιο αναλυτικά, οι περισσότερες στάσεις υψηλής προσβασιμότητας βρίσκονται κυρίως κοντά στους σταθμούς Αττική, Βικτώρια και Ομόνοια και επίσης στάσεις υψηλής προσβασιμότητας αποτελούν οι κοντινότερες των σταθμών Αμπελόκηποι, Ευαγγελισμός, Κάτω Πατήσια και Συγγρού Φιξ. Στάσεις μέτριας προσβασιμότητας παρατηρούνται στο βόρειο τμήμα του Δήμου Αθηναίων (πιο ανατολικά από στάσεις πολύ υψηλής και υψηλής προσβασιμότητας), στο νοτιοδυτικό και στο κεντρικό-ανατολικό τμήμα του Δήμου αυτού και στο δυτικό τμήμα των Δήμων Ζωγράφου και Καισαριανής. Στάσεις που έχουν χαρακτηριστεί ως στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας εντοπίζονται κυρίως στο νότιο, βόρειο, βορειοδυτικό και ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, σε όλη την έκταση των Δήμων Ηλιούπολης, Βύρωνα και Δάφνης-Υμηττού, σχεδόν σε όλη έκταση των Δήμων Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας και Γαλατσίου, στο κεντρικό τμήμα των Δήμων Ζωγράφου και Καισαριανής, στο βορειοδυτικό και στο ανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και σε ορισμένα σημεία κεντρικά του Δήμου αυτού. Αυτό που παρατηρείται γενικότερα είναι πως όσο απομακρύνεται κανείς από το κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης, η προσβασιμότητα μειώνεται.

Κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής (Χάρτης 15), η κατηγορία πολύ υψηλή προσβασιμότητα δεν υπάρχει. Στάσεις υψηλής προσβασιμότητας εντοπίζονται στο βόρειο και στο κεντρικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και κάποιες διάσπαρτες στο νότιο τμήμα αυτού του Δήμου. Αναλυτικότερα, οι περισσότερες στάσεις υψηλής προσβασιμότητας βρίσκονται κυρίως κοντά στους σταθμούς Αττική, Βικτώρια, Ομόνοια και Σύνταγμα και επίσης στάσεις υψηλής προσβασιμότητας αποτελούν οι κοντινότερες των σταθμών Μέγαρο Μουσικής, Αμπελόκηποι, Ευαγγελισμός και Συγγρού Φιξ. Μέτριας προσβασιμότητας ταξινομήθηκαν οι στάσεις που εντοπίζονται στο βόρειο τμήμα του Δήμου Αθηναίων (ανατολικότερα των στάσεων υψηλής προσβασιμότητας), στο νοτιοδυτικό και στο κεντρικό-ανατολικό και νοτιοδυτικό τμήμα του Δήμου αυτού, αλλά και στο δυτικό τμήμα των Δήμων Βύρωνα, Ζωγράφου και Καισαριανής. Στάσεις που έχουν χαρακτηριστεί ως στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας εντοπίζονται κυρίως στο νότιο, βόρειο, βορειοδυτικό και ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Πιο αναλυτικά, σε όλη την έκταση των Δήμων Ηλιούπολης, Δάφνης-Υμηττού, Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας και Γαλατσίου, στο κεντρικό τμήμα των Δήμων Ζωγράφου, Βύρωνα και Καισαριανής, στο βορειοδυτικό και στο ανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και σε ορισμένα σημεία κεντρικά του Δήμου αυτού. Όπως και στην πρωινή περίοδο αιχμής φαίνεται πως όσο απομακρύνεται κανείς από το κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης τόσο μειώνεται η προσβασιμότητα.

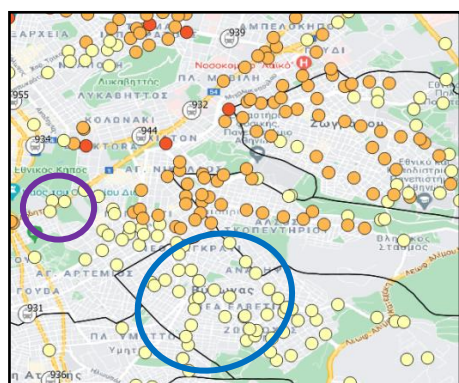
Παρατηρείται πως και στις δύο περιόδους αιχμής, πολύ υψηλή και υψηλή προσβασιμότητα παρατηρείται στο βόρειο και στο κεντρικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων. Ο λόγος που αυτές οι στάσεις έχουν λάβει τις συγκεκριμένες κατηγορίες προσβασιμότητας είναι κυρίως εξαιτίας του πλήθους των επιβατών στους σταθμούς Αττική και Ομόνοια και του υψηλού βαθμού σημαντικότητας των σταθμών αυτών αλλά και του σταθμού Βικτώρια.

Οι στάσεις που και στις δύο περιόδους έχουν ταξινομηθεί ως μέτριας προσβασιμότητας και βρίσκονται στο κεντρικό-ανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων έχουν χαρακτηριστεί έτσι κυρίως διότι έχουν πλησιέστερους σταθμούς τον σταθμό Βικτώρια και τον σταθμό Αμπελόκηποι. Οι σταθμοί αυτοί είναι σταθμοί μεγάλου βαθμού σημαντικότητας και έχουν καθημερινά τόσο το πρωί όσο και το απόγευμα πολλούς επιβάτες. Συγκεκριμένα ο σταθμός Βικτώρια είναι ο πιο σημαντικός σταθμός της περιοχής μελέτης, επομένως παρόλο που οι στάσεις αυτές δεν βρίσκονται πολύ κοντά στον σταθμό αυτό, ακόμη και 25 λεπτά να είναι ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται ο επιβάτης για να φτάσει στον συγκεκριμένο σταθμό η προσβασιμότητα θεωρείται μέτρια. Το ίδιο συμβαίνει και με τις στάσεις που εντοπίζονται στο δυτικό τμήμα των Δήμων Ζωγράφου και Καισαριανής, οι στάσεις αυτές έχουν ως προορισμούς τους σταθμούς Αμπελόκηποι, Ευαγγελισμός και Μέγαρο Μουσικής. Ο βαθμός σημαντικότητας των σταθμών αυτών είναι 3-4% και οι επιβάτες που επιβιβάζονται είναι αρκετοί. Έτσι, οι στάσεις που απέχουν 8-25 λεπτά κατά την πρωινή περίοδο αιχμής και 10-30 λεπτά κατά την απογευματινή κατηγοριοποιούνται ως στάσεις μέτριας προσβασιμότητας. Κατά την απογευματινή περίοδο οι επιβάτες στους σταθμούς αυτούς είναι περισσότεροι γι' αυτό και υπάρχει αυτή η διαφορά ως προς τη χρονική απόσταση των στάσεων που θεωρούνται στάσεις μέτριας προσβασιμότητας. Άλλες στάσεις που έχουν κατηγοριοποιηθεί ως στάσεις μέτριας προσβασιμότητας και στις δύο περιόδους εντοπίζονται στο νοτιοδυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και έχουν πλησιέστερο σταθμό τον σταθμό Συγγρού-Φιξ. Ο σταθμός αυτός έχει πολλούς επιβάτες και στις δύο περιόδους και έχει κριθεί ως αρκετά σημαντικός γι' αυτό για τους επιβάτες που χρειάζονται 10-15 λεπτά από τις για να καταλήξουν στους σταθμούς η προσβασιμότητα των στάσεων είναι μέτρια. Επιπλέον, στάσεις μέτριας προσβασιμότητας εντοπίζονται και στις δύο περιόδους στο βόρειο τμήμα της περιοχής. Οι στάσεις αυτές έχουν ως προορισμό τον σταθμό μετρό Κάτω Πατήσια του οποίου ο βαθμός σημαντικότητας είναι πολύ υψηλός (4,5%). Κατά την πρωινή αιχμή οι επιβάτες στον συγκεκριμένο σταθμό είναι 627 και κατά την απογευματινή 383. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στάσεις που απέχουν 6-8 λεπτά κατά την πρωινή περίοδο αιχμής να ταξινομούνται ως στάσεις υψηλής προσβασιμότητας, 10-25 λεπτά ως μέτριας και 30-40 ως χαμηλής. Κατά την απογευματινή αιχμή λόγω του μικρότερου αριθμού των επιβατών που αναφέρθηκε στάσεις που απέχουν 10-17 λεπτά χαρακτηρίζονται ως στάσεις μέτριας προσβασιμότητας και στάσεις που απέχουν 18-45 λεπτά ως χαμηλής.

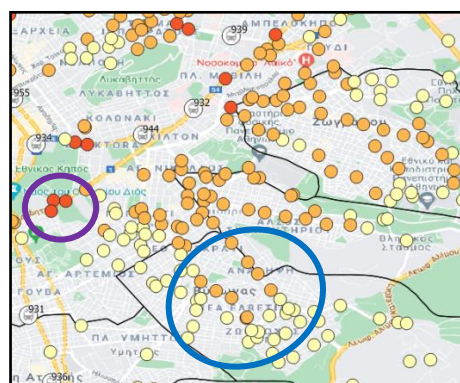
Επιπροσθέτως, και στις δύο περιόδους υπάρχουν στάσεις σε κεντρικές οδούς (Λεωφόρος Βουλιαγμένης, Λεωφόρος Μεσογείων και οδός Πανεπιστημίου) που βρίσκονται κοντά στους πλησιέστερους τους σταθμούς μετρό και έχουν χαρακτηριστεί ως στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας. Αυτό οφείλεται στο ότι οι σταθμοί Άγιος Δημήτριος, Δάφνη και Ηλιούπολη, τους οποίους έχουν ως προορισμό οι στάσεις αυτές, δεν έχουν τόσους επιβάτες όσους άλλοι σταθμοί καθώς επίσης και η σημαντικότητα των σταθμών αυτών είναι μικρή. Το ίδιο συμβαίνει και με τις στάσεις που καταλήγουν τον σταθμό Κατεχάκη. Στον σταθμό Πανεπιστήμιο παρατηρείται το

εξής. Έχει αρκετούς επιβάτες κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής σε σχέση με την πρωινή και ταυτόχρονα σε κάποιες στάσεις παρατηρούνται μεγαλύτεροι χρόνοι ταξιδιού κατά την απογευματινή περίοδο. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη σχετικά μικρή σημαντικότητα του σταθμού οδηγεί στο να χαρακτηριστούν όλες οι στάσεις που έχουν ως προορισμό τον σταθμό αυτό και στις δύο περιόδους αιχμής ως στάσεις χαμηλής σημαντικότητας, με εξαίρεση ορισμένες στάσεις που κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής απέχουν απόσταση μικρότερη των 10 λεπτών και αυτές έχουν ταξινομηθεί ως στάσεις μέτριας προσβασιμότητας. Οι στάσεις που βρίσκονται σε όλη την έκταση των Δήμων Ηλιούπολη, Δάφνης-Υμηττού, Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας και Γαλατσίου, στο κεντρικό τμήμα των Δήμων Ζωγράφου, Βύρωνα και Καισαριανής, στο βορειοδυτικό και στο ανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και σε ορισμένα σημεία κεντρικά του Δήμου, και στις δύο περιόδους έχουν ταξινομηθεί ως στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας κυρίως εξαιτίας των μεγάλων χρόνων ταξιδιού που χρειάζεται ο επιβάτης για να καταλήξει στους πλησιέστερους σταθμούς μετρό των στάσεων αυτών.

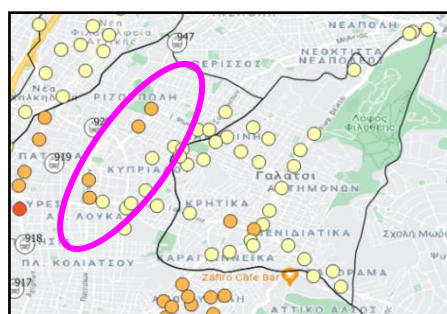
Γενικότερα, οι μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ πρωινής και απογευματινής περιόδου αιχμής, πέρα αυτών που αναφέρθηκαν ήδη, παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες.



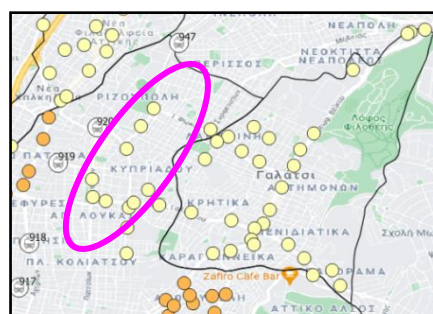
Εικόνα 1. Απόσπασμα του Χάρτη 14.



Εικόνα 2. Απόσπασμα του Χάρτη 15.



Εικόνα 3. Απόσπασμα του Χάρτη 14.



Εικόνα 4. Απόσπασμα του Χάρτη 15.

Κατά την πρωινή περίοδο οι τρεις στάσεις που βρίσκονται κοντά στο σταθμό Συντάγματος (Εικόνες 1 και 2) έχουν χαμηλή προσβασιμότητα, ενώ κατά την απογευματινή υψηλή. Οι στάσεις αυτές έχουν κωδικό 60724, 60781 και 60866 και ο λόγος που παρουσιάζουν αυτή τη διαφορά ως προς την κατηγορία της προσβασιμότητας είναι διότι κατά την πρωινή αιχμή οι επιβάτες του σταθμού Συντάγματος, ο οποίος αποτελεί τον πλησιέστερο σταθμό για τις στάσεις αυτές, αντιστοιχούν στο 20% των επιβατών κατά την απογευματινή αιχμή και στον τύπο που έχει χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της προσβασιμότητας όσο μεγαλύτερος είναι

ο αριθμός των επιβατών (ελκυστικότητα) τόσο υψηλότερη είναι και η προσβασιμότητα. Όπως φαίνεται και από τον παρακάτω πίνακα όσον αφορά τον μέσο όρο του χρόνου ταξιδιού για τις συγκεκριμένες στάσεις δεν παρουσιάζει μεγάλες διαφορές σε πρωινή και απογευματινή περίοδο αιχμής.

Πίνακας 6. Πληροφορίες για τις στάσεις με κωδικούς 60724, 60781 και 60866 για πρωινή και απογευματινή περίοδο αιχμής.

Κωδικός Στάσης	Σημαντικότητα Σταθμού μετρό	Πρωινή Περίοδος Αιχμής		Απογευματινή Περίοδος Αιχμής	
		Έλξεις Σταθμού μετρό (επιβάτες)	Χρόνος Ταξιδιού (σε λεπτά)	Έλξεις Σταθμού μετρό (επιβάτες)	Χρόνος Ταξιδιού (σε λεπτά)
60724	0,05	351	12,15	1742	12,13
60781			10,55		9,72
60866			12,15		13,15

Όσον αφορά τις στάσεις με μέτρια προσβασιμότητα είναι εμφανώς περισσότερες κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής. Πιο συγκεκριμένα, οι στάσεις που βρίσκονται στο δυτικό τμήμα του Δήμου Βύρωνα, κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής χαρακτηρίζονται ως στάσεις μέτριας προσβασιμότητας, ενώ κατά την πρωινή ως στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας (Εικόνες 1 και 2). Αυτό οφείλεται στο γεγονός του ότι ορισμένες από αυτές τις στάσεις αυτές έχουν κοντινότερο σταθμό μετρό τον σταθμό Σύνταγμα, που όπως προαναφέρθηκε προηγουμένως είναι πέντε φορές πιο ελκυστικός κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής. Σε κάποιες άλλες από τις στάσεις αυτές η διαφορά οφείλεται στις περισσότερες έλξεις του σταθμού Ευαγγελισμός κατά την απογευματινή αιχμή σε σχέση με την πρωινή (729 έλξεις κατά την πρωινή αιχμή και 803 κατά την απογευματινή). Μάλιστα σε μερικές από αυτές παρατηρούνται και μεγαλύτεροι χρόνοι ταξιδιού κατά την πρωινή περίοδο αιχμής (π.χ. στάσεις με κωδικούς 140005, 140021 και 140022) (βλ. Πίνακα 7).

Πίνακας 7. Πληροφορίες για τις στάσεις με κωδικούς 140005, 140021 και 140022 για πρωινή και απογευματινή περίοδο αιχμής.

Κωδικός Στάσης	Σημαντικότητα Σταθμού μετρό	Πρωινή Περίοδος Αιχμής		Απογευματινή Περίοδος Αιχμής	
		Έλξεις Σταθμού μετρό (επιβάτες)	Χρόνος Ταξιδιού (σε λεπτά)	Έλξεις Σταθμού μετρό (επιβάτες)	Χρόνος Ταξιδιού (σε λεπτά)
140005	0,04	729	32,67	803	23,37
140021			32,76		23,73
140022			29,43		24,18

Επιπροσθέτως, υπάρχουν στάσεις στο βορειανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης (Εικόνες 3 και 4) που κατά την πρωινή αιχμή οι στάσεις λαμβάνουν καλύτερη κατηγορία. Αυτό οφείλεται στο ότι οι ελκυστικότητα των σταθμών Κάτω και Άνω Πατήσια είναι μεγαλύτερη κατά την πρωινή από ότι κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής (627 και 466 κατά την πρωινή και 383 και 266 κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής αντίστοιχα).

Πέρα αυτών των διαφορών, στην υπόλοιπη περιοχή μελέτης οι διαφορές είναι πολύ μικρές. Επομένως, μεταξύ πρωινής και απογευματινής περιόδου αιχμής σε γενικές γραμμές δεν υπάρχουν μεγάλες διαφοροποιήσεις ως προς την προσβασιμότητα (χωρίς όμως να έχει ληφθεί υπόψη η αξιοπιστία του χρόνου ταξιδιού).

Ποσοτικά, κατά την πρωινή περίοδο αιχμής το 1% των στάσεων ανήκουν στην κατηγορία πολύ υψηλή, το 6% στην κατηγορία υψηλή, το 33% στην κατηγορία μέτρια και το 60% στην κατηγορία χαμηλή προσβασιμότητα. Όσον αφορά την απογευματινή περίοδο αιχμής, το 7% των στάσεων χαρακτηρίζονται ως στάσεις υψηλή προσβασιμότητα, το 38% ως μέτριας και το 55% ως χαμηλής. Παρόλο που στην πρωινή περίοδο αιχμής υπάρχει η κατηγορία πολύ υψηλής προσβασιμότητας, η οποία δεν υπάρχει στην απογευματινή, παρατηρείται πως το ποσοστό των στάσεων με χαμηλή προσβασιμότητα είναι μεγαλύτερο σε σχέση με την απογευματινή.

Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 5.2.2. οι κοινές στάσεις των δύο περιόδων αιχμής είναι 505, 27 στάσεις υπάρχουν μόνο στην πρωινή αιχμή και 33 μόνο στην απογευματινή. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται η συσχέτιση του επιπέδου της προσβασιμότητας των κοινών στάσεων των δύο περιόδων αιχμής.

Πίνακας 8. Συσχέτιση του επιπέδου της προσβασιμότητας των κοινών στάσεων των δύο περιόδων αιχμής.

		Απογευματινή Περίοδος Αιχμής			Σύνολο
		Υψηλή Προσβασιμότητα	Μέτρια Προσβασιμότητα	Χαμηλή Προσβασιμότητα	
Πρωινή Περίοδος Αιχμής	Πολύ Υψηλή Προσβασιμότητα	3	0	0	3
	Υψηλή Προσβασιμότητα	21	9	0	30
	Μέτρια Προσβασιμότητα	9	157	16	182
	Χαμηλή Προσβασιμότητα	3	26	261	290
	Σύνολο	36	192	277	505

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι από τις 505 κοινές στάσεις μεταξύ των δύο περιόδων αιχμής, οι 439 δεν αλλάζουν κατηγορία, ποσοστό που αντιστοιχεί περίπου στο 87% των κοινών στάσεων. Το ποσοστό αυτό είναι αρκετά μεγάλο και δείχνει πως οι διαφορές μεταξύ των δύο περιόδων αιχμής ως προς τη προσβασιμότητα είναι μικρές. Επίσης, σύμφωνα με τον πίνακα, το 6% των στάσεων λαμβάνουν καλύτερη κατηγορία προσβασιμότητας την πρωινή αιχμή και το 8% λαμβάνει καλύτερη την απογευματινή.

Από τις στάσεις που εντοπίζονται μόνο στην πρωινή περίοδο αιχμής, οι δυο έχουν ταξινομηθεί σε στάσεις υψηλής προσβασιμότητας, οι τέσσερεις σε μέτριας και οι είκοσι-μία σε χαμηλής. Όσον αφορά τις στάσεις που εντοπίζονται μόνο στην απογευματινή περίοδο, οι τέσσερεις έχουν κατηγοριοποιηθεί ως στάσεις υψηλής προσβασιμότητας, οι δέκα ως μέτριας και οι δεκαεννέα ως χαμηλής.

Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω φαίνεται να υπάρχει μια σχετική ισορροπία μεταξύ πρωινής και απογευματινής αιχμής.

5.3.2 Αξιοπιστία

5.3.2.1 Συσχέτιση των δεικτών αξιοπιστίας

Για να βρεθεί η συσχέτιση των δεικτών πραγματοποιήθηκε απλή γραμμική παλινδρόμηση ανά δύο. Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση η γραμμική σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών εκφράζεται από την εξίσωση:

$$Y = \alpha + \beta \cdot X + e$$

όπου:

Y: η εξαρτημένη μεταβλητή,

X: η ανεξάρτητη μεταβλητή,

α, β : παράμετροι της εξίσωσης (το β εκφράζει την κλίση της ευθείας και το α είναι η σταθερά/αποτέμνουσα)

e: το σφάλμα της εκτίμησης

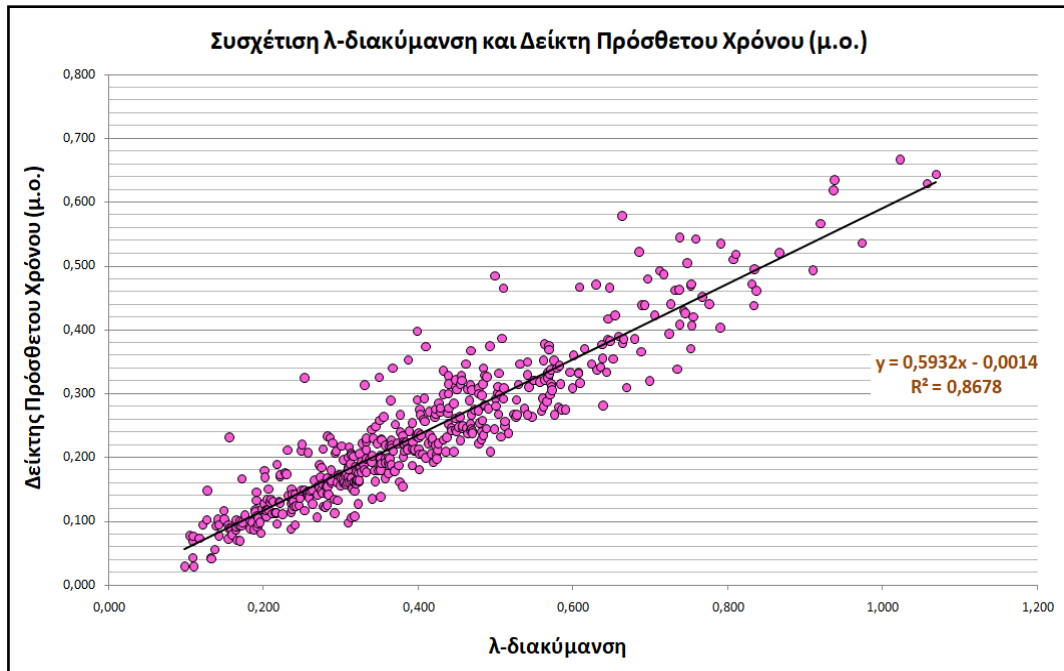
Η προσαρμογή της γραμμής παλινδρόμησης στα δεδομένα γίνεται με ορισμένα μαθηματικά κριτήρια. Το συνηθέστερο είναι η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων (Ordinary Least Squares method), με την οποία ελαχιστοποιείται το άθροισμα των τετραγώνων των καταλοίπων για όλα τα ζεύγη παρατηρήσεων των μεταβλητών X και Y. Τα κατάλοιπα ορίζονται ως η διαφορά μεταξύ των πραγματικών και των εκτιμημένων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής Y. Με αυτόν τον τρόπο, εκτιμώνται οι συντελεστές α και β .

Η αναλογία της συνολικής διασποράς η οποία ερμηνεύεται από την παλινδρόμηση ονομάζεται συντελεστής προσδιορισμού R^2 (coefficient of determination). Αποτελεί το κριτήριο για την αξιολόγηση της ερμηνευτικής ικανότητας του εκτιμημένου γραμμικού υποδείγματος. Ο συντελεστής R^2 δείχνει το βαθμό με τον οποίο η εκτιμημένη γραμμή παλινδρόμησης, με βάση τις τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής X, ερμηνεύει ικανοποιητικά τις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής Y για το συγκεκριμένο δείγμα. Με άλλα λόγια εκφράζει το ποσοστό της διασποράς της εξαρτημένης μεταβλητής Y που ερμηνεύεται από την ανεξάρτητη μεταβλητή X.

