



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΧΩΡΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Συντακτική ανάλυση και Βελτιστοποίηση Δικτύου Κίνησης πεζών μέσω της Χωροθέτησης διαβάσεων σε περιβάλλον GIS - Η περίπτωση του Δήμου Ζωγράφου»



Αγλαΐα Σφακάκη

Επιβλέπων Καθηγητής: Γ.Ν. Φώτης

Αθήνα, Οκτώβριος 2019

Εικόνα Εξωφύλλου: Εξώφυλλο Δίσκου «Abbey Road», The Beatles

Πηγή: <https://www.thebeatles.com/album/abbey-road>

© 2019 Α. Σφακάκη (Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος)
Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση, διανομή του υλικού του κειμένου, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτού, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την περάτωση της διπλωματικής μου εργασίας αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους που συνέβαλλαν καθοριστικά στην επιτυχή ολοκλήρωσή της.

Καταρχάς, θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα μου κ. Γιώργο Ν. Φώτη, ο οποίος από την αρχή της διαδικασίας με κατηύθυνε προτείνοντάς μου ενδιαφέροντα θέματα και ποικίλες προσεγγίσεις επί του αντικειμένου, δίνοντάς μου με αυτό τον τρόπο εναύσματα για περαιτέρω έρευνα. Η καθοδήγηση και οι επισημάνσεις του καθ' όλη την διάρκειά της ήταν απαραίτητες για την κατανόηση της ερευνητικής διαδικασίας και την διεξαγωγή των παρόντων αποτελεσμάτων. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στους Γιάννη Παρασκευόπουλο, Αλέξανδρο Μπαρτζώκα - Τσιόμπρα και Έλια Ταμπουράκη για την άμεση ανταπόκριση και την αμέριστη βοήθειά τους σε όλα τα στάδια της διπλωματικής.

Επιπλέον, ευχαριστώ το προσωπικό της υπηρεσίας πολεοδομίας του Δήμου Ζωγράφου και τον τέως Αντιδήμαρχο Τεχνικών Έργων κ. Νίκο Κικάκη για την άριστη συνεργασία και την παραχώρηση δεδομένων.

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου, η οποία με στήριξε σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου και με παρότρυνε πάντα να ξεπερνώ τον εαυτό μου και να προσπαθώ για το καλύτερο αποτέλεσμα, στηρίζοντάς με σε όλες μου τις επιλογές. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και φίλες μου καθώς και όλους εκείνους τους ανθρώπους που πίστεψαν σε μένα και με ενθάρρυναν να μην το βάζω κάτω.

Αγλαΐα Σφακάκη, Οκτώβριος 2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι σύγχρονες πόλεις μετασχηματίζονται, επεκτείνονται και διαχέονται στον χώρο με ιδιαίτερα έντονους ρυθμούς, με αποτέλεσμα την διαμόρφωση ενός αστικού περιβάλλοντος στο οποίο, λόγω των μεγάλων αποστάσεων, κυρίαρχο μέσο μεταφοράς είναι το αυτοκίνητο. Ωστόσο, η πεζή μετακίνηση συνεχίζει να αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι των καθημερινών μετακινήσεων του ατόμου. Στην εποχή μας, μάλιστα, όπου οι πολιτικές για την επίτευξη μιας αστικής μορφής βιώσιμου χαρακτήρα (sustainable urban form) στρέφονται όλο και περισσότερο στα μη μηχανοκίνητα μέσα, η δημιουργία ενός ελκυστικού περιβάλλοντος κίνησης για τους πεζούς είναι επιτακτική ανάγκη. Ο βαθμός στον οποίο μια περιοχή είναι ελκυστική και φιλική προς την πεζή μετακίνηση ονομάζεται περπατησιμότητα (walkability) και αποτελεί πολύ συχνά αντικείμενο σχεδιαστικών μελετών.

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερες έρευνες εστιάζουν στη βελτίωση της περπατησιμότητας, μελετώντας διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν τόσο την κίνηση των πεζών όσο και τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντός της. Οι παράγοντες αυτοί είναι σχεδιαστικά στοιχεία του δομημένου περιβάλλοντος που επιδρούν στην εμπειρία μετακίνησης. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα ολοκληρωμένο μεθοδολογικό πλαίσιο για την αύξηση του βαθμού περπατησιμότητας του Δήμου Ζωγράφου, μέσω της ανάλυσης και της βελτίωσης του δικτύου κίνησης πεζών χωροθετώντας νέες διαβάσεις καθώς και της αξιολόγησης των προτεινόμενων παρεμβάσεων με χρήση της Γ.Π.Σ (G.I.S). Η σημαντικότητα της προτεινόμενης μεθοδολογίας έγκειται στο γεγονός ότι συνδυάζει αναλυτικές μεθόδους και τεχνικές όπως η Συντακτική Ανάλυση του χώρου και η Μέθοδος Χωροθέτησης-Κατανομής, ικανές να ανταπεξέλθουν στις σύγχρονες απαιτήσεις αστικού σχεδιασμού.

ABSTRACT

Modern cities are being transformed, as well as, expanding and diffusing into space with a highly intense pace, resulting in the configuration of an urban environment in which long distances are the norm and the car is the dominant mean of transport. Meanwhile, pedestrian movement continues to form an indivisible part of daily transport. Nowadays, when the policies for achieving a sustainable urban form point towards non-motorized means, the development of an attractive movement environment for pedestrians forms a crucial need. The degree to which an area is able to attract and support, in a sustainable way, the pedestrian movements is called walkability, a term that often constitutes a subject of planning research.

During the last few years, more and more researches focus on the improvement of walkability by studying various factors that affect both the pedestrian movements as well as the environment's features. These factors are design elements of the structural environment and affect the commuting experience. The present thesis offers an integrated framework aiming to increase the walkability degree in the municipality of Zografou, through analyzing and improving the pedestrian network by locating crosswalks as well as evaluating the suggested interventions through the use of G.I.S. The importance of the proposed methodology is based on the fact that it combines analytical methods and technics such as Space Syntax and Location Allocation, capable of coping with contemporary urban design needs.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	15
2.1. Βιώσιμη Πόλη:	15
2.1.1. Βιώσιμη Κινητικότητα	16
2.1.2. Πεζή κίνηση και Περπατησιμότητα	16
.....	18
2.1.2.1. Σημαντικότητα Πεζής Κίνησης	18
2.1.3. Υποδομές-Δίκτυα	20
2.1.3.1. Αξιολόγηση Υποδομών	23
2.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ	33
2.2.1. Χωρική Ανάλυση	33
2.2.2. Συντακτική Ανάλυση	34
2.2.2.1. Δημιουργία Αξονικού Χάρτη	36
2.2.2.2. Γωνιακή Διανυσματική Ανάλυση	37
2.2.2.3. Θεωρία Φυσικής Κίνησης και Μέτρο Συντακτικής Ενσωμάτωσης	39
2.2.2.4. Ακτίνα Μελέτης	40
2.2.3. Θεωρία Χωροθέτησης - Κατανομής	41
2.2.3.1. Βασικά μοντέλα Χωροθέτησης	43
2.2.3.2. Απόσταση Κάλυψης	44
2.2.4. Μελέτη Σεναρίων	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	51
3.1. Δημιουργία και Ανάλυση Υφιστάμενου Πεζοδικτύου	51
3.2. Μελέτη Λειτουργικού Προτύπου	52
3.3. Περιγραφή Παρεμβάσεων Βελτίωσης	53
3.3.1. Κριτήρια Μορφής Διαβάσεων	53
3.3.2. Κριτήρια Επιλογής Διαβάσεων	55
3.3.2.1. 1ο Επίπεδο Παρεμβάσεων Βελτίωσης	55
3.3.2.2. 2ο Επίπεδο Παρεμβάσεων Βελτίωσης	57

3.3.2.3. Διορθωτικές Παρεμβάσεις	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	63
4.1. Υφιστάμενη Κατάσταση Περιοχής Μελέτης	63
4.1.1. Γενικά Στοιχεία	63
4.2. Συλλογή Δεδομένων.....	67
4.3. Προετοιμασία και Επεξεργασία Δεδομένων.....	68
4.3.1. Συντακτικό Πρότυπο Δικτύου	69
4.3.2. Λειτουργικό Πρότυπο Δήμου	71
4.3.3. Υλοποίηση Παρεμβάσεων.....	72
4.3.3.1. 1 ^ο Επίπεδο Παρέμβασης	72
4.3.3.2. 2 ^ο Επίπεδο Παρέμβασης	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	89
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	92
Ελληνική Βιβλιογραφία	92
Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία	93

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Τα χαρακτηριστικά των τριών πόλεων.....	15
Εικόνα 2: Η εξέλιξη της συμβατικής συγκοινωνιακής προσέγγισης (Litman, 2012)	16
Εικόνα 3: Από την βιώσιμη ανάπτυξη στην Περπατησιμότητα	18
Εικόνα 4: Ατομικά και κοινωνικά πλεονεκτήματα πεζών μετακινήσεων και μεταξύ τους συσχέτιση.....	19
Εικόνα 5: Οφέλη "περπατησιμότητας" κατά Litman	19
Εικόνα 6: Παρακείμενοι διάδρομοι στην οδό (Πεζοδρόμια).....	21
Εικόνα 7: Αποκλειστικοί Διάδρομοι (Αμιγής Πεζόδρομοι) και αντίστοιχη σήμανση	21
Εικόνα 8: Διάδρομοι μεικτής χρήσης (Μη μηχανοκίνητα μέσα) και αντίστοιχη σήμανση	22
Εικόνα 9: Διαβάσεις πεζών και αντίστοιχη σήμανση	22
Εικόνα 10: Διαβάσεις continental style(1) και standard marking style (2).....	24
Εικόνα 11: Απόσταση που διανύει ο πεζός σε 10 λεπτά σε γειτονιά με καλή συνδεσιμότητα (αριστερά), σε σύγκριση με γειτονιά με έλλειψη επαρκούς διασύνδεσης (δεξιά). 26	
Εικόνα 12: Σχηματική απεικόνιση στάθμεων εξυπηρέτησης πεζών (LOS)	28
Εικόνα 13: Παράγοντες που εξετάζει ο δείκτης PEQI ανά κατηγορία	30
Εικόνα 14: Παράδειγμα Γραφήματος Συντακτικής Ανάλυσης.....	35
Εικόνα 15: Ενσωμάτωση και απομόνωση χώρων.....	36
Εικόνα 16: Εφαρμογή Συντακτικής Ανάλυσης με ακτίνα 100 μέτρων. Περιοχή Εφαρμογής (κόκκινο).....	40
Εικόνα 17: Πυλώνες Μεθοδολογικού Πλαισίου	51
Εικόνα 18: Δημιουργία "Δαχτυλιδιού" γύρω από τους κόμβους από τα γειτονικά τους Ο.Τ. 54	
Εικόνα 19: Παράδειγμα "Κεντρικού Ο.Τ."	54
Εικόνα 20: 1ο Στάδιο Παρέμβασης	56
Εικόνα 21: Προσδιορισμός Παραμέτρων Χωροθέτησης - Κατανομής	58
Εικόνα 22: Διοικητικά όρια και γεωγραφική θέση Δήμου Ζωγράφου.	64
Εικόνα 23: Πληθυσμιακή εξέλιξη Δήμου Ζωγράφου 1940-2011.....	64
Εικόνα 24: Πληθυσμιακή εξέλιξη σε επίπεδο χώρας, περιφέρειας και Δήμου Ζωγράφου μεταξύ 1991-2011.....	65
Εικόνα 25: Βασικές χρήσεις γης Δήμου Ζωγράφου (Πηγή: Μπισαράκη, 2009, σελ. 32)	65
Εικόνα 26: Εφαρμογή συντακτικού μέτρου ενσωμάτωσης του υφιστάμενου πεζοδικτύου για διαφορετικές ακτίνες εφαρμογής	70
Εικόνα 27: Υφιστάμενο Δίκτυο Πεζών με όλες τις πιθανές διαβάσεις.....	72
Εικόνα 28: Μορφή Αποτελέσματος Χωροθέτησης - Κατανομής.....	78
Εικόνα 29: Αποτέλεσμα Ψηφιοποίησης Φόρτων (Google Traffic) για τυπικές μέρες της εβδομάδας.....	86

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Σύνοψη Αποτελεσμάτων της Συντακτικής Ενσωμάτωσης του δήμου για ακτίνα εφαρμογής 300μ.	70
Πίνακας 2: Πίνακας Σύγκρισης Αποτελεσμάτων Υφιστάμενης Κατάστασης – 1ης Παρέμβασης.....	74
Πίνακας 3: Πίνακας Παραμέτρων Σύγκρισης και Υπολογισμού των μεταξύ τους συσχετίσεων	84
Πίνακας 4: Κανονικοποίηση τιμών παραμέτρων - Πίνακας Βαθμολογίας και Δείκτης Αξιολόγησης Σεναρίων	84
Πίνακας 5: Σύγκριση Υφιστάμενης Κατάστασης και Προτεινόμενου Σχεδιασμού.....	88

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Υφιστάμενη Κατάσταση Δικτύου Πεζών Δήμου Ζωγράφου	68
Χάρτης 2: Χάρτης Υφιστάμενων Χρήσεων Γης σε επίπεδο Ισογείων	71
Χάρτης 3: Διαμόρφωση Πεζοδικτύου μετά την ολοκλήρωση του πρώτου επιπέδου παρέμβασης.....	73
Χάρτης 4: Χάρτης Γωνιακής Ενσωμάτωσης μετά το 1ο στάδιο Παρέμβασης	74
Χάρτης 5: Χάρτης Πληθυσμιακών Κατηγοριών με βάση την απογραφή του 2011 σε επίπεδο Ο.Τ.....	76
Χάρτης 6: Χάρτης Πληθυσμιακών Κατηγοριών με βάση την απογραφή του 2011 σε επίπεδο Ο.Τ.....	76
Χάρτης 7: Πυκνότητα Εμφάνισης Σημαντικών Διαβάσεων	80
Χάρτης 8: 2ο Στάδιο Παρέμβασης: Σενάριο Χωροθέτησης-Κατανομής 1 - Αποτελέσματα συντακτικής ανάλυσης με βάση το μέτρο Ενσωμάτωσης του δικτύου	81
Χάρτης 9: 2ο Στάδιο Παρέμβασης: Σενάριο Χωροθέτησης-Κατανομής 2 - Αποτελέσματα συντακτικής ανάλυσης με βάση το μέτρο Ενσωμάτωσης του δικτύου	82
Χάρτης 10: 2ο Στάδιο Παρέμβασης: Σενάριο Χωροθέτησης-Κατανομής 3 - Αποτελέσματα συντακτικής ανάλυσης με βάση το μέτρο Ενσωμάτωσης του δικτύου	82
Χάρτης 11: 2ο Στάδιο Παρέμβασης: Σενάριο Χωροθέτησης-Κατανομής 4 - Αποτελέσματα συντακτικής ανάλυσης με βάση το μέτρο Ενσωμάτωσης του δικτύου	83
Χάρτης 12: 2ο Στάδιο Παρέμβασης: Σενάριο Χωροθέτησης-Κατανομής 5 - Αποτελέσματα συντακτικής ανάλυσης με βάση το μέτρο Ενσωμάτωσης του δικτύου	83
Χάρτης 13: Χάρτης κυριότερων οδικών αρτηριών δικτύου και παρουσίαση οδικών τμημάτων συχνής κυκλοφοριακής φόρτισης	87
Χάρτης 14: Χάρτης Δικτύου μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων	88

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ

Εξίσωση 1: Αντικειμενική Συνάρτηση SCLP.....	45
Εξίσωση 2: Περιορισμός SCLP	45
Εξίσωση 3: Περιορισμός Διαδικότητας SCLP	45
Εξίσωση 4: Αντικειμενική Συνάρτηση MCLM.....	47
Εξίσωση 5: Περιορισμός Ζήτησης MCLM.....	47
Εξίσωση 6: Περιορισμός Χωροθετούμενων εγκαταστάσεων MCLM	47
Εξίσωση 7: Περιορισμός Διαδικότητας αποτελέσματος	47
Εξίσωση 8: Περιορισμός Διαδικότητας αποτελέσματος	47
Εξίσωση 9: Αντικειμενική Συνάρτηση p-median.....	49
Εξίσωση 10: Περιορισμός Χωροθετούμενων εγκαταστάσεων p-median	49
Εξίσωση 11: Περιορισμός Ανάθεσης p-median	49
Εξίσωση 12: Περιορισμός Ανάθεσης p-median	49
Εξίσωση 13: Περιορισμός Διαδικότητας αποτελέσματος p-median	49
Εξίσωση 14: Περιορισμός Ανάθεσης p-median	49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πόλεις, ως δυναμικά συστήματα, αναπτύσσονται και διαμορφώνονται, τόσο δομικά όσο και λειτουργικά, ανάλογα με τις ανάγκες κάθε εποχής. Ωστόσο, το μόνο στοιχείο τους που παραμένει αμετάβλητο είναι το περπάτημα, το οποίο ως ο παλαιότερος και διαχρονικός τρόπος μετακίνησης επηρέασε τη δομή της πόλης και φυσικά τη χωροθέτηση των αστικών λειτουργιών. Το περπάτημα και ευρύτερα η πεζή κίνηση πλαισιώνουν κάθε είδους μετακίνηση αφού χρησιμοποιούνται είτε για την μεταβίβαση στον ίδιο τον προορισμό είτε προς κάποιο άλλο μέσο μεταφοράς. Συνεπώς, το δίκτυο κίνησης των πεζών αποτελεί τον βασικό πυλώνα όλων των μεταφορικών δικτύων με αποτέλεσμα ο βαθμός λειτουργικότητάς του να χαρακτηρίζει την γενικότερη αποτελεσματικότητα των αστικών δικτύων μεταφοράς.

Η τεχνολογική πρόοδος των τελευταίων δεκαετιών επέφερε σημαντικές αλλαγές στον τρόπο μετακινήσεων και οδήγησε στον παραγκωνισμό της πεζής μετακίνησης από άλλα μηχανοκίνητα μέσα. Η αντιμετώπιση αυτή, είχε άμεσο αντίκτυπο και στον σχεδιασμό των δικτύων, ο οποίος τα τελευταία χρόνια επικεντρώνεται στην εξυπηρέτηση των οχημάτων με αποτέλεσμα τον μετασχηματισμό των πόλεων από πόλεις για περπάτημα σε πόλεις βασισμένες στο αυτοκίνητο. Φυσικά, η εξάρτηση των ανθρώπων από το αυτοκίνητο επηρέασε δραστικά τον σχεδιασμό του χώρου, καθώς η δυνατότητα διάνυσης πολύ μεγαλύτερων αποστάσεων οδήγησε στην απαίτηση των κατάλληλων οδικών δικτύων. Η συνεχής και ραγδαία αύξηση των μετακινήσεων και η ταυτόχρονη αδυναμία αντιμετώπισής της από τις υπάρχουσες υποδομές οδήγησαν με την σειρά τους στη συνεχή χειροτέρευση των κυκλοφοριακών συνθηκών, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές.

Οι διαστάσεις που έχει πάρει το φαινόμενο αυτό, οδήγησαν στην ευρύτερη συνειδητοποίηση των δεινών που έχει επιφέρει η κυριαρχία του αυτοκινήτου στις οδικές μεταφορές, και είχαν ως αποτέλεσμα την στροφή σε πιο βιώσιμους τρόπους μετακίνησης. Η κυρίαρχη θέση του αυτοκινήτου πλέον αμφισβητείται και εμφανίζεται όλο και εντονότερα η τάση ενίσχυσης εναλλακτικών τρόπων μετακίνησης όπως βάδισμα και ποδηλασία για μικρότερες αποστάσεις σε συνδυασμό με αποδοτικά δίκτυα συλλογικών μεταφορών για μεγαλύτερες. Μεγάλος αριθμός ερευνών, μάλιστα, επικεντρώνονται στους μη μηχανοκίνητους τρόπους κυκλοφορίας σε μια προσπάθεια βελτίωσης της υγείας των μετακινούμενων. Φυσικά, για να πραγματοποιηθεί αυτό απαιτούνται οι κατάλληλες υποδομές, οι οποίες θα επιτρέπουν την ελεύθερη και ασφαλή μετακίνηση και θα βελτιώσουν τις συνθήκες υπό τις οποίες αυτή πραγματοποιείται.

Η σημασία της πεζής μετακίνησης και της μελέτης των συμπεριφορών κινητικότητας των πεζών, εξελίχθηκε διαχρονικά και δημιούργησε την ανάγκη σύνθεσης ενός ολοκληρωμένου συγκοινωνιακού σχεδιασμού των δικτύων της ο οποίος πλέον είναι κομμάτι του ευρύτερου σχεδιασμού του αστικού περιβάλλοντος. Η ανάγκη περιγραφής και μελέτης του βαθμού στον οποίο μία περιοχή είναι σχεδιασμένη με ελκυστικό τρόπο για την πεζή μετακίνηση ονομάζεται περπατησιμότητα. Ο σχεδιασμός στα πλαίσια αύξησης την περπατησιμότητας δεν πρέπει να περιορίζεται μόνο στη διασφάλιση ενός ελεύθερου διαδρόμου κίνησης, αλλά πρέπει να ταυτίζεται με την διαμόρφωση ενός κατάλληλου περιβάλλοντος μέσω της σωστής επιλογής υλικών και συνοδευτικού εξοπλισμού ικανού να καλύψει τις ανάγκες όλων των πολιτών.

Στην κατεύθυνση του σχεδιασμού στρατηγικών βελτίωσης των υφιστάμενων δικτύων κίνησης πεζών έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες οι οποίες εστιάζουν στην βελτιστοποίηση των υποδομών. Χαρακτηριστικό αντικείμενο μελέτης για την υλοποίηση

αντίστοιχων παρεμβάσεων αποτελούν οι διαβάσεις λόγω του συνδετικού τους χαρακτήρα. Μέσω των διαβάσεων επιτυγχάνεται η διασύνδεση των χώρων κίνησης πεζών όταν παρεμβάλλεται ένας άξονας ενός άλλου μέσου μεταφοράς, γεγονός που τις καθιστά απαραίτητο στοιχείο για την δημιουργία ενός ενιαίου δικτύου κίνησης.

Αναμφισβήτητα, λόγω της πληθώρας εναλλακτικών στρατηγικών προσέγγισης που έχουν αναπτυχθεί στην σύγχρονη εποχή στην κατεύθυνση αντίστοιχων σχεδιασμών, η ανάγκη αξιολόγησής τους γίνεται συνεχώς επιτακτικότερη. Μάλιστα, έχουν μελετηθεί διαφορετικοί τρόποι αξιολογήσεων, τόσο ποιοτικοί όσο και ποσοτικοί, με την έρευνα να επικεντρώνεται σε πιο σύγχρονες μεθόδους ως πιο ικανές να αντιμετωπίσουν την πολυπλοκότητα των απαιτήσεων των καιρών μας. Η δυνατότητα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Π.Σ) να παρέχουν ένα ενιαίο περιβάλλον διαχείρισης και αποθήκευσης των χωρικών δεδομένων χρησιμοποιώντας αναλυτικές διαδικασίες και επιτρέποντας την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων τα μετέτρεψε στα ισχυρότερα εργαλεία για την αξιολόγηση και την λήψη αποφάσεων σχετικών με τον χώρο.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και η παρουσίαση μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογικής προσέγγισης με σκοπό την βελτίωση και την μετέπειτα αξιολόγηση του δικτύου κίνησης πεζών του Δήμου Ζωγράφου μέσω της τοποθέτησης διαβάσεων με την χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Στο πλαίσιο της αξιοποιούνται μέθοδοι χωρικής ανάλυσης όπως αυτή της Συντακτικής Ανάλυσης του χώρου (Space Syntax) η οποία λαμβάνει υπόψη την αλληλεπίδραση της αρχιτεκτονικής του δικτύου και της ανθρώπινης δραστηριότητάς (κίνησης) στο αστικό περιβάλλον και της Χωροθέτησης-Κατανομής (Location Allocation) ώστε να τοποθετηθούν οι διαβάσεις στο σύνολο του δικτύου κατά βέλτιστο τρόπο ανάλογα με τους στόχους που τίθενται.

Η εργασία τελικά διαρθρώνεται σε πέντε βασικά κεφάλαια. Στο δεύτερο, παρουσιάζεται η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας για ζητήματα που άπτονται του σχεδιασμού περπατήσιμων πόλεων και αναλύεται η σημαντικότητα υλοποίησης ανάλογων παρεμβάσεων. Ακόμα, αναλύονται τα θεωρητικά υπόβαθρα στα οποία στηρίχθηκε η προτεινόμενη μεθοδολογία. Οι θεωρητικές έννοιες που αναφέρονται πλαισιώνουν τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται στο προτεινόμενο σχεδιασμό και έτσι εξηγείται η αναγκαιότητα τέτοιου είδους προσεγγίσεων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η προτεινόμενη μεθοδολογία και η ανάλυση των βημάτων για την επίτευξη του στόχου. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται οι διαδικασίες που απαιτούνται για την ανάλυση του υφιστάμενου δικτύου στα πλαίσια μελέτης του συντακτικού και κατόπιν του λειτουργικού προτύπου της πόλης. Αναλύονται οι κανόνες τοποθέτησης διαβάσεων καθώς και τα επιμέρους στάδια για την υλοποίηση των παρεμβάσεων. Κατά την ανάλυση των σταδίων τονίζεται η σημαντικότητά τους στην κατεύθυνση ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού βελτίωσης και τέλος περιγράφεται η προτεινόμενη μεθοδολογία αξιολόγησης και επιλογής της καταλληλότερης λύσης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, ο τρόπος συλλογής των απαραίτητων δεδομένων και τέλος η αναλυτικές μέθοδοι που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Η εφαρμογή αφορούσε την προετοιμασία και την επεξεργασία των αρχικών δεδομένων με σκοπό την εξαγωγή των επιθυμητών αποτελεσμάτων.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο αναλύονται τα συμπεράσματα της έρευνας και γίνονται κάποιες προτάσεις για μελλοντική εξέλιξή της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1. Βιώσιμη Πόλη:

Τις τελευταίες δεκαετίες γίνεται όλο και περισσότερος λόγος περί αειφορίας και βιώσιμης ανάπτυξης. Ως βιώσιμη ανάπτυξη ορίζεται η ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων, με τρόπο ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες του παρόντος χωρίς όμως να υπονομεύεται η κάλυψη των αναγκών του μέλλοντος, στην κατεύθυνση της ανάπτυξης. Η προώθηση του οικουμενικού μεν αλλά ασαφώς ορισμένου δε στόχου της βιώσιμης ανάπτυξης, γίνεται στο πλαίσιο της πόλης, η οποία έχει αναδειχθεί ως η πλέον κατάλληλη γεωγραφικά και διοικητικά προσδιορισμένη, χωρική οντότητα για την εκπλήρωσή του. Η βιώσιμη πόλη για την εξέλιξή της ενσωματώνει «τους στόχους της περιβαλλοντικής προστασίας, της κοινωνικής ισότητας και της οικονομικής ανάπτυξης» (Ευαγγελία Αθανασίου, 2012) στην κατεύθυνση της αειφορίας. Η έννοια, μάλιστα, ενσωματώθηκε και στην ελληνική νομοθεσία για τον πολεοδομικό και χωροταξικό σχεδιασμό στα τέλη της δεκαετίας του 1990.

Αδιαμφισβήτητα, από τις απαρχές της ανθρώπινης ύπαρξης οι φάσεις της αστικής ανάπτυξης και της οικονομική ανάπτυξης των μεταφορών βρίσκονται σε άμεση αλληλεπίδραση. Ιστορικά, η διάκριση των πόλεων πραγματοποιείται από τον Lewis Mumford σε τρεις αρχετυπικές μορφές με βάση την κυρίαρχη τεχνολογία των μεταφορών ως εξής: η πόλη για περπάτημα, η πόλη δημοσίων συγκοινωνιών και πόλη για το αυτοκίνητο. (Εικόνα 1)

Πόλη για περπάτημα (Walking City)	Πόλη για δημόσιες συγκοινωνίες (Transit City)	Πόλη για αυτοκίνητο (Automobile City)
<ul style="list-style-type: none"> Υψηλή πυκνότητα Μίξη χρήσεων γης Μεγάλη διασπορά μέσα στην πόλη 	<p>Κεντρική περιοχή:</p> <ul style="list-style-type: none"> Πυρήνας υψηλής πυκνότητας Μικρές αποστάσεις ταξιδιών Μεσαία πυκνότητα πεζών γύρω από τους σταθμούς <p>Περιμετρικά:</p> <ul style="list-style-type: none"> Μεγάλες αποστάσεις ταξιδιών Ακτινωτή προέλευση 	<ul style="list-style-type: none"> Εμπορικός πυρήνας υψηλής πυκνότητας Εμπορικές και βιομηχανικές χρήσεις αποκομμένες από την πόλη Μεγάλες αποστάσεις ταξιδιών

Εικόνα 1: Τα χαρακτηριστικά των τριών πόλεων

Συνεπώς, η έννοια της βιωσιμότητας μιας πόλης δεν θα μπορούσε παρά να επεκταθεί στον τομέα των μεταφορών μέσω των βιώσιμων μη μηχανοκίνητων μέσων μετακίνησης (π.χ: περπάτημα, ποδήλατο). Το διαχρονικότερο μέσο μετακίνησης της εν λόγω κατηγορίας, όμως, το οποίο προϋπήρχε οποιασδήποτε καινοτόμου μεθόδου και παραμένει έως και σήμερα το βασικότερο μέσο μεταφοράς των ανθρώπων είναι το περπάτημα.

2.1.1. Βιώσιμη Κινητικότητα

Στο πλαίσιο της βιώσιμης κινητικότητας, για την οποία δεν υπάρχει κάποιος κοινά αποδεκτός ορισμός, γίνεται μια αποτίμηση των βιώσιμων μέσων μεταφοράς βασισμένη στους τρεις πυλώνες της αειφορίας: την κοινωνία, το περιβάλλον και την οικονομία. Ως πιο βιώσιμο μέσο μετακίνησης, το οποίο χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο πολύ πριν την θεσμοθέτηση της ίδιας φράσης, έχει αναδειχθεί το περπάτημα δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο ένα παράδοξο στην συσχέτιση με την τεχνολογική ανέλιξη των ημερών μας (Walking benefits, 2009). Ουσιαστικά, η βιώσιμη κινητικότητα είναι συνυφασμένη με τον αστικό σχεδιασμό ο οποίος θέτει σε προτεραιότητα τις ανάγκες κίνησης των πεζών ως οι κύριοι παράγοντες της ζωντανίας μιας πόλης. Ο σχεδιασμός κατά τρόπο ώστε το μέγιστο δυνατό ποσοστό των μετακινήσεων να γίνεται με τα πόδια είναι ένας από τους μεγάλους στόχους για τη βιωσιμότητα της πόλης (Αραβαντινός, 1997). Η παρουσία του πεζού είναι πράγματι ένα από τα κύρια κριτήρια ποιότητας ζωής, διότι η συμβολή του στη ζωντανία του κοινωνικού περιβάλλοντος του δρόμου είναι κυρίαρχη.

2.1.2. Πεζή κίνηση και Περπατησιμότητα

Χαρακτηριστικό της σημερινής εποχής είναι η πρόοδος των τεχνολογιών, η οποία διείσδυσε στον τομέα των κατασκευών και οδήγησε στην μαζική παραγωγή μηχανοκίνητων μέσων, τα οποία θεωρούνται πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας των ανθρώπων. Αν και στην ερώτηση που έθεσε ο Litman (2011) συγκρίνοντας την σημαντικότητα της οδήγησης ενός οχήματος και του περπατήματος, η υπερίσχυση του δεύτερου είναι αδιαμφισβήτητη, η συμβατική συγκοινωνιακή προσέγγιση προτάσσει την διαρκή αντικατάσταση των παλαιότερων μέσων με νεότερα, εστιάζοντας στην εξυπηρέτηση των οχημάτων και αδιαφορώντας για την βιωσιμότητα των μετακινήσεων. Στην Εικόνα 2 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η εξέλιξη της συμβατικής συγκοινωνιακής προσέγγισης.



Εικόνα 2: Η εξέλιξη της συμβατικής συγκοινωνιακής προσέγγισης (Litman, 2012) – Πηγή: Μπαρτζώκας-Τσιόμπρας, 2013

Άμεση απόρροια αυτού είναι η θεώρηση ότι το περπάτημα ως μέσο μετακίνησης είναι υποδεέστερο των άλλων με αποτέλεσμα έννοιες όπως αυτές της περπατησιμότητας (walkability) να απολαμβάνουν μικρής δημόσιας υποστήριξης, δηλαδή να υποεκτιμώνται στον σχεδιασμό έργων κατασκευής και συντήρησης της αστικής οδικής υποδομής. Η αδιαφορία αυτή για την ικανότητα ελεύθερης και ασφαλούς κίνησης των πεζών στο δίκτυο της πόλης οδήγησε στην ευρύτερη υποβάθμιση του αστικού χώρου.

Ως περπατησιμότητα δικτύου, θεωρείται η βατότητά του με τα πόδια ή αλλιώς ο βαθμός καταλληλότητάς του για περπάτημα, ο οποίος επηρεάζεται εν μέρει από το ευρύτερο περιβάλλον του δικτύου. Εναλλακτικά περιγράφεται ως καταλληλότητα ως προς την «ποιότητα των συνθηκών περπατήματος, την οδική και προσωπική ασφάλεια, την άνεση και την εξυπηρετικότητα» (Γαλάνης, 2011) ενός δικτύου για τους πεζούς. Σύμφωνα με τον οδηγό «Pedestrian Planning and Design Guide» της Διεύθυνσης Μεταφορών της Νέας Ζηλανδίας (2007) η περπατησιμότητα χαρακτηρίζεται και ως βαδισιμότητα και εκφράζει «τον βαθμό που το δομημένο περιβάλλον είναι φιλικό προς το περπάτημα, δηλαδή παρέχει συνέχεια και

ευχέρεια μετακίνησης και ασφαλείς, άνετες και ευχάριστες συνθήκες περπατήματος για όλους».

Στην διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχει κάποιος ξεκάθαρος ορισμός που να καθορίζει σε ένα σαφές πλαίσιο το «περπατήσιμο» οδικό περιβάλλον. Ωστόσο, καταγράφονται τα κυριότερα στοιχεία εκείνα που επιδρούν στην περπατησιμότητα μίας οδού όπως η προσβασιμότητα, η αισθητική, η συνδεσιμότητα/συνέχεια και η ασφάλεια, τα οποία είναι σε επιστημονική διερεύνηση (Γαλάνης, 2006). Αξίζει να σημειωθεί ότι αν και στη διεθνή βιβλιογραφία γίνεται μεγάλη προσπάθεια περιγραφής και ανάλυσης του ζητήματος, στην Ελληνική επιστημονική βιβλιογραφία εντοπίζεται πολύ λιγότερες αναφορές και μελέτες.

Στο βιβλίο «Δίκτυα μετακίνησης πεζή» των Γαβανά, Παπαϊωάννου, Πιτσιάβα Λατινοπούλου και Πολίτη γίνονται αναφορές στον οδηγό «*Pedestrian Planning and Design Guide*» σύμφωνα με τον οποίο η ενίσχυση της περπατησιμότητας μίας πόλης μπορεί να επιτευχθεί μέσα από τους τομείς του πολεοδομικού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού και της κατάλληλης διοίκησης και διαχείρισής τους. Αρχικά, ο πολεοδομικός σχεδιασμός αφορά τις χρήσεις γης και πιο συγκεκριμένα την προσβασιμότητά τους από όλους τους χρήστες του δικτύου πεζών, την ασφάλειά και την οργάνωσή τους σε κατάλληλες αποστάσεις περπατήματος. Ο συγκοινωνιακός σχεδιασμός σχετίζεται με την διασφάλιση της καταλληλότητας και της επάρκειας των υποδομών περπατήματος ώστε οι ανάγκες των πεζών να τοποθετούνται στην βάση της πυραμίδας της σχεδιαστικής διαδικασίας. Τέλος, ο κλάδος διοίκησης και διαχείρισης, αφορά την εξασφάλιση τόσο θεσμοθετημένων οργάνων σε διοικητικό επίπεδο για την παροχή χρηματοδοτήσεων για τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και τη συντήρηση του δικτύου όσο και την συνέργεια των εμπλεκόμενων φορέων και κοινωνικών ομάδων για την συντονισμένη πληροφόρηση του κοινού.

Η γενική θεωρία της περπατησιμότητας έχει εκφραστεί από τον Jeff Speck (2012) στο βιβλίο του «*A general theory of walkability*» σύμφωνα με την οποία η πεζή μετακίνηση προκειμένου να ευνοηθεί πρέπει να ικανοποιούνται ταυτόχρονα ορισμένες βασικές συνθήκες. Οι συνθήκες αυτές σχετίζονται με τον σκοπό και τα γενικά χαρακτηριστικά της εν λόγω μετακίνησης και επιτάσσουν ότι πρέπει:

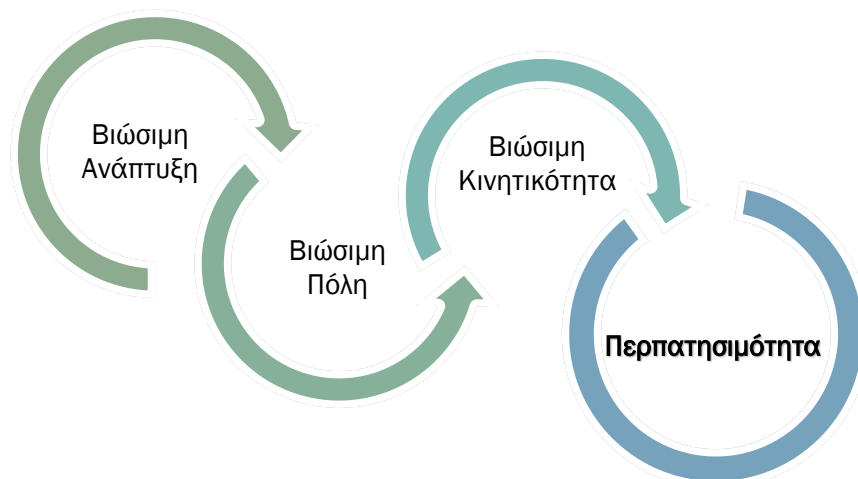
-Να είναι χρήσιμη (*useful*), από την άποψη ότι πρέπει να μπορεί να εκπληρώσει κάποιο συγκεκριμένο σκοπό. Αυτό, προϋποθέτει την κοντινή μεταξύ τους χωροθέτηση των καθημερινών λειτουργιών και την ταυτόχρονη οργάνωσή τους ώστε να είναι προσιτές με τα πόδια, δηλαδή τον κατάλληλο πολεοδομικό σχεδιασμό

-Να είναι ασφαλής (*safe*), δηλαδή ο σχεδιασμός του δικτύου κίνησης των πεζών να γίνεται στην κατεύθυνση της προστασίας του πεζού τόσο από πιθανές συγκρούσεις με άλλα μέσα (οδική ασφάλεια) όσο και από άλλους παράγοντες της περιοχής κίνησης, όπως η εγκληματικότητα.

-Να είναι άνετη (*comfortable*) και ενδιαφέρουσα (*interesting*) στο πλαίσιο ενός αστικού σχεδιασμού που στοχεύει στην δημιουργία ενός ελκυστικού περιβάλλοντος το οποίο θα τραβά το ενδιαφέρον του πεζού και θα τον κάνει να θέλει να περνά περισσότερο χρόνο στον δημόσιο χώρο.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ο Litman (2011) στην αντίστοιχη προσέγγισή συμπεριέλαβε στον ορισμό της περπατησιμότητας και παράγοντες όπως η ύπαρξη κατάλληλης οδικής υποδομής πεζών.

Τελικά, από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι η περπατησιμότητα ή βαδισιμότητα είναι μια πολυδιάστατη έννοια, η οποία σχετίζεται με τα περισσότερα χαρακτηριστικά που διαμορφώνουν και συναποτελούν το αστικό περιβάλλον μιας περιοχής. Στον όρο μπορεί να αποδοθεί τόσο υποκειμενικός όσο και αντικειμενικός χαρακτήρας αφού σύμφωνα με τον Μπαρτζώκα-Τσιόμπρα (2013) «υπεισέρχονται τόσο μετρήσιμοι και αντιληπτοί παράγοντες (χρήσεις γης, συνδεκτικότητα δικτύων, εγκληματικότητα, οδική ασφάλεια, υποδομές πεζών κ.α) όσο υποκειμενικοί και ποιοτικοί παράγοντες (φόβος, αισθητικά χαρακτηριστικά, ευτυχία κ.α)».



Εικόνα 3: Από την βιώσιμη ανάπτυξη στην Περπατησιμότητα

2.1.2.1. Σημαντικότητα Πεζής Κίνησης

Ανεξαρτήτως της επικρατούσας κατάστασης, το θέμα κίνησης του πεζού στην πόλη είναι πολύ σημαντικό αφού η πεζή κίνηση είναι αναφαίρετο κομμάτι των μετακινήσεων ως η αρχή και η κατάληξη κάθε μετακίνησης. Επιπλέον, το περπάτημα αποτελεί τμήμα κάθε είδους μετακίνησης όντας ο συνδεδετικός κρίκος μεταξύ οποιουδήποτε μέσου μεταφοράς. Αποτέλεσμα αυτού είναι η ανάδειξή του ως «σημαντικότερη επιλογή του ανθρώπου στις καθημερινές του μετακινήσεις αλλά και ως η βασικότερη παράμετρος του μεταφορικού συστήματος» (Μπαρτζώκας-Τσιόμπρας, 2013). Την ίδια στιγμή, αποτελεί ένα παγκόσμιο μέσο με πολλαπλά πρόσθετα οφέλη, τόσο οικονομικά λόγω του μηδενικού του κόστους όσο και σωματικά στο πλαίσιο της άσκησης και της αναψυχής. Ταυτόχρονα παρέχει περισσότερες επιλογές διαδρομών, είναι φιλικό προς το περιβάλλον και αποτελεί ένα δραστικό μέτρο για την ελάττωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης των οδικών αξόνων αλλά και των οδικών ατυχημάτων. Αποτελεί τον τρόπο μετακίνησης που επιτρέπει την καλύτερη επαφή με το περιβάλλον, είναι ανεξάρτητο και ελεύθερο. Έρευνες έχουν αποδείξει ότι οι περιοχές με αυξημένο ποσοστό πεζής μετακίνησης παρουσιάζουν υψηλότερα επίπεδα κοινωνικού κεφαλαίου και οι άνθρωποι είναι πιθανότερο να αναπτύσσουν διαπροσωπικές σχέσεις με τους γείτονες και να συμμετέχουν σε δράσεις που αφορούν την κοινότητα.

Από τα παραπάνω προκύπτει μια πρώτη κατηγοριοποίηση των πλεονεκτημάτων των πεζών μετακινήσεων σε πλεονεκτήματα για τον μετακινούμενο και σε οφέλη για την κοινωνία και το περιβάλλον. Μάλιστα, τα πλεονεκτήματα για τον μετακινούμενο ανάγονται τελικά σε ευρύτερα οφέλη που η γενικευμένη χρήση της πεζής μετακίνησης επιφέρει στην κοινωνία και στο περιβάλλον όπως γίνεται κατανοητό και από την Εικόνα 4.

