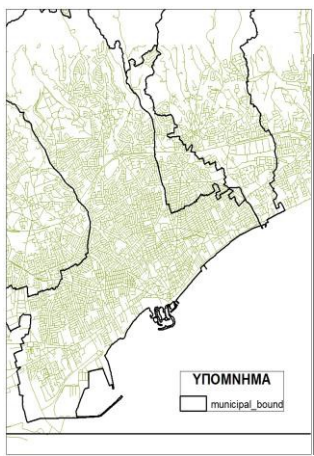




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία Με
Θέμα

**Γεωπληροφοριακή Υποδομή για την Ανάλυση και το
Σχεδιασμό του Λεωφορειακού Δικτύου της πόλης της
Λεμεσού**



Όνομα : Γεωργίου Χρυσόστομος

Επιβλέπων Καθηγητής : Κ. Μαρίνος Κάβουρας

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης των σπουδών μου στη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας κ. Κάβουρα Μαρίνο, για τη βοήθεια του στη συγκρότηση και ολοκλήρωση της.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω θερμά την κ. Τομαή Ελένη, τον κ. Φώτη Γιώργο και τον κ. Τσομπάνογλου Στέλιο για την αμέριστη βοήθεια τους στο σχεδιασμό και την υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας.

Ακόμη θέλω να ευχαριστήσω τους ανθρώπους των υπηρεσιών που συνεργάστηκα για την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων, αφού χωρίς αυτά θα ήταν αδύνατο να υλοποιηθεί η εργασία.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και την οικογένεια μου που μου συμπαραστάθηκαν κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Περίληψη

Θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης της δημόσιας συγκοινωνίας και κυριότερα των λεωφορειακών γραμμών των δήμων Λεμεσού, Μέσα Γειτονίας και Αγίου Αθανασίου που εντάσσονται στην επαρχία Λεμεσού, Κύπρου καθώς επίσης και η διαμόρφωση ενός δικτύου αστικής συγκοινωνίας με βάση τις αρχές που διέπουν την λειτουργία των δημοσίων αστικών συγκοινωνιών. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε με την χρήση του λογισμικού ArcGIS 10.1.

Πρώτο βήμα στην εργασία αποτέλεσε η κατανόηση και ο ρόλος της δημόσιας αστικής συγκοινωνίας στην ανάπτυξη των πόλεων. Μετέπειτα αναλύθηκαν τα κριτήρια σχεδιασμού δημόσιας αστικής συγκοινωνίας που αποτέλεσαν τον βασικό πυλώνα εφαρμογής της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Με την ανασκόπηση σε διάφορες τεχνικές και μεθόδους σχεδιασμού, αποφασίστηκε η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας που θα αναλύσει το υφιστάμενο δίκτυο και θα το ανασχεδιάσει.

Η αξιολόγηση της υπάρχουσας κατάστασης των γραμμών δημόσιας συγκοινωνίας των δήμων Λεμεσού, Μέσα Γειτονίας και Αγίου Αθανασίου έγινε με βάση τις παραμέτρους που θέτονται στην μεθοδολογία και που πηγάζουν από τα κριτήρια σχεδιασμού των μέσων μαζικής μεταφοράς. Εντοπίζοντας και περιγράφοντας την περιοχή μελέτης ξεκίνησε η συλλογή όλων των απαραίτητων δεδομένων από τους αρμόδιους φορείς, όπως το τμήμα Κτηματολογίου και Χωρομετρίας, την στατιστική υπηρεσία, το αρμόδιο τμήμα της επαρχίας Λεμεσού καθώς και την Εταιρεία Μεταφοράς Επιβατών Λεμεσού (EMEA). Τα δεδομένα αξιολογήθηκαν και έτυχαν επεξεργασίας με στόχο την παραγωγή χαρτών και πινάκων.

Στην συνέχεια ακολούθησε η ανάλυση των υφιστάμενων λεωφορειακών γραμμών βάσει των περιοχών ενδιαφέροντος και εξυπηρέτησης καθώς και των μεθόδων αξιολόγησης των λεωφορειακών γραμμών.

Αναλύοντας τις υφιστάμενες στάσεις βάσει των κριτηρίων σχεδιασμού και με γνώμονα την σωστή εξυπηρέτηση και την μείωση του κόστους, χωροθετήθηκαν καινούργιες στάσεις ώστε να προταθούν νέες γραμμές που να εξυπηρετούν καλύτερα το επιβατικό κοινό. Με την ανάλυση οδηγήθηκαμε στην ανεύρεση των προβλημάτων της υπάρχουσας κατάστασης, όπως είναι η μη ικανοποιητική εξυπηρέτηση ορισμένων περιοχών ενδιαφέροντος, χωροθέτηση στάσεων των λεωφορείων χωρίς να ικανοποιούνται κριτήρια σχεδιασμού και τέλος την μη ικανοποιητική χρήση των λεωφορείων από το επιβατικό κοινό λόγω των παραπάνω.

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω προβλημάτων δρομολογήθηκαν καινούργιες λεωφορειακές γραμμές με βάση αρχές και κανόνες που διέπουν τη σωστή λειτουργία των αστικών συγκοινωνιών. Το βασικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ανάλυση δικτύων (networkanalyst) με υποεργαλεία την εύρεση καλύτερης διαδρομής (findingthebestroute) και την εύρεση περιοχών ενδιαφέροντος (findingaservicearea) με σκοπό την δημιουργία συνθηκών που να ικανοποιούν τα κριτήρια σχεδιασμού.

Abstract

The subject of the present thesis is to analyze the current situation of public transportation and mainly the bus routes in Limassol Municipality, Mesa Geitonia municipality and Agios Athanasios municipality all administrative units of the province of Limassol, Cyprus, as well as the formation of an urban transport network based on the function principles that govern urban public transport. The process was carried out using the software ArcGIS 10.1.

First step in this endeavor was to understand the role of public transport in the urban development of cities. Subsequently, we analyzed the design criteria of public urban transport which constituted the main pillar of the proposed methodology. By reviewing various techniques and methods of urban planning, a methodology was developed to analyze the existing network and then redesign it.

The assessment of the current state of public transport lines municipalities Limassol, Mesa Geitonia and Agios Athanasios was based on the parameters that are set in the methodology and resulting from the planning criteria for public transport. After identifying and describing the study area all the necessary data were gathered from relevant agencies such as the Department of Lands and Surveys, the statistics office, the department of Limassol and the Limassol Passenger Transport Company (EMEL). The data were processed and evaluated for the production of maps and tables.

Afterwards, the existing bus routes were analyzed based on areas of interest and the evaluation methods for bus routes.

Analyzing existing bus stops based on the design criteria and according to efficient service and cost reduction, we situated new ones for the design of new routes for a better service to the public using the buses. An analysis led to the discovery of the problems of existing conditions, such as poor service in certain areas of interest, poor location of bus stops without satisfying design criteria. The result was the unsatisfactory use of the buses from the public due to the above reasons.

As a result of these problems we launched new bus routes based on principles and rules governing the proper functioning of urban transport. The main tool used was the analysis of networks (network analyst) with sub-tools best path finding (finding the best route) and find regions of interest (finding a service area) to create conditions that meet the design criteria.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	σελ. 2
Abstract	σελ. 4
1.Εισαγωγή	
1.1 Οι Μετακινήσεις στις Αστικές Περιοχές και ο Σχεδιασμός Δικτύων Δημόσιας Συγκοινωνίας.	σελ. 12
1.2 Στόχος και Αντικείμενα της Εργασίας	σελ. 14
1.3 Δομή της Εργασίας	σελ. 15
2. Ο Σχεδιασμός Δικτύων Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών βάση των ΣΓΠ	
2.1 Ο Σχεδιασμός Δικτύων Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών	σελ. 18
2.1.1Κριτήρια Σχεδιασμού Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών	σελ.19
2.1.2 Διαδικασίες Δρομολόγησης των Λεωφορείων	σελ. 23
2.2 Μεθοδολογίες και Τεχνικές για Σχεδιασμό Δικτύων Αστικής Συγκοινωνίας	σελ. 26
2.3 Ανάλυση του Χώρου	σελ. 30
2.4 Ανάλυση Δικτύων	σελ. 31
2.4.1 Εύρεση Βέλτιστης Διαδρομής	σελ. 33
2.4.2 Περιοχές Εξυπηρέτησης	σελ. 35
2.4.3 Εύρεση Πλησιέστερης Εγκατάστασης	σελ. 37
2.4.4 Πίνακας Κόστους Προέλευσης-Προορισμού	σελ. 37
2.4.5 Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων	σελ. 38
2.4.6 Χωροθέτηση – Κατανομή	σελ. 39

42	2.5 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών	σελ.
46	2.5.1 Εφαρμογές των ΣΓΠ στις Μεταφορές	σελ.
47	2.5.2 Διανυσματικά και Ψηφιδωτά Μοντέλα	σελ.
3. Μεθοδολογία Ανάλυσης Υπάρχων Λεωφορειακού Δικτύου και Ανασχεδιασμού του		
49	3.1 Στόχοι της Μεθοδολογίας	σελ.
51	3.2 Απαραίτητα Δεδομένα και Παράμετροι	σελ.
52	3.3 Τα Βήματα της Μεθοδολογίας	σελ.
4. Εφαρμογή Μεθοδολογίας στις Περιοχές Μελέτης- Ανασχεδιασμός του Υφιστάμενου Λεωφορειακού Δικτύου των Δήμων Λεμεσού, Μέσα Γειτονιάς και Αγίου Αθανασίου		
57	4.1 Οι Περιοχές Μελέτης Και Τα Απαιτούμενα Δεδομένα	σελ.
66	4.2 Εφαρμογή της Μεθοδολογίας στους Υπό Μελέτη Δήμους	σελ.
88	4.3 Το Προτεινόμενο Δίκτυο Λεωφορειακών Γραμμών	σελ.
96	5. Αξιολόγηση – Συμπεράσματα- Προτάσεις	σελ.
Βιβλιογραφία		
	Ελληνική Βιβλιογραφία	σελ.103 Ξένη
	Βιβλιογραφία	σελ.104
	Διαδίκτυο	σελ.104

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1 Κομμάτι του οδικού δικτύου Επαρχίας Λεμεσού 63	σελ.
Χάρτης 2 Οδικό δίκτυο και διοικητικά όρια των δήμων προς μελέτη 64	σελ.
Χάρτης 3 Ο χάρτης που περιλαμβάνει τους υπό μελέτη δήμους με χρήση για την εύρεση των σημείων ενδιαφέροντος 65	σελ.
Χάρτης 4 Τα σημεία ενδιαφέροντος εντός των διοικητικών ορίων των δήμων Λεμεσού, Μέσα Γειτονιάς και Αγίου Αθανασίου 70	σελ.
Χάρτης 5. Οι στάσεις των διαδρομών του υφιστάμενου λεωφορειακού δικτύου που εξυπηρετούν τους υπό μελέτη δήμους σελ. 71	
Χάρτης 6 Υφιστάμενο Λεωφορειακό Δίκτυο στους Υπό Μελέτη Δήμους 73	σελ.
Χάρτης 7 Το υφιστάμενο λεωφορειακό δίκτυο με τις στάσεις του και τα σημεία ενδιαφέροντος σελ. 74	
Χάρτης 8 Δημιουργία γραμμών βάσει κριτηρίων σελ. 79	
Χάρτης 9 Παράδειγμα δημιουργίας γραμμής για διαχωρισμό στα 350μ βήμα 1 ^ο 82	σελ.
Χάρτης 10 Παράδειγμα δημιουργίας γραμμής για διαχωρισμό στα 350μ βήμα 2 ^ο 83	σελ.
Χάρτης 11 Παράδειγμα δημιουργίας γραμμής για διαχωρισμό στα 350μ βήμα 3 ^ο τελική επιλογή των στάσεων 85	σελ.
Χάρτης 12 Οι νέες στάσεις με τις υφιστάμενες στάσεις 89	σελ.
Χάρτης 13 Οι νέες στάσεις με τις στάσεις που επιλέχθηκαν να παραμείνουν στο 2 ^ο βήμα σελ. 90	
Χάρτης 14 Οι τελικές στάσεις που θα φορτωθούν ως τοποθεσίες για την σχεδίαση των νέων γραμμών 91	σελ.
Χάρτης 15 Παράδειγμα απόκλισης 93	σελ.
Χάρτης 16 Οι νέες διαδρομές που προέκυψαν από την ανάλυση και ανασχεδιασμό του	

υφιστάμενου δικτύου 94	σελ.
Χάρτης 17 Νέο και Υφιστάμενο Δίκτυο Διαδρομών 96	σελ.
Χάρτης 18 Το καινούργιο λεωφορειακό δίκτυο με τις στάσεις του και τα σημεία ενδιαφέροντος σελ98	

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Βάση δεδομένων Δικτύου	σελ.33
Εικόνα 2 Εύρεση διαδρομής μεταξύ δύο σημείων βάσει χρόνου σελ.34	
Εικόνα 3 Εύρεση συντομότερης διαδρομής μεταξύ 2 σημείων βάσει απόστασης	σελ.35
Εικόνα 4 Εύρεση περιοχών εξυπηρέτησης με πολύγωνο προς την εγκατάσταση με εκτιμώμενο χρόνο 10 λεπτά οδήγησης	σελ.36
Εικόνα 5 Εύρεση περιοχών εξυπηρέτησης βάσει γραμμών με εκτιμώμενο χρόνο 5 λεπτών από την εγκατάσταση	σελ.36
Εικόνα 6 Εύρεση Πλησιέστερης Εγκατάστασης στην προκειμένη περίπτωση αστυνομικού οχήματος σε σχέση με περιστατικό 37	σελ.
Εικόνα 7 Πίνακας κόστους προέλευσης-προορισμού που αποθηκεύει το χαρακτηριστικό στο οποίο βασίζεται, στην προκειμένη περίπτωση το χρόνο	σελ.38
Εικόνα 8 Παράδειγμα Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων	σελ.39
Εικόνα 9 Πρόβλημα Χωροθέτησης-Κατανομής πυροσβεστικών σταθμών	σελ.40
Εικόνα 10 Αποτέλεσμα ένωσης πινάκων βάσει κοινού στοιχείου	σελ.41
Εικόνα 11 Εργαλείο near από σημείο σε σημείο	σελ.42
Εικόνα 12 Δημιουργία πολυγώνου σε ένα σημείο εισόδου από εργαλείο multipleringbuffer σελ.42	
Εικόνα 13 Το σύνολο που απαρτίζουν τα ΣΓΠ	σελ.43
Εικόνα 14 Διοικητικά όρια Δήμου Λεμεσού	σελ.58
Εικόνα 15 Διοικητικά όρια Δήμου Μέσα Γειτονιάς	σελ.60
Εικόνα 16 Διοικητικά όρια Δήμου Αγίου Αθανασίου	σελ.61

Εικόνα 17 Παράμετροι Βάσης Δεδομένων του Δικτύου	σελ.67
Εικόνα 18 Εφαρμογήpoint_distance	σελ.75
Εικόνα19 Εφαρμογήmultipleringbuffer	σελ. 84
Εικόνα 20 Επιλογή loadlocations από εφαρμογή εύρεσης βέλτιστης διαδρομής	σελ.87

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1 Η δομή των τριών επιπέδων που προτείνουν οι Κεπάτσογλου και Καρλάυτη	σελ. 27
Σχήμα 2 Διάγραμμα ροής του αλγορίθμου των Chakrobotyκαι Dwivendi	σελ. 28
Σχήμα 3 Διάγραμμα γραμμικής πόλης σε συνάρτηση με το χρόνο και συνυφασμένη με την ζήτηση και μετακίνηση από στάση σε στάση	σελ.29
Σχήμα 4 Διαδικασία GIS βάση ολοκληρωμένης Χωρικής Διαδικασίας	σελ.45
Σχήμα5 Η αρχή της υπέρθεσης των Πληροφοριακών επιπέδων στα GIS	σελ. 47
Σχήμα 6 Διάγραμμα ροής της προτεινόμενης Μεθοδολογίας	σελ. 53

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Χαρακτηριστικός πίνακας Δήμου Λεμεσού με τις ενορίες του	σελ.59
Πίνακας 2 Κατηγοριοποίηση του οδικού δικτύου με αριθμούς κλάσης και περιγραφή της κάθε κλάσης	σελ.62
Πίνακας 3 Σημεία Ενδιαφέροντος εντός των υπό μελέτη δήμων	σελ.69
Πίνακας 4 Ο χαρακτηριστικός πίνακας του Υφιστάμενου Λεωφορειακού	σελ.72
Πίνακας 5 Χαρακτηριστικός πίνακας sum_output	σελ.76
Πίνακας 6 Χαρακτηριστικός πίνακας που προκύπτει από την συνένωση του πίνακα sum_outputκαι του αποτελέσματος της εφαρμογής point_distance	σελ.76
Πίνακας 7 Χαρακτηριστικός πίνακας των στάσεων που επιλέχθηκαν	σελ.78
Πίνακας 8 Παράρτημα από χαρακτηριστικό πίνακα νέων στάσεων	σελ.86
Πίνακας 9 Νέο Λεωφορειακό Δίκτυο	σελ.95
Πίνακας 10 Υφιστάμενο Λεωφορειακό Δίκτυο	σελ.97
Πίνακας 11 Ποσοστά Μεταβολής Υφιστάμενης & Ανασχεδιασμένης Κατάστασης	σελ.99

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Ο αστικός χώρος αποτελεί ένα σύστημα υποδομών, δραστηριοτήτων και επικοινωνιών και προϊόν της ανθρώπινης ανάγκης για επικοινωνία, κοινωνικές συναναστροφές και οργανωμένες, πολύπλοκες δραστηριότητες (Καρλαύτης, 2009). Οι αστικές περιοχές όλων των ανεπτυγμένων χωρών συγκεντρώνουν την μεγαλύτερη μερίδα πληθυσμού με αποτέλεσμα οι δραστηριότητες εντός αυτών να πληθαίνουν. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των πόλεων αυτών είναι η συνεχής δόμηση, οι οργανωμένες υποδομές και η πληθώρα των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται εντός των ορίων τους. Η αύξηση του πληθυσμού παράλληλα με την αυξανόμενη ανάγκη για μετακίνηση σε συνδυασμό με τα εγγενή χαρακτηριστικά και την δομή των πόλεων, καθιστούν δύσκολο το σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός συστήματος μεταφορών που να εξυπηρετεί την ζήτηση τόσο ικανοποιητικά όσο και οικονομικά και όλα αυτά με γνώμονα τον σεβασμό προς το περιβάλλον.

Στην εποχή μας γίνεται λόγος για την βιώσιμη κινητικότητα, δηλαδή την ανάπτυξη στρατηγικής που έχει σκοπό να εξασφαλίσει αξιόπιστες μεταφορές, σε υγιές οικονομικό δημοσιονομικό και θεσμικό πλαίσιο, οι οποίες σέβονται το περιβάλλον και λαμβάνουν υπ' όψιν τα συμφέροντα του κοινωνικού συνόλου. Ο γενικότερος στόχος στον σχεδιασμό των δικτύων δημόσιας συγκοινωνίας αποτελεί πλέον η βιώσιμη κινητικότητα.

1.1 Οι Μετακινήσεις στις Αστικές Περιοχές και ο Σχεδιασμός Δικτύων Δημόσιας Συγκοινωνίας.

Η συνεχής εξέλιξη της αστικής περιοχής και των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται σ' αυτήν επηρεάζουν άμεσα τις μετακινήσεις εντός αυτής. Η τάση για πολλές δραστηριότητες οδηγεί στην πραγματοποίηση μεγάλου αριθμού μετακινήσεων, έτσι ώστε οι ανάγκες των πολιτών για ασφαλή και γρήγορη μετάβαση προς τις περιοχές ενδιαφέροντος να αυξάνονται. Μαζί με την ανάπτυξη της πόλης αναπτύσσεται και η κατοχή και η χρήση ιδιωτικών οχημάτων για την κάλυψη των αναγκών που υπάρχουν, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι πολίτες να στρέφονται σε εναλλακτικές επιλογές μετακίνησης με πρώτη την δημόσια συγκοινωνία.

Σύμφωνα με τον Βλαστό (2007) η δημόσια συγκοινωνία υποστηρίζει μια από τις βασικότερες αστικές δραστηριότητες, αυτή που είναι ταυτισμένη με συλλογικές συμπεριφορές. Είναι ένα δημόσιο έργο και αγαθό που κάνει τη δημόσια συνιστώσα πιο ισχυρή. Χρησιμοποιώντας τη δημόσια συγκοινωνία οι κάτοικοι διαπαιδαγωγούνται σε συμπεριφορές, τις οποίες η αυριανή πόλη θα έχει ανάγκη σε πάρα πολλούς τομείς της λειτουργίας της. Οι μεγάλοι αριθμοί ανθρώπων, αυτοκινήτων και δραστηριοτήτων απαιτούν από τους πολίτες ένα πολύ υψηλό βαθμό οργάνωσης και ευθύνης.

Απαιτούν επίσης ευαισθητοποίηση σε αστικές συμπεριφορές, που βάση τους είναι ο σεβασμός του δημόσιου χαρακτήρα της πόλης. Η δημόσια συγκοινωνία είναι μια από τις τελευταίες άμυνες της δημόσιας διάστασης απέναντι στην τάση εξατομίκευσης όλων των παραμέτρων της ζωής μας. (Βλαστός, 2007)

Πόλη προσανατολισμένη στη δημόσια συγκοινωνία σημαίνει ότι η δομή της, η ανάπτυξη της στο χώρο και η κατανομή των δραστηριοτήτων της αποφασίζονται σε συνάρτηση με τη γεωγραφία των δικτύων δημόσιας συγκοινωνίας. Με λίγα λόγια η ανάπτυξη και η κατανομή των δραστηριοτήτων στοχεύει στο να περιστρέφονται γύρω από στάσεις και σταθμούς σταθερής τροχιάς.

Με την πάροδο των χρόνων έχουν επενδυθεί πολλά για μεταφορικές υποδομές επιδιώκοντας ο χρόνος και το κόστος μετακίνησης να μειώνονται, αλλά προκύπτουν νέα κόστη από τις πληγές στην ποιότητα του αστικού χώρου και της καθημερινότητας, τις παραμορφώσεις και τις κοινωνικές αποκοπές που αυτές οι υποδομές προκαλούν.

Η επέκταση των πόλεων δεν αποτελεί πάντα λύση, αφού το φαινόμενο της αστικής εξάπλωσης έχει δυσμενείς παρενέργειες όπως η αύξηση των αποστάσεων μετακίνησης, ο κατακερματισμός της κοινωνικής συνοχής εντός του αστικού ιστού και η επιβάρυνση του φυσικού περιβάλλοντος. Επίσης η υψηλή συγκέντρωση δραστηριοτήτων εντός περιοχών του αστικού χώρου έχει ως αποτέλεσμα την ανισορροπία των περιοχών προσέλκυσης και γένεσης των μετακινήσεων άρα και την υπερφόρτωση κύριων συγκοινωνιακών διαδρόμων (Τσαμπουλάς, 1997).

Στην ουσία οι δυσκολίες που παρουσιάζονται βρίσκονται στην έλλειψη αξιοπιστίας και ασφάλειας στις μετακινήσεις, στο υψηλό κόστος και στον υψηλό χρόνο των μετακινήσεων. Μερικές λύσεις που εφαρμόζονται από μεγαλουπόλεις πχ. Νέα Υόρκη είναι οι εξής:

1. Παροχή καλύτερης δυνατής συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης με τα διαθέσιμα μέσα.
2. Μείωση των αναγκών μετακινήσεων με τη χρήση της τεχνολογίας ή με την αλλαγή του τρόπου ή της σειράς πραγματοποίησης των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων.
3. Η διαχείριση της αστικής κινητικότητας (mobility management) μέσα από τα μέτρα τα οποία έχουν ως στόχο τη μεταβολή της ανθρώπινης συμπεριφοράς ως προς τη Δημόσια Μετακίνηση (Λυμπέρης, 2009).

1.2 Στόχος και Αντικείμενα της Εργασίας

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης της δημόσιας συγκοινωνίας των δήμων Λεμεσού, Μέσα Γειτονίας και Αγίου Αθανασίου και η

αναδιοργάνωση της με βάση αρχές και κανόνες που διέπονται για τον σχεδιασμό μιας λειτουργικής δημόσιας συγκοινωνίας, και η παρουσίαση της μεθοδολογίας έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί σε αντίστοιχες περιπτώσεις. Η περιοχή μελέτης είναι οι προαναφερθέντες δήμοι που αποτελούν το υπόβαθρο της εργασίας όπου θα εφαρμοστούν οι μέθοδοι ανάλυσης χώρου και οι αρχές-κανόνες των δημόσιων συγκοινωνιών για την αξιολόγηση της υπάρχουσας κατάστασης.

Το πρόβλημα που καλείται να αντιμετωπίσει αυτή η μελέτη είναι ο εντοπισμός και η αξιολόγηση όλων εκείνων των δυσχερειών που προκύπτουν από την υπάρχουσα σχεδίαση των λεωφορειακών γραμμών. Με την αξιολόγηση των προβλημάτων που προκύπτουν δίνεται η δυνατότητα αναδιοργάνωσης του δικτύου μεταφορών εντός της περιοχής μελέτης με γνώμονα και απαίτηση την καλύτερη εξυπηρέτηση του επιβατικού κοινού. Με βάση το λογισμικό ArcGIS και τις δυνατότητες που παρέχει δύναται η αξιολόγηση και η ανάλυση να μεγιστοποιείται για καλύτερα αποτελέσματα.

Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου ορίστηκαν οι επιμέρους υποστόχοι οι οποίοι είναι:

- Ανασκόπηση της Ελληνικής και ξένης Βιβλιογραφίας σε θέματα που αφορούν τα Συστήματα Αστικών Συγκοινωνιών, το Σχεδιασμό και τη Λειτουργία Λεωφορειακών Δικτύων.
- Επιλογή μεθόδων και τεχνικών Σχεδιασμού Λεωφορειακού Δικτύου, καταλλήλων για την ανάλυση του υπάρχοντος δικτύου και την αξιολόγηση του καθώς και τη βελτιστοποίηση του βάσει αυτών.
- Ακολουθώντας την ανάλυση και την αξιολόγηση θα επιλεγεί μια μεθοδολογία για τον ανασχεδιασμό του λεωφορειακού δικτύου εντός ορίων μιας συγκεκριμένης περιοχής.
- Η εφαρμογή της παραπάνω μεθοδολογίας εντός των ορίων των δήμων Λεμεσού, Μέσα Γειτονίας και Αγίου Αθανασίου στην Κύπρο.
- Αξιολόγηση της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε με σκοπό τη διατύπωση προτάσεων για βελτίωση της.

1.3 Δομή της εργασίας

Η παρούσα εργασία αναπτύσσεται σε πέντε κεφάλαια τα οποία περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

- Στο **Κεφάλαιο 1** αναφέρονται οι λόγοι κατά τους οποίους η δημόσια αστική συγκοινωνία έχει ως στόχο την βιώσιμη κινητικότητα, την στροφή προς το περιβάλλον και η ανάγκη αλλαγής διαφόρων δικτύων συγκοινωνίας λόγω εξάπλωσης και ανάπτυξης των πόλεων στην σημερινή εποχή.
- Στο **Κεφάλαιο 2** αναγράφονται οι αιτίες που καθιστούν την Δημοσία Αστική Συγκοινωνία ως την υπηρεσία εκτέλεσης κοινωνικού έργου προς του πολίτες, τα κριτήρια Σχεδιασμού Δικτύων Αστικής Συγκοινωνίας καθώς επίσης και οι διαδικασίες δρομολόγησης μιας και ο Σχεδιασμός Δικτύων αποτελούν κομμάτι τους. Περιγράφονται επίσης άλλες μέθοδοι και

τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για διάφορες μελέτες σχεδιασμού δικτύων αλλά και ο ρόλος των ΣΓΠ στην διαδικασία σχεδιασμού μέσω της Ανάλυσης των Δικτύων.

- Στο **Κεφάλαιο 3** περιγράφεται η Μεθοδολογία Ανάλυσης του Υπάρχοντος Λεωφορειακού Δικτύου και του Ανασχεδιασμού του. Αναγράφονται οι στόχοι που θέτονται μέσω της εφαρμογής της μεθοδολογίας, τα απαραίτητα δεδομένα που απαιτούνται για την εφαρμογή της και τα βήματα της μεθοδολογίας όπως αυτά προκύπτουν από το διάγραμμα ροής της.
- Στο **Κεφάλαιο 4** περιγράφεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας στους υπό μελέτη δήμους Λεμεσού, Μέσα Γειτονιάς και Αγίου Αθανασίου. Στην αρχή του κεφαλαίου δίνονται μερικά στοιχεία όσο αφορά τους δήμους αυτούς ενώ στο τέλος του, παρουσιάζεται το προτεινόμενο λεωφορειακό δίκτυο
- Στο **Κεφάλαιο 5** γίνεται η αξιολόγηση της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε στις περιοχές μελέτης. Με την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και την ανάλυση τους προκύπτουν μερικά συμπεράσματα τα οποία αναγράφονται. Επίσης παραθέτονται προτάσεις για βελτίωση της μεθοδολογίας για εξαγωγή καλύτερων αποτελεσμάτων.

Κεφάλαιο 2. Ο Σχεδιασμός Δικτύων Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών

Οι Δημόσιες Αστικές Συγκοινωνίες που εξυπηρετούν μια περιοχή εκτελούν αναμφίβολα μια κοινωνική υπηρεσία που εξασφαλίζει στον πληθυσμό της περιοχής ένα ανεκτό επίπεδο προσιτότητας και κινητικότητας (Γιαννόπουλος,1988). Μέσα από τον σχεδιασμό του δικτύου των Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών ο εκάστοτε φορέας αποσκοπεί στη βελτιστοποίηση της εξυπηρέτησης, στη μείωση του κόστους και εν τέλει στην “πράσινη” ανάπτυξη του δικτύου. Μέσα από διάφορες έρευνες δίνεται η εντύπωση ότι ο σχεδιασμός δικτύων δημοσίων συγκοινωνιών εξαρτάται περισσότερο από μια ισχυρή σχεδιαστική βάση παρά από μια απλή παροχή υποδομών, υπηρεσιών και απλού προγραμματισμού (Mees, 2011).

Το οδικό δίκτυο και η δομή της πόλης σε συνδυασμό με την αύξηση της κινητικότητας εντός αυτής, αποτελούν τροχοπέδη στην ‘ομαλή’ πραγματοποίηση μετακινήσεων (Λυμπέρης, 2009).Επίσης, η αύξηση των ιδιωτικής χρήσης επιβατικών αυτοκινήτων (ΙΧ) ως αποτέλεσμα της αύξησης του πληθυσμού αναγκάζει την κεντρική διοίκηση να λάβει μέτρα έτσι ώστε να αποφευχθεί τόσο το κυκλοφοριακό κομφούζιο που παρατηρείται με τα ΙΧ αλλά και να σεβαστεί το περιβάλλον με την παράλληλη εκπομπή ρύπων από αυτά. Οι Pickrelκαι Schimek (1995) σημειώνουν ότι στις Η.Π.Α, το 90% των μετακινήσεων εντός των πόλεων πραγματοποιούνται με ΙΧ, ενώ στην Μαδρίτη οι μετακινήσεις πραγματοποιούνται με ποσοστό άνω των 50% με τις αστικές συγκοινωνίες. Οι αστικές συγκοινωνίες βοηθούν στην πραγματοποίηση μετακινήσεων για ένα μεγάλο τμήμα του πληθυσμού των πόλεων το οποίο λόγω διαφόρων δυσκολιών δεν μπορεί ή δεν έχει το δικαίωμα να χρησιμοποιήσει τα ΙΧ. Άλλο ένα πλεονέκτημα των αστικών συγκοινωνιών είναι ότι εξυπηρετούν και τους επισκέπτες των πόλεων και αποτελούν δείγμα της φιλοξενίας που παρέχεται από την πόλη (Καρλαύτης,2009).

Οι αστικές συγκοινωνίες ουσιαστικά είναι το ισχυρότερο όπλο του φορέα διαχείρισης λωφορειώνγια την καταπολέμηση των προβλημάτων που αναδύονται με την αυξανόμενη χρησιμοποίηση των ΙΧ αλλά και με γνώμονα πλέον το πράσινο περιβάλλον. Έτσι, ένας σωστός σχεδιασμός των δημοσίων αστικών συγκοινωνιών διέπεται από αρχές και κανόνες που λειτουργούν προς όφελος τόσο του πολίτη όσο και του περιβάλλοντος με όσο λιγότερο λειτουργικό κόστος για τον φορέα των αστικών συγκοινωνιών.

2.1 Σχεδιασμός Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών

Ο σχεδιασμός του δικτύου περιλαμβάνεται στην διαδικασία της δρομολόγησης. Ο στόχος της διαδικασίας δρομολόγησης είναι να προσφέρει την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση με το λιγότερο κόστος εκμετάλλευσης για τον φορέα λειτουργίας του δικτύου. Αυτό επιτυγχάνεται με μια σειρά διαδικασιών που αποσκοπούν στον καθορισμό των δρομολογίων των οχημάτων και την λεπτομερή αποτύπωση στο χρόνο της υπηρεσίας οχημάτων και του προσωπικού κίνησης. Ο σχεδιασμός του δικτύου περιλαμβάνει την διαδικασία καθορισμού των γραμμών που ορίζουν το

σύστημα λεωφορειακού δικτύου που θα ακολουθηθεί. Επίσης περιλαμβάνει τον καθορισμό των συχνοτήτων για κάθε γραμμή που ορίζεται ώστε η προσφορά υπηρεσίας στο δίκτυο να εξυπηρετεί την ζήτηση από το επιβατικό κοινό. Ο καθορισμός των συχνοτήτων κάθε γραμμής εξαρτάται από την επιβατική της κίνηση.

Για τον σχεδιασμό λεωφορειακών δικτύων έγιναν πολλές έρευνες όπου μερικές από αυτές προσπάθησαν να θέσουν κάποιες βάσεις – αρχές αλλά και κάποια κριτήρια σχεδιασμού δρομολογίων έτσι ώστε να διευκολύνουν τις μετέπειτα σχεδιάσεις στις μελλοντικές γενεές.

Σύμφωνα με τον Γιαννόπουλο (1994) η μορφή που έχει ένα δίκτυο Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών, καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη λειτουργικότητα του και την εξυπηρέτηση που παρέχει στο κοινό. Από τη μορφή στην οποία θα διαμορφωθεί το δίκτυο, θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό ο τρόπος λειτουργίας του. Οι βασικές μορφές δικτύων είναι οι εξής :

A) Ορθογωνική μορφή.

Για να μπορέσει ένα δίκτυο να λάβει αυτή τη μορφή θα πρέπει το οδικό δίκτυο της αστικής περιοχής να το ευνοεί. Οι γραμμές θα δημιουργούν ένα ορθογωνικό πλέγμα όπου μερικές εξ' αυτών (ελάχιστες) θα διέρχονται στο κέντρο και οι υπόλοιπες (περισσότερες) θα ακολουθούν το οδικό δίκτυο της περιοχής. Με αυτή τη μορφή δικτύου το πλεονέκτημα είναι ότι οι γραμμές δεν συγκλίνουν σε σημεία συγκέντρωσης της κυκλοφορίας με αποτέλεσμα την ομοιόμορφη προσπελασιμότητα πολλών περιοχών χωρίς να επιβαρύνεται το κέντρο της πόλης. Επίσης είναι πιο κατανοητό σαν δίκτυο. Το μειονέκτημα αυτής της μορφής δικτύου είναι ότι απαιτείται συνήθως μεγάλος αριθμός μετεπιβίβασης με αποτέλεσμα να πρέπει να αυξηθούν οι συχνότητες των δρομολογίων για να μειωθεί ο χρόνος αναμονής των επιβατών στις στάσεις. Τέτοια δίκτυα είναι καλά να χρησιμοποιούνται σε πόλεις όπου η πληθυσμιακή πυκνότητα είναι υψηλή και αρκετή για να δικαιολογεί τις υψηλές συχνότητες των δρομολογίων.

B) Ακτινωτή μορφή.

Σε αυτό το είδος δικτύου οι λεωφορειακές γραμμές έχουν ως αφετηρία το κέντρο της πόλης με κατεύθυνση προς την περιφέρεια με σκοπό την εξυπηρέτηση ακτινωτών διαδρομών υψηλής ζήτησης. Με την μορφή αυτή δημιουργούνται σημεία συγκέντρωσης μετακινήσεων στο κέντρο της πόλης. Το πλεονέκτημα αυτής της μορφής δικτύου είναι ότι οι αφετηρίες και τα τέρματα σχεδιάζονται εκτός κέντρου με σκοπό την αποσυμφόρησή του, αλλά μειονεκτεί γιατί με αυτό το σχεδιασμό το μήκος των γραμμών μεγαλώνει με αποτέλεσμα τους μεγαλύτερους χρόνους διαδρομής. Αυτή η μορφή δικτύου επιλέγεται συνήθως για περιοχές με πληθυσμό κάτω των 20.000 κατοίκων όπου οι κύριες ροές επικοινωνίας είναι προς το κέντρο.

