



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Διπλωματική Εργασία**

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ  
ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ**

**ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΤΑΣΙΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**



Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για την απόκτηση του  
Διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού

### **ΒΟΛΟΣ 2023**

Πρώτα απ' όλα, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας, Επίκουρο Καθηγητή κ. Αθανάσιο Θεοφιλάτο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μας. Επίσης, είμαστε ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας, Καθηγητές κ. Νικόλαο Ηλιού και κα. Ευτυχία Ναθαναήλ για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Να ευχαριστήσουμε τον κ. Τατάκο Κωνσταντίνο, Προϊστάμενος Τμήματος Φωτεινής Σηματοδότησης για την παροχή χρήσιμων πληροφοριών για τους χρόνους φωτεινής σηματοδότησης του οδικού δικτύου και τον Φοιτητή Μπάρκα Σπυρίδων για την πολύτιμη βοήθειά του σε τεχνικά θέματα κατά την υλοποίηση του μοντέλου. Τέλος να ευχαριστήσουμε τους φίλους μας για την βοήθεια τους στην έρευνα και τη συλλογή δεδομένων. Συγκεκριμένα να ευχαριστήσουμε την Απαζίδου Αναστασία, τον Κυριαζή Κάλλη (φοιτητές του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας) αλλά και τον Παπαγεωργίου Αχιλλέα, Παλάσκα Βασίλειο, Παπαπέτρο Δημήτριο, Σιμώτα Παντελεήμων και Βράκα Βασίλειο. Ευχαριστούμε από καρδιάς.

© 2023 Παπαγεωργίου Κωνσταντίνος, Τασιόπουλος Γεώργιος

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

## **Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:**

Πρώτος εξεταστής [Athanasios \(Akis\) Theofilatos, MSc, PhD, FHEA](#)  
[Assistant Professor in Sustainable Transport Planning,](#)  
[University of Thessaly](#)

Δεύτερος Εξεταστής [Dr. Nikolaos Eliou](#)  
[Professor in Highway design and Road safety, University of](#)  
[Thessaly](#)

Τρίτος Εξεταστής [Dr. Eftihia Nathanail](#)  
[Professor in Transportation Planning and Evaluation,](#)  
[University of Thessaly](#)

# ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ

Παπαγεωργίου Κωνσταντίνος, Τασιόπουλος Γεώργιος  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2023

Επιβλέπων Καθηγητής: Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας  
Θεοφιλάτος Αθανάσιος

## Περίληψη

### Λέξεις Κλειδιά:

*Μακροσκοπικό Μοντέλο, Σχεδιασμός μεταφορών, Aimsun, Κεντροειδή , ODMatrix, Προέλευση-Προορισμός, Οδικό Δίκτυο*

Η πτυχιακή αυτή ενσαρκώνει ένα μακροσκοπικό κυκλοφοριακό μοντέλο της πόλης του Βόλου και αναλύει τους φόρτους και τις μετακινήσεις του οδικού δικτύου. Αρχικά έγινε χαρτογράφηση των κεντρικών αρτηριών, που περνάει η κυκλοφορία και στην συνέχεια η αποτύπωσή τους στο λογισμικό Aimsun. Έπειτα συλλέχθηκαν πραγματικά δεδομένα τόσο για τον κυκλοφοριακό φόρτο και τις χρήσεις γης , όσο και για την τοποθέτηση των κεντροειδών αλλά και των χρόνων των φωτεινών σηματοδοτών και της φύσης των σημάτων κυκλοφορίας. Ακολούθησε η εισαγωγή και ανάλυση των δεδομένων με Static OD Adjustment experiment όπου έγιναν έλεγχοι όπως R-square και έλεγχοι ανταπόκρισης και εγκυρότητας του μοντέλου στην πραγματικότητα. Κατόπιν τα αποτελέσματα του πειράματος του μοντέλου αξιολογήθηκαν και παραθέτονται στην εργασία αυτή, η οποία αποτελεί εξαιρετικό υπόβαθρο για την περεταίρω μελέτη και ανάπτυξη του μοντέλου και των κυκλοφοριακών επιπτώσεων στην πόλη του Βόλου.