Ατομικά Πλεονεκτήματα	Κοινωνικά Πλεονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> • Φυσική και νοητική υγεία • Μηδενικό κόστος μετακίνησης • Ελευθερία κίνησης • Κοινωνικοποίηση • Πρόσβαση σε δραστηριότητες 	<ul style="list-style-type: none"> • Δημόσια υγεία • Μηδενικό κόστος για την κοινωνία και το περιβάλλον • Ισότητα στην μετακίνηση • Κοινωνική συνοχή • Εμπορική κίνηση / αξίες γης

Εικόνα 4: Ατομικά και κοινωνικά πλεονεκτήματα πεζών μετακινήσεων και μεταξύ τους συσχέτιση

Σε μια διαφορετική προσέγγιση που παρουσιάζεται από τον Μπαρτζώκα-Τσιόμπρα (2013) στο πλαίσιο μελέτης του οικονομικού χαρακτήρα της περπατησιμότητας αναφέρεται ότι παρά την αδιαμφισβήτητη δυνατότητα οικονομικής ανάπτυξης που μπορεί να προσφέρει στην εποχή μας η αύξηση της περπατησιμότητας, τα οφέλη της είναι πολύ ευρύτερα. Αν και έχει ήδη γίνει αναφορά τόσο στον κοινωνικό όσο και στον περιβαλλοντικό της ρόλο θεωρήθηκε χρήσιμη η παράθεση ενός συγκεντρωτικού πίνακα ώστε να φανεί η επιρροή της στο σύνολο των πυλώνων της βιωσιμότητας. Έτσι, κατά τον Litman (2011), τα οφέλη αυτά συνοψίζονται ως εξής:

Οικονομικά Οφέλη	Κοινωνικά Οφέλη	Περιβαλλοντικά Οφέλη
<ul style="list-style-type: none"> - Βελτιωμένη προσβασιμότητα – ειδικά για εκείνους που δεν οδηγούν - Μειωμένα μεταφορικά κόστη - Αυξημένη επάρκεια των χώρων στάθμευσης (μπορούν να εξυπηρετήσουν μεγαλύτερο ποσοστό των χρήσεων γης προορισμών) - Ενίσχυση και υποστήριξη των Μ.Μ.Μ. και άλλων εναλλακτικών τρόπων μετακίνησης - Υποστήριξη εξειδικευμένων επιχειρήσεων (π.χ: εκείνων που σχετίζονται με τον τουρισμό) - Αποταμίευση κόστους από υγειονομικές υπηρεσίες εξαιτίας της αυξημένης σωματικής άσκησης 	<ul style="list-style-type: none"> - Αυξημένη προσβασιμότητα για όλες τις ευάλωτες κοινωνικές ομάδες - Μειωμένα εξωτερικά κόστη (ατυχήματα, ρύπανση περιβάλλοντος κ.α.) - Ενίσχυση ευκαιριών για την διατήρηση πολιτιστικών πόρων (π.χ: ιστορικά κτήρια) - Αυξημένη σωματική άσκηση 	<ul style="list-style-type: none"> - Μείωση της απαιτούμενης γης για οδικά δίκτυα και χώρους στάθμευσης - Διατήρηση ανοιχτών κοινόχρηστων χώρων - Μείωση κατανάλωσης ενέργειας και εκπεμπόμενων ρύπων - Βελτιωμένη αισθητική του αστικού περιβάλλοντος - Μείωση της ρύπανσης των υδάτινων πόρων - Μείωση των επιδράσεων του φαινομένου της “θερμικής νησίδας”

Εικόνα 5: Οφέλη “περπατησιμότητας” κατά Litman

Εκτός όμως από τα πλεονεκτήματα, στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθούν και τα βασικά χαρακτηριστικά της πεζής κίνησης. Κατά τον Γαλάνη (2011) η πεζή μετακίνηση εκτός από ανάγκη μπορεί συχνά να αποτελεί μονόδρομο. Αυτό μπορεί να οφείλεται τόσο στην οικονομική κατάσταση και την κοινωνική διαστρωμάτωση των μετακινούμενων όσο και σε ορισμένα χαρακτηριστικά τους. Η δεύτερη περίπτωση αναφέρεται στις ευαίσθητες κατηγορίες μετακινούμενων, δηλαδή σε ηλικιωμένους, παιδιά καθώς και άτομα με αναπηρία οι μετακινήσεις των οποίων προϋποθέτουν πιο προσεκτική αντιμετώπιση. Πιο συγκεκριμένα, η ηλικία έχει καθοριστικό ρόλο σαν χαρακτηριστικό των πεζών καθώς επηρεάζει τόσο την όραση και την αντίληψη του οδικού περιβάλλοντος και της οδικής ασφάλειας όσο και την ικανότητα κίνησης. Συνεπώς, οι οδικές υποδομές ενός «τυπικού» πεζού μπορεί να κρίνονται ανεπαρκείς ή και ακατάλληλες για ένα σημαντικό ποσοστό χρηστών που ανήκει στις παραπάνω ομάδες.

2.1.3. Υποδομές-Δίκτυα

Η περπατησιμότητα αναμφισβήτητα επηρεάζεται από ποικίλες παραμέτρους στην εποχή μας, αλλά κατά βάση από τις υπάρχουσες υποδομές. Με την δημιουργία κατάλληλων υποδομών για τους πεζούς, το περπάτημα μπορεί να αποτελέσει το κατεξοχήν μέσο για την εξασφάλιση της ισότητας στις μετακινήσεις, καθώς αφορά όλες τις πληθυσμιακές και κοινωνικές ομάδες, σύμφωνα με τις αρχές της βιώσιμης κινητικότητας. Είναι, λοιπόν, κοινός τόπος ότι η εστίαση της μελέτης στις υποδομές κίνησης πεζών πρέπει να αποτελεί θεμελιώδες βήμα του σχεδιασμού.

Η στρατηγική προσέλευσης πεζών στους δρόμους, πλέον, εστιάζει στην μελέτη και την βελτίωση των ήδη υπάρχοντων υποδομών με παρεμβάσεις στα πεζοδρόμια, διαπλατύνσεις, κατασκευές διαβάσεων κ.α. οι οποίες στοχεύουν στον σχηματισμό ενιαίων «διαδρόμων» μεγάλου μήκους για τον πεζό, που θα τους καταστήσουν ανταγωνιστικούς έναντι άλλων μετακινήσεων. Το τελικό ζητούμενο είναι ο σχηματισμός δικτύων που θα καταστήσουν το περπάτημα ένα ελκυστικό τρόπο μετακίνησης ακόμη και για μέσες αποστάσεις, προσφέροντας άνεση και ασφάλεια στους πεζούς.

Από την βιβλιογραφία, προκύπτει ότι τα χαρακτηριστικά στοιχεία των υποδομών κίνησης πεζών χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

-**«Παρακείμενοι διάδρομοι στην οδό»**, όπως είναι τα πεζοδρόμια που εκτείνονται παράλληλα και σε μικρή απόσταση από τους οδικούς άξονες.

-**«Αποκλειστικοί διάδρομοι»** κυκλοφορίας πεζών η λειτουργία των οποίων δεν επηρεάζεται από μηχανοκίνητα μέσα, με χαρακτηριστικό το παράδειγμα των πεζόδρομων.

-**«Διάδρομοι μεικτής χρήσης»**, δηλαδή διάδρομοι που χρησιμοποιούνται από τους πεζούς και από άλλα μη μηχανοκίνητα μέσα μεταφοράς (όπως τα ποδήλατα) με την προτεραιότητα πάντα να δίνεται στους πεζούς, όπως περιοχές αναψυχής και πανεπιστημιούπολεις.

-**«Διαβάσεις πεζών»** οι οποίες αποτελούν τον συνδετικό κρίκο μεταξύ των υποδομών πεζών εκατέρωθεν των αξόνων των άλλων μέσων μεταφοράς διασφαλίζοντας την συνέχεια του δικτύου κίνησής τους. Οι διαβάσεις είναι συνήθως ισόπεδες και κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την ύπαρξη ή μη σηματοδότησης καθώς και με το είδος της διαγράμμισής τους. *«Το είδος της διάβασης και ο τρόπος ελέγχου και διαχείρισης της κυκλοφορίας στην περιοχή της διάβασης σε συνδυασμό με τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά επιδρούν στις καθυστερήσεις, στην ασφάλεια και στην άνεση της πεζή μετακίνησης.»* (Γαβανάς, Παπαϊωάννου, Πιτσιάβα Λατινοπούλου, Πολίτης, 2015) Σε περιπτώσεις διασταύρωσης με

οδούς μεγάλης κυκλοφορίας, όπως αστικούς αυτοκινητόδρομους, μπορεί να διαμορφωθούν υπόγειες διαβάσεις και πεζογέφυρες. Στον ελληνικό χώρο οι κύριες διατάξεις των διαβάσεων είναι την μορφής *zebra* ή *pelican* βασική διαφορά των οποίων είναι ότι στις δεύτερες υπάρχει και φωτεινή σηματοδότηση πεζών, η οποία συνήθως ενεργοποιείται με το πάτημα ενός κουμπιού. Οι διαβάσεις τύπου *zebra* είναι οι πιο διαδεδομένες γενικά και προτείνονται σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει σηματοδότηση καθώς είναι πιο ευκρινείς για τους οδηγούς.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται κάποιες ενδεικτικές εικόνες των παραπάνω κατηγοριών υποδομών.



Εικόνα 6: Παρακείμενοι διάδρομοι στην οδό (Πεζοδρόμια)



Εικόνα 7: Αποκλειστικοί Διάδρομοι (Αμιγής Πεζοδρόμοι) και αντίστοιχη σήμανση



Εικόνα 8: Διάδρομοι μεικτής χρήσης (Μη μηχανοκίνητα μέσα) και αντίστοιχη σήμανση



Εικόνα 9: Διαβάσεις πεζών και αντίστοιχη σήμανση

Σημειώνεται ότι οι παραπάνω εικόνες βρέθηκαν από τις δορυφορικές εικόνες του Google Street View και αφορούν την περιοχή μελέτης (Δήμος Ζωγράφου).

2.1.3.1. Αξιολόγηση Υποδομών

Μελέτες των Διαβάσεων ως παράγοντας βελτίωσης των δικτύων κίνησης πεζών

Οι διαβάσεις, λόγω της συνδυαστικής τους φύσης αποτέλεσαν κύριο αντικείμενο πολλών ερευνών ως παράγοντας βελτιστοποίησης των δικτύων κίνησης πεζών και της περπατησιμότητας εν γένει. Οι διαβάσεις, άλλωστε, έχουν διττή λειτουργικότητα μιας και οδηγούν τους πεζούς με ασφαλή τρόπο ενώ ταυτόχρονα προειδοποιούν τους οδηγούς για την πιθανή διέλευση πεζών. Συνήθως, τοποθετούνται τόσο σε περιοχές που είναι αναμενόμενη η ανάγκη διέλευσης, όπως στις αιχμές των οικοδομικών τετραγώνων, όσο και για να διασφαλίσουν την πρόσβαση σε κάποιους συχνούς προορισμούς (πόλους έλξης μετακινήσεων).

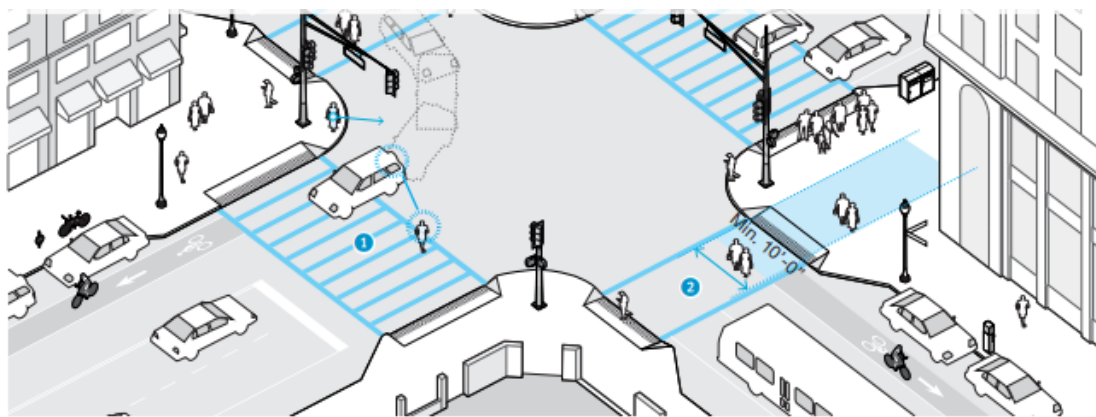
Σε δρόμους τουλάχιστον δύο λωρίδων με διαχωριστική νησίδα, οι οποίοι λειτουργούν συνήθως σαν συλλεκτήριες αρτηρίες συγκεντρώνοντας κίνηση από μικρότερους τοπικούς οδικούς άξονες που εντοπίζονται στις οικιστικές περιοχές, η ύπαρξη διαβάσεων χωρίς σηματοδότηση (τύπου zebra) είναι συχνό φαινόμενο. Σύμφωνα με τον νόμο, σε αυτές τις περιπτώσεις ο οδηγός πρέπει να δίνει προτεραιότητα στον πεζό, γεγονός που από μόνο του εξηγεί τον λόγο που οι διαβάσεις χρησιμοποιούνται για την βελτίωση των συνθηκών κίνησης των πεζών σε μέρη όπου δεν προβλέπεται η εγκατάσταση σηματοδότησης. (Jones and Tomcheck, 2000, Ministry of Transport, 2009)

Έρευνες αποδεικνύουν επίσης ότι η ύπαρξη διαβάσεων ενδέχεται να σχετίζεται με την μείωση τόσο του αισθητού (από τον πεζό) όσο και του πραγματικού κινδύνου ατυχήματός του (Bernhorf and Carstensen, 2008, Havard and Willis, 2012, Keall, 1995, Sharples and Fletcher, 2001) ενώ ταυτόχρονα πιθανολογείται ότι επηρεάζει την επιλογή της διαδρομής του ((Bernhorf & Carstensen, 2008). Την ίδια στιγμή, τα μη ελεγχόμενα σημεία από τα οποία ο πεζός διασχίζει τον δρόμο συνδέονται με πιθανότητες συγκρούσεων μεταξύ πεζών και οχημάτων, με αποτέλεσμα να αναγνωρίζονται ως «προβληματικές περιοχές». (Hakkert, Gitelman, & Ben-Shabat, 2002)

Χαρακτηριστική περίπτωση που αναδεικνύει την σημαντικότητα των διαβάσεων στο δίκτυο κίνησης πεζών είναι αυτή της Βοστώνης, η οποία χάρη στην ορθή διαμόρφωσή τους χαρακτηρίζεται ως “πόλη φιλική προς τον πεζό”. Οι διαβάσεις στην Βοστώνη τοποθετήθηκαν ώστε να παρέχουν ασφαλή πρόσβαση σε συγκεκριμένες τοποθεσίες όπως τοπικούς φορείς, πάρκα και οίκους ευγηρίας ενώ η ασφάλεια των πεζών, και κυρίως εκείνων με ειδικές ανάγκες, ήταν ο βασικός πυλώνας του σχεδιασμού και της διαμόρφωσης των διαβάσεων. Ενδεικτικά αναφέρονται τα δύο είδη συμβατικών διαβάσεων, με βάση την μορφή της διαγράμμισης, ως εξής:

(1) Διαβάσεις *continental style*, οι οποίες ονομάζονται και «υψηλής ορατότητας» και είναι τύπου zebra με πρόσθετη διαγράμμιση στις άκρες, παράλληλα με την πορεία των πεζών. Περιορισμοί ορίζουν τις αποστάσεις τόσο μεταξύ των κάθετων όσο και μεταξύ των παράλληλων ευθειών. (εικόνα 5)

(2) Διαβάσεις *standard marking style* οι οποίες οριοθετούν την περιοχή που μπορούν να χρησιμοποιούν οι πεζοί για να διασχίσουν τον δρόμο με δύο ευθείες παράλληλες στην κίνηση των πεζών. Οι αποστάσεις μεταξύ των ευθειών ορίζονται με βάση περιορισμούς (εικόνα 10) Σημειώνεται ότι η αρίθμηση αντιστοιχεί στις κατάλληλες απεικονίσεις της Εικόνας 10.



Εικόνα 10: Διαβάσεις *continental style*(1) και *standard marking style* (2) Πηγή: *Boston Complete Streets Guidelines* (2011)

Σύμφωνα με την αντίστοιχη μελέτη (BOSTON COMPLETE STREETS GUIDELINES, 2011) οι διαβάσεις τύπου *continental* πρέπει να χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις διαβάσεων σε ενδιάμεσα τμήματα των οικοδομικών τετραγώνων, σε ελεγχόμενους κόμβους με σηματοδότηση (π.χ. για την πρόσβαση σε σχολεία), στις στάσεις των Μ.Μ.Μ., σε περιοχές αποκλειστικής πρόσβασης πεζών βάση σηματοδότησης σε κεντρικές περιοχές της πόλης ή στους κεντρικούς δρόμους των γειτονιών και σε περιοχές με μεγάλους φόρτους πεζών. Σε κάθε άλλη περίπτωση προτείνεται η μελέτη της μορφής 2.

Επιπλέον, αναφέρεται ότι έρευνες έχουν εστιάσει τόσο στα υλικά των διαγραμμίσεων όσο και στον τρόπο σύνδεσης των διαβάσεων με τα πεζοδρόμια ώστε να επιτυγχάνεται η κατά το δυνατόν ομαλότερη μετάβαση. Η μετάβαση αυτή γίνεται κυρίως με τρόπο ενιαίο μέσω της ευθυγράμμισης του επιπέδου των πεζοδρομίων με τον άξονα του δρόμου. Οι παραπάνω μελέτες πραγματοποιήθηκαν ώστε να ελαττώνονται οι ανάγκες συντήρησης και ταυτόχρονα να δημιουργούν μια ομαλή και εύκολα προσβάσιμη προς όλους επιφάνεια.

Έρευνες στο Εδιμβούργο πραγματοποιήθηκαν για να μελετήσουν την συμπεριφορά των πεζών όταν καλούνται να διασχίσουν τμήματα του οδικού δικτύου αλλά και τον τρόπο που αντιλαμβάνονται το περιβάλλον στο οποίο κινούνται τόσο πριν όσο και μετά την τοποθέτηση διαβάσεων τύπου *zebra*. Τα ερωτηματολόγια που μοιράστηκαν αλλά και οι παρατηρήσεις που έγιναν έδειξαν ότι μετά την τοποθέτηση η πλειοψηφία των πεζών χρησιμοποιούσαν την διάβαση για να διασχίσουν τον δρόμο, περιμέναν λιγότερη ώρα και περπατούσαν με πολύ πιο αργό ρυθμό σε σχέση με πριν. Επιπλέον, οι πεζοί ένιωθαν ότι ήταν λιγότερο εκτεθειμένοι στην κίνηση, περισσότερο ασφαλείς και πιο σίγουροι όταν περνούσαν τον δρόμο από την διάβαση. Τελικά, τα αποτελέσματα της εν λόγω έρευνας έδειξαν ότι η τοποθέτηση διαβάσεων *zebra* μπορεί να βελτιώσει χαρακτηριστικά την εμπειρία κίνησης ενός πεζού στο οδικό δίκτυο και συνεπώς να αναβαθμίσει την διαδρομή των μετακινήσεών του ευρύτερα.

Μεταξύ των συγκοινωνιολόγων και των σχεδιαστών, όμως, υπάρχει και η αντίληψη ότι το αίσθημα ασφάλειας που δημιουργείται με την τοποθέτηση διαβάσεων στους πεζούς μπορεί να έχει αντίθετα αποτελέσματα όταν δεν υπάρχει υποστήριξη από ευρύτερες υποδομές. Πιο συγκεκριμένα, στο Ισραήλ, ορισμένοι ερευνητές υποστήριζαν ότι η ασφάλεια αυτή μπορεί στην πραγματικότητα να είναι πλασματική και τελικά οι διαβάσεις χωρίς υποδομές να αποτελέσουν σημείο τροχαίων ατυχημάτων. Η υπόθεση αυτή οδήγησε στην άποψη ότι ίσως η αφαίρεση των διαβάσεων οδηγούσε στην αυστηρότερη τήρηση των κανόνων ασφάλειας από την πλευρά των πεζών και στην ώθησή τους σε άλλα σημεία που επιτρέπουν την διάσχιση του οδικού δικτύου. Για την διερεύνησή της εν λόγω υπόθεσης, σε ορισμένες

τοπικές κοινότητες του Ισραήλ, αφαιρέθηκαν οι διαγραμμίσεις των διαβάσεων τύπου *zebra* (χωρίς σηματοδότηση) που βρίσκονταν σε αστικούς δρόμους διπλής κατεύθυνσης με παραπάνω από μια λωρίδα κίνησης.

Η έρευνα εστίασε στην μελέτη των αποτελεσμάτων της οδικής ασφάλειας, η οποία βασίστηκε στην ανάλυση των διαφορών που παρατηρήθηκαν στην συμπεριφορά των πεζών και στις συνθήκες κίνησης που διαμορφώθηκαν μεταξύ των περιοχών χωρίς διαβάσεις (*treatment sites*) και αυτών με διαβάσεις (*comparison sites*). Από τις αναλύσεις, προέκυψε ότι στις περιοχές χωρίς διαβάσεις εμφανίστηκαν υψηλότερες ταχύτητες, τουλάχιστον στην μια κατεύθυνση κίνησης, σε βαθμό τέτοιο που σχετίστηκαν με τον κίνδυνο σοβαρού ατυχήματος πεζών. Ωστόσο, από την μελέτη των περιοχών με διαβάσεις προέκυψε το παράδοξο ότι στις υπόλοιπες περιοχές αν και οι πεζοί ήταν πιο πιστοί στους οδικούς κανόνες και σημειώθηκαν λιγότερες συγκρούσεις, την ίδια στιγμή καταγράφηκαν πολύ μεγαλύτερες αναμονές των πεζών αφού δόθηκαν λιγότερες προτεραιότητες από τα οχήματα, τα οποία σε γενικές γραμμές έδειξαν να αγνοούν τις ανάγκες κίνησης των πεζών. Τελικά, η τακτικής της αφαίρεσης διαβάσεων συνδέθηκε με την μείωση των πιθανοτήτων διάσχισης του δρόμου από πεζούς, η οποία σε συνδυασμό με τις υψηλές ταχύτητες των εν λόγω οδικών τμημάτων δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να χαρακτηριστεί ως μέτρο βελτίωσης της οδικής τους ασφάλειας.

Στο βιβλίο «*Cities safer by design: guidance and examples to promote traffic safety through urban and street design*» αναφέρεται ότι στα πλαίσια της βιώσιμης κινητικότητας πρέπει να εφαρμόζονται παρεμβάσεις που στοχεύουν στην οδική αποσυμφόρηση, δημιουργώντας παράλληλα ένα ασφαλέστερο και πιο υγιές αστικό περιβάλλον, και να απορρίπτονται τακτικές που αγνοούν ή θεωρούν ως λιγότερο σημαντικές τις ανάγκες των πεζών συγκριτικά με αυτές των οδηγών. Σημειώνεται ότι η εφαρμογή μέτρων περιορισμού της μηχανοκίνητης κυκλοφορίας, με εκτενείς πεζοδρομήσεις αποτελεί πλέον γεγονός σε πολλές ευρωπαϊκές πόλεις (Κοπεγχάγη, Στρασβούργο κλπ.) και στην Ελλάδα (Λάρισα, Αθήνα, Θεσσαλονίκη)

Από τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι οι τακτικές άμεσων παρεμβάσεων του δίκτυο έχουν και άμεσο αντίκτυπο στην συμπεριφορά κίνησης των πεζών και στις αποφάσεις που λαμβάνουν πριν διασχίσουν τους άξονες του δρόμου. Για τον λόγο αυτό, είναι διεθνής πρακτική να μελετώνται οι επικρατούσες συνθήκες του περιβάλλοντος σχεδιασμού καθώς και τα διαθέσιμα υλικοτεχνικά μέσα πριν την υλοποίησή τους.

Μέθοδοι μέτρησης και αξιολόγησης

Όπως είναι ήδη ξεκάθαρο, τα χαρακτηριστικά του αστικού περιβάλλοντος όπως οι χρήσεις γης, η αρχιτεκτονική διαμόρφωση του αστικού τοπίου και το συγκοινωνιακό σύστημα επηρεάζουν την δυνατότητα της φυσικής-βιώσιμης μετακίνησης ποικιλοτρόπως. Πολλές έρευνες των προηγούμενων ετών έχουν εστιάσει στην ανάλυση των παραπάνω και πλέον εξελίσσονται συνεχώς στην κατεύθυνση της αξιολόγησής τους με απώτερο σκοπό την αξιολόγηση της περπατησιμότητας. Μάλιστα, γίνονται προσπάθειες σε διεθνές επίπεδο για την ανάπτυξη τέτοιων «υποδειγμάτων» (*models*) αξιολόγησης τα οποία θα διευκόλυναν και την λήψη των τελικών αποφάσεων του σχεδιασμού.

Στο βιβλίο «*Δίκτυα μετακίνησης πεζή*» περιγράφονται οι διαθέσιμες τεχνικές μέτρησης και αξιολόγησης της βαδισιμότητας σύμφωνα με το «*Pedestrian Planning and Design Guide*». Σε συνδυασμό με την αντίστοιχη έρευνα από τον Γαλάνη (2001) προκύπτει ότι οι τεχνικές

μέτρησης που πραγματοποιούνται με σκοπό την αξιολόγηση των δικτύων κίνησης πεζών χωρίζονται σε δύο ευρύτερες κατηγορίες: αυτές που αυτές που υλοποιούνται στο πεδίο και σε αυτές που εφαρμόζονται στο γραφείο. Η πρώτη κατηγορία, περιλαμβάνει τις εξής τρεις κύριες μεθόδους:

Α) Έρευνες μέσω ερωτηματολογίων ή προσωπικών συνεντεύξεων, όπου η αξιολόγηση βασίζεται στην άποψη των πεζών σχετικά με την άνεση, την ελκυστικότητα και προσβασιμότητα αλλά και τα εμπόδια κίνησης

Β) Συμπλήρωση «καταλόγων/λιστών ελέγχου» (checklists ή audits) οι οποίοι στοχεύουν στην αντικειμενική ποσοτικοποίηση των χαρακτηριστικών του αστικού περιβάλλοντος. Η συμπλήρωσή τους πραγματοποιείται από τους μελετητές οι οποίοι καλούνται να βαθμολογήσουν κλιμακωτά τις διάφορες παραμέτρους που επηρεάζουν την υπάρχουσα κατάσταση της υποδομής και των συνθηκών κινητικότητας

Γ) Καταγραφή και αξιολόγηση της δυνατότητας άμεσης πρόσβασης στον τελικό προορισμό, η οποία εξετάζει κυρίως την πρόσβαση σε συγκεκριμένους πόλους όπως στάσεις και σταθμούς, υπηρεσίες, σχολεία κλπ

Η δεύτερη κατηγορία, η οποία σχετίζεται κυρίως με ποσοτικές αξιολογήσεις, περιλαμβάνει τον καθορισμό μίας σειράς δεικτών «συνδεσιμότητας» (connectivity) από δεδομένα που συλλέγονται και αναλύονται σε γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Η συνδεσιμότητα είναι ένα μέτρο που επιτυγχάνεται με την ύπαρξη επαρκών χώρων κίνησης των πεζών, την συνέχεια του δικτύου και την έλλειψη εμποδίων ενώ συναντάται κυρίως σε περιπτώσεις δικτύων με πολλές διασταυρώσεις και μικρό μέγεθος οικοδομικών τετραγώνων (Southworth, 2005). Ο βαθμός της συνδεσιμότητας, λοιπόν, καθορίζεται από την διαμόρφωση του δικτύου και μπορεί να αυξηθεί με τον κατάλληλο σχεδιασμό.



Εικόνα 11: Απόσταση που διανύει ο πεζός σε 10 λεπτά σε γειτονιά με καλή συνδεσιμότητα (αριστερά), σε σύγκριση με γειτονιά με έλλειψη επαρκούς διασύνδεσης (δεξιά). (Πηγή: ΓΚΑΪΜΑΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, 2018 - <http://www.walkscore.com/walkable-neighborhoods.shtml>)

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι μεγάλος αριθμός μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί ως σήμερα, υποστηρίζουν ότι ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει την απόφαση για πεζή μετακίνηση είναι η απόσταση μεταξύ της αφετηρίας και του προορισμού, ενώ παράγοντες όπως οι καιρικές συνθήκες ή η ασφάλεια είναι δευτερεύουσας σημασίας. (Komanoff and Roelofs, 1993; Handy, 1996). Ωστόσο, έχει αποδειχτεί ότι η μονοκριτηριακή

αξιολόγηση του δικτύου κίνησης πεζών και την πρόβλεψη της πεζής μετακίνησης, η οποία συνήθως γίνεται μέσω της απόστασης, δεν επαρκεί για την εξαγωγή ορθών αποτελεσμάτων αφού με τον τρόπο αυτό αγνοούνται άλλες παράμετροι όπως η ποιότητα του περιβάλλοντος ή οι υπάρχουσες ανάγκες κίνησης. Η ποιότητα (που εκφράζεται μέσω των ευρύτερων παραμέτρων του περιβάλλοντος σχεδιασμού) δεν πρέπει να θυσιάζεται έναντι της ποσότητας (που υποδεικνύεται μέσω του μήκους συνεχούς δικτύου κίνησης) αλλά αντίθετα πρέπει να ελέγχονται εξίσου κατά την διαδικασία αξιολόγησης.

Ο Southworth (2005) διατύπωσε έξι βασικά κριτήρια με βάση τα οποία πρέπει να αξιολογείται η περπατησιμότητα μιας περιοχής: την συνδεσιμότητα, την διασύνδεση με άλλα μέσα μεταφοράς, την μίξη χρήσεων γης, την ασφάλεια, το ελκυστικό περιβάλλον κίνησης και το περιεχόμενο διαδρομής.

Από αντίστοιχη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στον Καναδά (2009) με σκοπό την ανάδειξη τεχνικών σχεδιασμού και μεθόδων ορθής αξιολόγησης για το δίκτυο πεζών και ποδηλάτων υπογραμμίζεται η περιπτώσεις σχεδιασμού τέτοιων δικτύων σε αστικές περιοχές πρέπει να γίνονται με κύριο μέλημα την ασφαλή προσβασιμότητα σε χώρους όπως τα πάρκα, τα σχολεία και τα γραφεία (γεννήτριες μετακινήσεων) που συνδέονται άμεσα με οδικές αρτηρίες. Στην ίδια έρευνα προτείνεται στην περίπτωση ερευνών μέσω ερωτηματολογίων η διατύπωση ερωτήσεων σχετικά με τα δεδομένα συμπλοκών μεταξύ πεζών και οδηγών καθώς μέσω αυτών μπορούν να εντοπιστούν τα εμπόδια και οι αντίστοιχοι κίνδυνοι των μη μηχανοκίνητων μετακινήσεων. Οι περιοχές που εντοπίζονται τα παραπάνω ενδέχεται να χρίζουν παρεμβάσεων μιας και οι συχνές συμπλοκές μπορεί να οφείλονται σε ελλείψεις του δικτύου. Φυσικά, απαιτείται μεγάλος όγκος δεδομένων και η αξιολόγησή τους πρέπει να γίνεται σε διαφορετικά επίπεδα ανάλογα με το είδος, το μέρος και τα χαρακτηριστικά του κινούμενου με μη μηχανοκίνητο μέσο προκειμένου να προκύψουν πιθανά μοτίβα συγκρούσεων για την ποσοτική προσέγγιση της λύσης.

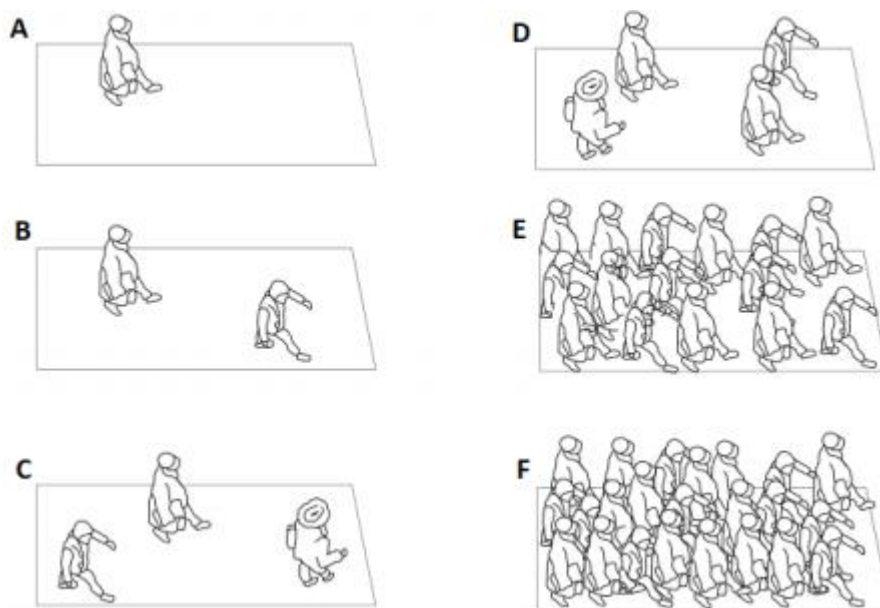
Επιπλέον, αναφέρεται ότι για την αξιολόγηση των υποδομών πρέπει να γίνεται διαχωρισμός της ονομαστικής (*nominal “in name”*) και της λειτουργικής (*functional “working condition”*) τους κατάστασης μιας και συχνά η ύπαρξη υποδομών δεν συνεπάγεται την καταλληλότητά τους για όλες τις κατηγορίες μετακινούμενων. Το ζήτημα της αξιολόγησης των υποδομών μέσω ερωτηματολογίων εγείρει ερωτήματα σχετικά με την δυνατότητα παραγωγής ενιαίων αξιολογήσεων από διαφορετικούς μελετητές. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η διερεύνηση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του δικτύου όπως φόρτων κίνησης, πλατών και κατάστασης ερεισμάτων έναντι της γενικής κατάστασης του δικτύου.

Για την ποσοτικοποίηση των παραπάνω χαρακτηριστικών και την ενιαία αξιολόγησή τους προτιμάται η διερεύνησή τους μέσω της στάθμης εξυπηρέτησης και διάφορων δεικτών αξιολόγησης της περπατησιμότητας.

- Στάθμη Εξυπηρέτησης:

Πρόκειται για μια μέθοδος που χρησιμοποιείται κατά κόρον στις συγκοινωνιακές μελέτες για την περιγραφή των συνθηκών εξυπηρέτησης των χρηστών στα δίκτυα και την αξιολόγηση προτεινόμενων σχεδιασμών ή παρεμβάσεων. Στην περίπτωση μελέτης της πεζής κίνησης, η «στάθμη εξυπηρέτησης πεζών» (Pedestrian Level Of Service-LOS) είναι ευρέως διαδεδομένη λόγω της ποικιλομορφίας των παραμέτρων που χρησιμοποιεί για την εκτίμηση και την αξιολόγηση που προσφέρει το υπάρχον σύστημα υποδομών για την κίνηση πεζών. Στοχεύει στην καλύτερη αποτύπωση των συνθηκών κινητικότητας στα στοιχεία της υποδομής των

πεζών, όπως τα αντιλαμβάνεται ένας «τυπικός» πεζός μέσω μιας ποικιλίας ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων. Συνήθως η στάθμη εξυπηρέτησης αξιολογείται με γράμματα της λατινικής αλφαβήτου τα οποία αναπαριστούν από την βέλτιστη (Α) μέχρι και την δυσμενέστερη (F) κατάσταση του δικτύου όπως φαίνεται και στην Εικόνα 12.



Εικόνα 12: Σχηματική απεικόνιση στάθμεων εξυπηρέτησης πεζών (LOS) – Πηγή: Transportation Research Board, 2000

- Δείκτες Περιπατησιμότητας

«Ένας δείκτης περιπατησιμότητας αποτελεί έναν δείκτη τάσης και υποδηλώνει τον βαθμό στον οποίο μία περιοχή είναι σχεδιασμένη ελκυστικά για την πεζή μετακίνηση και κατά συνέπεια τον βαθμό στον οποίο οι κάτοικοι μίας περιοχής δεν χρειάζονται αυτοκίνητο για να εξυπηρετήσουν τις καθημερινές τους ανάγκες.» (Μπαρτζώκας-Τσιόμπρας, 2013) με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση ενός δικτύου κίνησης πεζών. Ο υπολογισμός της περιπατησιμότητας αποτελεί αντικείμενο μελέτης όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. Μάλιστα, έχουν αναπτυχθεί και διαδικτυακοί τρόποι υπολογισμού (εφαρμογές τύπου walk score ή walkshed) οι οποίες υπολογίζουν την περιπατησιμότητα μιας περιοχής από την εγγυήτητα των ακινήτων προς συγκεκριμένες υπηρεσίες.

Στον ελληνικό χώρο, η πρώτη προσπάθεια μέτρησης της περιπατησιμότητας σε επίπεδο οικοδομικών τετραγώνων πραγματοποιήθηκε στο Π.Σ.Βόλου από τον Μπαρτζώκα Τσιόμπρα Αλέξανδρο το 2013, ο οποίος μελέτησε μία εναλλακτική μεθοδολογία υπολογισμού μέσω ενός σύνθετου χωρικού δείκτη περιπατησιμότητας με την χρήση Γ.Π.Σ (G.I.S). Στην βάση της μεθόδου αυτής βρίσκονταν ο συνδυασμός παραδοσιακών παραμέτρων (π.χ: η μίξη των χρήσεων γης, η συνδεσιμότητα του δικτύου πεζοδρομίων, η εγγύτητα προς χρήσεις γης και η οικιστική πυκνότητα) με νεότερες (ο φόβος και τα χαρακτηριστικά των πεζοδρομίων) και ο ποσοτικός προσδιορισμός της βαρύτητας κάθε παραμέτρου. Ο υπολογισμός του δείκτη περιπατησιμότητας τελικά προέκυψε με βάση τα εν λόγω βάρη, τα οποία προσδιορίστηκαν μέσω ηλεκτρονικής έρευνας που διεξήχθη σε δείγμα 2.500 ατόμων.

Στην Αδελαΐδα της Αυστραλίας μια αντίστοιχη έρευνα από τον Allan (2001) που εστίασε στην πεζή μετακίνηση ως μέσο μεταφοράς οδήγησε στην ανάδειξη δύο δεικτών αξιολόγησης. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι το μέγεθος των οικοδομικών τετραγώνων σχετίζεται

άμεσα με την συνδεσιμότητα μιας περιοχής και συνεπώς με τις αποστάσεις που ο πεζός καλείται να διανύσει για να φτάσει στον προορισμό του έφτιαξε έναν δείκτη ο οποίος υπολογίζεται από το πηλίκο της ελάχιστης πρακτικής δικτυακής απόστασης μεταξύ της αφετηρίας και του προορισμού δια την απευθείας απόσταση. Ο δείκτης αυτός, γνωστός ως Walking Permeability Distance Index (WPDI) παραλλάχθηκε από τον Allan, ο οποίος χρησιμοποίησε τον χρόνο (συμπεριλαμβανομένων των καθυστερήσεων) αντί για την απόσταση δημιουργώντας τον Walking Permeability Time Index (WPTI) προκειμένου να προσφέρει μια πιο ρεαλιστική αξιολόγηση των συνθηκών που αντιμετωπίζει ο πεζός κατά την μετακίνηση του στο αστικό περιβάλλον.

Ένας ευρέως διαδεδομένος δείκτης περπατησιμότητας είναι ο Pedestrian Environment Index – PEI ο οποίος στηρίζεται αποκλειστικά στην χρήση GIS (Geographical Information Systems) και αποτελείται από τέσσερις υποδείκτες με σκοπό την πλήρη κάλυψη των παραμέτρων που επηρεάζουν την περπατησιμότητα ενός δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, οι υποδείκτες αυτοί σχετίζονται με: την μίξη χρήσεων (Land-use Diversity Index - LDI) εκφρασμένη μέσα από την ομοιογένεια ή ετερογένεια των χρήσεων γης σε μια ζώνη (βαθμός ποικιλίας χρήσεων), την πληθυσμιακή πυκνότητα (Population Density Index - PDI) η οποία αφορά την πυκνότητα του πληθυσμού σε μια δεδομένη ζώνη, θεωρώντας ότι αποτελεί ένα μέτρο το οποίο ενθαρρύνει την πεζή μετακίνηση, την πυκνότητα μη οικιστικών χρήσεων (Commercial Density Index - CDI) δηλαδή των διαφορετικών διαθέσιμων υπηρεσιών (εμπορικών, οικονομικών, αναψυχής κλπ) που απαιτούνται στην καθημερινότητα των πολιτών και ενθαρρύνουν την πεζή μετακίνηση και τέλος την πυκνότητα των διασταυρώσεων του δικτύου (Intersection Density Index - IDI) και συνδέεται με το μέγεθος των οικοδομικών τετραγώνων, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι τα μικρά οικοδομικά τετράγωνα δημιουργούν ένα ευχάριστο περιβάλλον για τον πεζό καθώς και περισσότερες επιλογές για την διαδρομών. Σημειώνεται ότι ο υπολογισμός του δείκτη PEI γίνεται με τρόπο ώστε να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι η μεταβολή ενός υποδείκτη έχει σαφή επίδραση και στους υπόλοιπους που διαμορφώνουν το περιβάλλον των πεζών.

Το Τμήμα Δημόσιας Υγείας του San Francisco (San Francisco Department of Public Health) σε μια προσπάθεια αξιολόγησης της ποιότητας του περιβάλλοντος κίνησης των πεζών, δημιούργησε τον δείκτη Pedestrian Environmental Quality Index – PEQI. Σύμφωνα με το Γκαϊμάνη (2018) «Πρόκειται για έναν χωρικό δείκτη (Spatial Index), τα αποτελέσματα του οποίου είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ως σημείο αναφοράς για μελλοντικές επενδύσεις και έργα ώστε να αυξηθούν η ποιότητα και ασφάλεια της πεζής μετακίνησης». Ο υπολογισμός του δείκτη προκύπτει από την μελέτη 30 παραγόντων που σχετίζονται με το ευρύτερο περιβάλλον των πεζών (στοιχεία διασταυρώσεων, οδού και πεζοδρομίων). Για την αναφορά των παραμέτρων αυτών παρατίθεται η Εικόνα 13. Καθοριστικό για την ορθότητα του εν λόγω δείκτη ήταν ότι η επιλογή των παραμέτρων που λαμβάνει υπόψη προέκυψε από βιβλιογραφική μελέτη που εστιάζει στις μεταφορές, την πολεοδομία, την δημόσια υγεία αλλά και στους ήδη υπάρχοντες δείκτες περπατησιμότητας. Οι τιμές των παραμέτρων προσδιορίζονται από επιτόπια αυτοψία και οπτική αξιολόγηση και αφού οργανωθούν σε μια βάση δεδομένων και αντιστοιχηθούν με τους κατάλληλους συντελεστές βαρύτητας υπολογίζεται ο δείκτης. Ο δείκτης παίρνει τιμές από 0 έως 100 και κατηγοριοποιείται σε κλάσεις ανά 20, με την κλάση (0-20) να περιγράφει μια πολύ κακή ποιότητα περιβάλλοντος με απουσία παραγόντων που ευνοούν την πεζή μετακίνηση και την κλάση (81 – 100) να συνδέεται με την βέλτιστη ποιότητα περιβάλλοντος στις οποίες υπάρχουν πολλοί παράγοντες που ευνοούν την πεζή μετακίνηση. Ο δείκτης PEQI προτείνεται και ως μέτρο

σύγκρισης της ποιότητας της πεζής μετακίνησης μεταξύ διαφορετικών περιοχών, καθώς και για την συσχέτισή της με τις υφιστάμενες χρήσεις γης.

Διασταυρώσεις	Τμήμα Οδού			
	Ασφάλεια Διασταυρώσεων	Κυκλοφορία Οχημάτων	Σχεδιαστικά Στοιχεία Οδού	Χρήσεις Γης
Διαβάσεις	Αριθμός λωρίδων	Πλάτος πεζοδρομίου	Καταστήματα/ Λιανικό εμπόριο	Παράνομες τοιχογραφίες
Διαγραμμισμένες Διαβάσεις (Ladder Crosswalk)	Οδοί με δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας	Κατάσταση πεζοδρομίου	Αισθητική/ Ιστορικοί χώροι	Απορρίμματα
Διάβαση πεζών προς όλες τις κατευθύνσεις (Crosswalk Scrambles)	Όριο ταχύτητας κυκλοφορίας	Ανεμπόδιστη κίνηση πεζών		Φωτισμός πεζών
Σήμανση πεζών	Κυκλοφοριακός φόρτος	Ύπαρξη κράσπεδου		Εργοτάξια
Επιπρόσθετη σήμανση πεζών	Μέτρα ήπιας κυκλοφορίας	Ασυνέχεια πεζοδρομίου (Driveway Cuts)		Εγκαταλελειμμένα κτίρια
Σήμανση κυκλοφορίας		Δένδρα		
Ταχύτητα Βαδίσματος		Κήποι / Φυτεύσεις		
Στροφή οχημάτων σε κόκκινο φανάρι (No turn on red signs)		Ύπαρξη διαχωριστικού με την κυκλοφορία (Buffer)		
Μέτρα ήπιας κυκλοφορίας		Καθιστικά		

Εικόνα 13: Παράγοντες που εξετάζει ο δείκτης PEQI ανά κατηγορία - Πηγή: Γκαϊμάνης Δημήτριος, 2018 (San Francisco Department of Public Health, 2008)

Προτεραιοποίηση παρεμβάσεων

Βασικός προβληματισμός κατά την διαδικασία σχεδιασμού παρεμβάσεων με σκοπό την βελτίωση της υφιστάμενης κατάστασης, είναι ο προσδιορισμός της σημαντικότητας κάθε παραμέτρου μελέτης. Η σημαντικότητα αυτή εκφράζει το κατά πόσο υπάρχει άμεση ανάγκη υλοποίησης κάθε παρέμβασης και τελικά ορίζεται μια κλίμακα προτεραιοτήτων. Έχει αποδειχθεί ότι τέσσερεις είναι οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν αξιολογείται η περπατησιμότητα του δικτύου και συνεπώς ορίζεται η προτεραιοποίηση των παρεμβάσεων.