Γ) Μικτή μορφή.

Η μικτή μορφή δικτύου εννοεί την συνύπαρξη ακτινωτού και ορθογωνικού δικτύου. Επιλέγεται σε πόλεις όπου το οδικό δίκτυο δημιουργεί αναγκαστικά διαδρόμους προς το κέντρο με αποτέλεσμα η διέλευση των περισσότερων γραμμών να γίνεται στους ίδιους δρόμους. Αυτό έχει το μειονέκτημα ότι σε αυτούς τους δρόμους υπάρχει υπερπροσφορά και για να λυθεί το πρόβλημα που ανακύπτει θα πρέπει να δημιουργηθεί μια γραμμή κορμού. Με μια γραμμή κορμού που να ξεκινά και να καταλήγει σε δύο σημεία υψηλής ζήτησης και την δημιουργία τροφοδοτικών γραμμών σε αυτά τα σημεία καταλήγουμε στην μικτή μορφή δικτύου.

Ο σχεδιασμός δημοσίων αστικών συγκοινωνιών διέπεται από κριτήρια και κανόνες που η παράλειψη τους αποφέρει σημαντικά προβλήματα στο παραγόμενο επιθυμητό αποτέλεσμα. Στο υποκεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα κριτήρια όπου με βάση αυτά αναλύεται και επεξεργάζεται ανάλογα το υφιστάμενο λεωφορειακό δίκτυο.

2.1.1 Κριτήρια Σχεδιασμού και Διαδικασίες Δρομολόγησης των Λεωφορείων

Όπως προαναφέρθηκε ο σχεδιασμός λεωφορειακού δικτύου και κυριότερα δρομολογίων αποτελείται από ένα πλήθος κριτηρίων που έχουν ως στόχο την καλύτερη διαμόρφωση του δικτύου με γνώμονα την καλύτερη εξυπηρέτηση, την μείωση του κόστους για τον φορέα και τον σεβασμό προς το περιβάλλον που φιλοξενεί το δίκτυο.

Τα κριτήρια σχεδιασμού δρομολογίων χωρίζονται σε 6 ενότητες οι οποίες παρατίθενται παρακάτω περιληπτικά, ενώ αναλύονται λεπτομερώς καθεμία από αυτές στις παραγράφους που ακολουθούν:

- α) Απόσταση μεταξύ Στάσεων (Distance between Stops).
- β) Κάλυψη Περιοχής από τη Λεωφορειακή Γραμμή (Coverage Area of a bus line).
- γ) Αποκλίσεις από την Κύρια Διαδρομή (Deviations from the main path).
- δ) Μήκος Λεωφορειακής Γραμμής (Length of a Bus line).
- ε) Επικάλυψη Λεωφορειακών Γραμμών (Overlay Bus Routes).
- στ) Σύνθεση Λεωφορειακής Γραμμής (Composition of Bus Lines).

Η **Απόσταση μεταξύ Στάσεων** έχει μετατραπεί σε σημείο τριβής σε πολλές έρευνες όπως των Γιαννόπουλου (1988) και Λυμπέρη (2009) που έγιναν με σκοπό τον σχεδιασμό δρομολογίων. Το σημείο σύγκλισης βρίσκεται στα 250 με 500 μέτρα απόσταση μεταξύ των στάσεων ανάλογα με την περιοχή και το είδος της λεωφορειακής γραμμής. Η μικρή απόσταση μεταξύ των στάσεων έχει το πλεονέκτημα της μείωσης του χρόνου περπατήματος των επιβατών ταυτόχρονα όμως έχει αρκετά μειονεκτήματα καθώς μειώνει το επίπεδο εξυπηρέτησης λόγω του ότι αυξάνεται ο χρόνος της διαδρομής με την παρατεταμένη παραμονή του λεωφορείου στις στάσεις. Επίσης με την πυκνή διάταξη των στάσεων επικρατούν μικρές συχνότητες δρομολογίων που έχει ως αποτέλεσμα τα λεωφορεία να διεξάγουν λιγότερες διαδρομές με επιστροφή. Για να καθοριστεί η απόσταση μεταξύ των στάσεων απαιτείται η πυκνότητα του πληθυσμού για τις περιοχές που

εξυπηρετεί η λεωφορειακή γραμμή και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε γραμμής. Επίσης οι στάσεις θα πρέπει να τοποθετούνται σε καίρια σημεία της κάθε περιοχής όπου δημιουργούνται πολλές μετακινήσεις και να μην απέχουν περισσότερο από 400μέτρα (ιδεατός χρόνος περπατήματος) από τα σημεία ενδιαφέροντος που θέλουν να εξυπηρετήσουν. Μέσω των παραπάνω καθορίζεται και η τελική απόσταση μεταξύ των στάσεων.

Με την **Κάλυψη της Περιοχής από τη Λεωφορειακή γραμμή** εννοούμε τη πυκνότητα μεταξύ των γραμμών ενός λεωφορειακού δικτύου. Τα εφαρμοζόμενα πρότυπα κάλυψης διαδρομών αναφέρονται στην εξασφάλιση της γεωγραφικής κατανομής των λεωφορειακών υπηρεσιών μέσα σε μια περιοχή κατά τρόπο ώστε να μεγιστοποιείται η δυνατότητα πρόσβασης των ενδιαφερομένων, εντός των περιορισμών που απορρέουν από τους διαθέσιμους πόρους του εκάστοτε Συγκοινωνιακού Οργανισμού (Φραντζεσκάκης και Γσαμπουλάς, 1997). Η κατανομή των λεωφορειακών γραμμών στο χώρο πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε η προσπελασιμότητα σ' αυτές να μεγιστοποιείται, λαμβάνοντας υπόψη το επίπεδο απαιτούμενης εξυπηρέτησης καθώς και το οικονομικό κόστος. Η απόσταση μεταξύ δυο λεωφορειακών γραμμών πρέπει να διατηρείται μεταξύ 800μ και 3χλμ ανάλογα με την οικιστική πυκνότητα της κάθε περιοχής. Για περιοχές με υψηλή πυκνότητα και για το κέντρο πόλης απαιτούνται οι αποστάσεις μεταξύ των λεωφορειακών γραμμών να μην ξεπερνούν τα 800μ. Για γραμμές τύπου εξπρές ή για γραμμές που εξυπηρετούν αραιοκατοικημένες περιοχές η απόσταση αυτή ενδέχεται να φτάσει στο 1,5χλμ και άνω.

Οι **Αποκλίσεις από την Κύρια Διαδρομή** είναι ένα σημαντικό ζήτημα που απασχολεί τους σχεδιαστές λεωφορειακών δικτύων. Η χάραξη ενός σωστά δομημένου λεωφορειακού δικτύου απαιτεί οι λεωφορειακές γραμμές να είναι όσο το δυνατό ευθείες. Οι πολλές ‘‘παρεκκλίσεις’’ από την ευθεία για σκοπούς τοπικής εξυπηρέτησης θα πρέπει να αποφεύγονται. Με τον όρο ‘‘παρέκκλιση’’ εννοούμε εδώ τις κυκλικές ή περίπου κυκλικές διαδρομές μιας γραμμής σε σημεία όπου είναι επιθυμητή η πληρέστερη κάλυψη μιας περιοχής(Γιαννόπουλος,1987). Διάφορες έρευνες όπως του Γιαννόπουλου(1988) και του Γκόλια(2009) αποδέχτηκαν μερικές προϋποθέσεις για λεωφορειακές γραμμές που εγκαταλείπουν τις βασικές οδικές αρτηρίες για την εξυπηρέτηση οικιστικών θυλάκων ή διαφόρων κέντρων δραστηριοτήτων. Μερικά από αυτές αναγράφονται πιο κάτω:

- Ανώτατο όριο απόστασης απόκλισης 1,5χλμ ανά διαδρομή.
- Περιορισμός χρονικής διάρκειας αποκλίσεων, με ανώτατο όριο συμπληρωματικού χρόνου τα 5 με 8 λεπτά.
- Ο αριθμός επιτρεπτών παρακάμψεων δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 2 ανά λεωφορειακή διαδρομή.
- Να αποφεύγεται η παρέκκλιση στο μέσο της διαδρομής, εκτός ειδικών περιπτώσεων εξυπηρέτησης περιοχών με υψηλή πυκνότητα και εφόσον πληρούνται οι υπόλοιπες προϋποθέσεις.

Για να είναι επιτρεπτή η οποιαδήποτε απόκλιση από την κύρια διαδρομή πρέπει να ισχύουν τουλάχιστον οι τρεις από τις τέσσερις προαναφερθείσες προϋποθέσεις.

Τα πρότυπα αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται για το **Μήκος Λεωφορειακής Γραμμής** θέτουν ανώτατα όρια στην απόσταση και στην χρονική διάρκεια της διαδρομής. Η μέγιστη διάρκεια διαδρομής μετ' επιστροφής περιορίζεται στα 75 με 90 λεπτά.

Η **Επικάλυψη Λεωφορειακών Γραμμών** εξετάζεται με σκοπό να εξασφαλίζεται η ικανοποιητική γεωγραφική κατανομή της συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. Ελαχιστοποιώντας τις αλληλοεπικαλύψεις λεωφορειακών διαδρομών, οι υπηρεσίες μπορούν να κατανεμηθούν ευρύτερα σε μια περιοχή. Επίσης πρέπει να περιορίζεται η επικάλυψη των γραμμών όσον αφορά βασικά κέντρα δραστηριοτήτων. Μερικές έρευνες επιζητούν τον περιορισμό τέτοιων επικαλύψεων σε ένα ανώτατο αριθμό ή ποσοστό χιλιομέτρων διαδρομής.

Η **Σύνθεση Λεωφορειακής Γραμμής** ακολουθά πρότυπα τα οποία έχουν ως σκοπό τη ρύθμιση της δομής των λεωφορειακών γραμμών, την ελαχιστοποίηση των διακλαδώσεων, των αναστροφών και τον επιτρεπτό βαθμό παρακαμπτήριων γραμμών.

Ο αριθμός των διακλαδώσεων συνήθως περιορίζεται σε δύο. Επίσης οι αναστροφές περιορίζονται να λειτουργούν κυρίως κατά τις ώρες αιχμής. Τέλος, οι διακλαδώσεις θα πρέπει να έχουν ένα διαφορετικό ενδεικτικό αριθμό διαδρομής και προορισμού, για να ελαχιστοποιηθεί η πιθανή σύγχυση των επιβατών εάν βλέπουν μια πληθώρα διακλαδώσεων με τον ίδιο ενδεικτικό αριθμό διαδρομής (Φραντζεσκάκης και Γιαννόπουλος, 1986).

Δευτερεύοντα κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό δικτύου είναι τα εξής:

- Για την καλύτερη εξυπηρέτηση του επιβατικού κοινού και την κατανόηση του δικτύου καλό θα είναι οι λεωφορειακές γραμμές να χρησιμοποιούν τον ίδιο δρόμο και για τις δύο κατευθύνσεις εκτός από περιπτώσεις όπου λόγω μονόδρομων επιβάλλεται ο διαχωρισμός των δυο κατευθύνσεων. Σε τέτοιες περιπτώσεις η απόσταση μεταξύ των δυο κατευθύνσεων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 400 μέτρα.
- Είναι προτιμότερο να σχεδιάζονται λεωφορειακές γραμμές που είναι διαμπερείς ως προς το κέντρο για να αποφεύγονται οι ελιγμοί εντός κέντρου με αποτέλεσμα τη κυκλοφοριακή συμφόρηση του.
- Οι γραμμές λεωφορείων είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούν κεντρικές οδικές αρτηρίες και γενικότερα πρέπει να χρησιμοποιούν ασφαλτοστρωμένους δρόμους με λωρίδες πλάτους τα 3 μέτρα το λιγότερο.

Μελετώντας αυτά τα κριτήρια που έχουν αναφερθεί το επόμενο βήμα είναι η δρομολόγηση των οχημάτων του φορέα η οποία δρομολόγηση διέπεται από μια διαδικασία που καλό είναι να ακολουθείται με σκοπό την εξασφάλιση της ομαλής λειτουργία του φορέα αστικών συγκοινωνιών.

2.1.2 Διαδικασίες Δρομολόγησης των Λεωφορείων

Όπως προαναφέρθηκε στην εισαγωγή του κεφαλαίου 2, ο σχεδιασμός δικτύου αποτελεί κομμάτι της διαδικασίας δρομολόγησης. Με τον όρο «δρομολόγηση» εννοούμε μια σειρά διαδικασιών που ως τελικό αποτέλεσμα έχει τον καθορισμό των δρομολογίων των λεωφορείων και της λεπτομερούς αποτύπωσης στο χρόνο της υπηρεσίας οχημάτων και προσωπικού κίνησης (Γιαννόπουλος,1988).

Η διαδικασία δρομολόγησης περιλαμβάνει μια σειρά σταδίων που κατά τον Γιαννόπουλοκατονομάζονται ακολούθως:

- α) Καθορισμός των Γραμμών (RoutePlanning)
- β) Καθορισμός Συχνοτήτων (SettingFrequencies)
- γ) Καθορισμός Ωραρίων των Δρομολογίων (TimetableScheduling)
- δ) Δρομολόγηση Οχημάτων (VehicleAssignment)
- ε) ΚατανομήΟδηγών (Driver Scheduling)

Ο **Καθορισμός Γραμμών** έχει ως στόχο την εξισορρόπηση της ζήτησης για μετακίνηση ανάλογα με τις δραστηριότητες που υπάρχουν στην υπό μελέτη περιοχή και με το κόστος εκμετάλλευσης για τον φορέα. Για να υλοποιηθεί αυτή η εξισορρόπηση θα πρέπει η ζήτηση που υπάρχει να εξυπηρετείται από το προσφερόμενο δίκτυο γραμμών και ταυτόχρονα να ελαχιστοποιείται ο αριθμός των απαιτούμενων οχημάτων με συνέπεια λιγότερο κόστος για το φορέα. Το βασικό στοιχείο για την υλοποίηση αυτού του σταδίου είναι η γνώση της ζήτησης όπως αυτή προκύπτει μέσα από έρευνες που διεξάγονται στο επιβατικό κοινό. Η χρήση μερικών κριτηρίων είναι απαραίτητη. Σκοπός είναι να εντοπιστούν πάνω στο χάρτη της εκάστοτε περιοχής τα σημεία τα οποία ανταποκρίνονται καλύτερα στα κριτήρια τα οποία παραθέτονται πιο κάτω.

- Αποφυγή επικαλύψεων λεωφορειακών γραμμών (Όσο το δυνατό λιγότερες).
- Αποφυγή παρεκκλίσεων από τις κύριες διαδρομές.
- Επιλογή γραμμών που οι επιφάνειες τους ανά πλευρά να καλύπτουν στα 300-500 μέτρα την κάθε περιοχή
- Επιλογή δρόμων που διαθέτουν τα κατάλληλα γεωμετρικά χαρακτηριστικά για την κίνηση λεωφορείων.

Ο σχεδιασμός των γραμμών κυρίως εξαρτάται από το σύστημα λεωφορειακών γραμμών που

ακολουθείται από τον εκάστοτε φορέα(ορθογώνιο, ακτινωτό, μικτό).

Ο **Καθορισμός Συχνοτήτων** είναι το επόμενο στάδιο της διαδικασίας δρομολόγησης. Το χρονικό διάστημα που ακολουθεί μεταξύ δύο οχημάτων ονομάζεται συχνότητα. Ο καθορισμός των συχνοτήτων είναι συνώνυμος με την επιβατική κίνηση τόσο εν ώρα αιχμής όσο και για ώρες εκτός αιχμής. Σύμφωνα με τον Ceder(2007) οι εκάστοτε οργανισμοί μεταφορών χρησιμοποιούν μεθόδους για να ορίζουν διαδρομές και να καθορίζουν συχνότητες που συνήθως βασίζονται σε ήδη υπάρχοντα πρότυπα επιπέδου του συνωστισμού των επιβατών και της πολιτικής που ακολουθείται για την εκάστοτε διαδρομή. Τα πρότυπα αυτά βασίζονται σε δύο προϋποθέσεις:

- (i) θα πρέπει να υπάρχει επαρκής χώρος για την κάλυψη της ζήτησης των επιβατών και
- (ii) να τίθεται ένα ανώτατο χρονικό όριο μεταξύ των διαδρομών για να εξασφαλισθεί ένα ελάχιστο συχνότητας των δρομολογίων.

Η πρώτη προϋπόθεση είναι κατάλληλο κατάλληλο για ώρες αιχμής, και η δεύτερη για περιόδους εκτός αιχμής

Μια μέθοδος υπολογισμού των συχνοτήτων είναι να ληφθεί η μέγιστη επιβατική κίνηση σε ώρα αιχμής και σε ώρα εκτός αιχμής. Με βάση το μέγιστο της επιβατικής κίνησης που παρατηρείται σε μια στάση σε μια ορισμένη χρονική περίοδο αναφοράς και την επιθυμητή πληρότητα ενός λεωφορείου υπολογίζεται η συχνότητα, όπου:

$$\text{συχνότητα} \approx \frac{\text{μεγ. επιβατική κίνηση}}{\text{πληρότητα}}$$

Με τον καθορισμό των γραμμών και τον καθορισμό των συχνοτήτων, το επόμενο βήμα είναι ο **Καθορισμός Ωραρίων των Δρομολογίων**. Σε αυτό το στάδιο δημιουργούνται πίνακες με τις ώρες αφίξεων και αναχωρήσεων των λεωφορείων τόσο στις στάσεις όσο και τις αφετηρίες και τα τέρματα. Για τον καθορισμό των ωραρίων των δρομολογίων όλα εξαρτώνται και πάλι από την ζήτηση. Σε ώρες αιχμής όπου παρατηρείται πύκνωση δρομολογίων άρα και υψηλή συχνότητα, με σωστό καθορισμό των ωραρίων αξιοποιείται καλύτερα το τροχαίο υλικό του φορέα με αποτέλεσμα και καλύτερη εξυπηρέτηση προς το επιβατικό κοινό αλλά και εξοικονόμηση κόστους από την σωστή κατανομή των οχημάτων.

Το επόμενο στάδιο είναι η **Δρομολόγηση Οχημάτων**. Σε αυτό το στάδιο κατανομούνται τα λεωφορεία στα δρομολόγια και υπολογίζονται εκ νέου πίνακες με τις ώρες έναρξης, πέρατος, καθώς και τις ώρες άφιξης στις κυριότερες στάσεις για κάθε όχημα (Γιαννόπουλος, 1994).

Σύμφωνα με τον Γιαννόπουλο (1988) ο στόχος του εκάστοτε φορέα συγκοινωνιών είναι η μεγιστοποίηση της αξιοποίησης των υφιστάμενων οχημάτων με σκοπό την λειτουργία όσο πιο πολλών δρομολογίων με το μικρότερο αριθμό οχημάτων. Για την εκπλήρωση αυτού του στόχου πρέπει να ληφθεί υπόψη και η ανάγκη για προγραμματισμένη συντήρηση των λεωφορείων. Επίσης η πρακτική της επέκτασης μερικών γραμμών λεωφορείων για την κάλυψη κενών άλλων

γραμμών ωφελεί όπως και η αλλαγή αφετηρίας και τέρματος.

Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας δρομολόγησης είναι η **Κατανομή των Οδηγών**. Σε αυτό το στάδιο κατανέμονται οι οδηγοί που θα κινήσουν τα λεωφορεία και υπολογίζονται τα ωράρια τους σχετικά με τις ώρες εργασίας αλλά και ανάπαυσης. Ο καταρτισμός καλύτερων ωραρίων για αυτούς που απαρτίζουν το προσωπικό κίνησης των λεωφορείων σημαίνει και ομαλότερη λειτουργία του φορέα συγκοινωνιών.

Ο σχεδιασμός των δικτύων αστικής συγκοινωνίας διαφέρει από σχεδιαστή σε σχεδιαστή. Ο καθένας προτείνει συγκεκριμένες μεθοδολογίες και τεχνικές που έχουν κοινό παρονομαστή την εξοικονόμηση λειτουργικού κόστους για τον εκάστοτε φορέα.

2.2 Μεθοδολογίες και Τεχνικές για Σχεδιασμό Δικτύων Αστικής Συγκοινωνίας

Εχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες όσο αφορά το σχεδιασμό δικτύου της αστικής συγκοινωνίας. Κάθε μελέτη ακολουθεί διαφορετικές μεθόδους ως προς την υλοποίηση του σχεδιασμού. Σύμφωνα με τον Logie (2010) ο σχεδιασμός δημόσιας συγκοινωνίας πραγματοποιείται μέσα από μοντελοποίηση που να προσφέρει καλύτερες λύσεις από τις υπάρχουσες με όσο το λιγότερο δυνατό κόστος για τους φορείς των δημοσίων συγκοινωνιών. Η διαδικασία μοντελοποίησης αποτελείται από τρία στάδια:

1)την προετοιμασία των δεδομένων με ταυτόχρονη είσοδο τους στο σύστημα, 2)τη μοντελοποίηση (δημιουργία λύσεων, συμπεριλαμβανομένων των επιλογών του ταξιδιώτη) 3)την παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων, συμπεριλαμβανομένων των εκτιμήσεων και αξιολογήσεων.

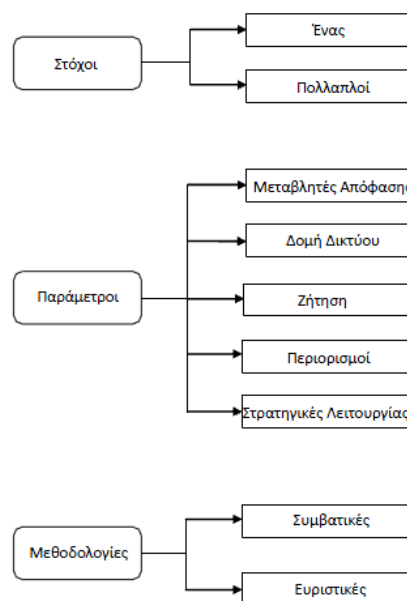
Τα δεδομένα προέρχονται κυρίως από έρευνες που διεξάγονται κατά καιρούς από τα μέσα μαζικής μεταφοράς και με την ανάλυση τους ο φορέας σχεδιάζει το δίκτυο του κατάλληλα έτσι ώστε να εξυπηρετεί την ζήτηση μέσω της κατάλληλης προσφοράς.

Οι Van Nes et al. (1988) διέκριναν έξι τύπους μοντέλων σχεδιασμού δικτύων αστικών συγκοινωνιών: α) τα αναλυτικά μοντέλα για την συσχέτιση των παραμέτρων του συστήματος, β) τα μοντέλα καθορισμού των συνδέσμων του δικτύου που έχουν επιλεγθεί για χρησιμοποίηση τους από τα οχήματα του φορέα Δημόσιας Συγκοινωνίας, γ) τα μοντέλα που καθορίζουν τις γραμμές, δ) τα μοντέλα που καθορίζουν τις συχνότητες για μια ομάδα γραμμών, ε) τα μοντέλα δύο βημάτων τα οποία καθορίζουν γραμμές και συχνότητες και τέλος, στ) το μοντέλο που καθορίζει ταυτόχρονα τις γραμμές και τις συχνότητες.

Άλλοι μελετητές όπως ο Ceder (1997) αποφάνθηκε ότι τα μοντέλα σχεδιασμού Δικτύων αστικών συγκοινωνιών χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αφορά στα μοντέλα προσομοίωσης των επιβατικών ροών και η δεύτερη αφορά στα μαθηματικά μοντέλα προγραμματισμού.

Πολλοί μελετητές συνδυάζουν μαθηματικά μοντέλα προγραμματισμού με αλγόριθμους για την μείωση του χρόνου των διαδρομών που προκύπτουν από τον σχεδιασμό του δικτύου αστικής συγκοινωνίας. Οι Boyan και Mitzenmacher (2011) παρέχουν ένα πολυωνυμικό χρόνο-αλγόριθμο για μια ευρύτερη κατηγορία των κατανομών των περιόδων άφιξης και αναχώρησης, κυριοτέρων αυτών με την αύξηση της ποσοστό αποτυχίας. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει όχι μόνο εκθετικές κατανομές αλλά και ενιαίες, κανονικές. Δεύτερον, στην περίπτωση κατά την οποία οι χρόνοι άφιξης του λεωφορείου είναι ανεξάρτητοι και γεωμετρικά διακριτές τυχαίες μεταβλητές, παρέχουν έναν αλγόριθμο για μεταφορικά δίκτυα των λεωφορείων όπου τα λεωφορεία κινούνται βάσει ενός καθορισμένου χρονοδιαγράμματος.

Οι Κεπάτσογλου και Καρλαύτης (2009) προτείνουν μια δομή τριών επιπέδων (Σχήμα 1) για την οργάνωση και κατηγοριοποίηση των προσεγγίσεων του σχεδιασμού δικτύων αστικής συγκοινωνίας. Το πρώτο επίπεδο αφορά τους στόχους που θέτονται από τον σχεδιαστή του δικτύου αλλά και τον φορέα, το δεύτερο επίπεδο αφορά τις παραμέτρους του δικτύου όπως την δομή, την ζήτηση κ.α, και το τρίτο επίπεδο αφορά τις μεθοδολογίες που διακρίνονται σε συμβατικές και ευριστικές.

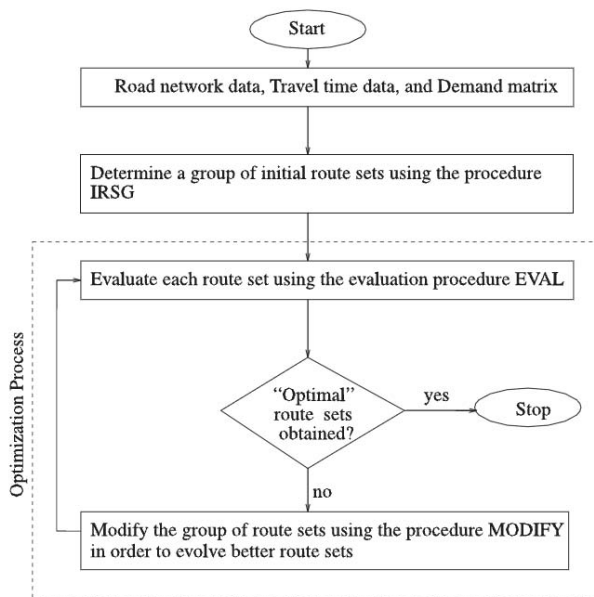


Σχήμα 1. Η δομή των τριών επιπέδων που προτείνουν οι Κεπάτσογλου και Καρλαύτης (2009)

Ο Σπαθόπουλος (2011) χρησιμοποιεί μεθόδους που περιλαμβάνουν πληθυσμιακά δεδομένα ανά οικοδομικό τετράγωνο όπως επίσης και τις χρήσεις γης. Χρησιμοποιεί επίσης το πλήρες δίκτυο πεζών και λεωφορείων της περιοχής με στόχο την μεγιστοποίηση της χρήσης του συστήματος (προσέλευση στις στάσεις) την οποία επιτυγχάνει με την βέλτιστη χωροθέτηση των στάσεων και τον περιορισμό κόστους λειτουργίας, που επιτυγχάνεται με την κατάλληλη επιλογή των ομάδων στάσεων που εξυπηρετούνται από την κάθε γραμμή και την επιλογή της βέλτιστης διαδρομής βάσει κόστους για κάθε ομάδα στάσεων.

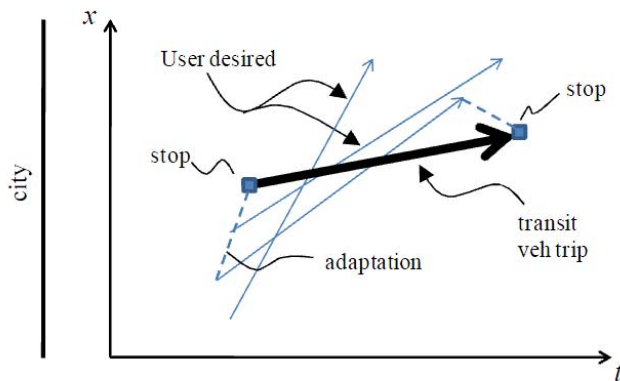
Οι Chakroborty and Dwivedi (2000) χρησιμοποιούν μια εξελικτική τεχνική βελτιστοποίησης για

την ανάπτυξη και τον σχεδιασμό των βέλτιστων διαδρομών του δικτύου. Με την ανάπτυξη ενός αλγορίθμου προσπαθούν να δώσουν την βέλτιστη διαδρομή σε ένα υπάρχον οδικό δίκτυο το οποίο παρέχει πληροφορίες όσο αφορά την σύνδεση των κόμβων του δικτύου, τα γεωμετρικά δεδομένα του δικτύου και την ζήτηση μετακίνησης που προκύπτει ανάμεσα στους κόμβους του οδικού συστήματος (Σχήμα 2). Για την επίλυση των ζητημάτων που προκύπτουν από την ζήτηση στους κόμβους του δικτύου χρησιμοποιούνται είτε ευριστικοί αλγόριθμοι είτε αναλυτικές τεχνικές που βελτιστοποιούν μόνο παραμέτρους που αφορούν την απόσταση της διαδρομής, το μήκος της διαδρομής κτλ. για ένα απλοϊκό εξειδικευμένο δίκτυο.



Σχήμα 2. Διάγραμμα ροής του αλγορίθμου των Chakroborty και Dwivedi (2000)

Μια διαφορετική οπτική γωνία για τον σχεδιασμό του δικτύου αστικής συγκοινωνίας δίνεται από τον Daganzo (2010) του πανεπιστημίου Berkeley των Η.Π.Α. Θεωρεί την δομημένη πόλη ως γραμμική όπου πολλοί άνθρωποι ταξιδεύουν μεταξύ διαφορετικών προελεύσεων και προορισμών, σε διάφορες χρονικές στιγμές. Οι άνθρωποι αυτοί πρέπει να προσαρμόσουν την μετακίνησή τους στο χώρο με βάση την τοποθεσία των στάσεων και το προγραμματισμένο χρονοδιάγραμμα υπηρεσίας για να χρησιμοποιήσουν την αστική συγκοινωνία (Σχήμα 3). Για να μειωθεί η προσαρμογή αυτή παρέχονται περισσότερες επιλογές μετακίνησης. Οι περισσότερες επιλογές μετακίνησης όμως επιφέρουν μεγαλύτερο λειτουργικό κόστος όπου γενικευμένο κόστος δεν αποτελούν μόνο τα χρήματα αλλά και η άνεση των επιβατών και η ασφάλεια τους. Ο στόχος της μελέτης του Daganzo λοιπόν είναι η να επιτευχθεί μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, μετρούμενη από τον συνδυασμό του επιπέδου εξυπηρέτησης και του λειτουργικού κόστους.



Σχήμα 3. Διάγραμμα γραμμικής πόλης σε συνάρτηση με το χρόνο και συνυφασμένη με την ζήτηση και μετακίνηση από στάση σε στάση (πηγή Daganzo, 2010, Public Transportation Systems)

Οι μέθοδοι και οι τεχνικές για το σχεδιασμό του δικτύου στην παρούσα διπλωματική εργασία υπόκεινται στην Ανάλυση του Χώρου και στις εφαρμογές που παρέχουν τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών ή όπως είναι ευρέως διαδεδομένα GIS.

2.3 Ανάλυση Χώρου

Η Ανάλυση του Χώρου αναφέρεται στην φύση των χωρικών κατανομών, τις χωρικές διαδικασίες, τις περιφερειοποιήσεις και τις χωρικές διαφοροποιήσεις. Στη βιβλιογραφία, δίνονται διάφοροι ορισμοί για την Ανάλυση του Χώρου. Σύμφωνα με τον Johnston (1986) η Ανάλυση Χώρου ορίζεται ως ποσοτική διαδικασία και τεχνική που εφαρμόζεται σε χωρικές αναλυτικές εργασίες, ενώ ο Κουτσόπουλος (1979) ορίζει την Ανάλυση Χώρου ως διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία. Κατά τον Haining (1994) η Ανάλυση Χώρου στοχεύει :

- Στη σωστή περιγραφή γεγονότων στο χώρο.
- Στη συστηματική διερεύνηση των χωρικών προτύπων και των χωρικών σχέσεων.
- Στην αύξηση της ικανότητας πρόβλεψης και ελέγχου γεγονότων.
- Στη χρησιμοποίησή της ως εργαλείο λήψης αποφάσεων για το χώρο.

Στην ουσία, η Ανάλυση του Χώρου χρησιμοποιείται ως εργαλείο που μπορεί να εντοπίσει τα προβλήματα της περιοχής μελέτης, να ανακαλύψει την ύπαρξή τους και να προσδιορίσει τις αιτίες που τα προκάλεσαν, να ταξινομήσει τα προβλήματα αυτά για την καλύτερη διερεύνησή τους σε κάθε διάσταση χωριστά, αλλά και στα επίπεδα αλληλεξαρτήσεών τους, να αξιολογήσει τη σημασία των προβλημάτων, ανάλογα με τα αίτια και τις επιπτώσεις τους, γιατί χρειάζεται η ιεράρχησή τους για την ορθολογικότερη επίλυση τους μέσα από ένα σύστημα επιλογών και προτεραιοτήτων και να βρει διασυνδέσεις μεταξύ των προβλημάτων μέσα κι έξω από κάθε περιφέρεια.

Σύμφωνα με τον Κουτσόπουλο (2005) η θέση ή οποιαδήποτε δραστηριότητα ή φαινόμενο χωροθετείται, παίζει σημαντικό ρόλο γιατί είναι η γενεσιουργός αιτία αυτού που ονομάζουμε χωρική συσχέτιση. Επομένως, η βασική υπόθεση της ανεξαρτησίας των χωρικών μονάδων παρατήρησης, αναγκαία στις κλασσικές αναλύσεις, να μην μπορεί να τεκμηριωθεί με αποτέλεσμα να καθίσταται αναγκαία μια διαφορετική, χωρικά εστιασμένη ανάλυση, γνωστή ως χωρική ανάλυση, η οποία εστιάζεται στο ρόλο του γεωγραφικού χώρου και εξαρτάται άμεσα από συγκεκριμένες χωρικές μεταβλητές για την αξιολόγηση ή εξήγηση ενός φαινομένου. Η εφαρμογή μεθόδων και τεχνικών σε στοιχεία τα οποία απλώς είναι καθορισμένα στο χώρο δεν οδηγεί αναγκαστικά σε χωρική ανάλυση. Αντίθετα, η τροποποίηση, η επέκταση, η βελτίωση και γενικά η χρήση τεχνικών οι οποίες άμεσα και με σαφήνεια αναγνωρίζουν την σπουδαιότητα της θέσης και της χωρικής διάταξης των φαινομένων που αναλύονται, συνιστούν χωρική ανάλυση.

2.4 Ανάλυση Δικτύων (NetworkAnalysis)

Η Ανάλυση Δικτύων περιλαμβάνει διάφορες μεθόδους και τεχνικές οι οποίες είναι βασισμένες στην θεωρία των γράφων και στα μοντέλα δεδομένων δικτύων, μέσω των οποίων βρίσκουν εφαρμογή στην μελέτη και ανάλυση πραγματικών δικτύων μεταφοράς.

Συνοπτικά η θεωρία των γράφων έχει την ικανότητα να αναπαριστά τη δομή των δικτύων μεταφορών με τοπολογικό και μαθηματικό τρόπο. Σύμφωνα με τους Miller και Shaw(2001) η ψηφιακή αναπαράσταση των δικτύων είναι ιδιαίτερα σύνθετη, καθώς τα δεδομένα για τις μεταφορές αφορούν διάφορα συστήματα μεταφορών, εμπλέκουν πολλούς τοπικούς, εθνικούς ή διεθνείς περιορισμούς και προσεγγίζονται από διάφορες οπτικές γωνίες χρηστών των συστημάτων.

Τα **μοντέλα δεδομένων δικτύων** (NetworkDataSet) είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιημένα εννοιολογικά μοντέλα αναπαράστασης δεδομένων δικτύων, σε περιβάλλον ΣΓΠ. Τα εννοιολογικά μοντέλα περιγράφουν την οργάνωση των δεδομένων σε υψηλό επίπεδο αφαίρεσης, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τα ζητήματα της υλοποίησης βάσεων δεδομένων (Atzeni, 1999).

Τα βασικά προβλήματα που προσπαθεί να επιλύσει η Ανάλυση Δικτύων αφορούν κυρίως στην εύρεση διαδρομών(βάσει απόστασης και βάσει χρόνου), στην εύρεση πλησιέστερης εγκατάστασης και γενικά στην ρύθμιση της κυκλοφορίας. Για την εκπόνηση αυτής της εργασίας, όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ArcGIS 10. Για την Ανάλυση του Δικτύου χρησιμοποιήθηκε ένα βασικό εργαλείο του προγράμματος το οποίο ονομάζεται NetworkAnalyst.

