

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ - ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ  
ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΩΝ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.  
ΧΩΡΟΘΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΑΘΗΝΑΙΩΝ



ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ-ΕΛΕΝΗ ΜΑΝΤΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ Ν. ΦΩΤΗΣ

Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Βόλος

Ιούνιος 2014

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες, είναι συγκεντρωμένο στις αστικές περιοχές. Η προσβασιμότητα του πληθυσμού σε ένα αξιόπιστο, οικονομικά βιώσιμο και βελτιωμένο επίπεδο εξυπηρέτησης δικτύων μέσω μαζικής μεταφοράς, χρήζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί πέραν από την προώθηση για απεξάρτηση από ένα «αυτοκίνητο-κρατούμενο» περιβάλλον, τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και την άμβλυνση των προβλημάτων στάθμευσης, τον περιορισμό της αέριας ρύπανσης και την εξοικονόμηση ενέργειας, ωθεί την κινητικότητα σε όλες τις οικονομικές τάξεις.

Η αξιολόγηση αλλά και ο σχεδιασμός διαχείρισης δικτύων μαζικής μεταφοράς φέρει ένα αξιοπρόσεκτο ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας, καθώς είναι ένα διαχρονικό και συνεχές πρόβλημα με μεταβαλλόμενες χωρικές και χρονικές μεταβλητές. Οι μέθοδοι και οι τεχνικές χωρικής ανάλυσης, καθώς και τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, προσφέρουν σήμερα το κατάλληλο υπόβαθρο για την ανάπτυξη μεθοδολογιών αξιολόγησης, που επιτυγχάνουν συγκεκριμένους στόχους και λαμβάνουν υπόψη τους περιορισμούς που υφίστανται.

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η εφαρμογή των σύγχρονων μεθόδων και τεχνικών της χωρικής ανάλυσης και ιδιαίτερα της ανάλυσης δικτύων, για την αξιολόγηση της εξυπηρέτησης από μέσα μαζική μεταφοράς και το προσδιορισμό σύμφωνα με αυτήν ενός πληθυσμιακού προφίλ, σε περιβάλλον ΓΣΠ. Αυτό επιτυγχάνεται με τον προσδιορισμό ενός μεθοδολογικού πλαισίου για την ανάλυση και τη συγκριτική αξιολόγηση της προσβασιμότητας πληθυσμού από στάσεις μέσω μεταφοράς. Συγκεκριμένα, η προτεινόμενη μεθοδολογία περιλαμβάνει τέσσερα βασικά βήματα: τη αναλογική απόδοση του πληθυσμού στους κόμβους του δικτύου, την αξιολόγηση του από τις υπολογισμένες περιοχές εξυπηρέτησης από στάσεις MMM, την δημιουργία δείκτη υπολογισμού της συνολικής προσβασιμότητας και τέλος την ομαδοποίηση του πληθυσμού με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του σύμφωνα με την συνολική του προσβασιμότητα σε μέσα μεταφοράς, καθορίζοντας κατ' αυτό τον τρόπο την χωροθετική του σύσταση στην περιοχή μελέτης. Η εφαρμογή και η αποτίμηση των δυνατοτήτων της προτεινόμενης προσέγγισης του μεθοδολογικού πλαισίου, έγινε με δεδομένα αστικής περιοχής και συγκεκριμένα του Δήμου Αθηναίων.

Τέλος, μέσα από μια πλειάδα χαρτών και πινάκων, παρατίθενται τα αποτελέσματα της εφαρμογής για την αξιολόγηση της εξυπηρέτησης και ομαδοποίησης του πληθυσμού σύμφωνα με την προσβασιμότητα του σε μέσα μεταφοράς. Επίσης παρατίθενται συμπεράσματα, σχετικά με την έρευνα και τις εφαρμογές στους τομείς της ανάλυσης δικτύων και της ταξινομικής ανάλυσης.

## ABSTRACT

A large proportion of the population and human activities in all developed countries is concentrated in urban areas. The accessibility of the population to a reliable, economically viable and an improved level of service networks of public transport deserves special attention, in today's highly competitive but strongly automobile-dominated urban travel markets, in order to promote alternative modes of travel. Problems associated with automobiles, such as congestion, pollution, parking problems and energy consumption can thereby be limited, with profit for all the socioeconomical layers.

In recent years, there has been renewed interest in public transit and it continues to be viewed as an important component of the overall transportation planning and management of urban regions, as this is a timeless and continuing problem, with changing spatial and temporal variables. The methods and techniques in spatial analysis and the geographical information systems (GIS) offer a suitable base, in order to develop methodologies for evaluating and achieving specific objectives, taking into account existing restrictions.

In this work, an attempt is being made to apply modern methods and techniques of spatial analysis. In particular the network analysis is used in GIS environment, for the evaluation and determination of a population profile, in accordance with its accessibility to public transport. This is achieved by setting up a methodological framework for the analysis and the comparative evaluation of population's accessibility to public transport stops. In particular, the proposed methodology includes four basic steps: the assignment of the population at network junctions; its evaluation from the calculated service areas from the stops; the generation of an overall accessibility index (direct and indirect) and finally the arrangement of the population in groups with respect to its demographic characteristics and its overall accessibility to public transportation. The application and the assessment of the potentials of the proposed approach were carried out with data of the urban area of the Municipality of Athens. Finally, a variety of maps and tables present the results of the implementation of the methodology framework and express conclusions, in terms of research and applications in the fields of network and cluster analysis.

**Λέξεις – Κλειδιά:** μέσα μαζικής μεταφοράς, προσβασιμότητας, ανάλυση δικτύων, ταξινομική ανάλυση, γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |    |
|---|----|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....  | 1  |
| 1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ .....  | 5  |
| 1.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ .....  | 6  |
| 1.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ .....  | 7  |
| 1.3. ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ .....   | 10 |
| 1.3.1. ΓΙΑΤΙ ΕΙΝΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ Η ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ .....                             | 11 |
| 1.3.2. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ.....   | 12 |
| 1.3.3. ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ .....                                       | 13 |
| 1.3.4. ΔΕΙΚΤΕΣ/ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ.....                                   | 15 |
| 1.3.4.1. ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΑΞΙΔΙΟΥ .....   | 17 |
| 1.3.4.2. ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΜΕΝΩΝ ΕΥΚΑΙΡΙΩΝ/ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ.....                    | 21 |
| 1.3.4.3. ΔΕΙΚΤΕΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ .....  | 22 |
| 1.3.5. ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣΕΛΕΥΣΗΣ .....   | 24 |
| 1.3.5.1. ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΠΕΡΙΠΑΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ .....                    | 24 |
| 1.3.5.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ<br>ΠΡΟΣΕΛΕΥΣΗΣ ..... | 27 |
| 1.3.5.3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΔΙΕΘΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....                                | 29 |
| 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....  | 31 |
| 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ .....  | 39 |
| 3.1. ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....  | 39 |
| 3.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ .....  | 41 |
| 3.2.1. ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ .....                             | 42 |
| 3.3. ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ .....   | 46 |
| 3.4. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....                                      | 48 |
| 3.4.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ.....                  | 49 |
| 4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....  | 51 |
| 4.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ ΚΑΙ ΕΚΤΕΝΕΣΤΕΡΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ<br>ΑΘΗΝΑΙΩΝ .....     | 51 |
| 4.1.1. ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....   | 54 |
| 4.1.2. ΜΕΣΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....  | 56 |
| 4.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....                                       | 57 |
| 4.2.1. ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ .....   | 57 |
| 4.2.2. ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ .....                      | 57 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.2.3. ΜΕΣΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ - ΣΤΑΣΕΙΣ.....                                     | 62  |
| 4.3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΩΜΕΝΩΝ .....                           | 64  |
| 4.4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ .....                                   | 68  |
| 4.4.1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΕ ΜΜΜ.....                          | 71  |
| 4.4.1.1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΜΜ.....                       | 71  |
| 4.4.1.2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟΥΣ ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΥΣ/<br>ΣΥΝΥΠΑΡΞΗ ΤΩΝ ΜΜΜ..... | 73  |
| 4.4.1.3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ<br>ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΗΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ..... | 74  |
| 4.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ .....                                    | 78  |
| 4.6. ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ .....  | 85  |
| 4.6.1. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....  | 85  |
| 4.6.2. ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ .....   | 86  |
| 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....  | 91  |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....   | 95  |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....   | 106 |

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

|   |    |
|---|----|
| Πίνακας 4.1: Πληθυσμιακή εξέλιξη Δήμου Αθηναίων και του ευρύτερου ΠΣΠ .....                 | 55 |
| Πίνακας 4.2: Κατηγοριοποίηση Επαγγέλματων .....   | 58 |
| Πίνακας 4.3: Κατηγοριοποίηση Ηλιακών Ομάδων .....   | 59 |
| Πίνακας 4.4: Κατηγοριοποίηση Επίπεδου Εκπαίδευσης .....                                     | 59 |
| Πίνακας 4.5: Κατηγοριοποίηση Επίπεδου Απασχόλησης .....                                     | 60 |
| Πίνακας 4.6: Μέσα μαζικής μεταφοράς και ο αριθμός των στάσεων τους στο Δήμο Αθηναίων .....  | 62 |
| Πίνακας 4.7: Συνολικά δεδομένα χωρικής βάσης.....   | 64 |
| Πίνακας 4.8: Ποσοστά επιφανειακής κάλυψης περιοχών εξυπηρέτησης MMM στο Δήμο Αθηναίων ..... | 68 |
| Πίνακας 4.9: Ποσοστά πληθυσμού πρόσβασης σε στάσεις στα 400μ για κάθε MMM.....              | 71 |
| Πίνακας 4.10: Ποσοστά πληθυσμού των περιοχών συνδυαστικής εξυπηρέτησης από τα MMM.....      | 73 |
| Πίνακας 4.11: Ποσοστά αποκλειστικής εξυπηρέτησης πληθυσμού από MMM .....                    | 76 |
| Πίνακας 4.12: Ποσοστά εξυπηρέτησης πληθυσμού από των συνδυασμό των αποκλειστικότητας .....  | 76 |
| Πίνακας 4.13: Συντελεστής βαρύτητας μέσω μαζικής μεταφοράς.....                             | 78 |
| Πίνακα 4.14: Απόσπασμα τιμών συσχέτισης μεταβλητών – Correlation.....                       | 86 |

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

|   |    |
|---|----|
| Εικόνα 1.1: Οι διάφοροι τρόποι μέτρησης αποστάσεων.....   | 7  |
| Εικόνα 1.2: Χωροχρονικό πρίσμα - space-time prisms. ....  | 17 |
| Εικόνα 1.3: Αντιστάσεις (impedance functions): (α) Οικονομικό Δυναμικό (β) Σταθμισμένος μέσος χρόνος ταξιδιού (γ) Δείκτης καθημερινής προσβασιμότητας. .... | 22 |
| Εικόνα 3.1: Παράδειγμα υπολογισμού περιοχών εξυπηρέτησης (Δίκτυο Πεζών). ....   | 44 |
| Εικόνα 3.2: Παράδειγμα υπολογισμού ανεύρεσης των συντομότερων αποστάσεων ελάχιστου κόστους από πολλές προελεύσεις σε πολλούς προορισμούς.....               | 45 |
| Εικόνα 3.3: Τρόπος λειτουργίας της K-Means Cluster Analysis.....  | 48 |
| Εικόνα 4.1: Διάγραμμα διαδικασίας αναλογικής απόδοσης πληθυσμού στους κόμβους του δικτύου .....   | 65 |
| Εικόνα 4.2: Απεικόνιση και παράδειγμα αναλογικής απόδοσης πληθυσμού στους κόμβους του οδικού δικτύου.....   | 67 |

|   |    |
|---|----|
| Εικόνα 4.3: Απόσπασμα αποτελεσμάτων από την υλοποίηση της K-Means Cluster Analysis..... | 87 |
| Εικόνα 4.4: Box plot διαγράμματα - αποτέλεσμα της K-Means Cluster Analysis .....        | 88 |

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΩΝ

|  |    |
|--|----|
| Χάρτης 4.1: Η θέση του Δήμου Αθηναίων στο Ευρύτερο Πολεοδομικό Συγκρότημα .....  | 52 |
| Χάρτης 4.2: Όρια δημοτικών κοινοτήτων Δήμου Αθηναίων .....   | 54 |
| Χάρτη 4.3: Πυκνότητα πληθυσμού στο Δήμο Αθηναίων ανά οικοδομικό τετράγωνο.....   | 61 |
| Χάρτης 4.4: Πυκνότητα στάσεων μέσων μαζικής μεταφοράς στα τόξα του Οδικού Δικτύου....  | 63 |
| Χάρτη 4.5.(α. & β.): Περιοχές εξυπηρέτησης με κόστος διαδρομής τα 400μ περπατήματος και οι θέσεις των στάσεων Λεωφορείου και Τρόλεϊ αντίστοιχα. .... | 69 |
| Χάρτη 4.5.(γ. & δ.): Περιοχές εξυπηρέτησης με κόστος διαδρομής τα 400μ περπατήματος και οι θέσεις των στάσεων Μετρό και Τράμ αντίστοιχα. ....        | 70 |
| Χάρτη 4.6: Πάζλ περιοχών αποκλειστικής εξυπηρέτησης πληθυσμού από 1, 2, 3 ή 4 ΜΜΜ ...  | 75 |
| Χάρτης 4.7: Δείκτης προσβασιμότητας ανεξαρτήτως μεγίστου ορίου προσέλευσης σε στάση .....  | 80 |
| Χάρτης 4.8: Συνδυασμός αποκλειστικότητας με δείκτη προσβασιμότητας ανεξαρτήτως μεγίστου ορίου προσέλευσης σε στάση .....                             | 82 |
| Χάρτης 4.9: Δείκτης συνολικής (άμεσης και έμμεσης) προσβασιμότητας.....  | 84 |
| Χάρτης 4.10: Αποτέλεσμα ταξινομικής ανάλυσης και ομαδοποίησης του πληθυσμού.....   | 89 |

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

|   |    |
|---|----|
| Σχήμα 2.1: Διάγραμμα ροής μεθοδολογικού πλαισίου .....                          | 32 |
| Σχήμα 2.2: Διάγραμμα προσδιορισμού Άμεσης και Έμμεσης Προσβασιμότητας .....     | 37 |
| Διάγραμμα 4.1: Πληθυσμιακή εξέλιξη Δήμου Αθηναίων από το 1951 έως το 2011 ..... | 56 |

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να εκφράσω την εκτίμησή μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Φώτη Γεώργιο, για την καθοδήγηση και τις συμβουλές του καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωμάτης εργασίας, καθώς επίσης για την απλόχερη προσφορά γνώσεων και τον πάντα πρόθυμο εφοδιασμό μου με αποδοτικές επιστημονικές πληροφορίες.

Το μυστικό της επιτυχίας είναι η σκληρή δουλειά και η καλή χρήση της βοήθειας που δίνεται από οποιοδήποτε επαγγελματία και σε αυτή τη φάση θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Τσομπάνογλου Στέλιο για την χωρίς ενδοιασμούς υποστήριξη και αμέριστη βοήθεια την οποία μου έδωσε με τις πολύτιμες και καθοριστικές παρατηρήσεις του ώστε να υλοποιήσω τους στόχους της εργασία αυτής.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω βαθειά ευγνωμοσύνη στην οικογένεια μου για την δύναμη, το θάρρος και την πίστη τους σε εμένα αλλά και για τη στήριξή τους σε όλα τα στάδια των σπουδών μου.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες, είναι συγκεντρωμένο στις αστικές περιοχές. Η προώθηση εναλλακτικών τρόπων μετακίνησης είναι ένα στοίχημα στο σημερινό άκρως ανταγωνιστικό αλλά και έντονα «αυτοκίνητο-κρατούμενο» αστικό περιβάλλον (Taaffe, Gauthier & O'Kelly, 1996). Οι δημόσιες συγκοινωνίες είναι αναπόσπαστο και σημαντικό στοιχείο των τοπικών συστημάτων μεταφορών. Στην σύγχρονη κοινωνία, οι πολίτες πρέπει να έχουν πρόσβαση στις δημόσιες συγκοινωνίες καθώς ο κύριος στόχος των τελευταίων, οφείλει να είναι η όσο το δυνατό καλύτερη εξυπηρέτηση των ανθρώπων, που επιλέγουν να μην χρησιμοποιούν το αυτοκίνητο λόγω περιορισμένων πόρων ή άλλων προσωπικών λόγων (Bullard, 2003).

Τα χαρακτηριστικά του τοπικού πληθυσμού, το δίκτυο μεταφορών καθώς και τα μοτίβα μετακίνησης καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την επιβατική ζήτηση καθώς και το επιχειρησιακό επίπεδο του δικτύου των δημόσιων συγκοινωνιών (O'Neill, 1992). Ο εκσυγχρονισμός και η καλύτερη οργάνωση των αστικών συγκοινωνιών που να αντικατοπτρίζει τις ανάγκες μιας διαρκώς μεταβαλλόμενης κοινωνίας, εκτιμάται ότι μπορεί να βελτιώσει την κινητικότητα για όλες τις οικονομικές τάξεις, την μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και την άμβλυνση των προβλημάτων στάθμευσης. Περαιτέρω μπορεί να συμβάλει δραστικά στον περιορισμό της αέριας ρύπανσης ανά επιβάτη και την εξοικονόμηση ενέργειας σε σύγκριση με το ιδιωτικό αυτοκίνητο (Garrison & Levinson, 2006; Giuliano, 2004). Ως αυτών, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αξιοπρόσεκτο ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας στις δημόσιες μεταφορές και συνεχίζει να προβάλλεται ως ένα σημαντικό κομμάτι του συνολικού σχεδιασμού αστικών μεταφορών (Murray, 2003; Delmelle, Li & Murray, 2012). Επίσης πολλοί φορείς, έχουν αρχίσει να επικεντρώνονται περισσότερο στον προγραμματισμό των παρεχόμενων υπηρεσιών, επιχειρώντας την ανάλυση περιφερειακών και τοπικών δημογραφικών στοιχείων σε σχέση με τις υπηρεσίες των μεταφορών (Sutton, 2005). Αυτή η τάση έχει συγκεντρώσει αυξημένο ερευνητικό ενδιαφέρον στην αξιολόγηση της αποδοτικότητας και ανασχεδιασμό των συστημάτων της δημόσιας συγκοινωνίας (De Borger, Kerstens, & Costa, 2002). Για το λόγο αυτό, από τα μέσα σχεδόν του 20<sup>ου</sup> αιώνα, αναπτύσσονται και βελτιώνονται διάφορες μέθοδοι και τεχνικές σχεδιασμού δικτύων αστικών συγκοινωνιών καθώς λαμβάνονται μέτρα που περιλαμβάνουν προσεγγίσεις ώστε να γίνουν πιο ελκυστικά και να οδηγήσουν σε υψηλότερη ποιότητα

με πιο αποτελεσματικές υπηρεσίες. Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο σε αυτή την διαδικασία διαδραματίζει η προσβασιμότητα σε αυτά, καθώς όσο πιο εύκολη είναι η πρόσβαση του επιβάτη στο αστικό συγκοινωνιακό δίκτυο, τόσο πιο ελκυστικό γίνεται.

Το ζήτημα της βέλτιστης χωροθέτησης στάσεων των μέσων μαζικής μεταφοράς στον αστικό ιστό καθίσταται ιδιαίτερα κρίσιμο και έχει απασχολήσει μεγάλο μέρος της σχετικής επιστημονικής κοινότητας. Οι υπάρχουσες σχετικές ερευνητικές προσεγγίσεις είναι ποικίλες και εστιάζουν σε διάφορες εκφάνσεις των ζητημάτων της προσβασιμότητας. Η χρήση σύγχρονων εργαλείων χωρικής ανάλυσης με την βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και η ολοένα αυξανόμενη διαθεσιμότητα των δημογραφικών και κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών του πληθυσμού έχουν συντελέσει στη σημαντική εξέλιξη που παρουσιάζει ο τομέας της μελέτης της χωροθέτησης των στάσεων σε συνδυασμό με την προσβασιμότητα και την εξυπηρέτηση των πολιτών.

Η απόσταση έχει μια σημαντική επίδραση μείωσης στη χωρική αλληλεπίδραση, καθώς όταν το διάστημα πρόσβασης από ένα άτομο σε ένα σημείο (στάση/σταθμός) διέλευσης μειώνεται, τότε για αυτόν η πιθανότητα της χρησιμοποίησης των δημόσιων μεταφορών αυξάνεται. Εάν οι αποστάσεις ή τα εμπόδια για να έχουν οι άνθρωποι πρόσβαση σε δημόσιες υπηρεσίες μεταφορών είναι πάρα πολύ μεγάλες είτε στην προέλευση είτε από τον προορισμό ταξιδιού, τότε είναι λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιηθούν (Delmelle, 2012). Κατά συνέπεια και ο χρόνος περπατήματος στις εγκαταστάσεις διέλευσης, αναγνωρίζεται ως σημαντικός αλλά και καθοριστικός παράγοντας της χρήσης των μέσων μεταφοράς. Εξάλλου, όσο και αν ο αντίκτυπος της απόστασης περπατήματος στη χρήση διέλευσης μπορεί να διαφέρουν από μελέτη σε μελέτη στις διάφορες έρευνες κυκλοφορίας, δεν υπάρχει καμία διαφωνία στην πεποίθηση ότι η απόσταση περπατήματος είναι ένας αρχικός παράγοντας στην απόφαση να χρησιμοποιηθούν τα μέσα μεταφοράς (Biba, 2010).

Ο συνδυασμός των ήδη υπαρχόντων επιστημονικών κλάδων, η ενίσχυσή τους από την υιοθέτηση νέων μεθόδων και τεχνικών καθώς και η συνεισφορά της χωρικής ανάλυσης με τη δημιουργία ενός ευέλικτου μεθοδολογικού πλαισίου, μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο στις έρευνες των μεταφορών.

## ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να αξιολογήσει τη πρόσβαση προσέλευσης του πληθυσμού σε στάσεις μέσω μαζικής μεταφοράς και να ελέγξει κατά πόσο υπάρχει κάποιο πληθυσμιακό προφίλ στους κατοίκους της περιοχής μελέτης, σύμφωνα με την προσβασιμότητα. Για την επίτευξη του στόχου, γίνεται αξιοποίηση μέσα από ένα ευρύ φάσμα συνδυαστικών μεθόδων και τεχνικών χωρικής ανάλυσης και ιδιαίτερα της ανάλυσης δικτύων, ώστε να καταρτιστεί ένα κατάλληλο μεθοδολογικό πλαίσιο το οποίο να προσδιορίζει, να αναλύει και να αξιολογεί τις σχέσεις που υπάρχουν ανάμεσα στη σύσταση του πληθυσμού με τα επιμέρους δημογραφικά χαρακτηριστικά και τη θέση στην οποία βρίσκονται σε σχέση με την ικανότητα τους για εξυπηρέτηση από μέσα μαζικής μεταφοράς. Η μελέτη και η έρευνα των εν λόγω σχέσεων πληθυσμού και μέσω μαζικής μεταφοράς με την τεχνολογία των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, μπορούν να οδηγήσουν στην ανάδειξη πληθυσμιακών συγκεντρώσεων, καθώς και στην αποκωδικοποίηση του τρόπου χωροθέτησης τους σύμφωνα με τις ανάγκες πρόσβασης σε στάσεις διέλευσης.

## ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Για την υλοποίηση των παραπάνω στόχων της εργασίας αναπτύχθηκαν πέντε κεφάλαια στα οποία επιχειρήθηκε να αποτυπωθούν όλα τα ζητήματα και οι έννοιες που περιγράφονται παραπάνω. Στην συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά τα θέματα που εξετάζονται σε καθένα από αυτά.

Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει το θεωρητικό πλαίσιο στο οποίο επιχειρείται μια σύντομη ανασκόπηση της ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας, όπου συνοψίζονται έννοιες σχετικές με το αντικείμενο της παρούσας εργασίας και γίνεται περιγραφή των μεθόδων και τεχνικών που τις πλαισιώνουν. Οι κύριοι ερευνητικοί άξονες, σχετίζονται με την έννοια της προσβασιμότητας και τα μέτρα ποσοτικοποίησης της, καθώς επίσης και με την έννοια της πρόσβασης προσέλευσης σε μέσα μαζικής μεταφοράς.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναπτύσσεται η προτεινόμενη μεθοδολογία για τον προσδιορισμό, την ανάλυση και αξιολόγηση της προσβασιμότητας πληθυσμού σε μέσα μαζικής μεταφοράς, ενώ το τρίτο κεφάλαιο πλαισιώνει όλες εκείνες τις μεθόδους και τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου. Επιπλέον, γίνεται αναφορά και στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

ως βασικό σύγχρονο εργαλείο χωρικής ανάλυσης και οπτικής απεικόνισης χωρικών φαινομένων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρατίθεται η εφαρμογή του μεθοδολογικού πλαισίου στην αστική περιοχή του Δήμου Αθηναίων. Η επιλογή του δήμου αυτού έγινε λόγω της μεγάλης σημασίας που παρουσιάζει, καθώς αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους και πιο σημαντικούς δήμους της χώρας. Το γεγονός ότι στο εσωτερικό του βρίσκεται ένα μεγάλο μέρος του ολικού πληθυσμού της Ελλάδας, σε συνδυασμό με την υψηλή οικονομική, διοικητική και πολιτισμική ανάπτυξη που έχει βιώσει τις τελευταίες δεκαετίες, αποτέλεσε ουσιώδη αιτία για τη μελέτη της προσβασιμότητας του πληθυσμού στα μέσα μαζικής μεταφοράς. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν και η επεξεργασία που έτυχαν ώστε να υλοποιηθεί ο στόχος της εργασίας. Ακολούθως, παρουσιάζονται οι υπολογισμοί και τα ενδιάμεσα αποτελέσματα των βημάτων της μεθοδολογίας καθώς γίνεται σχολιασμός των τελικών αποτελεσμάτων της εφαρμογής.

Στο τελευταίο κεφάλαιο διατυπώνονται τα βασικότερα συμπεράσματα της προσέγγισης από την επικείμενη εφαρμογή στην περιοχή μελέτης, καθώς επίσης και προτάσεις - περαιτέρω δυνατότητες ανάλυσης για περαιτέρω έρευνα και επέκταση της παρούσας εργασίας.

## 1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ο αυξανόμενος πληθυσμός, τα αυξανόμενα επίπεδα κυκλοφοριακής συμφόρησης, καθώς οι περιβαλλοντικές και ενεργειακές ανησυχίες σε πολλές αστικές και προαστιακές περιοχές, έχουν στρέψει την προσοχή προς τα δημόσια συστήματα μεταφορών. Πολλές οργανώσεις σε εθνικό επίπεδο βρίσκονται αντιμέτωπες με την πρόκληση της προσέλκυσης των ανθρώπων πίσω στις δημόσιες συγκοινωνίες.

Ποικίλες στρατηγικές έχουν αναπτυχθεί και μελετηθεί, συμπεριλαμβανομένης της βελτίωσης των συγκοινωνιών και εφαρμογή της πολιτικής προτεραιότητας σημάτων διέλευσης που ενθαρρύνει την ανάπτυξη χρήσης γης φιλική προς τις συγκοινωνίες. Στην πολιτική μεταφορών, οι ιδιότητες που δίνουν την αξία στα συστήματα μεταφορών έχουν αλλάξει σταδιακά. Ενώ στο παρελθόν, η ταχύτητα και οι μειωμένοι χρόνοι ταξιδιού ήταν τα σημαντικότερα στοιχεία ενός καλού συστήματος μεταφορών, αυτήν την περίοδο άλλα χαρακτηριστικά όπως η προσβασιμότητα, η αξιοπιστία συστημάτων, η χαμηλή περιβαλλοντική επίδραση και η συμβολή στη ισότητα των τάξεων είναι τώρα πιο σχετικές από ποτέ. Συγκεκριμένα, η προσβασιμότητα έχει αναγνωριστεί ως ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στη χρήση των δημόσιων μεταφορών.

Σε αυτό το πλαίσιο αναλύονται έννοιες της θεωρητικής προσέγγισης του θέματος της παρούσας εργασίας, μέσα από την παράθεση των απόψεων που παρουσιάζονται σε σχετικά κείμενα. Οι βασικές θεωρητικές έννοιες του ζητήματος, συνίστανται αρχικά από τις παραμέτρους που ορίζουν τα διάφορα συστήματα μεταφοράς και τους διαφορετικούς τύπους υπολογισμού της απόστασης, γεγονός που επηρεάζει σημαντικά το φαινόμενο προσβασιμότητα καθώς προσδίδει διαφορετική ερμηνεία σε μελέτες και αποτελέσματα. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην έννοια της προσβασιμότητας και παρουσιάζονται εκτενέστερα ορισμένες μέθοδοι προσέγγισης της, όπως αυτές προσαρμόστηκαν στο πέρασμα των χρόνων, ανάλογα με το αντικείμενο και τις ανάγκες του προσδιορισμού της. Επίσης, παρατίθενται οι διαφορετικές μετρήσεις και δείκτες όπως έχουν αναπτυχθεί μέσα από διάφορες μελέτες και έχει αναδείξει η βιβλιογραφία. Ακόμη, γίνεται στοχευμένη αναφορά στην προσβασιμότητα προσέλευσης σε μέσα μεταφοράς, προσδιορίζοντας την απόσταση περπατήματος σε στάσεις καθώς παρατίθενται οι μέθοδοι και τεχνικές μέτρησης της προσβασιμότητας

προσέλευσης. Τέλος γίνεται ενδεικτική αναφορά παραδειγμάτων, εφαρμογές της βιβλιογραφίας που ασχολούνται με το θέμα της προσβασιμότητας.

### 1.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Ο όρος «μέσα μαζικής μεταφοράς» αναφέρεται σε όλα εκείνα τα μέσα που καθημερινά είναι στην υπηρεσία του πολίτη, προκειμένου να μετακινηθεί και να εξυπηρετηθεί. Διαχωρίζονται σε δύο γενικές κατηγορίες, **τα μέσα σταθερής τροχιάς** και εκείνα που **δεν έχουν σταθερή τροχιά**. Συγκεκριμένα, η πρώτη κατηγορία συγκροτείται από αστικές και προαστιακές γραμμές και λειτουργεί συμπληρωματικά ως εργαλείο οργάνωσης του χώρου για την υποστήριξη και τόνωση συγκεκριμένων οικιστικών πυκνοτήτων, γύρω από επιλεγμένους σταθμούς του συστήματος. Πιο αναλυτικά, στα μέσα σταθερής τροχιάς, τα οποία διαθέτουν υψηλά λειτουργικά χαρακτηριστικά και έχουν κυρίως ακτινικό χαρακτήρα, ανήκουν

- Ο τροχιόδρομος ή ελαφρύ μετρό (Τραμ). Αναπτύσσεται ως ελαφρύ σύστημα ενδοαστικής εξυπηρέτησης, μεσαίας χωρητικότητας και μεσαίας εμπορικής ταχύτητας, είτε σε άξονες κορμού επιφανειακών κατά βάση δημόσιων συγκοινωνιών (διαχωρισμός διαδρόμου κίνησης 60 – 80%) με μεσαία ζήτηση, είτε κατά μήκος διαδρόμων όπου επιδιώκεται, παράλληλα με τη συγκοινωνιακή αναβάθμιση, η πολεοδομική ανάπλαση και η αποθάρρυνση κυκλοφορίας των ΙΧ. Σε ειδικές περιπτώσεις αναπτύσσεται τμηματικά και υπογείως ή σε υπερυψωμένη τροχιά.
- Ο μητροπολιτικός σιδηρόδρομος (Μετρό). Αναπτύσσεται ως βαρύ σύστημα ενδοαστικής εξυπηρέτησης, μεγάλης χωρητικότητας και υψηλής εμπορικής ταχύτητας, ως κατά βάση υπόγειο, στους συγκοινωνιακούς διαδρόμους οι οποίοι φέρουν τη μεγαλύτερη ζήτηση.
- Ο Προαστιακός Σιδηρόδρομος. Αναπτύσσεται ως βαρύ σύστημα αστικής, προαστιακής και περιφερειακής εξυπηρέτησης, μεγάλης χωρητικότητας και υψηλής εμπορικής ταχύτητας.

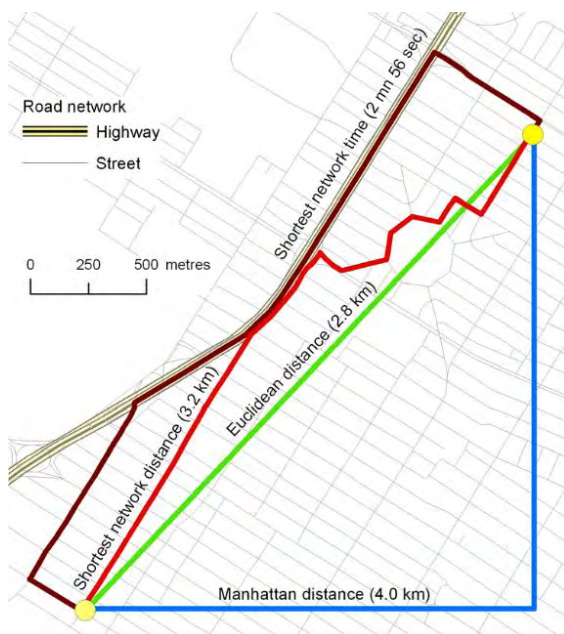
Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν μεταφορικά μέσα τα οποία έχουν συμπληρωματικό και τροφοδοτικό χαρακτήρα ως προς τα μέσα σταθερής τροχιάς και αποτελείται από γραμμές Τρόλεϊ και Λεωφορείων, με ιεράρχηση μεγέθους οχημάτων και τρόπου ένταξης στην κυκλοφορία, σε λεωφορειολωρίδες ή όχι, αναλόγως του χαρακτήρα των εξυπηρετούμενων συνδέσεων.

Κάθε συγκοινωνιακό μέσο έχει τα δικά του χαρακτηριστικά, τα οποία το καθιστούν καταλληλότερο για την εξυπηρέτηση κάποιων συγκεκριμένων αναγκών. Ο στόχος κάθε πόλης είναι η ομαλή και βάσει σχεδίου ιεράρχησης, λειτουργίας των μέσων μαζικής μεταφοράς (Ferreira, J.C. & Afonso, J.L., 2011).

## 1.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ

Η προσβασιμότητα περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα ερμηνειών για κάθε ερευνητή γεγονός που αποδεικνύεται από την ύπαρξη μελετών που προσεγγίζουν την έννοια της προσβασιμότητας από διάφορες οπτικές γωνίες, καταλήγοντας σε αποτελέσματα που διαφέρουν τόσο ως προς την ουσία όσο και ως προς την χωρική τους κλίμακα. Ξεκινώντας ακόμη και από την ίδια την έννοια της απόστασης που ενέχεται στη δόμηση του μέτρου της προσβασιμότητας, είναι δυνατόν να υπάρχουν διαφοροποιήσεις με καθοριστικό αντίκτυπο στην όλη διαδικασία μελέτης.

Οι αποστάσεις στην έρευνα μεταφορών μπορούν να μετρηθούν χρησιμοποιώντας τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών με τέσσερις τρόπους: την **ευκλείδεια απόσταση** (*Euclidean distance*), την **παραλληλογραμική απόσταση** (*Manhattan block distance*), τη **συντομότερη απόσταση δικτύου** (*Shortest network distance*) και το **συντομότερο χρόνο δικτύων** (*Shortest network time*) (Apparicio, 2008). Στην εικόνα 1.1. απεικονίζονται σ' ένα παράδειγμα οι τέσσερις τρόποι υπολογισμού της απόστασης ανάμεσα σε δυο σημεία στο χώρο.



Εικόνα 1.1: Οι διάφοροι τρόποι μέτρησης αποστάσεων. Πηγή: Apparicio, 2008

Οι ευκλείδειες και παραλληλόγραμμες αποστάσεις μπορούν εύκολα να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας τις γεωγραφικές συντεταγμένες. Η ευκλείδεια απόσταση αποτελεί το ελάχιστο μήκος ευθύγραμμου τμήματος μεταξύ δύο σημείων της προέλευσης και του προορισμού. Πριν από την ευρεία χρήση των ΓΣΠ, οι ερευνητές χρησιμοποιούσαν μαθηματικούς τύπους για να υπολογίσουν την απόσταση, καθώς η ακρίβεια ήταν περιορισμένη ανάλογα με τις διαθέσιμες πληροφορίες και την ανοχή της υπολογιστικής πολυπλοκότητας. Εάν μια περιοχή μελέτης είναι μικρή από την άποψη του γεωγραφικού εδάφους της (π.χ. μια πόλη ή ένας νομός), η ευκλείδεια απόσταση μεταξύ δύο σημείων  $(X_1, Y_1)$  και  $(X_2, Y_2)$  στις καρτεσιανές συντεταγμένες ορίζεται ως (Wang, 2006):

$$d_{12} = [(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2]^{1/2} \quad (\text{Εξίσωση 1.1})$$

Στην έρευνα της η Truelove, ασχολήθηκε με την αποτίμηση της προσβασιμότητας στην πόλη Τορόντο του Καναδά. Στις μελέτες αυτές χρησιμοποιείται η ευκλείδεια απόσταση για τον υπολογισμό της προσβασιμότητας σε υπηρεσίες ενδιαφέροντος, τόσο για το γενικό πληθυσμό αλλά και για ειδικές πληθυσμιακές ομάδες. Από τα αποτελέσματα γίνεται εμφανής η χωρική ανισότητα που επικρατούσε την χρονική περίοδο των μελετών στο Τορόντο (Truelove 1993 και 2000). Με το θέμα της χωρικής ανισότητας, χρησιμοποιώντας την ευκλείδεια απόσταση, ασχολούνται και οι Chang & Liao (2011). Τα αποτελέσματα τους δείχνουν μια άνιση περιφερειακή χωροταξική ανάπτυξη στην πόλη Tainan στην Ταϊwan, όσον αφορά τα δημόσια πάρκα.

Η παραλληλόγραμμη απόσταση ή απόσταση Manhattan δεν χρησιμοποιείται συνήθως στην έρευνα των μεταφορών, δεδομένου ότι είναι γενικά σημαντική μόνο σε ένα σύστημα πλέγματος, το οποίο κρατά αυστηρά αστικό πλαίσιο. Όπως το όνομα ορίζει, η απόσταση Manhattan περιγράφει μια μάλλον περιοριστική μετακίνηση σε ορθογώνια οικοδομικά τετράγωνα, όπως στο δήμο του Manhattan. Είναι το μήκος της αλλαγής στην κατεύθυνση X συναθροιζόμενο με την αλλαγή στην κατεύθυνση Y. Παραδείγματος χάριν, η απόσταση μεταξύ δύο κόμβων  $(X_1, Y_1)$  και  $(X_2, Y_2)$  στις καρτεσιανές συντεταγμένες υπολογίζεται ως (Wang, 2006):

$$d_{12} = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2| \quad (\text{Εξίσωση 1.2})$$

Η απόσταση Manhattan μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προσέγγιση για την δικτυακή απόσταση εάν το δίκτυο οδών είναι σε ένα σχέδιο πλέγματος. Στα πλαίσια



αυτά και δεδομένου ότι η πόλη του Βόλου αποτελείται από ένα τέτοιο σχέδιο πλέγματος, η Athanasiou (2004), χρησιμοποιώντας Manhattan αποστάσεις για τον υπολογισμό της προσβασιμότητας, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι περίπου τα 3/5 της γης των οικοδομικών τετραγώνων έχουν νομισματική αξία υψηλότερη από την γεωγραφική τους αξία, από πλευράς προσβασιμότητας.

Οι δικτυακές αποστάσεις, προσεγγίζουν πιο ρεαλιστικά την πραγματικά διανυόμενη απόσταση (Miller, 2001). Ο υπολογισμός τους είναι πιο σύνθετος σε σχέση με την ευκλείδεια και παραλληλόγραμμη απόσταση, καθώς αντιπροσωπεύουν τις κοντινότερες και γρηγορότερες πορείες μεταξύ δύο σημείων χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο οδών. Στην πραγματικότητα, ο υπολογισμός αυτών των δύο αποστάσεων, της συντομότερης απόστασης δικτύων και της συντομότερης χρονικής απόστασης δικτύων, απαιτεί τα γεωμετρικά αρχεία δικτύων με τις κατευθύνσεις, τα όρια ταχύτητας, τους περιορισμούς περιστροφών, και των καθυστερήσεων, διαθέσιμα για κάθε τμήμα οδικού δικτύου που ενσωματώνεται στα ΓΣΠ ή στην ενότητα του λογισμικού που εξειδικεύετε στην ανάλυση μεταφορών (για παράδειγμα, επέκταση *ESRI Network Analyst*) (Apparicio, 2008).

Οι συντομότερες αποστάσεις (shortest network distance) και ο συντομότερος χρόνος (shortest network time) δικτύων αντιπροσωπεύουν δύο διαφορετικούς στόχους. Οι συντομότερες αποστάσεις δικτύων είναι χρήσιμες για την αξιολόγηση της πορείας μεταξύ δύο σημείων εφόσον διανυθεί αυτή η απόσταση με τα πόδια. Συνεπώς, ο υπολογισμός των αποστάσεων αυτών χρησιμοποιούνται συχνά στις μελέτες για τη προσβασιμότητα από τις "κεντρικές" υπηρεσίες και τις εγκαταστάσεις (Apparicio, 2006; Witten, 2003). Η συντομότερη χρονική απόσταση είναι ακριβέστερη για την αξιολόγηση των αποστάσεων με το αυτοκίνητο ή τη δημόσια μεταφορά.

Οι Delmelle και Casas (2012) χρησιμοποίησαν την δικτυακή απόσταση για να εξετάσουν την προσβασιμότητα στο σύστημα λεωφορείων ταχείας μεταφοράς στο σύνολο του πληθυσμού αλλά και ανάλογα με την κοινωνικοοικονομική τάξη των κατοίκων στην πόλη του Cali της Κολομβίας. Η έρευνα καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η προσβασιμότητα είναι μέγιστη στην μεσαία κοινωνικοοικονομική τάξη και χαμηλή στην υψηλή και χαμηλή κοινωνικοοικονομική τάξη.

Τέλος, η μελέτη του Apparicio (2008), απέδειξε πως οι Καρτεσιανές τύπου αποστάσεις (Ευκλείδεια, Manhattan), συγκρινόμενες με τις δικτυακές αποστάσεις συντομότερης διαδρομής και χρονοαπόστασης παρουσιάζουν μεγαλύτερη σύγκλιση στις αστικές περιοχές των μεγάλων πόλεων και μικρότερη στα προάστια.

### 1.3. ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ

Η προσβασιμότητα (*accessibility*) είναι μια από τις βασικές έννοιες στον προγραμματισμό των μεταφορών, στον αστικό προγραμματισμό και στην γεωγραφία. Παρόλο που η προσβασιμότητα ορίζεται συχνά ως η ευκολία του ταξιδιού μεταξύ δύο θέσεων, εντούτοις δεν φαίνεται να υπάρχει κανένας τυποποιημένος καθορισμός της. Αυτή η σύνθετη έννοια εκάνε την εμφάνιση της στα επιστημονικά φόρουμ την δεκαετία του '50, υπό τον Hansen, ο οποίος μετέπειτα καθόρισε την προσβασιμότητα ως την δυνατότητα των ευκαιριών για αλληλεπίδραση. Από τότε, διάφοροι ορισμοί έχουν προκύψει που συσχετίζουν την προσβασιμότητα με την εγγύτητα ή τη δυνατότητα για χωρική αλληλεπίδραση σε σχέση με τις οικονομικές και κοινωνικές ευκαιρίες (Gutierrez, 2009). Άλλα παραδείγματα ερμηνειών της προσβασιμότητας, που χρησιμοποιούνται εντός της επιστημονικής κοινότητας, περιλαμβάνουν την ευκολία πρόσβασης σε οποιοδήποτε τομέα δραστηριότητας ο οποίος χρησιμοποιεί ένα συγκεκριμένο σύστημα μεταφορών (Dalvi και Martin, 1976), ή τα γενικά οφέλη που παρέχονται από ένα δεδομένο σύστημα μεταφορών (Ben-Akiva και Lerman, 1979).

Όπως αναφέρεται στο άρθρο των Bocarejo και Oviedo (2012), ο όρος προσβασιμότητα εκφράζει τη δυνατότητα με την οποία οι δραστηριότητες μπορούν να επιτευχθούν από μια δεδομένη θέση με τη χρησιμοποίηση ενός συγκεκριμένου συστήματος μεταφορών ή διαφορετικά, τις παρεχόμενες ευκαιρίες σε άτομα και επιχειρήσεις για να φθάσουν σε εκείνες τις θέσεις στις οποίες πραγματοποιούνται δραστηριότητές. Συνήθως, οι ευκαιρίες μετριούνται από την άποψη των θέσεων απασχόλησης και της αντίστασης στις μονάδες της απόστασης ή του χρόνου (Niemeier, 1997).

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).