Αρχικά πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το επίπεδο ζήτησης (*Level of demand*), με βάση το οποίο προσδιορίζεται ο αριθμός των ανθρώπων που θα χρησιμοποιούσαν τις υποδομές μετά τις παρεμβάσεις. Ο αριθμός αυτός αυξάνεται στις περιοχές μεγαλύτερης πυκνότητας κάλυψης ή κατοικίας ή στις περιπτώσεις που εντοπίζονται πόλοι έλξης. Η επόμενη παράμετρος που πρέπει να μελετάται είναι το μέγεθος των “εμποδίων” (*Degree of barrier*) που υπάρχουν στις υφιστάμενες υποδομές και ο σχεδιασμός καλείται να αντιμετωπίσει. Ο σχεδιασμός μπορεί να απαιτείται για την διόρθωση “μικρών” εμποδίων, όπως η μείωση την διανυόμενης απόστασης, αλλά μπορεί να πρέπει να ανατρέψει “μεγάλα” εμπόδια τα οποία θέτουν περιορισμούς κίνησης σε ορισμένες ομάδες πληθυσμού. Βασική παράμετρος για την αξιολόγηση μιας βελτιωτικής παρέμβασης είναι το μέγεθος των πιθανών οφελών (*Potential benefits*) που μπορεί να επιφέρει στην κατεύθυνση της βιώσιμης κινητικότητας, όπως η αύξηση της περπατησιμότητας ή η προώθηση μη μηχανοκίνητων μέσων μεταφοράς. Τέλος, η τέταρτη παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι το κόστος και η ευχέρεια των βελτιώσεων (*Cost and ease of improvement*) στην οποία συμπεριλαμβάνονται τα σταδιακά αυξανόμενα κόστη κατασκευής και συντήρησης των υποδομών.

Οι παραπάνω παράμετροι συχνά συνοψίζονται σε πίνακες αξιολόγησης, επιβαρύνονται με τον κατάλληλο συντελεστή βαρύτητας ανάλογα με την σημαντικότητά τους και ακολουθεί η ποσοτική τους ανάλυση. Μια άλλη προσέγγιση που προτείνεται είναι ο προσδιορισμός ενός “κόστους” στο οποίο θα ενσωματώνονται διάφορα κριτήρια.

Στο Πόρτλαντ έχουν προσδιοριστεί δύο συντελεστές για την προτεραιοποίηση των παρεμβάσεων στο πλαίσιο της περπατησιμότητας και της βελτίωσης του δικτύου κίνησης πεζών. Ο “Pedestrian Potential Index” είναι ένας δείκτης ο οποίος λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως τα χαρακτηριστικά των διαβάσεων, η συνέχιση της πεζοδρόμησης, η δομή του υπάρχοντος δικτύου και η τοπολογία της περιοχής προσδιορίζει την πιθανή ζήτηση των μετακινήσεων και την εγγύτητα σε κέντρα δραστηριοτήτων, ελέγχοντας παράλληλα τις πολιτικές διαχείρισης των παρεμβάσεων. Ο “Deficiency Index” μετρά την αναγκαιότητα υλοποίησης των παρεμβάσεων. Η μεγαλύτερη προτεραιότητα δίνεται στις προτεινόμενες παρεμβάσεις που συγκεντρώνουν υψηλότερη βαθμολογία και στους δύο δείκτες.

Από τις παραπάνω προσεγγίσεις τόσο για τον καθορισμό των μεθοδολογιών βελτιστοποίησης των δικτύων κίνησης πεζών όσο και της αξιολόγησής τους γίνεται κατανοητό ότι η ανάγκη λύσεων οι οποίες συνδυάζουν τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές μεθόδους ανάλυσης είναι επιτακτική. Αυτό, εν μέρει οφείλεται στην πολυπλοκότητα της εποχής μας και στην ραγδαία τεχνολογική και επιστημονική ανέλιξη, οι οποίες καθιστούν την εύρεση πρακτικών λύσεων στα προβλήματα της καθημερινότητας μονόδρομο. Για την εύρεση εύστοχων λύσεων, ωστόσο, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η κατανόηση του προβλήματος, η οποία προκύπτει μέσα από την εκτενή μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης και φυσικά την ανάλυση και αξιολόγηση των στοιχείων της.

Οι διαδικασίες αυτές δεν θα μπορούσαν παρά να πραγματοποιούνται μέσω σύγχρονων εργαλείων, ικανών να καλύψουν τις ανάγκες των καιρών μας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων εργαλείων είναι τα Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π. ή GIS), μέσω των οποίων υλοποιείται πλέον η χωρική ανάλυση. Οι Hajna et al (2013), μάλιστα, ύστερα από έρευνα που πραγματοποίησαν κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα αποτελέσματα μέτρησης της περπατησιμότητας με χρήση GIS αποδίδει το ίδιο καλά όπως και η μέτρηση της στο πεδίο και συνεπώς είναι εύλογη η χρήση του GIS καθώς απαιτεί λιγότερους ανθρώπινους πόρους.

Φυσικά, τα εργαλεία αυτά με την πάροδο των χρόνων έχουν εισάγει νέες, εξελιγμένες μεθόδους αναλύσεων όπως είναι αυτή της συντακτικής ανάλυσης του χώρου (Space Syntax). Πρόκειται για μια ολοκληρωμένη μέθοδο, βασισμένη στην ομώνυμη θεωρία, η οποία συνδυάζοντας ένα σύνολο τεχνικών και προσεγγίσεων μπορεί να παράγει ποσοτικές αναλύσεις δικτύων κίνησης μέσα από μια πληθώρα διαφορετικών συντακτικών μέτρων. Ταυτόχρονα, οι έρευνες στην κατεύθυνση της βελτιστοποίησης της περπατησιμότητας πρέπει εκτός από τα μέτρα των παρεμβάσεων να καθορίζουν και τις θέσεις στις οποίες θα υλοποιηθούν. Πρόκειται εν ολίγοις για ένα χωροθετικό πρόβλημα και επομένως τα σύγχρονα μοντέλα χωροθέτησης κατανομής κρίνονται αξιόλογα για την επίλυσή του.

2.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

2.2.1. Χωρική Ανάλυση

Το ευρύτερο εργαλείο για την υλοποίηση της ανάλυσης και αξιολόγησης των στοιχείων του περιβάλλοντος είναι η χωρική ανάλυση (*spatial analysis*), η οποία σχετίζεται με την ανάλυση δεδομένων, μέρος των οποίων αποτελεί η χωρική πληροφορία με τη μορφή της γεωγραφικής θέσης, της γειννίαςης ή της γεωμετρίας των χωρικών οντοτήτων και μελετά χωρικά φαινόμενα (Φώτης, 2010). Ο Bailey (1994) την χαρακτήρισε ως «*μια συνολική δυνατότητα διαχείρισης και μετασχηματισμού χωρικών δεδομένων η οποία, σαν αποτέλεσμα, αποδίδει σε αυτά και διαφορετική έννοια*» ενώ ο Johnston (1983) υποστήριξε ότι συνίσταται σε «*κάποιες ποσοτικές διαδικασίες και τεχνικές που εφαρμόζονται σε χωρικές αναλυτικές εργασίες*».

Οι ποσοτικές διαδικασίες και τεχνικές που αναφέρει ο Johnston, μπορούν να συμβάλλουν στην διαδικασία λήψης αποφάσεων λόγω της δυνατότητάς τους να παρέχουν εκτεταμένη περιγραφή των χωρικών στοιχείων (γεγονότων, κατανομών και προτύπων) αλλά και συστηματική διερεύνηση των χωρικών προτύπων και σχέσεων με σκοπό αρχικά την κατανόηση των διαδικασιών δημιουργίας των παρατηρούμενων χωρικών προτύπων και κατόπιν την εμπειριστατωμένη πρόγνωση γεγονότων του ευρύτερου γεωγραφικού χώρου (Haining R. , 1994).

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι η χωρική ανάλυση μπορεί να θεωρηθεί ως η διαδικασία δημιουργίας νέων πληροφοριών και εξαγωγής συμπερασμάτων για ένα σύνολο γεωγραφικών δεδομένων (χαρακτηριστικών οντοτήτων) από την μελέτη και την επεξεργασία στοιχείων της γεωγραφικής τους περιοχής, σύμφωνα με προκαθορισμένα πρότυπα, κριτήρια και τεχνικές. Ουσιαστικά, πρόκειται για μια διαδικασία που αποσκοπεί η ουσιαστική γνώση της δομής της φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής διάστασης του χώρου, στην διερεύνηση των χωρικών προτύπων και των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων, στην πρόβλεψη και τον έλεγχο των γεγονότων του γεωγραφικού χώρου και τελικά στην λήψη διάφορων αποφάσεων που σχετίζονται με αυτόν. (Ταμπουράκη, 2018)

Η διαδικασία της χωρικής ανάλυσης υλοποιείται κυρίως μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π. ή GIS), μιας ειδικής περίπτωσης πληροφοριακών συστημάτων τα οποία, κατά τον Brough, αντιπροσωπεύουν ένα ισχυρό εργαλείο για τη συλλογή, αποθήκευση, ανάληψη ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου. Πρόκειται για συστήματα, των οποίων οι πληροφοριακές βάσεις αποτελούνται από δεδομένα παρατηρήσεων που αφορούν χωρικά κατανομημένα χαρακτηριστικά, δραστηριότητες ή γεγονότα που καθορίζονται στο χώρο σαν σημεία, γραμμές ή επιφάνειες. (Κουτσόπουλος, 2005) Μέσω του ειδικά διαμορφωμένου και αρκετά φιλικού, προς τον χρήστη, περιβάλλοντος επεξεργασιών που διαθέτουν επιτρέπουν την διεξαγωγή τόσο ποιοτικών, μέσω απεικονίσεων, όσο και ποσοτικών, όπως περιγράφεται στην συνέχεια, αναλύσεων.

Με την μελέτη και την ποσοτική, κυρίως, ανάλυση των χωρικών σχέσεων που εντοπίζονται σε μια περιοχή μελέτης μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό το πώς ο χωρικός σχεδιασμός μπορεί να επηρεάσει ορισμένες συμπεριφορές ή αποφάσεις. Συνεπώς, η ποσοτική ανάλυση πρέπει να είναι αναπόσπαστο κομμάτι της σχεδιαστικής διαδικασίας αφού μπορεί να συμβάλει στην πρόβλεψη των συνεπειών και στην αποτελεσματική λήψη αποφάσεων ενός προτεινόμενου σχεδιασμού για την βελτίωση της λειτουργικότητας της περιοχής μελέτης.

Προκειμένου, όμως, να υπάρχει η δυνατότητα κατανόησης των χωρικών στοιχείων και των μεταξύ τους σχέσεων που πρέπει να αναλυθούν, απαιτείται μια γλώσσα χωρικής περιγραφής η οποία παρέχεται από το συντακτικό του χώρου (space syntax). Μέσω του συντακτικού του χώρου κάθε ορισμένο περιβάλλον μπορεί να μετατραπεί στον αντίστοιχο γεωγραφικό του χώρο, συνοδευόμενο από μια βάση δεδομένων με τις πληροφορίες για κάθε ιδιότητα ή στοιχείο που περιλαμβάνει. Με την συντακτική ανάλυση του χώρου, λοιπόν, γίνονται αντιληπτές οι σχέσεις των στοιχείων του χώρου με την βοήθεια διάφορων τεχνικών βασισμένων στις ιδιότητες των δεδομένων που φέρουν χωρικά χαρακτηριστικά.

2.2.2. Συντακτική Ανάλυση

Η συντακτική ανάλυση είναι ένα σύνολο τεχνικών που αναπτύχθηκε από τους Hillier, Hanson και τους συναδέλφους τους στο Πανεπιστήμιο του Λονδίνου (Bartlett, UCL) για την ανάλυση της γεωμετρίας και της συνδεσιμότητας του αστικού δικτύου και της συσχέτισής του με την (ανθρώπινη) κίνηση μέσα σε αυτόν. (Παρασκευόπουλος, 2017) Ενσωματώνει ένα σύνολο θεωριών και τεχνικών ανάλυσης της διαμόρφωσής του αστικού δικτύου υπό το πρίσμα τοπολογικών, γεωμετρικών και μετρητικών αποστάσεων με σκοπό την περιγραφή της λογικής με την οποία έχει συσταθεί η κοινωνία μέσα από τα διάφορα στοιχεία που παρουσιάζουν τα χωρικά της συστήματα.

Αποτελεί ένα μέσο διερεύνησης της σχέσης των ανθρώπινων κοινωνιών και του χώρου διαβίωσης και εξέλιξής τους από την οπτική μιας γενικής θεωρίας που αφορά όλα τα διαφορετικά στοιχεία που συντελούν στην διαμόρφωσή του, δηλαδή τα κτήρια, τους οικισμούς ή τις γειτονίες, τις πόλεις ή ακόμα και τα τοπία. Η θεωρία της συντακτικής ανάλυσης βασίζεται στην παραδοχή ότι ο χώρος αυτός αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της διαδικασίας αυτοοργάνωσης κάθε κοινωνίας, γεγονός που οδήγησε στην ανάγκη διαχείρισής του όχι σαν μια ενιαία οντότητα αλλά σαν ένα σύνολο διακριτών στοιχείων-οντοτήτων.

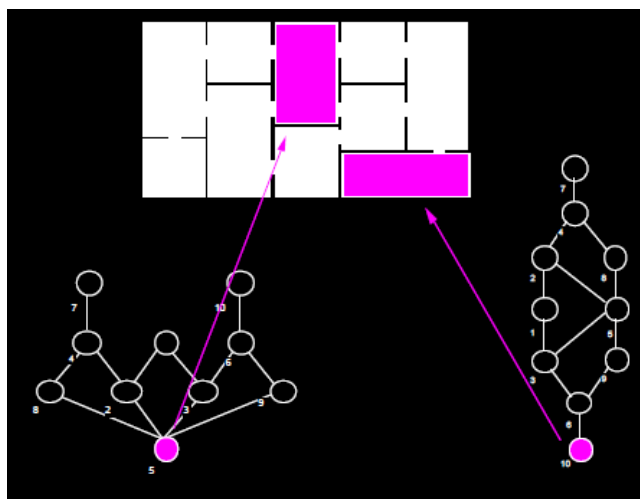
Συνεπώς, κεντρική υπόθεση της συγκεκριμένης θεωρίας είναι ότι η δομή της κοινωνίας είναι εγγενώς χωρική και αντίστροφα ότι η διάρθρωση του χώρου (στον οποίο εντάσσεται η κοινωνία) επηρεάζεται καθοριστικά από την κοινωνική του διαμόρφωση. Βασικός αρχή, λοιπόν, της συντακτικής ανάλυσης είναι ότι ο τρόπος με τον οποίο συνδυάζονται μεταξύ τους οι διάφοροι χώροι που απαρτίζουν μια κοινωνία, η χωρική της διάρθρωση δηλαδή, σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο που οι άνθρωποι την αντιλαμβάνονται, κινούνται σε αυτή και χρησιμοποιούν τα διαφορετικά είδη χωρικών συστημάτων που περιλαμβάνει – από τους μικρούς οικιστικούς χώρους μέχρι τις μεγάλης κλίμακας αστικές αποικίες. (Hanson & Hillier, 1984; Hillier, et al., 1993; Hillier, 1996; Hillier, et al., 1998; Hillier, 1999)

Θεωρεί ότι οι πόλεις είναι ένα «μωσαϊκό κτιρίων που συγκρατείται από ένα δίκτυο χώρων, δηλαδή το οδικό δίκτυο, που «ρέει» ανάμεσα στα οικοδομικά τετράγωνα» (Παρασκευόπουλος, 2017). Το οδικό δίκτυο λειτουργεί, ουσιαστικά, σαν συνδετικός κρίκος μεταξύ των διάφορων στοιχείων που απαρτίζουν το χωρικό σύστημα της πόλης και έχει συγκεκριμένη γεωμετρία, τοπολογία και κλίμακα με αποτέλεσμα να δημιουργεί ένα συγκεκριμένο πρότυπο συνδέσεων. Επιπλέον, οι διάφοροι χώροι αντιμετωπίζονται ως κενά (π.χ. δρόμοι, πλατείες, πάρκα, δωμάτια) τα οποία οριοθετούνται με βάση τα εμπόδια που είτε περιορίζουν την πρόσβαση ή/και εμποδίζουν την όραση (π.χ. περιφράξεις, τοίχοι).

Έρευνες έχουν δείξει ότι η πλειοψηφία των ροών κίνησης οφείλεται στην δομή του ίδιου του δικτύου, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι ο χώρος καθορίζει την ατομική κίνηση. Στην

πραγματικότητα, η ορθή του ερμηνεία είναι ότι όταν οι άνθρωποι κινούνται με ελεύθερη βούληση κάποιοι χώροι καταλήγουν να χρησιμοποιούνται περισσότερο από κάποιους άλλους. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην προσέγγιση της πόλης ως ένα θεωρητικό χωρικό σύστημα «δομής-λειτουργίας» (structure-function theory) που αυτο-οργανώνεται μέσω της αλληλεπίδρασης της χωρικής διαμόρφωσης του δικτύου (δομή) και της ανθρώπινης δραστηριότητας στον χώρο (λειτουργία). Ουσιαστικά, «Η διαμόρφωση του δικτύου δημιουργεί ροές κίνησης που με τη σειρά τους διαμορφώνουν πρότυπα χρήσεων γης καθώς δραστηριότητες που εξαρτώνται από την κίνηση (πχ εμπόριο, αναψυχή) αναζητούν περιοχές με υψηλή κίνηση, ενώ άλλες χρήσεις γης (π.χ. κατοικία), αναζητούν περιοχές του δικτύου με χαμηλότερα επίπεδα κίνησης. Με την πολλαπλασιαστική επίδραση αυτού του φαινομένου (αν ανοίξει ένα μαγαζί, ακολουθούν και άλλα) οι πόλεις εξελίσσονται από άθροισμα κτιρίων σε ζωντανές πόλεις, με πολυσύχναστες και ήσυχες ζώνες (Hillier, 2003).» (Παρασκευόπουλος, 2019)

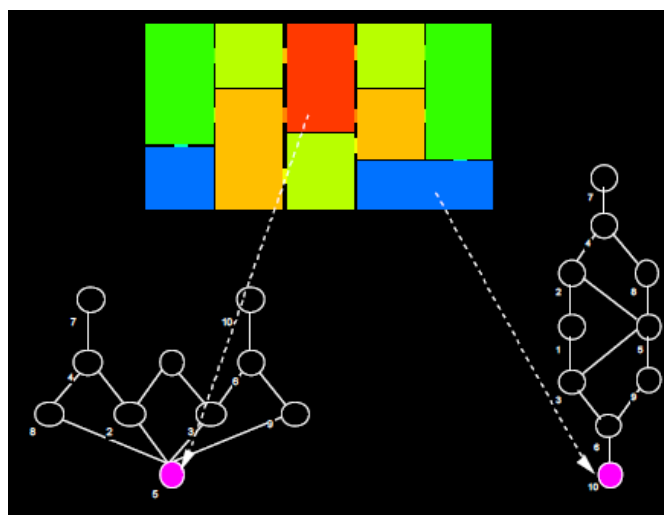
Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, οι πόλεις θεωρούνται χωρικές «διαμορφώσεις» (configurations), οι οποίες ορίζονται όχι απλά ως συνδέσεις αλλά ως «σχέσεις που παίρνουν υπόψιν και άλλες σχέσεις», δηλαδή λαμβάνεται υπόψη και την τοπολογία τους (Hillier, 2014). Για την παρουσίαση των χωρικών χαρακτηριστικών και συσχετίσεων των διαμορφώσεων (χώρων) που δημιουργούνται, χρησιμοποιούνται γραφικές αναπαραστάσεις από τις οποίες, υπολογίζοντας τα απαραίτητα συντακτικά μέτρα που αναλύονται στην συνέχεια, μπορούν να εξαχθούν ποικίλα συμπεράσματα για το σύνολο της χωρικής διαμόρφωσης. Τα γραφήματα αυτά αποτελούνται από σημεία (κόμβους) και γραμμές οι οποίες έχουν συνδετικό ρόλο. Στην θεωρία του Space Syntax οι κόμβοι αναπαριστούν τους διάφορους χώρους ενώ οι γραμμές που ενώνουν τους κόμβους υποδηλώνουν ότι υπάρχει άμεση σύνδεση μεταξύ των χώρων αυτών. Για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω, στην Εικόνα 14 φαίνεται ένα παράδειγμα γραφήματος.



Εικόνα 14: Παράδειγμα Γραφήματος Συντακτικής Ανάλυσης (Πηγή: Space syntax as a theory as well as a method- Bill Hillier)

Μάλιστα, από το προηγούμενο γράφημα μπορούν να εξαχθούν περισσότερες πληροφορίες παρατηρώντας τους τρόπους που συνδέονται μεταξύ τους οι διάφορες χωρικές διαμορφώσεις αλλά και τις θέσεις τους στην συνολική διαμόρφωση. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αντιληπτό ότι στην μία περίπτωση ο χώρος είναι σχετικά ρηχός, ή ενσωματωμένος ενώ στη άλλη βαθύς, ή απομονωμένος. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι πιο εμφανή χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους χρωματικούς τόνους για την απεικόνιση του βάθους,

όπως φαίνεται στην Εικόνα 15, όπου σε μια χρωματική κλίμακα από το κόκκινο ως το μπλε αναπαρίστανται τα διάφορα μεταβατικά στάδια από την ενσωμάτωση προς την απομόνωση.



Εικόνα 15: Ενσωμάτωση και απομόνωση χώρων

Κατά αντιστοιχία, αν υπολογιστεί το βάθος κάθε χώρου ως προς όλους τους υπόλοιπους, υπάρχει η δυνατότητα κατάλληλης ταξινόμησής τους σε μια κλίμακα που κυμαίνεται από την πλήρη ενσωμάτωση στην πλήρη απομόνωση. Συγκρίνοντας τις τιμές του βάθους των διάφορων χώρων με την λειτουργία τους ερευνώνται κατά κάποιο τρόπο τα διάφορα μοτίβα περιφερειακής οικιστικής νοοτροπίας (regional housing culture), από τα οποία μπορούν να εντοπιστούν διάφορα χωρικά πρότυπα. Στο βαθμό που διαφορετικές λειτουργίες είναι συσχετισμένες (στατιστικά) με διαφορετικές τιμές βάθους, μπορεί να θεωρηθεί ότι κάθε λειτουργία μπορεί να αποκτήσει και *χωρικό νόημα*. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το γεγονός ότι το σαλόνι σε ένα σπίτι ή το εμπορικό κέντρο σε μια πόλη σχετίζεται με υψηλές τιμές ενσωμάτωσης, μιας και ζητούμενο είναι η εύκολη προσέγγιση αυτών των χώρων. Αντίθετα, τα υπνοδωμάτια ή η κατοικία, που σαν χώροι είθισται να επιζητούν την ιδιωτικότητα, συνδέονται με χαμηλές τιμές. Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτό ότι υπάρχει μια σχέση δομής- λειτουργίας και πως οι επιμέρους διαμορφώσεις έχουν ένα χωρικό και τελικά κοινωνικό νόημα.

2.2.2.1. Δημιουργία Αξονικού Χάρτη

Στο χωρικό επίπεδο, ο Bill Hillier (2009) όρισε συμπληρωματικά στην πολυδιάστατη έννοια της βιώσιμη ανάπτυξης και την «χωρική βιωσιμότητα» των πόλεων. Χρησιμοποίησε, μάλιστα, την θεωρία της συντακτικής ανάλυσης σαν ένα σύνολο μεθόδων και τεχνικών για την περιγραφή της χωρικής βιωσιμότητας μέσω της γεωμετρίας και της τοπολογίας (συνδεσιμότητας) του αστικού δικτύου και της σχέσης του με την ανθρώπινη κίνηση.

Στην συντακτική ανάλυση, το αστικό δίκτυο αναπαρίσταται από τις γραμμές θέασης που δημιουργούνται μέσα σε αυτό. Οι γραμμές θέασης ορίζουν τοποθεσίες που είναι αμοιβαίως ορατές και χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του οδικού δικτύου από τα διάφορα οπτικά εμπόδια (π.χ κτίρια) τα οποία τελικά περιορίζουν την πρόσβαση. Για αυτό και για να πραγματοποιηθεί η συντακτική ανάλυση πρέπει αρχικά να σχεδιαστούν οι αξονικές γραμμές (*axial lines*) που προσομοιάζουν τις γραμμές θέασης καθώς αποτελούν την μέγιστη (ανεμπόδιση) γραμμή θέασης που ένας δρόμος μπορεί να επιτύχει.

Υπάρχουν δύο μεθοδολογίες για την δημιουργία των αξονικών γραμμών και την εφαρμογή της συντακτικής ανάλυσης:

1. Δημιουργία του αξονικού χάρτη (axial map) μέσω των Οικοδομικών Τετραγώνων
2. Δημιουργία του αξονικού χάρτη (axial map) μέσω των Αξόνων του Δρόμου

Η πρώτη μέθοδος, μέσω των ΟΤ, είναι σχετικά πιο αξιόπιστη (ειδικά σε ακτίνες μικρότερες των 2000 μέτρων²) άλλα και αρκετά πιο χρονοβόρα και επίσης απαιτεί σημαντική υπολογιστική ισχύ. Η δεύτερη μέθοδος, μέσω των οδικών αξόνων (road-centre-line maps) είναι πιο γρήγορη και δίνει την δυνατότητα για εφαρμογή της συντακτικής ανάλυσης σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές (μεγάλους δήμους, νομούς, περιφέρειες, χώρες). Καθώς πλέον υπάρχουν ανοικτά μεγάλα datasets (π.χ. από το open street map) τα διάφορα εργαλεία για την για δημιουργία του αξονικού χάρτη (axial map) μέσω των οδικών αξόνων (road centre lines) έχουν αναπτυχθεί σημαντικά (Place Syntax Tool – Ståhle et al; Road Network Cleaner – Ioanna Kolovou, Jorge Gil et al; Axwoman – Bin Jiang et al). Στην περίπτωση της δημιουργίας αξονικού χάρτη από άξονες δρόμου, η οποία υλοποιείται εύκολα με την βοήθεια του space syntax toolkit και του depthmapX_net μέσω του QGis απαιτείται πρώτα η διόρθωση του δικτύου μέσω εργαλείων τοπολογικής διόρθωσης. (Παρασκευόπουλος, 2019)

Το space syntax toolkit είναι ένα πρόσθετο εργαλείο (plug-in) του QGis για την χωρικά δίκτυα και την στατιστική τους ανάλυση μέσω του οποίου μπορεί να πραγματοποιηθεί και η εφαρμογή της συντακτικής ανάλυσης. Η ανάλυση γίνεται στο περιβάλλον του QGis αλλά στην πραγματικότητα υλοποιείται μέσω του depthmapX_net. Αρχικά υλοποιείται η ανάλυση των γραφημάτων (Graph Analysis) που έχουν δημιουργηθεί από τους άξονες του δικτύου και μετά ακολουθεί ο προσδιορισμός των παραγόντων της απεικόνισης, μέσω του Attribute Explorer, ανάλογα με τα συντακτικά μέτρα που επιλέγονται.

2.2.2.2. Γωνιακή Διανυσματική Ανάλυση

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι οι γραμμές θέασης και η ανάλυση των αξονικών χαρτών δεν αποδεικνύονται ιδιαίτερα βοηθητικά όταν πρόκειται για τον εντοπισμό και την μελέτη μη ενιαίων ή συνεχών γραμμών του δικτύου. Ειδικά σε περιπτώσεις μελέτης περιοχών οι οποίες χαρακτηρίζονταν από συγκεκριμένα πρότυπα διάρθρωσης, η εύρεση ενός διαφορετικού τρόπου απεικόνισης της χωρικής τους δομής ήταν απαραίτητη. Η απεικόνιση αυτή απαιτούνταν να παρέχει την δυνατότητα εντοπισμού των γραμμικών αυτών συνδέσεων και συνεπώς έπρεπε να λειτουργεί με βάση γωνιακές και όχι τοπολογικές παραμέτρους. Για τον λόγο αυτό καθιερώθηκε μια πιο λεπτομερής απεικόνιση η οποία θεωρούσε τα επιμέρους τμήματα του δικτύου ως βασικά στοιχεία της ανάλυσης. Απαραίτητα στοιχεία για την ανάλυση ήταν φυσικά οι τοπολογικές, μετρητικές και γωνιακές συνδέσεις μεταξύ των τμημάτων του δικτύου αφού σημείο αναφοράς ήταν πλέον η συνολική γωνιακή απόκλιση μεταξύ τους.

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιείται η «γωνιακή διανυσματική ανάλυση» (*angular segment analysis*) η οποία ορίζει την συντομότερη διαδρομή ως αυτή με την ελάχιστη γωνιακή απόκλιση (δηλαδή την πιο ευθεία διαδρομή) μέσα στο σύστημα. Ως «Διανυσματική» ανάλυση ορίζεται η ανάλυση των διανυσμάτων της περιοχής ενδιαφέροντος ενώ «διάνυσμα» ενός δρόμου θεωρείται το τμήμα της «αξονικής γραμμής» ανάμεσα σε δύο διασταυρώσεις, δηλαδή το τμήμα της μέγιστης δυνατής γραμμής θέασης εντός του δρόμου, ανάμεσα σε δύο διασταυρώσεις (Vaughan, 2015). Η διανυσματική ανάλυση προσφέρει

σημαντικές μεθόδους ανάλυσης όπως η *γωνιακή (angular)*, η *τοπολογική (topological)* και η *μετρητική (metric)*. Σημειώνεται ότι η Διανυσματική Τοπολογική Ανάλυση ορίζει την συντομότερη διαδρομή ως αυτή με τις ελάχιστες στροφές ενώ η Διανυσματική Μετρητική Ανάλυση ως αυτή που είναι μικρότερη στον φυσικό χώρο, που δηλαδή είναι λιγότερα μέτρα. (Παρασκευόπουλος, 2017)

Ο λόγος επιλογής της γωνιακής διανυσματικής ανάλυσης είναι ότι πραγματικά μοτίβα κίνησης έχουν δείξει ότι οι άνθρωποι κινούνται στον χώρο «*διαβάζοντας*» την γωνιακή γεωμετρία του δικτύου και όχι απλώς τις φυσικές αποστάσεις (Hillier & Vaughan, 2007) και επίσης ότι «*η γωνιακή ανάλυση ανταποκρίνεται εξαιρετικά με την χωρική πλοήγηση και τον προσανατολισμό, καθώς οι χρήστες είναι πιθανό να ελαχιστοποιήσουν την αντιληπτή (cognitive) απόσταση όταν κινούνται σε ένα άγνωστο περιβάλλον*» (Hillier & Iida, 2005). Με βάση την θεωρία της φυσικής κίνησης (natural movement theory), μάλιστα, στην οποία στηρίζεται η συντακτική ανάλυση ευρύτερα, από την διαμόρφωση του οδικού δικτύου μπορεί να προβλεφθεί η πεζή κίνηση. Συνεπώς, με την εξέταση και την ανάλυση των διαδρομών ελάχιστης γωνιακής απόκλισης του δικτύου, από όλα τα οδικά τμήματα προς όλα τα άλλα, καθίσταται δυνατή η πρόβλεψη της δυνητικής κίνησης λόγω της αρχιτεκτονικής του δικτύου αλλά και πιθανών επιδράσεων που ενδέχεται να υπάρξουν από προτεινόμενες αναπλάσεις ή σχεδιασμούς.

Για την κατανόηση των χαρακτηριστικών και των ιδιοτήτων των χωρικών οντοτήτων που παρουσιάζονται στα γραφήματα αλλά και στους αξονικούς χάρτες που έχουν αναφερθεί χρησιμοποιούνται κάποια συντακτικά μέτρα. Τα μέτρα αυτά ποσοτικοποιούν, ουσιαστικά, τις ιδιότητες των επιμέρους διαρθρώσεων του χώρου που στο σύνολό τους απαρτίζουν την περιοχή μελέτης. Οι υπολογισμοί των συντακτικών μέτρων γίνονται, στην συγκεκριμένη περίπτωση, για μια συγκεκριμένη περιοχή που ορίζεται από μια μετρητική ακτίνα, δηλαδή μια φυσική δικτυακή απόσταση εντός της οποίας υπολογίζεται η γωνιακή απόκλιση για κάθε διάνυσμα δρόμου. Σημειώνεται ότι υπάρχει και η ακτίνα «*n*» η οποία χρησιμοποιείται συνήθως για την αναφορά σε όλο το σύστημα, θεωρώντας ότι κάθε διάνυσμα δρόμου σχετίζεται με κάθε άλλο διάνυσμα δρόμου εντός της περιοχής μελέτης χωρίς περιορισμούς ακτίνας.

Με την πάροδο των τελευταίων δεκαετιών οι μελετητές έχουν αναπτύξει πολλά διαφορετικά συντακτικά μέτρα. Τα κυριότερα από αυτά περιγράφονται στην συνέχεια. Η Γωνιακή Επιλογή και η Γωνιακή Ενσωμάτωση με μετρητική ακτίνα είναι τα δυο μέτρα που συνήθως χρησιμοποιούνται στην Συντακτική Ανάλυση καθώς θεωρούνται τα πιο ισχυρά εργαλεία για εντοπισμό δυνητικής κίνησης και σημαντικών διαδρομών του αστικού δικτύου (Al_Sayed, et al., 2014; Vaughan, 2015). Σημειώνεται ότι στα πλαίσια της συγκεκριμένης μελέτης χρησιμοποιήθηκε η **Διανυσματική Γωνιακή Ενσωμάτωση (segment angular integration)**, για λόγους που παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα. Ωστόσο κρίθηκε χρήσιμη η περιγραφή και των δύο μέτρων ως εξής:

-Η **Διανυσματική Γωνιακή Ενσωμάτωση (segment angular integration)** που υπολογίζει πόσο κοντά είναι κάθε διάνυσμα δρόμου σε όλα τα υπόλοιπα, βάσει των συνολικών γωνιακών μεταβολών που υπεισέρχονται σε κάθε διαδρομή εντός μιας επιλεγμένης απόστασης (ακτίνα) (Vaughan, 2015). Ουσιαστικά η ενσωμάτωση εκφράζει την εγγύτητα (closeness) ενός χώρου για το σύστημα, δηλαδή, το πόσο εύκολο είναι να προσεγγιστεί και τελικά είναι η ποσοτικοποίησή της προσβασιμότητας ενός χώρου σε σχέση με το αστικό σύστημα στο οποίο ανήκει. (Παρασκευόπουλος, 2017)

Η ενσωμάτωση, γενικά, είναι ένα μέτρο που μπορεί να θεωρηθεί ως μέτρο του σχετικού βάθους ενός χώρου και είναι ειδικά σχεδιασμένο για αρχιτεκτονικά υπόβαθρα. Σε μελέτες που χρησιμοποιείται σαν καθολικό μέτρο (global measure) ενός ευρύτερου δικτύου μπορεί να υπολογίσει το βάθος ενός χώρου ως προς το υπόλοιπο σύστημα και να το εκφράσει σαν βαθμό απομόνωσης ή ενσωμάτωσης.

-Η **Διανυσματική Γωνιακή Επιλογή (segment angular integration)** υπολογίζεται μετρώντας τις ροές κίνησης του δικτύου, δηλαδή, τις φορές που κάθε «διάνυσμα» δρόμου χρησιμοποιείται στην συντομότερη γωνιακή διαδρομή ανάμεσα σε όλα τα ζεύγη των διανυσμάτων εντός μιας επιλεγμένης απόστασης (ακτίνα) (Vaughan, 2015). Η επιλογή εκφράζει το πόσο πιθανό είναι ένας χώρος να χρησιμοποιηθεί ως διέλευση για την πόλη και τελικά είναι ποσοτικοποίηση της προσπελασιμότητας ενός χώρου σε σχέση με το αστικό σύστημα στο οποίο ανήκει. (Παρασκευόπουλος, 2017)

2.2.2.3. Θεωρία Φυσικής Κίνησης και Μέτρο Συντακτικής Ενσωμάτωσης

Η θεωρία της φυσικής κίνησης (natural movement theory) χρησιμοποιείται από την συντακτική ανάλυση με σκοπό την πρόβλεψη των ροών κίνησης των πεζών. Η «φυσική κίνηση» είναι έννοια που εισήχθη από τον B.Hillier και τους συναδέλφους του και ορίζεται ως το ποσοστό της αστικής πεζής κίνησης που καθορίζεται από το ίδιο το αστικό δίκτυο και την διαμόρφωση του, και όχι από την παρουσία συγκεκριμένων χρήσεων που λειτουργούν ως ελκυστές ή μαγνήτες.(Hillier, et al., 1993)

Στην βάση της εν λόγω θεωρίας βρίσκεται η αρχή ότι τα τμήματα του δικτύου που χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ενσωμάτωση, και συνεπώς είναι ευκολότερα προσβάσιμα συγκριτικά με τα υπόλοιπα, προσελκύουν περισσότερους πεζούς. Μάλιστα, πολλές έρευνες έχουν αποδείξει ότι οι υψηλές τιμές ενσωμάτωσης συσχετίζονται θετικά με υψηλούς φόρτους κίνησης πεζών. (Foltête and Piombini, 2007; Hajrasouliha and Yin, 2015; Hillier and Iida, 2005; Lerman et al., 2014; Ozbil et al., 2011) Μάλιστα, η υψηλότερη πυκνότητα ενσωμάτωσης έχει συσχετιστεί και με υψηλότερα ποσοστά πεζής κίνησης με σκοπό την πρόσβαση σε κάποιο Μέσο Μαζικής Μεταφοράς (M.M.M.). Οι προηγούμενες συσχετίσεις αιτιολογούνται κυρίως από το γεγονός ότι οι αποστάσεις μετακινήσεων σε περιοχές με καλή συνδεσιμότητα είναι μικρότερες και άρα ευκολότερα “περπατήσιμες”.

Επιπρόσθετα, η θεωρία αυτή πρεσβεύει ότι στις περιοχές με καλύτερη συνδεσιμότητα δικτύου, η συνύπαρξη εμπορικών εγκαταστάσεων και δημόσιων υπηρεσιών η οποία συναντάται στα περισσότερα ενσωματωμένα τμήματα του δικτύου, είναι ένας παράγοντας που εξηγεί τις αυξημένες ροές πεζής κίνησης στα τμήματα αυτά. Εμπειρικές έρευνες έχουν, μάλιστα, αποδείξει την συσχέτιση μεταξύ των υψηλών τιμών ενσωμάτωσης και της ύπαρξης εμπορικών χρήσεων ή προορισμών. Στην πραγματικότητα, οι πεζές μετακινήσεις για την προσέγγιση κάποιου M.M.M. στις περιοχές αυτές, που προαναφέρθηκαν, οφείλονται εν μέρει στην διαθεσιμότητα τέτοιου είδους προορισμών.

Ανακεφαλαιώνοντας, προκύπτει ότι οι υψηλότερες τιμές ενσωμάτωσης εκτός από την καλή συνδεσιμότητα του δικτύου συνεπάγονται και την ύπαρξη εμπορικών προορισμών και τελικά πεζών μετακινήσεων. Συμπερασματικά, ο συνδυασμός της θεωρίας φυσικής κίνησης και των σχετικών εμπειρικών ερευνών παραπέμπει στην χρήση της συντακτικής ενσωμάτωσης του δικτύου ως ένα νέο μέτρο της “περπατησιμότητάς” του (walkability). (Mohammad Javad Koohsari, Koichiro Oka, Neville Owen, Takemi Sugiyama ,2019).

2.2.2.4. Ακτίνα Μελέτης

Μέσω της «διαδικασίας δημιουργίας της πόλης» (city-creating process), όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι πόλεις αυτο-εξελίσσονται στην σημερινή τους μορφή. Η προκύπτουσα δομή των πόλεων τους επιτρέπει, λόγω της γεωμετρίας τους, να εκφραστούν σε δύο επίπεδα μέσω ενός *καθολικού προσκηνιακού δικτύου (global foreground network)* που διαδραματίζεται πάνω σε ένα *τοπικό παρασκηνιακό δίκτυο (local background network)*. Το πρώτο, αποτελείται από συνδεδεμένα κέντρα διαφορετικών κλιμάκων -από μερικά μαγαζιά και καφετέριες μέχρι ολόκληρες «πόλεις μες στις πόλεις» (sub-cities) (Hillier, 2001)- δηλαδή δημιουργείται από μικροοικονομικούς παράγοντες που λίγο-πολύ είναι σταθεροί και για αυτό τείνει να έχει μια πιο γενική μορφή σε όλες τις πόλεις, ενώ το δεύτερο καθορίζεται από κοινωνικό-πολιτισμικούς παράγοντες, που εκφράζονται στον τρόπο δόμησης του οικιστικού χώρου, και για αυτό διαφέρει από πόλη σε πόλη.

Με τον τρόπο που μόλις αναφέρθηκε μπορεί να περιγραφεί η θεμελιώδης μορφή των πόλεων, είτε είναι οργανικές είτε σχεδιασμένες. Ως οργανικές χαρακτηρίζονται οι πόλεις που έχουν οργανωθεί δίχως συγκριμένο σχέδιο και πλάνο, όπως για παράδειγμα η Αθήνα, σε αντίθεση με τις σχεδιασμένες πόλεις (planned cities), οι οποίες αναπτύχθηκαν πάνω σε ένα συγκεκριμένο, προϋπάρχουν σχέδιο, όπως το Νέο Δελχί.

Για την εφαρμογή της συντακτικής ανάλυσης στις διαφορετικές κλίμακες στις οποίες λειτουργεί η πόλη παρουσιάστηκε η ανάγκη εφαρμογής των συντακτικών μέτρων σε διαφορετικές ακτίνες. Ουσιαστικά, με την κατάλληλη ακτίνα ανάλυσης μπορούν να μελετηθούν οι τοπικές και υπερτοπικές σχέσεις που αναδύονται στο αστικό δίκτυο και συνεπώς η επιλογή της είναι καθοριστική για την ορθότητα του αποτελέσματος της ανάλυσης. Ουσιαστικά, οι τοπικές σχέσεις διαμορφώνονται από την πεζή κίνηση ενώ οι υπερτοπικές κυρίως από την κίνηση μέσω οχημάτων, γεγονός που οφείλεται στις κλίμακες των αποστάσεων που λαμβάνουν υπόψη(τοπική κλίμακα (local) και υπερτοπική κλίμακα (global) αντίστοιχα).

Σε ένα δίκτυο κόμβων και διασταυρώσεων, η ακτίνα εφαρμογής των συντακτικών μέτρων μπορεί να παρομοιαστεί με έναν «κόπτη μπισκότων» (cookie cutter), με βάση τον οποίο οριοθετείται η περιοχή μελέτης, στην οποία υλοποιείται η συντακτική ανάλυση. Στην Εικόνα 16 παρουσιάζεται η περιοχή που δημιουργείται για ακτίνα εφαρμογής της συντακτικής ανάλυσης 100 μέτρων.



Εικόνα 16: Εφαρμογή Συντακτικής Ανάλυσης με ακτίνα 100 μέτρων. Περιοχή Εφαρμογής (κόκκινο) - Πηγή: (Παρασκευόπουλος, 2017)

Χαρακτηριστικά, αναφέρεται ότι «η τοπική κλίμακα (*local*) είναι χαρακτηριστική των τοπικών δομών γειτονιάς σε μια πόλη, σχετίζεται με την πεζή κίνηση και είναι της τάξης των 200 – 800 μέτρων δηλαδή 5 έως 20 λεπτά περπάτημα.» (Παρασκευόπουλος, 2017) ενώ η υπερτοπική κλίμακα (*global*) αντιπροσωπεύει την συνολική δομή της πόλης και αναφέρεται σε ακτίνες μεγαλύτερες των 1500 τετραγωνικών μέτρων.

Για την κατανόηση των παραπάνω αναφέρεται παραδειγματικά ότι κατά την εφαρμογή «διανυσματικής γωνιακής ανάλυσης» (*segment angular analysis*) με μετρητική ακτίνα 400 μέτρων (περίπου 10 λεπτά περπάτημα) θα υπολογιστούν οι γωνιακές αποκλίσεις από τον κάθε κόμβο προς όλους τους υπόλοιπους μόνο εντός μιας ακτίνας 400 μέτρων. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα θα προσδιορίσει μόνο τις τοπικές σχέσεις μεταξύ των διανυσμάτων εντός 400 μέτρων κατά μήκος των γειτονικών διανυσμάτων ξεκινώντας από το καθένα από αυτά. Σημειώνεται ότι σε πολλές περιπτώσεις μελετών κρίνεται απαραίτητη η δοκιμή διαφορετικών ακτινών προκειμένου να εντοπιστούν τα πρότυπα κίνησης του χώρου και να επιλεγεί η ακτίνα στην οποία θα υλοποιηθεί η τελική ανάλυση.