Μέσω του NetworkAnalyst μπορούν να δημιουργηθούν δυναμικά μοντέλα πραγματικού κυκλοφοριακού δικτύου που να περιλαμβάνει όλους τους περιορισμούς που προϋπάρχουν στο δίκτυο όπως μονοδρομήσεις, όρια ταχύτητας και διάφορες ταχύτητες ταξιδιού βάσει του

κυκλοφοριακού φόρτου. Μέσω της δημιουργίας μιας βάσης δεδομένων δικτύου (NetworkDataSet) μπορούν να αναπαραχθούν στον υπολογιστή όλα τα δεδομένα που επικρατούν στην πραγματική διάσταση του χώρου. Μέσω του NetworkAnalyst και των υποεργαλείων του δύναται :

- Ο εντοπισμός των βέλτιστων διαδρομών
- Ο εντοπισμός των πλησιέστερων εγκαταστάσεων
- Εύρεση διαδρομών για οχήματα που πρέπει να επισκεφθούν παράλληλα πολλές τοποθεσίες
- Υπολογισμός εκτιμώμενου χρόνου άφιξης-αναχώρησης μέσω χρονικών περιορισμών.
- Καθορισμός της βέλτιστης τοποθεσίας για διάφορες εγκαταστάσεις βάσει ανάλυσης χωροθέτησης- κατανομής
- Δημιουργία πλάνου εξόδων μετακίνησης εντός περιοχής μελέτης από διάφορες αφετηρίες προς διάφορους προορισμούς

Όπως προαναφέρθηκε, το NetworkAnalyst διαθέτει μερικά υποεργαλεία,συγκεκριμένα 6, που βάσει αυτών μπορούν να εκπονηθούν αυτά που περιγράφηκαν πιο πάνω. Αυτά τα υποεργαλεία συνοψίζονται ακολούθως :

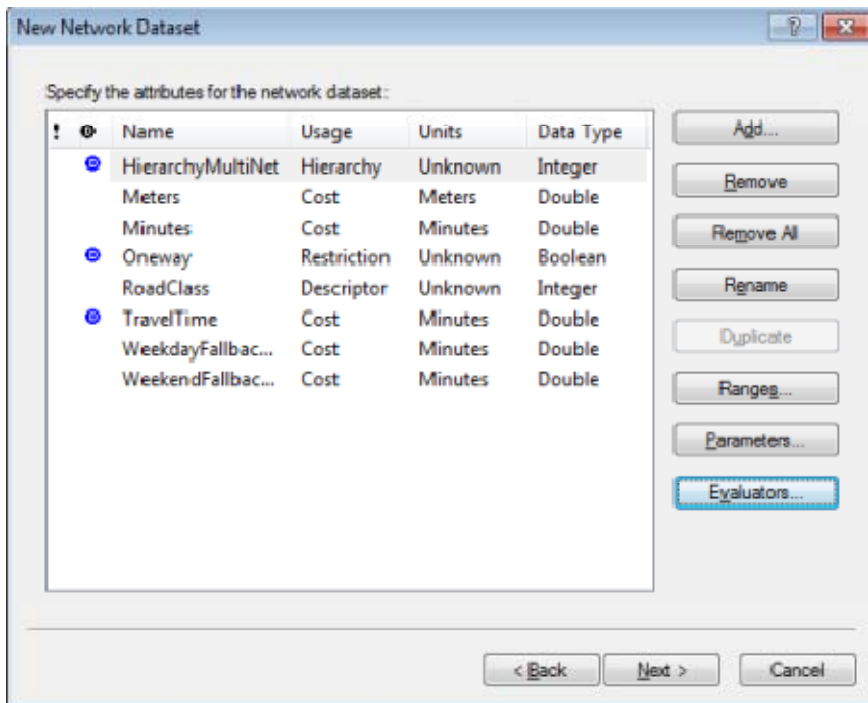
1. Εύρεση Βέλτιστης Διαδρομής (FindBestRoute)
2. Περιοχές Εξυπηρέτησης (Service Areas)
3. Εύρεση Πλησιέστερης Εγκατάστασης (FindClosestFacility)
4. Πίνακας Κόστους Προέλευσης-Προορισμού (Origin-DestinationCostMatrix)
5. Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων(VehicleRoutingProblem)
6. Χωροθέτηση – Κατανομή (Location – Allocation)

Η απαραίτητη προϋπόθεση για την λειτουργία των εφαρμογών του NetworkAnalyst είναι η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων δικτύου, όπου εισάγονται βασικά στοιχεία που χρειάζονται για την ανάλυση του δικτύου. Τα κυριότερα από αυτά που χρειάζονται για ένα δίκτυο οδών αναφέρονται συνοπτικά πιο κάτω :

- **Μήκος.** Βάσει του μήκους επιλέγεται η συντομότερη διαδρομή.
- **Χρόνος Διαδρομής.** Βάσει του χρόνου επιλέγεται η γρηγορότερη διαδρομή.
- **Ταχύτητα.** Βάσει της ταχύτητας υπολογίζεται ο **χρόνος διαδρομής.**
- **Κατηγορία Δρόμου.**Διευκρινίζει το είδος της οδού αν είναι αυτοκινητόδρομος, δρόμος πόλης, αγροτικός δρόμος κτλ.
- **Δεδομένα διευθύνσεων.** Σε μερικά δίκτυα είναι διαθέσιμα τα δεδομένα διευθύνσεων με σκοπό την επιλογή θέσεων για διάφορες εφαρμογές.
- **Μονοδρομίες.** Μερικά δίκτυα δίνουν και τους μονόδρομους των περιοχών για αποφυγή επιλογής λάθος δρόμου σε περίπτωση που ο χρήστης δεν γνωρίζει το οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης.

- **Ιεράρχηση.** Η ιεράρχηση κατηγοριοποιεί τους δρόμους σε περίπτωση σχεδιασμού για μετακινήσεις σε μεγάλα οδικά δίκτυα.

Παρακάτω παραθέεται ένα παράδειγμα των προαναφερέντων στην εικόνα 1.

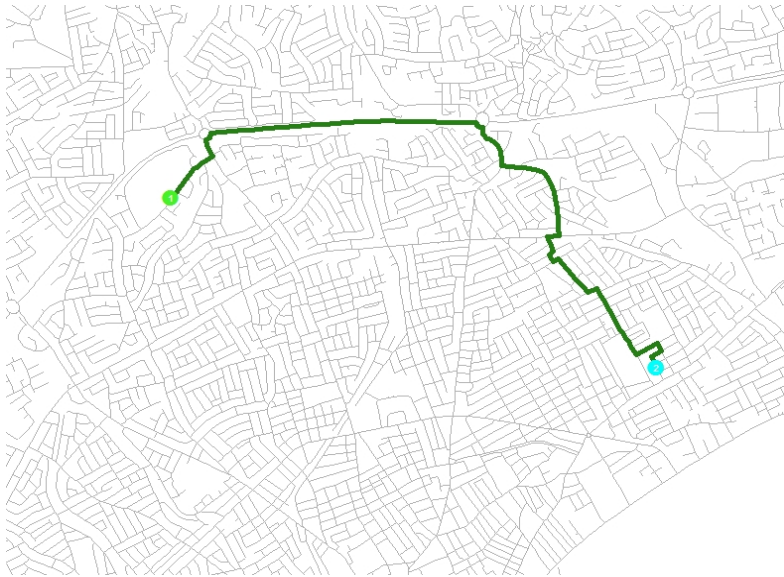


Εικόνα 1. Βάση δεδομένων Δικτύου (Πηγή ArcGISDesktop 10 NetworkAnalystTutorial)

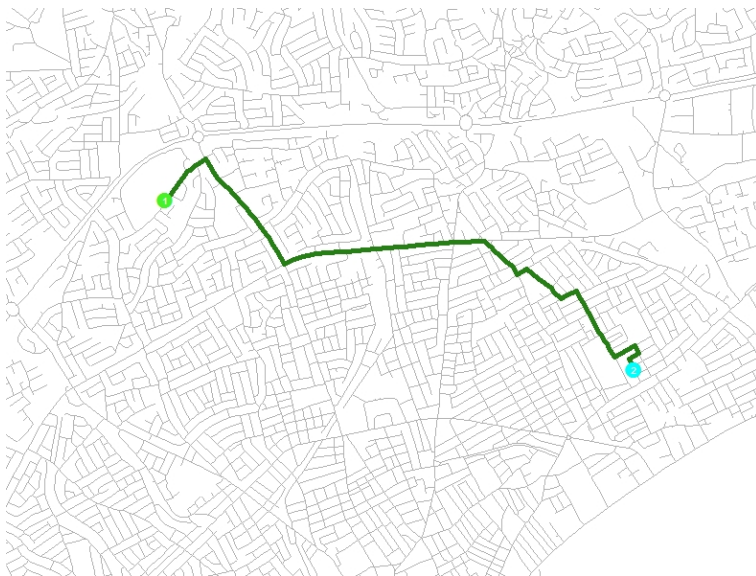
2.4.1 Εύρεση Βέλτιστης Διαδρομής (FindBestRoute)

Η πρώτη εφαρμογή του NetworkAnalyst δίνει την δυνατότητα εύρεσης βέλτιστων διαδρομών, από ένα σημείο σε ένα άλλο ή από μετάβαση σε διάφορα σημεία-θέσεις, βάσει απόστασης ή χρόνου ανάλογα με την χρήση που επιθυμεί ο χρήστης. Οι θέσεις αυτές μπορούν να τοποθετηθούν χειροκίνητα από το χρήστη επάνω στον χάρτη. Επίσης μπορούν να τοποθετηθούν εισάγοντας μια διεύθυνση εάν το δοσμένο δίκτυο διαθέτει κατάλογο οδών βάσει διευθύνσεων, ενώ μπορεί και να φορτώσει τα σημεία των θέσεων όπως αυτά είναι αποθηκευμένα σε featureclass ή featurelayer. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα αναζήτησης της καλύτερης διαδρομής καθορίζοντας την σειρά των σημείων έτσι όπως αυτός επιθυμεί.

Η εύρεση της βέλτιστης διαδρομής καθορίζεται από τις παραμέτρους που θέτει ο χρήστης στη βάση δεδομένων του δικτύου στο NetworkDataset. Εάν ως βάση της διαδρομής επιλεγεί ο χρόνος, δηλαδή η εύρεση της γρηγορότερης διαδρομής, το λογισμικό θα επιλύσει τα δεδομένα με σκοπό την μείωση του χρόνου (Εικόνα 2) σε σχέση με την επιλογή της απόστασης (Εικόνα 3).. Ο χρόνος σε κάθε σύνδεσμο υπολογίζεται αυθαίρετα από το πρόγραμμα με την επιλογή default, αλλά μπορεί να καθοριστεί ανάλογα βάση ώρας αιχμής και τον τύπο του οχήματος.



Εικόνα 2. Εύρεση διαδρομής μεταξύ δύο σημείων βάσει χρόνου (Πηγή Επεξεργασία με το εργαλείο NetworkAnalyst του λογισμικού ArcMap 10)

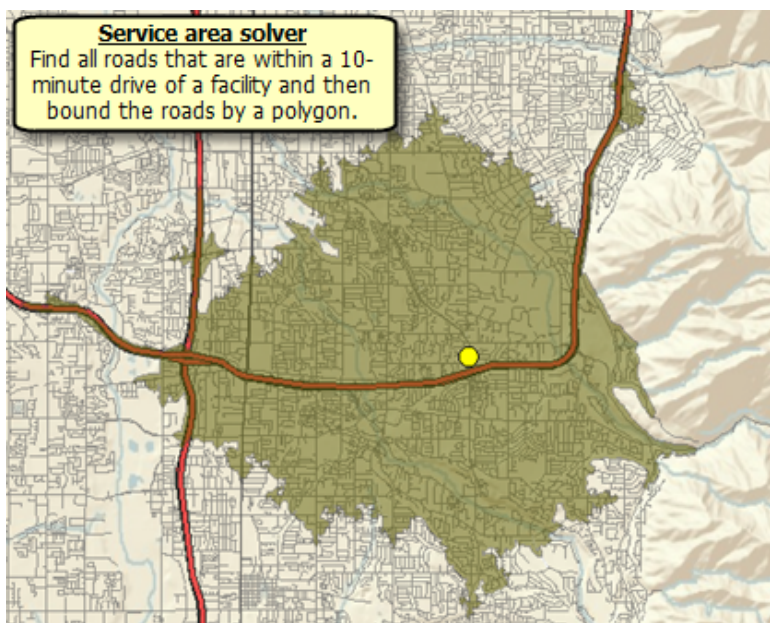


Εικόνα 3. Εύρεση συντομότερης διαδρομής μεταξύ 2 σημείων βάσει απόστασης (Πηγή Επεξεργασία με το εργαλείο NetworkAnalyst του λογισμικού ArcMap 10)

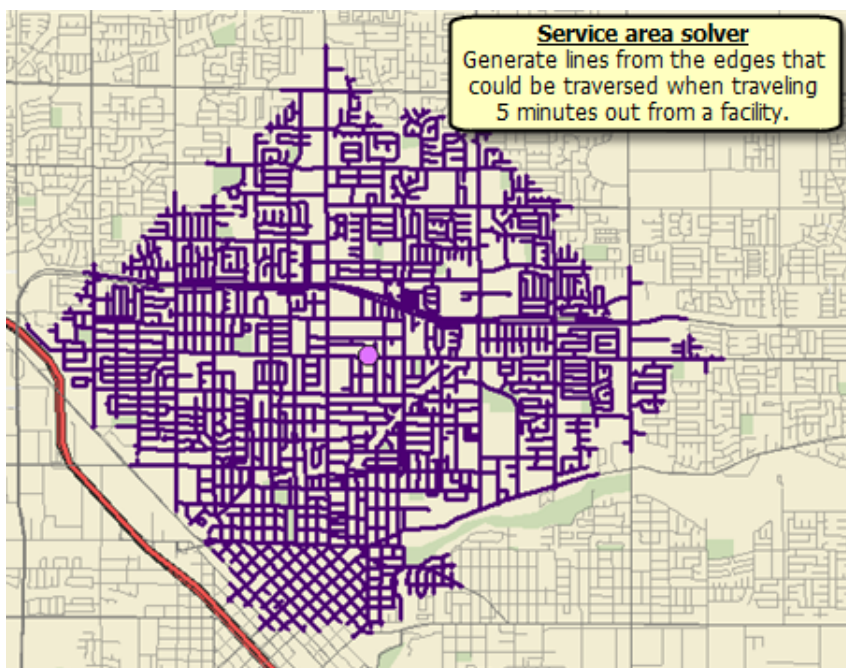
2.4.2 Περιοχές Εξυπηρέτησης (ServiceAreas)

Μια σημαντική εφαρμογή του NetworkAnalyst είναι το λεγόμενο ServiceArea. Το συγκεκριμένο εργαλείο εντοπίζει περιοχές εξυπηρέτησης γύρω από οποιαδήποτε θέση στο δίκτυο. Οι θέσεις μπορούν να εντοπιστούν με τον ίδιο τρόπο όπως αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 2.4.1 δηλαδή ή χειρωνακτικά ή φορτώνοντας αποθηκευμένες θέσεις σημείων από βάση δεδομένων. Οι περιοχές που εξυπηρετούν μια θέση περιέχουν τους δρόμους. Βάσει του χρόνου ή της απόστασης με το εργαλείο αυτό δημιουργούνται πολύγωνα (Εικόνα 4) ή γραμμές (Εικόνα 5) που δείχνουν τους ιδεατούς δρόμους που πρέπει να ακολουθήσει κάποιος για να φτάσει στην θέση που ορίζεται

από το χρήστη Η επιλογή μπορεί να γίνει για κατεύθυνση προς την θέση ή για κατεύθυνση από την θέση. Με τον όρο θέση συνήθως εννοείται κάποια εγκατάσταση ή άλλο σημείο ενδιαφέροντος.



Εικόνα 4. Εύρεση περιοχών εξυπηρέτησης με πολύγωνο προς την εγκατάσταση με εκτιμώμενο χρόνο 10 λεπτά οδήγησης (Πηγή ArcGISOnlineESRI)

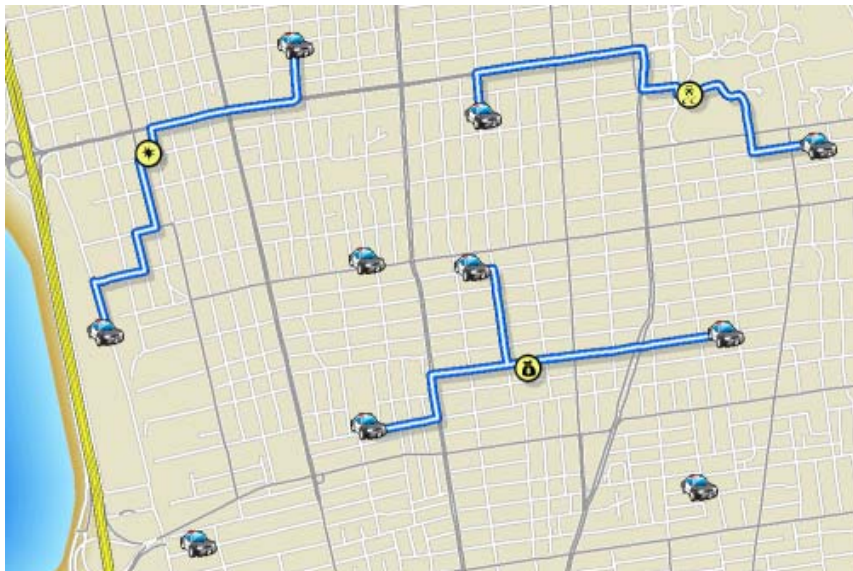


Εικόνα 5. Εύρεση περιοχών εξυπηρέτησης βάσει γραμμών με εκτιμώμενο χρόνο 5 λεπτών από την εγκατάσταση (Πηγή ArcGISOnlineESRI)

2.4.3 Εύρεση Πλησιέστερης Εγκατάστασης (FindClosestFacility)

Η εφαρμογή εύρεσης της πλησιέστερης εγκατάστασης λειτουργεί όπως την εφαρμογή εύρεσης

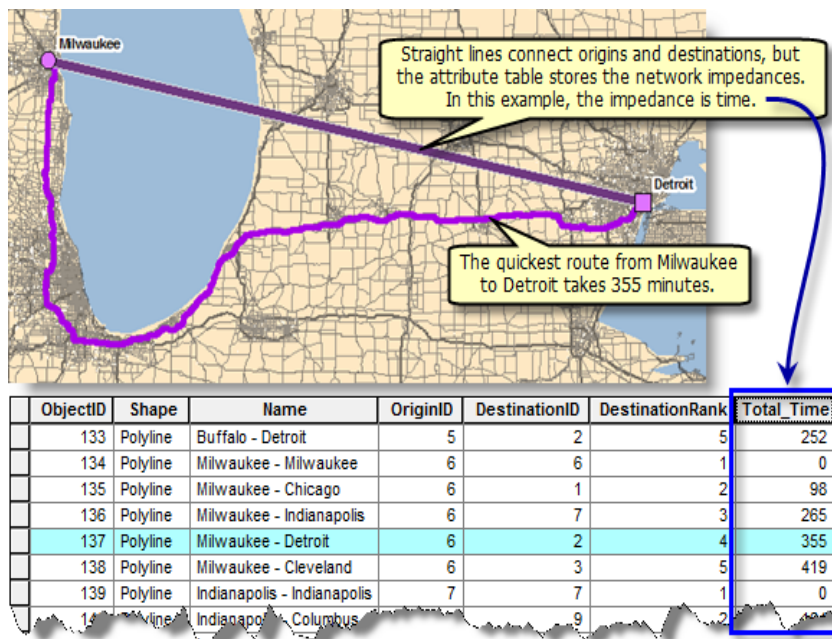
βέλτιστης διαδρομής μεταξύ δυο θέσεων αλλά με διαφορά ότι εδώ είναι γνωστή μόνο η μια θέση και για την δεύτερη θέση επιλέγεται η πλησιέστερη ως προς την πρώτη από ένα σύνολο υποψηφίων θέσεων. Στην ουσία υπάρχουν θέσεις οι οποίες καλούνται ως συμβάντα ή περιστατικά και από αυτές τις θέσεις ζητείται μέσα από ένα σύνολο σημείων το σημείο εξυπηρέτησης το οποίο είναι πιο κοντά στο συμβάν-περιστατικό (Εικόνα 6). Το υποεργαλείο αυτό είναι ιδανικό για προβλήματα που χρίζουν άμεσης αντιμετώπισης για φορείς όπως οχήματα του ΕΚΑΒ για την άμεση και έγκαιρη μετάβαση σε σημείο δυστυχήματος, την αστυνομία για μετάβαση σε σκηνή εγκλήματος πχ. ληστείας και την πυροσβεστική για άμεση μετάβαση σε σημείο πυρκαγιάς με σκοπό την έγκυρη κατάσβεσή της. Με αυτό το υποεργαλείο καθορίζεται η βέλτιστη διαδρομή από και προς την εγκατάσταση, το κόστος ταξιδιού για κάθε διαδρομή και η εμφάνιση των κατευθύνσεων που μπορούν να ακολουθηθούν για κάθε διαδρομή.



Εικόνα 6.Εύρεση Πλησιέστερης Εγκατάστασης στην προκειμένη περίπτωση αστυνομικού οχήματος σε σχέση με περιστατικό. (Πηγή ArcGISOnlineHelpESRI)

2.4.4 ΠίνακαςΚόστουςΠροέλευσης-Προορισμού (Origin-DestinationCostMatrix)

Η εφαρμογή πίνακα κόστους προέλευσης-προορισμού δίνει την δυνατότητα να βρίσκει και να μετρά τις διαδρομές ελαχίστου κόστους κατά μήκους του δικτύου από πολλαπλές προελεύσεις προς πολλαπλούς προορισμούς. Κατατάσσει του προορισμούς κάθε διαδρομής που συνδέονται σε αύξουσα σειρά με βάση την ελάχιστη παράμετρο του δικτύου που απαιτείται για να ταξιδέψει από την αφετηρία σε κάθε προορισμό. Αφού βρεθεί η καλύτερη διαδρομή μεταξύ προέλευσης-προορισμού αυτή και το κόστος της αποθηκεύονται σε ένα πίνακα χαρακτηριστικών (attributable). Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 7) παρουσιάζονται τα ανωτέρω.



Εικόνα 7. Πίνακας κόστους προέλευσης-προορισμού που αποθηκεύει το χαρακτηριστικό στο οποίο βασίζεται, στην προκειμένη περίπτωση το χρόνο. (Πηγή ArcGIS Online Help ESRI)

2.4.5 Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων (Vehicle Routing Problem)

Η επόμενη εφαρμογή, ο επονομαζόμενος ρυθμιστής κυκλοφορίας ή όπως είναι ευρέως διαδεδομένο, πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων στοχεύει στην διαχείριση ενός στόλου οχημάτων με σκοπό την δρομολόγηση τους βάσει των αναγκών κάθε οργανισμού. Για παράδειγμα, ένα κατάστημα επίπλων έχει να παραδώσει πολλές παραγγελίες εντός της ημέρας σε διάφορους προορισμούς χρησιμοποιώντας ένα καθορισμένο αριθμό οχημάτων, ή μια επιχείρηση έχει ως σκοπό την συλλογή και ανακύκλωση χρησιμοποιημένων φιάλων λαδιού από εστιατόρια. Κάθε οργανισμός πρέπει να καθορίσει ποιες παραγγελίες (οικίες, εστιατόρια, ή σημεία ελέγχου) θα εξυπηρετηθούν από κάθε διαδρομή (φορτηγό ή επιθεωρητή) και με ποια σειρά οι παραγγελίες θα πρέπει να παραδοθούν. Ο πρωταρχικός στόχος του ρυθμιστή είναι να εξυπηρετήσει τις εντολές και να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος λειτουργίας του στόλου των οχημάτων. Έτσι, ενώ ο NetworkAnalyst findbestroute (βλ. 2.4.1) βρίσκει την καλύτερη διαδρομή για ένα μόνο όχημα για να επισκεφθεί ο χρήστης πολλές στάσεις, ο ρυθμιστής κυκλοφορίας βρίσκει τις καλύτερες διαδρομές για ένα στόλο οχημάτων για την εξυπηρέτηση πολλών παραγγελιών (Εικόνα 8). Επιπλέον, μπορεί να λύσει πιο συγκεκριμένα προβλήματα, επειδή πολλές επιλογές είναι διαθέσιμες, όπως ο συνδυασμός της χωρητικότητας του οχήματος για παραγγελίες σε ποσότητες, όριζοντας διαλείμματα για τους οδηγούς, καθώς και την αντιστοίχιση εντολών, έτσι ώστε να εξυπηρετούνται από την ίδια διαδρομή.



Εικόνα 8. Παράδειγμα Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων (Πηγή ArcGIS Online Help ESRI)

2.4.6 Χωροθέτηση – Κατανομή (Location – Allocation)

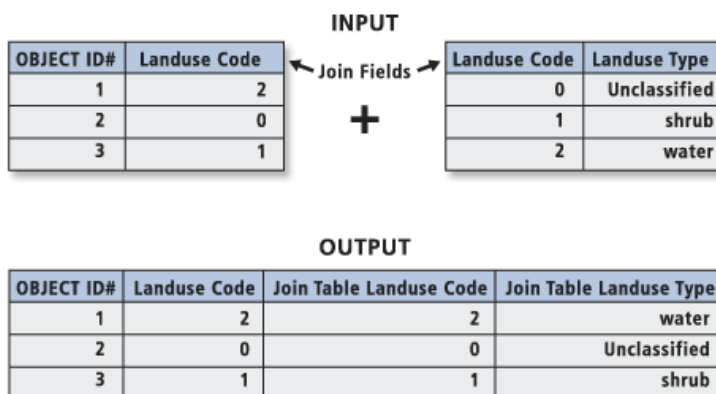
Η χωρική διάσταση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην λύση του προβλήματος χωροθετήσεων-κατανομών. Η χωροθέτηση μιας εγκατάστασης ή μιας υπηρεσίας συχνά θεωρείται πιο σημαντικός παράγοντας που οδηγεί στην επιτυχία του ιδιωτικού ή του δημόσιου τομέα οργάνωσης. Οργανώσεις του ιδιωτικού τομέα μπορούν να επωφεληθούν από μια καλή χωροθέτηση. Η χωροθέτηση και η κατανομή μπορεί να βοηθήσει για να κρατηθούν σταθερά και χαμηλά τα γενικά έξοδα και η υψηλή προσβασιμότητα. Για τον δημόσιο τομέα οι εγκαταστάσεις, όπως σχολεία, νοσοκομεία, βιβλιοθήκες, πυροσβεστικούς σταθμούς, καθώς και τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, η σωστή χωροθέτηση-κατανομή των οποίων μπορεί να προσφέρει υψηλής ποιότητας υπηρεσίες στην κοινότητα με χαμηλό κόστος, όταν επιλεγεί η καλύτερη θέση για χωροθέτηση της εγκατάστασης (Εικόνα 9). Το υποεργαλείο του Network Analyst που καλείται Location-allocation προσφέρει έξι διαφορετικούς τύπους προβλήματος και μπορεί να απαντήσει σε συγκεκριμένες ερωτήσεις διαφόρων προβλημάτων χωροθέτησης-κατανομής. Οι έξι τύποι προβλήματος είναι οι εξής:

- Μεγιστοποίηση της κάλυψης της περιοχής από το σημείο χωροθέτησης της εγκατάστασης
- Ελαχιστοποίηση των εγκαταστάσεων με σκοπό την μεγιστοποίηση των εσόδων
- Ελαχιστοποίηση της αντίστασης πάνω στην οποία βασίζεται η χωροθέτηση-κατανομή
- Μεγιστοποίηση της προσέλευσης του κοινού στην εγκατάσταση
- Μεγιστοποίηση του μεριδίου αγοράς της περιοχής
- Στόχευση στο μερίδιο της αγοράς με σκοπό την μεγιστοποίηση των κερδών



Εικόνα 9. Πρόβλημα Χωροθέτησης-Κατανομής πυροσβεστικών σταθμών (Πηγή ArcGIS Online Help ESRI)

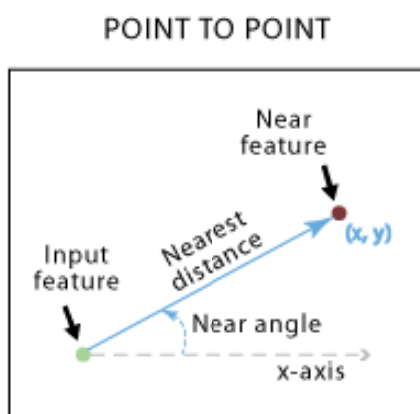
Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως το εργαλείο ArcGIS Network Analyst ήταν το κυριότερο που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση αυτής της εργασίας με κυριότερη χρήση των εφαρμογών εύρεσης βέλτιστης διαδρομής (findbestroute) και των περιοχών εξυπηρέτησης (servicearea). Παρακάτω παρουσιάζονται και δευτερεύοντα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν. Ένα από αυτά είναι το εργαλείο ανάλυσης και πιο συγκεκριμένα το εργαλείο εγγύτητας. Από το εργαλείο εγγύτητας χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο **join** το οποίο πραγματοποιεί συνενώσεις μεταξύ πινάκων με ποιοτικά και ποσοτικά μεγέθη βάσει μια κοινής μεταβλητής που υπάρχει και στους δυο προς ένωση πίνακες. Το αποτέλεσμα του εργαλείου είναι ένας πίνακας που να περιέχει τα στοιχεία των πινάκων εισόδου που έχουν επιλεγεί με βάση το κοινό τους πεδίο (Εικόνα 10).



Εικόνα 10. Αποτέλεσμα ένωσης πινάκων βάσει κοινού στοιχείου (Πηγή ArcGIS Online Help ESRI)

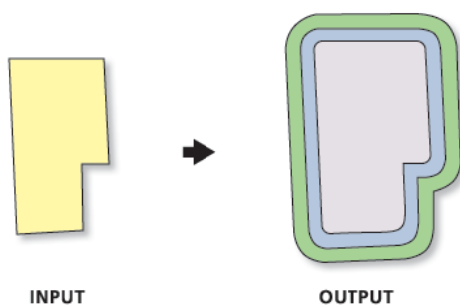
Το επόμενο εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε είναι το **near** (analysis tool). Το συγκεκριμένο εργαλείο καθορίζει την απόσταση από κάθε χαρακτηριστικών χαρακτηριστικών εισόδου στο πλησιέστερο χαρακτηριστικό των εγγύς χαρακτηριστικών, εντός μιας

ακτίνας αναζήτησης (Εικόνα 11).



Εικόνα 11.Εργαλείο near από σημείο σε σημείο (Πηγή ArcGIS Online Help ESRI)

Το τελευταίο εργαλείο από την ενότητα εργαλείου εγγύτητας που χρησιμοποιήθηκε είναι το **multipleringbuffer** που έχει ως σκοπό την δημιουργία πολυγώνων ή διάφορων σχημάτων γύρω από ένα σημείο βάσει δοσμένης απόστασης. Στα δεδομένα εισόδου τοποθετείται το σημείο στο οποίο θέλουμε να δημιουργηθεί το πολύγωνο ή δακτύλιος βάσει αποστάσεων που επιθυμεί ο χρήστης. Το δεδομένο εξόδου παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 12).



Εικόνα 12.Δημιουργία πολυγώνου σε ένα σημείο εισόδου από εργαλείο multipleringbuffer (Πηγή ArcGIS Online Help ESRI)

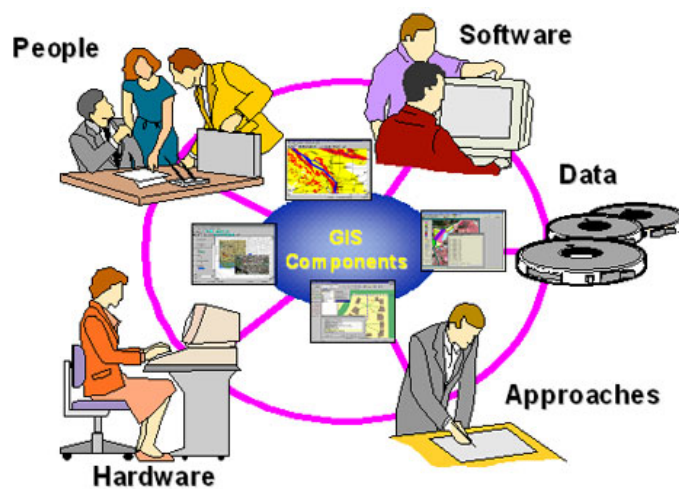
Όλα τα παραπάνω εργαλεία δίνονται από το λογισμικό ArcGIS το οποίο ασχολείται με θέματα που αφορούν τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών.

2.5 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών

Σύστημα Πληροφοριών καλείται το σύστημα το οποίο διαθέτει όλα τα κατάλληλα εργαλεία για την συλλογή, την επεξεργασία και την διαχείριση των πληροφοριών. Χρησιμοποιεί ηλεκτρονικούς υπολογιστές με ειδικά προγράμματα και έχει την δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλου όγκου πληροφοριών και ανάλυσής τους με μεγάλες ταχύτητες. Η διαχείριση του τεράστιου αυτού όγκου πληροφοριών με χρήση ψηφιακών μέσων απαιτεί τη δημιουργία μεγάλων βάσεων δεδομένων και τη συσχέτιση αυτών με τη γεωγραφική θέση τους. Σήμερα, οι εξελίξεις στην πληροφορική που αφορούν τη διαχείριση μεγάλων βάσεων δεδομένων και τη συσχέτιση γεωμετρικής και θεματικής πληροφορίας ποικίλης μορφής και προέλευσης, έφεραν

τη νέα γενιά ψηφιακών συστημάτων – τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π), γνωστά διεθνώς ως GIS (Geographic Information Systems) (Κάβουρας, 1998)

Το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών αποτελείται από ένα οργανωμένο σύνολο που περιέχει υπολογιστικά μηχανήματα (hardware), λογισμικά εργαλεία (software) και χωρικά δεδομένα. Όλα αυτά χειρίζονται από τον άνθρωπο με σκοπό την συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορία που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον (Εικόνα 13).



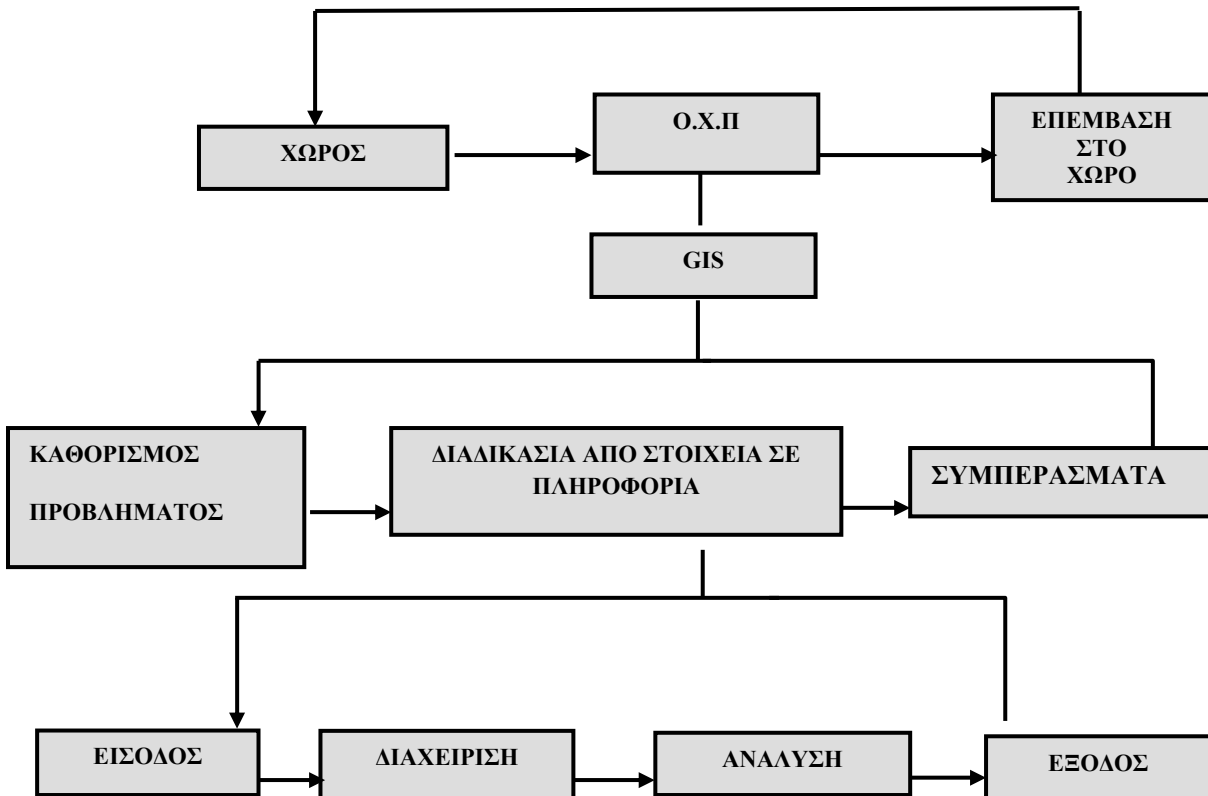
Εικόνα 13. Το σύνολο των στοιχείων που απαρτίζουν τα ΣΓΠ (πηγή <http://educononline.com/wp-content/uploads/2008/12/singapore-educational-consultants-gis.jpg>)

Σύμφωνα με τον Κουτσόπουλο (2005) τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών έχουν ως κυρίαρχο στόχο τον χωρικό σχεδιασμό και αντιπροσωπεύουν ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για την συλλογή, αποθήκευση, ανάληψη ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου. Οι αρχές που διέπουν ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών όπως τις καθορίζει ο Κουτσόπουλος (2005) είναι οι εξής:

- Το σύστημα που θα αναπτυχθεί πρέπει να είναι χρήσιμο στους πολιτικούς υπεύθυνους που παίρνουν τις αποφάσεις δηλαδή στους χρήστες.
- Οι τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση των στοιχείων, πρέπει να είναι προσαρμοσμένες στην τεχνογνωσία και γενικότερα στην υφιστάμενη υποδομή.
- Το επίπεδο απόδοσης του συστήματος και κατ' επέκταση οι δυνατότητες του H/Y, να είναι σύμφωνα με τις ανάγκες και κυρίως τις οικονομικές δυνατότητες και την τεχνογνωσία.