# MACROSCOPIC TRAFFIC MODEL DEVELOPMENT FOR VOLOS

Papageorgiou Konstantinos, Tasiopoulos George

University of Thessaly, Department of Civil Engineering, 2023

Supervisor Professor: Associate Professor in University of Thessaly Theofilatos Athanasios

## Abstract

**Keywords:** Macroscopic Model, Transportation Planning, Aimsun, Centroids, OD Matrix, Origin-Destination, Road Network

This Thesis embodies a macroscopic traffic model of the city of Volos and analyzes the loads and the traffic movements of its road network. Initially took place the creation of a cartography of the main arterial roads, in which there is a considerable amount of traffic, followed by their depiction on the Aimsun software. Afterwards, real-life data was collected both for the traffic load, the uses of land and for the installation of centroids on the map, but also for the time of traffic lights and the nature of the signposts. Then followed the input and analysis of the data with Static OD Adjustment experiment, where checks like R-square were performed together with checks on the response and validity of the model in real life circumstances. Consequently, the experimental results of the model were evaluated and are presented in this paper, which comprises an excellent background for further study and development of the traffic aftereffects in the city of Volos.

## Περιεχόμενα

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή</b>                                                | <b>8</b>  |
| 1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΡΟ                                                  | 8         |
| 1.2. ΣΤΟΧΟΣ                                                                | 9         |
| 1.3. ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ                                                   | 9         |
| 1.4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ                                                 | 10        |
| 1.5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ-ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΕΛΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ-ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ | 11        |
| <b>Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό υπόβαθρο</b>                                      | <b>12</b> |
| 2.1. ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ                                        | 12        |
| 2.2. ΟΡΙΣΜΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ                                          | 15        |
| <b>Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία Έρευνας</b>                                     | <b>17</b> |
| 3.1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ                                         | 17        |
| 3.1.1. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ                               | 17        |
| 3.1.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ                                          | 19        |
| 3.2. ΕΡΕΥΝΑ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΩΝ                                           | 19        |
| 3.2.1. ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΧΡΟΝΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΩΝ                              | 20        |
| 3.3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ                                                     | 23        |
| 3.3.1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ                                     | 23        |
| <b>Κεφάλαιο 4: Ανάπτυξη Μακροσκοπικού Μοντέλου Κυκλοφορίας</b>             | <b>24</b> |
| 4.1. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ                                                    | 24        |
| 4.2. ΤΟ ΚΕΝΤΡΟΕΙΔΕΣ (CENTROID)                                             | 40        |
| 4.3. OD MATRIX                                                             | 48        |
| 4.4. TRAFFIC DEMAND                                                        | 50        |
| 4.5. STATIC OD ADJUSTMENT                                                  | 51        |
| 4.6. RESULTS – OUTPUTS                                                     | 54        |
| 4.6.1. Output                                                              | 55        |
| 4.6.2. Final Assignment Output                                             | 60        |
| <b>Επίλογος</b>                                                            | <b>63</b> |
| <b>Βιβλιογραφία</b>                                                        | <b>64</b> |

## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Στον σημερινό κόσμο που αστικοποιείται ταχέως, η αποτελεσματική μετακίνηση ανθρώπων και αγαθών εντός των αστικών περιοχών είναι μια κρίσιμη πρόκληση που απαιτεί καινοτόμες λύσεις. Η κυκλοφοριακή συμφόρηση όχι μόνο εμποδίζει την οικονομική άνθιση, αλλά έχει και δυσμενείς περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Καθώς οι πόλεις μεγαλώνουν και εξελίσσονται, η ανάγκη για αποτελεσματική διαχείριση της κυκλοφορίας γίνεται όλο και πιο εμφανής. Αυτή η μελέτη εμβαθύνει στην καρδιά αυτής της πρόκλησης, εστιάζοντας στο αστικό περιβάλλον του Βόλου - μιας ζωντανής και πολυσύχναστης πόλης στην Ελλάδα - για να αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο μακροσκοπικό μοντέλο κυκλοφορίας που υπόσχεται να βελτιώσει την κατανόησή μας για τη δυναμική της κυκλοφορίας, να βελτιστοποιήσει τα συστήματα μεταφορών και να χαράξει τον δρόμο για μία πιο έξυπνη μετακίνηση στο αστικό περιβάλλον.

### **1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΡΟ**

Η πόλη του Βόλου, που βρίσκεται στους πρόποδες του Πηλίου και έχει θέα στο Παγασητικό κόλπο και στο Αιγαίο Πέλαγος, έχει μετατραπεί από ιστορικό λιμάνι σε πολυσύχναστο κέντρο εμπορίου, πολιτισμού, εκπαίδευσης και τουρισμού. Με τη μοναδική αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, ένα προηγμένο μοντέλο κυκλοφορίας είναι απαραίτητο, το οποίο να λαμβάνει υπόψη τις αλληλεπιδράσεις των ροών κυκλοφορίας, των οδικών δικτύων και της υποδομής μεταφορών. Αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας και ένα από τα σημαντικότερα λιμάνια με μόνιμο πληθυσμό 125.248 κατοίκους. Η συνεισφορά του στο ΑΕΠ της χώρας σε εκατομμύρια ευρώ σύμφωνα με το 2016 βρίσκεται στα 2.599. Η κυκλοφορία της πόλης είναι αρκετά έντονη και σε αυτό συμβάλουν οι έντονες εμπορικές δραστηριότητες της βιομηχανικής περιοχής, του λιμανιού και του