Η «διαδικασία δημιουργίας πόλης» (*city-creating process*) περιγράφει πως η πόλη αυτο-οργανώνεται σε πολυσύχναστες και ήσυχες περιοχές μέσω της αλληλεπίδρασης του λειτουργικού και συντακτικού της χωρικού πρότυπου (Hillier, 2003). Το λειτουργικό πρότυπο αφορά την χωρική κατανομή των δραστηριοτήτων της περιοχής μελέτης και τα χωρικά πρότυπα που αυτές δημιουργούν, ενώ το συντακτικό πρότυπο την χωρική κατανομή της ενσωμάτωσης του δικτύου της περιοχής μελέτης και τα χωρικά πρότυπα που δημιουργεί.

2.2.3. Θεωρία Χωροθέτησης - Κατανομής

Αναμφισβήτητα, η λήψη αποφάσεων σε τέτοιου είδους προβλήματα είναι μια ιδιαίτερα σύνθετη διαδικασία μιας και πρέπει να λαμβάνει υπόψη πολλούς παράγοντες. Σύμφωνα με τους Πραβιώτη και Σταθάκη(2013) «Για την δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος λήψεως αποφάσεων, βασική παράμετρος κρίνεται η δημιουργία ενός σωστού υποβάθρου της περιοχής μελέτης με όλα τα απαραίτητα επίπεδα πληροφορίας που θα συμμετάσχουν στον στρατηγικό σχεδιασμό».

Τα προβλήματα χωροθέτησης χαρακτηρίζονται και ως χωρικά προβλήματα κατανομής πόρων όταν σχετίζονται με την εξυπηρέτηση σημείων ζήτησης (*demand points*). Η όλη διαδικασία του χωροθετικού σχεδιασμού και της επίλυσης χωροθετικών προβλημάτων αφορά στην βέλτιστη επιλογή θέσης τουλάχιστον μιας μονάδας παροχής υπηρεσιών (*facilities*), με σκοπό την κατάλληλη εξυπηρέτηση των χωρικά κατανεμημένων ομάδων ζήτησης (*demand centers or points*) ώστε να επιτευχθούν προκαθορισμένοι αντικειμενικοί στόχοι. Σημειώνεται ότι οι χωρικά κατανεμημένες ομάδες ζήτησης αποτελούν τους πελάτες (*customers*) και αντιστοιχίζονται σε σημεία ζήτησης. (Γιαννούλη (2016); Σκούτα (2013); Γραϊκούσης & Φώτης (2005))

Από τα παραπάνω γίνεται εύκολα κατανοητό ότι χαρακτηριστικές παράμετροι σε τέτοιου είδους προβλήματα αποτελούν:

- Οι προς χωροθέτηση εγκαταστάσεις-λειτουργίες(*facilities*), δηλαδή ουσιαστικά τα σημεία προσφοράς
- Οι πελάτες(*customers*), οι οποίοι έχουν συγκεκριμένη χωρική υπόσταση (θέση), κατανομή καθώς και χαρακτηριστικά γνωρίσματα

- Τα σημεία ζήτησης (demand points) που αποτελούν, ουσιαστικά, το σύνολο των χωρικά κατανεμημένων πελατών

-Ο χώρος (space) στον οποίο εντοπίζονται τα παραπάνω στοιχεία και μελετάται για την υλοποίηση της χωροθέτησης

-Μια «μετρική» (metric) η οποία προσδιορίζει τον χρόνο ή τις αποστάσεις μεταξύ των σημείων προσφοράς και ζήτησης

Όταν το ενδιαφέρον στρέφεται, όχι στην χωροθέτηση ενός κέντρου παροχής υπηρεσιών, αλλά στη σύγχρονη χωροθέτηση πολλών κέντρων παροχής υπηρεσιών, τότε μιλάμε για το πρόβλημα χωροθέτησης-κατανομής (location-allocation problems). Κατά τον Γραϊκούση κ.α. (2004), «Ο στόχος των υποδειγμάτων χωροθέτησης-κατανομής είναι η επίλυση αντίστοιχων χωροθετικών προβλημάτων μέσω της βέλτιστης χωροθέτησης p κέντρων και της ταυτόχρονης κατανομής της ζήτησης στα πλησιέστερα, σύμφωνα με συγκεκριμένους περιορισμούς. Κάτι τέτοιο, μαθηματικά προσεγγίζεται με την μεγιστοποίηση ή την ελαχιστοποίηση μιας αντικειμενικής συνάρτησης, η οποία ουσιαστικά αντανακλά και τους στόχους του εκάστοτε προβλήματος».

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την διαδικασία επίλυσης μοντέλων χωροθέτησης καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την επιλογή τόσο των κριτηρίων όσο και της αντικειμενικής συνάρτησης που χρησιμοποιείται για την βελτιστοποίησή τους. Η διαμόρφωση της αντικειμενικής συνάρτησης επηρεάζεται και από την φύση του οργανισμού που έχει αναλάβει το πρόβλημα αλλά και από την φύση των ίδιων των μονάδων εξυπηρέτησης δημιουργώντας έτσι μια κατηγοριοποίηση των προβλημάτων χωροθέτησης ανάλογα με το αν στοχεύουν στην εξυπηρέτηση ιδιωτικών ή δημόσιων αναγκών. (Cohon, 1978) Σε ανάλογους σχεδιασμούς όπου, αναμφίβολα, πρόκειται για ένα πρόβλημα δημοσίου τομέα, η επίλυση είναι πιο σύνθετη μιας και επηρεάζεται από κοινωνικοπολιτικούς παράγοντες ενώ ταυτόχρονα υπάρχει αυξημένη αβεβαιότητα δεδομένων. Εν γένει, όταν πρόκειται για δραστηριότητες δημοσίου τομέα χρησιμοποιούνται αντικειμενικές συναρτήσεις οι οποίες αποβλέπουν στην μείωση του χρόνου πρόσβασης όλων των πολιτών στις μονάδες εξυπηρέτησης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην εφαρμογή των κριτηρίων ιδιαίτερα κρίσιμη διαδικασία είναι η αξιολόγηση της σημαντικότητάς τους στην λήψη της τελικής απόφασης. Με τον τρόπο αυτό καθορίζεται το κατά πόσο κάθε κριτήριο επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα, δηλαδή κατά πόσο συμμετέχει ή όχι στην τελική επιλογή των κατάλληλων θέσεων. Συνεπώς, σε κάθε κριτήριο προσδίδεται ένας βαθμός σπουδαιότητας, ο οποίος εκφράζεται μέσω του συντελεστή βαρύτητας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση ως συντελεστής βαρύτητας ορίστηκε ο πληθυσμός του δήμου αφού προηγήθηκε η κατανομή του στα σημεία ζήτησης (κτήρια που υπήρχε χρήση κατοικία).

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η πολυπλοκότητα τέτοιου είδους προβλημάτων οφείλεται κατά κύριο λόγο στην απαίτηση προσαρμογής της διαδικασίας επίλυσής τους τόσο στις ακριβείς ανάγκες του προβλήματος όσο και στα ευρύτερα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος που καθορίζουν τις συνθήκες και τις υπάρχουσες δυνατότητες. Με τον τρόπο αυτό καθίσταται εφικτός ο σχεδιασμός της κατάλληλης προσέγγισης για την επίτευξη των επιθυμητών στόχων. Ο σχεδιασμός αυτός, κατά τους Rahman και Smith (2000), πρέπει να διαμορφώνεται με βάση μια συγκεκριμένη μεθοδολογία. Στην βάση της εν λόγω μεθοδολογίας βρίσκεται η ολοκληρωτική κατανόηση και προσδιορισμός του προβλήματος,

η ανάπτυξη και η ανάλυση του κατάλληλου μοντέλου, η αξιολόγηση και η εκτέλεση των αποτελεσμάτων.

Ανακεφαλαιώνοντας, από τον σαφή προσδιορισμό του προβλήματος το οποίο καλείται να επιλύσει η χωροθέτηση φανερώνονται οι στόχοι της. Κατά κύριο λόγο τα ερωτήματα που τίθενται αφορούν είτε την ελαχιστοποίηση παραγόντων όπως ο αριθμός των εγκαταστάσεων ή τα συνολικά κόστη είτε την μεγιστοποίηση της κάλυψης. Με βάση τους στόχους διαμορφώνεται η μαθηματικοποίηση του προβλήματος, δηλαδή το μοντέλο επίλυσής του.

2.2.3.1. Βασικά μοντέλα Χωροθέτησης

Αφού έγινε κατανοητός ο τρόπος προσέγγισης των προβλημάτων χωροθέτησης-κατανομής, κρίθηκε σημαντική η αναφορά στα βασικά μοντέλα χωροθέτησης.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι τα διάφορα μοντέλα χωροθέτησης διακρίνονται σύμφωνα με τους στόχους τους, τους περιορισμούς, τις λύσεις και άλλες ιδιότητες (Klose and Drexl, 2004). Τα πιο κοινά κριτήρια για την ταξινόμηση των παραδοσιακών μοντέλων χωροθέτησης αφορούν τα τοπολογικά τους χαρακτηριστικά, τους στόχους, τις μεθόδους επίλυσης, την χωρητικότητα των υποψήφιας εγκαταστάσεων και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των παραμέτρων εισόδου.

Τα τοπολογικά χαρακτηριστικά των μοντέλων χωροθέτησης καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο αναπαρίσταται η εφικτή περιοχή του προβλήματος (περιοχή μελέτης) αλλά και ο τρόπος επίλυσης τους. Υπάρχουν επίπεδα μοντέλα χωροθέτησης, χωροθέτηση δικτύων και προβλήματα διακριτής χωροθέτησης. (Ψιμούλης, 2012) Αναφέρεται ότι η περίπτωση χωροθέτησης υποδομών για την βελτίωση υφιστάμενων δικτύων, που μελετάται, ανήκει στα μοντέλα χωροθέτησης δικτύων (network) σύμφωνα με τα οποία για την εύρεση των κατάλληλων θέσεων και των βέλτιστων διαδρομών χρησιμοποιούνται δίκτυα (network datasets). Τα δίκτυα αυτά χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για την αναπαράσταση δικτύων κίνησης και αποτελούνται από απλά χωρικά δεδομένα όπως γραμμές (τμήματα-συνδέσεις δικτύου) και σημεία (κόμβοι) που βρίσκονται στις ενώσεις των γραμμών. Όταν πρόκειται για ανάλυση του δικτύου, οι λύσεις που προκύπτουν βρίσκονται πάντα εντός αυτού είτε πρόκειται για γραμμές, που αντιπροσωπεύουν διαδρομές, είτε για σημεία που αντιστοιχούν στις βέλτιστες θέσεις εγκαταστάσεων στην περίπτωση της χωροθέτησης. (Λιόλιος,2019)/ (ιστοσελίδα ArcGIS esri,2019)

Σημαντική κατηγοριοποίηση των προβλημάτων χωροθέτησης γίνεται και με βάση τους στόχους, οι οποίοι οδηγούν στην επιλογή του κατάλληλου μοντέλου. Παρουσιάζονται προβλήματα επικάλυψης ή κάλυψης του συνόλου(set covering), μέγιστης κάλυψης(maximal covering), p -κέντρων(p -center), p -μέσων(p -median) και προβλήματα σταθερού κόστους(fixed cost) τα οποία περιγράφονται στην συνέχεια.

Αρκετά σημαντικό χαρακτηριστικό των διάφορων μοντέλων είναι η μέθοδος επίλυσής τους μιας και τα κατατάσσει σε μοντέλα βελτιστοποίησης και σε περιγραφικά μοντέλα. Τα μοντέλα που βελτιστοποίησης (Optimization Models) που χρησιμοποιούνται σε αντίστοιχους σχεδιασμούς, χρησιμοποιούν μαθηματικές προσεγγίσεις όπως ο γραμμικός ή ο ακέραιος προγραμματισμός για να αναζητήσουν τις εναλλακτικές λύσεις (τοποθεσίες). Από τις εναλλακτικές λύσεις αναζητείται η βέλτιστη μέσα από μια διαδικασία δοκιμών των πιθανών συνδυασμών θέσεων τοποθέτησης. Η λύση μπορεί να προκύψει είτε από την δοκιμή όλων των πιθανών συνδυασμών, δηλαδή την ακριβή αριθμητική επίλυση, είτε με την χρήση

αλγορίθμων. Σημειώνεται ότι δεν υπάρχει ένας μοναδικός αλγόριθμος επίλυσης προβλημάτων Βελτιστοποίησης αλλά κάθε φορά επιλέγεται ο καταλληλότερος. Η επιλογή του κατάλληλου αλγορίθμου, η υλοποίηση του οποίου γίνεται μέσω Η/Υ, είναι εξίσου σημαντική με τη διαμόρφωση του μοντέλου του προβλήματος, κι αυτό γιατί από αυτόν εξαρτάται η εύρεση λύσης καθώς και ο ρυθμός σύγκλισης, η ταχύτητα δηλαδή με την οποία προσεγγίζεται αριθμητικά αυτή η λύση.

Για τις ανάγκες του συγκεκριμένου σχεδιασμού επιλέχθηκαν μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούν ευρετικούς αλγορίθμους για την επίλυση του προβλήματος χωροθέτησης-κατανομής. Ο λόγος που προτιμώνται οι ευρετικοί αλγόριθμοι σε τέτοιου είδους προβλήματα είναι η δυνατότητά γρήγορης επίλυσης μεγάλων προβλημάτων και η ταυτόχρονη προώθηση καλής έναρξης για τους ακριβείς αλγόριθμους που παρέχουν.

Ο πρώτος ευρετικός αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε, γνωστός ως διαδραστικός αλγόριθμος χωροθέτησης κατανομής του Cooper (1964), υλοποιούσε μια επαναληπτική διαδικασία βημάτων η οποία «εναλλάσσεται μεταξύ των φάσεων χωροθέτησης και κατανομής κι επαναλαμβάνεται ωσότου καμία περαιτέρω βελτίωση δεν μπορεί να γίνει. Η λύση βρίσκεται από τον αλγόριθμο τοπικού ελάχιστου». (Zanjirani Farahani R., Hekmatfar M., 2009) Πιο συγκεκριμένα, παράγει p υποσύνολα από σταθερά σημεία και επιλύει το κάθε ένα χρησιμοποιώντας την ακριβή μέθοδο που επιλύει το πρόβλημα χωροθέτησης μίας λειτουργίας. Το σύνολο των σταθερών σημείων διαιρείται σε p υποσύνολα για καθένα από τα οποία, χρησιμοποιώντας την αρχική θέση της εγκατάστασης, εφαρμόζεται η μέθοδος ακριβούς χωροθέτησης. Έτσι, βρίσκεται η βέλτιστη θέση χωροθέτησης μόνης εγκατάστασης για κάθε μια και κάθε σταθερό σημείο τότε επανατοποθετείται στην εγγύτερη εγκατάσταση. Μετά την επαναχωροθέτηση όλων των σταθερών σημείων η ακριβής μέθοδος εφαρμόζεται ξανά ώστε να αποδειχθεί ότι όλες οι εγκαταστάσεις έχουν μεταφερθεί από τις αρχικές θέσεις. (Σκούτα, 2013)

2.2.3.2. Απόσταση Κάλυψης

Σε όλα τα μοντέλα που προαναφέρθηκαν, η χωροθέτηση πραγματοποιείται εντός του ορισμένου δικτύου ενώ ορισμένη είναι και η θέση των σημείων ζήτησης. Η **απόσταση** αλλά ακόμα και άλλα μέτρα που σχετίζονται λειτουργικά με αυτή (π.χ. ο χρόνος ή το κόστος ταξιδιού, η ικανοποίηση της ζήτησης κ.α.) έχουν καθοριστικό ρόλο μιας και συχνά αποτελούν το κατώφλι, με την έννοια του περιορισμού, για την επιλογή των θέσεων των εγκαταστάσεων. Αξίζει, λοιπόν, να σημειωθεί ότι από τα προηγούμενα μοντέλα, τα τρία πρώτα χρησιμοποιούν την μέγιστη απόσταση ενώ τα υπόλοιπα την συνολική ή μέση απόσταση.

Για την ανάγκη της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τα μοντέλα p -διαμέσων και συνολικής ή μέγιστης κάλυψης τα οποία αναλύονται στην επόμενη ενότητα. Ο τρόπος λειτουργίας των υπόλοιπων μοντέλων περιγράφεται εν συντομία ως εξής:

-Μοντέλο p -κέντρων (p -center): Έχοντας ως δεδομένο έναν προκαθορισμένο αριθμό εγκαταστάσεων p ελαχιστοποιεί την μέγιστη απόσταση μεταξύ των σημείων ζήτησης και των πλησιέστερων κέντρων εξυπηρέτησης.

-Μοντέλο σταθερού κόστους (Fixed Charge Location Problem – FCLP): Καθορίζει τον βέλτιστο αριθμό εγκαταστάσεων και τοποθεσιών τους και αναθέτει την ζήτηση σε κάθε εγκατάσταση έτσι ώστε να ελαχιστοποιεί τα συνολικά κόστη εγκατάστασης και μεταφοράς.

Μοντέλα Μέγιστης Απόστασης

Στα προβλήματα χωροθέτησης συχνά καθορίζεται εξ αρχής η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ σημείων προσφοράς και ζήτησης, η οποία είναι συχνά ο παράγοντας που διαμορφώνει το τελικό αποτέλεσμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση χωροθέτησης δημόσιων εγκαταστάσεων, όπως οι σχολικές μονάδες, η οποία γίνεται συνήθως έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη πεζή πρόσβαση των μαθητών σε συγκεκριμένη ακτίνα (π.χ. 1 χιλιόμετρο). Κατά την χωροθέτηση εγκαταστάσεων, οι μέγιστες αποστάσεις που καθορίζονται a priori, όπως αυτή του ενός χιλιομέτρου που αναφέρθηκε προηγουμένως, ονομάζονται καλυπτόμενες αποστάσεις (covering distances). Αφού αντιστοιχηθεί η ζήτηση στην κοντινότερη εγκατάσταση ελέγχεται αν βρίσκεται εντός της καλυπτόμενης απόστασης. Η ζήτηση που βρίσκεται εντός της θεωρείται ως καλυμμένη.

«Μια βασική υπόθεση αυτού του μέτρου της μέγιστης απόστασης είναι ότι η ζήτηση ικανοποιείται πλήρως εάν η πιο κοντινή εγκατάσταση βρίσκεται εντός της καλυπτόμενης απόστασης και δεν ικανοποιείται εάν η πιο κοντινή εγκατάσταση βρίσκεται εκτός αυτής της απόστασης. Δηλαδή, το να είσαι κοντύτερα σε μια εγκατάσταση από ότι στη μέγιστη απόσταση, δεν βελτιώνει την ικανοποίηση της ζήτησης.» (Σκούτα 2013)

- Μοντέλο επικάλυψης - Συνόλου Κάλυψης (Set Covering Location Problem - SCLP):

Το συγκεκριμένο μοντέλο εκφράζει το πρώτο πρόβλημα κάλυψης τοποθεσίας (Toregas et al., 1971) και είναι σχετικά απλό συγκριτικά με τα υπόλοιπα. Στοχεύει στην τοποθέτηση του ελάχιστου αριθμού εγκαταστάσεων που απαιτούνται για την κάλυψη όλων των κέντρων ζήτησης. Με βάση τα παραπάνω, για την κάλυψη του συνόλου της ζήτησης απαραίτητη προϋπόθεση είναι η απόσταση κάθε σημείου ζήτησης από το κοντινότερο σημείο προσφοράς να μην είναι μεγαλύτερη από την απόσταση κάλυψης. Πέραν των προβλημάτων χωροθέτησης, το συγκεκριμένο μοντέλο έχει αρκετά ευρεία εφαρμογή και σε προβλήματα διαφορετικού είδους όπως στο προγραμματισμό διαθεσιμότητας των πληρωμάτων αερογραμμών. (Φώτης, 2009)

Όσον αφορά το υπολογιστικό κομμάτι, ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται περιγράφεται παρακάτω:

Minimize $\sum_{j \in J} x_j$ Εξίσωση 1: Αντικειμενική Συνάρτηση SCLP

s.t.: $\sum_{j \in N_i} x_j \geq 1 \forall i \in I$ Εξίσωση 2: Περιορισμός SCLP

$x_j \in \{0,1\}$ Εξίσωση 3: Περιορισμός Διαδικότητας SCLP

Όπου: - I = το σύνολο της ζήτησης των κόμβων που δεικτοδοτείται με τον i

- J = το σύνολο των υποψήφιας θέσεων εγκαταστάσεων που δεικτοδοτούνται με τον j

- d_{ij} = απόσταση μεταξύ του κόμβου ζήτησης i και της υποψήφιας θέσης j

- D_c = απόσταση κάλυψης

- $N_i = \{j \mid d_{ij} < D_c\}$ = το σύνολο όλων των υποψήφιας τοποθεσιών που μπορούν να καλύψουν τη ζήτηση στο σημείο i και

- η ακόλουθη μεταβλητή απόφασης $x_j = \begin{cases} 1 & \text{αν τοποθετηθεί στην θέση j} \\ 0 & \text{διαφορετικά} \end{cases}$

Ερμηνεύοντας τα παραπάνω προκύπτει ότι η ελαχιστοποίηση του αριθμού εγκαταστάσεων επιτυγχάνεται από την αντικειμενική συνάρτηση (1) ενώ ο περιορισμός (2) εξασφαλίζει ότι κάθε κόμβος ζήτησης καλύπτεται από τουλάχιστον μια εγκατάσταση. Φυσικά, υπάρχει και περιορισμός που αντανακλά τη δυαδική φύση των αποφάσεων χωροθέτησης εγκαταστάσεων και είναι ο (3). Η παραπάνω διατύπωση υποθέτει ότι οι υποψήφιοι θέσεις των εγκαταστάσεων βρίσκονται στους κόμβους ενός δικτύου όπως φαίνεται από τις σχέσεις (1)-(3). Ωστόσο, η επίλυση ζητημάτων χωροθέτησης με χαμηλότερο κόστος θα ήταν εφικτή αν οι εγκαταστάσεις μπορούσαν να τοποθετηθούν κατά μήκος των τόξων του δικτύου μιας και θα μπορούσε να επιτευχθεί μεγαλύτερη κάλυψη ζήτησης με μικρότερο αριθμό εγκαταστάσεων. Μάλιστα, οι Church and Meadows (1979) παρουσίασαν μια μέθοδο τροποποίησης του αρχικού δικτύου, προσθέτοντας ενδιάμεσους κόμβους, με την οποία οι εγκαταστάσεις μπορούσαν να τοποθετούνται κατά μήκος τόξων εξακολουθώντας να λύνουν το πρόβλημα με την ίδια διατύπωση.

Το μοντέλο αυτό αντιμετωπίζει όλα τα κέντρα ζήτησης ως ίσα με αποτέλεσμα να μην έχει κάποιον ακριβή περιορισμό προϋπολογισμού. Για την καλύτερη κατανόηση του παραπάνω αναφέρεται το παράδειγμα της χωροθέτησης σχολείων για την καλύτερη εξυπηρέτηση των μαθητών. Στο πρόβλημα αυτό, ο αριθμός των σχολείων που θα προκύψει από το μοντέλο κάλυψης του συνόλου ενδέχεται να υπερβαίνει τον αριθμό σχολείων που επιτρέπει ο προϋπολογισμός των αρμόδιων φορέων, γεγονός που οφείλεται στην υλοποίηση των υπολογισμών χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο αριθμός των μαθητών σε κάθε κέντρο ζήτησης. (Φώτης (2009), Λιόλιος (2019))

Αξίζει να αναφερθεί ότι συγκεκριμένα κόστη τοποθεσίας μπορούν να ληφθούν υπόψη ως συντελεστές των μεταβλητών απόφασης με την γενίκευση της αντικειμενικής συνάρτησης. Ωστόσο αυτό θα οδηγούσε στην ελαχιστοποίηση του συνολικού σταθερού κόστους της χωροθέτησης και όχι του αριθμού των προς χωροθέτηση εγκαταστάσεων. Σημειώνεται ότι «*γραμμαμική «χαλάρωση» προγραμματισμού του set covering location problem όπως διατυπώθηκε παραπάνω, οδηγεί συνήθως σε μια καθ' όλα ακέραιη λύση*» (Σκούτα 2013)

- Μοντέλο μέγιστης κάλυψης (Maximal covering Location Model - MCLM):

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, βασική προϋπόθεση του αλγόριθμου συνολικής κάλυψης είναι η εξυπηρέτηση όλων των κόμβων ζήτησης ανεξαρτήτως των διαθέσιμων πόρων. Για τις περιπτώσεις σχεδιασμού εγκαταστάσεων με συγκεκριμένο προϋπολογισμό υπάρχει η υποπερίπτωσή του που ονομάζεται αλγόριθμος μέγιστης κάλυψης.

Η διατύπωση του Maximal covering Location Model έγινε για την επίλυση σχεδιαστικών ζητημάτων με άνω όριο στον αριθμό των προς χωροθέτηση μονάδων, όπως η χωροθέτηση σχολείων που αναφέρθηκε παραπάνω. Το μοντέλο αυτό αποβλέπει στην μεγιστοποίηση της κάλυψης των σημείων ζήτησης με δεδομένο αριθμό εγκαταστάσεων προς χωροθέτηση και προκαθορισμένη απόσταση κάλυψης. Συνεπώς, υποθέτει ότι ο επιτρεπόμενος αριθμός εγκαταστάσεων μπορεί να μην επαρκεί για την κάλυψη όλων των κόμβων ζήτησης. Στην περίπτωση ανεπαρκούς κάλυψης της ζήτησης το μοντέλο αναζητά εκείνο το σχήμα χωροθέτησης που μπορεί να καλύψει την μεγαλύτερη ζήτηση. Αξίζει να τονιστεί ότι χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου μοντέλου είναι ότι όσο αυξάνονται οι εγκαταστάσεις, το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης αυξάνεται με όλο και μικρότερο ρυθμό. (Λιόλιος, 2019) Βασικό πρόβλημα του μοντέλου μέγιστης κάλυψης αποτελεί το γεγονός ότι ενδέχεται η απόσταση

κάλυψης που ορίζεται να είναι αρκετά μικρότερη από την απόσταση κάποιου σημείου ζήτησης από το κοντινότερό του σημείο προσφοράς. (Σκούτα 2013, Φώτης Ν.Γ., 2009)

Η μαθηματικοποίηση του εν λόγω προβλήματος παρατίθεται παρακάτω:

$$\begin{aligned} \text{Maximize } & \sum_{i \in I} h_i z_i && \text{Εξίσωση 4: Αντικειμενική Συνάρτηση MCLM} \\ \text{s.t.: } & \sum_{j \in N_i} x_j - z_i && \text{Εξίσωση 5: Περιορισμός Ζήτησης MCLM} \\ & \sum_{j \in J} x_j = p && \text{Εξίσωση 6: Περιορισμός Χωροθετούμενων εγκαταστάσεων MCLM} \\ & x_j \in \{0,1\} \forall j \in J && \text{Εξίσωση 7: Περιορισμός Δυαδικότητας αποτελέσματος} \\ & x_j \in \{0,1\} \forall j \in I && \text{Εξίσωση 8: Περιορισμός Δυαδικότητας αποτελέσματος} \end{aligned}$$

Για την κατανόηση των παραπάνω τύπων, ορίζονται συμπληρωματικά σε όσα αναφέρθηκαν στο SCLP τα εξής:

h_i = η ζήτηση στον κόμβο i

p = ο αριθμός των εγκαταστάσεων που θα τοποθετηθούν

z_i = $\begin{cases} 1 & \text{αν η ζήτηση στον κόμβο } i \text{ καλύπτεται} \\ 0 & \text{διαφορετικά} \end{cases}$

Προφανώς, η μεγιστοποίηση της κάλυψης γίνεται από την αντικειμενική συνάρτηση (4) ενώ ο περιορισμός (5) εξασφαλίζει ότι η ζήτηση δεν θεωρείται καλυπτόμενη σε κάποιο κόμβο αν δεν εγκατασταθεί μονάδα εξυπηρέτησης σε μια από τις υποψήφιας θέσεις που υπάρχουν εντός απόστασης κάλυψης. Φυσικά, υπάρχουν και οι περιορισμοί για τον αριθμό των εγκαταστάσεων προς χωροθέτηση (6) καθώς και για την εξασφάλιση της δυαδικότητας του αποτελέσματος (7) και (8). Σημειώνεται ότι οι περιορισμοί (5) και (7) επιτρέπουν την αντικατάσταση του περιορισμού (8) με τον $z_i \leq 1, \forall i \in I$, χωρίς καμία απώλεια γενικότητας.

Κατά αντιστοιχία με την περίπτωση του SCLP, αν επιτρέπεται η τοποθέτηση των εγκαταστάσεων κατά μήκος των τόξων του δικτύου, τότε το δίκτυο μπορεί να τροποποιηθεί όπως προτείνεται από τους Church and Meadows (1979), και έτσι το πρόβλημα λύνεται με την υπάρχουσα διαμόρφωση. Σημειώνεται, ακόμα, ότι σε συστηματικές αλλαγές του p από 1 έως k , όπου k ο ελάχιστος αριθμός εγκαταστάσεων που απαιτούνται για να καλυφθεί ολόκληρη η ζήτηση, τότε από τις σχέσεις (4)-(8) μπορούν να υπολογιστούν τα οριακά οφέλη που σχετίζονται με επιπλέον εγκαταστάσεις.

Πολλές είναι οι περιπτώσεις εκείνες που υπάρχουν περιορισμοί χωρητικότητας στα κέντρα εξυπηρέτησης, με αποτέλεσμα πολλές φορές εκτός από την μέγιστη κάλυψη της ζήτησης να πρέπει να διερευνηθεί και η διαθεσιμότητα των σημείων προσφοράς. Για την επίλυση αντίστοιχων προβλημάτων έχει δημιουργηθεί μια παραλλαγή του μοντέλου μέγιστης κάλυψης, στο οποίο σε κάθε σημείο ζήτησης αντιστοιχεί μια μεταβλητή πιθανότητα κάλυψης και σε κάθε υποψήφιο σημείο προσφοράς μια δεδομένη πιθανότητα κορεσμού λόγω χωρητικότητας. Το μοντέλο αυτό ονομάζεται μοντέλο μέγιστης προσδοκώμενης κάλυψης (maximum expected covering)(Φώτης, 2009).

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι τόσο το SCLP όσο και το MCLP υποθέτουν ότι η καλυπτόμενη απόσταση είναι κάτι σταθερό και προκαθορισμένο. Αν και η αντιμετώπιση αυτή σε πολλές περιπτώσεις σχεδιασμού είναι σωστή, κάποιες φορές η απόσταση κάλυψης δεν μπορεί να είναι προκαθορισμένη αλλά χρειάζεται να καθοριστεί ενδογενώς ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες και ανάγκες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μοντέλου που απευθύνεται σε προβλήματα τέτοιας φύσης είναι το μοντέλο p -κέντρου που αναφέρθηκε αρχικά.

Μοντέλα Συνολικής ή Μέσης Απόστασης

Σε πολλές περιπτώσεις ο χωροθετικός σχεδιασμός πρέπει να λαμβάνει υπόψη του την συνολική απόσταση ταξιδιού μεταξύ εγκαταστάσεων και κόμβων ζήτησης. Παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων συναντώνται τόσο στο ιδιωτικό όσο και στον δημόσιο τομέα και αφορούν σχεδιασμούς οι οποίοι αποβλέπουν κυρίως στην ελαχιστοποίηση της απόστασης αυτής προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το κόστος ταξιδιού και να εξυπηρετούνται καλύτερα οι πολίτες αντίστοιχα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η χωροθέτηση εργοστασιακών μονάδων που λαμβάνουν τις εισροές τους από τις εκάστοτε πηγές μέσω φορτηγών και γραφείων παροχής υπηρεσιών που αποσκοπούν στην ελαχιστοποίηση της συνολικής διανυόμενης απόστασης των πελατών προς την κοντινότερή τους εγκατάσταση. «Αυτή η προσέγγιση μπορεί να θεωρηθεί ως ένας 'αποτελεσματικός' στόχος, σε αντίθεση με το 'δίκαιο' στόχο ελαχιστοποίησης της μέγιστης απόστασης, η οποία αναφέρθηκε νωρίτερα.» (Σκούτα 2013)

Ένα κλασικό μοντέλο που ανήκει σε αυτή την κατηγορία των ευρετικών μοντέλων χωροθέτησης - κατανομής είναι το μοντέλο p -διαμέσου το οποίο αναλύεται στην συνέχεια.

-Μοντέλο P -διαμέσου (P – Median Problem) - Πρόβλημα *minisum*

Ένα κλασικό μοντέλο σ' αυτόν τον τομέα των ευρετικών μοντέλων χωροθέτησης - κατανομής είναι το p – median (Hakimi, 1964 & 1965), το οποίο βρίσκει τις τοποθεσίες των p – εγκαταστάσεων ώστε να ελαχιστοποιείται η συνολική απόσταση σταθμισμένη ως προς τη ζήτηση μεταξύ των κόμβων ζήτησης και των εγκαταστάσεων στις οποίες έχουν ανατεθεί (οι κόμβοι ζήτησης).

Ο όρος «σταθμισμένη» αναφέρεται στην έννοια του βάρους που μπορεί να προσδοθεί στους κόμβους ζήτησης, το οποίο συχνά σχετίζεται με την σπουδαιότητα ή το επίπεδο ζήτησής του. Οι διάφορες παραλλαγές του βασικού μοντέλου που υπάρχουν μπορούν να χαρακτηριστούν ως σταθμικές ή μη σταθμικές. Στο σταθμισμένο μοντέλο, οι αποστάσεις μεταξύ των κόμβων ζήτησης και των εγκαταστάσεων πολλαπλασιάζονται επί ένα βάρος που σχετίζεται με τη ζήτηση του κόμβου. Στο μη σταθμισμένο πρόβλημα, όλοι οι κόμβοι ζήτησης αντιμετωπίζονται ισοδύναμα.

Το μοντέλο αυτό μπορεί να διατυπωθεί μαθηματικά ως εξής (Zvi Drezner, Horst W. Hamacher, 2001):

$$\begin{aligned} \text{Maximize } & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} h_i d_{ij} y_{ij} && \text{Εξίσωση 9: Αντικειμενική Συνάρτηση } p\text{-median} \\ \text{s.t.: } & \sum_{j \in J} x_j = p && \text{Εξίσωση 10: Περιορισμός Χωροθετούμενων εγκαταστάσεων } p\text{-median} \\ & \sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I && \text{Εξίσωση 11: Περιορισμός Ανάθεσης } p\text{-median} \\ & y_{ij} - x_j \leq 0 \quad \forall i \in I, j \in J && \text{Εξίσωση 12: Περιορισμός Ανάθεσης } p\text{-median} \\ & x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J && \text{Εξίσωση 13: Εξίσωση 8: Περιορισμός Δυαδικότητας αποτελέσματος } p\text{-median} \\ & y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J && \text{Εξίσωση 14: Περιορισμός Ανάθεσης } p\text{-median} \end{aligned}$$

Όπου:

x_j : βάρος που συσχετίζεται με το κάθε σημείο ζήτησης

y_{ij} : $\begin{cases} 1 \text{ αν η περιοχή ζήτησης } i \text{ είναι καθορισμένη σε μία λειτουργία } j \\ 0 \text{ διαφορετικά} \end{cases}$

Από την μελέτη της μαθηματικής διατύπωσης του μοντέλου γίνεται κατανοητό ότι η ελαχιστοποίηση της συνολικής απόστασης σταθμισμένη ως προς την ζήτηση επιτυγχάνεται από την αντικειμενική συνάρτηση (9). Επιπλέον τίθενται περιορισμοί για τον μέγιστο αριθμό εγκαταστάσεων που μπορούν να χωροθετηθούν (10), για το γεγονός ότι κάθε κόμβος ζήτησης θα πρέπει να ανατεθεί σε ακριβώς μία εγκατάσταση (11) και για την ανάθεση των ζητήσεων των κόμβων μόνο σε ανοιχτές εγκαταστάσεις (12). Επιπρόσθετα, ορίζεται περιορισμός με βάση τον οποίο η μεταβλητή απόφασης τοποθεσίας είναι δυαδική (13) αλλά και περιορισμός που εξασφαλίζει ότι η ζήτηση ενός κόμβου να ανατεθεί σε μια εγκατάσταση μόνο (14). Ο τελευταίος περιορισμός μπορεί να αντικατασταθεί με το: $y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, j \in J$ επειδή ο περιορισμός (12) εγγυάται ότι $y_{ij} \leq 1$. Αν ορισμένα y_{ij} είναι κλασματικά, μπορούμε απλά τον κόμβο i να τον αναθέσουμε στη πιο κοντινή του ανοιχτή εγκατάσταση. Σύμφωνα με τους Toregas & ReVelle (1972) μάλιστα, η διατύπωση αυτή ελαχιστοποιεί επίσης τη μέση απόσταση ταξιδιού μεταξύ των εγκαταστάσεων και της ζήτησης.

Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, η μαθηματική διατύπωση του μοντέλου που παρουσιάστηκε προϋποθέτει ότι η χωροθέτηση θα πραγματοποιηθεί σε προεπιλεγμένες υποψήφιες θέσεις όπως οι κόμβοι ενός δικτύου. Ο Hakimi (1964) απέδειξε ότι επιτρέποντας τοποθεσίες εγκαταστάσεων και κατά μήκος των τόξων του δικτύου όχι μόνο δεν θα μειωνόταν το συνολικό κόστος ταξιδιού αλλά αντιθέτως θα οδηγούσε σε μια βέλτιστη λύση. (Σκούτα 2013, Φώτης Ν.Γ., 2009)

Ανακεφαλαιώνοντας, γίνεται αντιληπτό ότι το p – median πρόβλημα κάνει τρεις σημαντικές παραδοχές οι οποίες μπορεί να μην είναι κατάλληλες για ορισμένα σενάρια χωροθέτησης. Αρχικά, υποθέτει ότι η χωροθέτηση μιας εγκατάστασης έχει τα ίδια σταθερά κόστη σε κάθε πιθανή τοποθεσία εγκατάστασης. Ταυτόχρονα, αντιμετωπίζει το «uncapacitated» πρόβλημα, δηλαδή υποθέτει ότι οι προς χωροθέτηση εγκαταστάσεις διαθέτουν παραγωγική ικανότητα η οποία δεν σχετίζεται με τη ζήτηση που μπορούν να εξυπηρετήσουν. Τέλος, υποθέτει ότι κάποιος γνωρίζει εξ αρχής τον αριθμό των εγκαταστάσεων που θα χωροθετηθούν.

Οι παραδοχές αυτές τροποποιούνται ώστε να εξυπηρετούν τα υπόλοιπα σενάρια χωροθέτησης στο μοντέλο σταθερού κόστους, το οποίο ουσιαστικά αποτελεί μια παραλλαγή του μοντέλου p -διάμεσος.

2.2.4. Μελέτη Σεναρίων

Οι σύγχρονες αστικές περιοχές χαρακτηρίζονται από συνεχείς εξελίξεις και μεταβολές, γεγονός που αναμφισβήτητα επηρεάζει και τις λήψεις χωροθετικών αποφάσεων που τις αφορούν, μιας και η εξάρτησή τους από το περιβάλλον σχεδιασμού είναι άμεσο. Τα αποτελέσματα του σχεδιασμού πρέπει να έχουν ισχύ για σημαντικό χρονικό διάστημα, γεγονός που απαιτεί να λαμβάνεται υπόψη η αναπόφευκτη αβεβαιότητα των αποφάσεων στον χρόνο. Ο μόνος τρόπος να επιτευχθεί το παραπάνω είναι με εναλλακτικές μεθοδολογικές προτάσεις και προσεγγίσεις οι οποίες επιτρέπουν την προσαρμοστικότητα του σχεδιασμού στις επικρατούσες συνθήκες. Ουσιαστικά η διαδικασία αυτή υλοποιείται με τον χωροθετικό σχεδιασμό που είναι βασισμένος σε σενάρια.

Καθίσταται, λοιπόν, απαραίτητη η αναζήτηση χωροθετικών σχημάτων των οποίων η αποτελεσματικότητα και η αποδοτικότητα θα παραμένει ικανοποιητική για όσο το δυνατόν μεγαλύτερες χρονικές περιόδους. Συνεπώς, προϋποτίθεται η δημιουργία και η αναλυτική επεξεργασία μελλοντικών σεναρίων αλλά και η αξιολόγηση εναλλακτικών στρατηγικών επίλυσης. Σύμφωνα με τους Harris και Batty (1992) βασικό ζητούμενο στην λήψη χωροθετικών αποφάσεων είναι η επίτευξη επιθυμητών στόχων για την αποφυγή ανεπιθύμητων μελλοντικών συνεπειών. Για την εκτίμηση των παραπάνω συνεπειών απαιτούνται μεθοδολογίες που επιτρέπουν την διαμόρφωση στρατηγικών βασισμένων σε εναλλακτικά σενάρια για την υποστήριξη της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Τα σενάρια αυτά, στην πραγματικότητα, περιγράφουν πιθανές εναλλακτικές μελλοντικές καταστάσεις. Ο Porter το 1984 υποστήριξε ότι σενάριο ονομάζεται «μια εσωτερικά συνεπής άποψη για το πώς μπορεί να προκύψει το μέλλον». Μέσα από τα διάφορα σενάρια μελετάται και αξιολογείται η συμπεριφορά διάφορων σχεδίων κάτω από διάφορες πιθανές μελλοντικές συνθήκες. Έτσι, εντοπίζονται οι στρατηγικές των σχεδίων εκείνων που ανταποκρίνονται καλύτερα σε όλα, ή τουλάχιστον στα περισσότερα σενάρια περιορίζοντας την αβεβαιότητα για το μέλλον. (Φώτης Ν.Γ., 1994)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Βασικό μέλημα ήταν η δημιουργία μιας μεθοδολογίας, η οποία συνδυάζοντας την μελέτη του δικτύου πεζής κίνησης και των παραμέτρων που την επηρεάζουν, θα αναδείκνυε τις κατάλληλες θέσεις και το πλήθος των διαβάσεων προς χωροθέτηση για την επίτευξη των στόχων βελτιστοποίησης και την αξιολόγηση των διαφορετικών στρατηγικών.

Η μεθοδολογία ουσιαστικά αποτελείται από τρεις θεμελιώδεις διαδικασίες: την ανάλυση του δικτύου, τον σχεδιασμό των παρεμβάσεων και την αξιολόγηση του αποτελέσματος.



Εικόνα 17: Πυλώνες Μεθοδολογικού Πλαισίου

Η ανάλυση του δικτύου μελετήθηκε μέσω της συντακτικής ανάλυσης του χώρου (Space Syntax), η εύρεση των κατάλληλων θέσεων για την υλοποίηση των παρεμβάσεων βελτίωσης πραγματοποιήθηκε μέσω της μεθόδου της Χωροθέτησης-Κατανομής (Location Allocation) ώστε να χωροθετηθούν οι διαβάσεις στο σύνολο του δικτύου για την κατάλληλη εξυπηρέτηση της ζήτησης, ενώ ο Σχεδιασμός βασίστηκε σε σενάρια μελέτης ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται σε διαφορετικές πιθανές μελλοντικές καταστάσεις

3.1. Δημιουργία και Ανάλυση Υφιστάμενου Πεζοδικτύου

Βασική προϋπόθεση για την ανάλυση του δικτύου κίνηση πεζών ήταν η δημιουργία του ενιαίου δικτύου κίνησης πεζών του δήμου από τα επιμέρους στοιχεία του, τα οποία ορίστηκαν στο θεωρητικό υπόβαθρο. Το "πεζοδίκτυο", όπως αναφέρεται συχνά, συστάθηκε από τα πεζοδρόμια, τους πεζόδρομους, τις διαβάσεις και την φωτεινή σηματοδότηση. Μετά τον καθορισμό του δικτύου, σειρά είχε η προετοιμασία του για ανάλυση, η οποία απαιτεί την υλοποίηση μιας σειράς τοπολογικών διορθώσεων.

Η συντακτική ανάλυση εφαρμόστηκε συνδυαστικά στο λογισμικό depthmapX και στην εργαλειοθήκη "Space syntax toolkit" μέσω του περιβάλλοντος του QGis. Ακολουθώντας όσα προαναφέρθηκαν για την θεωρία της φυσικής κίνησης, η μελέτη των συντακτικών μέτρων επικεντρώθηκε στην ανάλυση της γωνιακής διανυσματικής ενσωμάτωση (angular segment integration) με μετρητική ακτίνα καθώς υποδεικνύεται από την βιβλιογραφία ως ιδανικό για τον «εντοπισμό δυνητικής κίνησης και σημαντικών διαδρομών του οδικού δικτύου» (Al_Sayed, et al., 2014), (Vaughan, 2015).