- Οι παραδοχές που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή συμπερασμάτων, πρέπει να αναφέρονται ρητά και κατηγορηματικά σε κάθε επιλογή προγραμμάτων που βασίζονται στις πληροφορίες των GIS.

Παρακάτω παραθέτονται οι διαδικασίες των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών σε πλαίσιο ολοκληρωμένης χωρικής διαδικασίας (Σχήμα 4)



Σχήμα 4. Διαδικασία GIS βάσει ολοκληρωμένης Χωρικής Διαδικασίας (πηγή Κουτσόπουλος, 2005)

Γενικότερα τα ΣΓΠ είναι ένα εργαλείο "έξυπνου χάρτη" που επιτρέπει στους χρήστες του την αποτύπωση ενός κομματιού του πραγματικού κόσμου, την δημιουργία διαδραστικών ερωτήσεων χωρικού ή περιγραφικού χαρακτήρα, την ανάλυση χωρικών δεδομένων (spatial data), το καταρτισμό τους και την απόδοση τους ώστε να προσαρμοστούν σε αναλογικά μέσα (εκτυπώσεις χαρτών και διαγραμμάτων) ή σε ψηφιακά μέσα (αρχεία χωρικών δεδομένων, διαδραστικοί χάρτες στο Διαδίκτυο) (Γιαννακάκης και Πεκλάρης, 2012).

Τα GIS έχουν την δυνατότητα να συνδέσουν την χωρική πληροφορία με την περιγραφική πληροφορία βάσει δυο μοντέλων δεδομένων, τα οποία περιγράφονται παρακάτω:

- Αντικειμενοστραφές (object-oriented) μοντέλο δεδομένων, στο οποίο οι χωρικές και οι περιγραφικές πληροφορίες συγχωνεύονται σε αντικείμενα, τα οποία μοντελοποιούν αντικείμενα στην φυσική τους υπόσταση.

- Σχεσιακό (relational) μοντέλο δεδομένων, στο οποίο οι περιγραφικές πληροφορίες καταχωρούνται σε πίνακες χωριστά και μετά συσχετίζονται με τα χωρικά δεδομένα μέσω τιμών που είναι κοινές και στα δύο είδη δεδομένων.

Η ολοκληρωμένη έννοια των GIS εκτός από τα δεδομένα που αποτελούν την βάση τους περιλαμβάνουν επίσης το μηχανικό εξοπλισμό με το λογισμικό, τις διαδικασίες που ακολουθούνται, το ανθρώπινο δυναμικό που είναι υπεύθυνο για την διαχείριση τους. Όλα αυτά περιλαμβάνονται σε ένα οργανισμό που σκοπό έχει την διαχείριση της πληροφορίας με βάση τα GIS.

Τα ΣΓΠ έχουν διάφορες χρήσεις. Μπορούν να λειτουργήσουν ως χαρτογραφικά εργαλεία, εργαλεία ανάλυσης χωρικών δεδομένων, σχεδιαστικά εργαλεία και ως συστήματα διαχείρισης βάσης δεδομένων. Οι περισσότερες εφαρμογές των ΣΓΠ λειτουργούν σε επιφάνεια εργασίας και έχουν ως στόχο την κατασκευή χαρτών με πληροφορίες που να συνδυάζουν την θέση με σημειακές πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες σε μια βάση δεδομένων. Τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργηθεί συστήματα που αποσκοπούν στον συνδυασμό της θέσης και την πληροφορία που σχετίζεται με τη θέση, με αποτέλεσμα ο χρήστης να παίρνει αυτή την πληροφορία σε πραγματικό χρόνο. Οι υπηρεσίες που προσφέρουν τα συστήματα αυτά ονομάζονται Υπηρεσίες Αξιοποίησης της Γεωγραφικής Θέσης (Location-based-Services-LBS (http://en.wikipedia.org/wiki/Location-based_service))

Τα ΣΓΠ την τελευταία δεκαετία έχουν επιδείξει μεγάλο ενδιαφέρον για χρήση των εφαρμογών τους στο πεδίο των Δικτύων Μεταφορών.

2.5.1 Εφαρμογές των ΣΓΠ στις Μεταφορές (ΣΓΠ-M)

Το ευρύ φάσμα εφαρμογών των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, επιδέχθηκε μεγάλο ενδιαφέρον από το Σχεδιασμό των Μεταφορών. Στις εποχή μας έχει αναπτυχθεί ένας μεγάλος κλάδος των GIS που ασχολείται κυρίως με το σχεδιασμό και τη μοντελοποίηση δικτύων μεταφοράς.

Σύμφωνα με τον Till (2000) οι μεταφορές αποτελούν μια καλά εδραιωμένη περιοχή των GIS και πλέον υπάρχει μια διακριτή GIS-Τκοινότητα (Miller και Shaw, 2001). Αν και οι ορισμοί διαφέρουν, τα ΣΓΠ-M ασχολούνται και με ένα διαφορετικό σύνολο θεμάτων μαζικής μεταφοράς συμπεριλαμβανομένης της συντήρησης των εγκαταστάσεων μεταφοράς, την συνολική κίνηση της κυκλοφορίας και τις εφαρμογές εύρεσης διαδρομών. Σε γενικές γραμμές, ασχολούνται αποκλειστικά με δίκτυα μεταφοράς πχ. οδικών ή σιδηροδρομικών μέσα από ένα πλαίσιο ευρύτερης γεωγραφικά περιοχής. Πολλές GIS-T εφαρμογές απαιτούν την επέκταση της παραδοσιακής αναπαράστασης του χάρτη GIS σε μια αναπαράσταση του δικτύου για την υποστήριξη πλοήγησης (Goodchild, 2000).

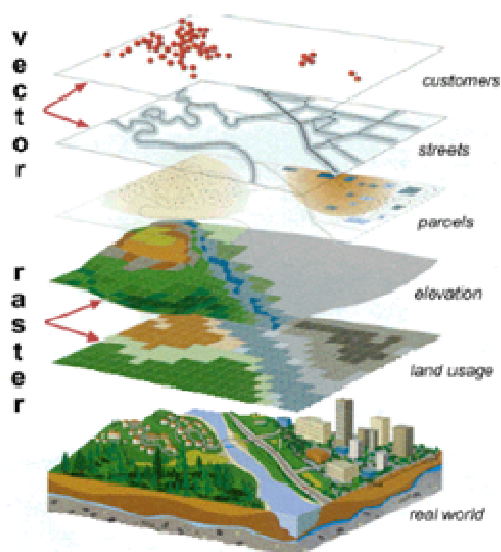
Η έρευνα στον τομέα των ΣΓΠ ως προς τις μεταφορές βασίζεται σε δυο αλληλοσυνδεόμενες κατευθύνσεις διαφορετικού χαρακτήρα η μια από την άλλη. Η πρώτη κατεύθυνση αφορά στην

γενικότερη βελτίωση και ανάπτυξη των GIS, με στόχο την κάλυψη των αναγκών που προκύπτουν από τις εφαρμογές στις Μεταφορές. Η δεύτερη κατεύθυνση σύμφωνα με το Shaw (2002) αναζητά τους τρόπους με τους οποίους οι υφιστάμενες εφαρμογές των GIS-Τμπορούν να αξιοποιηθούν για την διευκόλυνση και βελτίωση των μελετών που εκπονούνται για τις μεταφορές.

Σύμφωνα με τους ShawandRodrigues (2009) η έρευνα των ΣΓΠ-Μ ταξινομείται σε τρεις κατηγορίες. Στην Αναπαράσταση των Δεδομένων, στις Μεθόδους και Τεχνικές ανάλυσης αυτών των δεδομένων και τέλος στις Εφαρμογές που είναι κατάλληλες για τα GIS-Τ. Η αναπαράσταση των δεδομένων στα ΣΓΠ πραγματοποιείται σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον με σκοπό την επίλυση πραγματικών προβλημάτων. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των ΣΓΠ είναι η ενσωμάτωση χωρικής και περιγραφικής πληροφορίας με στόχο την ικανοποίηση των αναγκών της χωρικής και μη χωρικής ανάλυσης και της απεικόνισης των δεδομένων και των αποτελεσμάτων που προκύπτουν. Η αναπαράσταση των γεωγραφικών δεδομένων γίνεται κυρίως με ψηφιακά χωρικά μοντέλα που χωρίζονται σε δυο υποκατηγορίες, τα διανυσματικά μοντέλα και τα ψηφιδωτά μοντέλα.

2.5.2 Διανυσματικά Και Ψηφιδωτά Μοντέλα

Για την περιγραφή του χώρου υπάρχει η αντίληψη ότι αυτός καλύπτεται από διάφορες οντότητες και στοιχεία τα οποία αυτά μεταβάλλονται συνεχώς και ομαλά στο χώρο. Όπως προαναφέρθηκε η αναπαράσταση των γεωγραφικών δεδομένων γίνεται με τα διανυσματικά μοντέλα (vector) ή τα ψηφιδωτά μοντέλα (raster).



Σχήμα 5 Η αρχή της υπέρθεσης των Πληροφοριακών επιπέδων στα GIS

Στο διανυσματικό μοντέλο (vectormodel) , ο γεωγραφικός χώρος θεωρείται ότι καταλαμβάνεται από αναγνωρίσιμα και διακριτά αντικείμενα, από οντότητες οι οποίες περιγράφονται από τα χαρακτηριστικά τους και ορίζονται από την θέση τους σε ένα σύνολο συντεταγμένων. Συνήθως

αυτές οι οντότητες στο διανυσματικό μοντέλο εμφανίζονται ως σημεία, γραμμές και πολύγωνα.

Στο ψηφιδωτό μοντέλο (rastermodel) γίνεται η θεώρηση ότι ο γεωγραφικός χώρος καταλαμβάνεται από χαρακτηριστικά του πραγματικού κόσμου που περιέχουν καρτεσιανές συντεταγμένες και αλλάζουν θέση συνεχώς, ο οποίος αυτός χώρος χωρίζεται σε χωρία κανονικού σχήματος τα λεγόμενα φατνία ή αλλιώς pixels. Η απεικόνιση του χώρου αυτού γίνεται με κανονικές ψηφίδες ή μη κανονικές.

Στις μελέτες που αφορούν τις Μεταφορές έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο τα διανυσματικά μοντέλα όσο και τα ψηφιδωτά μοντέλα. Ανάλογα με την φύση του προβλήματος που προκύπτουν από την ανάλυση των μεταφορών δίνεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης ή του ενός μοντέλου ή του άλλου. Στην ανάλυση δικτύου όπου βασίζεται στη θεωρία των γράφων και τα δίκτυα αναπαριστάνονται με κόμβους και συνδέσμους προτιμότερη είναι η χρήση του διανυσματικού μοντέλου όπου αποτελεί την καλύτερη εναλλακτική για αντίστοιχες εφαρμογές.

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρήθηκε η παρουσίαση των σύγχρονων μεθόδων και εφαρμογών που διέπουν τις αρχές και τους κανόνες για το σχεδιασμό ενός δικτύου αστικής συγκοινωνίας και τις διαδικασίες που προηγούνται της κίνησης των λεωφορείων εντός αυτού του δικτύου. Επίσης αναπτύχθηκε ο ρόλος των ΣΓΠ-Μ ως προς την ανάλυση του δικτύου αλλά και αρκετές εφαρμογές και μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί από διάφορους μελετητές με σκοπό την διεκπεραίωση αντίστοιχων μελετών. Στο επόμενο κεφάλαιο θα επιχειρηθεί η ανάπτυξη μεθοδολογίας με απλά βήματα τόσο ως προς την κατανόηση όσο και ως προς την εφαρμογή σε άλλες μελέτες με αντίστοιχο θέμα. Τέλος, υιοθετούμε τα κριτήρια του σχεδιασμού που αναφέρθηκαν αφού αποτελούν το θεμέλιο λίθο της μεθοδολογίας μέσω των ΣΓΠ-Μ.

Κεφάλαιο 3. Μεθοδολογία Ανάλυσης Υφιστάμενου Λεωφορειακού Δικτύου και Ανασχεδιασμού του

Τα κριτήρια σχεδιασμού δικτύων αστικής συγκοινωνίας καθώς και οι εφαρμογές και τα εργαλεία των ΣΓΠ-Μ και κυριότερα του προγράμματος ArcGISDesktop10 αποτελούν τα βασικά εργαλεία για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Μέσα από αυτά τα εργαλεία μπορεί να γίνει ανάλυση, αξιολόγηση, σχεδιασμός και βελτίωση διαφόρων συστημάτων αστικής συγκοινωνίας. Λαμβάνοντας υπόψη τις αρχές τις βιώσιμης κινητικότητας, τη στροφή προς το περιβάλλον και την εξοικονόμηση κόστους, στο παρόν κεφάλαιο αναπτύσσεται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για την ανάλυση υφιστάμενου λεωφορειακού δικτύου και τον ανασχεδιασμό του βάσει των κριτηρίων σχεδιασμού και των εργαλείων που προσφέρουν τα GIS.

3.1 Στόχοι της Μεθοδολογίας

Στις πλείστες αναπτυγμένες πόλεις ανά τον κόσμο υπάρχουν ήδη ανεπτυγμένα δίκτυα αστικών συγκοινωνιών. Τα δίκτυα αυτά συνήθως είναι πυκνότερα προς το κέντρο της πόλης και αραιώνουν καθώς απομακρύνονται από αυτό. Το οδικό δίκτυο που περιλαμβάνει το σύστημα αστικής συγκοινωνίας είναι ήδη δομημένο αλλά επεκτείνεται μαζί με την επέκταση των πόλεων.

Η συνεχής εξέλιξη και ανάπτυξη των πόλεων επηρεάζουν άμεσα της αστικές συγκοινωνίες. Μαζί με την ανάπτυξη προκύπτουν νέες δραστηριότητες για την κάλυψη των αναγκών του αυξανόμενου πληθυσμού. Για την κάλυψη αυτών των αναγκών οι φορείς αστικών συγκοινωνιών οδηγούνται στη πραγματοποίηση μεγάλου αριθμού μετακινήσεων. Οι συγκοινωνιακοί διάδρομοι καταλαμβάνουν ένα μεγάλο ποσοστό της επιφάνειας της πόλης με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να επεκταθούν αφού στο τέλος, το περιβάλλον θα είναι αυτό που θα υποστεί τις συνέπειες. Οι δυνατότητες για τη δημιουργία νέων υποδομών για να εξυπηρετηθεί ο μεγάλος αριθμός μετακινήσεων που προκύπτει, είναι μικρές, περιβαλλοντικά προβληματικές και οικονομικά ασύμφορες. Επμένως, μαζί με τις ανάγκες που προκύπτουν από την ανάπτυξη δημιουργείται και η ανάγκη ανασχεδιασμού του υφιστάμενου λεωφορειακού δικτύου.

Το υφιστάμενο δίκτυο δομήθηκε λαμβάνοντας υπόψη την ζήτηση χωρίς όμως να υπολογίσει βασικά κριτήρια σχεδιασμού δικτύων με αποτέλεσμα να υπάρχει χαμηλού επιπέδου εξυπηρέτηση ως προς το επιβατικό κοινό, αλλά και δυσφορία των οδηγών των ΙΧ. Η μεθοδολογία που θα παρουσιαστεί θα προσπαθήσει να δώσει μια εναλλακτική λύση στον βασικό ανασχεδιασμό του δικτύου, που θα λαμβάνει υπόψη τα κριτήρια σχεδιασμού που προαναφέρθηκαν. Το παραγόμενο αποτέλεσμα της μεθοδολογίας προσφέρει εύκολες λύσεις ως προς την αναδιαμόρφωση των λεωφορειακών γραμμών και την χωροθέτηση των στάσεων, μέσω των κριτηρίων του σχεδιασμού των δικτύων αστικής συγκοινωνίας.

Οι στόχοι που θέτονται μέσω της μεθοδολογίας προέρχονται από τα βασικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι φορείς διαχείρισης των λεωφορειακών γραμμών. Τα προβλήματα αυτά εντοπίζονται στην κυκλοφοριακή συμφόρηση, στην μη απαιτούμενη εξυπηρέτηση που προκύπτει από τις συχνές στάσεις που κάνουν τα λεωφορεία με αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου της διαδρομής, αύξηση του λειτουργικού κόστους και αύξηση της εκπομπής ρύπων στο περιβάλλον. Άρα τα ερωτήματα που προκύπτουν είναι πώς από τον ανασχεδιασμό του υφιστάμενου λεωφορειακού δικτύου μπορεί να προκύψει αποσυμφόρηση της κυκλοφορίας, αύξηση του επιπέδου εξυπηρέτησης ως προς το επιβατικό κοινό, μείωση του λειτουργικού κόστους και καλύτερη αντιμετώπιση του περιβάλλοντος.

Από τα παραπάνω προκύπτουν και οι στόχοι που θέτονται από την μεθοδολογία. Αυτοί είναι :

1. Μείωση του λειτουργικού κόστους
2. Χωροθέτηση των στάσεων βάσει κριτηρίων σχεδιασμού
3. Σχεδιασμός Γραμμών με βάση τα κριτήρια σχεδιασμού
4. Αύξηση του επιπέδου εξυπηρέτησης προς το επιβατικό κοινό
5. Ένα δίκτυο λεωφορειακών γραμμών φιλικό προς το περιβάλλον.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων απαιτούνται συγκεκριμένα δεδομένα τα οποία δίνονται συνήθως από τους φορείς διαχείρισης των λεωφορειών ή από τους δήμους στους οποίους διεξάγεται η έρευνα.

3.2 Απαραίτητα Δεδομένα και Παράμετροι

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω για την λειτουργία της μεθοδολογίας και την επίτευξη των στόχων που τέθηκαν μέσω αυτής απαιτούνται κάποια δεδομένα. Μέσα από την συλλογή των δεδομένων προκύπτουν μερικές παράμετροι οι οποίες αφορούν την δομή του οδικού δικτύου.

Το δίκτυο που χρησιμοποιείται στην μεθοδολογία αποτελεί ένα πραγματικό δίκτυο με αρκετή λεπτομέρεια όσο αφορά την κατηγοριοποίηση των δρόμων βάσει χαρακτήρα. Δηλαδή αν είναι αυτοκινητόδρομος, αν είναι δρόμος πόλης με τέσσερις λωρίδες ή τοπικός δρόμος δύο λωρίδων. Σε αυτό το δίκτυο υπάρχει ένας πίνακας για κάθε κομμάτι δρόμου που χαρακτηρίζει την κατηγορία του δρόμου. Για τον υπολογισμό των χρόνων διαδρομής των λεωφορειών που περνούν από τους δρόμους χρησιμοποιείται η δοσμένη τιμή ταχύτητας που δόθηκε από τον φορέα διαχείρισης των λεωφορειών. Στο δίκτυο αυτό ζητούνται και τα σημεία στα οποία έχουν χωροθετηθεί οι στάσεις ώστε να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση όσο αφορά την προσφορά προς τα σημεία ενδιαφέροντος αλλά και στη συμφόρηση που προκαλείται από την τυχαία και

έντονη κατανομή τους. Επίσης απαραίτητος είναι ο χάρτης της περιοχής μελέτης για να γίνει χωροθέτηση των σημείων ενδιαφέροντος όπου απαιτούνται μετακινήσεις, ώστε να αναλυθεί το υφιστάμενο δίκτυο ως προς την εξυπηρέτηση προς αυτές.

Επισημαίνεται ότι μέσω αυτής της μεθοδολογίας δεν προκύπτουν οι συχνότητες των δρομολογίων ούτε το χρονοδιάγραμμα κίνησης των λεωφορείων, ωστόσο με μια ενσωμάτωση ενός real-timetracking μοντέλου όπου θα παρακολουθεί την κίνηση των λεωφορείων σε πραγματικό χρόνο που να υπολογίζει τις πραγματικές συνθήκες κίνησης εν ώρα αιχμής και εκτός αιχμής, μπορούν να υπολογιστούν τόσο οι συχνότητες όσο και το χρονοδιάγραμμα κίνησης των λεωφορείων.

Από τα παραπάνω ο χρήστης μπορεί να αντιληφθεί το είδος των δεδομένων τα οποία πρέπει να ζητηθούν από τους φορείς και τους δήμους τα οποία είναι :

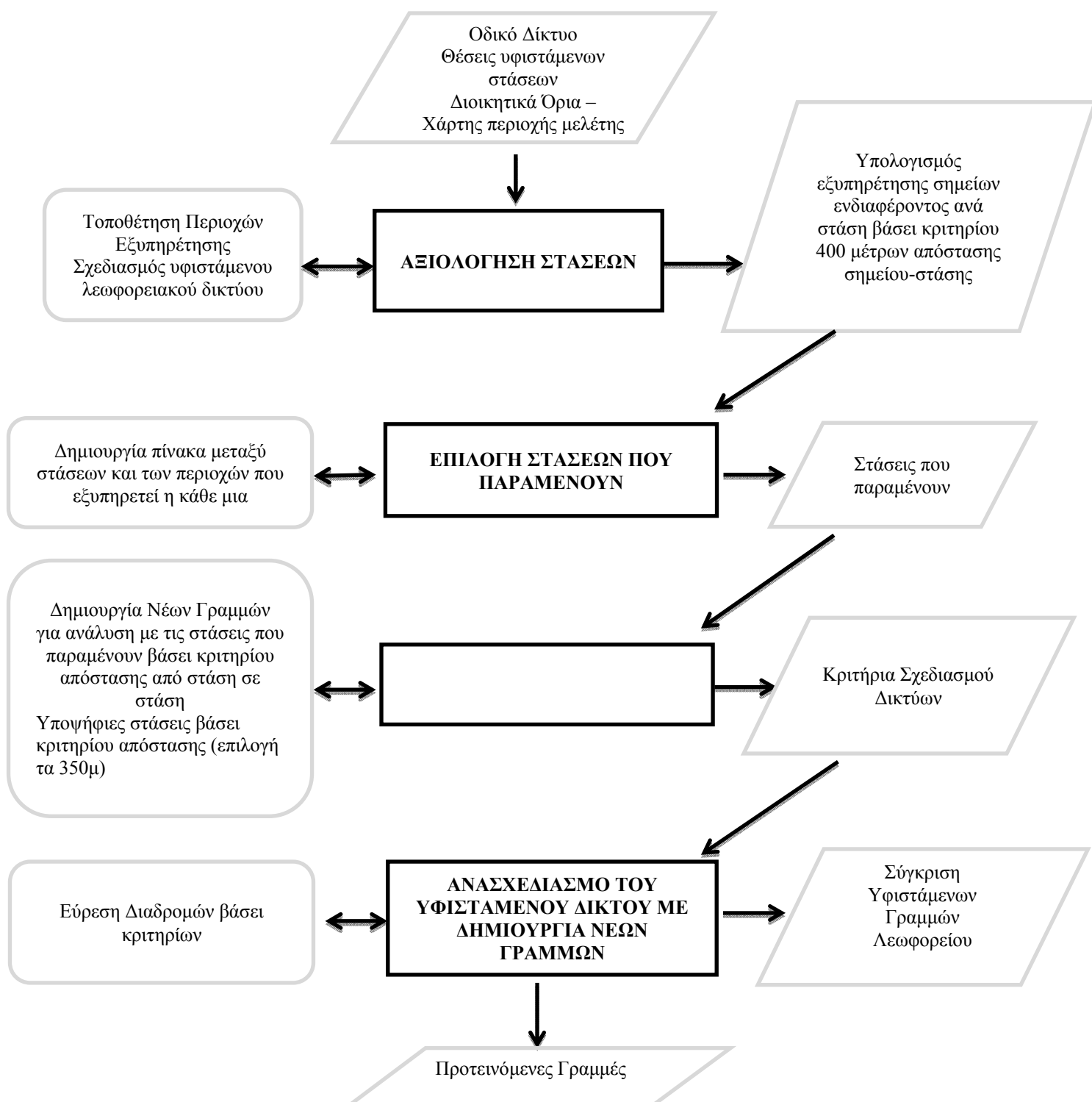
- Δεδομένα για το οδικό δίκτυο, τα οποία παρέχουν την γεωμετρία του δικτύου και την κατηγοριοποίηση των δρόμων ως προς την χρήση τους. Όλα αυτά σε μορφή αρχείου shp. file ώστε να μπορεί να εισαχθεί στο λογισμικό ArcGISDesktop 10για να τύχει ανάλυσης και επεξεργασίας.
- Δεδομένα που αφορούν την χωροθέτηση των στάσεων. Ιδανικό είναι να προκύπτουν σημεία που εφαρμόζουν και απεικονίζονται αμέσως στο δοσμένο οδικό δίκτυο, σε άλλη περίπτωση απαιτούνται οι συντεταγμένες των σημείων έτσι ώστε με την βοήθεια κατάλληλων εργαλείων του ArcGIS 10 να μπορέσουν να απεικονιστούν στο δίκτυο. Όπως και το οδικό δίκτυο έτσι και οι στάσεις ζητούνται σε μορφή shp. fileγια να εισαχθούν στο λογισμικό του ArcGIS.
- Δεδομένα που αφορούν τις υφιστάμενες λεωφορειακές γραμμές. Σε περίπτωση που δεν δύναται η επιλογή σχεδιασμένων δικτύων σε περιβάλλον GIS ζητούνται τα δρομολόγια που ακολουθούν όπου μέσω αυτών και των στάσεων μπορεί να γίνει η σχεδίαση του δικτύου στο λογισμικό του ArcGIS.
- Δεδομένα που αφορούν τα διοικητικά όρια των περιοχών μελέτης (σε shp. file) έτσι ώστε ο ανασχεδιασμός του δικτύου να γίνει με γνώμονα την εξυπηρέτηση των υπό μελέτη δήμων. Επίσης ζητείται ο χάρτης των περιοχών μελέτης ώστε να γίνει τοποθέτηση των σημείων ενδιαφέροντος.

Λαμβάνοντας αυτά τα δεδομένα μπορούν να εισαχθούν στο λογισμικό του ArcGIS και να τύχουν ανάλυσης, επεξεργασίας με κατάληξη τον ανασχεδιασμό του λεωφορειακού δικτύου. Για την επίτευξη της ανάλυσης και τον ανασχεδιασμό του δικτύου δίνονται στην συνέχεια τα βήματα της μεθοδολογίας που πρέπει να ακολουθηθεί.

3.3 Τα Βήματα της Μεθοδολογίας

Η μεθοδολογία που προτείνεται παρουσιάζεται σε μορφή διαγράμματος ροής στο Σχήμα 6. Στο

διάγραμμα αυτό περιλαμβάνονται τέσσερα βασικά βήματα: η αξιολόγηση των στάσεων, η επιλογή των στάσεων που παραμένουν, η δημιουργία νέων γραμμών βάσει κριτηρίου βασικών οδικών αξόνων και ο ανασχεδιασμός των γραμμών αυτών βάσει κριτηρίων αποστάσεως μεταξύ γραμμών και μεταξύ στάσεων. Στην συνέχεια εξηγούνται λεπτομερώς οι διαδικασίες και οι υπολογισμοί που λαμβάνουν χώρα σε κάθε ένα από τα τέσσερα βήματα.



Σχήμα 6. Διάγραμμα ροής της προτεινόμενης Μεθοδολογίας

Για να μπορέσει να εφαρμοστεί η Μεθοδολογία πρέπει πρώτα να ληφθούν τα δεδομένα που αναφέρονται πιο πάνω. Το οδικό δίκτυο, οι θέσεις των υφιστάμενων στάσεων, τα διοικητικά όρια των περιοχών μελέτης και ο χάρτης τοπολογίας των περιοχών μελέτης. Αφού εισαχθούν στο λογισμικό ArcGIS με την βοήθεια του εργαλείου NetworkAnalyst και της εφαρμογής περιοχών εξυπηρέτησης (serviceareas) χωροθετούνται τα σημεία ενδιαφέροντος από τον χάρτη πάνω στο οδικό δίκτυο των περιοχών μελέτης.

Το **πρώτο βήμα** της Μεθοδολογίας είναι η **Αξιολόγηση των Στάσεων**. Με τις θέσεις των υφιστάμενων στάσεων και το υφιστάμενο δίκτυο δημιουργείται μια σχέση μεταξύ των σημείων ενδιαφέροντος και των στάσεων ως προς την απόσταση που απέχουν οι στάσεις από αυτά. Να σημειωθεί η θεωρία ότι οι στάσεις λειτουργούν ανταγωνιστικά και έτσι οι περιοχές εξυπηρέτησης που προκύπτουν δεν είναι αλληλεπικαλυπτόμενες. Με βάση το κριτήριο σχεδιασμού που αναφέρει ότι οι στάσεις είναι ιδεατό να τοποθετούνται σε απόσταση ίση και λιγότερη από 400 μέτρα γίνεται ο υπολογισμός μέσω του εργαλείου εγγύτητας και πιο συγκεκριμένα της εφαρμογής near γίνεται ο υπολογισμός των στάσεων οι οποίες βρίσκονται στην προκαθορισμένη απόσταση του κριτηρίου σχεδιασμού.

Στην συνέχεια, το **δεύτερο βήμα** της Μεθοδολογίας είναι η **Επιλογή των Στάσεων που Παραμένουν**. Για να επιλεγθούν οι στάσεις αυτές, ενώνεται ο χαρακτηριστικός πίνακας των περιοχών εξυπηρέτησης με τον αντίστοιχο των στάσεων. Μετά την εφαρμογή near προκύπτει ένας χαρακτηριστικός πίνακας που περιέχει τα σημεία ενδιαφέροντος αλλά και τις στάσεις τις οποίες εξυπηρετούν αυτά τα σημεία στην προκαθορισμένη απόσταση. Στη συνέχεια, έγινε η εξαγωγή στηλών από τον πίνακα του, που δημιουργήθηκε από την εφαρμογή near, και προέκυψε ο πίνακας που ονομάζεται pivottable όπου εμπεριείχε όλα τα σημεία ενδιαφέροντος και όλες τις στάσεις που τα εξυπηρετούν. Το κριτήριο επιλογής των στάσεων αναφέρει ότι όσες στάσεις εξυπηρετούν ένα και μόνο σημείο και αυτό το σημείο δεν εξυπηρετείται από καμιά άλλη στάση τότε εκείνη η στάση παραμένει. Μετά το ξεκαθάρισμα αρκετών σημείων εξυπηρέτησης επιλέχθηκαν στάσεις οι οποίες εξυπηρετούν τα περισσότερα σημεία ενδιαφέροντος, π.χ. αν μια στάση προσέφερε εξυπηρέτηση ως προς 10 σημεία ενδιαφέροντος και μια άλλη στάση πρόσφερε στα 8 σημεία από τα 10 τότε η στάση με τα 10 σημεία εξυπηρέτησης παρέμενε και η άλλη διαγραφόταν. Μετά από συτήνητην ανάλυση επιλέχθηκαν οι στάσεις οι οποίες παρέμειναν.

Το **τρίτο βήμα** της Μεθοδολογίας ονομάζεται **Χωροθέτηση Νέων Στάσεων**. Για να χωροθετηθούν οι νέες στάσεις πρώτα δημιουργήθηκαν γραμμές με αφετηρία και τέρμα σε βασικούς οδικούς άξονες σύμφωνα με το κριτήριο σχεδιασμού δικτύων αστικής συγκοινωνίας. Η κατασκευή αυτών των γραμμών έγινε με την εφαρμογή εύρεσης βέλτιστης διαδρομής του εργαλείου NetworkAnalyst του λογισμικού ArcGIS 10. Η εύρεση της διαδρομής στηρίχτηκε βάσει της απόστασης.

Οι αφετηρίες συνήθως κυμαίνονταν στα όρια των διοικητικών ορίων των περιοχών μελέτης και τα τέρματα κατέληγαν στους υφιστάμενους σταθμούς τερμάτων του φορέα. Με την δημιουργία των νέων γραμμών και την χρησιμοποίηση εργαλείων του λογισμικού αυτές οι γραμμές αποκόπηκαν ανά 350 μέτρα σύμφωνα με το κριτήριο σχεδιασμού που αφορά την απόσταση από στάση σε στάση. Το κριτήριο αναφέρει ότι οι στάσεις κυμαίνονται στα 200μ – 500μ . Η επιλογή των 350 μέτρων έγινε με την προϋπόθεση οι στάσεις να απέχουν σε ιδεατό χρόνο περπατήματος για τον επιβάτη αλλά και να μην είναι αρκετά κοντά η μια με την άλλη, ώστε να μη δημιουργείται κυκλοφοριακή συμφόρηση με αποτέλεσμα μεγάλους χρόνους διαδρομών και χαμηλού επιπέδου εξυπηρέτησης. Με την βοήθεια του εργαλείου δημιουργίας πολλαπλών πολυγώνων δημιουργήθηκαν δακτύλιοι γύρω από τα σημεία που διασπάστηκαν οι γραμμές σε αποστάσεις των 50μ και 150μ. Όσες στάσεις από αυτές που παρέμειναν από το προηγούμενο βήμα ήταν στο πρώτο δακτύλιο(50μ) τότε απορρίπτονταν και αυτές, ενώ όσες στάσεις βρίσκονταν στο 2^ο δακτύλιο (150μ) τότε κρατούνταν. Να σημειωθεί ότι σε αυτό το στάδιο κρατήθηκαν και στάσεις οι οποίες είχαν απορριφθεί από το προηγούμενο βήμα δια τον λόγο ότι ικανοποιούσαν τα κριτήρια χωροθέτησης των νέων στάσεων και βρίσκονταν σε ιδανική απόσταση από την προηγούμενη και την επόμενη στάση.Αφού επιλέχθηκαν οι τελικές στάσεις που παραμένουν,χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό του ArcGISγια να απεικονιστούν οι συντεταγμένες τους που υπήρχαν ως πληροφορία στον χαρακτηριστικό τους πίνακαστο προβολικό σύστημα των περιοχών μελέτης με αποτέλεσμα να χωροθετηθούν οι επιλεγμένες νέες στάσεις.

Το **τέταρτο και τελευταίο βήμα** της Μεθοδολογίας είναι ο **Αντικατάσταση του Υφιστάμενου Δικτύου με την Δημιουργία Νέων Γραμμών**. Σε αυτό το στάδιο, αφού επιλέχθηκαν και χωροθετήθηκαν οι στάσεις στο οδικό δίκτυο ξεκίνησε η διαδικασία καθορισμού των νέων γραμμών που θα αντικαταστήσουν τις υφιστάμενες τόσο ως προς την εξυπηρέτηση όσο και ως προς την μείωση του λειτουργικού κόστους. Ο στόχος αυτού του σταδίου είναι η δημιουργία λιγότερων διαδρομών σε σχέση με το υφιστάμενο δίκτυο αλλά με καλύτερη εξυπηρέτηση σε σχέση με το υφιστάμενο δίκτυο λεωφορειακών γραμμών. Από το προηγούμενο στάδιο έγινε η επιλογή των αφετηριών, των τερμάτων και των νέων στάσεων. Με την βοήθεια του λογισμικού ArcGIS 10, και κυριότερα του εργαλείου NetworkAnalyst, δημιουργήθηκαν οι διαδρομές βάσει απόστασης μεταξύ των στάσεων που είχαν χωροθετηθεί στο 3^ο βήμα. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας καθορισμού των διαδρομών δημιουργήθηκε ο χαρακτηριστικός πίνακας με το εργαλείο εγγύτητας και πιο συγκεκριμένα το υποεργαλείο nearγια να αναλυθεί η εξυπηρέτηση του νέου δικτύου ως προς τα σημεία ενδιαφέροντος. Με την ανάλυση του νέου δικτύου και του υφιστάμενου δημιουργήθηκε ένας πίνακας που περιλαμβάνει την συνολική απόσταση των διαδρομών κάθε δικτύου, τις συνολικές στάσεις που περιέχει κάθε δίκτυο, την ελάχιστη και μέγιστη απόσταση για κάθε δίκτυο από τα σημεία ενδιαφέροντος, την μέση τιμή της απόστασης κάθε δικτύου σε σχέση με τα σημεία ενδιαφέροντος και την τυπική απόκλιση κάθε δικτύου. Για κάθε τιμή δημιουργήθηκε το ποσοστό μεταβολής του νέου δικτύου προς του υφιστάμενου.