σιδηρόδρομου. Το πολεοδομικό συγκρότημα εξυπηρετείται από 12 γραμμές αστικών λεωφορείων και τους θερινούς μήνες η κυκλοφορία αυξάνεται λόγω της τουριστικής του ανάπτυξης, στην οποία συμβάλει και ο κρατικός αερολιμένας της πόλης. Με τη γεωγραφική του διάταξη, τις ποικίλες χρήσεις γης και τον αυξανόμενο πληθυσμό των τελευταίων ετών, ο Βόλος έρχεται αντιμέτωπος με ένα περίπλοκο τοπίο διαχείρισης και κατανομής της κυκλοφορίας. Η τελεσφόρα λειτουργία του κυκλοφοριακού δικτύου αποτελεί μια σύγχρονη πρόκληση για τους δημόσιους φορείς και τους συγκοινωνιολόγους.

## **1.2. ΣΤΟΧΟΣ**

Πρωταρχικός στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός μακροσκοπικού μοντέλου κυκλοφορίας προσαρμοσμένο στην πόλη του Βόλου. Αυτό το μοντέλο θα χρησιμεύσει ως ένα ισχυρό εργαλείο για τους πολεοδόμους, τους μηχανικούς μεταφορών και τους πολιτικούς φορείς ώστε να προσομοιώσουν και να αναλύσουν τα πρότυπα κυκλοφορίας, να προβλέψουν καταστάσεις συμφόρησης και να βελτιστοποιήσουν τις στρατηγικές μεταφορές. Αποτυπώνοντας τα ξεχωριστά χαρακτηριστικά και τη δυναμική της πόλης του Βόλου, αυτό το μοντέλο στοχεύει να παρέχει πληροφορίες που ενημερώνουν τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων, ενθαρρύνουν τη βιώσιμη αστική ανάπτυξη, διευκολύνουν την καθημερινότητα των πολιτών και βελτιώνουν τη συνολική ποιότητα ζωής.

## **1.3 ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ**

Η ανάπτυξη ενός μακροσκοπικού μοντέλου κυκλοφορίας του Βόλου έχει σημαντικές επιπτώσεις τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Από θεωρητικής σκοπιάς, αυτή η μελέτη συμβάλλει στον τομέα της μηχανικής των μεταφορών προωθώντας την κατανόησή μας για τη συμπεριφορά της κυκλοφορίας σε ένα μοναδικό αστικό πλαίσιο. Πρακτικά, η εφαρμογή του μοντέλου επεκτείνεται στη διαχείριση και στον έλεγχο της κυκλοφορίας, στον σχεδιασμό υποδομών και στη λήψη πολιτικών αποφάσεων. Επιπλέον, αυτή η έρευνα ευθυγραμμίζεται με τις παγκόσμιες προσπάθειες για την υιοθέτηση πρακτικών βιώσιμης αστικής

κινητικότητας και πρωτοβουλιών που αποσκοπούν στην δημιουργία έξυπνων και πράσινων πόλεων.

#### **1.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**

Η διαδικασία ανάπτυξης του κυκλοφοριακού μοντέλου της περιοχής μελέτης καταρχάς περιλαμβάνει την διαμόρφωση ενός «μοντέλου δικτύου», το οποίο αφενός θα περιγράφει με ικανοποιητική λεπτομέρεια τη δομή και τη λειτουργία του οδικού δικτύου της πόλης και αφετέρου θα είναι αξιοποιήσιμο για τη μελλοντική διερεύνηση ενδεχόμενων παρεμβάσεων στην κυκλοφοριακή λειτουργία της περιοχής.

Το τελικό μοντέλο-δίκτυο περιλαμβάνει:

- Το υποσύνολο και τα χαρακτηριστικά των συνδέσμων/οδικών τμημάτων (sections) και κόμβων (nodes) του οδικού δικτύου.
- Τα κεντροειδή των εσωτερικών και εξωτερικών ζωνών και τους συνδέσμους αυτών με το οδικό δίκτυο.