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης μελέτης, όπου ερευνάται το δίκτυο κίνησης πεζών, χρησιμοποιήθηκε η τοπική κλίμακα αναφοράς. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η μετρητική ακτίνα των 400 μέτρων αντιστοιχεί περίπου σε 10 λεπτά περπάτημα αποφασίστηκε να διερευνηθεί το πρότυπο της συντακτικής ανάλυσης του υφιστάμενου δικτύου μέσω της μελέτης σε ακτίνες εφαρμογής 300, 600 και 900 μέτρων. Με τον τρόπο

αυτό εντοπίζονται ευκολότερα οι περιοχές εκείνες που αντιμετωπίζουν το μεγαλύτερο πρόβλημα συνδεσιμότητας και είναι δυσκολότερα προσβάσιμες. Με την εφαρμογή της συντακτικής ανάλυσης σε διαφορετικές κλίμακες και για διαφορετικά συντακτικά μέτρα επιτυγχάνεται η διερεύνηση του συντακτικού προτύπου του δικτύου. Με αυτόν τον τρόπο ο ερευνητής είναι σε θέση να αντιληφθεί πως διαμορφώνεται η αρχιτεκτονική του δικτύου στην περιοχή και να εντοπίσει τις περιοχές εκείνες στις οποίες πρέπει να υλοποιηθούν οι παρεμβάσεις.

Αν και σε ένα αρχικό στάδιο αναγνώρισης της περιοχής εξετάστηκαν και άλλα συντακτικά μέτρα, κατά την διαδικασία της αξιολόγησης και του σχεδιασμού λήφθηκε υπόψη το μέτρο της ενσωμάτωσης. Η επιλογή αυτή, όπως έχει ήδη αναλυθεί, οφείλεται στο γεγονός ότι το συγκεκριμένο μέτρο δείχνει το “to movement”, και συνεπώς το πόσο εύκολο είναι να φτάσει κάποιος σε κάθε τμήμα του δικτύου εκφράζοντας έτσι την προσβασιμότητά του σαν προορισμό. Επιλέχθηκε έναντι του συντακτικού μέτρου επιλογής μιας και αυτό θα έδειχνε ουσιαστικά το πόσο εύκολο είναι να περάσει κάποιος από το συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου τυχαία (στο πλαίσιο διάνυσης της διαδρομής ελάχιστης γωνιακής απόστασης), δηλαδή την προσπελασιμότητά του.

Καθοριστική σημασία έχει και ο τρόπος απεικόνισης του αποτελέσματος της ανάλυσης. Ανάλογα με τις τιμές ενσωμάτωσης δημιουργήθηκαν τρεις κλάσεις κατηγοριοποίησης με σκοπό την απεικόνιση των χαμηλών, μεσαίων και υψηλών τιμών, οι οποίες αντιστοιχίζονται στις λιγότερο προσβάσιμες περιοχές, στις περιοχές μεσαίας προσβασιμότητας και στις περιοχές υψηλής προσβασιμότητας. Για την απεικόνιση χρησιμοποιήθηκε η *Μέθοδος Φυσικών διακοπών (Natural Breaks – Jenks)* η οποία λέγεται ότι παρέχει τα πιο έμπιστα αποτελέσματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο αλγόριθμος προσπαθεί να βρει φυσικές ομαδοποιήσεις των δεδομένων για να δημιουργήσει κλάσεις. Οι κλάσεις προκύπτουν έτσι ώστε να υπάρχει μέγιστη διακύμανση μεταξύ των επιμέρους κλάσεων και ελάχιστη διακύμανση με την κάθε κλάση ξεχωριστά.

Σημειώνεται ότι οι παράμετροι που αναλύθηκαν στο βήμα αυτό και χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης χρησιμοποιήθηκαν σε όλες τις συντακτικές αναλύσεις που υλοποιήθηκαν στα διάφορα στάδια της εν λόγω μελέτης.

3.2.Μελέτη Λειτουργικού Προτύπου

Με την μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης του δικτύου ολοκληρώθηκε η διερεύνηση του συντακτικού προτύπου. Προκειμένου να διαμορφωθούν όμως οι κατάλληλες παρεμβάσεις απαραίτητη προϋπόθεση ήταν και η κατανόηση του χαρακτήρα της πόλης και της διάρθρωσης των δραστηριοτήτων της.

Στην εν λόγω έρευνα χρησιμοποιείται ο συνδυασμός του συντακτικού και του λειτουργικού προτύπου, με σκοπό την κατασκευή ενός μεθοδολογικού πλαισίου που θα εντοπίζει την τυπολογία του δικτύου σύμφωνα με τις τιμές ενσωμάτωσης των τμημάτων του και του λειτουργικού του περιβάλλοντος. Για τον λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε η μελέτη του λειτουργικού προτύπου, κατά την οποία «*αναλύεται το χωρικό πρότυπο των χρήσεων γης και η χωρική έκφρασή των ορίων της περιοχής μελέτης ούτως ώστε να αναγνωρισθεί ο λειτουργικός χαρακτήρας και ο τρόπος που αναπτύσσεται στον χώρο η πόλη*» (Παρασκευόπουλος, 2017).

3.3. Περιγραφή Παρεμβάσεων Βελτίωσης

Λαμβάνοντας υπόψη τις μελέτες που έχουν ήδη πραγματοποιηθεί στην κατεύθυνση της βελτίωσης των δικτύων κίνησης πεζών και πιο συγκεκριμένα των υποδομών τους, αναπτύχθηκε ένα πλαίσιο παρεμβάσεων βελτιστοποίησης μέσω της τοποθέτησης νέων διαβάσεων. Οι συχνές διαβάσεις συμβάλλουν στην αύξηση της καταλληλότητας της περιοχής για περπάτημα ενώ έχουν προοπτικές να προσελκύσουν περισσότερη ζήτηση πεζών μετακινήσεων όταν ο σχεδιασμός τους γίνεται ώστε να προσφέρεται όσο το δυνατόν περισσότερη άνεση και ασφάλεια στον πεζό.

Η απόφαση για την επιλογή της θέσης των διαβάσεων πρέπει, αναμφισβήτητα, να είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων παραγόντων αποτελούν οι υπάρχουσες χρήσεις γης, οι οποίες ουσιαστικά ευθύνονται για τις μετακινήσεις, αλλά και οι φόρτοι σε συνδυασμό με τις κατηγορίες του οδικού δικτύου που επηρεάζουν τόσο τις ταχύτητες όσο και την ασφάλεια της περιοχής μελέτης. Συνεπώς, αναπόσπαστο κομμάτι της διαδικασίας λήψης της εν λόγω απόφασης είναι η εκτενής μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης και πιο συγκεκριμένα των στοιχείων εκείνων που σχετίζονται με τις μετακινήσεις. Το πλαίσιο αυτό χωρίστηκε σε δύο επίπεδα με σκοπό την κατά το δυνατό πληρέστερη διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τις μετακινήσεις για την καλύτερη κατανόηση των αναγκών του δικτύου και την ορθότερη διαμόρφωση του μεθοδολογικού πλαισίου.

Προτού διαμορφωθούν οι προτεινόμενες μέθοδοι αντιμετώπισης του προβλήματος θεωρήθηκε χρήσιμο να οριστούν τα κριτήρια με τα οποία θα γινόταν η τοποθέτηση των διαβάσεων.

3.3.1. Κριτήρια Μορφής Διαβάσεων

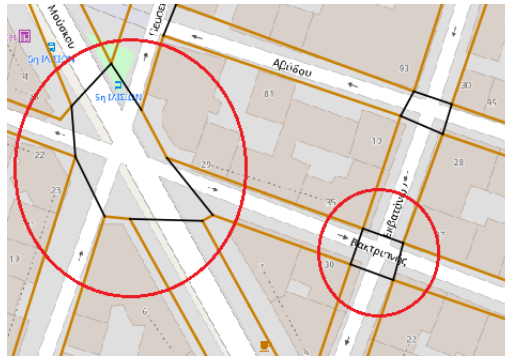
Τα παραπάνω αποτέλεσαν βασικό κίνητρο στην εστίαση της εν λόγω έρευνας στην αναζήτηση και την ανάδειξη των διαβάσεων εκείνων, που μπορούν να συμβάλλουν ουσιαστικά στην βελτίωση του δικτύου κίνησης των πεζών. Η επιλογή των θέσεων των καταλληλότερων διαβάσεων πραγματοποιήθηκε από ένα συνολικό δίκτυο που περιείχε όλες τις πιθανές διαβάσεις. Η διαμόρφωση του δικτύου αυτού έγινε βασισμένη στην λογική ότι πρέπει να εξασφαλίζεται η άμεση σύνδεση μεταξύ όλων των πλευρών του συνόλου των Ο.Τ.. Στην επιτυχή λήψη της απόφασης αυτής λειτούργησε καταλυτικά ο προσδιορισμός των κριτηρίων με βάση τα οποία αναδείχθηκαν οι πλέον απαραίτητες διαβάσεις με τρόπο τέτοιο ώστε η αλληλεπίδρασή τους να οδηγεί στην βελτιστοποίηση του συνολικού δικτύου.

Η διαμόρφωση του δικτύου που θα περιείχε όλες τις πιθανές θέσεις για τις προς χωροθέτηση διαβάσεις διαμορφώθηκε με βασικό κανόνα ότι οι διαβάσεις πρέπει να βρίσκονται στις «αιχμές» των Ο.Τ.. Ο κανόνας αυτός ονομάστηκε «αιχμή με αιχμή» και χρησιμοποιήθηκε καθώς η αναμενόμενη θέση για διαβάσεις, τόσο από τους πεζούς όσο και από τους οδηγούς, είναι στις απολήξεις των πλευρών των Ο.Τ. ώστε να διευκολύνεται η μετάβαση από το ένα Ο.Τ. στα γειτονικά του. Κατά αντιστοιχία, αν ληφθεί υπόψη το οδικό δίκτυο που διαχωρίζει τα Ο.Τ. του δήμου μεταξύ τους, ο παραπάνω κανόνας αποβλέπει στην ασφαλή κίνηση του πεζού από όλα τα τμήματά του. Στο δίκτυο με το σύνολο των διαβάσεων, λοιπόν, κάθε άξονας του οδικού δικτύου πρέπει να αντιστοιχίζεται σε μια διάβαση.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι στις τομές των αξόνων του οδικού δικτύου δημιουργούνται κόμβοι. Στους κόμβους αυτούς ουσιαστικά συναντιούνται όλα τα τμήματα

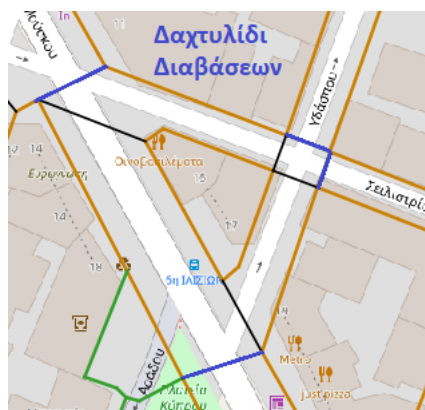
των αξόνων και ο σχεδιασμός των διαβάσεων έγινε ανάλογα με την τελική μορφή του συστήματος οδικού δικτύου - Ο.Τ..

-Πιο συγκεκριμένα, στις περιπτώσεις που τέμνονταν τουλάχιστον τέσσερα τμήματα αξόνων του οδικού δικτύου, οι πιθανές διαβάσεις τοποθετούνταν με τρόπο τέτοιο ώστε να δημιουργείται ένα «δαχτυλίδι» γύρω από κάθε κόμβο. Αυτό γινόταν με την ένωση όλων των γειτονικών Ο.Τ. μέσω διαβάσεων στις αιχμές των πλευρών τους.



Εικόνα 18: Δημιουργία "Δαχτυλιδιού" γύρω από τους κόμβους από τα γειτονικά τους Ο.Τ.

-Όταν τέμνονταν το πολύ τρία τμήματα οδικών αξόνων εφαρμόζοταν ένας κανόνας που ονομάστηκε «κανόνας κεντρικών Ο.Τ.». Σύμφωνα με τον κανόνα αυτό, οριζόταν το «κεντρικό» Ο.Τ. όπως και η γειτονιά του, δηλαδή τα Ο.Τ. που το περικλείαν. Γύρω από αυτό το κεντρικό Ο.Τ. σχεδιαζόταν πρώτα το «δαχτυλίδι» από τα Ο.Τ. της γειτονιάς του και κατόπιν γινόταν η μεταξύ τους σύνδεση η οποία γινόταν ως εξής: Από κάθε ακμή του κεντρικού Ο.Τ. ξεκινούσε μόνο μια διάβαση, η οποία τοποθετούνταν με τέτοιο τρόπο ώστε να καταλήγει κάθε φορά σε διαφορετικό Ο.Τ. της γειτονιάς. Ουσιαστικά, ο κανόνας αυτός απέβλεπε στην αποφυγή περιττών διαβάσεων μιας και απαγόρευε την πολλαπλή σύνδεση μεταξύ του κεντρικού Ο.Τ. και των γειτονικών του.



Εικόνα 19: Παράδειγμα "Κεντρικού Ο.Τ."

3.3.2. Κριτήρια Επιλογής Διαβάσεων

3.3.2.1. 1ο Επίπεδο Παρεμβάσεων Βελτίωσης

Ευαίσθητες Περιοχές

Κατά την βιβλιογραφία, σε περιοχές με χαμηλούς φόρτους (<3000 ΜΗΚ), χαμηλές ταχύτητες (<30km/h) και μικρό αριθμό λωρίδων (1-2) οι σηματοδοτούμενες διαβάσεις δεν είναι πάντα απαραίτητες στους κόμβους. Ωστόσο, σε ορισμένες χρήσεις που αποτελούν πόλους έλξης και προσελκύουν μετακινήσεις μπορεί να αποδειχτούν ωφέλιμες ανεξαρτήτως κυκλοφοριακών συνθηκών. Φυσικά, το φαινόμενο αυτό εντείνεται ακόμα περισσότερο όταν στην εν λόγω περιοχή υπάρχει ποικιλία χρήσεων γης. Με βάση τα προηγούμενα το πρώτο επίπεδο παρέμβασης για την βελτίωση του δικτύου εστίασε στις χρήσεις γης και στην πυκνότητά τους.

Σχετικά με τις χρήσεις που από την φύση τους αποτελούν προορισμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω, σημειώνεται ότι στο πλαίσιο της συγκεκριμένης έρευνας χαρακτηρίζονται ως «ευαίσθητες». Τέτοιες είναι η εκπαίδευση, ο αθλητισμός, ο πολιτισμός, οι υπηρεσίες υγείας και πρόνοιας, οι δημόσιες υπηρεσίες, οι χώροι πρασίνου και γενικά οι κοινόχρηστοι-κοινωνοφελείς χώροι. Επιπλέον ως ευαίσθητες χρήσεις θεωρήθηκαν και οι θρησκευτικοί χώροι και οι χώροι στους οποίους βρίσκονται στάσεις του Ο.Α.Σ.Α.

Για την προστασία των χρήσεων αυτών και την ανεμπόδιστη μετακίνηση των πεζών από και προς αυτές υπό ασφαλείς συνθήκες επιλέχθηκε ο ολοκληρωτικός θωρακισμός των οικοδομικών τετραγώνων στα οποία παρουσιάζεται κάποια ευαίσθητη χρήση. Με την έννοια «ολοκληρωτικός θωρακισμός» νοείται η άμεση σύνδεση του μέσω διαβάσεων με όλα τα γειτονικά του. Ως γειτονικά οικοδομικά τετράγωνα ορίζονται αυτά που το περιβάλλουν.

Πιο συγκεκριμένα, όταν εντοπιζόνταν «ευαίσθητες χρήσεις» η χωροθέτηση των διαβάσεων ακολούθησε την εξής τακτική:

- Σε περίπτωση που η χρήση αυτή καταλάμβανε το μεγαλύτερο μέρος ή και όλο το οικοδομικό τετράγωνο, τοποθετούνταν όλες οι διαβάσεις που προέβλεπε το υπό μελέτη σενάριο τόσο περιμετρικά του ίδιου του ευαίσθητου Ο.Τ. όσο και περιμετρικά των άμεσων γειτόνων του σε ακτίνα ενός Ο.Τ. Με τον τρόπο αυτό διασφαλιζόνταν τόσο η ανεμπόδιστη πρόσβαση του πεζού στην εν λόγω χρήση όσο και η εύκολη μετακίνησή του από και προς την κατεύθυνσή της.

- Σε περίπτωση που η χρήση περιοριζόταν σε πολύ μικρό μέρος του Ο.Τ., λόγου χάριν σε ένα μόνο κτήριο, τότε η τοποθέτηση όλων των διαβάσεων του υπό εξέταση σεναρίου περιοριζόταν μόνο περιμετρικά του «ευαίσθητου» Ο.Τ. Στην ίδια λογική αντιμετωπίστηκαν και οι περιοχές που υπήρχαν στάσεις Ο.Α.Σ.Α. μιας και ουσιαστικά πρόκειται για μια σημειακή χρήση.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι για το πρώτο επίπεδο παρέμβασης που αναλύθηκε παραπάνω, συναντάται η μοναδική εξαίρεση του κανόνα που προβλέπει ότι οι τα σημεία αιχμών των Ο.Τ. ενώνονται αποκλειστικά με σημεία αιχμών των γειτονικών τους Ο.Τ. (αιχμή-αιχμή). Σε περιπτώσεις σαν την προηγούμενη προτείνεται το σημείο της πλευράς όπου εντοπίζεται η ευαίσθητη σημειακή χρήση να συνδέεται με το κοντινότερο σημείο του απέναντι Ο.Τ. ανεξαρτήτως αν αυτό είναι αιχμή ή σημείο πλευράς.

Περιοχές με πυκνότητα χρήσεων

Εξίσου σημαντικές περιοχές με αυτές των ευαίσθητων χρήσεων, θεωρήθηκαν και εκείνες που παρουσιάζουν πυκνότητα χρήσεων. Η **πυκνότητα χρήσεων** μελετήθηκε σε επίπεδο Ο.Τ. ενώ οι παρεμβάσεις γίνανε σε επίπεδο πλευράς. Πιο συγκεκριμένα, ορίστηκε ότι ένα Ο.Τ. χαρακτηρίζεται από πυκνότητα χρήσεων όταν, στο σύνολο των κτηρίων, το συνολικό ποσοστό μη οικιστικών χρήσεων είναι τουλάχιστον 60%. Στα Ο.Τ. που συνέβαινε αυτό, εντοπίστηκαν οι πλευρές που συγκέντρωναν τις διαφορετικές χρήσεις και εξοπλίστηκαν με όλες τις διαβάσεις ώστε να εξασφαλίζεται η άμεση πρόσβαση του πεζού στις χρήσεις αυτές.

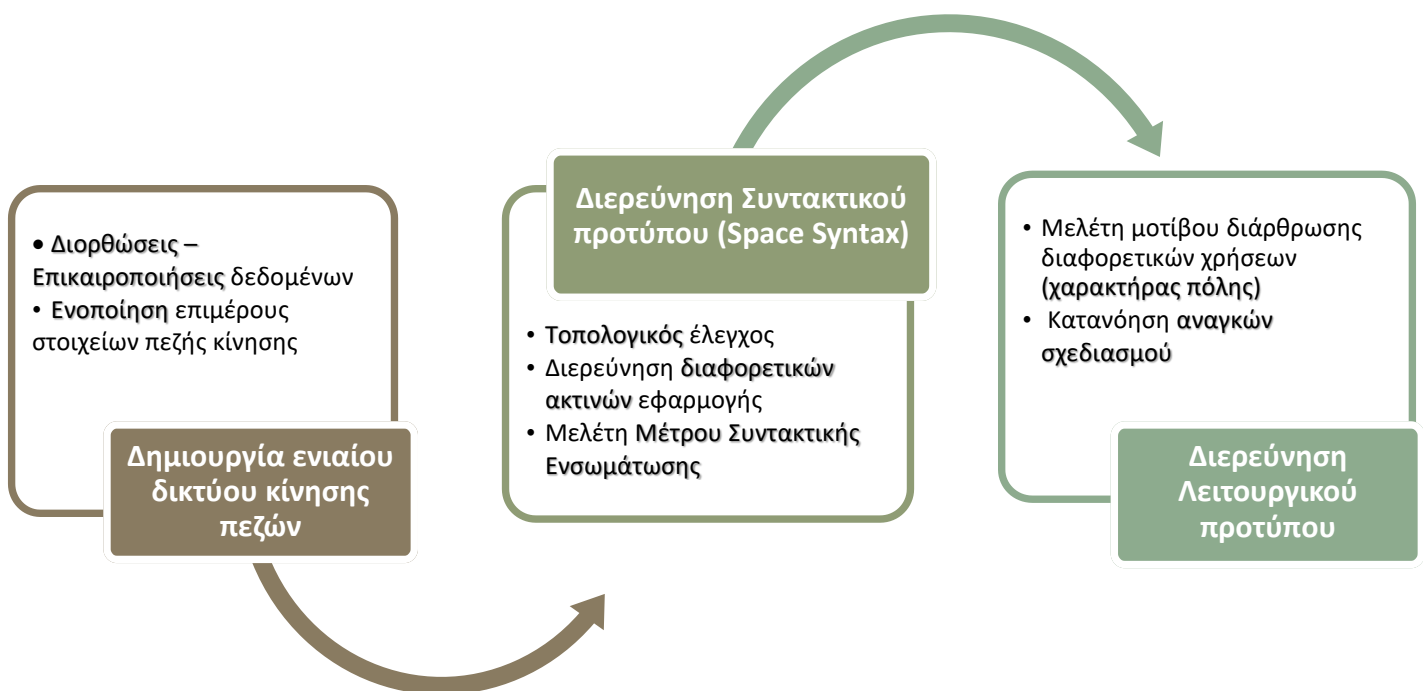
Σκοπός των παραπάνω είναι να δοθεί ουσιαστικά προτεραιότητα στην κίνηση του πεζού στα σημεία αυτά και να τελικά να δημιουργήσει φιλικό περιβάλλον προς αυτόν αλλά και κίνητρο για πεζές μετακινήσεις στις περιοχές αυτές.

Συντακτική Ανάλυση Δικτύου μετά το 1^ο στάδιο παρεμβάσεων

Αφού ολοκληρώθηκε επιτυχώς το πρώτο στάδιο παρέμβασης δημιουργήθηκε το νέο δίκτυο κίνησης πεζών. Το δίκτυο αυτό αποτελούνταν από το υφιστάμενο πεζοδίκτυο στο οποίο είχαν ενσωματωθεί οι διαβάσεις για τις «ευαίσθητες περιοχές» και τις «περιοχές με πυκνότητα χρήσεων». Αφού, λοιπόν, είχε διασφαλιστεί η ελεύθερη πρόσβαση των πεζών στις περιοχές αυτές πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος ορθότητας των προτεινόμενων παρεμβάσεων μέσω της συντακτικής ανάλυσης του νέου δικτύου από την οποία αναδείχτηκαν και οι περιοχές εκείνες που δεν βελτιώθηκαν κατά το πρώτο στάδιο.

Στην συνέχεια ακολούθησε το δεύτερο στάδιο παρέμβασης το οποίο υλοποιήθηκε στο νέο δίκτυο κίνησης. Οι παρεμβάσεις που αφορούσαν την δεύτερη, ουσιαστικά, βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης αναλύονται παρακάτω.

Ανακεφαλαιώνοντας, οι διαδικασίες που αποτελούν το 1^ο Επίπεδο Παρέμβασης συνοψίζονται στην Εικόνα 20.



Εικόνα 20: 1ο Στάδιο Παρέμβασης

3.3.2.2. 2ο Επίπεδο Παρεμβάσεων Βελτίωσης

Με το πρώτο επίπεδο παρέμβασης εξασφαλίζεται η ελεύθερη πρόσβαση στις περιοχές εκείνες που χρήζουν άμεσης προστασίας. Ωστόσο, οι διαβάσεις που προστέθηκαν περιορίστηκαν στις συγκεκριμένες περιοχές και για τον λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητη η υλοποίηση του δεύτερου επιπέδου παρέμβασης, το οποίο αφορούσε όλες τις υπόλοιπες περιοχές του δικτύου που δεν μελετήθηκαν κατά το πρώτο στάδιο.

Ζητούμενο πλέον ήταν η εύρεση του απαιτούμενου πλήθους διαβάσεων αλλά και των καταλληλότερων θέσεων για την τοποθέτησή τους ώστε να εξυπηρετούν όσο καλύτερα γίνεται τον πληθυσμό του δήμου. Πρόκειται, δηλαδή, για ένα πρόβλημα χωροθέτησης εγκαταστάσεων μιας και ουσιαστικά το πρόβλημα αυτό αναζητά “την καλύτερη τοποθέτηση ενός αριθμού μονάδων, με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, σε ένα δοσμένο γεωγραφικό χώρο, έτσι ώστε να επιτυγχάνονται κάποιοι στόχοι, όπως για παράδειγμα η καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών, λαμβάνοντας υπόψη κάποιους περιορισμούς” (Σκούτα, 2013). Στη συγκεκριμένη περίπτωση ως εγκαταστάσεις νοούνται οι διαβάσεις και ως ζήτηση οι προς εξυπηρέτηση πολίτες. Ο γεωγραφικός χώρος εστιάζει στις περιοχές του δικτύου που δεν βελτιώθηκαν μετά την πρώτη παρέμβαση ενώ στόχος είναι η κατά το δυνατόν καλύτερη εξυπηρέτηση της ζήτησης.

Μεθοδολογία επίλυσης Χωροθέτησης-Κατανομής

Η κατανόηση των θεωρητικών εννοιών οδήγησε στην τελική διαμόρφωση του προβλήματος χωροθέτησης-κατανομής το οποίο έπρεπε να λυθεί προκειμένου να γίνει η σωστή επιλογή των διαβάσεων. Ουσιαστικά, αφού διατυπώθηκε το πρόβλημα και έγιναν ξεκάθαροι οι στόχοι προς επίτευξη, επιλέχθηκε το κατάλληλο μοντέλο χωροθέτησης. Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία ανήκουν στα μοντέλα βελτιστοποίησης (Optimization Models) για την επίλυση των οποίων χρησιμοποιούνται ευρετικοί αλγόριθμοι.

Πιο συγκεκριμένα, ζητούμενο του σχεδιασμού ήταν η εύρεση των θέσεων και του αριθμού των ελάχιστων διαβάσεων που θα έπρεπε να τοποθετηθούν προκειμένου ο πεζός να μην περπατάει περισσότερο από μια ορισμένη απόσταση κάλυψης.

Ορισμός Παραμέτρων χωροθέτησης

- **Δίκτυο (Network)**

Για την εφαρμογή της διαδικασίας χωροθέτησης-κατανομής πρώτο βήμα ήταν ο κατάλληλος προσδιορισμός του δικτύου χωροθέτησης καθώς και των σημείων ζήτησης και προσφοράς. Το δίκτυο χωροθέτησης, όπως αναλύεται στο θεωρητικό υπόβαθρο, χρησιμοποιείται για την εύρεση των κατάλληλων θέσεων χωροθέτησης διαβάσεων και η δημιουργία του προέκυψε από το θεματικό επίπεδο του δικτύου κίνησης πεζών μετά την εφαρμογή του πρώτου σταδίου παρεμβάσεων.

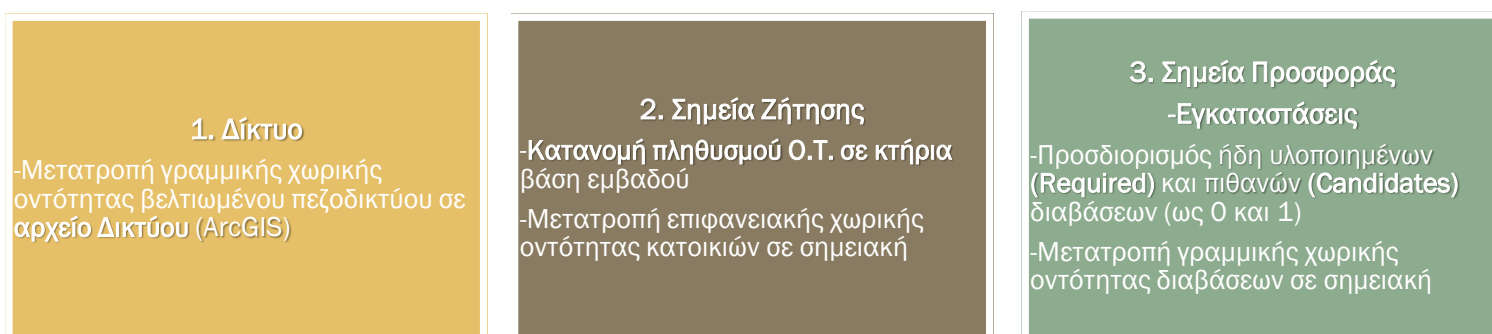
- **Σημεία Ζήτησης (Demand Points)**

Θεωρήθηκε ότι η ζήτηση καθορίζεται από τον πληθυσμό και συνεπώς ότι τα σημεία ζήτησης (demand points) βρίσκονται στις κατοικίες, ως αφετηρία των μετακινήσεων, γεγονός που δημιούργησε την ανάγκη κατανομής του πληθυσμού από τα Ο.Τ. στα αντίστοιχα κτήρια. Για την κατανομή του πληθυσμού στα κτήρια χρειάστηκε ο συνδυασμός των πληθυσμιακών δεδομένων ανά Ο.Τ. (απογραφή 2011, Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ.) και των εμβαδών τόσο των ίδιων των Ο.Τ. όσο και των κτηρίων που αντιστοιχούν στο καθένα.

- **Σημεία Προσφοράς (Facilities)**

Για τον προσδιορισμό των σημείων προσφοράς (facilities), δηλαδή των πιθανών σημείων χωροθέτησης των διαβάσεων, έπρεπε να σχεδιαστούν με βάση τους κανόνες όλες οι πιθανές διαβάσεις του δικτύου. Φυσικά, σαν πιθανές διαβάσεις ορίζονται όλες οι υπόλοιπες διαβάσεις του δικτύου εκτός από τις υφιστάμενες και αυτές που τοποθετήθηκαν κατά το πρώτο επίπεδο παρέμβασης, οι οποίες θεωρούνται σε αυτό το στάδιο ως ήδη υλοποιημένες. Τελικά, κατά τον προσδιορισμό των παραμέτρων χωροθέτησης οι διαβάσεις που προαναφέρθηκαν σαν ήδη υλοποιημένες χαρακτηρίστηκαν προαπαιτούμενες (Required) ενώ οι πιθανές σαν υποψήφιες (Candidates).

Ο προσδιορισμός των παραμέτρων που αναλύθηκε παραπάνω παρουσιάζεται στην Εικόνα 21.



Εικόνα 21: Προσδιορισμός Παραμέτρων Χωροθέτησης - Κατανομής

Προσδιορισμός Προβλημάτων Χωροθέτησης-Κατανομής

Η εφαρμογή της χωροθέτησης-κατανομής υλοποιήθηκε σε δύο στάδια από την άποψη ότι τέθηκαν δύο ερωτήματα για την ορθότερη επίτευξη του στόχου.

Το πρώτο πρόβλημα τέθηκε για σκοπούς ελέγχου της ορθής λειτουργίας του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, ως πρόβλημα θεωρήθηκε η ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου ή της απόστασης μετακίνησης, δηλαδή από τα σημεία ζήτησης προς τα σημεία προσφοράς, το οποίο στο περιβάλλον του ArcMap στο οποίο πραγματοποιούνται οι επεξεργασίες, εκφράζεται ως «*Minimize Impedance problem*». Το πρόβλημα του *Minimize Impedance* επιλύεται με το μοντέλο *p*-median που αναλύθηκε στην θεωρία.

Το επόμενο πρόβλημα που ορίστηκε ήταν αυτό που ουσιαστικά όριζε τους στόχους της χωροθέτησης. Πρόκειται για το πρόβλημα ελαχιστοποίησης των χωροθετούμενων εγκαταστάσεων (διαβάσεων) ώστε ο χρόνος μεταφοράς να μην ξεπερνάει μια καθορισμένη απόσταση κάλυψης ή αλλιώς το «*Minimize Facilities Problem*». Κατά τον προσδιορισμό των παραμέτρων ζητείται ο υπολογισμός των μετακινήσεων να γίνεται με αφετηρία τα σημεία ζήτησης και προορισμό τα σημεία προσφοράς (Demand to Facilities) και προσδιορίζεται μόνο η απόσταση κάλυψης, δηλαδή η μέγιστη επιθυμητή απόσταση μετακίνησης. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι ο ίδιος στόχος μπορεί να επιτευχθεί και με την επίλυση ενός προβλήματος μεγιστοποίησης της καλυμμένης ζήτησης με την χωροθέτηση προκαθορισμένου αριθμού εγκαταστάσεων *p* (*Maximize Coverage Problem*) αν στις παραμέτρους της χωροθέτησης οριστεί ως *p* το σύνολο των υποψήφιων διαβάσεων.

Απόσταση κάλυψης

Σειρά είχε η εύρεση της κατάλληλης απόστασης κάλυψης ώστε η συχνότητα των διαβάσεων να παρέχει την απαιτούμενη ασφάλεια και ελευθερία κίνησης των πεζών χωρίς όμως να στέκεται εμπόδιο στην κίνηση των οχημάτων, ειδικά στις κεντρικές οδικές αρτηρίες. Στην όλη διαδικασία λήφθηκε υπόψη και το κόστος εγκαταστάσεων υπό την μορφή του πλήθους των διαβάσεων.

Η μελέτη σχετικά με την **απόσταση κάλυψης** πραγματοποιήθηκε μιας και αν χωροθετούνταν λανθασμένος αριθμός διαβάσεων, ο σχεδιασμός θα είχε τα αντίθετα αποτελέσματα. Η σωστή επιλογή της απόστασης κάλυψης προέκυψε από την μελέτη των συνθηκών του περιβάλλοντος αλλά και των αναγκών του δήμου. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η περιοχή μελέτης πρόκειται για μια ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένη αστική περιοχή είναι ξεκάθαρο ότι οι χωροθετικές αποφάσεις που έπρεπε να ληφθούν αφορούσαν ένα περιβάλλον το οποίο περιβάλλεται από αβεβαιότητες και συνεχείς μεταβολές. Με βάση την βιβλιογραφία, τέτοιες περιπτώσεις σχεδιασμού πρέπει να υλοποιούνται με χωροθετικό σχεδιασμό βασισμένο σε σενάρια.

Δημιουργία Σεναρίων με βάση την Απόσταση κάλυψης

Τα σενάρια στα οποία βασίζεται ο χωροθετικός σχεδιασμός που μελετάται αφορούν τις **αποστάσεις κάλυψης** που πρέπει να καθοριστούν προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της βελτιστοποίησης του δικτύου κίνησης των πεζών. Αφετηρία για την διαμόρφωση των διαφόρων σεναρίων αποτέλεσε η παραδοχή ότι η μέγιστη επιτρεπτή απόσταση βαδίσματος του πεζού από το σημείο αφετηρίας του (ζήτηση) μέχρι την κοντινότερη διάβαση(προσφορά) δεν πρέπει να ξεπερνά το άθροισμα του μέσου μήκους πλευράς και του μέσου μήκους διάβασης. Με βάση το αποτέλεσμα δημιουργήθηκαν δύο σενάρια μικρότερης και δύο σενάρια μεγαλύτερης απόστασης προκειμένου να ελεγχθεί τόσο η ορθότητα της παραδοχής όσο και να συγκριθούν αναλυτικά όλες οι λύσεις. Συνολικά, λοιπόν, ελέγχθηκαν πέντε πιθανά σενάρια. Όπως ήταν λογικό, το μήκος της απόστασης κάλυψης που μελετήθηκε στα σενάρια ήταν αντιστρόφως ανάλογο του πλήθους των διαβάσεων που προέκυπτε από την εκάστοτε χωροθέτηση, δηλαδή όσο μεγαλύτερη ήταν η επιτρεπτή απόσταση βαδίσματος τόσο λιγότερες διαβάσεις χρειαζόνταν για την εξυπηρέτηση της ζήτησης.

Περιγραφή Παραμέτρων Αξιολόγησης Σεναρίων

Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία διαμόρφωσης των σεναρίων, σειρά είχε η υλοποίηση της χωροθέτησης-κατανομής για κάθε σενάριο καθώς και η συντακτική του ανάλυση με σκοπό την μελέτη και την αξιολόγηση των εξαγόμενων αποτελεσμάτων. Για την ορθότερη και ακριβέστερη **αξιολόγηση των σεναρίων** αποφασίστηκε να λαμβάνονται υπόψη διάφοροι παράγοντες όπως ο αριθμός διαβάσεων που τοποθετούνται, το ποσοστό πληθυσμού που δεν εξυπηρετείται, το ποσοστό διαβάσεων πέμπτης κατηγορίας και η μέση τιμή συντακτικής ενσωμάτωσης (Integration) κάθε σεναρίου.

Ο αριθμός των διαβάσεων κάθε σεναρίου προέκυψε από το πλήθος των διαβάσεων που προτείνεται να χωροθετηθούν σε κάθε σενάριο και σχετίστηκε με το κόστος της χωροθέτησης. Το ποσοστό πληθυσμού που δεν εξυπηρετείται υπολογίστηκε μέσω του συντελεστή βάρους που είχε οριστεί στα σημεία ζήτησης και σχετιζόταν με τον πληθυσμό που κατανέμεται από κάθε Ο.Τ. σε κάθε κτήριο του. Η παράμετρος “διαβάσεις πέμπτης

κατηγορίας” είναι ένα μέγεθος που ορίστηκε για την διαβάθμιση της σημαντικότητας των προτεινόμενων διαβάσεων όλων των σεναρίων και παίρνει τιμή από ένα(1) έως πέντε(5) ανάλογα με το πλήθος των σεναρίων στα οποία συναντάται η κάθε διάβαση. Σε όσα περισσότερα σεναρία προτείνεται μια διάβαση τόσο πιο σημαντική θεωρείται, με αποτέλεσμα όσες διαβάσεις προτείνονται και στα πέντε σεναρία (διαβάσεις 5^{ης} κατηγορίας) να θεωρούνται αναγκαίες για την επίτευξη της βέλτιστης χωροθέτησης. Για την απεικόνιση της πυκνότητας των σημαντικών διαβάσεων στο δικτύου χρησιμοποιήθηκε η Μέθοδος Εκτίμησης Πυκνότητας Πυρήνα (Kernel Density Estimation). Το εργαλείο Kernel Density υπολογίζει την πυκνότητα των χαρακτηριστικών σε μια γειτονιά γύρω από αυτά και το αποτέλεσμα του είναι η αναπαράστασή τους ως ένα συνεχές πεδίο (raster). Για κάθε σημείο του συνεχές πεδίου (κελί) υπολογίζεται η τιμή της εκτίμησης της πυκνότητας των χαρακτηριστικών που δημιουργείται από τα χαρακτηριστικά που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη της ακτίνας εφαρμογής του αλγορίθμου. Το μέγεθος του κελιού, το πεδίο του χαρακτηριστικού που πρέπει να χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό, οι μονάδες του μέτρου και της ακτίνας ή το εύρος ζώνης μπορεί να καθοριστεί από τον χρήστη (Smith et al. 2007).

Σύγκριση Σεναρίων με την βοήθεια της Συντακτικής Ανάλυσης

Η συντακτική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο διορθωμένο δίκτυο για κάθε σενάριο είχε, αναμφισβήτητα, καθοριστική σημασία στην διαδικασία αξιολόγησης των σεναρίων. Το παραπάνω γεγονός οφείλεται στο ότι από την συντακτική τους ανάλυση έγινε εμφανής τόσο ποιοτικά, μέσω της απεικόνισης, όσο και ποσοτικά, μέσω της τιμής των συντακτικών μέτρων, το αποτέλεσμα της σύγκρισης τόσο των σεναρίων μεταξύ τους όσο και του προτεινόμενου σεναρίου με την αρχική κατάσταση.

Για την υλοποίηση της σύγκρισης και την επιλογή του βέλτιστου σεναρίου ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία. Αρχικά, υπολογίστηκε η συσχέτιση μεταξύ των προτεινόμενων τιμών απόστασης κάλυψης και των αντίστοιχων τιμών κάθε παραμέτρου ξεχωριστά, μέσω της συνάρτησης Pearson. Η εν λόγω συνάρτηση χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να ελεγχθεί η ορθότητα της δημιουργίας μιας ενιαίας βάσης σύγκρισης μέσω ενός δείκτη που θα συνδύαζε όλες τις προαναφερθείσες παραμέτρους. Φυσικά, ο συνδυαστικός αυτός δείκτης θα είχε υπόσταση μόνο κατόπιν επιβεβαίωσης της συσχέτισης (θετικής ή αρνητικής) και θα χρησιμοποιούνταν τόσο στην αξιολόγηση των σεναρίων όσο και στον εντοπισμό του σεναρίου με την μεγαλύτερη αποδοτικότητα.

Δημιουργία Δείκτη Σύγκρισης

Για την δημιουργία ενός συνδυαστικού **δείκτη** που θα ήταν εύκολα κατανοητός και ερμηνεύσιμος θεωρήθηκε ότι οι τιμές των παραμέτρων πρέπει να αναφέρονται σε μια ενιαία βάση η οποία θα επέτρεπε την μεταξύ τους σύγκριση. Για να υλοποιηθεί το παραπάνω προϋποτίθεται ότι οι τιμές των παραμέτρων μπορούν να κανονικοποιηθούν, γεγονός που καθιστά τον έλεγχο τους απαραίτητο. Μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του εν λόγω ελέγχου σειρά είχε η δημιουργία ενός πίνακα βαθμολογίας με τις κανονικοποιημένες τιμές των παραμέτρων κάθε σεναρίου, από τον οποίο θα προέκυπτε και ο δείκτης.

Για την αξιολόγηση της ορθότητας του πίνακα βαθμολογίας ελέγχθηκε ότι οι τιμές των παραμέτρων συμμετέχουν στην διαμόρφωση του δείκτη σωστά. Πιο συγκεκριμένα, ζητούμενο ήταν το ποσοστό πληθυσμού που δεν εξυπηρετείται και ο αριθμός προτεινόμενων

διαβάσεων να είναι όσο το δυνατόν μειωμένα ενώ το ποσοστό διαβάσεων 5^{ης} κατηγορίας και η μέση τιμή ενσωμάτωσης όσο το δυνατόν αυξημένα. Έτσι, οι ελάχιστες τιμές των δύο πρώτων παραμέτρων και οι μέγιστες των δύο τελευταίων εξέφραζαν ουσιαστικά τη βέλτιστη κατάσταση για την εκάστοτε παράμετρο. Για τον λόγο αυτό, οι τιμές αυτές στον κανονικοποιημένο πίνακα θα έπρεπε να είναι ίσες με την μονάδα, ενώ όσο οι τιμές κάθε παραμέτρου για τα υπόλοιπα σενάρια αποκλίνουν από τις βέλτιστες θα σημειωνόταν όλο και μεγαλύτερη μείωση μέχρι τον μηδενισμό τους. Φυσικά, όταν η τιμή των σεναρίων ήταν μηδενική παρουσιάζονταν το χειρότερο σενάριο για την συγκεκριμένη παράμετρο.

Τελικά, από τον κανονικοποιημένο πίνακα με τις τελικές βαθμολογίες των παραμέτρων για κάθε σενάριο υπολογίστηκε ο αντίστοιχος δείκτης, ο οποίος προέκυψε από την μέση τιμή των βαθμολογιών κάθε σεναρίου. Ωστόσο, για την σύγκριση των σεναρίων η οποία θα οδηγούσε στην τελική πρόταση, δεν λήφθηκε υπόψη η τιμή του δείκτη αυτή καθαυτή αλλά η μείωση του ρυθμού μεταβολής του, που μεταφράστηκε σαν απώλεια της αποδοτικότητας της χωροθέτησης μεταξύ διαδοχικών σεναρίων. Ουσιαστικά, εντοπίζοντας το σενάριο μετά το οποίο ξεκινά να αυξάνεται πολύ ο ρυθμός μείωσης του δείκτη, εντοπίζεται το σενάριο της πρότασης. Αν και ως ιδανική κατάσταση θα μπορούσε να θεωρηθεί το σενάριο με την μεγαλύτερη πυκνότητα διαβάσεων, λόγω της προσβασιμότητας που προσφέρει αδιαφορώντας για το κόστος του, ζητούμενο στην περίπτωση ενός δήμου αποτελεί συνήθως ο βέλτιστος συνδυασμός αποδοτικότητας (συνδεσιμότητας) και κόστους. Για τον λόγο αυτό η προτείνεται ουσιαστικά σε αντίστοιχες περιπτώσεις μελέτης να θεωρείται ως αφετηρία το σενάριο στο οποίο παρατηρείται η χρυσή τομή αποδοτικότητας-κόστους και αν ο προϋπολογισμός το επιτρέπει και κρίνεται χρήσιμο, να βελτιστοποιείται ακόμα περισσότερο η κατάσταση που μελετάται.