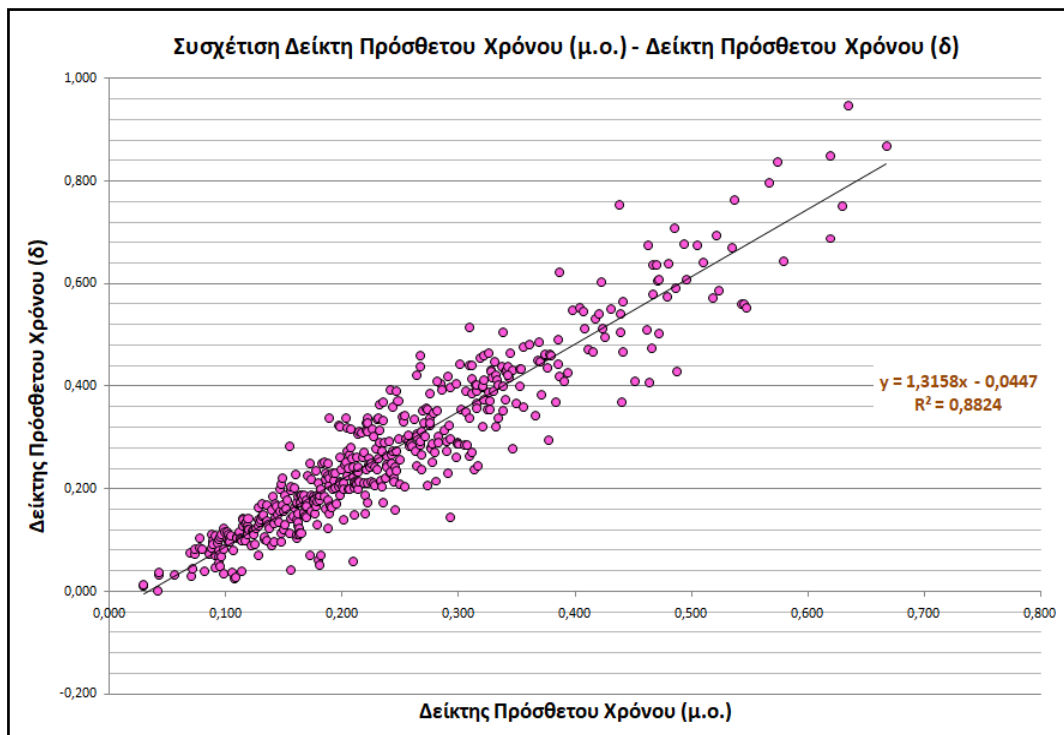
Το R^2 προκύπτει από την ανάλυση παλινδρόμησης. Η τιμή του R^2 λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Αν είναι κοντά στο 1, τότε το μοντέλο της παλινδρόμησης έχει μεγάλη δυνατότητα ερμηνείας της εξαρτημένης μεταβλητής και τα σφάλματα είναι μικρά. Αντίθετα, αν είναι κοντά στο 0 τότε το μοντέλο της παλινδρόμησης για την ερμηνεία της εξαρτημένης μεταβλητής δεν είναι επιτυχές.

Έτσι, αρχικά δημιουργήθηκε στο Excel το διάγραμμα διασποράς για κάθε ζεύγος δεικτών ($\lambda_{\text{διακύμανση}} - \Delta\text{ΠX}_{\mu.o.}$, $\Delta\text{ΠX}_{\mu.o.} - \Delta\text{ΠX}_{\delta}$ και $\lambda_{\text{διακύμανση}} - \Delta\text{ΠX}_{\delta}$), όπου κάθε φορά στον κατακόρυφο άξονα είναι η εξαρτημένη μεταβλητή Y και στον οριζόντιο η ανεξάρτητη μεταβλητή X. Με το διάγραμμα διασποράς υπάρχει μια πρώτη εικόνα για το είδος της εξάρτησης της μεταβλητής Y από τη μεταβλητή X, δηλαδή αν η εξάρτηση είναι γραμμική ή καμπυλόγραμμη, θετική ή αρνητική, και επιπλέον δείχνει το βαθμό της συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών Y και X.

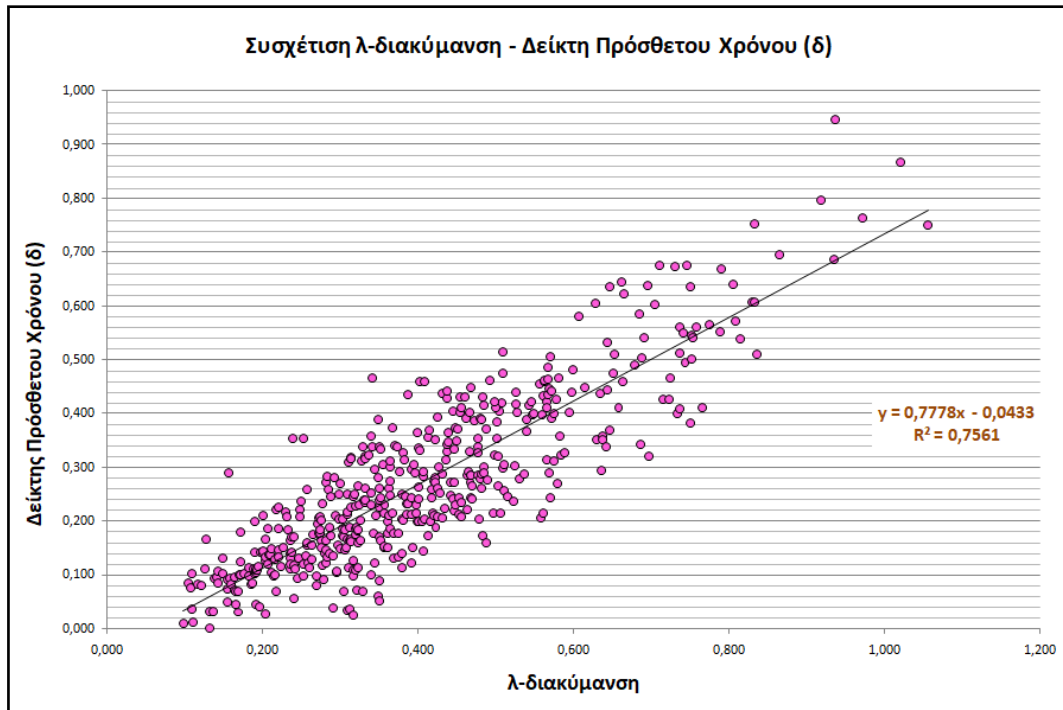
Στη συνέχεια εκτιμήθηκε η γραμμή παλινδρόμησης και ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 για κάθε ζεύγος δεικτών ($\lambda_{\text{διακύμανση}} - \Delta\text{ΠX}_{\mu.o.}$, $\Delta\text{ΠX}_{\mu.o.} - \Delta\text{ΠX}_{\delta}$ και $\lambda_{\text{διακύμανση}} - \Delta\text{ΠX}_{\delta}$), για την πρωινή και για την απογευματινή περίοδο αιχμής και προέκυψαν τα διαγράμματα που ακολουθούν.



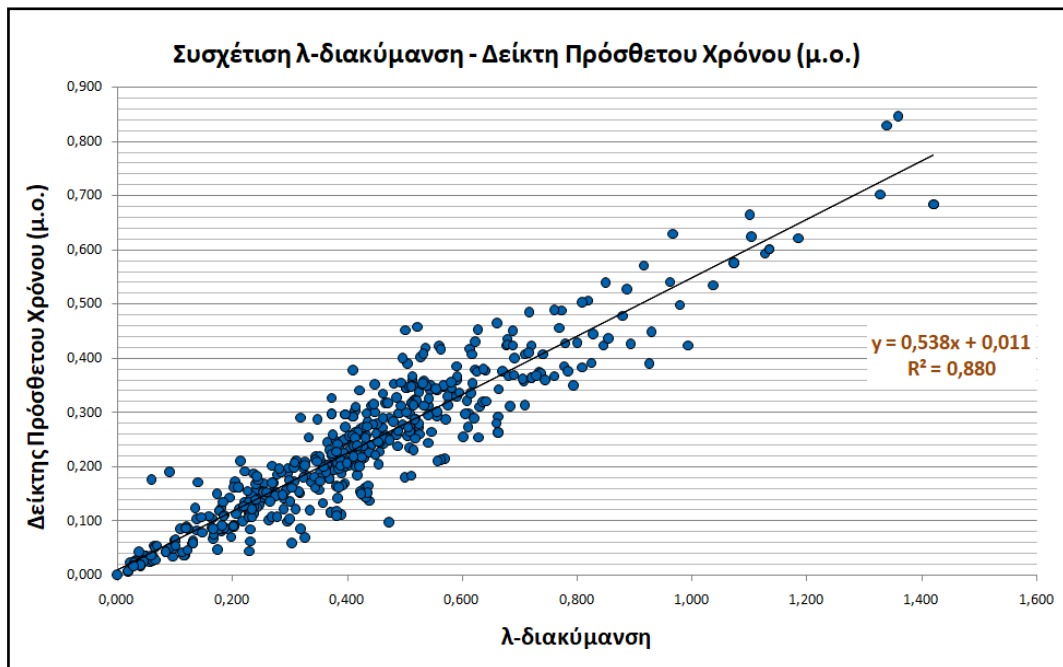
Διάγραμμα 3. Συσχέτιση λ-διακύμανση και Δείκτη Πρόσθετου Χρόνου (μ.ο.) (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).



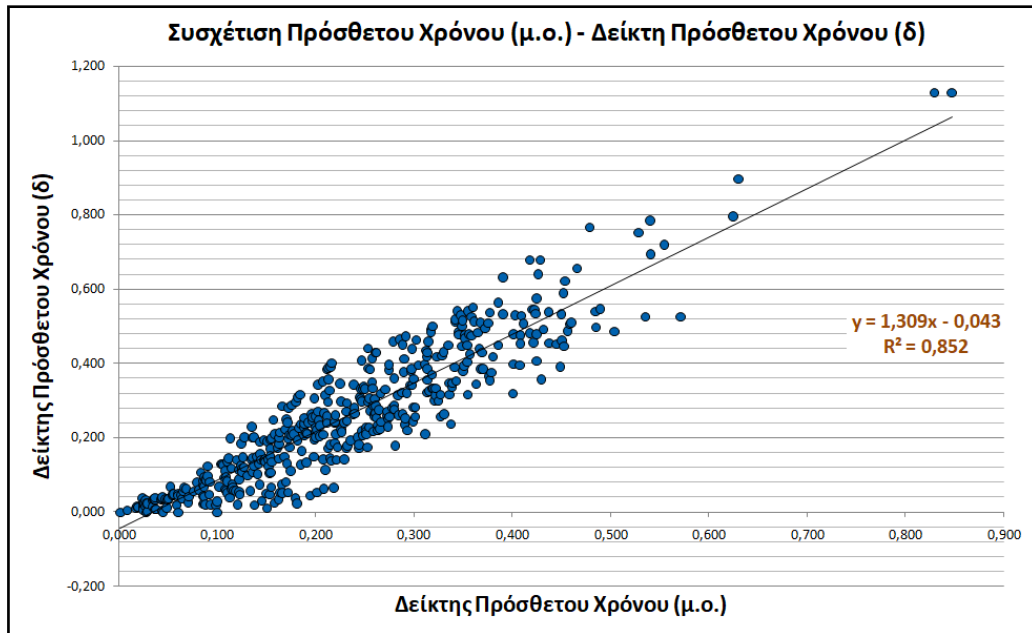
Διάγραμμα 4. Συσχέτιση Δείκτη Πρόσθετου Χρόνου (μ.ο.) και Δείκτη Πρόσθετου Χρόνου (δ) (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).



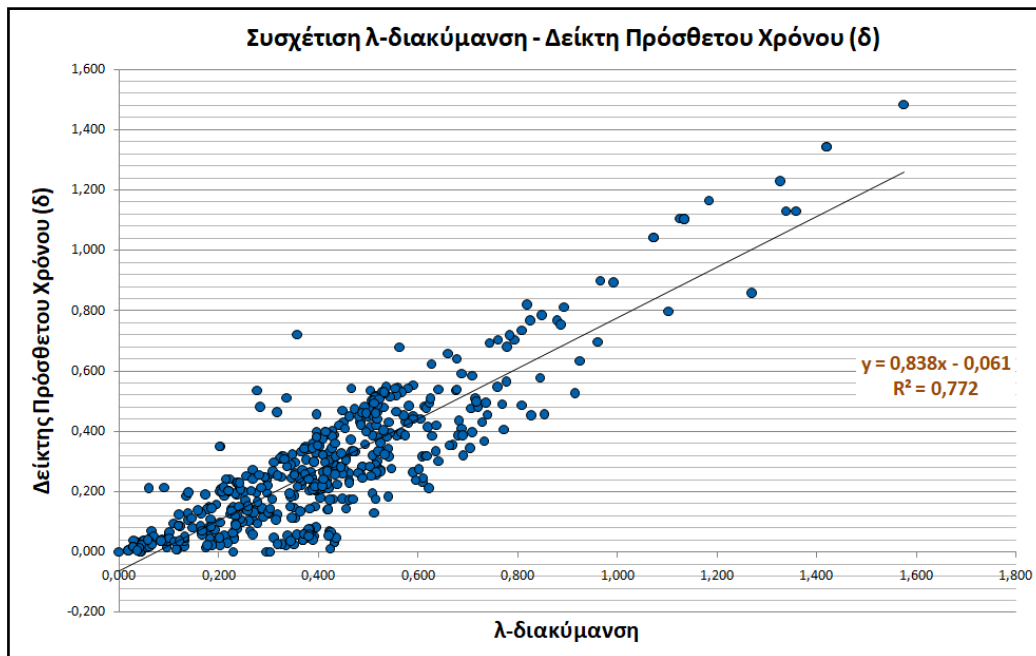
Διάγραμμα 5. Συσχέτιση λ-διακύμανση και Δείκτης Πρόσθετου Χρόνου (δ) (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).



Διάγραμμα 6. Συσχέτιση λ-διακύμανση και Δείκτης Πρόσθετου Χρόνου (μ.ο.) (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).



Διάγραμμα 7. Συσχέτιση Δείκτη Πρόσθετου Χρόνου (μ.ο.) και Δείκτη Πρόσθετου Χρόνου (δ) (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).

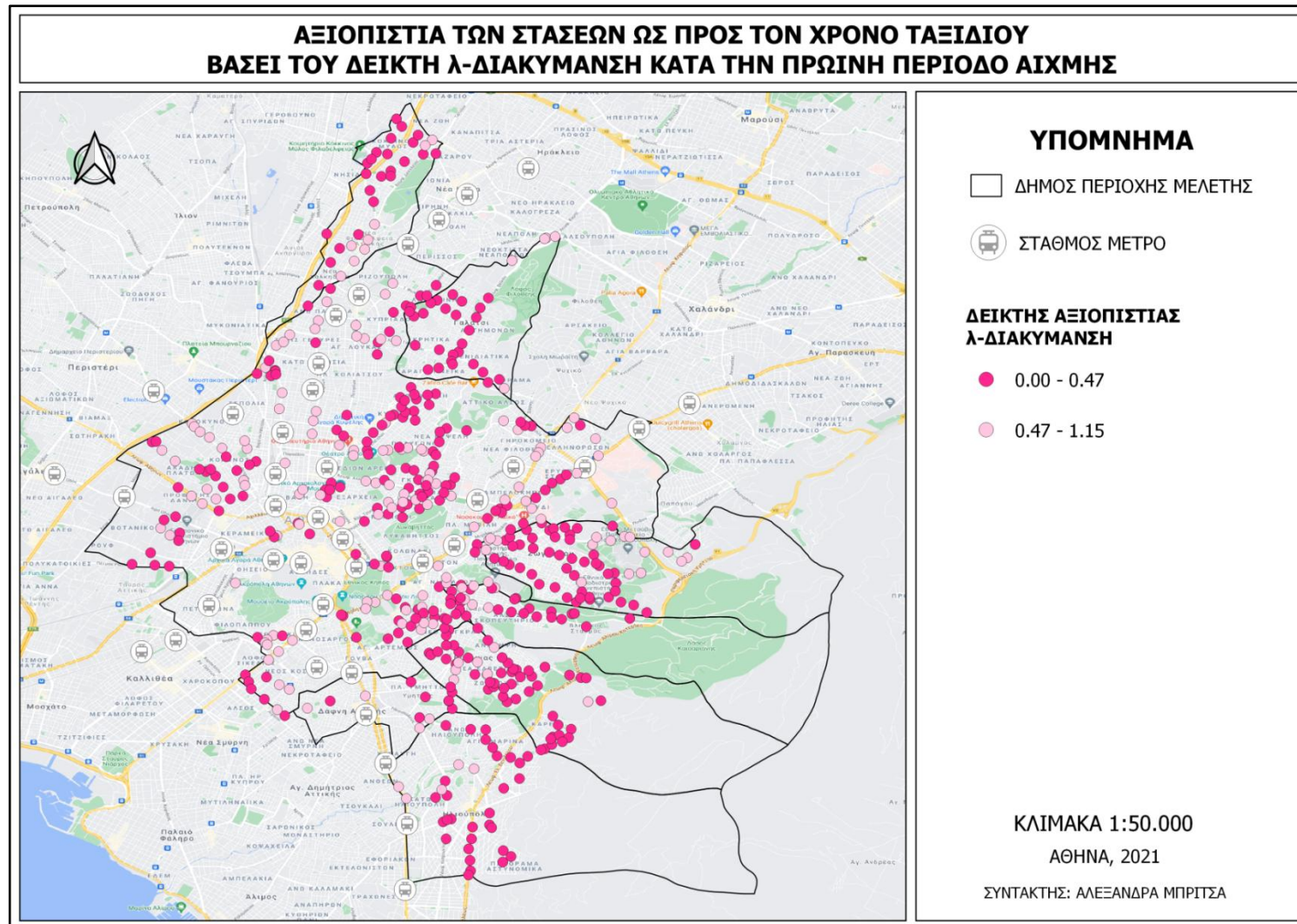


Διάγραμμα 8. Συσχέτιση λ-διακύμανση και Δείκτη Πρόσθετου Χρόνου (δ) (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει πως και στις δύο περιόδους μεταξύ των δεικτών λ-διακύμανση και ΔΠΧ_{μ.ο.}, αλλά και ΔΠΧ_{μ.ο.} και ΔΠΧ_δ υπάρχει πολύ ισχυρή συσχέτιση καθώς το R^2 λαμβάνει μεγάλη τιμή. Επίσης παρατηρείται ισχυρή συσχέτιση και για την πρωινή και για την απογευματινή περίοδο μεταξύ των δεικτών λ-διακύμανση και ΔΠΧ_δ. Επομένως, οι δείκτες μεταξύ τους έχουν μεγάλη συσχέτιση και άρα τα αποτελέσματα των δεικτών δε διαφοροποιούνται σε μεγάλο βαθμό.

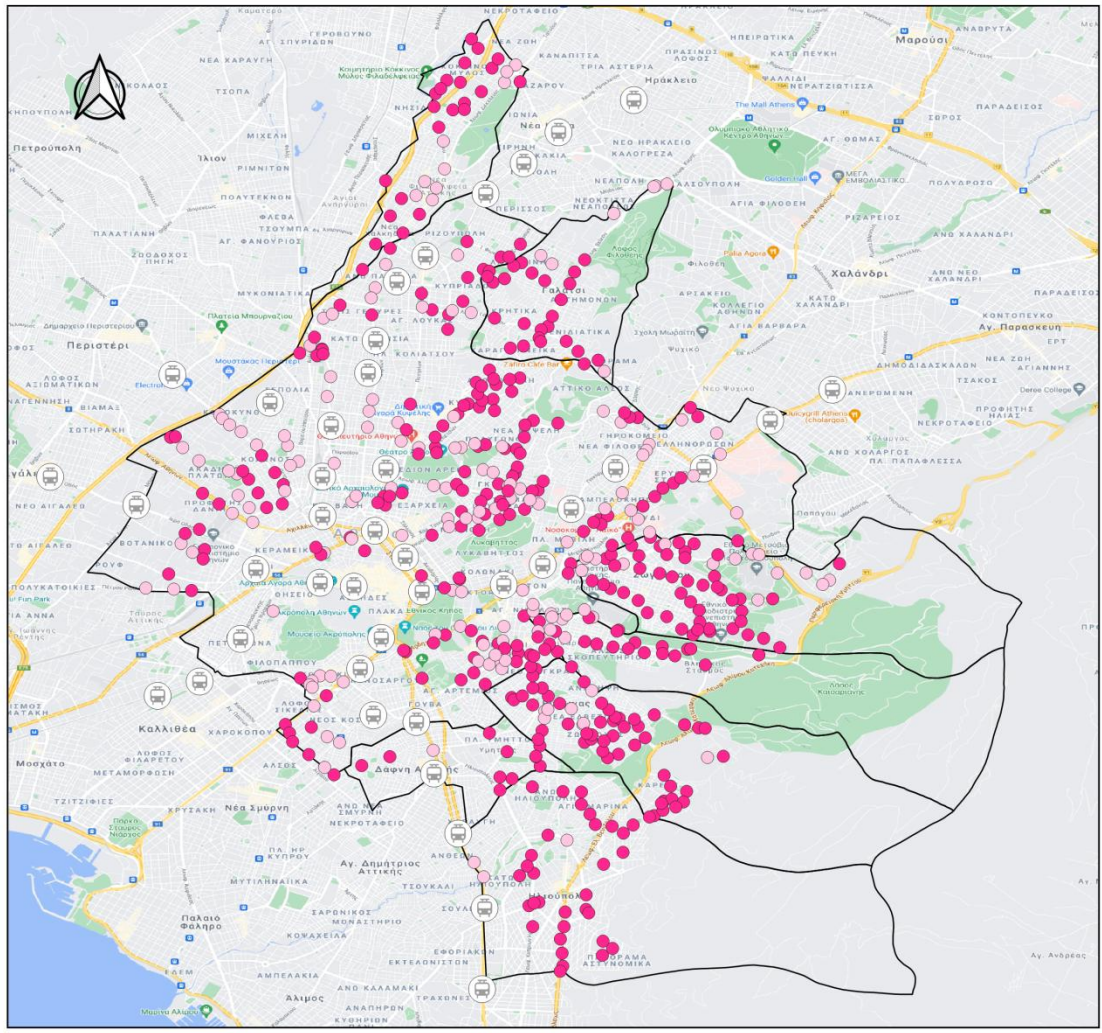
Στη συνέχεια οι δείκτες αξιοπιστίας αναλύθηκαν και βάση της κατηγορίας που έλαβαν έπειτα από την μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση.

5.3.2.2 Αποτελέσματα δεικτών αξιοπιστίας



Χάρτης 16. Αξιοπιστία των στάσεων ως προς τον χρόνο ταξιδιού βάσει του δείκτη λ-διακύμανση κατά την πρωινή περίοδο αιχμής.

**ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΤΑΞΙΔΙΟΥ
ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΠΡΟΣΘΕΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ (Μ.Ο.) ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΩΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΑΙΧΜΗΣ**



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

□ ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

🚏 ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΟ

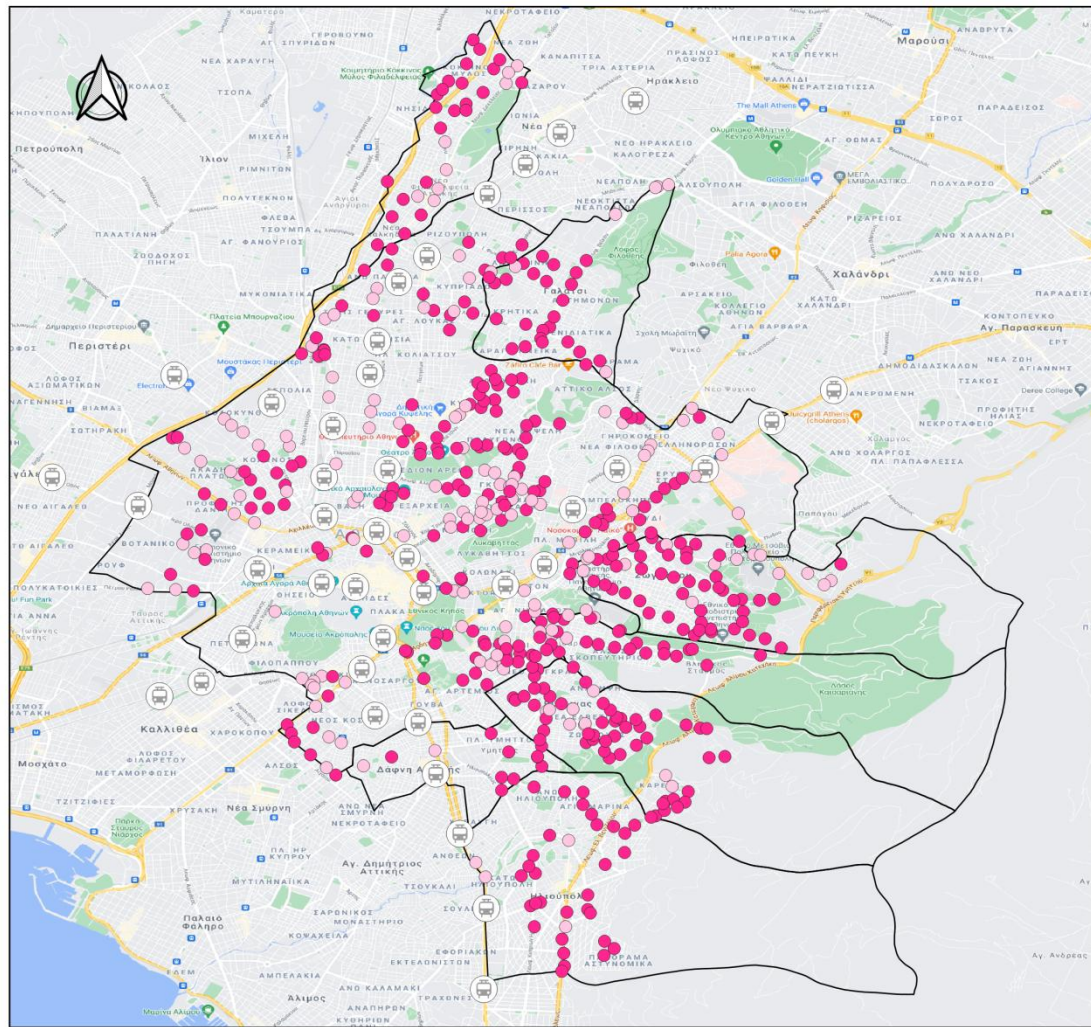
ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΔΠΧ (Μ.Ο.)