Όπως αναφέρθηκε και στο ενδιαμέσο παραδοτέο, οι ζώνες είναι χωρικές ενότητες που χρησιμοποιούνται για να ενοποιήσουν τα πρωτογενή στοιχεία (πχ. μετακινήσεις ανά σκοπό, ανά μέσο κλπ.) έτσι ώστε να μπορούν εύκολα να αναλυθούν στα πλαίσια ανάπτυξης ενός συγκοινωνιακού μοντέλου. Το σύστημα του διαχωρισμού σε ζώνες και η χρήση κεντροειδών για την κυκλοφοριακή ανάλυση βασίζεται στην παραδοχή ότι όλες οι μετακινήσεις προέρχονται ή καταλήγουν στο κεντροειδές της εκάστοτε ζώνης. Τονίζεται ότι το σφάλμα που οφείλεται στην παραδοχή αυτή είναι μικρό.

Η μεθοδολογία της έρευνας περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων, την ανάλυση και την ανάπτυξη μοντέλων. Θα συλλεχθούν και θα υποβληθούν σε επεξεργασία δεδομένα σχετικά με τη ροή κυκλοφορίας όπως είναι οι φόρτοι οχημάτων, με τα χαρακτηριστικά των κεντρικών αρτηριών-δρόμων και συγκεκριμένα την σήμανση και τους φωτεινούς σηματοδότες, με τους τύπους οχημάτων και τέλος με τις ιστορικές τάσεις. Αξιοποιώντας καθιερωμένες τεχνικές

μοντέλων κυκλοφορίας, η μελέτη θα δημιουργήσει ένα μακροσκοπικό μοντέλο που ενσωματώνει τη ροή της κυκλοφορίας σε ένα ευρύτερο επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη συγκεντρωτικές μεταβλητές και θεωρίες Δυναμικής Συστημάτων.

### **1.5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ-ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΕΛΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ-ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ**

Πέρα από τη διαμόρφωση του δικτύου στο λογισμικό προσομοίωσης της περιοχής μελέτης και για την ανάπτυξη του κυκλοφοριακού μοντέλου της περιοχής απαιτείται η εκτίμηση της ζήτησης για μετακινήσεις με ΙΧ και άλλα μηχανοκίνητα (φορτηγά, λεωφορεία, μοτοσυκλέτες) μέσα στο δίκτυο. Η ζήτηση αποτυπώνεται σε πίνακα προέλευσης – προορισμού μεταξύ των ζωνών (εσωτερικών και εξωτερικών) του μοντέλου-δικτύου, ο οποίος αφορά στην ώρα αιχμής.

Η πιο λεπτομερής και πλέον συνήθης πρακτική εκτίμησης του πίνακα προέλευσης–προορισμού είναι εκείνη του μοντέλου τεσσάρων βημάτων (four steps model), τα τρία πρώτα βήματα του οποίου (γένεση, κατανομή και επιλογή μεταφορικού μέσου) οδηγούν στην εκτίμηση του πίνακα αυτού (Ortuzar and Willumsen, 2011). Το τέταρτο βήμα (καταμερισμός της κυκλοφορίας στο δίκτυο) αντιστοιχεί στο υφιστάμενο κυκλοφοριακό μοντέλο που θα αναπτυχθεί. Παρόλα αυτά, η ανάπτυξη υλοποίησης ενός μοντέλου τεσσάρων βημάτων είναι χρονοβόρα, σύνθετη και ιδιαίτερα δαπανηρή διαδικασία.

Σαν αποτέλεσμα, για την ανάπτυξη του κυκλοφοριακού μοντέλου της περιοχής μελέτης επιλέγεται η διαμόρφωση συνθετικού πίνακα προέλευσης – προορισμού για την μηχανοκίνητη κυκλοφορία (και όχι για μετακινούμενους), με χρήση μετρήσεων κυκλοφοριακών φόρτων (συνθετική μέθοδος διαμόρφωσης πίνακα Π-Π).

Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται στοιχεία κυκλοφοριακού φόρτου, στρεφουσών κινήσεων και σύνθεσης σε επιλεγμένους συνδέσμους και κόμβους του οδικού δικτύου της περιοχής μελέτης για την ώρα αιχμής του Βόλου (δηλαδή 09.00π.μ. με 10.00π.μ. κατά τις πρωινές ώρες). Στη συνέχεια εφαρμόζεται κατάλληλος αλγόριθμος Προσαρμογής του Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού (Static

OD Adjustment), από τον οποίο γίνεται παραγωγή του πίνακα προέλευσης – προορισμού (Π-Π) της ώρας αιχμής για τη μηχανοκίνητη κυκλοφορία.

Τονίζεται ότι πραγματοποιείται η υπόθεση αμελητέων μετακινήσεων εντός των ζωνών, κάτι που είναι αποδεκτό στην περίπτωση αστικών περιοχών με μικρό μέγεθος και ανάλογα ζώνες μικρών διαστάσεων (οι οποίες δεν απαιτούν μετακινήσεις εντός των ζωνών με ΙΧ).