Η προσβασιμότητα μπορεί να θεωρηθεί ένα από τα κύρια αποτελέσματα της χωρικής ανάπτυξης. Η έννοια της διαδραματίζει από καιρό κεντρικό ρόλο στις έρευνες μεταφοράς (Martellato και Nijkamp, 1998) και η ανάλυση της προσβασιμότητας συνεχίζει να είναι κεντρική σε έναν πλήθος αστικών και περιφερειακών ερευνητικών προσπαθειών. Οποιοδήποτε και αν είναι το αντικείμενο μελέτης (π.χ. κοινωνικός αποκλεισμός, ανάλυση των δημόσιων υπηρεσιών, εγκαταστάσεις υγειονομικής

περίθαλψης) είναι λογικό να αναμένεται ότι η προσβασιμότητα θα παραμείνει ένα σχετικό συστατικό τέτοιων μελετών, όσο συνεχίζει να υπάρχει η τριβή της απόστασης (Bocarejo και Oviedo, 2012).

Παραδείγματα ή και εναλλακτικές ερμηνείες του όρου της προσβασιμότητας απαντώνται στην πρόσφατη βιβλιογραφία όπως παρουσιάζεται στη εργασία του Ράεζ (2012):

- Η προσβασιμότητα ορίζεται ως ο μέσος αριθμός υπεραγορών σε ακτίνα 1000 μέτρων του απογραφικού τομέα ανάλογα με τον πληθυσμό (βάσει θέσης από την προοπτική προέλευσης ταξιδιού; Arraigacio, 2008)
- Αριθμός παντοπωλείων που είναι μέσα στη χαρακτηριστική απόσταση ταξιδιού ενός ατόμου συγκεκριμένου προφίλ, που κεντροθετείται στην κατοικία του (βάσει ατόμων από την προοπτική προέλευσης ταξιδιού; Ράεζ, 2010)
- Αριθμός ανθρώπων εντός ακτίνας 500 μέτρων από ένα καταστήματα τροφίμων, διαιρετό με το συνολικό πληθυσμό (βάσει θέσης από την προοπτική του προορισμού; Social Exclusion Unit, 2003).
- Αριθμός ληπτών ευημερίας σε 0,25 μίλια από μια γραμμή διέλευσης, διαιρετό με των συνολικό αριθμό παραληπτών (βάσει θέσης από την προοπτική του προορισμού; Blumenberg και Shiki, 2003).

### *1.3.1. ΓΙΑΤΙ ΕΙΝΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ Η ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ*

Η προσβασιμότητα σχετίζεται άμεσα με τις υποδομές μεταφορών και την περιφερειακή ανάπτυξη. Η βελτίωση των υποδομών παράγει μια αύξηση στη προσβασιμότητα με θετικές επιπτώσεις στην ανταγωνιστικότητα του οικονομικού συστήματος καθώς ευνοεί την εμφάνιση των οφελών ειδίκευσης και των οικονομικών δραστηριοτήτων. Στην πραγματικότητα, οι περιοχές με τα υψηλά επίπεδα προσβασιμότητας στις θέσεις των υλικών εισαγωγής και των αγορών τείνουν να είναι παραγωγικότερες και πιο ανταγωνιστικές από τις περιφερειακές και πιο απομακρυσμένες περιοχές. Από την άλλη, η επίδραση των υποδομών μεταφορών στην περιφερειακή ανάπτυξη είναι μικρή όταν υπάρχουν ήδη υψηλοί βαθμοί προσβασιμότητας στην περιοχή (ιδιαίτερα αναπτυγμένα και αποδοτικά δίκτυα μεταφορών), αλλά μεγαλύτερη όταν υπάρχουν προβλήματα προσβασιμότητας στην περιοχή (υπανάπτυκτα δίκτυα μεταφορών, δυσχέρειες, κλπ.).

Η προσβασιμότητα δεν είναι σημαντική μόνο από οικονομική άποψη. Έχει επίσης μεγάλη σημασία από την προοπτική της κοινωνικής ευημερίας. Η προσβασιμότητα στην εργασία, την υγεία, την εκπαίδευση, και τις υπηρεσίες είναι ένα από τα βασικά συστατικά της αξιολόγησης του επιπέδου ευημερίας του πληθυσμού. Οι απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές έχουν τα πιο σοβαρά προβλήματα στην πρόσβαση σε υπηρεσίες, γεγονός που αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην μετανάστευση και αποπληθωρισμό τέτοιων περιοχών. Επιπρόσθετα, υπάρχει μια ευρεία προσφορά της απασχόλησης και των υπηρεσιών στις μεγάλες πόλεις (τόσο σε ποσότητα όσο σε ποιότητα), η οποία θεωρείται ως παράγοντας έλξης για τον πληθυσμό.

Η προσβασιμότητα θεωρείται συνήθως ως θετικός παράγοντας, αλλά μπορεί επίσης να έχει τις αρνητικές επιπτώσεις. Τα μεγάλης αξίας φυσικά τοπία μπορούν να τεθούν σε κίνδυνο εάν π.χ. μια νέα εθνική οδός δημιουργείται στην περιοχή για να διευκολύνει την πρόσβαση του πληθυσμού. Η διατήρηση του απρόσιτου ορισμένων τέτοιων περιοχών είναι ένα μέτρο της προστασίας τους (Gutierrez, 2009).

### *1.3.2. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ*

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, πολλοί ερευνητές έχουν εστιάσει στη μελέτη και την ανάπτυξη συστημάτων μέτρησης της προσβασιμότητας (Bocarejo και Oniedo, 2012). Μερικές από τις πιο αντιπροσωπευτικές εργασίες κυμαίνονται από μετρήσεις βασισμένες στην δραστηριότητα (Dong, 2006) ή υπηρεσίες (Handy και Clifton, 2001), έως το εξειδικευμένο λογισμικό για τον υπολογισμό των επιπέδων προσβασιμότητας (Bhat, 2000).

Η χωρική διανομή της προσβασιμότητας μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια των δεικτών προσβασιμότητας κάνοντας χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται συνήθως σε μορφή χαρτών ή ακόμα σαν πίνακες και γραφήματα.

Υπάρχει μια ευρεία ποικιλία μετρήσεων προσβασιμότητας, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολύ διαφορετικούς λόγους. Οι πλείστες όμως εξ αυτών συνδυάζουν δύο βασικά στοιχεία σε ένα ενιαίο μέτρο: το κόστος της μεταφοράς στα κέντρα της δραστηριότητας και την ικανότητα έλξης αυτών των κέντρων (Gutierrez, 2009) ή με άλλα λόγια σε έναν συνδυασμό ευκαιριών και αντιστάσεων (Bocarejo και Oniedo, 2012):

- Το **κόστος της μεταφοράς** είναι ένα μέτρο της τριβής του χώρου. Αυτό μπορεί να εκφραστεί στις μονάδες της απόστασης, του χρόνου, των χρημάτων ή σαν γενικευμένο κόστος μεταφοράς, λαμβάνοντας υπόψη τους πιθανούς περιορισμούς του δικτύου (μονόδρομες κατευθύνσεις, απαγορευμένες στροφές, κ.λπ.).
- Η **ικανότητα έλξης των προορισμών** εκφράζει την προσφορά των δραστηριοτήτων (ποσοτική και ποιοτική). Αλλά οι δραστηριότητες μπορούν να αντιμετωπιστούν με έναν πιο λεπτομερή τρόπο, ιδιαίτερα στις μελέτες για τις μικρές αστικές ή αγροτικές περιοχές: παραδείγματος χάριν, η προσβασιμότητα στην υγεία ή τις εκπαιδευτικές υπηρεσίες μπορεί να μετρηθεί. Αυτό έχει επιπτώσεις όχι μόνο στις δραστηριότητες που εξετάζονται στους προορισμούς, αλλά και τις πληθυσμιακές ομάδες ή επιχειρήσεις που λαμβάνονται υπόψη στην προέλευση. Κατά συνέπεια, οι τουρίστες παραδείγματος χάριν ενδιαφέρονται για τα τουριστικά αξιοθέατα, οι καταναλωτές για τα εμπορικά κέντρα, οι εταιρίες προσανατολισμένες στους καταναλωτές εξετάζουν τη προσβασιμότητα στον πληθυσμό, ενώ οι επιχειρήσεις που στοχεύουν σε άλλες εταιρίες εξετάζουν την προσβασιμότητα σε άλλες επιχειρήσεις (Bocarejo και Oviedo, 2012).

Η ερμηνεία της προσβασιμότητας δεν έχει προσεγγιστεί μόνο από θεωρητικές τοποθετήσεις και διευκρινήσεις, αλλά και από την αναζήτηση και τον προσδιορισμό μαθηματικών μοντέλων και ποσοτικών μεθόδων. Αυτό αναλύεται μέσα από διάφορες **προσεγγίσεις και μέτρα/ δείκτες προσβασιμότητας** που έχουν αναπτυχθεί από διάφορους ερευνητές στο πέρας του χρόνου.

### 1.3.3. ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Διάφορες προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση της προσβασιμότητας ενσωματώνουν κοινωνικές και οικονομικές πτυχές καθώς διάφοροι συγγραφείς (Gutiérrez, 2009; Martellato, 1998) προτείνουν τη χρησιμοποίηση προσεγγίσεων που έχουν ήδη αποτυπωθεί, ως εργαλείο για την επανεξέταση υφιστάμενων ορισμών της προσβασιμότητας. Ακολούθως περιγράφονται μερικές από αυτές τις προσεγγίσεις

- **Προσέγγιση βάσει υποδομών (infrastructural approach)**. Σε αυτήν την περίπτωση, η προσβασιμότητα στοχεύει αποκλειστικά στη μέτρηση της

απόδοσης του συστήματος μεταφορών σε μια καθορισμένη περιοχή, με μετρήσεις όπως η πυκνότητα ή η μέση ταχύτητα δικτύων και ο χρόνος ταξιδιού.

- **Προσέγγιση από πλευράς θέσης** (*locational/geographical approach*), όπου η προσβασιμότητα αναφέρεται στο βαθμό διαχωρισμού μεταξύ των θέσεων. Αυτή είναι η προσέγγιση που ακολούθησε και ο Morris (1979), ο οποίος ορίζει την προσβασιμότητα ως "μέτρο του χωρικού διαχωρισμού των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, που υποδηλώνει την ευκολία με την οποία οι δραστηριότητες μπορεί να προσεγγιστούν, χρησιμοποιώντας ένα συγκεκριμένο σύστημα μεταφορών".
- Στην προσέγγιση βάσει του **δυναμικού των ευκαιριών/δραστηριοτήτων** (*potential of opportunities or the gravity approach*), η προσβασιμότητα συσχετίζεται με τον όγκο της οικονομικής δραστηριότητας που μπορεί να επιτευχθεί από οποιαδήποτε δεδομένη θέση. Αυτή αποτελεί συνέχεια της προσέγγισης του Hansen (1959) για την προσβασιμότητα, που ορίζεται ως "το δυναμικό των ευκαιριών για αλληλεπίδραση" ή "η δυνατότητα για χρήση των ευκαιριών που παρέχουν οι οικονομικοί, κοινωνικοί, πολιτιστικοί και πολιτικοί οργανισμοί" (Domanski, 1979).
- Η **προσέγγιση βάσει χρήσης** (*utility approach*) βασίζεται στην μικροοικονομική θεωρία και συνδέεται με τις απολαβές των ατόμων από τη χρησιμοποίηση του συστήματος μεταφορών (Koenig, 1980; Ben-Akiva και Lerman, 1979). Αυτή η προσέγγιση ακολουθεί μια διαφορετική προοπτική, καθώς η προσβασιμότητα δεν καθορίζεται σαν χαρακτηριστικό μιας θέσης, αλλά των ατόμων σε μια συγκεκριμένη θέση.
- Η **προσέγγιση από πλευράς του άτομου** (*Person approach*) είναι πιο αναλυτική και μαζί με τα επιμέρους συστατικά του χώρου και των μεταφορών περιλαμβάνει τα εξατομικευμένα χωροχρονικά πρίσματα (*spatial-temporal prism*). Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση είναι περιορισμένη λόγω της μη διαθεσιμότητας των δεδομένων. Τα υψηλά επίπεδα προσβασιμότητας στις διάφορες δραστηριότητες σε μια πόλη μπορούν να καταχωρηθούν. Αντίθετα, το ποσό του διαθέσιμου χρόνου που μπορούν οι άνθρωποι να ξοδέψουν σε μια ημέρα για να φθάσουν σε αυτές τις δραστηριότητες δεν είναι εφικτό να καταχωρηθεί.

Η προσέγγιση που χρησιμοποιείται για να καθορίσει την έννοια της προσβασιμότητας έχει υποκινήσει μια αναζωπύρωση των διαφορετικών μεθόδων για τη μέτρηση της, που αποτελούν τους δείκτες/μετρήσεις προσβασιμότητας.

#### 1.3.4. ΔΕΙΚΤΕΣ/ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα υφιστάμενων διατυπώσεων που επιχειρούν να μετρήσουν την έννοια της προσβασιμότητας. Για το σκοπό αυτό, η προσέγγιση που ακολουθείται από τον Schürmann (1997) έχει επιλεγεί για να παρουσιαστεί παρακάτω λόγω του εύρους των μεθόδων που συμπεριλαμβάνει. Στη μελέτη του οι δείκτες προσβασιμότητας κατατάσσονται ανάλογα με την πολυπλοκότητά τους σε δύο μεγάλες ομάδες.

Οι **απλούστεροι δείκτες** προσβασιμότητας είναι οι δείκτες "**βάσει υποδομών**" (*infrastructure-based*) (Geurs και Ritsema van Eck, 2001) και εξετάζουν μόνο τα χαρακτηριστικά του δικτύου μεταφορών της υπό εξέταση περιοχής. Το κύριο μειονέκτημα των δεικτών αυτών είναι ότι αποτυγχάνουν να αναγνωρίσουν ότι πολλοί προορισμοί ενδιαφέροντος μπορεί να βρίσκονται μακριά από την υπό εξέταση περιοχή (Spiekerman και Wegener, 2000; Geurs και Ritsema van Eck, 2001).

Υπάρχουν και άλλα είδη δεικτών προσβασιμότητας που μελετούν τα χαρακτηριστικά του δικτύου μεταφορών στο σύνολό του, αλλά αυτά εξετάζουν μόνο τις τοπολογικές ιδιότητες του δικτύου, όπως η συνδεσιμότητα του. Αυτοί οι δείκτες ονομάζονται τοπολογικοί (Mackiewicz και Ratajczak, 1996).

Η βιβλιογραφία για τις μεταφορές υποστηρίζει ολοένα και περισσότερο την ανάγκη για αλλαγή της κατεύθυνσης από τις πιο παραδοσιακές μετρήσεις (βάσει υποδομών) προς πιο **πολύπλοκους δείκτες** προσβασιμότητας, γνωστούς και σαν δείκτες "**βάσει δραστηριοτήτων**" (*activity-based*) (Geurs και Ritsema van Eck, 2001). Το κοινό χαρακτηριστικό αυτών των πιο σύνθετων δεικτών είναι ότι λαμβάνουν υπόψη όχι μόνο τα χαρακτηριστικά του δικτύου μεταφορών αλλά και εκείνα της χρήσης γης που συνδέονται μαζί του. Παρά την πολυπλοκότητά τους, η προστιθέμενη αξία είναι ότι παρέχουν συμπληρωματικές πληροφορίες για πιο εκτεταμένες αναλύσεις, δεδομένου ότι επιτρέπουν τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας τόσο των σχεδίων χρήσεων γης και δίκτυο μεταφορών αλλά και τις αλληλεπιδράσεις τους.

Ο Schürmann (1997) ταξινομεί περαιτέρω τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους τύπους των δεικτών βάσει δραστηριότητας. Η ταξινόμησή τους περιλαμβάνει μια

μεγάλη ποικιλία από πιθανούς δείκτες σε τρεις γενικές κατηγορίες, όπως δείχνει η εξίσωση

$$A_i = \sum_j g(W_{ij}) \cdot f(c_{ij}) \quad (\text{Εξίσωση 1.3})$$

Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, η προσβασιμότητα (**A**) μιας δεδομένης θέσης **i** είναι ένα συνολικό μέτρο δύο λειτουργιών, της δραστηριότητας **g**, η οποία εκπροσωπεί τις δραστηριότητες ή ευκαιρίες (**W**) που είναι προσβάσιμες σε μια δεδομένη θέση **j**, καθώς και την αντίσταση του ταξιδιού **f**, που εκπροσωπεί την προσπάθεια σε "χρόνο, απόσταση ή κόστος" (**c**) που είναι απαραίτητα για την πρόσβασή τους. Αυτή είναι μια γενική μορφή ενός **μοντέλου βαρύτητας** (*gravity model*), όπου τα σημεία ελκυστικότητας είναι οι δραστηριότητες ή οι ευκαιρίες στις περιοχές **j** και ο όρος απόστασης είναι η χωρική αντίσταση **c<sub>ij</sub>**.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα προσέγγιση για την προσβασιμότητα δίνεται από τις μετρήσεις "**βάσει χρήσης**" (*utility-based measures*), οι οποίες αναλογίζονται το "οικονομικό" υπόβαθρο των πιθανών προορισμών. Οι πιο πολύπλοκες και με επιτακτικά δεδομένα μετρήσεις βάσει χρήσης, συνδυάζουν την προσβασιμότητα στην έννοια του πλεονάσματος του καταναλωτή στη μικροοικονομική θεωρία (Koenig, 1980; Ben-Akiva και Lerman, 1979). Η γενική μορφή των μετρήσεων είναι η ακόλουθη:

$$A_n^i = \ln \left[ \sum_{c \in C_n} \exp(V_{n(c)}) \right] \quad (\text{Εξίσωση 1.4})$$

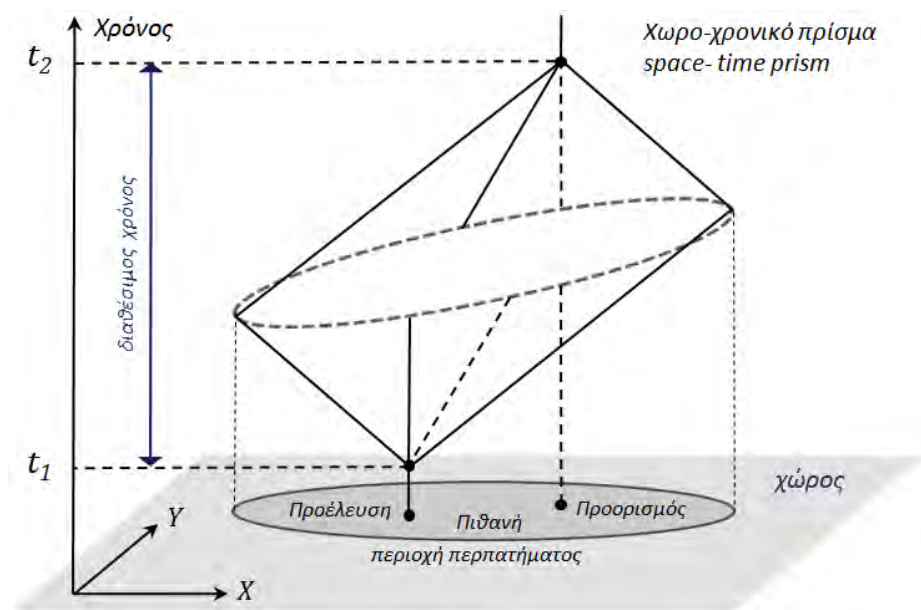
όπου

$A_n^i$  είναι η προσβασιμότητα που μετριέται για ατομικές **n** μετρήσεις στη θέση **i**,  $V_{n(c)}$  ο καταγεγραμμένος χρονικός και χωρικός συντελεστής από την έμμεση χρησιμότητα της επιλογής **c** για άτομο **n** και  $C_n$  επιλεγμένο σύνολο προσώπου **n**

Αυτή η προσέγγιση προϋποθέτει ότι η προσβασιμότητα πρέπει να μετράται σε ατομικό επίπεδο και να υπολογίζεται η συμπεριφορά του ταξιδιού και των (καθαρών) οφελών για τους χρήστες του συστήματος μεταφορών. Παρά την μεθοδολογική τους σημασία, οι μετρήσεις αυτές χρησιμοποιούνται σπάνια σε εμπειρικές εφαρμογές (Martellato, 1998; Geurs και Ritsema van Eck, 2001).



Τέλος, μια άλλη προσέγγιση είναι η χρήση των **χωροχρονικών πρισμάτων** (*space-time prisms*). Αυτές οι μετρήσεις προέρχονται από την γεωγραφία του χωροχρόνου και λαμβάνουν υπόψη τη διαθεσιμότητα των δραστηριοτήτων σε διαφορετικές ώρες της ημέρας και τις χρονικές περιόδους κατά τις οποίες άτομα συμμετέχουν σε ειδικές δραστηριότητες, εντός χωροχρονικών περιορισμών. Αυτός ο τύπος μέτρου βασισμένος στο γεγονός ότι η ατομική προσβασιμότητα έχει και *χωρικές* αλλά και *χρονικές* διαστάσεις, θεμελιώθηκε από τον Hägerstrand (1970) στον οποίο υπολογίζονται οι περιορισμοί στην ελευθερία ενός ατόμου για δράση. Τα χωροχρονικά πρίσματα χρησιμοποιούνται για να προσδιοριστούν οι πιθανοί τομείς των ευκαιριών στις οποίες μπορεί να έχει πρόσβαση κάθε πρόσωπο. Πρόκειται για γραφήματα μέσω των οποίων απεικονίζεται η τροχιά ενός ατόμου μέσα στο τρισδιάστατο πλαίσιο που συνθέτουν οι τρεις άξονες του χρόνου, της συντεταγμένης  $X$  και της συντεταγμένης  $Y$  του χώρου.



Εικόνα 1.2: Χωροχρονικό πρίσμα - space-time prisms.

Μια περιγραφή των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων δεικτών στις μελέτες προγραμματισμού μεταφορών αναλύονται πιο κάτω.

#### 1.3.4.1. ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΑΞΙΔΙΟΥ

Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα των διατυπώσεων κάτω από αυτόν τον τίτλο. Οι πιο συχνές διατυπώσεις μετρούν το συνολικό ή το μέσο κόστος ταξιδιού σε προκαθορισμένο σύνολο προορισμών, όπως γίνεται και στις μελέτες των Lutter (1992) και Schürmann

(1997). Η κοινή άποψη για αυτή την κατηγορία δεικτών προσβασιμότητας, καθορίζεται από τη ρύθμιση παραμέτρων, όπου ο παρονομαστής είναι μια απεικόνιση του κόστους μεταφοράς (δικτυακή ή ευκλείδεια απόσταση, χρόνος ταξιδιού, ή το ταξιδιωτικό κόστος). Μια απλή λειτουργική μορφή αυτής της κατηγορίας των δεικτών είναι η ακόλουθη:

$$A_i = \sum_{j \in L} \frac{1}{f(c_{ij})} \quad (\text{Εξίσωση 1.5})$$

όπου

$A_i$  είναι η προσβασιμότητα στη θέση  $i$ ,  $L$  είναι το σύνολο όλων των θέσεων,  $f(c_{ij})$  είναι η αποτρεπτική λειτουργία και  $c_{ij}$  είναι μια μεταβλητή που αντιπροσωπεύει ταξιδιωτικό κόστος μεταξύ των κόμβων  $i$  και  $j$ .

Άλλες προσεγγίσεις χρησιμοποιούν βάρη ανάλογα με το μέγεθός των προορισμών. Ένα παράδειγμα είναι ο **δείκτης θέσης** (*location indicator*) (Gutiérrez, 2001) στον οποίο ο πληθυσμός κάθε προορισμού χρησιμοποιείται ως παράγοντας στάθμισης. Τα αποτελέσματα αυτών των δεικτών είναι αναπόφευκτα και βαριά επηρεασμένα από τη γεωγραφική θέση, και συνήθως χρησιμοποιείται στα σχέδια πυρήνας-περιφέρειας.

Οι απλούστερες μετρήσεις γίνονται με τον υπολογισμό του κόστους ταξιδιού στους προορισμούς, παραδείγματος χάριν χρόνος ταξιδιού σε έναν προηγουμένως επιλεγμένο προορισμό (π.χ. ένα νοσοκομείο) ή χρόνος ταξιδιού στον κοντινότερο των εξεταζόμενων προορισμών (π.χ. κοντινότερο νοσοκομείο).

Μια πιο πολύπλοκη διατύπωση με βάση τον δείκτη θέσης, είναι ο σταθμισμένος μέσος χρόνος ταξιδιού (*Weighted Average Travel Times*). Αυτός συνίσταται στον υπολογισμό του μέσου όρου των χρόνων πρόσβασης σε σχέση με τους προορισμούς, λαμβάνοντας σαν βάρος τον όγκο της δραστηριότητας του προορισμού, σύμφωνα με την ακόλουθη διατύπωση (Gutiérrez, 2009):

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n t_{ij} m_j}{\sum_{j=1}^n m_j} \quad (\text{Εξίσωση 1.6})$$

όπου

$A_i$  προσβασιμότητα κόμβου  $i$ ,  $t_{ij}$  είναι ο ελάχιστος χρόνος ταξιδιού (σε λεπτά) στο δίκτυο μεταξύ αφετηρίας  $i$  και προορισμού  $j$  και  $m_j$  είναι το μέγεθος/όγκος της δραστηριότητας  $j$ .

Το μέγεθος/όγκος της δραστηριότητας στον προορισμό  $j$  χρησιμοποιείται για στάθμιση ως προς την σημαντικότητα των χρονικά συντομότερων διαδρομών ταξιδιού. Ο δείκτης αυτός απεικονίζει αρκετά καλά τις κεντρικές και απομακρυσμένες θέσεις - περιφέρειες της περιοχής μελέτης όσον αφορά τους εξεταζόμενους προορισμούς.

Οι δείκτες κόστους ταξιδιού (*Travel cost indicators*) είναι δημοφιλείς επειδή εκφράζονται στις γνωστές μονάδες και είναι εύκολο να ερμηνευθούν παρότι δεν υπολογίζουν το κομμάτι της συμπεριφοράς, γιατί αγνοούν το γεγονός ότι οι πιο απόμακροι προορισμοί επισκέπτονται λιγότερο συχνά (Schürmann, 1997).

Άλλες προσεγγίσεις αντικαθιστούν την ευρέως διαδεδομένη αντίληψη του κόστους ταξιδιού με αυτήν της **αποδοτικότητας του δικτύου** (*network efficiency*). Αυτή η αντικατάσταση δίνει έμφαση στην επίδραση των υποδομών (*infrastructure effect*), καθώς περιγράφει τη λειτουργία ενός συστήματος μεταφορών (μέσης ταχύτητας ταξιδιού στους δρόμους, ελικοειδής πορεία, κυκλοφοριακής συμφόρηση κλπ.). Προσφέρει ένα μέτρο σε σχέση με τη σχετική ευκολία πρόσβασης σύμφωνα με την απόδοση του δικτύου. Οι περισσότερες μετρήσεις βάσει θέσης (όπως ο δείκτης θέσης) αναδεικνύουν τις διαφορές μεταξύ των περιφερειακών και κεντρικών τοποθεσιών. Ο δείκτης αποδοτικότητας δικτύων εξουδετερώνει την επίδραση της γεωγραφικής θέσης και η έννοια του κόστους αντικαθίσταται σε γενικές γραμμές από την ευκολία της πρόσβασης (αποδοτικότητα δικτύων) ως ακολούθως (Gutiérrez, 2009):

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{t_{ij}}{\hat{t}_{ij}} m_j}{\sum_{j=1}^n m_j} \quad (\text{Εξίσωση 1.7})$$

όπου

$A_i$  προσβασιμότητα κόμβου  $i$ ,  $t_{ij}$  είναι ο ελάχιστος χρόνος ταξιδιού (σε λεπτά) στο δίκτυο μεταξύ αφετηρίας  $i$  και προορισμού  $j$ ,  $m_j$  είναι το μέγεθος/όγκος της δραστηριότητας  $j$  και  $\hat{t}_{ij}$  είναι ο ιδανικός χρόνος ταξιδιού μεταξύ των κόμβων  $i$  και  $j$ , υποθέτοντας την ύπαρξη υποδομών μεγάλης ταχύτητας (αυτοκινητόδρομος ή σιδηρόδρομος υψηλής ταχύτητας) σε ευθεία γραμμή (ευκλείδεια αντίσταση).

Ο σταθμισμένος μέσος όρος του  $t_{ij}/\hat{t}_{ij}$  υπολογίζεται ανάλογα με το μέγεθος των προορισμών (αντίσταση - *impedance function* 'β'; Λαμβάνονται υπόψη όλες οι σχέσεις εντός της περιοχής μελέτης χωρίς όμως οι σύντομες αποστάσεις να συμβάλλουν περισσότερο από τις μεγαλύτερες στους υπολογισμούς της προσβασιμότητα διότι δεν υπάρχει 'αποσύνθεση' της απόστασης, βλ. εικόνα 1.3.). Επιπρόσθετα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλοι σταθμιστικοί παράγοντες όπως για παράδειγμα η πραγματική ζήτηση (αντίσταση - *impedance function* 'α'; Όλες οι σχέσεις εντός της περιοχής μελέτης λαμβάνονται υπόψη αλλά αντιστρόφως ανάλογα με το χρόνο ταξιδιού έτσι ώστε τα μικρής διάρκειας δρομολόγια να συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στις μετρήσεις του δυναμικού και πολύ λίγο αυτά των μακρινών διαδρομών ('αποσύνθεση' της απόστασης - *distance decay*), βλ. εικόνα 1.3.).

Τέτοιοι δείκτες πρέπει να ερμηνεύονται από την άποψη των υποδομών. Το πιο σημαντικό αυτού του δείκτη είναι ότι δεν λαμβάνει υπ' όψιν τη χρήση γης και δεν είναι κατάλληλος να επεξεργάζεται διαχρονικούς περιορισμούς και ατομικά χαρακτηριστικά. Οι δείκτες αυτοί απεικονίζουν την αποδοτικότητα των υποδομών για πρόσβαση, στους σχετικούς προορισμούς. Τα αποτελέσματα δίνονται σε σχέση με την ευκλείδεια αντίσταση, δηλαδή πόσο ξεπερνά η αντίσταση δικτύου την ευκλείδεια αντίσταση. Για παράδειγμα, μια τιμή ίση με 2 σημαίνει ότι η αντίσταση του δικτύου διπλασιάζει την ευκλείδεια κοκ. Οι Linneker και Spence (1992) σε μελέτη τους, δείχνουν ότι το κεντρικό Λονδίνο έχει το υψηλότερο κόστος πρόσβασης (από άποψη

χρόνου και κόστους λειτουργίας αυτοκίνητου) στο Ηνωμένο Βασίλειο, αλλά και το υψηλότερο επίπεδο προσβασιμότητας στην απασχόληση, παρά το υψηλό κόστος ταξιδιού.

Άλλα παραδείγματα των δεικτών κόστους ταξιδιού είναι τα **ισόχρονα** (*isochrones*), τα οποία ανταποκρίνονται στην απλούστερη περίπτωση ενός δείκτη κόστους ταξιδιού, όπου αντίσταση είναι ο χρόνος ταξιδιού και μόνο ένας προορισμός εξετάζεται.

Άλλοι τύποι δεικτών που χρησιμοποιούνται συχνά στον προγραμματισμό των μελετών είναι περιστασιακοί, αποκαλούμενοι και ως **δείκτες απόστασης** (Geurs και Ritsema van Eck, 2001), όπου ο αριθμός προορισμών περιορίζεται σε ένα, αλλά ένας διαφορετικός προορισμός επιλέγεται για κάθε περιοχή προέλευσης, δηλαδή κάθε κάτοικος πρέπει να είναι σε θέση να φθάσει σε μια στάση λεωφορείου σε 5 λεπτά ή πρέπει να έχει μια στάση λεωφορείου μέσα σε ακτίνα 500 μέτρων από το σπίτι του.

#### 1.3.4.2. ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΜΕΝΩΝ ΕΥΚΑΙΡΙΩΝ/ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Οι συσσωρευμένες ευκαιρίες (*Cumulative opportunities*) υπολογίζουν τον αριθμό των δραστηριοτήτων που μπορούν να επιτευχθούν μέσα σε έναν προκαθορισμένο χρόνο ταξιδιού ή μια απόσταση.

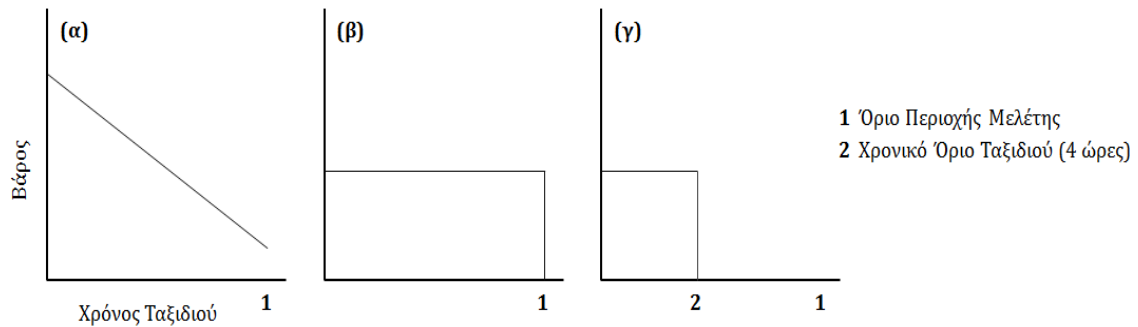
Μια από τις συχνότερες εφαρμογές αυτών των δεικτών είναι η **καθημερινή προσβασιμότητα** (*daily accessibility indicator*). Αυτός ο δείκτης αναπτύσσει την έννοια των «δικτύων επαφών» υπολογίζοντας το ποσό του πληθυσμού ή της οικονομικής δραστηριότητας που μπορεί να επιτευχθεί από κάθε κόμβο μέσα σε ένα χρονικό όριο ταξιδιού. Μετρά δηλαδή το σύνολο των δραστηριοτήτων, συνήθως από την άποψη του πληθυσμού, των εργασιών ή του ΑΕΠ, που είναι εφικτές να πραγματοποιηθούν σε ένα δεδομένο χρονικό ανώτατο όριο ταξιδιού μέσα στην ίδια ημέρα και που τοποθετείται συχνά μεταξύ 3 και 4 ώρες. Η μαθηματική έκφραση έχει ως εξής (Gutiérrez, 2009):

$$DA_i = \sum_{j=1}^n m_j \delta_{ij} \quad (\text{Εξίσωση 1.8})$$

όπου

$DA_i$  είναι η καθημερινή προσβασιμότητα του σημείου  $i$ ,  $m_j$  η μάζα του κέντρου  $j$  (π.χ. πληθυσμός) και  $\delta_{ij}$  παίρνει τιμή 1 όταν το  $t_{ij}$  είναι π.χ. 3 ώρες και 0 σε αντίθετη

περίπτωση. Στον δείκτη αυτό είναι εμφανές (αντίσταση - impedance function 'γ'; 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 'αποσύνθεση' της απόστασης, βλ. εικόνα 1.3.) ότι η 'αποσύνθεση' της απόστασης είναι όλα ή τίποτα, ανάλογα με την τιμή που τέθηκε σαν όριο.



Εικόνα 1.3: Αντιστάσεις (impedance functions): (α) Οικονομικό Δυναμικό (β) Σταθμισμένος μέσος χρόνος ταξιδιού (γ) Δείκτης καθημερινής προσβασιμότητας. Πηγή: Gutiérrez, 2001

Αυτοί οι δείκτες όπως και οι δείκτες κόστους ταξιδιού είναι εύκολα ερμηνεύσιμοι π.χ. "πληθυσμός προσβάσιμος σε τρεις ώρες". Από την άλλη το μεθοδολογικό μειονέκτημα τους είναι η έντονη εξάρτηση από το "αυθαίρετα" επιλεγμένο σύνολο προορισμών, το οποίο πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάλυση. Επιπλέον, ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι η βελτίωση του χρόνου ταξιδιού που δεν οδηγεί όμως σε μείωση του χρόνου κάτω από το καθορισμένο όριο, δεν οδηγεί σε βελτίωση της προσβασιμότητας (Geurs και Ritsema van Eck, 2001). Αυτό το μειονέκτημα μπορεί να επιλυθεί εάν η μέτρηση της προσβασιμότητας θα μπορούσε να επιτρέψει μια φθίνουσα επιρροή του κάθε προορισμού, όσο ο χρόνος διαδρομής αυξάνεται. Αυτό συμβαίνει με τις μετρήσεις της προσβασιμότητας δυναμικού.

#### 1.3.4.3. ΔΕΙΚΤΕΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

Οι δείκτες δυναμικού (*Potential indicators*) είναι το πιο δημοφιλές είδος των δεικτών προσβασιμότητας που βρίσκονται στη βιβλιογραφία. Η πρώτη προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί η έννοια του δυναμικού για να περιγράψει την προσβασιμότητα αναπτύχθηκε από τον Hansen (1959), ο οποίος υποστήριξε ότι η προσβασιμότητα είναι "η δυνατότητα των δραστηριοτήτων για αλληλεπίδραση". Στο αρχικό μοντέλο του ορίζει την προσβασιμότητα **A** σε μια τοποθεσία **i** σαν:

$$A_i = \sum_{j=1}^n S_j \cdot d_{ij}^{-\beta} \quad (\text{Εξίσωση 1.9})$$

όπου

$S_j$  είναι η ελκυστικότητα ενός προορισμού  $j$ ,  $d_{ij}$  ο χρόνος ταξιδιού μεταξύ τοποθεσίας  $i$  και  $j$ ,  $\beta$  είναι μια παράμετρος ‘φθοράς’ της απόστασης, που υπολογίζει δηλαδή τη σημασία της απόστασης και  $n$  είναι ο συνολικός αριθμός των προορισμών.

Σύμφωνα με τον τύπο, το δυναμικό για αλληλεπίδραση μεταξύ δύο τόπων είναι ανάλογο με το μέγεθος της ελκυστικότητας και αντιστρόφως ανάλογο με την αντίσταση ταξιδιού μεταξύ τους. Δίνουν δηλαδή μια απεικόνιση της ελκυστικότητας και της τριβής της μεταξύ τους απόστασης. Αυτή η μέτρηση παρέχει ένα πλεονέκτημα σε σχέση με μια απλή μέτρηση χρόνου διαδρομής στην πλησιέστερη δραστηριότητα, γιατί δεν θεωρεί απλά ότι οι πολίτες ταξιδεύουν στην πλησιέστερη δραστηριότητα, αλλά λαμβάνει υπόψη την πλήρη κατανομή των δραστηριοτήτων και ότι οι μεγαλύτερες ή εκείνες οι εγκαταστάσεις που προσφέρουν περισσότερες δραστηριότητες, θα προσελκύουν άτομα από πιο μακριά.

Τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει μια διαδεδομένη εφαρμογή των διαφορετικών προσαρμογών της βασικής διατύπωσης του Hansen, κυρίως στις μελέτες προσβασιμότητας από οικονομική προοπτική. Γενικά, 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.

Αν και οι πιθανοί δείκτες χρησιμοποιούνται ευρέως στις εμπειρικές εφαρμογές έχουν αρκετούς περιορισμούς. Για παράδειγμα, οι προκύπτουσες τιμές δεν είναι ομοιόμορφες αλλά μπορούν να κυμαίνονται από μία μελέτη σε άλλη ανάλογα με τις μονάδες των  $S$ ,  $d$  και την τιμή του  $\beta$ , με αποτέλεσμα να μην καθίστανται δυνατές συγκρίσεις μεταξύ μελετών. Όλες οι τιμές είναι σχετικές μόνο για τη συγκεκριμένη υπόθεση. Επιπρόσθετα στο μοντέλο του Hansen δεν λαμβάνεται υπόψη η ζήτηση στις δραστηριότητες αλλά μόνο η προσφορά.

Αυτό οδήγησε στη δημιουργία ενός τροποποιημένου μοντέλου από τον Weibull (1976) το οποίο ενσωματώνει τόσο την προσφορά όσο και την ζήτηση. Η διατύπωση αυτού του μοντέλου καθιστά δυνατή μια μείωση της προσβασιμότητας μεταξύ μιας

δεδομένης προέλευσης και προορισμού όταν η ευκολία της μετακίνησης μεταξύ των δύο τόπων αυξάνεται, λόγω της αυξημένης ζήτησης.

Ομοίως, ο Shen (1998) ανέπτυξε μια παραλλαγή του μοντέλου του Hansen που ενσωματώνει μια λειτουργία ζήτησης ειδική σε σχέση με την απασχόληση, εφόσον μόνο μία εργασία είναι διαθέσιμη για κάθε άτομο. Τα αποτελέσματα που παρέρχονταν από αυτόν τον δείκτη έπρεπε να αναλυθούν από οικονομική σκοπιά. Γενικά, τέτοιοι δείκτες μετρούν τη στενότητα της πιθανής οικονομικής δραστηριότητας σε έναν ιδιαίτερο κόμβο.

### 1.3.5. ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣΕΛΕΥΣΗΣ

Στην καθημερινότητα τα κτήρια ή άλλα έργα υποδομής καθώς επίσης και στοιχεία της φύσης όπως οι ποταμοί και τα βουνά, μπορούν να περιορίσουν την κατεύθυνση της μετακίνησης. Η παρουσία ενός συστήματος μεταφορών παρέχει την ευκαιρία στους ανθρώπους να μετακινηθούν στους προορισμούς τους γρηγορότερα μέσω μιας πιο περίπλοκης πορείας (Levinson, 2011).

Πολλοί είναι οι παράγοντες που συμβάλλουν στη προσβασιμότητα προσέλευσης (*Transit Accessibility*) συμπεριλαμβανομένης της λογικής εγγύτητας από την προέλευση και τον προορισμό στις υπηρεσίες, σε άνετες διαβάσεις περπατήματος στις εγκαταστάσεις των μέσων μεταφοράς και σε αποδεκτές εγκαταστάσεις χώρων στάθμευσης για τα αυτοκίνητα ή τα ποδήλατα, κ.λπ. Η χωρική προσβασιμότητα είναι ουσιαστική στη βιωσιμότητα των σύγχρονων δημόσιων συστημάτων μεταφορών. Σε στρατηγικό αλλά και λειτουργικό επίπεδο, στο δημόσιο προγραμματισμό μέσων μεταφοράς, η πρόσβαση στις στάσεις/σταθμούς και η προσβασιμότητα που παρέχεται από την υπηρεσία είναι δύο πολύ σημαντικά ζητήματα. Η **πρόσβαση** είναι η ευκολία με την οποία οι άνθρωποι μπορούν να φθάσουν στη στάση ενός μέσου μεταφοράς και **προσβασιμότητα** είναι η καταλληλότητα του συστήματος μέσων μεταφοράς ώστε να βοηθήσει τους ανθρώπους να φτάνουν στους προορισμούς τους σε ένα λογικό χρονικό διάστημα (Murray, 1998). Αυτό προϋποθέτει και τη σωστή χωροθέτηση στάσεων.

#### 1.3.5.1. ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΠΕΡΠΑΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ

Στον προγραμματισμό των μέσων μεταφοράς, δύο είναι οι πιο σημαντικοί παράγοντες συστημάτων που εξετάζονται, **η προσβασιμότητα στα μέσα μεταφοράς και η αποδοτικότητα του συστήματος.**



Για την πρόσβαση, η απόσταση έχει μια σημαντική επίδραση μείωσης στη χωρική αλληλεπίδραση: όταν το διάστημα πρόσβασης από ένα άτομο σε ένα σημείο (στάση/σταθμός) διέλευσης μειώνεται, τότε για αυτόν η πιθανότητα της χρησιμοποίησης των δημόσιων μεταφορών αυξάνεται. Εάν οι αποστάσεις ή τα εμπόδια για να έχουν οι άνθρωποι πρόσβαση σε δημόσιες υπηρεσίες μεταφορών είναι πάρα πολύ μεγάλες είτε στην προέλευση είτε από τον προορισμό ταξιδιού, τότε είναι λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιηθούν (Delmelle, 2012).

Η απόσταση περπατήματος στις εγκαταστάσεις διέλευσης, αναγνωρίζεται ως σημαντικός αλλά και καθοριστικός παράγοντας της χρήσης των μέσων μεταφοράς. Επίσης, αναγνωρίζεται ότι το πρόβλημα της υπερεκτίμησης πληθυσμού στα πλαίσια της πρόσβασης σε μέσα μεταφοράς είναι μια λειτουργία της ανικανότητας να αποτυπωθεί ακριβώς ο πληθυσμός που είναι σε μια λογική απόσταση περπατήματος στα μέσα μεταφοράς (Biba, 2010).

