



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ  
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΜΕ ΤΗ  
ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.  
ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ**

ΤΣΙΤΟΣ ΑΧΙΛΛΕΑΣ

Επιβλέπων: Ιωάννης Σαγιάς  
Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.



ΑΘΗΝΑ, Οκτώβριος 2015

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. Σαγιά Ιωάννη, για τη βοήθεια του στη συγκρότηση και ολοκλήρωση της.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Χατζηχρήστο Θωμά και τον κ. Βλαστό Θάνο για την αμέριστη βοήθεια τους στο σχεδιασμό και την υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας, καθώς και την κ. Παπαδοπούλου Μαρία μέλος της τριμελούς επιτροπής.

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.

“A developed country is not a place where the poor have cars. It is where the rich use public transportation.”

Gustavo Petro

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης της δημοτικής συγκοινωνίας του Δήμου Αμαρουσίου καθώς επίσης και η διαμόρφωση ενός δικτύου δημοτικής 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 καθώς και η συμβολή της στην κατεύθυνση προς την βιώσιμη κινητικότητα. Στη συνέχεια παρουσιάστηκε το θεωρητικό υπόβαθρο του προβλήματος σχεδιασμού ενός τέτοιου δικτύου, οι στόχοι που θέτονται, οι μέθοδοι και οι τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί και αναλύθηκαν τα κριτήρια σχεδιασμού που τον διέπουν. Στο κύριο μέρος της εργασίας αναλύονται τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, ο ρόλος τους στη χωρική ανάλυση και οι εφαρμογές που έχουν σήμερα. Ειδικότερα παρουσιάζονται οι μέθοδοι και οι εφαρμογές που έχουν στον τομέα των μεταφορών. Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η διερεύνηση των δυνατοτήτων των σύγχρονων μεθόδων και τεχνικών της Χωρικής Ανάλυσης και ιδιαίτερα της Ανάλυσης Δικτύων, στον σχεδιασμό συστημάτων Δημοσίων Συγκοινωνιών, σε περιβάλλον ΓΣΠ. Στη συνέχεια αναπτύσσεται μια μεθοδολογία για την βελτίωση των λεωφορειακών γραμμών της δημοτικής συγκοινωνίας. Στο επόμενο κομμάτι γίνεται η παρουσίαση της περιοχής μελέτης και η ανάλυση-αξιολόγηση του υφιστάμενου δικτύου με την βοήθεια των τεχνικών και εφαρμογών που αναλύθηκαν και με βάση τις αρχές και τα κριτήρια της θεωρητικής προσέγγισης του σχεδιασμού. Ακολουθεί η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας ανασχεδιασμού στην περιοχή του Δήμου Αμαρουσίου, που ολοκληρώνεται σε 4 βασικά βήματα, τον καθορισμό της μορφής του δικτύου, την επιλογή αρχικών στάσεων, τον σχεδιασμό αρχικών γραμμών και τέλος την βελτίωση του δικτύου. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω βημάτων 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 (Network Analyst) με υποεργαλεία την δρομολόγηση οχημάτων, την εύρεση καλύτερης διαδρομής, την εύρεση περιοχών εξυπηρέτησης και τη χωροθέτηση κατανομή με σκοπό την δημιουργία συνθηκών που να ικανοποιούν τα κριτήρια σχεδιασμού και τους στόχους της μεθοδολογίας. Τέλος παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της εφαρμογής και τα συμπεράσματα της συνολικής εργασίας.

## ABSTRACT

Subject of this thesis is to analyze the current situation of the municipal transport of Maroussi Municipality as well as the formation of a municipal transport network based on the principles ruling the operation of public urban transport. This procedure was performed using the software ArcGIS 10.1. First step in the work was to understand the role of public transport in the urban development of cities and its contribution to the direction towards sustainable transportation. In addition the theoretical background of the planning problem of such a network is presented, the objectives that are set, the methods and techniques that have been developed and been analyzed the design criteria concerning planning. The main part of the work analyzes the geographic information systems, their role in the spatial analysis and applications that are currently used. More particularly the methods and applications that are in the transport sector are presented. This paper attempts to explore the possibilities of modern methods and techniques of Spatial Analysis, especially the Network Analysis, in designing public transportation systems in GIS. Then a methodology for improving the municipal bus lines is developed. In the next track the presentation of the study area and the analysis-evaluation of the existing network is made, with the help of techniques and applications analyzed and based on the principles and criteria of theoretical approach of planning. The application of the proposed methodology of redesign in Maroussi area is following, which ends in 4 basic steps, determine the format of the network, selecting the initial stops, the initial design of lines and finally the improvement of the network. As a result of these steps new bus services were launched on the basis of principles and rules governing the proper functioning of urban transport. The main tool used was the network analysis (Network Analyst) with its specific applications and algorithms-the vehicle routing, finding the best route, finding service areas and Location-Allocation in order to create conditions that meet the design criteria and objectives of methodology. In the end the results of implementation and conclusions of the overall work are presented.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....</b>	<b>σελ.ii</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>σελ.iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>σελ.v</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>σελ.11</b>
1.1 Το θέμα της εργασίας.....	σελ.11
1.2 Σκοπός εργασίας.....	σελ.11
1.3 Δομή κεφαλαίων.....	σελ.13
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ.....</b>	<b>σελ15</b>
2.1 Η έννοια της Βιώσιμης Ανάπτυξης.....	σελ.15
2.2 Βιώσιμη κινητικότητα.....	σελ.16
2.3 Δείκτες βιώσιμης κινητικότητας.....	σελ.17
2.4 Μετακινήσεις και σύγχρονη πόλη.....	σελ.19
2.4.1 Το αυτοκίνητο	
2.4.2 Δημόσια συγκοινωνία	
2.4.3 Άλλοι τρόποι μετακίνησης	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ</b>	
<b>ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....</b>	<b>σελ.27</b>
3.1 Νομικό πλαίσιο Δημοτικής Συγκοινωνίας.....	σελ.27
3.2 Μέθοδοι και τεχνικές σχεδιασμού δικτύου Δημοσίων Συγκοινωνιών.....	σελ.28
3.2.1 Το πρόβλημα του σχεδιασμού	
3.2.2 Στόχοι-παράμετροι-μεθοδολογίες	
3.3 Θεωρητική προσέγγιση σχεδιασμού.....	σελ.34
3.3.1 Μορφή δικτύου	
3.3.2 Η διαδικασία δρομολόγησης	
3.3.3 Ποιότητα εξυπηρέτησης και κριτήρια	
3.3.4 Ιδιαιτερότητες στη Δημοτική Συγκοινωνία	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....</b>	<b>σελ.42</b>
4.1 Σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών.....	σελ.42
4.1.1 Ορισμός και διαδικασίες ενός Γ.Σ.Π.	

4.1.2	Πεδία εφαρμογής των Γ.Σ.Π.	
4.1.3	Τα Γ.Σ.Π στο διαδίκτυο	
4.2	Εφαρμογή των Γεωγραφικών Συστημάτων στις Μεταφορές.....	σελ.46
4.3	Ανάλυση Δικτύου (network analysis).....	σελ.49
4.3.1	Θεωρητική προσέγγιση	
4.3.2	Τα βασικά προβλήματα της Ανάλυσης δικτύου	
4.4	Μεθοδολογία εφαρμογής.....	σελ.57
4.4.1	Στάδια	
4.4.2	Τα εργαλεία	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:</b>	<b>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....</b>	<b>σελ.61</b>
5.1	Περιοχή μελέτης.....	σελ.61
5.1.1	Γεωγραφική θέση της περιοχής.	
5.1.2	Φυσικό περιβάλλον	
5.1.3	Ανθρωπογενές Περιβάλλον	
5.1.4	Γενική Κατάσταση	
5.2	Τα απαραίτητα δεδομένα.....	σελ.70
5.3	Επεξεργασία δεδομένων.....	σελ.70
5.4	Αξιολόγηση των στάσεων-γραμμών.....	σελ.78
5.5	Ανασχεδιασμός του Δικτύου.....	σελ.88
5.6	Αποτελέσματα μεθοδολογίας.....	σελ.100
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>σελ.102</b>
6.1	Συμπεράσματα.....	σελ.102
6.2	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	σελ.104
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>		<b>σελ.105</b>

## **ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ**

<b>Χάρτης 1</b> Γεωγραφική θέση Δήμου Αμαρουσίου.....σελ.63
<b>Χάρτης 2</b> Πολεοδομικό σχέδιο Δήμου Αμαρουσίου.....σελ.66
<b>Χάρτης 3</b> Τα δρομολόγια της δημοτικής συγκοινωνίας του Δήμου Αμαρουσίου.....σελ.68
<b>Χάρτης 4</b> Άξονες οδικού δικτύου Δήμου Αμαρουσίου.....σελ.71
<b>Χάρτης 5</b> Κατηγοριοποίηση Οδικού δικτύου Δήμου Αμαρουσίου.....σελ.72
<b>Χάρτης 6</b> Αποτύπωση δικτύου δημοτικής συγκοινωνίας Αμαρουσίου.....σελ.74
<b>Χάρτης 7</b> Δοσμένα σημεία ενδιαφέροντος Δήμου Αμαρουσίου.....σελ.75
<b>Χάρτης 8</b> Χρήσεις γης ανά Ο.Τ.....σελ.76
<b>Χάρτης 9</b> Αποτύπωση σημείων ενδιαφέροντος του Δήμου Αμαρουσίου.....σελ.77
<b>Χάρτης 10</b> Σχέση αποκλίσεων-οικιστικών θυλάκων.....σελ.80
<b>Χάρτης 11</b> Δακτύλιοι πυκνότητας υφιστάμενων στάσεων.....σελ.82
<b>Χάρτης 12</b> Δίκτυο πεζών δήμου Αμαρουσίου.....σελ.84
<b>Χάρτης 13</b> Περιοχή Κάλυψης υφιστάμενων στάσεων για χρόνο περπατήματος 5 λεπτών.σελ.87
<b>Χάρτης 14</b> Γενική ένωση γειτονιών του Αμαρουσίου σε μεγαλύτερους τομείς.....σελ.14
<b>Χάρτης 15</b> Θέσεις στάσεων που επιλέχθηκαν να παραμείνουν.....σελ.91
<b>Χάρτης 16</b> Δίκτυο κυκλοφορίας μικρών λεωφορείων.....σελ.94
<b>Χάρτης 17</b> Αποτέλεσμα δρομολόγησης οχημάτων.....σελ.96
<b>Χάρτης 18</b> Παράδειγμα επανάληψης από την εφαρμογή εύρεσης διαδρομής.....σελ.98
<b>Χάρτης 19</b> Οι τελικές προτεινόμενες διαδρομές και το σύνολο των στάσεων.....σελ.99



## **ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ**

<b>Εικόνα 1</b> Οι 3 πυλώνες της βιωσιμότητας.....σελ.16
<b>Εικόνα 2</b> Η εξέλιξη των τρόπων μετακίνησης.....σελ.20
<b>Εικόνα 3</b> Το σύνολο των στοιχείων που απαρτίζουν τα Γ.Σ.Π.....σελ.43
<b>Εικόνα 4</b> Η αρχή της υπέρθεσης των πληροφοριακών επιπέδων στα Γ.Σ.Π.....σελ.47
<b>Εικόνα 5</b> Παράδειγμα εύρεσης της Συντομότερης διαδρομής(Ελάχιστος χρόνος).....σελ.51
<b>Εικόνα 6</b> Παράδειγμα δρομολόγησης 2 οχημάτων με 12 σημεία ζήτησης και 1 τέρμα.....σελ.52
<b>Εικόνα 7</b> Εύρεση Πλησιέστερης Εγκατάστασης (αστυνομικού οχήματος) σε σχέση με περιστατικό.....σελ.53
<b>Εικόνα 8</b> Εύρεση περιοχών εξυπηρέτησης με πολύγωνο προς την εγκατάσταση.....σελ.54
<b>Εικόνα 9</b> Εύρεση περιοχών εξυπηρέτησης βάσει γραμμών.....σελ.54
<b>Εικόνα 10</b> Παράδειγμα Χωροθέτησης κατανομής 20 σημείων (Μέγιστη Κάλυψη).....σελ.56
<b>Εικόνα 11</b> Παράδειγμα βάσης δεδομένων δικτύου.....σελ.60
<b>Εικόνα 12</b> Κτήμα Συγγρού.....σελ.63
<b>Εικόνα 13</b> Ρέμα Πεντέλης Χαλανδρίου.....σελ.64
<b>Εικόνα 14</b> Η σχέση πολεοδομικού κέντρου-γραμμών Δ.συγκοινωνίας.....σελ.78
<b>Εικόνα 15</b> Παράμετροι κατασκευής δικτύου πεζών.....σελ.83
<b>Εικόνα 16</b> Παράμετροι του εργαλείου service areas.....σελ.86
<b>Εικόνα 17</b> Παράμετροι εφαρμογής Χωροθέτησης-Κατανομής.....σελ.90
<b>Εικόνα 18</b> Χάρτης περιοχών εξυπηρέτησης πριν και μετά τη χωροθέτηση νέων στάσεων.σελ.92
<b>Εικόνα 19</b> Παράμετροι κατασκευής δικτύου minibuses.....σελ.93
<b>Εικόνα 20</b> Παράμετροι εφαρμογής δρομολόγησης οχημάτων.....σελ.95
<b>Εικόνα 21</b> Παράμετροι εφαρμογής εύρεσης διαδρομής.....σελ.97

## **ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

<b>Σχήμα 1</b> Εξέλιξη του δείκτη ιδιοκτησίας I .X. στην Ελλάδα.....σελ.21
<b>Σχήμα 2</b> Τα τρία επίπεδα ταξινόμησης των προσεγγίσεων του προβλήματος σχεδιασμού δικτύου Δημόσιων Συγκοινωνιών.....σελ.30
<b>Σχήμα 3</b> Διάγραμμα ροής τυπικών ευριστικών μεθόδων.....σελ.33
<b>Σχήμα 4</b> Στάδια και διαδικασίες σε ένα Γ.Σ.Π.....σελ.44
<b>Σχήμα 5</b> Παράδειγμα Γράφου Γ(K,A).....σελ.49
<b>Σχήμα 6</b> Παράδειγμα γεωσχεσιακού μοντέλου δεδομένων.....σελ.50
<b>Σχήμα 7</b> Διάγραμμα ροής μεθοδολογίας ανασχεδιασμού.....σελ.58

## **ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ**

<b>Πίνακας 1</b> Οι επιπτώσεις των συστημάτων μεταφοράς στη βιωσιμότητα.....σελ.17
<b>Πίνακας 2</b> Πιθανοί δείκτες βιωσιμότητας.....σελ.19
<b>Πίνακας 3</b> Πληθυσμιακή εξέλιξη Δήμου Αμαρουσίου.....σελ.64
<b>Πίνακας 4</b> Εργατικό δυναμικό του Δήμου Αμαρουσίου.....σελ.65
<b>Πίνακας 5</b> Οικονομικές δραστηριότητες του Δήμου Αμαρουσίου.....σελ.65
<b>Πίνακας 6</b> Απόσπασμα χαρακτηριστικού πίνακα ιδιοτήτων γραμμών.....σελ.73
<b>Πίνακας 7</b> Απόσπασμα από τον πίνακα σημείων ενδιαφέροντος.....σελ.75
<b>Πίνακας 8</b> Απόσπασμα από τον πίνακα του εργαλείου near.....σελ.81
<b>Πίνακας 9</b> Απόσπασμα πίνακα ιδιοτήτων του δικτύου πεζών.....σελ.85

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στο εισαγωγικό κεφάλαιο παρουσιάζεται μια γενικότερη τοποθέτηση του προβλήματος που σχετίζεται με την βιώσιμη κινητικότητα και της αστικές συγκοινωνίες, ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς και η δομή της.

### **1.1 Το θέμα της εργασίας**

Το θέμα της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση του δικτύου δημοτικής συγκοινωνίας και ο ανασχεδιασμός του με βάση αρχές και κανόνες που διέπονται για τον σχεδιασμό μιας λειτουργικής δημόσιας συγκοινωνίας στα πλαίσια της βιωσιμότητας, σε περιβάλλον ΓΣΠ

### **1.2 Σκοπός εργασίας**

Ως κάτοικος της Αθήνας και συγκεκριμένα του δήμου Αμαρουσίου και χρήστης των μέσων μαζικής μεταφοράς προέκυψε αβίαστα ο προβληματισμός για το πως μπορούν αυτά να γίνουν αποτελεσματικότερα και περισσότερο φιλικά προς τους επιβάτες. Σήμερα τόσο στην Ελλάδα όσο και στη Ευρώπη η κυκλοφοριακή συμφόρηση αποτελεί στοιχείο που αφορά εκατομμύρια πολίτες και επιφέρει τεράστιο κόστος τόσο σε ατομικό όσο και σε οικονομικό επίπεδο. Η σημερινή πόλη ασφυκτιά κάτω από το βάρος του κορεσμού των δραστηριοτήτων, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των μποτιλιαρισμένων δρόμων. Οι κάτοικοί της απομακρύνονται από το δημόσιο χώρο και τείνουν να καταληφθούν ολοκληρωτικά από το αυτοκίνητο. Η εκρηκτική εξάπλωση του ιδιωτικού αυτοκινήτου, οδήγησε στην κατασκευή υποδομών για της μετακινήσεις, με αυτό ωστόσο δεν έχει επιλύσει το πρόβλημα κορεσμού των δικτύων.

Οι φορείς και το κράτος είναι αναγκαίο να στραφούν λοιπόν προς τον σχεδιασμό και τη χρήση των ΜΜΜ για τις μετακινήσεις εντός της πόλης και τη μείωση της χρήσης του ιδιωτικού αυτοκινήτου, ευνοώντας την δημιουργία συνθηκών καλύτερης ποιότητας ζωής και βελτίωσης της οικονομίας. Οι συγκοινωνίες στην Αθήνα καθορίζονται από τον Οργανισμό Αστικών Συγκοινωνιών Αθηνών(ΟΑΣΑ) ο οποίος είναι υπεύθυνος για το σύνολο της περιοχής της Αττικής. Ωστόσο, η στόχευση του οργανισμού αυτού αφορά κυρίως την συνολική μητροπολιτική ζήτηση και την συνολική εποπτεία των μετακινήσεων στο λεκανοπέδιο με αποτέλεσμα να εντοπίζονται ιδιαιτερότητες σε Δήμους που δεν μπορούν να συμπεριληφθούν στο συνολικό σχεδιασμό.

Μια αρκετά διαδεδομένη μορφή λειτουργίας των ΜΜΜ στον ευρωπαϊκό χώρο (Ελσίνκι, Αμστερνταμ, κ.α.) είναι η δημοτική συγκοινωνία η οποία ως υπηρεσία βρίσκεται κάτω από το διοικητικό καθεστώς των δήμων. Είναι μια μορφή που μπορεί να λύσει τις ιδιαιτερότητες των μετακινήσεων στον εκάστοτε δήμο.

Ο δήμος Αμαρουσίου είναι ένας δήμος με τεράστια πληθυσμιακή εξέλιξη τις τελευταίες δεκαετίες, ο οποίος εμφανίζει πολλές ιδιαιτερότητες στο δίκτυο μετακινήσεων του καθώς δύο από τις μεγαλύτερες οδικές αρτηρίες της Αθήνας διαχωρίζουν το δήμο και διασπάνε την συνοχή του. Επιπλέον με τη ραγδαία ανάπτυξη εμπορικών και οικονομικών δραστηριοτήτων εντός του εμφανίστηκαν και προβλήματα κορεσμού κυρίως σε περιοχές-πυρήνες τέτοιων δραστηριοτήτων και στο πολεοδομικό του κέντρο. Σήμερα λειτουργεί στο δήμο δημοτική συγκοινωνία ωστόσο προβλήματα κυκλοφοριακού φόρτου, στάθμευσης και γενικότερου κορεσμού παραμένουν σε πολλά κέντρα δραστηριοτήτων του.

Ως δημότης Αμαρουσίου η διαπίστωση αυτή και αποτέλεσε την αφορμή για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης με σκοπό τον ανασχεδιασμό του δικτύου δημοτικής συγκοινωνίας με χρήση Γεωπληροφοριακών συστημάτων. Στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι να γίνει το δίκτυο της Δημοτικής συγκοινωνίας πιο αποδοτικό και αποτελεσματικό με γνώμονα και την ελαχιστοποίηση του κόστους για τον φορέα. 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 της δημοτικής συγκοινωνίας. Με την αξιολόγηση των προβλημάτων που προκύπτουν δίνεται η δυνατότητα αναδιοργάνωσης του δικτύου της στο πλαίσιο των γενικότερων μεταφορών εντός της περιοχής μελέτης. Το εργαλείο με βάση το οποίο έγινε η μελέτη ήταν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, ένας επιστημονικός τομέας που έχει γνωρίσει και συνεχίζει να έχει τεράστια εξέλιξη τις τελευταίες δεκαετίες. Αξίζει να αναφερθεί ότι ένα Γεωγραφικό σύστημα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.- G.I.S) είναι μια οργανωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών συστημάτων, λογισμικών συστημάτων, χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού με σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον (Φώτης,2010). Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών είναι ένα πολύ ισχυρό εργαλείο που βοήθα στην αποτύπωση, ανάλυση, επεξεργασία και σχεδιασμό δεδομένων με χωρική υπόσταση όπως αυτά που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική και γι' αυτό και χρησιμοποιήθηκαν.

Για την ανάλυση ενός τέτοιου δικτύου απαιτείται η συλλογή και η επεξεργασία των σημαντικότερων στοιχείων που το απαρτίζουν στον δομημένο αστικό χώρο, δηλαδή το οδικό δίκτυο της περιοχής, οι διαδρομές και οι στάσεις καθώς και η συνδεσιμότητα τους. Ωστόσο για τον ανασχεδιασμό του δικτύου δημοτικής συγκοινωνίας απαιτείται μια συνολικότερη μεθοδολογική προσέγγιση στην οποία υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες όπως η χρήσεις γης, η οικιστική πυκνότητα η ζήτηση μετακινήσεων και το κόστος. 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 του ορίου του Δήμου Αμαρουσίου.

### **1.3 Δομή Διπλωματικής εργασίας**

Η παρούσα διπλωματική διαρθρώνεται σε 7 επιμέρους κεφάλαια στα οποία περιγράφονται όλες οι θεωρητικές έννοιες που είναι απαραίτητες για την κατανόηση του προβλήματος καθώς και η ανάλυση μεθοδολογιών, διαδικασιών και τεχνικών που χρησιμοποιήθηκαν κατά την συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων και για την εφαρμογή τους στην περιοχή μελέτης.

#### **Κεφάλαιο 1:**

Αναφέρονται το θέμα, ο σκοπός και οι στόχοι της μελέτης καθώς και το γενικό πρόβλημα που οδήγησε στην ανάληψη της παρούσας διπλωματικής. Επίσης δίνεται και η διάρθρωση των κεφαλαίων.

#### **Κεφάλαιο 2:**

Παρουσιάζονται οι έννοιες της βιώσιμης ανάπτυξης-κινητικότητας και αναφέρονται οι δείκτες μέτρησής τους. Επιπλέον παρουσιάζεται η σημερινή κατάσταση των μετακινήσεων στον αστικό χώρο και ο ρόλος των αστικών συγκοινωνιών προς την κατεύθυνση της βιωσιμότητας.

#### **Κεφάλαιο 3:**

Παρατίθεται το νομικό πλαίσιο με βάση το οποίο μπορεί να λειτουργήσει η δημοτική συγκοινωνία τα κριτήρια σχεδιασμού δικτύου λεωφορειακών γραμμών και παρουσιάζονται μέθοδοι και τεχνικές σχεδιασμού δικτύων αστικών συγκοινωνιών που χρησιμοποιήθηκαν σε μελέτες και έρευνες, εφόσον και η δημοτική συγκοινωνία είναι κομμάτι τους.

#### **Κεφάλαιο 4:**

Περιγράφονται τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και αναλύεται ο ρόλος τους στο σχεδιασμό των μεταφορών γενικότερα και στην ανάλυση των δικτύων. Επίσης παρουσιάζονται τα εργαλεία και οι εφαρμογές των ΓΣΠ που χρησιμοποιούνται στις μεθόδους σχεδιασμού και αναπτύσσεται η μεθοδολογία εφαρμογής.

#### **Κεφάλαιο 5:**

Αρχικά γίνεται αναφορά στην περιοχή μελέτης της εργασίας, στα βασικά χαρακτηριστικά της, τη γεωγραφική της θέση και τη σχέση της με τους διπλανούς δήμους, το φυσικό και ανθρωπογενές

περιβάλλον καθώς και στα γενικά δυνατά και αδύνατα σημεία της. Στη συνέχεια ακολουθεί η εφαρμογή όπου ολοκληρώνεται αρχικά με την ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης και μετά με τον ανασχεδιασμό του δικτύου δημοτικής συγκοινωνίας.

### **Κεφάλαιο 6:**

Περιγράφονται τα συμπεράσματα από την εφαρμογή που έγινε στη περιοχή μελέτης και γίνονται προτάσεις για νέες μελέτες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι έννοιες της βιώσιμης ανάπτυξης και κινητικότητας και η σχέση τους και η αλληλεπίδραση τους με τις αστικές μετακινήσεις.

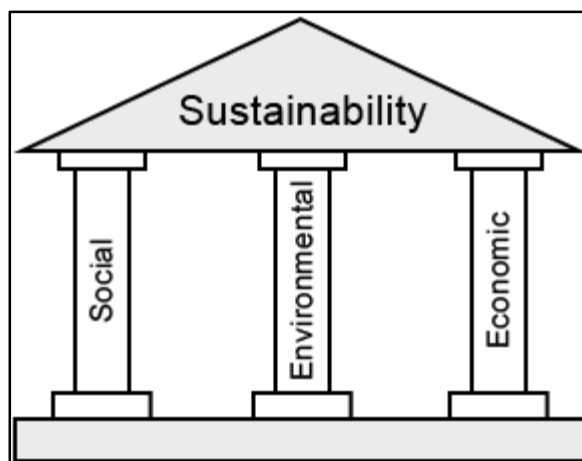
Έχοντας διανύσει τα πρώτα χρονιά του 21<sup>ου</sup> αιώνα βλέπουμε την εξέλιξη των πόλεων οι οποίες έχουν καταλήξει σε πολύμορφους σχηματισμούς. Ο αστικός χώρος αποτελεί ένα σύστημα υποδομών, δραστηριοτήτων και επικοινωνιών. Είναι προϊόν της ανθρώπινης ανάγκης για επικοινωνία, κοινωνικές συναναστροφές και οργανωμένες, πολύπλοκες δραστηριότητες (Καρλαύτης,2009). Η εξέλιξη του αστικού χώρου είναι συνεχής παράλληλα με την αύξηση του πληθυσμού και επηρεάζει άμεσα τις δραστηριότητες του κοινωνικού συνόλου που περιβάλλει. Οι επιπτώσεις της εξέλιξης αυτής, πολλές φορές έχουν αρνητικές συνέπειες στο γενικότερο σύνολο και θέτουν σε κίνδυνο τις μελλοντικές γενιές. Για το λόγο αυτό στην εποχή μας εμφανίζονται έννοιες όπως «αειφόρος-βιώσιμη ανάπτυξη», «πράσινη ανάπτυξη», «βιώσιμη κινητικότητα»

### 2.1 Η έννοια της Βιώσιμης Ανάπτυξης

Ο ορισμός του όρου «βιώσιμη ανάπτυξη» δεν είναι απλός και δεν υπάρχει κάποια σαφής διατύπωση. Ωστόσο έχουν γίνει πολλές προσπάθειες σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό επίπεδο. Μια κλασική προσέγγιση του όρου σύμφωνα με τη μελέτη Bruntland (1987) και τη διάσκεψη του Ρίο το (1992) είναι η «ανάπτυξη που καλύπτει τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να θέτει σε κίνδυνο και αμφισβήτηση τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες». Η αειφόρος ανάπτυξη έχει τρεις συνιστώσες

- οικονομική
- κοινωνική και
- περιβαλλοντική ,

που απαιτούν ισόρροπη πολιτική συνεκτίμηση.



Εικόνα 1: Οι 3 πυλώνες της βιωσιμότητας

Πηγή: <http://www.thwink.org/sustain/glossary/ThreePillarsOfSustainability.htm>

Οι συνθήκες του Maastricht(1992), του Amsterdam(1997) και η διεθνής συνδιάσκεψη του Johannesburg(2002), επιβεβαίωσαν την αναγκαιότητα της βιωσιμότητας και ενσωματώθηκαν στο διεθνές Δίκαιο και το Δίκαιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η στρατηγική για την αειφόρο ανάπτυξη, που εγκρίθηκε το 2001 και αναθεωρήθηκε το 2005, συμπληρώνεται, μεταξύ άλλων, από την αρχή της ένταξης των περιβαλλοντικών προβληματισμών στις ευρωπαϊκές πολιτικές που έχουν αντίκτυπο στο περιβάλλον.

## 2.2 Βιώσιμη κινητικότητα

Μία σημαντική παράμετρος της βιώσιμης ανάπτυξης είναι η βιώσιμη κινητικότητα. Η έννοια της βιώσιμης κινητικότητας είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με αυτή της αειφόρου ανάπτυξης και προκύπτει από αυτή ως:

-η κίνηση χωρίς να βλάπτουμε τη ψυχοσωματική μας υγεία και το περιβάλλον, με σεβασμό στις ανάγκες του ανθρώπου για μετακίνηση εξασφαλίζοντας ωστόσο τις ίδιες τουλάχιστον συνθήκες για τις μελλοντικές γενιές.

Είναι και αυτός ένας ορισμός ασαφής που δίνει χώρο για περαιτέρω ανάλυση. Η Ευρωπαϊκή Ένωση στηρίζει ως συνέχεια της αειφόρου ανάπτυξης και την πολιτική βιώσιμης κινητικότητας. Σύμφωνα με το συμβούλιο των Υπουργών Μεταφορών (2011), ως βιώσιμο σύστημα μεταφορών ορίζεται αυτό που:

1. Επιτρέπει τις βασικές ανάγκες πρόσβασης και ανάπτυξης των ατόμων, των επιχειρήσεων και της κοινωνίας που πρέπει να τηρούνται με ασφάλεια και κατά τρόπο σύμφωνο με την ανθρώπινη υγεία και την υγεία των οικοσυστημάτων και προάγει τη δικαιοσύνη εντός και μεταξύ των διαδοχικών γενεών.



- Είναι οικονομικά προσιτό, λειτουργεί σωστά και αποδοτικά, προσφέρει τη δυνατότητα επιλογής του τρόπου μεταφοράς και υποστηρίζει μια ανταγωνιστική οικονομία, καθώς και την ισόρροπη περιφερειακή ανάπτυξη.
- Περιορίζει τις εκπομπές και τα απόβλητα στα πλαίσια του πλανήτη να τα απορροφήσει, χρησιμοποιεί ανανεώσιμες πηγές σε ποσοστό ίσο ή κάτω από τους ρυθμούς παραγωγής, και χρησιμοποιεί μη-ανανεώσιμους πόρους σε ποσοστό ίσο ή κάτω από τα ποσοστά ανάπτυξης των ανανεώσιμων υποκατάστατων, ενώ ελαχιστοποιεί τις επιπτώσεις στη χρήση της γης και η παραγωγή θορύβου.

Η έννοια της βιώσιμης κινητικότητας αποτελεί καθοριστική παράμετρο στη διαδικασία αντιμετώπισης των προβλημάτων που αντιμετωπίζει η σύγχρονη πόλη. Επίσης διαδραματίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στη πολιτική προώθησης των βιώσιμων τρόπων μετακίνησης όπως η πεζή μετακίνηση, το ποδήλατο και τα μέσα μαζικής μεταφοράς, περιορίζοντας ταυτοχρόνως την χρήση του αυτοκινήτου.

### 2.3 Δείκτες βιώσιμης κινητικότητας

Η συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη για εφαρμογή μιας πολιτικής προς την κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης και κινητικότητας οδήγησε και στην ανάγκη καθορισμού ορισμένων δεικτών μέτρησης της. Προκειμένου να μπορέσουμε να μετρήσουμε την αποδοτικότητα των συστημάτων μεταφοράς και αν όντως συνεισφέρουν περισσότερο η λιγότερο στη βιωσιμότητα της κοινωνίας τέτοιοι δείκτες είναι απαραίτητοι και καθορίζονται μέσα από πολλές μελέτες για την βιωσιμότητα όπως αυτή των T.Litman και D.Burwell.

Τα δίκτυα και συστήματα μεταφορών έχουν ποικίλες επιπτώσεις στη βιωσιμότητα και οι δείκτες ενσωματώνουν τη σχέση μεταξύ των τριών βασικών πυλώνων-συνιστωσών που την απαρτίζουν κοινωνική-περιβαλλοντική-οικονομική. Οι επιπτώσεις αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Οικονομικές	Κοινωνικές	Περιβαλλοντικές
Κυκλοφοριακή συμφόρηση	Ανισότητα των επιπτώσεων	Ατμοσφαιρική και θαλάσσια ρύπανση
Εμπόδια στην κινητικότητα	Μειονεκτική θέση της κινητικότητας	Απώλεια βιότοπων
Ζημιές λόγω ατυχημάτων	Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία	Υδρολογικές επιπτώσεις
Κόστος εγκαταστάσεων	Αλληλεπίδραση στη κοινότητα	Εξάντληση των μη-ανανεώσιμων πόρων
Κόστος των καταναλωτών	Ποιότητα ζωής της κοινότητας	
Εξάντληση των μη-ανανεώσιμων πόρων	Αισθητική	

Πίνακας 1:Οι επιπτώσεις των συστημάτων μεταφοράς στη βιωσιμότητα

Πηγή: T.Litman και D.Burwell(2006)

Όπως προαναφέραμε πολλές έρευνες και μελέτες έχουν γίνει για την μέτρηση και αξιολόγηση της βιωσιμότητας. Με βάση το προτεινόμενο ερευνητικό πρόγραμμα για την ανάπτυξη δεικτών και δεδομένων μέτρησης της βιώσιμης κινητικότητας (sustainable transport indicators, TRB 2008) στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται οι κυριότεροι δείκτες βιωσιμότητας:

Κατηγορία	Υποκατηγορία	Δείκτης	Επιμέρους δείκτης	Βαθμολογία
Ηχορύπανση	Κυκλοφοριακός θόρυβος	Άτομα που εκτίθενται σε θόρυβο άνω των 55 Laeq,T	Δημογραφικές ομάδες, τοποθεσία, μέσο μεταφοράς	B
	Θόρυβος λόγω αεροσκαφών	Άτομα που εκτίθενται λόγω αεροσκαφών σε θόρυβο άνω των 57 Laeq,T		B
Οδική Ασφάλεια	Θύματα ατυχημάτων	Θάνατοι και τραυματισμοί	Μέσο μεταφοράς, δρόμος, είδος και αιτία ατυχήματος	A
	Ατυχήματα	Καταγεγραμμένα στην αστυνομία ατυχήματα		A
	Κόστος ατυχημάτων	Οικονομικό κόστος ατυχήματος		B
Παραγωγικότητα οικονομίας	Κόστος μετακίνησης	Επενδύσεις στις μεταφορές	Μέσο μεταφοράς, είδος χρήστη, τοποθεσία	A
	Κόστος μετακίνησης(χρόνος και χρήμα)	Πρόσβαση στην εργασία		A
	Αξιοπιστία οχήματος	Το κατά κεφαλήν κόστος της κυκλοφοριακής συμφόρησης		B
	Κόστος υποδομής	Δαπάνες για οδική υποδομή		A
	Έξοδα αποστολής	Επάρκεια μεταφοράς εμπορευμάτων		B
Προσβασιμότητα	Επιλογές μετακίνησης	Ποιότητα περπατήματος, ποδηλασίας, MMM, οδήγησης, ταξί, κλπ.	Σκοπός μετακίνησης, τοποθεσία, χρήστης	A
	Προσβασιμότητα στη χρήση γης	Ποιότητα πρόσβασης στη χρήση γης		B
	Υποκατάστατα μετακίνησης	Πρόσβαση στο διαδίκτυο και ποιότητα υπηρεσιών παράδοσης		B
Πολιτική μεταφορών και ομάδων σχεδιασμού	Αποδοτικότητα των τιμών	Τιμολόγηση βασισμένη στο κόστος	Ανά μέσο μεταφοράς, είδος κόστους(δρόμοι, χώροι στάθμευσης, κτλ.	B

	Στρατηγικός σχεδιασμός	Κατά πόσο στρατηγικές αποφάσεις στηρίζουν στρατηγικούς στόχους	Ανά μέσο μεταφοράς, εταιρεία	B
	Αποδοτικότητα του σχεδιασμού	Περιεκτικός και ουδέτερος σχεδιασμός		Γ
	Ικανοποίηση Χρήστη	Αποτελεσματικότητα ερευνών για το χρήστη	Ανά ομάδες(ατόμων με αναπηρία, παιδιών, χαμηλού εισοδήματος)	B

Πίνακας 2:Πιθανοί δείκτες βιωσιμότητας  
Πηγή:TRB (2008)

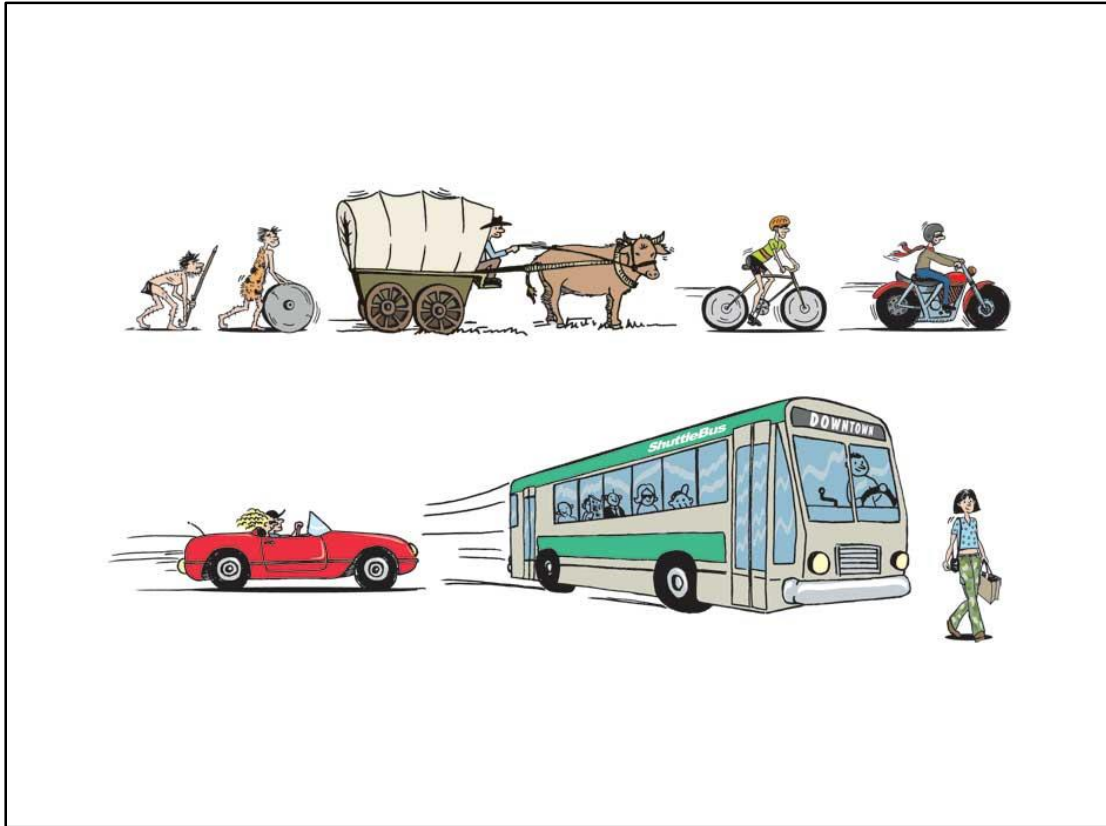
Όπου η βαθμολόγηση έχει ως εξής:

- «Α» - Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις περιπτώσεις.
- «Β» - Μπορεί να εφαρμοστεί όταν είναι εφικτό ή σχετικό.
- «Γ» - Εφαρμόζεται όταν είναι απαραίτητο να αντιμετωπισθούν συγκεκριμένες ανάγκες της κοινωνίας.