- 0.00 - 0.29
- 0.29 - 0.91

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50.000
ΑΘΗΝΑ, 2021
ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΜΠΡΙΤΣΑ

Χάρτης 17. Αξιοπιστία των στάσεων ως προς τον χρόνο ταξιδιού βάσει του δείκτη ΔΠΧ (μ.ο.) κατά την πρωινή περίοδο αιχμής.

**ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΤΑΞΙΔΙΟΥ
ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΠΡΟΣΘΕΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ (δ) ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΩΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΑΙΧΜΗΣ**



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

□ ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

🚌 ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΟ

ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΔΠΧ (δ)

● 0.00 - 0.34

● 0.34 - 1.28

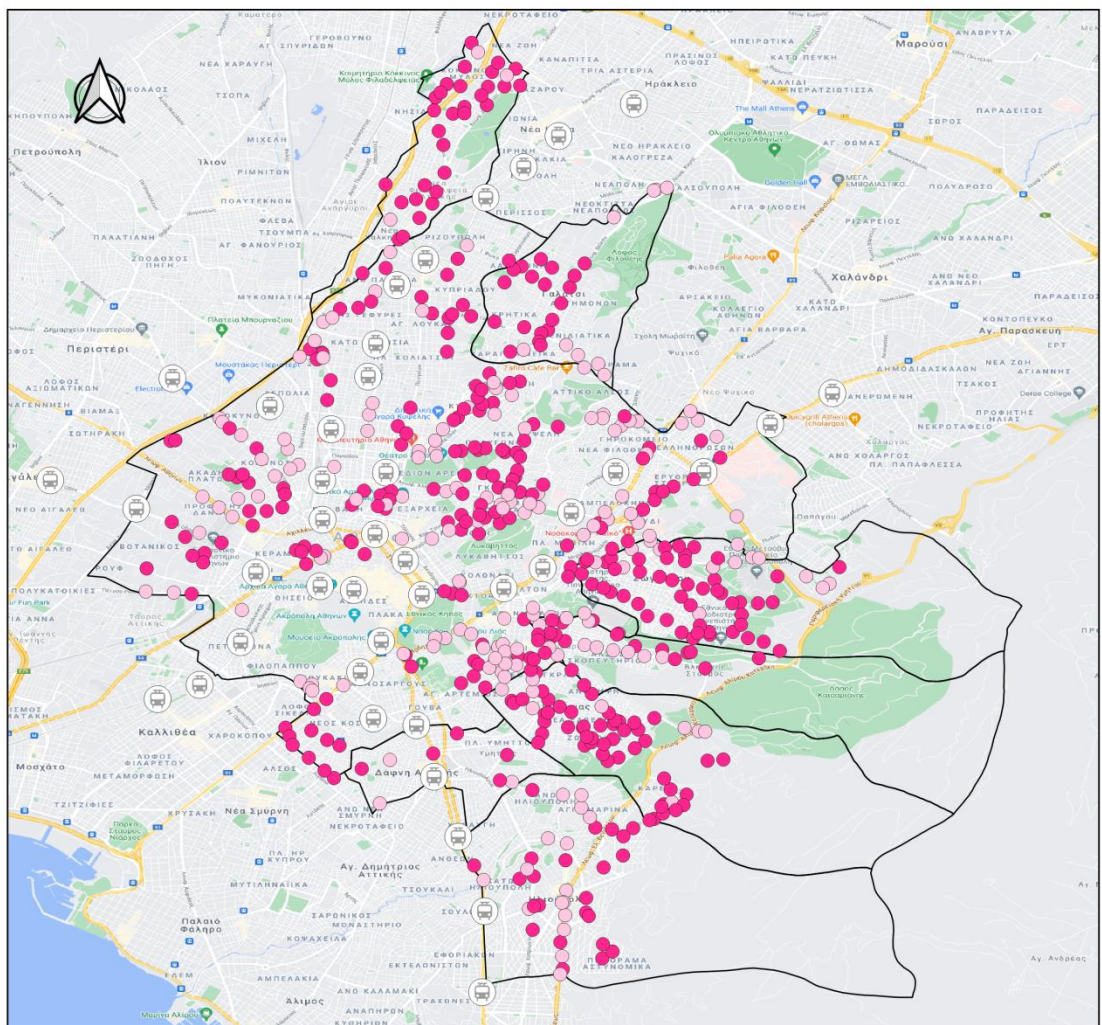
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50.000

ΑΘΗΝΑ, 2021

ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΜΠΡΙΤΣΑ

Χάρτης 18. Αξιοπιστία των στάσεων ως προς τον χρόνο ταξιδιού βάσει του δείκτη ΔΠΧ (δ) κατά την πρωινή περίοδο αιχμής.

**ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΤΑΞΙΔΙΟΥ
ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ λ-ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΓΕΥΜΑΤΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΑΙΧΜΗΣ**



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

□ ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

🚊 ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΟ

**ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ
λ-ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ**

● 0.00 - 0.48

● 0.48 - 1.58

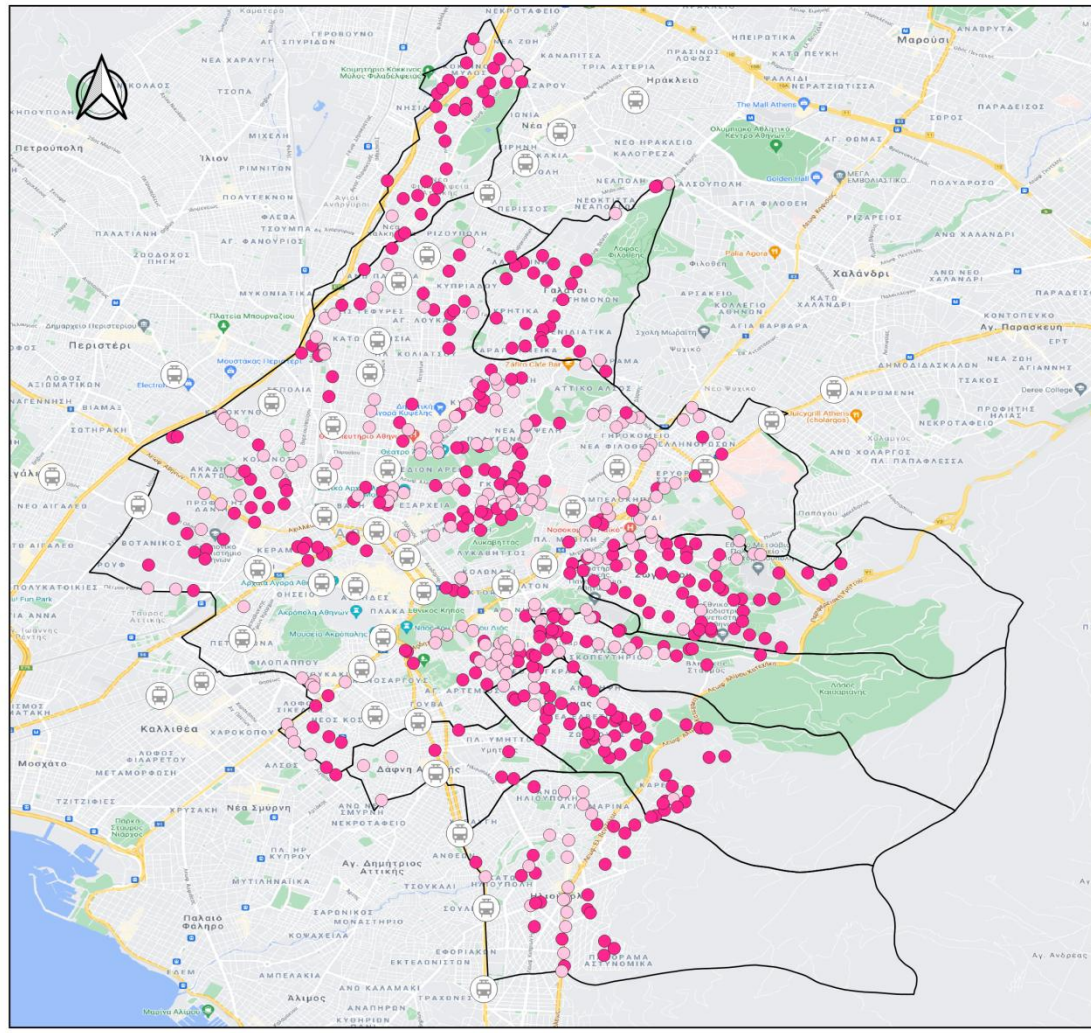
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50.000

ΑΘΗΝΑ, 2021

ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΜΠΡΙΤΣΑ

Χάρτης 19. Αξιοπιστία των στάσεων ως προς τον χρόνο ταξιδιού βάσει του δείκτη λ-διακύμανση κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής.

**ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΤΑΞΙΔΙΟΥ
ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΠΡΟΣΘΕΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ (Μ.Ο.) ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΓΕΥΜΑΤΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΑΙΧΜΗΣ**



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

□ ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

🚏 ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΟ

ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΔΠΧ (Μ.Ο.)

● 0.00 - 0.27

● 0.27 - 0.85

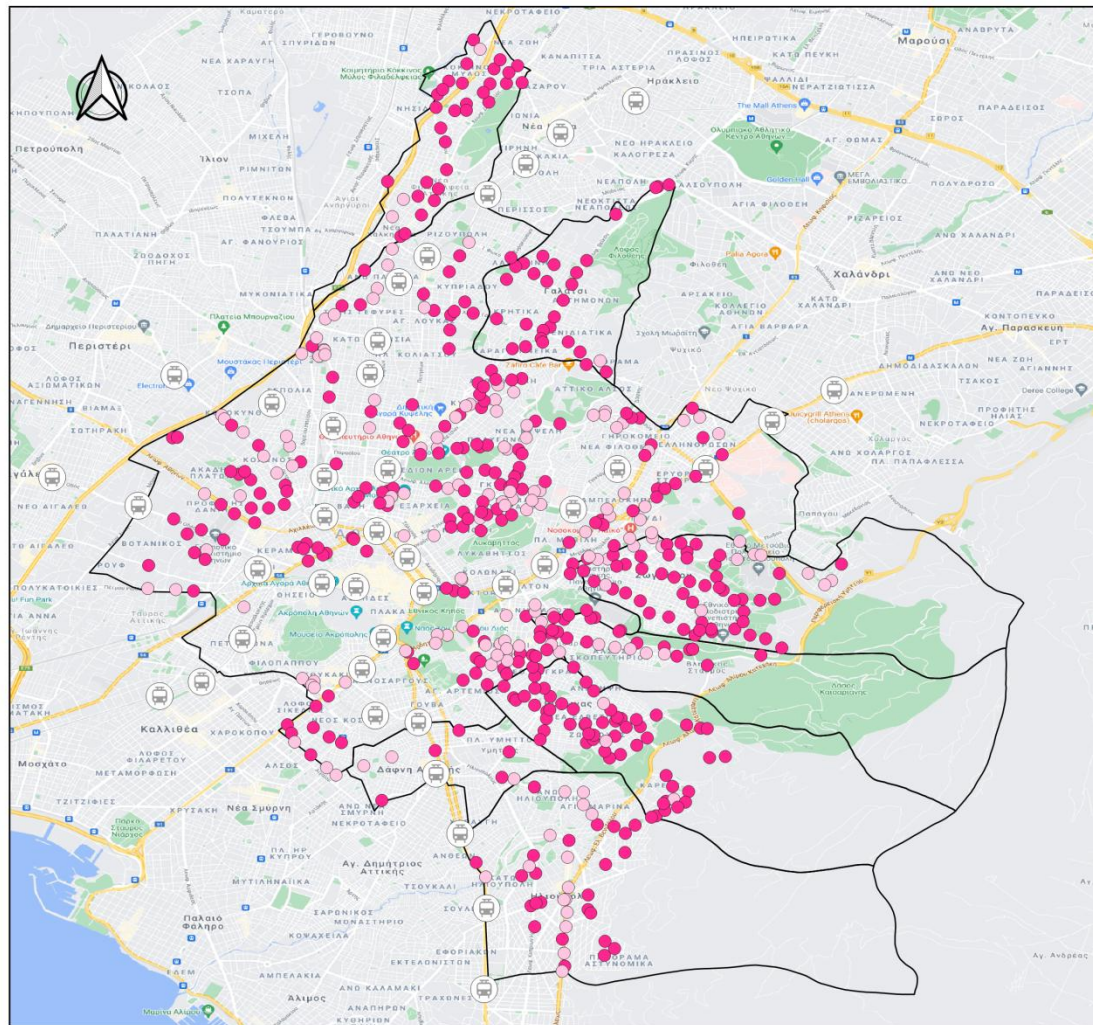
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50.000

ΑΘΗΝΑ, 2021

ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΜΠΡΙΤΣΑ

Χάρτης 20. Αξιοπιστία των στάσεων ως προς τον χρόνο ταξιδιού βάσει του δείκτη ΔΠΧ (μ.ο.) κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής.

**ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΤΑΞΙΔΙΟΥ
ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΠΡΟΣΘΕΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ (δ) ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΓΕΥΜΑΤΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΑΙΧΜΗΣ**



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

□ ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

🚏 ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΟ

**ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ
ΔΠΧ (δ)**

● 0.00 - 0.36

● 0.36 - 1.48

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50.000

ΑΘΗΝΑ, 2021

ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΜΠΡΙΤΣΑ

Χάρτης 21. Αξιοπιστία των στάσεων ως προς τον χρόνο ταξιδιού βάσει του δείκτη ΔΠΧ (δ) κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής.

5.3.2.3 Σχολιασμός δεικτών αξιοπιστίας

Κατά την πρωινή περίοδο αιχμής τυγχάνει από τις συνολικές 532 στάσεις και για τους 3 δείκτες αξιοπιστίας οι στάσεις που έχουν ταξινομηθεί ως στάσεις υψηλής αξιοπιστίας να είναι 367 (περίπου το 69% των στάσεων). Παρατηρώντας τους Χάρτες 16, 17 και 18 δεν φαίνεται να υπάρχουν μεγάλες διαφοροποιήσεις μεταξύ των δεικτών. Οι διαφορές που υπάρχουν εντοπίζονται κυρίως στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης, ενώ στο βόρειο και νότιο τμήμα οι διαφορές είναι ελάχιστες.

Κατά την απογευματινή περίοδο αιχμή υπάρχει διαφοροποίηση ως προς τον αριθμό των στάσεων που κατηγοριοποιεί ο κάθε δείκτης ως υψηλής αξιοπιστίας. Πιο συγκεκριμένα, από τις συνολικές 538 στάσεις ο δείκτης $\lambda_{\text{διακύμανση}}$ ταξινομεί 355 στάσεις (περίπου το 66% των στάσεων), ο $\Delta\text{ΠΧ}_{\mu.o.}$ 338 (περίπου το 63% των στάσεων) και ο $\Delta\text{ΠΧ}_{\delta}$, 380 (περίπου το 71% των στάσεων). Οι διαφορές μεταξύ των δεικτών λαμβάνοντας υπόψη του Χάρτες 19, 20 και 21 είναι μικρές και δεν φαίνεται να είναι συγκεντρωμένες σε ένα σημείο, αλλά είναι διάσπαρτες σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης, κυρίως στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης.

Στη συνέχεια παρατίθενται τέσσερις πίνακες στους οποίους παρουσιάζεται για την πρωινή και την απογευματινή περίοδο αιχμής (αντίστοιχα) ο αριθμός και το ποσοστό των στάσεων που λαμβάνει η κάθε κατηγορία για κάθε έναν από τους δείκτες αξιοπιστίας που έχουν εφαρμοστεί.

Πίνακας 9. Αριθμός στάσεων που λαμβάνει η κάθε κατηγορία για κάθε έναν από τους δείκτες αξιοπιστίας (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).

Πρωινή Περίοδος Αιχμής		Αριθμός στάσεων κάθε κατηγορίας ανάλογα με τον δείκτη αξιοπιστίας		
Κατηγορία Προσβασιμότητας	Κατηγορία Αξιοπιστίας	$\lambda_{\text{διακύμανση}}$	$\Delta\text{ΠΧ}_{\mu.o.}$	$\Delta\text{ΠΧ}_{\delta}$
Πολύ Υψηλή	Υψηλή	0	0	0
	Χαμηλή	3	3	3
Υψηλή	Υψηλή	21	19	22
	Χαμηλή	11	13	10
Μέτρια	Υψηλή	121	122	124
	Χαμηλή	65	64	62
Χαμηλή	Υψηλή	225	226	221
	Χαμηλή	86	85	90

Πίνακας 10. Ποσοστό στάσεων που λαμβάνει η κάθε κατηγορία για κάθε έναν από τους δείκτες αξιοπιστίας (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).

Πρωινή Περίοδος Αιχμής		Ποσοστό στάσεων κάθε κατηγορίας ανάλογα με τον δείκτη αξιοπιστίας		
Κατηγορία Προσβασιμότητας	Κατηγορία Αξιοπιστίας	λ διακύμανση	$\Delta\Pi\chi$ $\mu.o.$	$\Delta\Pi\chi$ δ
Πολύ Υψηλή	Υψηλή	0%	0%	0%
	Χαμηλή	1%	1%	1%
Υψηλή	Υψηλή	4%	4%	4%
	Χαμηλή	2%	2%	2%
Μέτρια	Υψηλή	12%	12%	12%
	Χαμηλή	23%	23%	23%
Χαμηλή	Υψηλή	42%	42%	42%
	Χαμηλή	16%	16%	17%

Πίνακας 11. Αριθμός στάσεων που λαμβάνει η κάθε κατηγορία για κάθε έναν από τους δείκτες αξιοπιστίας (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).

Απογευματινή Περίοδος Αιχμής		Αριθμός στάσεων κάθε κατηγορίας ανάλογα με τον δείκτη αξιοπιστίας		
Κατηγορία Προσβασιμότητας	Κατηγορία Αξιοπιστίας	λ διακύμανση	$\Delta\Pi\chi$ $\mu.o.$	$\Delta\Pi\chi$ δ
Υψηλή	Υψηλή	22	19	22
	Χαμηλή	17	20	17
Μέτρια	Υψηλή	126	108	121
	Χαμηλή	77	95	82
Χαμηλή	Υψηλή	207	211	237
	Χαμηλή	89	85	59

Πίνακας 12. Ποσοστό στάσεων που λαμβάνει η κάθε κατηγορία για κάθε έναν από τους δείκτες αξιοπιστίας (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).

Απογευματινή Περίοδος Αιχμής		Ποσοστό στάσεων κάθε κατηγορίας ανάλογα με τον δείκτη αξιοπιστίας		
Κατηγορία Προσβασιμότητας	Κατηγορία Αξιοπιστίας	λ διακύμανση	$\Delta\Pi\chi$ $\mu.o.$	$\Delta\Pi\chi$ δ
Υψηλή	Υψηλή	4%	4%	4%
	Χαμηλή	3%	4%	3%
Μέτρια	Υψηλή	23%	20%	22%
	Χαμηλή	14%	18%	15%
Χαμηλή	Υψηλή	38%	39%	44%
	Χαμηλή	17%	16%	11%

Από τους παραπάνω πίνακες είναι φανερό ότι ποσοτικά κατά την πρωινή περίοδο αιχμής ο αριθμός των στάσεων σε κάθε κατηγορία για τους τρεις δείκτες έχει μικρότερες διαφορές σε σχέση με την απογευματινή.

Συγκρίνοντας τον αριθμό των στάσεων κάθε κατηγορίας, για κάθε δείκτη αξιοπιστίας που έχει εφαρμοστεί, δεν φαίνεται κάποιος δείκτης να κατηγοριοποιεί σταθερά περισσότερες στάσεις ως αξιόπιστες σε σχέση με τους άλλους δείκτες τόσο κατά την πρωινή όσο και κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής. Για παράδειγμα κατά την πρωινή περίοδο αιχμής ο ΔΠΧ_δ χαρακτηρίζει τις περισσότερες στάσεις που έχουν υψηλή και μέτρια προσβασιμότητα ως αξιόπιστες αλλά τις λιγότερες στάσεις που έχουν χαμηλή προσβασιμότητα ως αξιόπιστες σε σχέση με τους υπόλοιπους δείκτες. Για τη χαμηλή προσβασιμότητα τις περισσότερες στάσεις χαρακτηρίζει ως αξιόπιστες ο ΔΠΧ_{μ.ο.}. Κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής ο δείκτης λ_{διακύμανση} και ο ΔΠΧ_δ κατηγοριοποιούν τις περισσότερες στάσεις υψηλής προσβασιμότητας ως αξιόπιστες σε σχέση με τον ΔΠΧ_{μ.ο.}, ο δείκτης λ_{διακύμανση} χαρακτηρίζει τις περισσότερες στάσεις μέτριας προσβασιμότητας ως αξιόπιστες και ο ΔΠΧ_δ κατηγοριοποιεί τις περισσότερες στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας σε σχέση με τους υπόλοιπους δείκτες. Άρα, ούτε μεταξύ πρωινής και απογευματινής περιόδου αιχμής φαίνεται να υπάρχει κάποιο μοτίβο ως προς του δείκτες αξιοπιστίας, καθώς όπως αναφέρθηκε π.χ. για τις στάσεις χαμηλότερης αξιοπιστίας στην πρωινή περίοδο αιχμής ο δείκτης ΔΠΧ_{μ.ο.} χαρακτηρίζει τις περισσότερες στάσεις ως αξιόπιστες, ενώ στην απογευματινή ο ΔΠΧ_δ.

Επομένως, δεν φαίνεται κάποιος δείκτης που έχουν εφαρμοστεί να υπερεκτιμά ή να υποτιμά την αξιοπιστία σταθερά σε όλες τις στάσεις.

Παρατηρώντας συνδυαστικά τους Πίνακες 9-12 και τους Χάρτες 16-21, προκύπτει πως ιδιαίτερα κατά την πρωινή περίοδο αιχμής παρόλο που όπως προαναφέρθηκε δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές ως προς τον αριθμό των στάσεων που έχουν κατηγοριοποιηθεί σε κάθε κατηγορία, χωρικά παρατηρούνται ορισμένες διαφοροποιήσεις (οι διαφορές αυτές εντοπίζονται σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης).

Για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκαν οι Πίνακες 13 και 14 στους οποίους παρουσιάζεται ο αριθμός των στάσεων που έχουν χαρακτηριστεί με την ίδια κατηγορία συγκρίνοντας τους δείκτες αξιοπιστίας ανά δύο.

Πίνακας 13. Αριθμός στάσεων που έχουν χαρακτηριστεί με την ίδια κατηγορία συγκρίνοντας του δείκτες αξιοπιστίας ανά δύο (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).

Πρωινή Περίοδος Αιχμής		Αριθμός στάσεων που έχουν ταξινομηθεί στην ίδια κατηγορία		
Κατηγορία Προσβασιμότητας	Κατηγορία Αξιοπιστίας	λ διακύμανση - ΔΠΧ $\mu.o.$	ΔΠΧ $\mu.o.$ - ΔΠΧ δ	λ διακύμανση - ΔΠΧ δ
Πολύ Υψηλή	Υψηλή	0	0	0
	Χαμηλή	3	3	3
Υψηλή	Υψηλή	17	19	18
	Χαμηλή	9	10	7
Μέτρια	Υψηλή	107	111	104
	Χαμηλή	50	51	45
Χαμηλή	Υψηλή	209	209	199
	Χαμηλή	69	73	64
Σύνολο		464	476	440

Πίνακας 14. Αριθμός στάσεων που έχουν χαρακτηριστεί με την ίδια κατηγορία συγκρίνοντας του δείκτες αξιοπιστίας ανά δύο (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).

Απογευματινή Περίοδος Αιχμής		Αριθμός στάσεων που έχουν ταξινομηθεί στην ίδια κατηγορία		
Κατηγορία Προσβασιμότητας	Κατηγορία Αξιοπιστίας	λ διακύμανση - ΔΠΧ $\mu.o.$	ΔΠΧ $\mu.o.$ - ΔΠΧ δ	λ διακύμανση - ΔΠΧ δ
Υψηλή	Υψηλή	22	19	22
	Χαμηλή	17	20	17
Μέτρια	Υψηλή	126	108	121
	Χαμηλή	77	95	82
Χαμηλή	Υψηλή	207	211	237
	Χαμηλή	89	85	59
Σύνολο		464	476	440

Ο αριθμός των στάσεων που έχουν χαρακτηριστεί ως στάσεις με πολύ υψηλή, υψηλή, μέτρια και χαμηλή προσβασιμότητα ανεξαρτήτως αξιοπιστίας για την πρωινή περίοδο αιχμής (Χάρτης 14) είναι 3, 32, 186, 311 αντίστοιχα. Ομοίως για την απογευματινή περίοδο αιχμής (Χάρτης 15) ο αριθμός των στάσεων που έχουν κατηγοριοποιηθεί ως στάσεις υψηλής, μέτριας και χαμηλής προσβασιμότητα είναι 39, 203 και 296 αντίστοιχα.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, στους ακόλουθους πίνακες παρουσιάζεται το ποσοστό των στάσεων που έχουν ταξινομηθεί στην ίδια κατηγορία αξιοπιστίας, ανάλογα με το είδος της προσβασιμότητας συγκρίνοντας τους δείκτες αξιοπιστίας ανά δύο.