Η απόσταση που μπορεί να διανύσει ένας άνθρωπος διαφέρει εξαιτίας πολλών παραγόντων, όπως το περιβάλλον περπατήματος προς το σημείο διέλευσης της πρόσβασης (Agrawal, 2008), τη δομή της ηλικιακής ομάδας στις περιοχές ζήτησης, και την αξιοπιστία των δημόσιων υπηρεσιών διέλευσης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για τους ηλικιωμένους ανθρώπους και τα παιδιά προσχολικής ηλικίας, η μέγιστη διανυόμενη απόσταση είναι τα 190 μέτρα, για τα παιδιά που πηγαίνουν σχολείο (5+) είναι από 191 μέχρι 380 μέτρα ενώ για τους έφηβους και τους ενήλικες διακυμαίνεται από 381 μέχρι 600 μέτρα (Azmi, 2012; Mavoa, 2012). Στη βιβλιογραφία επίσης, αναφέρεται ότι στα πλαίσια του σχεδιασμού η μέτρηση της διανυόμενης απόστασης με τα πόδια συμβολίζεται με ακτίνα μήκους 400 μέτρων η οποία αντιστοιχεί στην ελάχιστη απόσταση που διατίθεται να διανύσει ο μέσος άνθρωπος για να πάει σε τοπικές εγκαταστάσεις (στη δουλειά του, σε υπηρεσίες), αντιπροσωπεύοντας μια διαδρομή διάρκειας περίπου 5 λεπτών ενώ τα 800 μέτρα είναι μια μεγάλη μονάδα, προτεινόμενη για το περπάτημα σε ένα κέντρο πόλης (Azmi, 2012). Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του Clarence Perry (1929), ο οποίος εισήγαγε το σχέδιο γειτονιάς, εξήγησε τη σχέση μεταξύ της σύστασης των κατοικημένων και των μη κατοικημένων περιοχών με την απόσταση περπατήματος, καθώς υποστήριξε ότι τα 5 λεπτά περπάτημα αντιστοιχούν σε 400 μέτρα και θεώρησε ότι είναι η αποδέκτη απόσταση περπατήματος για τις οικογένειες στη γειτονιά. Επίσης η έννοια της γειτονιάς που προτάθηκε από τον Clarence Stein το 1942 είχε την ίδια αντίληψη (Meenakshi, 2011).

Σε πρόσφατη έρευνα, οι Daniels και Mulley (2011) δηλώνουν ότι η επιλογή μέσου μεταφοράς (τραίνο ή λεωφορείο) ασκεί ισχυρότερη επίδραση στην απόσταση περπατήματος στη δημόσια διέλευση. Παραδείγματος χάριν, έρευνα που έγινε στο Sydney δείχνει ότι μια μέση απόσταση σε δημόσια διέλευση είναι περίπου 573 μέτρα, αλλά αυτή η απόσταση σχεδόν διπλασιάζεται για τη διέλευση σε τραίνο (805 μέτρα).

Επίσης, έχει διαπιστωθεί ότι χαρακτηριστικό γνώρισμα της χωρικής προσβασιμότητας στα μέσα μεταφοράς είναι ο αρχικός καθορισμός της χρησιμότητας των μέσων αυτών. Μονό τότε ο χρήστης θα εξετάσει άλλους παράγοντες όπως το κόστος, η άνεση και η ασφάλεια (Beimborn, 2003). Μεταξύ των αρμόδιων και των ερευνητών για το σχεδιασμό των μέσων μεταφοράς, σχεδόν παγκοσμίως γίνεται αποδεκτό ότι μια απόσταση περπατήματος 5 λεπτών ή 400 μέτρων είναι μια λογική απόσταση όπου οι περισσότεροι δυνητικοί χρήστες είναι πρόθυμοι να περπατήσουν για να φθάσουν στην κοντινότερη στάση διέλευσής, στις αστικές περιοχές (O'Neill, 1992, Hsiao, 1997, Phillips και Edwards 2002, Ammons, 2001; Demetsky & Lin, 1982; Federal Transit Administration, 1996; Levinson, 1983; Schöbel, 2005). Μια άλλη έρευνα έχει διαπιστώσει ότι η χρήση των μέσων μεταφοράς μειώνεται αισθητά μετά από τα πρώτα 90 μέτρα (300 Feet) και εξαφανίζεται μετά από 580 μέτρα (0,36 miles) (Zhao, 2003). Άλλες μελέτες διαπίστωσαν ότι η χρήση των μέσων μεταφοράς, αλλοιώνεται εκθετικά με την απόσταση περπατήματος στις στάσεις διέλευσης. Οι Zhao, Li, Chow, Gan και Shen (2002) ανέπτυξαν μια λειτουργία “αποσύνθεσης” για να απεικονίσουν την τάση μείωσης του πληθυσμού στη χρήση των μέσων μεταφοράς αναφορικά με την απόσταση περπατήματος. Από την μελέτη τους, φαίνεται ότι η αύξηση της κατάλληλης πρόσβασης στα συστήματα διέλευσης, λειτουργεί ως μέσο προσέλκυσης περισσότερων ανθρώπων στα μέσα μεταφοράς.

Από όλα τα προαναφερόμενα είναι εμφανές ότι ενώ τα ιδιαίτερα μέτρα του αντίκτυπου της απόστασης περπατήματος στη χρήση διέλευσης μπορούν να διαφέρουν, όπως τα αποτελέσματα των ερευνών κυκλοφορίας στις διαφορετικές περιοχές, δεν υπάρχει καμία διαφωνία στην πεποίθηση ότι η απόσταση περπατήματος είναι ένας αρχικός παράγοντας στην απόφαση να χρησιμοποιηθούν τα μέσα μεταφοράς (Biba, 2010).

Ο δεύτερος σημαντικός παράγοντας που εξετάζονται στον προγραμματισμό των μέσων μεταφοράς, είναι η **αποδοτικότητα των συστημάτων** καθώς έχει διαπιστωθεί ότι όσο λιγότερες στάσεις υπάρχουν κατά μήκος μιας διαδρομής, αυξάνονται οι ταχύτητες ταξιδιού και πιθανό να μεγαλώνει την απόσταση ταξιδιού κατά τη διάρκεια

μιας σταθερής χρονικής περιόδου (FTA, 1996; Furth & Rahbee, 2000; Saka, 2001; Wirasinghe & Ghoneim, 1981). Εντούτοις, η μείωση του αριθμού των στάσεων μπορεί να μειώσει επίσης την πρόσβαση για τους πολίτες στις εγκαταστάσεις διέλευσης (Foda & Osman, 2010; Murray, 2003).

#### 1.3.5.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΠΡΟΣΕΛΕΥΣΗΣ

Οι περισσότερες μελέτες της προσβασιμότητας που περιλαμβάνουν τη δημόσια διέλευση εστιάζουν στη φυσική πρόσβαση, η οποία είναι η εγγύτητα σε μια στάση διέλευσης (Biba, 2010; Currie, 2010; Furth, 2007; Gutierrez και Garcia-Palomares, 2008; Kimpel, 2007; Lovett, 2002; Zhao, 2003). Μερικές από αυτές τις μελέτες μετρούν την πρόσβαση (*Measuring Transit Access*) από μια περιφερειακή ενότητα ή ένα απογραφικό τμήμα, σε μια στάση διέλευσης. Η χρησιμοποίηση μιας αντιπροσωπευτικής περιφερειακής ενότητας για το σπίτι όλων των κατοίκων μέσα στην ενότητα, μπορεί να οδηγήσει σε λάθη (Currie, 2010). Στην προσπάθεια να εξεταστεί αυτό το πρόβλημα έχουν χρησιμοποιηθεί μικρότερες ενότητες (Furth, 2007), υπολογίζοντας την αναλογία πληθυσμού μέσα στην περιοχή εξυπηρέτησης των στάσεων διέλευσης με διαφορετικά επίπεδα πρόσβασης (Gutierrez και Garcia-Palomares, 2008), και μετρώντας τη προσβασιμότητα από τις μονάδες κατοικιών στις στάσεις λεωφορείων (Biba, 2010; Kimpel, 2007; Zhao, 2003).

Η πρόσβαση στις στάσεις διέλευσης, αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας τεχνικές επιρροής (*Buffer Techniques*) που προσφέρουν τα ΓΣΠ. Με τη τεχνική αυτή, η πρόσβαση ορίζεται ως μια συγκεκριμένη απόσταση (ή χρόνος ταξιδιού) σε μια δημόσια στάση διέλευσης και στη συνέχεια προσδιορίζονται όλες οι περιοχές εντός του ορίου απόστασης που έχει τεθεί. Οι άνθρωποι που ζουν στις περιοχές εντός αυτού του ορίου λέγεται ότι έχουν κατάλληλη πρόσβαση.

Οι περιοχές εξυπηρέτησης από τις στάσεις διέλευσης, έχουν υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τις ευκλείδειες επιρροής/αποστάσεις (*Euclidean buffers/distances*) και τις δικτυακές επιρροής/αποστάσεις (*Network buffers/distances*), όπου σε μερικές περιπτώσεις (Zhao, 2003) έχουν συμπεριληφθεί τα εμπόδια περπατήματος όπως τα ποτάμια, οι λίμνες, οι αυτοκινητόδρομοι κ.α. Υπάρχει μια συναίνεση ότι οι δικτυακές επιρροής/αποστάσεις είναι προτιμότερες επειδή οι ευκλείδειες επιρροής/αποστάσεις

υπερεκτιμούν την περιοχή εξυπηρέτησης μιας στάσης (El-Generidy, 2009; Horner και Murray, 2004).

Η **ευκλείδεια μέθοδος επιρροής** (Euclidean Buffer method) είναι ένα παράδειγμα μιας μεθόδου ως προς την τοποθεσία πρόσβασης (Cheng και Agrawal, 2010; Murray, 1998). Ο Murray (1998) χρησιμοποιώντας την μέθοδο αυτή, όρισε ότι εάν οποιοδήποτε οικοδομικό τετράγωνο της περιοχής μελέτης ήταν μέσα σε μια διευκρινισμένη ακτίνα απόστασης περπατήματος 400 μέτρων (5 λεπτά βάδισμα) από μια στάση διέλευσης, να κρίνεται ως προσβάσιμο.

Μια άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει την πρόσβαση στις δημόσιες συγκοινωνίες είναι η μέτρηση της **απόσταση περπατήματος** ως προς τις πορείες για τους πεζούς (Gutierrez και Garcia-Palomares, 2008). Αν και η μέθοδος ευκλείδειας επιρροής χρησιμοποιείται ευρέως στον προγραμματισμό μεταφορών λόγω της απλότητας και της ευκολίας υπολογισμού της (Gutierrez και Garcia-Palomares, 2008), η απόσταση ταξιδιού από τα οικοδομικά τετράγωνα των κατοίκων που καθημερινά εξυπηρετούνται από τα μέσα μεταφοράς, θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερη από τα 400 μέτρα για να φθάσουν στη στάση διέλευσης ακόμα κι αν κατοικούν μέσα στα 400 μέτρα επιρροής όπως υπολογίζεται με τη μέθοδο αυτή. Τα αποτελέσματα της ευκλείδειας επιρροής μεθόδου, οδηγεί σε ανακρίβειες λόγω του ότι ο τακτικός επιβάτης συγκοινωνιών ακολουθεί το οδικό δίκτυο για τις πορείες πεζών και όχι μια ευθεία γραμμή προς τις δημόσιες συγκοινωνίες πρόσβασης.

Η δυνατότητα να μετρηθούν ακριβώς οι αποστάσεις περπατήματος στις εγκαταστάσεις μέσων μεταφοράς, είναι αόριστη λαμβάνοντας υπόψη το μεγάλο αριθμό πιθανών πορειών περπατήματος για τον πληθυσμό και λαμβάνοντας υπόψη την ποιότητα των διαθέσιμων στοιχείων δικτύου για την ανάλυση. Έχει αναγνωριστεί στη βιβλιογραφία ότι μια αυξανόμενη προσβασιμότητα επικεντρωμένη για τους πεζούς (Evans, 1997) και ανάλυση των βελτιώσεων στα πεζοδρόμια ή τα σχέδια οδών θα μπορούσε να βοηθήσει στην αναζήτηση των στρατηγικών βελτίωσης των μέσων μεταφοράς (Hsiao, 1997). Λόγω της έλλειψης τέτοιων στοιχείων, διάφορες εργασίες (Kuby, 2004; Urchurch, 2004) έχουν συμπεριλάβει την απόσταση περπατήματος μέσω μιας ψηφιδωτής (raster-based) προσέγγισης. Η απόσταση περπατήματος καθορίζεται από κάθε κελί που δεν είναι μέρος του δικτύου στον πιο κοντινό κόμβο του δικτύου. Αυτό δίνει ουσιαστικά μια ευκλείδεια απόσταση, μέτρο που δεν λαμβάνει υπόψη τα εμπόδια για τους πεζούς.

Χρησιμοποιώντας τη **μέθοδο της δικτυακής απόστασης** (*Network distances method*) στην εργασία τους οι Gutierrez και Garcia-Palomares (2008) υπολόγισαν τις αποστάσεις από μια συγκεκριμένη θέση προς τους σταθμούς/στάσεις, με τη χαρτογράφηση της πεζής πορεία μέσα στο δίκτυο. Τα οικοδομικά τετράγωνα που συνδέονται με το σύνολο των δικτυακών αποστάσεων κρίνονται προσβάσιμα προς εκείνη την στάση διέλευσης. Ομοίως, ο Biba (2010) χρησιμοποίησε μια μέθοδο οικοδομικών τετραγώνων δικτύου (*parcel Network method*) για να υπολογίσει τη προσβασιμότητα των δημόσιων συγκοινωνιών. Στη μελέτη αυτή, που πραγματοποίησε για τη γρήγορη υπηρεσία διέλευσης στη περιοχή του Ντάλλας, εξέτασε τα ζητήματα που περιβάλλουν τη μέθοδο οικοδομικών τετραγώνων δικτύου και τα σύγκρινε με την ευκλείδεια μέθοδο επιρροής. Η μέθοδος οικοδομικών τετραγώνων δικτύου χρησιμοποιεί τα κτηματολογικά όρια και τα στοιχεία που συνδέονται με αυτά για να υπολογίσουν την κάλυψη πληθυσμών από τη στάση/σταθμό.

Η κατοχή μιας βασικής πρόσβασης στις στάσεις διέλευσης είναι σημαντική, αλλά εάν το δίκτυο δεν προσφέρει έναν λογικό χρόνο ταξιδιού σε έναν δεδομένο προορισμό (ένας τέτοιος προορισμός δεν είναι εύκολα εφικτός) τότε θεωρείται μη προσβάσιμο.

#### 1.3.5.3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΔΙΕΘΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Η μέτρηση της προσβασιμότητας προσέλευσης εξαρτάται από το πλαίσιο της μελέτης (Kwan, 1998). Ο χρόνος ταξιδιού που περιλαμβάνεται από την προέλευση στον προορισμό είναι μια σημαντική εκτίμηση για τους χρήστες μέσω μεταφοράς επειδή οι μειωμένοι χρόνοι ταξιδιού ενισχύουν τις δημόσιες υπηρεσίες διέλευσης και την αύξηση χρησιμοποίησής τους. Οι O'Sullivan, Morrison και Shearer (2000) χρησιμοποίησαν τους χρόνους ταξιδιού και ανέπτυξαν ισοχρονική (*isochrone*) ανάλυση (παρήγαγαν χάρτες των προσιτών περιοχών ταξιδεύοντας στη δημόσια διέλευση) για να αξιολογήσουν τη προσβασιμότητα της δημόσιας διέλευσης στην πόλη της Γλασκώβης.

Σε μια επέκταση της προσέγγισης του O'Sullivan (2000), οι Lei και Church (2010) πρότειναν ένα μέτρο της προσβασιμότητας προσέλευσης που ενσωματώνει το χρόνο εξυπηρέτησης λεωφορείων ως ιδιότητες τόξων σε ένα ΓΣΠ. Η προσέγγιση αυτή, αντιπροσωπεύει μια βελτίωση πέρα από τα προηγούμενα πρότυπα δεδομένου ότι συλλαμβάνει ουσιαστικές πτυχές της πρόσβασης προσέλευσης όπως η παραλλαγή της

πρόσβασης που συνδέεται με το χρόνο της ημέρας συνάμα με την κατεύθυνση ταξιδιού.

Ο Saka (2001) προτείνει ένα μοντέλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιοριστεί αποτελεσματικά η υποδεέστερη χωροθέτηση στάσεων σε αστικές περιοχές. Ο ίδιος συμφωνεί με τα αποτελέσματα διαφόρων μελετών, όπως αυτής των Pushkarev & Zupan (1977), επιβεβαιώνοντας ουσιαστικά ότι ο χρόνος διαδρομής είναι ο πιο κρίσιμος παράγοντας για την προσέλκυση νέων επιβατών και για τον καθορισμό της πληρότητας των δρομολογίων. Από την μελέτη καταδεικνύεται επίσης ότι η σωστή απόσταση από τα τερματικά μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα των υπηρεσιών διαβίβασης και να μειώσει τον χρόνο ταξιδιού, μέχρι σε σημείο μείωσης του μεγέθους του στόλου με όφελος τόσο από πλευράς χειριστή όσο και επιβάτη.

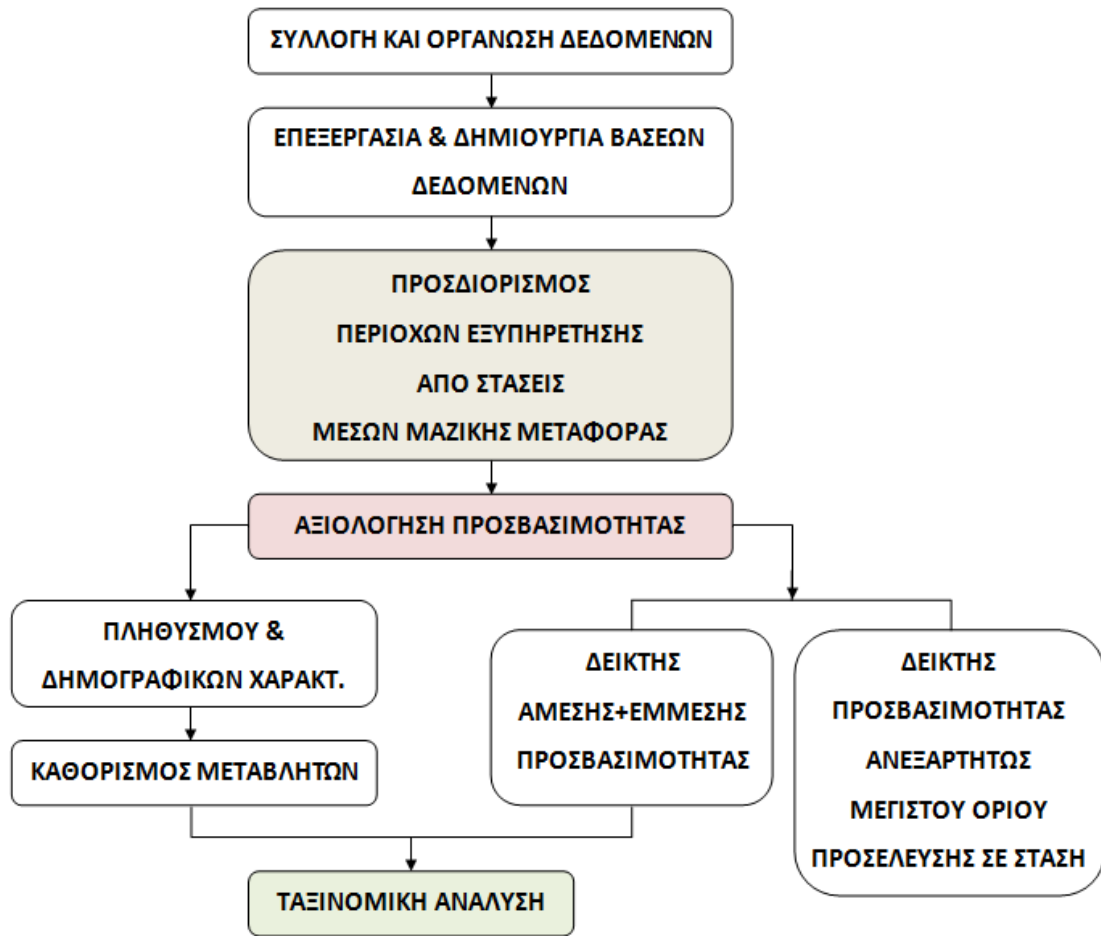
Μια άλλη προσέγγιση μελέτης της προσβασιμότητας αλλά εξίσου σημαντική με την απόσταση/ χρόνο ταξιδιού, στρέφεται στο βέλτιστο διάστημα των στάσεων λεωφορείου. Η ύπαρξη πολύ κοντινών στάσεων συνεπάγεται με συχνές στάσεις άρα καθυστέρηση και ταλαιπωρία για τους επιβάτες. Αντίθετα η μεγάλη απόσταση μεταξύ των στάσεων δυσχεραίνει την προσβασιμότητα των επιβατών σε αυτές καθώς οι περιοχές που βρίσκονται ανάμεσα δεν εξυπηρετούνται (Giannopoulos, 1990).

Ο Murray (2001) επισημαίνει ότι η επικάλυψη από τις στάσεις πιθανό να είναι αρκετά μεγάλη λόγω της φύσης της αστικής ανάπτυξης με απώτερο αποτέλεσμα την μείωση της ταχύτητας πορείας και την αύξηση του κόστους λειτουργίας προτείνοντας ένα μοντέλο για βελτίωση της χωροθέτησης στάσεων κατά μήκος μιας διαδρομής. Παρομοίως, ο Levinson (1983) συμπεραίνει ότι η αποδοτικότητα του συστήματος βελτιώνεται όταν ο αριθμός των στάσεων κρατιέται στο ελάχιστο, συμφωνώντας και με αρκετούς άλλους ερευνητές που καταδεικνύουν ότι οι λιγότερες στάσεις σχετίζονται με αυξημένη ταχύτητα πορείας και χαμηλότερα λειτουργικά κόστη (Furth & Rahbee, 2000).

## 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι αστικές περιοχές όπως έχουν διαμορφωθεί και λειτουργούν σήμερα αποτελούν σημεία συσσώρευσης σημαντικού αριθμού δραστηριοτήτων και έχουν οδηγήσει στην αύξηση της ζήτησης για μετακινήσεις. Οι περισσότερες εξυπηρετούνται από ανεπτυγμένα δίκτυα αστικών μεταφορών, που περιλαμβάνουν γραμμές Λεωφορείων καθώς και μέσα σταθερής τροχιάς όπως ο Μητροπολιτικός Σιδηρόδρομος (Μετρό), ο Προαστιακός Σιδηρόδρομος, το Τράμ και τα Τρόλεϊ. Τα δίκτυα αυτά είναι συνήθως πυκνότερα στις κεντρικές περιοχές και αραιώνουν όσο αυξάνεται η απόσταση από αυτές. Το παρεχόμενο λοιπόν δίκτυο μέσω μαζικής μεταφοράς, σε συνδυασμό με το είδος της προσβασιμότητας σε στάση και δημογραφικά, οικονομικά, πληθυσμιακά στοιχεία, μπορεί να οδηγήσει στην ανάδειξη περιοχών με ομοειδή χαρακτηριστικά και κατά συνέπεια τη διαμόρφωση ενός συγκεκριμένου προφίλ του εξυπηρετούμενου πληθυσμού.

Η μελέτη και έρευνα των εν λόγω σχέσεων μεταξύ προσβασιμότητας πληθυσμού και στάσεων μέσω μαζικής μεταφοράς αποδίδοντας ένα πληθυσμιακό προφίλ, μπορεί να επιτευχθεί με την δημιουργία και εφαρμογή ενός κατάλληλου μεθοδολογικού πλαισίου, όπως αυτό που απεικονίζεται στο σχήμα 2.1 που ακολουθεί.



Σχήμα 2.1: Διάγραμμα ροής μεθοδολογικού πλαισίου

Το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο περιλαμβάνει όλα εκείνα τα επιμέρους στάδια που οδηγούν στο τελικό αποτελέσματα. Το πρώτο βήμα αποτελεί η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων. Η ορθολογική συλλογή των δεδομένων, εξαρτάται από τα κριτήρια και τους περιορισμούς που πρέπει να ισχύουν ώστε μια στάση να θεωρείται προσβάσιμη λόγω της θέσης στην οποία βρίσκεται. Επιπλέον, για την αξιολόγηση της προσβασιμότητας είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν οι μέθοδοι προσέγγισης του προβλήματος και οι παράμετροι που συνδέονται με αυτήν, ώστε να συλλεχθούν τα απαραίτητα δεδομένα. Στα δεδομένα θα μπορούσαν να περιλαμβάνονται ψηφιακοί χάρτες καθώς και πίνακες με στοιχεία που αφορούν π.χ. το πληθυσμό (δημογραφικά χαρακτηριστικά, οικονομικά στοιχεία) και τα οποία μπορούν να συσχετιστούν χωρικά με τα ψηφιακά δεδομένα. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η διαδικασία ελέγχου των δεδομένων, καθώς σε αρκετές περιπτώσεις τα στοιχεία που συλλέγονται, εμπεριέχουν πληθώρα λαθών, τα οποία επιλύονται με απλές ή σύνθετες διαδικασίες (π.χ. μη επικαιροποίηση του ψηφιακού υποβάθρου των Οικοδομικών Τετραγώνων). Σε όλες τις



αντίστοιχες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η εμπειριστατωμένη διόρθωση και ενημέρωση των αντίστοιχων βάσεων δεδομένων, ώστε να διασφαλίζεται η εγκυρότητα των τελικών αποτελεσμάτων.

Το **δεύτερο βήμα** του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου περιλαμβάνει την ενημέρωση των χωρικών βάσεων δεδομένων και των ψηφιακών υποβάθρων με σκοπό την απόδοση της περιγραφικής πληροφορίας χωρικά. Στο πλαίσιο αυτό, είναι απαραίτητη η δημιουργία νέων γεωγραφικών υποβάθρων, τα οποία θα επιφέρουν όλα τα απαραίτητα δεδομένα τα οποία είναι καθοριστικά για την ολοκληρωμένη απόδοση της υφιστάμενης κατάστασης αλλά και την υλοποίηση του στόχου της εργασίας.

Στο **επόμενο βήμα** ακολούθει ο προσδιορισμός των περιοχών εξυπηρέτησης από κάθε στάση μέσου μαζικής μεταφοράς. Στο συγκεκριμένο στάδιο υπολογίζεται η περιοχή που καλύπτει κάθε στάση σε συγκεκριμένη ακτίνα. Ο προσδιορισμός της ακτίνας μπορεί να γίνει με χρήση διαφόρων μεθόδων, όπως ευκλείδεια (*Euclidean*), παραλληλογραμμική (*Manhattan*) ή δικτυακή (*Network*). Στο συγκεκριμένο μεθοδολογικό πλαίσιο προτείνεται η χρησιμοποίηση του οδικού δικτύου επάνω στο οποίο μπορεί να κινηθεί κάποιος πεζός και την απόσταση που μπορεί να διανύσει βάσει του συνολικού μήκους. Αυτό σημαίνει ότι τα όρια της περιοχής εξυπηρέτησης μπορούν να προκύψουν όχι μόνο με τη χάραξη ενός κύκλου συγκεκριμένης ακτίνας, αλλά και με χρήση του οδικού δικτύου, λαμβάνοντας υπόψη το μήκος του κάθε τμήματος του και συνολικά της απόστασης κάθε σημείου εξυπηρέτησης από τους υπόλοιπους. Κατ' αυτή την έννοια, διαμορφώνονται ευρύτερες περιοχές, οι οποίες δείχνουν την έκταση/ κάλυψη από τον αριθμό των στάσεων όπου μπορεί να εξυπηρετηθεί κάποιος και κατ' επέκταση το σύνολο του πληθυσμού που εξυπηρετούνται από κάθε στάση.

Το **τέταρτο βήμα** του μεθοδολογικού πλαισίου, αποτελεί η ανάλυση και αξιολόγηση του πληθυσμού βάσει των δημογραφικών χαρακτηριστικών του, και που έχει πρόσβαση σε στάσεις σύμφωνα με το μέγιστο όριο περπατήματος όπου σύμφωνα με την βιβλιογραφία (O' Neill, 1992; Hsiao, 1997; Murray, 2001; Zhao, 2003; Kubby, 2004; Meenakshi, 2011; Perry, 1929) αντιστοιχεί σε 400 μέτρα απόστασης/χρόνο των 5 λεπτών, από τις συνολικές περιοχές εξυπηρέτησης κάθε μέσου ξεχωριστά αλλά και τον συνδυασμό τους. Για την καλύτερη διερεύνηση του φαινομένου προτείνεται ο διαχωρισμός του τρόπου προσέγγισης σε δυο περιπτώσεις:

1. Θεωρώντας κάθε μέσο μεταφοράς ως μοναδικό. Λαμβάνεται υπ' όψιν η συνολική περιοχή που καλύπτει και η όποια αυξάνεται σταδιακά προσθέτοντας τη/τις

περιοχή/ες που καλύπτεται/ονται από τα υπόλοιπα μέσα με όλους τους πιθανούς συνδυασμούς.

2. Τέμνοντας χωρικά τη συνολική επιφάνεια εξυπηρέτησης σε επιμέρους περιοχές, βάσει της ταυτόχρονης εξυπηρέτησης από ένα ή δυο ή τρία ή τέσσερα μέσα μαζικής μεταφοράς. Με αυτό τον τρόπο προσδίδεται σε κάθε περιοχή ό όρος της «αποκλειστικότητας»

Η ανάγκη ανάδειξης της διαφορετικής συγκριτικά προσβασιμότητας του πληθυσμού ανεξαρτήτως προκαθορισμένης απόστασης που μπορεί να διανύσει ένας πεζός ώστε να μεταβεί σε μια στάση, οδήγησε στο **πέμπτο βήμα** και στην ανάπτυξη ενός δείκτη προσβασιμότητας (**IE**), ο οποίος υπολογίζει τη συνολική προσβασιμότητα του πληθυσμού σε όλα τα μέσα μαζικής μεταφοράς ανεξαρτήτως του ορίου των 400 μέτρων. Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται με την εξίσωση 2.1.

$$IE = 1 - \sum_{i=0}^n E_i \quad (\text{Εξίσωση 2.1})$$

όπου

$$E_i = \frac{P_i * d_{ij}}{d_{ij \max}}$$

$P_i$  = το ποσοστό (%) της συνδυαστικής συμμετοχής κάθε μέσου  $i$  στην συνολική περιοχή κάλυψης [ $P_{bus}, P_{trolley}, P_{metro}, P_{tram}$ ] - Συντελεστής βαρύτητας

$d_{ij}$  = δικτυακή απόσταση κόμβου  $j$  από το μέσο μεταφοράς  $i$

$d_{ij \max}$  = μέγιστη δικτυακή απόσταση κόμβου  $j$  από το μέσο μεταφοράς  $i$

$i$  = μέσο μαζικής μεταφοράς

Κατ' αυτόν, και ούτως ώστε να αναδειχθούν οι διαφορές στην προσβασιμότητα του πληθυσμού, λαμβάνονται υπ' όψιν δυο παράγοντες:

- α. η βαρύτητα του/των MMM, η οποία καθορίζεται από το ποσοστό της συνδυαστικής συμμετοχής του κάθε μέσου μεταφοράς στη συνολική περιοχή κάλυψης και
- β. η δικτυακή απόσταση του υπό εξέταση κόμβου/πληθυσμού από την στάση, σταθμισμένη με την μέγιστη παρατηρούμενη δικτυακή απόσταση κόμβου/πληθυσμού από το συγκεκριμένο MMM στον πληθυσμό.

Βάσει της παραπάνω εξίσωσης και των παραγόντων που αναφέρθηκαν, όσο μικρότερη είναι η συνολική απόσταση ενός κόμβου/πληθυσμού από τις στάσεις των μέσων μαζικής μεταφοράς, μεγαλώνει η τιμή του δείκτη και κατά συνέπεια βελτιώνεται η συνολική προσβασιμότητα του συγκεκριμένου κόμβου/πληθυσμού στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

Εκτενεστέρα, η ανάγκη διαχωρισμού της συνολικής προσβασιμότητας του πληθυσμού σε μέσα μεταφοράς σε άμεση και έμμεση, οδήγησε στη χρησιμοποίηση ενός δευτέρου χωρικού δείκτη (**TA**) ο οποίος υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση 2.2 καθώς παραστατικά καθορίζεται από το σχήμα 2.2.

Πρέπει να αναφερθεί ότι ο δείκτης αυτός προσαρμόστηκε σύμφωνα με το μέγιστο όριο περπατήματος όπου ένας πεζός είναι διατεθειμένος να διανύσει για να φτάσει σε μια στάση και αντιστοιχεί σε 400 μέτρα απόστασης/χρόνο των 5 λεπτών. Σαφώς, μπορεί να υποστεί τροποποιήσεις σε περιπτώσεις όπου καθοριστεί διαφορετικό το μέγιστο όριο προσβασιμότητας και περιορισμός των 400 μέτρων ή επιλεγθεί άλλη προσέγγιση υπολογισμού των αποστάσεων πέραν των δικτυακών.

**Συνολική Προσβασιμότητα (Total Accessibility) = Άμεση (Direct) + Έμμεση (Indirect)**

$$TA(\text{Total Accessibility}) = \sum_{i=0}^n P_i + \sum_{i=0}^n G_i \quad (\text{Εξίσωση 2.2})$$

$$Direct = \sum_{i=0}^n P_i \quad (\text{Εξίσωση 2.3})$$

όπου

$P_i$  = το ποσοστό (%) της συνδυαστικής συμμετοχής κάθε μέσου  $i$  στην συνολική περιοχή κάλυψης

$i$  = μέσο μαζικής μεταφοράς

εάν

$d_{ij} > 400$  μέτρα τότε  $P_i = 0$

$d_{ij}$  = δικτυακή απόσταση κόμβου  $j$  από το μέσο μεταφοράς  $i$

Παράδειγμα άμεσης προσβασιμότητας σε στάσεις Λεωφορείου και Τράμ

$$Direct_j = P_{bus} + P_{tram}$$

$$\mathbf{Indirect} = \sum_{i=0}^n \mathbf{G}_i \quad (\text{Εξίσωση 2.3})$$

όπου

$$\mathbf{G}_i = \frac{P_i}{[1 + (d_{ij} - 400) * 0,0125]^2}$$

εάν

$$d_{ij} < 400 \text{ μέτρα τότε } \mathbf{G}_i = \mathbf{0}$$

$P_i$  = το ποσοστό (%) της συνδυαστικής συμμετοχής κάθε μέσου  $i$  στην συνολική περιοχή κάλυψης [ $P_{bus}, P_{trolley}, P_{metro}, P_{tram}$ ] - Συντελεστής βαρύτητας

**Για την έμμεση προσβασιμότητα σε στάση**

$$u = \frac{d}{t} \quad u_{max} = 4.8 \text{ km/h} \quad \text{όπου αντιστοιχεί σε 5 λεπτά/400 μετρά}$$

$$u_{max} = \frac{d_{ij} - d_{\acute{\alpha}\mu\epsilon\sigma\eta}}{t_{transit}} \rightarrow t_{transit} = \frac{d_{ij} - d_{\acute{\alpha}\mu\epsilon\sigma\eta}}{u_{max}} = \frac{d_{ij} - d_{\acute{\alpha}\mu\epsilon\sigma\eta}}{\frac{400}{5}}$$

$$\text{time to transit } (t_{transit}) = \frac{(d_{ij} - 320) * 5}{400} \rightarrow (d_{ij} - 320) * 0,0125$$

ή

$$\text{time to transit } (t_{transit}) = 1 + \frac{(d_{ij} - 400) * 5}{400} \rightarrow 1 + (d_{ij} - 400) * 0,0125$$

$d_i - 320$  και όχι  $d_i - 400$  γιατί 80 μέτρα είναι το περπάτημα σε 1 λεπτό και γι' αυτό θέτω ότι όλες οι τιμές θα είναι  $> 1$  λεπτό

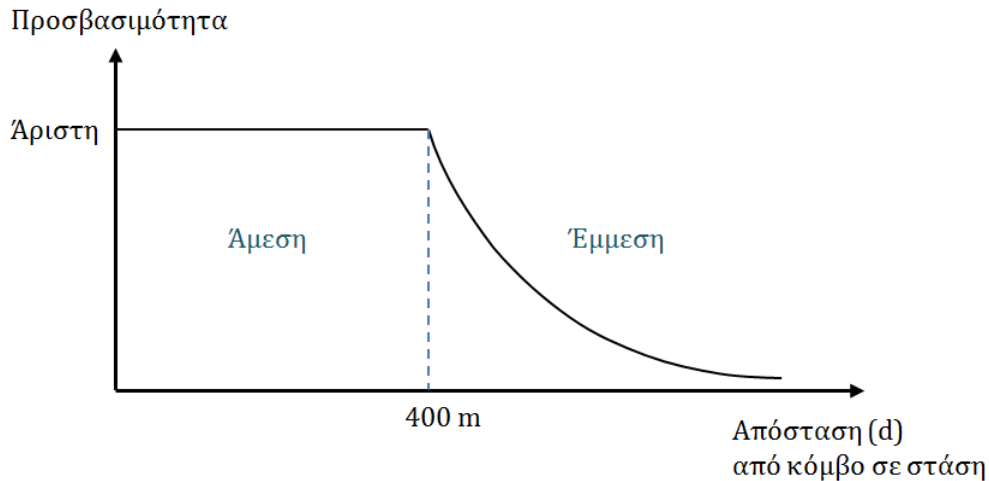
διαφορετικά  $1 + (d_i - 400)$

και λόγο εκθετικού χαρακτήρα ο

$$\text{δείκτης φθοράς Χρόνου/Αποστασης} = \frac{1}{t^2} = \frac{1}{[1 + (d_{ij} - 400) * 0,0125]^2}$$

Παράδειγμα έμμεσης προσβασιμότητας σε στάση Λεωφορείου

$$\mathbf{Indirect Bus} = P_{bus} * \frac{1}{[1 + (d_{bus} - 400) * 0,0125]^2}$$



Σχήμα 2.2: Διάγραμμα προσδιορισμού Άμεσης και Έμμεσης Προσβασιμότητας

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2, η προσβασιμότητα είναι άριστη και δεν αλλάζει εντός της δικτυακής απόστασης των 400 μέτρων από μια στάση MMM και που μεταφράζεται σε χρόνο 5 λεπτών πεζής διαδρομής (άμεση προσβασιμότητα). Για την ακρίβεια ο δείκτης της άμεσης προσβασιμότητας καθορίζεται από το ποσοστό της συνδυαστικής συμμετοχής κάθε μέσου στην συνολική περιοχή κάλυψης.

Σαφώς και για μεγαλύτερες αποστάσεις υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης σε στάσεις, με αντίτιμο όμως την κατανάλωση μεγαλύτερου του «οριοθετημένου» χρόνου των 5 λεπτών (έμμεση προσβασιμότητα). Η επιπρόσθετη απόσταση βαδίσματος μπορεί να μετατραπεί σε ακριβή χρόνο ξέροντας την μέση ταχύτητα βαδίσματος. Συνεπώς, η έμμεση προσβασιμότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη του **ελάχιστου επιπλέον χρόνου** που χρειάζεται κάποιος για να έχει άμεση προσβασιμότητα, δηλαδή να φτάσει στα 400 μέτρα δικτυακής απόστασης από την υπό εξέταση στάση. Η εξάρτηση, όπως προτείνεται και στην μελέτη των El-Geneidy και Levinson (2006), έχει εκθετικό χαρακτήρα για να δείξει την μεγάλη φθοράς της απόστασης/χρόνου μετά το όριο των 400 μέτρων/5 λεπτών και παίρνει τιμές μικρότερες της άριστης προσβασιμότητας και μεγαλύτερες του 0.

Ο συγκεκριμένος δείκτης παρουσιάζει κοινά σημεία με το μοντέλο βαρύτητας του Hansen (1959), όπου τα σημεία ελκυστικότητας είναι οι δραστηριότητες ή οι ευκαιρίες στις περιοχές μελέτης και ο όρος απόσταση, είναι η χωρική αντίσταση του ταξιδιού που είναι απαραίτητη για την πρόσβασή τους. Η διαφοροποίηση του πιο πάνω δείκτη συνολικής προσβασιμότητας είναι ότι δίνεται βαρύτητα όχι μόνο στο σύνολο του πληθυσμού που εξυπηρετείτε σε μια λογική απόσταση περπατήματος σε στάση –

άμεση προσβασιμότητα, αλλά και στον επιμέρους πληθυσμό, με μια έμμεση προσβασιμότητα σε στάσεις.

Τέλος, ο υπολογισμός του παραπάνω δείκτη (TA) αποτελεί την σταθερή μεταβλητή για την ταξινομική ανάλυση στο **τελευταίο στάδιο** του μεθοδολογικού πλαισίου στο οποίο γίνεται χωροθετική αξιολόγηση και προσδιορισμός ενός πληθυσμιακού προφίλ στην περιοχή μελέτης σύμφωνα με την προσβασιμότητα του. Επιπλέον, για την υλοποίηση της διαδικασίας αυτής γίνεται καθορισμός των μεταβλητών – δημογραφικά χαρακτηριστικά, που θα τεθούν υπόψη κατά την ομαδοποίηση. Η διαδικασία αυτή απαιτεί τη χρήση κατάλληλων μεθόδων, τεχνικών και εργαλείων τα οποία παρουσιάζονται στο κεφάλαιο που ακολουθεί.

### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Το κεφάλαιο αυτό έχει ως στόχο την απόδοση της διάστασης στις τεχνικές και μεθόδους που επιλέχτηκαν για την ανάλυση και επίτευξη του μεθοδολογικού πλαισίου. Πέραν της χωρικής ανάλυσης και των τεχνικών της που είναι το κλειδί για την επίτευξη του στόχου της εργασίας αυτής, παρακάτω γίνεται αναφορά στις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της προσβασιμότητας καθώς ενσωματώνονται στο προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο και περιλαμβάνουν την ανάλυση δικτύων και την ταξινομική ανάλυση. Επίσης αναφορά γίνεται και στα γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (ΓΣΠ), τα οποία συντείνουν σημαντικά στην προσαρμογή και οργάνωση των δεδομένων, καθώς και στην οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων.

#### 3.1. ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η Χωρική Ανάλυση (*Spatial Analysis*) περιλαμβάνει ένα σύνολο από ποσοτικές μεθόδους και τεχνικές που μελετούν χωρικές οντότητες και φαινόμενα χρησιμοποιώντας τις τοπολογικές, γεωμετρικές, ή γεωγραφικές ιδιότητές τους με βασικό της ρόλο τη τροφοδότηση της διαδικασίας του χωρικού σχεδιασμού (Φώτης, 2009).

Τα βασικά ζητήματα που εξετάζονται στη χωρική ανάλυση είναι η *Θέση* που ουσιαστικά σχετίζεται με την υπάρχουσα γεωγραφική κατανομή φαινομένων, δραστηριοτήτων ή πληθυσμών και θέτει τα αναγκαία ερωτήματα για την εξήγηση της κατανομής αυτής και η *Χωρική Οργάνωση* που αποτελεί ένα πιο σύνθετο ζήτημα όπου εξετάζονται περισσότερο του ενός αντικείμενα και κυρίως οι σχέσεις που τα συνδέουν με σκοπό πάντα την εξήγηση της υπάρχουσας κατάστασης στο χώρο. Συγκεκριμένα η χωρική ανάλυση εστιάζει την προσοχή της στις χωροθετήσεις και κατανομές φαινομένων, στις σχέσεις ανθρώπων και αγαθών, στις εξυπηρετήσεις-λειτουργίες ανάμεσα στις περιφέρειες, στις χωρικές διευθετήσεις, στη χωρική δομή και οργάνωση και στην εξέλιξη του χώρου (Κουτσόπουλος, 1990).

Είναι συνηθισμένο, η περιγραφή (περιγραφική στατιστική) χωρικών μεταβλητών, δηλαδή μεταβλητών που αναφέρονται στον χώρο και η κατανομή τους διαφέρει από θέση σε θέση, να γίνεται με *μη χωρικούς δείκτες* ενώ έχουν τεκμηριωθεί βιβλιογραφικά μία σειρά από χωρικούς δείκτες (αναφέρονται και ως γεωστατικούς δείκτες) που προσφέρονται για την περιγραφή και ανάλυση χωρικών κατανομών. Οι γεωστατικοί

δείκτες αποτελούνται από έναν αριθμό μετρήσεων και δεικτών για την περιγραφή και ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων, που ορίζονται σαν σημεία, γραμμές και επιφάνειες σ' ένα χωρικό σύστημα (Κουτσόπουλος, 1990).

Οι μη χωρικοί δείκτες (αριθμητικός μέσος όρος, σταθερή απόκλιση, κλπ.) είναι δείκτες της κατανομής δεδομένων σε μία μόνο διάσταση. Η χωρική στατιστική περιγράφει με αριθμητικό και συγκεντρωτικό τρόπο μια ποικιλία χωρικών τύπων που αφορούν χωρικά φαινόμενα και τις κατανομές τους. Η εφαρμογή των διαθέσιμων τεχνικών καθορίζεται από την κλίμακα των αναπαριστώμενων χωρικά δεδομένων: ποιοτική, ιεραρχική, ποσοτική και αριθμητική. Οι διαθέσιμες τεχνικές, ουσιαστικά, ομαδοποιούνται σε τρεις διακριτές κατηγορίες: **κεντρογραφικές τεχνικές, ανάλυση τύπου σημείων και μετρήσεις χωρικών επιφανειών** (Shaw και Wheeler, 1985). Στη παρούσα εργασία γίνεται χρήση κεντρογραφικών τεχνικών με αριθμητικές μεταβλητές και συγκεκριμένα του χωρικό μέσου χωρίς βάρη.

Οι κεντρογραφικές τεχνικές ή δείκτες χωρικής κεντρικότητας είναι επέκταση και εφαρμογή της περιγραφικής στατιστικής σε δεδομένα που αναφέρονται τον δυσδιάστατο χώρο. Σαν δείκτες χωρικής κεντρικότητας αναφέρονται ο χωρικός μέσος, ο χωρικός διάμεσος και η χωρική κορυφή οι οποίοι αντιστοιχούν ακριβώς στους δείκτες των μονο-μεταβλητών (*univariable*) κατανομών (Shaw και Wheeler, 1985).