## 2.4 Μετακινήσεις και σύγχρονη πόλη

Η συνεχής εξέλιξη των σύγχρονων πόλεων και των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα εντός αυτών επηρεάζουν άμεσα τις μετακινήσεις μέσα στη πόλη. Οι πολύμορφοι και δαιδαλώδεις σχηματισμοί τους οδηγούν στην αύξηση του όγκου των αναγκών των πολιτών και κατά συνέπεια στη πραγματοποίηση μεγάλου αριθμού μετακινήσεων. Οι τρόποι εξυπηρέτησης των αναγκών αυτών για μετακίνηση εντός των πόλεων είναι συγκεκριμένοι και η προτίμηση του καθενός αποτέλεσμα πολλών παραγόντων.

Σύμφωνα με το συμβατικό μοντέλο σχεδιασμού μέσω μεταφοράς η πρόοδος των τρόπων αυτών είναι γραμμική(T.Litman,2011).Αυτό σημαίνει ότι οι νεότεροι και πιο γρήγοροι τρόποι μετακίνησης αντικαθιστούν τους παλαιότερους και πιο χρονοβόρους. Παρατηρώντας όμως τις σύγχρονες πόλεις βλέπουμε ότι αυτό το μοντέλο έχει οδηγήσει στην υπέρμετρη αύξηση των ποσοστών ιδιοκτησίας αυτοκινήτων, όπως αποδεικνύεται από αρκετές έρευνες όπως αυτή του Dargay(2001) στη Μ. Βρετανία.



Εικόνα 2: Η εξέλιξη των τρόπων μετακίνησης  
Πηγή: <http://schumachercreativedesign.com/illustration/>

#### 2.4.1 Το αυτοκίνητο

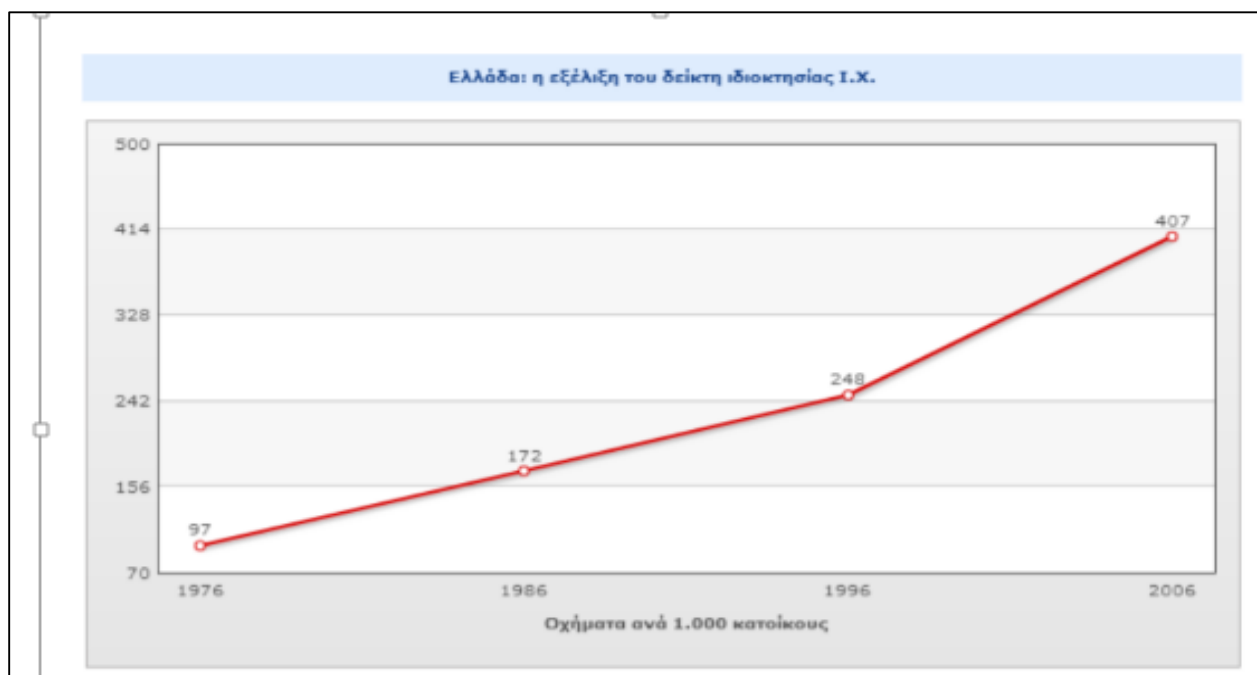
Συχνά ακούμε να διατυπώνεται η άποψη «προτιμώ να χρησιμοποιώ το ΙΧ γιατί η δημόσια συγκοινωνία θα με καθυστερήσει, θα ταλαιπωρηθώ ενώ το ΙΧ είναι πιο γρήγορο και ασφαλές». Τα πλεονεκτήματα που παρέχει το αυτοκίνητο και που το έχουν καταστήσει τόσο δημοφιλές είναι:

- Αποτελεί φορέα της υψηλότερης τεχνολογίας
- Η δυνατότητα να το χρησιμοποιήσουμε όποτε το χρειαστούμε (σύμβολο ελευθερίας και δύναμης)
- Έχει καταστεί προσβάσιμο πια στα χαμηλά εισοδήματα
- Παρέχει ελευθερία σε σχέση με τους χρονικούς περιορισμούς των ΜΜΜ
- Το ανεπτυγμένο δίκτυο αυτοκινητοδρόμων χωρίς ιδιαίτερους περιορισμούς
- Τέλος συχνά (όχι όμως πάντα) αποτελεί το ταχύτερο μέσο μετακίνησης

Συνολικότερα το Ι.Χ. έδωσε τη δυνατότητα στον κάτοικο της σύγχρονης πόλης να απομακρύνει την κατοικία του από τα ιστορικά κέντρα και παράλληλα αξιοποίησε γενικότερα τον γεωγραφικό χώρο κάνοντάς τον ευκολότερα προσπελάσιμο (Βλαστός, 2008). Στον ελληνικό χώρο πολλοί διασκορπισμένοι οικισμοί συντηρούνται λόγω του αυτοκινήτου.

Το συμβατικό αυτό μοντέλο σχεδιασμού μέσων μεταφοράς σύμφωνα με τον Litman, προϋποθέτει ότι οι παλαιότεροι τρόποι μεταφοράς είναι ασήμαντοι σε σχέση με τους νεότερους. Συνεπώς δεν περιλαμβάνει το γεγονός ότι η αύξηση της κυκλοφορίας των ΙΧ προκαλεί πολλά προβλήματα στη λειτουργία των υπόλοιπων τρόπων μετακίνησης και συνολικότερα στη σύγχρονη πόλη και το περιβάλλον.

Το αυτοκίνητο στη πραγματικότητα όμως δεν ήρθε χωρίς επιπτώσεις. Μια από τις κυριότερες αρνητικές συνέπειες είναι το τεράστιο περιβαλλοντικό κόστος λόγω των εκπομπών καυσαερίων και της κατανάλωσης ενέργειας. Εξίσου σημαντικές είναι και οι επιπτώσεις που είχε η πρακτική «περισσότερα έργα για το αυτοκίνητο» με αποτέλεσμα το «περισσότερο αυτοκίνητο», συμφορημένους δρόμους, έλλειψη χώρου στάθμευσης και εν τέλει προβληματικές μετακινήσεις. Είναι μιν ένας πολύ πρακτικός και ευέλικτος τρόπος μετακίνησης για κάθε είδους αποστάσεις, ωστόσο πολύ ασύμφορος από την σκοπιά του χώρου, της κατανάλωσης ενέργειας και του περιβάλλοντος. Τέλος δεν πρέπει να αμελήσουμε τον αριθμό των τροχαίων ατυχημάτων με θύματα ακόμα και χρήστες άλλων τρόπων μετακίνησης, που καταλήγει να αποτελεί μάλιστα των σύγχρονων αστικών περιοχών.



Σχήμα 1: Εξέλιξη του δείκτη ιδιοκτησίας Ι.Χ. στην Ελλάδα.  
Πηγή: Έρευνα της Eurostat για την Ελευθεροτυπία 21-09-2009

#### 2.4.2 Δημόσια συγκοινωνία

Στα πλαίσια όμως της πολιτικής της αιεφόρου ανάπτυξης που έχει υιοθετηθεί όπως προαναφέραμε, η βιώσιμη κινητικότητα παρουσιάζει ένα άλλο μοντέλο υποθέτοντας ότι κάθε τρόπος μετακίνησης είναι σημαντικός και προσπαθεί να βελτιώσει όλα τα μέσα μεταφοράς και όχι μόνο το νεότερο. Βελτιώνοντας έτσι την πεζή μετακίνηση, του ποδηλάτου, των δημόσιων

συγκοινωνιών και περιορίζοντας παράλληλα την χρήση του αυτοκινήτου προκύπτουν πολλά οφέλη για τις πόλεις (T.Litman and Burwell 2006). Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με την μελέτη και ανάλυση των δημόσιων συγκοινωνιών και τη συμβολή τους στην πολιτική της βιώσιμης κινητικότητας.

### **Η έννοιες Δημόσια-Δημοτική**

Η Δημόσια συγκοινωνία είναι ένα αγαθό που προσφέρεται για τις μετακινήσεις όλων των πολιτών ανεξαιρέτως της οικονομικής και κοινωνικής κατάστασής τους και για αυτό το λόγο κύριο μέλημα στο σχεδιασμό και στη διαμόρφωσή της είναι να μη γίνονται εξαιρέσεις ανάμεσα στις διάφορες ομάδες των δυνητικών επιβατών. Επίσης πρέπει να υπάρχει πρόνοια για τις μετακινήσεις ομάδων με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά όπως είναι οι μαθητές, οι ηλικιωμένοι και τα άτομα με ειδικές ανάγκες, ώστε να υπάρχει ισότητα υπηρεσιών προς αυτές τις ομάδες (Σαρηγιάννης 2011).

Στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας με τον όρο δημόσια συγκοινωνία εννοούμε ένα σύνολο τρόπων μεταφοράς, με διάφορα μέσα τα οποία κινούνται στους δήμους του αστικού ιστού αλλά και στην ευρύτερη περιοχή. Χρησιμοποιείται ο όρος Δημόσια και όχι Δημοτική, παρόλο που οι συγκοινωνίες και οι μετακινήσεις αναφέρονται σε σύνδεση ανάμεσα σε δήμους αλλά και ενδοδημοτικά, επειδή σε επίπεδο διοίκησης και χρηματοδότησης εξυπηρετούνται από το υπουργείο Συγκοινωνιών.

Σύμφωνα με τον **ορισμό** που υιοθετεί η Ευρωπαϊκή Ένωση ως «δημόσιες επιβατικές μεταφορές (Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1370/2007) είναι οι υπηρεσίες επιβατικών μεταφορών γενικού οικονομικού συμφέροντος που προσφέρονται στο κοινό χωρίς διακρίσεις και σε συνεχή βάση. Στην Ελλάδα (ΦΕΚ 268/23.11.2001) «αστική επιβατική γραμμή» θεωρείται εκείνη που εξυπηρετεί σημεία της αστικής περιοχής με τη διαδρομή που καθορίζεται προς τούτο και «αστική επιβατική συγκοινωνία» νοείται η τακτική μεταφορά επιβατών με κόμιστρο ανά επιβάτη, που πραγματοποιείται με μέσα δημόσιας χρήσης κατάλληλου τύπου.

Η ιεραρχική δομή της αποτελείται από 3 βασικούς πυλώνες:

- Γραμμές μέσων σταθερής τροχιάς.
- Λεωφορειακές γραμμές κορμού στην αστική, περιφερειακές ή υπεραστικές περιοχές.
- Άλλες τροφοδοτικές ή τοπικές λεωφορειακές γραμμές καθώς και ειδικές γραμμές.

Αντίθετα ο όρος Δημοτική συγκοινωνία αναφέρεται στην διοίκηση από το δήμο και αφορά κατά βάση τις μετακινήσεις εντός αυτού. Μπορεί να θεωρηθεί ένα κομμάτι της δημόσιας συγκοινωνίας το οποίο αποτελεί μια επιμέρους ενέργεια του γενικότερου σχεδίου μεταφορών. Αυτή μπορεί να ενταχθεί στο τρίτο σκέλος της παραπάνω ιεραρχικής δομής ωστόσο υπάγεται στην διοίκηση και λειτουργία του εκάστοτε δήμου. Σύμφωνα με τον Σαρηγιάννη (2011) «τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς, μπορούν να ανήκουν και σε Δήμους (τοπικά δίκτυα μεταφορών), πρέπει ωστόσο να είναι σε συντονισμό με το γενικό δίκτυο μεταφορών έτσι που να λειτουργεί το σύστημα ως ενιαίο,

δηλαδή συντονισμένο». Καθίσταται λοιπόν σαφές ότι παρά το γεγονός ότι η Δημοτική συγκοινωνία λειτουργεί υπό ανεξάρτητο φορέα θα πρέπει να σχεδιάζεται συμπληρωματικά προς το υπάρχον δίκτυο και σε συνεργασία με τον ΟΑΣΑ.

### **Ο ρόλος των αστικών συγκοινωνιών**

Σε παλαιότερες εποχές η αρχική εμφάνιση της δημόσιας συγκοινωνίας είχε ως στόχο την εξυπηρέτηση όσων δεν χρησιμοποιούσαν αυτοκίνητο. Σήμερα της έχει ανατεθεί ένας ρόλος συμπληρωματικός, μιας πολιτικής επιθετικής απέναντι στο ιδιωτικό αυτοκίνητο με στόχο τον περιορισμό και την υποκατάσταση του κυρίως σε περιοχές κορεσμού. (Βλαστός, 1994)

Ο ρόλος και η συμβολή της στην πόλη του σήμερα είναι καθοριστικής σημασίας για την δομή και το χαρακτήρα του αστικού χώρου και την καθιστά απαραίτητη και αναπόσπαστο κομμάτι της εξέλιξης του. Αρχικά δημόσια συγκοινωνία σημαίνει εξοικονόμηση χώρου. Με αυτή δίνεται η δυνατότητα για την ανακατασκευή, της τόσο κορεσμένης και πιεσμένης ευρωπαϊκής-ελληνικής πόλης και αποτελεί μία ρεαλιστική λύση στο πρόβλημα έλλειψης χώρου των σημερινών πόλεων. Ωστόσο, προκειμένου να μπορέσει η δημόσια συγκοινωνία να αναλάβει τον ρόλο που της αναλογεί, απαραίτητος είναι ένας γενικός σχεδιασμός με δύσκολες και θαρραλέες αποφάσεις με επίκεντρο την τελειοποίηση της αλλά και τον περιορισμό του ΙΧ. Τα οφέλη που προσφέρει είναι πολλαπλά και περιλαμβάνουν διαφορετικούς τομείς όπως ο κοινωνικός, ο οικονομικός ο περιβαλλοντικός και ο χωροταξικός.

### **Οφέλη από την ανάπτυξη της δημόσιας συγκοινωνίας**

Η δημόσια συγκοινωνία υποστηρίζει μια από τις βασικότερες αστικές δραστηριότητες, αυτή που είναι ταυτισμένη με τις συλλογικές συμπεριφορές. Αποτελεί ένα δημόσιο έργο και αγαθό που κάνει τη δημόσια συνιστώσα πιο ισχυρή.

«Είναι μια από τις τελευταίες άμυνες της δημόσιας διάστασης απέναντι στην τάση εξατομίκευσης όλων των παραμέτρων της ζωής μας». (Βλαστός, 2007).

1. 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 πολίτες αποκτούν ένα υψηλό βαθμό οργάνωσης και ευθύνης όπως και ευαισθητοποίηση και σεβασμό του δημόσιου χαρακτήρα της πόλης.
2. Ένα εξίσου σημαντικό κοινωνικό πλεονέκτημα ενός ανεπτυγμένου δικτύου δημόσιων συγκοινωνιών μπορεί να συνοψιστεί στη φράση «με τη δημόσια συγκοινωνία οι πόλεις γίνονται πιο δημοκρατικές και κοινωνικά πιο δίκαιες» Ουσιαστικά αποτελεί ένα εργαλείο με το οποίο εξομαλύνονται κοινωνικές, ταξικές και περιφερειακές ανισότητες και

αμβλύνονται διαφορές ανάμεσα στον πλούτο και στη φτώχεια. Οι πόλεις έτσι μπορούν να γίνουν τόποι αλληλεγγύης,δημοκρατίας,συνεκτικότερης και ισόρροπης κοινωνίας.

3. Με την ανάπτυξη της δημόσιας συγκοινωνίας ο αστικός χώρος γίνεται πιο φιλόξενος και πιο οικείος προς τους ίδιους τους κατοίκους αλλά και προς τον ξένο επισκέπτη, ο οποίος έρχεται πιο κοντά στην καθημερινότητα της πόλης. Αποτελούν δείγμα της φιλοξενίας που παρέχεται από την πόλη(Καρλαύτης,2009).Υπάρχει με αυτόν το τρόπο ανάπτυξη του τουρισμού των πόλεων χωρίς να επιβαρύνονται οι αστικές δομές.
4. Επιπρόσθετα η δημόσια συγκοινωνία συνοδευόμενη από την απαραίτητη πολιτική κερδίζει έδαφος και χώρο από το ιδιωτικό αυτοκίνητο πράγμα το οποίο έχει τεράστια σημασία στη σύγχρονη πόλη. Μειώνοντας την χρήση του Ι.Χ. αντιμετωπίζεται ο χωρικός κορεσμός, οι πόλεις γίνονται λιγότερο θορυβώδεις και ο αέρας τους πιο καθαρός. Παράλληλα ελαττώνεται η κατανάλωση ενέργειας πράγμα το οποίο συμβαδίζει με την πολιτική της βιώσιμης ανάπτυξης. Επομένως είναι αναμφισβήτητα τα οφέλη για το αστικό και όχι μόνο περιβάλλον.
5. Τέλος δεν πρέπει να αμελήσουμε τα σημαντικά οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από την χρήση αστικών συγκοινωνιών έναντι του ιδιωτικού αυτοκινήτου τόσο για τους πολίτες όσο και για τους δημόσιους φορείς.

### 2.4.3 Άλλοι τρόποι μετακίνησης

Στα πλαίσια της βιωσιμότητας δεν μπορούν να αμεληθούν και οι άλλοι τρόποι μετακίνησης οι οποίοι ανταγωνίζονται και τη χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου αλλά και την δημόσια συγκοινωνία εφόσον ανήκουν στην κατηγορία των εξατομικευμένων μετακινήσεων (Βλαστός,2008).Αυτοί οι τρόποι είναι το περπάτημα, το μηχανοκίνητο δίκυκλο και το ποδήλατο.

**Το περπάτημα** αποτελεί έναν από τους ιδανικότερους τρόπους μετακίνησης για μικρές αποστάσεις πράγμα το οποίο συμβαίνει σε μεγάλο ποσοστό στις μετακινήσεις μέσα στις πόλεις. Με περπάτημα, ανεξάρτητα ποιο είναι το ενδιάμεσο μέσο, ξεκινάνε και τελειώνουν όλες οι μετακινήσεις αποτελώντας το βασικό συνδετικό κρίκο για όλα τα μέσα μεταφοράς. Πολλά από τα πλεονεκτήματά του περιλαμβάνονται στο γεγονός ότι αποτελεί ένα μέσο άσκησης και καλύτερης υγείας του ανθρώπου και στο ότι μπορεί να συνδυαστεί με διάφορες καθημερινές δραστηριότητες. Επίσης αποτελεί μια εγγύηση ζωντανίας του αστικού χώρου και είναι απόλυτα προσφιλές προς το περιβάλλον(Βλαστός,2008).Η σημασία του περπατήματος συνοψίζεται και από τον Litman(2011) ο οποίος αναφέρει:



- Το περπάτημα είναι παγκόσμιο και προσφέρει μετακίνηση, άσκηση και ευχαρίστηση.
- Το 10 με 20% των μετακινήσεων πραγματοποιούνται εξ ολοκλήρου με μη μηχανοκίνητους τρόπους και στις περισσότερες μετακινήσεις το περπάτημα αποτελεί τη σύνδεση τους.
- Η πεζή μετακίνηση είναι η συνηθέστερη μορφή φυσικής άσκησης και αυξάνει την υγεία των πολιτών.

Κατά συνέπεια δεν νοείται μετακίνηση χωρίς να συμπεριλαμβάνεται το περπάτημα με αποτέλεσμα ο σχεδιασμός για τους πεζούς να είναι σχεδιασμός για το σύνολο των κατοίκων.

Ένας άλλος τρόπος μετακίνησης εφάμιλλος του περπατήματος είναι **το ποδήλατο**. Σύμφωνα με το Βλαστό (2008) αντιπροσωπεύει το πιο ‘αθώο’ τρόπο μετακίνησης μετά το περπάτημα διότι είναι αθόρυβο, δεν ρυπαίνει, δεν καταναλώνει χώρο και καύσιμο, είναι οικονομικό και φυσικά είναι φιλικό προς τον πεζό και τον οδηγό του αφού είναι ελάχιστα επικίνδυνο προς αυτούς. Αποτελεί και αυτό ένα πολύ ισχυρό όπλο της στρατηγικής προς τη βιώσιμη ανάπτυξη και δίνει τη δυνατότητα για ευέλικτη και ανεξάρτητη μετακίνηση. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι δίνει τη δυνατότητα κάλυψης μεγαλύτερης απόστασης απ’ ότι το περπάτημα πράγμα που το καθιστά ικανό να καλύπτει ολόκληρη την πόλη στο πλαίσιο μιας συνδυασμένης μετακίνησης με την δημόσια συγκοινωνία. Το ποδήλατο είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την προοπτική ανάπτυξης της σημερινής πόλης και αποτελεί σύμμαχο της δημόσιας συγκοινωνίας στην προσπάθεια περιορισμού του ιδιωτικού αυτοκινήτου και για πιο ‘ανθρώπινη πόλη’.

Στην Ευρώπη ο σχεδιασμός προς την κατεύθυνση χρήσης του ποδηλάτου είναι σε αρκετά προχωρημένο στάδιο ιδιαίτερα στα κέντρα μεγαλουπόλεων όπου έχουν παρθεί θαρραλέες αποφάσεις για τον περιορισμό του Ι.Χ και έχουν φτιαχτεί υποδομές που προωθούν τη χρήση του ποδηλάτου. Δυστυχώς στην ελληνική πόλη αυτός ο σχεδιασμός είναι σε πολύ πρώιμο στάδιο και οι όποιες ακανόνιστες προσπάθειες γίνονται έχουν παροδικό χαρακτήρα χωρίς κεντρική και συνολικότερη στόχευση και σχεδιασμό.

Τέλος, **το μηχανοκίνητο δίκυκλο** το οποίο μπορεί να θεωρηθεί και σαν μια συμβιβαστική λύση ανάμεσα στη χρήση του αυτοκινήτου και των άλλων βιώσιμων τρόπων μετακίνησης. Είναι σαφώς πιο οικονομικό και πιο ευέλικτο από το αυτοκίνητο παρέχοντας ανεξαρτησία στη μετακίνηση χωρίς τα εμπόδια που μπορεί να συναντώνται στο οδικό δίκτυο. Ωστόσο δεν παύει να είναι και αυτός ένας εξατομικευμένος και μηχανοκίνητος τρόπος μετακίνησης που έχει –μικρότερη μεν- αρνητική επίδραση στο αστικό περιβάλλον. Επιπλέον ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο βαθμός επικινδυνότητας που έχει ειδικά στο σημερινό οδικό δίκτυο όπου οι χρήστες του κινούνται κατά ένα τρόπο ‘αυθαίρετο’ σ αυτό. Ανταγωνίζεται τη δημόσια συγκοινωνία διότι οι χρήστες του πολύ δύσκολα θα την επιλέξουν για τις μετακινήσεις τους (Βλαστός,2008). Το θετικό στον ορίζοντα του συγκεκριμένου τρόπου μετακίνησης είναι το γεγονός ότι η μηχανοκίνητη αρχίζει να εξελίσσεται σε ηλεκτρική με αποτέλεσμα να γίνεται πιο αθόρυβο και φιλικό προς το περιβάλλον και φυσικά

προς τους κατοίκους, πεζούς και ποδηλάτες. Με αυτή την προοπτική μπορεί και αυτό να ενταχθεί στους συμμάχους της βιωσιμότητας της πόλης και να αποτελέσει παράγοντα στον ανασχεδιασμό της.

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε παρουσίαση των εννοιών βιώσιμης ανάπτυξης και κινητικότητας. Επιχειρήθηκε η κατανόηση του ρόλου της δημόσιας αστικής συγκοινωνίας στην ανάπτυξη των πόλεων και του λόγου που καθιστά τον σχεδιασμό για την δημόσια συγκοινωνία τόσο σημαντικό. Αναπτύχθηκαν επίσης και οι διάφοροι τρόποι μετακίνησης και η σχέση τους με την δημόσια συγκοινωνία προς την κατεύθυνση της βιωσιμότητας

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

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 στην ανάπτυξη του δικτύου προς την κατεύθυνση της βιώσιμης κινητικότητας. Αποτελούν δε ένα από τα ισχυρότερα εργαλεία για την καταπολέμηση των προβλημάτων χώρου και κορεσμού των σύγχρονων πόλεων. 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).

### 3.1 Νομικό πλαίσιο Δημοτικής Συγκοινωνίας

Αρχικά απαραίτητο είναι να οριστεί το θεσμικό πλαίσιο με το οποίο λειτουργεί η δημοτική συγκοινωνία. Αυτό ορίζεται σύμφωνα με το Ν.3463/2006 (ΦΕΚ 114/Α/08.06.2006) και τις σχετικές τροποποιήσεις που έφερε ο Ν.3852/20010. Στο άρθρο 75 του Ν.3463/2006 περί Αρμοδιοτήτων Δήμων και Κοινοτήτων αναφέρεται η συμμετοχή αυτών στο έργο της αστικής συγκοινωνίας και η «διενέργεια μεταφοράς για την μετακίνηση των κατοίκων της περιοχής τους, καθώς και η μεταφορά για την εξυπηρέτηση και την αναψυχή αυτών». Επιπλέον στο άρθρο 83 για την Δημοτική συγκοινωνία καθορίζονται περισσότερες λεπτομέρειες:

1. *«Οι Δήμοι και οι Κοινότητες μπορούν να ασκούν συγκοινωνιακό έργο για την εξυπηρέτηση της μετακίνησης των κατοίκων της περιφέρειας τους, εφόσον το έργο αυτό δεν εξυπηρετείται από υφιστάμενη γραμμή...Για την εκτέλεση του έργου αυτού επιτρέπεται, υστέρη από απόφαση του δημοτικού συμβουλίου, η επιβολή κομίστρου, το οποίο έχει ανταποδοτικό χαρακτήρα και καλύπτει αποκλειστικώς λειτουργικές ανάγκες.*
2. *Μπορούν επίσης να διενεργούν μεταφορές για την μετακίνηση: α) κατοίκων που ανήκουν σε κοινωνικές ομάδες, όπως ατόμων με αναπηρία, ηλικιωμένων και παιδιών, β) των εργαζομένων στους οικείους δήμους και κοινότητες και στα νομικά πρόσωπα αυτών, γ) μαθητών στον τόπο που λειτουργεί το σχολείο, εφόσον η μετακίνηση τους δεν είναι δυνατή με μεταφορικά μέσα δημόσιας χρήσης.*
3. *Η εκτέλεση του έργου αυτού μπορεί να γίνεται και εκτός των διοικητικών τους ορίων, πραγματοποιείται δε είτε με ιδιόκτητα μέσα, είτε με τη χρήση των συνήθων αστικών ή υπεραστικών μέσων, είτε με μίσθωση τουριστικών Δ.Χ. λεωφορείων».*

Σύμφωνα με το άρθρο 254 του ίδιου νόμου οι Δήμοι μπορούν να συστήσουν δημοτική κοινωφελή επιχείρηση με σκοπό την οργάνωση λειτουργιών ή δραστηριοτήτων και την παροχή υπηρεσιών συναφών με τις αρμοδιότητες συνεπώς και την οργάνωση δημοτικής συγκοινωνίας.

Μετέπειτα με τον Ν.385/2010 (ΦΕΚ 87/Α/07.06.2010) συμπληρώνεται το άρθρο 75 του Κώδικα Δήμων και Κοινοτήτων και προστίθενται νέες αρμοδιότητες στους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης όπως:

- Ο καθορισμός των αστικών γραμμών λεωφορείων, της αφετηρίας, της διαδρομής, των στάσεων και του τέρματος των αντίστοιχων γραμμών, καθώς και ο καθορισμός των προδιαγραφών των στάσεων.
- Ο καθορισμός κομίστρων αστικών φορέων παροχής συγκοινωνιακών υπηρεσιών.
- Η μεταφορά μαθητών από τον τόπο διαμονής στο σχολείο φοίτησης καθώς και των μαθητών σχολείων ειδικής αγωγής.

Επιπρόσθετα με την υπ' αριθμόν 35415 Κοινή Υπουργική απόφαση των Υπουργείων Εσωτερικών, Οικονομικών, Παιδείας δια βίου μάθησης και Θρησκευμάτων, Υποδομών, μεταφορών και Δικτύων (ΦΕΚ 1701/Β/01.09.2011) ανατίθεται στους δήμους η μεταφορά μαθητών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης από και προς τα σχολεία που φοιτούν και μάλιστα δωρεάν για όσους κατοικούν σε μεγάλη απόσταση από τα σχολεία.

Τη λειτουργία της δημοτικής συγκοινωνίας υποστηρίζει και η Ευρωπαϊκή Ένωση. Με την οδηγία 1370/2007 (Κανονισμός ΕΚ υπ' αριθμόν 1370/2007) αναφέρει ότι:

«εφόσον το εθνικό δίκαιο δεν το απαγορεύει, κάθε αρμόδια τοπική αρχή, είτε είναι μεμονωμένη αρχή, είτε ομάδα αρχών που παρέχουν ολοκληρωμένες δημόσιες υπηρεσίες επιβατικών μεταφορών, μπορεί να αποφασίζει να παρέχει η ίδια δημόσιες υπηρεσίες επιβατικών μεταφορών ή να αναθέτει συμβάσεις παροχής δημόσιας υπηρεσίας απευθείας σε νομικώς ανεξάρτητη οντότητα, π. της οποίας η αρμόδια τοπική αρχή ή αρχές ασκεί έλεγχο ανάλογο εκείνου που ασκεί επί των υπηρεσιακών μονάδων της».

### **3.2 Μέθοδοι και Τεχνικές Σχεδιασμού Δικτύου Δημόσιων Συγκοινωνιών.**

Ο σχεδιασμός ενός δικτύου Δημόσιων συγκοινωνιών εξαρτάται από τους στόχους που θέτει ο φορέας, τα δεδομένα, τις μεταβλητές και τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος στο οποίο θα λειτουργήσει. Έπειτα απαραίτητη είναι η επιλογή μιας μεθοδολογικής προσέγγισης για την επίλυση ενός **προβλήματος βελτιστοποίησης** στην ουσία στο οποίο τίθενται στόχοι και καθορίζονται περιορισμοί. Πολλές είναι οι μελέτες που έχουν διεξαχθεί για την εύρεση τέτοιων μεθόδων οι οποίες ακολουθούν διαφορετικές προσεγγίσεις.

#### **3.2.1 Το Πρόβλημα του σχεδιασμού**

Το πρόβλημα του σχεδιασμού είναι ένα πρόβλημα πολύπλοκο. Σύμφωνα με τους Baaj και Mahmassani (1991) οι πηγές της πολυπλοκότητας του είναι ο συνδυασμός πολλαπλών στόχων, οι δυσκολίες στη σχηματοποίηση του, η μη γραμμικότητα και η ύπαρξη πολλών ακροτάτων στις σχέσεις που το διέπουν. Επίσης πολλές έννοιες όπως οι μετεπιβιβάσεις και η συνέχεια των

γραμμών είναι πολύ δύσκολο να αναπαρασταθούν γεγονός το οποίο κάνει τη μαθηματική του λύση ακόμη πιο δύσκολη (Chackroborty,2003).

Κατά τον Hasselstrom (1981) τα βασικά χαρακτηριστικά του προβλήματος σχεδιασμού είναι η ζήτηση, οι αντικειμενικές συναρτήσεις, οι περιορισμοί, η συμπεριφορά του επιβάτη, οι τεχνικές επίλυσης και ο υπολογιστικός χρόνος για την λύση του ενώ κατά τον Chua (1984) οι τύποι προσεγγίσεως (χαρακτηριστικά) του προβλήματος είναι ο χειρωνακτικός, ανάλυση της αγοράς, η ανάλυση του συστήματος και με γραφικές μεθόδους και τέλος η μαθηματική προσέγγιση για την βελτιστοποίηση. Για τους Ceder και Wilson (1986) οι μελέτες χωρίζονται σε αυτές που χρησιμοποιούν ιδεατά δίκτυα και αυτές που χρησιμοποιούν πραγματικά δίκτυα οδών-υποδομών. Σύμφωνα με την έρευνά τους τα χαρακτηριστικά του προβλήματος θεωρούνται η ζήτηση, οι στόχοι, οι περιορισμοί και οι τεχνικές επίλυσης.

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 επιλεχθεί 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.

Ενώ αντίθετα οι Ceder και Israeli (1997) στηρίζουν ότι τα μοντέλα διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- A) τα μοντέλα προσομοίωσης επιβατικών ροών
- B) τα μαθηματικά μοντέλα προγραμματισμού

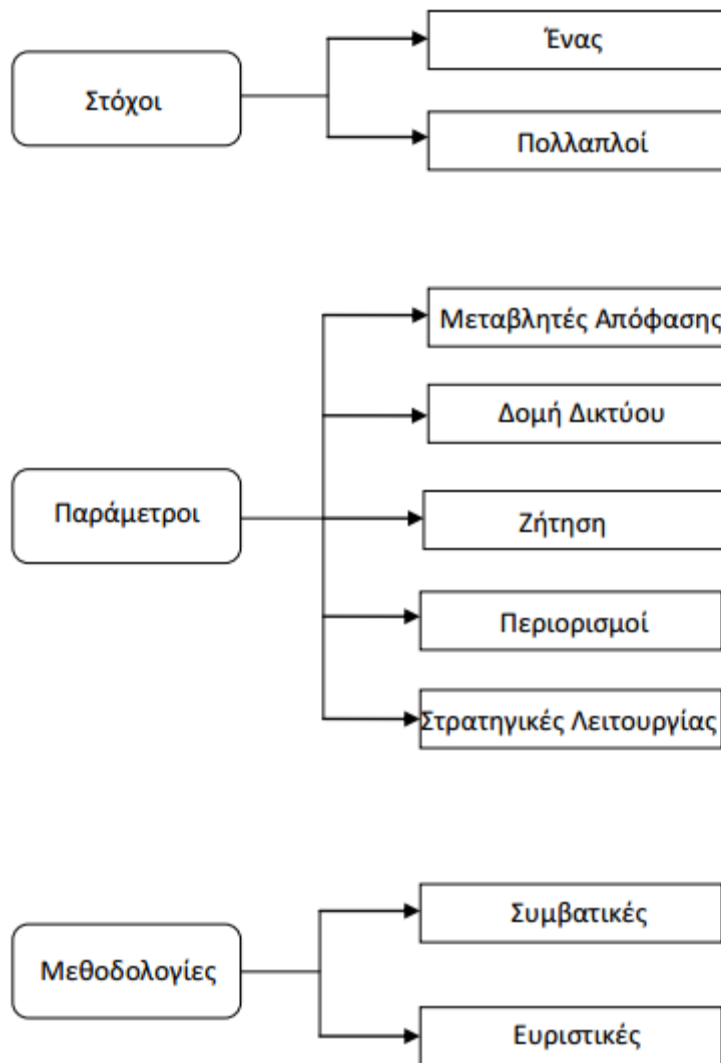
Σε αυτό το σημείο σημαντική είναι η παρατήρηση ότι τα μαθηματικά μοντέλα προγραμματισμού στοχεύουν το βέλτιστο σχεδιασμό,ωστόσο θυσιάζουν το επίπεδο της λεπτομέρειας Russo (1998).

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. Αυτή η διαδικασία 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.

Τέλος, οι Κεραπτσόγλου και Καρλαύτης (2009) οργανώνουν τις προσεγγίσεις-χαρακτηριστικά του σχεδιασμού δικτύου σε μια δομή τριών επιπέδων (**Στόχους, Παραμέτρους, Μεθοδολογία**). 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 2: Τα τρία επίπεδα ταξινόμησης των προσεγγίσεων του προβλήματος σχεδιασμού δικτύου Δημόσιων Συγκοινωνιών

Πηγή: Keraptsoglou και Karlaftis, 2009

### 3.2.2 Στόχοι-παράμετροι-μεθοδολογίες

Οι **στόχοι** που θέτονται κατά το σχεδιασμό του δικτύου αφορούν την καλύτερη εξυπηρέτηση των χρηστών αλλά και στο περιορισμό του κόστους των υπηρεσιών. Αυτοί οι γενικοί στόχοι αντιστοιχούν σε δύο διαφορετικές οπτικές γωνίες προσέγγισης του προβλήματος. Κατά τον Mandl (1980) οι στόχοι με βάση τους οποίους σχεδιάζονται τα συστήματα έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους. Σε διάφορες τεχνικές και μεθοδολογίες τίθενται πιο συγκεκριμένοι στόχοι ο συγκερασμός όμως όλων αυτών των διαφορετικών στόχων μπορούμε να πούμε ότι είναι η βελτιστοποίηση της συνολικής απόδοσης. Με αυτό τον τρόπο προκύπτουν οφέλη τόσο για τους χρήστες όσο και για τον φορέα (Κεπαπτσόγλου και Καρλαύτης, 2009).

Οι **παράμετροι** μιας μεθόδου σχεδιασμού είναι εκείνα τα μεγέθη και οι μεταβλητές που είναι αναγκαία για την αναπαράσταση του δικτύου. Όπως παρουσιάζεται στο σχήμα αυτά είναι:

- Οι μεταβλητές απόφασης οι οποίες στις περισσότερες μελέτες είναι οι γραμμές και οι συχνότητες αυτών(Κεπαπτσόγλου και Καρλαύτης, 2009). Σε πολλές προσεγγίσεις όμως στις μεταβλητές απόφασης συμπεριλαμβάνονται, εκτός από το σχεδιασμό των γραμμών και καθορισμό των συχνοτήτων, το ύψος των κομίστρων, οι ζώνες εξυπηρέτησης, οι θέσεις των στάσεων και ο τύπος των οχημάτων.
- Η δομή του δικτύου η οποία αφορά τη μορφή του. Σε παλαιότερες μελέτες χρησιμοποιήθηκαν ακτινωτά ή ορθογωνικά δίκτυα(ιδεατά) σε νεότερες προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται ακανόνιστα-μικτά (πραγματικά δίκτυα).
- Η ζήτηση η οποία είναι δυνατόν να θεωρηθεί ως σταθερή(ανελαστική) αλλά και ως ελαστική, δηλαδή να μεταβάλλεται ανάλογα την απόδοση του συστήματος και την ποιότητα εξυπηρέτησης. Γενικότερα η ζήτηση παρουσιάζει μεταβολές στον χώρο και τον χρόνο (Hurdle,1973). Σε πολλές προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται ζώνες με διαφορετικές πυκνότητες ζήτησης (Chien et al,2001,2003) ενώ σε άλλες χρησιμοποιούνται μοντέλα που η ζήτηση μεταβάλλεται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους(Chang και Schonfeld,1991,1993).
- Οι περιορισμοί οι οποίοι αναφέρονται στην απόδοση του συστήματος σε σχέση με τους διαθέσιμους πόρους (Fan και Machemehl,2006). Τέτοιοι μπορεί να είναι το εύρος των βιώσιμων συχνοτήτων, τα μέγιστα και ελάχιστα φορτία, το σχήμα, το μήκος, ο αριθμός και η ευθύτητα των γραμμών, ο αριθμός και ο τύπος των οχημάτων και γενικά ο προϋπολογισμός του φορέα.
- Οι στρατηγικές λειτουργίας που αφορούν διάφορες τεχνικές λεπτομέρειες για την βελτίωση του συστήματος Δημόσιων Συγκοινωνιών και της απόδοσής του, όπως για παράδειγμα ταχείες γραμμές, παράλειψη στάσεων, η διασύνδεση γραμμών ή τα δρομολόγια περιορισμένου μήκους.