3.3.2.3. Διορθωτικές Παρεμβάσεις

Αφού ολοκληρώθηκε και η επιλογή του κατάλληλου σεναρίου σειρά είχε το τελευταίο στάδιο παρεμβάσεων που αφορούσε την προφύλαξη των πεζών στις περιοχές αυξημένης επικινδυνότητας. Ως διαβάσεις με αυξημένη επικινδυνότητα χαρακτηρίστηκαν οι διαβάσεις εκείνες που βρίσκονταν σε οδικά τμήματα των ανώτερων επιπέδων ιεραρχίας του δικτύου και σε τμήματα στα οποία σημειώνεται υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος. Τα τμήματα δρόμου με τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν προηγουμένως ευνοούν την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων και απρόβλεπτης οδηγικής συμπεριφοράς αντίστοιχα ενώ ταυτόχρονα δημιουργούν ένα περιβάλλον δικτύου κάθε άλλο παρά ευχάριστο και ασφαλές για τον πεζό. Για την διόρθωση της κατάστασης που μόλις περιγράφηκε, μελετήθηκαν οι κατηγορίες του οδικού δικτύου και τα αντίστοιχα δεδομένα κίνησης από την εφαρμογή Traffic του Google Maps.

Όσων αφορά τα δεδομένα κίνησης, η έλλειψη αναλυτικών φόρτων οδήγησε στην αναλυτική ψηφιοποίηση των τυπικών τιμών κίνησης τεσσάρων χαρακτηριστικών ημέρων της εβδομάδας. Μάλιστα, λαμβάνοντας υπόψη τις μεταβολές της κίνησης κατά την διάρκεια της ημέρας αποφασίστηκε η ψηφιοποίηση δύο χαρακτηριστικών ωρών αιχμής, μιας πρωινής και μιας βραδινής. Οι ώρες για τις οποίες έγινε η ψηφιοποίηση ήταν 8π.μ. και 8μ.μ. ενώ οι τέσσερις μέρες που επιλέχθηκαν ήταν η Τετάρτη, η Πέμπτη, το Σάββατο και η Κυριακή. Θεωρήθηκε ότι η Δευτέρα και η Παρασκευή παρουσιάζουν την ίδια κυκλοφοριακή συμπεριφορά με την Τετάρτη ενώ η Τρίτη με την Πέμπτη. Το Σάββατο και η Κυριακή μελετήθηκαν ξεχωριστά μιας και αποτελεί κοινό τόπο πως τόσο το πλήθος των μετακινήσεων

όσο και οι ώρες που πραγματοποιούνται διαφοροποιούνται αρκετά ανάμεσα στις δύο αυτές μέρες. Σημειώνεται ότι στην εφαρμογή του Google Maps η ιεράρχηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης γίνεται σε μια κλίμακα από το ένα έως το τέσσερα, με την μονάδα να υποδηλώνει μια κατάσταση χαμηλού φόρτου, ο οποίος αυξάνεται όσο μεγαλώνει η κατηγορία ιεράρχησης.

Αφού ολοκληρώθηκε η ψηφιοποίηση των δεδομένων όπως περιγράφηκε παραπάνω μελετήθηκε η τυπική κυκλοφοριακή συμπεριφορά και εντοπίστηκαν τα τμήματα του οδικού δικτύου στα οποία σημειώνονταν κατ' επανάληψη υψηλά επίπεδα φόρτου. Ως υψηλά επίπεδα φόρτου θεωρήθηκαν αυτά που ανήκαν στην τρίτη (3) κατηγορία κατάταξης του Traffic και πάνω. Συνδυάζοντας τα παραπάνω, αποφασίστηκε στα οδικά τμήματα που ανήκουν σε μεγάλες οδικές αρτηρίες, στην περίπτωση μελέτης συλλεκτικές ή δευτερεύουσες οδούς, και εμφανίζουν περισσότερες από μια φορά έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση, ίση ή ανώτερη της τρίτης κατηγορίας ιεράρχησης, να υπάρχουν «φυλασσόμενες διαβάσεις». Με τον όρο «φυλασσόμενες» αποφασίστηκε να χαρακτηρίζονται οι διαβάσεις πεζών τύπου pelican. Πρόκειται για φωτοελεγχόμενες διαβάσεις οι οποίες προτείνεται να είναι εξοπλισμένες με νέου τύπου χαμηλής κατανάλωσης (Extra Low Voltage-ELV) λαμπτήρες LED, σύστημα καταμέτρησης εναπομείναντα χρόνου (Pedestrian Countdown) και σύστημα ζήτησης τύπου αφής για πεζούς προκειμένου να λειτουργούν με το πάτημα ενός κουμπιού ενεργοποίησης. Με τον τρόπο αυτό, οι πεζοί μπορούν να διασχίσουν με ασφάλεια τις οδικές αρτηρίες μιας και όποτε εμφανιστεί η ανάγκη έχουν την δυνατότητα να ενεργοποιήσουν την φωτεινή σηματοδότηση πεζών και να χρησιμοποιήσουν την διάβαση ενώ την ίδια στιγμή γνωρίζουν πόσο χρόνο έχουν στην διάθεσή τους και συνεπώς μπορούν να αποφασίσουν αν επαρκεί ώστε να διασχίσουν τον δρόμο με ασφάλεια. Ταυτόχρονα, θα αποφεύγονται οι περαιτέρω καθυστερήσεις στα ήδη κυκλοφοριακά φορτωμένα οδικά τμήματα μιας και οι οδηγοί θα χρειάζεται να σταματούν μόνο κατόπιν αιτήματος του πεζού. Σημαντικό είναι επίσης ότι ο προτεινόμενος σχεδιασμός είναι και ιδιαίτερα φιλικός προς το περιβάλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΕΦΑΡΜΟΓΗ

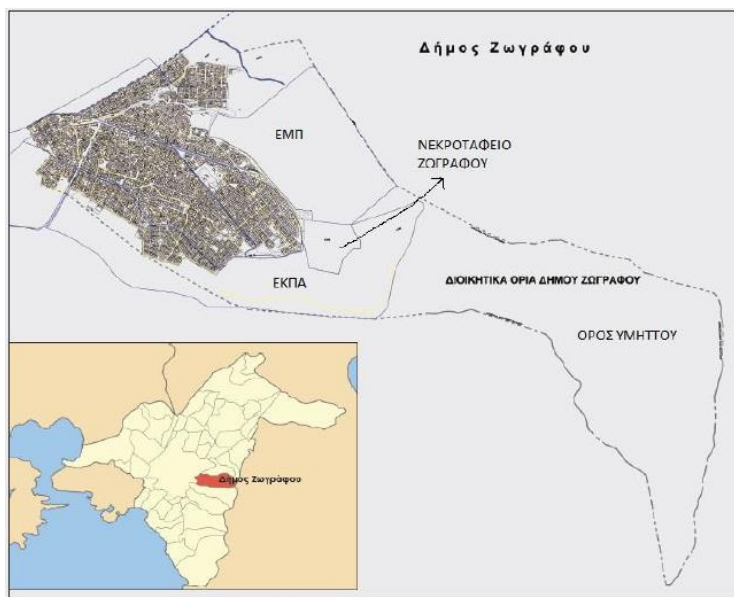
4.1. Υφιστάμενη Κατάσταση Περιοχής Μελέτης

Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης έρευνας χρειάστηκε η μελέτη των δημογραφικών στοιχείων αλλά και των ευρύτερων χαρακτηριστικών της περιοχής. Στο εν λόγω κεφάλαιο αναφέρονται στοιχεία για τον μόνιμο πληθυσμό ανά Ο.Τ., τα οποία, όπως αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο, παραχωρήθηκαν από την ΕΛ.ΣΤΑΤ μαζί με τα χαρτογραφικά υπόβαθρα που αξιοποιήθηκαν για την απεικόνισή τους και αναφέρονται στην τελευταία απογραφή του 2011. Επιπλέον, αρκετές πληροφορίες σχετικά με τα γενικά στοιχεία του δήμου εντοπίστηκαν από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Ζωγράφου (2012-2014) και από το Τεχνικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΑΔΑ) του Δήμου Ζωγράφου στο πλαίσιο μελέτης της διπλωματικής εργασίας «Χωροθετική Ανάλυση και Βελτιστοποίηση του Συστήματος Συλλογής Αστικών Στερεών Αποβλήτων – Η περίπτωση του Δήμου Ζωγράφου», Λιόλιος Μιχαήλ 2019. Επισημαίνεται το γεγονός ότι ως περιοχή μελέτης ορίζεται το αμιγώς οικιστικό τμήμα του δήμου Ζωγράφου και συνεπώς δεν περιλαμβάνονται εκτάσεις όπως το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και ο Υμηττός αλλά ούτε ειδικές χρήσεις όπως το νεκροταφείο και οι στρατιωτικές εγκαταστάσεις.

4.1.1. Γενικά Στοιχεία

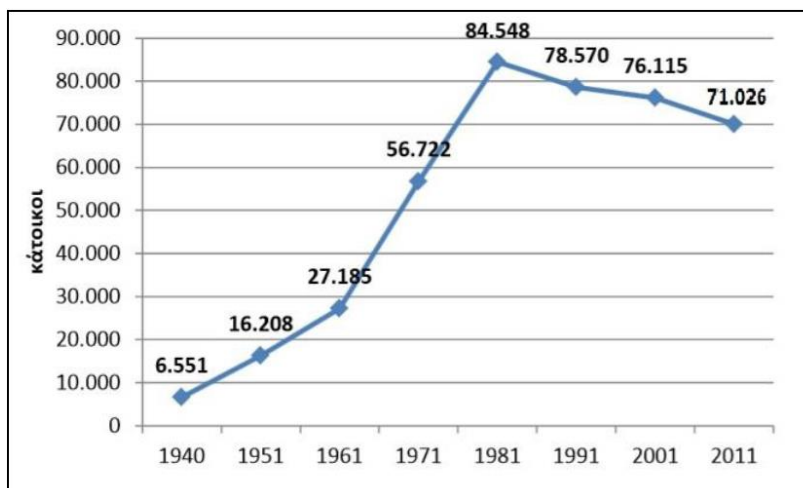
Ο Δήμος Ζωγράφου είναι μία από τις ανατολικές συνοικίες της Αθήνας που εντοπίζεται στα 4 χλμ. ανατολικά του κέντρου των Αθηνών, σε υψόμετρο 140 μέτρων και καταλαμβάνοντας μια έκταση 8.517 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Βρίσκεται στους πρόποδες του Υμηττού (στις Βορειοδυτικές πλαγιές του) και χαρακτηρίζεται από το έντονο ανάγλυφο που δημιουργείται χάρη στις απότομες κλίσεις του εδάφους και στα φυσικά ρέματα τα οποία πλέον έχουν μετατραπεί σε τμήματα του οδικού δικτύου. Συνορεύει από βορρά με τον Δήμο Παπάγου-Χολαργού, δυτικά με τον Δήμο Αθηναίων και νότια με τον Δήμο Καισαριανής (Εικόνα 22). Ανατολικά του δήμου συναντάται το όρος Υμηττός, το οποίο καταλαμβάνει το 40% της συνολικής του έκτασης (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Ζωγράφου, 2012 – 2014).

Υπάγεται στο γενικότερο πολεοδομικό συγκρότημα των Αθηνών και εντάσσεται γεωγραφικά στο Κεντρικό Τομέα Αθηνών της Περιφέρειας Αττικής. Στο πλαίσιο του Δήμου εντάσσονται οι συνοικίες Γουδή, Νέος Ζωγράφος, Παλαιός Ζωγράφος, Πανόραμα Ζωγράφου και Ιλίσια.



Εικόνα 22: Διοικητικά όρια και γεωγραφική θέση Δήμου Ζωγράφου. (Πηγή: Μπισαράκη, 2009, σελ. 27)

Ο μόνιμος πληθυσμός του δήμου ανέρχεται στους 71.026 κατοίκους με βάση την τελευταία απογραφή της ΕΛ.ΣΤΑΤ του 2011 ενώ σήμερα υπολογίζεται ότι κατοικείται από περίπου 100.000 ανθρώπους. Αξιοσημείωτο είναι ότι μέχρι το 1981, όπου ο πληθυσμός ανερχόταν στους 84.548 κατοίκους, παρουσιαζόταν ραγδαία πληθυσμιακή αύξηση η οποία μετέτρεψε την πόλη σε μια από τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές της Αθήνας. Μετά το 1981, ωστόσο, ο πληθυσμός εμφάνισε μια συνεχή πτωτική τάση. Τα παραπάνω παρουσιάζονται στο γράφημα της Εικόνας 23.



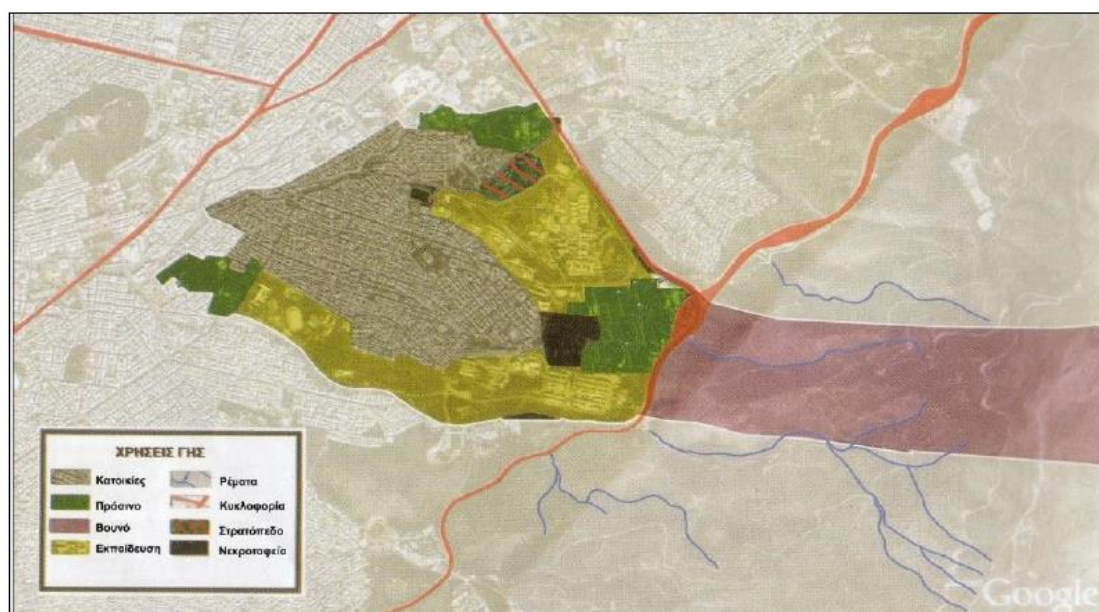
Εικόνα 23: Πληθυσμιακή εξέλιξη Δήμου Ζωγράφου 1940-2011 (Πηγή: ΤΣΑΔΑ Δήμου Ζωγράφου, 2015, σελ. 22)

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην τελευταία απογραφή της ΕΛ.ΣΤΑΤ. το 2011, παρατηρήθηκε μείωση του πληθυσμού σε ποσοστό 9,6% συγκριτικά με το 1991, η οποία έρχεται σε αντιπαράθεση με την ανοδική πορεία τόσο της Περιφέρειας (6,1%) όσο και της χώρας (5,5%), όπως φαίνεται και στην Εικόνα 24 (Λιόλιος, 2019).

ΠΕΡΙΟΧΗ	1991	2001	2011	ΜΕΤΑΒΟΛΗ 1991-2011 (%)
ΕΛΛΑΔΑ	10.223.392	10.934.097	10.816.286	5,50%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ	3.594.817	3.894.573	3.828.434	6,10%
ΔΗΜΟΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ	78.570	76.115	71.026	-9,60%

Εικόνα 24: Πληθυσμιακή εξέλιξη σε επίπεδο χώρας, περιφέρειας και Δήμου Ζωγράφου μεταξύ 1991-2011 (Πηγή: ΤΣΑΔΑ Δήμου Ζωγράφου, 2015, σελ. 21)

Αν και ο δείκτης πυκνότητας πληθυσμού ανέρχεται σε 8,226 κάτ./τ.χλμ, δηλαδή είναι χαμηλότερος του μέσου όρου (13.788 κάτ./τ.χλμ) ο δήμος χαρακτηρίζεται ως αστικός και ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένος μέχρι σήμερα, τουλάχιστον στο οικιστικό του κομμάτι. Η αντίθεση αυτή οφείλεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της διαμόρφωσης του δήμου τα οποία εξηγούνται από το γεγονός ότι το 40% της έκτασής του καταλαμβάνεται από δασικές εκτάσεις, το 17,7% από εκτάσεις ειδικού πολεοδομικού καθεστώτος (Πανεπιστημιούπολη και Πολυτεχνειούπολη) και το 2,9% από χώρους ειδικού προορισμού (νεκροταφείο). Συνεπώς, μόνο το 30% της συνολικής έκτασης του Δήμου θεωρείται οικιστική περιοχή και εντάσσεται εντός σχεδίου πόλεως, με αποτέλεσμα τον περιορισμό μεγάλου αριθμού κατοίκων σε μικρή περιοχή. Τα παραπάνω γίνονται πιο ξεκάθαρα μέσω της Εικόνας 25 που απεικονίζει τις βασικές χρήσεις γης του Δήμου Ζωγράφου (ΤΣΑΔΑ Δήμου Ζωγράφου, 2015).



Εικόνα 25: Βασικές χρήσεις γης Δήμου Ζωγράφου (Πηγή: Μπισαράκη, 2009, σελ. 32)

Ο Δήμος Ζωγράφου θεωρείται ως «δήμος - κέντρο» υπερτοπικής σημασίας στο οικιστικό δίκτυο του Ανατολικού Λεκανοπεδίου της Αθήνας, σύμφωνα με το ισχύον Ρ.Σ.Α./1985 γεγονός που οφείλεται στις εγκαταστάσεις ΑΕΙ (Ε.Μ.Π. και Ε.Κ.Π.Α.), των Μητροπολιτικών Πάρκων Γουδή και Ιλισίων αλλά και του νεκροταφείου Ζωγράφου.

Παρότι η έκταση των χώρων πρασίνου στο σύνολο του δήμου είναι αρκετά μεγάλη, παρουσιάζεται μια ιδιομορφία σε ότι αφορά την κατανομή τους και την παρουσία τους στον οικισμένο χώρο. Χαρακτηριστικά, στην Α΄ Φάση του Επιχειρησιακού Προγράμματος του Δήμου Ζωγράφου 2012-2014 αναφέρεται: «Συνολικά στην Δήμο, υπάρχει ελεύθερος χώρος

για αναψυχή του αστικού πληθυσμού σε ποσοστό 61,1% της συνολικής του έκτασης, εκτεινόμενος σε επιφάνεια 4.500 περίπου στρεμμάτων γης σε εξαιρετικά ενδιαφέρουσες θέσεις, ιδανικές για ανάπτυξη δράσεων αναψυχής. Αντίθετα με τα παραπάνω, οι ελεύθεροι χώροι πρασίνου μέσα στον οικιστικό χώρο περιορίζονται σε ένα ποσοστό 1,8% επί της συνολικής έκτασης του Δήμου. Η ποσοστιαία συμμετοχή των χώρων αστικού πρασίνου μέσα στο σχέδιο πόλεως φτάνει το 6.4%, που αντιστοιχεί σε 1,36 μ²/κάτοικο.» Το γεγονός αυτό οφείλεται στην οργανική εξέλιξη του δήμου, η οποία λόγω της μεγάλης ζήτησης χώρων κατοικίας και της ταυτόχρονης ανυπαρξίας χώρου επέκτασης του σχεδίου πόλεως, χαρακτηρίζεται από ένα οικιστικό τμήμα πολύ πυκνής δόμησης, με ψηλά κτήρια και έλλειψη χώρων στάθμευσης και πρασίνου. (Λιόλιος 2019)

Στο πλαίσιο της οργανικής εξέλιξης του Δήμου διαμορφώθηκε με την πάροδο των χρόνων και το οδικό δίκτυο στην σημερινή του μορφή. Αποτέλεσμα αυτού είναι η έλλειψη ακριβούς ιεράρχησής του. Συγκροτείται από 223 δρόμους διάφορου πλάτους και εκτείνεται σε μήκος 73.825 μέτρων καταλαμβάνοντας ποσοστό 31% του εγκεκριμένου ρυμοτομικού σχεδίου (εκτός χώρων ΑΕΙ και νεκροταφείου). Χαρακτηριστικό του οδικού δικτύου είναι επίσης ο μονόπλευρος προσανατολισμός του προς το κέντρο της Αθήνας.

4.2. Συλλογή Δεδομένων

Στην ενότητα που ακολουθεί πρόκειται να αναλυθεί η διαδικασία συλλογής των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση της συντακτικής ανάλυσης του δικτύου κίνησης πεζών και τον σχεδιασμό της προτεινόμενης χωροθέτησης. Για την μελέτη και αξιολόγηση του δικτύου σημαντική ήταν η δημιουργία μιας χωρικής βάσης δεδομένων (γεωβάσης) στην οποία συγκεντρώθηκε το σύνολο των προς εξέταση στοιχείων σε ψηφιακή μορφή.

Βασικός πυλώνας της εν λόγω μελέτης ήταν το δίκτυο πεζής κίνησης του Δήμου. Με βάση την παραδοχή ότι το δίκτυο κίνησης των πεζών αποτελείται από τις περιοχές στις οποίες ο πεζός μπορεί να κινηθεί ελεύθερα και έχει προτεραιότητα, αναζητήθηκαν δεδομένα που αφορούσαν τις καταγραφές των υπάρχοντων πεζοδρομίων, πεζόδρομων, μονοπατιών, διαβάσεων και φωτεινής σηματοδότησης για πεζούς. Τα δεδομένα αυτά παραχωρήθηκαν από την Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου από την οποία είχαν προηγηθεί πρόσφατες καταγραφές. Στοιχεία σχετικά με την κατάσταση των παραπάνω, παρότι αναζητήθηκαν, δεν βρέθηκαν, ενώ ταυτόχρονα ο όγκος της ζητούμενης πληροφορίας καθιστούσε την επιτόπια καταγραφή τους αδύνατη.

Παρόλο που το θέμα από την φύση του εστιάζει στην κίνηση των πεζών, δεν μπορούσε παρά να μελετηθεί και η κίνηση των οχημάτων. Για τον λόγο αυτό αναζητήθηκαν δεδομένα σχετικά με τους οδικούς άξονες, την ιεράρχηση τους καθώς και ορισμένοι χαρακτηριστικοί φόρτοι. Για την ιεράρχηση του οδικού δικτύου αξιοποιήθηκαν δεδομένα τα οποία προέκυψαν από τον συνδυασμό της μελέτης του ΓΠΣ του Δήμου Ζωγράφου και ορισμένων δεδομένων που παραχωρήθηκαν από τον δήμο. Όσον αφορά τα δεδομένα φόρτου, το γεγονός ότι δεν υπήρχαν διαθέσιμες μετρήσεις φόρτων στην αρμόδια υπηρεσία του δήμου είχε ως αποτέλεσμα την συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών μέσω της ψηφιοποίησης δεδομένων κυκλοφορίας που παρέχονται από το Google Maps. Επιλέχθηκαν τέσσερις χαρακτηριστικές μέρες της εβδομάδας, όπως αναλύεται στο σχετικό κεφάλαιο, και έγινε ψηφιακή καταγραφή για τις ώρες αιχμής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι για την ουσιαστικότερη κατανόηση του χαρακτήρα και των αναγκών του Δήμου σημαντική ήταν η μελέτη ευρύτερων στοιχείων του. Αφετηρία αποτέλεσαν τα γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης όπως τα διοικητικά όρια του δήμου, τα οικοδομικά του τετράγωνα καθώς και τα κτήρια που περιέχονται σε αυτά. Η ανάλυση που ακολούθησε πραγματοποιήθηκε κυρίως σε επίπεδο κτηρίων ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή κατανομή της παρεχόμενης πληροφορίας στον χώρο. Οι πληροφορίες αυτές συλλέχθηκαν ως επί τω πλείστων από τον δήμο, με εξαίρεση τα οικοδομικά τετράγωνα, τα οποία ελήφθησαν από την ΕΛ.ΣΤΑΤ, για λόγους αντιστοιχισής τους με περαιτέρω πληροφορίες από την ίδια πηγή οι οποίες αναφέρονται στην συνέχεια.

Καθοριστικός παράγοντας για την πρόβλεψη της πιθανής ζήτησης που θα εξυπηρετούνταν από τις προς χωροθέτηση διαβάσεις ήταν τα πληθυσμιακά δεδομένα από την τελευταία απογραφή του 2011. Η συγκέντρωσή τους έγινε σε επίπεδο οικοδομικών τετραγώνων κατόπιν αίτησης στον διαδικτυακό ιστότοπο της ΕΛ.ΣΤΑΤ.

Αναπόσπαστο κομμάτι του εν λόγω σχεδιασμού, κατά αναλογία με αντίστοιχες έρευνες που μελετήθηκαν, αποτέλεσε η αναζήτηση των χρήσεων γης σε επίπεδο κτηρίου. Τα αρχικά δεδομένα ελήφθησαν από καταγραφές αντίστοιχων εργασιών που αφορούσαν τον δήμο. Ωστόσο, το τελικό αποτέλεσμα, που εστίαζε στις χρήσεις ισογείων των κτηρίων, προέκυψε μετά από επικαιροποιήσεις των υποβάθρων που βασίστηκαν στην εξοικείωση με την περιοχή

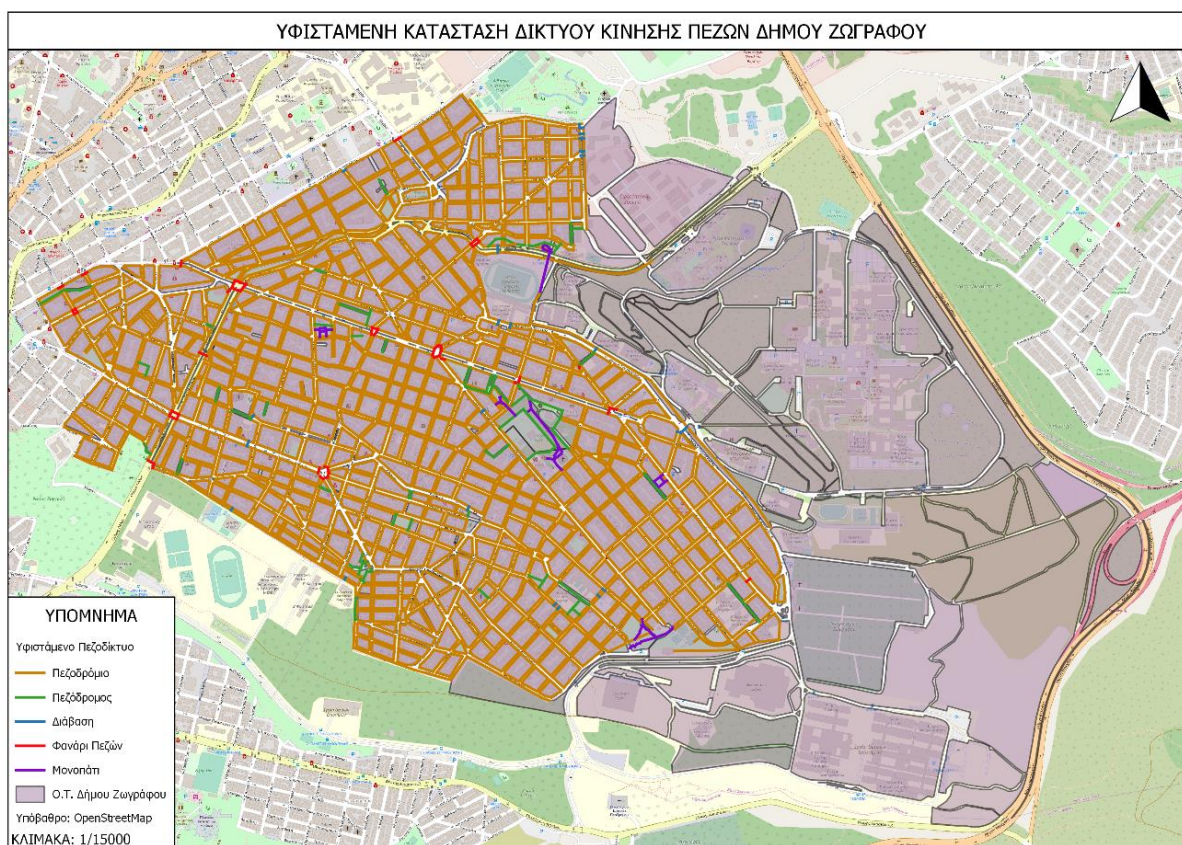
αλλά και σε ψηφιακές αυτοψίες που πραγματοποιήθηκαν μέσω των δορυφορικών εικόνων του Google Earth.

Κατόπιν ολοκλήρωσης της συλλογής και διόρθωσης των παραπάνω δεδομένων κατέστη δυνατή η επεξεργασία τους και τελικά η παραγωγή των απαραίτητων πληροφοριών για την υλοποίηση του μεθοδολογικού πλαισίου. Οι προαναφερθείσες διαδικασίες αναλύονται στην συνέχεια.

4.3. Προετοιμασία και Επεξεργασία Δεδομένων

Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας ήταν η κατάλληλη προετοιμασία και επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Με τον τρόπο αυτό το σύνολο των πληροφοριών μπόρεσε να αξιοποιηθεί για την αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης και για την εφαρμογή των κριτηρίων επιλογής της βέλτιστης θέσης των διαβάσεων.

Το πρώτο και βασικό βήμα για την μελέτη, ήταν η δημιουργία του υφιστάμενου δικτύου κίνησης πεζών για την υλοποίηση της συντακτικής του ανάλυσης προκειμένου να αναδειχθούν τα συντακτικά πρότυπα της περιοχής μελέτης και να κατανοηθούν οι ανάγκες που πρέπει να ικανοποιηθούν με τον προτεινόμενο σχεδιασμό. Για την δημιουργία του προς ανάλυση δικτύου, όπως αυτό περιγράφηκε στην μεθοδολογία, δημιουργήθηκε στην γεωβάση μια κλάση οντοτήτων (feature class) η οποία περιείχε όλα τα στοιχεία που απαρτίζουν το “πεζοδίκτυο” με κατάλληλο τρόπο ώστε να δημιουργείται ένα ενιαίο δίκτυο κίνησης. Η ενοποίηση σε μια κλάση οντοτήτων έγινε με σκοπό την ταυτόχρονη και ενιαία διαχείρισή τους. Το αποτέλεσμα της απεικόνισης του δικτύου παρουσιάζεται στον Χάρτη 1.



Χάρτης 1: Υφιστάμενη Κατάσταση Δικτύου Πεζών Δήμου Ζωγράφου

4.3.1. Συντακτικό Πρότυπο Δικτύου

Το συντακτικό πρότυπο διαμορφώθηκε μέσα από την υλοποίηση της συντακτικής ανάλυσης, η οποία προϋποθέτει την υλοποίηση κάποιων βημάτων, τα οποία θα αναλυθούν σε αυτήν την ενότητα.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την ορθή υλοποίηση της ανάλυσης είναι η προετοιμασία του δικτύου πεζής κίνησης μέσω της Τοπολογικής του διόρθωσης. Αρχικά ελέγχεται και διορθώνεται το δίκτυο ώστε να είναι εξασφαλιστεί η ορθή συνδεσιμότητά του και να εντοπιστούν τυχών λάθη. Η διαδικασία αυτή απαιτεί την δημιουργία κόμβων στις διασταυρώσεις των αξόνων με σκοπό την τμηματοποίηση του δικτύου. Κατόπιν πραγματοποιούνται οι απαραίτητες διορθώσεις που αφορούσαν:

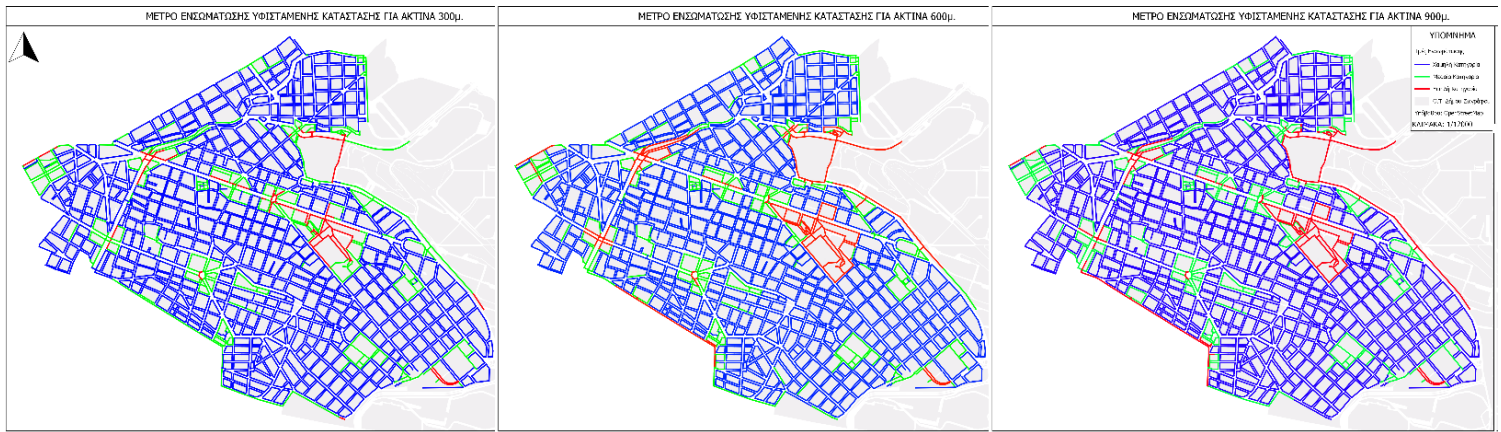
- Την διόρθωση των συνδέσεων για την διασφάλιση της σωστής τομής των γραμμών
- Την διαγραφή των γραμμών με ταυτόσημη γεωμετρία (διπλότυπα)
- Την διαγραφή γραμμών με μηδενικό μήκος
- Την διόρθωση (διαγραφή) των ασύνδετων νησίδων του δικτύου (disconnected islands)
- Την απλοποίηση γεωμετρίας αξόνων (simplify geometry)

Αφού διορθώνονται όλα τα σφάλματα εφαρμόζεται ξανά έλεγχος και επαληθεύεται ότι δεν έχουν εντοπιστεί νέα τοπολογικά λάθη. Σημειώνεται ότι ένα μέρος των διορθώσεων πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον του ArcMap λόγω της καλύτερης τοπολογίας που προσφέρει.

Η υλοποίηση της Γωνιακής Διανυσματικής Ανάλυσης προϋποθέτει την μετατροπή του ενιαίου δικτύου κίνησης πεζών σε διανυσματικό χάρτη (segment map), μέσω της εργαλειοθήκης “Space Syntax Toolkit”, με σκοπό την μελέτη των επιμέρους τμημάτων των αξόνων του δικτύου.

Για την επαλήθευση και την ανάλυση του συντακτικού μοντέλου χωρικής ανάλυσης, το Space syntax toolkit ξεκινά από το εργαλείο Ανάλυσης Γραφήματος. Στο εργαλείο αυτό ορίζεται ως θεματικό επίπεδο εφαρμογής της ανάλυσης το θεματικό επίπεδο του ενιαίου δικτύου κίνησης πεζών και προσδιορίζονται οι διαφορετικές ακτίνες μελέτης αλλά και το είδος ανάλυσης.

Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 26) παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της συντακτικής ανάλυσης και για τις τρεις ακτίνες εφαρμογής. Με μπλε χρώμα απεικονίζονται οι χαμηλές τιμές ενσωμάτωσης, με πράσινο οι μεσαίες και με κόκκινο οι υψηλές.



Εικόνα 26: Εφαρμογή συντακτικού μέτρου ενσωμάτωσης του υφιστάμενου πεζοδικτύου για διαφορετικές ακτίνες εφαρμογής

Από τις παραπάνω απεικονίσεις γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι στα περισσότερα τμήματα του δικτύου χαρακτηρίζονται από χαμηλή προσβασιμότητα ενώ αρκετά είναι και αυτά στα οποία δεν υπάρχει καθόλου πρόσβαση (νησιά). Για τον λόγο αυτό κιόλας, παρότι ελέγχθηκαν τρεις διαφορετικές ακτίνες εφαρμογής, τα αποτελέσματα της ανάλυσης εμφανίζουν μεγάλες ομοιότητες στο μεγαλύτερο μέρος του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, οι περιοχές με την καλύτερη προσβασιμότητα εντοπίζονται στις κεντρικές αρτηρίες του δήμου (Λεωφόρος Παπάγου, Ούλφ Πάλμε, Γρηγορίου Αυξεντίου) και επεκτείνονται με την αύξηση της ακτίνας εφαρμογής. Αντίθετα, οι περιοχές που φαίνεται να είναι πιο απομονωμένες και δυσπρόσιτες εντοπίζονται κυρίως στις διάφορες “γειτονιές” του δήμου και ειδικά στα οικιστικά τους μέρη.

Σημαντική παρατήρηση είναι ότι ακόμα και σε ακτίνα 900m που αντιστοιχεί σε απόσταση που το μεγαλύτερο ποσοστό ανθρώπων δεν θα ήταν πρόθυμο να περπατήσει, τα περισσότερα τμήματα του δικτύου δεν είναι εύκολα προσβάσιμα. Επομένως, η ανάγκη υλοποίησης παρεμβάσεων που θα βελτιώνε την συνδεσιμότητα του δικτύου, στα πλαίσια ενός βιώσιμου σχεδιασμού, είναι επιτακτική. Ο προτεινόμενος σχεδιασμός, μάλιστα, θα στόχευε στην βελτιστοποίηση της καθολικής συνδεσιμότητας του συστήματος και συνεπώς θα έπρεπε να είναι αρκετά λεπτομερής ώστε να καλύπτει και τις επιμέρους γειτονιές που σχηματίζονται στον δήμο. Για τον λόγο αυτό τόσο η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης όσο και οι μετέπειτα συγκρίσεις με τον προτεινόμενο σχεδιασμό αποφασίστηκε να πραγματοποιηθούν χρησιμοποιώντας ως σημείο αναφοράς την κατά το δυνατό μικρότερη ακτίνα εφαρμογής της ανάλυσης, δηλαδή την ακτίνα των 300 μέτρων.

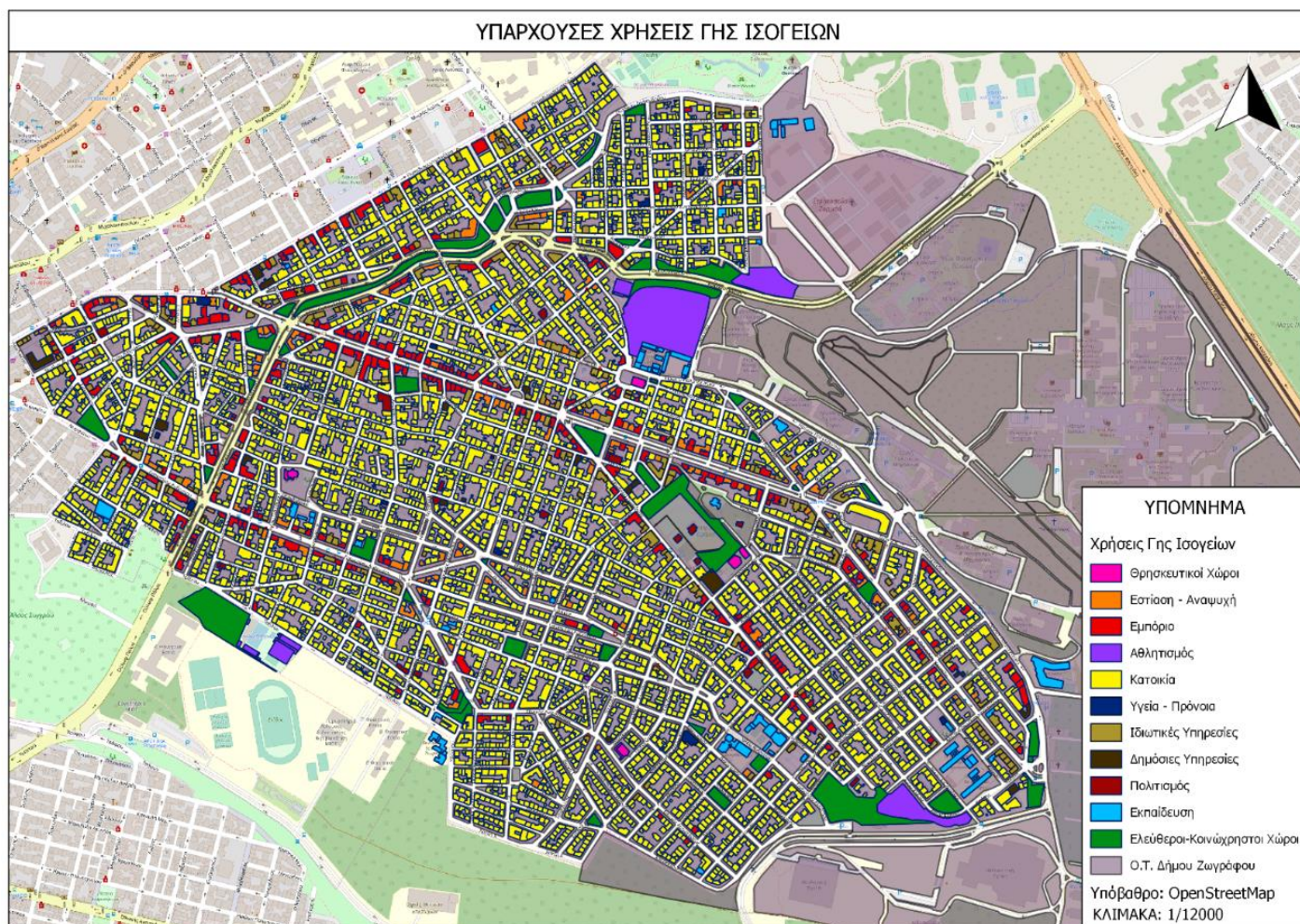
Για την ευκολότερη μελέτη της υπάρχουσας κατάστασης δημιουργήθηκε ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 1), στον οποίο συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για την ακτίνα ενδιαφέροντος και υπολογίζονται τα ποσοστά του δικτύου που αντιστοιχούν σε κάθε κατηγορία επιβεβαιώνοντας όσα αναφέρθηκαν παραπάνω.

Αποτελέσματα Συντακτικής Ανάλυσης (Ακτίνα: 300m)													
	ΜΗΚΟΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ			ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΘΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ (στο συνολικό μήκος)			ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΔΙΑΒΑΣΕΩΝ (m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΒΑΣΕΩΝ (στο συνολικό μήκος δικτύου)	Μέση Τιμή Ενσωμάτωσης ανά κατηγορία			ΣΥΝΟΛΟ ΔΙΚΤΥΟΥ: Μέση Τιμή Ενσωμάτωσης
	ΧΑΜΗΛΗ (m)	ΜΕΣΑΙΑ (m)	ΥΨΗΛΗ (m)		ΧΑΜΗΛΗ (%)	ΜΕΣΑΙΑ (%)	ΥΨΗΛΗ (%)			ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ	
Υφιστάμενη	94301,34	19241,80	4480,60	118023,74	79,90	16,30	3,80	1044,43	0,88	9,303642	20,261396	35,632821	12,28
1η Βελτίωση	44513,20	79578,20	44012,80	168104,20	37,72	67,43	37,29	15575,16	9,27	33,8655	88,1726	140,18	90,17

Πίνακας 1: Σύνοψη Αποτελεσμάτων της Συντακτικής Ενσωμάτωσης του δήμου για ακτίνα εφαρμογής 300μ.

4.3.2. Λειτουργικό Πρότυπο Δήμου

Για την διερεύνηση του λειτουργικού προτύπου του δήμου συγκεντρώθηκαν οι διαφορετικές χρήσεις γης ισογείων σε επίπεδο κτηρίων και οργανώθηκαν σε μια ενιαία κλάση οντοτήτων στην γεωβάση όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω Χάρτη 2.