Το μέσο κέντρο (αριθμητικός χωρικός μέσος) χρησιμοποιείται συνήθως για την συνοπτική περιγραφή χωρικών κατανομών είτε διαφόρων τύπων σημείων είτε δεδομένων που αναπαρίστανται σε χάρτες μέσω αθροιστικών κατανομών. Ιδιαίτερη σημασία (φυσική και ποιοτική) παρουσιάζει η διαχρονική μεταβολή του.

Ο υπολογισμός του μέσου κέντρου, στηρίζεται στον υπολογισμό των μέσων συντεταγμένων του κάθε διακριτού σημείου της υπόψη σημειακής κατανομής σύμφωνα με τους πιο κάτω τύπους (Shaw και Wheeler, 1985). Αυτός ο χωρίς «**βάρος**» δι-μεταβλητός μέσος συνήθως αποκαλείται **κεντροειδής**.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad (\text{Εξίσωση 3.1.})$$

όπου

$\bar{X}$  και  $\bar{Y}$  οι συντεταγμένες του μέσου κέντρου,

$X_i$  και  $Y_i$  οι συντεταγμένες των διακριτών σημείων και  $n$  ο αριθμός των σημείων.



Η χωρική ανάλυση διαθέτει πολλά εργαλεία τα οποία έχουν ως σκοπό την μελέτη και την επίλυση προβλημάτων και αναγκών που εμφανίζονται καθημερινά τόσο στο αστικό όσο και στο υπαίθριο χώρο, χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους και υποδείγματα, όπως ζητήματα χωροθέτησης λειτουργιών, σημειακών προτύπων κ.α.

### 3.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ

Οι καθιερωμένες λειτουργίες των ΓΣΠ, όπως η κατασκευή ερωτημάτων (*query*), η γεωκωδικοποίηση (*geocoding*), η δημιουργία περιοχών επιρροής (*buffer zone*), η αλληλεπίθεση επιπέδων (*overlay*) κ.α. χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό από τις διάφορες εφαρμογές των ΓΣΠ-Μ. Ωστόσο, στον σχεδιασμό μεταφορών όπως και στα περισσότερα επιστημονικά πεδία, έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερες μέθοδοι και τεχνικές ανάλυσης όπου έχουν ήδη ενσωματωθεί στα γενικά εμπορικά ΓΣΠ, όπου μια εξ αυτών είναι η ανάλυση δικτύων (Rodrigue, 2013).

Η ανάλυση δικτύων (*Network Analysis*) περιλαμβάνει μια σειρά μεθόδων και τεχνικών, που βασίζονται στην θεωρία των γράφων και τα μοντέλα δεδομένων δικτύων, οι οποίες βρίσκουν εφαρμογή στην μελέτη και ανάλυση πραγματικών δικτύων μεταφορών. Η θεωρία των γράφων (*graph theory*) έχει αναπτύξει μια τυπολογική και μαθηματική αναπαράσταση της φύσης και της δομής των δικτύων μεταφορών. Η θεωρία αυτή είναι δυνατόν να επεκταθεί, ώστε να επιτρέπει την πλήρη ανάλυση πραγματικών δικτύων μεταφορών, τα οποία κωδικοποιούνται σε σύστημα πληροφοριών. Η ψηφιακή αναπαράσταση των δικτύων είναι ιδιαίτερος σύνθετη, καθώς τα δεδομένα για τις μεταφορές αφορούν διάφορα συστήματα μεταφορών, εμπλέκουν πολλούς τοπικούς, εθνικούς ή διεθνείς περιορισμούς και προσεγγίζονται από διαφορετικές οπτικές γωνίες χρηστών των συστημάτων (Miller και Shaw, 2001).

Η ανάλυση δικτύων έχει μια ισχυρή θεωρητική βάση στις μαθηματικές πειθαρχίες της θεωρίας και της τοπολογίας γραφικών παραστάσεων καθώς οι έμφυτες τοπολογικές σχέσεις στα δίκτυα είναι που οδήγησαν στις επαναστατικές προόδους των ΓΣΠ. Τα δίκτυα μπορούν να αντιπροσωπεύσουν ένα εναλλακτικό στοιχείο της γεο-θέσης στα πλαίσια της γραμμικής παραπομπής (*linear referencing*) και να υποστηρίξουν ένα σύνολο εργαλείων για τη γραφική αναπαράσταση γνωστή ως δυναμική κατάτμηση (Curtin, 2007). Μερικά από τα προβλήματα ανάλυσης δικτύων, παρουσιάζονται παρακάτω.

### 3.2.1. ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ

Υπάρχουν διάφορες πρόοδοι στην ανάλυση δικτύων όπου με βάση την θεωρία των γράφων και με την βοήθεια της κωδικοποίησης των δικτύων που προσφέρουν τα μοντέλα δεδομένων δικτύων, γίνεται εφαρμογή συγκεκριμένων λογιστικών αλγόριθμων δικτύου που έχουν την δυνατότητα να επιλύσουν μία σειρά από προβλήματα που συναντώνται ευρύτατα στον τομέα των μεταφορών. Οι δυο βασικές κατηγορίες προβλημάτων παρουσιάζονται ως **προβλήματα σχεδιασμού δικτύων** και **προβλήματα θέσης δικτύων**. Στα ακόλουθα περιγράφονται ορισμένα από τα πιο βασικά προβλήματα της μιας έκτον δυο κατηγοριών και που εκτενεστέρα χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αυτή.

#### Προβλήματα σχεδιασμού δικτύων

Στα προβλήματα σχεδιασμού δικτύων (*Network Design Problems*) υπάρχουν δυο θεμελιώδεις διαδικασίες που μπορούν να καθοριστούν με βάση την πολυπλοκότητα τους και αυτές είναι η **επιλογή της διαδρομής** (*routing problem – route selection*) και η **δρομολόγηση των οχημάτων** (*vehicle routing problem*).

Η δρομολόγηση είναι η πράξη της επιλογής μιας πορείας του ταξιδιού και είναι αναμφισβήτητα η πιο θεμελιώδης λογιστική λειτουργία στην ανάλυση δικτύων. Η επιλογή της σύνδεσης μιας θέσης με μια άλλη αποτελεί μέρος του γενικότερου προβλήματος της επιλογής διαδρομής, που προσαρμόζεται σε συγκεκριμένους περιορισμούς. Παρά το γεγονός ότι η επιλογή διαδρομής διαφέρει ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο μεταφορικό μέσο, οι γενικές αρχές παραμένουν ίδιες. Στην πιο απλή της μορφή, η επιλογή της διαδρομής (R) πρέπει να ακολουθεί δύο γενικούς περιορισμούς και να τίθεται ο στόχος της εύρεσης εκείνης της διαδρομής η οποία ελαχιστοποιεί το κόστος (C) και μεγιστοποιεί την αποδοτικότητα (E) (Rodrigue, 2009). Το κόστος μπορεί να καθοριστεί και να μετρηθεί από πολλές απόψεις, αλλά συχνά είναι μια λειτουργία της απόστασης, του χρόνου ή της σύνθετης αντίστασης στο πέρασμα του δικτύου.

$$\mathbf{R} = \mathbf{f} (\min C : \max E)$$

**A.** Η πιο απλή περίπτωση επιλογής διαδρομής είναι η **εύρεση της συντομότερης διαδρομής** (*shortest path selection*) ή ελαχίστου κόστους διαδρομής. Πρόκειται για τον

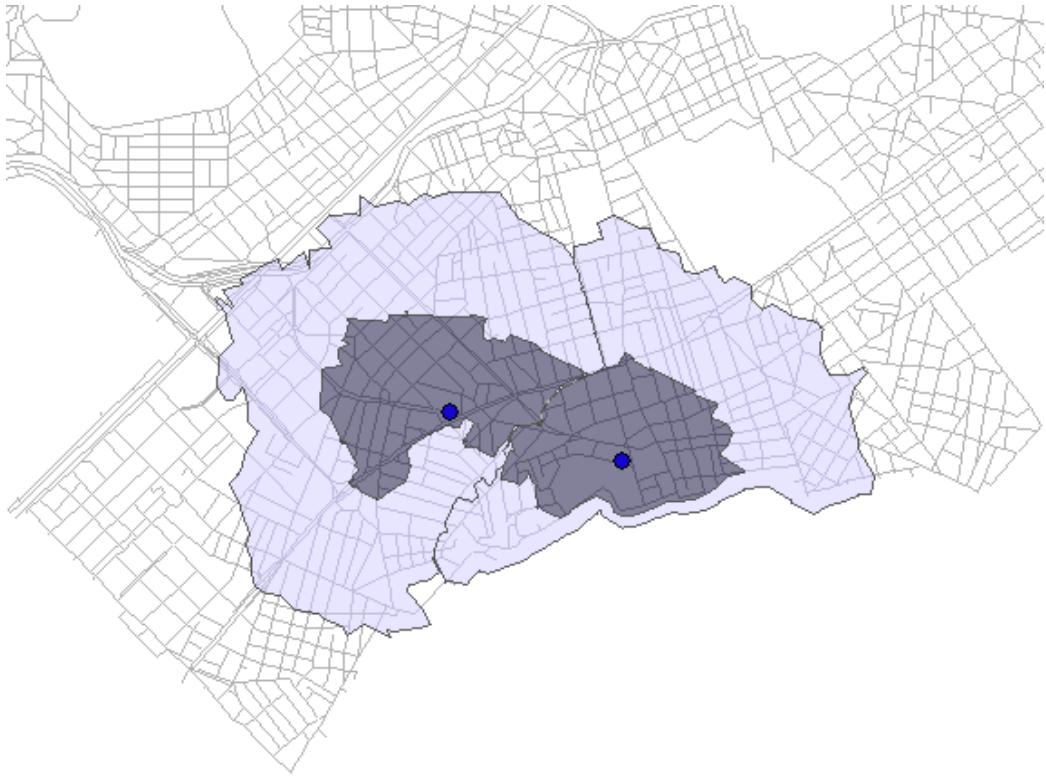
εντοπισμό της διαδρομής με το συντομότερο μήκος ή χρόνο, για την επίσκεψη μιας προκαθορισμένης σειράς από θέσεις. Το πρόβλημα αυτό είναι π.χ. χρήσιμο για οχήματα έκτακτης ανάγκης που πρέπει να φτάσουν στον τόπο συμβάντων (με προκαθορισμένη σειρά) κατά το δυνατόν γρηγορότερα, ακολουθώντας μια διαδρομή ελαχίστου χρόνου μέσα από το οδικό δίκτυο της πόλης.

Ως γενίκευση του προβλήματος της εύρεσης της συντομότερης διαδρομής ανάμεσα σε δύο θέσεις, μπορεί να θεωρηθεί και το **πρόβλημα επιλογής του πλησιέστερου σημείου εξυπηρέτησης** (*closest facility problem*). Στην περίπτωση αυτή, είναι γνωστό το ένα άκρο της διαδρομής, αλλά για το δεύτερο υπάρχει μια σειρά από υποψήφιες θέσεις, από τις οποίες επιλέγεται το πλησιέστερο (με το ελάχιστο κόστος διαδρομής) σημείο εξυπηρέτησης για κάθε περιστατικό. Εκτός από το πλησιέστερο σημείο εξυπηρέτησης προκύπτει και η αντίστοιχη διαδρομή ελαχίστου κόστους από το περιστατικό προς το σημείο εξυπηρέτησης ή αντίστροφα.

Σε ορισμένες περιπτώσεις αναλύσεων, είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε τα τμήματα ενός δικτύου που είναι δυνατόν να εξυπηρετηθούν από ένα κέντρο, με ένα όριο μέγιστου κόστους διαδρομής. Σ' αυτές τις αναλύσεις, που επίσης πρόκειται για μια γενίκευση της συντομότερης διαδρομής, υπάγεται το **πρόβλημα προσδιορισμού της περιοχής εξυπηρέτησης** (*service area problem*), με το οποίο δημιουργείται μια ζώνη γύρω από το κέντρο που καλείται και σημείο εξυπηρέτησης, με τρόπο ώστε για όλα τα τμήματα του δικτύου εντός της ζώνης, το κόστος διαδρομής προς το σημείο εξυπηρέτησης να είναι μικρότερο του μέγιστου. Στην πλήρη μορφή του προβλήματος, μπορούν να υπάρχουν περισσότερα του ενός σημεία εξυπηρέτησης, τα οποία να λειτουργούν συμπληρωματικά ή ανταγωνιστικά.

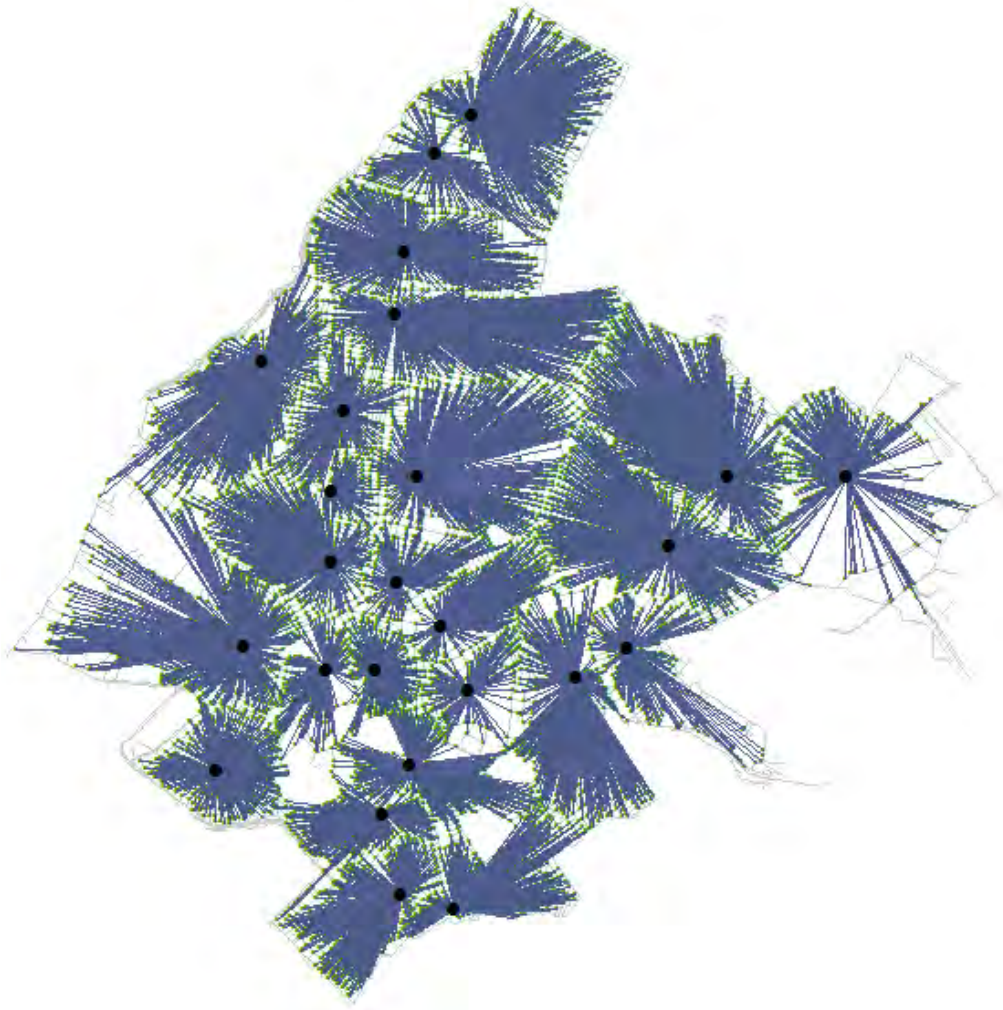
Αυτή η προσέγγιση κατά την εξέταση της προσβασιμότητας, χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι η προσέλκυση ατόμων στους σταθμούς ή στάσεις στις πόλεις είναι συχνά περιορισμένη στις οδούς και τις διαβάσεις. Επομένως, μια αναζήτηση σε ένα οδικό δίκτυο μπορεί να δώσει πιο ρεαλιστικές περιοχές προσέλκυσης πληθυσμού. Συγκεκριμένα, η περιοχή εξυπηρέτησης υπολογίζει την επιρροή με τον καθορισμό ενός σημείου σε κάθε κλάδο του δικτύου ως μια αντίσταση κάθε σύνδεσης και με παρεμβολή αυτών των σημείων που ανήκουν σε κάθε κλάδο δημιουργείται ένα πολύγωνο. Στη διαμόρφωση όμως των περιοχών εξυπηρέτησης, η έννοια του οδικού δικτύου ως μεταβλητή καθορισμού της περιοχής διαφοροποιείται βάσει του χρόνου που χρειάζεται να διανυθεί κάθε απόσταση και η οποία εξαρτάται από τον καθορισμό του

προβλήματος. Έτσι προκύπτει χρονικό κόστος που απαιτείται ώστε να μπορέσει να μετακινηθεί κάποιος από ένα σημείου εξυπηρέτησης στον άλλο.



Εικόνα 3.1: Παράδειγμα υπολογισμού περιοχών εξυπηρέτησης (Δίκτυο Πεζών). Πηγή: Επεξεργασία με τη χρήση της επέκτασης Network Analyst του λογισμικού ArcGIS 10.1.

Τέλος, μια παρόμοια ανάλυση της επιλογής του πλησιέστερου σημείου εξυπηρέτησης και ανεύρεσης των συντομότερων αποστάσεων ελάχιστου κόστους κατά μήκος του δικτύου από πολλές προελεύσεις σε πολλούς προορισμούς, είναι το **πρόβλημα Προέλευσης - Προορισμού** (*Origin - Destination cost matrix*) στο οποίο ορίζεται ως ένας πίνακας όλων των κοντύτερων αποστάσεων μεταξύ των προελεύσεων και των προορισμών. Ακόμα και αν κατά την αναπαράσταση του αποτελέσματος παρουσιάζονται ευθείες γραμμές στο πίνακα των αποτελεσμάτων απεικονίζονται τιμές των υπολογισμένων αποστάσεων δικτύου. (Rodrigue, 2009).



Εικόνα 3.2: Παράδειγμα υπολογισμού ανεύρεσης των συντομότερων αποστάσεων ελάχιστου κόστους από πολλές προελεύσεις σε πολλούς προορισμούς. Πηγή: Επεξεργασία με τη χρήση της επέκτασης Network Analyst του λογισμικού ArcGIS 10.1.

**B.** Υπάρχουν, πολλά σημαντικά προβλήματα σχεδιασμού δικτύων που είναι πολύ δύσκολο να λυθούν λόγω της συνδυαστικής πολυπλοκότητάς τους. Ένα κλασικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει η ανάλυση δικτύων, εύκολο στην διατύπωση του και ιδιαίτερος δύσκολο στην επίλυση του είναι το **πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή** (*travelling salesman problem*). Συνίσταται στη επιλογή της διαδρομής με το ελάχιστο κόστος η οποία συνδέει ένα σύνολο κόμβων, ώστε σε κάθε κόμβο να γίνεται ακριβώς μία επίσκεψη. Η διαδρομή αρχίζει και τελειώνει σε συγκεκριμένες θέσεις που καλούνται τερματικοί σταθμοί (Fisher, 1995).

Το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή είναι δυνατόν να γενικευτεί με διάφορους τρόπους, ώστε να ανταποκρίνεται καλύτερα σε πραγματικά προβλήματα. Συχνά η γενίκευση συνίσταται στην ύπαρξη περισσότερων του ενός οχημάτων. Στις περιπτώσεις

αυτές η διαίρεση των στάσεων σε ομάδες που θα εξυπηρετηθούν από κάθε όχημα αποτελεί μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους (Longley, 2001).

Μία από τις γενικεύσεις του προβλήματος του πλανόδιου πωλητή οδηγεί και στο πρόβλημα που είναι γνωστό ως **πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων** (*vehicle routing problem*). Σε αυτό, ένας προκαθορισμένος αριθμός οχημάτων πρέπει να δρομολογηθεί για να εξυπηρετήσει έναν αριθμό σημείων ζήτησης, με τρόπο ώστε να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος μεταφοράς και να μην παραβιαστεί η χωρητικότητα των οχημάτων. Τα οχήματα ξεκινούν και τελειώνουν το δρομολόγιο τους σε συγκεκριμένη θέση που καλείται τερματικός σταθμός (Fischer, 2003).

Με τον συνδυασμό των μοντέλων δεδομένων δικτύων και των τεχνικών της ανάλυσης δικτύων, μπορούν να επιλυθούν πραγματικά προβλήματα με μεγάλη λεπτομέρεια. Οι μεταβλητές των αποστάσεων υπολογίζονται επί δικτύων που προσομοιώνουν τα πραγματικά δίκτυα μεταφορών και λαμβάνονται υπόψη και οι κατευθύνσεις των οδών, οι επιτρεπόμενες στροφές, η κυκλοφοριακή φόρτιση κάθε στοιχείου του δικτύου κ.α.

### 3.3. ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η ταξινομική ανάλυση (*Cluster analysis*), είναι μια στατιστική τεχνική επεξεργασίας δεδομένων και μεταβλητών αναλύσεων η οποία εξετάζει περιπτώσεις δημιουργίας ομάδων από ένα σύνολο παρατηρήσεων, βάσει ορισμένων κοινών χαρακτηριστικών. Η ταξινόμηση αποτελεί μια εύχρηστη μέθοδο οργάνωσης πληθώρας δεδομένων με τρόπο ώστε να διευκολύνεται η εξαγωγή πληροφορίας. Συγκεκριμένα, η ταξινομική ανάλυση περιγράφεται από ένα σύνολο τεχνικών που στοχεύουν στη δημιουργία ομοιογενών συστοιχιών, για τις οποίες ελαχιστοποιείται η εσωτερική διακύμανση και μεγιστοποιείται η εξωτερική, με έμφαση στις αποστάσεις μεταξύ των παρατηρήσεων (Brian, 2011). Οι ομάδες που διαμορφώνονται πρέπει να έχουν έναν υψηλό βαθμό ένωσης μεταξύ των μελών της ίδιας ομάδας και έναν χαμηλό βαθμό μεταξύ των μελών των διαφορετικών ομάδων. Ανάλογα με τη διαδικασία προσδιορισμού τους οι μέθοδοι της ταξινομικής ανάλυσης χωρίζονται επιπλέον σε **ιεραρχικές** (*agglomerative ή hierarchical methods*) και **διαχωριστικές** (*nonagglomerative ή divisive methods*).

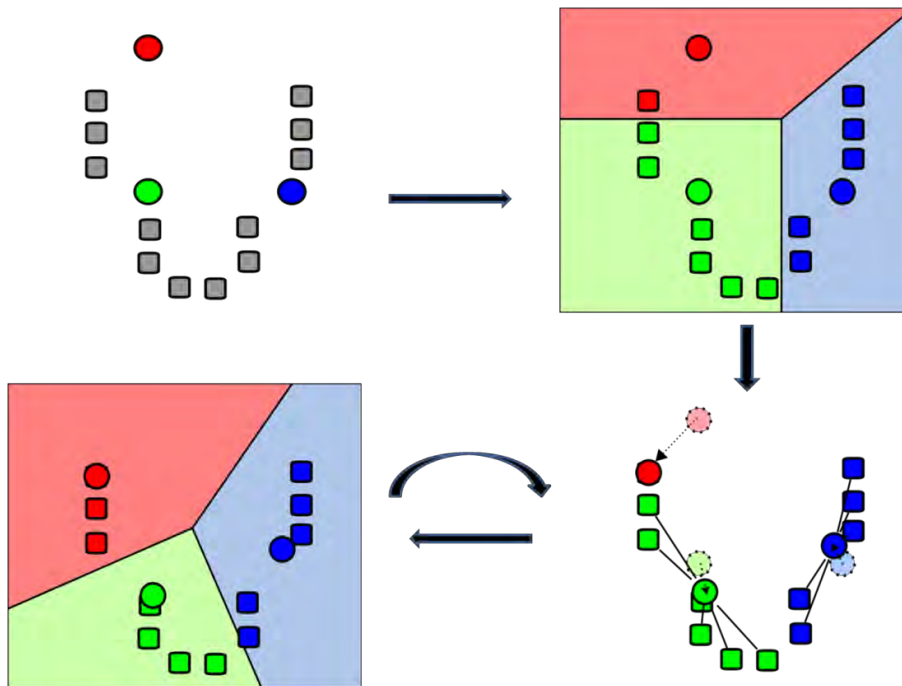
Οι ιεραρχικές ξεκινούν από έναν αριθμό ομάδων ίσο με τον αριθμό των προς ομαδοποίηση περιπτώσεων και ενώνοντας κάθε φορά τις πλησιέστερες ομάδες, καταλήγουν στη δημιουργία μίας ομάδας με όλες τις περιπτώσεις. Η επιλογή του

τελικού αριθμού ομάδων γίνεται με τομή στο επιθυμητό σημείο του παραγόμενου δένδρογράμματος όπου φαίνονται οι διαδοχικές συνενώσεις. Συνοπτικά, κάθε παρατήρηση θεωρείται μεμονωμένη συστοιχία, ‘ελκύνοντας’ τις πλησιέστερες μέχρι να μείνει μία, η οποία περικλείει το σύνολό τους.

Οι διαχωριστικές μέθοδοι λειτουργούν με διαφορετική λογική από τις ιεραρχικές. Ο αριθμός των ομάδων δίνεται εξ’ αρχής καθώς και η συμμετοχή κάθε περίπτωση. Στη συνέχεια, κάθε περίπτωση εκχωρείται εκ νέου σε μια ομάδα σύμφωνα με το πλησιέστερο κεντροειδές. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρις ότου κάθε περίπτωση ανήκει πραγματικά στην ομάδα με το πλησιέστερο προς αυτή κεντροειδές (Rogerson, 2001). Συνοπτικά, το σύνολο των παρατηρήσεων αποτελεί μια συστοιχία από την οποία ξεχωρίζει η πιο απομακρυσμένη, δημιουργώντας παράλληλα μια νέα συστοιχία. Στις διαχωριστικές ανήκει και η μέθοδος ομαδοποίησης **K-Means Cluster Analysis** που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία. Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος είναι από τους πιο πολυεφαρμοσμένους και είναι η ρίζα για πολλούς άλλους. Ανήκει στην κατηγορία της επίπεδης συσταδοποίησης διότι παράγει ένα σύνολο συσταδοποιήσεων χωρίς να έχουν καμία ιδιαίτερη δομή-σχέση μεταξύ τους. Ο αλγόριθμος έχει ως στόχο την βελτιστοποίηση μίας συνάρτησης – της συνάρτησης κόστους.

Αρχικά καθορίζονται K-ομάδες, με την κάθε ομάδα να αντιπροσωπεύεται από το μέσο διάνυσμα, δηλαδή υπολογίζονται οι μέσοι όροι όλων των μεταβλητών για κάθε ομάδα. Η μέτρηση των αποστάσεων μεταξύ των περιπτώσεων κάθε ομάδας γίνεται συνήθως με την χρήση της ευκλείδειας απόστασης. Κατόπιν, για κάθε περίπτωση (μονάδα του στατιστικού πληθυσμού) υπολογίζεται το τετράγωνο της ευκλείδειας απόστασης από το μέσο όρο της ομάδας. Οι αποκλίσεις αυτές αθροίζονται για το σύνολο των περιπτώσεων. Κατά την φάση της ενημέρωσης, υπολογίζονται ξανά τα μέσα διανύσματα. Στον υπολογισμό των νέων μέσων διανυσμάτων, συνεισφέρει το αντίστοιχο σύνολο διανυσμάτων που υπολογίστηκε κατά το παραπάνω βήμα.

Ο αλγόριθμος ολοκληρώνεται όταν οι ενημερώσεις που γίνονται σε κάθε μέσο διάνυσμα είναι αμελητέες. Σημαντικό σημείο του αλγορίθμου είναι η αρχικοποίηση των K-διανυσμάτων. Η χρονική πολυπλοκότητα του αλγορίθμου είναι ο αριθμός των επαναλήψεων που πρέπει να τρέξει ο αλγόριθμος για να τερματίσει (Hamerly και Elkan, 2002). Με την πιο κάτω εικόνα δίνει ο τρόπος λειτουργίας της K-Means Cluster Analysis.



Εικόνα 3.3: Τρόπος λειτουργίας της K-Means Cluster Analysis. Πηγή: Hamerly & Elkan, 2002.

Σύμφωνα με την πιο πάνω εικόνα, στο πρώτο στάδιο τα τρία κέντρα των Clusters επιλέγονται τυχαία. Στο επόμενο στάδιο τα αντικείμενα ανατίθενται στο Cluster με το κοντινότερο κεντροειδές. Ακολούθως τα κέντρα των Clusters επανυπολογίζονται βάσει των αντικειμένων που τους ανατέθηκαν και μετέπειτα τα αντικείμενα επανατίθενται με τον ίδιο τρόπο, μέχρι που οι προκύπτουσες αλλαγές να είναι αμελητέες.

#### 3.4. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Τις τελευταίες δεκαετίες η διαδικασία υπολογισμού και εφαρμογής μεθόδων και τεχνικών χωρικής ανάλυσης επιτυγχάνεται με την χρήση συστημάτων τα οποία κάνουν πολύπλοκες αναλύσεις καθώς δίνουν τη δυνατότητα στην δημιουργία ποιοτικών χαρτών. Τέτοια συστήματα είναι τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, τα οποία είναι μια ειδική περίπτωση πληροφοριακού συστήματος, όπου η πληροφοριακή βάση αποτελείται από παρατηρήσεις για χωρικά καταναμημένα χαρακτηριστικά, δραστηριότητες ή γεγονότα που καθορίζονται στο χώρο ως σημεία, γραμμές ή επιφάνειες (Κουτσόπουλος, 1990).

Οι δυνατότητες που παρέχουν τα ΓΣΠ όπως η συλλογή, διαχείριση, αποθήκευση, ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων καθώς και απεικόνιση/οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων σε περιβάλλον ενός πληροφοριακού συστήματος, είναι πλέον



αναγνωρισμένες σε πολλούς επιστημονικούς τομείς. Ο συνδυασμός πλούσιας βάσης περιγραφικών δεδομένων με αντικείμενα πλήρως καθορισμένα ως προς τις χωρικές τους ιδιότητες αποτελεί ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των ΓΣΠ που βρίσκει ιδιαίτερη απήχηση στο χώρο των μεταφορών.

### 3.4.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

Ανάμεσα στο ευρύ φάσμα των εφαρμογών που εξειδικεύονται από τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και έχει δεχτεί μεγάλο ενδιαφέρον, είναι ο σχεδιασμός των μεταφορών. Τα ΓΣΠ έχουν χρησιμοποιηθεί συνήθως για τον αποκαλούμενο ‘ενισχυτικό στόχο’ και έχουν διαδραματίσει έναν κεντρικό ρόλο στα πρότυπα μεταφορών. Ο ορός γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών για τις μεταφορές ( ΓΣΠ-Μ) σύμφωνα με τους Miller και Shaw (2001) αναφέρεται στις αρχές και τις εφαρμογές με τις οποίες οι τεχνολογίες της γεωγραφικής πληροφορίας αξιοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων του τομέα των μεταφορών. Ακόμα, τα ΓΣΠ-Μ παρέχουν χρήσιμα εργαλεία για να διαχειριστούν τις τρέχουσες προκλήσεις των μεταφορών.

Η έρευνα στον τομέα των ΓΣΠ-Μ προσεγγίζονται από δύο διαφορετικές αλλά αλληλένδετες κατευθύνσεις. Η πρώτη κατεύθυνση εστιάζει στην γενική ανάπτυξη και βελτίωση των ΓΣΠ, προκειμένου να ικανοποιούν τις ανάγκες των εφαρμογών του τομέα των μεταφορών καθώς η δεύτερη κατεύθυνση αναζητά τους τρόπους με τους οποίους οι υπάρχουσες σήμερα εφαρμογές ΓΣΠ είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν ώστε να διευκολύνουν και να βελτιώσουν τις μελέτες μεταφορών (Shaw, 2002).

Για να χρησιμοποιηθεί ένα ΓΣΠ στην επίλυση πραγματικών προβλημάτων είναι απαραίτητο τα δεδομένα να αναπαρασταθούν κατάλληλα σε ένα ψηφιακό υπολογιστικό περιβάλλον. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των ΓΣΠ είναι η δυνατότητα τους να ενσωματώνουν χωρική και περιγραφική πληροφορία, με στόχο να ικανοποιούν τις ανάγκες της χωρικής και μη ανάλυσης και της απεικόνισης δεδομένων και αποτελεσμάτων. Κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα δεδομένων για την χρήση τους στα ΓΣΠ. Οι δύο βασικές προσεγγίσεις αναπαράστασης των γεωγραφικών δεδομένων είναι το διανυσματικό μοντέλο (*vector*) ή μοντέλο αντικειμένων (*object-based*) και το ψηφιδωτό μοντέλο (*raster*) ή μοντέλο πεδίων (*field-based*).

- Στο **διανυσματικό μοντέλο** ή μοντέλο αντικειμένων γίνεται η θεώρηση ότι ο γεωγραφικός χώρος καταλαμβάνεται από διακριτά και αναγνωρίσιμα

αντικείμενα. Οι διάφορες οντότητες συχνά αναπαρίστανται ως σημεία, γραμμές και πολύγωνα.

- Στο **ψηφιδωτό μοντέλο** ή μοντέλο πεδίων, ο γεωγραφικός χώρος θεωρείται ότι καταλαμβάνεται από χαρακτηριστικά του πραγματικού κόσμου, τα οποία μεταβάλλονται συνεχώς από θέση σε θέση. Ο χώρος συχνά αναπαριστάται με κανονικές ψηφίδες (π.χ. τετραγωνικός κάρναβος) ή μη κανονικές ψηφίδες (π.χ. δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων).

Στις μελέτες μεταφορών έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο το διανυσματικό όσο και το ψηφιδωτό μοντέλο. Ορισμένα προβλήματα μεταφορών είναι ευκολότερο να επιλυθούν με την χρήση του πρώτου μοντέλου και ορισμένα με την χρήση του δεύτερου. Για παράδειγμα, στην ανάλυση δικτύων, που στηρίζεται στην θεωρία των γράφων (*graphs*) και τα δίκτυα αναπαρίστανται ως σύνολα κόμβων (*nodes*) και συνδέσμων (*links*) το διανυσματικό μοντέλο αποτελεί την καλύτερη εναλλακτική εφαρμογή (Rodrigue, 2013).

#### 4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ

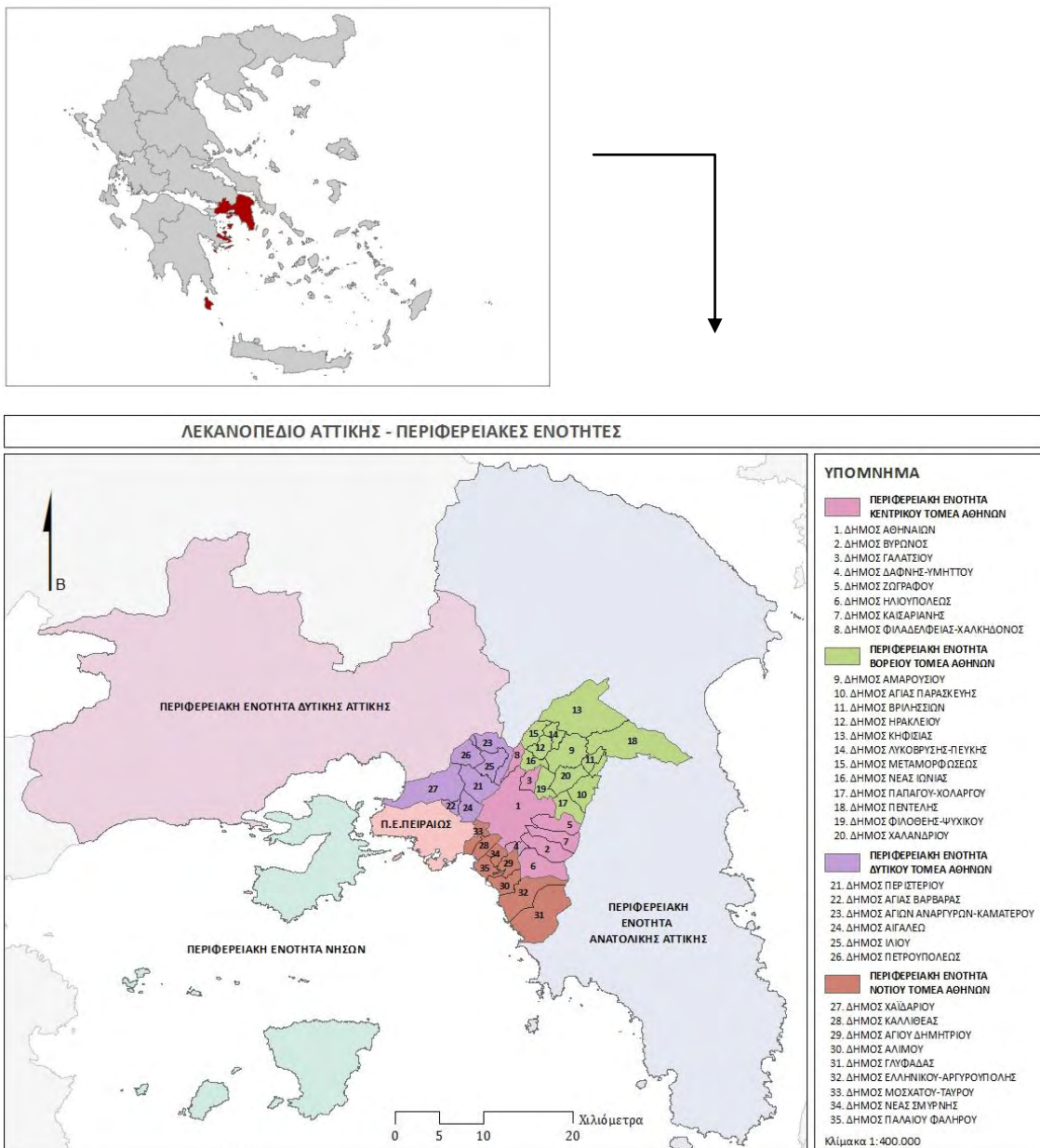
Στο παρόν κεφάλαιο υλοποιείται εφαρμογή που αναπτύχθηκε σύμφωνα με το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο, σε πραγματικά δεδομένα αστικής περιοχής και παρουσιάζονται όλα τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων, της διαδικασίας ανάλυσης και χαρτογράφησης τους μέσω των εργαλείων που παρέχονται στο πλαίσιο των ΓΣΠ. Η αστική περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε ήταν ο Δήμος Αθηναίων, αφενός γιατί αποτελεί το πολυπληθέστερο δήμο της Ελλάδος με ανεπτυγμένο δίκτυο δημοσίων συγκοινωνιών και αφετέρου λόγω του επιστημονικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζει σύμφωνα με τα παρατηρούμενα εξελισσόμενα χωρικά φαινόμενα όπως η μεταλλασσόμενη εικόνα της πόλης και το προφίλ του πληθυσμού που συσσωρεύεται στην περιοχή αυτή.

##### 4.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ ΚΑΙ ΕΚΤΕΝΕΣΤΕΡΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΑΘΗΝΑΙΩΝ

Η Αθήνα βρίσκεται στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Στερεάς Ελλάδας εκτεινόμενη στον Κεντρικό Τομέα του Αθηναϊκού Πεδίου και αποτελεί πρωτεύουσα της Ελλάδος και έδρα της Περιφέρειας Αττικής. Επίγειο της Αθήνας και μεγαλύτερο λιμάνι της χώρας είναι ο Πειραιάς και αεροδρόμιό της το Ελευθέριος Βενιζέλος από τα οποία απέχει περίπου 8 και 24 χιλιόμετρα αντίστοιχα. Τα δυο αυτά στοιχεία συνέβαλαν στην αναπτυξιακή διάσταση της και σήμερα αποτελεί ένα εύρωστο οικονομικό, πολιτιστικό και διοικητικό κέντρο της χώρας.

Πολεοδομικά απλώνεται στη χερσόνησο της Αττικής και καλύπτει το λεκανοπέδιο που περιβάλλεται από τα όρη Αιγάλεω, Πάρνηθα, Πεντέλη και Ύμηττό καθώς βρίσκεται σε υψόμετρο περίπου 90 μέτρων πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Ο συνολικός πληθυσμός του ευρύτερου πολεοδομικού συγκροτήματος της Αθήνας (ΠΣΠ), αποτελεί σχεδόν το 1/3 του συνολικού πληθυσμού της Ελλάδος και ανέρχεται σύμφωνα με την απογραφή του 2011 σε 3.089.698 κατοίκους. Η Αθήνα σήμερα είναι μία σύγχρονη πόλη και αποτελείται από την συνένωση πολλών μικρότερων πόλεων και χωριών που επεκτάθηκαν για να συνθέσουν μία μεγάλη ενιαία πόλη. Το πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας αποτελείται από 35 δήμους και τρεις κοινότητες (Χάρτης 4.1), ο μεγαλύτερος εκ των οποίων είναι ο Δήμος Αθηναίων.

Στο εσωτερικό του δήμου τα τελευταία χρόνια έχει συγκεντρωθεί το μεγαλύτερο μέρος της οικονομικής ζωής (καθώς βρίσκονται οι έδρες πολλών μεγάλων και διεθνών εταιριών, τόσο ελληνικών όσο και ξένων συμφερόντων) όχι μόνο της περιφέρειας Αττικής αλλά και ολόκληρης της χώρας. Τόσο το γεγονός ότι αποτελεί το μεγαλύτερο οικονομικό και διοικητικό κέντρο όσο και η ίδια η ιστορία των Αθηνών οδήγησαν στο να αποτελεί σήμερα ένα από τα μεγαλύτερα πολιτιστικά κέντρα τόσο της χώρας όσο και των Βαλκανίων.



Χάρτης 4.1: Η θέση του Δήμου Αθηναίων στο Ευρύτερο Πολεοδομικό Συγκρότημα

Ο Δήμος Αθηναίων είναι έδρα της πόλης των Αθηνών και εντοπίζεται στον Κεντρικό Τομέα του Αθηναϊκού Πεδίου. Η έκταση που καταλαμβάνει χαρακτηρίζεται πεδινή με μικρό υψόμετρο (70μ.) και παρουσιάζει ομαλό γεωμορφολογικό ανάγλυφο με λίγες ήπιες εξάρσεις - λόφους (Λυκαβηττός, Ακρόπολη, Λόφοι Στρέφη, Αρδηττού κλπ.). Μεγάλος είναι ο αριθμός των αρχαιολογικών χώρων που βρίσκονται στο εσωτερικό του δήμου με προεξέχοντα αυτών της Ακρόπολης. Επίσης, ένας σημαντικός αριθμός θεάτρων, δημόσιων και ιδιωτικών, συνθέτει το μοτίβο ενός εκ των μεγαλύτερων πολιτιστικών κέντρων της χώρας. Μεγάλος είναι και ο αριθμός των μουσείων που υπάρχουν στο δήμο με σημαντικότερο αυτό της Ακρόπολης που αποτελεί ένα από τα πιο γνωστά σε διεθνές επίπεδο της Ευρώπης και ολόκληρου του κόσμου.

Είναι ο πολυπληθέστερος δήμος της Ελλάδος και βάσει της απογραφής του 2011 έχει μόνιμο πληθυσμό<sup>1</sup> 664.046 κατοίκους. Περιλαμβάνει το ιστορικό κέντρο της Αθήνας και τις πέριξ αυτού συνοικίες, ενώ σήμερα είναι χωρισμένος σε επτά δημοτικές κοινότητες (πρώην δημοτικά διαμερίσματα) βάσει του Προγράμματος Καλλικράτης. Η έκταση του δήμου ανέρχεται σε 38,964 τ.χμ. και η πυκνότητα πληθυσμού του σε 16.830 άτομα/τ.χμ. Στον χάρτη 4.2 που ακολουθεί φαίνονται, οι δημοτικές κοινότητες του Δήμου Αθηναίων καθώς και οι δήμοι με τους οποίους συνορεύει.

### **Διοικητική διαίρεση του Δήμου Αθηναίων**

Η 1<sup>η</sup> δημοτική κοινότητα περιλαμβάνει το κέντρο των Αθηνών με το λεγόμενο εμπορικό τρίγωνο (Παναθηναϊκό Στάδιο - Ομόνοια - Πλάκα).

Η 2<sup>η</sup> δημοτική κοινότητα περιλαμβάνει τις νοτιοανατολικές συνοικίες από την περιοχή του Νέου Κόσμου μέχρι το Παναθηναϊκό Στάδιο.

Η 3<sup>η</sup> δημοτική κοινότητα περιλαμβάνει τις νοτιοδυτικές συνοικίες (Αστεροσκοπείου, Πετραλώνων, Μεταξουργείου και Θησείου).

Η 4<sup>η</sup> δημοτική κοινότητα περιλαμβάνει τις δυτικές συνοικίες (Κολωνού, Ακαδημίας Πλάτωνος, Βοτανικού, Προφ. Δανιήλ, Σεπόλια μέχρι Πατήσια).