Οι **μεθοδολογίες** είναι οι τεχνικές και τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την επίλυση του προβλήματος του σχεδιασμού. Όπως προαναφέρθηκε αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης που όμως λόγω της πολυπλοκότητάς του δεν είναι δυνατόν να λυθεί με μόνο με κλασσικά μαθηματικά ή παραδοσιακές τεχνικές επίλυσης. Ο καθορισμός των γραμμών και των κατάλληλων δρομολογίων και διαδρομών απαιτεί ένα πλήθος υπολογισμών και οι λύσεις δεν είναι πάντα βέβαιο ότι είναι οι βέλτιστες. Λόγω της πολυπλοκότητάς του έχουν εφαρμοστεί πολλές διαφορετικές μεθοδολογίες οι οποίες γενικά μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες(Κεπαπτσόγλου και Καρλαύτης,2009):

- **Τις συμβατικές** οι οποίες με τη σειρά τους διακρίνονται σε :

- αναλυτικές (analytical):

- επικεντρώνονται στην ανάπτυξη σχέσεων διαφόρων μεγεθών του δικτύου και εφαρμόζονται συνήθως σε δίκτυα μικρού μεγέθους με ιδεατή δομή. Τα αναλυτικά μοντέλα είναι καλό να χρησιμοποιούνται για την ανάλυση πολιτικών Δημόσιας Συγκοινωνίας και δεν προσφέρονται για έναν συνολικό σχεδιασμό(Ceder,2001). Τα μοντέλα αυτά παρουσιάζουν θεωρητικό ενδιαφέρον(Tom και Mohan,2003).

- μαθηματικό προγραμματισμό (mathematical programming):

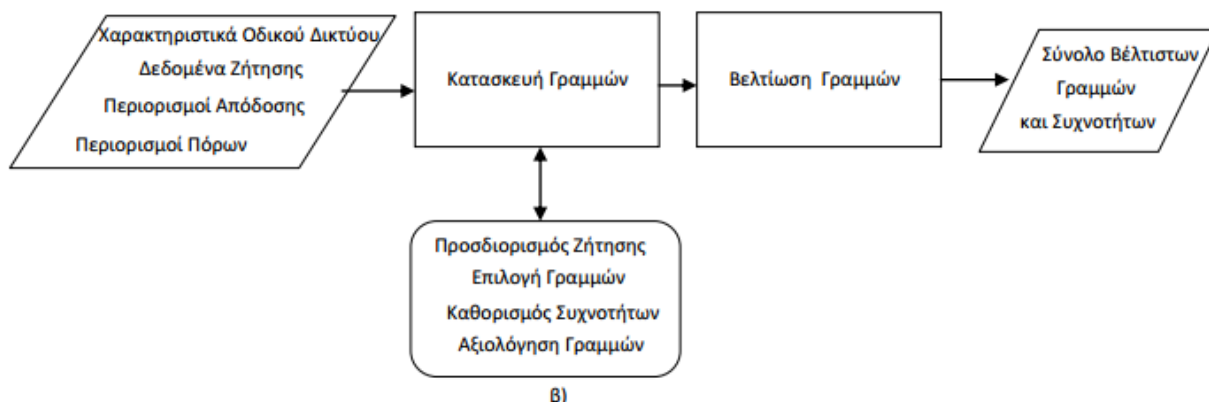
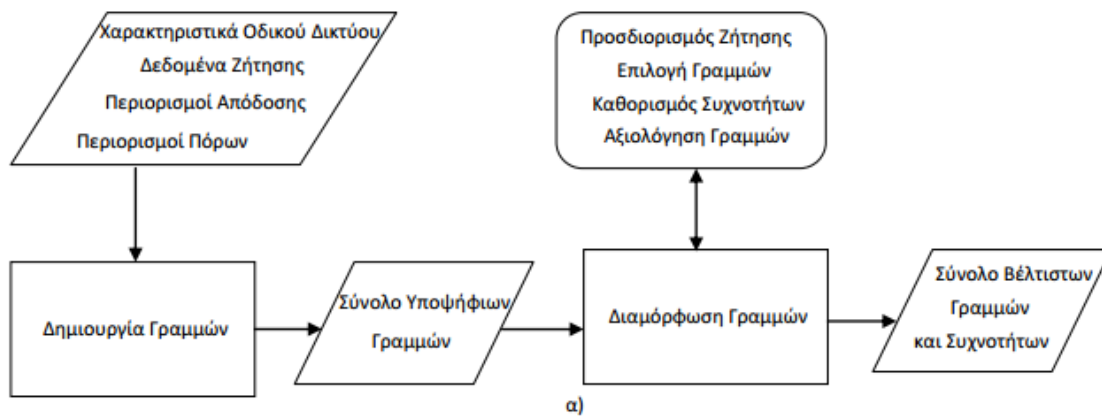
- οι προσεγγίσεις αυτές δεν χρησιμοποιούν τις γραμμές ως μεταβλητή απόφασης και επίσης δεν μπορούν να αναπαραστήσουν το πρόβλημα επαρκώς (Chackroborty,2003).

- **Τις ευριστικές** που διακρίνονται σε:

- παραδοσιακές ευριστικές (traditional heuristics):

- Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούν αλγόριθμους για ορθότερη αναπαράσταση και αποτελέσματα, καθώς και για μείωση των αναγκαίων υπολογισμών. Οι περισσότερες ευριστικές μέθοδοι περιλαμβάνουν διαδικασίες για τη δημιουργία υποψηφίων γραμμών και την τελική διαμόρφωσή τους, οι οποίες υποστηρίζονται από αλγόριθμους επεξεργασίας της ζήτησης(Κεπαπτσόγλου και Καρλαύτης,2009). Στα μοντέλα αυτά, με βάση ορισμένα κριτήρια, σχηματίζεται ένα σύνολο υποψηφίων γραμμών και με τη βοήθεια κάποιου αλγόριθμου βελτιστοποίησης επιλέγεται το καλύτερο υποσύνολο αυτών όπως φαίνεται στο σχήμα α.





Σχήμα 3: Διάγραμμα ροής τυπικών ευριστικών μεθόδων  
 Πηγή: Κεπαπτσόγλου και Καρλαύτης, (2009)

Σε μια άλλη προσέγγιση παραδοσιακών ευριστικών μεθόδων έχουμε δημιουργία κάποιων αρχικών γραμμών και στη συνέχεια την βελτίωσή τους (Mandl, 1980) όπως φαίνεται στο σχήμα β.

Οι διαδικασίες για την δημιουργία, διαμόρφωση και βελτίωση γραμμών είναι συνήθως αλγόριθμοι οι οποίοι είναι βασισμένοι στην εύρεση της συντομότερης διαδρομής και σε αλγόριθμους αναζήτησης με επαναληπτικές διαδικασίες υποστηριζόμενους από τον προσδιορισμό της ζήτησης, ανάλυση και αξιολόγηση των γραμμών

-μέτα-ευριστικές (Metaheuristics)

Οι ευριστικές μέθοδοι έχουν σαν στόχο την βελτίωση της λεπτομέρειας στην αναπαράσταση των δικτύων, όμως έχουν αρκετά μειονεκτήματα. Αδυνατούν να χρησιμοποιηθούν για μεγάλα δίκτυα και η επίλυση είναι προσεγγιστική αλλά όχι σίγουρα η βέλτιστη. Για αυτό το λόγο εξελίχθηκαν οι μετα-ευριστικές μέθοδοι και αλγόριθμοι προκειμένου να επιτυγχάνονται ποιοτικότερα αποτελέσματα. Η χρήση αλγορίθμων όπως η βελτιστοποίηση Αποικίας

Μυρμηγκιών(Ant Colony Optimization) και οι γενετικοί αλγόριθμοι(Genetic Algorithms) συγκεντρώνουν τεράστιο επιστημονικό ενδιαφέρον.

### 3.3 Θεωρητική Προσέγγιση Σχεδιασμού

Το δίκτυο λεωφορειακών γραμμών δημοτικής συγκοινωνίας είναι και αυτό μία υποκατηγορία του δικτύου δημόσιων αστικών συγκοινωνιών. Συνεπώς ο σχεδιασμός του διέπεται από τις βασικές αρχές και τα κριτήρια του σχεδιασμού των λεωφορειακών δικτύων. Ο συνολικότερος σχεδιασμός περιλαμβάνεται στη διαδικασία δρομολόγησης. Ο στόχος αυτής της διαδικασίας είναι να προσφέρει την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση με το λιγότερο δυνατό κόστος για το φορέα λειτουργίας του δικτύου και επιτυγχάνεται με μια σειρά ενεργειών κριτηρίων και αρχών, που αποσκοπούν στο καθορισμό των γραμμών του λεωφορειακού δικτύου, των δρομολογίων των οχημάτων και των συχνοτήτων τους.

Έχουν γίνει πολλές έρευνες για το σχεδιασμό λεωφορειακών δικτύων οι οποίες προσπάθησαν να θέσουν κάποιες βάσεις και αρχές καθώς και κάποια κριτήρια για το σχεδιασμό των δρομολογίων, έτσι ώστε να καταστήσουν ευκολότερο για τις μετέπειτα γενιές τον σχεδιασμό συστημάτων μεταφοράς.

#### 3.3.1 Μορφή δικτύου

Αρχικά η μορφή που έχει ένα δίκτυο αστικών συγκοινωνιών, καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη λειτουργικότητά του και την εξυπηρέτηση που παρέχει στο κοινό (Γιαννόπουλος,1994).Δηλαδή ο μορφή του καθορίζει και τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί. Οι βασικές μορφές που μπορεί να έχει ένα τέτοιο δίκτυο είναι 3:

- Ορθογωνική

Σε αυτή τη μορφή 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. Το πλεονέκτημα σε αυτόν τον σχεδιασμό 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 και επίσης σε περιοχές που το ευνοεί το οδικό δίκτυο.

- Ακτινωτή

Σε αυτό το είδους 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. Σε αυτή τη μορφή το θετικό είναι ότι μπορούμε να αποσυμφορίσουμε το κέντρο σχεδιάζοντας τις αφετηρίες και τα τέρματα εκτός του κέντρου ωστόσο με αυτό το τρόπο μεγαλώνει το μήκος και ο χρόνος της διαδρομής. Αυτή η μορφή δικτύου επιλέγεται συνήθως για περιοχές όπου οι κύριες ροές επικοινωνίας είναι προς το κέντρο.

- Μικτή

Αυτή η μορφή είναι στην ουσία η σύνδεση της ορθογωνικής και της ακτινωτής. Επιλέγεται σε πόλεις όπου το οδικό δίκτυο δημιουργεί αναγκαστικά διαδρόμους προς το κέντρο με αποτέλεσμα η διέλευση των περισσότερων γραμμών αναπόφευκτα από εκεί. 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. Μπορούν να συνδυαστούν τα πλεονεκτήματα και των δύο μορφών.

### 3.3.2 Η διαδικασία 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). Το κλασικό μοντέλο της συνολικής διαδικασίας δρομολόγησης για τις δημόσιες συγκοινωνίες περιλαμβάνει 5 βήματα (Ceder και Wilson,1986):

1. Σχεδιασμός των γραμμών (Design of routes)
2. Καθορισμός συχνοτήτων (Setting Frequencies)
3. Υπολογισμός των Πινάκων δρομολογίων (Developing timetables)
4. Κατασκευή Χρονοδιαγραμμάτων Οχημάτων (Scheduling Buses)
5. Κατασκευή Χρονοδιαγραμμάτων Οδηγών (Scheduling Drivers)

Ο **Σχεδιασμός-Καθορισμός των γραμμών** περιλαμβάνει τον καθορισμό της αφετηρίας, του τέρματος, των στάσεων και των δρόμων από τους οποίους θα περνούν τα οχήματα (διαδρομή). Με αυτό το σχεδιασμό καθορίζονται αυτόματα και το μήκος και ο χρόνος της διαδρομής. Επιπλέον σε αυτό το στάδιο καθορίζονται συνήθως και οι ώρες λειτουργίας, ο τύπος της γραμμής καθώς και ο τύπος των οχημάτων. Στο συγκεκριμένο στάδιο έχουμε 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 για μετακίνηση 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. Τα βασικά χαρακτηριστικά βάσει των οποίων σχεδιάζονται οι γραμμές είναι η αποφυγή επικαλύψεων, η αποφυγή παρεκκλίσεων και η επιλογή δρόμων που διαθέτουν τα κατάλληλα χαρακτηριστικά για την κίνηση των λεωφορείων

**Ο καθορισμός των συχνοτήτων** είναι το επόμενο στάδιο στη διαδικασία της δρομολόγησης και αφορά την επιλογή του αριθμού των διελεύσεων οχημάτων ανά ώρα. Γίνεται βάσει της επιβατικής κίνησης τόσο εν ώρα αιχμής όσο και εκτός της, την αποδεκτή πληρότητα των οχημάτων και των ελαχίστων απαιτήσεων.

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:

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

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 (Ceder, 2007). Τα πρότυπα αυτά βασίζονται σε δύο προϋποθέσεις:

1. θα πρέπει να υπάρχει επαρκής χώρος για την κάλυψη της ζήτησης των επιβατών και
2. να τίθεται ένα ανώτατο χρονικό όριο μεταξύ των διαδρομών για να εξασφαλισθεί ένα ελάχιστο συχνότητας των δρομολογίων.

Η πρώτη προϋπόθεση είναι κατάλληλη για ώρες αιχμής, και η δεύτερη για περιόδους εκτός αιχμής. Είναι συνήθως διαδικασία δύο βήματων, αρχικά τον υπολογισμό των απαιτούμενων συχνοτήτων και μετά τον υπολογισμό των τελικών συχνοτήτων με επεξεργασία των πρώτων, προκειμένου να προκύψουν σταθερές συχνότητες για διάφορες χρονικές περιόδους.

Στον **Υπολογισμό των Πινάκων δρομολογίων** έχουμε τη δημιουργία πινάκων με τις ώρες αφίξεων και αναχωρήσεων τόσο στις στάσεις όσο και στην αφετηρία-τέρματα. Για αυτό τον υπολογισμό απαραίτητη πάλι είναι η ζήτηση. Συνήθως δημιουργούνται διαφορετικοί πίνακες για καθημερινές, Σάββατα, Κυριακές και αργίες.

Στο στάδιο της **Κατασκευής Χρονοδιαγραμμάτων Οχημάτων** έχουμε την κατανομή των διαθέσιμων οχημάτων 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). Για την ολοκλήρωση του σταδίου πρέπει να συμπεριλάβουμε και την ανάγκη για στάθμευση, προγραμματισμένη συντήρηση και διανυκτέρευση των οχημάτων.

Τελευταίο στάδιο είναι η **Κατασκευή Χρονοδιαγραμμάτων των οδηγών** με το οποίο κατανέμεται το προσωπικό στα οχήματα και υπολογίζονται τα ωράρια εργασίας και ανάπαυσης καθημερινά, σε εβδομαδιαία και μηνιαία βάση. Ο καταρτισμός καλύτερων ωραρίων για αυτούς που απαρτίζουν το προσωπικό κίνησης των λεωφορείων σημαίνει και ομαλότερη λειτουργία του φορέα συγκοινωνιών.

Ο Σχεδιασμός Δικτύου Δημοσίων συγκοινωνιών αναφέρεται κυρίως στην εκτέλεση των δύο πρώτων βημάτων, το σχεδιασμό των γραμμών και τον καθορισμό των συχνοτήτων. Ο σχεδιασμός των γραμμών της δημοτικής συγκοινωνίας του Αμαρουσίου είναι και ο στόχος της παρούσας διπλωματικής. Εκτός από τις συμβατικές και εμπειρικές μεθόδους για τη σχεδίαση γραμμών, υπάρχουν και πολλές νέες με βάση μοντέλα και αλγοριθμικές λύσεις.

### **3.3.3 Ποιότητα εξυπηρέτησης και κριτήρια.**

Η ποιότητα εξυπηρέτησης ενός συστήματος αστικών συγκοινωνιών ορίζεται ως η αντιληπτή απόδοση των παρεχόμενων υπηρεσιών από την πλευρά του επιβάτη (TRB, 2003). Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι στις αστικές συγκοινωνίες η ποιότητα αφορά στη μετακίνηση επιβατών και όχι στην κίνηση των οχημάτων, ενώ αντανακλά την επιλογή των επιβατών για χρήση ή όχι αστικών συγκοινωνιών. Σύμφωνα με το TRB (2000), η ποιότητα εξυπηρέτησης μπορεί να απεικονιστεί με βάση πέντε κατηγορίες:

- Τη διαθεσιμότητα: Πόσο εύκολα μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι επιβάτες αστικές συγκοινωνίες.
- Την παρακολούθηση των παρεχόμενων υπηρεσιών: Μέτρηση των καθημερινών εμπειριών των χρηστών από τις αστικές συγκοινωνίες.
- Το χρόνο διαδρομής.
- Την ασφάλεια στις μετακινήσεις.
- Την συντήρηση και τις κατασκευές: Επιδράσεις των διαφόρων έργων αναβάθμισης του συστήματος στις μετακινήσεις.

Όπως προαναφέρθηκε στόχος του σχεδιασμού του δικτύου είναι η όσον το δυνατό καλύτερη διαμόρφωσή του με γνώμονα την ποιότητα εξυπηρέτησης, τη μείωση του κόστους για τον φορέα και φυσικά το σεβασμό προς το περιβάλλον που φιλοξενεί το δίκτυο. Για την επίτευξη αυτών των στόχων ο σχεδιασμός των διαδρομών διέπεται από ένα πλήθος κριτηρίων που βοηθούν στη αποτελεσματικότητά του. Οι κύριες ενότητες που μπορούν να χωριστούν τα **κριτήρια** αυτά είναι 6:

1. Απόσταση μεταξύ Στάσεων(Distance between Stops).
2. Κάλυψη Περιοχής από τη Λεωφορειακή Γραμμή (Coverage Area of a bus line).
3. Αποκλίσεις από την Κύρια Διαδρομή (Deviations from the main path).
4. ΜήκοςΛεωφορειακήςΓραμμής (Length of a Bus line).
5. ΕπικάλυψηΛεωφορειακώνΓραμμών (Overlay Bus Routes).
6. Σύνθεση Λεωφορειακής Γραμμής (Composition of Bus Lines).

Η **Απόσταση μεταξύ των στάσεων** παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό της γραμμής. Όταν αυτή η απόσταση είναι μικρή μειώνεται ο χρόνος περπατήματος των επιβατών παράλληλα όμως αυξάνει το χρόνο της διαδρομής συνεπώς και την ποιότητα εξυπηρέτησης. 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. 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 για μέση ταχύτητα 1.32m/sec με περπατήσιμη απόσταση τα 5 λεπτά (Γαλάνης,2011)) από τα σημεία ενδιαφέροντος που θέλουν να εξυπηρετήσουν. Μέσω των παραπάνω καθορίζεται και η τελική απόσταση μεταξύ των στάσεων. Σύμφωνα με τις έρευνες του Γιαννόπουλου(1988)και Λυμπέρη (2009) η ιδανική απόσταση μεταξύ στάσεων είναι 250 με 500 μέτρα ανάλογα την περιοχή και το είδος της λεωφορειακής γραμμής.

Η **Κάλυψη της περιοχής** αναφέρεται στην πυκνότητα μεταξύ των γραμμών του 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 Τσαμπουλάς, 1997).Η κατανομή των γραμμών πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε η προσπελασιμότητα σ' αυτές να μεγιστοποιείται και πάντα με γνώμονα την εξυπηρέτηση της ζήτησης και την ελαχιστοποίηση του κόστους. 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** αναφέρονται στις Κυκλικές η περίπου διαδρομές μιας γραμμής σε σημεία όπου είναι απαραίτητη η πληρέστερη κάλυψη μιας περιοχής. Ένα ποιοτικότερο λεωφορειακό δίκτυο απαιτεί οι γραμμές του να είναι όσο το δυνατό ευθείες,ωστόσο πολλές έρευνες έχουν αποδεχτεί μερικές προϋποθέσεις για λεωφορειακές γραμμές που

εγκαταλείπουν τις βασικές οδικές αρτηρίες για την εξυπηρέτηση οικιστικών θυλάκων ή διαφόρων κέντρων δραστηριοτήτων (Γιαννόπουλος,1987) (Γκόλιας,2009). Τέτοιες προϋποθέσεις είναι:

- 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.

Εφόσον ισχύουν οι 3 από τις παραπάνω προϋποθέσεις τότε η απόκλιση είναι επιτρεπτή.

Το **Μήκος της Λεωφορειακής γραμμής** είναι ένα πολύ σημαντικό κριτήριο καθώς επηρεάζει τον χρόνο διαδρομής και το κόστος για τον φορέα. Τα πρότυπα αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται θέτουν κάποια ανώτατα όρια στην απόσταση και στη χρονική διάρκεια της διαδρομής τα οποία είναι 75 με 90 λεπτά μετ' επιστροφής. Στην περίπτωση της Δημοτικής συγκοινωνίας επειδή η ακτίνα δράσης της είναι μικρότερη το όριο αυτό πρέπει να είναι το ελάχιστο δυνατό.

Η **Επικάλυψη Λεωφορειακών Γραμμών** αφορά την ικανοποιητική γεωγραφική κατανομή της κοινωνιακής εξυπηρέτησης. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση των αλληλοεπικαλύψεων των λεωφορειακών διαδρομών ώστε η κάλυψη να κατανέμεται 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 της Λεωφορειακής γραμμής** αναφέρεται στη ρύθμιση της δομής των λεωφορειακών γραμμών, την ελαχιστοποίηση των διακλαδώσεων, των αναστροφών και τον επιτρεπτό βαθμό παρακάμψεων. Ο αριθμός των διακλαδώσεων συνήθως περιορίζεται σε δύο. Επιπλέον 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).

Εκτός από τα βασικά αυτά κριτήρια υπάρχουν και κάποια δευτερεύοντα τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όπου αυτό είναι εφικτό και οι συνθήκες κατάλληλες.

- 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. Όταν γίνεται 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.

### 3.3.4 Ιδιαιτερότητες Στη Δημοτική Συγκοινωνία

Ως κομμάτι και επιμέρους τμήμα των συστημάτων μεταφοράς η δημοτική συγκοινωνία έχει κάποια χαρακτηριστικά που την ξεχωρίζουν από τα υπόλοιπα δίκτυα και συστήματα. Τέτοιες ιδιαιτερότητες έχουν επίδραση σε πολλές αποφάσεις του μελετητή που αφορούν το σχεδιασμό (εξυπηρέτηση συγκεκριμένων αναγκών) και τη λειτουργία της (στοχευμένες διαδρομές). Μερικά από τα χαρακτηριστικά αυτά σύμφωνα με παραδείγματα στην μητροπολιτική περιφέρεια της Αθήνας είναι:

#### 1. Η συχνότητα των δρομολογίων

Ένα από τα στοιχεία που διακρίνουν την δημοτική συγκοινωνία είναι η συχνότητα και η πυκνότητα των δρομολογίων των οχημάτων στο χώρο και η ευελιξία έναντι του χρόνου. Καθίσταται δυνατό να εφαρμοστούν τέτοια δρομολόγια διότι σε αυτή την περίπτωση ο σχεδιασμός μπορεί να αποφύγει την κυκλοφοριακή συμφόρηση και να καθορίσει διέλευση από σημεία δύσκολα προσβάσιμα από τα συμβατικά ΜΜΜ.

#### 2. Ο όγκος του οχήματος

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της (τουλάχιστον στην περιοχή της αττικής) είναι η χρησιμοποίηση οχημάτων μικρών διαστάσεων, τα οποία είναι ευέλικτα και χρηστικά. Τέτοια οχήματα μπορούν να προσφέρουν βελτιωμένες υπηρεσίες στο ήδη υπάρχον δίκτυο μεταφέροντας λιγότερους επιβάτες σε συχνότερα δρομολόγια.

#### 3. Η ικανοποίηση ειδικότερης ζήτησης

Η προσαρμογή των δρομολογίων στην δημοτική συγκοινωνία γίνεται με στόχο την ικανοποίηση της ζήτησης. Λόγω της ευελιξίας που έχει ένα μικρότερο δίκτυο όπως αυτό είναι ευκολότερη η ικανοποίηση πυρήνων εξειδικευμένων αναγκών και σημείων μικρότερης ζήτησης από την μητροπολιτική και γενικευμένη.



Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο 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 παρουσιάστηκε το νομικό πλαίσιο λειτουργίας της δημοτικής συγκοινωνίας και οι ιδιαιτερότητες που μπορεί να παρουσιάσει ένα τέτοιο δίκτυο ως υποσύνολο των δημόσιων συγκοινωνιών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

### 4.1 Σύστημα Γεωγραφικών πληροφοριών

#### 4.1.1 Ορισμός και διαδικασίες ενός Γ.Σ.Π.

Σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (Γ.Σ.Π.- G.I.S) καλείται ένα ψηφιακό σύστημα διαχείρισης μεγάλων βάσεων χωρικών δεδομένων το οποίο διαθέτει όλα τα κατάλληλα εργαλεία για τη συλλογή επεξεργασία και διαχείριση πληροφοριών. Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με τον Burrough (1983) αντιπροσωπεύουν «ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για τη συλλογή,αποθήκευση,αναληψη ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου». Τα Γ.Σ.Π. έχουν σαν κυρίαρχο στόχο τον χωρικό σχεδιασμό (Κουτσόπουλος,2005).Ένα Γ.Σ.Π. μπορεί να φέρει εις πέρας τις εξής δραστηριότητες (Κουτσόπουλος,2005):

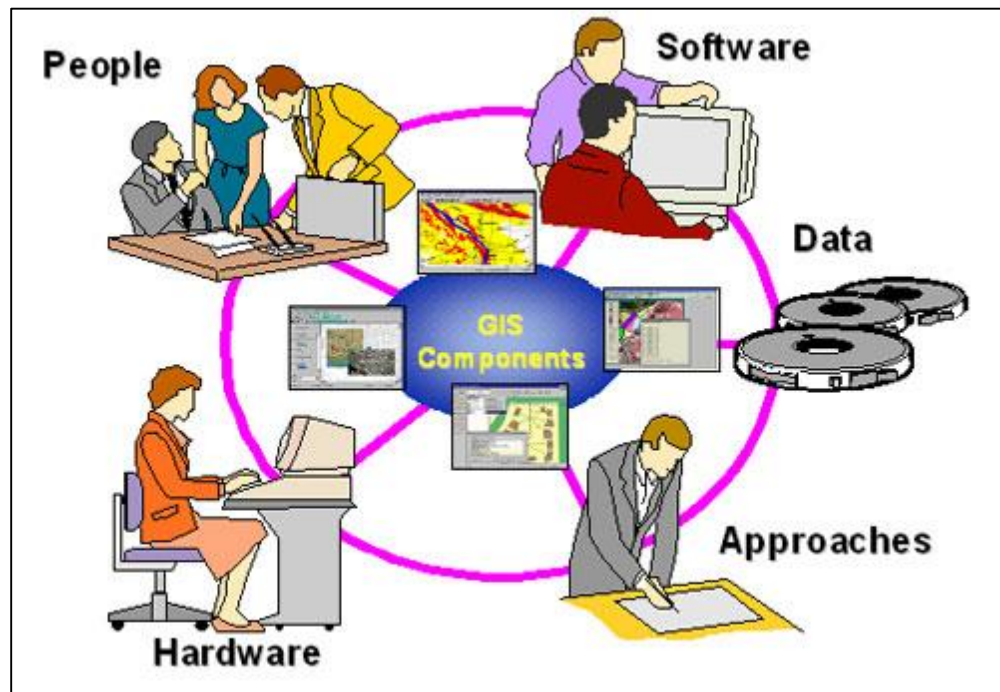
1. Να αποθηκεύσει, να διαχειριστεί και να ενσωματώνει ένα μεγάλο όγκο χωρικών στοιχείων.
2. Αποτελεί το πιο κατάλληλο εργαλείο χωρικής ανάλυσης, εστιαζόμενο ειδικά στη χωρική διάσταση των στοιχείων
3. Αποτελεί ένα πολύ αποτελεσματικό μηχανισμό για την επίλυση χωρικών προβλημάτων μέσα από την οργάνωση,διαχείριση και μετασχηματισμό μεγάλου όγκου στοιχείων με τέτοιο τρόπο ώστε η πληροφορία να είναι προσιτή από όλους τους χρήστες.

Τα Γ.Σ.Π. διαφέρουν από τα Συστήματα Χωρικής Απεικόνισης(Σ.Χ.Α.-CAD)διότι τα πρώτα εστιάζονται στην ανάλυση χωρικών δεδομένων ενώ τα Σ.Χ.Α. κυρίως στην διαδικασία απεικόνισης. Οι αρχές που πρέπει να διέπουν ένα αποτελεσματικό Γ.Σ.Π όπως καθορίζονται από τον Κουτσόπουλο (2005) είναι:

- *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 Η/Υ, 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 Γ.Σ.Π.*

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα Γ.Σ.Π. και τα οποία βρίσκονται σε συνεχή ισορροπία και αλληλεξάρτηση είναι τα μηχανήματα (hardware),οι αλγόριθμοι (software) και τα διαθέσιμα (resourceware).Όλα αυτά χειρίζονται από τον άνθρωπο με σκοπό την συλλογή, καταχώρηση,

ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορία που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον.



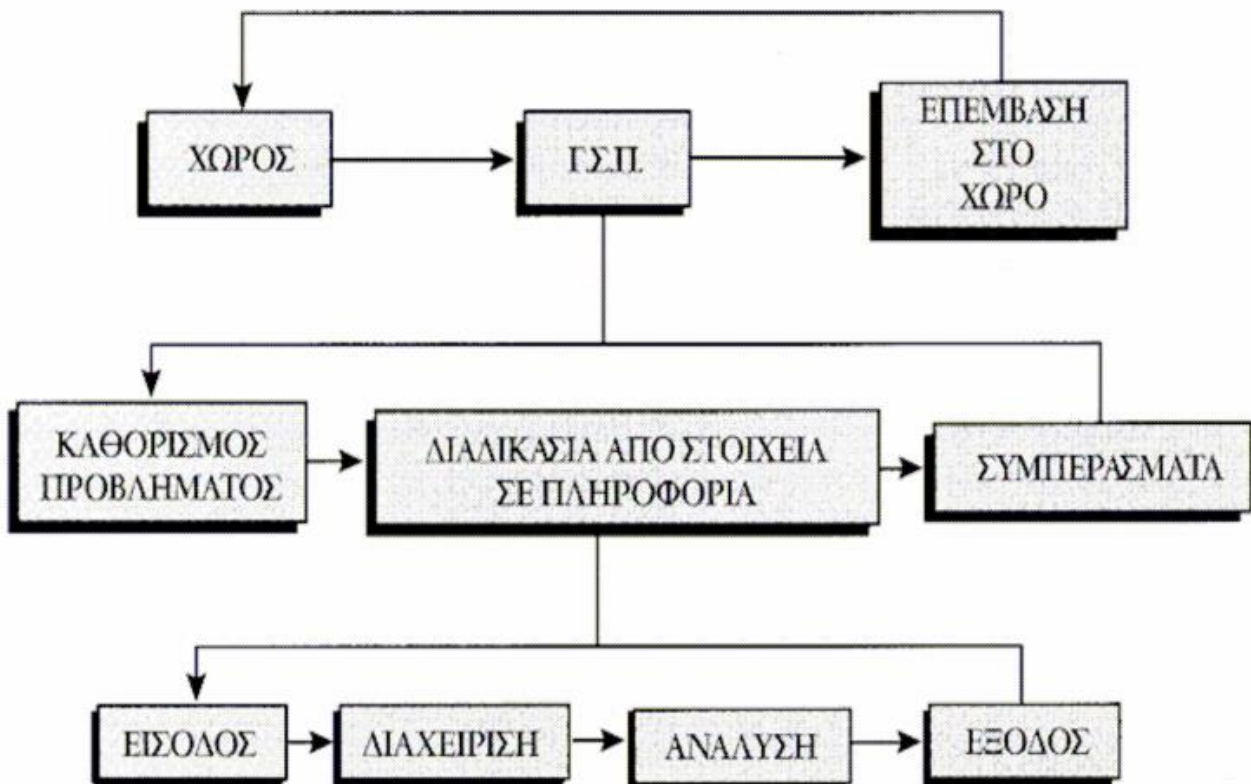
Εικόνα 3: Το σύνολο των στοιχείων που απαρτίζουν τα Γ.Σ.Π.

Πηγή: <http://educononline.com/wpcontent/uploads/2008/12/singapore-educational-consultants-gis.jpg>

Οι βασικές διαδικασίες για την ολοκλήρωση και εφαρμογή ενός Γ.Σ.Π. είναι 3:

1. Ο καθορισμός του προβλήματος
2. Η διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία
3. Τα συμπεράσματα

Στο σχήμα παρουσιάζονται αναλυτικά τα στάδια και οι διαδικασίες του στο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης χωρικής διαδικασίας όπως ορίζονται από τον Κουτσόπουλο (2005).



Σχήμα 4: Στάδια και διαδικασίες σε ένα Γ.Σ.Π  
 Πηγή: Κουτσόπουλος,2005

Γενικότερα τα Γ.Σ.Π. 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.

Τα Γ.Σ.Π. έχουν διάφορες χρήσεις. Μπορούν να λειτουργήσουν ως χαρτογραφικά εργαλεία, εργαλεία ανάλυσης χωρικών δεδομένων, σχεδιαστικά εργαλεία και ως συστήματα διαχείρισης βάσης δεδομένων.

#### 4.1.2 Πεδία εφαρμογής των Γ.Σ.Π.

Σήμερα η τεχνολογία των Γ.Σ.Π. λόγω και της διεπιστημονικότητας της ανάλυσης χώρου έχει πολλαπλές εφαρμογές σε διάφορα επιστημονικά πεδία. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάθε ζήτημα ανάλυσης και σχεδιασμού όπου υπεισέρχεται άμεσα η έμμεσα ο παράγοντας «γεωγραφικός χώρος»(Κουτσόπουλος,2005).Μερικά από τα επιστημονικά πεδία που συμβάλλουν τα Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών είναι:

- **Ο περιφερειακός σχεδιασμός:** δηλαδή η χωρική ανάλυση περιφερειακών ανισοτήτων, η διαχείριση αναπτυξιακών προγραμμάτων και βάσεων κοινωνικό-οικονομικών δεδομένων,χωροθετήσεις- κατανομές οικονομικών δραστηριοτήτων, συστήματα λήψης αποφάσεων.κτλπ
- **Αστικός Προγραμματισμός-Σχεδιασμός:** δηλαδή χωρική ανάλυση αστικών περιοχών-δήμων,κτηματολόγιο,πολιτική χρήσεων γης και αναπλάσεων,διαχείριση ολοκληρωμένων προγραμμάτων αστικής ανάπτυξης.
- **Συγκοινωνίες-Μεταφορές:** όπως και στη παρούσα διπλωματική χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση αστικών συγκοινωνιών, συστημάτων και δικτύων μεταφορών(οδικών, αεροπορικών ή ακτοπλοϊκών),πολιτική πρόληψης ατυχημάτων κλπ.
- **Περιβαλλοντικός σχεδιασμός:** όπως στη διαχείριση οικοσυστημάτων, πολιτικές πρόληψης και προστασίας, έρευνες εκτίμησης επιπτώσεων,κτλπ
- Τέλος άλλοι τομείς στους οποίους τα Γ.Σ.Π. έχουν εφαρμογή είναι σε μελέτες για **Τεχνική Υποδομή**, στη **Φορολογία**, σε μελέτες για κοινωνική **Πρόνοια**, στον **Οικονομικό Τομέα**(Ανάλυση αγοράς, εργασίας) κ.α.

#### 4.1.3 Τα Γ.Σ.Π στο Διαδίκτυο

Στην αρχή της δεκαετίας του '90, η κατοχή γεωγραφικών πληροφοριών θεωρούνταν ισχυρό προνόμιο και η απεριόριστη πρόσβαση σε ανοιχτά γεωγραφικά δεδομένα φάνταζε ουτοπική για τον μέσο χρήστη. Η ιδέα ότι ο καθένας θα μπορούσε να χρησιμοποιεί χωρίς περιορισμούς δεδομένα τα οποία έχουν συλλεχθεί από άλλους και κυρίως από κρατικούς οργανισμούς καθιερώθηκε στη συνείδηση του κοινού μετά τη ραγδαία ανάπτυξη της ταχύτητας του διαδικτύου τα τελευταία χρόνια.

Σήμερα με την ταχύτατη ανάπτυξη των τεχνολογιών στον τομέα των τηλεπικοινωνιών και της γεωπληροφορικής υπάρχει μια πληθώρα εφαρμογών και δεδομένων που ο κάθε χρήστης μπορεί να λειτουργήσει μέσω του διαδικτύου. Μερικά από τα παραδείγματα είναι ιστοσελίδες που διαχειρίζονται ανοιχτά γεωγραφικά δεδομένα, όπως αυτή του Ινστιτούτου Πληροφοριακών Συστημάτων [geodata.gov.gr](http://geodata.gov.gr) στην Ελλάδα, και διαδικτυακές εφαρμογές ΓΣΠ με λειτουργίες

εύρεσης θέσης, προορισμών και γεωεπισημάνσεις σε παγκόσμιο επίπεδο όπως είναι το OpenStreetMap, οι Χάρτες Google κ.α. Ο αριθμός των επισκεπτών ιστοσελίδων που διαχειρίζονται ανοιχτά γεωγραφικά δεδομένα και εφαρμογές γεωπληροφοριακών συστημάτων επιβεβαιώνει τη συνεχώς αυξανόμενη τάση για χρήση γεωγραφικής πληροφορίας [Haklay, Singleton, Parker (2008)]. Στα μέσα του 2005 η κυρίαρχη ιστοσελίδα γεωχωρικών δεδομένων στο Ηνωμένο Βασίλειο (MultiMap) προσελκούσε 7,3 εκατομμύρια επισκέπτες, και την ίδια χρονιά η αμερικανική MapQuest κατέγραφε 47 εκατομμύρια επισκέπτες. Μέχρι το τέλος του 2007 η ιστοσελίδα των χαρτών της Google (Google Maps) αριθμούσε 71,5 εκατομμύρια χρήστες και η εφαρμογή Google Earth -της ίδιας εταιρείας 22,7 εκατομμύρια χρήστες (Wall Street Journal, 2007). Επιπλέον, μέχρι τα μέσα του 2007 υπήρχαν περισσότερες από 50.000 νέες ιστοσελίδες οι οποίες βασίζονται στους χάρτες της Google (Tran 2007), κάτι που στο παρελθόν φάνταζε ανέφικτο κυρίως λόγω της έλλειψης των απαραίτητων τεχνικών υποδομών του διαδικτύου.