Με την χρήση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας το σύνολο των γραμμών του δικτύου μπορεί να

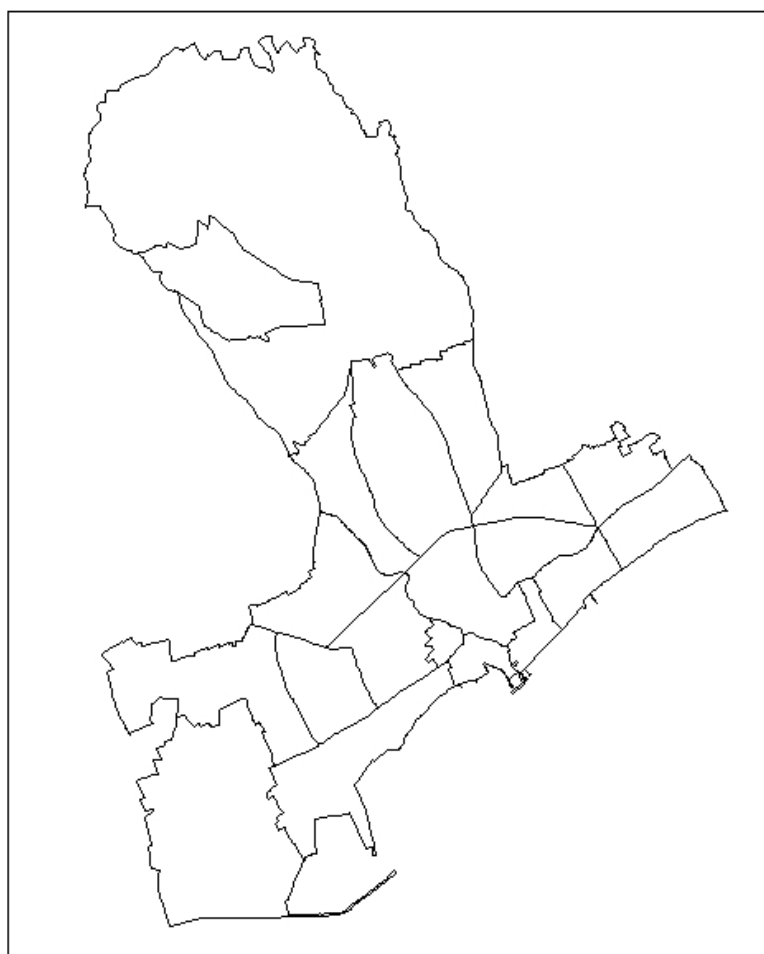
μειωθεί χωρίς να αλλοιωθεί το επίπεδο εξυπηρέτησης προς τα σημεία ενδιαφέροντος. Γενικά, ο σχεδιασμός των νέων γραμμών γίνεται βάσει των κριτηρίων που εντοπίστηκαν στην βιβλιογραφία που αφορά τον σχεδιασμό δικτύων αστικής συγκοινωνίας. Επίσης η χωροθέτηση των στάσεων γίνεται βάσει των κριτηρίων σχεδιασμού, με αποτέλεσμα να βοηθά στην μεγιστοποίηση της εξυπηρέτησης ως προς το επιβατικό κοινό. Στο επόμενο στάδιο περιγράφεται η εφαρμογή της Μεθοδολογίας στις περιοχές μελέτης.

Κεφάλαιο 4. Εφαρμογή Μεθοδολογίας στις Περιοχές Μελέτης-Ανασχεδιασμός του Υφιστάμενου Λεωφορειακού Δικτύου των Δήμων Λεμεσού, Μέσα Γειτονιάς και Αγίου Αθανασίου

Η Μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο θα εφαρμοστεί σε αυτό το κεφάλαιο με πραγματικά δεδομένα αστικής περιοχής, με σκοπό να ελεγχθεί κατά πόσο ανταποκρίνεται σε πραγματικές συνθήκες και αν οδηγεί σε λογικά αποτελέσματα. Για την εφαρμογή της επιλέχθηκαν οι δήμοι Λεμεσού, Μέσα Γειτονιάς και Αγίου Αθανασίου, οι οποίοι είναι από τους μεγαλύτερους δήμους της επαρχίας Λεμεσού με ένα ήδη ανεπτυγμένο οδικό και λεωφορειακό δίκτυο. Με την εφαρμογή της στους παραπάνω δήμους η Μεθοδολογία γίνεται περισσότερο κατανοητή ως προς τους στόχους που θέτονται αλλά και στις μεταβολές που γίνονται στο υφιστάμενο λεωφορειακό δίκτυο σε συνάρτηση με τους στόχους αυτούς.

4.1 Οι Περιοχές Μελέτης και τα Απαιτούμενα Δεδομένα

Ο Δήμος Λεμεσού βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Κύπρου και αποτελεί τον κύριο δήμο της Επαρχίας της Λεμεσού. Βρίσκεται στο κεντρικό και νοτιότερο κομμάτι της Επαρχίας της Λεμεσού. Αποτελεί την δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Κύπρου με πληθυσμό 101.000 μόνιμων κατοίκων σύμφωνα με την απογραφή του 2011 που διενεργήθηκε πρόσφατα. Ο δήμος της Λεμεσού αποτελείται από είκοσι ενορίες με μεγαλύτερη την ενορία της Αγίας Φύλαξης με πληθυσμό 14.451 κατοίκους. Ανάμεσα στις πόλεις της Κύπρου η Λεμεσός είναι γνωστή για την πλούσια νυχτερινή ζωή που διαθέτει αλλά και την πολιτιστική της παράδοση. Στο δήμο της Λεμεσού είναι φτιαγμένο το μεγαλύτερο λιμάνι της Κύπρου και ένα από τα μεγαλύτερα της Ανατολικής Μεσογείου. Με τα χρόνια έχει προσελκύσει μεγάλο αριθμό τουριστών αλλά και επενδυτών με αποτέλεσμα η πόλη να επεκταθεί ραγδαία και οι δραστηριότητες εντός αυτής να πληθαίνουν. Συνορεύει στα ανατολικά και βόρεια με τους δήμους Μέσα Γειτονιάς και Αγίου Αθανασίου και στα δυτικά με τους δήμους Κάτω Πολεμιδιών και Ύψωνα. Στα δεδομένα που παραχωρήθηκαν σε συνεργασία του δήμου Λεμεσού και του Κτηματολογίου Κύπρου δόθηκαν τα διοικητικά όρια του δήμου σε μορφή shp. file ώστε να επεξεργαστούν στο λογισμικό του ArcGISDesktop 10. Ο δήμος Λεμεσού έχει έκταση τα 34.996.000,25 τετραγωνικά μέτρα. Παρακάτω (Εικόνα 14) εμφανίζονται τα διοικητικά όρια στην μορφή του shp. file, ο χαρακτηριστικός πίνακας (Πίνακας 1) εξάχθηκε από το λογισμικό και περιλαμβάνει τις ενορίες του δήμου μαζί με το εμβαδόν τους, την περίμετρο τους και τον πληθυσμό τους.



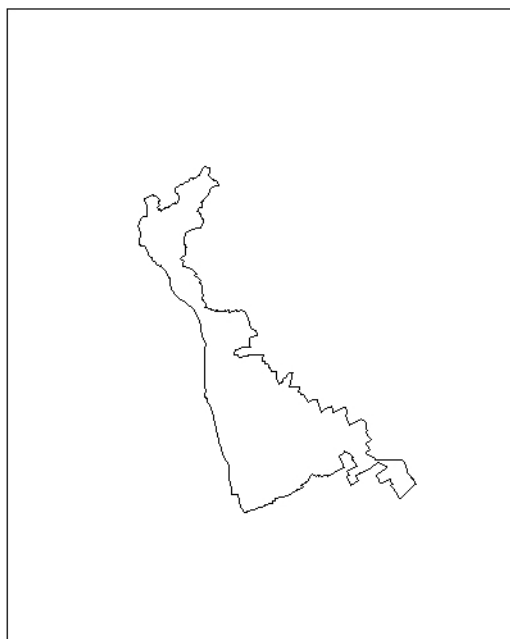
Εικόνα 14. Διοικητικά όρια Δήμου Λεμεσού (πηγή επεξεργασία λογισμικού ArcMap 10)

OBJECTID	AREA	PERIMETER	QTR_NM_E	QTR_NM_G	Shape_Len	Shape_Area	POPULATION
1	676222.513	4278.045144	AGIOS NEKTARIOS	ΑΓΙΟΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ	4278.045385	676222.4942	3397
2	2128181.68	6588.736305	ΑΡ.ΠΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΠΑΥΛΟ	ΑΡ.ΠΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΠΑΥΛ	6588.736462	2128181.684	10412
3	603189.953	3802.623089	AGIA TRIADA	ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ	3802.623467	603189.9758	2786
4	838829.306	4003.537509	AGIA ZONI	ΑΓΙΑ ΖΩΝΗ	4003.537667	838829.2936	4456
5	337411.751	4328.211851	AGIA NAPA	ΑΓΙΑ ΝΑΠΑ	4328.212077	337411.7486	534
6	1201895.58	5092.915882	KATHOLIKI	ΚΑΘΟΛΙΚΗ	5092.916068	1201895.576	4647
7	1049417.33	5040.878387	AGIOS IOANNIS	ΑΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ	5040.878411	1049417.344	4767
8	169550.532	1994.375541	ARNAOUT	ΑΡΝΑΟΥΤ	1994.375572	169550.5296	905
9	975036.138	4094.643617	OMONOIA	ΟΜΟΝΟΙΑ	4094.643477	975036.1392	3839
10	823318.246	5130.927633	AGIOS NIKOLAOS	ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	5130.927746	823318.2517	5631
11	1678471.83	6723.367669	PANAGIA EVAGELISTRI	ΠΑΝ. ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑ	6723.367508	1678471.847	693
12	1304610.26	5688.006455	AGIOS ANDREAS	ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ	5688.006499	1304610.235	9207
13	1192169.06	5547.590484	KAPSALOS	ΚΑΨΑΛΟΣ	5547.590647	1192169.067	6660
14	11871649.7	24447.39683	AGIA FYLAXIS	ΑΓΙΑ ΦΥΛΑΞΗ	24447.39627	11871649.65	14451
15	2123145.99	9386.957278	AGIOS SPYRIDON	ΑΓΙΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ	9386.957509	2123145.984	9439
16	1142450.45	6813.159537	AGIOS GEORGIOS	ΑΓΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	6813.15981	1142450.435	5060
17	926149.621	4290.294092	NEAPOLI	ΝΕΑΠΟΛΗ	4290.294165	926149.6128	7229
18	314463.191	3225.488587	TZAMI TZATIT	ΤΖΑΜΙ ΤΖΑΤΙΤ	3225.488558	314463.1867	434
19	3757000.36	12514.99907	ZAKAKI	ΖΑΚΑΚΙ	12514.99919	3757000.347	5874
20	1705625.05	8948.687958	TSIFLIKOYDIA	ΤΣΙΦΛΙΚΟΥΔΙΑ	8948.688218	1705625.051	579

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικός πίνακας Δήμου Λεμεσού με τις ενορίες του (πηγή επεξεργασία λογισμικού ArcMap 10)

Ο επόμενος δήμος ο οποίος περιλαμβάνεται στην μελέτη είναι ο δήμος της Μέσα Γειτονιάς. Η επωνομαζόμενη Μέσα Γειτονιά αποτελεί το τρίτο κατά σειρά μεγαλύτερο δήμο της Επαρχίας Λεμεσού, σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Ο πληθυσμός της ανέρχεται στους 14.477 μόνιμους κατοίκους και έχει έκταση 3.613.000,20 τετραγωνικών μέτρων. Αποτελείται από

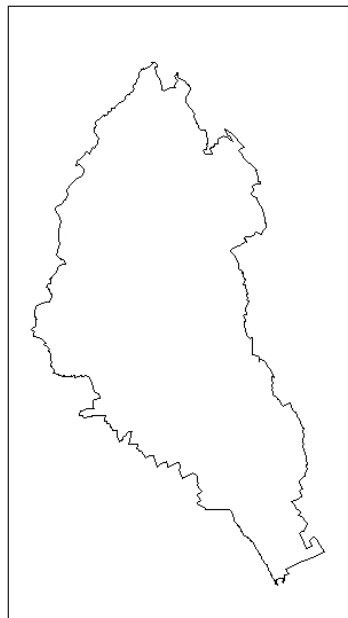
τέσσερις συνοικίες με την μεγαλύτερή της να είναι η Χαλκούτσα με πληθυσμό 5.204 μόνιμων κατοίκων. Συνορεύει στα δυτικά και νότια με τον δήμο της Λεμεσού και στα ανατολικά και βόρεια με τους δήμους Αγίου Αθανασίου και Φασούλας Λεμεσού. Μέσω του δήμου της Μέσα Γειτονιάς διέρχονται κύριοι οδικοί άξονες της πόλης όπως η Λεωφόρος Σπύρου Κυπριανού και η Λεωφόρος Αρχιεπισκόπου Μακαρίου του ΙΙΙ. Οι μετακινήσεις από και προς την πόλη αναγκαστικά διέρχονται μέσα από τον δήμο της Μέσα Γειτονιάς γι' αυτό το λόγο επιλέχθηκε να είναι στην περιοχή μελέτης. Τα δεδομένα που αφορούν τα διοικητικά όρια της περιοχής της Μέσα Γειτονιάς δόθηκαν από το Κτηματολόγιο Κύπρου και παρουσιάζονται παρακάτω (Εικόνα 15).



Εικόνα 15. Διοικητικά όρια Δήμου Μέσα Γειτονιάς (πηγή επεξεργασία λογισμικού ArcMap 10)

Ο τελευταίος δήμος που υπάγεται στην περιοχή μελέτη της είναι ο δήμος Αγίου Αθανασίου. Ο δήμος Αγίου Αθανασίου είναι προάστιο της Λεμεσού και αποτελεί τον τέταρτο κατά σειρά μεγαλύτερο δήμο της Επαρχίας Λεμεσού. Ο πληθυσμός του δήμου Αγίου Αθανασίου ανέρχεται στις 14.347 μόνιμους κατοίκους και καλύπτει έκταση περί τα 14.332.000,31 τετραγωνικά μέτρα. Ο δήμος συνορεύει στα δυτικά με τον δήμο Μέσα Γειτονιάς, στα βόρειο-δυτικά με το δήμο Φασούλας Λεμεσού, στα ανατολικά με τον δήμο Γερμασόγειας και στα νότια συνορεύει με το δήμο Λεμεσού. Από τον δήμο Αγίου Αθανασίου διέρχονται οι λεωφόροι Σπύρου Κυπριανού, η οδός Κολωνακίου όπου αναπτύσσονται συνεχώς εμπορικές χρήσεις γης, η παραλιακή Λεωφόρος 28ης Οκτωβρίου και Προμαχών Ελευθερίας. Η επιλογή του δήμου Αγίου Αθανασίου έγινε για τον λόγο ότι μέσα στο οδικό δίκτυο του δήμου βρίσκονται αρκετές δραστηριότητες που ωφελούν στην ανάλυση και ανασχεδιασμό του υφιστάμενου λεωφορειακού δικτύου. Επίσης εντός του δήμου Αγίου Αθανασίου βρίσκεται και η βιομηχανική περιοχή της Λινόπετρας. Ο δήμος αποτελείται από τέσσερις συνοικίες με μεγαλύτερη την ομώνυμη την συνοικία Αγίου

Αθανασίου με πληθυσμό τους 8.886 μόνιμους κατοίκους. Τα δεδομένα των διοικητικών ορίων του δήμου Αγίου Αθανασίου δόθηκαν και αυτά από το Κτηματολόγιο Κύπρου και παρουσιάζονται πιο κάτω (Εικόνα 16).



Εικόνα 16. Διοικητικά όρια Δήμου Αγίου Αθανασίου (πηγή επεξεργασία λογισμικού ArcMap 10)

Το οδικό δίκτυο της επαρχίας Λεμεσού δόθηκε και αυτό από το από το Κτηματολόγιο Κύπρου και περιλαμβάνει τους δρόμους που διέρχονται μέσω της επαρχίας όπως αυτοκινητόδρομοι, τους δρόμους που είναι εντός πόλης όπως δρόμους διπλής κατεύθυνσης. Στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2) δίνεται η κατηγοριοποίηση των δρόμων και παρακάτω σε χάρτη (Χάρτης 1) φαίνεται το οδικό δίκτυο που δόθηκε σε μορφή shp. file για την λειτουργία του στο λογισμικό ArcGIS. Η συνολική περιοχή μελέτης και το υφιστάμενο οδικό δίκτυο εμφανίζεται στον Χάρτη 2

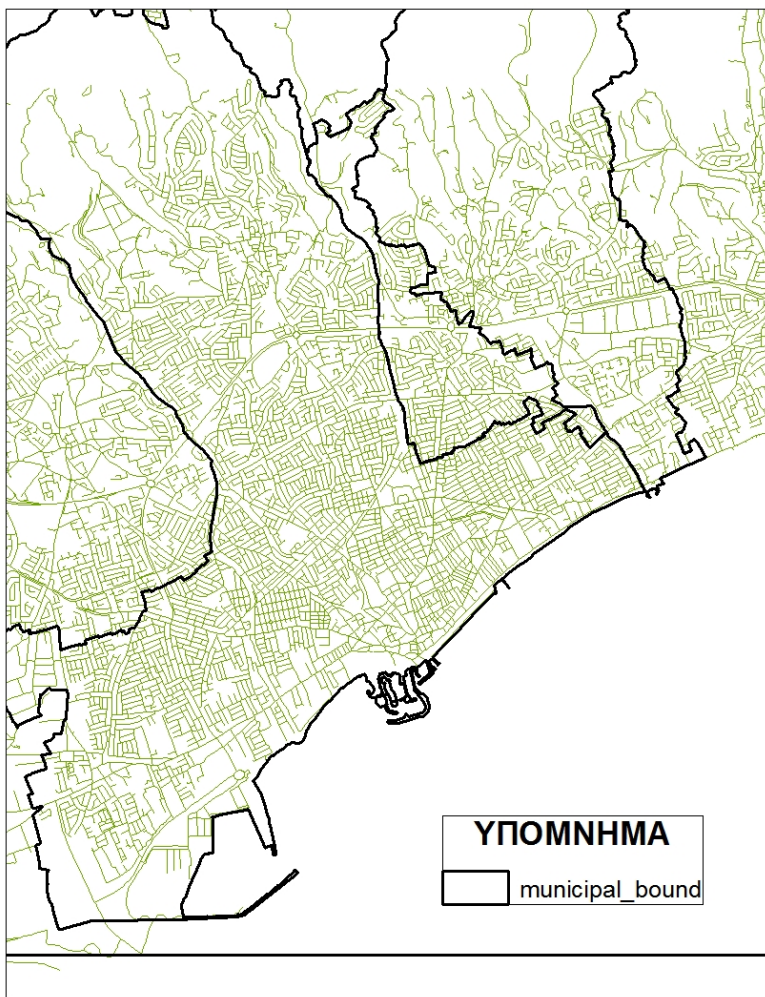
Class	Class_description
10	Motorway four lanes
15	Motorway entrance
16	Motorway exit
21	Asphalted road two lanes that join villages
22	Asphalted road two lanes for general use
26	Asphalted road one lane
30	Town road four lanes

35	Round about two lanes
36	Round about two lanes
38	Town roads (one or two lanes)
45	Town roads under construction
48	Bicycle roads
49	Pedestrian roads
50	Loose surface roads
55	Tracks
60	footpaths

Πίνακας 2. Κατηγοριοποίηση του οδικού δικτύου με αριθμούς κλάσης και περιγραφή της κάθε κλάσης (πηγή Επαρχιακό Κτηματολόγιο Λευκωσίας)

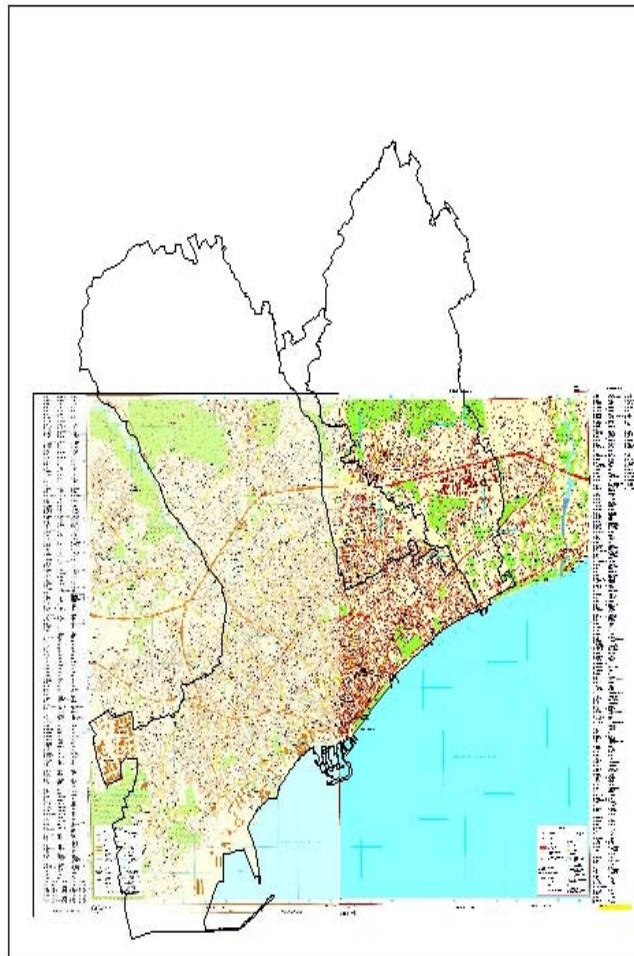


Χάρτης 1. Τμήμα του οδικού δικτύου Επαρχίας Λεμεσού (πηγή επεξεργασία λογισμικού ArcMap 10)



Χάρτης 2. Οδικό δίκτυο και διοικητικά όρια των δήμων προς μελέτη (πηγή επεξεργασία λογισμικού ArcMap 10)

Το επόμενο δεδομένο που ζητήθηκε ήταν οι περιοχές ενδιαφέροντος εάν υπήρχαν σε μορφή shp. file. Επειδή δεν υπήρχαν αποθηκευμένα ψηφιακά δεδομένα ούτε στο Τμήμα Χαρτογράφησης της Επαρχίας Λεμεσού αλλά ούτε και στο Κτηματολόγιο Κύπρου, δόθηκε ο χάρτης, σε αναλογική μορφή, της περιοχής Λεμεσού που περιλαμβάνει μέσα τους δήμους Λεμεσού, Μέσα Γειτονιάς και Αγίου Αθανασίου (Χάρτης 3) με σκοπό την εύρεση των σημείων ενδιαφέροντος και χωροθέτηση τους χειροκίνητα επάνω στο οδικό δίκτυο.



Χάρτης 3 Ο χάρτης που περιλαμβάνει τους υπό μελέτη δήμους για την εύρεση των σημείων ενδιαφέροντος (Πηγή: Τμήμα Δημοσίων Έργων και Χαρτογραφίας Επαρχίας Λεμεσού)

Το επόμενο δεδομένο το οποίο ζητήθηκε και δόθηκε από το τμήμα Δημοσίων Έργων και Χαρτογράφησης της Επαρχίας Λεμεσού είναι οι στάσεις του υφιστάμενου λεωφορειακού δικτύου, όπου δόθηκαν σε μορφή shp. file. Ο λόγος που ζητήθηκαν είναι διότι το υφιστάμενο λεωφορειακό δίκτυο δεν έχει σχεδιαστεί σε περιβάλλον GIS. Έτσι κατέχοντας τις στάσεις μπορούν να χωροθετηθούν και να δρομολογηθούν οι διαδρομές μέσω του εργαλείου NetworkAnalyst του λογισμικού ArcGIS. Επίσης ζητήθηκαν και από την ΕΜΕΛ (Εταιρία Μεταφοράς Επιβατών Λεμεσού) οι διαδρομές που διέρχονται από τους υπό μελέτη δήμους, οι οποίες και δόθηκαν.

Όλα τα δεδομένα που δόθηκαν εκτός του χάρτη είναι εντεταγμένα στο προβολικό σύστημα της Κύπρου το CGRS_1993_Cyprus_LTM του οποίου η προβολή είναι η Εγκάρσια Μερκατορική. Ο χάρτης δόθηκε στο GCS_WGS_1984 και με την βοήθεια του λογισμικού έγινε η μετατροπή του στο CGRS_1993_Cyprus_LTM για να μην υπάρχουν αποκλίσεις πάνω στο οδικό δίκτυο όταν χωροθετούνται τα σημεία ενδιαφέροντος.

Με την συλλογή όλων των δεδομένων θα παρουσιαστεί στο επόμενο υποκεφάλαιο αναλυτικά η

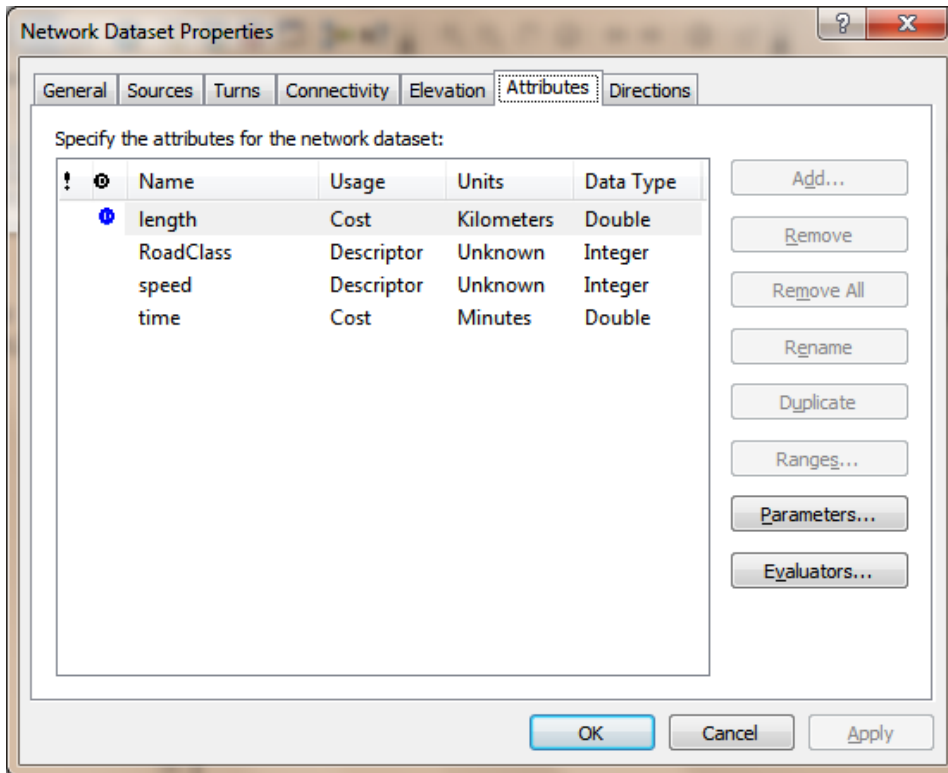
διαδικασία της Μεθοδολογίας με την παρουσίαση Χαρτών και Πινάκων έτσι ώστε να γίνουν περισσότερο κατανοητές οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν.

4.2 Εφαρμογή της Μεθοδολογίας στους Υπό Μελέτη Δήμους

Μετά την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων που παρουσιάστηκαν και στο διάγραμμα ροής της Μεθοδολογίας (Σχήμα 6) είναι εφικτή η εφαρμογή της. Το πρώτο βήμα που τέθηκε στο διάγραμμα είναι η **Αξιολόγηση των Στάσεων**. Για να αξιολογηθούν οι στάσεις πρέπει να τοποθετηθούν οι περιοχές εξυπηρέτησης πάνω στο οδικό δίκτυο μέσω του χάρτη και να σχεδιαστεί το υφιστάμενο λεωφορειακό δίκτυο.(βλ. Σχ. 6).

Για να γίνει αυτό πρώτα πρέπει να δημιουργηθεί μια βάση δικτύου (networkdataset) που να περιέχει το οδικό δίκτυο με τα χαρακτηριστικά του, έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί το εργαλείο του NetworkAnalyst. Για την δημιουργία του NetworkDatasetχρησιμοποιήθηκε το εργαλείο ArcCatalogτου λογισμικού. Το πρώτο βήμα ήταν να καθοριστεί η πηγή της βάσης η οποία δεν είναι άλλη από το οδικό δίκτυο της Επαρχίας Λεμεσού. Στην συνέχεια ζητήθηκε η συνδεσιμότητα του δικτύου, όπου για αυτή δεν υπήρχαν υψομετρικά δεδομένα. Έτσι η συνδεσιμότητα προέκυψε με την αυτόματη επιλογή του λογισμικού το endpointpolicy. Το επόμενο ζητούμενο ήταν οι παράμετροι της βάσης δεδομένων του δικτύου. Σαν παράμετροι τέθηκαν το μήκος, η ταχύτητα (η οποία καθορίστηκε στη δοσμένη τιμή του φορέα διαχείρισης λεωφορείων η οποία ανάλογα την κατηγορία δρόμου παίρνει και αντίστοιχη τιμή), ο χρόνος ταξιδιού, ο οποίος προκύπτει παίρνοντας τις τιμές του μήκους και ταχύτητας ανά τμήμα οδού και τις διαιρεί, και τελευταία παράμετρος είναι αυτή της κατηγοριοποίησης των δρόμων.Με την δημιουργία του networkdatasetορίζεται η γεωμετρία και οι άξονες των δρόμων.

Όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί (Εικόνα 17) βλέπουμε τις παραμέτρους του networkdataset.



Εικόνα 17. Παράμετροι Βάσης Δεδομένων του Δικτύου (πηγή επεξεργασία από ArcCatalog10)

Για την τοποθέτηση των περιοχών εξυπηρέτησης έγινε μια μελέτη ως προς τις δραστηριότητες που υπάρχουν εντός των υπό μελέτη δήμων. Σχολεία, πλατείες, κινηματογράφοι, θέατρα, εμπορικά καταστήματα, βιβλιοθήκες, δημόσιες υπηρεσίες, εργοστάσια και λιμάνια ήταν οι κατηγορίες δραστηριοτήτων που εξετάστηκαν. Παρακάτω παρουσιάζεται ο χαρακτηριστικός πίνακας (Πίνακας 3) των 92 περιοχών εξυπηρέτησης (σημείων ενδιαφέροντος) όπως αυτός επεξεργάστηκε από το λογισμικό ArcGIS.

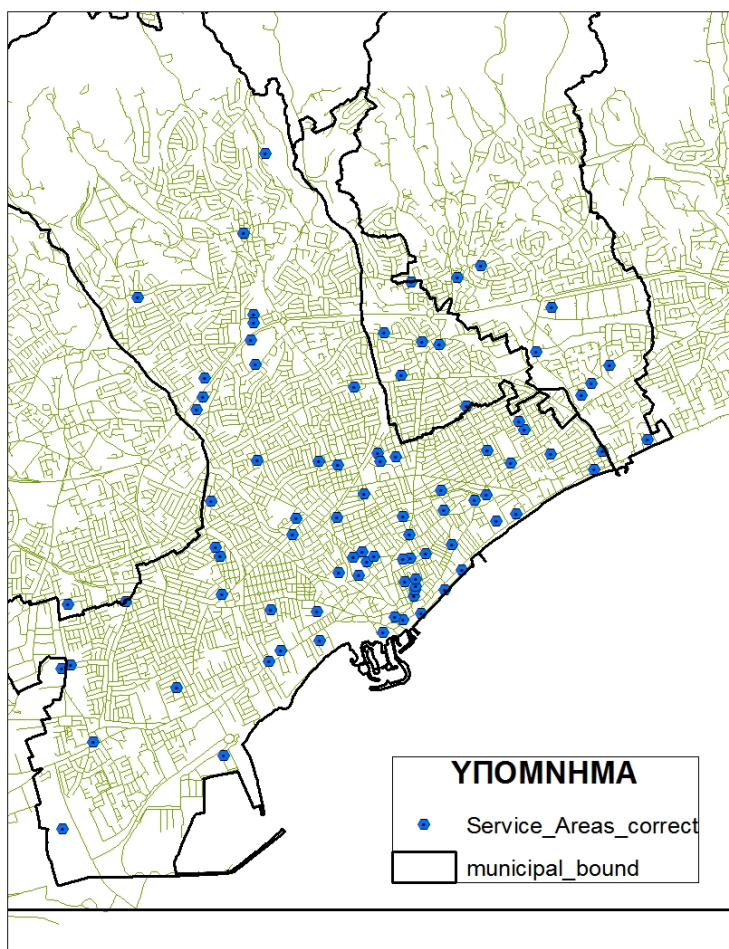
Αριθμός Σημείου	Όνομασία Σημείου Ενδιαφέροντος
1	LYKEIO PETROU & PAULOU
2	LANITEIO DIMOTIKO SXOLEIO
3	AMERICAN ACADEMY
4	POLICE STATION AGIOS IOANNIS
5	DIMOTIKO SXOLEIO KONTOVATHKIWN
6	14ο DIMOTIKO SXOLEIO
7	KALOGEROPOULIO GYMNASIO
8	DIMARXEIO AGIOU ATHANASIOU
9	DIMOTIKO SXOLEIO AGIOU ATHANASIOU
10	GRAMMAR SCHOOL
11	DIMOTIKO SXOLEIO XALKOUTSAS
12	Foley's School
13	6ο DIMOTIKO SXOLEIO AGIOU NIKOLAOU
14	4ο LYKEIO AGIOU NIKOLAOU
15	INDUSTRIAL AREA LINOPETRA A'
18	PALAIΟ NOSOKOMEIO LEMESOU
19	A' TEXNIKI SXOLI LEMESOU
20	3ο DIMOTIKO SXOLEIO LEMESOU
21	KENTRIKOS ASTYNOMIKOS STATHMOS LEMESOU
22	B' TEXNIKI SXOLI LEMESOU
23	KTIMATOLOGIO EPARXIAS LEMESOU
24	SIMBOULIO YDATOPROMITHEIAS EPARXIAS LEMESOU
25	9ο GYMNASIO LEMESOU
26	BEER FACTORY KEO
27	NEA MARINA LEMESOU
28	KENTRO POLITI EPARXIAS LEMESOU (KEP)
29	PALAIΟ KASTRO LEMESOU
30	DIMOTIKI VIVLIOTHIKI DIMOU LEMESOU
31	PATTIXEIO DIMOTIKO THEATRO
32	DIOIKHTHRIΟ EPARXIAS LEMESOU
33	1ο DIMOTIKO SXOLEIO LEMESOU
34	DHMOTIKH AGORA DHMOU LEMESOU
35	DHMARXEIO DHMOU LEMESOU
36	LANITEIO GYMNASIO & LYKEIO A'
37	LANITEIO LYKEIO B'
38	DIMARXEIO DHMOU MESA GEITONIAS
39	GYMNASIO NEAPOLIS (AGIOU NIKOLAOU)
40	EPARXIAKO DIKASTHRIΟ LEMESOU
41	IDIWTIKO SXOLEIO "KALOGRIES"
42	2ο DIMOTIKO SXOLEIO LEMESOU

Αριθμός Σημείου	Όνομασία Σημείου Ενδιαφέροντος
43	THEKLIO GYMNASIO
44	4ο DHMOTIKO SXOLEIO LEMESOU
45	8ο DHMOTIKO SXOLEIO LEMESOU (OMONOIAS)
46	5ο DHMOTIKO SXOLEIO AGIOU IWANNH
47	LYKEIO & GYMNASIO AGIOU IWANNH
48	7ο DHMOTIKO SXOLEIO APOSTOLOY ANDREA
49	TSIREIO DIMOTIKO SXOLEIO
50	9ο DIMOTIKO SXOLEIO KAPSALOU
51	DHMOTIKO SXOLEIO AGIOU SPYRIDWNA
52	DHMOTIKO SXOLEIO AGIAS VARVARAS
53	DHMOTIKO SXOLEIO ZAKAKIOU
54	GYMNASIO AGIAS VARVARAS
55	DHMOTIKO SXOLEIO AGIOU PANTELEHMONA
56	TSIREIO GYMNASIO
57	DHMOTIKO SXOLEIO EKALHS
58	GYMNASIO EKALHS
59	DHMOTIKOS KHPOS LEMESOU
60	DHMOTIKH PINAKOTHIKI
61	EPIXWSH DHMOY LEMESOU A'
62	EPIXWSH DHMOY LEMESOU B'
63	EPIXWSH DHMOY LEMESOU C'
64	PLATEIA HRWWN
65	ATHINAIDEIO GYMNASIO
66	Intercollege
67	GYMNASIO LINOPETRAS
68	DHMOTIKO SXOLEIO LINOPETRAS
69	KEAN FACTORY
70	LYKEIO LINOPETRAS
71	B' PIROSBESTIKOS STATHMOS
72	Debenhams Shopping Centre
73	A' PIROSBESTIKOS STATHMOS
74	MAIN POST OFFICE LIMASSOL
75	POST OFFICE B'
76	Jumbo
78	LIMASSOL NEW PORT B'
80	My Mall Limassol
81	ATHK - CYTA
82	TSIREIO STADIUM
83	TSIREIO STADIUM B'
84	ARMENIAN SCHOOL
85	DHMOTIKO SXOLEIO XABOUZAS
86	FREDERICK UNIVERSITY
87	POST OFFICE C'
88	TEPAK LIBRARY
89	TEXNOLOGIKO PANEPISTHMIO KYPROU
90	LYKEIO AGIOU SPYRIDWNA
91	KI' DHMOTIKO SXOLEIO AGIAS FYLAS
92	LYKEIO AGIAS FYLAKSEOS

Πίνακας 3. Σημεία Ενδιαφέροντος εντός των υπό μελέτη δήμων (Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10-Excel)

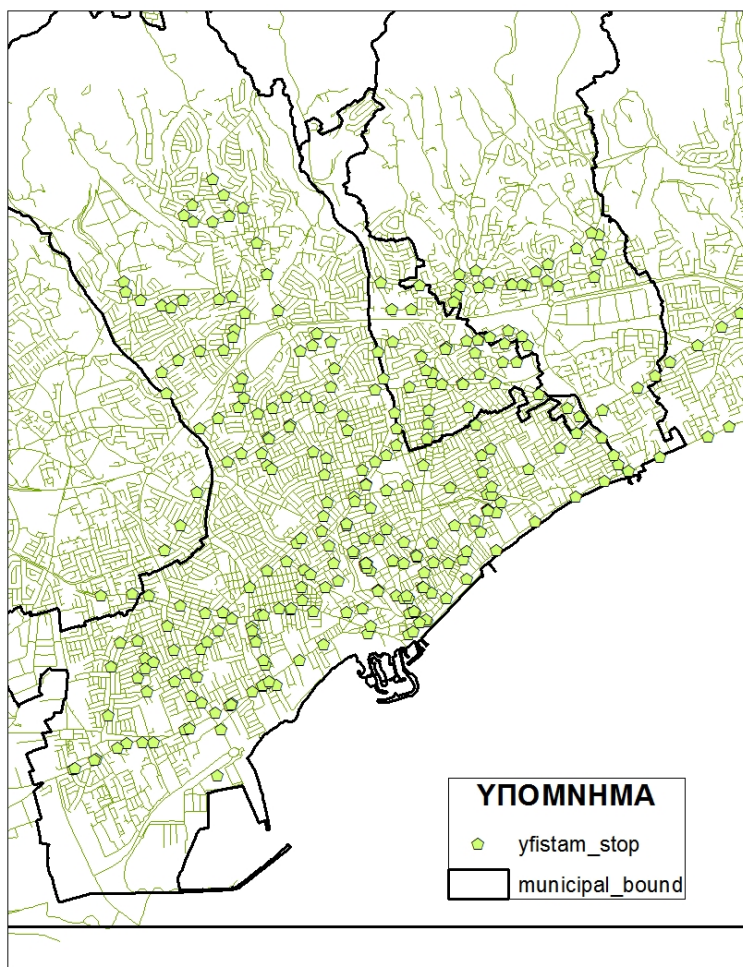
Με την εύρεση των σημείων ενδιαφέροντος ακολούθησε η χωροθέτηση τους στο οδικό δίκτυο. Η χωροθέτηση έγινε χειροκίνητα μετά από ταυτόχρονη προβολή του χάρτη (Χάρτης 3) και του οδικού δικτύου στο λογισμικό του ArcGIS. Με το εργαλείο του NetworkAnalyst και την εφαρμογή περιοχές εξυπηρέτησης βρήκαμε τα σημεία στο χάρτη και με την επιλογή `createnetworklocationtool` τοποθετούσαμε τα σημεία στο οδικό δίκτυο. Κύρια παράμετρος ήταν να βρίσκονται τα σημεία εντός των διοικητικών ορίων των δήμων που επιλέχθηκαν για την μελέτη. Στον παρακάτω χάρτη (Χάρτης 4) διαφαίνονται τα σημεία με μπλε κουκκίδες εντός των

διοικητικών ορίων των δήμων Λεμεσού, Μέσα Γειτονιάς και Αγίου Αθανασίου.