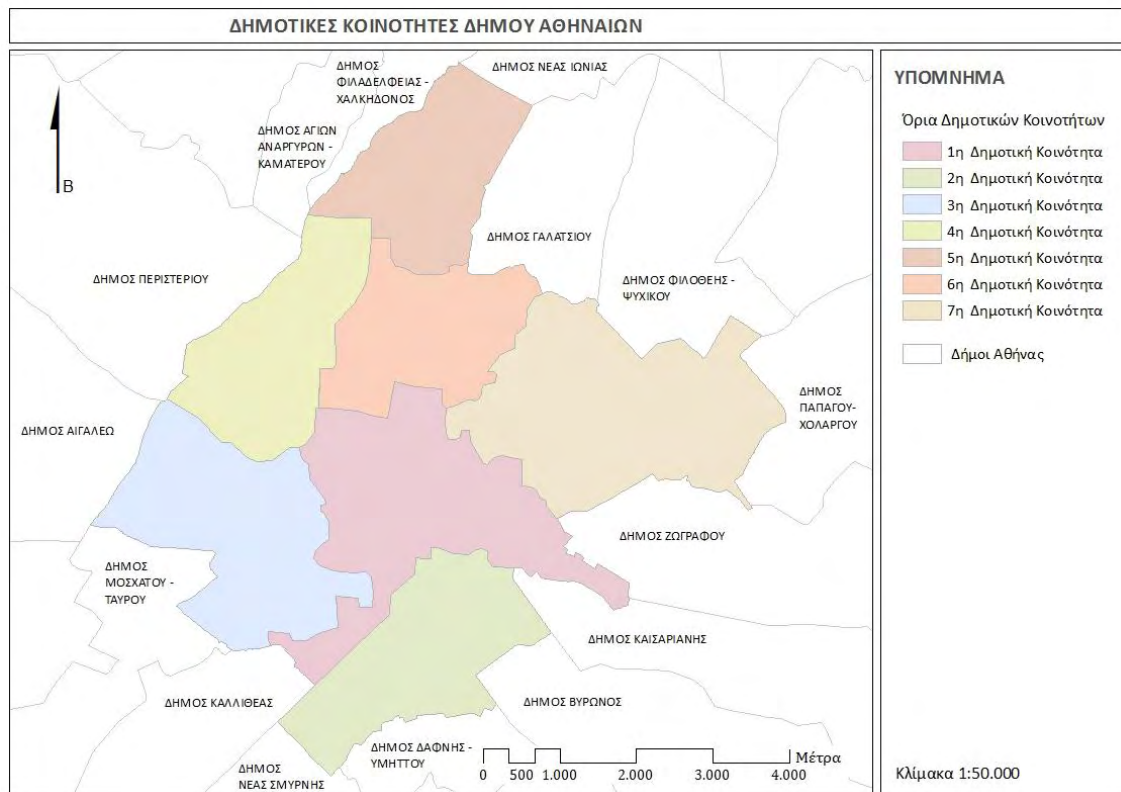
Η 5<sup>η</sup> δημοτική κοινότητα περιλαμβάνει τις βορειοδυτικές συνοικίες μέχρι την περιοχή του Προμπονά.

---

<sup>1</sup> Μόνιμος πληθυσμός είναι ο αριθμός των ατόμων που έχουν τη συνήθη διαμονή τους σε κάθε περιφέρεια, νομό, δήμο/κοινότητα, δημοτικό/κοινοτικό διαμέρισμα και αυτοτελή οικισμό. Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ

Η 6<sup>η</sup> δημοτική κοινότητα περιλαμβάνει τις βόρειες κεντρικές συνοικίες (Πατήσια και Κυψέλη) και τέλος

Η 7<sup>η</sup> δημοτική κοινότητα περιλαμβάνει τις βορειοανατολικές συνοικίες του δήμου (Αμπελόκηποι, Ερυθρός Σταυρός, Πολύγωνα, Γκύζη).



Χάρτης 4.2: Όρια δημοτικών κοινοτήτων Δήμου Αθηναίων

Εντός του Δήμου Αθηναίων βρίσκεται το σύνολο της κεντρικής διοίκησης της χώρας καθώς υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός υπουργείων και διοικητικών υπηρεσιών. Επίσης στο κεντρικό τμήμα του, βρίσκεται η Βουλή των Ελλήνων, το Προεδρικό Μέγαρο δηλαδή τα σημαντικότερα κέντρα εκτελεστικής εξουσίας της χώρας. Τέλος στο εσωτερικό του δήμου εδρεύουν τα ανώτερα κέντρα δικαστικής εξουσίας, όπως ο Αρειος Πάγος, το Συμβούλιο της Επικρατείας κ.α.

#### 4.1.1. ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απογραφής του 2011 από την αρμόδια αρχή, ο πληθυσμός της Ελλάδος έχει συρρικνωθεί κατά 148.823 άτομα σε σχέση με το 2001, όπου το 35,35% διαμένει στην Περιφέρεια Αττικής ([www.quickikiwiki.com/el/Ελληνική απογραφή 2011](http://www.quickikiwiki.com/el/Ελληνική_απογραφή_2011)). Η διάχυση της Αθήνας τις τελευταίες δεκαετίες εκτός Λεκανοπεδίου,

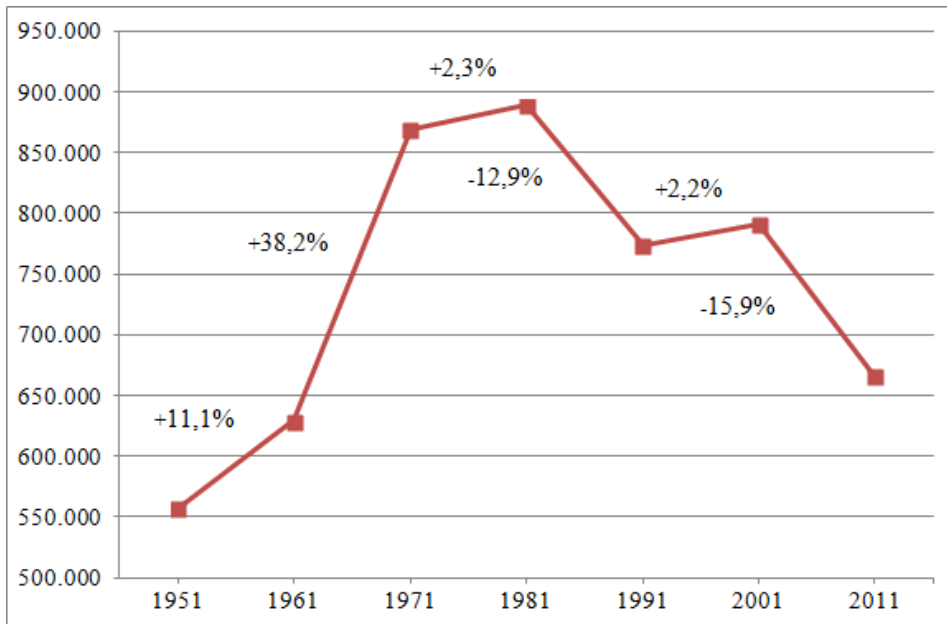
στα Μεσόγεια και στο Θριάσιο Πεδίο, προκάλεσε σημαντικές πληθυσμιακές ανακατατάξεις σε μία πολεοδομική και πληθυσμιακή ενότητα όπως είναι η Μητροπολιτική Αθήνα, όπου αναδεικνύονται νέες μορφές χωρικής ανάπτυξης και νέοι τρόποι ζωής.

Όπως προκύπτει από τα στατιστικά στοιχεία παρατηρείται μετακίνηση πληθυσμού σε περιοχές που εμφανίζονται μεγάλα ποσοστά ανεργίας και οι πολίτες ψάχνουν τρόπο να αντιμετωπίσουν την οικονομική κρίση. Τα περισσότερα μεγάλα αστικά κέντρα έχασαν το πληθυσμό τους, ο οποίος σύμφωνα με ενδείξεις φαίνεται ότι μετακινήθηκε σε δήμους των προαστίων.

Την πρωτοκαθεδρία στην γενική κατάταξη την κατέχει ο Δήμος Αθηναίων ο οποίος υπολογίζεται να έχει επέλθει μείωση πληθυσμού περισσότεροι από 125.000 δημότες οι οποίοι έχουν επιλέξει ουσιαστικά να εγκαταλείψουν την ιστορική πρωτεύουσα και να μετακινηθούν σε άλλα σημεία του λεκανοπεδίου. Σύμφωνα λοιπόν με την απογραφή του 2011 που πραγματοποιήθηκε από την Ελληνική Στατιστική Αρχή, ο μόνιμος πληθυσμός στο Δήμο Αθηναίων ανέρχεται σε 664.046 κατοίκους, εκ των οποίων οι άντρες κατέχουν το 47.5% του πληθυσμού και οι γυναίκες το 52,5% του συνόλου. Στο πίνακα 4.1 παρουσιάζεται η πληθυσμιακή εξέλιξη του δήμου και του ευρύτερου Πολεοδομικού Συγκροτήματος Πρωτεύουσας - ΠΣΠ κατά την περίοδο 1951 - 2011 ενώ στο διάγραμμα 4.1 διακρίνονται οι αυξομειώσεις του πληθυσμού στο Δήμο Αθηναίων τις περιόδους αυτές.

| Έτος | Πολεοδομικού Συγκροτήματος Πρωτεύουσας | Δήμος Αθηναίων |
|------|--|----------------|
| 1951 | 1.376.202 κατ.                         | 555.484 κατ.   |
| 1961 | 1.848.179                              | 627.564        |
| 1971 | 2.542.349                              | 867.023        |
| 1981 | 3.038.245                              | 885.737        |
| 1991 | 3.072.992                              | 772.027        |
| 2001 | 3.165.823                              | 789.166        |
| 2011 | 3.074.160                              | 664.046        |

Πίνακας 4.1: Πληθυσμιακή εξέλιξη Δήμου Αθηναίων και του ευρύτερου ΠΣΠ. Πηγή: ΕΣΥΕ



Διάγραμμα 4.1: Πληθυσμιακή εξέλιξη Δήμου Αθηναίων από το 1951 έως το 2011

#### 4.1.2. ΜΕΣΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Το σύστημα των δημοσίων μεταφορών στην Αθήνα, αποτελείται από ένα σύνολο μέσων σταθερής τροχιάς όπως το Μετρό, το Τραμ και το Προαστιακό Σιδηρόδρομο καθώς και από μέσα οδικών μετακινήσεων όπως τα Λεωφορεία και το Τρόλεϊ. Το Μετρό της Αθήνας έχει τρεις γραμμές από τις οποίες η Γραμμή 1 (πράσινη γραμμή) αφορά τη παλαιότερη σιδηροδρομική γραμμή της Αθήνας που συνδέει τον Πειραιά με την Κηφισιά, περνώντας από το κέντρο της πόλης. Οι υπόλοιπες δύο γραμμές τέθηκαν σε λειτουργία το 2000, όπου η Γραμμή 2 (κόκκινη γραμμή) συνδέει το Ελληνικό με την Ανθούπολη, ενώ η Γραμμή 3 (μπλε γραμμή) συνδέει την Αγία Μαρίνα με το Αεροδρόμιο Ελευθέριος Βενιζέλος. Το κέντρο των Αθηνών συνδέεται με δίκτυο του Τραμ από την πλατεία Συντάγματος έως τη Βούλα και το Νέο Φάληρο, ενώ αναμένεται η επέκτασή του προς το Πειραιά. Τέλος, ο Προαστιακός Σιδηρόδρομος που συνδέει το Διεθνές Αεροδρόμιο Ελευθέριος Βενιζέλος με το Κιάτο, διέρχεται από το σταθμό Λαρίσης στο Δήμο Αθηναίων ([wikipedia.org](http://wikipedia.org)).



## 4.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας απαραίτητη ήταν η συλλογή και ορθολογική οργάνωση των δεδομένων. Στη συνέχεια, περιγράφονται για κάθε τύπο, οι πηγές από τις οποίες συλλέχτηκαν, η αρχική τους μορφή, η επεξεργασία στην οποία υποβλήθηκαν και η τελική μοντελοποίηση τους, στο λογισμικό ΓΠΣ που χρησιμοποιήθηκε.

### *4.2.1. ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ*

Απαραίτητο για την αξιολόγηση των στάσεων μέσω μαζικής μεταφοράς, ήταν το πλήρες οδικό δίκτυο και γενικά διαδρομών (εντός πάρκων ή άλλων ανοιχτών χώρων) όπου είναι δυνατόν να κυκλοφορήσουν πεζοί εντός της περιοχής μελέτης. Το γραμμικό αυτό αρχείο, παραχωρήθηκε από το εργαστήριο Χωρικής Ανάλυσης GIS και Θεματικής Χαρτογραφίας.

Πιο συγκεκριμένα, και λόγω της δικτυακής προσέγγισης στην εφαρμογή ήταν απαραίτητος ο έλεγχος της συνδεσιμότητας των κόμβων του δικτύου και ο υπολογισμός του μήκους της διαδρομής κάθε τμήματος. Για την καλύτερη ανάλυση και την αξιολόγηση της προσβασιμότητας του πληθυσμού σε στάσεις μέσω μαζικής μεταφοράς, αξιοποιήθηκαν εργαλεία και τεχνικές που παρέχονται από το λογισμικό *ArcGIS - Network Analyst*. Πιο συγκεκριμένα έγινε κατανομή του πληθυσμού των οικοδομικών τετραγώνων σε κάθε κόμβο του δικτύου, ώστε να προσεγγιστεί κατά το βέλτιστο βαθμό ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός

### *4.2.2. ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ*

Τα στοιχεία του πληθυσμού που χρησιμοποιήθηκαν σε επίπεδο οικοδομικού τετραγώνου και τα οποία παραχωρήθηκαν από την αρμόδια αρχή για το Δήμο Αθηναίων αφορούσαν τα περιγραφικά και χωρικά δεδομένα. Βάσει της απογραφής του 2001 που πραγματοποιήθηκε από την Ελληνική Στατιστική Αρχή ο συνολικός πληθυσμός ανά οικοδομικό τετράγωνο στο δήμο ανέρχεται στους 789.166 μόνιμους κατοίκους. Παρόλο που έχει πραγματοποιηθεί η απογραφή του 2011, τα στοιχεία την δεδομένη χρονική περίοδο δεν ήταν διαθέσιμα ως προς το σύνολο και την πληρότητα των επιπέδων τα οποία χρειαζόνταν για την υλοποίηση του επικείμενου στόχου της

μελέτης αυτής, αλλά και την επικαιροποίηση του ψηφιακού υπόβαθρου των οικοδομικών τετραγώνων.

Τα στοιχεία του πληθυσμού που παραχωρήθηκαν από την ΕΛ.ΣΤΑΤ, πέραν από τον αριθμό των μόνιμων κατοίκων, αφορούσαν και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού αυτού. Αναλυτικότερα τα στοιχεία του πληθυσμού που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αφορούσαν το φύλο, την ηλικία, το επίπεδο εκπαίδευσης, τον τομέα της εργασιακής απασχόλησης/επαγγέλματα και την απασχόληση - οικονομική ανάλυση<sup>2</sup> του πληθυσμού. Τα στοιχεία αυτά αναφέρονταν πάντα σε επίπεδο οικοδομικών τετραγώνων. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι περαιτέρω τροποποιήσεις στα δημογραφικά δεδομένα που έγιναν στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας.

| <b>Επαγγέλματα/Εργασιακής απασχόλησης</b> |  |
|---|--|
| Στελέχη δημοσίου και ιδιωτικού τομέα      | Μέλη των βουλευόμενων σωμάτων, ανώτερα διοικητικά και διευθυντικά στελέχη του δημοσίου και ιδιωτικού τομέα |
| Επιστημονικά επαγ.                        | Πρόσωπα που ασκούν επιστημονικά, καλλιτεχνικά και συναφή επαγ.   |
| Τεχνολογικά επαγ.                         | Τεχνολόγοι τεχνικοί βοηθοί και ασκούντες συναφή επαγγέλματα  |
| Υπάλληλοι γραφείου                        | Υπάλληλοι γραφείου και ασκούντες συναφή επαγγέλματα  |
| Παροχή υπηρεσιών                          | Απασχολούμενοι στην παροχή υπηρεσιών και πωλητές σε καταστήματα και υπαίθριες αγορές                       |
| Πρωτογενής Τομέας                         | Ειδικευμένοι γεωργοί, κτηνοτρόφοι, δασοκόμοι και αλιείς  |
| Τεχνικά επαγ.                             | Ειδικευμένοι τεχνίτες και ασκούντες συναφή τεχνικά επαγγέλματα   |
| Χειριστές μηχανημάτων                     | Χειριστές μηχανημάτων σταθερών βιομηχανικών εγκαταστάσεων και συναρμολογητές                               |
| Ανειδίκευτοι εργάτες                      | Ανειδίκευτοι εργάτες χειρώνακτες και μικροεπαγγελματίες  |
| Δε δήλωσαν επάγ.                          | Δε δήλωσαν επάγγελμα   |

Πίνακας 4.2: Κατηγοριοποίηση Επαγγελμάτων

<sup>2</sup> Για λόγους οικονομικής ανάλυσης ο πληθυσμός διακρίνεται σε **οικονομικά ενεργό** και σε **οικονομικά μη ενεργό**. Ο οικονομικά ενεργός πληθυσμός αποτελεί το **εργατικό δυναμικό** της οικονομίας και περιλαμβάνει τα άτομα εκείνα τα οποία μπορούν και θέλουν να εργαστούν. Άνεργοι είναι τα άτομα τα οποία μπορούν και θέλουν να εργαστούν, αλλά δεν μπορούν να βρουν απασχόληση και Απασχολούμενοι είναι τα άτομα τα οποία εργάζονται. Τα άτομα εκείνα τα οποία δεν μπορούν να εργαστούν, για παράδειγμα, μικρά παιδιά, ηλικιωμένοι, ασθενείς, στρατιώτες κλπ., δεν ανήκουν στο εργατικό δυναμικό αλλά αποτελούν τον οικονομικά μη ενεργό πληθυσμό. <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C117/130/944,3464/>

| Ηλικιακές Ομάδες |         |         |         |         |         |         |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0 - 19           | 0 - 4   | 5 - 9   | 10 - 14 | 15 - 19 |         |         |
| 20 - 34          | 10 - 14 | 15 - 19 | 20 - 24 | 25 - 29 | 30 - 34 |         |
| 35 - 64          | 35 - 39 | 40 - 44 | 45 - 49 | 50 - 54 | 55 - 59 | 60 - 64 |
| 65 +             | 65 - 69 | 70 - 74 | 75 - 79 | 80 - 84 | 85 +    |         |

Πίνακας 4.3: Κατηγοριοποίηση Ηλικιών Ομάδων

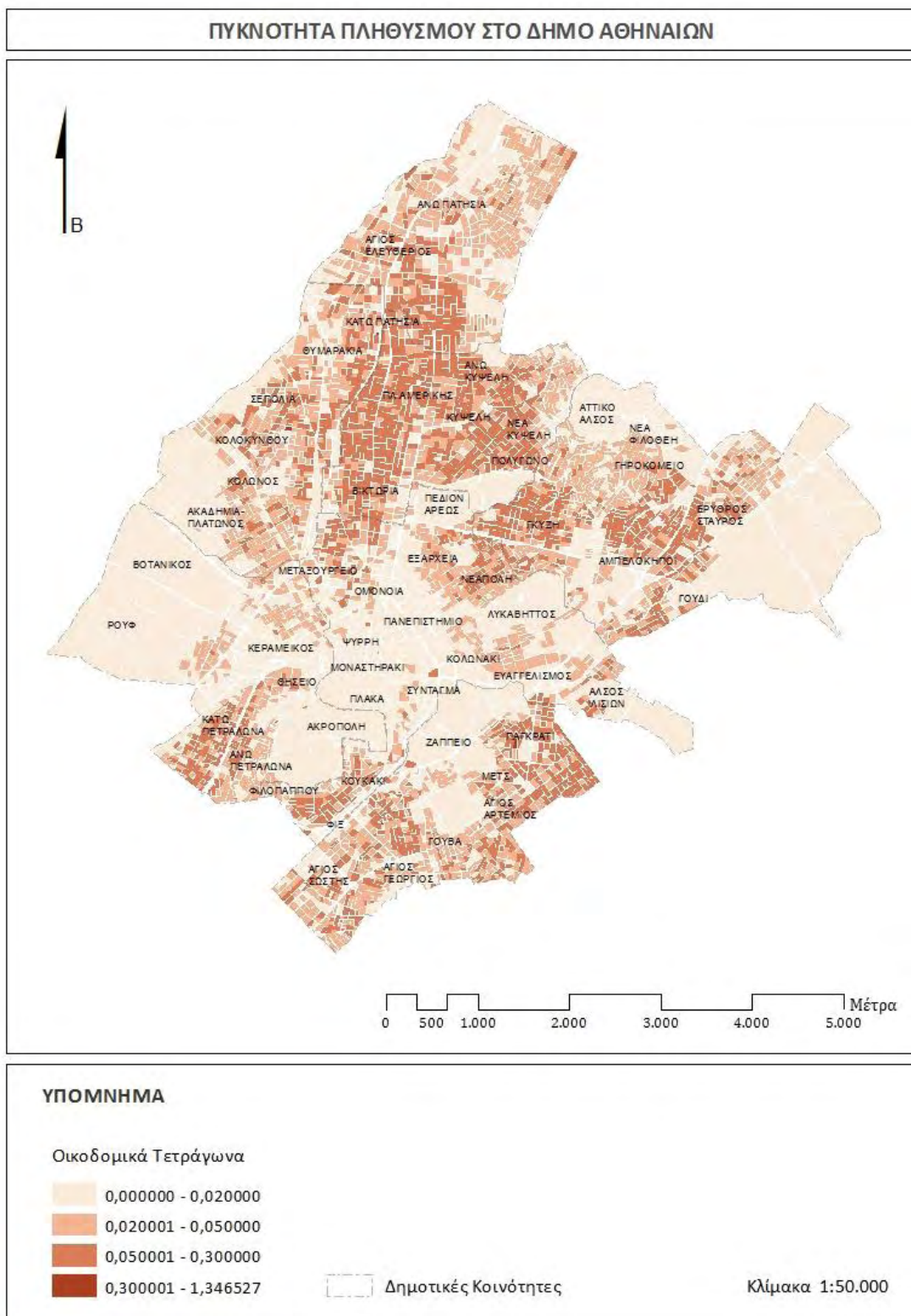
| Επίπεδο Εκπαίδευσης                           |   |
|---|---|
| Κάτοχοι Διδακτορικού και Μεταπτυχιακού Τίτλου | Κάτοχοι Διδακτορικού τίτλου   |
|   | Κάτοχοι Μάστερ  |
| Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση                        | Απόφοιτοι Δημοτικού   |
|   | Φοιτούν στο Δημοτικό  |
|   | Εγκατέλειψαν το Δημοτικό αλλά γνωρίζουν γραφή και ανάγνωση              |
| Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση                      | Πτυχιούχοι Μεταδευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης                               |
|   | Απόφοιτοι Μέσης Εκπαίδευσης   |
|   | Απόφοιτοι Τεχνικού Επαγγελματικού Λυκείου                               |
|   | Απόφοιτοι Τεχνικών Επαγγελματικών Σχολών                                |
|   | Απόφοιτοι 3ταξίου Γυμνασίου   |
| Τριτοβάθμια Εκπαίδευση                        | Πτυχιούχοι Ανωτάτων Σχολών  |
|   | Πτυχιούχοι ΤΕΙ, ΚΑΤΕ, ΚΑΤΕΕ, Ανωτέρων Σχολών και Εκκλησιαστικής Εκπ/σης |
| Δε γνωρίζουν γραφή και ανάγνωση               |   |
| Παιδιά κάτω των 6 ετών                        |   |

Πίνακας 4.4: Κατηγοριοποίηση Επίπεδου Εκπαίδευσης

| Απασχόληση - Οικονομική ανάλυση                     |                |                |
|---|----------------|----------------|
| Οικονομικά ενεργός πληθυσμός ή<br>Εργατικό Δυναμικό | Απασχολούμενοι |                |
|   | Άνεργοι        | Παλιοί άνεργοι |
|   |                | Νέοι άνεργοι   |
| Οικονομικά μη ενεργός πληθυσμός                     |                |                |

Πίνακας 4.5: Κατηγοριοποίηση Επίπεδου Απασχόλησης

Πρέπει να σημειωθεί ότι για τις ανάγκες αξιολόγησης της προσβασιμότητας στα μέσα μαζικής μεταφοράς και κατ' επέκταση στον προσδιορισμό ενός πληθυσμιακού προφίλ που συσσωρεύεται στον Δήμο Αθηναίων, ο πληθυσμός ανά οικοδομικό τετράγωνο με τα επιμέρους δημογραφικά χαρακτηριστικά του, κατανεμήθηκε με τον καλύτερο δυνατό τρόπο (αναλογικά) στο σημειακό αρχείο των κόμβων (*Junctions*) του οδικού δικτύου που δημιουργήθηκε όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Στο χάρτη 4.3 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η πυκνότητα του πληθυσμού στο δήμο ανά οικοδομικό τετράγωνο.



Χάρτη 4.3: Πυκνότητα πληθυσμού στο Δήμο Αθηναίων ανά οικοδομικό τετράγωνο

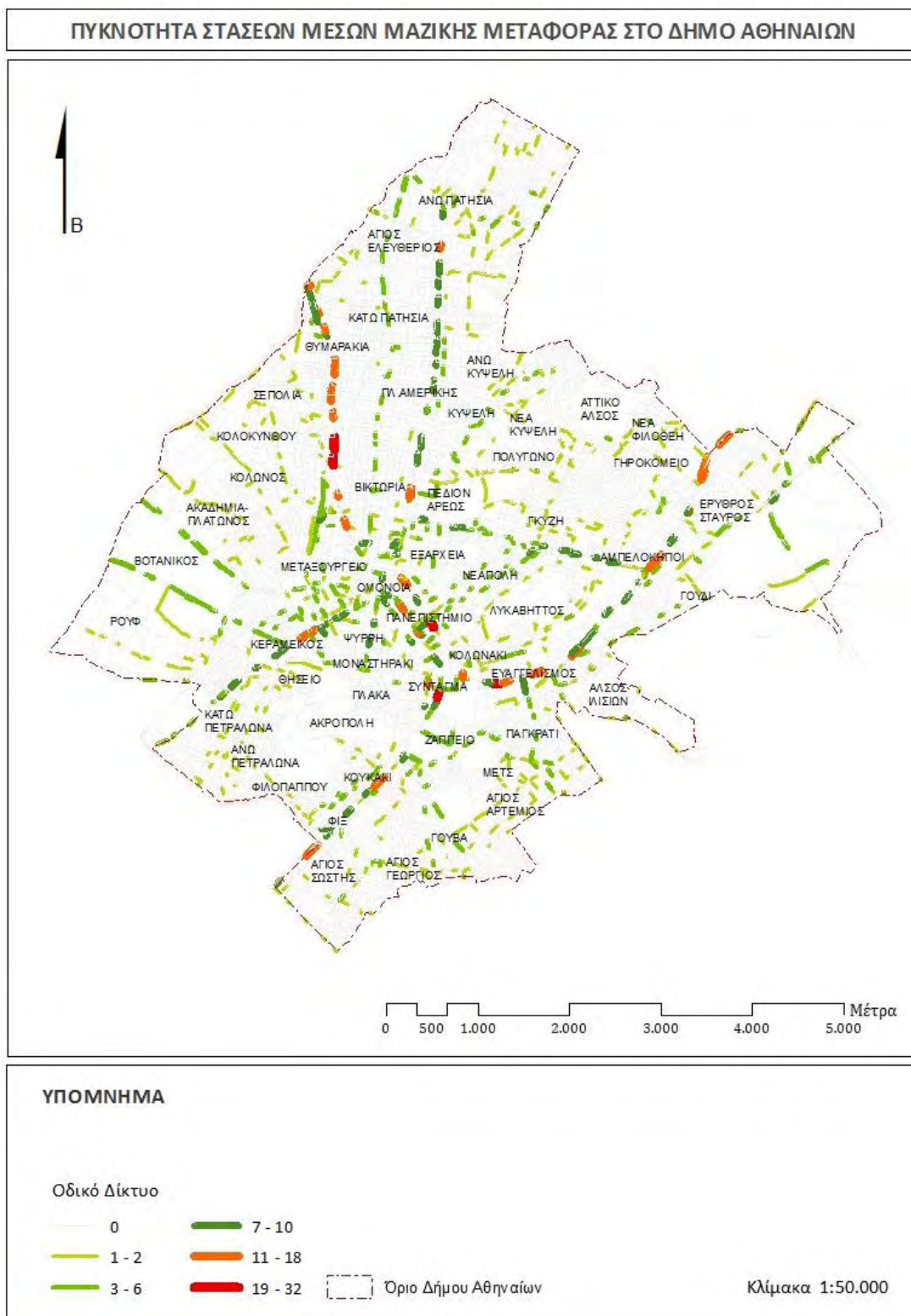
#### 4.2.3. ΜΕΣΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ - ΣΤΑΣΕΙΣ

Το δίκτυο των στάσεων (και σταθμών) του υφιστάμενου δικτύου μέσω μαζικής μεταφοράς που καλύπτουν το Δήμο Αθηναίων για την εξυπηρέτηση του πληθυσμού, απαρτίζεται από πέντε μεταφορικά μέσα για τα οποία έγινε εκτενής περιγραφή στο υποκεφάλαιο 4.1.2. Για την παρούσα μελέτη, γίνεται χρήση μόνο των τεσσάρων εξ αυτών και τα οποία είναι το Λεωφορείο, το Μέτρο, το Τραμ και το Τρόλεϊ. Οι στάσεις του Προαστιακού Σιδηροδρόμου που δεν χρησιμοποιήθηκαν και καλύπτουν το δήμο, είναι ελάχιστες (για την ακρίβεια 1 στάση) και δια τον λόγο αυτό δεν θεωρήθηκε σκόπιμη η αξιολόγηση του, καθώς δεν θα μπορούσε να επηρεάσει σημαντικά την ανάλυση και διεξαγωγή των συμπερασμάτων.

Η συλλογή των δεδομένων για τις ακριβείς θέσεις των στάσεων προήλθαν από τον αρμόδιο Οργανισμό Αστικών Συγκοινωνιών (Ο.Α.Σ.Α). Ο συνολικός αριθμός τους, ανεξαρτήτως του είδους της συγκοινωνίας και την θέση στην οποία ενδεχομένως να ήταν διαφορετική κατά την μετάβαση και επιστροφή σε κάθε γραμμή, ανέρχεται στις 3033, εκ των οποίων θεωρήθηκε σωστό η συγχώνευση (για κάθε μέσο ξεχωριστά) εκείνων των περιπτώσεων όπου σε μια θέση με ίδιες συντεταγμένες (X, Y) διέρχονταν περισσότερες από μια γραμμές ή σε κάποιες περιπτώσεις αποτελούσαν την ανάβαση αλλά και την κατάβαση. Στο πίνακα 4.6 παρουσιάζεται ο αριθμός των στάσεων για κάθε ΜΜΜ που εξυπηρετεί τον Δήμο Αθηναίων, άνω στο χάρτη 4.4 απεικονίζεται η πυκνότητα των στάσεων (πριν από την συγχώνευση), ανεξαρτήτως μέσου μεταφοράς, στα τόξα του οδικού δικτύου.

| Μέσα Μαζικής Μεταφοράς | Αριθμός Στάσεων | Αρ. Στάσεων μετά από συγχώνευση |
|------------------------|-----------------|---------------------------------|
| Λεωφορεία              | 2235            | 863                             |
| Τρόλεϊ                 | 712             | 309                             |
| Μετρό                  | 58              | 25                              |
| Τράμ                   | 28              | 9                               |

Πίνακας 4.6: Μέσα μαζικής μεταφοράς και ο αριθμός των στάσεων τους στο Δήμο Αθηναίων



Χάρτης 4.4: Πυκνότητα στάσεων μέσων μαζικής μεταφοράς στα τόξα του Οδικού Δικτύου

#### 4.3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΩΜΕΝΩΝ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ένας εκ των στόχων της εργασίας αυτής, είναι ο προσδιορισμός ενός πληθυσμιακού προφίλ σύμφωνα με την προσβασιμότητα του σε στάσεις μέσων μαζικής μεταφοράς. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, αρχικά συλλέχθηκαν τα κατάλληλα ψηφιακά υπόβαθρα (βλ. Υποκεφάλαιο 4.2.1 έως 4.2.3) καθώς και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού (φύλο, ηλικιακές ομάδες, επίπεδο εκπαίδευσης, απασχόληση και επαγγελματική κατάσταση), τα οποία ήταν υπό μορφή πινάκων.

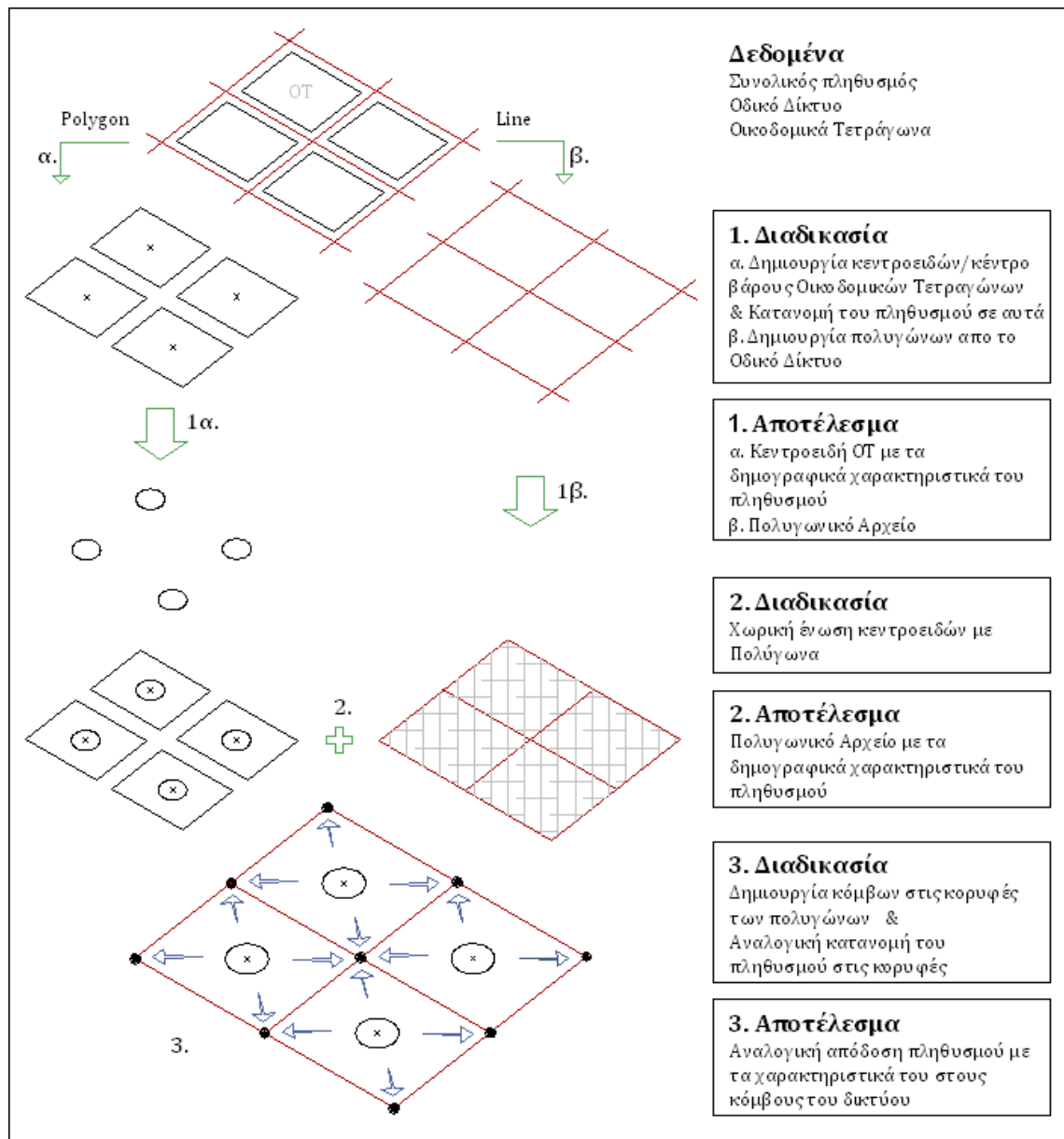
Για την καλύτερη οργάνωση των δεδομένων δημιουργήθηκε μια συνολική χωρική βάση, η οποία περιλάμβανε όλα τα περιγραφικά και χωρικά δεδομένα που είναι απαραίτητα για την επιτυχή διεκπεραίωση των στόχων της παρούσας εργασίας. Τα τελικά δεδομένα παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα 4.7.

| Όνομα                     | Τοπολογία | Περιγραφή πεδίων  |
|---------------------------|-----------|---|
| Οδικό Δίκτυο (ΟΔ)         | Γραμμή    | Μήκος και κατηγορία τόξου   |
| Οικοδομικά τετράγωνα (ΟΤ) | Πολύγωνο  | Κωδικός ΕΣΥΕ, Πληθυσμός (συνολικός, ανά φύλο, ηλικιακές ομάδες, εκπαίδευση, απασχόληση) |
| Στάσεις ΜΜΜ               | Σημείο    | Κατηγορία, συντεταγμένες, είδος, προέλευση-προορισμός                                   |
| Κόμβοι                    | Σημείο    | Πληθυσμός (συνολικός, ανά φύλο, ηλικιακές ομάδες, εκπαίδευση, απασχόληση)               |
| Δημοτικά διαμερίσματα     | Πολύγωνο  | Κωδικός ΕΣΥΕ, Πληθυσμός (συνολικός, ανά φύλο, ηλικιακές ομάδες, εκπαίδευση, απασχόληση) |

Πίνακας 4.7: Συνολικά δεδομένα χωρικής βάσης

Όπως αναφέρθηκε στη μεθοδολογία, για την καλύτερη προσέγγιση του φαινομένου χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι δικτυακής ανάλυσης (*Network Analysis*). Για το λόγο αυτό θεωρήθηκε σκόπιμο ο πληθυσμός με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά, να συσχετιστεί αρχικά με τα οικοδομικά τετράγωνα της περιοχής μελέτης και στη συνέχεια να κατανεμηθεί αναλογικά στους κόμβους του δικτύου. Η συγκεκριμένη διαδικασία, απαιτούσε τρία σημαντικά στάδια, μερικά από τα οποία είχαν πολλαπλά διαδοχικά βήματα. Η εικόνα 4.1 δίνει μια αναπαράσταση/επεξήγηση της μεθόδου.





Εικόνα 4.1: Διάγραμμα διαδικασίας αναλογικής απόδοσης πληθυσμού στους κόμβους του δικτύου

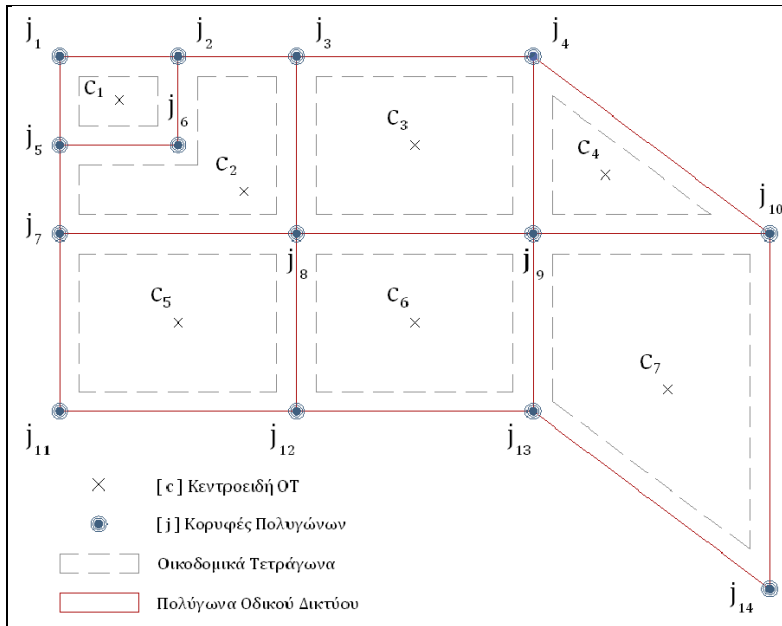
Το **πρώτο** στάδιο περιλαμβάνει την εισαγωγή των δημογραφικών χαρακτηριστικών (τα οποία προέρχονται από την ΕΛ.ΣΤΑΤ. με τη μορφή πινάκων) στη χωρική βάση και κατά συνέπεια την αντιστοίχιση τους με τα ΟΤ. Για την επίτευξη του συγκεκριμένου σταδίου ήταν απαραίτητη η σύνδεση (*join*) των δύο πινάκων (ΕΛ.ΣΤΑΤ με χωρικό υπόβαθρο ΟΤ), η οποία επιτεύχθηκε λόγω της ύπαρξης ενός μοναδικού κωδικού (της ΕΛ.ΣΤΑΤ) που υπήρχε και στα δυο αρχεία. Το επόμενο βήμα, όπως φαίνεται και από το παραπάνω διάγραμμα ήταν η δημιουργία 2 αρχείων. Αρχικά έγινε μετατροπή των ΟΤ σε κεντροειδή (διατηρώντας ολόκληρη τη βάση περιγραφικών πληροφοριών των αρχικών ΟΤ). Μολονότι κάποιο κεντροειδή, με την εκτέλεση της

διαδικασία αυτής θα μπορούσαν να δημιουργηθούν έξω από το πολύγωνο του ΟΤ (εάν η μορφή του είναι ανώμαλη π.χ. έχει έντονη καμπύλη), στην πράξη υπάρχουν πολύ λίγα κατοικημένα πολύγωνα όπου συμβαίνει αυτό. Στη συνέχεια, από τη γεωμετρία του οδικού δικτύου δημιουργήθηκαν τα νέα θεωρητικά ΟΤ.

Το **δεύτερο στάδιο**, έχει ως στόχο τη χωρική συσχέτιση του παραγόμενου πολυγωνικού αρχείου από το οδικό δίκτυο (νέα θεωρητικά ΟΤ) με τα ΟΤ στα οποία εμπεριέχονται τα δημογραφικά χαρακτηριστικά. Σε αυτό το βήμα ουσιαστικά, κατά την αλληλεπίθεση των δυο πολυγωνικών επιπέδων η πληροφορία του πληθυσμού, διέρχεται στα παραγόμενα πολύγωνα του οδικού και αυτό υλοποιείται γιατί έχουν κοινό χώρο. Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την εκτέλεση της χωρικής συσχέτισης πολλά από τα πολύγωνα δεν πήραν καμιά πληροφορία είτε γιατί τα ΟΤ δεν επικαιροποιήθηκαν (πιθανή διαίρεση και αλλαγή του μοναδικού κωδικού) με αποτέλεσμα να μην μπορέσουν να πάρουν την πληροφορία του πληθυσμού και των δημογραφικών στοιχείων τους, είτε γιατί στα νέα ΟΤ που δημιουργήθηκαν ορισμένα αποτελούσαν ακάλυπτους χώρους (π.χ. νησίδες) και τα οποία εξαιρέθηκαν στη συνέχεια διότι δεν αντιστοιχούσαν σε πληθυσμό.

Στο **τρίτο στάδιο**, πραγματοποιήθηκε η αντιστοίχιση του πληθυσμού των ΟΤ στους κόμβους (*junctions*) του οδικού δικτύου. Για την εκτέλεση της διαδικασίας αυτής, αρχικά έγινε χρήση ενός δωρεάν λογισμικού (*ET GeoWizards*) το οποίο προσφέρεται ως επέκταση σε χρηστές του λογισμικού *ArcGIS*, και με το οποίο μετατράπηκαν σε σημεία οι κορυφές των νέων ΟΤ. Σε κάθε σημείο καταγραφόταν ο αριθμός και ο κωδικός των κορυφών όλων των πολυγώνων που γειτνιάζουν σε εκείνο το κόμβο με τον οποίο ταυτίστηκαν. Αυτό σήμαινε ότι κάθε κόμβος περιείχε όλα τα σημεία των κορυφών από τα γειτονικά ΟΤ που είχαν το ίδιο (X, Y). Τέλος, κατά την αναλογική απόδοση του πληθυσμού στις κορυφές των πολυγώνων χρησιμοποιήθηκαν ορισμένες εξειδικευμένες μαθηματικές πράξεις, οι οποίες κατέστησαν δυνατές στο περιβάλλον του *ArcMap* ώστε ο πληθυσμός αλλά και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του να κατανεμηθούν ομοιόμορφα και αναλογικά σε όλες τις κορυφές των πολυγώνων που εφάπτονταν στην περίμετρο τους και κατ' επέκταση στους κόμβους.

Στην πιο κάτω εικόνα 4.2 παρουσιάζεται λεπτομερέστερα η αναλογική απόδοση του πληθυσμού στις κορυφές, και με δυο παράδειγμα δίνεται η διάσταση της μαθηματικής πράξης.



Εικόνα 4.2: Απεικόνιση και παράδειγμα αναλογικής απόδοσης πληθυσμού στους κόμβους του οδικού δικτύου

$$[\alpha.] \quad j_9 = \frac{c_3}{4} + \frac{c_4}{3} + \frac{c_6}{4} + \frac{c_7}{4}$$

$$[\beta.] \quad j_6 = \frac{c_1}{4} + \frac{c_2}{6}$$

όπου

$j$  (*junction*) είναι οι κόμβοι, συνδεσιμότητα στις διασταυρώσεις των τόξων του οδικού δικτύου ή οι κορυφές από τα πολύγωνα του οδικού δικτύου και

$c$  (*centroid*) είναι τα κεντροειδή ή το κέντρο βάρους των οικοδομικών τετραγώνων.