#### **4.2 Εφαρμογή των Γεωγραφικών Συστημάτων στις Μεταφορές**

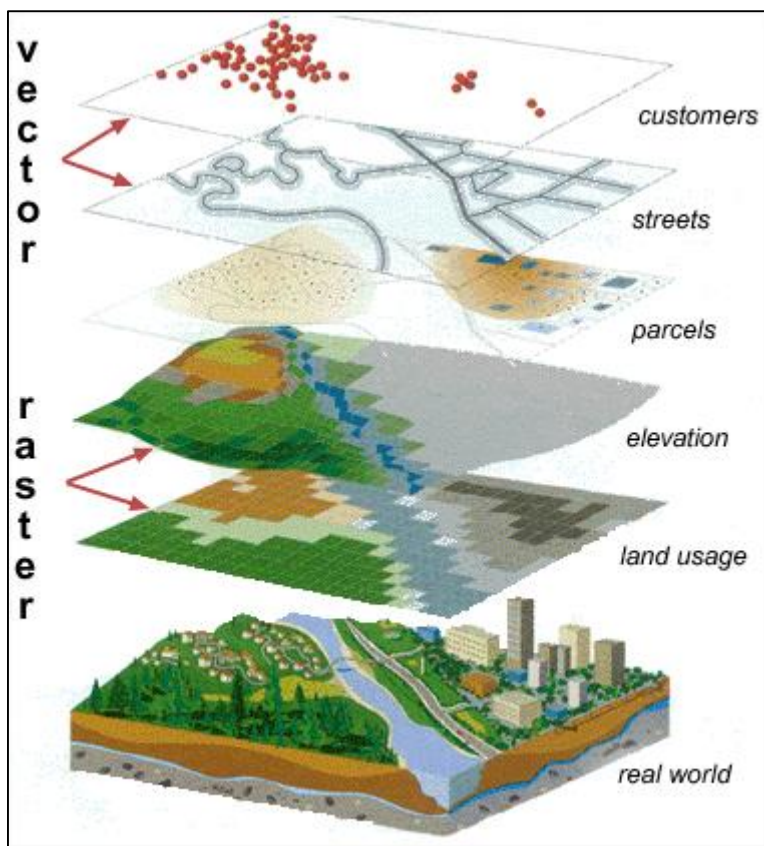
Όπως προαναφέραμε μέσα στο ευρύ φάσμα των εφαρμογών των συστημάτων Γεωπληροφορικής ανήκει και ο σχεδιασμός των μεταφορών ο οποίος έχει δεχτεί μεγάλο ενδιαφέρον με την ανάπτυξή τους. Σήμερα έχει εξελιχθεί σε ξεχωριστό κλάδο που καλείται σύμφωνα με την Αμερικάνικη Ένωση Εθνικών Οδών και μεταφορών (AASHTO) Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών για τις Μεταφορές Γ.Σ.Π-Μ (Geographic Information Systems for Transportation GIS-T). Ο κλάδος αυτός αναφέρεται στις αρχές, τις εφαρμογές και τις τεχνολογίες με τις οποίες η γεωγραφική πληροφορία αξιοποιείται για την επίλυση προβλημάτων του τομέα των μεταφορών (Miller και Shaw, 2001).

Η έρευνα στον τομέα των Γ.Σ.Π. για τις μεταφορές αναπτύσσεται προς δύο κατευθύνσεις οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους αν και διαφορετικές. Η πρώτη κατευθύνεται προς την ανάπτυξη και βελτίωση των συστημάτων ώστε να ικανοποιούν τις ανάγκες των εφαρμογών του τομέα των μεταφορών. Η δεύτερη εξετάζει με ποιους τρόπους οι υπάρχουσες εφαρμογές Γ.Σ.Π. γίνεται να αξιοποιηθούν προς βελτίωση και όφελος των μελετών για τις μεταφορές (Shaw, 2002). Τα αντικείμενα της έρευνας του κλάδου αυτού μπορούν να διακριθούν σύμφωνα με τους Shaw και Rodrigue (2009) σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. Την αναπαράσταση των δεδομένων: όπου αναζητούνται μοντέλα τα οποία μπορούν να αναπαραστήσουν τα διάφορα τμήματα των συστημάτων μεταφορών.
2. Μέθοδοι και τεχνικές ανάλυσης: όπου μελετάται κατά πόσο και με ποιο τρόπο οι μεθοδολογίες στις μεταφορές είναι δυνατό να υλοποιηθούν εντός των Γ.Σ.Π.
3. Τις Εφαρμογές: όπου αναζητούνται οι εφαρμογές οι οποίες είναι κατάλληλες για τον κλάδο αυτό.

Για την **αναπαράσταση των δεδομένων** έχουν προταθεί κατά καιρούς διάφορα μοντέλα. Κατά βάση όμως μπορούν να διακριθούν σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Το **διανυσματικό μοντέλο (vector model)**: όπου γίνεται η θεώρηση ότι ο γεωγραφικός χώρος αποτελείται από διακριτά και αναγνωρίσιμα αντικείμενα και αναπαρίστανται ως σημεία, γραμμές και πολύγωνα.
- Το **ψηφιδωτό μοντέλο (raster model)**: όπου ο γεωγραφικός χώρος θεωρείται ότι αποτελείται από χαρακτηριστικά πραγματικού κόσμου, τα οποία μεταβάλλονται συνεχώς από θέση σε θέση και αναπαρίστανται με κανονικές ή μη ψηφίδες.



Εικόνα 4: Η αρχή της υπέρθεσης των πληροφοριακών επιπέδων στα Γ.Σ.Π  
Πηγή: National Coastal data Development Centre, USA

Επίσης, λόγω της ανάγκης χρήσης μονοδιάστατων, δισδιάστατων, τρισδιάστατων αλλά και χρονικών δεδομένων στον τομέα των μεταφορών, αναπτύχθηκαν τα γενικά μοντέλα από τα οποία προήλθαν τα πολυδιάστατα (multidimensional) μοντέλα Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Τα διάφορα χωροχρονικά δεδομένα αναπαρίστανται εδώ σε τρεις διαστάσεις.

Για τον σχεδιασμό στο τομέα των μεταφορών έχουν αναπτυχθεί ειδικές **μέθοδοι και τεχνικές** ανάλυσης που εφαρμόζονται στα GIS-T. Οι κυριότερες από αυτές που προήλθαν από τον συγκεκριμένο τομέα είναι (Rodrigue, 2009):

- **Η ανάλυση δικτύων (Network Analysis):** η οποία είναι και γνωστή ως η θεωρία των γραφών. Χρησιμοποιείται για την μελέτη της μορφής και δομής των δικτύων μεταφορών και εμπεριέχει τεχνικές και μεθόδους όπως η εύρεση της συντομότερης διαδρομής (Shortest path), το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων (vehicle routing problem) ή του πλανόδιου πωλητή (traveling salesman problem). Γενικά η ανάλυση δικτύων χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους.
- **Η ανάλυση αλληλεπιδράσεων χρήσεων γης και μεταφορών (Land use-transport interactions):** η οποία αναπτύσσει ένα πλήθος μοντέλων αυξανόμενης πολυπλοκότητας και χρησιμοποιείται από πεδία όπως τα συστήματα μεταφορών, η γεωγραφία και η πολεοδομία.
- **Η διαδικασία πρόβλεψης της ζήτησης μετακινήσεων σε 4 στάδια (Four-stage Urban transportation modeling):** η οποία περιλαμβάνει τεχνικές για τη γένεση και κατανομή μετακινήσεων, τον καταμερισμό μέσων και δικτύων και χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη και κατανόηση αστικών χωρικών προτύπων.
- **Τα μοντέλα κυκλοφοριακής ροής (Traffic flow models):** τα οποία έχουν σαν αντικείμενο την μελέτη και πρόβλεψη της φόρτισης των οδικών και άλλων δικτύων σε κανονικές ή ιδεατές συνθήκες. Μερικά από αυτά τα μοντέλα είναι της μέγιστης ροής, της ροής ισορροπίας ή της ροής ελάχιστου κόστους του δικτύου.
- **Τα μοντέλα χωροθέτησης-κατανομής (Location-allocation models):** τέτοια μοντέλα για παράδειγμα μπορεί να είναι της μέγιστης κάλυψης, του συνόλου της κάλυψης, των π-κέντρων κ.α. Χρησιμοποιούνται κυρίως για χωροθέτηση εγκαταστάσεων και άλλων οντοτήτων.

Τα GIS-T έχουν ένα ευρύ φάσμα **εφαρμογών** στον τομέα των μεταφορών και χρησιμοποιούνται από πολλές εταιρείες σχετικές με το συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο. Τέτοιες εφαρμογές μπορεί να είναι η διαχείριση της κυκλοφορίας, διάφορες αναλύσεις ζήτησης για τις μεταφορές, ο σχεδιασμός δημόσιων συγκοινωνιών, τα έξυπνα συστήματα μεταφορών, η διαχείριση στόλου οχημάτων και πολλά άλλα. Με την τεράστια τεχνολογική ανάπτυξη των τελευταίων χρόνων εμφανίζονται και νέες εφαρμογές με χρήση του διαδικτύου (Internet –based) καθώς και εφαρμογές που συνδυάζουν το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού (GPS) και τα GIS-T όπως τα κυκλοφοριακά δεδομένα πραγματικού χρόνου (real-time traffic information) (Rodrigue,2009).



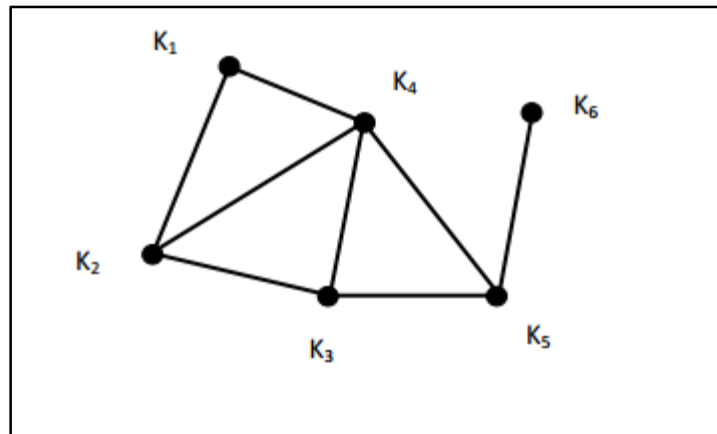
## 4.3 Ανάλυση Δικτύου (network analysis)

### 4.3.1 Θεωρητική προσέγγιση

Η ανάλυση δικτύων αποτελεί ένα επιστημονικό πεδίο το οποίο έχει τεράστια πρόοδο τις τελευταίες δεκαετίες. Βασίζεται στη θεωρία των γραφών και τα μοντέλα δεδομένων δικτύων και αναλύει πραγματικά δίκτυα μεταφορών.

Η **θεωρία των γραφών** 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. Βασικές έννοιες αυτής της θεωρίας είναι:

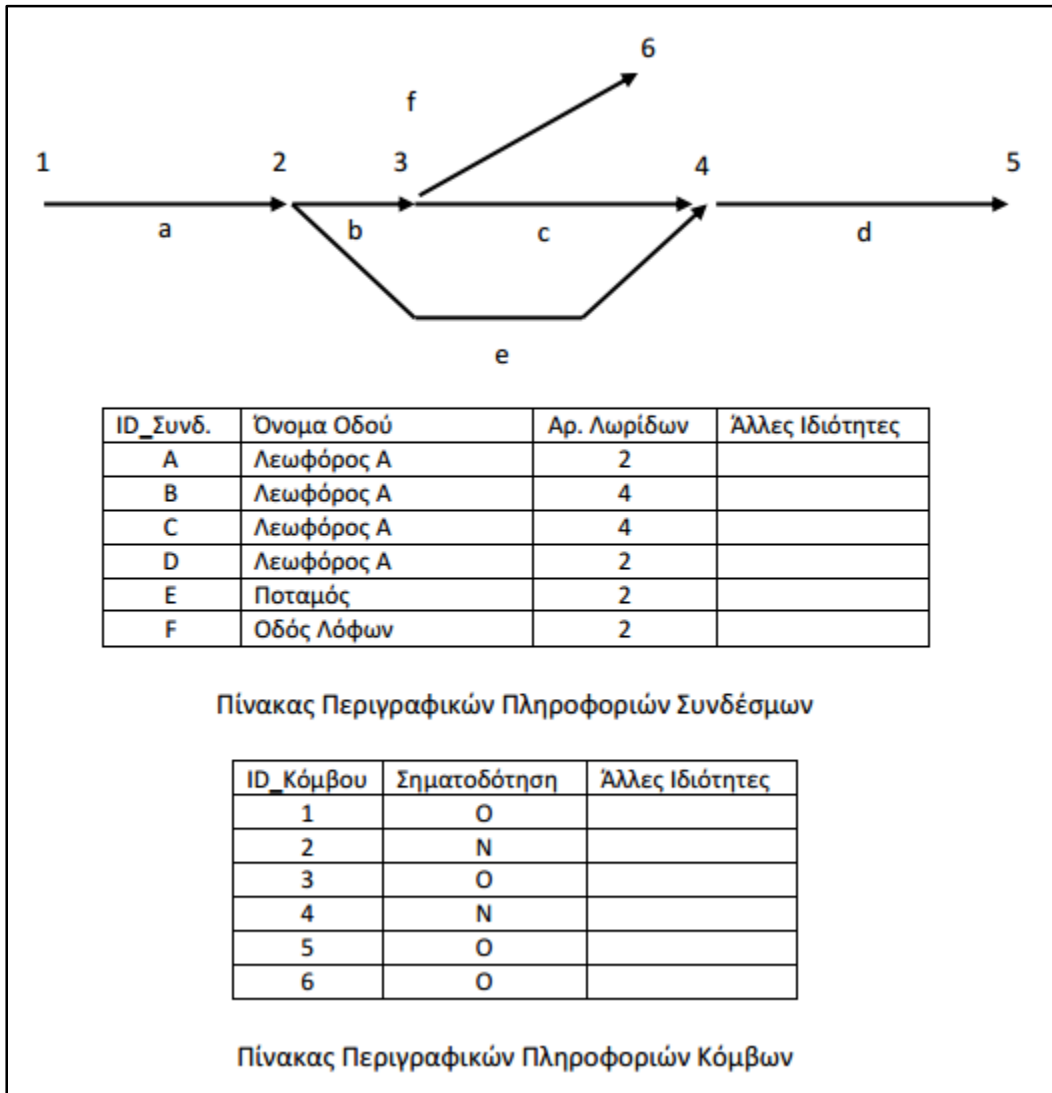
- Ο Γράφος(ένα σύνολο κόμβων  $K$  που συνδέονται με ακμές  $A$ )
- Ο Κόμβος(node)  $K$ (είναι ένα τερματικό σημείο ή σημείο σύνδεσης του γράφου. Αποτελεί την αναπαράσταση μιας θέσης)
- Η Ακμή(edge)  $A$  (είναι ένας σύνδεσμος μεταξύ δύο κόμβων. Αποτελεί την αναπαράσταση ενός τμήματος που παρέχει τη δυνατότητα μετακίνησης ανάμεσα σε δύο κόμβους και μπορεί να έχει κατεύθυνση.)



Σχήμα 5: Παράδειγμα Γράφου  $\Gamma(K,A)$   
Πηγή: Στεφανάκης,2003

Τα **μοντέλα δεδομένων δικτύων** (Network Data Models) είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιημένα εννοιολογικά μοντέλα αναπαράστασης δεδομένων δικτύων, σε περιβάλλον Γ.Σ.Π. Τα εννοιολογικά μοντέλα περιγράφουν την οργάνωση των δεδομένων σε υψηλό επίπεδο αφαίρεσης, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τα ζητήματα της υλοποίησης βάσεων δεδομένων (Atzeni, 1999). Στα περισσότερα Γ.Σ.Π τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται ταξινομούν τα δεδομένα σε επίπεδα (Layers), τα οποία αντιπροσωπεύουν μια διαφορετική κατηγορία γεωγραφικών οντοτήτων. Αυτή η λειτουργία ονομάζεται προσέγγιση βασισμένη σε επίπεδα (layer-based approach) (Rodrigue,

2009). Το πιο απλό μοντέλο δεδομένων δικτύων παρέχει τη βασική αναπαράσταση της γεωμετρίας του δικτύου και περιλαμβάνει κόμβους, συνδέσμους και τις μεταξύ τους συσχετίσεις. Το λογικό μοντέλο που προκύπτει περιλαμβάνει τους πίνακες των κόμβων και των συνδέσμων (Rodrigue , 2009). Εκείνο το μοντέλο όμως που παρέχει δυνατότητες για εφαρμογές χαρτογραφίας γεωκωδικοποίησης και δρομολόγησης είναι το γεωσχεσιακό μοντέλο (geo-relational model) όπου διαχωρίζονται οι χωρικές από τις περιγραφικές πληροφορίες. Δημιουργείται ένα λογικό μοντέλο χωρικών δεδομένων με τη γεωμετρική και τοπολογική πληροφορία και η περιγραφική πληροφορία διατηρείται σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων (Longley et al., 2001).

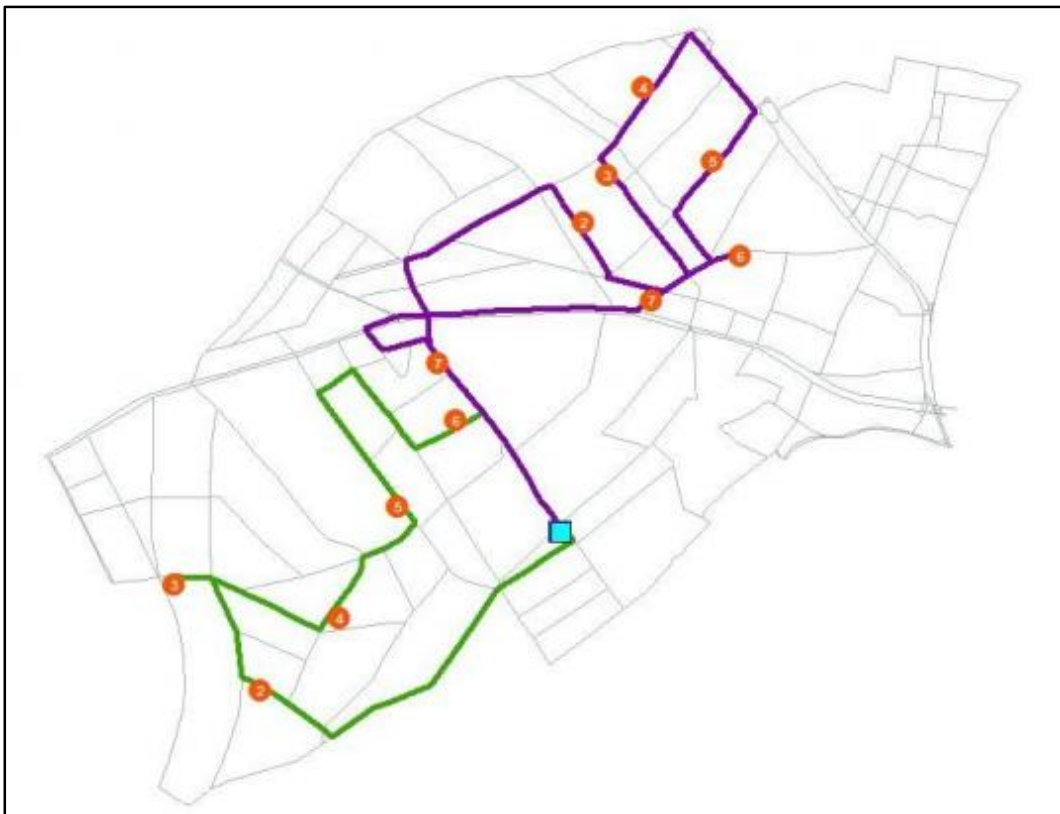


Σχήμα 6: Παράδειγμα γεωσχεσιακού μοντέλου δεδομένων  
 Πηγή: Goodchild, 1998



Άλλες επιλογές αναφέρονται στο **πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή** (travelling salesman problem) το οποίο συνίσταται στον καθορισμό διαδρομής με το ελάχιστο κόστος που συνδέει ένα σύνολο κόμβων έτσι ώστε σε κάθε κόμβο να γίνεται μία επίσκεψη. Η διαδρομή αρχίζει και τελειώνει σε θέσεις που καλούνται τερματικοί σταθμοί (Fisher, 1995).

**Β) Η δρομολόγηση των οχημάτων** (vehicle routing problem): στοχεύει στην διαχείριση ενός στόλου οχημάτων με σκοπό την δρομολόγηση τους βάσει των αναγκών κάθε οργανισμού. Σε αυτό το πρόβλημα ένας προκαθορισμένος αριθμός οχημάτων πρέπει να δρομολογηθεί για να εξυπηρετεί συγκεκριμένα σημεία ζήτησης, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το κόστος μεταφοράς και να μην παραβιάζεται η χωρητικότητα των οχημάτων. Τα οχήματα ξεκινούν και τελειώνουν σε μία θέση που καλείται τερματικός σταθμός.



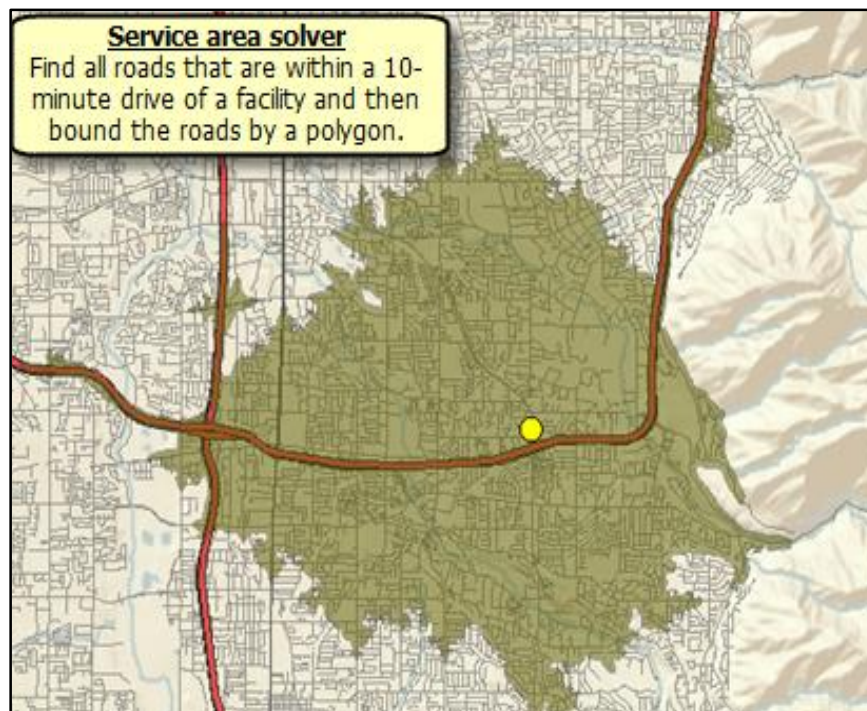
Εικόνα 6: Παράδειγμα δρομολόγησης 2 οχημάτων με 12 σημεία ζήτησης και 1 τέρμα  
Πηγή: Σπαθόπουλος, 2011

**Γ) Η επιλογή του πλησιέστερου σημείου εξυπηρέτησης** (closest facility problem): Είναι μια γενίκευση της εύρεσης της συντομότερης διαδρομής στην οποία είναι γνωστό το ένα άκρο της διαδρομής. Ενώ για το δεύτερο υπάρχει μια σειρά από υποψήφιες θέσεις που επιλέγεται η πλησιέστερη. 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.



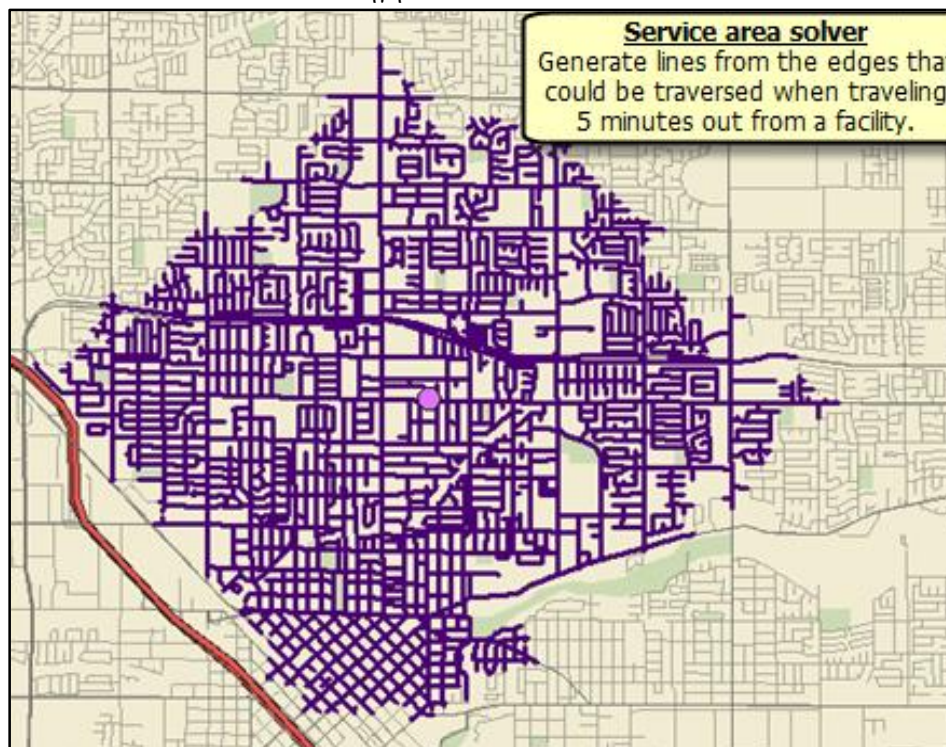
Εικόνα 7:Εύρεση Πλησιέστερης Εγκατάστασης (αστυνομικού οχήματος) σε σχέση με περιστατικό.  
Πηγή:ArcGISOnlineHelpESRI

Δ) Ο προσδιορισμός της περιοχής εξυπηρέτησης (service area problem): είναι η δημιουργία μιας ζώνης σύμφωνα με ένα όριο μεγίστου διαδρομής γύρω από ένα κέντρο (σημείο εξυπηρέτησης),έτσι ώστε όλα τα τμήματα του δικτύου εντός της ζώνης να έχουν διαδρομή προς το σημείο μικρότερη του ορίου.



Εικόνα 8: Εύρεση περιοχών εξυπηρέτησης με πολύγωνο προς την εγκατάσταση με εκτιμώμενο χρόνο 10 λεπτά οδήγησης

Πηγή: ArcGISonlineESRI

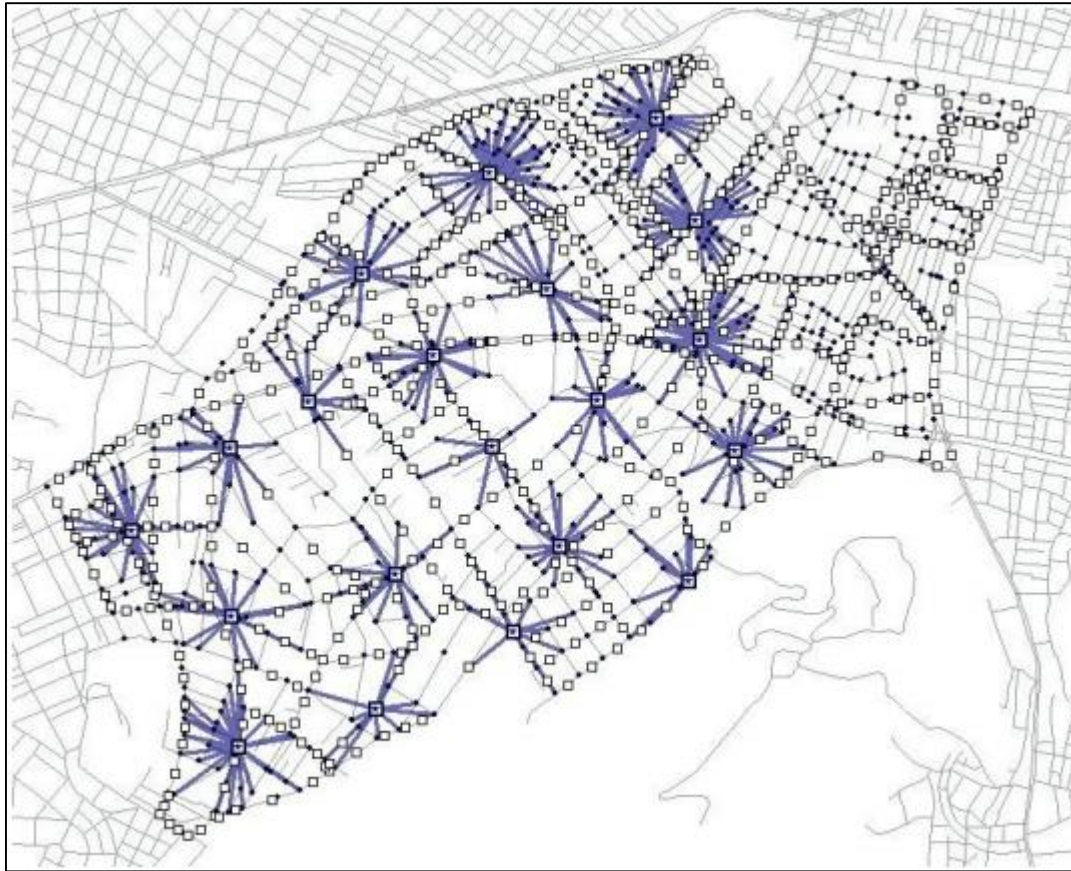


Εικόνα 9: Εύρεση περιοχών εξυπηρέτησης βάσει γραμμών με εκτιμώμενο χρόνο 5 λεπτών από την εγκατάσταση

Πηγή: ArcGISonlineESRI

Ε)Τέλος ένα άλλο πιο σύνθετο πρόβλημα της Ανάλυσης δικτύων είναι αυτό της **χωροθέτησης κατανομής** (location – allocation problem).Στη γενική του μορφή, με δεδομένο ένα χωρικό σύστημα ζήτησης, το ζητούμενο είναι να χωροθετηθούν κέντρα παροχής υπηρεσιών και να περιφερειοποιηθεί ο χώρος ως προς τα κέντρα αυτά κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο (Κουτσόπουλος 2002) χωροθέτηση. Η χωροθέτηση και η κατανομή μπορεί να βοηθήσει για να κρατηθούν σταθερά και χαμηλά τα γενικά έξοδα και η υψηλή προσβασιμότητα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βελτιστοποίηση κάποιας αντικειμενικής συνάρτησης όπου μεγιστοποιείται το όφελος ή ελαχιστοποιείται η απώλεια. Στη γενική μορφή εισάγονται περιορισμοί που αφορούν τη ζήτηση ή την εξυπηρέτηση και διατυπώνονται εναλλακτικές αντικειμενικές συναρτήσεις και υποθέσεις. Με αυτό το τρόπο προκύπτει μια ποικιλία χωροθετικών προβλημάτων(Φώτης,2010).Τα κυριότερα από αυτά που χρησιμοποιούνται ευρύτατα και στο τομέα των μεταφορών είναι:

- Το πρόβλημα π-διάμεσος (p-median) όπου ζητείται η χωροθέτηση π σημείων εξυπηρέτησης, ώστε να ελαχιστοποιείται η συνολικά διανυόμενη απόσταση των σημείων ζήτησης προς αυτά.
- Το πρόβλημα π-κέντρο (p-center) όπου η χωροθέτηση των σημείων ζητείται να ελαχιστοποιεί ή να μεγιστοποιεί την απόσταση διαδρομής του πιο απομακρυσμένου σημείου ζήτησης για το πλησιέστερο σημείο εξυπηρέτησης
- Το πρόβλημα του συνόλου κάλυψης (set covering) όπου χωροθετείται ο ελάχιστος αριθμός σημείων εξυπηρέτησης με τρόπο ώστε το κάθε σημείο ζήτησης να απέχει λιγότερο από μια δοσμένη απόσταση από το κοντινότερο σημείο εξυπηρέτησης.
- Το πρόβλημα μέγιστης κάλυψης (maximum covering) όπου χωροθετούνται σημεία εξυπηρέτησης με στόχο τη μεγιστοποίηση της ικανοποίησης της ζήτησης στα πλαίσια περιορισμών που θέτονται (πχ. Η ζήτηση να βρίσκεται εντός ορίου απόστασης κλπ.).



Εικόνα 10: Παράδειγμα Χωροθέτησης κατανομής 20 σημείων (Μέγιστη Κάλυψη)  
Πηγή :Σπαθόπουλος 2011



## 4.4 Μεθοδολογία εφαρμογής.

### 4.4.1 Στάδια

Η εφαρμογή στην περιοχή μελέτης ολοκληρώθηκε σε δύο στάδια, το στάδιο της αποτύπωσης-ανάλυσης και το στάδιο του ανασχεδιασμού.

**Αρχικά στο πρώτο στάδιο** επεξεργάστηκαν τα δεδομένα στο περιβάλλον του προγράμματος ώστε καταστεί δυνατή η αποτύπωση και η περαιτέρω ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης. Στη συνέχεια ακολούθησε η αξιολόγηση του υφιστάμενου δικτύου δημοτικής συγκοινωνίας βάσει των κριτηρίων που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Αυτό το στάδιο μπορεί να θεωρηθεί ως μια ανάλυση χώρου.

Η Ανάλυση του Χώρου αναφέρεται στην φύση των χωρικών κατανομών, τις χωρικές διαδικασίες, τις περιφερειοποιήσεις και τις χωρικές διαφοροποιήσεις. Ο Κουτσόπουλος (1979) ορίζει την Ανάλυση Χώρου ως την 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 αλληλεξαρτήσεων 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.

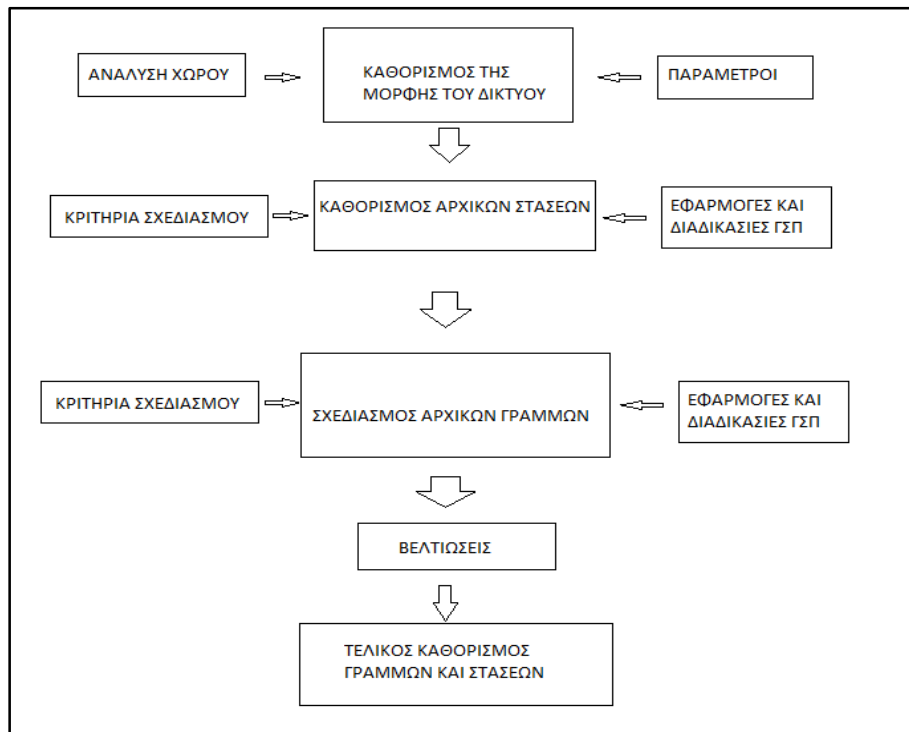
**Στο δεύτερο στάδιο** από την ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης προκύπτει ότι το το δίκτυο δημοτικής συγκοινωνίας καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του Δήμου Αμαρουσίου ωστόσο υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης της συνολικότερης αποδοτικότητας του μέσα από τον ανασχεδιασμό του βάσει των γενικών κριτηρίων σχεδιασμού. Η μεθοδολογία που θα παρουσιαστεί παρακάτω έχει σαν στόχο την επίλυση προβληματικών σημείων του δικτύου που μειώνουν την συνολική αποδοτικότητα, στο βαθμό που αυτά είναι δυνατόν. Τέτοια προβλήματα εντοπίζονται στην κυκλοφοριακή συμφόρηση, σε περιοχές που δεν υπάρχει κάλυψη στην εξυπηρέτηση και στην περιττή αύξηση των εξόδων λειτουργίας λόγω προβληματικών σημείων

σύμφωνα με τα κριτήρια σχεδιασμού. Από αυτό το γεγονός προκύπτουν οι επιμέρους στόχοι της μεθοδολογίας ανασχεδιασμού οι οποίοι είναι:

- Η μείωση του λειτουργικού κόστους
- Η μεγιστοποίηση της χρήσης
- Η αύξηση του επιπέδου ποιότητας εξυπηρέτησης
- Η πληρέστερη κάλυψη της περιοχής εξυπηρέτησης
- Η μείωση της επιβάρυνσης του δικτύου στο αστικό περιβάλλον του δήμου

### Βήματα

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε παρουσιάζεται σε μορφή διαγράμματος στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 7: Διάγραμμα ροής μεθοδολογίας ανασχεδιασμού

Από την προηγούμενη ανάλυση-αξιολόγηση και τις παραμέτρους σχεδιασμού σύμφωνα με τους στόχους στο αρχικό στάδιο καθορίζεται η μορφή του δικτύου. Στη συνέχεια μέσω διαδικασιών του λογισμικού καθορίζονται κάποιες αρχικές στάσεις, με βάση τις οποίες στο επόμενο βήμα σχεδιάζονται οι αρχικές διαδρομές με τη βοήθεια εργαλείων του λογισμικού. Ακολουθούν οι διάφορες βελτιώσεις και τελειοποιήσεις του δικτύου για να παραχθεί το τελικό αποτέλεσμα.

Επισημαίνεται ότι μέσω αυτής της μεθοδολογίας δεν προκύπτουν οι συχνότητες των δρομολογίων ούτε το χρονοδιάγραμμα κίνησης των λεωφορείων διότι απαιτείται ξεχωριστή μελέτη. Ωστόσο με μια ενσωμάτωση ενός real-time tracking 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.

#### 4.4.2 Τα εργαλεία

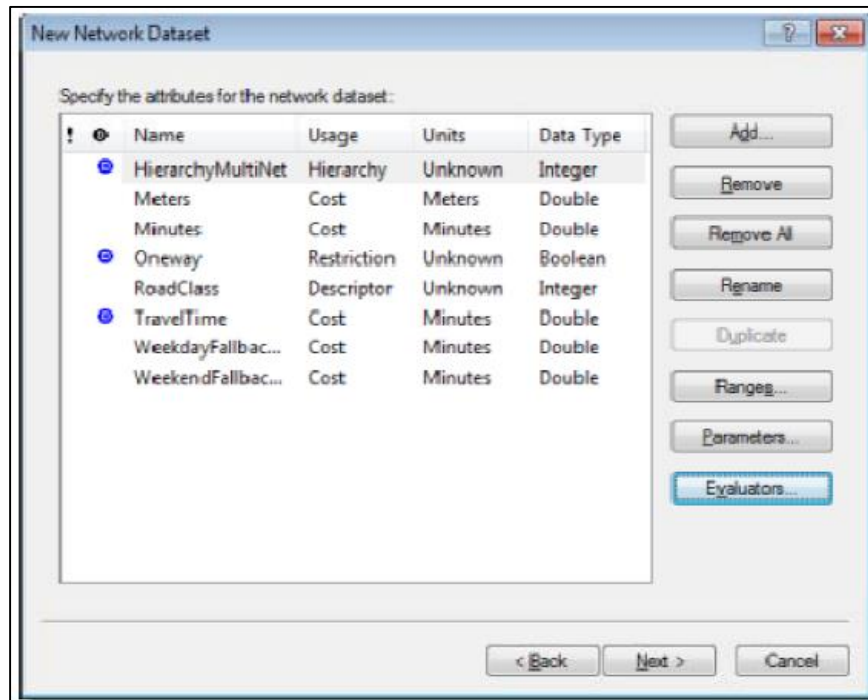
Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ArcGIS 10. Το βασικό εργαλείο του προγράμματος που μας δίνει τη δυνατότητα να λύσουμε τα προβλήματα της ανάλυσης δικτύων που προαναφέραμε είναι το NetworkAnalyst. Μέσω αυτού του εργαλείου μπορούν να δημιουργηθούν δυναμικά μοντέλα 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. Αφότου δημιουργηθεί η βάση δεδομένων το Network Analyst διαθέτει τις κατάλληλες εφαρμογές και υποεργαλεία για το εκάστοτε πρόβλημα που θέλουμε να λύσουμε. Τέτοια υποεργαλεία του Network Analyst είναι:

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 )

Για την λειτουργία αυτών των εφαρμογών τα κυριότερα στοιχεία που χρειάζεται να έχει η βάση δεδομένων για ένα δίκτυο οδών είναι:

- **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.
- **Μονοδρομήσεις.** 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 φαίνεται ένα παράδειγμα μιας τέτοιας βάσης με τα στοιχεία της.