Ως αρχικός πίνακας Π-Π χρησιμοποιήθηκε το Μητρώο Προέλευσης-Προορισμού των ζωνών (αρχικό OD Matrix) που είχε εξαχθεί στο αρχείο. Επομένως, ο πίνακας αυτός με βάση την εφαρμογή του κατάλληλου αλγορίθμου (που αναφέρθηκε προηγουμένως) και με βάση τους κυκλοφοριακούς φόρτους που μετρήθηκαν θα προσαρμοστεί ώστε να αντικατοπτρίζει την πραγματική ωριαία ζήτηση και έτσι θα προκύψει ο τελικός πίνακας Προέλευσης-Προορισμού.

## Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό υπόβαθρο

### 2.1. ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

Κυκλοφοριακός φόρτος (Q) είναι ο συνολικός αριθμός οχημάτων που περνούν από τη διατομή μιας λωρίδας ή οδού κατά τη διάρκεια ενός δεδομένου χρονικού διαστήματος (συνήθως μετράμε οχήματα ανά ώρα).

Η κυκλοφοριακή ικανότητα (traffic capacity) αποτελεί την ποσοτική έκφραση της ικανότητας των διαφόρων στοιχείων του οδικού συστήματος να εξυπηρετεί συγκεκριμένους κυκλοφοριακούς φόρτους.

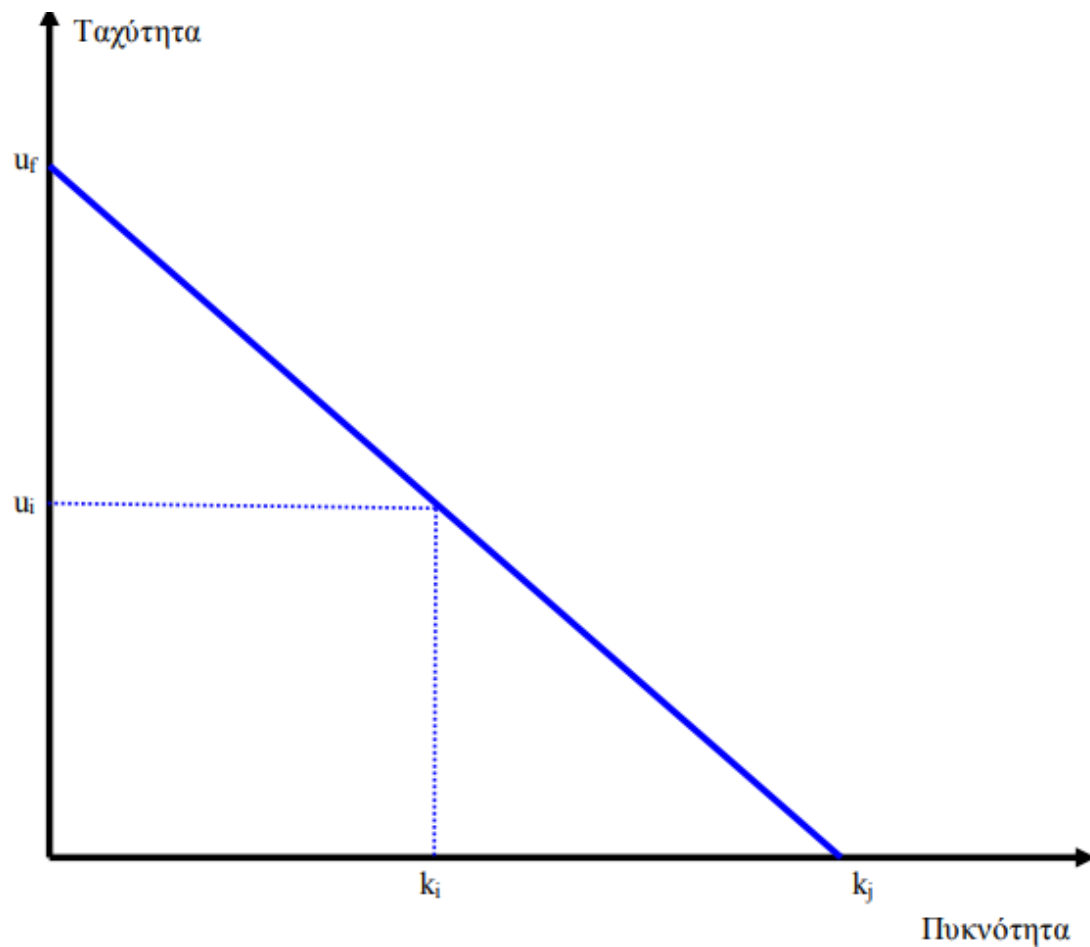
Η κυκλοφοριακή πυκνότητα (K) αναφέρεται στον αριθμό κινούμενων οχημάτων που βρίσκονται σε ένα συγκεκριμένο μήκος δρόμου την ίδια χρονική στιγμή. Κατά κύριο λόγο μετριέται σε οχήματα ανά χιλιόμετρο και μια υψηλή τιμή της υποδεικνύει πως τα οχήματα βρίσκονται αρκετά κοντά μεταξύ τους.