Τα παραπάνω, προσδιορίζουν το είδος των δεδομένων που απαιτείται κατ' ελάχιστο να συλλεχθούν. Επίσης, με την αναλογική απόδοση του πληθυσμού στους κόμβους του δικτύου, δημιουργήθηκε το τελικό αρχείο των κόμβων για τη μετέπειτα ανάλυση και αξιολόγηση της προσβασιμότητας του πληθυσμού στα MMM

Στην πραγματικότητα όμως, το μέγεθος το οποίο ενδιαφέρει για την μελέτη της προσβασιμότητας είναι η απόσταση των στάσεων σε σχέση με τον πληθυσμό. Η έννοια της προσβασιμότητας συνδέεται με την απόσταση που είναι διατεθειμένος κάποιος να διανύσει για να φτάσει στον προορισμό του. Όσον αφορά την απόσταση για την πρόσβαση σε μια στάση δεν πρέπει να ξεπέρα τα 5-10 λεπτά περπάτημα, η οποία αντιστοιχεί σε απόσταση 400-800 μέτρα, εάν θεωρηθεί ότι η μέση ταχύτητα ενός πεζού είναι 5χλμ/ώρα. Ο περιορισμός αυτός είναι κομβικός, αφού είναι αυτός που θα καθορίσει την προσβασιμότητα κατά την εφαρμογή και αξιολόγηση των περιοχών εξυπηρέτησης.

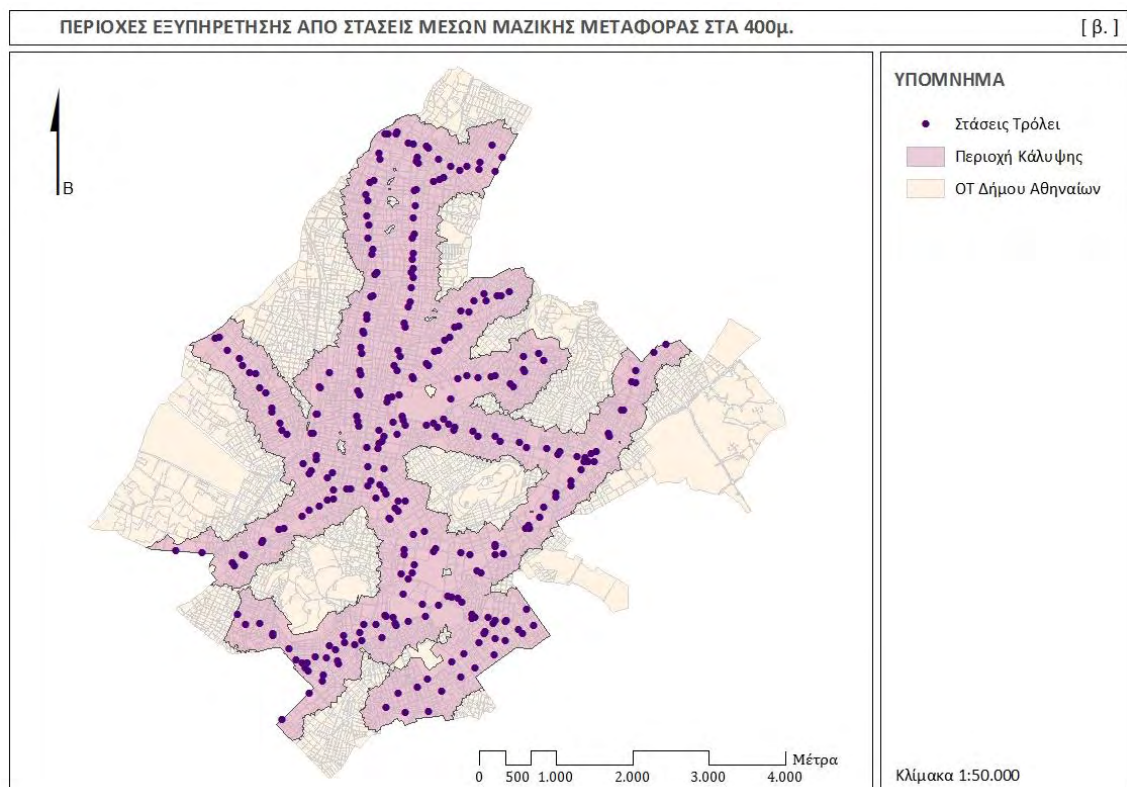
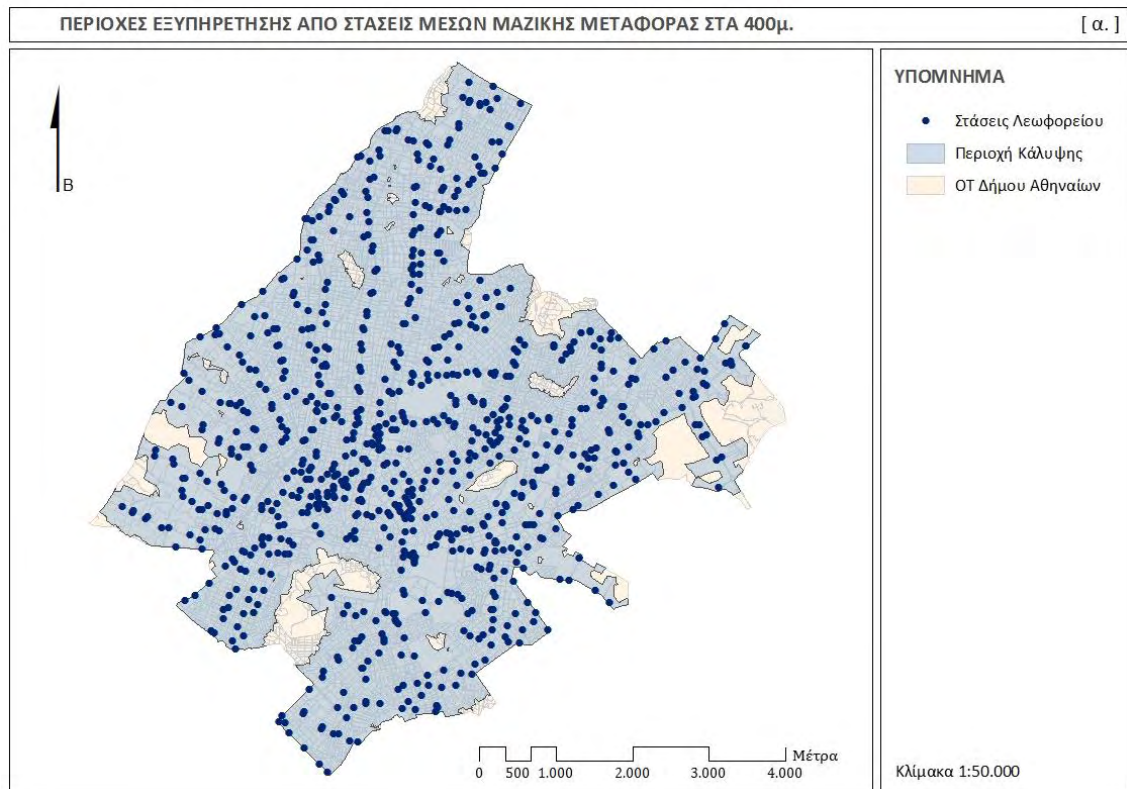
#### 4.4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ

Με την παραγωγή ενός πλήρους δικτύου περπατήματος, την ένωση των δημογραφικών χαρακτηριστικών στα κεντροειδή των ΟΤ και την αναλογική απόδοση του πληθυσμού σε κάθε κόμβο του δικτύου, επόμενο βήμα που καταρτίζει την ανάλυση, είναι ο προσδιορισμός των περιοχών εξυπηρέτησης από στάσεις μέσω μαζικής μεταφοράς και ο καθορισμός της σύστασης του πληθυσμού σύμφωνα με την πρόσβαση του σε αυτά. Συνοπτικά, από την διαδικασία υπολογίζεται ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός σε οποιαδήποτε ζώνη απόστασης από στάσεις διέλευσης.

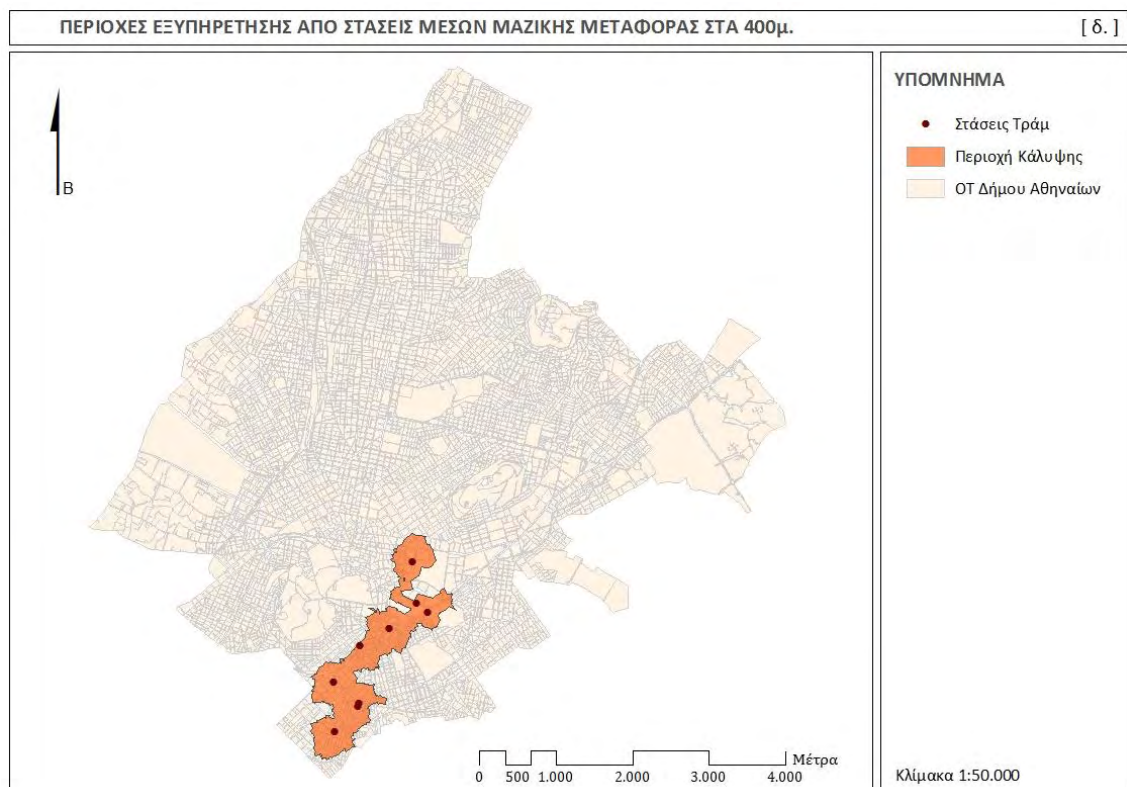
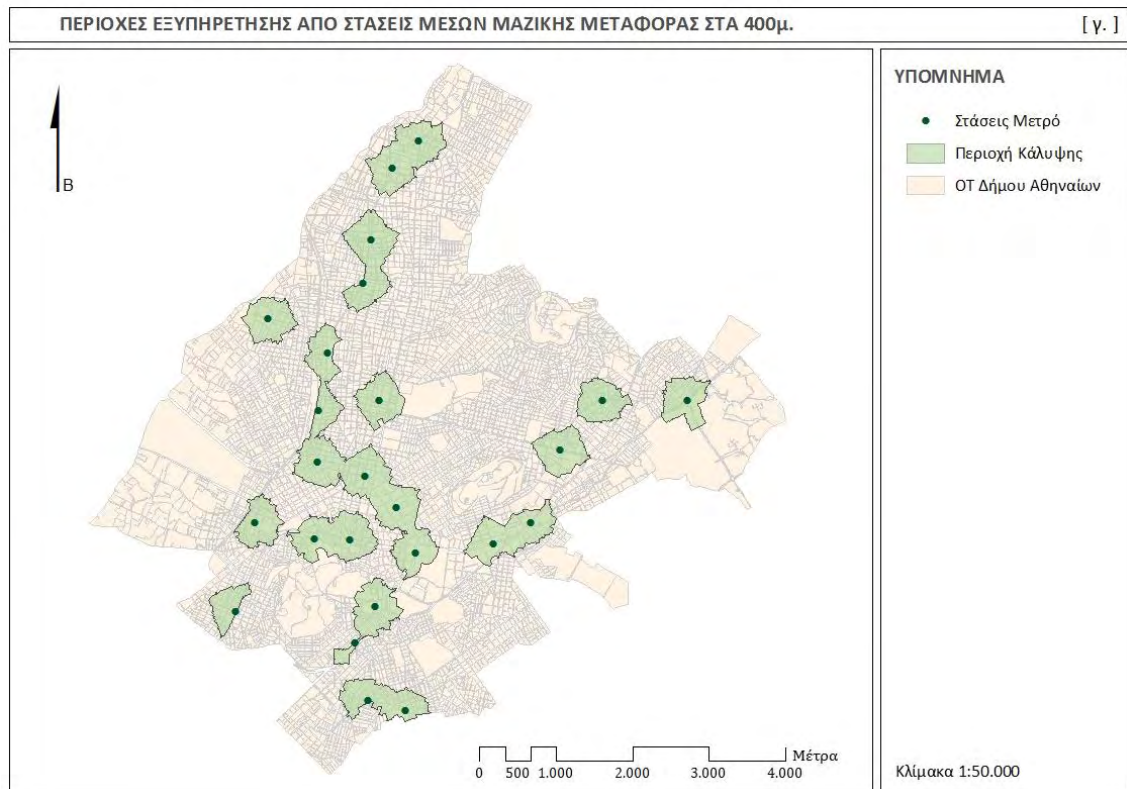
Σε αυτήν την μελέτη, επιλέχθηκε ως πρόσβαση με μέγιστο όριο περπατήματος τα 400μ σε στάσεις διέλευσης, όπου μπορεί να θεωρηθεί ως ένας ικανοποιητικός χρόνος τον οποίο οι κάτοικοι είναι πρόθυμοι να περπατήσουν. Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής, ανεύρεσης και προσδιορισμού των περιοχών εξυπηρέτησης από στάσεις, προσεγγίστηκε με την χρήση εργαλείων ανάλυσης δικτύου της επέκτασης *Network Analyst* του λογισμικού *ArcGIS 10.1*, και οι περιοχές εξυπηρέτησης υπολογίστηκαν με την χρήση της μεθόδου περιοχής εξυπηρέτησης (*Service Area*). Ως σημεία εξυπηρέτησης, θεωρήθηκαν οι θέσεις των υφιστάμενων στάσεων και ως μέγεθος αντίστασης (*impedance*) θεωρήθηκε η απόσταση που μπορεί να διανύσει ένας πεζός, με μέγιστο κόστος διαδρομής τα 400μ. Στο πίνακα 4.8 παρατίθενται τα ποσοστά επιφανειακής κάλυψης από τις περιοχές εξυπηρέτησης για κάθε μέσο και στο χάρτη 4.5.(α. έως δ.) φαίνονται οι θέσεις των στάσεων και οι περιοχές εξυπηρέτησης κάθε μεταφορικού μέσου.

| Μέσα Μαζικής Μεταφοράς | Ποσοστό επιφανειακής κάλυψης |
|------------------------|------------------------------|
| Λεωφορείο              | 90.599                       |
| Τρόλεϊ                 | 54.888                       |
| Μετρό                  | 16.830                       |
| Τράμ                   | 4.270                        |

Πίνακας 4.8: Ποσοστά επιφανειακής κάλυψης περιοχών εξυπηρέτησης MMM στο Δήμο Αθηναίων



Χάρτη 4.5.(α. & β.): Περιοχές εξυπηρέτησης με κόστος διαδρομής τα 400μ περπατήματος και οι θέσεις των στάσεων Λεωφορείου και Τρόλτσι αντίστοιχα.



Χάρτη 4.5.(γ. & δ.): Περιοχές εξυπηρέτησης με κόστος διαδρομής τα 400μ περπατήματος και οι θέσεις των στάσεων Μετρό και Τράμ αντίστοιχα.

#### 4.4.1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΕ MMM

Με τον υπολογισμό και προσδιορισμό των περιοχών εξυπηρέτησης για κάθε μέσο μεταφοράς ξεχωριστά αλλά και στους συνδυασμούς τους προέκυψαν στοιχεία και πληροφορίες όπως το μέγεθος της επιφάνειας που καλύπτεται από κάθε μέσο στα 400μ, ο συνολικός πληθυσμός με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του που μπορεί να εξυπηρετηθεί αλλά και το ποσοστό του πληθυσμού που εξυπηρετείται από περιοχές αποκλειστικής κάλυψης (από 1, 2, 3 ή και τα 4 MMM).

Η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης ως προς την προσβασιμότητα του πληθυσμού σε στάσεις και την παραγωγή ενός πρότυπου της χρήσης διέλευσης στο Δήμο Αθηναίων, προσεγγίστηκε με την χρήση εργαλείων στατιστικής ανάλυσης του λογισμικού *ArcGIS 10.1*.

##### 4.4.1.1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ MMM

Από τα αποτελέσματα, όπως αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα 4.9, καθίσταται εμφανές ότι η εξυπηρέτηση του συνολικού πληθυσμού από τα μέσα μαζικής μεταφοράς, στα 400μ, γίνεται κατά κύριο λόγο από τα **Λεωφορεία**, με πολύ μεγάλο ποσοστό (**98,0%**).

| Μέσα Μαζικής Μεταφοράς | Ποσοστό Πληθυσμού |
|------------------------|-------------------|
| Λεωφορείο              | 98.0 %            |
| Τρόλεϊ                 | 70.8 %            |
| Μετρό                  | 18.0 %            |
| Τράμ                   | 4.2 %             |
| 0 MMM                  | 1.1 %             |

Πίνακας 4.9: Ποσοστά πληθυσμού πρόσβασης σε στάσεις στα 400μ για κάθε MMM

Όπως είναι αναμενόμενο από αυτό το εξαιρετικά μεγάλο ποσοστό κάλυψης, οι επιμέρους υποκατηγορίες του πληθυσμού που καλύπτονται από Λεωφορείο ανταποκρίνονται πλήρως στα δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού (βλ. Παράρτημα Πίνακα Π1.). Έτσι, για παράδειγμα η προσβασιμότητα ανδρών και γυναικών, αλλά και των διάφορων ηλικιακών ομάδων, ανταποκρίνεται στην κατανομή των δυο φύλων με 47,6 και 52,4% αντίστοιχα. Περαιτέρω, ο πληθυσμός που καλύπτεται από Λεωφορείο αποτελείται κατά 17,6 % από παιδιά και εφήβους (κάτω

των 19 χρονών), κατά 25,3% ηλικίας 20-34, 38,2% ηλικίας 35-64 και κατά 19,0% άνω 65 χρονών. Ανάλογα, αναλύοντας βάσει του μορφωτικού επιπέδου, οι κάτοχοι διδακτορικού/μεταπτυχιακού τίτλου, αποτελούν το 3,8%, οι απόφοιτοι τριτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης τα 16,3%, 46,3% και 26,3% αντίστοιχα. Αναλφάβητοι και παιδιά (προ-)νηπιακής ηλικίας συμπληρώνουν με 2,6% και 4,7% αντίστοιχα αυτή την κατηγορία. Όπως αναμένεται και στην κατανομή βάσει επαγγέλματος ή εργατικού δυναμικού δεν παρατηρούνται οι όποιες αποκλείσεις από τα αναμενόμενα ποσοστά.

Ως δεύτερο μέσο, επίσης με πολύ μεγάλη πληθυσμιακή κάλυψη, ακολουθεί το **Τρόλεϊ**, με ποσοστό **70,8%** του συνολικού πληθυσμού του Δήμου Αθηναίων. Σε αυτό το μέσο και ενώ άντρες/γυναίκες με 42,4 και 52,6% αντίστοιχα δεν αποκλίνουν σημαντικά από την πληθυσμιακή κατανομή, στις ηλικιακές ομάδες παρουσιάζεται μία ελαφρώς καλύτερη κάλυψη των 65 και πάνω (19,5%) εις βάρος των 19 και κάτω χρονών (17,1% του πληθυσμού που καλύπτεται από Τρόλεϊ). Ομοίως και ενώ στην κατηγοριοποίηση βάσει μορφωτικού επιπέδου δεν παρουσιάζονται αξιόλογες αποκλείσεις, εντοπίζεται μία χειρότερη της αναμενόμενης κάλυψη για τους χειριστές μηχανημάτων (6,1 σε σχέση με 6,4% στο γενικό πληθυσμό) και μια καλύτερη εξυπηρέτηση των ανειδίκευτων εργατών (11,9 σε σχέση με 11,3% του γενικού πληθυσμού).

**Μετρό** και **Τράμ**, με **18,0** και **4,2%** αντίστοιχα, περιέχουν αρκετά μικρότερη πληθυσμιακή κάλυψη. Έτσι, οι άντρες αποτελώντας το 47,6% του Δήμου, έχουν σχετικά καλύτερη κάλυψη από τα δύο αυτά μέσα με 48,0 και 48,1%. Σε γενικές γραμμές όμως η κάλυψη του πληθυσμού από το Μετρό δεν παρουσιάζει οποιεσδήποτε αξιοσημείωτες αποκλείσεις ούτε ως προς τις ηλικιακές ομάδες, ούτε ως προς το μορφωτικό επίπεδο. Στον τομέα της εργασιακής απασχόλησης η μόνη απόκλιση παρουσιάζεται στην κατηγορία των προσώπων που ασκούν επιστημονικά επαγγέλματα, με μόνο το 16,4% αυτών να έχουν κάλυψη από Μετρό στα 400μ, ή διαφορετικά η κατηγορία αυτή να αποτελεί το 13,3% του πληθυσμού που έχει κάλυψη από Μέτρο.

Στην περίπτωση του Τράμ διαφορές παρουσιάζονται στην υποκατηγορία του πρωτογενή τομέα. Στην κατηγορία, αυτή παρατηρείται μία αύξηση της κάλυψης από το Τράμ, με 5,5% του συνολικού πληθυσμού της υποκατηγορίας αυτής να έχει εντός 400μ στάση Τραμ (σε σχέση με 4,2% του συνολικού πληθυσμού). Δηλαδή και ενώ η υποκατηγορία αυτή απαρτίζει το 2,7% του συνολικού πληθυσμού, αποτελεί το 3,5% του πληθυσμού με πρόσβαση σε Τραμ. Τα τελευταία όμως αποτελέσματα θα πρέπει να



αντιμετωπίζονται με προσοχή, λόγω του πολύ μικρού δείγματος των συγκεκριμένων κατηγοριών.

#### 4.4.1.2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟΥΣ ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΥΣ/ ΣΥΝΥΠΑΡΞΗ ΤΩΝ MMM

Όπως προαναφέρθηκε το Λεωφορείο προσφέρει με 98,0% την μεγαλύτερη πληθυσμιακή κάλυψη. Αξιοσημείωτη, είναι σε αυτή το σημείο, η πολύ μικρή προστιθέμενη πληθυσμιακή κάλυψη από το Τρόλεϊ στο Λεωφορείο, αφού οδηγεί σε μια αύξηση του ποσοστού σε 98,8%. Περαιτέρω, ελάχιστη είναι η αύξηση από το Μετρό (98,1%), ενώ αντίθετα δεν παρατηρείται η οποιαδήποτε βελτίωση αυτού του ποσοστού από το Τραμ. Επεξηγηματικά, είναι πρακτικά αδύνατο να βρίσκεται στα 400μ μια στάση Τράμ χωρίς να υπάρχει στάση Λεωφορείου. Επομένως, ο συνδυασμός Λεωφορείου ή/και Μετρό ή/και Τρόλεϊ όπου καλύπτει το 98,9% του πληθυσμού δεν αλλάζει αν ληφθεί υπ' όψιν και το Τραμ. Λόγω της πολύ μικρής προστιθέμενης πληθυσμιακής κάλυψης στο Λεωφορείο απ' όλα τα άλλα μέσα/συνδυασμούς, τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν πιο πάνω για το Λεωφορείο επαληθεύονται, με τις επιμέρους υποκατηγορίες του πληθυσμού να ανταποκρίνονται πλήρως στα δημογραφικά χαρακτηριστικά (βλ. Παράρτημα Πίνακα Π2.). Στον πίνακα 4.10 που ακολουθεί, παρατίθενται τα πληθυσμιακά ποσοστά προσβασιμότητας σε στάσεις από την συνύπαρξη/συνδυασμό των MMM.

| Αρ. | Μέσα Μαζικής Μεταφοράς | Λεωφορείο | Τρόλεϊ | Μετρό  | Τράμ   |
|-----|------------------------|-----------|--------|--------|--------|
| 2   | Λεωφορείο              | -----     | 98.8 % | 98.1 % | 98.0 % |
|     | Τρόλεϊ                 |           | -----  | 75.8 % | 72.9 % |
|     | Μετρό                  |           |        | -----  | 21.0 % |
|     | Τράμ                   |           |        |        | -----  |
| 4   |                        | 98.9 %    |        |        |        |
| 3   | Λεωφορείο              |           |        | 98.1 % |        |
|     | Τρόλεϊ                 |           |        | 77.4 % |        |
|     | Μετρό                  | 98.9 %    |        |        |        |
|     | Τράμ                   | 98.8 %    |        |        |        |

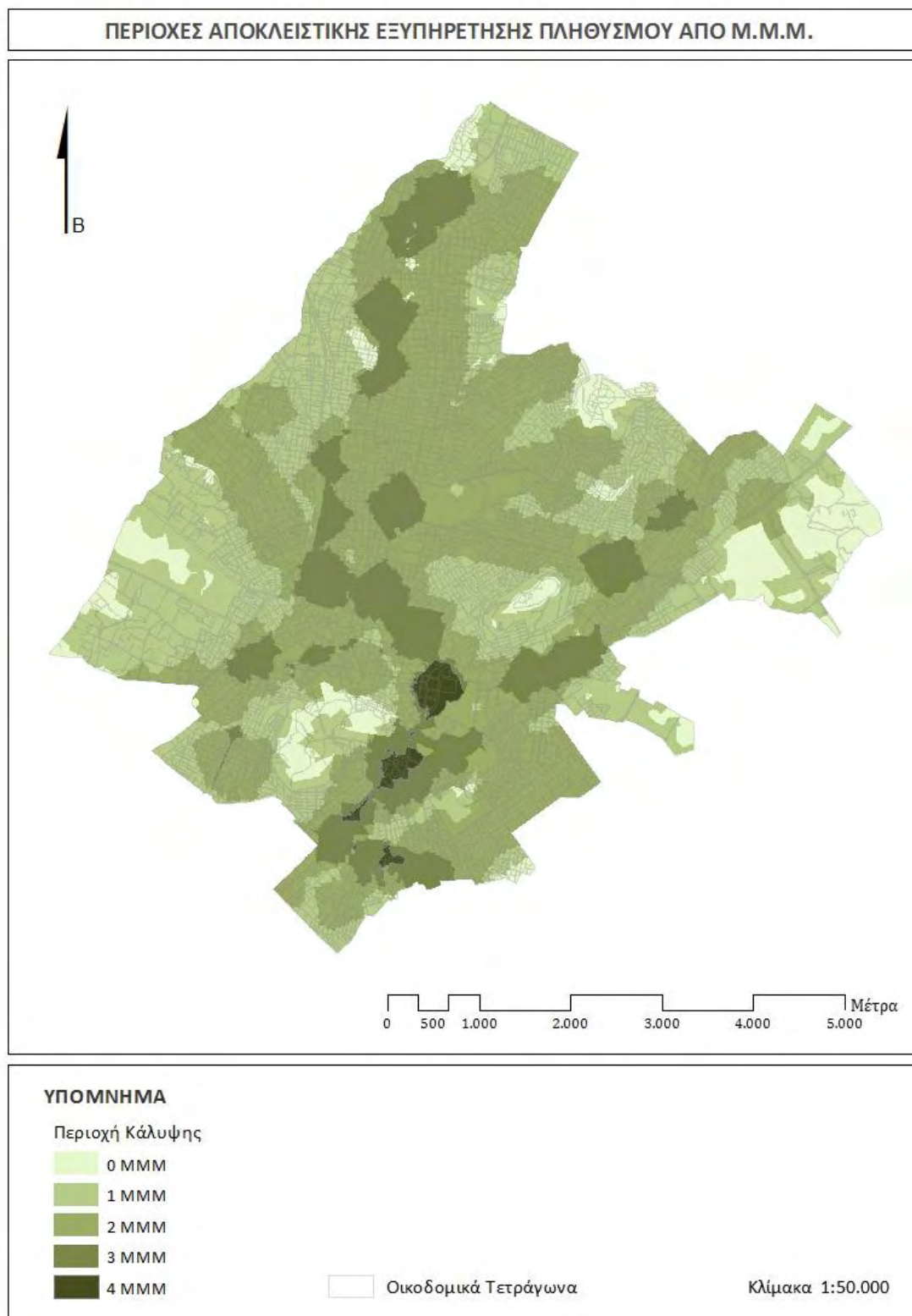
Πίνακας 4.10: Ποσοστά πληθυσμού των περιοχών συνδυαστικής εξυπηρέτησης από τα MMM

Αντίστοιχα, ελάχιστη είναι η αύξηση της πληθυσμιακής κάλυψης του Τρόλεϊ εάν συνυπολογιστεί σε αυτή η κάλυψη από το Τραμ (72,9%) και λίγο μεγαλύτερη εάν ληφθούν υπ' όψιν οι στάσεις του Μετρό (75,8%) ή ο συνδυασμός των δυο προαναφερόμενων μέσων (77,4%). Ομοίως με το Λεωφορείο, οι αποκλείσεις που παρουσιάζονται είναι οι ίδιες που φαίνονται στο Τρόλεϊ σε λίγο μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, δηλαδή ότι στις ηλικιακές ομάδες παρουσιάζεται μια ελαφρώς καλύτερη κάλυψη των 65 και άνω εις βάρος των 19 και κάτω χρονών. Ομοίως, άξιο αναφοράς είναι η διαφορετική κάλυψη των 3 συνδυασμών (Τρόλεϊ ή/και Τράμ, Τρόλεϊ ή/και Μετρό, Τρόλεϊ ή/και Τράμ ή/και Μετρό), της κατηγορίας των χειριστών μηχανημάτων και αυτής των ανειδίκευτων εργατών, με εις μεν τους πρώτους να έχουν μικρότερη και τους δεύτερους μεγαλύτερη προσβασιμότητα σε σχέση με τον γενικό πληθυσμό.

Όπως είναι αναμενόμενο, η αύξηση της πληθυσμιακής κάλυψης του Μετρό, από το ομολογουμένως “ισχνό” Τράμ, είναι μικρή. Συγκεκριμένα ανεβάζει την πληθυσμιακή κάλυψη από 18,0 σε 21,0%. Για αυτό το λόγο η εξαγωγή όποιων συμπερασμάτων από αναλύσεις διακυβεύει αρκετούς κινδύνους.

#### 4.4.1.3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΗΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ

Το ποσοστό του πληθυσμού που καλύπτεται αποκλειστικά και μόνο από ένα μέσο μαζικής μεταφοράς ανέρχεται στο 22,4%. Αυτό αποτελεί συνάθροιση της αποκλειστικότητας του Λεωφορείου (21,5%), του Τρόλεϊ (0,8%) και του Μετρό (μόλις 0,1%). Το Τραμ όπως προαναφέρθηκε δεν προσφέρει σε αυτό το άθροισμα. Στους πιο κάτω πίνακες 4.11 και 4.12 παρατίθενται τα ποσοστά από την αποκλειστική εξυπηρέτηση του πληθυσμού καθώς και τον συνδυασμό τους, ενώ στο χάρτη 4.6 διαφαίνονται οι περιοχές αποκλειστικής κάλυψης στο Δήμο Αθηναίων.



Χάρτη 4.6: Πάζλ περιοχών αποκλειστικής εξυπηρέτησης πληθυσμού από 1, 2, 3 ή 4 ΜΜΜ

| Περιοχές Εξυπηρέτησης  | Ποσοστό Πληθυσμού |
|------------------------|-------------------|
| 1 Μεταφορικό Μέσο      | 22.4 %            |
| 2 Μεταφορικά Μέσα      | 61,5 %            |
| 3 Μεταφορικά Μέσα      | 14.4 %            |
| 4 Μεταφορικά Μέσα      | 0.6 %             |
| Κανένα Μεταφορικό Μέσο | 1.1 %             |

Πίνακας 4.11: Ποσοστά αποκλειστικής εξυπηρέτησης πληθυσμού από MMM

|                     | Μέσα Μαζικής Μεταφοράς | Λεωφορείο | Τρόλεϊ | Μετρό | Τράμ  |
|---------------------|------------------------|-----------|--------|-------|-------|
| 2<br>μέσα<br>μεταφ. | Λεωφορείο              | 21.5 %    | 55.6 % | 4.4 % | 1.5 % |
|                     | Τρόλεϊ                 |           | 0.8 %  | 0 %   | ----- |
|                     | Μετρό                  |           |        | 0.1 % | ----- |
|                     | Τράμ                   |           |        |       | 0 %   |
| 3<br>μέσα<br>μεταφ. | Λεωφορείο              |           |        | 0.6 % |       |
|                     | Τρόλεϊ                 |           |        | ----- |       |
|                     | Μετρό                  |           | 12.3 % |       |       |
|                     | Τράμ                   |           | 1.4 %  |       |       |

Πίνακας 4.12: Ποσοστά εξυπηρέτησης πληθυσμού από των συνδυασμό των αποκλειστικότητας

Η πληθυσμιακή κάλυψη ανταποκρίνεται γενικά στην κατανομή του πληθυσμού με άντρες και γυναίκες να καλύπτονται από 48,0 και 52,0% αντίστοιχα (βλ. Παράρτημα Πίνακα Π3.). Περαιτέρω, ο πληθυσμός που καλύπτεται αποκλειστικά από ένα MMM αποτελείται κατά 17,6 % από παιδιά και εφήβους (19 χρονών και κάτω), κατά 25,0% ηλικίας 20-34, 38,3% ηλικίας 35-64 και κατά 18,1% άνω 65 χρονών. Αν και στο φύλο, στις ηλικιακές ομάδες και στην απασχόληση δεν παρουσιάζονται οι οποιεσδήποτε σημαντικές διαφορές, στα κοινωνικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού και πιο συγκεκριμένα προβαίνοντας σε σύγκριση βάσει του μορφωτικού επιπέδου, διαφορές παρουσιάζονται στην κατηγορία των κατόχων μεταπτυχιακού διπλώματος. Πιο συγκεκριμένα, ενώ στον γενικό πληθυσμό το 22,4% της κάλυψης γίνεται μόνο από ένα μέσο μαζικής μεταφοράς, το 25,4% στην επί μέρους αυτή κατηγορία εξυπηρετείται αποκλειστικά από Λεωφορείο (24,3%), Τραμ (1,0%) ή Μετρό (0,1%).

Η πλειοψηφία του πληθυσμού έχει αποκλειστική κάλυψη από 2 μέσα μαζικής μεταφοράς. Το ποσοστό ανέρχεται στο 61,5% και από αυτούς το μεγαλύτερο ποσοστό (55,6%) έχει πρόσβαση σε στάσεις Λεωφορείου και Τρόλεϊ, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό συμπληρώνεται από περιοχές που καλύπτουν αποκλειστικά ο συνδυασμός του Λεωφορείου - Μέτρο (4,4%) και Λεωφορείου - Τραμ (1,5%). Αυτό δείχνει ότι στις περιοχές που εξυπηρετούνται αποκλειστικά από 2 μέσα, οι στάσεις Λεωφορείου αποτελούν πάντα το ένα από τα δυο διαθέσιμα μέσα. Στο συγκεκριμένο πληθυσμό που εξυπηρετείται αποκλειστικά από 2 MMM δεν παρατηρούνται οποιεσδήποτε αποκλείσεις από τον γενικό πληθυσμό.

Όπως εύκολα μπορεί να υποπτευθεί, το ίδιο φαινόμενο που παρατηρείται με την αποκλειστικότητα 2 MMM ισχύει και στις αποκλειστικότητες από στάσεις 3 MMM, όπου οι στάσεις Λεωφορείου πάντα συνυπάρχουν με τον συνδυασμό των άλλων μέσων. Ο συνδυασμός αυτός καλύπτει το 14,4% του πληθυσμού, ομοίως χωρίς οποιεσδήποτε σημαντικές διαφορές από την αναμενόμενη κάλυψη για τις διάφορες υποομάδες των δημογραφικών χαρακτηριστικών.

Τέλος, το καλύτερο δυνατό σενάριο κατά το οποίο αλληλεπικαλύπτονται οι περιοχές εξυπηρέτησης και των τεσσάρων MMM (ολοκληρωτική προσβασιμότητα), είναι η καθημερινή πραγματικότητα λιγότερων των 5000 κατοίκων (0,6%). Όπως καθίσταται εμφανές από τα πιο πάνω δεδομένα, η πληθυσμιακή κάλυψη από τουλάχιστον ένα μέσο μαζικής μεταφοράς, που αντιπροσωπεύει πρακτικά τη πληθυσμιακή κάλυψη από Λεωφορείο ή Τρόλεϊ ή Μετρό, είναι εξαιρετική με μόνο 1,1% του πληθυσμού να μην έχει προσβασιμότητα σε κανένα μέσο μαζικής μεταφοράς. Στις συγκεκριμένες κατηγορίες ολοκληρωτικής και μηδενικής κάλυψης, αν και παρατηρούνται μικρές αποκλείσεις από τον γενικό πληθυσμό, τα αποτελέσματα (όπως αναφέρθηκε ξανά) θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με προσοχή, λόγω των πολύ μικρών υποπληθυσμών. Ωστόσο, άξιο αναφοράς είναι το φαινόμενο που παρατηρείται στον τομέα της εργασιακής απασχόλησης. Έτσι, ενώ οι υπόλοιποι υποπληθυσμοί όπως π.χ. τεχνολογικά επαγγέλματα, υπάλληλοι γραφείου, απασχολούμενοι στην παροχή υπηρεσιών εμφανίζουν προσβασιμότητα ανάλογη των δημογραφικών τους χαρακτηριστικών, αξιοπρόσεκτη είναι η υποκατηγορία του πρωτογενή τομέα. Στην κατηγορία αυτή (2,7% του συνολικού πληθυσμού) συμβαίνει το παράδοξο ότι ενώ την ίδια στιγμή που μεγαλύτερο του αναμενόμενου μέρος του (3,9%) δεν έχει στάση κανενός MMM στα 400μ, μεγαλύτερο σχετικό ποσοστό του έχει ολοκληρωτική προσβασιμότητα (5,6%).

#### 4.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Η ανάπτυξη ενός δείκτη για την ανάδειξη της προσβασιμότητας του πληθυσμού ανεξαρτήτως μεγίστου ορίου προσέλευσης σε στάσεις, υλοποιήθηκε σύμφωνα με τις παραμέτρους της απόστασης προσέλευσης και τη συμβολή του κάθε μέσου στο Δήμο Αθηναίων. Η συμβολή αυτή, καθορίστηκε από το ποσοστό συμμετοχής του κάθε μέσου μεταφοράς στο συνολικό ποσοστό κάλυψης το οποίο μεταφράστηκε ως ένας συντελεστής βαρύτητας για κάθε μέσο (βλ. Εξίσωση 2.1).

Ο υπολογισμός των δικτυακών αποστάσεων από κάθε κόμβο (στους οποίους είναι κατανεμημένος ο πληθυσμός) για όλα τα μέσα μαζικής μεταφοράς, υπολογίστηκαν με την χρήση του εργαλείου ανάλυσης *OD Cost Matrix*, της επέκτασης *Network Analyst* του λογισμικού *ArcGIS 10.1*. Ο συντελεστής βαρύτητας καθορίστηκε από τις υπολογισμένες περιοχές εξυπηρέτησης των 400μ. (βλ. Πίνακα 4.9) και το ποσοστό της συνδυαστικής συμμετοχής του κάθε μέσου μεταφοράς στη συνολική περιοχή κάλυψης. Στο πίνακα 4.13 παρατίθενται τα ποσοστά κάλυψης των περιοχών εξυπηρέτησης στα 400μ. και ο αντίστοιχος συντελεστής βαρύτητας κάθε μεταφορικού μέσου.

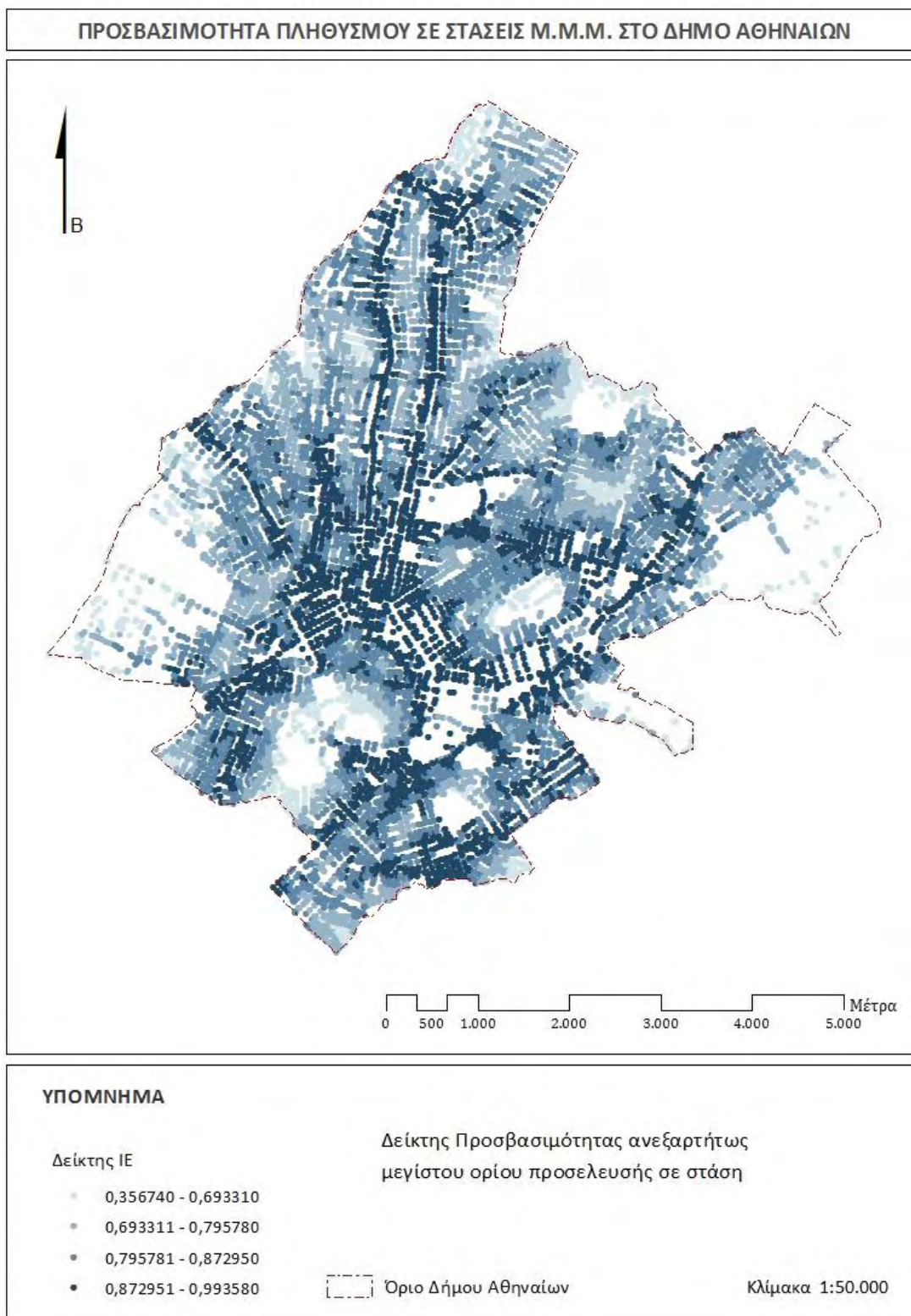
| Μέσα Μαζικής Μεταφοράς | Ποσοστό Κάλυψης<br>Περιοχών Εξυπηρέτησης | Συντελεστής Βαρύτητας |
|------------------------|--|-----------------------|
| Λεωφορείο              | 90.599                                   | <b>0.544</b>          |
| Τρόλεϊ                 | 54.888                                   | <b>0.329</b>          |
| Μετρό                  | 16.830                                   | <b>0.101</b>          |
| Τράμ                   | 4.270                                    | <b>0.026</b>          |
|                        | <b>166.589</b>                           |                       |

Πίνακας 4.13: Συντελεστής βαρύτητας μέσων μαζικής μεταφοράς

Οι τιμές της προσβασιμότητας του πληθυσμού σύμφωνα με το δείκτη, δύναται να παίρνουν όλο το εύρος μεταξύ 0 και 1 ( $> 0, < 1$ ). Αυτό παρατηρείται γιατί αφενός όλος ο πληθυσμός έχει έστω και μια ελάχιστη προσβασιμότητα σε στάσεις (δεν υπάρχει τιμή 0) και αφετέρου λόγω της στάθμισης με την μέγιστη παρατηρούμενη δικτυακή απόσταση κόμβου/πληθυσμού από το κάθε ΜΜΜ στον πληθυσμό. Οι χαμηλές τιμές του δείκτη αποτυπώνουν δυσμενή θέση σε στάσεις μέσων μεταφοράς ενώ οι υψηλές τιμές δείχνουν ευμενής θέσεις. Το αποτέλεσμα των τιμών της προσβασιμότητας στους

κόμβους/πληθυσμό του Δήμου Αθηναίων σύμφωνα με τον δείκτη αυτό αποτυπώνεται στον χάρτη 4.7.