Πίνακας 15. Ποσοστό των στάσεων που έχουν ταξινομηθεί στην ίδια κατηγορία αξιοπιστίας, ανάλογα με το είδος της προσβασιμότητας συγκρίνοντας του δείκτες ανά δύο (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).

Πρωινή Περίοδος Αιχμής	Ποσοστό στάσεων που έχουν ταξινομηθεί στην ίδια κατηγορία αξιοπιστίας ανάλογα με την κατηγορία προσβασιμότητας		
Κατηγορία Προσβασιμότητας	λ διακύμανση - $\Delta\text{ΠΧ}_{\mu.o.}$	$\Delta\text{ΠΧ}_{\mu.o.}$ - $\Delta\text{ΠΧ}_{\delta}$	λ διακύμανση - $\Delta\text{ΠΧ}_{\delta}$
Πολύ Υψηλή	100%	100%	100%
Υψηλή	81%	91%	78%
Μέτρια	84%	87%	80%
Χαμηλή	89%	91%	85%
Σύνολο	87%	89%	83%

Πίνακας 16. Ποσοστό των στάσεων που έχουν ταξινομηθεί στην ίδια κατηγορία αξιοπιστίας, ανάλογα με το είδος της προσβασιμότητας συγκρίνοντας του δείκτες ανά δύο (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).

Απογευματινή Περίοδος Αιχμής	Ποσοστό στάσεων που έχουν ταξινομηθεί στην ίδια κατηγορία αξιοπιστίας ανάλογα με την κατηγορία προσβασιμότητας		
Κατηγορία Προσβασιμότητας	λ διακύμανση - $\Delta\text{ΠΧ}_{\mu.o.}$	$\Delta\text{ΠΧ}_{\mu.o.}$ - $\Delta\text{ΠΧ}_{\delta}$	λ διακύμανση - $\Delta\text{ΠΧ}_{\delta}$
Υψηλή	82%	87%	79%
Μέτρια	85%	90%	88%
Χαμηλή	90%	86%	85%
Σύνολο	88%	88%	86%

Από τους Πίνακες 15 και 16 προκύπτει πως μεγαλύτερη συσχέτιση υπάρχει μεταξύ των $\Delta\text{ΠΧ}_{\mu.o.}$ και $\Delta\text{ΠΧ}_{\delta}$. Αυτό είναι λογικό καθώς όπως αναφέρθηκε και στην υποενότητα 2.3.3. η διαφορά των δύο δεικτών είναι πως στον πρώτο δείκτη χρησιμοποιείται η μέση τιμή του δείγματος, ενώ στον δεύτερο η διάμεσος, επομένως υπάρχει πιθανότητα σε ορισμένα δείγματα οι δύο τιμές να ταυτίζονται ή να είναι πολύ κοντινές με αποτέλεσμα να μην υπάρχει διαφορά στην κατηγοριοποίηση της στάσης ως προς την αξιοπιστία. Παρόλα αυτά υπάρχει ένα 10-14% των στάσεων (ανάλογα με την κατηγορία της προσβασιμότητας) που δεν έχουν τα ίδια αποτελέσματα ως προς τον χαρακτηρισμό της αξιοπιστίας. Αυτό το ποσοστό ωστόσο δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλο. Μεγάλη συσχέτιση παρατηρείται και μεταξύ του δείκτη $\lambda_{\text{διακύμανση}}$ και του $\Delta\text{ΠΧ}_{\mu.o.}$. Μάλιστα κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής στις στάσεις χαμηλής αξιοπιστίας υπάρχει μεγαλύτερη ταύτιση μεταξύ του δείκτη $\lambda_{\text{διακύμανση}}$ και του $\Delta\text{ΠΧ}_{\mu.o.}$ από ότι μεταξύ των $\Delta\text{ΠΧ}_{\mu.o.}$ και $\Delta\text{ΠΧ}_{\delta}$. Μικρότερη συσχέτιση και στις δύο περιόδους παρατηρείται μεταξύ του δείκτη $\lambda_{\text{διακύμανση}}$ και του $\Delta\text{ΠΧ}_{\delta}$ και κυρίως κατά την πρωινή αιχμή. Αυτό είναι λογικό, καθώς ο δείκτης $\lambda_{\text{διακύμανση}}$ λαμβάνει υπόψη όλο το εύρος της κατανομής ενώ ο $\Delta\text{ΠΧ}_{\delta}$ μόνο τις τιμές που είναι μεγαλύτερες της διαμέσου, επομένως όταν η κατανομή του δείγματος είναι ασύμμετρη προφανώς και τα αποτελέσματα θα διαφέρουν. Αξίζει να επισημανθεί πως παρόλο που έχουν χρησιμοποιηθεί τρεις διαφορετικοί δείκτες αξιοπιστίας, τα αποτελέσματα ως προς την αξιοπιστία των στάσεων με πολύ υψηλή προσβασιμότητα είναι ακριβώς τα ίδια.

Στη συνέχεια συγκρίθηκαν και οι τρεις δείκτες αξιοπιστίας μεταξύ τους. Στους ακόλουθους πίνακες παρουσιάζονται ποσοτικά οι στάσεις που έχουν και για τους τρεις δείκτες τα ίδια αποτελέσματα ως προς τον χαρακτηρισμό της αξιοπιστίας.

Πίνακας 17. Αριθμός στάσεων που έχουν ταξινομηθεί την ίδια κατηγορία αξιοπιστίας και στους τρεις δείκτες αξιοπιστίας (Πρωινή Περίοδος Αιχμής).

Πρωινή Περίοδος Αιχμής		Αριθμός στάσεων που έχουν ταξινομηθεί στην ίδια κατηγορία αξιοπιστίας και στους τρεις χάρτες		
Κατηγορία Προσβασιμότητας	Κατηγορία Αξιοπιστίας	λ διακύμανση - $\Delta\Pi X_{\mu.o.}$ - $\Delta\Pi X_{\delta}$	Σύνολο	Ποσοστό Συνόλου
Πολύ Υψηλή	Υψηλή	0	3	100%
	Χαμηλή	3		
Υψηλή	Υψηλή	17	32	75%
	Χαμηλή	7		
Μέτρια	Υψηλή	100	186	76%
	Χαμηλή	41		
Χαμηλή	Υψηλή	194	311	82%
	Χαμηλή	62		
Σύνολο		424	532	80%

Πίνακας 18. Αριθμός στάσεων που έχουν ταξινομηθεί την ίδια κατηγορία αξιοπιστίας και στους τρεις δείκτες αξιοπιστίας (Απογευματινή Περίοδος Αιχμής).

Απογευματινή Περίοδος Αιχμής		Αριθμός στάσεων που έχουν ταξινομηθεί στην ίδια κατηγορία αξιοπιστίας και στους τρεις χάρτες		
Κατηγορία Προσβασιμότητας	Κατηγορία Αξιοπιστίας	λ διακύμανση - $\Delta\Pi X_{\mu.o.}$ - $\Delta\Pi X_{\delta}$	Σύνολο	Ποσοστό Συνόλου
Υψηλή	Υψηλή	16	39	74%
	Χαμηλή	13		
Μέτρια	Υψηλή	102	203	81%
	Χαμηλή	63		
Χαμηλή	Υψηλή	190	296	80%
	Χαμηλή	48		
Σύνολο		432	538	80%

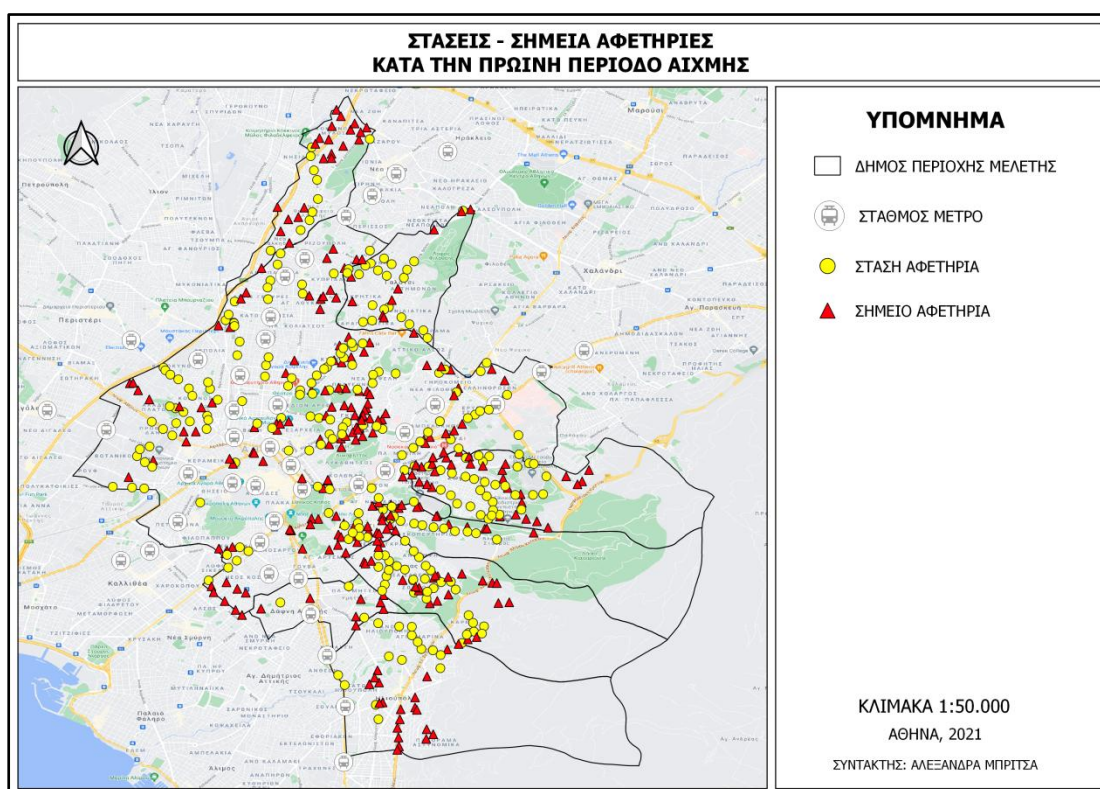
Σύμφωνα με τους Πίνακες 17 και 18 και κατά την πρωινή περίοδο αιχμής και κατά την απογευματινή, από τις 532 και 538 στάσεις που αναλύθηκαν ως προς την προσβασιμότητα αντίστοιχα, περίπου το 80% έχει κατηγοριοποιηθεί στην ίδια κατηγορία αξιοπιστίας και για τους 3 δείκτες.

Προκύπτει επομένως από όλα τα παραπάνω ότι ο $\Delta\Pi X_{\mu.o.}$ έχει την μεγαλύτερη συσχέτιση με τους άλλους δύο δείκτες και για τον λόγο στη συνέχεια η ανάλυση πραγματοποιείται βάσει του συγκεκριμένου δείκτη καθώς τα αποτελέσματα δε θα διαφέρουν σημαντικά με το να χρησιμοποιηθεί κάποιος από τους άλλους δύο δείκτες.

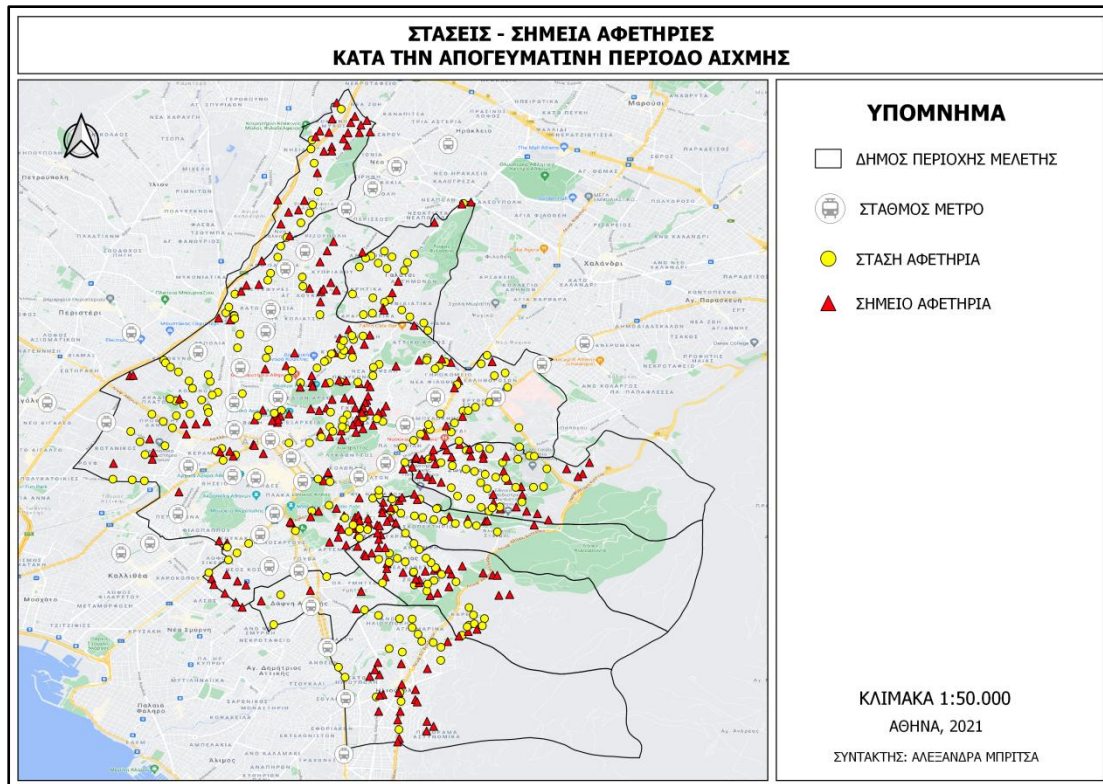
5.3.2.4. Αξιοπιστία στη στάση

Όπως αναφέρθηκε στην υποενότητα 3.4. ο ταξιδιώτης μπορεί να χρησιμοποιήσει κάποιο μέσο μαζικής μεταφοράς που δεν διέρχεται από τη στάση. Βάσει αυτής της πληροφορίας δημιουργήθηκαν οι ακόλουθοι Χάρτες.

Αν η λεωφορειακή γραμμή-γραμμή τρόλεϊ που δίνεται η οδηγία (από το Google Maps) να επιβιβαστεί ο ταξιδιώτης περνά από τη στάση που μελετάται κάθε φορά, τότε η στάση αυτή ορίζεται ως στάση-αφετηρία. Αντίθετα, αν η λεωφορειακή γραμμή-γραμμή τρόλεϊ που δίνεται η οδηγία (από το Google Maps) να επιβιβαστεί ο ταξιδιώτης δεν περνά από τη στάση που μελετάται, τότε η στάση αυτή ορίζεται ως στάση-σημείο, καθώς ο επιβάτης χρειάζεται να περπατήσει αρχικά και να μεταβεί σε μια άλλη στάση.



Χάρτης 22. Στάσεις - σημεία αφετηρίες (Πρωινή περίοδος αιχμής).



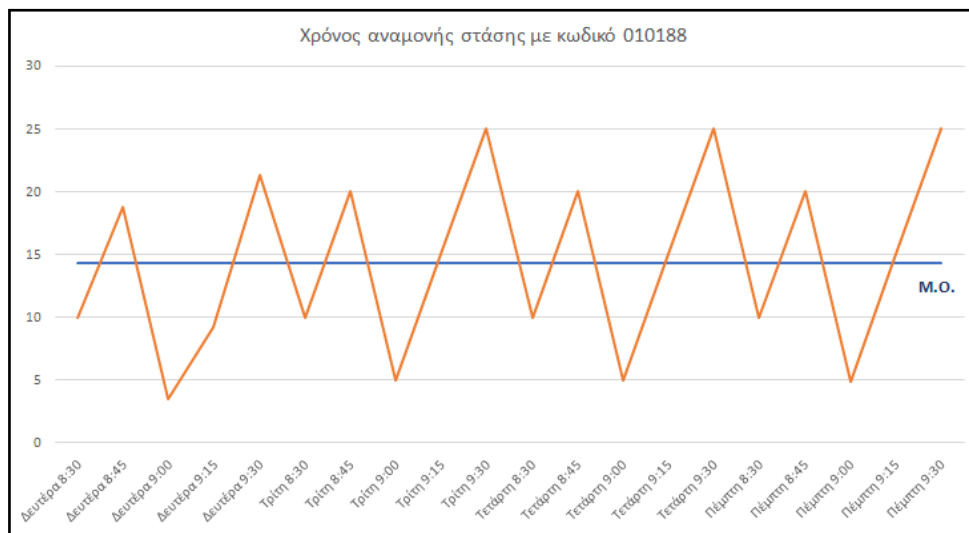
Χάρτης 23. Στάσεις - σημεία αφετηρίας (Απογευματινή περίοδος αιχμής).

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα του ΔΠΧ_{μ.ο} (Χάρτες 17 και 20) συνδυαστικά με τους παραπάνω χάρτες της αξιοπιστίας που δείχνουν πόσες φορές ο ταξιδιώτης δίνεται η οδηγία να επιβιβαστεί σε γραμμή που διέρχεται από τη στάση (Χάρτες 22 και 23) αλλά την πληροφορία συγκεκριμένα για τις γραμμές που δίνεται η οδηγία να επιβιβαστεί ο ταξιδιώτης, προκύπτουν τα ακόλουθα.

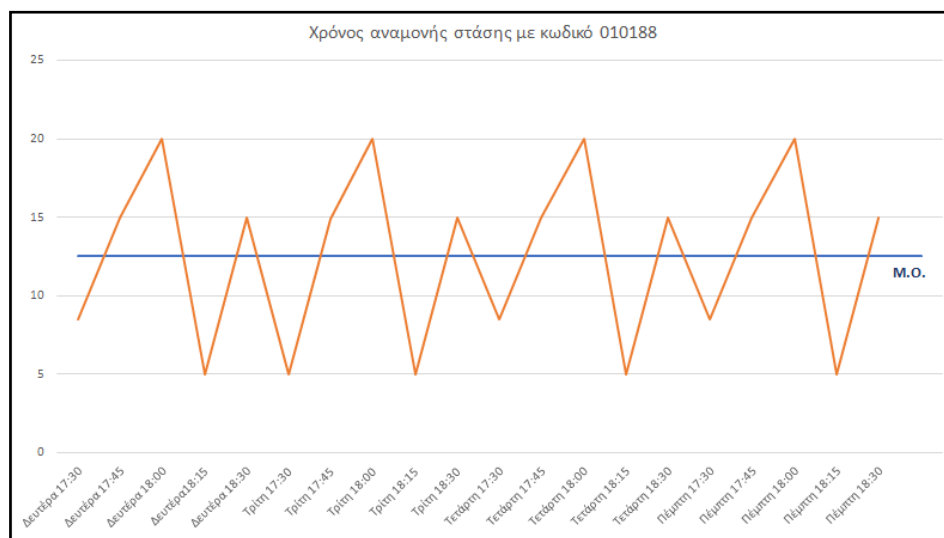
Στον Δήμο Ζωγράφου οι στάσεις έχουν ως προορισμό είτε τον σταθμό Μέγαρο Μουσικής είτε τον σταθμό Ευαγγελισμό και έχουν υψηλή αξιοπιστία και στις δύο περιόδους. Παρατηρείται πως οι μεταβολές στον χρόνο εντός των λεωφορειακών γραμμών 220, 221, 235, 608 και στον χρόνο αναμονής των γραμμών αυτών είναι μικρές. Μάλιστα, το γεγονός του ότι ο χρόνος αναμονής στη στάση είναι μικρός οφείλεται τόσο στον αριθμό των γραμμών που περνάνε από τη στάση (στις περισσότερες στάσεις περνάνε τουλάχιστον δύο λεωφορειακές γραμμές) όσο και στην συχνότητα των δρομολογίων των γραμμών και ιδιαίτερα της γραμμής 608. Όσον αφορά τις στάσεις εντός του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, οι χρόνοι εντός του λεωφορείου είναι σταθεροί. Ωστόσο οι χρόνοι αναμονής μεταβάλλονται, αυτό συμβαίνει λόγω του ότι υπάρχει μόνο μια γραμμή, με όχι πολύ μεγάλη συχνότητα, που εξυπηρετεί τις στάσεις αυτές, η γραμμή 242. Στην Πανεπιστημιούπολη, σύμφωνα με τις οδηγίες που λήφθηκαν από το Google Maps ο ταξιδιώτης επιβιβάζεται σε γραμμές που διέρχονται από κοντινές στάσεις και όχι από τις ίδιες τις στάσεις, εξαιτίας των συχνών δρομολογίων των γραμμών των κοντινών στάσεων. Στις στάσεις που βρίσκονται στο δυτικό μέρος του Δήμου ο επιβάτης τις περισσότερες φορές δε δίνεται η οδηγία να επιβιβαστεί σε γραμμή που διέρχεται από τη στάση είτε λόγω του ότι υπάρχουν κοντινές στις οποίες η συχνότητα των γραμμών είναι μεγαλύτερη (π.χ. 608), είτε επειδή η γραμμή που περνάει από την συγκεκριμένη στάση δεν οδηγεί κάπου κοντά στον πλησιέστερο σταθμό που έχει προσδιοριστεί.

Στον Δήμο Γαλατσίου, όπως και στον Δήμο Ζωγράφου, σχεδόν όλες οι στάσεις έχουν υψηλή αξιοπιστία παρόλο που έχουν ως προορισμό διαφορετικό σταθμό μετρό. Οι μεταβολές του χρόνου εντός των λεωφορειακών γραμμών 608, 036 και της γραμμής τρόλεϊ 5 είναι μικρές, το ίδιο και του χρόνου αναμονής. Επιπλέον, επιβεβαιώνεται και η συχνότητα της λεωφορειακής γραμμής 608, καθώς από όσες στάσεις ο επιβάτης χρησιμοποιεί την γραμμή αυτή για να φτάσει στον σταθμό Κάτω Πατήσια, οι χρόνοι αναμονής στη στάση πέρα από σταθεροί είναι και μικροί (της τάξης των 5 λεπτών).

Στον Δήμο Γαλατσίου και στις δύο περιόδους στο βόρειο τμήμα του η αξιοπιστία είναι χαμηλή. Μάλιστα, αυτές οι στάσεις έχουν τους μεγαλύτερους χρόνους αναμονής κατά την πρωινή περίοδο αιχμής. Από τις στάσεις αυτές περνάει μόνο η γραμμή 605 η οποία οδηγεί στο πλησιέστερο σταθμό της, τον σταθμό Νέα Ιωνία. Όπως φαίνεται ενδεικτικά από τα ακόλουθα διαγράμματα, κατά την πρωινή περίοδο αιχμής ο χρόνος αναμονής διαφέρει σημαντικά από χρονική στιγμή σε χρονική στιγμή σε σχέση με τον μέσο.



Διάγραμμα 9. Χρόνος αναμονής της στάσης με κωδικό 010188 (Πρωινή Περίοδος αιχμής) .



Διάγραμμα 10. Χρόνος αναμονής της στάσης με κωδικό 010188 (Απογευματινή Περίοδος αιχμής) .

Αντίθετα, ο χρόνος εντός του μέσου μένει σχετικά σταθερός. Από το συγκεκριμένο δείγμα φαίνεται ότι ο ταξιδιώτης μπορεί να χρειαστεί να περιμένει έως και 25 λεπτά στη στάση. Επομένως, ένας καλός προγραμματισμός θα βοηθήσει τον επιβάτη να φτάσει με μεγαλύτερη αξιοπιστία στον προορισμό του.

Επιπλέον, οι στάσεις στις οποίες ο επιβάτης δεν δίνεται η οδηγία να επιβιβαστεί σε κάποια λεωφορειακή γραμμή-γραμμή τρόλεϊ που διέρχεται από αυτές εντοπίζονται κεντρικά και βόρεια του Δήμου Γαλατσίου. Και στις δύο περιπτώσεις ο λόγος είναι επειδή οι γραμμές που διέρχονται από τις στάσεις δεν περνάνε κοντά από τον σταθμό που έχει προσδιοριστεί ως κοντινότερος.

Στον Δήμο Βύρωνα όπως και στους Δήμους που προαναφέρθηκαν κατά κύριο λόγο η αξιοπιστία και στις δύο περιόδους είναι υψηλή. Στις στάσεις που βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα του Δήμου αυτού, ο χρόνος εντός του μέσου μεταφοράς και οι χρόνοι αναμονής μεταβάλλονται, ωστόσο εξαιτίας του ότι ο συνολικός χρόνος είναι αρκετά μεγάλος (30-40 λεπτά) λόγω της απόστασης της στάσης από τον προορισμό, η τιμή του δείκτη αξιοπιστίας είναι μικρή. Ο λόγος που οι χρόνοι ταξιδιού μεταβάλλονται είναι εξαιτίας της γραμμής που δίνεται η οδηγία να επιβιβαστεί ο ταξιδιώτης κάθε φορά. Στον Δήμο αυτό, σε αρκετές στάσεις ο ταξιδιώτης δεν επιβιβάζεται σε κάποια γραμμή που περνά από τη στάση είτε επειδή η γραμμή που διέρχεται από την στάση δεν περνά κοντά από τον κοντινότερο σταθμό είτε επειδή ναι μεν η γραμμή καταλήγει στον πλησιέστερο σταθμό αλλά δεν είναι συχνά τα δρομολόγια.