Η Μέση Ταχύτητα Χρόνου ( $V_t$ ) είναι ο αριθμητικός μέσος όρος των ταχυτήτων των οχημάτων που περνούν από μία διατομή της οδού σε μια δεδομένη χρονική περίοδο (km/h).

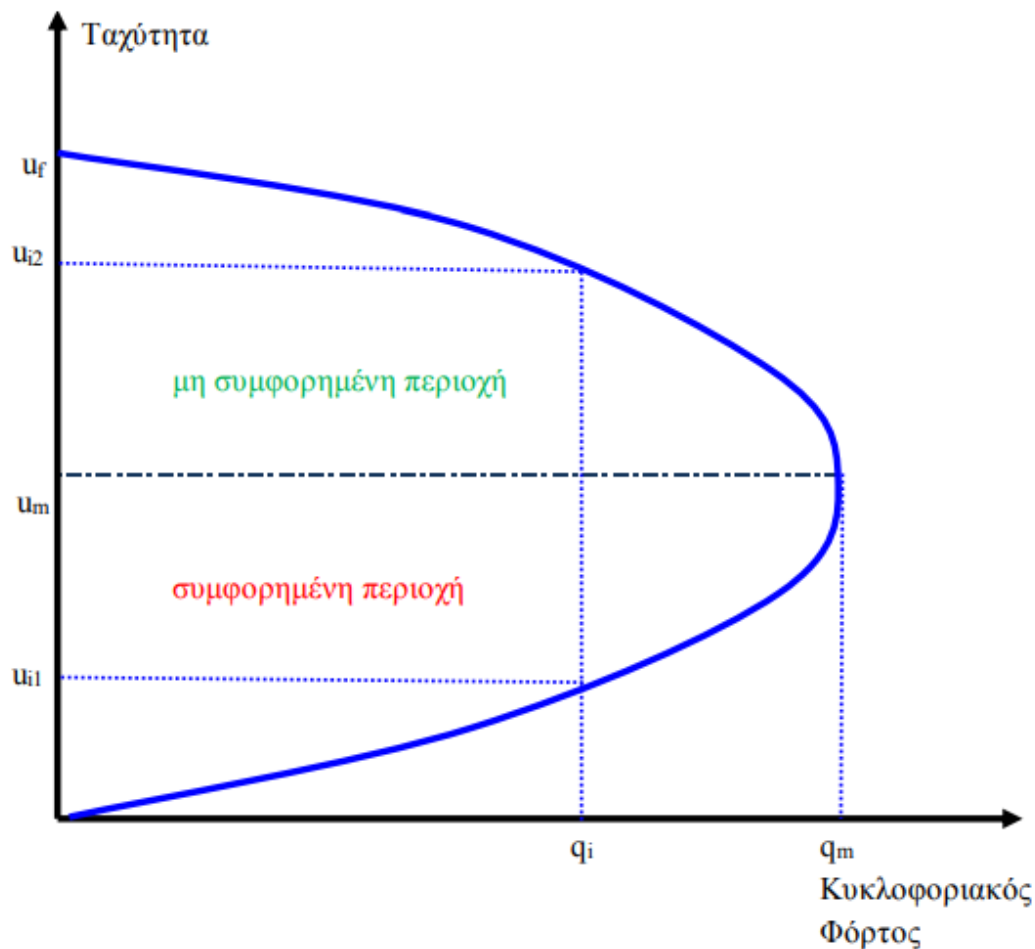
Αυτά τα βασικά μεγέθη συνδέονται μεταξύ τους με τη θεμελιώδη σχέση της κυκλοφοριακής ροής, η οποία είναι  $Q = K * V_t$ .

Οι παραπάνω κατηγορίες οχημάτων απαιτούν διάφορες επιφάνειες οδού και προκαλούν διαφορετικό μέγεθος κυκλοφοριακής φόρτισης, ανάλογα με τις διαστάσεις τους και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους, σε σχέση με τις οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες. Για τη μετατροπή των διαφόρων κατηγοριών οχημάτων σε συγκρίσιμες μονάδες, από άποψη κυκλοφοριακής ικανότητας οδού, χρησιμοποιείται ως βασική μονάδα το επιβατικό αυτοκίνητο και οι κυκλοφοριακοί φόρτοι εκφράζονται σε Μονάδες Επιβατικών Αυτοκινήτων (Μ.Ε.Α.)