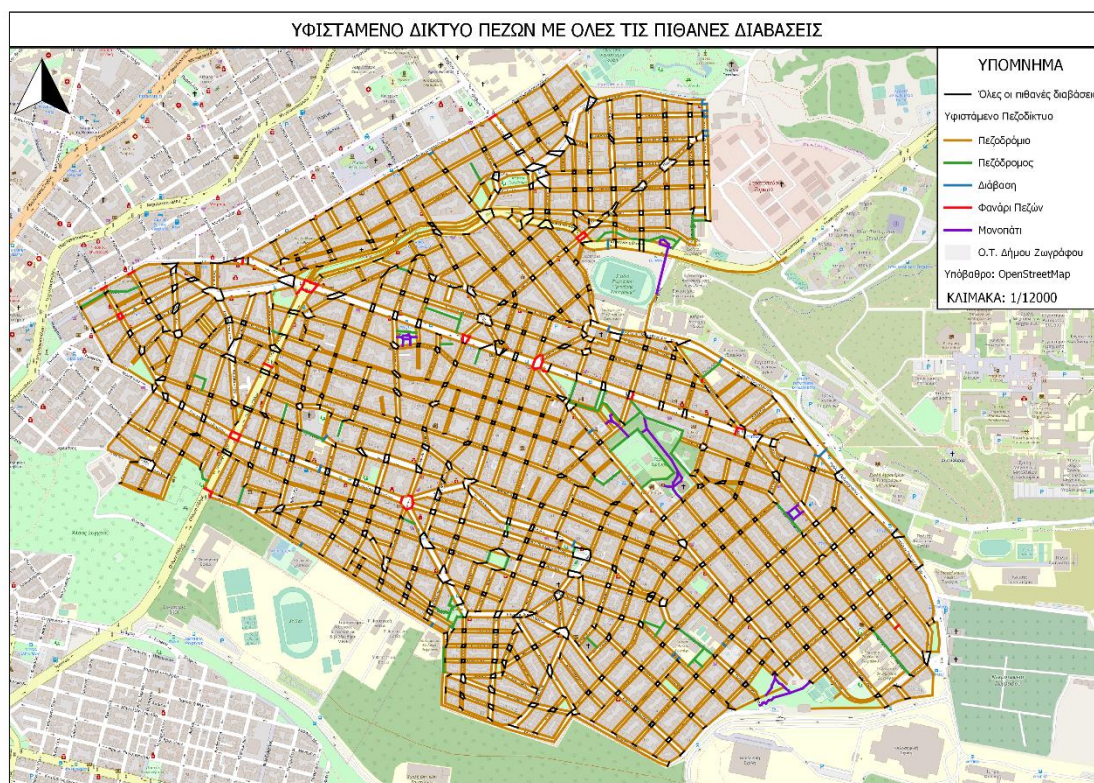


Χάρτης 2: Χάρτης Υφιστάμενων Χρήσεων Γης σε επίπεδο Ισογείων

Από τον Χάρτη 2 γίνεται αντιληπτό ότι πρόκειται για έναν δήμο με αρκετά οικιστικό χαρακτήρα, ο οποίος οργανώνεται σε επίπεδο γειτονιάς, όπου οι μη οικιστικές χρήσεις εμφανίζονται κατά κύριο λόγο εκατέρωθεν των σημαντικότερων οδικών αξόνων και περιμετρικά των γειτονιών.

4.3.3. Υλοποίηση Παρεμβάσεων

Όπως αναλύθηκε στον μεθοδολογικό πλαίσιο, η επιλογή των προτεινόμενων διαβάσεων έγινε μέσα από ένα δίκτυο στο οποίο τοποθετήθηκαν όλες οι πιθανές διαβάσεις με βάση τους κανόνες που θεσπίστηκαν. Το δίκτυο αυτό παρουσιάζεται στην Εικόνα 27.



Εικόνα 27: Υφιστάμενο Δίκτυο Πεζών με όλες τις πιθανές διαβάσεις

Ουσιαστικά, από το σύνολο των πιθανών διαβάσεων που παρουσιάζονται στην Εικόνα 27 επιλέχθηκαν οι κατάλληλες με βάση τα επίπεδα παρέμβασης που αναλύονται στην συνέχεια.

4.3.3.1. 1^ο Επίπεδο Παρέμβασης

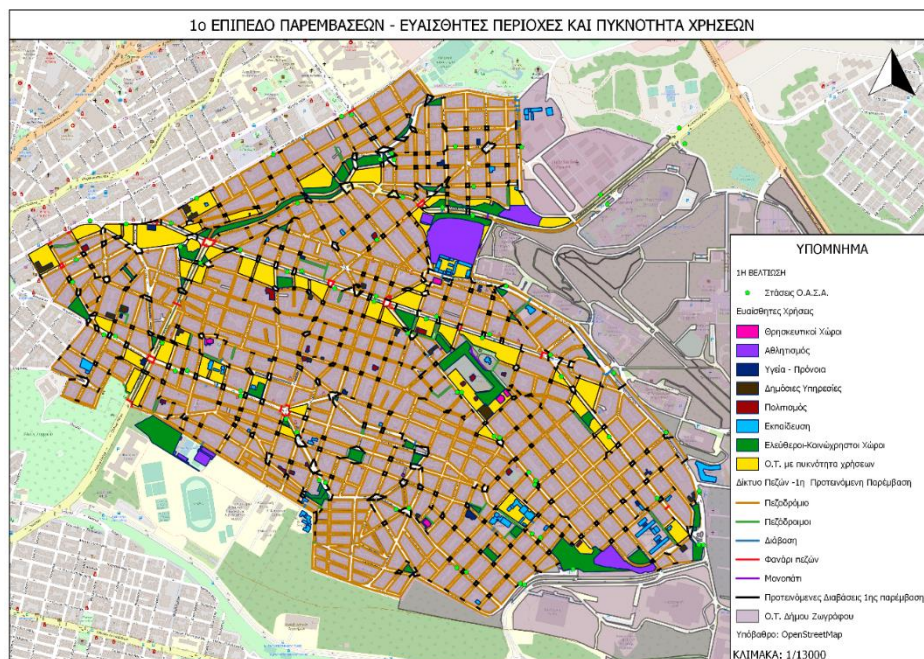
4.3.3.1.1. Εντοπισμός «Ευαίσθητων χρήσεων» και «Περιοχών με πυκνότητα χρήσεων»

Από την μελέτη του λειτουργικού προτύπου προέκυψε και το πρώτο επίπεδο παρέμβασης στην κατεύθυνση της βελτίωσης της προσβασιμότητας του δικτύου. Όπως αναλύεται διεξοδικά και στην μεθοδολογία, το πρώτο στάδιο της διαδικασίας βελτίωσης του δικτύου αποβλέπει στην ενίσχυση της συνδεσιμότητας συγκεκριμένων περιοχών αυξημένης ζήτησης με την τοποθέτηση διαβάσεων. Πιο συγκεκριμένα, οι περιοχές ενδιαφέροντος αφορούσαν ορισμένες ευαίσθητες χρήσεις και περιοχές στις οποίες παρουσιαζόταν πυκνότητα χρήσεων. Για τον εντοπισμό των «ευαίσθητων περιοχών» συγκεντρώθηκαν οι «ευαίσθητες χρήσεις» σε μια κλάση οντοτήτων προκειμένου να εντοπιστούν τα Ο.Τ. στα οποία έπρεπε να εφαρμοστεί η μεθοδολογία της εν λόγω παρέμβασης. Η εύρεση των Ο.Τ. με «πυκνότητα χρήσεων» χρειάστηκε μια διαδικασία επεξεργασιών η οποία αναλύεται ακολούθως.

Απαραίτητη προϋπόθεση ήταν η αντιστοίχιση των κτηρίων στα Ο.Τ. στα οποία ανήκουν καθώς η πληροφορία για τις χρήσεις υπήρχε σε επίπεδο κτηρίου ενώ για τον πληθυσμό ανά Ο.Τ.. Η αντιστοίχιση αυτή επιτεύχθηκε με την τομή (intersect) των δυο θεματικών επιπέδων που περιείχαν τα Ο.Τ.(επικαλυπτόμενο επίπεδο) και τα κτήρια(επιτιθέμενο επίπεδο), με τρόπο τέτοιο ώστε να δημιουργείται ένα νέο θεματικό επίπεδο το οποίο έχει μόνο τις περιοχές των πολυγώνων των δύο επιπέδων που ήταν κοινές. Ο λόγος επιλογής της συγκεκριμένης πράξης είναι το γεγονός ότι τελικά το νέο επίπεδο που δημιουργήθηκε είχε αφενός την γεωμετρία των κτηρίων και αφετέρου από την επίθεση των δυο επιπέδων είχε διατηρηθεί η πληροφορία του χαρακτηριστικού αριθμού του Ο.Τ. στο οποίο «ακουμπούσε» κάθε κτήριο. Τελικά, το νέο θεματικό επίπεδο περιείχε το σύνολο των κτηρίων με τον αντίστοιχο χαρακτηριστικό αριθμό Ο.Τ. στο οποίο ανήκει το καθένα και την πληροφορία για την χρήση του.

Με βάση την λογική που περιγράφηκε για τον χαρακτηρισμό των Ο.Τ. ως προς την πυκνότητα χρήσεών τους, βασικό βήμα ήταν ο εντοπισμός των κτηρίων μη οικιστικής χρήσης. Αφού από το νέο θεματικό επίπεδο επιλέχθηκαν τα κτήρια μη οικιστικής χρήσης, υπολογίστηκε με το κατάλληλο εργαλείο του ArcMap το άθροισμα του εμβαδού τους για κάθε Ο.Τ. Συνεπώς, υπολογίστηκε το συνολικό εμβαδόν κτηρίων μη οικιστικής χρήσης για κάθε Ο.Τ.. Η πληροφορία αυτή αντιστοιχίστηκε (join) στο θεματικό επίπεδο που περιείχε τα Ο.Τ. του δήμου, με βάση τον χαρακτηριστικό αριθμό των Ο.Τ., στο οποίο υπήρχε και η πληροφορία για το συνολικό εμβαδόν κάθε Ο.Τ.. Έτσι, υπολογίζοντας τον λόγο του εμβαδού μη οικιστικής χρήσης προς το συνολικό εμβαδόν του αντίστοιχου Ο.Τ., για κάθε Ο.Τ., μπόρεσε να προσδιοριστεί και το ποσοστό μη οικιστικής χρήσης για κάθε Ο.Τ. και τελικά να εντοπιστούν όσα χαρακτηρίζονται από «πυκνότητα χρήσεων», δηλαδή έχουν ποσοστό μη οικιστικής χρήσης τουλάχιστον 60%.

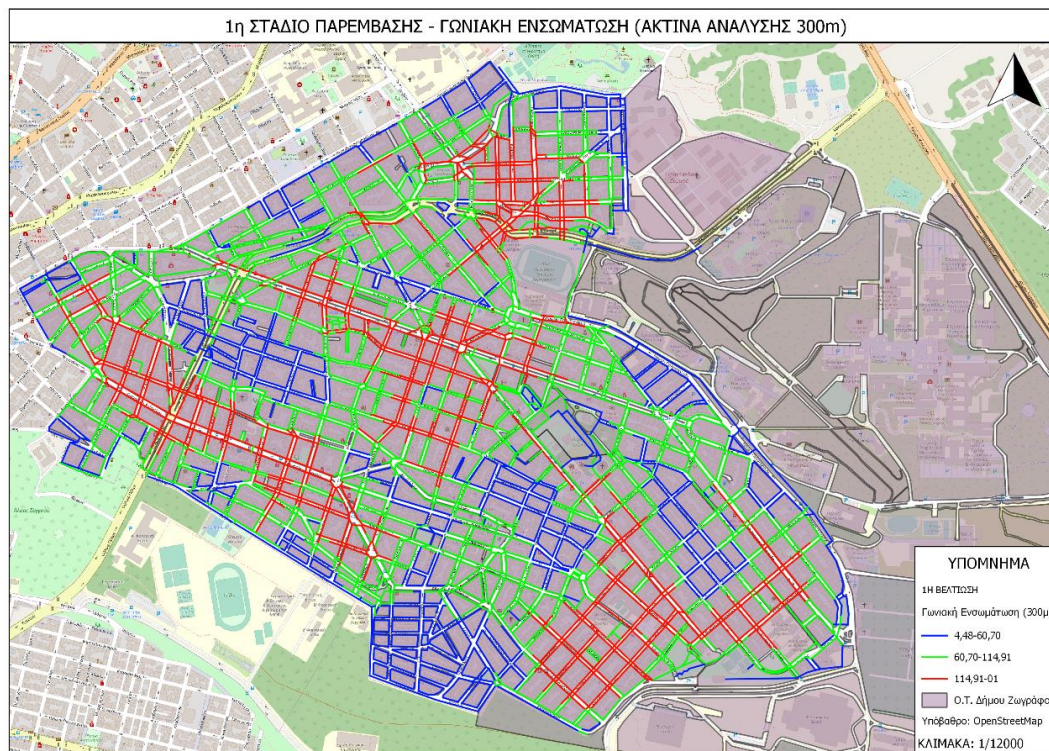
Αφού εντοπίστηκαν και οι δύο παράμετροι ελέγχου του πρώτου επιπέδου ακολούθησε η απεικόνισή τους με σκοπό την τοποθέτηση των απαραίτητων διαβάσεων σύμφωνα με όσα έχουν περιγραφεί στο μεθοδολογικό πλαίσιο. Τελικά, μετά την προσθήκη των απαραίτητων διαβάσεων το δίκτυο κίνησης των πεζών διαμορφώθηκε όπως παρουσιάζεται στον Χάρτη 3.



Χάρτης 3: Διαμόρφωση Πεζοδικτύου μετά την ολοκλήρωση του πρώτου επιπέδου παρέμβασης

4.3.3.1.2. Συντακτική Ανάλυση Δικτύου

Για τον έλεγχο της ορθότητας της παρέμβασης μετά την ολοκλήρωσή της ακολούθησε η συντακτική της ανάλυση η οποία υλοποιήθηκε όπως η αντίστοιχη διαδικασία ανάλυσης της υφιστάμενης κατάστασης. Δημιουργήθηκε η απεικόνισή της (Χάρτης 4) αλλά και ένας συνδυαστικός πίνακας στον οποίο συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα των δυο αναλύσεων.



Χάρτης 4: Χάρτης Γωνιακής Ενσωμάτωσης μετά το 1ο στάδιο Παρέμβασης

Αποτελέσματα Συντακτικής Ανάλυσης (Ακτίνα: 300m)													
	ΜΗΚΟΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ			ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΘΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ (στο συνολικό μήκος)			ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΔΙΑΒΑΣΕΩΝ (m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΒΑΣΕΩΝ (στο συνολικό μήκος δικτύου)	Μέση Τιμή Ενσωμάτωσης ανά κατηγορία			ΣΥΝΟΛΟ ΔΙΚΤΥΟΥ: Μέση Τιμή Ενσωμάτωσης
	ΧΑΜΗΛΗ (m)	ΜΕΣΑΙΑ (m)	ΥΨΗΛΗ (m)		ΧΑΜΗΛΗ (%)	ΜΕΣΑΙΑ (%)	ΥΨΗΛΗ (%)			ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ	
Υφιστάμενη	94301,34	19241,80	4480,60	118023,74	79,90	16,30	3,80	1044,43	0,88	9,303642	20,261396	35,632821	12,28
1η Βελτίωση	44513,20	79578,20	44012,80	168104,20	37,72	67,43	37,29	15575,16	9,27	33,8655	88,1726	140,18	90,17

Πίνακας 2: Πίνακας Σύγκρισης Αποτελεσμάτων Υφιστάμενης Κατάστασης – 1ης Παρέμβασης

Τόσο από την απεικόνιση όσο και από τον πίνακα σύγκρισης (Πίνακας 2), είναι εμφανές ότι η βελτίωση της κατάστασης του δικτύου μετά την τοποθέτηση των συγκεκριμένων διαβάσεων είναι πολύ σημαντική. Βασικό στοιχείο που καθόρισε το αποτέλεσμα είναι ότι τόσο οι περιοχές ευαίσθητων χρήσεων όσο και οι περιοχές με αυξημένη πυκνότητα χρήσεων είναι αρκετά καλά καταμεμημένες στο δήμο και συνεπώς οι παρεμβάσεις που υλοποιήθηκαν κάλυψαν αρκετό μέρος του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, από τον πίνακα παρατηρείται ότι όχι μόνο υποδιπλασιάζονται τα ποσοστά των οδικών τμημάτων χαμηλής κατηγορίας αλλά ταυτόχρονα τα ποσοστά μεσαίας και κυρίως υψηλής κατηγορίας αυξάνονται κατακόρυφα.

Έχοντας υλοποιήσει τις παραπάνω διαδικασίες με επιτυχία και θεωρώντας ως νέο δίκτυο το δίκτυο που προέκυψε μετά την υλοποίηση των παρεμβάσεων του 1^{ου} Επιπέδου Βελτίωσης σειρά είχε η εφαρμογή του 2^{ου} Επιπέδου.

4.3.3.2. 2^ο Επίπεδο Παρέμβασης

Ήδη από την εφαρμογή του πρώτου επιπέδου βελτίωσης σημειώθηκε μεγάλη βελτίωση στο δίκτυο κίνησης πεζών, γεγονός που οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην σχετικά ομοιόμορφη κατανομή των περιοχών παρέμβασης στο σύνολο του δικτύου.

Το δεύτερο επίπεδο παρεμβάσεων υλοποιήθηκε με σκοπό την εστίαση στις περιοχές εκείνες που δεν βελτιώθηκαν από το πρώτο. Ακολουθώντας την μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων χωροθέτησης-κατανομής αναζητήθηκαν οι διαβάσεις εκείνες οι οποίες θα εκπλήρωναν τους στόχους του σχεδιασμού.

4.3.3.2.1. Προσδιορισμός Παραμέτρων χωροθέτησης

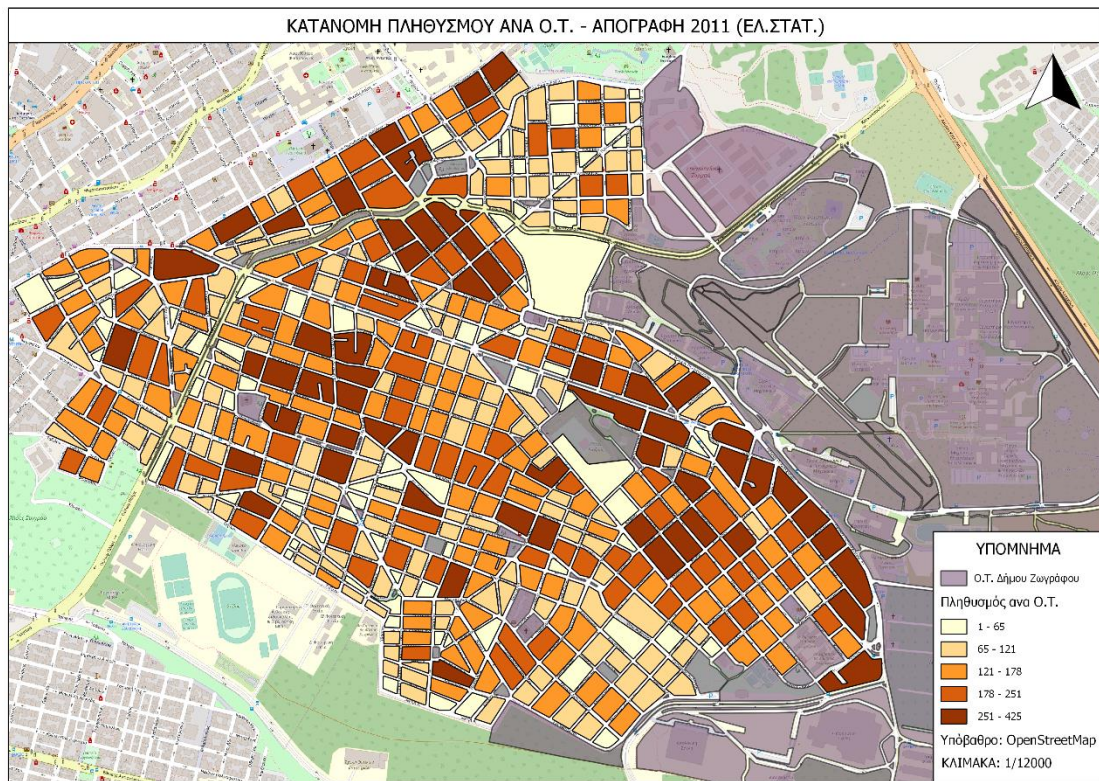
Δίκτυο (Network)

Για την δημιουργία του δικτύου χωροθέτησης χρησιμοποιείται η γραμμική χωρική οντότητα του πεζοδικτύου όπως αυτό έχει διαμορφωθεί μετά τις παρεμβάσεις του πρώτου επιπέδου. Η μετατροπή της οντότητας αυτής σε αρχείο δικτύου πραγματοποιείται με την χρήση του ArcCatalog (New Network Dataset).

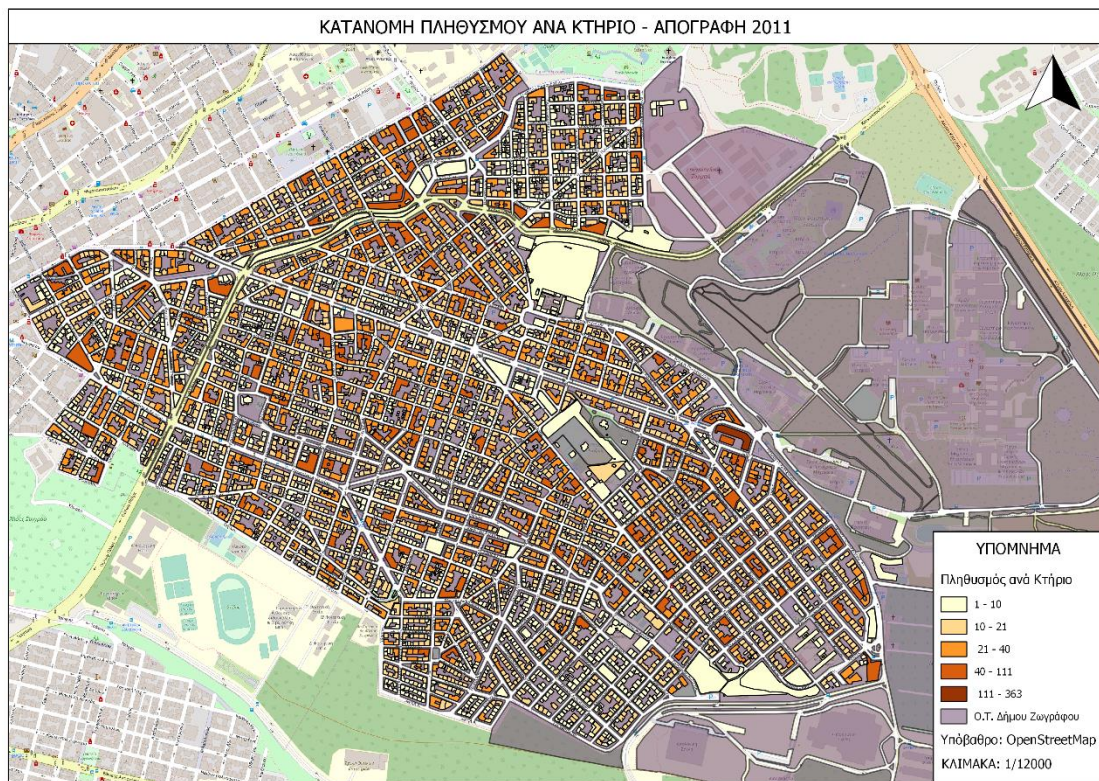
Σημεία Ζήτησης (Demand Points)

Πρώτο βήμα ήταν η αναγωγή των πληθυσμιακών δεδομένων από Ο.Τ. σε επίπεδο κτηρίων. Πιο συγκεκριμένα, έχοντας τα Οικοδομικά Τετράγωνα του δήμου οργανωμένα σε ένα θεματικό επίπεδο και τις πληθυσμιακές πληροφορίες ανά Ο.Τ. σε ένα υπολογιστικό φύλλο Excel έγινε η ένωσή τους (join) με σημείο αναφοράς τον αύξοντα αριθμό του οικοδομικού τετραγώνου με αποτέλεσμα την αντιστοίχιση των πληθυσμιακών δεδομένων Ο.Τ. που αναφέρονται. Στην συνέχεια, υπολογίστηκε το εμβαδόν κάθε Ο.Τ. και κάθε κτηρίου με χρήση της κατάλληλης συνάρτησης στο περιβάλλον του ArcMap. Τελικά, ο πληθυσμός κάθε κτηρίου προέκυψε από τον συνολικό πληθυσμό του οικοδομικού του τετραγώνου αναλογικά με το ποσοστό του εμβαδού του επί του συνολικού εμβαδού του Ο.Τ.. Φυσικά, από το επιφανειακή χωρική οντότητα δημιουργήθηκε η αντίστοιχη σημειακή με την χρήση των κατάλληλων εργαλείων που προσφέρει το ArcMap (Feature to Point) προκειμένου να μπορέσουν να αξιοποιηθούν οι πληθυσμιακές πληροφορίες κατά την διαδικασία της χωροθέτησης-κατανομής. Σημειώνεται ότι κατά τον προσδιορισμό των παραμέτρων, ο πληθυσμός κάθε σημείου θεωρήθηκε ως συντελεστής βαρύτητας.

Σημειώνεται ότι για την καλύτερη κατανόηση της ζήτησης δημιουργήθηκαν πληθυσμιακοί χάρτες τόσο σε επίπεδο Ο.Τ. όσο και σε επίπεδο κτηρίων οι οποίοι παρουσιάζονται στις Χάρτης 5 και Χάρτης 6 αντίστοιχα.



Χάρτης 5: Χάρτης Πληθυσμιακών Κατηγοριών με βάση την απογραφή του 2011 σε επίπεδο Ο.Τ. (Πηγή ΕΛ.ΣΤΑΤ.)



Χάρτης 6: Χάρτης Πληθυσμιακών Κατηγοριών με βάση την απογραφή του 2011 σε επίπεδο Ο.Τ. (Πηγή ΕΛ.ΣΤΑΤ.)

Σημεία Προσφοράς (Facilities)

Πρώτο βήμα για την δημιουργία των σημείων προσφοράς ήταν ο διαχωρισμός των ήδη υλοποιημένων (Required) και των προτεινόμενων διαβάσεων (Candidates). Προκειμένου αυτό να εκφραστεί στο περιβάλλον επεξεργασίας δημιουργήθηκε ένα νέο πεδίο (New Field) στον πίνακα γνωρισμάτων (Attribute Table) του δικτύου κίνησης το οποίο θα χρησιμοποιούνταν για τον διαχωρισμό του των διαβάσεων που προτείνονται στα δύο στάδια παρέμβασης. Πιο συγκεκριμένα, οι διαβάσεις που τοποθετήθηκαν κατά το πρώτο στάδιο παρεμβάσεων χαρακτηρίστηκαν με την τιμή 1 ενώ οι υπόλοιπες, που ουσιαστικά αποτελούν τις προτεινόμενες διαβάσεις του δεύτερου σταδίου, με την τιμή 0. Κατόπιν, σειρά είχε η μετατροπή της χωρικής οντότητας από γραμμική σε σημειακή (Line to point).

4.3.3.2.2. Επίλυση Προβλημάτων Χωροθέτησης-Κατανομής

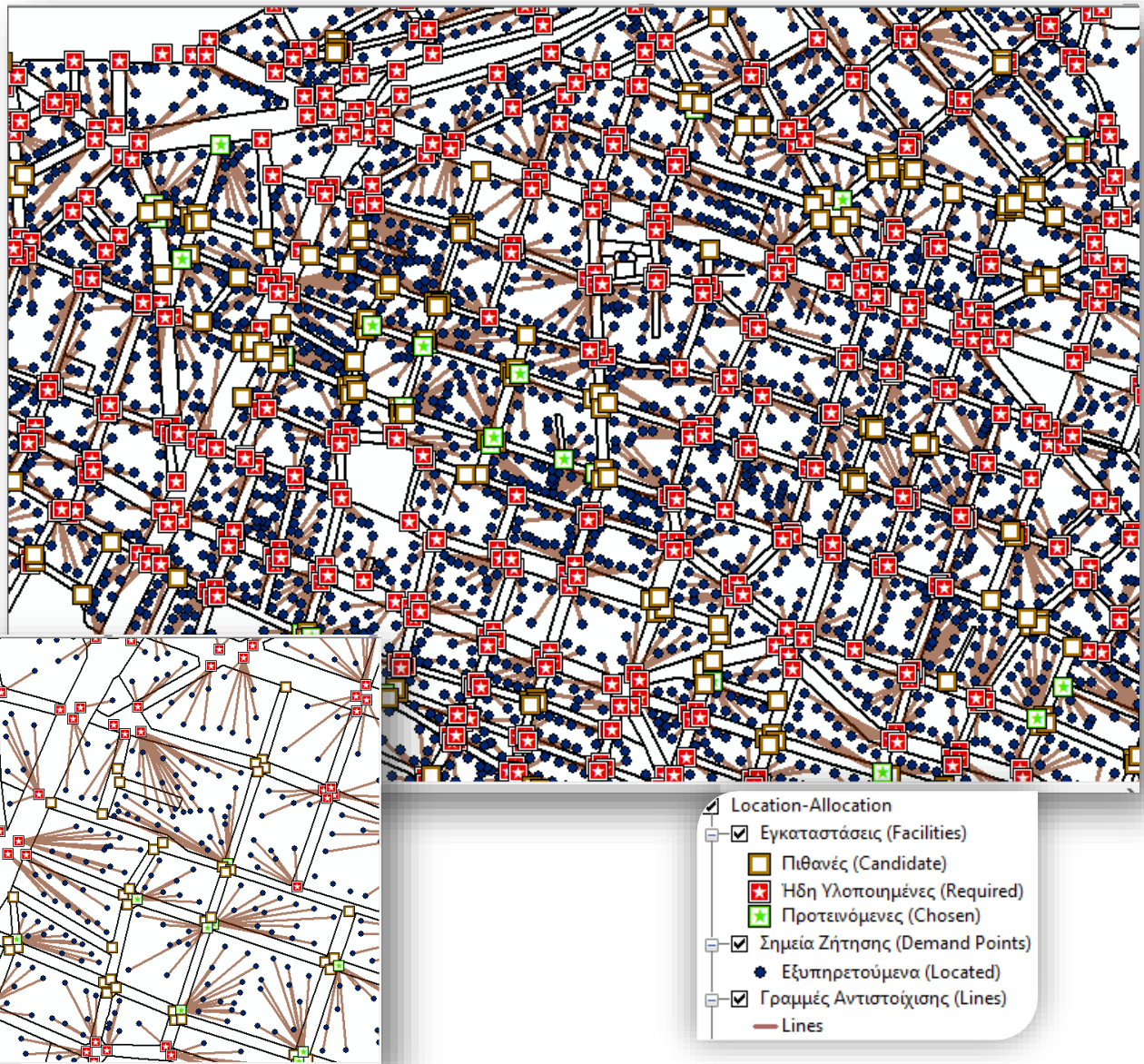
➤ *Minimize Impedance problem*

Ο έλεγχος της ορθής λειτουργίας του δικτύου, βασίστηκε στην παραδοχή ότι αν κάποιο σημείο ζήτησης δεν αντιστοιχίζοταν σε σημείο προσφοράς θα εντοπιζόταν κάποιο σφάλμα στην λειτουργία του δικτύου ανάλυσης. Για τον λόγο αυτό, κατά τον προσδιορισμό των παραμέτρων χωροθέτησης, ορίστηκε σαν ζητούμενο πλήθος διαβάσεων προς χωροθέτηση το σύνολο των υποψήφίων σημείων προσφοράς ενώ δεν ορίστηκε καμία απόσταση κάλυψης (impedance cutoff). Με τον τρόπο αυτό θα έπρεπε όλα τα σημεία ζήτησης να αντιστοιχηθούν στα κοντινότερα σημεία προσφοράς, ανεξαρτήτου απόστασης. Συνεπώς, σε περίπτωση που

➤ *Minimize Facilities Problem*

Για την επίλυση του «*Minimize Facilities Problem*» ελέγχθηκαν πέντε διαφορετικές αποστάσεις κάλυψης, όπως εξηγείται αναλυτικά στο μεθοδολογικό πλαίσιο, με βάση τις οποίες προέκυψαν τα σενάρια μελέτης. Το άθροισμα του μέσου μήκους πλευράς και του μέσου μήκους διάβασης που αποτέλεσε σημείο αναφοράς για την διαμόρφωση των σεναρίων υπολογίστηκε περίπου 75 μέτρα. Σημειώνεται ότι το μέσο μήκος πλευράς υπολογίστηκε ως η ρίζα του εμβαδού του μέσου Ο.Τ. της περιοχής μελέτης ενώ η μέση πλευρά διάβασης θεωρήθηκε η μέση τιμή μήκους των διαβάσεων του δικτύου.

Από την επίλυση των προβλημάτων χωροθέτησης κατανομής προέκυψε ένα αποτέλεσμα της μορφής της Εικόνας 28.



Εικόνα 28: Μορφή Αποτελέσματος Χωροθέτησης - Κατανομής

Στην πάνω αριστερά πλευρά φαίνεται ένα τμήμα της περιοχής μελέτης, μέρος που οποίου φαίνεται σε μεγαλύτερη μεγέθυνση στο κάτω αριστερά της τμήμα.

4.3.3.2.3. Μελέτη και Αξιολόγηση Σεναρίων με βάση την απόσταση κάλυψης

Τα σενάρια που τελικά ορίστηκαν τελικά αφορούσαν την μελέτη χωροθέτησης-κατανομής για αποστάσεις κάλυψης 40, 60, 80, 100 και 120 μέτρων. Αφού η διαδικασία χωροθέτησης-κατανομής ολοκληρώθηκε και για τα πέντε σενάρια ακολούθησε η μελέτη των αποτελεσμάτων τους μέσα από τις ήδη ορισμένες παραμέτρους (αριθμός προτεινόμενων διαβάσεων, στο ποσοστό των ανθρώπων που δεν εξυπηρετούνται, μέση απόσταση περπατήματος κάθε σεναρίου, σημαντικότητα των χωροθετούμενων διαβάσεων)

Ο αριθμός των διαβάσεων προέκυπτε εύκολα από το θεματικό επίπεδο που δημιουργήθηκε ως αποτέλεσμα της διαδικασίας χωροθέτησης-κατανομής επιλέγοντας από τα σημεία προσφοράς (facilities) όσα είχαν χαρακτηριστεί ως επιλεγμένα (chosen). Το ποσοστό των ανθρώπων που δεν εξυπηρετούνταν σε κάθε σενάριο υπολογίστηκε από τον πληθυσμό που εξυπηρετούνταν από το σύνολο των διαβάσεων του σεναρίου. Πιο συγκεκριμένα, ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός υπολογίστηκε από τα σημεία προσφοράς (facilities) που είχαν επιλεγεί ως το άθροισμα της στήλης Demanded Weight στην οποία φαινόταν το βάρος, δηλαδή ο πληθυσμός, κάθε σημείου ζήτησης που εξυπηρετούνταν. Η μέση απόσταση περπατήματος υπολογίστηκε από την παράμετρο Lines του θεματικού επιπέδου που προέκυψε ως αποτέλεσμα της διαδικασίας, ελέγχοντας τα στατιστικά μεγέθη (και πιο συγκεκριμένα την μέση τιμή) του μήκους των γραμμών που χρησιμοποιούνταν για την ένωση των επιλεγμένων σημείων προσφοράς στα αντίστοιχα σημεία ζήτησης (Total Weighted Length).

Όπως αναφέρεται στην μεθοδολογία, η σημαντικότητα μιας διάβασης εκφράζεται από το πλήθος των σεναρίων στα οποία συμμετέχει η κάθε διάβαση. Για να υπολογιστεί το μέγεθος αυτό, αποθηκεύονται οι διαβάσεις που προτείνεται να χωροθετηθούν από την διαδικασία χωροθέτησης - κατανομής για κάθε σενάριο, σε ξεχωριστές χωρικές οντότητες, οι οποίες περιέχουν και την πληροφορία του χαρακτηριστικού ονόματος-θέσης κάθε διάβασης (π.χ. Location 1859). Στην συνέχεια, συγχωνεύονται σε μια κλάση οντοτήτων (merge) και μετράται το πλήθος των φορών που υπάρχει κάθε χαρακτηριστικό όνομα-θέση, δηλαδή κάθε διάβαση. Κατόπιν, υπολογίστηκε και πόσες διαβάσεις περιέχονται σε κάθε "κατηγορία σημαντικότητας", δηλαδή πόσες διαβάσεις συναντήθηκαν σε ένα, δύο, τρία κ.ο.κ σενάρια.

Από την Μέθοδο Εκτίμησης Πυκνότητας Πυρήνα δημιουργήθηκε η απεικόνιση του Χάρτη 7 στην οποία φαίνεται αναλυτικά η σημαντικότητα κάθε πιθανής διάβασης. Όσο πιο έντονη (σκούρα) απόχρωση του μπλε παρατηρείται σε μια περιοχή τόσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα των "σημαντικών" διαβάσεων που προτείνονται, δηλαδή τόσο περισσότερες είναι οι διαβάσεις που εμφανίζονται στα περισσότερα σενάρια.

ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΒΑΣΕΩΝ

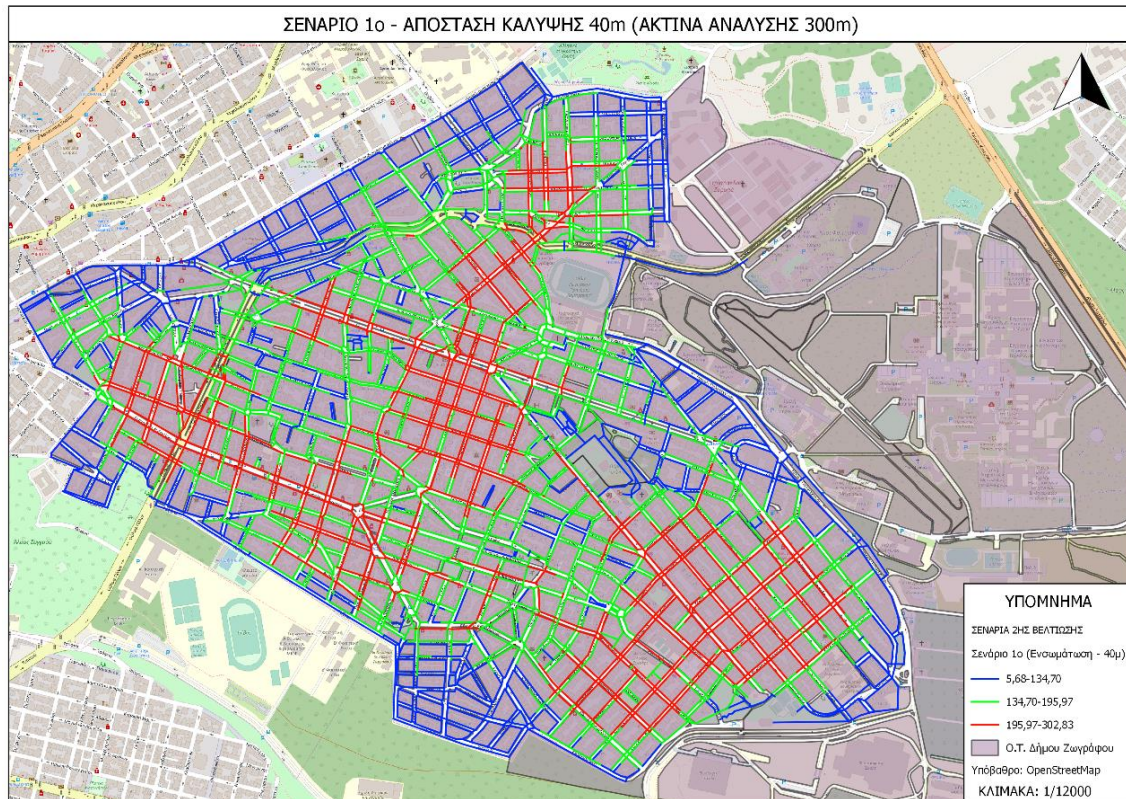


Χάρτης 7: Πυκνότητα Εμφάνισης Σημαντικών Διαβάσεων

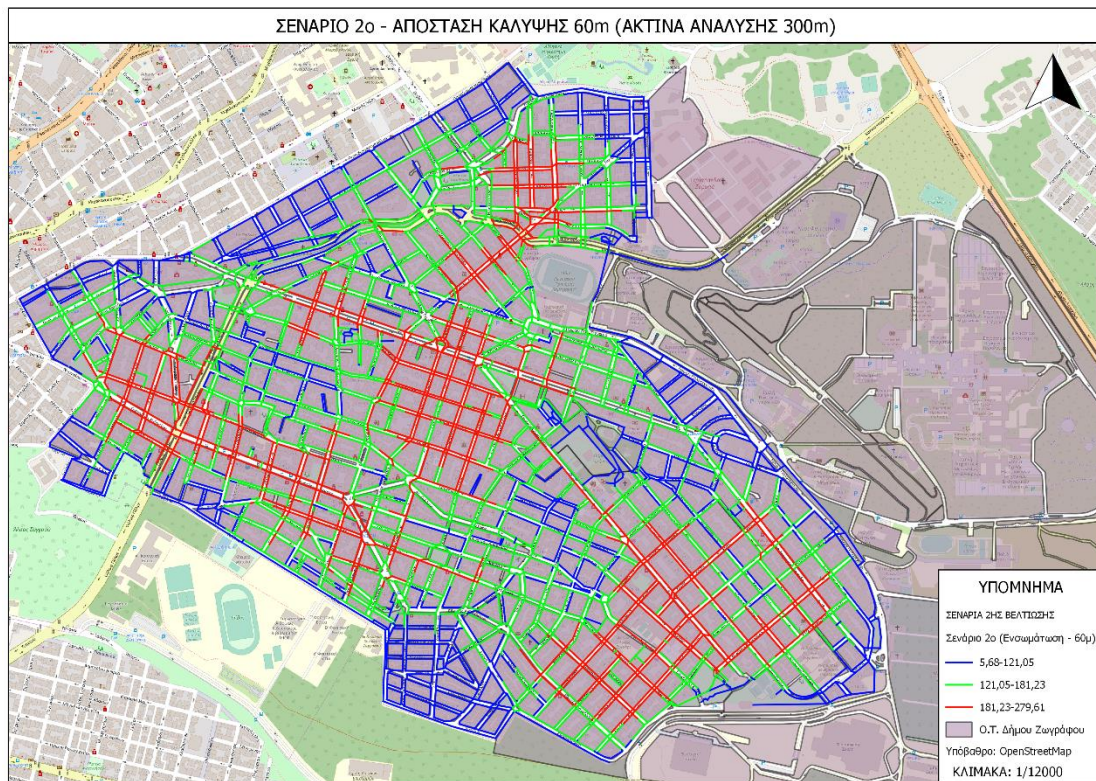
Από τον Χάρτη 7 και λαμβάνοντας υπόψη την κατανομή των χρήσεων γης του δήμου που μελετήθηκαν κατά το λειτουργικό πρότυπο, γίνεται κατανοητό ότι υπάρχει ανάγκη για τοποθέτηση περισσότερων διαβάσεων σε μεγάλο μέρος της συνολικής έκτασης του δήμου η οποία είναι μεγαλύτερη κυρίως στο οικιστικό του τμήμα, όπως και ήταν αναμενόμενο.