Στον Δήμο Καισαριανής παρατηρήθηκε πως οι στάσεις στη Λεωφόρο Εθνικής Αντιστάσεως με κωδικούς 230009, 230010, 230011, 230012 και 230013, κατά την πρωινή περίοδο αιχμής χαρακτηρίζονται από υψηλή αξιοπιστία, ενώ κατά την απογευματινή από χαμηλή. Ο λόγος που υπάρχει αυτή η διαφορά στην κατηγοριοποίηση των στάσεων αυτών είναι η συχνότητα των δρομολογίων της μιας μόνο γραμμής (γραμμή 224) που διέρχεται από τις συγκεκριμένες στάσεις, η οποία κατά την πρωινή περίοδο είναι μεγαλύτερη και άρα η μεταβολή του χρόνου αναμονής στη στάση είναι μικρότερη. Οι υπόλοιπες στάσεις κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής κατηγοριοποιούνται ως στάσεις υψηλής αξιοπιστίας λόγω του ότι ο συνολικός χρόνος είναι μεγαλύτερος και η τιμή του δείκτη αξιοπιστίας προκύπτει μικρή.

Στο νότιο τμήμα του Δήμου Αθηναίων παρατηρείται πως η αξιοπιστία για κοντινές στάσεις είναι διαφορετική διότι έχουν διαφορετικό προορισμό. Οι στάσεις με χαμηλή αξιοπιστία είναι στάσεις όπου περνάει η γραμμή τρόλεϊ 4 της οποίας τα δρομολόγια δεν είναι συχνά και επομένως η μεταβολή του χρόνου αναμονής σε συνδυασμό με τον μικρό χρόνο ταξιδιού για τον προορισμό επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα του δείκτη αξιοπιστίας. Επιπλέον, στο τμήμα αυτό υπάρχουν ορισμένες στάσεις που κατά την πρωινή περίοδο αιχμής έχουν κατηγοριοποιηθεί ως στάσεις υψηλής αξιοπιστίας ενώ κατά την απογευματινή περίοδο ως στάσεις χαμηλής. Στις στάσεις αυτές και στις δύο περιόδους ο χρόνος αναμονής είναι μεταβαλλόμενος και ο χρόνος εντός του μέσου μεταφοράς είναι σχετικά σταθερός. Ο λόγος που υπάρχει η διαφορά ως προς την κατηγοριοποίηση της αξιοπιστίας είναι επειδή κατά την πρωινή περίοδο αιχμής ο μέσος χρόνος ταξιδιού είναι μεγαλύτερος (μεγαλύτερη κίνηση κατά την πρωινή αιχμή) και άρα ο δείκτης αξιοπιστίας προκύπτει μικρότερος κατά την πρωινή περίοδο. Από ορισμένες στάσεις του τμήματος αυτού δεν διέρχεται κάποια γραμμή που να συμφέρει τον ταξιδιώτη να επιβιβαστεί ώστε να φτάσει στον πλησιέστερο σταθμό μετρό (όπως αυτός έχει προσδιοριστεί) και γι' αυτόν τον λόγο δίνεται η οδηγία από το Google Maps ο μετακινούμενος να εξυπηρετηθεί από γραμμή που διέρχεται από κάποια κοντινή στάση.

Στο νοτιοδυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων η αξιοπιστία για τις δύο περιόδους είναι διαφορετική εξαιτίας του ότι ο συνολικός χρόνος διαδρομής στην μια περίοδο είναι μεγαλύτερος από ότι στην άλλη επομένως επηρεάζει το αποτέλεσμα του δείκτη. Η μεταβολή του χρόνου αναμονής και του χρόνου εντός του μέσου μεταφοράς δεν διαφοροποιείται σημαντικά. Ωστόσο, οι μικρές μεταβολές οφείλονται στο ότι ο επιβάτης δεν δίνεται η οδηγία να εξυπηρετηθεί όλες τις χρονικές στιγμές από γραμμές που διέρχονται από στάση.

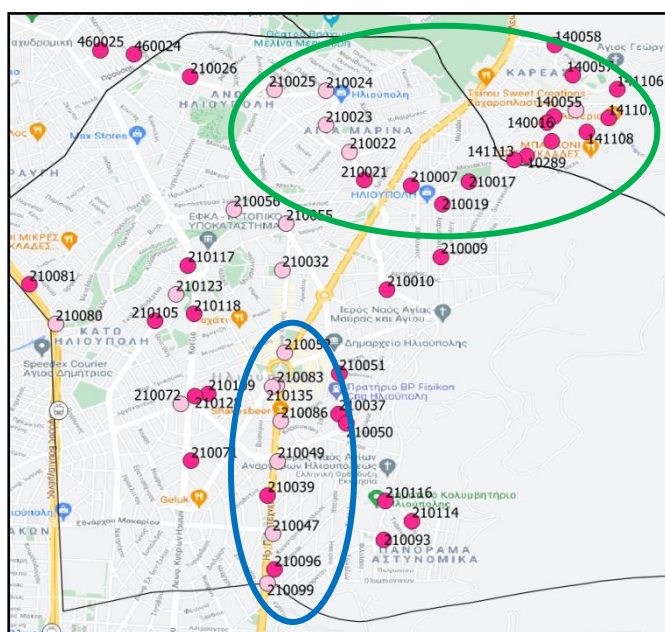
Στον κεντρικό-δυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων οι στάσεις κοντά στον σταθμό Ομόνοιας τόσο κατά την πρωινή όσο και κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής είναι αξιόπιστες κυρίως λόγω του ότι υπάρχουν πολλές γραμμές που περνάνε από τις στάσεις αυτές με τέτοια συχνότητα ώστε οι χρόνοι αναμονής να μην μεταβάλλονται σημαντικά. Ωστόσο, από μερικές στάσεις ο ταξιδιώτης δεν δίνεται η οδηγία να επιβιβαστεί σε κάποια γραμμή που διέρχεται από τη στάση, καθώς οι γραμμές των στάσεων δεν τον οδηγούν κοντά στον πλησιέστερο σταθμό.

Στο δυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων η αξιοπιστία παρουσιάζει διαφοροποιήσεις. Κοντινές στάσεις μπορεί να έχουν διαφορετική αξιοπιστία. Αυτό οφείλεται στο ότι έχει προσδιοριστεί διαφορετικός κοντινότερος σταθμός μετρό. Μάλιστα στις στάσεις με κωδικούς 60259, 60260 και 60245 οι χρόνοι αναμονής μεταβάλλονται περισσότερο την απογευματινή περίοδο και χρόνοι ταξιδιού περισσότερο την πρωινή. Αυτό οφείλεται στη ότι η κίνηση δεν είναι σταθερή το πρωί. Από τις στάσεις αυτές διέρχονται δυο λεωφορειακές γραμμές το Α15 και το Β15. Το Β15 δεν επιλέγεται καθόλου από τον ταξιδιώτη κατά την απογευματινή περίοδο γι' αυτό και υπάρχει μεγάλη μεταβολή στον χρόνο αναμονής καθώς εξαρτάται μόνο από τη συχνότητα της γραμμής Α15. Το Β15 είναι από τα λεωφορεία μικρής συχνότητας ιδιαίτερα τις απογευματινές και βραδινές ώρες. Αυτό δικαιολογεί τα αποτελέσματα. Επίσης, σε ορισμένες στάσεις δίνεται η οδηγία ο μετακινούμενος να εξυπηρετηθεί από γραμμές άλλων στάσεων, είτε επειδή η γραμμή που περνάει από την στάση δεν καταλήγει κοντά στον κοντινότερο σταθμό είτε λόγω της μικρής συχνότητας της γραμμής που περνά από τη στάση.

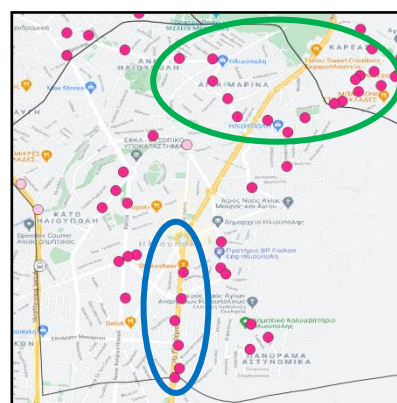
Στις στάσεις που εντοπίζονται στο βορειοανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και έχουν ως προορισμό τον σταθμό Βικτώρια διέρχονται οι γραμμές τρόλεϊ 2, 4 και 22. Για τις στάσεις αυτές μεταβλητότητα του χρόνου εντός του μέσου μεταφοράς για τις δύο περιόδους δεν διαφέρει σημαντικά. Αυτό που διαφέρει είναι η μεταβλητότητα του χρόνου αναμονής και άρα ο συνολικός χρόνος ταξιδιού. Γενικότερα παρατηρείται πως ο χρόνος αναμονής κατά την πρωινή περίοδο είναι περίπου το $\frac{1}{2}$ του χρόνου αναμονής κατά την απογευματινή. Αυτό εξαρτάται τόσο από τη συχνότητα των γραμμών, οι οποίες φαίνεται να λειτουργούν καλύτερα κατά την πρωινή περίοδο αιχμής, όσο και από την κίνηση που παρατηρείται κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής. Η χαμηλή αξιοπιστία κατά την απογευματινή περίοδο οφείλεται στην μεταβλητότητα των χρόνων αναμονής. Επισημαίνεται πως οι χρόνοι ταξιδιού είναι μεγαλύτεροι το απόγευμα, γεγονός που υποδηλώνει πως σε αυτό το σημείο υπάρχει περισσότερη κίνηση το απόγευμα. Αναφορικά με τις στάσεις που εντοπίζονται κοντά σε αυτές και δίνεται η οδηγία ο ταξιδιώτης να επιβιβαστεί σε κάποια γραμμή που δε διέρχεται από τις συγκεκριμένες, αυτό συμβαίνει κυρίως διότι από τις στάσεις αυτές δεν περνάνε γραμμές που να οδηγούν τον ταξιδιώτη κοντά στο κοντινότερο μετρό, ωστόσο υπάρχουν κάποιες που διέρχεται η γραμμή 622 αλλά τα δρομολόγιά της δεν είναι τόσο συχνά και για να μην περιμένει ο επιβάτης αναζητά μια άλλη γραμμή για να φτάσει στον σταθμό Βικτώρια.

Στο κεντρικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων παρατηρείται πως οι στάσεις ναι μεν έχουν υψηλή αξιοπιστία αλλά ο ταξιδιώτης πολλές φορές δεν δίνεται η οδηγία να επιβιβαστεί σε κάποια γραμμή που διέρχεται από τη στάση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός του ότι παρόλο που περνάνε γραμμές που οδηγούν στο σταθμό Βικτώρια (κοντινότερος σταθμός για τις συγκεκριμένες στάσεις), περνάει από κάποια κοντινή στάση η λεωφορειακή γραμμή 608 που όπως έχει προαναφερθεί έχει πολύ συχνά δρομολόγια τόσο κατά την πρωινή όσο και κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής και επομένως συμφέρει τον ταξιδιώτη να μεταβεί στην άλλη στάση.

Στον Δήμο Ηλιούπολης από τις στάσεις οι οποίες βρίσκονται στην οδό Ηρώων Πολυτεχνείου (Εικόνες 5 και 6) και περνάει μόνο η γραμμή 201 που οδηγεί στον σταθμό Άγιος Δημήτριος (πλησιέστερος σταθμός για τις συγκεκριμένες στάσεις), κατά την πρωινή περίοδο αιχμής έχει προκύψει πως υπάρχει υψηλή αξιοπιστία ως προς τον χρόνο ταξιδιού. Ωστόσο, τις 9 φορές δίνεται στον μετακινούμενο η οδηγία να μην επιβιβαστεί σε κάποια γραμμή που διέρχεται από τις στάσεις αυτές, αλλά να μεταβεί στις στάσεις που εντοπίζονται σε έναν παράλληλο δρόμο της Ηρώων Πολυτεχνείου και να επιβιβαστεί στη γραμμή 164, η οποία έχει ως προορισμό επίσης τον σταθμό Άγιος Δημήτριος. Αυτός είναι και ο λόγος που ο χρόνος ταξιδιού δεν μεταβάλλεται πολύ. Από την άλλη μεριά, κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής τις 16 φορές δίνεται η οδηγία στον ταξιδιώτη να επιβιβαστεί στη γραμμή που διέρχεται από τη στάση, ενώ μόνο 4 φορές δίνεται η οδηγία να επιβιβαστεί στη γραμμή 164 (γραμμή που διέρχεται από κοντινή σε αυτή στάση). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη μεταβλητότητα στους χρόνους αναμονής και γι' αυτό και η αξιοπιστία είναι χαμηλή. Επομένως και στις δύο περιόδους πρακτικά οι στάσεις δεν μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστες. Για τις στάσεις που βρίσκονται δεξιά κι αριστερά αυτών, η αξιοπιστία ναι μεν είναι υψηλή και στις δύο περιόδους αλλά και σε αυτές πολλές φορές δεν δίνεται η οδηγία στον επιβάτη να εξυπηρετηθεί από τη συγκεκριμένη στάση αλλά να μεταβεί σε κάποια από τις κοντινές ώστε να επιβιβαστεί είτε στη γραμμή 201 είτε στη γραμμή 164.

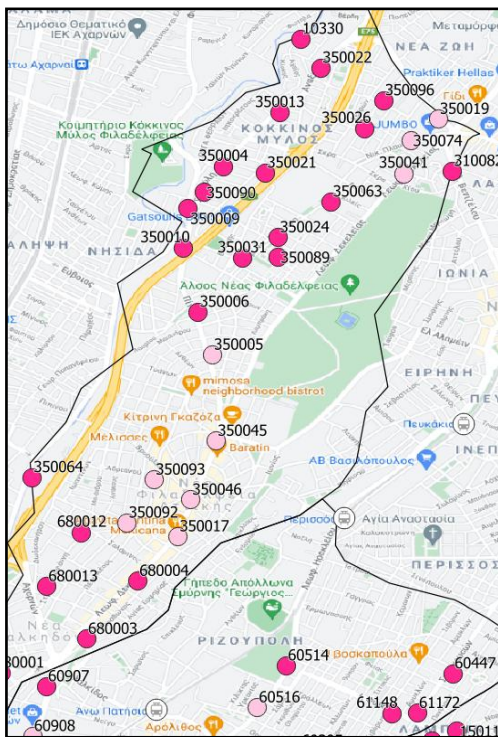


Εικόνα 5. Απόσπασμα του Χάρτη 20.

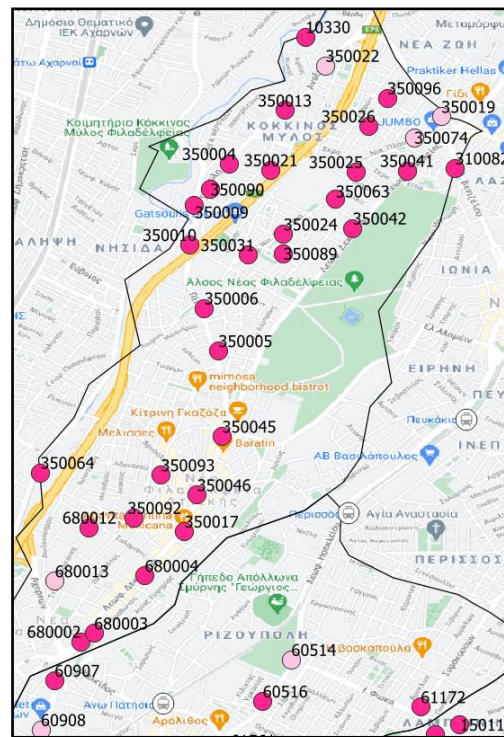


Εικόνα 6. Απόσπασμα του Χάρτη 17.

Επιπλέον στις στάσεις που εντοπίζονται στο βόρειο τμήμα του Δήμου Ηλιούπολης και στο νότιο-κεντρικό του Δήμου Βύρωνα (Εικόνες 5 και 6), ο χρόνος εντός του λεωφορείου δε μεταβάλλεται σχεδόν καθόλου σε καμία από τις δύο περιόδους. Ωστόσο, κατά την απογευματινή περίοδο υπάρχει μεταβλητότητα στον χρόνο αναμονής στις στάσεις που βρίσκονται στον Δήμο Ηλιούπολης και έχουν προορισμό τον σταθμό Δάφνη. Η μεταβλητότητα του χρόνου αναμονής επηρεάζει κυρίως τις στάσεις που βρίσκονται πιο κοντά στον σταθμό μετρό. Δηλαδή αυτές με κωδικούς 210022, 210023, 210024 και 210025 διότι έχουν μικρότερο παρονομαστή. Επίσης παρατηρείται πως για τις ίδιες στάσεις (210017, 14113, 140017 και 141108) και στις δύο περιόδους ο ταξιδιώτης δεν εξυπηρετείται από τη στάση (Χάρτες 22 και 23).



Εικόνα 7. Απόσπασμα του Χάρτη 17.



Εικόνα 8. Απόσπασμα του Χάρτη 20.

Παρατηρείται πως κατά την πρωινή περίοδο αιχμής στο βόρειο και στο νότιο τμήμα του Δήμου Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας (Εικόνα 8) υπάρχει υψηλή αξιοπιστία, ενώ στο κεντρικό όχι. Αυτό οφείλεται στο ότι στις στάσεις που βρίσκονται στο βόρειο και στο νότιο τμήμα ο ταξιδιώτης δεν εξυπηρετείται από γραμμές που διέρχονται από αυτές, αλλά αντίθετα δίνεται η οδηγία να επιβιβαστεί σε γραμμή που διέρχεται από κάποια κοντινή για να φτάσει στον προορισμό του. Στο κεντρικό τμήμα του Δήμου ο ταξιδιώτης εξυπηρετείται από γραμμές που διέρχονται από στη στάση. Από τις στάσεις με κωδικούς 350045, 350046, 350017 και 680004 διέρχονται οι γραμμές 3, 421 και 619 και από τις στάσεις 350005, 350006, 350009, 350010 οι γραμμές 6 και 755. Οι πρώτες έχουν ως προορισμό τον σταθμό Κάτω Πατήσια και οι άλλες τον σταθμό Άνω Πατήσια. Οι γραμμές των στάσεων φαίνεται να έχουν δρουν συμπληρωματικά τόσο το πρωί όσο και το απόγευμα. Παραδείγματος χάρη από τη στάση με κωδικό 350010 ο ταξιδιώτης δίνεται η οδηγία να χρησιμοποιήσει 7 φορές τη γραμμή 6 και 13 τη γραμμή 755. Κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής παρατηρείται μεγαλύτερος χρόνος ταξιδιού και άρα περισσότερη κίνηση για τη μετακίνηση από τις στάσεις που έχουν προορισμό τον σταθμό Άνω Πατήσια και γι' αυτόν τον λόγο κατηγοριοποιούνται ως στάσεις υψηλής αξιοπιστίας.

Κατά την πρωινή περίοδο αιχμής οι στάσεις που εντοπίζονται στις Λεωφόρους Βουλιαγμένης και Μεσογείων και στην οδό Λιοσίων και είναι οι πιο κοντινές στους σταθμούς μετρό έχουν χαμηλή αξιοπιστία. Από την άλλη, κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής οι στάσεις αυτές έχουν υψηλή αξιοπιστία. Αυτό οφείλεται στο ότι παρόλο που από τις στάσεις αυτές υπάρχουν αρκετές γραμμές λεωφορείων που μπορεί ο ταξιδιώτης να επιβιβαστεί για να φτάσει στον σταθμό μετρό, τις πρωινές ώρες δεν λειτουργούν συμπληρωματικά και μπορεί να διέρθουν την ίδια στιγμή από τη στάση και έτσι ο χρόνος αναμονής είναι περισσότερο μεταβαλλόμενος. Γενικότερα, οι δείκτες που έχουν εφαρμοστεί έχουν ως αριθμητή την μεταβλητότητα του χρόνου και ως παρονομαστή τον χρόνο. Οι στάσεις που βρίσκονται πιο κοντά στους σταθμούς μετρό έχουν μικρότερους χρόνους ταξιδιού άρα και μικρότερο παρονομαστή στους δείκτες. Επομένως, οι μεταβολές στον χρόνο ταξιδιού ακόμη και της τάξης του πεντάλεπτου επηρεάζουν αρκετά το αποτέλεσμα του δείκτη.

Στην Λεωφόρο Αλεξάνδρας κατά την πρωινή περίοδο οι στάσεις που εντοπίζονται έχουν υψηλή αξιοπιστία σε σχέση με το απόγευμα αυτό οφείλεται στον καλύτερο προγραμματισμό δρομολογίων. Ακολουθεί πίνακας όπου παρουσιάζεται ο χρόνος εντός του μέσου μεταφοράς για τις δύο περιόδους ενδεικτικά για τη στάση με κωδικό 60069 που κοντινότερος σταθμός της είναι ο σταθμός Αμπελόκηποι.

Πίνακας 19. Πληροφορίες της στάσης με κωδικό 60069.

Χρονική Στιγμή	Χρόνος εντός MMM (σε λεπτά)	Χρονική Στιγμή	Χρόνος εντός MMM (σε λεπτά)
Δευτέρα 8:30	8,10	Δευτέρα 17:30	8,47
Δευτέρα 8:45	8,35	Δευτέρα 17:45	8,15
Δευτέρα 9:00	6,65	Δευτέρα 18:00	8,55
Δευτέρα 9:15	7,20	Δευτέρα 18:15	8,73
Δευτέρα 9:30	7,12	Δευτέρα 18:30	8,87
Τρίτη 8:30	7,58	Τρίτη 17:30	7,88
Τρίτη 8:45	8,00	Τρίτη 17:45	8,45
Τρίτη 9:00	7,65	Τρίτη 18:00	8,32
Τρίτη 9:15	7,28	Τρίτη 18:15	7,78
Τρίτη 9:30	7,05	Τρίτη 18:30	7,67
Τετάρτη 8:30	7,50	Τετάρτη 17:30	9,55
Τετάρτη 8:45	7,88	Τετάρτη 17:45	10,45
Τετάρτη 9:00	7,33	Τετάρτη 18:00	10,15
Τετάρτη 9:15	7,32	Τετάρτη 18:15	14,83
Τετάρτη 9:30	7,05	Τετάρτη 18:30	10,70
Πέμπτη 8:30	6,72	Πέμπτη 17:30	8,33
Πέμπτη 8:45	7,57	Πέμπτη 17:45	8,35
Πέμπτη 9:00	7,45	Πέμπτη 18:00	8,40
Πέμπτη 9:15	7,52	Πέμπτη 18:15	9,18
Πέμπτη 9:30	7,23	Πέμπτη 18:30	8,63

Όπως παρατηρείται κατά την πρωινή περίοδο αιχμής η συμφόρηση είναι μικρότερη (μικρότερος παρονομαστής), άρα η υψηλότερη αξιοπιστία κατά την πρωινή περίοδο δεν οφείλεται σε υψηλότερη τιμή του χρόνου ταξιδιού. Από την συγκεκριμένη στάση κατά την πρωινή περίοδο αιχμής ο ταξιδιώτης δίνεται η οδηγία να επιβιβαστεί 9 φορές στην γραμμή 14 για να μεταβεί στον σταθμό Αμπελόκηποι, 4 φορές στη γραμμή 18 και 7 στη γραμμή Β5. Από την άλλη κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής δίνεται η οδηγία να εξυπηρετηθεί και τις 20 φορές τη γραμμή Β5. Γίνεται αντιληπτό πως κατά την πρωινή περίοδο οι γραμμές δρουν συμπληρωματικά και έτσι η μεταβολή του χρόνου αναμονής είναι που οδηγεί σε υψηλή αξιοπιστία κατά την πρωινή περίοδο και σε χαμηλή κατά την απογευματινή.

Επιπλέον υπάρχουν στάσεις που εντοπίζονται κοντά στην Λεωφόρο Αλεξάνδρας και παρόλο που έχουν χαρακτηριστεί ως στάσεις υψηλής αξιοπιστίας ο ταξιδιώτης όλες τις φορές δεν επιβιβάζεται σε γραμμή που να διέρχεται από τη στάση, διότι οι γραμμές που περνάνε από τις στάσεις αυτές (025, 026, 027, 046) δεν οδηγούν κοντά στον πλησιέστερο σταθμό μετρό που έχει προσδιοριστεί.