### Θεμελιώδη διαγράμματα κυκλοφοριακής τεχνικής



- Όταν το οδικό δίκτυο είναι άδειο ο οδηγός επιλέγει την ταχύτητα που επιθυμεί σε λογικά πλαίσια που επιτρέπει ο δρόμος (σήμανση ορίων ταχύτητας).
- Όταν υπάρχουν οχήματα στο οδικό δίκτυο ο οδηγός πρέπει να τηρεί ικανοποιητικές αποστάσεις. Κατά συνέπεια, όσο αυξάνεται η πυκνότητα  $k$  μειώνεται η χωρική ταχύτητα  $u$ .
- Όταν γεμίσει το οδικό δίκτυο τότε τα οχήματα θα βρίσκονται σε στάση. Δηλαδή  $k = k_j$  και  $u = 0$ .



- Όταν η ταχύτητα είναι υψηλή και ο κυκλοφοριακός φόρτος μικρός τότε η ταχύτητα ισούται με αυτή της ελεύθερης ροής άρα έχουμε free flow speed.
- Όταν βρισκόμαστε σε μη συμφωρημένη περιοχή τότε η ταχύτητά μας είναι υψηλή και βρίσκεται ανάμεσα στην  $u_{i2}$  και στην  $u_m$ , ενώ ο φόρτος είναι μικρότερος του  $q_i$ . Όσο αυξάνονται τα οχήματα που διέρχονται από τη διατομή ο οδηγός πρέπει να διατηρεί ικανοποιητικές αποστάσεις. Κατά συνέπεια, όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος  $q$  μειώνεται η χωρική ταχύτητα  $u$ .
- Με την αύξηση των οχημάτων που περνάνε από την διατομή ερχόμαστε στην κατάσταση κυκλοφοριακής συμφόρησης και οι συνθήκες οδήγησης δυσχεραίνουν. Έτσι μειώνεται η ταχύτητα των οχημάτων άρα μειώνεται και ο αριθμός των οχημάτων που περνάνε από την διατομή σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Έχουμε ταυτόχρονη μείωση του φόρτου  $q$  και της χωρικής ταχύτητας  $u$ .

- Όταν έχει γεμίσει το οδικό τμήμα όλα τα οχήματα είναι στάσιμα. Τότε έχω ταχύτητα μηδενική και φόρτο μηδενικό αφού δεν κινούνται και έτσι δεν διέρχονται από μια διατομή του δικτύου.

## **2.2. ΟΡΙΣΜΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ**

Θεωρώντας την πόλη του Βόλου ένα κλειστό σύστημα, ο συνολικός αριθμός των παραγόμενων μετακινήσεων είναι ίσος με τον συνολικό αριθμό των ελκόμενων μετακινήσεων. Σε αυτό το κλειστό σύστημα υπάρχει γένεση μετακινήσεων από τα νοικοκυριά προς μια ζώνη. Οι κατοικίες παράγουν μετακινήσεις, οι εργασίες έλκουν μετακινήσεις, ενώ τα εμπορικά κέντρα παράγουν και έλκουν. Αυτές οι μετακινήσεις χωρίζονται σε διαφορετικά μοντέλα ανάλογα με τον σκοπό της μετακίνησης (εργασία, εκπαίδευση, αγορές, αναψυχή) και τον χρόνο αυτής κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τα νούμερα των μετακινήσεων μπορεί να είναι κοινωνικοί και οικονομικοί.

Το μοντέλο των τεσσάρων βημάτων με το οποίο γίνεται σχεδιασμός μεταφορών είναι:

1. Γένεση μετακινήσεων (μετακίνηση για συγκεκριμένο σκοπό).
  2. Κατανομή μετακινήσεων (επιλογή προορισμού).
  3. Καταμερισμός στα μεταφορικά μέσα (επιλογή μέσου μετακίνησης).
  4. Καταμερισμός στο δίκτυο (επιλογή διαδρομής).
- Γένεση μετακινήσεων. Στο στάδιο αυτό υπολογίζουμε το πλήθος των μετακινήσεων κάθε ζώνης (παραγόμενες) και το πλήθος των μετακινήσεων που καταλήγουν στις ζώνες (ελκόμενες)