Κατά την χωρική διάσταση και αποτίμηση της προσβασιμότητας του πληθυσμού αναδεικνύονται οι κύριοι οδικοί άξονες στο δήμο (Λεωφόρος Αλεξάνδρας, οδός Πειραιώς, 28<sup>ης</sup> Οκτώβριου-Πατησίων, Λένορμαν, Λιοσίων, Λεωφόρος Βασιλέως Κωνσταντίνου, Λεωφόρος Βασιλίσσης Σοφίας, Λεωφόρος Συγγρού, Καλλιρόης Μεσογείων, Λεωφόρος Κηφισίας, Ηλιουπόλεως, Λεωφόρος Βουλιαγμένης Φειδιππίδου, Ευελπίδων κ.α.) και κυρίως οι οδοί/περιοχές όπου εισέρχονται πολλές στάσεις μέσω μαζικής μεταφοράς όπως το κέντρο της Αθήνας (Αχιλλέως, Ακαδημίας, Πανεπιστημίου, Σταδίου, Σόλωνος, Μάρνη, Λιοσίων, Μάγερ, Αρδηττού, Πλατεία Ομονοίας, Αχαρνών κ.α.) ενώ αντίθετα στις απομακρυσμένες περιοχές του δήμου καθώς και στις περιοχές που είναι εμφανές ότι βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο - λόφους (Λυκαβηττός, Ακρόπολη) ο πληθυσμός έχει μικρότερη προσβασιμότητα.



Χάρτης 4.7: Δείκτης προσβασιμότητας ανεξαρτήτως μεγίστου ορίου προσέλευσης σε στάση

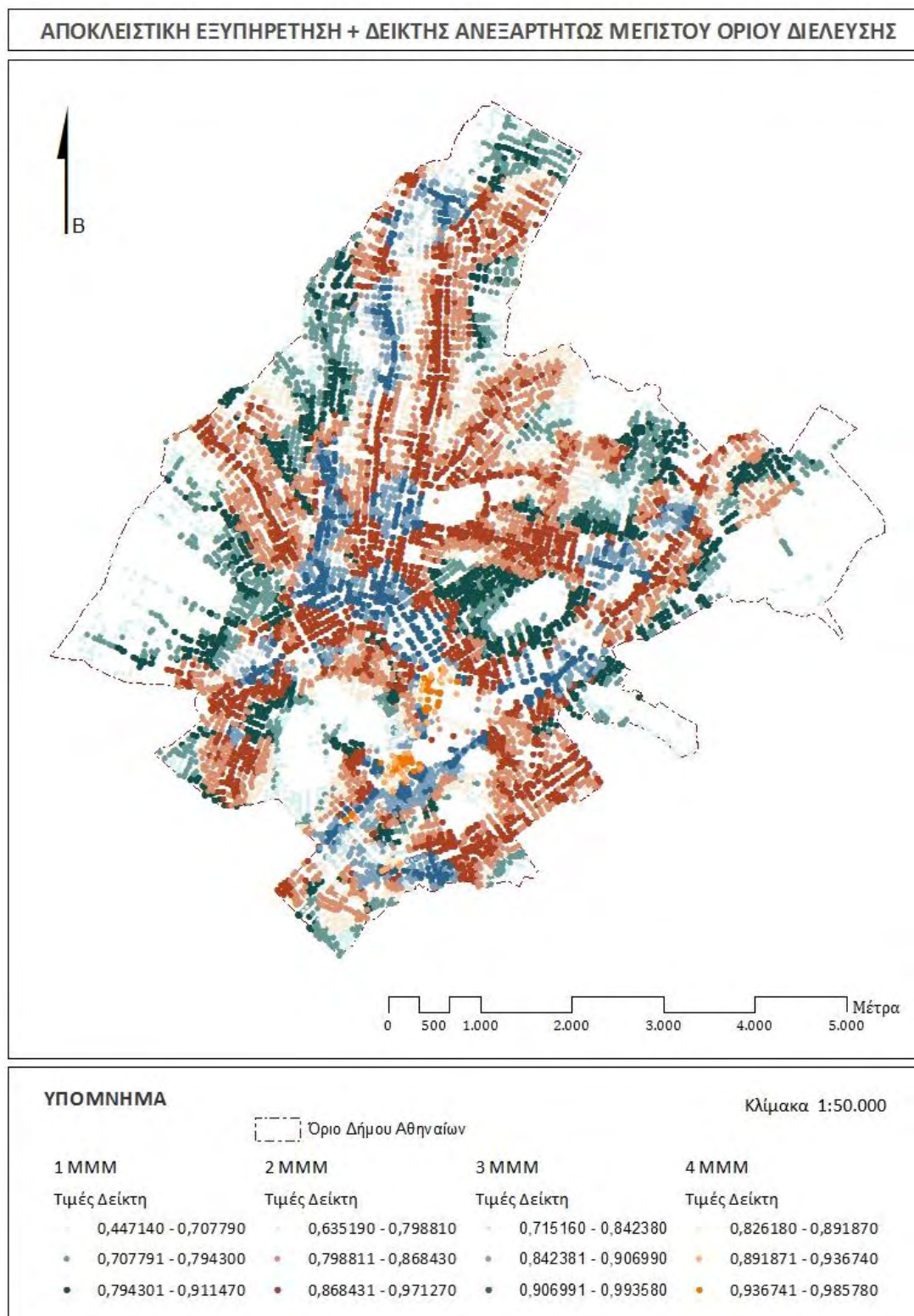


Στην συνέχεια, ο δείκτης αυτός σε συνδυασμό με τις περιοχές **αποκλειστικής κάλυψης** (από 1, 2, 3 ή και τα 4 MMM), καθορίστηκε ως μέτρο σύγκρισης της προσβασιμότητας και διαφοροποίησης της εξυπηρέτησης του πληθυσμού που υπάγεται σε αυτές, ώστε να αναδειχθούν οι διαφορές στην προσβασιμότητα του πληθυσμού εντός της κάθε αποκλειστικής περιοχής κάλυψης. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στον πιο κάτω χάρτη 4.8 όπου με ξεχωριστό χρώμα για την κάθε περιοχή αποκλειστικής κάλυψης αναδεικνύεται η εξυπηρέτηση του πληθυσμού που υπάγεται σε αυτές και είναι προφανές ότι αποτελεί ένα υβρίδιο των χαρτών 4.6 και 4.7.

Ο πληθυσμός που ενώ έχει προσβασιμότητα σύμφωνα με έναν από τους συνδυασμούς της αποκλειστικής κάλυψης, δεν έχει την ίδια εγγύτητα σε στάσεις στις περιοχές αυτές της αποκλειστικής εξυπηρέτησης. Η λογική συμφωνά με την οποία αποδόθηκε ο συντελεστής βαρύτητας σε κάθε μεταφορικό μέσο καθώς και η απόσταση από την στάση, διαφοροποιεί όπως είναι προφανές την εικόνα της προσβασιμότητας του συνολικού πληθυσμού στις περιοχές αυτές. Απλουστευμένα, όσο πιο κοντά είναι κάποιος σε μια στάση εντός των πολυγώνων αποκλειστικότητας και όσο μεγαλύτερη η βαρύτητα του μέσου μεταφοράς, τόσο καλύτερη προσβασιμότητα έχει.

Όπως φαίνεται και στο υπόμνημα από τις τιμές του δείκτη, ανά χρωματική σύνθεση στο χάρτη 4.8, οι κόμβοι/πληθυσμός οι οποίοι βρίσκονται σε δυσμενέστερη θέση (κυρίως είναι αυτοί οι οποίοι ανήκουν στα πολύγωνα εξυπηρέτησης μονό από 1 MMM) σε κάθε πολύγωνο αποκλειστικότητας καταλαμβάνουν αντίστοιχα χαμηλές τιμές του δείκτη ενώ αντίθετα οι κόμβοι/πληθυσμός που έχουν καλύτερη εγγύτητα σε στάσεις στα πολύγωνα, καταλαμβάνουν υψηλές τιμές του δείκτη.

Για την δημιουργία των τιμών κάθε ομάδας αποκλειστικής κάλυψης, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Jenks με επιλογή την δημιουργία τριών ομάδων. Τα όρια της κάθε ομάδας πρόεκυψαν στο σύνολο όλων των τιμών του δείκτη για κάθε αποκλειστική περιοχή εξυπηρέτησης των MMM, ώστε να υπάρξει μια σταθερή κατηγοριοποίηση και να είναι ευκολότερη η οπτικοποίηση των δεδομένων.



Χάρτης 4.8: Συνδυασμός αποκλειστικότητας με δείκτη προσβασιμότητας ανεξαρτήτως μεγίστου ορίου προσέλευσης σε στάση

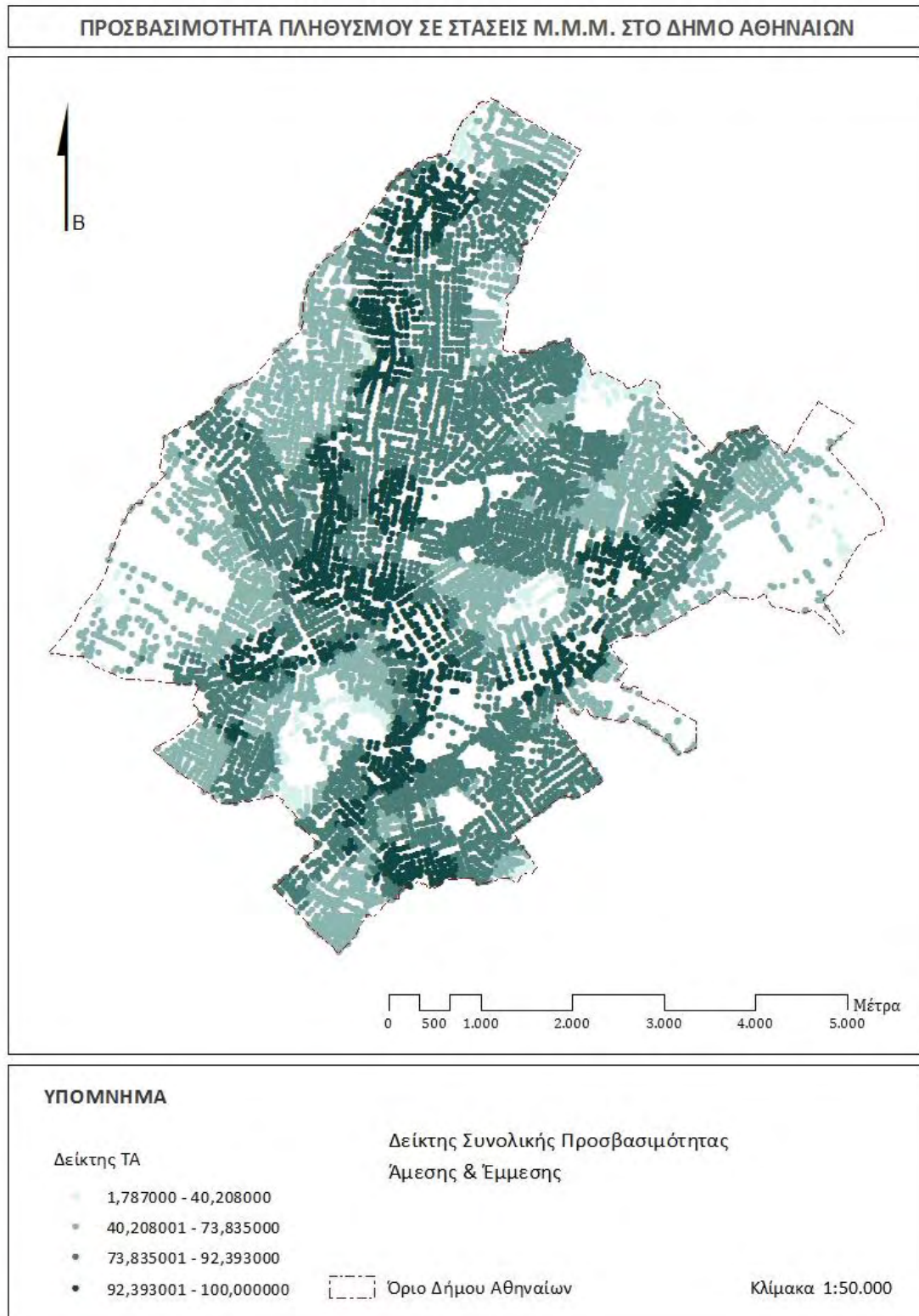
Επιπλέον, μια περαιτέρω έρευνα και ανάγκη για παρακολούθηση της προσβασιμότητας του συνολικού πληθυσμού από τα μέσα μαζικής μεταφοράς, οδήγησε στην δημιουργία ενός δεύτερου χωρικού δείκτη ο οποίος συνυπολογίζει την άμεση προσβασιμότητα της μέγιστης απόστασης περπατήματος των 400μ και που μεταφράζεται σε χρόνο των 5 λεπτών πεζής διαδρομής, με μια έμμεση προσβασιμότητα όπου ναι μεν δεν μπορεί να εξυπηρετήσει το πληθυσμό στο μέγιστο χρόνο αλλά σαφώς έχει την δυνατότητα πρόσβασης σε στάσεις πέραν του προσδοκώμενου χρόνου. Αυτή η έμμεση προσβασιμότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη του επιπρόσθετου χρόνου που απαιτείται (φθοράς της απόστασης) και είναι εκθετικού χαρακτήρα.

Λαμβάνοντας υπόψη αποκλειστικά και μόνον τους κόμβους/πληθυσμό οι οποίοι εντάσσονταν στις περιοχές εξυπηρέτησης των 400μ (δικτυακές αποστάσεις σε στάσεις με μέγιστο ορίου τα 400μ) και το ποσοστό της συνδυαστικής συμμετοχής κάθε μέσου στην συνολική περιοχή κάλυψης, υπολογίστηκε η άμεση προσβασιμότητα για κάθε κόμβο (βλ. Εξίσωση 2.3). Για την έμμεση προσβασιμότητα που συνετέλεσε ο συντελεστής βαρύτητας για κάθε μέσο (βλ. Πίνακα 4.13), λήφθηκαν υπόψη οι αποστάσεις οι οποίες ξεπερνούσαν τα 5 λεπτά περπάτημα. Περί τούτου, αφαιρέθηκαν από όλες τις αποστάσεις προσέλευσης σε στάση, τα 400μ και στην συνέχεια ανάλογα με το/τα μέσα στα οποία δεν υπήρχε άμεση πρόσβαση σε στάση, υπολογίστηκε η τιμή της έμμεσης προσβασιμότητας (συνολικός καταμερισμός στα μέσα).

Ακολουθώντας, συνυπολογίζοντας τις τιμές της άμεσης και έμμεσης για κάθε κόμβο/πληθυσμό, αποδόθηκε μια συνολική προσβασιμότητας στα MMM του δήμου. Το αποτέλεσμα που προέκυψε από τον υπολογισμό του δείκτη - Total Accessibility φαίνονται γραφικά στο χάρτη 4.9.

Σε αντίθεση με τον προηγούμενο δείκτη (ανεξαρτήτως μεγίστου ορίου προσέλευσης σε στάσεις), στον οποίο αναδεικνύονται οι κύριοι οδικοί άξονες, με το δείκτη αυτό της συνολικής προσβασιμότητας, αναδεικνύονται κυρίως οι περιοχές οι οποίες είναι προσπελάσιμες από στάσεις στα 400μ.

Επίσης σημαντική παρατήρηση κατά την διαφοροποίηση του με τον προηγούμενο δείκτη είναι στις τιμές οι οποίες παίρνει και αυτές δεν ξεπερνούν την απολυτή προσβασιμότητα (100%) αλλά ποτέ δεν παίρνουν την τιμή μηδέν .



Χάρτης 4.9: Δείκτης συνολικής (άμεσης και έμμεσης) προσβασιμότητας

#### 4.6. ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Σε μια περαιτέρω διερεύνηση, τέθηκε η ανάγκη για αξιολόγηση του φαινομένου της προσβασιμότητας ή της εξυπηρέτησης του πληθυσμού από τα μέσα μαζικής μεταφοράς στο Δήμο Αθηναίων, που ορίζεται από τον δείκτη της άμεσης και έμμεσης προσβασιμότητας, σε συνδυασμό με τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά. Η ανάγκη αυτή, οδήγησε στην ομαδοποίηση του πληθυσμού σύμφωνα με τα ομοειδή χαρακτηριστικά του στο χώρο. Στόχος ήταν να ελεγχτεί κατά ποσό υπάρχουν περιοχές στο δήμο όπου η προσβασιμότητα στις στάσεις συσχετίζεται με την κατανομή και σύσταση του πληθυσμού σύμφωνα με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του. Κατάλληλη μέθοδος για την επίτευξη του στόχου αυτού, θεωρήθηκε η ταξινομική ανάλυση (*Cluster Analysis*) και συγκεκριμένα η τεχνική της *K-Means*.

##### *4.6.1. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ*

Σύμφωνα με την ταξινομική ανάλυση και κατ' επέκταση την επιλεγθείσα τεχνική *K-Means*, βασική παράμετρος πέραν από τον καθορισμό των *K*-ομάδων που πρέπει να οριστούν εξ αρχής, είναι και ο καθορισμός των μεταβλητών, βάσει των οποίων θα γίνει η σύσταση των ομάδων. Συνεπώς, οι μεταβλητές αυτές θα πρέπει να επιλέγονται ούτως ώστε να έχουν άμεση σχέση με τα ερωτήματα στα οποία καλείται να δώσει απάντηση το αποτέλεσμα της ταξινομικής ανάλυσης. Δια τον λόγο αυτό και σύμφωνα με την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση της προσβασιμότητας, με το προφίλ ομοειδών χαρακτηριστικών του πληθυσμού στο δήμο, προσδιορίστηκαν ως σταθερή μεταβλητή ο δείκτης άμεσης και έμμεσης προσβασιμότητας (*Total Accessibility*) και ως μεταβαλλόμενες μεταβλητές τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού. Κατά την εξέταση και στην συνέχεια στον καθορισμό, των μεταβλητών (από τα δημογραφικά χαρακτηριστικά), που έχουν ενδιαφέρον ώστε να διευρυνθούν περαιτέρω, πραγματοποιήθηκε στατιστικός έλεγχος συσχέτισης των μεταβλητών μεταξύ τους.

Με την χρήση του εργαλείου *Correlation* από το λογισμικό *SPSS Statistics 17* δημιουργήθηκε ο πίνακας συσχέτισης μεταβλητών (βλ. Παράρτημα Πίνακα Π4.), όπου κατά το αποτέλεσμα, επιλέχθηκαν οι μεταβλητές εκείνες που αφενός είχαν συσχέτιση μεταξύ τους άρα στατιστικά ήταν αποδεκτές και αφετέρου κατά την ταξινομική ανάλυση θα μπορούσαν να ομαδοποιήσουν με την καλύτερη δυνατή συσχέτιση τον πληθυσμό, δίνοντας την σύσταση του στο δήμο.

Από τα αποτελέσματα της συσχέτισης και όπως παρουσιάζεται σε συντομία στον πίνακα 4.14 επιλέχθηκαν προς ομαδοποίηση η ηλικιακή ομάδα **35-64**, το υψηλό μορφωτικό επίπεδο, ο οικονομικά ενεργός πληθυσμός και ο δείκτης συνολικής προσβασιμότητας. Σαν δεύτερο παράδειγμα, για διερεύνηση, επιλέχθηκαν σαν μεταβλητές η ηλικιακή ομάδας **65+**, το υψηλό μορφωτικό επίπεδο, ο οικονομικά μη ενεργός πληθυσμός και ο δείκτης συνολικής προσβασιμότητας.

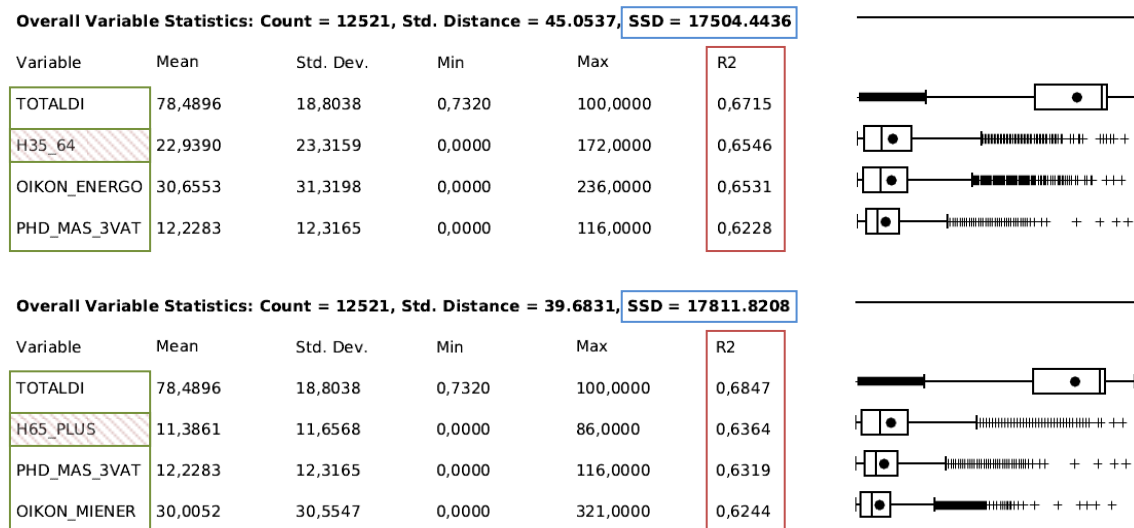
|                     |       | Επίπεδο Εκπαίδευσης |         | Απασχόληση     |                   |
|---------------------|-------|---------------------|---------|----------------|-------------------|
|                     |       | Phd, Master         | 3Βάθμια | Οικον. Ενεργός | Οικον. Μη Ενεργός |
| Ηλικιακές<br>Ομάδες | 35-64 | 0,718               | 0,929   | 0,983          | 0,978             |
|                     | 65+   | 0,768               | 0,945   | 0,939          | 0,960             |

Πίνακα 4.14: Απόσπασμα τιμών συσχέτισης μεταβλητών – Correlation. Οι μεταβλητές που παρουσιάζονται στον πίνακα έχουν επίπεδο σημαντικότητας  $P \leq 0.01$ .

#### 4.6.2. ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ

Η ομαδοποίηση των μεταβλητών προσεγγίστηκε στο περιβάλλον του λογισμικού *ArcGIS 10.1*, με την χρήση του χωρικού στατιστικού εργαλείου *Spatial Statistics - Mapping Cluster* και συγκεκριμένα της ταξινομικής μεθόδου *K-Means Cluster Analysis* η οποία πραγματοποιείτε κατά την επιλογή της διαδικασίας εκτελεστής της εντολής *NO\_SPATIAL\_CONSTRAINT*.

Κατά την εκτέλεση των ομαδοποιήσεων και σύμφωνα με έναν αριθμό δόκιμων, θεωρήθηκε ως καταλληλότερη η χρησιμοποίηση τριών ομάδων. Μετά από έναν ικανοποιητικό αριθμό επαναλήψεων για κάθε σενάριο, επιλέχθηκαν εκείνα κατά τα οποία το SSD (Sum of square distances), είχε την μικρότερη τιμή και κατ' επέκταση την μεγαλύτερη συσχέτιση ( $R^2$ ) μεταξύ των μεταβλητών. Οι παράμετροι στις τρεις αυτές ομάδες (Groups) εμφανίζουν μικρές αποκλείσεις μέσα στην κάθε ομάδα (είναι δηλαδή ενδοομαδικά όμοιες) και όσο το δυνατό μεγαλύτερες διαφορές/αποκλείσεις μεταξύ των ομάδων (ανόμοιες). Στην εικόνα 4.3 παρατίθεται απόσπασμα από τις μεταβλητές και τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του προς εξέταση πληθυσμού, κατά την υλοποίηση της *K-Means Cluster Analysis* στο λογισμικού *ArcGIS 10.1*.



Εικόνα 4.3: Απόσπασμα αποτελεσμάτων από την υλοποίηση της K-Means Cluster Analysis.

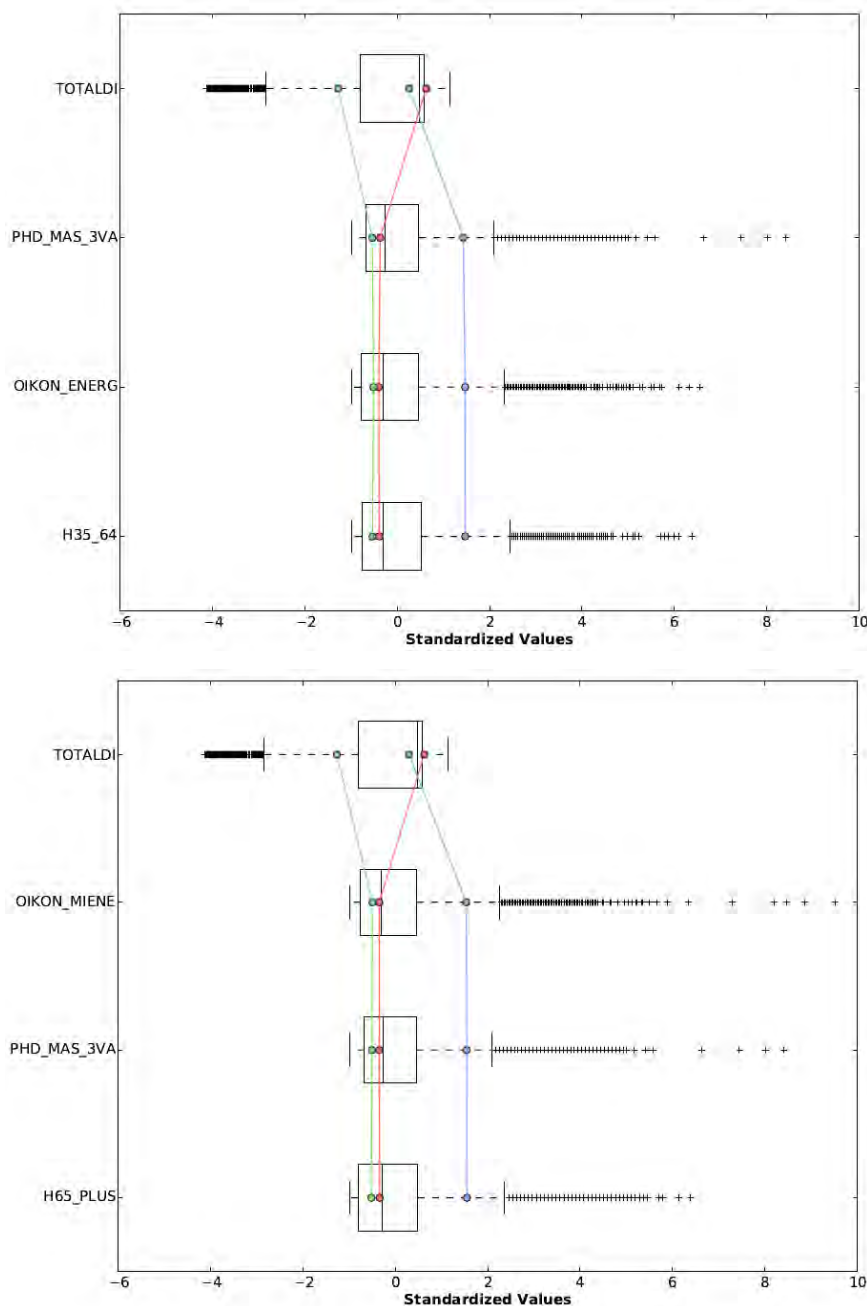
Όπως αναφέρεται πιο πάνω, στο παράδειγμα όπου επιπρόσθετα σαν μεταβλητές επιλέχθηκαν η ηλικιακή ομάδα 35-64, ο οικονομικά ενεργός πληθυσμός και το επίπεδο εκπαίδευσης τριτοβάθμια/μεταπτυχιακό/διδακτορικό (Χάρτης 4.10.) παρατηρήθηκε παρόμοια (αν όχι ταυτόσημη χαρτογραφική απεικόνιση) των δημιουργηθέντων cluster με το παράδειγμα όπου σαν μεταβλητές επιλέγονται εκτός από τη συνολική προσβασιμότητα η ηλικιακή ομάδα άνω των 65, ο οικονομικά μη ενεργός πληθυσμός και το ίδιο επίπεδο εκπαίδευσης.

Κατά το αποτέλεσμα και σύμφωνα με την επιλογή τριών ομαδοποιήσεων, η μια ομάδα απεικονίζει βασικά τις περιοχές με περιορισμένη προσβασιμότητα και χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού (πράσινο χρώμα), η δεύτερη έχει ελαφρώς χαμηλότερη του μέσου όρου και πολύ μεγάλη πυκνότητα πληθυσμού (μπλε χρώμα) και η τρίτη (κόκκινο χρώμα) έχει ελάχιστα μεγαλύτερη πυκνότητα εξεταζόμενων πληθυσμών από την πράσινη και πολύ χαμηλότερη από την μπλε ομάδα όπου η προσβασιμότητα όμως είναι ελαφρώς καλύτερη από τη μπλε ομάδα και πολύ καλύτερη από την πράσινη.

Στα παραλληλόγραμμα box plot διάγραμμα (εικόνα 4.4) με τα ίδια χρώματα, απεικονίζονται τα χαρακτηριστικά (εύρος, διάμεσος, μέση τιμή, όρια) της κάθε ομάδας (cluster) για την κάθε εξεταζόμενη μεταβλητή σε σχέση με τον συνολικό πληθυσμό. Έτσι στα παρατειθέμενα παραδείγματα βλέπουμε ότι η μπλε ομάδα έχει μέση τιμή ολικής προσβασιμότητας πολύ κοντά αλλά κάτω από τον μέσο όρο με τις υπόλοιπες μεταβλητές τόσο για το **Παράδειγμα 1** (αριθμός ατόμων σε κάθε κόμβο ηλικίας 35-64, οικονομικά ενεργών, τριτοβάθμιας εκπαίδευσης/Master/Phd) όσο και στο **Παράδειγμα**

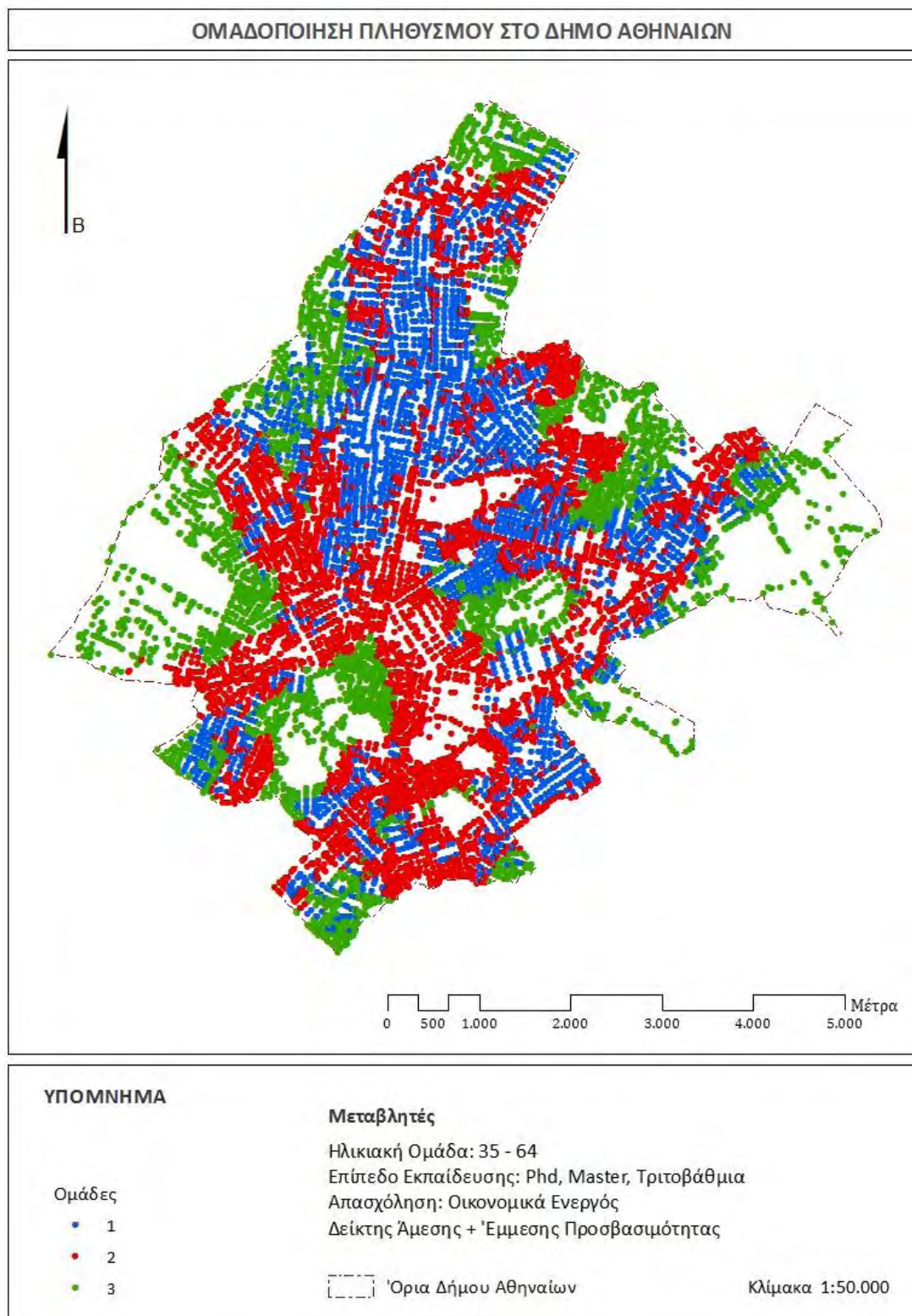
**2** (αριθμός ατόμων σε κάθε κόμβο ηλικίας > 65, οικονομικά μη ενεργών, τριτοβάθμιας εκπαίδευσης/Master/Phd) αρκετά πάνω από τον μέσο όρο.

Αντίθετα η πράσινη ομάδα έχει μέση τιμή συνολικής προσβασιμότητας όπως και στις υπόλοιπες εξεταζόμενες μεταβλητές κάτω από τον μέσο όρο. Στην κόκκινη ομάδα παρόλο που παρατηρείται εξίσου κάτω από τον μέσο όρο πυκνότητα πληθυσμού, εντούτοις διαφαίνεται μια ελαφρώς καλύτερη τιμή ολικής προσβασιμότητας (πάνω από τον μέσο όρο).



Εικόνα 4.4: Box plot διαγράμματα - αποτέλεσμα της K-Means Cluster Analysis





Χάρτης 4.10: Αποτέλεσμα ταξινομικής ανάλυσης και ομαδοποίησης του πληθυσμού

Σύμφωνα με την χωρική διάσταση και αποτίμηση των ομαδοποιήσεων από τις επικείμενες επιλεχθείσες μεταβλητές των δημογραφικών χαρακτηριστικών και της προσβασιμότητας του πληθυσμού, παρατηρείται να χωροθετείται σε περιοχές όπου αφενός δεν καθορίζονται από υψηλή προσβασιμότητα σε μέσα μεταφοράς (βλ. χάρτη 4.10), περιοχές όπως ο Κεραμικός και το κέντρο του δήμου δηλαδή Μεταξουργείο, Ομόνοια, Σύνταγμα (κόκκινη ομάδα) αλλά αφετέρου χωροθετούνται σε περιοχές όπου υπάρχει ένα αξιολογούμενο ποσοστό στάσεων μέσω μεταφοράς και κατ' επέκταση καλή προσβασιμότητα (σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη στο χάρτη 4.10. ανήκουν στην κατηγορία με τιμές από 73,8 έως 92,3 δηλαδή στο δεύτερο καλύτερο εύρος τιμών). Επί του οφθαλμοφανές ο πληθυσμός και εκτενέστερα η ηλικιακή ομάδα 35-64 όπου και εξετάζεται, ομαδοποιείται (μπλε ομάδα) κυρίως στην 6<sup>η</sup> δημοτική κοινότητα με κατ' εξαίρεση τα ανατολικά της (κόκκινη ομάδα), καθώς με την υπόδειξη των περιοχών αυτών ονομαστικά είναι η Άνω και Νέα Κυψέλη με επέκταση στην Πλατέα Αμερικής και Πλατεία Αττικής. Τα Κάτω Πατήσια εξορισμού τους έχουν υψηλή προσβασιμότητα, καθώς και οι περιοχές γύρω από το Σταθμό Βικτωρίας. Επίσης σημαντικές επιτηδευμένες ομαδοποιήσεις σε αυτό το πλαίσιο παρατηρούνται στην περιοχή Γκύζη και Παγκράτι. Νεάπολη και Κάτω Πετράλωνα με λιγότερο καλή προσβασιμότητα ανήκουν στην ομαδοποίηση με υψηλή πυκνότητα πληθυσμού και κατ' επέκταση την μπλε ομάδα.

Ταυτόσημη με την πυκνότητα πληθυσμού και τον δείκτη προσβασιμότητας είναι η πράσινη ομάδα όπου παρατηρείται σε περιοχές κυρίως στα όρια του δήμου και ονομαστικά στις περιοχές Βοτανικός, Ρούφ, Νέα Φιλοθέη, Ριζούπολη κ.α. Επίσης εμφανές ομαδοποίηση αυτής της κατηγορίας δημιουργούν και οι περιοχές με υψηλό υψόμετρο δηλαδή ο Λυκαβηττός και η Ακρόπολη με τις γύρω περιοχές (Πλάκα και Μοναστηράκι).

Τα αποτελέσματα αυτά δεν αποκλείουν ότι υπάρχουν κάποιες ομαδοποιήσεις στην χωρική κατανομή του πληθυσμού π.χ. σε σχέση με το βιωτικό επίπεδο και το επίπεδο εκπαίδευσης (ή και άλλες μεταβλητές π.χ. την εργασιακή απασχόληση), αλλά η πυκνότητα του πληθυσμού σαν πολύ ισχυρό στοιχείο δεν επιτρέπει την ανάδειξη οποιονδήποτε τάσεων τέτοιων ομαδοποιήσεων.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Δεδομένου ότι οι αναπτυσσόμενες χώρες σε όλο τον κόσμο επενδύουν όλο και περισσότερο στα μεγάλα αστικά κέντρα και στον προγραμματισμό των δικτύων μαζικής μεταφοράς, που συνοδεύονται συχνά από υψηλούς στόχους για την ενδυνάμωση της οικονομικής ανάπτυξης και την υπερνίκηση της εισοδηματικής ανισότητας, αυτή η ανάλυση έχει δώσει έμφαση στη σημασία του κατά πόσο υφίσταται ένα προσιτό δίκτυο μέσων μαζικής μεταφοράς, καθώς επίσης εξετάζει την κατανομή των ουσιαστικών ευκαιριών στη πρόσβαση για όλα τα τμήματα του πληθυσμού σε μια αστική περιοχή.

Στα πλαίσια αυτά, προσδιορίστηκε ένα μεθοδολογικό πλαίσιο ανάλυσης και συνδυαστικής αξιολόγησης περιοχών εξυπηρέτησης από στάσεις μέσων μαζικής μεταφοράς, λαμβάνοντας υπόψη ένα εκτενές σύνολο μεταβλητών που αντιστοιχούσαν στα ιδιαίτερα δημογραφικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα του πληθυσμού. Βασικός γνώμονας της συνολικής προσέγγισης υπήρξε ο καθορισμός ενός πληθυσμιακού προφίλ στη περιοχή μελέτης - Δήμος Αθηναίων και εκτενέστερα στην διαμόρφωση ενός δείκτη ο οποίος θα πρόσδιδε την προσβασιμότητα του πληθυσμού σε μέσα μαζικής μεταφοράς, και θα συνείσφερε στην τυχόν ομαδοποίηση του στο χώρο, λαμβάνοντας υπόψη τα επικείμενα δημογραφικά χαρακτηριστικά του.

Για την ανάλυση και επεξεργασία των περιοχών εξυπηρέτησης, αλλά και την ομαδοποίηση του πληθυσμού σύμφωνα με την προσβασιμότητα, χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι, τεχνικές και εργαλεία που προέρχονται από τον χώρο της Χωρικής Ανάλυσης, όπως η Ταξινομική Ανάλυση και η Ανάλυση Δικτύων με τον προσδιορισμό των Περιοχών Εξυπηρέτησης αλλά και την ανεύρεση των αποστάσεων Προέλευσης – Προορισμού. Παράλληλα αξιοποιήθηκαν οι δυνατότητες ανάλυσης, διαχείρισης και απεικόνισης γεωγραφικών και περιγραφικών δεδομένων που παρέχει η τεχνολογία των Γ.Σ.Π.

Συγκεκριμένα και με γνώμονα εξέτασης της προσβασιμότητας με δικτυακές αποστάσεις πεζής διαδρομής, θεωρήθηκε σκόπιμο η δημιουργία μιας μεθόδου που θα τοποθετούσε τον πληθυσμό σημειακά στο οδικό δίκτυο και δια τον λόγο αυτό ήταν επιτακτική η ανάγκη της αναλογικής απόδοσης του πληθυσμού σε κάθε κόμβο του δικτύου. Η μέθοδος αυτή αυξάνει την χωρική ακρίβεια, επειδή στηρίζεται σε μια ιδιαίτερη κατανομή του πληθυσμού, καθώς ξεφεύγει από τις συνηθισμένες

προσεγγίσεις της απόδοσης και εξέτασης του πληθυσμού από τα κεντροειδή των οικοδομικών τετραγώνων. Επιπλέον, με την μέθοδο αυτή όπου ο πληθυσμός εξετάζεται από τις θέσεις στις οποίες κατανέμεται αναλογικά στο δίκτυο περπατήματος, προσφέρεται ένα μεγαλύτερο ποσοστό ευστοχίας αποτελεσμάτων, καθώς γίνεται μια πιο ρεαλιστική αντιπροσώπευση του πληθυσμού εξυπηρέτησης.

Ο ρόλος της προτεινόμενης μεθοδολογικής προσέγγισης πέραν από την αξιολόγηση του πληθυσμού ο οποίος εξυπηρετείται από μέσα μαζικής μεταφοράς σε ένα εφικτό όριο περπατήματος, ενισχύθηκε από την δημιουργία δυο χωρικών δεικτών. Ο πρώτος εξετάζει την προσβασιμότητα του πληθυσμού σε στάσεις ανεξαρτήτως μεγίστου ορίου βαδίσματος και ο δεύτερος και σημαντικότερος καθορίζει την άμεση και έμμεση προσβασιμότητα σε στάσεις διέλευσης. Στο τελευταίο λαμβάνεται υπόψη το ποσοστό της συνδυαστικής συμμετοχής κάθε μέσου στην συνολική περιοχή κάλυψης (άμεση προσβασιμότητα) και επιπρόσθετα, με την απόδοση ενός συντελεστής βαρύτητας για κάθε μέσο και τον χρόνο φθοράς της απόστασης, καθορίζεται μια έμμεση προσβασιμότητα σε στάσεις οι οποίες δεν ήταν προσβάσιμες στο μέγιστο προκαθορισμένο όριο προσέλευσης σε στάση. Η διαδικασία αυτή απέδωσε δυο συγκριτικά αποτελέσματα της προσβασιμότητας καθώς με την απόδοση των τιμών τους στο πληθυσμό, είχε επεξηγηματικά διαφορετική χωρική διάσταση.

Τα αποτελέσματα που πρόέκυψαν είναι ποικίλα. Αρχικά η ανάλυση των περιοχών εξυπηρέτησης από τα μέσα μαζικής μεταφοράς και ίσως το σημαντικότερο μήνυμα της έρευνας είναι ότι το 98,9% του συνολικού πληθυσμού εξυπηρετείται από τουλάχιστον ένα μέσο μαζικής μεταφοράς μέσα σε έναν επιτρεπτό όριο περπατήματος (αυτό επιτυγχάνεται από την συνεισφορά των στάσεων Λεωφορείου, Τρόλεϊ και Μέτρο) καθώς με μόλις 1,1% του πληθυσμού του δήμου να μην έχει πρόσβαση σε κανένα μεταφορικό μέσο στο όριο των 400μ. Αξιοσημείωτη παρατηρήσεως είναι αδυναμία του Τραμ για αποτελεσματική συνεισφορά, καθώς εξυπηρετεί το 4,2% του συνολικού πληθυσμού στα 400μ αλλά δεν συνεισφέρει στην αύξηση του ποσοστού εξυπηρέτησης κανενός από τα υπόλοιπα 3 μέσα ή με άλλα λόγια δεν εμφανίζει καμία αποκλειστικότητα (πληθυσμιακή κάλυψη στα 400μ μόνο από Τραμ). Σε μια πιο γενική διαπίστωση, ο Δήμος Αθηναίων διαφαίνεται να είναι προσβάσιμος στο μεγαλύτερο μέρος του, καθώς η κάλυψη του από μέσα μαζικής μεταφοράς χαρακτηρίζεται ως ικανοποιητική κυρίως στις περιοχές περιμετρικά των σημαντικών οδικών αξόνων και στο κέντρο της Αθήνας, όπου συγκεντρώνονται και οι περισσότερες αφετηρίες των επιφανειακών γραμμών.