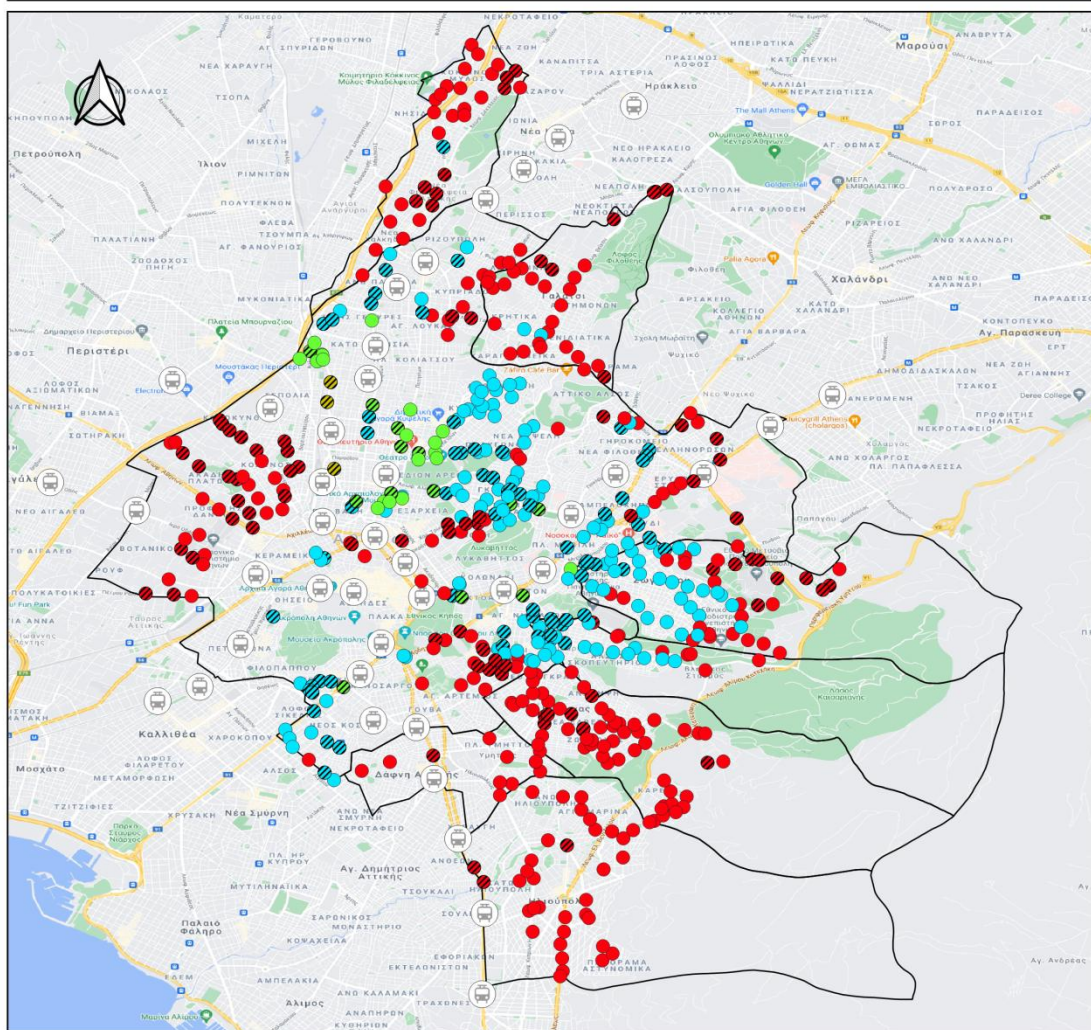
Αξίζει να αναφερθεί πως χαμηλότερη αξιοπιστία για την απογευματινή αιχμή έχει η στάση με κωδικό 060135 που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του Δήμου Αθηναίων και έχει ως πλησιέστερο σταθμό μετρό τον σταθμό Κάτω Πατήσια. Η χαμηλή αξιοπιστία οφείλεται στον μεταβαλλόμενο χρόνο αναμονής της στάσης. Από τη στάση για να κατευθυνθεί στο μετρό ο ταξιδιώτης μπορεί να χρησιμοποιήσει τις γραμμές 735 και 755. Έτσι, 16 φορές δίνεται η οδηγία να εξυπηρετηθεί από την 735 και 4 από την 755. Παρόλο που μπορεί να χρησιμοποιήσει τις δύο αυτές γραμμές παρατηρείται πως υπάρχουν κενά μεταξύ των γραμμών και ότι ένας καλύτερος προγραμματισμός των δρομολογίων αυτών ώστε να αποφευχθούν μεγάλοι χρόνοι αναμονής θα βοηθούσε τον ταξιδιώτη.

Σε γενικές γραμμές παρατηρείται πως αν ο ταξιδιώτης προγραμματίσει καλύτερα την μετακίνησή του έτσι ώστε να ελαχιστοποιήσει τον χρόνο αναμονής στη στάση τα επίπεδα προσβασιμότητας και αξιοπιστίας θα είναι υψηλότερα.

5.3.3. Προσβασιμότητα βάσει αξιοπιστίας

Βάσει των Χαρτών 14 και 17 για την πρωινή περίοδο αιχμής και των Χαρτών 15 και 20 για την απογευματινή περίοδο αιχμής, δημιουργήθηκαν νέοι χάρτες (Χάρτες 24 και 25) στους οποίους παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του δείκτη προσβασιμότητας και των δεικτών αξιοπιστίας συνδυαστικά. Στους νέους αυτούς χάρτες οι αποχρώσεις του κίτρινου αναφέρονται σε πολύ υψηλή προσβασιμότητα, του πράσινου σε υψηλή, του μπλε σε μέτρια και του κόκκινου σε χαμηλή. Οι στάσεις με διαγράμμιση αφορούν χαμηλή αξιοπιστία.

ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΒΑΣΕΙ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ (ΔΠΧ μ.ο.) ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΩΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΑΙΧΜΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΟ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΤΑΣΗΣ

ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΧΑΜΗΛΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

ΥΨΗΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΥΨΗΛΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

ΥΨΗΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΧΑΜΗΛΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

ΜΕΤΡΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΥΨΗΛΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

ΜΕΤΡΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΧΑΜΗΛΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

ΧΑΜΗΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΥΨΗΛΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

ΧΑΜΗΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΧΑΜΗΛΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50.000

ΑΘΗΝΑ, 2021

ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΜΠΡΙΣΤΑ

Χάρτης 24. Προσβασιμότητα βάσει αξιοπιστίας (ΔΠΧ μ.ο.) κατά την πρωινή περίοδο αιχμής.

Πρωινή Περίοδος Αιχμής

Λαμβάνοντας υπόψη τον Χάρτη 24, συγκεντρωτικά ισχύουν τα ακόλουθα. Κατά την πρωινή περίοδο αιχμής, δεν υπάρχουν στάσεις που να χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή προσβασιμότητα και υψηλή αξιοπιστία. Υπάρχουν ωστόσο 3 στάσεις που εντοπίζονται στο βόρειο τμήμα του Δήμου Αθηναίων, επί της οδού Λιοσίων και χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή προσβασιμότητα (λόγω του ότι έχουν ως πλησιέστερο σταθμό μετρό τον σταθμό Αττική) και χαμηλή αξιοπιστία (εξαιτίας του ότι δεν λειτουργούν συμπληρωματικά οι 8 γραμμές που μπορεί να επιβιβαστεί ο ταξιδιώτης). Σε αυτές τις στάσεις ο μετακινούμενος επιβιβάζεται σε γραμμές που διέρχονται από τη στάση.

Οι στάσεις που προέκυψε πως έχουν υψηλή προσβασιμότητα και αξιοπιστία είναι σε αριθμό 19 εντοπίζονται στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης, στον Δήμο Αθηναίων, στο βόρειο τμήμα της οδού Λιοσίων, μία στάση βρίσκεται στην οδό Παπαδιαμαντοπούλου, μια στην οδό Αχαρνών κοντά στο σταθμό Κάτω Πατήσια και οι υπόλοιπες εντοπίζονται στο νότιο τμήμα της οδού Πατησίων και βόρεια του Πεδίου του Άρεως. Για τις στάσεις αυτές ως πλησιέστεροι σταθμοί μετρό έχουν προσδιοριστεί η Αττική, ο Ευαγγελισμός, τα Κάτω Πατήσια και η Βικτώρια αντίστοιχα. Ο λόγος που αυτές οι στάσεις έχουν χαρακτηριστεί ως στάσεις υψηλής προσβασιμότητας είναι κυρίως εξαιτίας της σημαντικότητας των σταθμών που έχουν ως προορισμό και η υψηλή αξιοπιστία οφείλεται στον αριθμό των γραμμών που περνάνε από τις στάσεις αυτές αλλά και στην καλή λειτουργία τους. Οι στάσεις που εντοπίζονται στην περιοχή μεταξύ των σταθμών μετρό Ομόνοιας και Βικτωρίας παρόλο που έχουν ταξινομηθεί στην κατηγορία αυτή δεν είναι αξιόπιστες ως στάσεις, καθώς ο ταξιδιώτης δεν επιβιβάζεται σε γραμμές που διέρχονται από τις συγκεκριμένες στάσεις. Υπάρχει μία στάση υψηλής προσβασιμότητας που εντοπίζεται επίσης στον Δήμο Αθηναίων στο βόρειο τμήμα της οδού Λιοσίων αλλά έχει χαμηλή αξιοπιστία (λόγω της εγγύτητας στον σταθμό μετρό και της μη συμπληρωματικής λειτουργίας των δύο γραμμών που διέρχονται από αυτή τη στάση). Η στάση αυτή εντοπίζεται βορειοανατολικά αυτών που έχουν χαρακτηριστεί ως αξιόπιστες. Άλλες στάσεις υψηλής προσβασιμότητας και χαμηλής αξιοπιστίας (λόγω εγγύτητας στους σταθμούς) εντοπίζονται στην οδό Αχαρνών (νότια και κεντρικά αυτής), στο δυτικό και στο ανατολικό τμήμα της Λεωφόρου Αλεξάνδρας, μια στάση βρίσκεται Λεωφόρο Βασιλέως Αλεξάνδρου κοντά στον σταθμό Ευαγγελισμός και μία στην Λεωφόρο Συγγρού κοντά στον σταθμό Συγγρού-Φιξ. Οι κοντινότεροι σταθμοί μετρό στις στάσεις υψηλής προσβασιμότητας όπως έχουν προσδιοριστεί είναι η Αττική, τα Κάτω Πατήσια, η Βικτώρια, οι Αμπελόκηποι, ο Ευαγγελισμός (σταθμοί μεγάλου βαθμού σημαντικότητας) και η Συγγρού-Φιξ (μικρή απόσταση της στάσης από τον σταθμό σε συνδυασμό με βαθμό σημαντικότητας του).

Όσον αφορά τις στάσεις που χαρακτηρίζονται από μέτρια προσβασιμότητα και υψηλή αξιοπιστία είναι 122 σε αριθμό και εντοπίζονται κυρίως στο νοτιοδυτικό και στο κεντρικό-ανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και στο δυτικό τμήμα των Δήμων Ζωγράφου και Καισαριανής. Οι στάσεις αυτές έχουν χαρακτηριστεί ως αξιόπιστες εξαιτίας της συχνότητας των λεωφορειακών γραμμών και γραμμών τρόλεϊ. Αντίθετα, οι στάσεις μέτριας προσβασιμότητας και χαμηλής αξιοπιστίας (λόγω εγγύτητας στους σταθμούς μετρό με αναλογικά μεγάλους μεταβαλλόμενους χρόνους αναμονής, λόγω μικρότερης συμφόρησης και λόγω μη καλής λειτουργίας των γραμμών) βρίσκονται κυρίως στο βόρειο, στο νοτιοδυτικό τμήμα και στο ανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και στο δυτικό τμήμα του Δήμου Καισαριανής (στάσεις

δυτικότερα από στάσεις υψηλής αξιοπιστίας). Οι στάσεις μέτριας προσβασιμότητας έχουν ως προορισμούς τους σταθμούς Κάτω και Άνω Πατήσια, Συγγρού Φιξ, Αμπελόκηποι, Πανόρμου, Ευαγγελισμός, Μέγαρο Μουσικής που λαμβάνουν μεγάλο βαθμό σημαντικότητας αλλά οι χρόνοι ταξιδιού προς αυτούς δεν είναι μικροί. Στάσεις μέτριας προσβασιμότητας τόσο υψηλής όσο και χαμηλής αξιοπιστίας όπου οι ταξιδιώτες δεν επιβιβάζονται σε γραμμές που διέρχονται από αυτές εντοπίζονται κοντά στην περιοχή της Κυψέλης και στο δυτικό τμήμα του Δήμου Ζωγράφου. Στις στάσεις αυτές παρόλο που υπάρχουν γραμμές που καταλήγουν στον πλησιέστερο σταθμό μετρό υπάρχουν κοντινές στάσεις με μεγαλύτερη συχνότητα δρομολογίων.

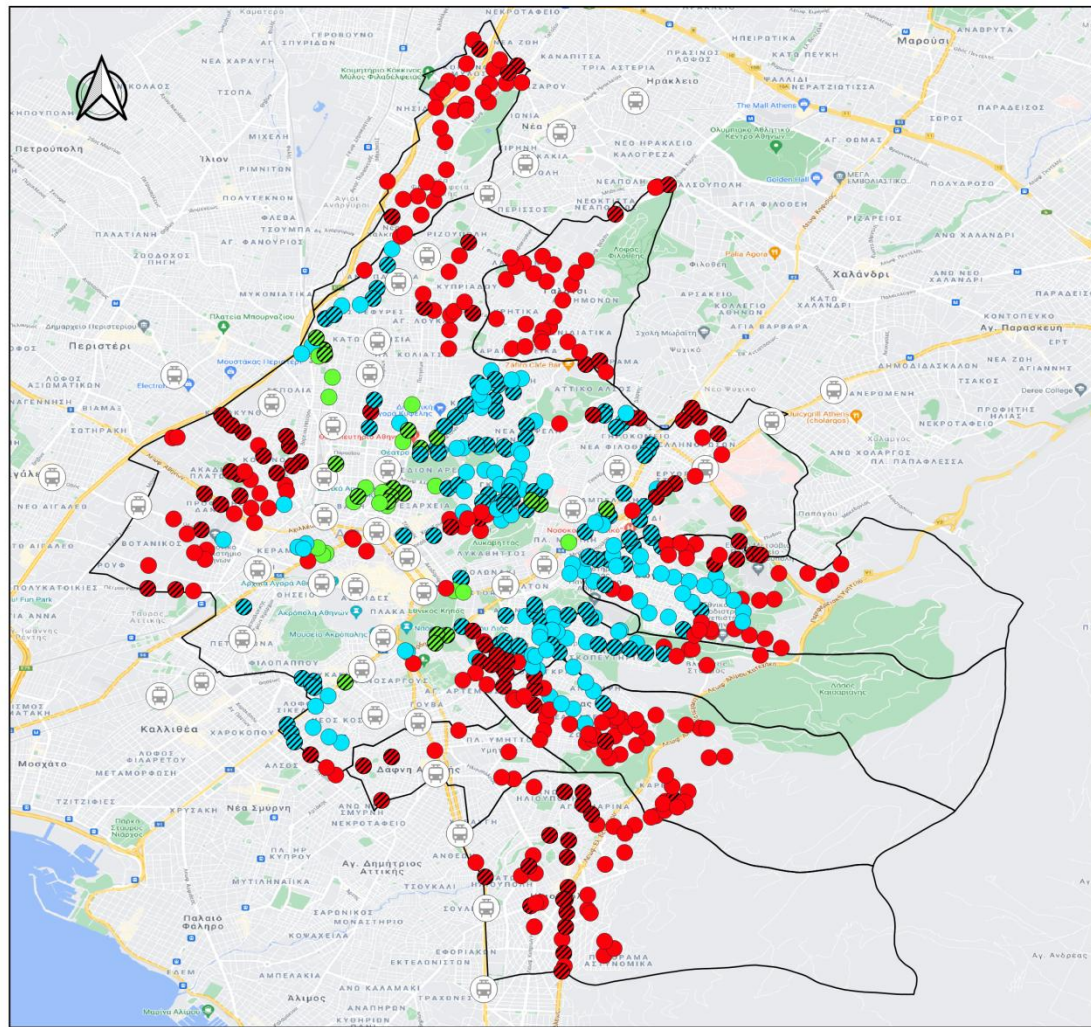
Στην περιοχή μελέτης υπάρχουν 226 στάσεις που χαρακτηρίζονται από χαμηλή προσβασιμότητα αλλά υψηλή αξιοπιστία οι οποίες εντοπίζονται κυρίως στο βόρειο, ανατολικό, νότιο και δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, στο βόρειο και στο νοτιοανατολικό τμήμα του Δήμου Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας, στο κεντρικό και νότιο τμήμα του Δήμου Γαλασίου, στο βορειοδυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων (επί της οδού Πλάτωνος, στο νότιο τμήμα της οδού Λένορμαν, εντός του σταθμού ΚΤΕΛ Κηφισός, κοντά στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο), στο νότιο τμήμα του Δήμου Αθηναίων (στην περιοχή του Παγκρατίου, στις οδούς Ερατοσθένους, Υμηττού, Φιλολάου Κάρπου και Χρεμωνίδου), στο κεντρικό τμήμα (κοντά στο σταθμό Συντάγματος) και στο ανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων (επί της Μεσογείων και επί της Μουσών), στο κεντρικό τμήμα του Δήμου Ζωγράφου, στο βόρειο τμήμα του Δήμου Καισαριανής, στο μεγαλύτερο τμήμα του Δήμου Βύρωνα, στο ανατολικό και δυτικό τμήμα του Δήμου Δάφνης-Υμηττού και στο μεγαλύτερο τμήμα του Δήμου Ηλιούπολης. Οι στάσεις αυτές θεωρούνται αξιόπιστες κυρίως εξαιτίας της συχνότητας των δρομολογίων των γραμμών των σταθμών και της καλής λειτουργίας τους (π.χ. Γαλάτσι) αλλά και λόγω του ότι παρόλο που μπορεί ο χρόνος αναμονής να παρουσιάζει σημαντική μεταβλητότητα οι χρόνοι διαδρομής είναι πολύ μεγάλοι και άρα το κλάσμα προκύπτει μικρό (π.χ. κεντρικό τμήμα Βύρωνα). Επίσης, εντοπίζονται 85 στάσεις με χαμηλή προσβασιμότητα και χαμηλή αξιοπιστία. Οι στάσεις αυτές βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων (επί της Μαραθωνομάχων, επί της Δράκοντος στο βόρειο τμήμα της οδού Λένορμαν και νότια του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών), στο ανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων, στο κεντρικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων (στην οδό Ιπποκράτους), στο δυτικό τμήμα του Δήμου Ηλιούπολης και στο κεντρικό του Δήμου Δάφνης-Υμηττού επί της Λεωφόρου Βουλιαγμένης, στο κεντρικό τμήμα του Δήμου Βύρωνα, στο βόρειο τμήμα του Δήμου Ζωγράφου (εντός του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και επί της οδού Δημ. Αλευρά), στο βόρειο τμήμα του Δήμου Γαλασίου και στο κεντρικό τμήμα του Δήμου Νέας-Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας. Οι συγκεκριμένες στάσεις θεωρούνται αναξιόπιστες κυρίως εξαιτίας της εγγύτητας στους σταθμούς μετρό με αναλογικά μεγάλους μεταβαλλόμενους χρόνους αναμονής. Το γεγονός του ότι ταξινομούνται ως στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας οφείλεται στους μεγάλους χρόνους ταξιδιού (αφορά στάσεις που εντοπίζονται μακριά από τον πλησιέστερο σταθμό μετρό), στον μικρό αριθμό επιβατών και στο μικρό βαθμό σημαντικότητας των σταθμών (για τις στάσεις που βρίσκονται κοντά σε αυτούς). Παρατηρείται πως σε ορισμένες στάσεις αυτής της κατηγορίας δεν δίνεται η οδηγία στους ταξιδιώτες να επιβιβαστούν σε γραμμές που διέρχονται από αυτές, αυτό οφείλεται στο ότι από κοντινές στάσεις περνάει κάποια γραμμή που εξυπηρετεί τον μετακινούμενο (π.χ. Γαλάτσι) αλλά και επειδή οι γραμμές της στάσης δεν εξυπηρετούν τον ταξιδιώτη (π.χ. νότιο τμήμα Δήμου Αθηναίων).

Συμπερασματικά, κατά την πρωινή περίοδο μόνο το 4% των στάσεων της περιοχής μελέτης είναι στάσεις με υψηλή προσβασιμότητα και αξιοπιστία και επομένως οι στάσεις αυτές, οι οποίες εντοπίζονται κοντά στους σταθμούς Αττική, Βικτώρια, Ομόνοια, Ευαγγελισμός και Κάτω Πατήσια, έχουν όντως υψηλή προσβασιμότητα. Το μικρό αυτό ποσοστό δεν οφείλεται μόνο στην αξιοπιστία αλλά κυρίως στην προσβασιμότητα, καθώς συνολικά ο αριθμός των στάσεων υψηλής προσβασιμότητας (είτε πρόκειται για στάσεις με υψηλή αξιοπιστία είτε με χαμηλή) είναι 32, που αντιστοιχεί μόλις στο 6% των στάσεων της περιοχής μελέτης. Το ποσοστό των στάσεων που πράγματι χαρακτηρίζονται ως στάσεις μέτριας προσβασιμότητας στους πλησιέστερους σταθμούς μετρό είναι 23% και πρόκειται για στάσεις που βρίσκονται κυρίως στο βορειοανατολικό, στο νοτιοανατολικό και στο νοτιοδυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και στο δυτικό τμήμα των Δήμων Ζωγράφου και Καισαριανής, δύο στάσεις εντοπίζονται και στον Δήμο Γαλασίου. Ωστόσο, κάτι λιγότερο από τις μισές στάσεις της περιοχής μελέτης (42% των στάσεων) έχουν κατηγοριοποιηθεί ως στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας και υψηλής αξιοπιστίας. Αυτό σημαίνει πως οι περισσότερες στάσεις που εντοπίζονται στους Δήμους Βύρωνα, Γαλάτσι, Δάφνη-Υμηττός, Ηλιούπολη, Νέα Φιλαδέλφεια-Νέα Χαλκηδόνα και στο βορειοδυτικό και στο κεντρικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων δεν έχουν πράγματι καλή προσβασιμότητα στους κοντινότερους σταθμούς μετρό.

Για το υπόλοιπο 31% των στάσεων τα αποτελέσματα δεν είναι ξεκάθαρα. Πρόκειται για στάσεις πολύ υψηλής, υψηλής, μέτριας και χαμηλής προσβασιμότητας αλλά με αναξιόπιστους χρόνους διαδρομής. Συνεπώς, η προσβασιμότητα αυτών στους πλησιέστερους σταθμούς μετρό δεν είναι για όλες τις χρονικές στιγμές της πρωινής περιόδου αιχμής η ίδια. Υπάρχει πιθανότητα κάποια στάση από αυτές που έχουν χαρακτηριστεί παραδείγματος χάρη στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας κάποια χρονική στιγμή εντός της πρωινής αιχμής να αποτελεί στάση μέτριας προσβασιμότητας. Οι στάσεις αυτές εντοπίζονται διάσπαρτες σε διάφορα σημεία του Δήμου Αθηναίων, στο βόρειο τμήμα του Δήμου Ζωγράφου και του Δήμου Γαλασίου και στο κεντρικό τμήμα του Δήμου Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας.

Εξετάζοντας μόνο τις στάσεις όπου η λεωφορειακή γραμμή-γραμμή τρόλεϊ που επιβιβάζεται ο ταξιδιώτης περνά από τη στάση που μελετάται (48% των στάσεων, συνδυαστικά Χάρτες 22 και 24), μόνο το 2% των στάσεων της περιοχής μελέτης (στάσεις κοντά στους σταθμούς Αττική, Βικτώρια, Ευαγγελισμός και Κάτω Πατήσια) αποτελούν στάσεις με υψηλή προσβασιμότητα και αξιοπιστία. Το 11% των στάσεων (στάσεις που εντοπίζονται κυρίως στο βορειοανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και στο δυτικό τμήμα των Δήμων Ζωγράφου και Καισαριανής) είναι στάσεις μέτριας προσβασιμότητας στους πλησιέστερους σταθμούς μετρό. Το 17% των στάσεων αποτελούν στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας (στάσεις που βρίσκονται κυρίως στον Δήμο Βύρωνα, Γαλασίου, στο βόρειο τμήμα του Δήμου Ηλιούπολης, στο βορειοδυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων). Το υπόλοιπο 18% των στάσεων είναι στάσεις χαμηλής αξιοπιστίας ανεξαρτήτου του επιπέδου της προσβασιμότητας που λαμβάνουν.

**ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΒΑΣΕΙ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ (ΔΠΧ μ.ο.)
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΓΕΥΜΑΤΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΑΙΧΜΗΣ**



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

□ ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

🚏 ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΟ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΤΑΣΗΣ

● ΥΨΗΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΥΨΗΛΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

● ΥΨΗΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΧΑΜΗΛΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

● ΜΕΤΡΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΥΨΗΛΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

● ΜΕΤΡΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΧΑΜΗΛΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

● ΧΑΜΗΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΥΨΗΛΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

● ΧΑΜΗΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΧΑΜΗΛΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50.000

ΑΘΗΝΑ, 2021

ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΜΠΡΙΤΣΙΑ

Χάρτης 25. Προσβασιμότητα βάσει αξιοπιστίας (ΔΠΧ μ.ο.) κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής.