Εικόνα 11: Παράδειγμα βάσης δεδομένων δικτύου  
Πηγή: ArcGISDesktop 10 NetworkAnalystTutorial

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρήθηκε να γίνει μια θεωρητική προσέγγιση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, τον ρόλο τους στην επίλυση προβλημάτων στις μεταφορές και των μεθόδων και τεχνικών με τις οποίες αυτά συμβάλλουν στον τομέα των μεταφορών. Επίσης έγινε παρουσίαση της ανάλυσης δικτύου της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία και αναπτύχθηκε η μεθοδολογία εφαρμογής στην περιοχή μελέτης.

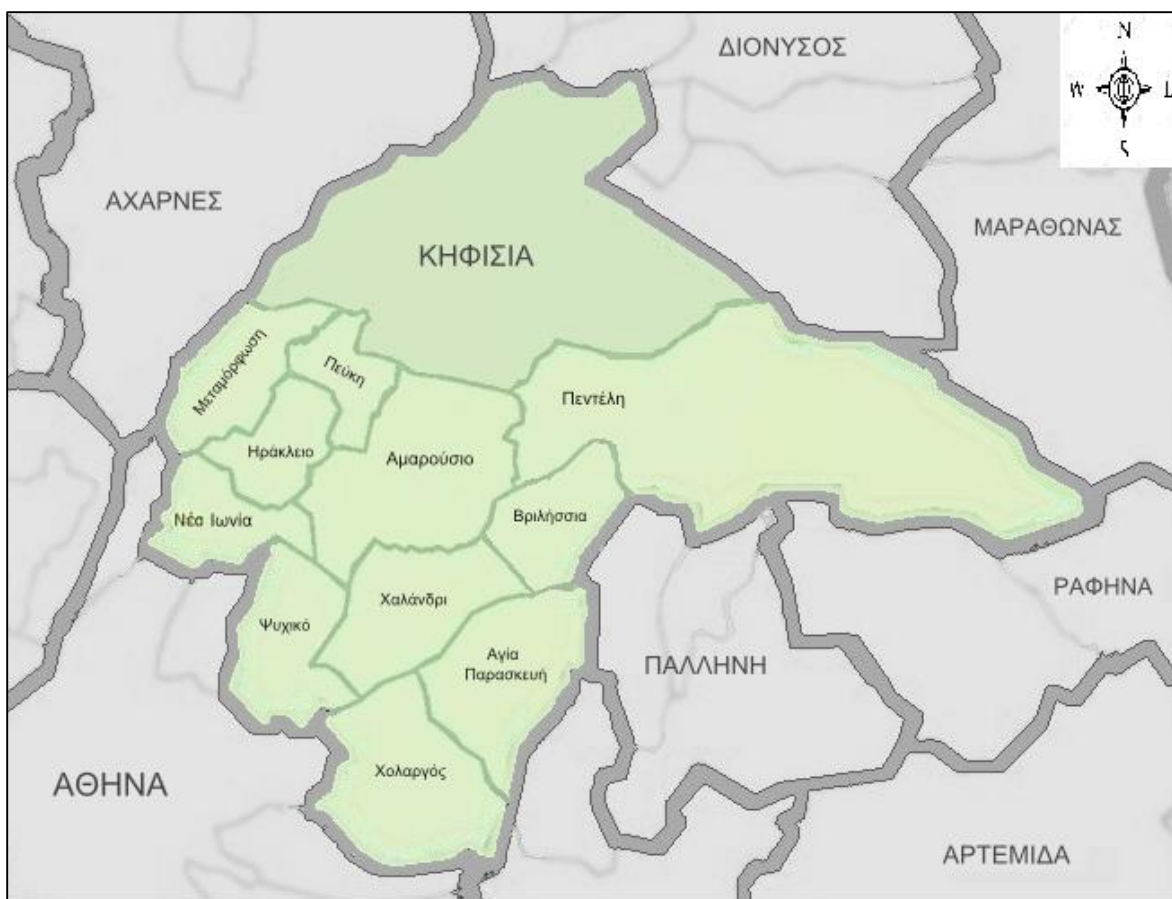
## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ**

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 αυτού του κεφαλαίου της διπλωματικής εργασίας. Μέσα από αυτά τα εργαλεία μπορεί να γίνει ανάλυση, αξιολόγηση, σχεδιασμός και βελτίωση διαφόρων συστημάτων αστικής συγκοινωνίας. Λαμβάνοντας υπόψη τις αρχές της 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. Η εφαρμογή στην περιοχή μελέτης ολοκληρώθηκε σε δύο στάδια, το στάδιο της ανάλυσης-αποτύπωσης και το στάδιο του ανασχεδιασμού.

### **5.1 Περιοχή μελέτης**

#### **5.1.1 Γεωγραφική θέση της περιοχής.**

Ο Δήμος Αμαρουσίου ανήκει διοικητικά στην Νομαρχία Αθηνών. Ειδικότερα ανήκει στον Ανατολικό Περιφερειακό Τομέα ο οποίος περιλαμβάνει τους εξής Δήμους και Κοινότητες: Αγ. Παρασκευής, Αμαρουσίου, Βριλησίων, Εκάλης, Ηρακλείου, Κηφισιάς, Λυκόβρυσης, Μελισσίων, Μεταμόρφωσης, Ν. Ερυθραίας, Ν. Ιωνίας, Ν. Πεντέλης, Ν. Ψυχικού, Παπάγου, Πεντέλης, Πεύκης, Φιλοθέης, Χαλανδρίου, Χολαργού, Ψυχικού. Ο Δήμος είναι ένας από τους μεγαλύτερους σε έκταση δήμους του πολεοδομικού συγκροτήματος των Αθηνών με 13,093 τετραγωνικά χιλιόμετρα και συνορεύει με τους Δήμους Χαλανδρίου, Φιλοθέης, Ν.Ιωνίας, Ηρακλείου, Πεύκης, Κηφισιάς, Μελισσίων, Βριλησίων. Στον παρακάτω χάρτη φαίνεται η γεωγραφική του θέση σε σχέση με τους όμορους του δήμους.



Χάρτης 1:Γεωγραφική θέση Δήμου Αμαρουσίου

### 5.1.2 Φυσικό περιβάλλον

Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής του Αμαρουσίου διαμορφώνεται ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης παρουσίας και του αστικού τοπίου και λιγότερο των φυσικών παραγόντων. Εντούτοις υπάρχουν πολλές σημαντικές εστίες πρασίνου και γίνεται σημαντική προσπάθεια διατήρησης και αύξησής τους μέσω της ειδικής υπηρεσίας πρασίνου του δήμου. Οι κυριότερες από αυτές τις εστίες είναι:

#### Το άλσος Συγγρού- Κτήμα Καρέλλα

Το Άλσος του κτήματος Συγγρού, καλύπτει μια έκταση 950 στρεμμάτων, εκ των οποίων τα 700 και πλέον αποτελούν ένα μοναδικό φυσικό δάσος. Ο χώρος περιλαμβάνει τρία σημαντικά κτίρια: την έπαυλη Συγγρού, το παρεκκλήσι του Αγίου Ανδρέα και ένα κτίριο πολιτιστικών εκδηλώσεων, χαρακτηρισμένα ως διατηρητέα. Σύμφωνα με τις επιταγές του κληροδοτήματος της Ιφιγένειας Συγγρού, το Κτήμα πρέπει να συμβάλλει στην ανάπτυξη της ελληνικής γεωργίας και στην άνοδο του επαγγελματικού και πολιτιστικού επιπέδου των Ελλήνων αγροτών και να προσφέρει στους

κατοίκους του Λεκανοπεδίου και των όμορων Δήμων ένα μητροπολιτικό χώρο πρασίνου και δασικής αναψυχής υψηλής οικολογικής ποιότητας.



Εικόνα 12:Κτήμα Συγγρού

Πηγή: Ελευθεροτυπία, Παρασκευή 30-10-2015

Το κτήμα Καρέλλα, είναι ένας από τους σημαντικότερους χώρους πρασίνου της ευρύτερης βόρειας περιοχής της Αττικής. Πρόκειται για έναν χώρο ιδιοκτησίας του Δήμου Αμαρουσίου, συνολικής έκτασης 128.000 τ.μ. περίπου, εκ των οποίων τα 27.500 τ.μ. είναι χαρακτηρισμένα ως δασική έκταση. Το κτήμα Καρέλλα εκτείνεται στο βορειοανατολικό μέρος του δήμου Αμαρουσίου και κατά μήκος των ανατολικών συνόρων του Δάσους Συγγρού.

#### Κτήμα Ιππικού Ομίλου- Μιμικοπούλου

Στο νότιο τμήμα της πόλης του Αμαρουσίου και σε μικρή απόσταση από την Λ. Κηφισίας, βρίσκεται ο χώρος του Ιππικού Ομίλου. Η έκταση του οικοπέδου είναι 22.500 τ.μ. περίπου. Πρόκειται για μια κατάφυτη έκταση, η οποία χρησιμοποιείται για ιππασία.

Πολύ κοντά στο χώρο αυτό βρίσκεται και το κτήμα Μιμικοπούλου. Το οικόπεδο καταλαμβάνει έκταση 35.000 τ.μ. εκ των οποίων τα 20.000 τ.μ. είναι δεντροφυτεμένα με μεγάλα δέντρα, όπως κυπαρίσσια, πεύκα και ελαιόδεντρα και είναι χαρακτηρισμένα ως δασική έκταση.

#### Ρέματα

Στην περιοχή του Αμαρουσίου, υπάρχουν δύο μεγάλα ρέματα που ξεκινούν από την Πεντέλη, και διασχίζουν τον Δήμο. Το πρώτο είναι το ρέμα Αμαρουσίου (Κοκκιναρά) στα βόρεια και το

δεύτερο είναι το ρέμα Πεντέλης – Χαλανδρίου στα ανατολικά το οποίο αποτελεί και το φυσικό ανατολικό όριο του Δήμο Αμαρουσίου με τον Δήμο Χαλανδρίου. Στα εν λόγω ρέματα, καταλήγουν αρκετά άλλα μικρότερα ρέματα που διασχίζουν την περιοχή του Αμαρουσίου.



Εικόνα 13:Ρέμα Πεντέλης Χαλανδρίου  
Πηγή: el.Wikipedia.org

### 5.1.3 Ανθρωπογενές Περιβάλλον

#### Πληθυσμιακά στοιχεία

Ο δήμος Αμαρουσίου σύμφωνα με την τελευταία απογραφή της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής(ΕΛ.ΣΤΑΤ,2011) αριθμεί 72.333 κατοίκους. Είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος σε πληθυσμό δήμος των βορείων προαστίων μετά το Χαλάνδρι που αριθμεί 74.192 κατοίκους. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η πληθυσμιακή εξέλιξη του Δήμου τα τελευταία 40 χρόνια σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος(Ε.Σ.Υ.Ε).

Πληθυσμιακή Εξέλιξη Αμαρουσίου						
Χρονολογία	Πληθυσμός	Έκταση	Πυκνότητα	Προστιθείς Πληθυσμός	Αύξηση	Αθροιστική Αύξηση
1971	27.000 κάτοικοι	13,093 χμ <sup>2</sup>	2.062 κάτοικοι/χμ <sup>2</sup>			
1981	48.151 κάτοικοι	13,093 χμ <sup>2</sup>	3.678 κάτοικοι/χμ <sup>2</sup>	+21.151 κάτοικοι	+78,33%	727,47%
1991	64.092 κάτοικοι	13,093 χμ <sup>2</sup>	4.895 κάτοικοι/χμ <sup>2</sup>	+15.941 κάτοικοι	+33%	760%
2001	71.551 κάτοικοι	13,093 χμ <sup>2</sup>	5.464 κάτοικοι/χμ <sup>2</sup>	+7.459 κάτοικοι	+11,63%	772,1%
2011	72.333 κάτοικοι	13,093 χμ <sup>2</sup>	5.536 κάτοικοι/χμ <sup>2</sup>	+782 κάτοικοι	+1,09%	773,19%

Πίνακας 3: Πληθυσμιακή εξέλιξη Δήμου Αμαρουσίου  
Πηγή:Ε.Σ.Υ.Ε., 2011

Παρατηρώντας τον πίνακα γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι την δεκαετία 1971-1981 πραγματοποιήθηκε η μεγαλύτερη πληθυσμιακή αύξηση με ρυθμό 78,33% ακολουθώντας από τότε φθίνουσα πορεία. Επιπλέον την τελευταία δεκαετία η πληθυσμιακή εξέλιξη παρουσιάζει τάσεις κορεσμού έχοντας μεγάλη πληθυσμιακή πυκνότητα.



## Οικονομικές δραστηριότητες-Παραγωγικός τομέας

Το εργατικό δυναμικό στο Δήμο καθώς και συγκριτικά στοιχεία τόσο μεταξύ των δεκαετιών 1991-2001, όσο και σε σχέση με τις περιοχές αναφοράς της Νομαρχίας Αθηνών, την Αττική και του συνόλου της χώρας παρουσιάζονται στο πίνακα που ακολουθεί.

	Δήμος Αμαρουσίου	ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ		
		Ν.Αθήνας	Αττική	Χώρα
<b>Απασχόληση</b>				
Οικονομικά ενεργοί (εργατικό δυναμικό) 1991	25.235	1.062.813	1.391.839	3.867.859
Οικονομικά ενεργοί (εργατικό δυναμικό) 2001	32.930	1.286.896	1.746.401	4.615.470
Ποσοστιαία μεταβολή εργατικού δυναμικού 1991-2001	30,5%	21,1%	25,5%	19,3%

Πίνακας 4: Εργατικό δυναμικό του Δήμου Αμαρουσίου

Πηγή: ΕΣΥΕ, 2001

Εδώ παρατηρούμε ότι το εργατικό δυναμικό του δήμου αυξάνεται με ταχύτερο ρυθμό από τον αντίστοιχο ρυθμό των περιοχών αναφοράς, ενδεικτικά ο ρυθμός αύξησης στα διοικητικά όρια του δήμου αγγίζει το 30% έναντι του 21% της Νομαρχίας Αθηνών.

Οι οικονομικές δραστηριότητες στις οποίες εξειδικεύεται κυρίως ο δήμος αφορούν κυρίως των τριτογενή τομέα και ειδικότερα το εμπόριο και την παροχή υπηρεσιών. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία της οικονομικής δραστηριότητας στον Δήμο για τις δεκαετίες 1991-2001, επίσης οι δείκτες που εξάγονται συγκρίνονται με τους αντίστοιχους δείκτες της Ν. Αθηνών, της Περιφέρειας Αττικής και του συνόλου της χώρας.

	ΣΥΝΟΛΟ ΟΤΑ	ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ		
		Ν.Αθήνας	Αττική	Χώρα
<b>Διάρθρωση οικονομικής δραστηριότητας 1991-2001</b>				
Αναλογία του Πρωτογενή τομέα στους οικον ενεργούς 1991	0,5%	0,3%	1,2%	17,3%
Αναλογία του Δευτερογενή τομέα στους οικον ενεργούς 1991	19,1%	22,7%	23,8%	22,5%
Αναλογία του Τριτογενή τομέα στους οικον ενεργούς 1991	80,5%	77,1%	75,0%	60,2%
Αναλογία του Πρωτογενή τομέα στους οικον ενεργούς 2001	0,6%	0,5%	1,3%	13,4%
Αναλογία του Δευτερογενή τομέα στους οικον ενεργούς 2001	16,4%	20,8%	22,0%	20,7%
Αναλογία του Τριτογενή τομέα στους οικον ενεργούς 2001	83,0%	78,7%	76,7%	65,9%
Μεταβολή οικονομικά ενεργών στον Πρωτογενή 1991-2001	20,00%	66,67%	8,33%	22,54%
Μεταβολή οικονομικά ενεργών στον Δευτερογενή 1991-2001	-14,14%	-8,37%	-7,56%	-8,00%
Μεταβολή οικονομικά ενεργών στον Τριτογενή 1991-2001	3,11%	2,08%	2,27%	9,47%

Πίνακας 5: Οικονομικές δραστηριότητες του Δήμου Αμαρουσίου

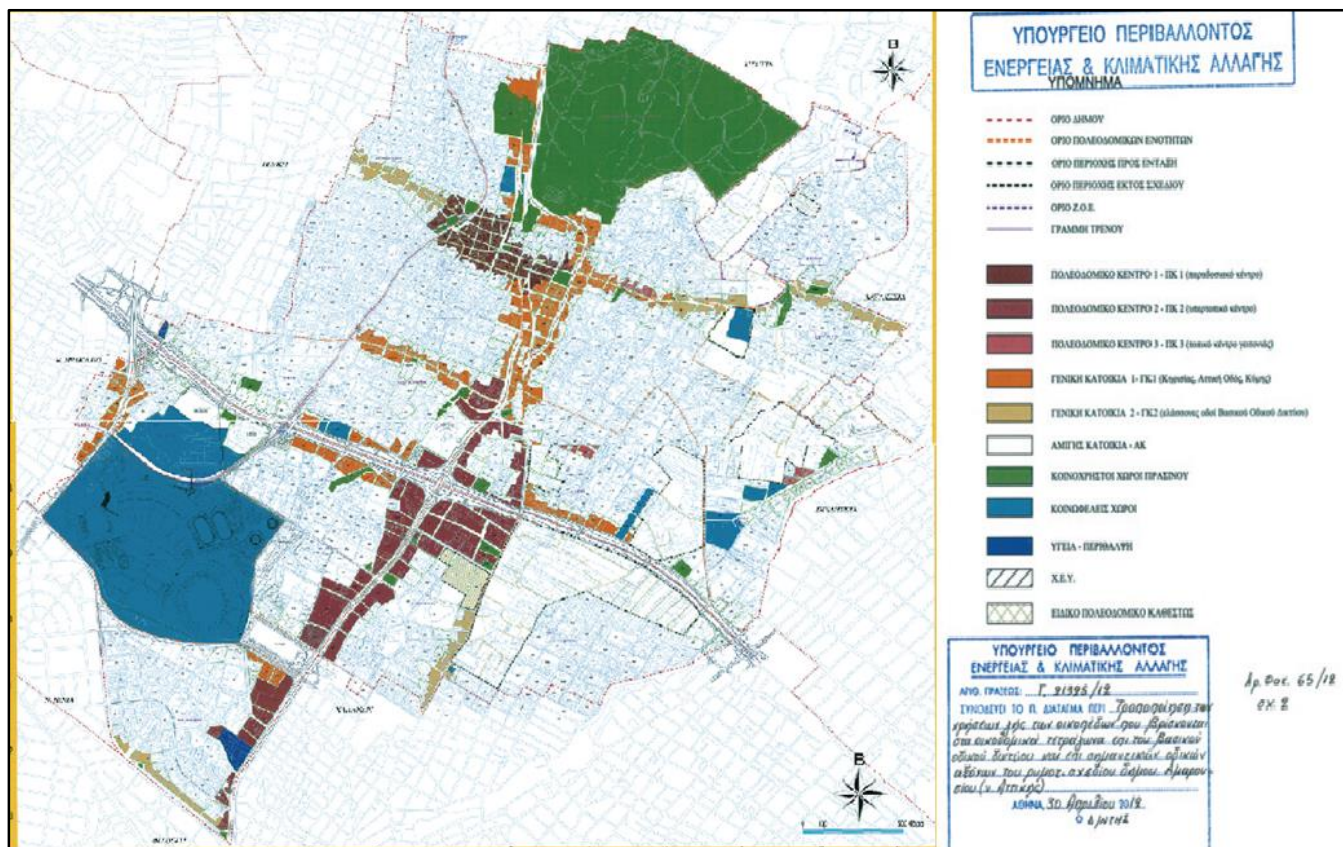
Πηγή: ΕΣΥΕ, 2001

Από τα παραπάνω παρατηρούμε τα εξής:

Κατά κύριο λόγο η οικονομία της περιοχής στηρίζεται στο τριτογενή τομέα στον οποίο το 2001 απασχολείται το 83% των οικονομικά ενεργών το οποίο είναι κατά πολύ υψηλότερο από το αντίστοιχο ποσοστό στο σύνολο της χώρας 65,9%. Πολύ μικρή συμβολή στην οικονομία κατά το 2001 έχει ο πρωτογενής τομέας με μόνο 0,6% στο σύνολο των οικονομικά ενεργών το οποίο είναι κατά πολύ χαμηλότερο από το αντίστοιχο ποσοστό στο σύνολο της χώρας 13,4%, αλλά ελαφρώς υψηλότερο από το ποσοστό της Ν. Αθηνών 0,5%. Σχετικά με το δευτερογενή τομέα κυμαίνεται σε χαμηλότερο ποσοστό 16,4% έναντι της Ν. Αθηνών, της Περιφέρειας Αττικής και του συνόλου της χώρας (20,8%, 22%, 20,7% αντίστοιχα) ενώ παρουσιάζει αρκετά μεγαλύτερη πτώση 14,14% στις δεκαετίες 1991-2001 έναντι των περιοχών αναφοράς.

### Χρήσεις και κάλυψη γης

Οι υφιστάμενες χρήσεις γης και κτιρίων διαμορφώνονται τόσο από την κυρίαρχη χρήση που χαρακτηρίζει κάθε τυπική οικιστική περιοχή, δηλαδή τις περιοχές κατοικίας, όσο και από τα δομικά στοιχεία εδαφικής έκτασης του Δήμου ως υποδοχέα οικονομικών δραστηριοτήτων. Στο παρακάτω χάρτη απεικονίζονται οι βασικές χρήσεις γης του δήμου όπως αυτές καθορίζονται από το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο για την αναθεώρηση των χρήσεων γης του δήμου.



Συμπερασματικά, είναι σαφές ότι τη μεγαλύτερη έκταση στο δήμο την καταλαμβάνουν οι κατοικίες. Ωστόσο σημαντική έκταση καταλαμβάνουν και οι περιοχές με μικτή χρήση πολεοδομικού, τοπικού και υπερτοπικού κέντρου

### **Οδικό δίκτυο και δίκτυο συγκοινωνιών**

Ο δήμος Αμαρουσίου βρίσκεται σε κομβικό σημείο του λεκανοπεδίου Αττικής. Το οδικό δίκτυο διαρθρώνεται σε δύο βασικές οδικές αρτηρίες:

- Την Αττική Οδό, τμήμα της οποίας διέρχεται από το Μαρούσι και το συνδέει με το Διεθνές Αεροδρόμιο Αθηνών «Ελ. Βενιζέλος» στα ανατολικά και την εθνική οδό ΠΑΘΕ στα δυτικά.
- Την Λ. Κηφισίας, στο κεντρικό τμήμα του Αμαρουσίου, που το διασχίζει με κατεύθυνση βορρά-νότου και το συνδέει κυκλοφοριακά με την Κηφισιά στα βόρεια και το Χαλάνδρι, την Φιλοθέη, αλλά και το κέντρο της Αθήνας, στα νότια.

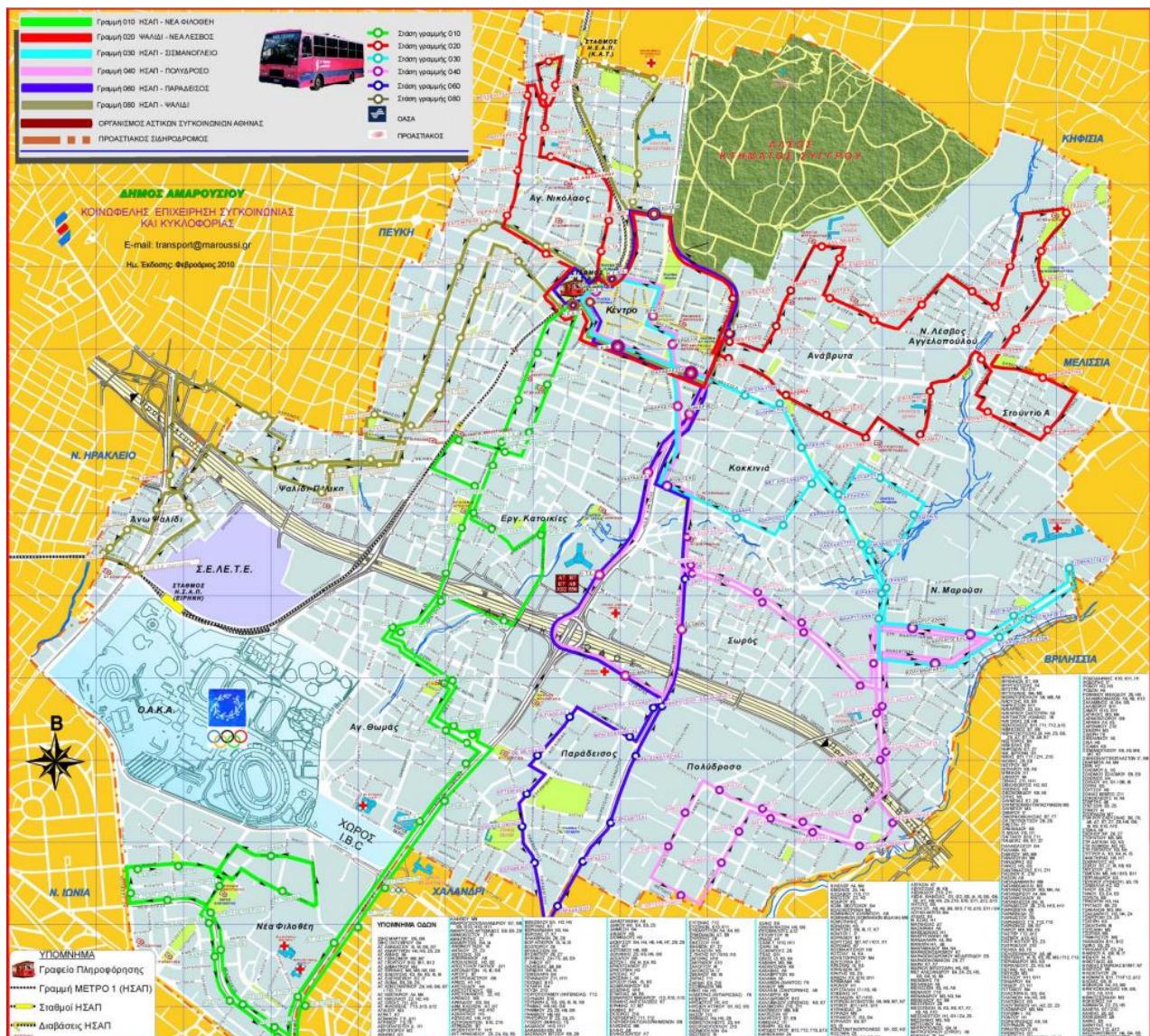
Άλλες κύριες αρτηρίες είναι:

- Η Λεωφόρος Κύμης, στο νότιο τμήμα του Δήμου, με κατεύθυνση ανατολικά – δυτικά
- Η οδός Σπύρου Λούη
- Η οδός Καποδιστρίου
- Η οδός Αμαρουσίου – Χαλανδρίου
- Η οδός Μεσογείων
- Η οδός Πεντέλης

Βασικό χαρακτηριστικό του δικτύου συγκοινωνιών είναι η ύπαρξη των μέσων σταθερής τροχιάς που διέρχονται από το δήμο. Αυτά είναι η γραμμή των ΗΣΑΠ που διασχίζει τον Δήμο με διεύθυνση σχεδόν Βορρά – Νότου και ο Προαστιακός Σιδηρόδρομος, που διασχίζει τον Δήμο με διεύθυνση σχεδόν Ανατολής – Δύσης κατά μήκος της Αττικής οδού. Αναφορικά με την γραμμή του ΗΣΑΠ, εντός των ορίων του Δήμου, υπάρχουν τέσσερις σταθμοί. Συγκεκριμένα, στο βόρειο όριο του Δήμου, βρίσκεται ο σταθμός «Κ.Α.Τ.», στο κεντρικό τμήμα του υπάρχει ο σταθμός «Μαρούσι» και στα νότια οι σταθμοί «Ειρήνη» και «Νεραντζιώτισσα». Σχετικά με τον Προαστιακό Σιδηρόδρομο, στη συμβολή της χάραξής του με την οδό Νερατζιώτισσης, υπάρχει ο ομώνυμος σταθμός, που βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του Δήμου καθώς και στην συμβολή της Αττικής Οδού με την Λεωφόρο Κηφισίας ο σταθμός «Κηφισίας». Στα νοτιοανατολικά όρια του δήμου και στα σύνορα με τους δήμους του Χαλανδρίου και των Βριλησίων λειτουργεί ο σταθμός «Λεωφόρος Πεντέλης». Οι στάσεις των μέσων σταθερής τροχιάς είναι οι κύριες εισοδοί-έξοδοι από και προς το δήμο και ο κυριότερος συνδετικός κρίκος του Δήμου Αμαρουσίου με τους

γειτονικούς του αλλά και με την κεντρικότερη περιοχή των Αθηνών. Κατά συνέπεια συγκεντρώνουν γύρω τους μεγάλο αριθμό μετακινήσεων σε καθημερινή βάση.

Τέλος ο δήμος του Αμαρουσίου εξυπηρετείται από δίκτυο δρομολογίων των αστικών συγκοινωνιών του ΟΑΣΑ καθώς και από τη λειτουργία της δημοτικής συγκοινωνίας, η οποία είναι εξοπλισμένη με 23 λεωφορεία διαφόρων τύπων. Ο στόλος της Δημοτικής Συγκοινωνίας, εκτελεί καθημερινά 160 δρομολόγια σε έξι γραμμές, οι οποίες καλύπτουν το 90% του οδικού δικτύου του δήμου. Η Δημοτική Συγκοινωνία είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στους Δημότες του Αμαρουσίου, γεγονός που αποδεικνύεται από την αυξητική πορεία που παρουσιάζει η επιβατική κίνηση κάθε χρόνο. Η υπηρεσία παρέχεται δωρεάν για τους πολίτες.



Χάρτης 3: Τα δρομολόγια της δημοτικής συγκοινωνίας του Δήμου Αμαρουσίου  
 Πηγή: [http://www.maroussi.gr/inst/marousi/gallery/attachments/map\\_dimotiki\\_sigkinonia.pdf](http://www.maroussi.gr/inst/marousi/gallery/attachments/map_dimotiki_sigkinonia.pdf)

#### 5.1.4 Γενική Κατάσταση

Γενικότερα Ο δήμος του Αμαρουσίου έχει πολλά θετικά και δυνατά σημεία τα οποία μπορούν να συνοψιστούν παρακάτω σύμφωνα με το επιχειρησιακό πρόγραμμα του δήμου για την περίοδο 2007-2010«Στρατηγικός Σχεδιασμός»:

- ⇒ Η εφαρμογή συστημάτων διοίκησης ολικής ποιότητας, που αποτελούν εγγύηση για το ενδιαφέρον από την πλευρά της δημοτικής διοίκησης για παροχή άμεσων και αποτελεσματικών υπηρεσιών προς τους πολίτες.
- ⇒ Η λειτουργία συστήματος παροχής υψηλού επιπέδου υπηρεσιών σε κρίσιμους για την καθημερινότητα του πολίτη τομείς, όπως ο αθλητισμός, οι τέχνες, η διδασκαλία αυτών, τα μουσεία και η διοργάνωση ποιοτικού χαρακτήρα πολιτιστικών εκδηλώσεων.
- ⇒ Η ανάπτυξη δικτύου υπηρεσιών κοινωνικού χαρακτήρα, υγείας και πρόνοιας (δημοτικά πολυιατρεία, κέντρο ψυχοκοινωνικής υποστήριξης κλπ.).
- ⇒ Αρκετές σχολικές μονάδες σε υψηλό επίπεδο συντήρησης, υλικοτεχνικής υποδομής και παροχής υπηρεσιών.
- ⇒ Αντίστοιχα η ύπαρξη πολλών (13) παιδικών σταθμών και η προσθήκη άλλων τριών ιδιόκτητων 6. Ο χαρακτήρας του ως επιχειρηματικού, εμπορικού, διοικητικού και αθλητικού κέντρου.
- ⇒ Η ανάπτυξη υπηρεσιών εκπαίδευσης και επαγγελματικής κατάρτισης 8. Η διατήρηση του χαρακτήρα των γειτονιών στην περιφέρεια της πόλης.
- ⇒ Η λειτουργία ενός ευρύτατου δικτύου λεωφορειακής σύνδεσης μέσω της δημοτικής συγκοινωνίας του Δήμου που εξυπηρετεί περίπου 15.000 πολίτες ημερησίως.

Ωστόσο υπάρχουν και πολλά αδύνατα σημεία και απειλές που κρύβονται για την εξέλιξη του δήμου. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι:

- ⇒ Ελλείψεις σε βασικές τεχνικές υποδομές( πχ δίκτυο αποχέτευσης, εκτός σχεδίου περιοχές).
- ⇒ Η διέλευση του ΗΣΑΠ από το κέντρο της πόλης και ο υπέργειος σταθμός στην κεντρική περιοχή του Αμαρουσίου.
- ⇒ Η διαμπερής κίνηση των οχημάτων που σε ένα βαθμό αποδιαρθρώνει το ενιαίο του χαρακτήρα του κέν.
- ⇒ Η απουσία επαρκών χώρων στάθμευσης κυρίως στη περιοχή του κέντρου.
- ⇒ Η διάσχιση του Αμαρουσίου από δύο από τους κεντρικότερους οδικούς άξονες του λεκανοπεδίου (Αττική οδός και Λεωφόρος Κηφισίας) με αποτέλεσμα την απόλυτη διάρρηξη του κοινωνικού και οικιστικού ιστού της πόλης.

- ⇒ Σοβαρές υπερτοπικού χαρακτήρα περιβαλλοντικές οχλήσεις και κυκλοφοριακοί φόρτοι και ζήτηση στάθμευσης από τον υπερτοπικό συγκοινωνιακό ρόλο της περιοχής.
- ⇒ Επιχειρηματικό και εμπορικό κέντρο με δημιουργία σοβαρών φορτίων αυτοκινήτων σε παραπλήσιες περιοχές.

Η γνώση των δυνατών και αδύνατων σημείων του δήμου είναι πολύ σημαντική και βοηθάει στον συνολικότερο σχεδιασμό και στη ποιοτική λήψη αποφάσεων σύμφωνα με την κρίση του μελετητή.

## **5.2 Τα απαραίτητα δεδομένα**

Τα βασικά δεδομένα που χρειαστήκαμε για την αποτύπωση και ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης στο δήμο Αμαρουσίου είναι:

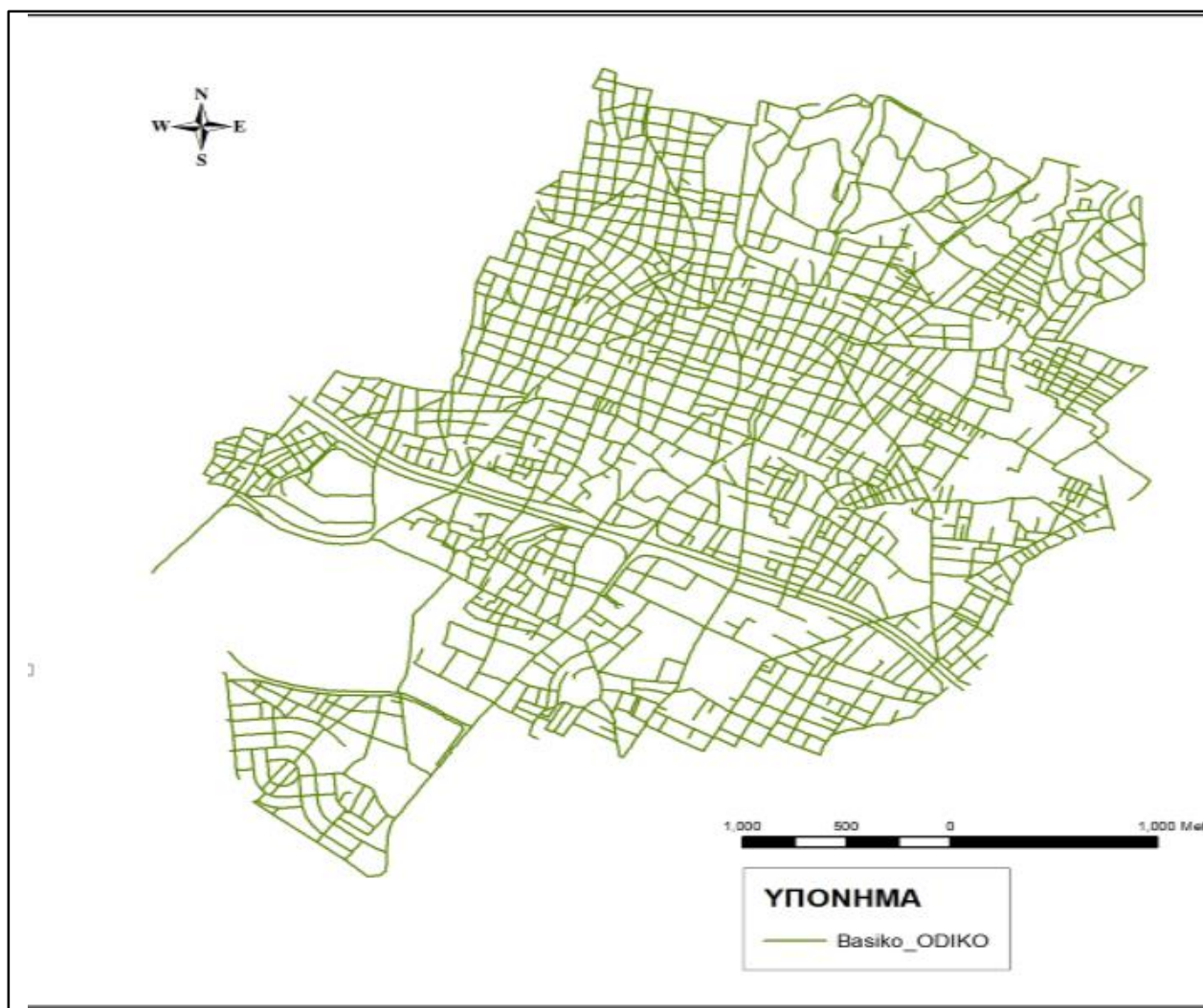
1. Το υπόβαθρο του δήμου των διοικητικών ορίων και των οικοδομικών τετραγώνων το οποίο μας δόθηκε σε αρχείο shapfile (.shp) συμβατό με το περιβάλλον του ArcGIS από την Ελληνική Στατιστική Αρχή
2. Πληθυσμιακά δεδομένα για το Δήμο σε επίπεδο οικοδομικών τετραγώνων τα οποία δόθηκαν από επίσης από την Ελληνική Στατιστική Αρχή σε αρχείο excel
3. Το βασικό οδικό δίκτυο για τον Δήμο με τους άξονές του το οποίο δόθηκε μαζί με το υπόβαθρο του δήμου
4. Οι χρήσεις γης και τα σημεία ενδιαφέροντος σε επίπεδο δήμου τα οποία δόθηκαν σε μορφή χαρτών από την πολεοδομία του δήμου
5. Οι υφιστάμενες στάσεις τόσο για την Δημοτική συγκοινωνία όσο και για τις γενικότερες αστικές συγκοινωνίες του Δήμου οι οποίες πρώτες δόθηκαν σε μορφή χάρτη ενώ για τις γενικότερες αστικές συγκοινωνίες πάρθηκαν σε μορφή shapfile από τα ανοικτά δεδομένα του ΟΑΣΑ στο διαδίκτυο.