Η προσπάθεια ανάδειξης τυχόν ομαδοποιήσεων στο δήμο με την ταξινομική μέθοδο K-Means Cluster Analysis έγινε με σταθερή μεταβλητή τον δείκτη της συνολικής (άμεσης και έμμεσης) προσβασιμότητας και επιλεγμένων ισχυρά συσχετισμένων μεταβλητών από τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού. Η αξιολόγηση και ανάλυση αυτής της προσβασιμότητας προσέλευσης από κοινωνικοοικονομικής πλευράς έχει δείξει ότι, ενώ το κέντρο αφενός παρέχει μεγαλύτερο και πυκνότερο σύμπλεγμα στάσεων/μέσων, καθώς ένα μεγάλο ποσοστό υπηρεσιών, λειτουργιών και δραστηριοτήτων χωροθετούνται εκεί και εξυπηρετούν ή εργοδοτούν ένα μεγάλο σύνολο του πληθυσμού, εντούτοις αποφεύγεται να επιλεγθεί σαν τόπος κατοικίας.

Το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού χωροθετείτε σε περιοχές όπου έχει πρόσβαση σε στάσεις από τουλάχιστον τρία διαφορετικά μεταφορικά μέσα, ίσως λόγω του ότι το ιστορικό αλλά γερασμένο κέντρο δεν παρέχει τις απαραίτητες υποδομές για ασφαλές και ποιοτικό περιβάλλον διαβίωσης ιδιαίτερα για οικογένειες. Σε αυτό ίσως να διαδραματίζει κάποιο ρόλο και η μειωμένη ασφάλεια στην περιοχή, καθώς μια μεγάλη εισροή μεταναστών διαμορφώνουν μη τακτοποιημένο σχεδιασμό και εξαναγκασμό εγκατάστασης του πληθυσμού στα περίχωρα της πόλης. Τα βασικότερα προβλήματα υποδομών είναι παρόντα και σε άλλες γειτονιές του δήμου που αποτρέπουν την επέκταση υπηρεσιών πέραν από τα λεωφορεία και αυτές είναι οι συνοικίες Ρούφ και Βοτανικός όπου βρίσκονται νοτιοδυτικά του δήμου και αποτελούν παλιές βιομηχανικές ζώνες, ενώ άλλες γειτονιές πρέπει να βιώσουν μια αύξηση στη προσβασιμότητα από νέες υπεραστικές γραμμές όπου θα επεκτείνονται προς τις απομακρυσμένες γειτονιές.

Μέσα από τις παραπάνω αναλύσεις προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα τόσο για τη χωροθέτηση και σύσταση του πληθυσμού στο δήμο όσο και για την άρτια καταρτισμένη εξυπηρέτηση από μέσα μαζικής μεταφοράς καθώς διαφαίνεται η συνεισφορά του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου στην έρευνα χωρικών φαινομένων όπως είναι η προσβασιμότητα. Η πρωτοτυπία της παρούσας μεθοδολογίας έγκειται στο γεγονός ότι ο πληθυσμός υπολογίζεται και αξιολογείται άμεσα από τους κόμβους του δικτύου, καθώς ο δείκτης άμεσης και έμμεσης προσβασιμότητας καθορίζει μια εξυπηρέτηση για όλο το πληθυσμό σύμφωνα με την βαρύτητα του κάθε μέσου αλλά και της απόστασης του από τις στάσεις.

Η διαδικασία που προσεγγίστηκε μέσα από το μεθοδολογικό πλαίσιο δεν εξαντλεί τις δυνατότητες των τεχνικών και μεθόδων της χωρικής ανάλυσης και ειδικότερα της ανάλυσης δικτύων αλλά σαφώς μπορεί να ενισχυθεί και να δώσει περισσότερα

αποτελέσματα, ειδικότερα κατά τον εμπλουτισμό του αρχικού όγκου δεδομένων. Περί τούτου και σε μια εκβάθυνση της αξιολόγησης με αναλυτικές πληροφορίες για την οικονομική κατάσταση του πληθυσμού (εισόδημα ανά κάτοικο), θα μπορούσε να εξεταστεί εκτενεστέρα η σύσταση αλλά και τυχόν ομαδοποιήσεις του πληθυσμού στο χώρο, αποδίδοντας αποτελέσματα που να προσεγγίζουν ακόμη περισσότερο την πραγματικότητα.

Ένας περιορισμός αυτής της προσέγγισης προσβασιμότητας σε μέσα μεταφορών είναι η γενική του φύση, καθώς αυτή προορίστηκε για να καθιερώσει τα γενικά χωρικά σχέδια της πρόσβασης και δεν εξετάζει εάν π.χ. η απόσταση περπατήματος (400μ) στους σταθμούς/στάσεις είναι απαγορευτική για κάποιες ομάδες του πληθυσμού όπως είναι οι ηλικιωμένοι ή κατά πόσο οι υπολογιζόμενες διαδρομές διαθέτουν πεζοδρόμια/ διαδρομές, πορείας για άτομα με μειωμένη κινητικότητα (ή αναπηρία). Η παροχή της προσβασιμότητας στο ίδιο το σύστημα μεταφορών είναι ένα σημαντικό πρώτο βήμα εντούτοις, εάν το σύστημα δεν επιτρέπει στους κατοίκους να φθάσουν στις αστικές δραστηριότητες ή τις ευκαιρίες σε όλη την πόλη, θα έχει αποτύχει στον στόχο του για εξυπηρέτηση του πληθυσμού. Δεδομένου ότι στοιχεία αυτής της φύσεως διατίθεται στις αναπτυγμένες χώρες και με την ελπίδα ότι στο μέλλον θα προσαρμοστούν οι βάσεις δεδομένων/ποιότητα δεδομένων και στον ελλαδικό χώρο θα μπορούσαν τέτοια γενικευμένα ή εξειδικευμένα ερωτήματα να εξεταστούν σε περεταίρω έρευνες.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

## ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

Φώτης, Γ.Ν. (2009) 'Ποσοτική χωρική ανάλυση'. *Εκδόσεις Γκοβόστη, Αθήνα*.

Κουτσόπουλος Κ. (1990) 'Γεωγραφία: Μεθοδολογία και Μέθοδοι Ανάλυσης Χώρου'. *Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα*.

## ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Agrawal, A. W., Schlossberg, M., & Irvin, K. (2008) 'How far, by which route and why? A spatial analysis of pedestrian preference'. *Journal of Urban Design*, Vol.13, pp. 81-98.

Ammons, D.N. (2001) 'Municipal benchmarks: Assessing local performance and establishing community standards'. 2 ed. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Apparicio, P., Séguin, A.M. (2006) 'Measuring the accessibility of services and facilities for residents of public housing in Montréal'. *Urban Studies*, Vol. 43, pp. 187-211.

Apparicio, P., Abdelmajid, M., Riva, M., Shearmur, R., (2008) 'Comparing alternative approaches to measuring the geographical accessibility of urban health services: distance types and aggregation-error issues'. *International Journal of Health Geographics*, Vol. 7, pp. 1-14)

Athanasίου, F., Photis, Y.N. (2004) 'Combinatorial locational analysis of public services in metropolitan areas. Case study in the city of Volos, Greece', *Proceedings of the 44th Congress of European Regional Science Association, Porto, Portugal*

Azmi, D.I., Karim, H.A., Amin, M.Z.M. (2012) 'Comparing the Walking Behaviour between Urban and Rural Procedia'. *Social and Behavioral Sciences*, Vol. 68, pp. 406-416

Beimborn, E.A., Greenwald, M.J., and Jin, X. (2003) 'Accessibility, connectivity, and captivity: impacts on transit choice'. *Transportation Research Record*, 1835, pp.1-9.

Ben-Akiva, M. and Lerman, S.R., (1979) 'Disaggregate travel and mobility choice models and measures of accessibility'. In Behavioral Travel Modelling, D. A. Hensher and P. R. Spher, (Eds.), Croom Helm, Andover, Hants.

Bhat, C.R., Handy, S., Kockelman, K., Mahmassani, H.S., Chen, Q., Weston, L. (2000) 'Accessibility Measures: Formulation Considerations and Current Applications', Report 4938-2. Texas Department of Transportation.

Biba, S., Curtin, K.M. and Manca, G. (2010) 'A new method for determining the population with walking access to transit'. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 24, pp. 347-364.

Blumenberg, E. and Shiki, K. (2003) 'How welfare recipients travel on public transit, and their accessibility to employment outside large urban centers'. *Transportation Quarterly*, Vol. 57, pp. 25-37.

Bocarejo J.P.S., Oviedo, D.R.H. (2012) 'Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments'. *Journal of Transport Geography*, Vol. 24, pp. 142154

Brian S. Everitt, B.S., Landau, S., Leese, M., Stahl, D. (2011) 'Cluster Analysis', 5<sup>rd</sup> Edition London: Edward Arnold.

Bullard, R.D. (2003) 'Addressing urban transportation equity in the United States'. *Fordham Urban Law Journal*, Vol. 31, pp. 1183-1209.

Chang, HS., Liao, CH. (2011) 'Exploring an integrated method for measuring the relative spatial equity in public facilities in the context of urban parks'. *Cities*, Vol. 28, pp. 361-371.



- Cheng, C.L. and Agrawal, A.W. (2010) 'TTSAT: A New Approach to Mapping Transit Accessibility'. *Journal of Public Transportation*, Vol. 13, pp 55-72.
- Currie, G. (2010) 'Quantifying spatial gaps in public transport supply based on social needs'. *Journal of Transport Geography*, Vol. 18, pp. 31-41.
- Curtin, K.M. (2007) 'Network Analysis in Geographic Information, Science: Review, Assessment, and Projections'. *Cartography and Geographic Information Science*, Vol. 34, pp. 103-111.
- Dalvi, M.Q., Martin, K.M. (1976) 'The measurement of accessibility: some preliminary results'. *Transportation*, Vol. 5, pp. 17-42.
- Daniels, R. and Mulley, W. (2011) 'Explaining walking distance to public transport: the dominance of public transport supply'. World Symposium on Transport and Land Use Research
- De Borger, B., Kerstens, K., & Costa, A. (2002) 'Public transit performance. What does one learn from frontier studies?'. *Transportation Review*, Vol. 22, pp. 1-38.
- Delmelle, E.C., Casas, I. (2012) 'Evaluating the spatial equity of bus rapid transit-based accessibility patterns in a developing country: The case of Cali, Colombia'. *Transport Policy*, Vol. 20, pp. 36-46.
- Delmelle, E.T., Li, S., Murray, A.T. (2012) 'Identifying bus stop redundancy: A gis-based spatial optimization approach'. *Environment and Urban Systems*, Vol. 36, pp. 445-455.
- Demetsky, M. J., & Lin, B. (1982) 'Bus stop location and design'. *Transportation Engineering Journal of ASCE*, 108, pp. 313-327.
- Dong, X., Ben-Akiva, M.E., Bowman, J.L., Walker, J.L. (2006) 'Moving from trip-based to activity-based measures of accessibility'. *Transportation Research Part A*, Vol. 40, pp. 163-180.

Domanski, R. (1979) 'Accessibility, efficiency and spatial organization'. *Environment and Planning*, Vol.11, pp. 1189-1206.

El-Geneidy, A.M. and Levinson, D.M. (2006) 'Access to Destinations: Development of Accessibility Measures'. Final Report, MN/RC-2006-16

El-Geneidy, A.M., Tétreault, P.R., Suprenant-Legault, J. (2009) 'Pedestrian access to transit: identifying redundancies and gaps using a variable service area analysis'. Paper submitted for presentation at the transportation research board 89th Annual meeting

Evans, J.E., Perincherry, V., and Douglas, G.B.I. (1997) 'Transit friendliness factor: approach to quantifying transit access environment in a transportation planning model'. *Transportation Research Record*, 1604, pp. 32-39.

Federal Transit Administration (1996) 'Guidelines for the location and design of bus stops'. *Transit cooperative research program*, Report 19, Washington, DC: National Academy Press.

Ferreira, J.C. & Afonso, J.L., 2011. 'Mobi system: a personal travel assistance for electrical vehicles in smart cities'. In:IEEE International Symposium on Industrial Electronics. Gdansk, Poland, pp.1653 -1658.

Fisher, M. (1995) 'Vehicle routing'. *Handbooks in Operations Research and Management Science*, In M. Ball, T. Magnanti, C. Monma, and G. Nemhauser (Eds.), Network Routing, Vol. 8, pp. 1-33. Elsevier Science, Amsterdam.

Fischer, M.M. (2003) 'Gis and network analysis'. to appear in: Handbook 5 Transport Geography and Spatial Systems. Hensher D., Button K., Haynes K. and Stopher P. (eds.); Pergamon

Foda, M., & Osman, A. (2010) 'Using GIS for measuring transit stop accessibility considering actual pedestrian road network'. *Journal of Public Transportation*, Vol. 13, pp. 23-40.

Furth, P.G., & Rahbee, A.B. (2000) 'Optimal bus stop spacing through dynamic programming and geographic modeling'. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1713, pp. 15-22.

Furth, P.G., Mekuria, M.C., SanClemente, J.L. (2007) 'Parcel-level modeling to analyze transit stop location changes'. *Journal of Public Transportation*, Vol. 10, pp. 73-92.

Garrison, W.L., & Levinson, D.M. (2006) 'The Transportation Experience Policy, Planning, and Deployment'. Oxford University Press.

Geurs, K., Ritsema van Eck, J.R. (2001) 'Accessibility measures: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land-use transportation scenarios, and related social and economic impacts'. RIVM Report 408505006

Giannopoulos, G.A. (1990) 'Bus Planning and Operation in Urban Areas: A Practical Guide'. Avebury, Gower Pub. Co. Ltd., UK.

Giuliano, G. (2004) 'The urban transport system. In World conference on transport research society, & institute for transport policy studies, Urban transport and the environment: An international perspective', Brighton, UK: Elsevier Press, pp. 37-98

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), pp. 229-242.

Gutierrez, J., Garcia-Palomares, J.C. (2008) 'Distance-measure impacts on the calculation of transport service areas using GIS'. *Environment and Planning B*, Vol. 35, pp. 480-503

Gutiérrez, J. (2009) 'Transport and accessibility'. En Kitchin y Thrift (eds): *Internacional Encyclopedia of Human Geography*, Oxford, Elsevier, Vol. 1, pp. 410-417.

Hägerstrand, T. (1970) 'What about people in regional science?'. *In Papers of the Regional Science Association*, Vol. 24, pp. 7-21.

Hamerly, G. and Elkan, C. (2002) 'Alternatives to the k-means algorithm that find better clusterings'. Proceedings of the eleventh international conference on Information and knowledge management (CIKM).

Handy, S., Clifton, K. (2001) 'Evaluating neighborhood accessibility: possibilities and practicalities'. *Journal of Transportation and Statistics*, Vol. 4 (2/3), pp. 67-78.

Hansen, W.G. (1959). 'How accessibility shapes land use'. *Journal of the American Institute of Planners*, Vol. 25, pp. 73-76.

Horner, M.W., Murray, A.T. (2004) 'Spatial representation and scale impacts in transit service assessment'. *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol. 31, pp. 785-797.

Hsiao, S., Lu, J., Sterling, J., Weatherford, M. (1997) 'Use of geographic information system for analysis of transit pedestrian access'. *Transportation Research Record*, 1604, pp. 50-59.

Kimpel, T.J., Duecker, K.J., El-Geneidy, A.M. (2007) 'Using GIS to measure the effects of service area and frequency on passenger boardings at bus stops'. *URISA Journal*, Vol. 19, pp. 5-11.

Koenig, J.G. (1980) 'Indicators of urban accessibility: theory and application'. *Transportation*, Vol. 9, pp. 145-172.

Kuby, M., Barranda, A., and Upchurch, C. (2004) 'Factors influencing light-rail station boardings in the United States'. *Transportation Research Part A - Policy and Practice*, Vol. 38, pp. 223-247.

- Kwan, M. (1998) 'Space-time and integral measures of individual accessibility: a comparative analysis using a point-based framework'. *Geographic Analysis*, Vol. 30, pp. 191-216.
- Lei, T.L., Church, R.L. (2010) 'Mapping transit-based access: integrating GIS, routes and schedules'. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 24, pp. 283-304.
- Levinson, D. (2011) 'Transportation Geography and Network Science/Circuitry', *Wikibooks*.
- Levinson, H. S. (1983) 'Analyzing transit travel time performance'. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 915, pp. 1-6.
- Linneker, B.J., Spence, N.A. (1992) 'Accessibility measures compared in an analysis of the impact of the M25 London orbital motorway on Britain'. *Environment and Planning A*, Vol. 24, pp. 1137-1154.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. and Rhind, D.W. (2001) 'Geographic Information Systems and Science'. *John Wiley, Chichester*
- Lovett, A., Haynes, R., Sünnerberg, G., Gale, S. (2002) 'Car travel time and accessibility by bus to general practitioner services: a study using patient registers and GIS'. *Social Science & Medicine*, Vol. 55, pp. 97-111.
- Lutter, H., Pütz, T., Spangenberg, M. (1992) 'Accessibility and Peripherality of Community Regions: The Role of Road-, Long-distance Railway and Airport Networks'. CEC - Commission of the European Communities
- Mackiewicz, A., Ratajczak, W. (1993) 'Towards a new definition of topological accessibility'. *Transportation Research Part B*, Vol. 30, pp. 147-79.
- Martellato, D., Nijkamp, P., and Reggiani, A. (1998) 'Measurement and Measures of Network Accessibility: Economic Perspectives'. In *Transport networks in Europe*:

concepts, analysis and policies, K. J. Button, P. Nijkamp, and H. Priemus, (Eds.), Edward Elgar Publishing, Cheltenham/Massachusetts.

Mavoa, S., Witten, K., McCreanor, T., O'Sullivan, D. (2012) 'GIS based destination accessibility via public transit and walking in Auckland New Zealand', *Journal of Transport Geography*, Vol. 20, pp. 15-22.

Meenakshi. (2011) 'Neighbourhood unit and its conceptualization in the contemporary urban context'. *India Journal*, pp.81-87.

Miller, H.J. and Shaw, S.L. (2001) 'Geographic Information Systems for Transportation: Principles and Applications'. *New York: Oxford University Press*

Morris, J.M., Dumble, P.L., Wigan, M.R. (1979) 'Accessibility indicators for transport planning'. *Transportation Research A*, Vol. 13A, pp. 91-109.

Murray, A.T., Davis, R., Stimson, R.J., and Ferreira, L. (1998) 'Public transportation access'. *Transportation Research D*, Vol. 3, pp. 319-328.

Murray, A.T. (2001) 'Strategic analysis of public transport coverage'. *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 35, pp. 175-188.

Murray, A.T. (2003) 'A coverage model for improving public transit system accessibility and expanding access'. *Annals of Operations Research*, Vol. 123, pp. 143-156.

Niemeier, D.A. (1997) 'Accessibility: an evaluation using consumer welfare'. *Transportation*, Vol. 24, pp. 377-396.

O'Neill, W.A., Ramsey, R.D., and Chou, J. (1992) 'Analysis of transit service areas using geographic information systems'. *Transportation Research Record*, 1364, pp. 131-138.

- O'Sullivan, D., Morrison, A., Shearer, J. (2000) 'Using desktop GIS for the investigation of accessibility by public transport: an isochrones approach'. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 14, pp. 85-104.
- Páez, A., Mercado, R.G., Farber, S., Morency, C., Roorda, M., (2010) 'Relative accessibility deprivation indicators for urban settings: definitions and application to food deserts in montreal'. *Urban Studies*, Vol. 47, pp. 1415-1438.
- Páez, A., Scott, DM., and Morency, C. (2012) 'Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators'. *Journal of Transport Geography*, Vol. 25, pp. 141-153.
- Perry, C. (1929) 'City Planning for Neighborhood Life'. *Social Forces*, Vol. 8, pp. 98-100.
- Phillips, C.G. and Edwards, H.R. (2002) 'Socioeconomic, community-based approach for developing integrated mass transit systems application to city of Baltimore, Maryland'. *Transportation Research Record*, 1797, pp. 71-79.
- Pushkarev, B., Zupan, J. (1977) 'Public Transportation and Land Use'. Indiana University Press, Bloomington.
- Rodrigue, J-P, Comtois, C. and Slack, B. (2009) 'The Geography of Transport Systems'. Second Edition, *Routledge, New York*
- Rodrigue, J-P., Comtois, C., and Slack, B. (2013) 'The Geography of Transport Systems'. Third Edition, *Routledge, New York*
- Rogerson, P. (2001) 'Statistical Methods for Geography'. London: SAGE Publications
- Saka, A. A. (2001) 'Model for determining optimum bus-stop spacing in urban areas'. *Journal of Transportation Engineering*, 127, pp. 195-196.
- Schöbel, A. (2005) 'Locating stops along bus or railway lines - a bicriteria problem'. *Annals of Operations Research*, Vol. 136, pp. 211-227.

- Schürmann, C., Spiekermann, K., and Wegener, M. (1997) 'Accessibility indicators'. Berichte aus dem Institut für Raumplanung 39, IRPUD, Dortmund.
- Shaw, G., Wheeler, D. (1985) 'Statistical Techniques in Geographical Analysis'. *John Wiley and Sons*.
- Shaw, S.L. (2002) Book Review: 'Geographic Information Systems in Transportation Research', *Journal of Regional Science*, Vol. 42(2), pp. 418-421.
- Shen, Q. (1998) 'Location characteristics of inner-city neighborhoods and employment accessibility of low-wage workers'. *Environment and planning B*, Vol. 25, pp. 345-65.
- Social Exclusion Unit. (2003) 'Making the Connections'. *Final Report on Transportation and Social Exclusion*. HMSO, London.
- Spiekerman, K. and Wegener, M. (2000) 'Freedom from the tyranny of zones: towards new GIS-based spatial models. Spatial models and GIS'. A. S. Fotheringham and M. Wegener. London, Taylor and Francis, pp. 45-60.
- Sutton, J.C. (2005) 'GIS applications in transit planning and operations: A review of current practice, effective applications and challenges in the USA'. *Transportation Planning and Technology*, Vol. 28, pp. 237-250.
- Taaffe, E.J., Gauthier, H.L., & O'Kelly, M.E. (1996) 'Geography of transportation'. (2nd ed.). Prentice Hall: New Jersey
- Truelove, M. (1993) 'Measurement of spatial equity'. *Environment and Planning C: Government and Policy*, Vol. 11, pp. 19-34.
- Truelove, M. (2000) 'Services for immigrant women: An evaluation of locations'. *Canadian Geographer*, Vol. 44, pp. 135-151.



Upchurch, C., Kudy, M., Zoldak, M., Barranda, A. (2004) 'Using GIS to generate mutually exclusive service areas linking travel on and off a network'. *Journal of Transport Geography*, Vol. 12, pp. 23-33.

Wang, F. (2006) 'Quantitative Methods and Applications in GIS' CRC Press Taylor & Francis Group, ISBN: 978-0-8493-2795-7.

Weibull, J.W. (1976) 'An axiomatic approach to the measurement of accessibility'. *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 6, pp. 357-379.

Witten, K., Exeter, D., Field, A. (2003) 'The quality of urban environments: Mapping variation in access to community resources'. *Urban Studies*, Vol.40, pp.161-177.

Zhao, F., Li. M.T., Chow, L.F., Gan, A., Shen, L.D. (2002) 'FSUTMS Mode Choice Modeling: Factors Affecting Transit Use and Access'. *National Center for Transit Research*, Final Report, Florida Department of Transportation.

Zhao, F., Chow, L.F., Li. M.T., Ubaka, I., Gan, A. (2003) 'Forecasting transit walk accessibility: A regression model alternative to buffer method'. *Transportation Research Record*, 1835, pp. 34-41.

#### ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ

<http://www.wikipedia.org>

<http://www.openstreetmap.org>

<http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE>

[http://www.quickikiwiki.com/el/Ελληνική\\_απογραφή\\_2011](http://www.quickikiwiki.com/el/Ελληνική_απογραφή_2011)

[http://enassyngoionologos.blogspot.com/2011/09/blog-post\\_09.html](http://enassyngoionologos.blogspot.com/2011/09/blog-post_09.html)

Από τον συγκεκριμένο δικτυακό τόπο προέρχεται η εικόνα στο εξώφυλλο.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

|                            |   | Δήμος Αθηναίων | Λεωφορείο | Μέτρο  | Τραμ  | Τρόλεϊ |
|----------------------------|---|----------------|-----------|--------|-------|--------|
| Συνολικά Ποσοστά Πληθυσμού |   |                | 98.0 %    | 18.0 % | 4.2 % | 70.8 % |
| Φύλο                       | Άρρενες                                       | 47,6           | 47,6      | 48,0   | 48,1  | 47,4   |
|                            | Θήλυς   | 52,4           | 52,4      | 52,0   | 51,9  | 52,6   |
| Ηλικιακές Ομάδες           | 0 – 19  | 17,6           | 17,6      | 17,3   | 17,5  | 17,1   |
|                            | 20 – 34                                       | 25,3           | 25,3      | 25,5   | 24,0  | 25,3   |
|                            | 35 – 64                                       | 38,2           | 38,2      | 38,6   | 40,3  | 38,1   |
|                            | 65 +  | 18,9           | 19,0      | 18,7   | 18,2  | 19,5   |
| Επίπεδο Εκπαίδευσης        | Κάτοχοι Διδακτορικού και Μεταπτυχιακού Τίτλου | 3,8            | 3,8       | 3,7    | 4,0   | 3,7    |
|                            | Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση                        | 26,3           | 26,3      | 28,0   | 30,0  | 25,9   |
|                            | Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση                      | 46,3           | 46,3      | 45,7   | 44,3  | 46,7   |
|                            | Τριτοβάθμια Εκπαίδευση                        | 16,3           | 16,3      | 15,3   | 14,2  | 16,6   |
|                            | Δε γνωρίζουν γραφή και ανάγνωση               | 2,6            | 2,6       | 2,7    | 2,9   | 2,5    |
|                            | Παιδιά κάτω των 6 ετών                        | 4,7            | 4,7       | 4,6    | 4,6   | 4,6    |
| Απασχόληση                 | Οικονομικά ενεργός πληθυσμός                  | 50,5           | 50,5      | 49,4   | 48,7  | 50,1   |
|                            | Οικονομικά μη ενεργός πληθυσμός               | 49,5           | 49,5      | 50,6   | 51,3  | 49,9   |
| Επαγγέλματα                | Στελέχη δημοσίου και ιδιωτικού τομέα          | 8,0            | 0,8       | 7,9    | 8,1   | 7,9    |
|                            | Επιστημονικά επαγγέλματα                      | 14,6           | 14,6      | 13,3   | 11,9  | 14,8   |
|                            | Τεχνολογικά επαγγέλματα                       | 10,2           | 10,1      | 9,7    | 10,4  | 10,0   |

|                       |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|------|------|
| Υπάλληλοι γραφείου    | 12,5 | 12,5 | 12,1 | 12,8 | 12,2 |
| Παροχή υπηρεσιών      | 14,1 | 14,1 | 14,5 | 14,7 | 14,0 |
| Πρωτογενής τομέας     | 2,7  | 2,7  | 2,8  | 3,5  | 2,6  |
| Τεχνικά επαγγέλματα   | 14,4 | 14,4 | 15,0 | 14,0 | 14,6 |
| Χειριστές μηχανημάτων | 6,4  | 6,4  | 6,7  | 7,3  | 6,1  |
| Ανειδίκευτοι εργάτες  | 11,3 | 11,4 | 12,1 | 11,1 | 11,9 |
| Δε δήλωσαν επάγγελμα  | 5,9  | 5,9  | 6,0  | 6,2  | 6,0  |

Πίνακας Π1.: Ποσοστά πληθυσμού – δημογραφικά χαρακτηριστικά πρόσβασης σε στάσεις στα 400μ για κάθε ΜΜΜ

|                            |   | Δήμος Αθηναίων | Λεωφ. + Μέτρο | Λεωφ. + Τραμ | Λεωφ. + Τρόλεϊ | Μέτρο + Τραμ | Μέτρο + Τρόλεϊ | Τραμ + Τρόλεϊ | Λεωφ. + Μέτρο + Τραμ | Λεωφ. + Μέτρο + Τρόλεϊ | Λεωφ.+ Τραμ + Τρόλεϊ | Μετρο + Τραμ + Τρόλεϊ | Λεωφ. + Μετρο + Τραμ + Τρόλεϊ |
|----------------------------|---|----------------|---------------|--------------|----------------|--------------|----------------|---------------|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Συνολικά Ποσοστά Πληθυσμού |   |                | 98,1%         | 98,0 %       | 98,8%          | 21,0 %       | 75,8 %         | 72,9%         | 98,1%                | 98,9%                  | 98,8%                | 77,4%                 | 98,9%                         |
| Φύλο                       | Άρρενες                                       | 47,6           | 47,6          | 47,6         | 47,6           | 48,1         | 47,5           | 47,4          | 47,6                 | 47,6                   | 47,6                 | 47,5                  | 47,6                          |
|                            | Θήλυς   | 52,4           | 52,4          | 52,4         | 52,4           | 51,9         | 52,5           | 52,6          | 52,4                 | 52,4                   | 52,4                 | 52,5                  | 52,4                          |
| Ηλικιακές Ομάδες           | 0 - 19  | 17,6           | 17,6          | 17,6         | 17,6           | 17,3         | 17,2           | 17,2          | 17,6                 | 17,6                   | 17,6                 | 17,3                  | 17,6                          |
|                            | 20 - 34                                       | 25,3           | 25,3          | 25,3         | 25,3           | 25,3         | 25,4           | 25,3          | 25,3                 | 25,3                   | 25,3                 | 25,4                  | 25,3                          |
|                            | 35 - 64                                       | 38,2           | 38,2          | 38,2         | 38,2           | 38,7         | 38,1           | 38,1          | 38,2                 | 38,2                   | 38,2                 | 38,1                  | 38,2                          |
|                            | 65 +  | 18,9           | 19,0          | 19,0         | 19,0           | 18,6         | 19,3           | 19,4          | 19,0                 | 19,0                   | 19,0                 | 19,2                  | 19,0                          |
| Επίπεδο Εκπαίδευσης        | Κάτοχοι Διδακτορικού και Μεταπτυχιακού Τίτλου | 3,8            | 3,8           | 3,8          | 3,8            | 3,7          | 3,7            | 3,7           | 3,8                  | 3,8                    | 3,8                  | 3,6                   | 3,8                           |
|                            | Πρωτοβάθμια Εκπ.                              | 26,3           | 26,3          | 26,3         | 26,3           | 28,2         | 26,1           | 26,0          | 26,3                 | 26,3                   | 26,3                 | 26,2                  | 26,3                          |
|                            | Δευτεροβάθμια Εκπ.                            | 46,3           | 6,3           | 46,3         | 46,3           | 45,6         | 46,6           | 46,7          | 46,3                 | 46,3                   | 46,3                 | 46,6                  | 46,3                          |
|                            | Τριτοβάθμια Εκπαίδευση                        | 16,3           | 16,3          | 16,3         | 16,3           | 15,1         | 16,4           | 16,5          | 16,3                 | 16,3                   | 16,3                 | 16,4                  | 16,3                          |

|             |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | Δε γνωρίζουν γραφή και ανάγνωση          | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2,7  | 2,5  | 2,5  | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2,5  | 2,6  |
|             | Παιδιά κάτω των 6 ετών                   | 4,7  | 4,7  | 4,7  | 4,7  | 4,6  | 4,6  | 4,6  | 4,7  | 4,7  | 4,7  | 4,6  | 4,7  |
| Απασχόληση  | Οικονομικά ενεργός πληθυσμός             | 50,5 | 50,5 | 50,5 | 50,5 | 49,6 | 50,2 | 50,2 | 50,5 | 50,5 | 50,5 | 50,3 | 50,5 |
|             | Οικονομικά μη ενεργός πληθυσμός          | 49,5 | 49,5 | 49,5 | 49,5 | 50,4 | 49,8 | 49,8 | 49,5 | 49,5 | 49,5 | 49,7 | 49,5 |
| Επαγγέλματα | Στελέχη του δημοσίου και ιδιωτικού τομέα | 8,0  | 8,0  | 8,0  | 8,0  | 7,9  | 7,9  | 7,9  | 8,0  | 8,0  | 8,0  | 7,9  | 8,0  |
|             | Επιστημονικά επαγγέλματα                 | 14,6 | 14,6 | 14,6 | 14,6 | 13,0 | 14,6 | 14,7 | 14,6 | 14,6 | 14,6 | 14,5 | 14,6 |
|             | Τεχνολογικά επαγγέλματα                  | 10,2 | 10,1 | 10,1 | 10,2 | 9,8  | 10,0 | 10,0 | 10,1 | 10,2 | 10,2 | 10,0 | 10,2 |
|             | Υπάλληλοι γραφείου                       | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,2 | 12,3 | 12,2 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,3 | 12,5 |
|             | Παροχή υπηρεσιών                         | 14,1 | 14,1 | 14,1 | 14,1 | 14,6 | 14,1 | 14,0 | 14,1 | 14,1 | 14,1 | 14,1 | 14,1 |
|             | Πρωτογενής τομέας                        | 2,7  | 2,7  | 2,7  | 2,7  | 2,9  | 2,6  | 2,6  | 2,7  | 2,7  | 2,7  | 2,6  | 2,7  |
|             | Τεχνικά επαγγέλματα                      | 14,4 | 14,4 | 14,4 | 14,4 | 15,0 | 14,6 | 14,6 | 14,4 | 14,4 | 14,4 | 14,7 | 14,4 |
|             | Χειριστές μηχανημάτων                    | 6,4  | 6,4  | 6,4  | 6,4  | 6,7  | 6,2  | 6,2  | 6,4  | 6,4  | 6,4  | 6,2  | 6,4  |
|             | Ανειδίκευτοι εργάτες                     | 11,3 | 11,4 | 11,4 | 11,4 | 11,9 | 11,8 | 11,9 | 11,4 | 11,4 | 11,4 | 11,8 | 11,4 |
|             | Δε δήλωσαν επάγγελμα                     | 5,9  | 5,9  | 5,9  | 5,9  | 6,0  | 6,0  | 6,0  | 5,9  | 5,9  | 5,9  | 6,0  | 5,9  |

Πίνακας Π2: Ποσοστά πληθυσμού – δημογραφικά χαρακτηριστικά των περιοχών συνδυαστικής εξυπηρέτησης από τα MMM

|                            |   | 1 ΜΜΜΜ | 2 ΜΜΜΜ | 3 ΜΜΜΜ | 4 ΜΜΜΜ | Λεωφορείο | Μετρό | Τρόλεϊ | Λεωφ. + Μέτρο | Λεωφ. + Τραμ | Λεωφ. + Τρόλεϊ | Λεωφ. + Μέτρο + Τραμ | Λεωφ. + Μέτρο + Τρόλεϊ | Λεωφ. + Τραμ + Τρόλεϊ |
|----------------------------|---|--------|--------|--------|--------|-----------|-------|--------|---------------|--------------|----------------|----------------------|------------------------|-----------------------|
| Συνολικά Ποσοστά Πληθυσμού |   | 22,4 % | 61,5 % | 14,4 % | 0,6 %  | 21,5 %    | 0,1 % | 0,8 %  | 4,4 %         | 1,5 %        | 55,6 %         | 0,6 %                | 12,3 %                 | 1,4 %                 |
| Φύλο                       | Άρρενες                                       | 48,0   | 47,4   | 47,9   | 46,2   | 48,0      | 48,7  | 48,3   | 48,6          | 48,9         | 47,3           | 47,3                 | 47,9                   | 48,3                  |
|                            | Θήλυς   | 52,0   | 52,6   | 52,1   | 53,8   | 52,0      | 51,3  | 51,7   | 51,4          | 51,1         | 52,7           | 52,7                 | 52,1                   | 51,7                  |
| Ηλικιακές Ομάδες           | 0 - 19  | 18,6   | 17,4   | 16,8   | 16,5   | 18,7      | 17,7  | 17,6   | 19,0          | 18,2         | 17,2           | 18,1                 | 16,7                   | 17,0                  |
|                            | 20 - 34                                       | 25,0   | 25,5   | 25,3   | 20,0   | 25,0      | 26,4  | 24,2   | 26,3          | 25,4         | 25,4           | 25,2                 | 25,5                   | 23,7                  |
|                            | 35 - 64                                       | 38,3   | 38,0   | 38,5   | 45,3   | 38,3      | 38,6  | 38,8   | 38,3          | 39,1         | 37,9           | 39,4                 | 38,3                   | 39,8                  |
|                            | 65 +  | 18,1   | 19,2   | 19,4   | 18,2   | 18,0      | 17,3  | 19,5   | 16,5          | 17,3         | 19,5           | 17,3                 | 19,5                   | 19,4                  |
| Επίπεδο Εκπαίδευσης        | Κάτοχοι Διδακτορικού και Μεταπτυχιακού Τίτλου | 4,3    | 3,6    | 3,9    | 5,5    | 4,3       | 3,5   | 4,8    | 3,1           | 3,1          | 3,6            | 3,4                  | 3,8                    | 4,6                   |
|                            | Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση                        | 26,6   | 25,8   | 27,4   | 35,8   | 26,7      | 29,6  | 24,7   | 29,4          | 28,9         | 25,5           | 29,3                 | 27,1                   | 28,9                  |
|                            | Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση                      | 45,1   | 47,0   | 45,7   | 37,6   | 45,0      | 46,0  | 45,9   | 45,9          | 47,0         | 47,0           | 46,5                 | 46,0                   | 43,5                  |
|                            | Τριτοβάθμια Εκπαίδευση                        | 16,2   | 16,6   | 15,7   | 13,8   | 16,2      | 14,1  | 17,6   | 14,0          | 13,6         | 16,8           | 13,1                 | 15,9                   | 15,4                  |
|                            | Δε γνωρίζουν γραφή και ανάγνωση               | 2,8    | 2,4    | 2,8    | 3,5    | 2,8       | 2,1   | 2,7    | 2,5           | 2,5          | 2,4            | 3,0                  | 2,8                    | 3,0                   |
|                            | Παιδιά κάτω των 6 ετών                        | 5,0    | 4,7    | 4,5    | 3,7    | 5,0       | 4,7   | 4,4    | 5,1           | 4,9          | 4,6            | 4,6                  | 4,5                    | 4,5                   |

|             |                                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Απασχ-όληση | Οικονομικά ενεργός πληθυσμός         | 51,4 | 50,6 | 49,2 | 34,7 | 51,4 | 52,4 | 51,6 | 52,1 | 52,2 | 50,5 | 52,2 | 49,0 | 49,7 |
|             | Οικονομικά μη ενεργός πληθυσμός      | 48,6 | 49,4 | 50,8 | 65,3 | 48,6 | 47,6 | 48,4 | 47,9 | 47,8 | 49,5 | 47,8 | 51,0 | 50,3 |
| Επαγγέλματα | Στελέχη δημοσίου και ιδιωτικού τομέα | 8,4  | 7,9  | 7,9  | 9,0  | 8,4  | 8,4  | 8,5  | 7,8  | 7,5  | 7,9  | 7,9  | 7,8  | 8,4  |
|             | Επιστημονικά επαγγέλματα             | 15,1 | 14,7 | 13,6 | 14,4 | 15,1 | 12,4 | 16,1 | 11,9 | 10,9 | 15,0 | 10,2 | 13,9 | 12,5 |
|             | Τεχνολογικά επαγγέλματα              | 10,9 | 10,0 | 9,7  | 9,7  | 10,8 | 9,4  | 12,2 | 9,9  | 10,6 | 10,0 | 10,2 | 9,6  | 10,5 |
|             | Υπάλληλοι γραφείου                   | 13,0 | 12,5 | 11,6 | 11,4 | 13,0 | 11,2 | 11,9 | 13,9 | 13,5 | 12,3 | 14,0 | 11,5 | 12,1 |
|             | Παροχή υπηρεσιών                     | 13,8 | 14,2 | 14,0 | 12,4 | 13,9 | 14,0 | 11,8 | 16,2 | 15,8 | 14,0 | 16,6 | 13,9 | 13,8 |
|             | Πρωτογενής Τομέας                    | 2,9  | 2,5  | 2,9  | 5,6  | 2,9  | 2,5  | 3,1  | 2,5  | 2,6  | 2,5  | 2,5  | 2,8  | 4,0  |
|             | Τεχνικά επαγγέλματα                  | 13,3 | 14,6 | 15,0 | 10,9 | 13,3 | 15,5 | 13,1 | 15,3 | 15,5 | 14,6 | 15,1 | 15,1 | 13,4 |
|             | Χειριστές μηχανημάτων                | 7,0  | 6,2  | 6,4  | 7,9  | 7,0  | 6,5  | 5,5  | 7,5  | 7,4  | 6,1  | 7,3  | 6,3  | 6,9  |
|             | Ανειδίκευτοι εργάτες                 | 9,9  | 11,6 | 12,7 | 11,6 | 9,9  | 13,1 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 11,7 | 10,8 | 12,9 | 12,2 |
|             | Δε δήλωσαν επάγγελμα                 | 5,7  | 5,9  | 6,2  | 7,0  | 5,6  | 6,9  | 7,8  | 5,0  | 6,3  | 5,9  | 5,5  | 6,3  | 6,2  |

Πίνακας Π3: Ποσοστά εξυπηρέτησης πληθυσμού – δημογραφικά χαρακτηριστικά από των συνδυασμό των αποκλειστικότητων



|                | Total_Pop | H0_19 | H20_34 | H35_64 | H65_plus | Phd_Master | 3_βάθμια | 2_βάθμια | 1_βάθμια | Οικον. Ενεργός | Οικον. Μη Ενεργός | Απασχολουμ. | Άνεργοι | Δείκτης_ΤΑ |
|----------------|-----------|-------|--------|--------|----------|------------|----------|----------|----------|----------------|-------------------|-------------|---------|------------|
| Total_Pop      | 1         | 0,973 | 0,980  | 0,991  | 0,959    | 0,711      | 0,935    | 0,993    | 0,958    | 0,989          | 0,989             | 0,987       | 0,901   | 0,180      |
| H0_19          | 0,973     | 1     | 0,952  | 0,961  | 0,899    | 0,654      | 0,876    | 0,969    | 0,947    | 0,969          | 0,955             | 0,967       | 0,879   | 0,149      |
| H20_34         | 0,980     | 0,952 | 1      | 0,955  | 0,915    | 0,655      | 0,900    | 0,978    | 0,946    | 0,968          | 0,971             | 0,966       | 0,874   | 0,168      |
| H35_64         | 0,991     | 0,961 | 0,955  | 1      | 0,949    | 0,718      | 0,929    | 0,980    | 0,956    | 0,983          | 0,978             | 0,980       | 0,904   | 0,181      |
| H65_plus       | 0,959     | 0,899 | 0,915  | 0,949  | 1        | 0,768      | 0,945    | 0,952    | 0,885    | 0,939          | 0,960             | 0,935       | 0,859   | 0,210      |
| Phd_Master     | 0,711     | 0,654 | 0,655  | 0,718  | 0,768    | 1          | 0,810    | 0,687    | 0,595    | 0,698          | 0,708             | 0,692       | 0,670   | 0,190      |
| 3_βάθμια       | 0,935     | 0,876 | 0,900  | 0,929  | 0,945    | 0,810      | 1        | 0,924    | 0,819    | 0,927          | 0,922             | 0,926       | 0,823   | 0,185      |
| 2_βάθμια       | 0,993     | 0,969 | 0,978  | 0,980  | 0,952    | 0,687      | 0,924    | 1        | 0,937    | 0,988          | 0,977             | 0,986       | 0,885   | 0,180      |
| 1_βάθμια       | 0,958     | 0,947 | 0,946  | 0,956  | 0,885    | 0,595      | 0,819    | 0,937    | 1        | 0,936          | 0,959             | 0,930       | 0,893   | 0,165      |
| Οικον. Ενεργός | 0,989     | 0,969 | 0,968  | 0,983  | 0,939    | 0,698      | 0,927    | 0,988    | 0,936    | 1              | 0,957             | 0,999       | 0,888   | 0,165      |
| Οικον. Μη Ενε. | 0,989     | 0,955 | 0,971  | 0,978  | 0,960    | 0,708      | 0,922    | 0,977    | 0,959    | 0,957          | 1                 | 0,953       | 0,894   | 0,190      |
| Απασχολούμενοι | 0,987     | 0,967 | 0,966  | 0,980  | 0,935    | 0,692      | 0,926    | 0,986    | 0,930    | 0,999          | 0,953             | 1           | 0,868   | 0,161      |
| Άνεργοι        | 0,901     | 0,879 | 0,874  | 0,904  | 0,859    | 0,670      | 0,823    | 0,885    | 0,893    | 0,888          | 0,894             | 0,868       | 1       | 0,197      |
| Δείκτης_ΤΑ     | 0,180     | 0,149 | 0,168  | 0,181  | 0,210    | 0,190      | 0,185    | 0,180    | 0,165    | 0,165          | 0,190             | 0,161       | 0,197   | 1          |

Πίνακας Π4: Συσχέτιση μεταβλητών - Coreletion Matrix