Χάρτης 4. Τα σημεία ενδιαφέροντος εντός των διοικητικών ορίων των δήμων Λεμεσού, Μέσα Γειτονιάς και Αγίου Αθανασίου (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

Μετά την τοποθέτηση των σημείων στο χάρτη, το επόμενο βήμα ήταν να απεικονιστούν οι στάσεις του υφιστάμενου δικτύου στο οδικό δίκτυο και με την βοήθεια των δεδομένων από το φορέα λεωφορείων ΕΜΕΛ και το εργαλείο NetworkAnalyst του λογισμικού ArcGIS θα σχεδιαστεί το υφιστάμενο λεωφορειακό δίκτυο. Με την φόρτωση των δεδομένων από το αρχείο shapefile των στάσεων προβλήθηκαν οι στάσεις στο οδικό δίκτυο. Στο Χάρτη 5 βλέπουμε τις στάσεις των διαδρομών που εξυπηρετούν τους υπό μελέτη δήμους.

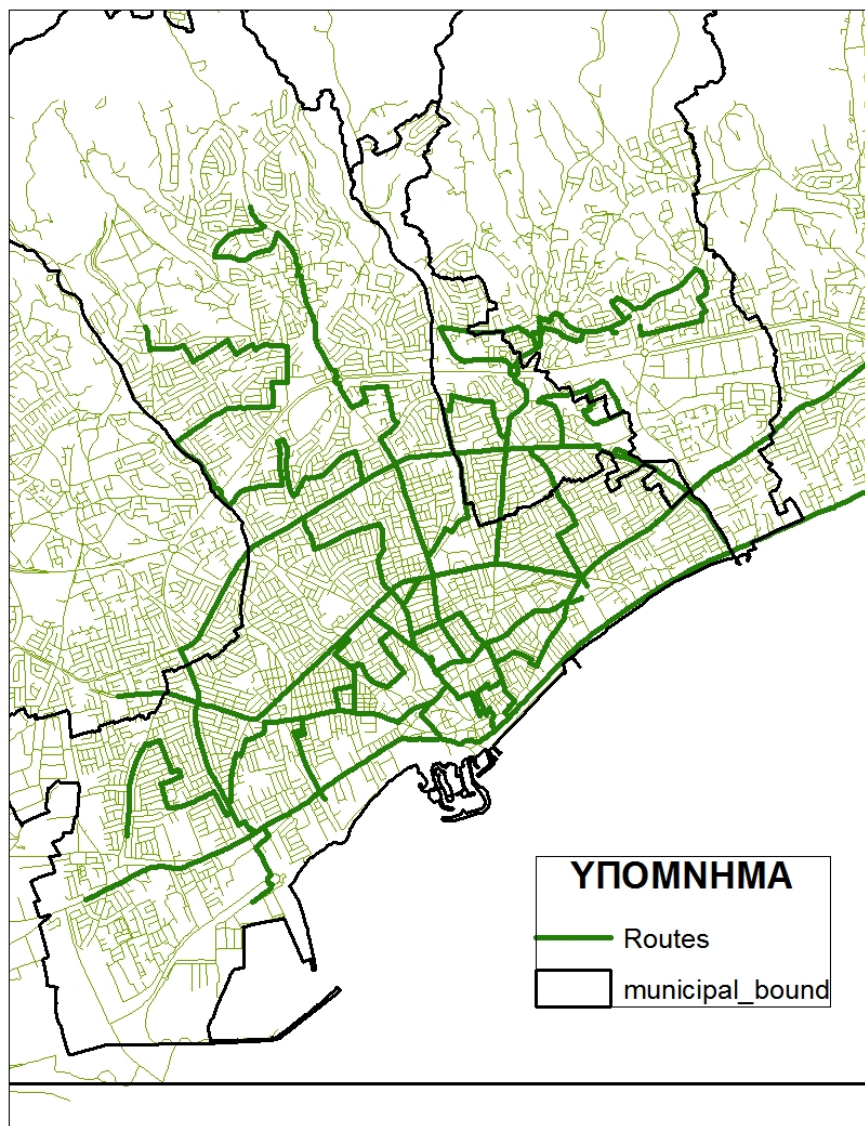


Χάρτης 5. Οι στάσεις των διαδρομών του υφιστάμενου λεωφορειακού δικτύου που εξυπηρετούν τους υπό μελέτη δήμους (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

Με την χωροθέτηση των στάσεων και τα δεδομένα των διαδρομών από το φορέα λεωφορείων έγινε ο σχεδιασμός του υφιστάμενου λεωφορειακού δικτύου για τις διαδρομές που εξυπηρετούν τις περιοχές μελέτης. Ο σχεδιασμός έγινε με την εφαρμογή εύρεσης βέλτιστης διαδρομής του εργαλείου NetworkAnalyst. Αφού φορτώθηκαν οι θέσεις των στάσεων, απλώς επιλέγονταν τα σετ των στάσεων που χρησιμοποιούσε η κάθε διαδρομή, στα οποία δίνοντάς τους την ονομασία διαδρομής δημιουργήθηκαν οι διαδρομές. Οι διαδρομές είναι 14 στο σύνολο τους, όπου διαθέτουν χαρακτηριστικό πίνακα με τον αριθμό των στάσεων που έχει κάθε διαδρομή, την απόσταση τους σε km, την ταχύτητα που παίρνουν βάσει της βάσης δεδομένων του δικτύου και το χρόνο ταξιδιού χωρίς να υπολογίζεται ο χρόνος παραμονής στις στάσεις γιατί αυτό μπορεί να υπολογιστεί μόνο σε πραγματικές συνθήκες κίνησης. Στον Πίνακα 4 φαίνονται όλα όσα αναφέρθηκαν ενώ πιο κάτω στο Χάρτη 6 φαίνεται το υφιστάμενο λεωφορειακό δίκτυο σε σχέση με τους υπό μελέτη δήμους.

OID	Name	StopCount	Total_leng	Speed	Travel_tim
0	1 MILTONOS - LEONTIOY STATHMOS EMEL - MILTONOS	23	6.98727	50	0.139745
1	11 PAULOU LIASIDH - GRIBA DIGENI EMEL - PAULOU LIASIDH	20	4.900541	50	0.098011
2	14 ESTIAS - LEONTIOU EMEL - ESTIAS	22	6.489409	50	0.129788
3	19 PENTADAKTYLOU - LEONTIOU EMEL - PENTADAKTYLOU	16	5.466919	50	0.109338
4	20 PYROSBESTIKI AGIOU NIKOLAOU - ALEXANDREIA - PIROSBESTIKI AGIOU	26	10.293315	50	0.205866
5	21 PAFOU - SPYROU KYPRIANOU - PAFOU	25	8.925726	50	0.178515
6	22 AKRWITIRI - LEONTIOU EMEL - AKRWITIRI	20	6.272276	50	0.125446
7	3 AGIOS ATHANASIOS - GRIBA DIGENH EMEL - AGIOS ATHANASIOS	30	9.608877	50	0.192178
8	30 NEO LIMANI - LE MERIDIEN	22	8.775972	50	0.175519
9	4 ΤΜΗΜΑ ΟΔΙΚΩΝ ΜΕΤΑΦΩΡΩΝ - LEONTIOU EMEL - ΤΜΗΜΑ ΟΔΙΚΩΝ ΜΕ	38	10.919969	50	0.218399
10	9 PALODIA - LEONTIOU EMEL - PALODIA	25	7.785671	50	0.155713
11	K 200	19	4.902127	50	0.098043
12	K 201	12	3.674036	50	0.073481
13	K 202	13	3.291969	50	0.065839

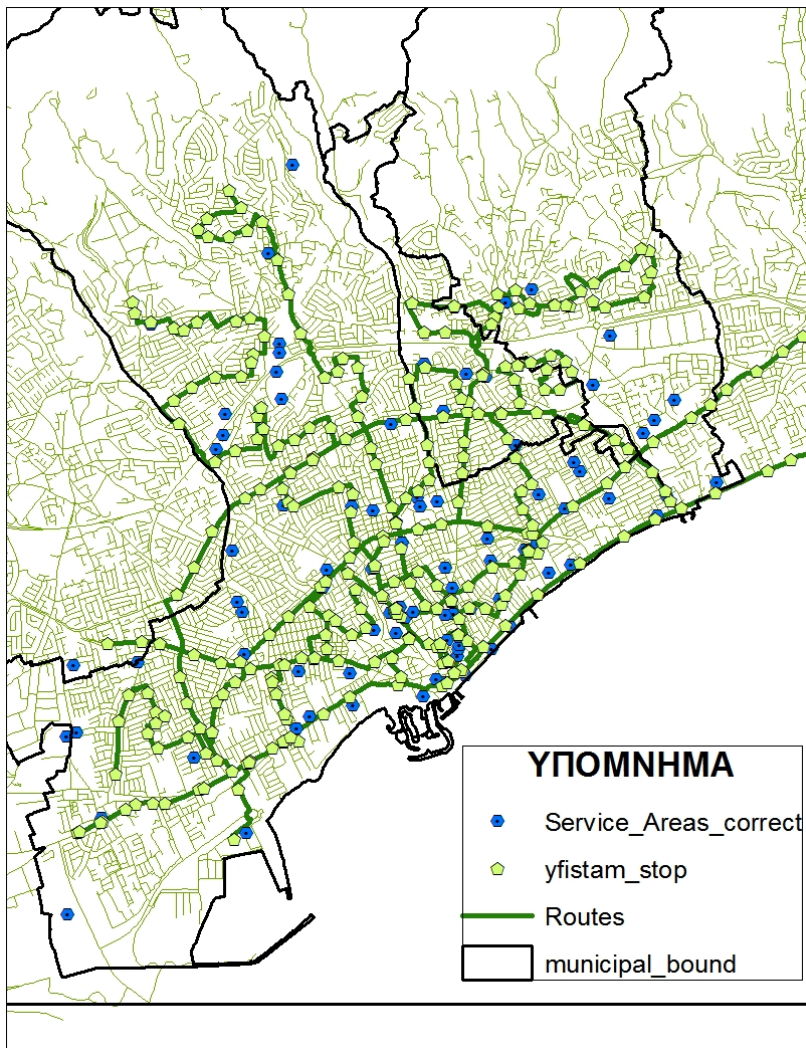
Πίνακας 4.0 χαρακτηριστικός πίνακας του Υφιστάμενου Λεωφορειακού Δικτύου (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10 - Excel)



Χάρτης 6. Υφιστάμενο Λεωφορειακό Δίκτυο στους Υπό Μελέτη Δήμους (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

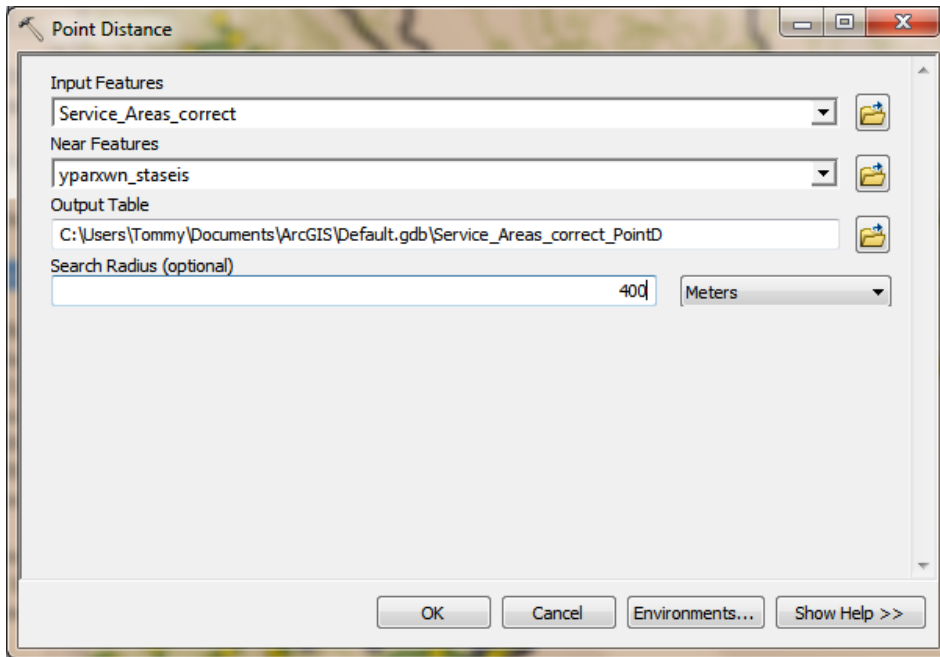
Όπως διακρίνουμε στο Χάρτη 6, η μορφή του λεωφορειακού δικτύου είναι μικτή αφού βλέπουμε να υπάρχουν οι κύριες γραμμές και οι κάθετες γραμμές τους που τείνουν προς την

ορθογωνική μορφή αλλά οι περισσότερες γραμμές καταλήγουν ή ξεκινούν από το κέντρο όπου αυτό είναι γνώρισμα της ακτινωτής μορφής δικτύου.



Χάρτης 7. Το υφιστάμενο λεωφορειακό δίκτυο με τις στάσεις του και τα σημεία ενδιαφέροντος (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

Διαθέτοντας το λεωφορειακό δίκτυο και τις περιοχές εξυπηρέτησης, η Μεθοδολογία εισέρχεται στο πρώτο βήμα την Αξιολόγηση των Στάσεων. Η αξιολόγηση των στάσεων γίνεται βάσει κριτηρίου σχεδιασμού που λέει ότι οι στάσεις καλό θα είναι να χωροθετούνται σε απόσταση όχι μεγαλύτερη των 400μ. Έτσι γίνεται ο υπολογισμός εξυπηρέτησης σημείων ενδιαφέροντος ανά στάση βάσει κριτηρίου 400 μέτρων απόστασης σημείου-στάσης. Για να γίνει αυτό πρώτα χρησιμοποιείται η εφαρμογή point_distance του εργαλείου της ανάλυσης τόσο για τα σημεία ενδιαφέροντος όσο και για τις στάσεις του υφιστάμενου λεωφορειακού δικτύου. Στην Εικόνα 18 που ακολουθεί εμφανίζεται η διαδικασία της εφαρμογής point_distance.



Εικόνα 18. Εφαρμογή point_distance (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

Η εφαρμογή point_distance στα δεδομένα εισόδου δέχεται τα σημεία στα οποία θέλει ο χρήστης να βρει τι σημείο υπάρχει κοντά του βάσει ακτίνας που εισάγεται από το χρήστη. Στην εικόνα γίνεται η εφαρμογή για δεδομένα εισόδου τα σημεία ενδιαφέροντος, στα σημεία που ζητούνται αν είναι κοντά στα δεδομένα εισόδου τοποθετούνται οι υφιστάμενες στάσεις και ως ακτίνα εισάγονται τα 400μ που πηγάζουν από το κριτήριο σχεδιασμού. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται αντίστροφα με τις στάσεις σαν δεδομένα εισόδου. Το αποτέλεσμα αυτής της εφαρμογής είναι ένας χαρακτηριστικός πίνακας που διαθέτει τα σημεία ενδιαφέροντος και τις στάσεις που τα εξυπηρετούν σε ακτίνα ίση ή μικρότερη των 400μ. Με κάποια τεχνάσματα όπως summarizeinput_fidκαι την ζήτηση της μέσης απόστασης ο πίνακας βγάζει ένα sum_outrouitτο οποίο συνενώνουμε μέσω του εργαλείου joinμε τον χαρακτηριστικό πίνακα των σημείων ενδιαφέροντος. Το αποτέλεσμα της συνένωσης είναι να βλέπει ο χρήστης πόσες στάσεις εξυπηρετούν το κάθε σημείο ενδιαφέροντος και την μέση απόσταση των στάσεων αυτών από το σημείο. Στους Πίνακες 5 και 6 διακρίνεται ένα μικρό δείγμα των πινάκων που αναφέρθηκαν.

OID	INPUT_FID *	Cnt_INPUT_*	Ave_DISTAN
0	1	8	310.4643
1	3	8	270.2534
2	4	5	240.2412
3	5	8	261.6968
4	6	8	282.9252
5	7	8	255.1275
6	8	3	202.9923
7	9	8	203.9959
8	10	8	274.3106
9	11	2	155.639
10	12	4	238.5928
11	13	6	275.9304
12	14	2	356.4366
13	16	1	321.6155

Πίνακας 5.Χαρακτηριστικός πίνακας sum_output(πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

OID	OBJECTID	INPUT_FID	NEAR_FID	DISTANCE
0	1	1	192	391.492608
1	2	1	663	282.527981
2	3	1	312	356.883112
3	4	1	311	285.087209
4	5	1	40	292.885877
5	6	1	191	282.251614
6	7	1	662	209.849538
7	8	1	310	382.736112
8	9	3	663	344.132401
9	10	3	311	351.875459
10	11	3	41	338.772481
11	12	3	42	395.808034
12	13	3	662	294.672422
13	14	3	310	126.095276
14	15	3	309	82.687482
15	16	3	308	227.983812
16	17	4	457	380.316699
17	18	4	610	180.70518
18	19	4	611	232.096141
19	20	4	39	286.682114
20	21	4	38	121.405666
21	22	5	605	166.299136
22	23	5	604	306.477584
23	24	5	34	90.101966
24	25	5	33	267.117368
25	26	5	449	385.843572
26	27	5	448	377.756964
27	28	5	36	346.985524
28	29	5	35	152.992219

Πίνακας 6.Χαρακτηριστικός πίνακας που προκύπτει από την συνένωση του πίνακα sum_outputκαι του αποτελέσματος της εφαρμογής point_distance(πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10 - excel)

Με την διεξαγωγή των ανωτέρω προχωρούμε στο 2^ο βήμα της Μεθοδολογίας το οποίο είναι η **επιλογή των στάσεων που παραμένουν**. Για να επιλέγουν ποιες στάσεις θα παραμείνουν θα πρέπει να παρθεί το αποτέλεσμα της συνένωσης (βλ. Πίνακα 6) και να δημιουργηθεί ένας πίνακας pivot ο οποίος θα θέσει ως στήλες τα σημεία ενδιαφέροντος και ως γραμμές τις στάσεις που τα εξυπηρετούν. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3.3, το κριτήριο επιλογής των στάσεων αναφέρειότι όσες στάσεις εξυπηρετούν ένα και μόνο σημείο και αυτό το σημείο δεν εξυπηρετείται από καμιά άλλη στάση τότε εκείνη η στάση παραμένει.

Μετά το ξεκαθάρισμα αρκετών σημείων εξυπηρέτησης επιλέχθηκαν στάσεις οι οποίες εξυπηρετούν τα περισσότερα σημεία ενδιαφέροντος, πχ. αν μια στάση προσέφερε εξυπηρέτηση ως προς 10 σημεία ενδιαφέροντος και μια άλλη στάση πρόσφερε στα 8 σημεία από τα 10 της άλλης στάσης τότε η στάση με τα 10 σημεία εξυπηρέτησης παρέμενε και η άλλη διαγραφόταν. Στην ουσία κάθε σημείο θα πρέπει να εξυπηρετείται τουλάχιστο από μια στάση. Μετά από την ανάλυση του πίνακα βάσει των πιο πάνω κριτηρίων επιλέχθηκαν οι στάσεις οι οποίες παρέμειναν.

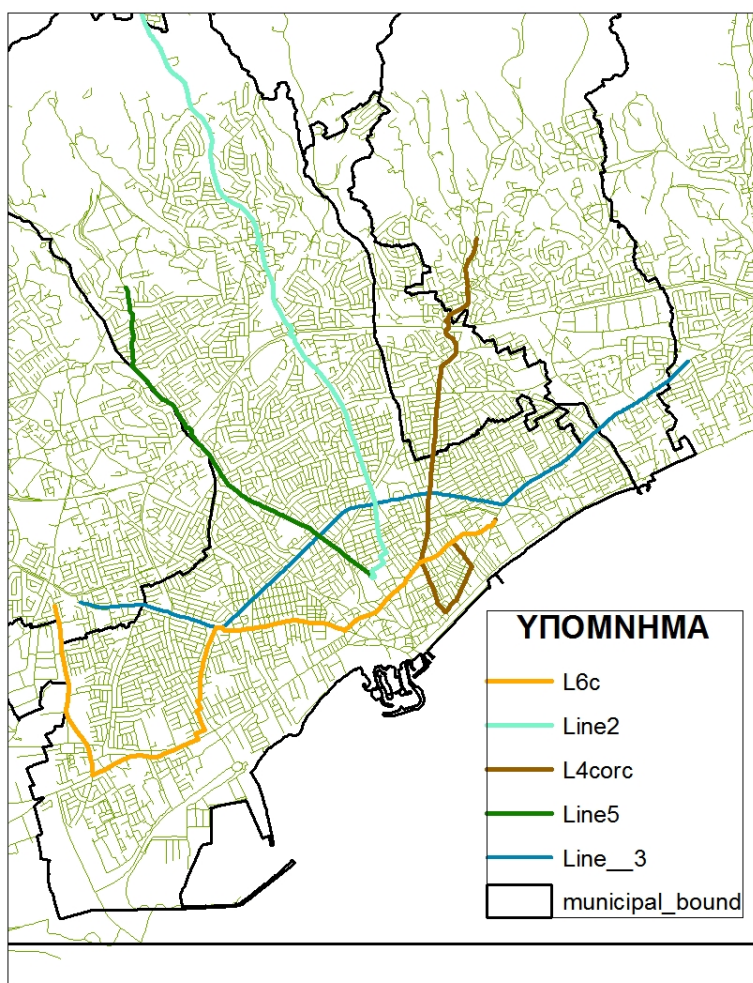
Από το σύνολο των 311 στάσεων του υφιστάμενου λεωφορειακού δικτύου παρέμειναν 54 στάσεις που πληρούσαν τα κριτήρια που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Στον Πίνακα 7 που εμφανίζεται παρακάτω φαίνονται οι στάσεις που παραμένουν. Στην στήλη objected αναγράφεται ο αριθμός της στάσης όπου δόθηκε από το Τμήμα Δημοσίων Έργων της Επαρχίας Λεμεσού, στη στήλη name αναγράφεται το όνομα της γραφικής επιλογής που έγινε για κάθε στάση, στις στήλες X και Y αναγράφονται οι καρτεσιανές συντεταγμένες κάθεμιας στάσης, στη στήλη Grandtotal αναγράφεται ο αριθμός των σημείων που εξυπηρετεί κάθε στάση και τέλος στη στήλη status αναγράφεται ο αριθμός 1 που σημαίνει ότι η στάση αυτή επιλέχθηκε για να παραμείνει. Σημείωση ότι αυτές δεν είναι οι τελικές νέες στάσεις αφού πρέπει να ακολουθηθεί η διαδικασία που προηγείται του 3^{ου} βήματος, το οποίο περιγράφουμε παρακάτω.

ObjectID	Name	X	Y	Grand To	status
1	Graphic Pick 15	200259.8073	338439.0779	1	1
36	Graphic Pick 23	202019.0115	338538.018	2	1
38	Graphic Pick 25	202629.5446	339119.5931	2	1
40	Graphic Pick 27	203247.3173	339613.4894	4	1
46	Graphic Pick 33	205316.2122	339941.6812	4	1
48	Graphic Pick 35	205886.7939	340370.69	1	1
49	Graphic Pick 36	206191.3902	340645.2556	2	1
51	Graphic Pick 38	206817.743	341044.2338	1	1
91	Graphic Pick 45	205672.4087	342109.3541	1	1
101	Graphic Pick 55	204855.1469	342144.7473	2	1
113	Graphic Pick 67	203930.633	341826.2083	1	1
119	Graphic Pick 73	204072.2059	339981.4704	1	1
122	Graphic Pick 76	204985.9946	339543.8814	4	1
161	Graphic Pick 80	200730.5487	341940.4189	1	1
168	Graphic Pick 87	201835.9711	341593.5156	3	1
175	Graphic Pick 94	201422.0457	340420.5997	2	1
176	Graphic Pick 95	201644.6611	340547.2914	2	1
178	Graphic Pick 97	201885.3752	340911.0774	2	1
179	Graphic Pick 98	201929.9436	341011.5258	1	1
180	Graphic Pick 99	201953.3589	340785.5169	1	1
186	Graphic Pick 105	202249.5761	340301.1853	1	1
192	Graphic Pick 111	202930.3594	339555.8719	3	1
223	Graphic Pick 123	205239.5205	341517.8243	1	1
228	Graphic Pick 128	204730.6861	341468.2799	1	1
265	Graphic Pick 10	202050.8478	338022.1931	1	1
268	Graphic Pick 13	202771.3494	338257.0703	1	1
270	Graphic Pick 15	203536.2873	338498.2955	6	1
302	Graphic Pick 26	204049.2849	341277.0095	3	1
303	Graphic Pick 27	203705.0805	341451.9331	1	1
311	Graphic Pick 35	203396.6132	339761.0054	5	1
312	Graphic Pick 36	203261.1885	339550.3447	4	1
313	Graphic Pick 37	203170.9054	339271.9718	2	1
335	Graphic Pick 46	203840.443	338825.1557	8	1
337	Graphic Pick 48	204072.1461	338543.809	9	1
401	Graphic Pick 76	204544.0938	340950.3663	1	1
404	Graphic Pick 73	203498.7845	340882.6539	1	1
410	Graphic Pick 67	201399.7018	339668.0638	1	1
440	Graphic Pick 84	200201.5695	336513.3268	1	1
443	Graphic Pick 87	201254.8727	336851.8886	1	1
447	Graphic Pick 91	202082.468	337942.8097	1	1
459	Graphic Pick 103	201626.6993	336325.237	2	1
484	Graphic Pick 108	202607.2743	337679.4839	3	1
486	Graphic Pick 110	203419.8225	337995.4748	1	1
488	Graphic Pick 112	204104.4695	338153.4703	8	1
494	Graphic Pick 118	206221.1072	339796.1216	2	1
496	Graphic Pick 120	206883.1835	340077.0024	1	1
500	Graphic Pick 124	204840.5998	339463.0771	3	1
522	Graphic Pick 127	204589.5054	338961.9297	2	1
527	Graphic Pick 132	204170.2377	338473.8255	10	1
535	Graphic Pick 140	204176.5857	339061.0185	7	1
609	Graphic Pick 180	202456.5941	338851.4985	1	1
650	Graphic Pick 194	201942.1733	343031.4262	1	1

Πίνακας 7.Χαρακτηριστικός πίνακας των στάσεων που επιλέχθηκαν(πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10 - excel)

Με την εξασφάλιση των στάσεων η μεθοδολογία οδηγείται στο τρίτο βήμα δηλαδή, την **χωροθέτηση των νέων στάσεων** όπου γίνεται παράλληλα με το **4^ο βήμα τον ανασχεδιασμό του δικτύου με την δημιουργία νέων γραμμών**. Για την χωροθέτηση των νέων στάσεων προηγείται η δημιουργία διαδρομώναφετηρίας και τέρματος.Ως αφετηρία αποφασίστηκε να δίνεται το όριο των διοικητικών όριο με περιορισμό μέχρι τους κατοικήσιμους οικισμούς και τα τέρματα να καταλήγουν στους υφιστάμενους σταθμούς-τέρματα της ΕΜΕΛ ώστε τα οχήματα να μπορούν να γυρίσουν και να ακολουθήσουν την ίδια διαδρομή προς την αφετηρία. Σύμφωνα

με τα κριτήρια σχεδιασμού που αναγράφονται στο κεφάλαιο 2.1.1 οι διαδρομές συνίσταται να ακολουθούν βασικούς οδικούς άξονες και σε περίπτωση που πρέπει να παρεκκλίνουν η απόκλιση αυτή να μην ξεπερνά το 1,5χλμ από την κύρια διαδρομή. Επίσης η κάλυψη της περιοχής πρέπει να διατηρείται στα 800μ με 3χλμ ανάλογα με την οικιστική πυκνότητα της περιοχής. Στις περιοχές μελέτης ο συνολικός πληθυσμός φτάνει περίπου στις 130.000 σε μια έκταση πενήντα δύο (52) τετραγωνικών χιλιομέτρων, δηλαδή με απλούς υπολογισμούς 2500 κάτοικους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Μέσω αυτών των υπολογισμών αποφασίστηκε ότι η κάλυψη των περιοχών δεν θα ξεπερνά το 1,5χλμ. Στον Χάρτη 8, που ακολουθεί, δίνεται ένα παράδειγμα των γραμμών που δημιουργούνται βάσει των κριτηρίων που αναφέρθηκαν.