Λαμβάνοντας αυτά τα δεδομένα μπορούν να εισαχθούν στο λογισμικό του ArcGIS και να τύχουν ανάλυσης, επεξεργασίας με κατάληξη τον ανασχεδιασμό του λεωφορειακού δικτύου.

## **5.3 Επεξεργασία δεδομένων**

### Οδικό δίκτυο

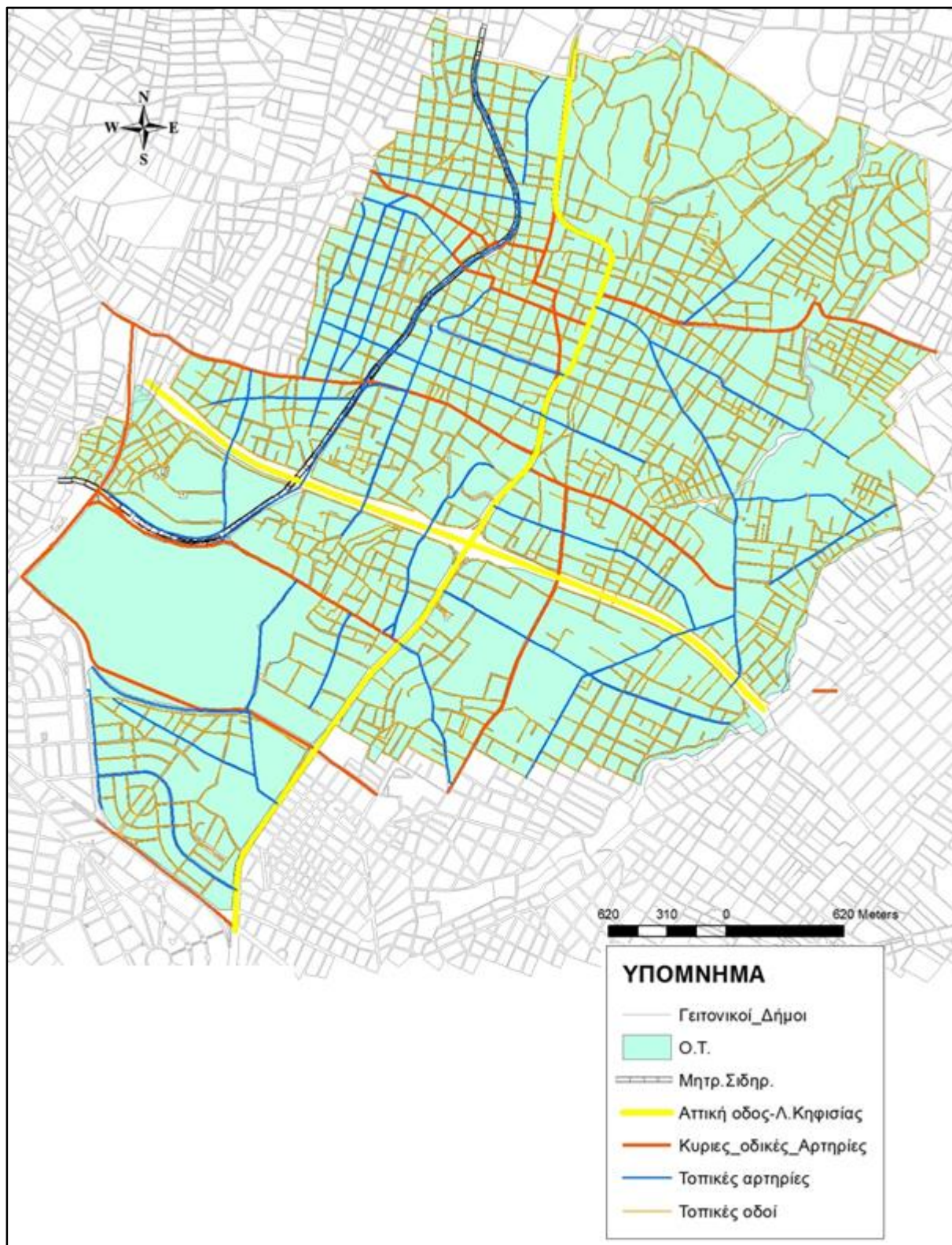
Πρωταρχικό στάδιο απαραίτητο για τις μετέπειτα διαδικασίες ανάλυσης και επεξεργασίας είναι η αποτύπωση του οδικού δικτύου. Για να γίνει αυτό εισήχθησαν οι οδικοί άξονες από το δοσμένο αρχείο. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκε το βασικό υπόβαθρο του υφιστάμενου οδικού δικτύου.



Χάρτης 4: άξονες οδικού δικτύου Δήμου Αμαρουσίου.

Πηγή: ΕΣΥΕ, 2011

Στη συνέχεια επεξεργάστηκε και κατηγοριοποιήθηκε ώστε να μπορέσει να αποτελέσει το υπόβαθρο για τη δημιουργία βάσης δικτύου στο NetworkAnalyst. Το αποτέλεσμα της επεξεργασίας φαίνεται στον παρακάτω χάρτη. Από το οδικό δίκτυο δημιουργήθηκαν τα δύο επιμέρους δίκτυα που χρησιμοποιήθηκαν στις εφαρμογές του λογισμικού το δίκτυο πεζών και το δίκτυο κυκλοφορίας minibus.



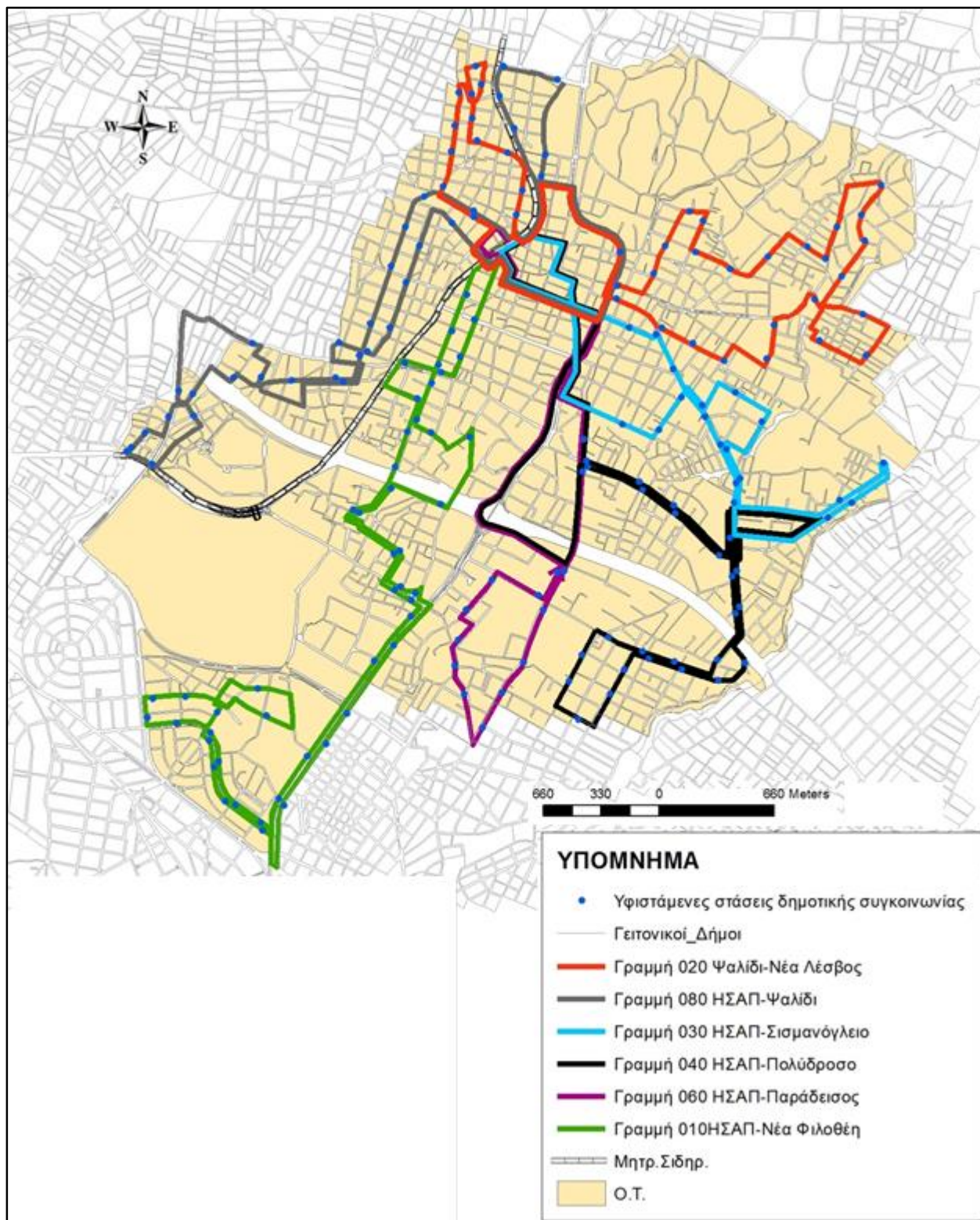
Χάρτης 5:Κατηγοριοποίηση Οδικού δικτύου Δήμου Αμαρουσίου



Το δεύτερο στάδιο το οποίο είναι βασικό για την ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης ήταν η αποτύπωση του δικτύου Δημοτικής Συγκοινωνίας προκειμένου να αναλυθεί η σχέση του με το περιβάλλον και να αξιολογηθεί. Για να επιτευχθεί αυτό αρχικά τοποθετήθηκαν οι υφιστάμενες στάσεις βάσει των δοσμένων συντεταγμένων τους στο πρόγραμμα Αφού αποτυπώθηκαν οι στάσεις έπειτα σχεδιάστηκαν οι αντίστοιχες γραμμές επιλέγοντας το σετ των στάσεων που χρησιμοποιούσε κάθε διαδρομή σύμφωνα με τον δοσμένο χάρτη. Οι γραμμές είναι 6 στο σύνολό τους και στον χαρακτηριστικό πίνακα αναφέρονται οι ιδιότητες και τα μήκη τούτο αποτέλεσμα αποτυπώνεται στον παρακάτω χάρτη και πίνακα.

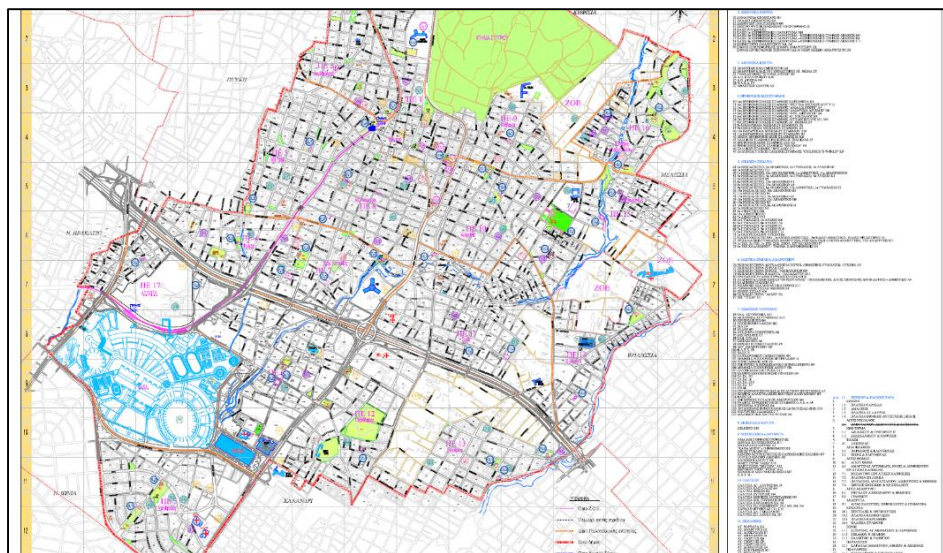
OBJECTID *	Shape *	Entity	Layer	Color	Linetype	Elevation	LineWt	Shape_Length
1	Polyline	Spline	layer 28	240	Continuous	0	120	9709.286691
2	Polyline	Spline	layer 28	240	Continuous	0	120	2254.65751
3	Polyline	Spline	layer 24	43	Continuous	0	120	69.99041
4	Polyline	Spline	layer 24	43	Continuous	0	120	115.122254
5	Polyline	Spline	layer 24	43	Continuous	0	120	37.729488
6	Polyline	Spline	layer 24	43	Continuous	0	120	3879.781653
7	Polyline	Spline	layer 24	43	Continuous	0	120	602.695614
8	Polyline	Spline	layer 24	43	Continuous	0	120	1234.254939
9	Polyline	Spline	layer 24	43	Continuous	0	120	4689.6821
10	Polyline	Spline	layer 24	43	Continuous	0	120	1696.576584
11	Polyline	Spline	layer 27	140	Continuous	0	120	8156.460331
12	Polyline	Spline	layer 26	254	Continuous	0	120	13229.804027

Πίνακας 6: Απόσπασμα χαρακτηριστικού πίνακα ιδιοτήτων γραμμών



Χάρτης 6: Αποτύπωση δικτύου δημοτικής συγκοινωνίας Αμαρουσίου

Στη συνέχεια αποτυπώθηκαν στο περιβάλλον του προγράμματος οι χρήσεις γης του δήμου σύμφωνα με το χάρτη του πολεοδομικού σχεδίου καθώς και τα σημειακά σημεία ενδιαφέροντος που υπάρχουν στο δήμο. Επειδή δεν βρέθηκαν ψηφιακά δεδομένα σε αρχεία shapfile η καταγραφή τους έγινε χειροκίνητα από τους δοσμένους αναλογικούς χάρτες. Η αποτύπωση αυτή έγινε διότι ο αριθμός των μετακινήσεων που έλκονται από μια γεωγραφική περιοχή συνδέεται στενά με τις χρήσεις γης της (Γιαννόπουλος ,1986) και τα σημεία ενδιαφέροντος αποτελούν πόλους έλξης μετακινήσεων.

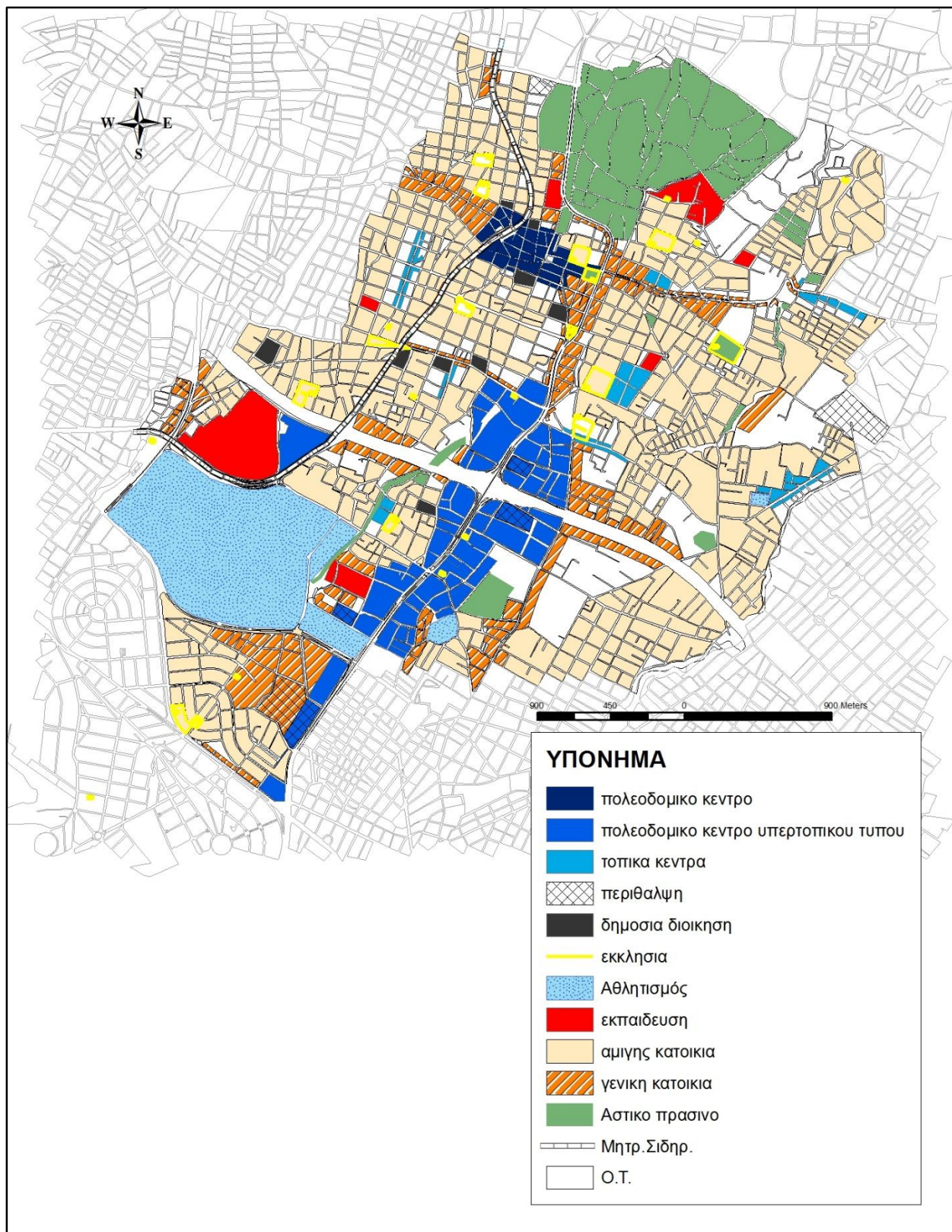


Χάρτης 7: Δοσμένα σημεία ενδιαφέροντος Δήμου Αμαρουσίου  
 Πηγή: Δήμος Αμαρουσίου

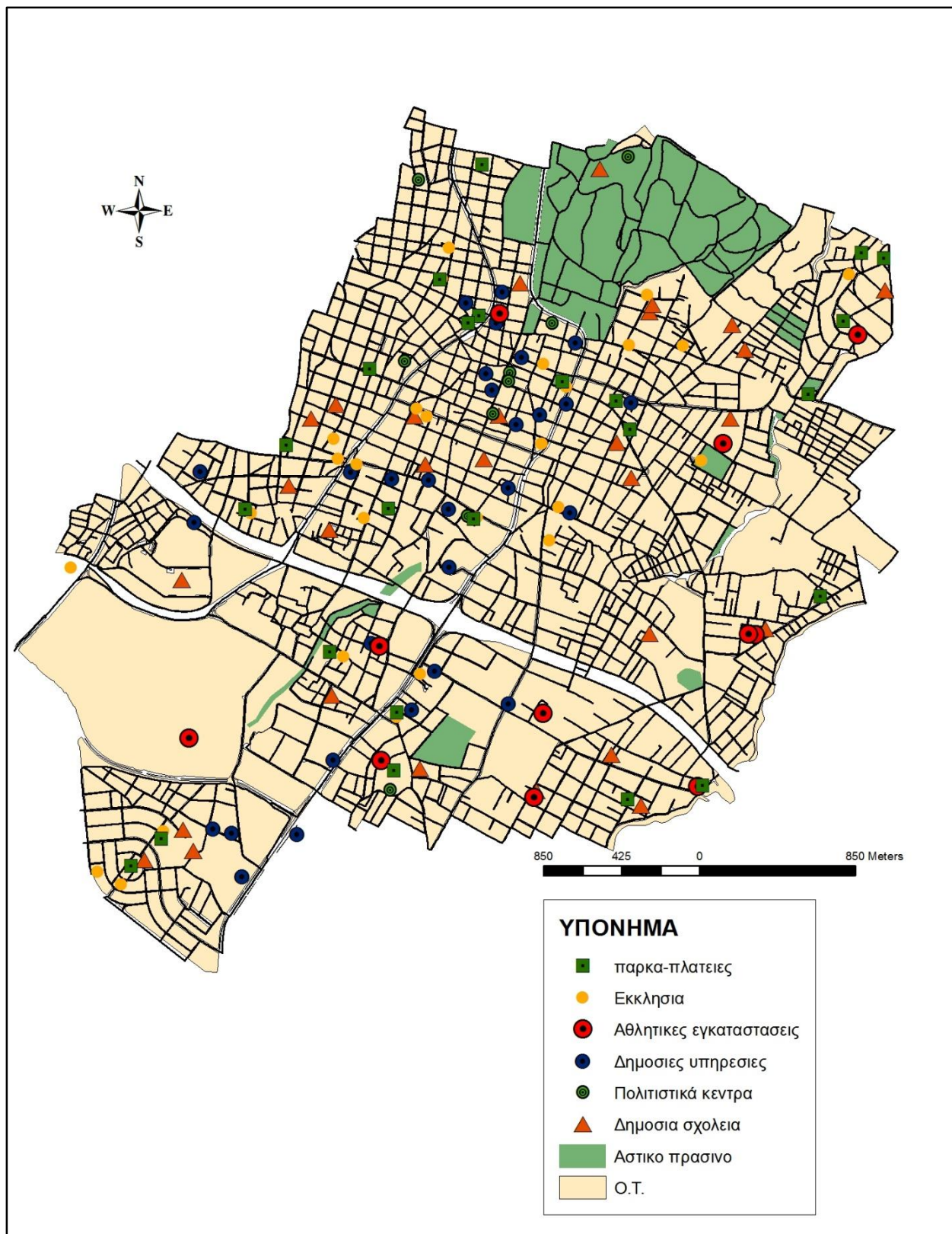
Αριθμός Σημείου	Όνομασία Σημείου ενδιαφέροντος
1	ΜΟΥΣΕΙΟ ΤΣΑΡΟΥΧΗ Η1
2	ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΧΝΗΣ Κ' ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ Θ3
3	ΣΠΑΘΑΡΕΙΟ ΜΟΥΣΕΙΟ Ι5
4	ΙΣΤΟΡΙΚΟ Κ' ΛΑΟΓΡΑΦΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ Θ3
5	ΑΙΘΟΥΣΑ ΤΕΧΝΗΣ "ΑΛ. ΓΑΡΔΕΛΗΣ" Θ4
6	ΘΕΑΤΡΟ ΑΝΑΒΡΥΤΩΝ Π1
7	ΔΗΜΟΤ. ΚΙΝ/ΦΟΣ "ΜΙΜΗΣ ΦΩΤΟΠΟΥΛΟΣ" Η6
8	ΜΟΥΣΕΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ Μ8
9	ΠΙΠΙΚΟΣ ΟΜΙΛΟΣ Ζ10
10	ΔΗΜΑΡΧΕΙΑΚΟ ΜΕΓΑΡΟ Θ5
11	ΠΑΛΑΙΟ ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ Θ4
12	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΠΟΛΥΙΑΤΡΕΙΟ Θ4
13	ΚΕΝΤΡΟ ΨΥΧΟΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ Ι4
14	ΚΑΠΗ (κεντρικό) Η3
15	ΚΑΠΗ 1ο ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Μ4
16	ΚΑΠΗ 2ο ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΗΜΟΤΗ Μ4
17	ΚΑΠΗ 3ο ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΗΜΟΤΗ Κ6
18	ΚΑΠΗ 4ο ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΗΜΟΤΗ Ι 11
19	ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΟ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ Κ6, Λ6
20	ΣΧΟΛΗ ΠΑΝΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΔΗΜΟΥ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ Ζ6 ΣΧΟΛΗ ΠΡΟΗΓΜΕΝΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΝΕΩΝ ΜΕΣΩΝ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ Ζ6
21	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΚΟΛΥΜΒΗΤΗΡΙΟ Λ8
22	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΚΛΕΙΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΤΗΡΙΟ ΑΓ. ΘΩΜΑ Ζ8
23	ΓΥΜΝΑΣΤΗΡΙΟ "ΣΠΥΡΟΣ ΛΟΥΗΣ" Θ3
24	Α.Ο. ΠΟΛΥΔΡΟΣΟΥ Κ10
25	Α.Ο. ΑΡΙΩΝΑ Ν4
26	Ο.Α.Κ.Α. Γ9
27	ΑΘΛΗΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ Λ8

Πίνακας 7: Απόσπασμα από τον πίνακα σημείων ενδιαφέροντος

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης αποτύπωσης φαίνονται στους παρακάτω 2 χάρτες.



Χάρτης 8: Χρήσεις γης ανά Οικοδομικό Τετράγωνο



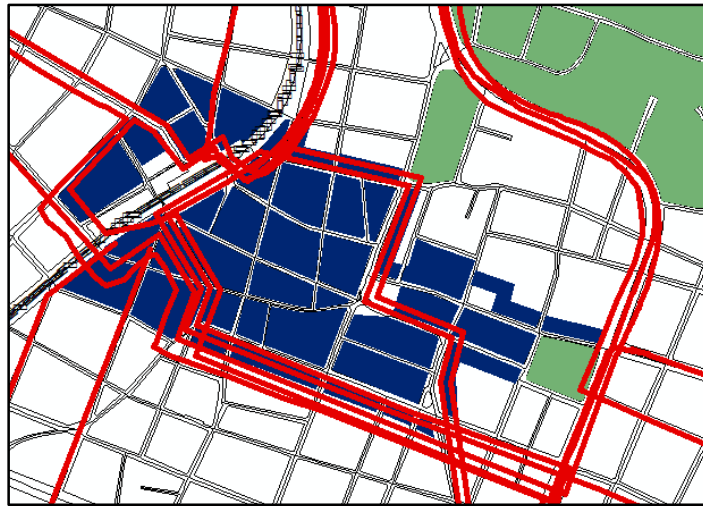
Χάρτης 9: Αποτύπωση σημείων ενδιαφέροντος του Δήμου Αμαρουσίου

## 5.4 Αξιολόγηση των στάσεων-γραμμών

Η αξιολόγηση των γραμμών έγινε με βάση τη θεωρία και τα κριτήρια σχεδιασμού που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, δηλαδή ως προς την κάλυψη περιοχής, την απόσταση στάσεων, την επικάλυψη και το μήκος των γραμμών, τις αποκλίσεις και τη γενικότερη επίδρασή του στο αστικό περιβάλλον.

### Επιβάρυνση πολεοδομικού κέντρου.

Πρωταρχικό στοιχείο των υφιστάμενων γραμμών είναι το γεγονός ότι έχουν σαν αφετηρία-τέρμα τον σταθμό του ΗΣΑΠ στο πολεοδομικό κέντρο του Αμαρουσίου το οποίο έχει το θετικό ότι η δημοτική συγκοινωνία τροφοδοτεί το μητροπολιτικό δίκτυο ωστόσο επιβαρύνει προσθετικά το ήδη φορτωμένο οδικό δίκτυο της εγγύς περιοχής.



Εικόνα 14: Η σχέση πολεοδομικού κέντρου-γραμμών Δ. Συγκοινωνίας  
Πηγή: επεξεργασία στο ArcGIS

### Επικάλυψη

Όπως φαίνεται στο στο χάρτη των υφιστάμενων διαδρομών στην πλειοψηφία των γραμμών υπάρχει πολύ μεγάλη επικάλυψη στις κοντινές αποστάσεις γύρω από την αφετηρία. Παράλληλα οι γραμμές 040,060 και 030 που κατευθύνονται προς το νότιο και ανατολικό τμήμα του Δήμου έχουν σημαντική επικάλυψη μεταξύ τους κατά μήκος της λεωφόρου Κηφισίας καθώς και σε κυκλικές διαδρομές πάνω σε οδικές αρτηρίες. Τέλος σημαντική επικάλυψη υπάρχει και στις γραμμές 020 και 080 στο βόρειο τμήμα του Δήμου. Τα φαινόμενα αυτά αντικρούουν το κριτήριο της ελαχιστοποίησης της επικάλυψης και μειώνουν το αποδοτικότητα του δικτύου σε σημαντικό βαθμό.

### Τα μήκη των γραμμών

Τα μήκη των γραμμών όπως προέκυψαν από την μέτρησή τους στο περιβάλλον του προγράμματος είναι τα εξής:

Γραμμή 010: ΗΣΑΠ - ΑΓ. ΦΙΛΟΘΕΗ μήκος 14.5km

Γραμμή 020: ΝΕΑ ΛΕΣΒΟΣ-ΨΑΛΙΔΙ μήκος 13km

Γραμμή 030: ΗΣΑΠ - ΣΙΣΜΑΝΟΓΛΕΙΟ μήκος 8km

Γραμμή 040: ΗΣΑΠ - ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ μήκος 13km

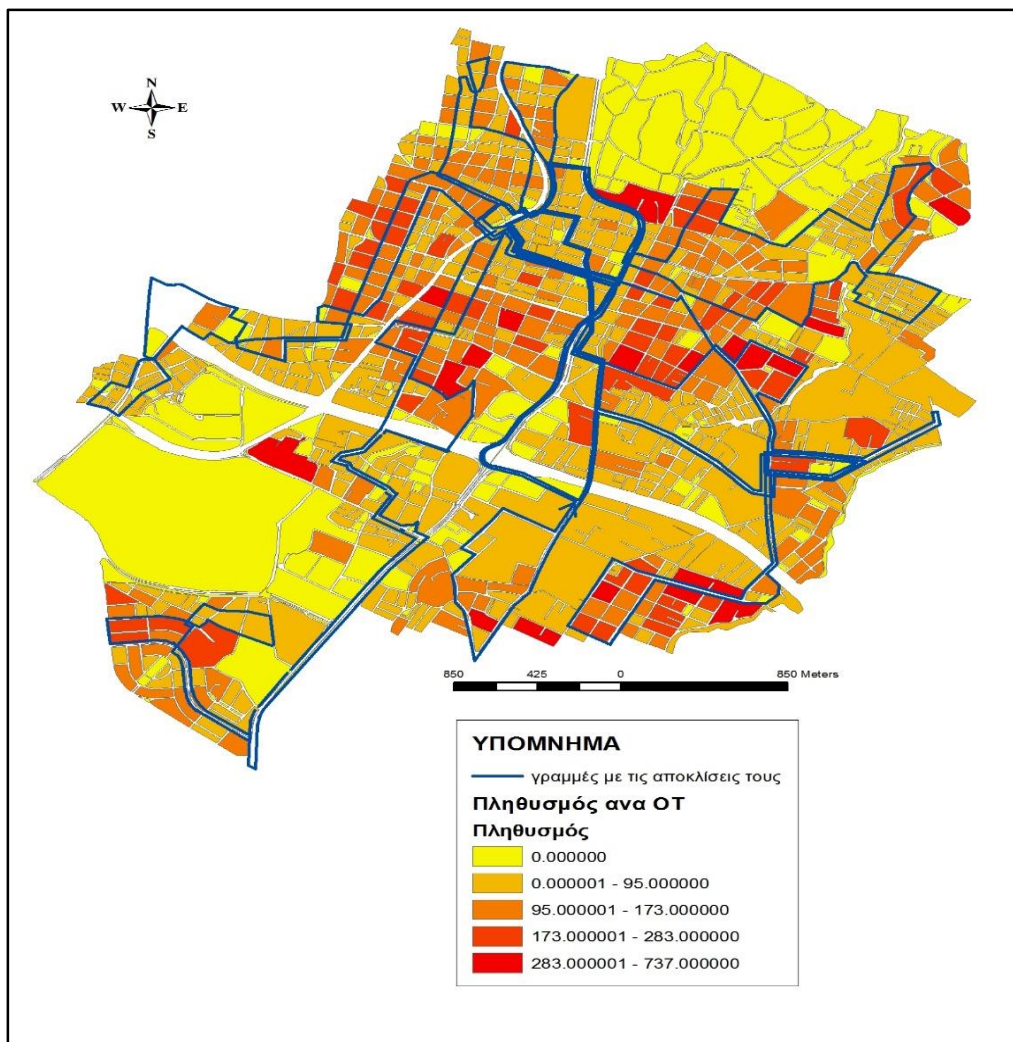
Γραμμή 060: ΗΣΑΠ - ΠΑΡΑΔΕΙΣΟΣ μήκος 9km

Γραμμή 080: ΨΑΛΙΔΙ-ΗΣΑΠ μήκος 12km

Ο χρόνος της μεγαλύτερης διαδρομής για μια δοσμένη μέση ταχύτητα 20-30km/h είναι 30 με 42 λεπτά ο οποίος είναι επιτρεπτός χρόνος για μια διαδρομή σύμφωνα με το κριτήριο σχεδιασμού για το μήκος των γραμμών. Ωστόσο παρατηρούμε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα μήκη από γραμμή, γεγονός που θέλουμε να το αποφεύγουμε στο σχεδιασμό.

### Αποκλίσεις από τις κύριες διαδρομές

Στο υφιστάμενο δίκτυο υπάρχουν αρκετές αποκλίσεις από τις κύριες διαδρομές όπως αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω χάρτη. Κάποιες συμβαδίζουν με τις προϋποθέσεις του κριτηρίου για τις αποκλίσεις, δηλαδή γίνονται στο τέλος των διαδρομών και για την εξυπηρέτηση θυλάκων οικιστικής πυκνότητας ωστόσο πολλές είναι ασύμβατες και χρήζουν βελτίωσης. Για την εξυπηρέτηση ειδικότερης ζήτησης που αποτελεί μια ιδιαιτερότητα της δημοτικής συγκοινωνίας οι γραμμές παρεκκλίνουν από κύριες οδικές αρτηρίες. Επιπλέον οι λεωφορειακές γραμμές του δικτύου σε πολλά σημεία δεν χρησιμοποιούν τον ίδιο δρόμο για τις δύο κατευθύνσεις πράγμα το οποίο είναι αρκετά δύσκολο για ένα οδικό δίκτυο αστικής περιοχής με πολλές μονοδρομήσεις.



Χάρτης 10:Σχέση αποκλίσεων-οικιστικών θυλάκων

### Αποστάσεις στάσεων

Η απόσταση των υφισταμένων στάσεων είναι ακανόνιστη. Σε κάποιες περιοχές οι στάσεις είναι αρκετά πυκνές ενώ αλλού αραιώνουν ωστόσο για την γενικότερη αξιολόγηση τους εφαρμόζεται το εργαλείο δημιουργίας πολλαπλών πολυγώνων (Buffer) και εγγύτητας και πιο συγκεκριμένα της εφαρμογής near. 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. Δημιουργείται με αυτόν τον τρόπο ο χαρακτηριστικός πίνακας με της αποστάσεις των σημείων ενδιαφέροντος από τις στάσεις όπως φαίνεται παρακάτω.

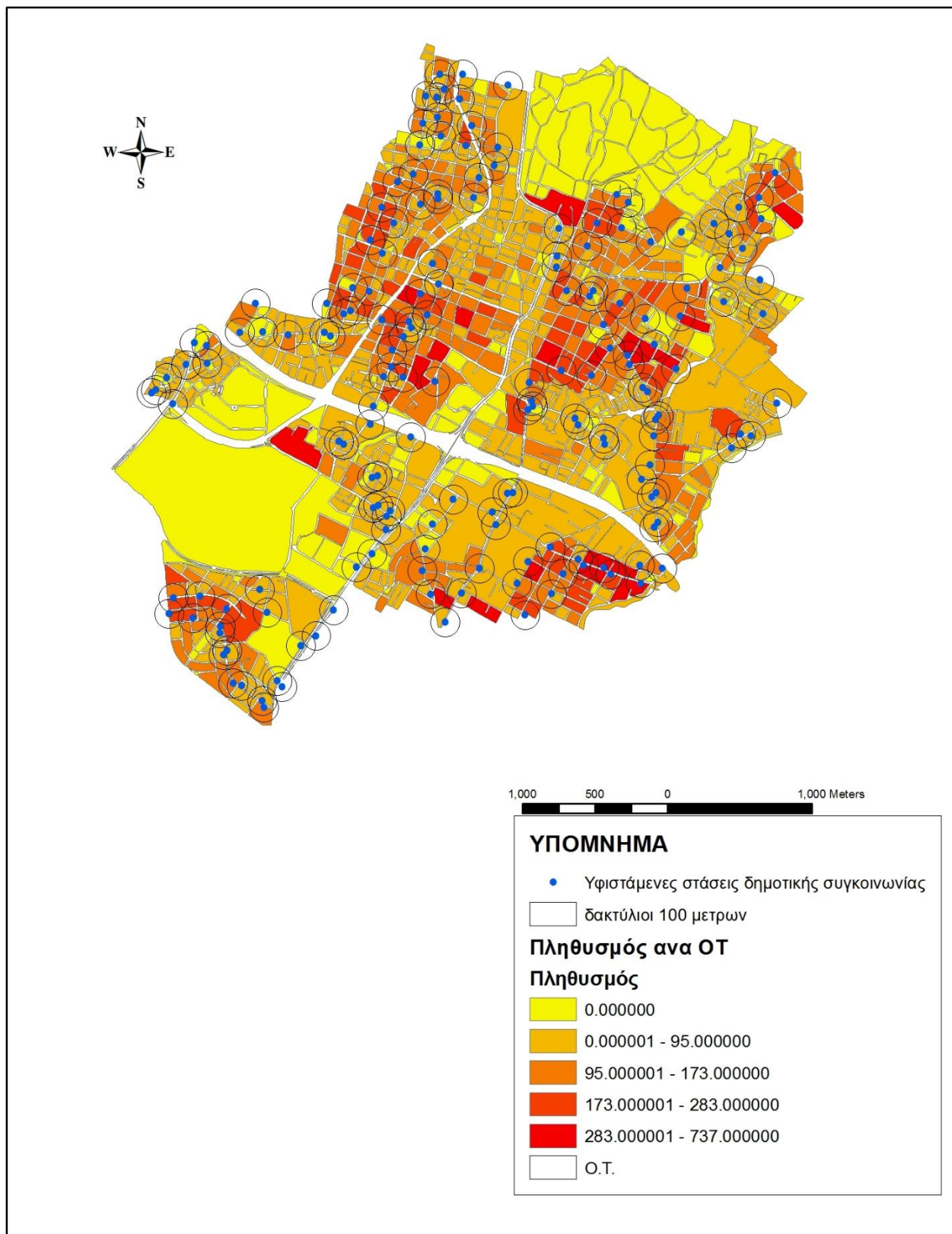


ORIG_FID	NEAR_FID	NEAR_DIST
11	170	129.100315
15	167	61.310892
23	11	182.324831
24	139	115.354247
28	149	89.461872
29	37	136.721941
30	39	86.675701
32	60	151.118716
36	128	120.056568
38	116	51.376781
40	114	167.681116
42	114	104.215409
45	28	153.401223
52	94	77.632686
53	94	116.871708
56	8	44.699221
58	21	119.722643
61	140	281.421612
63	4	67.57217
68	121	97.474301
71	77	53.773964

Πίνακας 8: Απόσπασμα από τον πίνακα ιδιοτήτων του εργαλείου near

Στο πεδίο NEAR\_DIST παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες αποστάσεις που μπορεί να απέχει ένα σημείο ενδιαφέροντος από τη κοντινότερη στάση. Κατά πλειοψηφία οι περισσότερες αποστάσεις είναι μικρότερες των 400 μέτρων (βάση κριτηρίου) ωστόσο κάποιες αποστάσεις είναι μεγαλύτερες που σημαίνει ότι δεν καλύπτονται όλα τα σημεία ενδιαφέροντος.