Απογευματινή περίοδος αιχμής

Λαμβάνοντας υπόψη τον Χάρτη 25, συγκεντρωτικά ισχύουν τα ακόλουθα. Όσον αφορά την απογευματινή περίοδο αιχμής, οι στάσεις που προέκυψε πως έχουν υψηλή προσβασιμότητα και αξιοπιστία εντοπίζονται στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης, στον Δήμο Αθηναίων στο βόρειο τμήμα της οδού Λιοσίων, στο νότιο της οδού Πατησίων, κοντά στον σταθμό Ομόνοια και στην περιοχή μεταξύ του σταθμού Ομόνοια και Βικτώρια και στο δυτικό και ανατολικό τμήμα της οδού Βασιλίσσης Σοφίας. Για τις στάσεις αυτές ως πλησιέστεροι σταθμοί μετρό έχουν προσδιοριστεί η Αττική, η Ομόνοια, η Βικτώρια, ο Ευαγγελισμός και το Μέγαρο Μουσικής αντίστοιχα. Ο χαρακτηρισμός των στάσεων αυτών ως στάσεις υψηλής προσβασιμότητας αποδίδεται στον υψηλό βαθμό σημαντικότητας αλλά και στον μεγάλο αριθμό των επιβατών των σταθμών μετρό που έχουν ως προορισμό και η υψηλή αξιοπιστία στον αριθμό των γραμμών που διέρχονται από τις στάσεις αυτές αλλά και στην καλή λειτουργία τους. Στάσεις υψηλής προσβασιμότητας έχουν χαρακτηριστεί στάσεις που εντοπίζονται επίσης στον Δήμο Αθηναίων στο βόρειο τμήμα της οδού Λιοσίων αλλά έχουν χαμηλή αξιοπιστία. Οι στάσεις αυτές εντοπίζονται πιο βόρεια από αυτές που έχουν χαρακτηριστεί ως αξιόπιστες. Άλλες στάσεις υψηλής προσβασιμότητας και χαμηλής αξιοπιστίας (λόγω εγγύτητας στους σταθμούς μετρό) εντοπίζονται στην Λεωφόρο Βασιλέως Κωνσταντινουπόλεως (στο ύψος του Εθνικού Κήπου), στο ανατολικό τμήμα της Λεωφόρου Αλεξάνδρας, κοντά στο Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και μια στάση βρίσκεται στην Λεωφόρο Συγγρού κοντά στον σταθμό Συγγρού-Φιξ. Οι κοντινότεροι σταθμοί μετρό στις στάσεις αυτές όπως έχουν προσδιοριστεί είναι η Αττική, το Σύνταγμα, οι Αμπελόκηποι, η Βικτώρια (σταθμοί μεγάλου βαθμού σημαντικότητας) και η Συγγρού-Φιξ (μικρή απόσταση της στάσης από τον σταθμό σε συνδυασμό με βαθμό σημαντικότητας του σταθμού) αντίστοιχα. Στον ταξιδιώτη δίνεται η οδηγία να μην επιβιβαστεί σε κάποια γραμμή που διέρχεται από τη στάση, καθώς αυτές δεν οδηγούν κοντά στον πλησιέστερο σταθμό μετρό (π.χ. περιοχή μεταξύ Ομόνοιας και Βικτωρίας).

Αναφορικά με τις στάσεις που χαρακτηρίζονται από μέτρια προσβασιμότητα και υψηλή αξιοπιστία είναι 108 σε αριθμό και εντοπίζονται κυρίως στο δυτικό και στο κεντρικό-ανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων, στο δυτικό τμήμα του Δήμου Ζωγράφου, του Δήμου Καισαριανής και του Δήμου Βύρωνα. Οι στάσεις αυτές έχουν χαρακτηριστεί ως αξιόπιστες κυρίως εξαιτίας της συχνότητας των λεωφορειακών γραμμών και γραμμών τρόλεϊ. Αντίθετα, οι στάσεις μέτριας προσβασιμότητας και χαμηλής αξιοπιστίας (λόγω εγγύτητας στους σταθμούς μετρό με αναλογικά μεγάλους μεταβαλλόμενους χρόνους αναμονής, λόγω μικρής συμφόρησης και λόγω μη καλής λειτουργίας των γραμμών) εντοπίζονται επίσης σε ορισμένα σημεία του κεντρικού-ανατολικού τμήματος του Δήμου Αθηναίων, στο δυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και στο βορειοδυτικό τμήμα του Δήμου Καισαριανής. Στις στάσεις μέτριας προσβασιμότητας τόσο υψηλής όσο και χαμηλής αξιοπιστίας που εντοπίζονται στο ανατολικό τμήμα του Δήμου Ζωγράφου και κοντά στην περιοχή της Κυψέλης, οι ταξιδιώτες δεν επιβιβάζονται σε γραμμές που διέρχονται από αυτές, διότι παρόλο που υπάρχουν γραμμές που καταλήγουν στον πλησιέστερο σταθμό μετρό υπάρχουν κοντινές στάσεις με μεγαλύτερη συχνότητα δρομολογίων (π.χ. γραμμή 608).

Οι στάσεις στην περιοχή μελέτης που χαρακτηρίζονται ως στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας και υψηλής αξιοπιστίας είναι 211 και πρόκειται για τις στάσεις που βρίσκονται στον Δήμο Γαλατσίου, Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας και Βύρωνα. Επιπλέον εντοπίζονται στο βορειοκεντρικό τμήμα του Δήμου Καισαριανής, στο κεντρικό τμήμα του Δήμου Ζωγράφου, στο κεντρικό και στο ανατολικό τμήμα του Δήμου Ηλιούπολης, στο κεντρικό και στο δυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και στο ανατολικό τμήμα του Δήμου Δάφνης-Υμηττού. Οι στάσεις αυτές θεωρούνται αξιόπιστες κυρίως εξαιτίας της συχνότητας των δρομολογίων των γραμμών των σταθμών και της καλής λειτουργίας τους (π.χ. Γαλάτσι) αλλά και λόγω του ότι παρόλο που μπορεί ο χρόνος αναμονής να παρουσιάζει σημαντική μεταβλητότητα, οι χρόνοι διαδρομής είναι πολύ μεγάλοι (π.χ. βόρειο τμήμα Ηλιούπολης). Όσον αφορά τις στάσεις που ναι μεν χαρακτηρίζονται ως στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας αλλά έχουν χαμηλή αξιοπιστία, είναι 85 στάσεις και εντοπίζονται στο βορειοδυτικό στο ανατολικό και στο νότιο τμήμα του Δήμου Αθηναίων, στο βόρειο και κεντρικό τμήμα του Δήμου Ζωγράφου και στο δυτικό τμήμα του Δήμου Ηλιούπολης (επί της Λεωφόρου Ελευθέριου Βενιζέλου, ανάμεσα στα τμήματα που έχουν εντοπιστεί στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας και υψηλής αξιοπιστίας). Οι στάσεις αυτές θεωρούνται αναξιόπιστες κυρίως εξαιτίας της εγγύτητας στους σταθμούς μετρό με αναλογικά μεγάλους μεταβαλλόμενους χρόνους αναμονής. Το γεγονός του ότι ταξινομούνται ως στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας οφείλεται στους μεγάλους χρόνους ταξιδιού (αφορά στάσεις που εντοπίζονται μακριά από τον πλησιέστερο σταθμό μετρό), στον μικρό αριθμό επιβατών και στο μικρό βαθμό σημαντικότητας των σταθμών (για τις στάσεις που βρίσκονται κοντά σε αυτούς). Ωστόσο, το ότι σε ορισμένες στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας οι ταξιδιώτες δεν επιβιβάζονται στις γραμμές που διέρχονται από αυτές, οφείλεται είτε στο ότι υπάρχουν κοντινές στάσεις με μεγαλύτερη συχνότητα δρομολογίων (π.χ. Ζωγράφου) είτε επειδή οι γραμμές της στάσης δεν εξυπηρετούν τον ταξιδιώτη (π.χ. ανατολικό τμήμα Δήμου Ηλιούπολης).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής μόνο το 4% των στάσεων της περιοχής μελέτης έχουν χαρακτηριστεί ως στάσεις υψηλής προσβασιμότητας και αξιοπιστίας, για τις οποίες πράγματι η προσβασιμότητα στους πλησιέστερους σταθμούς μετρό είναι υψηλή. Πρόκειται για τις στάσεις πλησίον των σταθμών Αττική, Ομόνοια, Βικτώρια και Σύνταγμα. Το ποσοστό αυτό ναι μεν είναι μικρό αλλά γενικότερα το ποσοστό των στάσεων που έχουν χαρακτηριστεί ως στάσεις υψηλής προσβασιμότητας είναι μικρό και αντιστοιχεί στο 8% των στάσεων. Όσον αφορά τις στάσεις που όντως έχουν μέτρια προσβασιμότητα ως προς τους πλησιέστερους σταθμούς μετρό, αποτελούν το 20% των στάσεων και πρόκειται για στάσεις που βρίσκονται στο δυτικό και στο κεντρικό-ανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων, στο δυτικό τμήμα των Δήμων Ζωγράφου, Καισαριανής και Βύρωνα. Επίσης, το 39% των στάσεων αποτελούν στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας και υψηλής αξιοπιστίας. Αυτό συνεπάγεται ότι πράγματι οι περισσότερες στάσεις των Δήμων Γαλατσίου, Δάφνης-Υμηττού, Ηλιούπολης και Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας και ορισμένες στάσεις στο δυτικό και κεντρικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων δεν έχουν πράγματι καλή προσβασιμότητα στους κοντινότερους σταθμούς μετρό. Για το υπόλοιπο 37% των στάσεων τα αποτελέσματα μεταβάλλονται ανάλογα με τον χρόνο ταξιδιού. Αναφέρεται σε στάσεις υψηλής, μέτριας και χαμηλής προσβασιμότητας αλλά με αναξιόπιστους χρόνους διαδρομής. Άρα όπως προαναφέρθηκε και στην ανάλυση της πρωινής περιόδου αιχμής, η προσβασιμότητα αυτών στους πλησιέστερους σταθμούς μετρό δεν είναι για όλες τις χρονικές στιγμές της πρωινής περιόδου αιχμής η ίδια. Οι στάσεις αυτές βρίσκονται διάσπαρτες σε

διάφορα σημεία του Δήμου Αθηναίων, στο βόρειο τμήμα του Δήμου Ζωγράφου και του Δήμου Καισαριανής και στο νότιο τμήμα του Δήμου Ηλιούπολης.

Μελετώντας μόνο τις στάσεις όπου η λεωφορειακή γραμμή-γραμμή τρόλεϊ που επιβιβάζεται ο ταξιδιώτης περνά από τη στάση που εξετάζεται (48% των στάσεων, συνδυαστικά Χάρτης 23 και 25), μόνο το 1% των στάσεων της περιοχής μελέτης (στάσεις κοντά στους σταθμούς Αττική, Βικτώρια, Ευαγγελισμό και Σύνταγμα) είναι στάσεις με υψηλή προσβασιμότητα και αξιοπιστία. Το 10% των στάσεων (στάσεις που εντοπίζονται κυρίως στο κεντρικό-ανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και στο δυτικό τμήμα των Δήμων Ζωγράφου και Καισαριανής) είναι στάσεις μέτριας προσβασιμότητας στους πλησιέστερους σταθμούς μετρό. Το 16% των στάσεων αποτελούν στάσεις χαμηλής προσβασιμότητας (στάσεις που βρίσκονται κυρίως στον Δήμο Βύρωνα, Γαλασίου, στο βόρειο τμήμα του Δήμου Ηλιούπολης, στο βορειοδυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και νότιο τμήμα Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας). Το υπόλοιπο 21% των στάσεων, ανεξαρτήτου του επιπέδου της προσβασιμότητας που έχουν κατηγοριοποιηθεί, πρόκειται για στάσεις χαμηλής αξιοπιστίας.

Προτάσεις για μέτρα

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα τόσο της πρωινής όσο και της απογευματινής περιόδου αιχμής προτείνονται ορισμένα μέτρα για την βελτίωση της προσβασιμότητας και της αξιοπιστίας.

Προκειμένου να βελτιωθεί η προσβασιμότητα των στάσεων των Δήμων που βρίσκονται στο νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης (Δήμοι Βύρωνα, Ζωγράφου, Ηλιούπολης και Καισαριανής) και στο βορειοανατολικό τμήμα της (Δήμοι Γαλασίου, Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας) θα μπορούσαν να σχεδιαστούν νέοι σταθμοί μετρό εντός των Δήμων αυτών. Οι ήδη υπάρχοντες σταθμοί που εξυπηρετούν τις συγκεκριμένες στάσεις, όπως έχει προαναφερθεί, παρά την αρκετά μεγάλη ελκυστικότητα που έχουν, βρίσκονται σχετικά μακριά και αυτό έχει ως αποτέλεσμα σε σχέση με την υπόλοιπη περιοχή μελέτης η προσβασιμότητα καθίσταται χαμηλή ή μέτρια. Με τον σχεδιασμό ενός νέου σταθμού μετρό η εξυπηρέτηση των κατοίκων των περιοχών αυτών θα είναι καλύτερη. Επιπλέον, πιθανότατα αυτό το μέτρο θα συντελέσει στη μείωση της συμφόρησης και στο νότιο και στο κεντρικό-ανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηνών και έτσι οι στάσεις που εντοπίζονται στα τμήματα αυτά είναι δυνατόν να βελτιωθούν ως προς την προσβασιμότητα. Επίσης, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και λεωφορεία με μεγαλύτερη χωρητικότητα έτσι ώστε να εξυπηρετούνται περισσότεροι επιβάτες. Αυτό θα παρότρυνε περισσότερους πολίτες να μετακινούνται με τα μέσα μαζικής μεταφοράς αντί με τα ιδιωτικά τους οχήματα, με αποτέλεσμα να περιοριστεί η κυκλοφοριακή συμφόρηση. Επομένως, ο χρόνος ταξιδιού του λεωφορείου θα μειωνόταν βελτιώνοντας έτσι το δείκτη προσβασιμότητας. Τέλος, ένα ακόμα μέτρο για να παροτρυνθούν οι πολίτες να χρησιμοποιούν τα μέσα μαζικής μεταφοράς θα μπορούσε να είναι να μειωθεί το κόμιστρο του εισιτηρίου. Και σε αυτή την περίπτωση, θα μειωνότουσαν τα οχήματα και άρα θα μειωνόταν και ο χρόνος ταξιδιού.

Στις περιοχές όπου η αξιοπιστία είναι χαμηλή, θα μπορούσαν να αυξηθούν τα δρομολόγια ή/και να λειτουργούν συμπληρωματικά. Έτσι, οι μετακινούμενοι θα περιμένουν λιγότερη ώρα στη στάση, με αποτέλεσμα να μειωθεί ο χρόνος αναμονής. Η μείωση αυτή του χρόνου αναμονής, οδηγεί σε μείωση του χρόνου ταξιδιού και άρα σε καλύτερα επίπεδα αξιοπιστίας. Επιπλέον, ένα ακόμη μέτρο που θα μπορούσε να συμβάλει στη βελτίωση της αξιοπιστίας είναι η προσθήκη νέων γραμμών στις στάσεις. Αυτό θα έκανε τη στάση πιο ελκυστική, ενώ παράλληλα θα μείωνε το χρόνο ταξιδιού. Γενικότερα, τα μέτρα που πρόκειται να εφαρμοστούν για να βελτιώσουν την αξιοπιστία θα συμβάλλουν και σε καλύτερα επίπεδα προσβασιμότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1. Σύνοψη αποτελεσμάτων

Πλέον, οι μεταφορές έχουν καθοριστικό ρόλο στην παροχή πρόσβασης στις διάφορες ευκαιρίες απασχόλησης, δραστηριότητες. Ωστόσο, λόγω κυκλοφοριακής συμφόρησης, καθυστερήσεων, αναπάντεχων γεγονότων (π.χ. ατυχήματα) ο χρόνος ταξιδιού μεταβάλλεται (είτε από μέρα σε μέρα, είτε από στιγμή σε στιγμή). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το να καθίσταται αναξιόπιστη η προσβασιμότητα των ανθρώπων στους προορισμούς τους. Η αναξιόπιστη προσβασιμότητα μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις και να επηρεάσει σημαντικά το πρόγραμμα των ταξιδιωτών.

Στο πλαίσιο αυτό, στη συγκεκριμένη εργασία στην ανάλυση της προσβασιμότητας λήφθηκε υπόψη και η μεταβλητότητα των χρόνων ταξιδιού. Έτσι, προσδιορίστηκαν τα επίπεδα προσβασιμότητας και αξιοπιστίας των στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ, που εντοπίζονται στον Κεντρικό Τομέα Αθηνών, ως προς τους πλησιέστερους σταθμούς μετρό κατά την πρωινή και την απογευματινή περίοδο αιχμής. Πιο συγκεκριμένα, η χρονική περίοδος για την οποία έγινε η ανάλυση ήταν 8.30-9.30 π.μ. και 5.30-6.30 μ.μ.. Ο πλησιέστερος σταθμός μετρό της κάθε στάσης προσδιορίστηκε μέσω του Google Maps υλοποιώντας έναν κώδικα σε περιβάλλον Python. Για να προσδιοριστούν τα επίπεδα προσβασιμότητας αναπτύχθηκε ένας δείκτης προσβασιμότητας ο οποίος έχει ως παραμέτρους τον βαθμό σημαντικότητας τους και τον αριθμό των ατόμων που επιβιβάζονται αλλά και τον χρόνο ταξιδιού μεταξύ αφετηρίας και προορισμού. Για να προσδιοριστούν τα επίπεδα αξιοπιστίας εφαρμόστηκαν τρεις δείκτες (λδιακύμανση, ΔΠΧ_{μ.ο.} και ΔΠΧ_δ) οι οποίοι έχουν ως μεταβλητές τους διάφορους χρόνους ταξιδιού. Ο χρόνος ταξιδιού, ο οποίος είναι απαραίτητος σε όλους τους δείκτες, εκτιμάται σε πραγματικό χρόνο επίσης μέσω του Google Maps, εκτελώντας έναν κώδικα που υλοποιήθηκε σε περιβάλλον Python. Το χρονικό βήμα που επιλέχθηκε για την υλοποίηση του κώδικα ήταν δεκαπέντε λεπτά.

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα.

Όσον αφορά την προσβασιμότητα, όσο απομακρύνεται ο ταξιδιώτης από τους σταθμούς μετρό αυτή μικραίνει λόγω της μεγάλης απόστασης από αυτούς. Επιπλέον, στάσεις λεωφορείου-τρόλεϊ που εντοπίζονται σχετικά κοντά σε σταθμούς μετρό υπάρχει πιθανότητα να χαρακτηριστούν από χαμηλή προσβασιμότητα εξαιτίας του ότι επηρεάζονται από τον μικρό βαθμό ελκυστικότητας του σταθμού. Η προσβασιμότητα μεταξύ των δύο περιόδων δεν παρουσιάζει μεγάλες διαφορές. Ωστόσο, όσες διαφορές εντοπίζονται οφείλονται στην μεγάλη διαφορά του αριθμού των επιβατών μεταξύ των δύο περιόδων αλλά και σε μικρότερους χρόνους ταξιδιού κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής.

Επίσης, οι δείκτες αξιοπιστίας που εφαρμόστηκαν φαίνεται πως έχουν ισχυρή συσχέτιση μεταξύ τους.

Αναφορικά με την αξιοπιστία των στάσεων της περιοχής μελέτης, η αξιοπιστία σχετίζεται με την καλή λειτουργία των γραμμών που διέρχονται από τη στάση και με την εγγύτητα της στάσης λεωφορείου-τρόλεϊ στον πλησιέστερο σταθμό μετρό. Υπάρχουν περιπτώσεις που ο αριθμός των γραμμών έχει συμβάλει στο να θεωρηθεί η στάση ως στάση υψηλής αξιοπιστίας, αλλά και άλλες, που παρόλο του σημαντικού αριθμού γραμμών, η αξιοπιστία της στάσης είναι χαμηλή εξαιτίας της μη

συμπληρωματικής λειτουργίας των γραμμών. Επίσης, κατά τη διάρκεια της ημέρας στην περιοχή μελέτης η συχνότητα των δρομολογίων αλλάζει και επομένως οδηγεί σε διαφορετικό επίπεδο αξιοπιστίας. Στην περιοχή μελέτης, υπάρχουν στάσεις από τις οποίες διέρχονται αρκετές γραμμές λεωφορείων-τρόλεϊ ωστόσο τα δρομολόγια δεν είναι καλά κατανοημένα και έτσι υπάρχουν μεταβολές στον χρόνο ταξιδιού κυρίως εξαιτίας του χρόνου αναμονής στη στάση. Ωστόσο, υπάρχουν και στάσεις όπου τα δρομολόγια των λεωφορείων-τρόλεϊ δρουν συμπληρωματικά με αποτέλεσμα οι χρόνοι αναμονής να μην μεταβάλλονται σημαντικά και έτσι ο χρόνος ταξιδιού να παραμένει σχετικά σταθερός. Εντοπίζονται επιπλέον στάσεις στις οποίες η διακύμανση του χρόνου του ταξιδιού είναι μικρή εξαιτίας της μεγάλης συχνότητας που έχει μία συγκεκριμένη γραμμή λεωφορείου-τρόλεϊ (π.χ. λεωφορειακή γραμμή 608). Επιπλέον, παρατηρούνται ορισμένες γραμμές λεωφορείων-τρόλεϊ οι οποίες λειτουργούν συμπληρωματικά κυρίως την πρωινή περίοδο αιχμής εξαιτίας των συχνότερων δρομολογίων σε σχέση με την απογευματινή. Επίσης, εντοπίζονται στάσεις στις οποίες η μεταβλητότητα των χρόνων μετακίνησης είναι σχετικά μικρή, ωστόσο η απόσταση από τον πλησιέστερο σταθμό είναι αναλογικά μικρότερη και αυτό οδηγεί σε χαμηλή αξιοπιστία. Επιπλέον, παρατηρείται και το αντίστροφο, δηλαδή μεγάλη μεταβλητότητα στους χρόνους ταξιδιού αλλά μεγάλη απόσταση από τους πλησιέστερους σταθμούς που οδηγεί σε υψηλή αξιοπιστία.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι αν ο ταξιδιώτης προγραμματίσει καλύτερα την μετακίνησή του έτσι ώστε να ελαχιστοποιήσει τον χρόνο αναμονής στη στάση τα επίπεδα προσβασιμότητας και αξιοπιστίας θα είναι υψηλότερα.

Επιπροσθέτως, υπάρχουν στάσεις όπου οι γραμμές είτε δεν εξυπηρετούν τον ταξιδιώτη είτε δεν έχουν συχνά δρομολόγια και επομένως θεωρείται προτιμότερο να μεταβεί σε κάποια κοντινή στάση για να φτάσει γρηγορότερα στον προορισμό του.

Επιπλέον, από την μελέτη προέκυψε πως ένα πολύ μικρό ποσοστό των στάσεων του Κεντρικού Τομέα Αθηνών έχει πράγματι υψηλή προσβασιμότητα στους πλησιέστερους σταθμούς μετρό, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό έχει χαμηλή προσβασιμότητα. Αυτό που παρατηρείται γενικότερα είναι πως και στις δύο περιόδους αιχμής όσο απομακρύνεται ο μετακινούμενος από το κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης, τα επίπεδα προσβασιμότητας μικραίνουν. Έτσι, είναι σημαντικό για τις στάσεις που εντοπίζονται στους Δήμους Ηλιούπολης, Καισαριανής, Γαλασίου, Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας και στο βορειοδυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων να ληφθούν μέτρα για την βελτίωση της προσβασιμότητας.

Τέλος, επιβεβαιώνεται το ότι κατά την ανάλυση της προσβασιμότητας πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η μεταβλητότητα του χρόνου μετακίνησης ακόμη και όταν μελετάται σε μικρό χρονικό παράθυρο (π.χ. χρονικό διάστημα μιας ώρας). Όπως προέκυψε, τα επίπεδα της προσβασιμότητας δεν σχετίζονται με τα επίπεδα της αξιοπιστίας (δηλαδή δεν σημαίνει πως υψηλή προσβασιμότητα συνεπάγεται και υψηλή αξιοπιστία), αυτό αποδεικνύεται και από το ότι προέκυψαν όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί μεταξύ των επιπέδων αυτών. Η προσβασιμότητα σχετίζεται με τον σχεδιασμό του δικτύου, ενώ η αξιοπιστία συνδέεται κυρίως με εξωτερικούς παράγοντες. Η μεταβλητότητα των χρόνων μετακίνησης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην ανάλυση της προσβασιμότητας, διότι όπως παρατηρήθηκε ένα μεγάλο τμήμα των στάσεων (ποσοστό) τόσο σε πρωινή όσο και σε απογευματινή περίοδο αιχμής χαρακτηρίζεται ως λιγότερο αξιόπιστο. Η μικρή αξιοπιστία οδηγεί σε μη αντιπροσωπευτικά επίπεδα προσβασιμότητας.

6.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Βασισμένες στη συγκεκριμένη μελέτη είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν κι άλλες παρόμοιες ή συμπληρωματικές έρευνες με αντικείμενο την ανάλυση της προσβασιμότητας βάσει της αξιοπιστίας.

Θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον αν μελέτη πραγματοποιούταν για μεγαλύτερο αριθμό στάσεων, ακόμη και για όλο το σύνολο των στάσεων του δικτύου αστικών συγκοινωνιών του ΟΑΣΑ, καθώς και για ένα μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, εξαιτίας του μεγάλου όγκου των δεδομένων και της έλλειψη της απαραίτητης υπολογιστικής ισχύς, τα επίπεδα προσβασιμότητας και αξιοπιστίας προσδιορίστηκαν μόνο στον Κεντρικό Τομέα Αθηνών της Περιφέρειας Αττικής και για το χρονικό παράθυρο 8.30-9.30 π.μ. και 5:30-6:30 μ.μ..

Επιπροσθέτως, θα ήταν επιθυμητό ο κώδικας να εκτελείται κάθε φορά για όλους τους συνδυασμούς μεταξύ στάσεων λεωφορείου-τρόλεϊ και σταθμών μετρό ή να εκτελεστεί περισσότερες φορές για τον προσδιορισμό του πλησιέστερου σταθμού μετρό, καθώς υπάρχουν στάσεις όπου ανάλογα με την χρονική αφετηρία ο κοντινότερος σταθμός μετρό είναι διαφορετικός. Στην παρούσα διπλωματική εξαιτίας του μικρού αριθμού αιτημάτων για τη λήψη οδηγιών από το Google Maps ο πλησιέστερος σταθμός μετρό προσδιορίστηκε εκτελώντας τον κώδικα μόνο μια φορά.