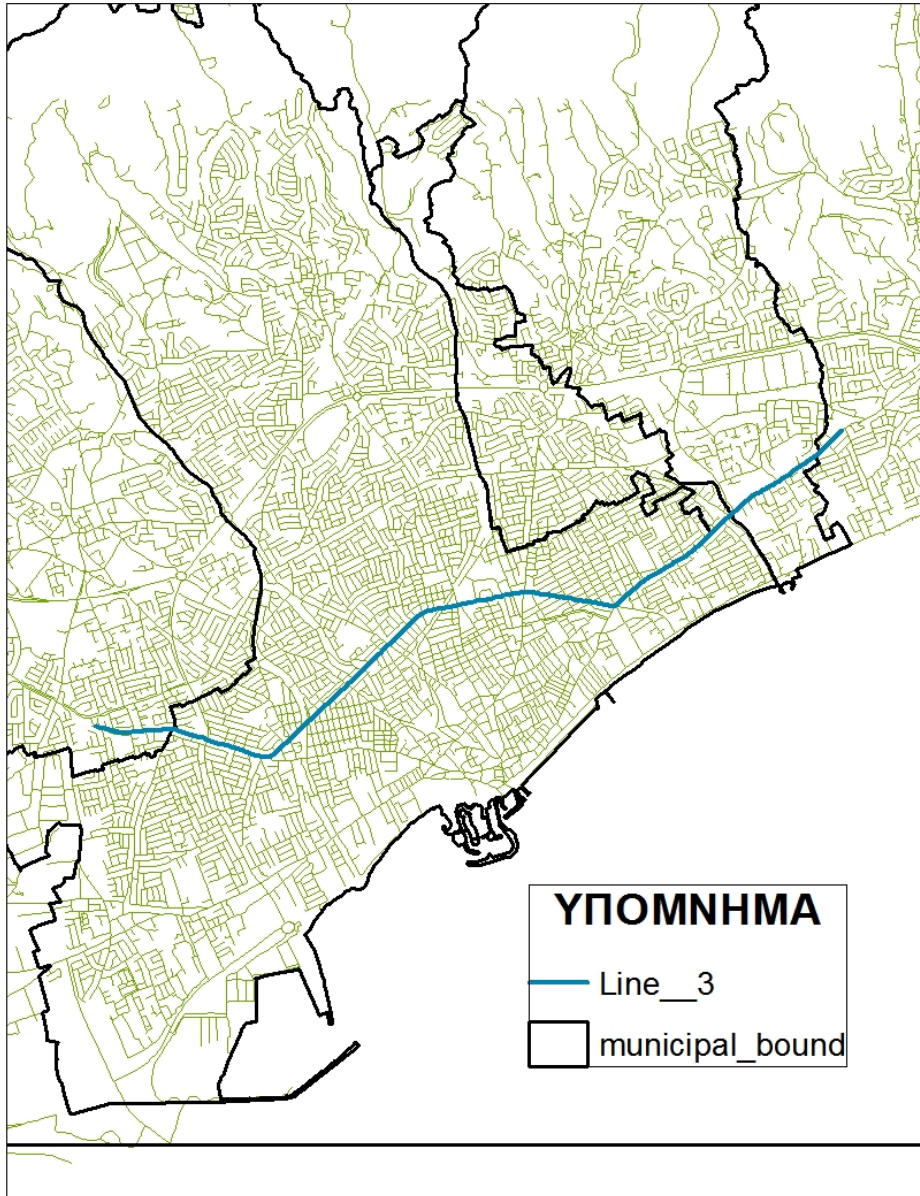


Χάρτης 8. Δημιουργία γραμμών βάσει κριτηρίων (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

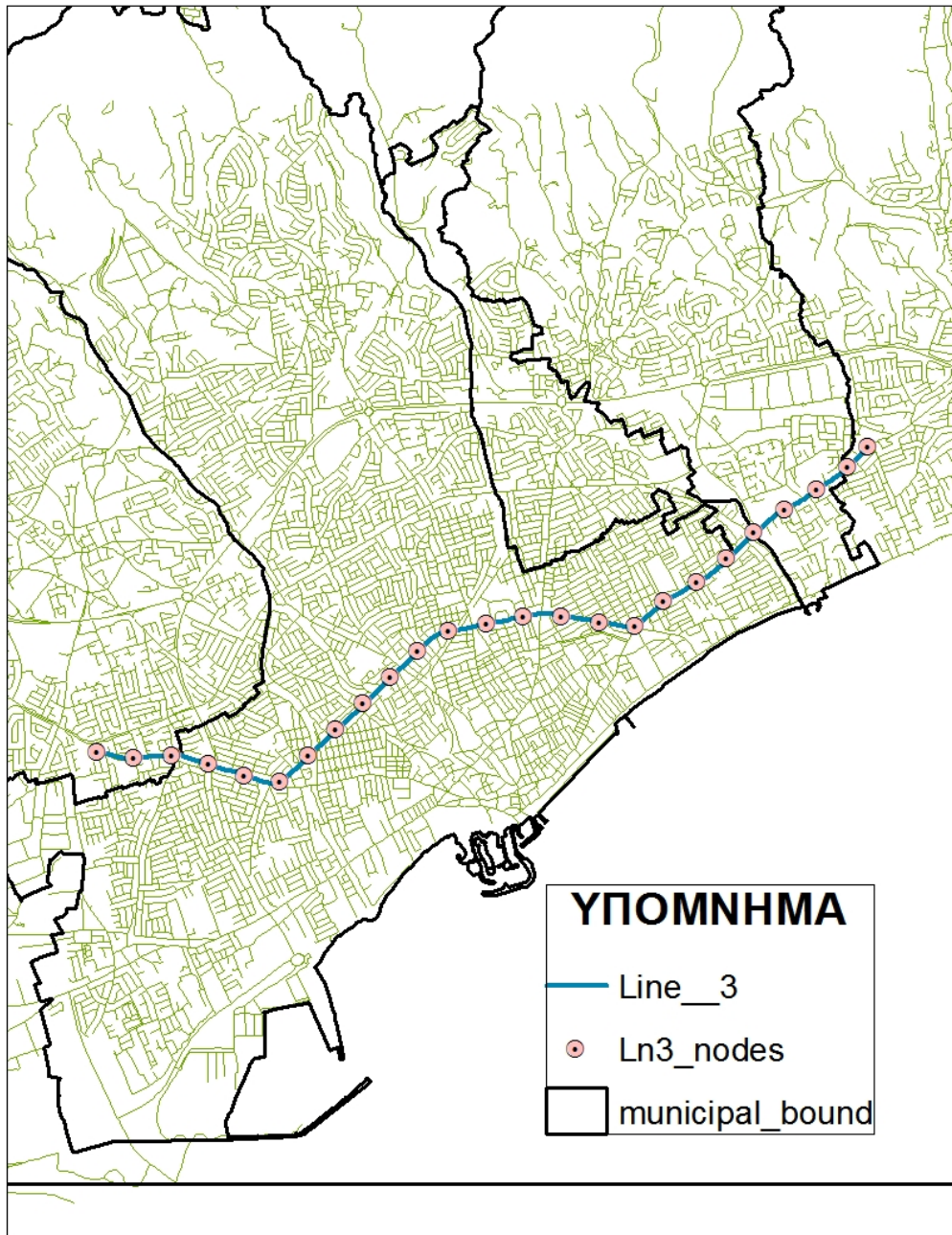
Η δημιουργία των γραμμών ξεκίνησε πρώτα στις κυριότερες οδικές αρτηρίες και μετά ακολούθησαν οι γραμμές που διέρχονταν κάθετα και εκτεινόταν μέχρι τα προάστια των υπό μελέτη δήμων. Με την δημιουργία της γραμμής και με την χρησιμοποίηση του λογισμικού(splitline) η γραμμή χωρίστηκε σε ίσα διαστήματα των 350 μέτρων. Η επιλογή των 350 μέτρων έγινε από το κριτήριο σχεδιασμού στο κεφάλαιο 2.1.1 όπου αναγράφει για τις αποστάσεις μεταξύ των στάσεων ότι η ιδανική απόσταση χωροθέτησης της στάσης συγκαταλέγεται στα 250 με 500 μέτρα. Από την ανάλυση του υφιστάμενου δικτύου (βλ. Χάρτες 5,6 και 7) οι στάσεις βρίσκονταν πολύ κοντά η μια με την άλλη, με τις αποστάσεις να κυμαίνονται από τα 50μ μέχρι τα 250μ. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τις συχνές στάσεις του

λεωφορείου και τον χρόνο της διαδρομής να αυξάνεται. Επίσης το επίπεδο εξυπηρέτησης ως προς το επιβατικό κοινό μειωνόταν.

Στα σημεία που η γραμμή χωριζόταν δημιουργούταν ένα σημείο με συντεταγμένες X και Y. Γύρω από αυτό το σημείο με την εφαρμογή multipleringbufferσχεδιάζονταν δυο δακτύλιοι στα 50μ και 150μ (βλ. Χάρτη 11). Εάν στο πρώτο δακτύλιο(50μ) υπήρχαν στάσεις οι οποίες επιλέχθηκαν (βλ. Πίνακα 7) τότε απορριπτόταν και για στάση διατηρούταν το σημείο που δημιουργήθηκε με τον διαχωρισμό της γραμμής. Εάν η στάση αυτή ήταν στο δεύτερο δακτύλιο(150μ) τότε διατηρούταν και έπαιρνε την θέση του σημείου διαχωρισμού. Επίσης, στάσεις οι οποίες είχαν αρχικά απορριφθεί εάν βρίσκονταν στο δεύτερο δακτύλιο και πληρούσαν τα κριτήρια απόστασης αλλά και εξυπηρέτησης τότε διατηρούνταν και αυτές. Παράλληλα, πραγματοποιούταν ανάλυση των στάσεων μέσω του χάρτη για να διαφανεί αν βρίσκονταν σε διασταυρώσεις, φανάρια και γενικά σε σημεία που δεν ευνοούνται προς χωροθέτηση. Ένας περιορισμός που τέθηκε ήταν εάν στάσεις από τις υφιστάμενες ή από τα σημεία διαχωρισμού βρισκόταν χωροθετημένο ακριβώς έξω από σημείο ενδιαφέροντος τότε κρατιόταν αυτό άσχετα εάν υπήρχε στάση που επιλέχθηκε να μείνει από το πίνακα 7. Παρακάτω παραθέτονται οι χάρτες 9, 10, 11 και ο πίνακας 8 όπου διαφαίνονται τα όσα παρατηρήθηκαν παραπάνω.

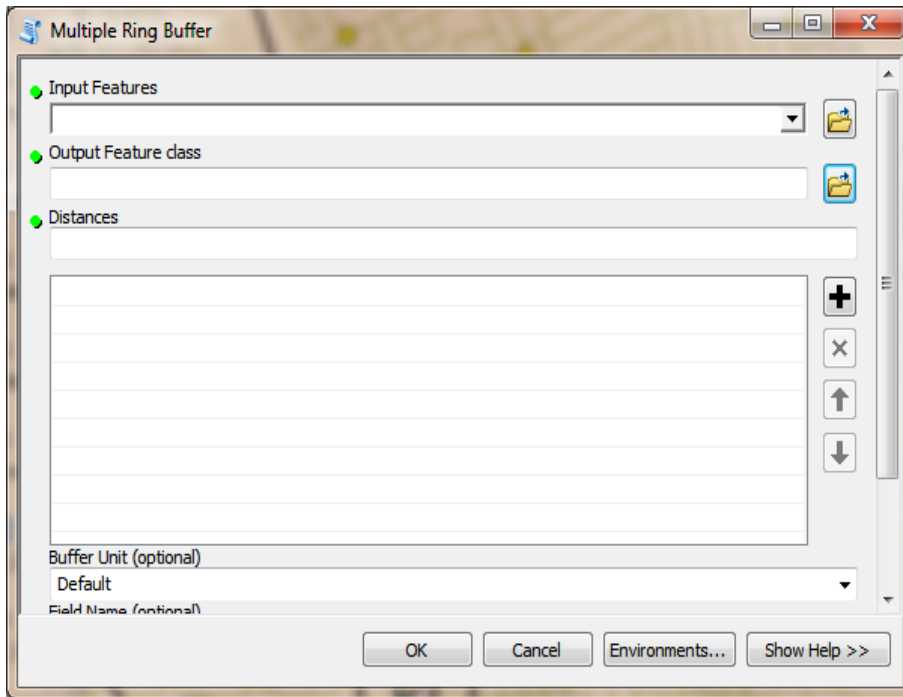


Χάρτης 9. Παράδειγμα δημιουργίας γραμμής για διαχωρισμό στα 350μ - βήμα 1ο (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)



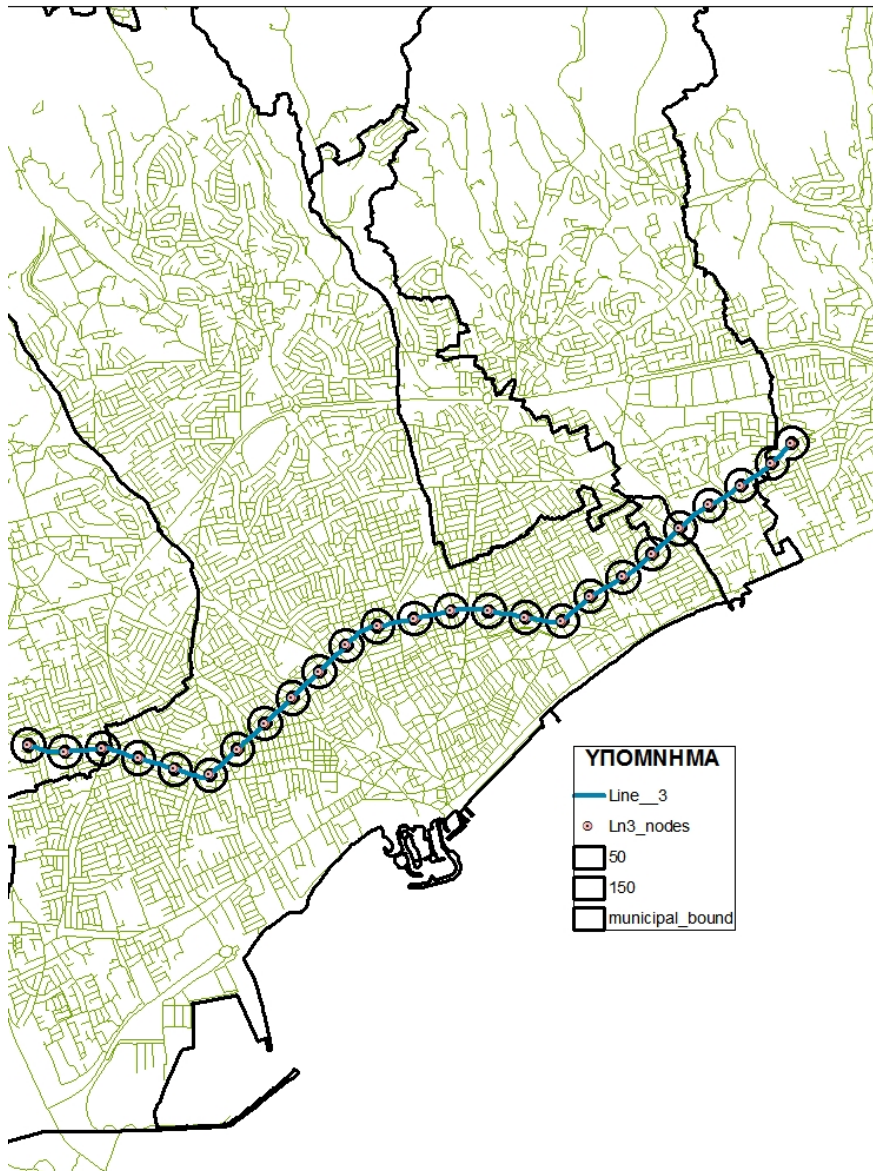
Χάρτης 10. Παράδειγμα δημιουργίας γραμμής για διαχωρισμό στα 350μ με την δημιουργία των σημείων διαχωρισμού - βήμα 2ο (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

Στο Χάρτη 10 παρατηρούμε τις ροζ κουκκίδες με μαύρη τελεία στη μέση. Αυτές οι κουκκίδες είναι τα σημεία διαχωρισμού της γραμμής ανά 350μ που επιλέχθηκαν βάσει κριτηρίου σχεδιασμού που αφορά τις αποστάσεις στην χωροθέτηση των στάσεων. Με την εφαρμογή `multipleringbuffer` (βλ. Εικόνα 19) στα δεδομένα εισόδου μπαίνουν οι κόμβοι των 350μ και στις αποστάσεις μπαίνουν τα 50μ και 150μ.



Εικόνα 19. Εφαρμογή multipleringbuffer (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

Μετά την εφαρμογή του εργαλείου αυτού σχεδιάζονται ο δακτύλιος των 50μ και των 150μ. Στο Χάρτη 11 που ακολουθεί φαίνονται όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω για την τελική επιλογή των στάσεων, διακρίνουμε τους δακτυλίους των 50μ και των 150μ, οι ροζ κουκκίδες είναι τα σημεία διαχωρισμού που προαναφέραμε και οι κίτρινες κουκκίδες είναι οι υφιστάμενες στάσεις.



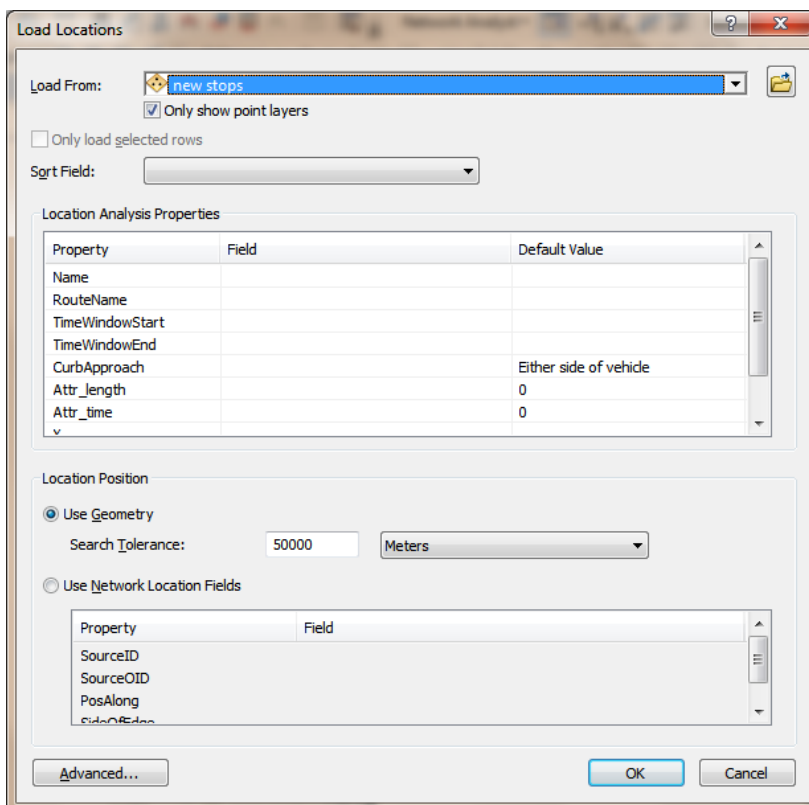
Χάρτης 11. Παράδειγμα δημιουργίας γραμμής για διαχωρισμό στα 350μ - βήμα 3ο τελική επιλογή των στάσεων (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

Το πρόβλημα επιλύθηκε επαναληπτικά για κάθε γραμμή που δημιουργήθηκε ως ότου να καταλήξουμε στο τελικό αποτέλεσμα για την χωροθέτηση των τελικών στάσεων και εν τέλει στον ανασχεδιασμό του δικτύου και στην δημιουργία των νέων γραμμών. Η χωροθέτηση των νέων στάσεων γίνεται μέσω του loadlocation στην εφαρμογή εύρεσης βέλτιστης διαδρομής και αφού κατηγοριοποιήθηκαν οι στάσεις με συντεταγμένες X και Y, αριθμό στάσης, γραμμή που θα εξυπηρετούν και τη σειρά που παίρνουν στην εκάστοτε γραμμή απεικονίστηκαν σε χαρακτηριστικό πίνακα με την ονομασία newstopsόπως φαίνεται στον Πίνακα 8 και αποθηκεύτηκαν ως δεδομένα τοποθεσιών. Με την επιλογή που προαναφέρθηκε, φορτώθηκαν οι τοποθεσίες και χωρίστηκαν βάσει του routenameστις γραμμές που θα εξυπηρετήσουν.

OBJECTID	stop_id	line_id	stop_sequence	X	Y
14	13	1	13	204266.91	340931.17
15	14	1	14	204544.094	340950.366
16	15	1	15	204966.12	340962.453
17	16	1	16	205311.162	341005.464
18	17	1	17	205525.475	341124.213
19	1	2	1	200696.271	345588.698
20	2	2	2	200754.029	345245.467
21	3	2	3	200930.078	344944.779
22	4	2	4	201100.4	344645.241
23	5	2	5	201266.485	344354.94

Πίνακας 8. Παράρτημα από χαρακτηριστικό πίνακα νέων στάσεων (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

Αφού επιλέχθηκαν όλες οι στάσεις (από τις νέες αλλά και από τις υφιστάμενες) ακολουθήθηκε η διαδικασία φόρτωσης των τοποθεσιών στην εφαρμογή εύρεσης βέλτιστης διαδρομής. Στην Εικόνα 20 φαίνεται αυτή η διαδικασία.



Εικόνα 20. Επιλογή loadlocations από εφαρμογή εύρεσης βέλτιστης διαδρομής(πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

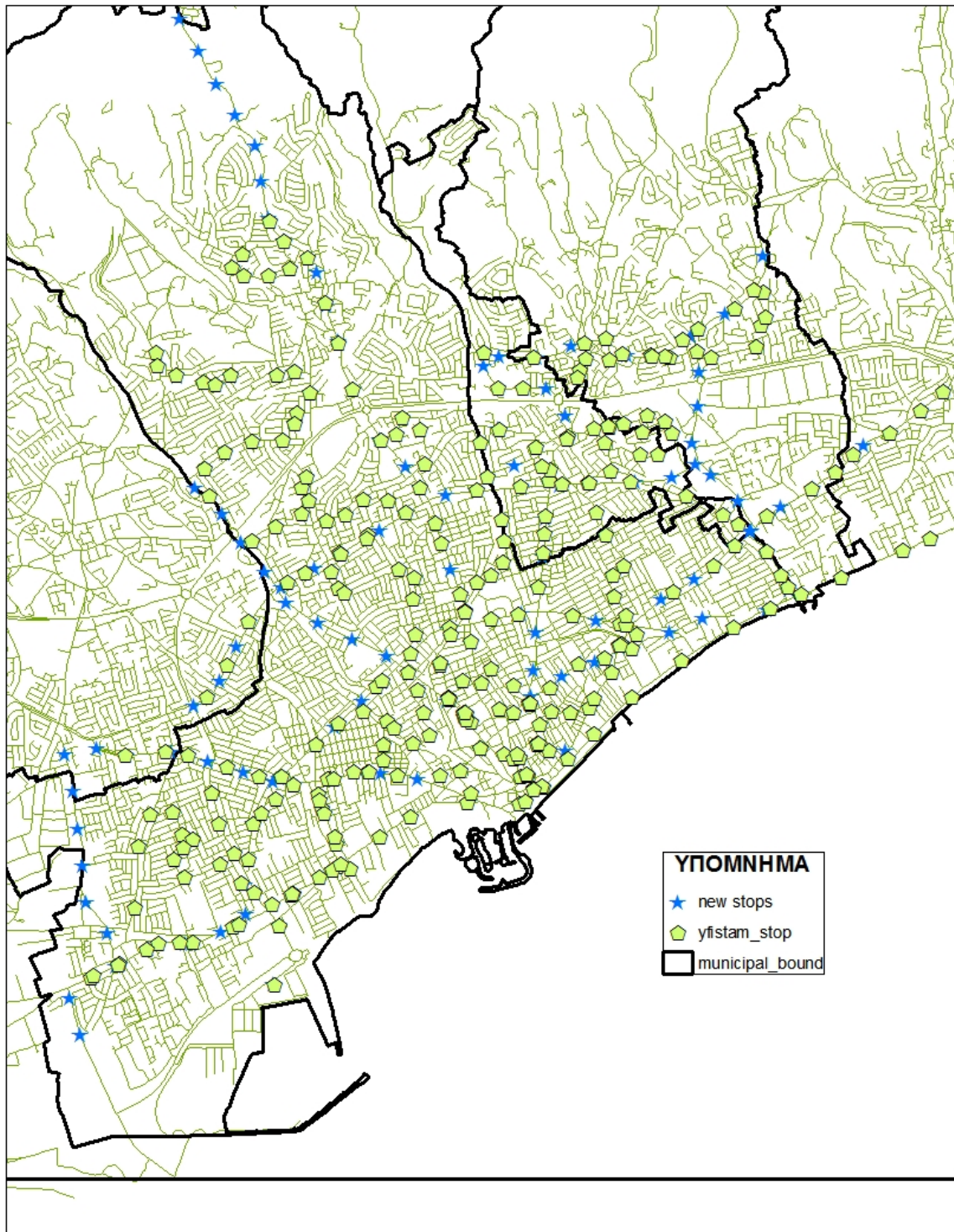
Δημιουργήθηκαν εννέα νέες γραμμές κατά μήκος των βασικών οδικών αξόνων με την βοήθεια των κριτηρίων σχεδιασμού του 2^{ου} κεφαλαίου. Οι γραμμές αυτές σχεδιάστηκαν με την εφαρμογή εύρεση βέλτιστης διαδρομής του εργαλείου NetworkAnalyst του λογισμικού. Αυτές οι

γραμμές αναλύθηκαν ως προς την εξυπηρέτηση, το λειτουργικό κόστος και κατά συνέπεια την εναρμόνιση με την πράσινη ανάπτυξη, και τέλος προτάθηκαν ως οι τελικές γραμμές. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο επόμενο υποκεφάλαιο.

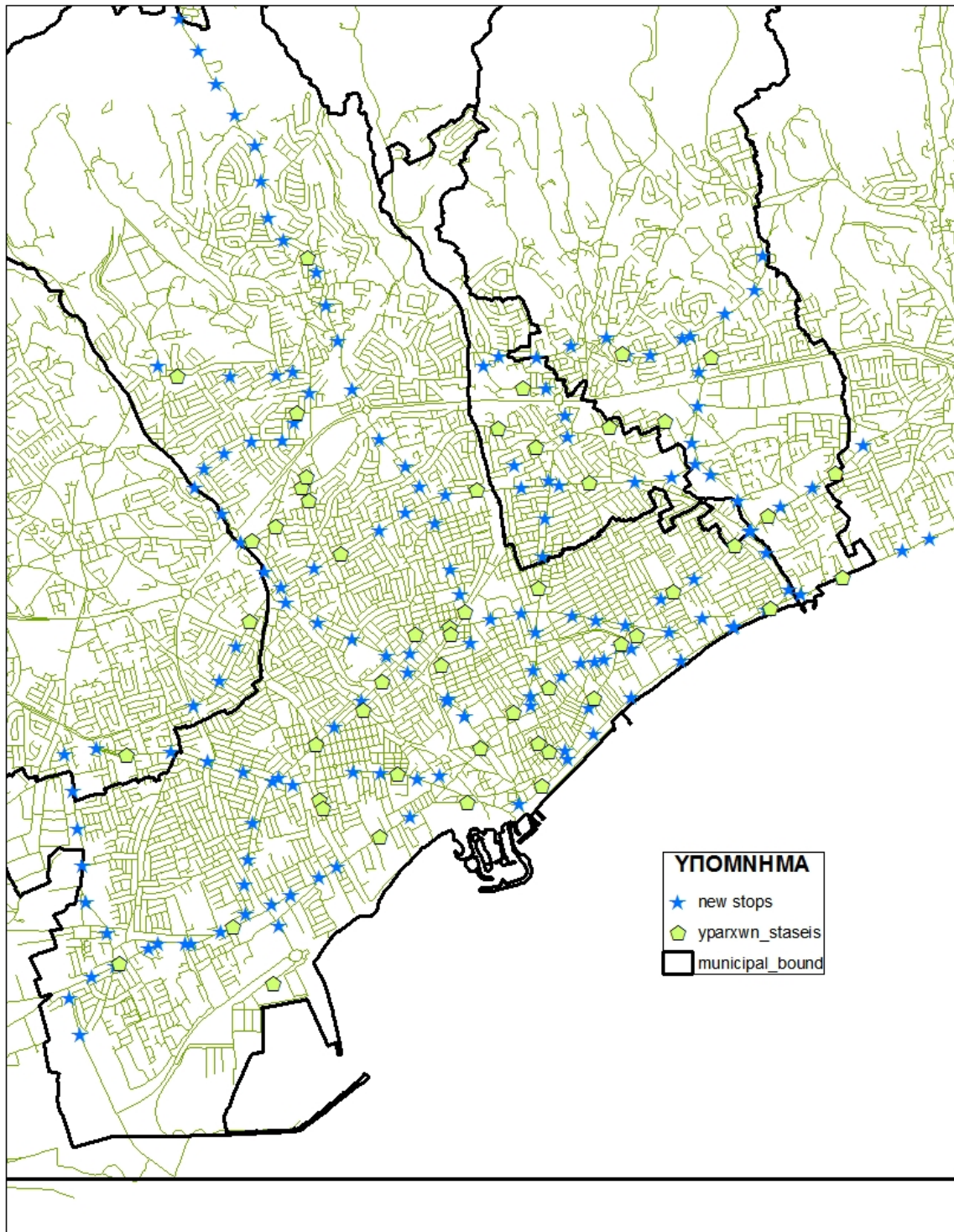
4.3 Το Προτεινόμενο Δίκτυο Λεωφορειακών Γραμμών

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της Μεθοδολογίας. Από τα πρώτα τρία βήματα προέκυψαν οι νέες στάσεις που θα χωροθετηθούν στο οδικό δίκτυο των δήμων Λεμεσού, Μέσα Γειτονιάς και Αγίου Αθανασίου ενώ από το τέταρτο βήμα προέκυψαν οι νέες γραμμές που σχεδιάστηκαν βάσει των κριτηρίων σχεδιασμού. Οι γραμμές αυτές αναλύθηκαν και επεξεργάστηκαν βάσει των στόχων που τέθηκαν από την Μεθοδολογία που σε γενικές γραμμές μιλούσε για καλύτερη εξυπηρέτηση προς το επιβατικό κοινό και μείωση του λειτουργικού κόστους.

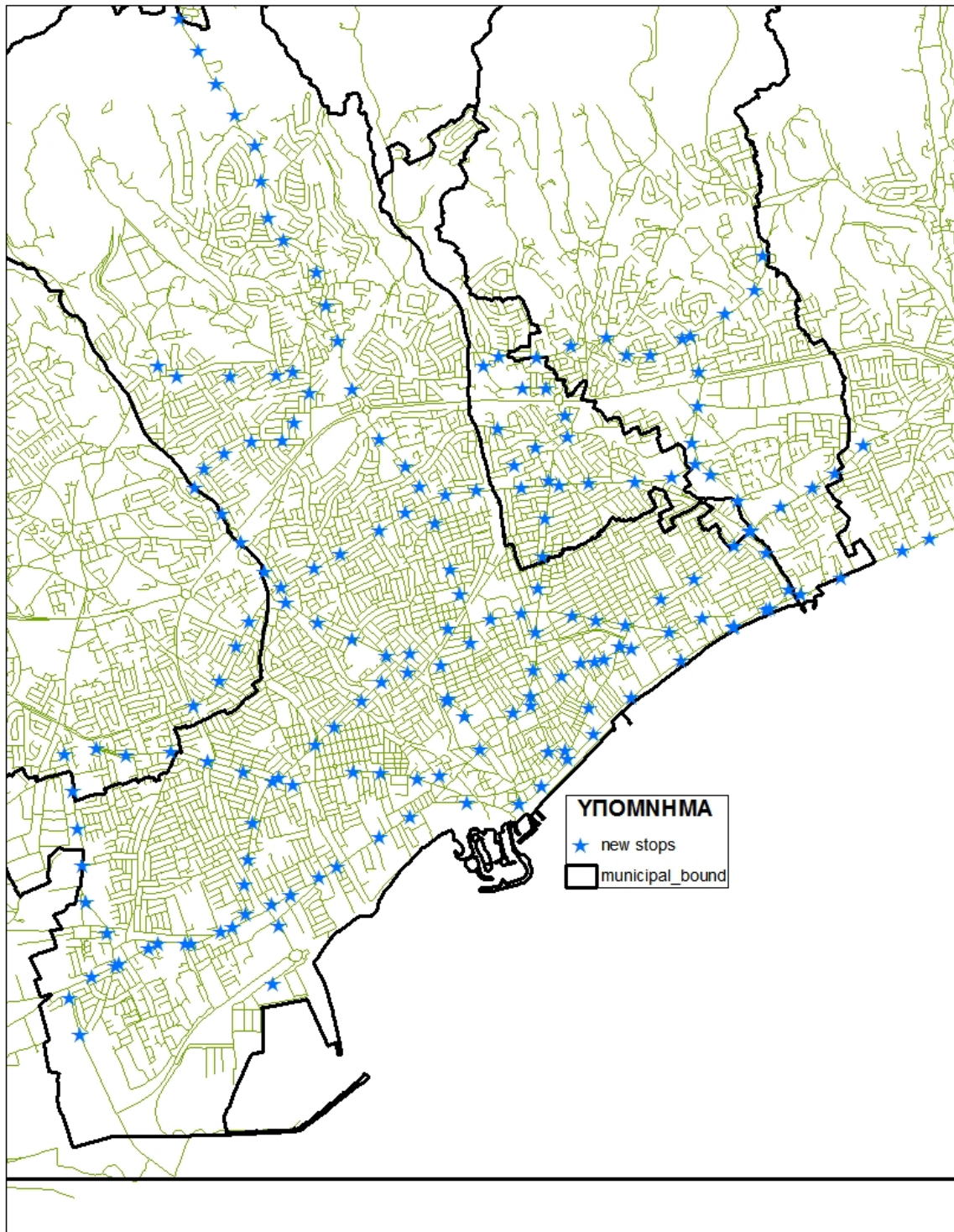
Οι προτεινόμενες στάσεις που προέκυψαν αριθμούν τις 186 σε σχέση με τις 311 στάσεις του υφιστάμενου δικτύου. Άρα οι στάσεις του νέου δικτύου μειώθηκαν κατά 41% σε σχέση με τις στάσεις του υφιστάμενου δικτύου. Στους επόμενους Χάρτες 12, 13 και 14, παρουσιάζονται οι νέες στάσεις μαζί με τις υφιστάμενες. Συγκεκριμένα, στους Χάρτες 12 και 13 παρουσιάζονται οι τελικές στάσεις που επιλέχθηκαν κατά το 3^ο βήμα της Μεθοδολογίας μαζί με τις υφιστάμενες στάσεις που παρέμειναν στο 2^ο βήμα και στο Χάρτη 14 παρουσιάζονται οι τελικές στάσεις όπως αυτές χωροθετήθηκαν στο οδικό δίκτυο.



Χάρτης 12 Οι νέες (μπλε σύμβολα) με τις υφιστάμενες (πράσινα σύμβολα) στάσεις (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)



Χάρτης 13. Οι νέες στάσεις με τις στάσεις που επιλέχθηκαν να παραμείνουν στο 2^ο βήμα (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

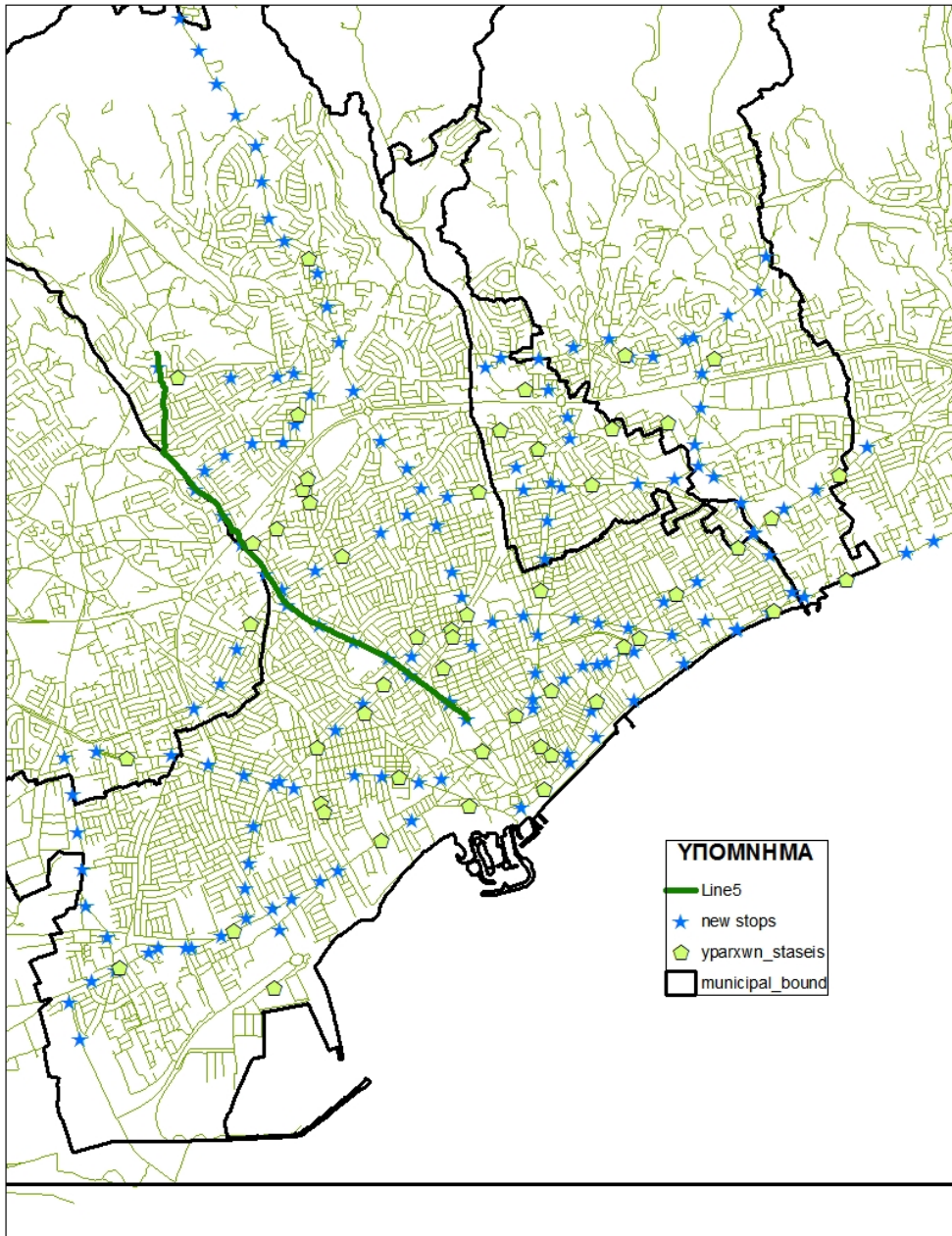


Χάρτης 14. Οι τελικές στάσεις που θα φορτωθούν ως τοποθεσίες για την σχεδίαση των νέων γραμμών (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

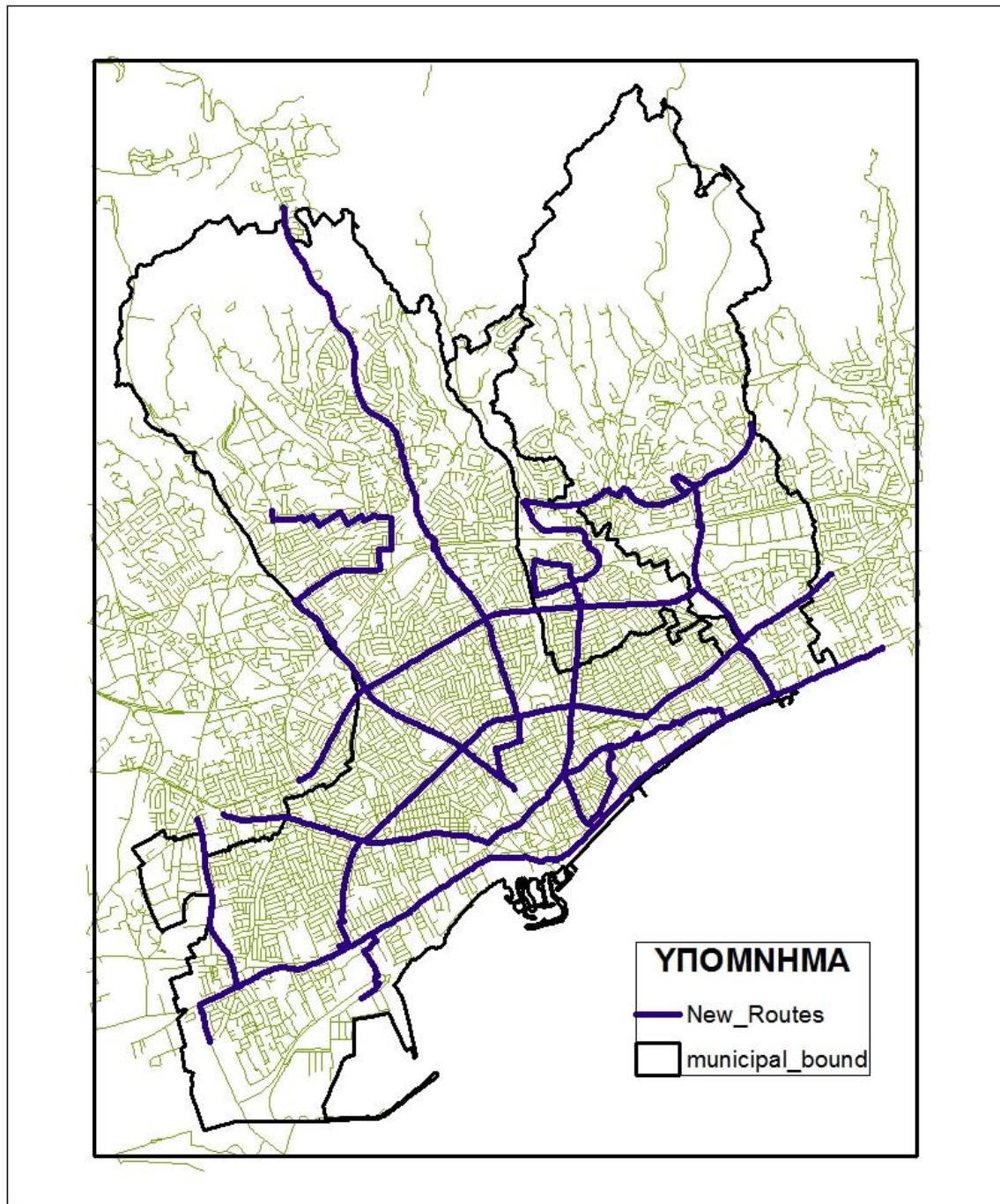
Όπως παρατηρείται από τους Χάρτες 12, 13 και 14 έχει συντελεστεί δραστική μείωση των στάσεων λόγω του ότι η απαιτούμενη εξυπηρέτηση μπορούσε να εφαρμοστεί και με λιγότερες στάσεις από τις υφιστάμενες. Η ανταγωνιστικότητα και η χρήση του νέου δικτύου σε σύγκριση με το υφιστάμενο, δεν θα επηρεαζόταν από την μείωση των στάσεων λόγω της απόστασης βαδίσματος που προκύπτει, αφού όπως θα διαφανεί στον πίνακα 11 οι αποστάσεις αυτές σε αναλογία με το χρόνο κυμαίνονται στα δυο με πέντε λεπτά. Με την μείωση των στάσεων προκύπτει γρηγορότερη μετάβαση στα σημεία ενδιαφέροντος μιας και το λεωφορείο θα κινείται

πιο γρήγορα σε σχέση με την κίνηση στο υφιστάμενο δίκτυο. Τα κριτήρια σχεδιασμού δικτύου αστικής συγκοινωνίας είναι αυστηρά όσο αφορά τις αποστάσεις που πρέπει να τηρούνται μεταξύ των στάσεων έτσι ώστε η προσφερόμενη εξυπηρέτηση προς το επιβατικό κοινό να μεγιστοποιείται. Σε μερικές περιπτώσεις εφαρμόστηκε κριτήριο σχεδιασμού που αναφέρει για τις αποκλίσεις από την κύρια διαδρομή. Όπως βλέπουμε και στο Χάρτη 15η βασική γραμμή που σχεδιάστηκε δεν είναι η τελική μιας και τα κριτήρια μας επιτρέπουν την απόκλιση σε σημείο που είναι πριν ή μετά το μέσο της κύριας διαδρομής σε απόσταση όχι μεγαλύτερη του 1,5χλμ από την κύρια διαδρομή. Αυτό γίνεται για να εξυπηρετηθούν γειτονιές οι οποίες αδυνατούν να έχουν πρόσβαση στη κύρια διαδρομή. Όπως παρατηρούμε στο χάρτη οι νέες στάσεις επιλέχθηκαν βάσει των υφισταμένων έτσι ώστε να εξυπηρετηθούν τα σημεία ενδιαφέροντος σε συνάρτηση με την απόκλιση η οποία με μέτρηση που έγινε υπολογίστηκε στα 1,3χλμ. Ο σχεδιασμός που αφορά το κριτήριο της απόκλισης έγινε για δυο από τις εννέα γραμμές που θα απεικονιστούν στην συνέχεια. Ο σκοπός ήταν η μέγιστη εξυπηρέτηση χωρίς η διαδρομή να αποκλίνει από την κύρια πέρα του 1,5χλμ.