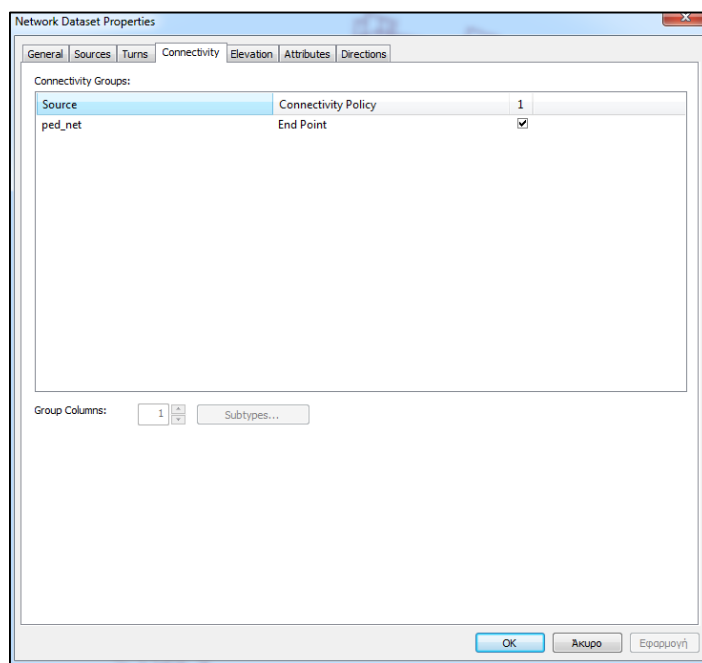
Παρ' όλα εφαρμόζοντας δακτυλίους 100 μέτρων γύρω από τις στάσεις παρατηρούμε ότι οι περισσότερες αλληλεπικαλύπτονται εφόσον οι δακτύλιοι τους τέμνονται. Αυτό σημαίνει ότι οι στάσεις βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη ή ίση των 200 μέτρων μεταξύ τους. Σύμφωνα με το κριτήριο οι ιδανικές αποστάσεις στάσεων είναι μεταξύ 200 και 500 μέτρων πράγμα που σημαίνει ότι οι υφιστάμενες στάσεις είναι αρκετά πυκνές και καθιστούν τα δρομολόγια περισσότερο χρονοβόρα. Σε περιοχές μεγάλης πυκνότητας πληθυσμού είναι πιο ανεκτή η πυκνότητα των στάσεων γι' αυτό το λόγο αποτυπώνεται και ο πληθυσμός ανά οικοδομικό τετράγωνο στον παρακάτω χάρτη. Όπως φαίνεται η μεγαλύτερη πυκνότητα στάσεων υπάρχει στις περιοχές με μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα ωστόσο οι στάσεις που βρίσκονται και σε περιοχές μικρότερης πυκνότητας είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους στα ελάχιστα όρια.



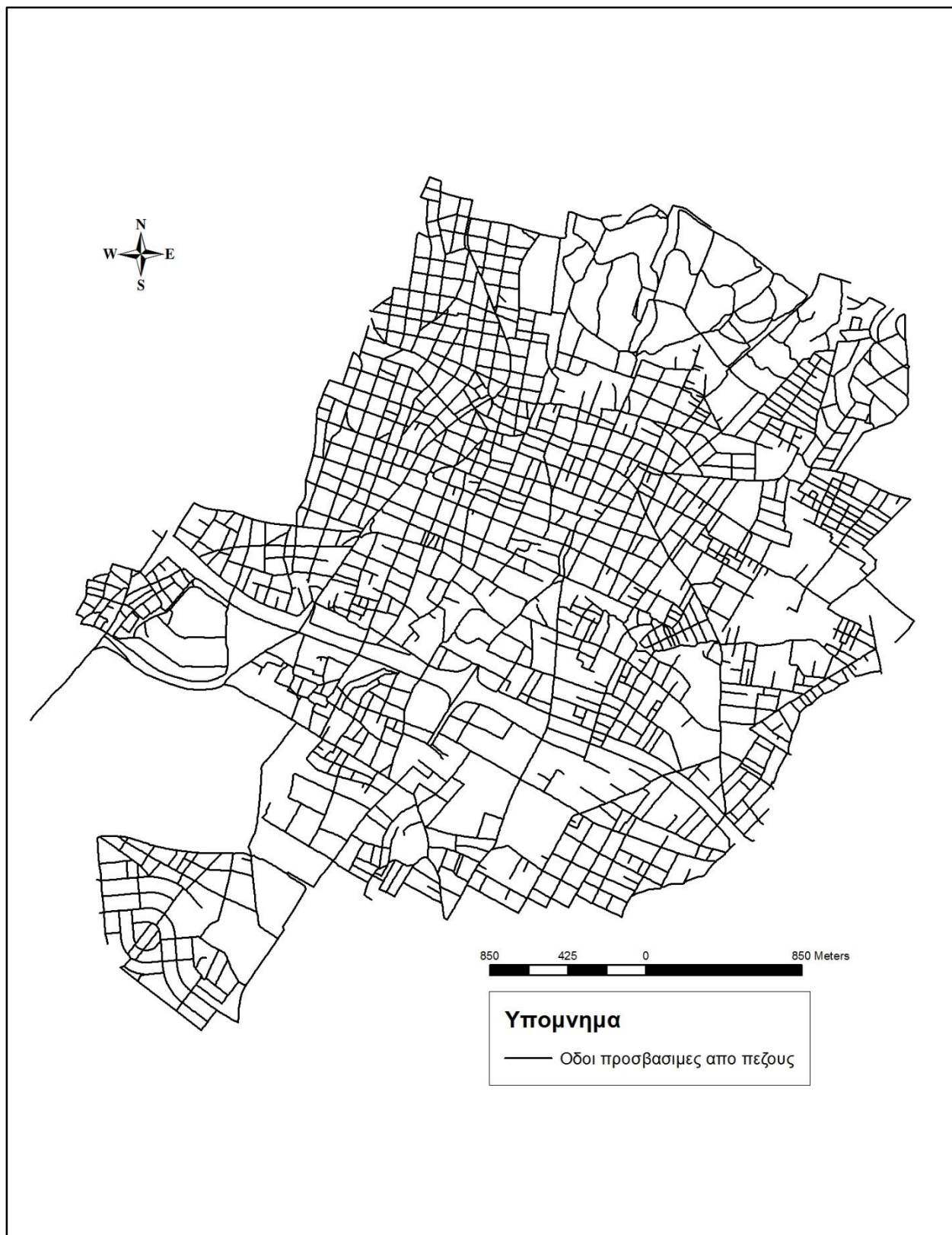
Χάρτης 11: Δακτύλιοι πυκνότητας υφιστάμενων στάσεων

## Κάλυψη περιοχής

Για να εκτιμηθεί η κάλυψη της περιοχής δημιουργήθηκε από το βασικό οδικό δίκτυο ένα δίκτυο πεζών προκειμένου να εκτιμηθούν οι περιοχές εξυπηρέτησης των στάσεων με βάση το κριτήριο του ιδανικού χρόνου περπατήματος των 5 λεπτών. Για να φτιάξουμε το δίκτυο πεζών από τα δεδομένα του οδικού δικτύου του Δήμου Αμαρουσίου αφαιρέθηκαν τα οδικά τμήματα κλειστού αυτοκινητόδρομου (Αττική Οδός και οι αντίστοιχες ράμπες εισόδου-εξόδου και προστέθηκαν αυτές οι διαδρομές μέσα από ανοικτούς χώρους. Ειδική μέριμνα υπήρξε για τις οδούς με κεντρική νησίδα (λεωφόρος Κηφισίας, Κύμης, Ειρήνης, Αμαρουσίου-Χααλανδρίου) όπου προστέθηκαν σύνδεσμοι στις θέσεις όπου είναι δυνατή η διάσχιση των οδών από πεζούς (πεζοδιαβάσεις, σηματοδότες, διακοπή νησίδας κλπ.). Το δίκτυο αυτό ακολουθεί τη μοντελοποίηση του λογισμικού ArcGIS-Network Analyst και προέκυψε με αυτόματη λειτουργία αυτού του λογισμικού (end point policy) όπου δημιουργούνται κόμβοι στα άκρα των συνδέσμων και συνδέονται οι σύνδεσμοι που έχουν κοινό άκρο. Το τελικό δίκτυο και οι παράμετροι της λειτουργίας κατασκευής του φαίνονται στους φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 15: Παράμετροι κατασκευής δικτύου πεζών



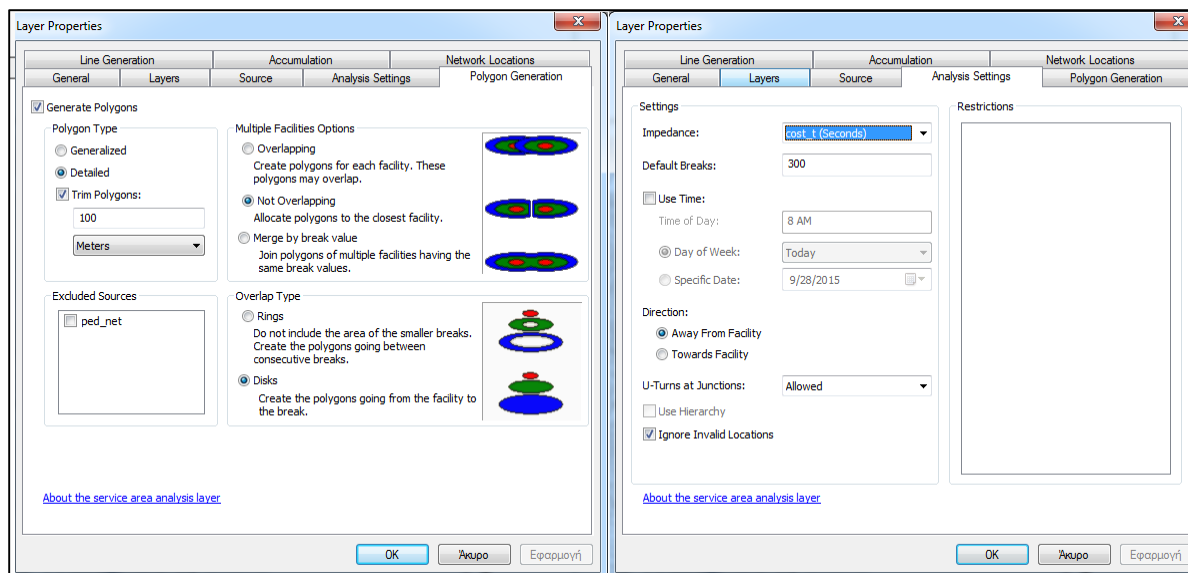
Χάρτης 12: Δίκτυο πεζών δήμου Αμαρουσίου

Τα μήκη των καινούριων συνδέσμων προέκυψαν από λειτουργίες λογισμικού του προγράμματος ενώ οι χρόνοι της πεζής διαδρομής προέκυψαν με υπολογισμό χρησιμοποιώντας τα μήκη και μια μέση ταχύτητα περπατήματος 1.32m/s σύμφωνα με τη θεωρία. Με αυτόν τον τρόπο προέκυψε και ο πίνακας ιδιοτήτων του δικτύου όπως φαίνεται παρακάτω.

ped_net						
	OBJECTID *	Shape *	ODIKOI_ID	lenght	cost_sec	Shape_Length
▶	1	Polyline	0	74.11721	56.149402	74.11715
	2	Polyline	0	72.255875	54.739299	72.255866
	3	Polyline	0	87.079818	65.969559	87.079813
	4	Polyline	0	99.00517	75.003917	99.005088
	5	Polyline	0	53.794126	40.753126	53.794144
	6	Polyline	0	97.462575	73.835284	97.462573
	7	Polyline	0	68.965029	52.246234	68.965058
	8	Polyline	0	89.419096	67.74174	89.41912
	9	Polyline	0	120.203657	91.063376	120.2037
	10	Polyline	0	115.566695	87.550527	115.566683
	11	Polyline	0	109.594472	83.026115	109.59454
	12	Polyline	0	30.314405	22.965459	30.31437
	13	Polyline	0	65.107816	49.324103	65.107877
	14	Polyline	0	86.706579	65.686803	86.706565
	15	Polyline	0	84.833984	64.26817	84.833955
	16	Polyline	0	43.861372	33.228312	43.861394
	17	Polyline	0	93.822398	71.077574	93.822401
	18	Polyline	0	154.148446	116.779126	154.148371
	19	Polyline	0	102.970951	78.008296	102.970952
	20	Polyline	0	99.182455	75.138224	99.182399
	21	Polyline	0	99.488055	75.369739	99.487979
	22	Polyline	0	98.193744	74.3892	98.193722
	23	Polyline	0	68.423814	51.836223	68.423814

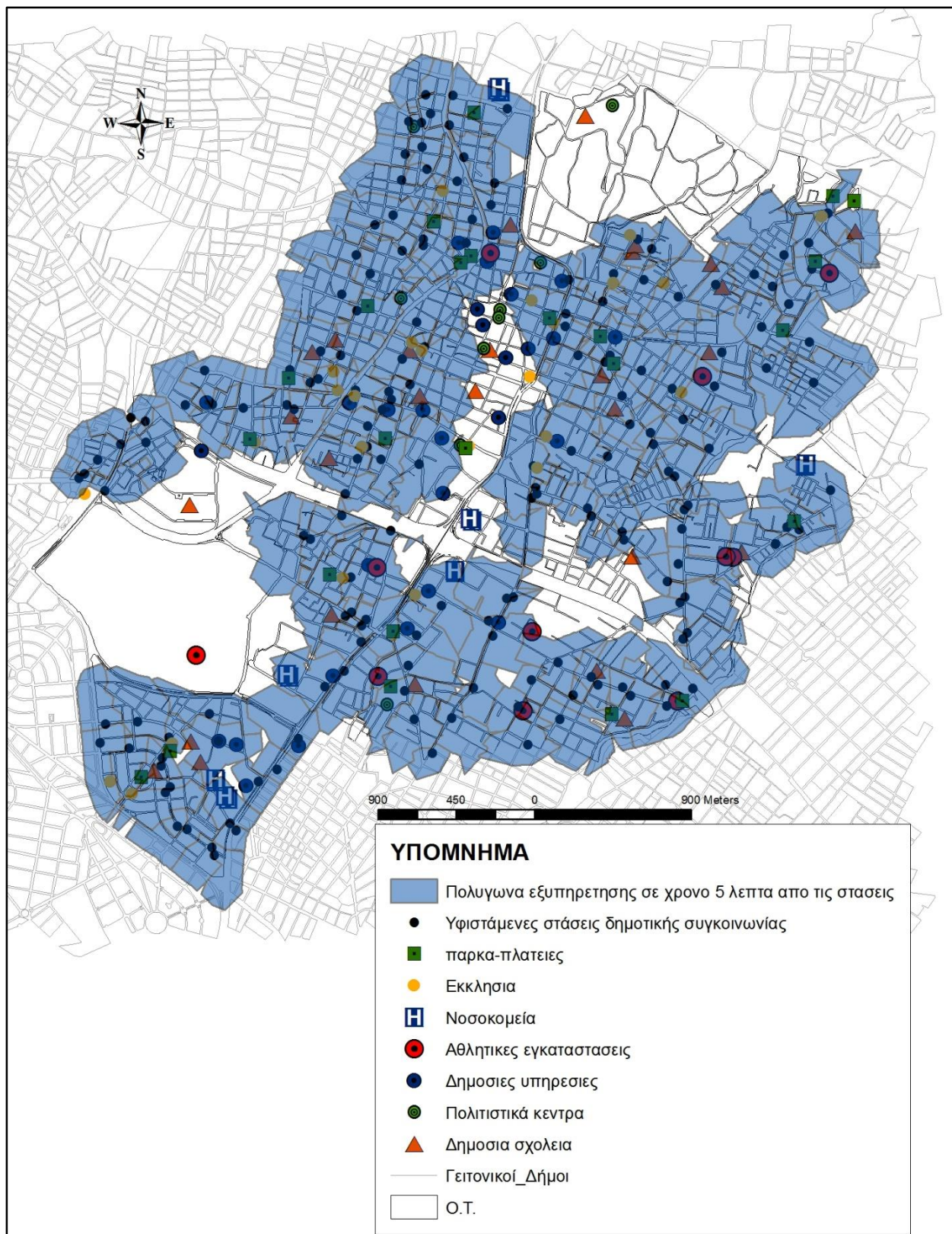
Πίνακας 9: Απόσπασμα πίνακα ιδιοτήτων του δικτύου πεζών

Επόμενο βήμα ήταν η εύρεση των περιοχών εξυπηρέτησης μέσω του εργαλείου service areas του Network Analyst πάνω στο δίκτυο πεζών. Ως σημεία εξυπηρέτησης εισήχθησαν οι θέσεις των υφιστάμενων στάσεων της Δημοτικής συγκοινωνίας και ως μέγεθος αντίστασης (impedance) θεωρήθηκε ο χρόνος πεζής διαδρομής με μέγιστο όριο τα 5 λεπτά (300sec). Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι παράμετροι του εργαλείου service area. Επιλέχθηκαν πολύγωνα χωρίς αλληλοεπικάλυψη (not overlapping) εφόσον οι στάσεις λειτουργούν ανταγωνιστικά και επιλέχθηκε ο λεπτομερέστερος (detailed) τύπος πολυγώνων.



Εικόνα 16: Παράμετροι του εργαλείου service areas

Στον παρακάτω χάρτη φαίνεται το αποτέλεσμα της διαδικασίας και η κάλυψη των στάσεων στο σύνολο του Δήμου αλλά και τα σημεία ενδιαφέροντος που είναι εκτός του περπατήσιμου χρόνου των 5 λεπτών.



Χάρτης 13:Περιοχή Κάλυψης υφιστάμενων στάσεων για χρόνο περπατήματος 5 λεπτών

Στον χάρτη φαίνονται καθαρά τα σημεία όπου δεν υπάρχει κάλυψη από την δημοτική συγκοινωνία. Σημαντικό είναι να τονιστεί ότι δεν εξυπηρετείται η περιοχή γύρω από τον σταθμό ΗΣΑΠ Νερατζιώτισσας η οποία παρουσιάζει μεγάλη ελκόμενη ζήτηση. Επίσης δεν υπάρχει κάλυψη και στις εισόδους των αθλητικών εγκαταστάσεων του Ο.Α.Κ.Α. και του χώρου πανεπιστημιακής εκπαίδευσης πίσω από το MALL. Τέλος κενό στην κάλυψη παρουσιάζεται και στο γεωγραφικό κέντρο του δήμου κατά μήκος της Λ. Κηφισίας όπου λόγω των χρήσεων γης υπερτοπικού χαρακτήρα παρουσιάζεται επίσης μεγάλη ζήτηση για μετακινήσεις.

## 5.5 Ανασχεδιασμός δικτύου

**Πρώτο βήμα** για την εφαρμογή της μεθοδολογίας ήταν ο καθορισμός της μορφής του δικτύου. Οι παράμετροι οι οποίοι συμμετείχαν στον καθορισμό ήταν:

- ⇒ Ο τρόπος λειτουργίας του δικτύου Δημοτικής συγκοινωνίας ο οποίος συμπληρώνει το μητροπολιτικό δίκτυο αστικών συγκοινωνιών.
- ⇒ Η στόχευση για την αποφόρτιση του πολεοδομικού κέντρου
- ⇒ Η μορφολογία και τα ειδικά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου
- ⇒ Η συνδεσιμότητα και η εγγύτητα των γειτονιών και τομέων του Δήμου.

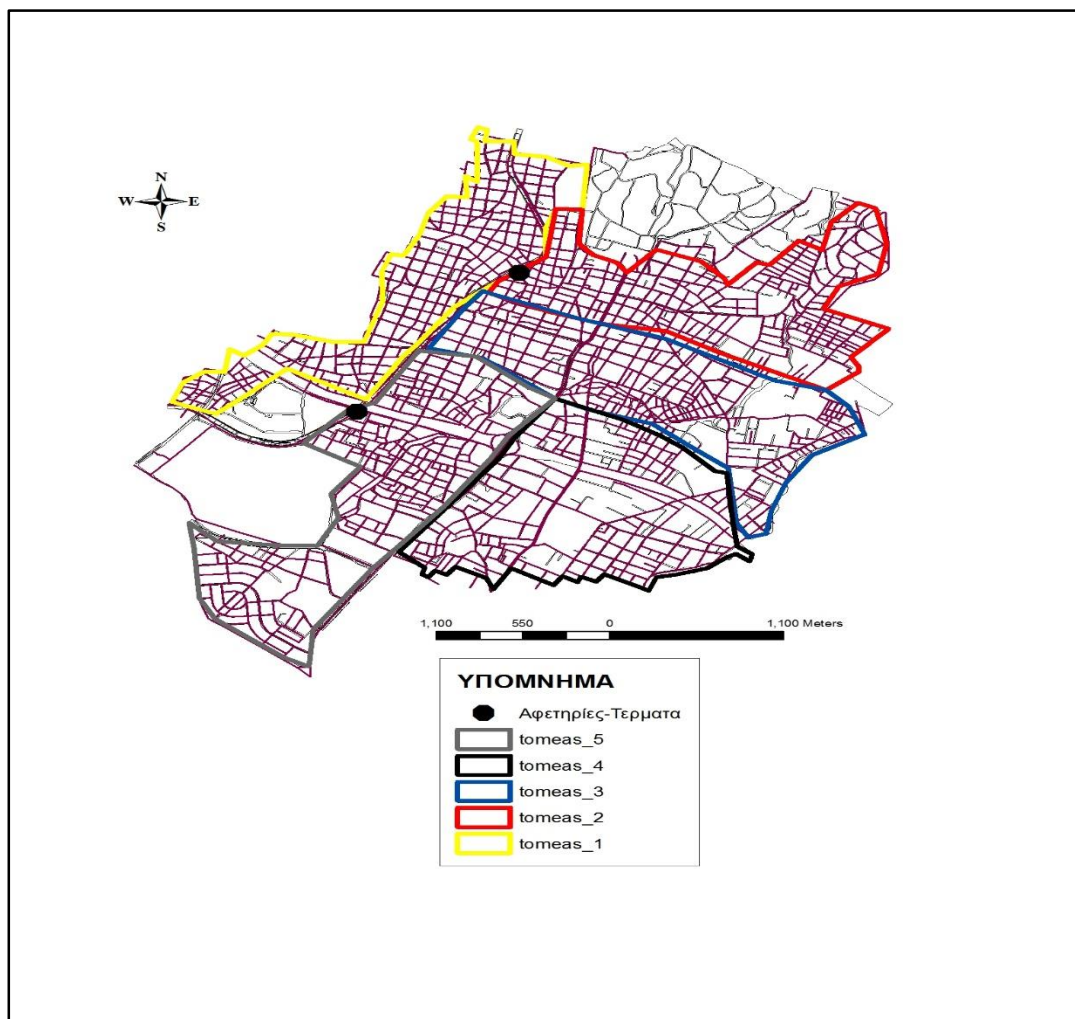
Με βάση αυτές τις παραμέτρους και την ανάλυση της υφισταμένης κατάστασης που έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο, αποφασίστηκε να πραγματοποιηθούν κυκλικές διαδρομές οι οποίες να έχουν ως αφετηρίες-τέρματα σημεία μεγάλης μητροπολιτικής ζήτησης τα οποία είναι παράλληλα κέντρα εισόδου-εξόδου του Δήμου. Τέτοια κέντρα είναι οι στάσεις του μητροπολιτικού σιδηρόδρομου με κυρίαρχες αυτές του πολεοδομικού κέντρου και του σταθμού Νερατζιώτισσης. Αποφασίστηκε να είναι και τα δύο αυτά κέντρα αφετηρίας από τα οποία να ξεκινούν εκείνες οι γραμμές οι οποίες εξυπηρετούν τις εκάστοτε κοντινότερες γειτονιές. Με αυτό τον τρόπο:

- αποφορτίζεται μερικώς το πολεοδομικό κέντρο
- Γίνεται σύνδεση του δικτύου δημοτικής συγκοινωνίας με το γενικότερο δίκτυο αστικών συγκοινωνιών
- παράλληλα μεριμνάται η κάλυψη της περιοχής του MALL από την δημοτική συγκοινωνία πράγμα το οποίο δεν γίνεται με τις υφιστάμενες διαδρομές (όπως προέκυψε από την ανάλυση) με αποτέλεσμα το οδικό δίκτυο της περιοχής να είναι σε καθημερινή βάση κατακλυσμένο από ΙΧ.

Στη συνέχεια για την διευκόλυνση των επόμενων βημάτων χωρίστηκαν οι μικρότερες γειτονιές του δήμου σε τομείς. Όπως προαναφέραμε ένα από τα αδύνατα σημεία του δήμου είναι η διάσπαση του αστικού ιστού λόγω της λεωφόρου Κηφισίας, Αττικής οδού και σιδηροδρομικών γραμμών που διασχίζουν το κέντρο του. Γι αυτό το λόγο οι τομείς φτιάχτηκαν σύμφωνα με τη



καλύτερη συνδεσμολογία του οδικού δικτύου και την εγγύτητά τους προκειμένου να έχουμε μια γενική εικόνα των τομέων εξυπηρέτησης από κάθε γραμμή. Βασικό χαρακτηριστικό των τομέων ήταν να έχουν κοντινό εμβαδό.



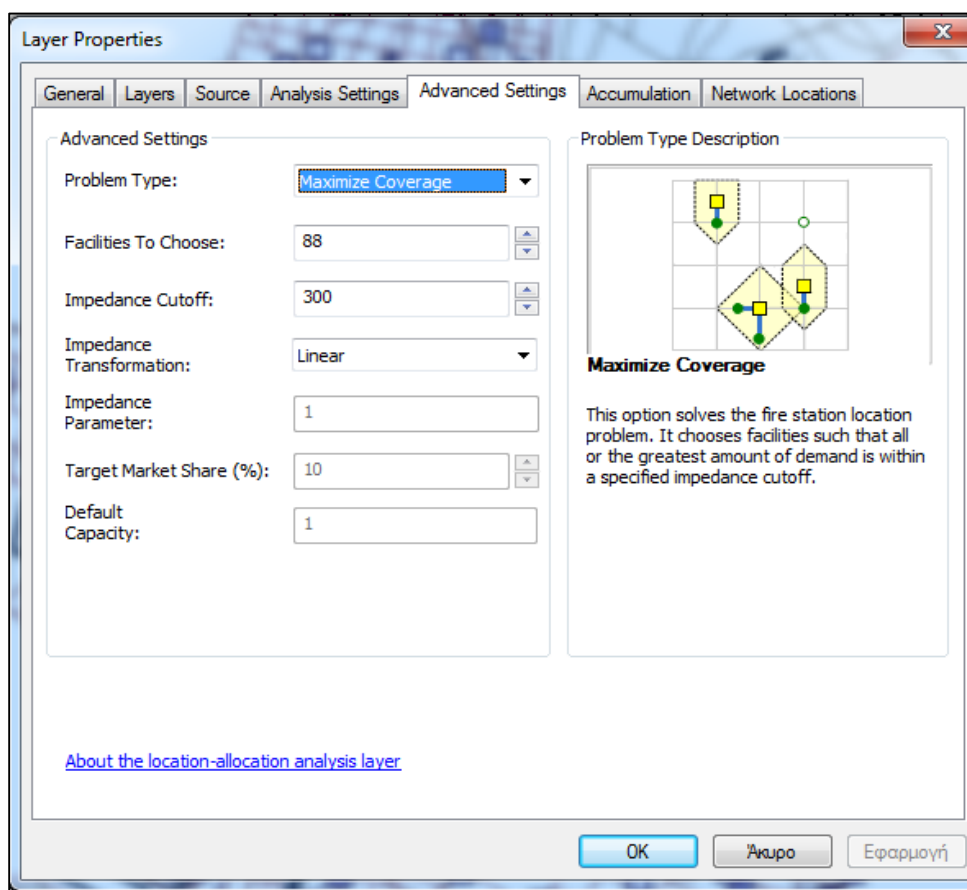
Χάρτης 14: Γενική ένωση γειτονιών του Αμαρουσίου σε μεγαλύτερους τομείς.

**Το επόμενο βήμα** της εφαρμογής της μεθοδολογίας είναι η επιλογή των αρχικών στάσεων με βάση τις οποίες θα σχεδιαστούν οι γραμμές. Η επιλογή αυτή ολοκληρώνεται σε δύο επιμέρους διαδικασίες

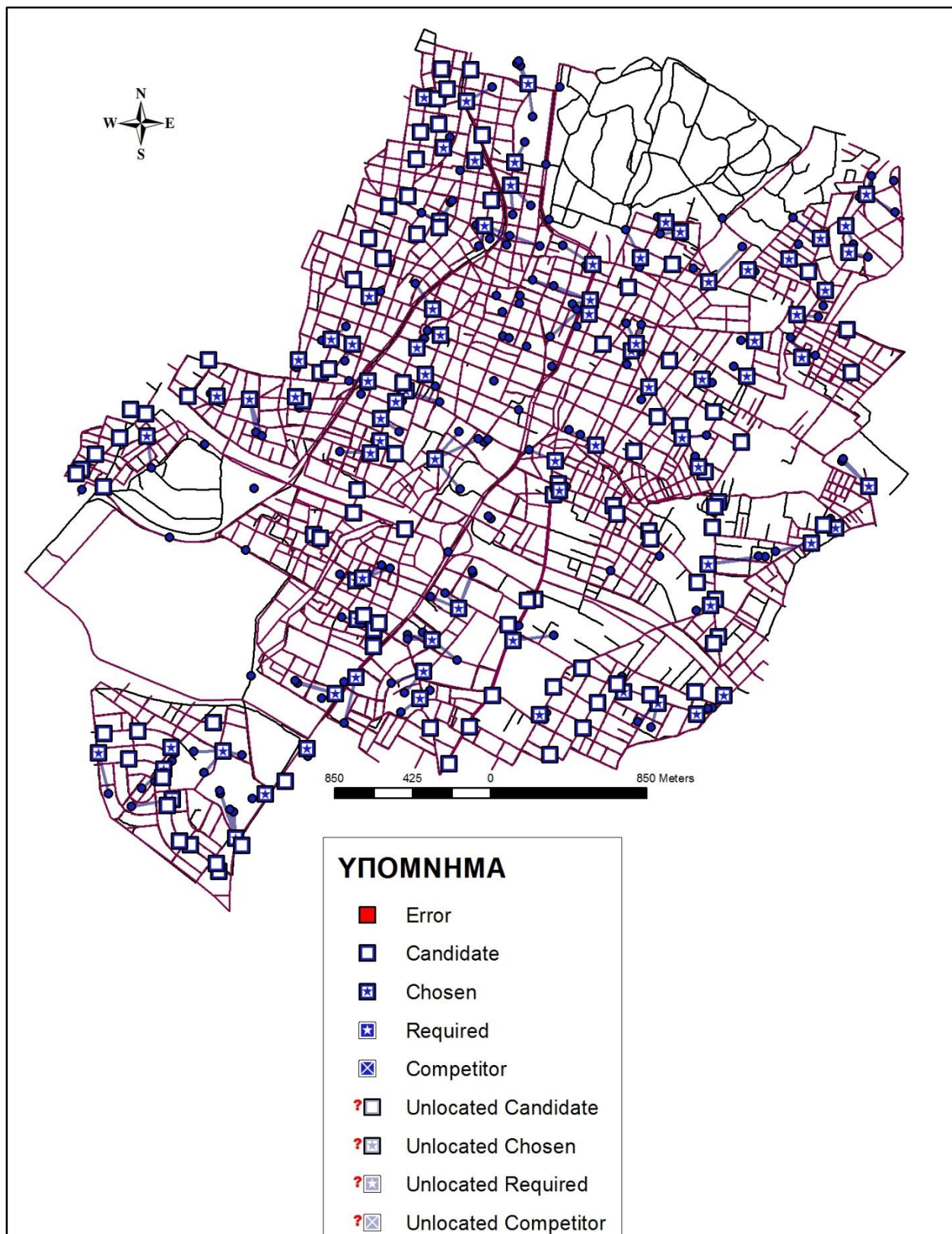
1. Την επιλογή στάσεων που παραμένουν
2. Την χωροθέτηση νέων στάσεων

Η βασική παράμετρος σύμφωνα με την οποία καθορίζονται οι στάσεις είναι η εξυπηρέτηση της ζήτησης. Στη συγκεκριμένη μεθοδολογία λόγω της έλλειψης αριθμητικών δεδομένων προσδιορισμού της ζήτησης αλλά και της ιδιαιτερότητας της λειτουργίας της Δημοτικής συγκοινωνίας η οποία εξυπηρετεί ειδικότερη ζήτηση ο καθορισμός των στάσεων έγινε με βάση

τα σημεία ενδιαφέροντος όπως καθορίστηκαν στο κεφάλαιο της ανάλυσης. Για λόγους συνέχειας με το αρχικό σύστημα λεωφορειακών γραμμών και μείωσης του κόστους αποφασίστηκε να διατηρηθεί ένα ποσοστό 50% των υφιστάμενων στάσεων που αντιστοιχεί σε 88 στάσεις περίπου σε ένα σύνολο 177 υφισταμένων. Η επιλογή των στάσεων που παραμένουν έγινε με τη εφαρμογή Location-allocation του Network Analyst. Το δίκτυο επί του οποίου εφαρμόστηκε ο υπολογισμός ήταν το δίκτυο πεζών που κατασκευάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Ως υποψήφια σημεία εξυπηρέτησης (candidate facilities) θεωρήθηκαν οι 177 θέσεις των υφιστάμενων στάσεων, ενώ ως σημεία ζήτησης καταχωρήθηκαν τα 176 σημεία ενδιαφέροντος που προήλθαν μέσω της συγχώνευσης των σημαντικών κτηρίων, δημόσιων σχολείων, εκκλησιών, πάρκων-πλατειών, των δημόσιων υπηρεσιών, αθλητικών εγκαταστάσεων και πολιτιστικών κέντρων. Οι παράμετροι της ανάλυσης χωροθέτησης-κατανομής αφορούν το πρόβλημα που επιλέχθηκε να λυθεί το οποίο είναι της μέγιστης κάλυψης (maximum covering) ώστε να μεγιστοποιείται η ικανοποίηση της ζήτησης για τον περιορισμό που θέτουμε και το μέγεθος αντίστασης (impedance) το οποίο θεωρήθηκε πάλι ο χρόνος πεζής διαδρομής με μέγιστο όριο τα 5 (300sec) λεπτά. Τέλος ο αριθμός σημείων εξυπηρέτησης προς επιλογή (facilities to chose) ορίστηκε να είναι το 50% των στάσεων για μεγαλύτερη άνεση στο στάδιο των βελτιώσεων. Η εφαρμογή και τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω.



Εικόνα 17: Παράμετροι εφαρμογής Χωροθέτησης-Κατανομής.

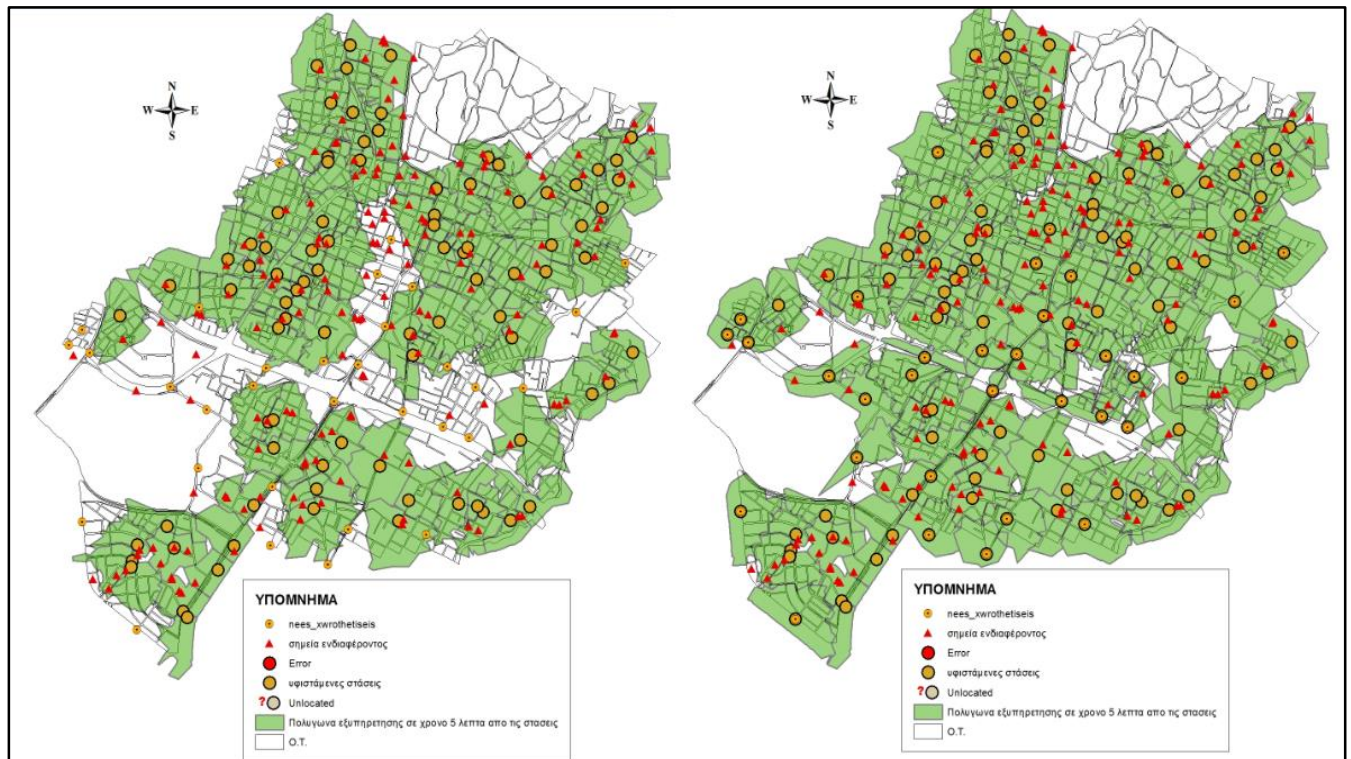


Χάρτης 15:Θέσεις στάσεων που επιλέχθηκαν να παραμείνουν.

Για την χωροθέτηση νέων στάσεων δημοτικής συγκοινωνίας βρέθηκαν οι περιοχές εξυπηρέτησης των επιλεγμένων αυτή τη φορά στάσεων και χρησιμοποιήθηκε το δίκτυο κυκλοφορίας mini bus την χωροθέτηση των νέων. Οι παράμετροι χωροθέτησης των νέων στάσεων ήταν:

1. η κάλυψη περιοχών που δεν καλύπτονται από τις υφιστάμενες επιλεγμένες
2. να βρίσκονται κοντά σε χρήσεις με αυξημένη παραγόμενη ή ελκόμενη ζήτηση
3. να βρίσκονται πάνω στο δίκτυο κυκλοφορίας mini bus
4. να βρίσκονται όσο γίνεται σε κύριες-τοπικές αρτηρίες
5. να επιλέγονται υφιστάμενες στάσεις του ΟΑΣΑ εφόσον πληρούν τις παραπάνω παραμέτρους.

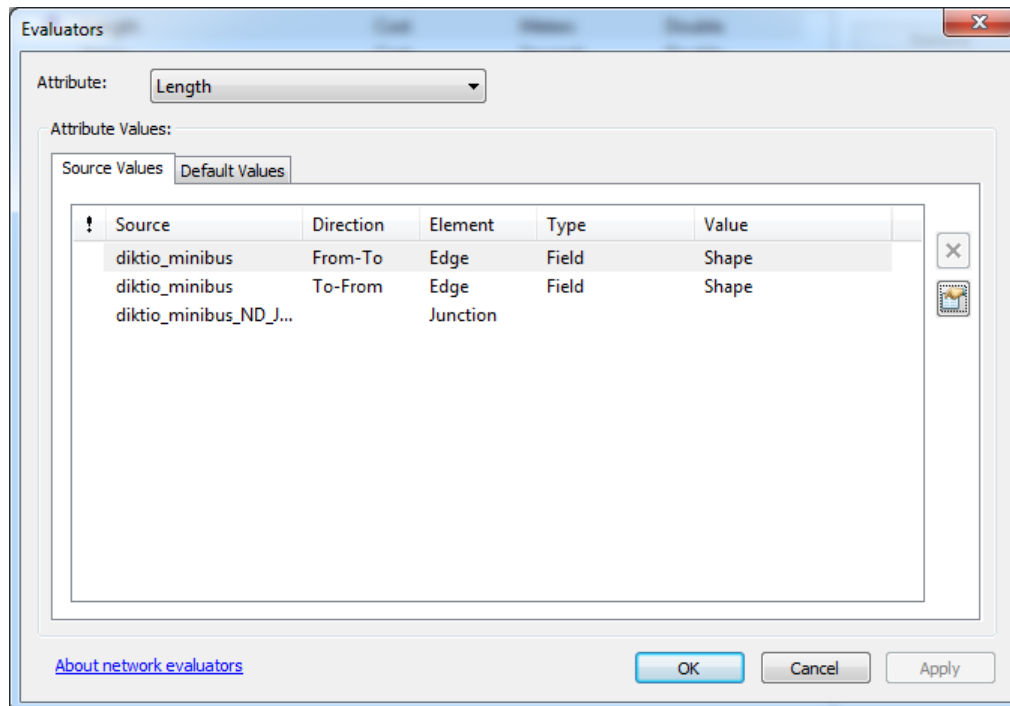
Με τη χωροθέτηση καινούριων στάσεων γινόταν η διαδικασία εύρεση περιοχών εξυπηρέτησης επαναληπτικά μέχρι να καλυφθεί η περιοχή μελέτης. Τα συγκριτικά αποτελέσματα πριν και μετά τη διαδικασία παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 18: Χάρτης περιοχών εξυπηρέτησης πριν και μετά τη χωροθέτηση νέων στάσεων.