4.3.3.2.4. Συντακτική Ανάλυση και Σύγκριση Σεναρίων

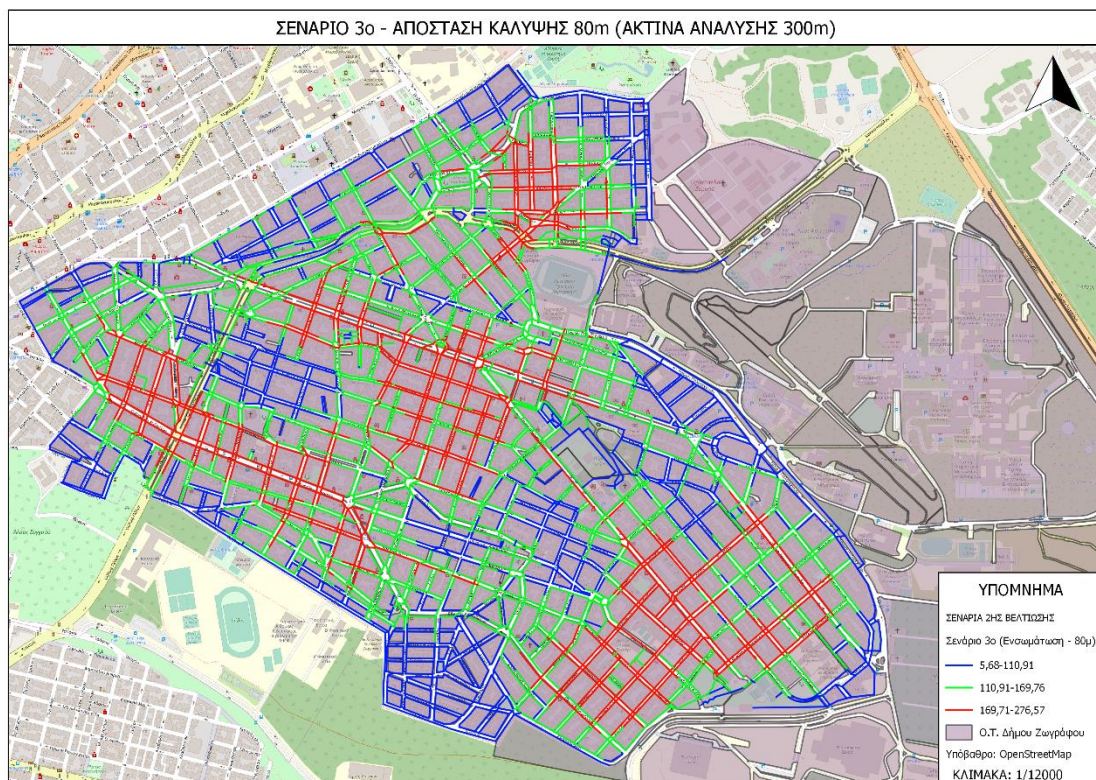
Σειρά είχε η συντακτική ανάλυση των σεναρίων, η οποία αν και μελετήθηκε για διαφορετικές ακτίνες εφαρμογής παρουσιάζεται για ακτίνα εφαρμογής 300 μέτρων για λόγους που έχουν γνωστοποιηθεί ήδη. Τελικά, οι απεικονίσεις του συντακτικού μέτρου της ενσωμάτωσης για κάθε σενάριο προέκυψαν ως εξής:



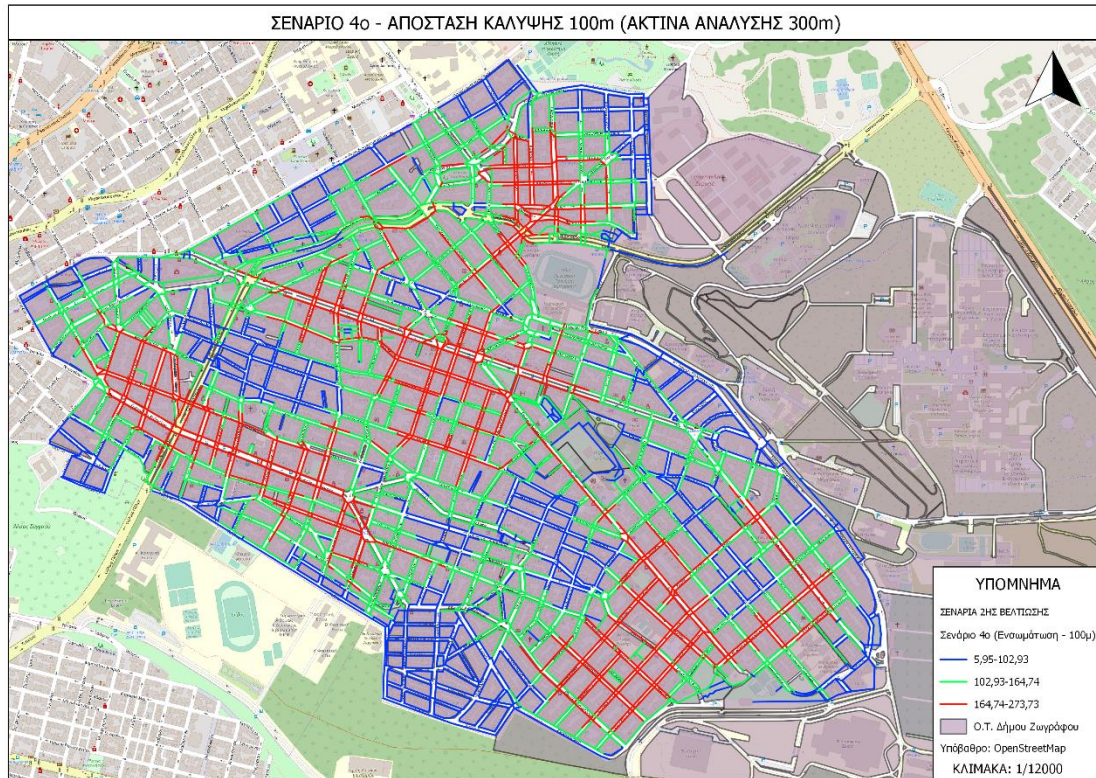
Χάρτης 8: 2ο Στάδιο Παρέμβασης: Σενάριο Χωροθέτησης-Κατανομής 1 - Αποτελέσματα συντακτικής ανάλυσης με βάση το μέτρο Ενσωμάτωσης του δικτύου



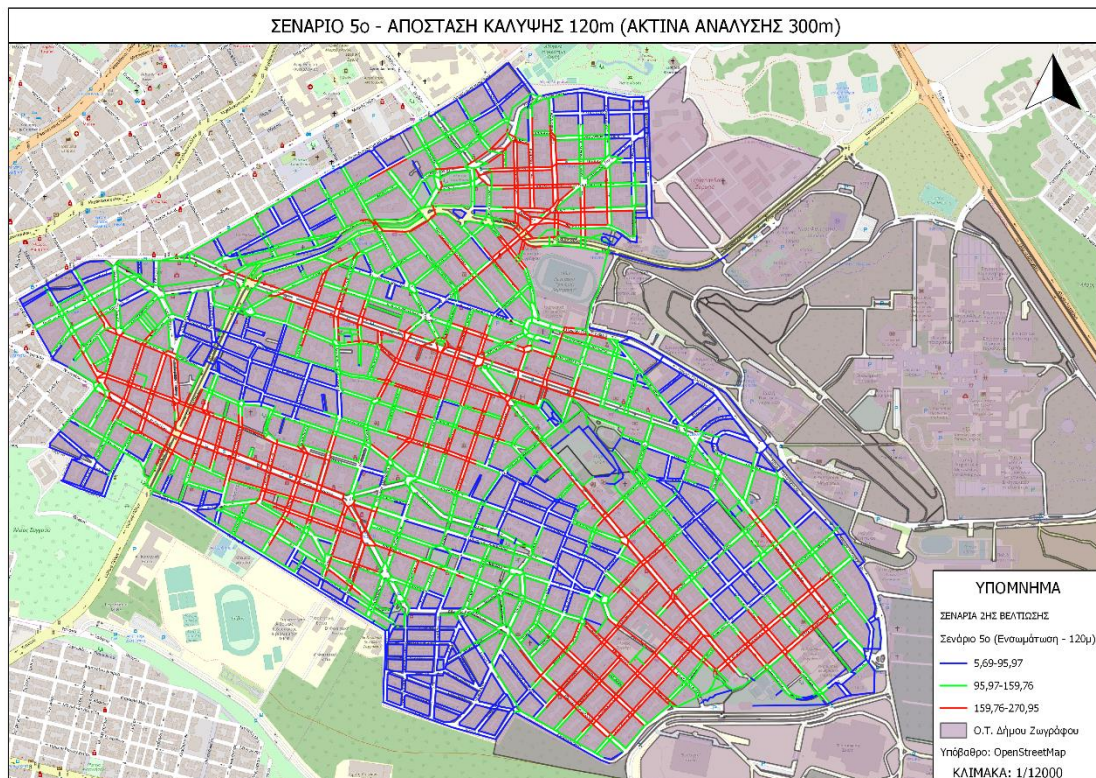
Χάρτης 9: 2ο Στάδιο Παρέμβασης; Σενάριο Χωροθέτησης-Κατανομής 2 - Αποτελέσματα συντακτικής ανάλυσης με βάση το μέτρο Ενσωμάτωσης του δικτύου



Χάρτης 10: 2ο Στάδιο Παρέμβασης; Σενάριο Χωροθέτησης-Κατανομής 3 - Αποτελέσματα συντακτικής ανάλυσης με βάση το μέτρο Ενσωμάτωσης του δικτύου



Χάρτης 11: 2ο Στάδιο Παρέμβασης: Σενάριο Χωροθέτησης-Κατανομής 4 - Αποτελέσματα συντακτικής ανάλυσης με βάση το μέτρο Ενσωμάτωσης του δικτύου



Χάρτης 12: 2ο Στάδιο Παρέμβασης: Σενάριο Χωροθέτησης-Κατανομής 5 - Αποτελέσματα συντακτικής ανάλυσης με βάση το μέτρο Ενσωμάτωσης του δικτύου

Από τις οπτικές απεικονίσεις των σεναρίων (Χάρτης 8 – Χάρτης 12) φαίνεται ότι με το δεύτερο στάδιο παρεμβάσεων επιτυγχάνεται σημαντική βελτίωση της συνδεσιμότητας στο σύνολο του δικτύου, σε άλλα σενάρια περισσότερο και σε άλλα λιγότερο. Σειρά είχε ο προσδιορισμός των παραμέτρων της ποσοτικής αξιολόγησης των σεναρίων, δηλαδή του αριθμού διαβάσεων που προτείνονται, του ποσοστού πληθυσμού που δεν εξυπηρετείται, του ποσοστού διαβάσεων πέμπτης κατηγορίας και της μέση τιμή συντακτικής ενσωμάτωσης (Integration) κάθε σεναρίου. Τα παραπάνω στοιχεία συνοψίστηκαν στον πίνακα 3 που ακολουθεί, στον οποίο υπολογίστηκε και η συσχέτιση κάθε παραμέτρου με τις αποστάσεις κάλυψης που ορίζαν τα σενάρια.

Αύξοντας αριθμός σεναρίου	Απόσταση Κάλυψης	Ποσοστό Πληθυσμού που δεν εξυπηρετείται	Αριθμός Διαβάσεων	Ποσοστό Διαβάσεων 5ης κατηγορίας	Σύνολο Δικτύου: Μέση Τιμή Ενσωμάτωσης
1ο	40	1	330	18,2	165,185
2ο	60	2	240	25,0	149,510
3ο	80	4	171	35,1	138,420
4ο	100	10	116	51,7	131,236
5ο	120	24	88	68,2	127,954
Υπολογισμός Συσχέτισης:		0,901109545	-0,98197443	0,984707261	-0,96744346

Πίνακας 3: Πίνακας Παραμέτρων Σύγκρισης και Υπολογισμού των μεταξύ τους συσχετίσεων

Προσδιορισμός Δείκτη Σύγκρισης

Από τον Πίνακα 3 φαίνεται ότι τα αποτελέσματα της συνάρτησης Pearson, τα οποία υπολογίστηκαν για κάθε παράμετρο στην εγγραφή “Υπολογισμός Συσχέτισης”, προσέγγιζαν αρκετά, κατά απόλυτη τιμή, την μονάδα η οποία σηματοδοτεί την απόλυτη συσχέτιση. Συνεπώς, συμπεραίνεται ότι υπάρχει μεγάλη συσχέτιση, θετική ή αρνητική, γεγονός που αποδεικνύει ότι μπορεί να δημιουργηθεί ένας δείκτης που θα συνδυάζε όλες τις προαναφερθείσες παραμέτρους. Επόμενο βήμα για την δημιουργία του δείκτη σύγκρισης ήταν η κανονικοποίηση του Πίνακα 3 και ο έλεγχος ορθότητας του αποτελέσματος, η οποία επιβεβαιώνεται και από τον Πίνακα 4 όπου οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές έχουν κατανομηθεί με βάση όσα αναλύθηκαν στο μεθοδολογικό πλαίσιο. Τελικά υπολογίστηκε η τιμή του δείκτη για κάθε σενάριο καθώς και ο ρυθμός μείωσης της αποδοτικότητας μεταξύ διαδοχικών σεναρίων, με βάση τον οποίο αξιολογήθηκαν και τα σενάρια.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑΣ					ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ		
Αύξοντας αριθμός σεναρίου	Ποσοστό Πληθυσμού που δεν εξυπηρετείται	Αριθμός Διαβάσεων	Ποσοστό Διαβάσεων 5ης κατηγορίας	Σύνολο Δικτύου: Μέση Τιμή Ενσωμάτωσης	Δείκτης Μέσου Όρου	Ρυθμός μεταβολής	Μείωση Ρυθμού Μεταβολής
1ο	1,00	0,00	1,00	1,00	0,75		
2ο	0,96	0,37	0,86	0,58	0,69	0,06	
3ο	0,87	0,66	0,66	0,28	0,62	0,08	0,02
4ο	0,60	0,88	0,33	0,09	0,48	0,14	0,06
5ο	0,00	1,00	0,00	0,00	0,25	0,23	0,09

Πίνακας 4: Κανονικοποίηση τιμών παραμέτρων - Πίνακας Βαθμολογίας και Δείκτης Αξιολόγησης Σεναρίων

Επιλογή Προτεινόμενου Σεναρίου

Τελικά, μελετήθηκε η ο ρυθμός μεταβολής της μείωσης του δείκτη για την αξιολόγηση από τον οποίο αναδείχτηκε ότι «ο βέλτιστος συνδυασμός αποδοτικότητας(συνδεσιμότητας) και κόστους» εμφανίζεται στο τρίτο σενάριο, δηλαδή για απόσταση κάλυψης 80 μέτρων. Πιο αναλυτικά, η μείωση του δείκτη από το πρώτο στο δεύτερο σενάριο είναι 0,06 και από το δεύτερο στο τρίτο 0,08 όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4 , δηλαδή μειώνεται μόνο κατά 0,02 η αποδοτικότητά του σεναρίου. Αντίθετα, από το τρίτο στο τέταρτο σενάριο σημειώνεται διπλασιασμός της μείωσης της αποδοτικότητας, ο οποίος όχι μόνο διατηρείται αλλά παρουσιάζεται και σε μεγαλύτερο βαθμό από το τέταρτο στο πέμπτο σενάριο. Συνεπώς, προτείνεται το τρίτο σενάριο ως βέλτιστη λύση δεδομένων των απαιτήσεων, μιας και προσφέρει μια λύση αρκετά αυξημένης αποδοτικότητας, η οποία απέχει μόλις 0,13 μονάδες ή 17% από την βέλτιστη τιμή, ενώ ταυτόχρονα είναι πολύ κοντά στην μέγιστη επιτρεπτή απόσταση βαδίσματος του πεζού της μεθοδολογικής παραδοχής(άθροισμα του μέσου μήκους πλευράς και του μέσου μήκους διάβασης), η οποία υπολογίστηκε στα 75 μέτρα.

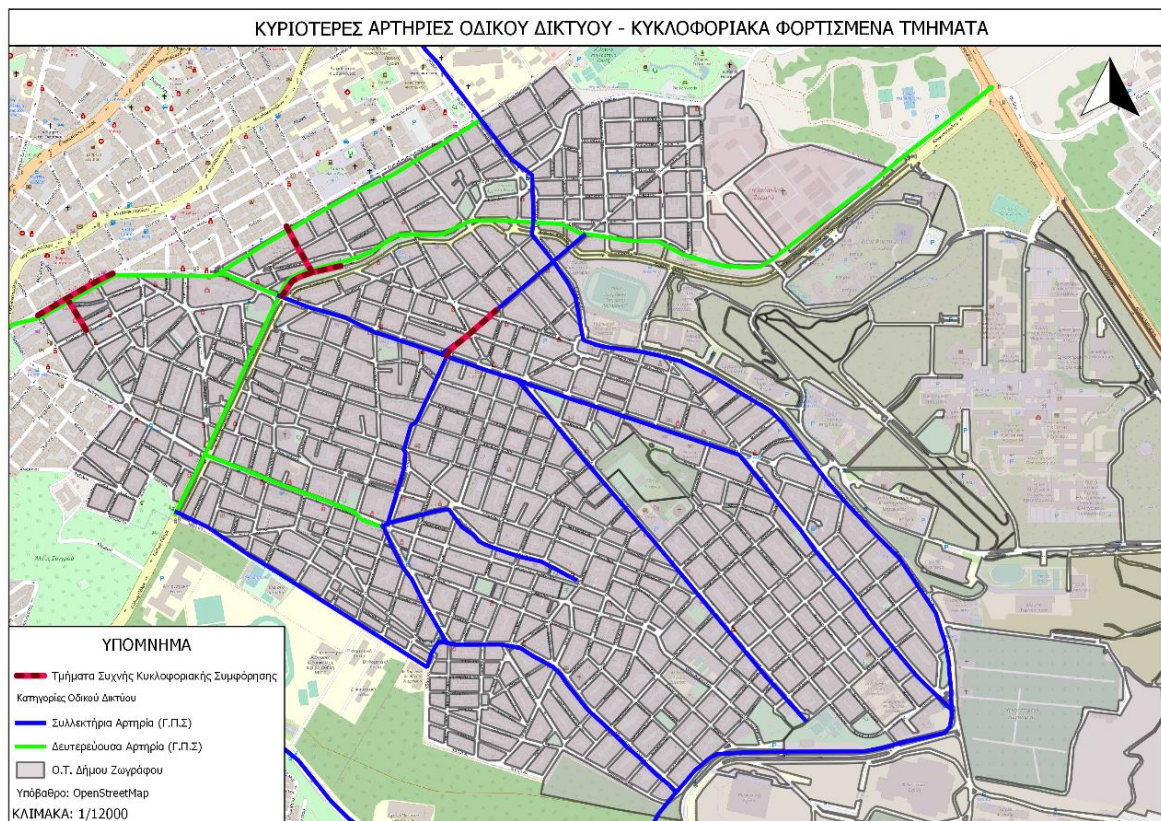
Διορθωτικές Παρεμβάσεις

Αφού επιλέχθηκε το προτεινόμενο σενάριο, σειρά είχε η υλοποίηση των τελικών παρεμβάσεων η οποία σχετιζόταν με τα δεδομένα φόρτου που ψηφιοποιήθηκαν και την μελέτη τους για τις κυριότερες οδικές αρτηρίες. Αρχικά, η ψηφιοποίηση των δεδομένων κυκλοφοριακής συμφοράς απεικονίζεται στην Εικόνα 29. Όπως ήταν αναμενόμενο, οι φόρτοι παρουσίασαν ξεχωριστά πρότυπα κίνησης για τις καθημερινές (κατηγορία 1) και για τα σαββατοκύριακα (κατηγορία 2). Σε κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες, μάλιστα, παρατηρήθηκαν δύο ομαδοποιήσεις φόρτων ανάλογα με την ώρα καταγραφής τους (πρωί, βράδυ). Τα πρότυπα αυτά οφείλονται κυρίως στο είδος των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται και έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή μετακινήσεων. Τις καθημερινές εμφανίζεται έντονος φόρτος τις πρωινές ώρες, που οφείλεται σε μετακινήσεις για εργασία ή εκπαίδευση ενώ τα σαββατοκύριακα ο φόρτος αυτός μετατοπίζεται στις βραδινές ώρες λόγω των μετακινήσεων με κύριο σκοπό την αναψυχή.



Εικόνα 29: Αποτέλεσμα Ψηφιοποίησης Φόρτων (Google Traffic) για τυπικές μέρες της εβδομάδας

Η μελέτη της εν λόγω παρέμβασης εστίασε στην ομάδα υψηλού φόρτου (κατηγορία 3) και πιο συγκεκριμένα στα οδικά τμήματα των κεντρικών αρτηριών που εμφανίζεται συχνότερα. Σημειώνεται ότι η κατηγορία υψηλών φόρτων, που ουσιαστικά είναι και η δυσμενέστερη κατάσταση που ο πεζός καλείται να αντιμετωπίσει, παρατηρήθηκε σε διάφορα οδικά τμήματα. Ωστόσο, τα τμήματα του δικτύου που διαπιστώθηκε ότι αντιμετωπίζουν συχνά μεγάλους φόρτους ήταν αρκετά περιορισμένα. Η απεικόνιση των εν λόγω τμημάτων, στα οποία προτείνεται η τοποθέτηση διαβάσεων τύπου *pelican*, καθώς και των οδικών κατηγοριών που αφορούσε η μελέτη, παρουσιάζονται στον Χάρτη 13. Σημειώνεται ότι η παρουσίαση των κατηγοριών ιεράρχησης των οδικών αρτηριών που μελετήθηκαν επιλέχθηκε να γίνει στον Χάρτη 13 για λόγους ευκρίνειας.



Χάρτης 13: Χάρτης κυριότερων οδικών αρτηριών δικτύου και παρουσίαση οδικών τμημάτων συχνής κυκλοφοριακής φόρτισης

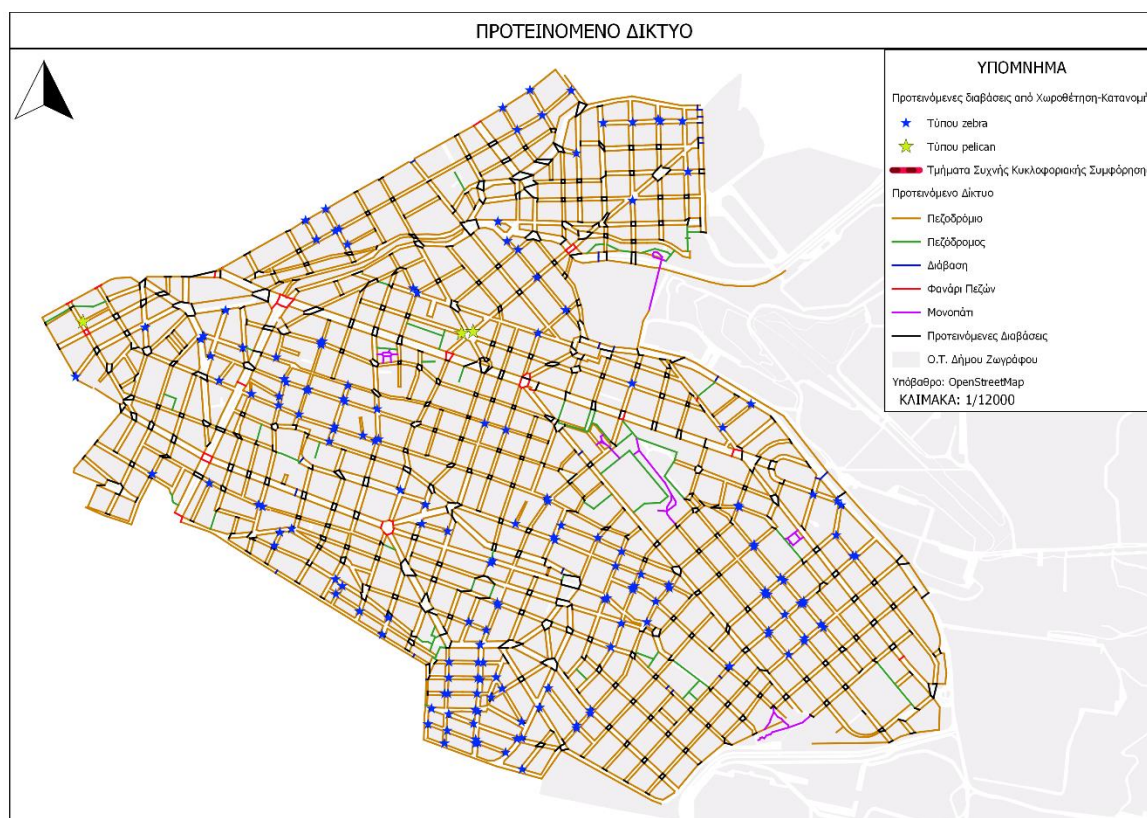
Συντακτική Ανάλυση Τελικού Δικτύου

Τελικά, ο προτεινόμενος σχεδιασμός των δύο επιπέδων σύμφωνα με το 3^ο σενάριο χωροθέτησης διαμορφώνει το δίκτυο όπως φαίνεται στον Χάρτη 14. Για την καλύτερη κατανόηση της σημαντικότητας της προτεινόμενης παρέμβασης δημιουργήθηκε ο Πίνακας 5, στον οποίο παρουσιάζεται η σύγκριση της υφιστάμενης κατάστασης και του προτεινόμενου σχεδιασμού.

Από τον Πίνακα 5 φαίνεται ότι μετά την ολοκλήρωση των προτεινόμενων παρεμβάσεων το ποσοστό οδικών τμημάτων της “χαμηλής” κατηγορίας υποδιπλασιάζεται ενώ τα ποσοστά της “μεσαίας” και της “υψηλής” τριπλασιάζονται και εφταπλασιάζονται αντίστοιχα. Ταυτόχρονα, η μέση τιμή της ενσωμάτωσης στο σύνολο του δικτύου είναι έντεκα φορές μεγαλύτερη από αυτή της υφιστάμενης κατάστασης.

Αποτελέσματα Συντακτικής Ανάλυσης (Ακτίνα: 300m)													
Δίκτυο	ΜΗΚΟΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ (m)			ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΘΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ (στο συνολικό μήκος)			ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΔΙΑΒΑΣΕΩΝ (m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΒΑΣΕΩΝ (στο συνολικό μήκος δικτύου)	Μέση Τιμή Ενσωμάτωσης ανά κατηγορία			ΣΥΝΟΛΟ ΔΙΚΤΥΟΥ: Μέση Τιμή Ενσωμάτωσης
	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ		ΧΑΜΗΛΗ (%)	ΜΕΣΑΙΑ (%)	ΥΨΗΛΗ (%)			ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ	
Υφιστάμενη	94301,34	19241,80	4480,60	118023,74	79,90	16,30	3,80	1044,43	0,88	9,303642	20,2614	35,632821	12,28
Πρόταση	40819,30	60167,67	33246,95	134233,93	34,59	50,98	28,17	16556,43	12,33	80,7538	139,0589	200,8958	138,42

Πίνακας 5: Σύγκριση Υφιστάμενης Κατάστασης και Προτεινόμενου Σχεδιασμού



Χάρτης 14: Χάρτης Δικτύου μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων

Συνεπώς, ο προτεινόμενος σχεδιασμός που παρουσιάζεται στον Χάρτη 14 βελτιώνει καθοριστικά την πεζή προσβασιμότητα του δικτύου, προσθέτοντας ένα σημαντικό αριθμό διαβάσεων σε όλη την έκτασή του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας εξαρχής ορίστηκε ως η δημιουργία μιας μεθοδολογίας για την ανάλυση του δικτύου κίνησης πεζών, την αξιολόγηση και την επιλογή των κατάλληλων θέσεων διαβάσεων ώστε να επιτυγχάνεται η βελτίωση του δικτύου κίνησης πεζών.

Σε αυτό το πλαίσιο αναζητηθήκαν άλλες τέτοιες προσεγγίσεις στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία. Η διεθνής βιβλιογραφία υπογραμμίζει την σημασία της επίτευξης της βιώσιμης ανάπτυξης στις πόλεις, ενώ τις τελευταίες δεκαετίες, όλο και περισσότερες έρευνες επικεντρώνονται στην σημασία της πεζής μετακίνησης καθώς και στον ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει στην νέα αυτή πραγματικότητα. Τα τελευταία χρόνια, λοιπόν, όλο και περισσότερο ενδιαφέρον συγκεντρώνεται στην μελέτη των χαρακτηριστικών των υπάρχοντων δικτύων κίνησης πεζών με σκοπό την βελτίωση και την αξιολόγησή τους. Η πλειοψηφία των ερευνών επικεντρώνονται στους παράγοντες εκείνους που καθιστούν το περιβάλλον του δικτύου πεζής κίνησης ελκυστικό και ασφαλές για τον πεζό εξετάζοντας τόσο τα φυσικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος κίνησης των πεζών, όσο και τα αντιληπτά χαρακτηριστικά. Ουσιαστικά, επικεντρώνονται στον τρόπο με τον οποίο οι πεζοί βιώνουν και αντιλαμβάνονται το περιβάλλον γύρω τους εστιάζοντας στα χαρακτηριστικά των υποδομών του.

Για τον λόγο αυτό, βασικό μέλημα ήταν η δημιουργία μιας μεθοδολογίας, η οποία μέσω της μελέτης των αντίστοιχων δικτύων θα συνδύαζε όλες εκείνες τις παραμέτρους που υπεισέρχονται στην πεζή κίνηση με σκοπό την ανάδειξη των κατάλληλων θέσεων και πλήθους διαβάσεων που θα οδηγούσαν στην επίτευξη των στόχων βελτιστοποίησης. Ταυτόχρονα, ιδιαίτερη σημασία δόθηκε και στην ανάπτυξη ενός μεθοδολογικού πλαισίου αξιολόγησης των διαφορετικών στρατηγικών βελτιστοποίησης που μελετώνται κατά την σχεδιαστική διαδικασία.

Η μεθοδολογία ουσιαστικά αποτελείται από τρεις θεμελιώδεις διαδικασίες: την ανάλυση του δικτύου, τον σχεδιασμό των παρεμβάσεων και την αξιολόγηση του αποτελέσματος. Αρχικά πραγματοποιήθηκαν κάποιες προαναλυτικές εργασίες για την ανάλυση του συντακτικού και του λειτουργικού προτύπου της πόλης και την μελέτη ευρύτερων χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος του δικτύου. Τα χαρακτηριστικά αυτά αφορούσαν τους παράγοντες εκείνους που θα χρησιμοποιούνταν ως σημείο αναφοράς για την διαμόρφωση των σταδίων παρέμβασης. Αφορούσαν στοιχεία που επηρεάζουν άμεσα τις πεζές μετακινήσεις όπως η ύπαρξη «ευαίσθητων» χρήσεων – πόλων ή περιοχών με μεγάλη πυκνότητα μη οικιστικών χρήσεων, η ασφαλή πρόσβαση στους οποίους ήταν απαραίτητη. Σειρά είχε η μελέτη των διαφορετικών προτεινόμενων παρεμβάσεων, που αναφέρονταν στο σύνολο του δικτύου, η μελέτη των οποίων πραγματοποιήθηκε σε σενάρια. Τελικά, με την δημιουργία της κατάλληλης διαδικασίας αξιολόγησης επιλέχθηκε το σενάριο με την αποδοτικότερη, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του σχεδιασμού, διαμόρφωση διαβάσεων. Ακολούθησε ένα ακόμα συμπληρωματικό βήμα για την κατά το δυνατό προφύλαξη των πεζών κατά την κίνησή του στις πιο “επικίνδυνες” περιοχές του δικτύου.

Ένα εκ των βασικών ευρημάτων της παρούσας έρευνας ήταν η αξιολόγηση της περπατησιμότητας του δήμου μέσα από την απολύτως πρωταρχική και θεμελιώδη υποδομή του δικτύου. Η προσέγγιση αυτή, μελετώντας το δίκτυο ως την πλέον βασική υποδομή της πεζής πρόσβασης (network driven accessibility), αξιοποίησε τις διαβάσεις για την σύνδεση του δικτύου με σκοπό την εξασφάλιση της συνέχειάς του για την ελεύθερη κίνηση των πεζών. Το γεγονός που παρουσίασε μεγάλο ενδιαφέρον ήταν ότι το μεθοδολογικό πλαίσιο που

προτείνεται λαμβάνει υπόψη την μορφολογική δομή του πεζού δικτύου (configurational δομή) και έχοντας σαν αφετηρία κάποια βασικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης καταστρώθηκε ένα αρκετά ολοκληρωμένο σχέδιο επίλυσης. Βάσει των αποτελεσμάτων της εφαρμογής του μεθοδολογικού πλαισίου, μάλιστα, επιβεβαιώθηκε ότι η σημαντικότητα των διαβάσεων, σαν αντικείμενο μελέτης παρεμβάσεων, είναι καθοριστική για την βελτίωση του δικτύου.

Από το μεθοδολογικά πλαίσιο που δημιουργήθηκε, το σημαντικότερο εύρημα είναι ότι η συνδυαστική ανάλυση της κατάστασης του δήμου με βάση λειτουργικά και συντακτικά κριτήρια είναι σε θέση να εντοπίσει τις περιοχές του δικτύου που επιδρούν αρνητικά στην πεζή κίνηση. Αποδείχτηκε, λοιπόν, ότι η συντακτική ανάλυση του χώρου μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο και αξιόπιστο εργαλείο για την ανάλυση δικτύων και τον εντοπισμό των “προβληματικών” περιοχών. Ταυτόχρονα, φάνηκε ότι ο ακριβής εντοπισμός των θέσεων για την υλοποίηση παρεμβάσεων με την μέθοδο “χωροθέτησης – κατανομής” μπορεί να έχει ευρεία εφαρμογή στην κατεύθυνση της βελτιστοποίησης των δικτύων κίνησης. Η αξιοποίηση της συγκεκριμένης μεθόδου αποδείχθηκε ότι μπορεί να επιφέρει θεαματικά αποτελέσματα στην σχεδιαστική διαδικασία.

Από την εφαρμογή των παραπάνω στον Δήμο Ζωγράφου εντοπίστηκαν σοβαρά προβλήματα συνδεσιμότητας στο δίκτυο κίνησης των πεζών. Φάνηκε ότι στο μεγαλύτερο μέρος του η πρόσβαση είναι αρκετά δύσκολη, ενώ αρκετά είναι και τα εντελώς απρόσιτα σημεία. Η ύπαρξη υποδομών για πεζούς είναι αρκετά περιορισμένη και συνεπώς η ανάγκη για υλοποίηση παρεμβάσεων επιτακτική. Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο της εφαρμογής, η βελτίωση που σημειώνεται, από το πρώτο κιόλας στάδιο παρέμβασης που προτείνεται, είναι πολύ σημαντική αφού εξασφαλίζει την πρόσβαση των πεζών στο μεγαλύτερο μέρος του δήμου. Φυσικά, με την εφαρμογή και του δεύτερου σταδίου παρέμβασης και του σεναρίου με απόσταση κάλυψης 80 μέτρων, η εικόνα του δικτύου αλλάζει ριζικά και ο δήμος μετατρέπεται σε υπόδειγμα όσον αφορά τη δυνατότητα πεζής κίνησης που παρέχει στους πολίτες του.

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που δημιουργήθηκε δίνει τη δυνατότητα στον σχεδιαστή, μέσω των προτεινόμενων σεναρίων, να μελετήσει και να σχεδιάσει την περιοχή σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη. Με βάση τις προτεραιότητες που τίθενται σε κάθε σχεδιασμό μπορεί να επιλεγεί το σενάριο εκείνο που θα επιφέρει τα καλύτερα αποτελέσματα. Συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικούς δήμους σαν μεθοδολογικό εργαλείο αξιολόγησης και βελτίωσης του πεζού δικτύου. Τέλος, μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για τον σχεδιαστή καθώς πρόκειται για ένα πολυπαραμετρικό μεθοδολογικό πλαίσιο ικανό να ανταπεξέλθει στις σύγχρονες σχεδιαστικές ανάγκες.

Αναφέρεται ότι στο πλαίσιο μιας διαφορετικής προσέγγισης, χρήσιμη θα ήταν η μελέτη και η λεπτομερέστερη καταγραφή περαιτέρω στοιχείων, η οποία δεν μπορούσε να υλοποιηθεί στο πλαίσιο εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, μιας και στόχος της ήταν η κατανόηση των θεωρητικών εννοιών και ο κατά το δυνατόν καλύτερος συνδυασμός τους για την διαμόρφωση ενός ενιαίου μεθοδολογικού πλαισίου. Πιο συγκεκριμένα, θα μπορούσε να γίνει αναλυτική καταγραφή των πλατών και της κατάστασης των πεζοδρομίων στο σύνολο του δήμου με σκοπό τον έλεγχο λειτουργικότητάς τους. Επιπλέον, χρήσιμη θα ήταν η ύπαρξη αναλυτικών φόρτων οχημάτων καθώς και των ακριβών ορίων ταχύτητας ανά οδική αρτηρία, δεδομένα που θα οδηγούσαν σε ένα ακριβέστερο αποτέλεσμα στο πλαίσιο μιας μεγαλύτερης έρευνας. Ταυτόχρονα, δεδομένα σχετικά με τις ροές πεζών στον δήμο θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν συμπληρωματικά για την εκτίμηση της ζήτησης.

Επιπρόσθετα, ευρύτεροι υπολογισμοί μεγεθών που αφορούν τις χρήσεις γης, όπως είναι η μίξη χρήσεων, μπορούσαν να αξιοποιηθούν για τον έλεγχο αξιοπιστίας της «πυκνότητας μη οικιστικών χρήσεων». Επιπλέον, προτείνεται η καταγραφή Δεδομένων Σύγκρουσης μεταξύ πεζών και οδηγών και ο εντοπισμός των πιο επικίνδυνων περιοχών για την υλοποίηση παρεμβάσεων. Τέλος, η μελέτη χωροθέτησης υποδομών που καθιστούν το δίκτυο προσβάσιμο σε ευάλωτες κοινωνικές ομάδες (ΑΜΕΑ, ηλικιωμένοι, παιδιά) προτείνεται να υλοποιηθεί σε ένα επόμενο στάδιο μιας και πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του σύγχρονου σχεδιασμού στην κατεύθυνση της εξασφάλισης ίσων ευκαιριών μετακίνησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αθανασίου Ε. (2012), Η έννοια της βιώσιμης πόλης στη συνθήκη της κρίσης - Τεύχος: 2 (47)
- Αραβαντινός Α. (1997), Πολεοδομικός Σχεδιασμός για μια βιώσιμη ανάπτυξη του αστικού χώρου
- Γαβανάς Ν., Παπαϊωάννου Π., Πιτσιάβα Λατινοπούλου Μ., Πολίτης Ι. (2015), Δίκτυα μετακίνησης πεζή-Κεφάλαιο 5
- Γαλάνης Α. (2011), Συμβολή στη διαμόρφωση μεθοδολογίας ελέγχου και αξιολόγησης της οδικής ασφάλειας και κινητικότητας πεζών στο αστικό περιβάλλον
- Γιαννουλη Ε. (2016), Βελτίωση Αποκομιδής Στερεών Αποβλήτων στο Δήμο Αλμυρού
- Γκαϊμάνης Δ. (2018), Περπατησιμότητα και σχεδιασμός προσανατολισμένος στην πεζή μετακίνηση, Ερευνητική Εργασία
- Κουτσόπουλος Κ. (2005). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου. Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Λιόλιος Μ. (2019), Χωροθετική Ανάλυση και Βελτιστοποίηση του συστήματος συλλογής αστικών στερεών αποβλήτων – Η περίπτωση του Δήμου Ζωγράφου
- Μπαρτζώκας-Τσιόμπρας Α. (2013), Walk and the city. Ανάπτυξη και εφαρμογή ενός συνδυαστικού δείκτη “περπατησιμότητας” (walkability) σε περιβάλλον G.I.S. Μελέτη περίπτωσης: Π.Σ. Βόλου
- Παρασκευόπουλος Ι. (2017), Συνδυαστική συντακτική ανάλυση του χώρου σε περιβάλλον GIS: Μεθοδολογικό πλαίσιο προσδιορισμού και τυπολογικής ανάλυσης κέντρων δραστηριοτήτων στο Δ. Αλίμου
- Παρασκευόπουλος Ι. (2019), Συντακτική Ανάλυση, Εφαρμογή συντακτικής ανάλυσης με χρήση οδικών αξόνων
- Πραβιώτη Σ., Σταθάκης Δ., 2013, 1ο Συνέδριο Χωρικής Ανάλυσης: Πρακτικά, Αθήνα, 2013, Σ. Καλογήρου (Επ.) ISBN: 978-960-86818-6-6
- Σκούτα Μ. (2013), Δυναμικά Μοντέλα Χωροθέτησης Εγκαταστάσεων
- Ταμπουράκη Ε. (2018), Συντακτική ανάλυση της αντιληπτής δομής του χώρου: αποδελτιώνοντας 130+6 αναπαραστάσεις της έννοιας «χωριό» σε περιβάλλον GIS
- Τσιώνης Δ. (2005), Αξιολόγηση δικτύου Πεζών – Το παράδειγμα του Π.Σ.Βόλου
- Παπαγερασίμου – Κληρονόμου Τ. (2008-2009), Πεζόδρομοι – Δίκτυο πεζοδρομήσεων και ρύθμιση κυκλοφορίας. Περιοχή μελέτης: Αγρίνιο
- Φώτης Γ. (2009). Ποσοτική χωρική ανάλυση. Αθήνα: Γκοβόστη.
- Φώτης Γ. (2010). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Αθήνα: Γκοβόστη.

Φώτης Γ. & Γραϊκούσης Γ. (2005), Χωροθέτηση πυροσβεστικών οχημάτων στο Δ. Αθηναίων με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και μεθόδων Τεχνητής Νοημοσύνης

Ψιμούλης Σ. (2012), Χωροθέτηση Εγκαταστάσεων Απλής Ανάθεσης με Περιορισμούς Χωρητικότητας με τον αλγόριθμο Βελτιστοποίησης Ζευγαρώματος Μελισσών

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΗΜΟΥ ΖΩΓΡΑΦΟΥ 2012 - 2014 (Α ΦΑΣΗ:ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

<http://www.zografou.gov.gr/wp-content/uploads/2012/12/%CE%95%CE%A0%CE%99%CE%A7%CE%95%CE%99%CE%A1%CE%97%CE%A3%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%9F-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%9C%CE%9C%CE%91-%CE%94%CE%97%CE%9C%CE%9F%CE%A5-%CE%96%CE%A9%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%A6%CE%9F%CE%A5.pdf>

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Litman, T. (2011), Economic value of walkability, Victoria BC: Victoria Transport Policy Institute at <http://www.vtpi.org/walkability.pdf>

Jones & Tomcheck, (2000), Pedestrian accidents in marked and unmarked crosswalks: A quantitative study, ITE Journal (September) (2000)

Bernhorf and Carstensen, (2008), Preferences and behaviour of pedestrians and cyclists by age and gender, Transportation Research Part F – Traffic Psychology and Behaviour, 11 (2)

Cohon, J.L. (1978) Multiobjective Programming and Planning, Academic Press, New York, NY.

Hakkert et al., (2002) An evaluation of crosswalk warning system: Effects on pedestrian and vehicle behavior, Transportation Research Part F, 5

Komanoff, C., and Roelofs, C. (1993). The environmental benefits of bicycling and walking: National Bicycling and Walking Study, Case Study No. 15. Federal Highway Administration, Washington, D.C.

Hanson, J. & Hillier, B., (1984), The Social Logic of Space. Cambridge: Cambridge University Press.

Hillier, B. et al, (1993), Natural movement: Or configuration and attraction in urban pedestrian movement. Environment and Planning B: Planning and Design, 20(1), pp. 29-66.

Hillier, B., (1996) Space is the Machine: A configurational theory of architecture. Cambridge: Cambridge University Press.

Hillier, B., (1999) Centrality as a process: accounting for attraction inequalities in deformed grids. Urban Design International, pp. 107-127.

Hillier, B., (2003), The knowledge that shapes the city: the human city beneath the social city. London, UK, s.n.

Hillier, B. & Vaughan, L., (2007), The city as one thing. Progress in Planning, 67(3), pp. 205-230.

Hillier, B. & Iida, S., (2005), Network and psychological effects in urban movement. Berlin, Germany, Springer-Verlag, pp. 475-490.

Southworth, M. (2005), Designing the walkable city. Journal of Urban Planning & Development, 131(4), pp. 246– 257.

Bailey, T. (1994). A Review of Statistical Analysis in Geographical information Systems. In S. Fortheringham, & P. Rogerson (Ed.), Spatial Analysis and GIS (pp. 13-44). London: Taylor and Francis.

Johnston, R. (1983). Philosophy and Human Geography: an introduction to contemporary approaches. London: Edward Arnold

Haining, R. (1994). Designing Spatial Data Analysis Modules for Geographical Information Systems. In P. Forthingham, & P. Rogerson (Ed.), Spatial Analysis and GIS (pp. 45-64). London: Taylor and Francis.

Vaughan (2015) Suburban Urbanities: Suburbs and the Life of the High Street. London: UCL Press.

Koohsari et al (2019), Natural movement: A space syntax theory linking urban form and function with walking for transport

Zanjirani Farahani, Masoud Hekmatfa, (2009), Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies r, p. 93-103, Springer- Verlag Berlin Heidelberg.

Toregas, C. Swain, R., Revelle, C. and Bergman, L. (1971) The location of emergency service facilities, Operations Research, 19, 1363-1373

Church, R. L. and Revelle, C.S. (1974) The maximal covering location problem, Papers of the Regional Science Association, 32, 101-118

Havard & Willis (2012), Effects of installing a marked crosswalk on road crossing behaviour and perceptions of the environment

Gitelman et al (2017), An examination of the influence of crosswalk marking removal on pedestrian safety as reflected in road user behaviours

Victor, Klein, Joliveau (2015), Toward a city accessible for all – a GIS-based assessment of a pedestrian network,

Welle et al (2015), Cities safer by design: guidance and examples to promote traffic safety through urban and street design

Boston Transportation Department (2011) - BOSTON COMPLETE STREETS GUIDELINES
https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/crosswalk_design_boston.pdf