Με τις τελικές στάσεις χωροθετημένες στο οδικό δίκτυο(βλ. Χάρτη 14), το μόνο που απέμεινε είναι ο σχεδιασμός των νέων γραμμών. Για τον σχεδιασμό των νέων γραμμών όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3 που αφορά το 4^ο βήμα αλλά και στο κεφάλαιο 4.2 χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο NetworkAnalystμε την εφαρμογή εύρεσης βέλτιστης διαδρομής. Για τις στάσεις αναλύθηκε στο κεφ. 4.2 η διαδικασία χωροθέτησης τους στο χώρο με την επιλογή loadlocation. Διεξαγόμενης της διαδικασίας αυτής, μέσω του χαρακτηριστικού πίνακα των τελικών στάσεων διακρίνονταν οι στάσεις ως προς την σειρά τους και την διαδρομή που εξυπηρετούσαν. Έτσι κατηγοριοποιήθηκαν αναλόγως, και με την λειτουργία της εφαρμογής εύρεσης βέλτιστης διαδρομής, επιλύθηκε η κατηγοριοποίηση και σχεδιάστηκαν οι γραμμές που διακρίνονται στο Χάρτη 15.



Χάρτης 15. Παράδειγμα απόκλισης (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)



Χάρτης 16. Οι νέες διαδρομές που προέκυψαν από την ανάλυση και ανασχεδιασμό του υφιστάμενου δικτύου (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

Όπως παρατηρείται στο Χάρτη 16, η μορφή του νέου δικτύου παραμένει μικτή και ακολουθεί τη μορφή του υφιστάμενου δικτύου. Οι διαδρομές ακολουθούν κυρίως βασικές οδικές αρτηρίες και οι αποκλίσεις διατηρούνται στα επιτρεπτά όρια των κριτηρίων. Ο πίνακας (Πίνακας 9) που ακολουθεί είναι ο χαρακτηριστικός πίνακας του νέου δικτύου όπου αναγράφει το συνολικό μήκος των γραμμών, το συνολικό χρόνο ταξιδιού και τον αριθμό των στάσεων ανά διαδρομή.

OID	Name	StopCount	Total_leng	Speed	Travel_tim	
0		1	17	5.495137	50	0.109903
1		2	23	7.983962	50	0.159679
2		3	25	8.313858	50	0.166277
3		4	31	11.470247	50	0.229405
4		5	20	7.123747	50	0.142475
5		6	26	8.667699	50	0.173354
6		7	20	8.08443	50	0.161689
7	7_1		9	2.714424	50	0.054288
8		8	15	4.835558	50	0.096711

Πίνακας 9.Νέο Λεωφορειακό Δίκτυο (πηγή:επεξεργασία από ArcMap10- excel)

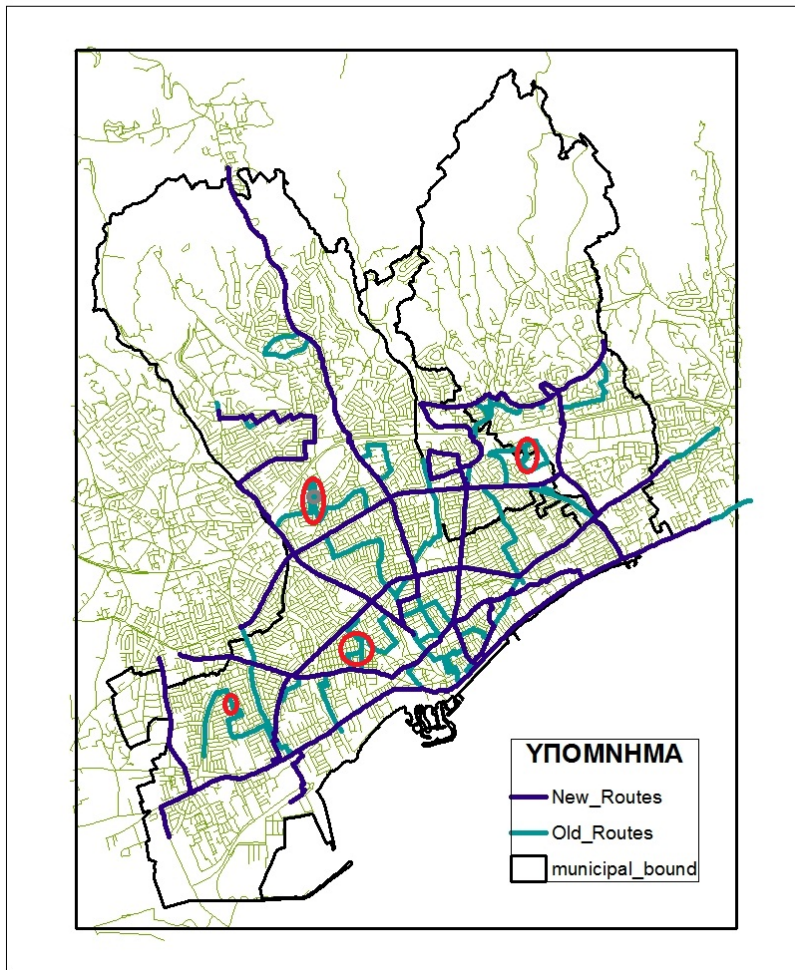
Το νέο λεωφορειακό δίκτυο όπως γίνεται κατανοητό σχεδιάστηκε εξολοκλήρου βάσει των κριτηρίων σχεδιασμού τόσο στις αποστάσεις που πρέπει να διατηρούνται από στάση σε στάση, οι αποκλίσεις από την κύρια διαδρομή δεν υπερβαίνουν το όριο που τέθηκε, δηλαδή το 1,5χλμ, η επικάλυψη των λεωφορειακών γραμμών διατηρεί τις αποστάσεις που τέθηκαν, δηλαδή τα 500μ έως 1,5χλμ, η σύνθεση των λεωφορειακών γραμμών διατηρεί ομοιόμορφο σχήμα χωρίς πολλές διακλαδώσεις ενώ το μήκος των διαδρομών είναι υπεραρκετό ώστε να καλυφθεί το όριο των 75 με 90 λεπτών για την μετάβαση και την επιστροφή.

Στο επόμενο Κεφάλαιο θα γίνει η αξιολόγηση του νέου λεωφορειακού δικτύου σε σχέση με το υφιστάμενο δίκτυο τόσο ως προς τα κριτήρια σχεδιασμού αλλά κυρίως σε ποσοστά μεταβολής που θα αναδείξουν αν επιτεύχθηκαν οι στόχοι που τέθηκαν κατά τον ορισμό της Μεθοδολογίας.

Κεφάλαιο 5. Αξιολόγηση – Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αξιολογηθεί το νέο δίκτυο αστικής συγκοινωνίας για τους υπό μελέτη δήμους σε σχέση με το υφιστάμενο δίκτυο της εταιρίας μεταφοράς επιβατών Λεμεσού (EMEA) και θα εξαχθούν τα ανάλογα συμπεράσματα.

Η αξιολόγηση θα γίνει βάσει των κριτηρίων σχεδιασμού αλλά κυρίως μέσω των ποσοστών μεταβολής που προκύπτουν από στατιστικές μετρήσεις στους χαρακτηριστικούς πίνακες και των δυο δικτύων. Στο Χάρτη 17 φαίνονται τα δυο δίκτυα μαζί.



Χάρτης 17, Νέο (μπλε γραμμές) και Υφιστάμενο (πράσινες γραμμές) Δίκτυο Διαδρομών (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

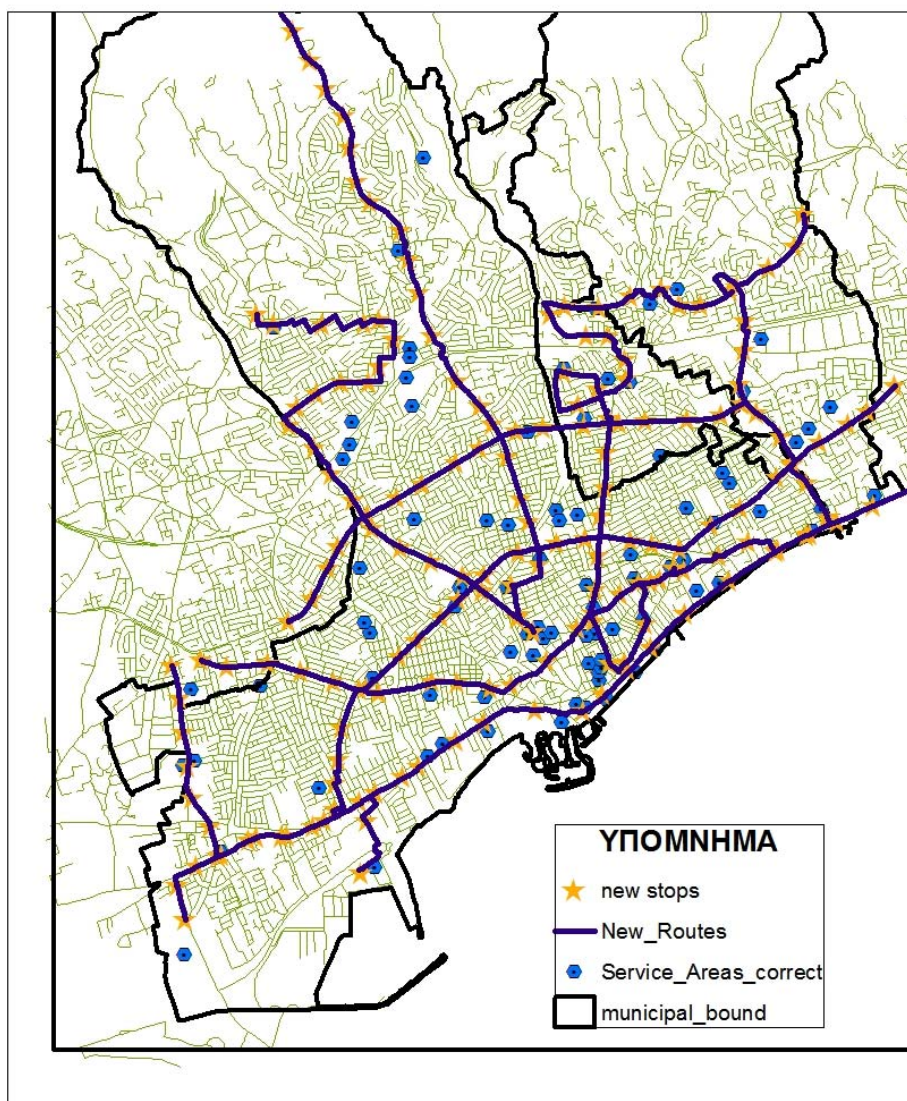
Στο Χάρτη 17 διαφαίνεται ότι το υφιστάμενο δίκτυο εφαρμόζει παρεκκλίσεις στα μέσα διαδρομών κάτι που απαγορεύεται ρητά από το κριτήριο σχεδιασμού. Οι αποστάσεις μεταξύ των διαδρομών του υφιστάμενου λεωφορειακού δικτύου κυμαίνονται από τα 300μ μέχρι τα 500μ, ενώ στο νέο δίκτυο οι αποστάσεις μεταξύ των διαδρομών ακολουθούν το κριτήριο σχεδιασμού και είναι από 500μ έως 1,5χλμ (βάσει των υπολογισμών που έγιναν στο 4.2 για την πυκνότητα των περιοχών ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο). Επίσης η σύνθεση της λεωφορειακής γραμμής του υφιστάμενου δικτύου παρουσιάζει πολλές διακλαδώσεις κατά μήκος των διαδρομών ενώ στο νέο δίκτυο ακολουθείται μια ομοιομορφή διαδρομή. Από το Χάρτη 7 του κεφαλαίου 4 παρατηρείται ανομοιομορφία και στην κατανομή των στάσεων σε σχέση με το κριτήριο σχεδιασμού που αφορά τις αποστάσεις μεταξύ των στάσεων, ενώ το νέο δίκτυο σχεδιάστηκε με γνώμονα αυτό το κριτήριο.

Συγκρίνοντας τον Πίνακα 9 του προηγούμενου κεφαλαίου με τον Πίνακα 10 που ακολουθεί παρατηρούμε τα δυο δίκτυα ως προς τις αποστάσεις των διαδρομών και τον χρόνο περάτωσης τους.

OID	Name	StopCount	Total_leng	Speed	Travel_tim
0	1 MILTONOS - LEONTIOY STATHMOS EMEL - MILTONOS	23	6.98727	50	0.139745
1	11 PAULOU LIASIDH - GRIBA DIGENI EMEL - PAULOU LIASIDH	20	4.900541	50	0.098011
2	14 ESTIAS - LEONTIOU EMEL - ESTIAS	22	6.489409	50	0.129788
3	19 PENTADAKTYLOU - LEONTIOU EMEL - PENTADAKTYLOU	16	5.466919	50	0.109338
4	20 PYROSBESTIKI AGIOU NIKOLAOU - ALEXANDREIA - PIROSBESTIKI AGIOU	26	10.293315	50	0.205866
5	21 PAFΟΥ - SPYPOY KYPRIANOU - PAFΟΥ	25	8.925726	50	0.178515
6	22 AKRWΤΙRΙ - LEONTIOU EMEL - AKRWΤΙRΙ	20	6.272276	50	0.125446
7	3 AGIOS ATHANASIOS - GRIBA DIGENH EMEL - AGIOS ATHANASIOS	30	9.608877	50	0.192178
8	30 NEO LIMANI - LE MERIDIEN	22	8.775972	50	0.175519
9	4 ΤΜΗΜΑ ΟΔΙΚΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ - LEONTIOU EMEL - ΤΜΗΜΑ ΟΔΙΚΩΝ ΜΕ	38	10.919969	50	0.218399
10	9 PALODIA - LEONTIOU EMEL - PALODIA	25	7.785671	50	0.155713
11	K 200	19	4.902127	50	0.098043
12	K 201	12	3.674036	50	0.073481
13	K 202	13	3.291969	50	0.065839

Πίνακας 10. Υφιστάμενο Λεωφορειακό Δίκτυο (πηγήεπεξεργασία από ArcMap10- excel)

Από την σύγκριση αυτών των δυο πινάκων το πρώτο που παρατηρείται είναι η μείωση των γραμμών από το υφιστάμενο δίκτυο στο νέο. Το νέο δίκτυο αποτελείται από 9 συνολικά γραμμές με συνολικό μήκος διαδρομών 64,7χλμ και συνολικό χρόνο διαδρομών 129 λεπτά, ενώ το υφιστάμενο δίκτυο έχει συνολικό μήκος διαδρομών 98,3χλμ και συνολικό χρόνο διαδρομών 197 λεπτά. Από την σύγκριση του συνολικού μήκους και χρόνου διαφαίνεται ότι θα υπάρξει μείωση του λειτουργικού κόστους στο νέο δίκτυο σε σχέση με το κόστος λειτουργίας του υφιστάμενου δικτύου. Άρα ο στόχος που τέθηκε για μείωση του λειτουργικού κόστους επιτεύχθηκε. Το μήκος των διαδρομών υπέστη μείωση της τάξης του 34,2 % και ο χρόνος της τάξης του 34,5%. Σημαντική μείωση, απλώς μένει να αποδειχθεί ότι η εξυπηρέτηση είναι σε καλό επίπεδο ειδικά δεν υπάρχει θέμα μείωσης του κόστους όταν μειώνεται η εξυπηρέτηση. Ο Χάρτης 18 που ακολουθεί είναι ο αντίστοιχος Χάρτης 7, όπου φαίνεται το νέο δίκτυο με τις στάσεις του σε σχέση με τα σημεία ενδιαφέροντος.



Χάρτης 18. Το νέο λεωφορειακό δίκτυο με τις στάσεις του και τα σημεία ενδιαφέροντος (πηγή Επεξεργασία με λογισμικό ArcMap10)

Στον Πίνακα 11, που ακολουθεί, θα παρατηρηθούν αν υπάρχουν αλλαγές στο ποσοστό εξυπηρέτησης και θα αναλυθούν αναλόγως.

Column1	Υφιστάμενη Κατάσταση	Ανασχεδιασμένη Κατάσταση	Μεταβολή
Number of lines	14	9	-0.357142857
Number of stops	311	186	-0.40192926
Total_Length(km)	98.294077	64.689062	-0.341882401
Total_time(minutes)	196.5881	129.3781	-0.341882342
Minimum απόσταση Σ.Ε από στάσεις	21.522824	30.36743	0.410940776
Maximum απόσταση Σ.Ε από στάσεις	901.68303	709.208269	-0.213461665
Συνολική απόσταση Σ.Ε από στάσεις	14940.28712	15501.76603	0.037581534
Μέση Τιμή-Mean	169.77599	176.156432	0.037581533
Τυπική Απόκλιση- Stantard Deviation	152.286193	126.51936	-0.16920006
Απόσταση Σ.Ενδιαφέροντος από στάση >100 μ	56	63	0.125
<100m	32	25	-0.21875
>100m & < 200m	31	35	0.129032258
>200m & < 300m	12	14	0.166666667
>300m & < 400m	6	9	0.5
>400m	7	5	-0.285714286
>500m	3	2	-0.333333333
>600m	2	1	-0.5
>800m	1	0	-1

Πίνακας 11. Ποσοστά Μεταβολής Υφιστάμενης & Ανασχεδιασμένης Κατάστασης (πηγή επεξεργασία λογισμικό ArcMap10 – Excel)

Για να προκύψει ο Πίνακας 11 έπρεπε, στον χαρακτηριστικό πίνακα κάθε δικτύου να εφαρμοστεί το εργαλείο εγγύτητας και πιο συγκεκριμένα το υποεργαλείο near. Μετά με την επιλογή statistics στο χαρακτηριστικό πίνακα που δημιουργούταν από το υποεργαλείο near προέκυπταν οι τιμές που φαίνονται στο πίνακα 11. Ο σχολιασμός για τις τρεις πρώτες γραμμές του πίνακα που αφορούσαν το λειτουργικό κόστος έγινε ήδη. Οι επόμενες γραμμές αφορούν τις αποστάσεις των σημείων ενδιαφέροντος από τις στάσεις.

Η ελάχιστη απόσταση ανάμεσα σε σημείο ενδιαφέροντος και στάση στο νέο δίκτυο βρίσκεται στα 30μ περίπου ενώ στο υφιστάμενο στα 21μ, με το ποσοστό μεταβολής να ανέρχεται στο 41%. Η διαφορά της απόστασης δεν είναι και τόσο μεγάλη αφού τα 9 μέτρα σε χρόνο περπατήματος (ταχύτητα πεζού 5χλμ/ώρα) αντιστοιχούν σε 20 δευτερόλεπτα περίπου. Η μέγιστη απόσταση σημείου ενδιαφέροντος από στάση στο νέο δίκτυο βρίσκεται στα 709μ ενώ στο υφιστάμενο στα 901μ, με το ποσοστό μεταβολής να είναι 21%. Το 21% μπορεί να φαίνεται μικρή μεταβολή αλλά σε λεπτά περπατήματος αντιστοιχεί στα 5λεπτά. Το γεγονός ότι μειώθηκε η μέγιστη απόσταση σημείου ενδιαφέροντος από στάση στο νέο δίκτυο αποτελεί θετικό δείγμα ως προς την εξυπηρέτηση του νέου δικτύου σε σχέση με αυτή του υφιστάμενου δικτύου.

Στην επόμενη μέτρηση φαίνεται η συνολική απόσταση των σημείων ενδιαφέροντος από τις στάσεις. Στο νέο δίκτυο η τιμή αυτή ανέρχεται στα 15.501 μέτρα ενώ στο υφιστάμενο δίκτυο φτάνει τα 14.940 μέτρα, με ποσοστό μεταβολής τα 3,76%. Υπάρχει λογική εξήγηση στην αύξηση αυτού του αριθμού και βρίσκεται στο γεγονός ότι πλέον οι στάσεις μειώθηκαν κατά 40% για να μην υπάρχει επικάλυψη και να δημιουργείται κυκλοφοριακή συμφόρηση, με αποτέλεσμα την επιδίωξη της καλής εξυπηρέτησης του επιβατικού κοινού σε σχέση με τους χρόνους διαδρομής. Εξάλλου, το ποσοστό μεταβολής είναι πολύ μικρό για να αποτελεί αγκάθι στην υλοποίηση του νέου δικτύου.

Η επόμενη μέτρηση είναι αυτή της μέσης τιμής των αποστάσεων των σημείων ενδιαφέροντος ως προς τις στάσεις. Η τιμή της μέσης τιμής στο υφιστάμενο δίκτυο ανέρχεται στα 169,8 μέτρα ενώ η αντίστοιχη τιμή στο νέο δίκτυο ανέρχεται στα 176, 1μ , με το ποσοστό μεταβολής να ανέρχεται στα 3,76%. Η εξήγηση είναι η ίδια που αναγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο και το ποσοστό πάλι φτάνει τα 3,76% όπου είναι αρκετά μικρό. Αυτό που ενδιαφέρει πραγματικά είναι το ποσοστό μεταβολής της τυπικής απόκλισης που ακολουθεί. Το ποσοστό αυτό ανέρχεται στα 16,9% προς το νέο δίκτυο, αφού η τιμή του νέου δικτύου ανέρχεται στα 126,5 μέτρα ενώ η αντίστοιχη τιμή στο υφιστάμενο δίκτυο ανέρχεται στα 152,3 μέτρα. Αυτό σημαίνει ότι η διασπορά των τιμών της απόστασης από τα σημεία ενδιαφέροντος προς τις στάσεις είναι μικρή ως προς την μέση τιμή. Το ότι το νέο δίκτυο προσφέρει καλύτερη τυπική απόκλιση από το υφιστάμενο, αυτό σημαίνει ότι οι αποστάσεις των σημείων εξυπηρέτησης από τις στάσεις είναι σχετικά πιο κοντά στη μέση τιμή με αποτέλεσμα να προσφέρεται καλύτερη εξυπηρέτηση προς το επιβατικό κοινό.

Από τις επόμενες μετρήσεις διαφαίνεται καλύτερα ο αριθμός των σημείων ενδιαφέροντος που απέχουν από τις στάσεις στα 100μ, 200μ, 300, και 400μ όπου βρίσκεται ο ιδεατός χρόνος περπατήματος και οι μετρήσεις για τα 400μ και άνω για να φανεί πιο δίκτυο προσφέρει καλύτερη εξυπηρέτηση ως προς το σύνολο των σημείων ενδιαφέροντος. Από τις μετρήσεις αυτές παρατηρείται ότι στις αποστάσεις άνω των 400 μέτρων το νέο δίκτυο έχει 5 σημεία ενδιαφέροντος ενώ το υφιστάμενο δίκτυο έχει 7. Κυριότερα, στην μέτρηση των 600 μέτρων και άνω το υφιστάμενο δίκτυο έχει 2 σημεία ενδιαφέροντος ενώ το νέο δίκτυο έχει ένα, αυτό που είναι στη μέγιστη απόσταση από την στάση δηλαδή τα 709 μέτρα. Το ποσοστό μεταβολής για την μέτρηση άνω των 400 μέτρων ανέρχεται σε 28,5% υπέρ του νέου δικτύου αφού διαθέτει 5 σημεία ενδιαφέροντος που απέχουν 400 μέτρα και άνω από τις στάσεις ενώ το υφιστάμενο δίκτυο διαθέτει 7 σημεία ενδιαφέροντος.

Τα συμπεράσματα που εξάγονται από την αξιολόγηση του Νέου Λεωφορειακού Δικτύου σε σχέση με το υφιστάμενο λεωφορειακό δίκτυο είναι αρκετά ενθαρρυντικά. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε απέφερε τα ζητούμενα αποτελέσματα, τα οποία ήταν οι στόχοι οι οποίοι τέθηκαν κατά τον ορισμό της. Το λειτουργικό κόστος μειώθηκε με το σχεδιασμό των νέων γραμμών βάσει των κριτηρίων σχεδιασμού, αφού αυτές απέφεραν ένα καλό επίπεδο εξυπηρέτησης με λιγότερες διαδρομές. Οι στάσεις που χωροθετήθηκαν βάσει των κριτηρίων σχεδιασμών, μειώθηκαν σημαντικά σε σχέση με το υφιστάμενο δίκτυο χωρίς να επηρεάζεται το επίπεδο εξυπηρέτησης ως προς τα σημεία ενδιαφέροντος. Επίσης απέφεραν και αυτές μείωση στο λειτουργικό κόστος, μιας και η εκκίνηση και η επιβράδυνση του λεωφορείου, στο υφιστάμενο λεωφορειακό δίκτυο, ανά μικρές αποστάσεις συνιστούν περισσότερο καύσιμο κίνησης όπως και τα ελαστικά και τα φρένα έχουν αποτέλεσμα να φθείρονται πιο γρήγορα και η αντικατάστασή τους να στοιχίζει. Επίσης για τους ίδιους λόγους διοχετεύεται περισσότερο καυσαέριο στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα το υφιστάμενο δίκτυο να μην καθίσταται φιλικό ως προς το περιβάλλον.

Με το νέο δίκτυο δρομολογίων όλα αυτά αποτελούν παρελθόν, η μείωση του λειτουργικού κόστους είναι γεγονός, το επίπεδο εξυπηρέτησης δεν μειώθηκε αντιθέτως αυξήθηκε κατά ένα ποσοστό και κατά συνέπεια το νέο δίκτυο είναι φιλικότερο στο περιβάλλον. Από την στιγμή που οι στόχοι που τέθηκαν εκτελέστηκαν επιτυχώς η μεθοδολογία κρίνεται ως επιτυχής. Ωστόσο υπάρχουν αρκετά σημεία που θα μπορούσαν να βελτιώσουν την προτεινόμενη μεθοδολογία και παρουσιάζονται στο επόμενο υποκεφάλαιο.

5.1 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποίησε ένα μικρό κομμάτι της Ανάλυσης των Δικτύων στον Σχεδιασμό Αστικών Συγκοινωνιών. Με το παρόν υποκεφάλαιο αναφέρονται διάφορες τεχνικές που μπορούν να βελτιώσουν την μεθοδολογία ως προς τον σχεδιασμό δημοσίων συγκοινωνιών.

Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε επιτυχώς στο υφιστάμενο λεωφορειακό δίκτυο των υπό μελέτη δήμων Λεμεσού, Μέσα Γειτονιάς και Αγίου Αθανασίου. Ωστόσο μια πιο διεξοδική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων θα ήταν χρήσιμη. Αύτη η αξιολόγηση μπορεί να γίνει σε πραγματικό χώρο μέσω μετρήσεων δεικτών αποδοτικότητας και εξυπηρέτησης πριν και μετά την εφαρμογή της μεθοδολογίας, όπως επίσης και η εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτής σε άλλες περιοχές με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Εάν υπήρχαν αντίστοιχες μελέτες με διαφορετική μεθοδολογία από την παρούσα για τους υπό μελέτη δήμους καλό θα ήταν να δημιουργηθεί ένας πίνακας σύγκρισης των διαφόρων μεθοδολογιών.

Για την βελτίωση της προτεινόμενης μεθοδολογίας, συνίσταται μια πιο εμπειριστατωμένη μελέτη της Ανάλυσης Δικτύων ως προς τους αλγορίθμους χωροθέτησης-κατανομής, τους αλγορίθμους ζήτησης και προσφοράς και την δημιουργία μητρώων κόστους Προέλευσης – Προορισμού για κάθε διαδρομή. Επίσης συνίσταται η χρήση της παραμέτρου χωρητικότητας και η δημιουργία μοντέλου εκτίμησης της Ζήτησης που θα ωφελούσε κατά την διαδικασία δρομολόγησης ως προς το καθορισμό των συχνοτήτων. Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 3, οι συχνότητες, το χρονοδιάγραμμα κίνησης των λεωφορείων και το ωράριο εργασίας των οδηγών θα προκύψει μέσω της χρήσης των πιο πάνω αλγορίθμων αλλά και με την επιτόπεια αξιολόγηση και έρευνα του λεωφορειακού δικτύου από τους λειτουργούς της εταιρίας μεταφοράς λεωφορείων. Επίσης με την χρήση ενός μοντέλου real-timetracker ώστε να γίνονται μετρήσεις όσο αφορά την κίνηση των λεωφορείων θα βοηθήσει στην κατασκευή των πιο πάνω.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

Βλαστός Θ., «Από τα παμφορεία στο μετρό - 170 χρόνια δημόσιες συγκοινωνίες Αθηνών-Πειραιώς-Περιχώρων: Αθήνα και δημόσια συγκοινωνία. Παρελθόν, παρόν και μέλλον», Εκδόσεις Μίλητος, Αθήνα 2007.

Γιαννακάκης Γ. και Πεκλάρης Δ. , « Ανάλυση Χωροθέτηση Σχολικών Μονάδων Νέας Φιλαδέλφειας-Νέας Χαλκηδόνας», Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα 2012

Γιαννόπουλος Γ., «Σχεδιασμός Μεταφορών Και Κυκλοφοριακή Τεχνική», «Δημόσιες Αστικές Συγκοινωνίες» , « Σχεδιασμός των Μεταφορών» , Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 1986 , 1988, 1994 και 2002

Γκόλιας Ι. , «Κυκλοφοριακή Τεχνική» , Εκδόσεις Παπασωτηρίου , 1997

Καπαγερίδης Ι. , «Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών: Σημειώσεις Θεωρίας» , ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Γεωτεχνολογίας και Περιβάλλοντος, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Κοζάνη 2006

Καρλαύτης Μ., «Συστήματα Α.Σ.» , Α' τόμος, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2009

Κουτσόπουλος Κ., «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2005.

Σπαθόπουλος Κ., «Ανασχεδιασμός Δικτύων Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών με τεχνικές Ανάλυσης Δικτύων, σε περιβάλλον Γ.Σ.Π» Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα 2011

Τσιαμπουλάς Ι., «Διαχείριση της Κυκλοφορίας», Εκδόσεις Παπασωτηρίου 2009

Φραντζεσκάκης Ι., «Διαχείριση της Κυκλοφορίας» , «Κυκλοφοριακή Τεχνική», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 1997&2009

Ξένη Βιβλιογραφία

Advani M. and Tiwari G., «Review of Capacity Improvement, Strategies for Bus transit service»
October- December 2006

Boyan J. and Mitzenmacher M.,«Improved Results for Route Planning in Stochastic
Transportation Networks», Oxford, 2001

Chakroborty, P. and Dwivedi, T«Optimal route network design for transit systems using genetic
algorithms», India 2002

Cambridge Systematics,«Tools, Techniques, and Methods for Rural Transportation Planning»,
January 2004

Ceder A., «Public Transit, Planning and Operation», Publishers Butterworth-Heinemann, Oxford
2007

Dodson J. and Mees P.,«The Principles of Public Transport Network.Planning: A review of the
emerging literature with select examples» Griffith University, March 2011

Daskalakis N. – Stathopoulos A. and Casselo J. ,«Public Transportation»,National Center for
Transit Research, Center for Urban Transportation Research , Volume 11, No. 4, 2008

Keenan P., «Modelling vehicle routing in GIS», University College Dublin 2008

Kato K. and Tsutsumi M.,«Applying Vehicle Routing Problem With Time Windows To Day
Care Courtesy Bus Service», Japan 2003

Logie M., «Making modeling worthwhile: revisions to the modeling framework», UK 2003

Διαδίκτυο

Πληθυσμιακά Δεδομένα

www.mof.gov.cy

Δήμος Λεμεσού

www.limassolmunicipal.com.cy

Δήμος Μέσα Γειτονιάς

www.mesayitonia.com.cy

Δήμος Αγίου Αθανασίου

www.agiosathanasios.org.cy

ArcGIS Desktop 10 online help

<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html>

Network Analysis.

http://www.colasoft.com/resources/network_analysis.php