**Στο επόμενο στάδιο** έγινε μια αρχική εκτίμηση των διαδρόμων και των στάσεων που θα εξυπηρετεί η κάθεμια. Για το επιτύχουμε αυτό επιλύθηκε το πρόβλημα της δρομολόγησης οχημάτων, ώστε να προκύψει μια πρώτη προσέγγιση των διαδρομών και των στάσεων που θα εξυπηρετήσουν. Η επίλυση έγινε με το εργαλείο Vehicle Routing Problem του Network Analyst. Το δίκτυο στο οποίο εφαρμόστηκε ο υπολογισμός ήταν το δίκτυο κυκλοφορίας minibus. Το δίκτυο αυτό κατασκευάστηκε από το υπόβαθρο του οδικού δικτύου κατά παρόμοιο τρόπο με αυτόν του δικτύου πεζών. Επιλέχθηκαν οι δρόμοι που μπορούν να κυκλοφορήσουν

minibus (αφαιρέθηκαν τμήματα αδιεξόδων, μικρού πλάτους καθώς και δρόμοι σε περιοχές που δεν μπορεί να εισέλθει λεωφορείο) και δημιουργήθηκαν οι αντίστοιχοι πίνακες του κόστους χρόνου. Οι κατευθύνσεις σε αυτή την περίπτωση λήφθηκαν υπόψη ως αξιολογητές (evaluators) και δημιουργήθηκε ο πίνακας (direction) σύμφωνα με ή αντίθετα με την κατεύθυνση ψηφιοποίησης(F-T,T-F).Στους δρόμους διπλής κατεύθυνσης κατασκευάστηκαν δύο άξονες με την συνδεσμολογία τους.

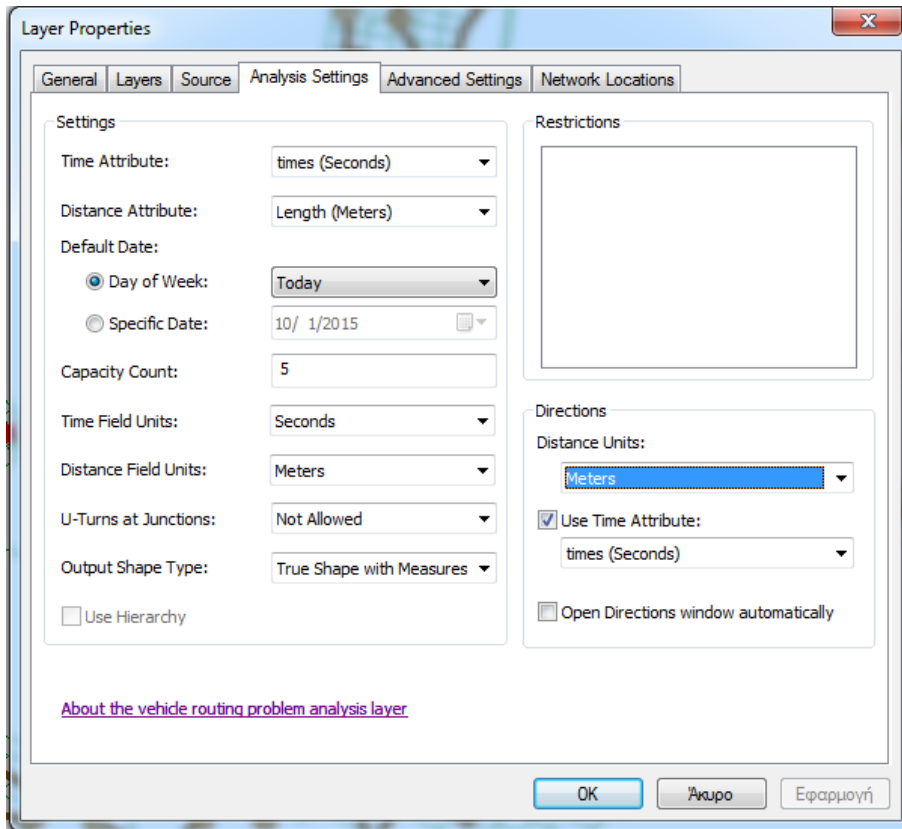


Εικόνα 19: Παράμετροι κατασκευής δικτύου minibus

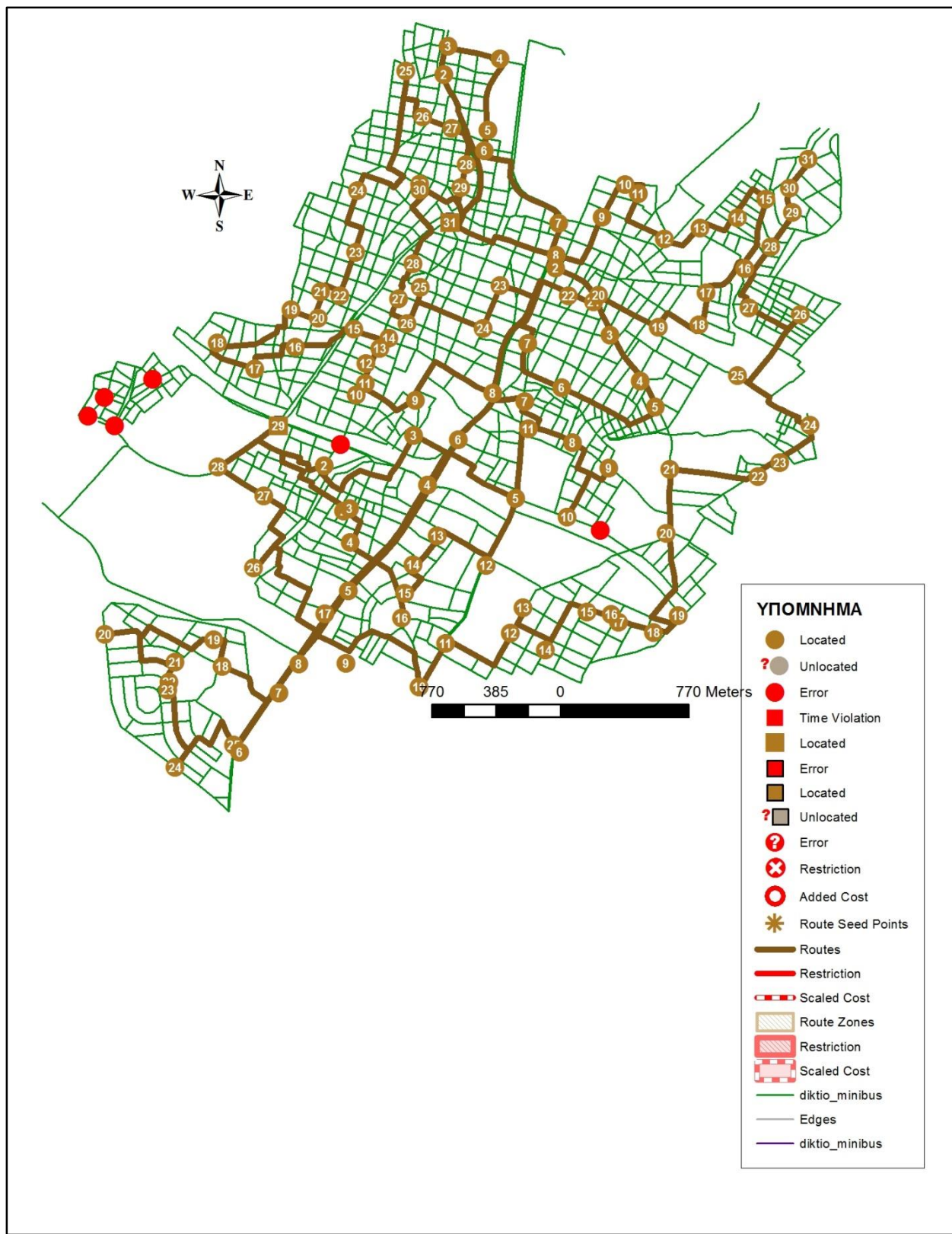


Χάρτης 16: Δίκτυο κυκλοφορίας μικρών λεωφορείων

Στην εφαρμογή του εργαλείου ως σημεία ζήτησης (orders) θεωρήθηκαν οι στάσεις του προηγούμενου βήματος της μεθοδολογίας, ενώ επιλέχθηκαν να δημιουργηθούν 5 διαδρομές. Ως αφετηρίες-τέρματα (depots) ορίστηκαν οι δύο στάσεις του μητροπολιτικού σιδηρόδρομου. Όσον αφορά τις παραμέτρους για τον υπολογισμό του κόστους των διαδρομών χρησιμοποιήθηκαν οι χρόνοι διαδρομής αλλά και το μήκος. Ελήφθησαν υπόψη οι κατευθύνσεις των οδικών αξόνων και απαγορεύτηκαν οι αναστροφές. Παρακάτω φαίνονται οι παράμετροι και το αποτέλεσμα της διαδικασίας.



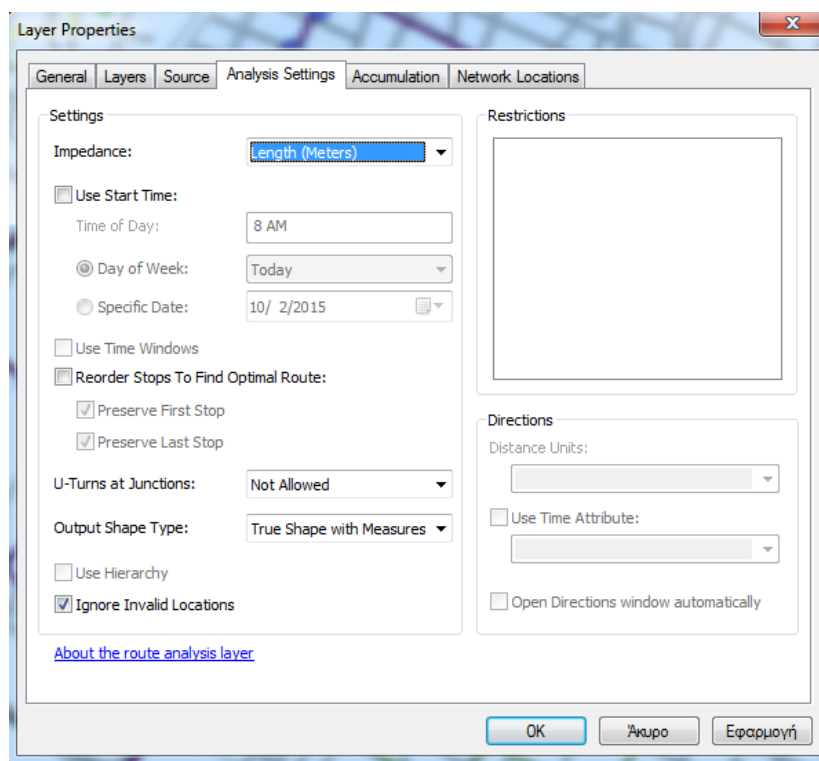
Εικόνα 20: Παράμετροι εφαρμογής δρομολόγησης οχημάτων.



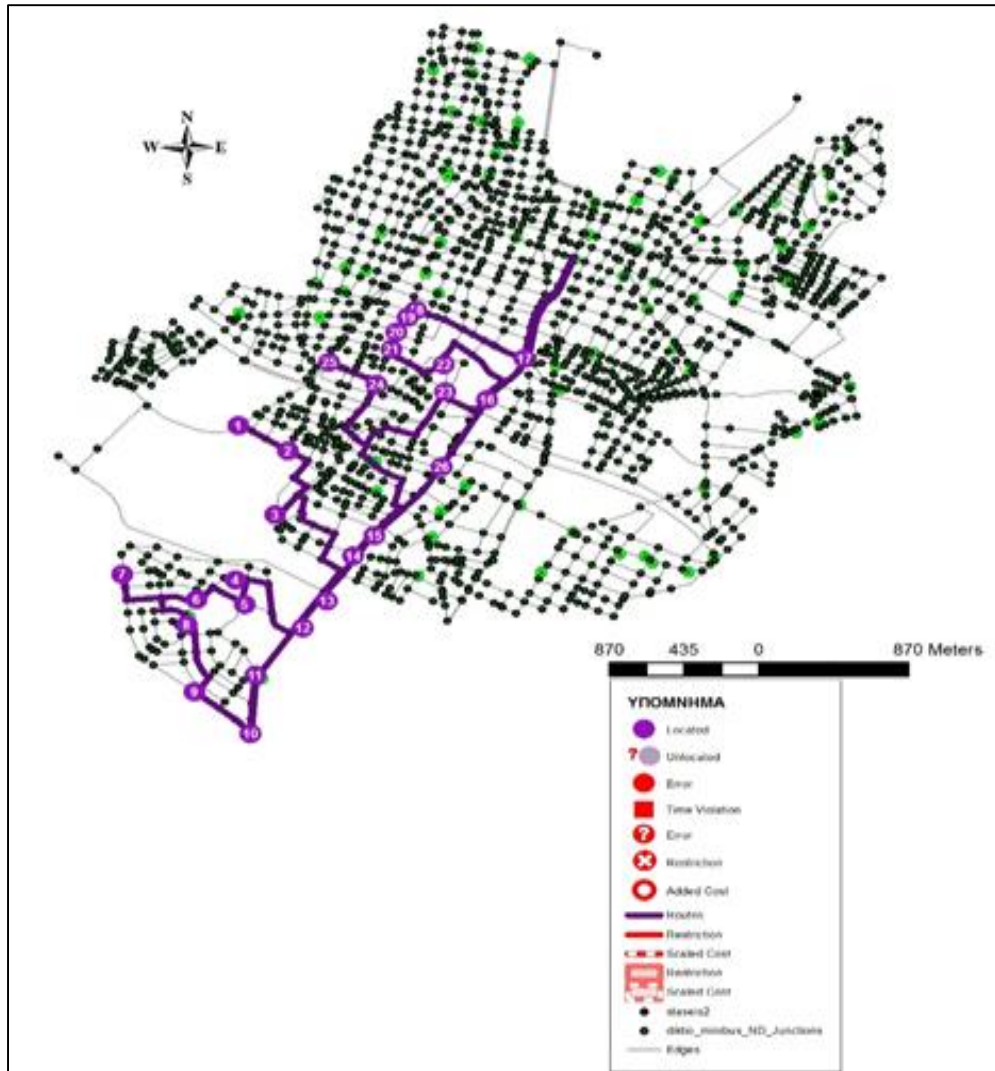
Χάρτης 17:Αποτέλεσμα δρομολόγησης οχημάτων.



Η εφαρμογή του προβλήματος αυτού μας έδωσε μια αρχική καλύτερη κατάνομη των 5 γραμμών που θέλαμε, ώστε να έχουμε μια εικόνα για το ποιές περιοχές είναι πιο «οικονομικό» να εξυπηρετούνται από κάθε γραμμή και από ποια θα είναι η αφητηρία της εκάστοτε γραμμής . Με βάση το αποτέλεσμα της δρομολόγησης οχημάτων αλλά και της σύνδεσης των γειτονιών του Δήμου σε τομείς αποφασίστηκαν οι στάσεις που θα εξυπηρετούνται από κάθε διαδρομή. Στη συνέχεια επιλύθηκε το πρόβλημα εύρεσης της συντομότερης διαδρομής επαναληπτικά για κάθε μια από τις διαδρομές για την ολοκλήρωση του τελικού καθορισμού των διαδρομών. Οι παράμετροι ήταν αντίστοιχοι με αυτές του προβλήματος δρομολόγησης όμως τώρα ως μέγεθος αντίστασης χρησιμοποιήθηκε το μήκος και όχι ο χρόνος για την ελαχιστοποίηση του κόστους. Ως σημεία εισόδου (stops) εισήχθησαν οι στάσεις κάθε γραμμής. Σε κάθε επανάληψη είχαμε μικρή μετατόπιση των θέσεων των στάσεων για την καλύτερη γεωμετρία των γραμμών αλλά και πρόσθεση κάποιων στάσεων για πληρέστερη κάλυψη των περιοχών. Παρακάτω φαίνεται η εφαρμογή της διαδικασίας και ένα παράδειγμα επανάληψης από την διαδικασία.

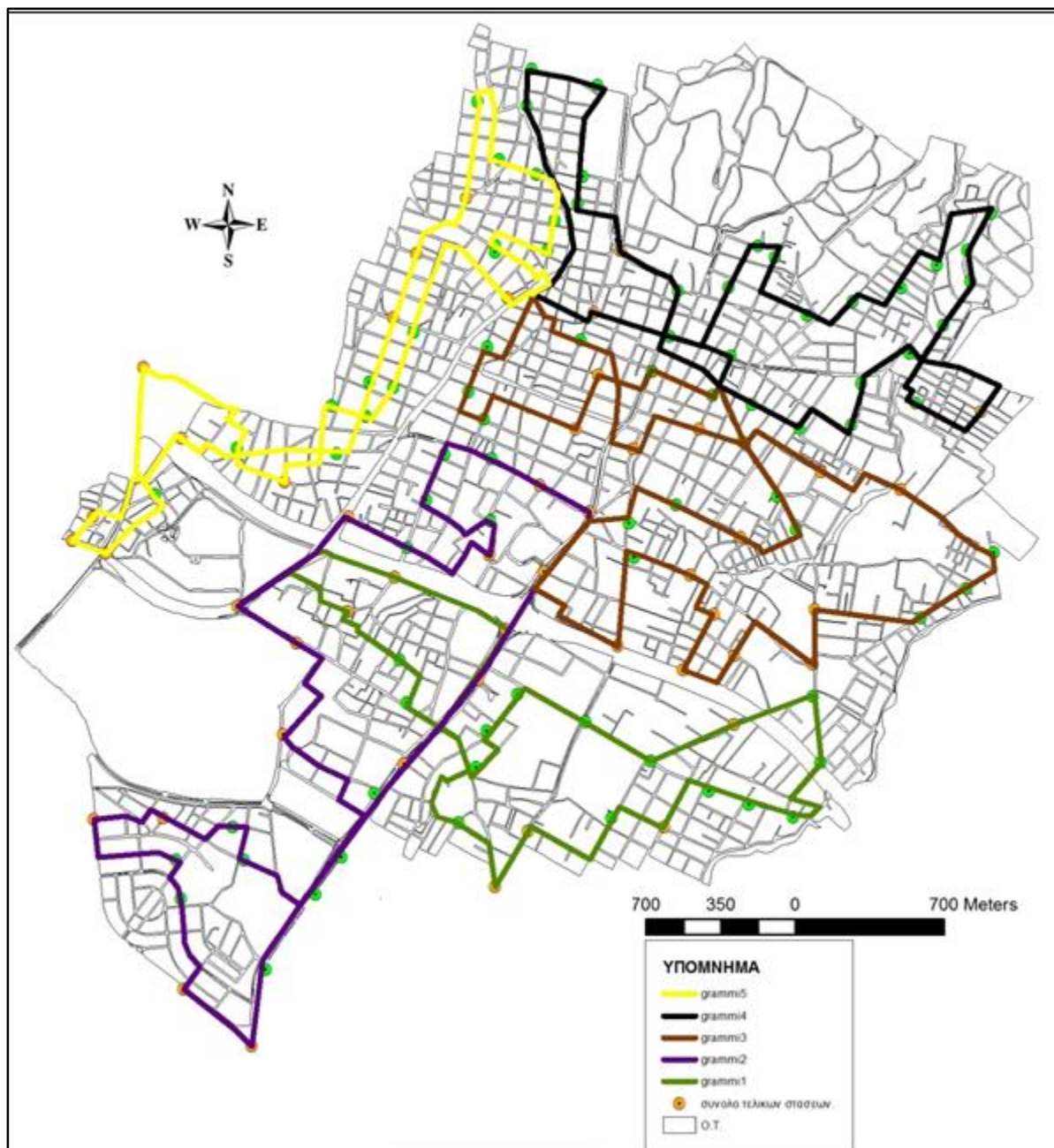


Εικόνα 21: Παράμετροι εφαρμογής εύρεσης διαδρομής.



Χάρτης 18: Παράδειγμα επανάληψης από την εφαρμογή εύρεσης διαδρομής.

Στο τελευταίο στάδιο αφού καθορίστηκαν οι αρχικές γραμμές ακολούθησαν κάποιες βελτιώσεις όπως η πύκνωση η αραιώση (με μικρές μετατοπίσεις ή νέες τοποθετήσεις)στάσεων σε σημεία που χρειαζόνταν σύμφωνα με τα κριτήρια, η διόρθωση των γραμμών από αναστροφές και προβληματικά σημεία λόγω της αυτοματοποιημένης διαδικασίας και μικρές αλλαγές σε γωνίες των διαδρομών. Το τελικό αποτέλεσμα του καθορισμού των διαδρομών παρουσιάζεται στον επόμενο χάρτη.



Χάρτης 19:Οι τελικές προτεινόμενες διαδρομές και το σύνολο των στάσεων.

## 5.6 Αποτελέσματα μεθοδολογίας

Το αποτέλεσμα τις μεθοδολογίας ήταν η δημιουργία 5 γραμμών με συνολικό μήκος 52.5χλμ. έναντι των 70 χλμ. του υφισταμένου δικτύου και σύνολο στάσεων 141 έναντι 177. Τα μήκη των γραμμών όπως προέκυψαν είναι τα εξής:

- Γραμμή 1: 9.148μ.
- Γραμμή 2: 11.250μ
- Γραμμή 3: 11.951μ
- Γραμμή 4: 10.405μ
- Γραμμή 5: 9.927μ

Οι χρόνοι των για την ολοκλήρωση των διαδρομών δεν μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια διότι πρέπει να είναι γνωστές και οι συνθήκες κυκλοφορίας. Πάρα το γεγονός αυτό όμως, μπορούμε να εξάγουμε ένα γενικό συμπέρασμα από την αραιώση των στάσεων ότι οι χρόνοι των διαδρομών ανάλογα πάντα με το μήκος τους μειώνονται. Θεωρώντας μια μέση ταχύτητα 25χλμ/ώρα η μεγαλύτερη διαδρομή είναι περίπου 30 λεπτά.

Οι γραμμές αυτές έχουν περίπου το ίδιο μήκος και μικρό ποσοστό επικάλυψης μεταξύ τους. Η κάλυψη που πετύχαμε αφορά το σύνολο του Δήμου έναντι του 90-93% του υφισταμένου δικτύου. Ο τρόπος λειτουργίας και η μορφή του δικτύου είναι παρόμοια με αυτήν του υφιστάμενου ωστόσο πετύχαμε την μερική αποφόρτιση του κέντρου και παράλληλα την κάλυψη του σταθμού της Νερατζιώτισσας από τη δημοτική συγκοινωνία. Οι γραμμές που κατασκευάστηκαν σε γενικό επίπεδο περνούν συχνά από τοπικές οδούς και σε κομμάτια από από κύριες και τοπικές αρτηρίες. Σε ένα αστικό οδικό δίκτυο όμως όπως αυτό του Δήμου Αμαρουσίου με πολλές μονοδρομήσεις και απαγορεύσεις και για την εξυπηρέτηση ειδικής ζήτησης και οικιστικών θυλάκων κάτι τέτοιο είναι αναπόφευκτο.

Συνολικότερα όσον αφορά τους στόχους που τέθηκαν στην προτεινόμενη μεθοδολογία έχουμε:

1. Τη μείωση του λειτουργικού κόστους μέσα από την μείωση του συνολικού μήκους των διαδρομών και την ελαχιστοποίηση της επικάλυψης. Αυτό δίνει την δυνατότητα για την επένδυση των πόρων του φορέα στην συχνότητα των δρομολογίων καθώς και στη λειτουργία απογευματινών ωραρίων τα Σάββατα και τις Κυριακές που δεν υφίστανται τώρα.
2. Τη μεγιστοποίηση της χρήσης καθώς συνδέεται το δίκτυο με τον μητροπολιτικό σιδηρόδρομο σε περιοχές μεγάλης προσεύλευσης πληθυσμού και πυκνότητας δραστηριοτήτων.
3. Την πληρέστερη κάλυψη του δήμου και των σημείων ενδιαφέροντος που εντοπίζονται σε αυτόν σε ποσοστό κοντά στο 100%
4. Την αύξηση του επιπέδου ποιότητας εξυπηρέτησης που προέρχεται από την μείωση του χρόνου των δρομολογίων και την πληρέστερη κάλυψη της περιοχής του δήμου

5. Η μείωση της επιβάρυνσης του δικτύου στο αστικό περιβάλλον του δήμου εφόσον δημιουργείται και δεύτερη αφετηρία-τέρμα. Με αυτό τον τρόπο αποφορτίζεται το πολεοδομικό κέντρο, ενώ παράλληλα γίνεται και σύνδεση του δικτύου με τη δεύτερη περιοχή μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου δίνοντας τη δυνατότητα στους δημότες να μην χρησιμοποιούν Ι.Χ για τις καθημερινές δραστηριότητες τους στο υπερτοπικό κέντρο του δήμου και στην περιοχή του MALL-O.A.K.A.

Γίνεται λοιπόν σαφές ότι με την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας βελτιώνεται συνολικά η αποδοτικότητα του συστήματος και επιτυγχάνονται οι επιμέρους στόχοι που τέθηκαν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στην παρούσα εργασία καταρχήν επιχειρήθηκε μια σύντομη αναφορά στην βιωσιμότητα και στην σχέση την οποία αυτή έχει με την δημόσια συγκοινωνία και τους τρόπους μετακίνησης στην σημερινή εποχή. Αναλύθηκαν οι λόγοι που καθιστούν τον σχεδιασμό προς την κατεύθυνση της δημόσιας συγκοινωνίας απαραίτητο στη πόλη του σήμερα. Στη συνέχεια έγινε μια θεωρητική ανασκόπηση του σχεδιασμού δικτύων αστικών συγκοινωνιών η οποία περιελάμβανε τους στόχους τις αρχές, τα κριτήρια και το μεθοδολογικό πλαίσιο που τον διέπουν. Επιπλέον έγινε ανασκόπηση του επιστημονικού πεδίου των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και ειδικότερα στο τομέα των μεταφορών, με αναφορά στην αναπαράσταση των δεδομένων, τις μεθόδους, τις τεχνικές και τις εφαρμογές τους. Τέλος παρουσιάστηκε η περιοχή μελέτης και αναπτύχθηκε η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε βασισμένη στο προηγούμενο θεωρητικό υπόβαθρο για τον ανασχεδιασμό λεωφορειακών γραμμών.

### 6.1 Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω τμήματα της εργασίας προκύπτουν μια σειρά από συμπεράσματα που αναφέρονται παρακάτω οργανωμένα σε 3 υποενότητες.

1. Συμπεράσματα για την βιωσιμότητα
2. Συμπεράσματα για το σχεδιασμό δικτύων δημόσιων συγκοινωνιών, την έρευνα και τις εφαρμογές στο τομέα των ΓΣΠ για τις μεταφορές
3. Συμπεράσματα σχετικά με την εφαρμοσμένη μεθοδολογία

#### Όσον αφορά την βιωσιμότητα:

Τι μεθοδολογικό πλαίσιο που παρουσιάστηκε αποτελεί σημαντικό κομμάτι προς το σχεδιασμό για βιώσιμες μετακινήσεις. Τα προβλήματα που δημιουργούνται στις σύγχρονες πόλεις λόγω της υποβάθμισης του αστικού χώρου και ειδικά της χρήσης του αυτοκινήτου οδηγούν στην αναζήτηση βιώσιμων λύσεων. Στο πλαίσιο αυτό η στόχευση προς την βιώσιμη κινητικότητα αποτελεί καθοριστική παράμετρο στην διαδικασία αντιμετώπισης των προβλημάτων μιας πόλης.

Οι δημόσια συγκοινωνία έχει γίνει αντικείμενο μελέτης και έρευνας όσον αφορά τα οφέλη που προσφέρει προς το σχεδιασμό τις βιωσιμότητας. Αποτελεί ένα πρωταρχικό και αναγκαίο παράγοντα που μπορεί να προσφέρει σε αυτή την κατεύθυνση. Στη σημερινή εποχή της έχει ανατεθεί ο βασικός ρόλος του περιορισμού του αυτοκινήτου και παράλληλα η συνεργασία με τους άλλους βιώσιμους τρόπους μετακίνησης για την αντιμετώπιση των προβλημάτων του αστικού χώρου.

### Όσον αφορά την δεύτερη υποενότητα διαπιστώνουμε τα εξής:

Ο σχεδιασμός δικτύων δημόσιων συγκοινωνιών αναφέρεται στη διαδικασία με την οποία σχεδιάζονται οι γραμμές και καθορίζονται οι συχνότητές τους. Είναι ένα πρόβλημα σύνθετο στο οποίο υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες. Οι έρευνες και μελέτες για τον σχεδιασμό έχουν ποικιλία ως προς τις προσεγγίσεις λόγω τις πολυπλοκότητας του προβλήματος οι οποίες ταξινομούνται ως προς τους στόχους, τις παραμέτρους και τις μεθόδους που χρησιμοποιούν. Οι κατευθύνσεις προς τις οποίες μπορεί να προσανατολιστεί η έρευνα για τον σχεδιασμό αφορούν την βελτίωση των υπάρχοντων μοντέλων μέσα από την αύξηση των παραμέτρων, της λεπτομέρειας και τη βελτίωση των μεθοδολογιών επίλυσης για πολλαπλούς στόχους.

Η χρήση των ΓΣΠ σήμερα έχει διαδοθεί ευρέως σε πάρα πολλούς τομείς που συμπεριλαμβάνουν τη χωρική διάσταση. Ιδιαίτερα στο τομέα των μεταφορών χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την επίλυση των προβλημάτων του. Τα ΓΣΠ-Μ προσφέρουν το κατάλληλο σύστημα για την οργάνωση και διαχείριση όλων των χωρικών και περιγραφικών δεδομένων που σχετίζονται και επιδρούν στον τομέα. Παράλληλα προσφέρουν τα κατάλληλα εργαλεία για την ανάλυση, επεξεργασία τους και την ανάπτυξη πιο σύνθετων εφαρμογών. Η έρευνα προς αυτόν τον τομέα αναπτύσσεται συνεχώς ως προς τον τρόπο με τον οποίο αναπαρίστανται τα δεδομένα, τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται καθώς και την ανάπτυξη νέων εφαρμογών σε συνδυασμό με κοντινά επιστημονικά πεδία και τη χρήση διαδικτύου. Το κομμάτι της ανάλυσης δικτύων περιλαμβάνει την αντιμετώπιση προβλημάτων στις μεταφορές με πραγματική υπόσταση και συνεχώς αναπτύσσει και βελτιώνει αλγόριθμους για την επίλυσή τους. Γενικότερα εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα ΓΣΠ είναι ισχυρά εργαλεία για την ανάλυση χώρου και για το σχεδιασμό δικτύου συγκοινωνιών προσφέροντας το υπόβαθρο και το κατάλληλο υλικό για μια ολοκληρωμένη μελέτη συνδυάζοντας ποιοτική και μαθηματική λύση.

### Όσον αφορά την τρίτη υποενότητα τα συμπεράσματα που εξάγονται είναι τα εξής:

Η προτεινόμενη μεθοδολογία χρησιμοποιεί τα ΓΣΠ και συγκεκριμένα το λογισμικό του ArcGIS αρχικά για την αποτύπωση και ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης με σκοπό την αξιολόγησή της βάσει του θεωρητικού υπόβαθρου. Στη συνέχεια παρουσιάζει το μεθοδολογικό πλαίσιο ανασχεδιασμού. Αναφέρεται στην ολοκλήρωση του πρώτου σταδίου της διαδικασίας δρομολόγησης αυτό του σχεδιασμού-καθορισμού των διαδρομών. Αξιοποιεί ήδη υπάρχουσες τεχνικές και εφαρμογές της ανάλυσης δικτύων ωστόσο για την αξιολόγηση και τον ανασχεδιασμό του δικτύου εκτός από τις αυτοματοποιημένες εφαρμογές του λογισμικού περιέχει και την ποιοτική κρίση και εμπειρία του μελετητή. Κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο καθώς για την επίλυση ενός τόσο πολύπλοκου προβλήματος όπως αυτό του σχεδιασμού δεν είναι αρκετές από μόνες τους οι μαθηματικές και αυτοματοποιημένες διαδικασίες των εφαρμογών των ΓΣΠ-Μ. Στην προτεινόμενη μεθοδολογία γίνεται χρήση πολύ λεπτομερών δεδομένων όπως ο πληθυσμός ανά οικοδομικό τετράγωνο, οι θέσεις των σημείων ενδιαφέροντος και οι χρήσεις γης σε επίπεδο οικοδομικών τετραγώνων. Τα αποτελέσματα στα οποία οδήγησε είναι λογικά και ικανοποιητικά

σε σχέση με τους στόχους με τους οποίους εφαρμόστηκε και βελτιώνει συνολικά την αποδοτικότητα του συστήματός. Συνολικά μπορούμε να πούμε ότι η εφαρμοσμένη μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί για τον σχεδιασμό και τη βελτίωση των γραμμών ενός δικτύου.

## **6.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα**

Στην παρούσα εργασία δεν εξαντλούνται οι δυνατότητες των τεχνικών και μεθόδων ανάλυσης δικτύων και του σχεδιασμού Δικτύων Δημόσιων συγκοινωνιών. Αποτελεί ένα μικρό κομμάτι του σύνθετου και πολύπλοκου πεδίου του σχεδιασμού των μεταφορών. Κατά αυτό το τρόπο υπάρχουν πολλές δυνατότητες για περαιτέρω έρευνα στο σχεδιασμό δημόσιων συγκοινωνιών και γενικότερα των μεταφορών. Μερικές από αυτές μπορεί να είναι:

- Η εφαρμογή της μεθοδολογίας σε άλλες περιοχές με διαφορετικά χαρακτηριστικά ή η χρήση διαφορετικών μεθόδων και σύγκριση των αποτελεσμάτων.
- Ο σχεδιασμός δικτύων δημοτικής συγκοινωνίας στα πλαίσια των συνδυασμένων μετακινήσεων με άλλους βιώσιμους τρόπους μετακίνησης. Η σύνδεσή του με άλλα δίκτυα όπως ποδηλατοδρόμων, κλπ.
- Η έρευνα για λειτουργία συστήματος δημοτικής συγκοινωνίας που ανταποκρίνεται στην ζήτηση σε πραγματικό χρόνο.
- Η μελέτη για εφαρμογές περιοριστικών μέτρων κυκλοφορίας αυτοκινήτου σε σχέση με το σχεδιασμό δικτύων δημόσιας συγκοινωνίας.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική Βιβλιογραφία

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

Βλαστός Θ., (2008) *Η πόλη της Δημόσιας Συγκοινωνίας. Κοινωνικές παράμετροι, Σημειώσεις για το μάθημα Κοινωνιολογία του Χώρου, Σύστημα Μελετητική.*

Γιαννόπουλος Γ., *Σχεδιασμός Μεταφορών Και Κυκλοφοριακή Τεχνική*, Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 1986

Γιαννόπουλος Γ., *Δημόσιες Αστικές Συγκοινωνίες*, Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 1988

Γιαννόπουλος Γ., *Σχεδιασμός των Μεταφορών*, Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 2002

Γκόλιας Ι. , (1997) *Κυκλοφοριακή Τεχνική* , Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Καρλαύτης Μ., ( 2009) *Συστήματα Α.Σ.*, Α Τόμος, Εκδόσεις Συμμετρία

Κουτσόπουλος Κ., (2005 ) *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Κουτσόπουλος Κ., (2009) *Πραγματεία Ανάλυσης Χώρου*, Τόμος Ι,ΙΙ, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Σαρηγιάννης Γ., (2000) *Αθήνα 1830-2000 Εξέλιξη- Πολεοδομία- Μεταφορές*, Εκδόσεις Συμμετρία

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

Φώτης Γ., (2010) *Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών*, Εκδόσεις Γκοβόστη

ΦΕΚ 114/Α/08.06.2006

ΦΕΚ 268/23.11.2001

ΦΕΚ 87/Α/07.06.2010

ΦΕΚ 1701/Β/01.09.2011

## Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Baaaj, M. H., and Mahmassani, H. S. (1991) An AI-based approach for transit route system planning and design, *J. Adv. Transp.*, 25(2), 187–210
- Ceder A. (2007), *Public Transit, Planning and Operation*, Publishers Butterworth-Heinemann, Oxford 2007
- Ceder, A., and Israeli, Y. (1997) User and operator perspectives in transit network design, *Transportation Research Record*, 1623, 3–7
- Ceder, A., and Wilson, N. H. M. (1986) Bus network design, *Transp.Res.*, Part B: Methodology, 20B(4), 331–344
- Chakroborty, P. and Dwivedi, *Optimal route network design for transit systems using genetic algorithms*, India 2002
- Chang, S. K., and Schonfeld, P. M. (1991) *Multiple period optimization of bus transit systems*, *Transp. Res.*, Part B: Methodology, 25B(6), 453–478
- Chang, S. K., and Schonfeld, P. M. (1993) Welfare maximization with financial constraints for bus transit systems, *Transportation Research Record*, 1395, 48–57
- Chua, T. A. (1984) The planning of urban bus routes and frequencies: A survey. , *Transportation*, 12(2), 147–172
- Fisher, M. (2003) GIS and Network Analysis, Handbook 5: *Transport Geography and Spatial Systems*, Pergamon
- Goodchild, M. F. (1998) Geographic information systems and disaggregate transportation modeling *Geographical Systems*, 5, 19–44
- Hasselström, D. (1981) Public transportation planning — A mathematical programming approach, *Ph.D. thesis, Dept. of Business Administration*, Univ. of Göteborg, Sweden
- Kepaptsoglou K., and Karlaftis M. (2009) Transit Route Network Design Problem : *Review, J. of Trans. Eng.*, 491–503
- Litman T. (2003) *sustainable Transportation Indicators*, Victoria Transport Policy Institute
- Logie M., *Making modeling worthwhile: revisions to the modeling framework*, UK 2003
- Mandl, C. E. (1980) Evaluation and optimization of urban public transportation networks, *Eur. J. Oper. Res.*, 5(6), 396–404
- Miller, H.J. and Shaw, S.L. (2001) *Geographic Information Systems for Transportation: Principles and Applications*, Oxford University Press, New York
- Rodrigue, J-P, C. Comtois and B. Slack (2009), *The Geography of Transport Systems*, Second Edition, Routledge, New York

Van Nes, R., and Bovy, P. H. L. (2000) The importance of objectives in urban transit network design, *Transportation Research Record*, 1735, 50–57

### Διαδίκτυο

Δήμος Αμαρουσίου, [www.maroussi.gr](http://www.maroussi.gr) -Δημοτική Συγκοινωνία

Victoria Transport Policy Institute, <http://www.vtpi.org> - Documents

Transportation Research Board, <http://www.trb.org/Publications/PubsTRBAnnualReport.aspx>

Μονάδα βιώσιμης κινητικότητας ΕΜΠ, <http://www.smu.gr> –Δημοσιεύσεις

European Commission–Mobility and transport, <http://ec.europa.eu/transport-> Transport themes

Ο.Α.Σ.Α, <http://www.oasa.gr/routes>

Οργανισμός ρυθμιστικού σχεδίου και περιβάλλοντος Αθήνας, <http://www.organismosathinas.gr>