Για πιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα κυρίως ως προς την μεταβλητότητα των χρόνων μετακίνησης θα ήταν ιδανικότερο το χρονικό βήμα λήψης οδηγιών από το Google Maps να είναι μικρότερο, παραδείγματος χάρη της τάξης των πέντε λεπτών. Ωστόσο, στην παρούσα εργασία λόγω του οι χρόνοι μετακίνησης υπολογίζονταν σε πραγματικό χρόνο και λόγω του πλήθους των συνδυασμών, η εκτέλεση του κώδικα που υλοποιήθηκε στην Python για την λήψη των χρόνων μετακίνησης απαιτούσε αρκετή ώρα και γι' αυτό το χρονικό βήμα ορίστηκε δεκαπέντε λεπτά.

Θα ήταν χρήσιμο να μην επιτρέπεται να επιβιβαστεί το άτομο σε κάποια γραμμή που δε διέρχεται από τη στάση, ώστε να υπάρχει μια καλύτερη εικόνα για την προσβασιμότητα και την αξιοπιστία στις στάσεις. Εναλλακτικά θα μπορούσε να συμπεριληφθεί στον δείκτη αξιοπιστίας ο αριθμός των φορών που ο ταξιδιώτης επιβιβάζεται σε γραμμή που διέρχεται από τη στάση.

Αναφορικά με τους δείκτες προσβασιμότητας θα μπορούσαν να αναπτυχθούν περισσότερο ή να χρησιμοποιηθούν κάποιοι που να λαμβάνουν υπόψη και άλλους παράγοντες εκτός από την ελκυστικότητα των προορισμών και το χρόνο μετακίνησης π.χ. την χωρητικότητα λεωφορειακής γραμμής-γραμμής τρόλεϊ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anas, A. (1983). Discrete choice theory, information theory and the multinomial logit and gravity models. *Transportation Research B* 17 (1), 13–23.
- Ap. Sorratini, J., Liu, R. & Sinha, S., 2008. Assessing Bus Transport Reliability Using Micro-Simulation. *Transportation Planning and Technology*, 31(3), 303–324.
- Ben-Akiva, M., Lerman, S.R. (1979). Disaggregate travel and mobility choice models and measures of accessibility. In: Hensher, D.A., Sopher, P.R. (Eds.), *Behavioural Travel Modelling*. Croom Helm, Andover, Hants, 654–679.
- Ben-Akiva, M., Lerman, S.R. (1985). *Discrete Choice Analysis*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Bertolini, L, le Clercq, F. και Kapoen, L. (2005). Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. *Transport Policy* 12, 207-220.
- Bhat, C.R., Koppelman, F.S. (1999). Activity-based modelling of travel demand. In: Hall, R. (Ed.), *Handbook of Transportation Science*. Kluwer Academic Publishers, Norwell.
- Bhat, C.L., S. Handy, K. Kockelman, H. Mahmassani, Q. Chen and L. Westin (2000). *Development of an Urban Accessibility Index: Literature Review*.
- Bi Yu Chen, Xue-Ping Cheng, Mei-Po Kwan, Tim Schwanen (2020). Evaluating spatial accessibility to healthcare services under travel time uncertainty: A reliability-based floating catchment area approach.
- Bruinsma, F., Rietveld, P. (1998). The accessibility of European cities; theoretical framework and comparison of approached. *Environment and Planning A* 30, 499–521.
- Burns, L.D. (1979). *Transportation, Temporal and Spatial Components of Accessibility*. Lexington Books, Lexington/Toronto.
- Cham, L.C. (2006). *Understanding bus service reliability: a practical framework using AVL/APC data*.
- Chen, X., Yu, L., Zhang, Y. (2009). Analyzing urban bus service reliability at the stop, route and network levels. *Transp. Res. A*. 43(8), 722–734.
- Ceder, A. (2016). *Public Transit Planning and Operation Theory, Modelling and Practice*. England: Butterworth Heinemann.
- Curtis, C. και Scheurer, J. (2010). 'Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making', *Progress in Planning*, 74(2), 53-106.
- Dalvi, M.Q., Martin, K.M. (1976). The measurement of accessibility: some preliminary results. *Transportation* 5, 17–42.
- Dong, X., M.E. Ben-Akiva, J.L. Bowman and J.L. Walker (2006). “Moving from trip-based to activity-based measures of accessibility”. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 40/2, 163-180.

- Dowling, R. G., A. Skabardonis, R. A. Margiotta, and M. E. Hallenbeck. (2009). Reliability Breakpoints on Freeways. Presented at 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Ettema, D.F., Timmermans, H.J.P. (1997). Activity-based Approaches to Travel Analysis. Pergamon, Kidlington/New York/Tokyo.
- Geertman, S.C.M., Eck, J.R.R.V. (1995). GIS and models of accessibility potential: an application in planning. *International Journal of Geographical Information Science* 9 (1), 67–80.
- Geurs, K. T. and Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land use and transport strategies: Review and research directions. *Journal of Transport Geography* 12, 127-140.
- Geurs, K.T., Ritsema van Eck, J.R. (2001). Accessibility measures: review and applications. RIVM report 408505 006, National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven.
- Geurs, K.T., B. Zondag, G. de Jong and M. de Bok (2010). “Accessibility appraisal of integrated land-use/transport policy strategies: more than just adding up travel time savings”. *Transportation Research Part D*, Vol. 15, 382-393.
- Geurs, K.T., M. de Bok and B. Zondag (2012). “Accessibility benefits of integrated land use and public transport policy plans in the Netherlands”, in *Accessibility Analysis and Transport Planning: Challenges for Europe and North America*, K. T. Geurs, K. Krizek and A. Reggiani (eds.), Edward Elgar, Ia, 189-216.
- Geurs, K.T. (2018). “Transport Planning With Accessibility Indices in the Netherlands”, Discussion Paper, International Transport Forum, Paris.
- Gutierrez, J., Urbano, P. (1996). Accessibility in the European Union: the impact of the Trans-European road network. *Journal of Transport Geography* 4 (1), 15–25.
- Gutiérrez, J. (2001) ‘Location, economic potential and daily accessibility: an analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border’. *Journal of Transport Geography*, Vol. 9(4), 229-242.
- Gutiérrez, J. (2009). ‘Transport and accessibility’. En *Kitchin y Thrift (eds): International Encyclopedia of Human Geography*, Oxford, Elsevier, Vol. 1, 410-417.
- Handy, S. L. and Niemeier, D. E. (1997). Measuring accessibility: An exploration of issues and alternatives. *Environment and Planning A* 29, 1175--1194.
- Hansen, W.G. (1959). How accessibility shapes land use. *Journal of American Institute of Planners* 25 (1), 73–76.
- Hull, A., C. Silva and L. Bertolini (2012). *Accessibility Instruments for Planning Practice*. COST Office.
- Hyun Kim, Yena Song (2018). An integrated measure of accessibility and reliability of mass transit systems.

- Iliopoulou, C. A., Milioti, C. P., Vlahogianni, E. I., & Kepaptsoglou, K. L. (2020). Identifying spatio-temporal patterns of bus bunching in urban networks. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 24(4), 365-382.
- Chioni, E., Iliopoulou, C., Milioti, C., & Kepaptsoglou, K. (2020). Factors affecting bus bunching at the stop level: A geographically weighted regression approach. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 9(3), 207-217.
- Ingram, D.R. (1971). The concept of accessibility: a search for an operational form. *Regional Studies* 5, 101–107.
- Jenks, G. και Coulson, M. (1963): “Class Intervals for Statistical Maps”, *International Yearbook of Cartography*, Vol. 3, pp. 119-134.
- Jinhyung Lee, Harvey J. Miller (2020). Robust accessibility: Measuring accessibility based on travelers' heterogeneous strategies for managing travel time uncertainty.
- Koenig, J. G. (1980). Indicators of urban accessibility: Theory and applications. *Transportation* 9, 145--172.
- Konstantina Bimpou, Neil S. Ferguson (2020). Dynamic accessibility: Incorporating day-to-day travel time reliability into accessibility measurement.
- Kopsidas, A., & Kepaptsoglou, K. (2021). Identifying critical metro stations through a substitute complex network analysis.
- Kumar, P., Brussel, I. M. J. G. και van den Bosch, I. F. H. M. (2011). Multimodal Accessibility Indicators in GIS, unpublished thesis.
- Kopsidas A., Kepaptsoglou K., Vlahogianni E., Iliopoulou C. (2019). Modeling Transit User Travel Time.
- Kwan, M.-P. (1998). Space–time and integral measures of individual accessibility: a comparative analysis using a point-based framework. *Geographical Analysis* 30 (3), 191–216.
- Lam, T. C., and K. A. Small (2001). The Value of Time and Reliability: Measurement from a Value Pricing Experiment. *Transportation Research Part E*, Vol. 37, 231–251.
- Leonardi, G. (1978). Optimum facility location by accessibility maximising. *Environment and Planning A* 10, 1287–1305.
- Levine, J. (1998). Rethinking accessibility and jobs-housing balance. *Journal of American Planning Association* 64 (2), 12–25.
- Litman, T. (2003) *Measuring transportation: Traffic, mobility and accessibility*, 28-32.
- Lomax, T., Schrank, D., Turner, S., Margiotta, R. (2003). Selecting travel reliability measures. *Texas Transportation Institute & Cambridge Systematics, College Station*.

- MA, Z., Ferreira, L., and Mesbah, M. (2013). "A framework for the development of bus service reliability measures". Proceedings of Australian Transport Research Forum, Brisbane, Australia.
- Margiotta, R., T. Lomax, S. Turner, and M. Hallenbeck (2008). Analytic Procedures for Determining the Impacts of Reliability Mitigation Strategies. SHRP 2 Project L03 Interim Report. Cambridge Systematics, Inc., Cambridge, Mass.
- Martinez, F.J. (1995). Access: the transport-land use economic link. *Transportation Research Part B* 29 (6), 457–470.
- Martinez, F.J., Araya, C. (2000). A note on trip benefits in spatial interaction models. *Journal of Regional Science* 40 (4), 789–796.
- McFadden, D. (2001). Disaggregate behavioural travel demand's RUM side: a 30-year retrospective. In: Hensher, D.A. (Ed.), *Travel Behaviour Research. The Leading Edge*. Pergamon, Amsterdam, 17–63.
- Miller, H.J. (1991). Modelling accessibility using space–time prism concepts within geographical information systems. *International Journal of Geographical Systems* 5 (3), 287–301.
- Miller, H.J. (1999). Measuring space–time accessibility benefits within transportation networks: basic theory and computational procedures. *Geographical Analysis* 31 (2), 187–212.
- Neuburger, H. (1971). User benefits in the evaluation of transport and land-use plans. *Journal of Transport Economics and Policy* 5 (1), 52–75.
- Neutens, T., T. Schwanen, F. Witlox and P. de Maeyer (2010). "Equity of urban service delivery: A comparison of different accessibility measures". *Environment and Planning A*. Vol. 42/7, 1613-1635.
- Niemeier, D.A. (1997). Accessibility: an evaluation using consumer welfare. *Transportation* 24, 377–396.
- OECD/ITF (2010). Improving reliability on Surface Transport Networks. Transport Research Centre.
- Pu Wenjing (2011). Analytic Relationships Between Travel Time Reliability Measures
- Reggiani, A., P. Bucci and G. Russo (2011). "Accessibility and impedance forms: Empirical applications to the German commuting network". *International Regional Science Review*, Vol. 34/2, 230-252.
- Schürmann, C., Spiekermann, K. and Wegener, M. (1997) Accessibility indicators. Deliverable D5 of SASI. Reports from the Institute of Spatial Planning No. 39, Institute of Spatial Planning at the University of Dortmund (IRPUD), Dortmund.
- Sekhar, R., Askura, Y. (2007). Measuring travel time reliability of transportation system. *Indian Highways*. 35(11), 61–72

- Shen, Q. (1998). Location characteristics of inner-city neighbourhoods and employment accessibility of low-wage workers. *Environment and Planning B* 25 (3), 345–365.
- Small, K.A., Rosen, H.S. (1981). Applied welfare economics with discrete choice models. *Econometrica* 49, 105–129.
- Stewart, J.Q. (1947). Empirical mathematical rules concerning the distribution and equilibrium of population. *Geography Review* 37, 461–485.
- Taylor, M.A.P., D’Este, G.M. (2007). Transport network vulnerability: a method for diagnosis of critical locations in transport infrastructure systems. In: Murray, A.T., Grubestic, T.H. (Eds.), *Critical Infrastructure*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg,, 9–30.
- Tierra S. Bills and Andre L. Carrel (2021). Transit Accessibility Measurement Considering Behavioral Adaptations to Reliability.
- Van Lint, J. W. C., and H. J. van Zuylen (2005). Monitoring and Predicting Freeway Travel Time Reliability: Using Width and Skew of Day-to-Day Travel Time Distribution. In *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1917, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 54–62.
- Van Lint, J., Van Zuylen, H.J., Tu, H. (2008). Travel time unreliability on freeways: Why measures based on variance tell only half the story. January. *Transportation Res. Part A: Policy Practice* 42 (1), 258–277.
- Vickerman, R.W. (1974). Accessibility, attraction, and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility. *Environment and Planning A* 6, 675–691.
- Wachs, M., Kumagai, T.G. (1973). Physical accessibility as a social indicator. *Socio-Economic Planning Science* 6, 357–379.
- Weibull, J.W. (1976). An axiomatic approach to the measurement of accessibility. *Regional Science and Urban Economics* 6, 357–379.
- Wickstrom, G.V. (1971). Defining balanced transportation—a question of opportunity. *Traffic Quarterly* 25 (3), 337–349.
- Williams, H.C.W.L. (1976). Travel demand models, duality relations and user benefit analysis. *Journal of Regional Science* 16 (2), 147–166.
- Williams, H.C.W.L., Senior, M.L. (1978). Accessibility spatial interaction and the spatial benefit analysis of land use—transportation plans. In: Karlquist, A. (Ed.), *Spatial Interaction Theory and Planning Models*. North-Holland, Amsterdam.
- Zondag, B., M. de Bok, K.T. Geurs, E. Molenwijk (2015). Accessibility modeling and evaluation: The TIGRIS XL land-use and transport interaction model for the Netherlands. *Computers, En*
- Τυρινόπουλος, Γ., Κεπατσόγλου, Κ. (2015). Αξιολόγηση Αστικών Συγκοινωνιών: Υπόβαθρο και Βασικές Έννοιες. *Environment and Urban Systems*, 49(1), 115-125.

ΙΣΤΟΓΡΑΦΙΑ

<https://www.statistics.gr/>

<https://ops.fhwa.dot.gov/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΩΔΙΚΕΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Κώδικας για προσδιορισμό πλησιέστερου σταθμού μετρό (python)

```
from __future__ import division
import numpy as np
import json
import googlemaps
import pandas as pd
from datetime import timedelta

gmaps = googlemaps.Client(key='κωδικός')

points=np.loadtxt('points957.txt')
orig_coord = points[0:917]
dest_coord = points[917:957]

#για λήψη οδηγιών από google maps
directions={}
for i in range(0,917):
    directions[i]={ }
    for j in range(917,957):
        directions[i][j]={ }
        directions[i][j]["transit"]=gmaps.directions(points[i],points[j],
            mode="transit",
            transit_routing_preference="fewer_transfers" ,
            departure_time='1631887200' #Παρασκευή 17 Σεπτεμβρίου 2021
        )
r=json.dumps(directions)
with open('directions.json', 'w') as f:
    json.dump(directions, f)
```

```

#για εύρεση τύπου μέσου μεταφοράς, όνομα γραμμής, χρόνου αναμονής, ταξιδιού,
περπατήματος, αριθμού μετεπιβιβάσεων

origintime=pd.to_datetime(1631887200, unit='s').tz_localize('UTC').tz_convert('Europe/Athens')
#Παρασκευή 17 Σεπτεμβρίου 2021

info={}

for i in range(0,917):

    info[i]={ }

    for j in range(917,957):

        if len(directions[i][j]["transit"])==0: continue

        info[i][j]={ }

        modeno=len(directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0]['steps'])

        deptime=[0 for x in range(modeno)]

        arrtime=[0 for k in range(modeno)]

        if 'departure_time' in directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0].keys():

            tripst=directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0]['departure_time']['value']

            tripstart=pd.to_datetime(tripst, unit='s').tz_localize('UTC').tz_convert('Europe/Athens')

        else:

            print i,j,directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0]['steps'][k]['travel_mode']

            tripstart= pd.to_datetime(1631887200,
unit='s').tz_localize('UTC').tz_convert('Europe/Athens')

            wait=0

            walk=0

            invehtt=0

            trans=0

            initialwait=(tripstart-origintime).seconds/60

        for k in range(modeno):

            mode=(directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0]['steps'][k]['travel_mode'])

            if mode=='TRANSIT':

                trans +=1

                dept=
(directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0]['steps'][k]['transit_details']['departure_time']['value'])

```

```

    deptime[k]=pd.to_datetime(dept,
unit='s').tz_localize('UTC').tz_convert('Europe/Athens')

    arrt=
(directions[i][j]["transit"][0]["legs"][0]["steps"][k]["transit_details"]["arrival_time"]["value"])

    arrtime[k]=pd.to_datetime(arrt,
unit='s').tz_localize('UTC').tz_convert('Europe/Athens')

    invehtt +=(arrtime[k]-deptime[k]).seconds/60

    if k==0:

        wait +=(deptime[k]- tripstart).seconds/60

    else:

        if arrtime[k-1]>deptime[k]: arrtime[k-1]=deptime[k]

        wait +=(deptime[k]- arrtime[k-1]).seconds/60

elif mode=='WALKING':

    walkdur=(directions[i][j]["transit"][0]["legs"][0]["steps"][k]["duration"]["value"])

    delta = timedelta(seconds = walkdur)

    walk +=walkdur

    if k==0:

        deptime[k]= tripstart

        arrtime[k]= deptime[k]+ delta

    else:

        deptime[k]= arrtime[k-1]

        arrtime[k]= deptime[k]+ delta

wait +=initialwait

if trans==0: trans=1

info[i][j]["line"]=line

info[i][j]["vehtype"]=vehtype

info[i][j]["transtt"]=invehtt

info[i][j]["walk"]=walk/60

info[i][j]["wait"]=wait

info[i][j]["transf"]=trans-1

```

```
with open('info.json', 'w') as f:
```

```
    json.dump(info, f)
```

```
with open('info.json', 'r') as f:
```

```
    info=json.load(f)
```

```
#για αποθήκευση
```

```
import pandas as pd
```

```
pinakas=pd.DataFrame.from_dict(info, orient='index')
```

```
pinakas=pd.DataFrame.from_dict({(i,j): info[i][j]
```

```
    for i in info.keys()
```

```
    for j in info[i].keys()},
```

```
    orient='index')
```

```
pinakas.to_csv('pinakas.csv', encoding='utf-8-sig')
```

```
pinakas=pd.read_csv('pinakas.csv',skiprows=[0], header=None,
```

```
    names = ['origin','dest', 'walk','transtt', 'transf', 'wait'])
```

```
pointsdet=pd.DataFrame({'y':points[:,0], 'x':points[:,1]})
```

```
pointsdet['ind']=pointsdet.index
```

```
df2=pinakas.merge(pointsdet, left_on='origin', right_on='ind',suffixes=('_ori', '_ori'))
```

```
df2=df2.merge(pointsdet, left_on='dest', right_on='ind')
```

```
df2=df2.rename(columns={df2.columns[6]:'x_ori',df2.columns[7]:'y_ori',df2.columns[9]:'x_dest',  
,df2.columns[10]:'y_dest',})
```

```
del df2['ind_x'], df2['ind_y']
```

```
df2.to_csv('pinakascoord.csv', encoding='utf-8-sig')
```

```
pinakas=pd.read_csv('pinakas.csv',skiprows=[0], header=None,
```

```
    names = ['origin','dest', 'walk','transtt', 'transf', 'wait'])
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Κώδικας για χρόνους-γραμμές (python)

```
from __future__ import division

import numpy as np

import json

import googlemaps

import pandas as pd

from datetime import timedelta

gmaps = googlemaps.Client(key='κωδικός')

points=np.loadtxt('points957.txt')

orig_coord = points[0:10]

dest_coord = points[917:918]

#για λήψη οδηγιών από google maps

directions={}

for i in range(0,10):

    directions[i]={}

    for j in range(917,918):

        directions[i][j]={}

        directions[i][j]["transit"]=gmaps.directions(points[i],points[j],

            mode="transit",

            transit_routing_preference="fewer_transfers" ,

            departure_time='now'

        )

r=json.dumps(directions)

with open('directions.json', 'w') as f:

    json.dump(directions, f)
```

```

#για εύρεση τύπου μέσου μεταφοράς, όνομα γραμμής, χρόνου αναμονής, ταξιδιού,
περπατήματος, αριθμού μετεπιβιβάσεων

origintime=pd.to_datetime(###, unit='s').tz_localize('UTC').tz_convert('Europe/Athens')
#χρονική στιγμή που εκτελέστηκε ο κώδικας

info={ }

for i in range(0,10):

    info[i]={ }

    for j in range(917,918):

        if len(directions[i][j]["transit"])==0: continue

        info[i][j]={ }

        modeno=len(directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0]['steps'])

        deptime=[0 for x in range(modeno)]

        arrtime=[0 for k in range(modeno)]

        if 'departure_time' in directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0].keys():

            tripst=directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0]['departure_time']['value']

            tripstart=pd.to_datetime(tripst, unit='s').tz_localize('UTC').tz_convert('Europe/Athens')

        else:

            print i,j,directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0]['steps'][k]['travel_mode']

            tripstart= pd.to_datetime(###, unit='s').tz_localize('UTC').tz_convert('Europe/Athens')
#χρονική στιγμή που εκτελέστηκε ο κώδικας

            wait=0

            walk=0

            invehtt=0

            trans=0

            initialwait=(tripstart-origintime).seconds/60

        for k in range(modeno):

            mode=(directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0]['steps'][k]['travel_mode'])

            if mode=='TRANSIT':

                trans +=1

                dept=
(directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0]['steps'][k]['transit_details']['departure_time']['value'])

```

```

    deptime[k]=pd.to_datetime(dept,
unit='s').tz_localize('UTC').tz_convert('Europe/Athens')

    arrt=
(directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0]['steps'][k]['transit_details']['arrival_time']['value'])

    arrtime[k]=pd.to_datetime(arrt,
unit='s').tz_localize('UTC').tz_convert('Europe/Athens')

vehtype=(directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0]['steps'][k]['transit_details']['line']['vehicle']['type']
)

line=(directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0]['steps'][k]['transit_details']['line']['short_name'])

    invehitt +=(arrtime[k]-deptime[k]).seconds/60

    if k==0:

        wait +=(deptime[k]- tripstart).seconds/60

    else:

        if arrtime[k-1]>deptime[k]: arrtime[k-1]=deptime[k]

        wait +=(deptime[k]- arrtime[k-1]).seconds/60

elif mode=='WALKING':

    walkdur=(directions[i][j]["transit"][0]['legs'][0]['steps'][k]['duration']['value'])

    delta = timedelta(seconds = walkdur)

    walk +=walkdur

    if k==0:

        deptime[k]= tripstart

        arrtime[k]= deptime[k]+ delta

    else:

        deptime[k]= arrtime[k-1]

        arrtime[k]= deptime[k]+ delta

wait +=initialwait

if trans==0: trans=1

info[i][j]["line"]=line

info[i][j]["vehtype"]=vehtype

info[i][j]["transtt"]=invehitt

```



```

        info[i][j]["walk"]=walk/60
        info[i][j]["wait"]=wait
        info[i][j]["transf"]=trans-1
with open('info.json', 'w') as f:
    json.dump(info, f)
with open('info.json', 'r') as f:
    info=json.load(f)

#για αποθήκευση
import pandas as pd
pinakas=pd.DataFrame.from_dict(info, orient='index')
pinakas=pd.DataFrame.from_dict({(i,j): info[i][j]
                                for i in info.keys()
                                for j in info[i].keys()},
                                orient='index')
pinakas.to_csv('pinakas.csv', encoding='utf-8-sig')
pinakas=pd.read_csv('pinakas.csv',skiprows=[0], header=None,
                    names = ['origin','dest', 'vehtype','walk','transtt', 'line', 'transf', 'wait'])
pointsdet=pd.DataFrame({'y':points[:,0], 'x':points[:,1]})
pointsdet['ind']=pointsdet.index
df2=pinakas.merge(pointsdet, left_on='origin', right_on='ind',suffixes=('_ori', '_ori'))
df2=df2.merge(pointsdet, left_on='dest', right_on='ind')
df2=df2.rename(columns={df2.columns[8]:'x_ori',df2.columns[9]:'y_ori',df2.columns[11]:'x_dest',df2.columns[12]:'y_dest',})
del df2['ind_x'], df2['ind_y']
df2.to_csv('pinakascoord.csv', encoding='utf-8-sig')
pinakas=pd.read_csv('pinakas.csv',skiprows=[0], header=None,
                    names = ['origin','dest', 'vehtype','walk','transtt', 'line', 'transf', 'wait'])

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Κώδικας για γραμμές που διέρχονται από κάθε στάση (Visual Basic)

```
Sub pinakas()
Dim i, j, k, a, b As Integer
j = 0
k = Worksheets("ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΑ_ΣΤΑΣΕΩΝ_ΚΤΑ").Cells(2, 3).Value
a = 2
b = 1
For i = 2 To 2104
    Worksheets("Kokkino").Cells(1, b) = k
    While k = j
        Worksheets("Kokkino").Cells(a, b) = Worksheets("Mple").Cells(i, 1).Value
        a = a + 1
        If i > 2103 Then
            Exit For
        Else
            i = i + 1
            k = Worksheets("Mple").Cells(i, 3).Value
        End If
    Wend
    b = b + 1
    i = i - 1
    ' Worksheets("Kokkino").Cells(1, b) = k
    j = k
    a = 2
Next i
End Sub
```