- Υπολογίζεται ο αριθμός των μετακινήσεων μεταξύ κάθε ζεύγους προέλευσης-προορισμού, ο οποίος εξαρτάται από την παραγωγικότητα της κάθε ζώνης προέλευσης και την ελκυστικότητα κάθε ζώνης προορισμού. Παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή είναι το μέγεθος, οι χρήσεις γης και το κόστος μετακίνησης.
- Παράγοντες που επηρεάζουν τον καταμερισμό είναι η ιδιοκτησία Ι.Χ. , το εισόδημα, η ηλικία, το είδος του ταξιδιού και η οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα των μέσων μαζικής μεταφοράς.
- Ο καταμερισμός στο δίκτυο αναπαριστά το οδικό δίκτυο με ένα χάρτη κόμβων συνδέσμων, συναρτήσει του χρόνου διαδρομής και του πίνακα προέλευσης-προορισμού. Έτσι υπολογίζονται κυκλοφοριακοί φόρτοι και χρόνοι διαδρομής στο δίκτυο.

## **Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία έρευνας**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η αναλυτική μεθοδολογία έρευνας που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη του μακροσκοπικού μοντέλου κυκλοφορίας για την πόλη του Βόλου. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει διαδικασίες συλλογής δεδομένων, ανάλυσης και ανάπτυξης μοντέλων, παρέχοντας ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για την επίτευξη των στόχων αυτής της μελέτης.

### **3.1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

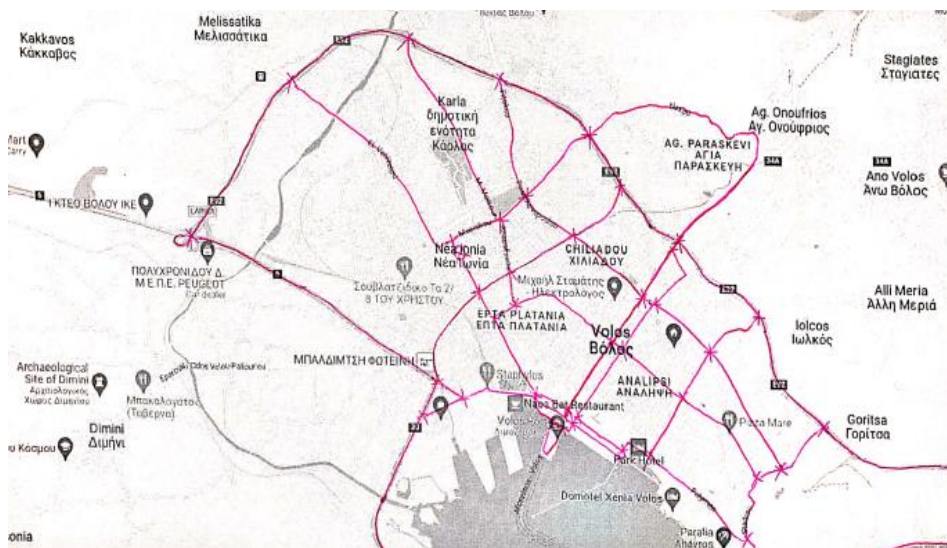
Η συλλογή δεδομένων είναι ένα θεμελιώδες βήμα για τη δημιουργία ενός ακριβούς και αξιόπιστου μακροσκοπικού μοντέλου κυκλοφορίας. Σε αυτή τη μελέτη, η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε κατά τις πρωινές ώρες από τις 9:00π.μ. έως και τις 10:00π.μ. τις ημέρες Τρίτη, Τετάρτη και Πέμπτη, για να αποτυπωθεί ένα αντιπροσωπευτικό στιγμιότυπο της δυναμικής της αστικής κυκλοφορίας κατά τις πρωινές ώρες αιχμής. Το επίκεντρο της συλλογής δεδομένων ήταν η ποσοτικοποίηση της ροής των οχημάτων που διέρχονται από έναν συγκεκριμένο κόμβο-διασταύρωση εντός της πόλης και συγκεκριμένα από κάθε είσοδο και έξοδο του.

#### **3.1.1. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Οι κόμβοι για τη συλλογή των δεδομένων επιλέχθηκαν στρατηγικά για να συλλάβουν ένα ευρύ φάσμα μοτίβων κυκλοφορίας εντός του αστικού δικτύου. Οι εκτιμήσεις περιλάμβαναν την κεντρική τους θέση, την εγγύτητα σε μεγάλους δρόμους, την αντιπροσώπευση διαφορετικών χρήσεων γης και αποτελούν σημεία ενδιαφέροντος και έντονης κινητικότητας. Οι κόμβοι αναμένεται να παρέχουν μια ολιστική άποψη των κυκλοφοριακών αλληλεπιδράσεων και των σημείων συμφόρησης στην αστική περιοχή του Βόλου. Συνολικά συλλέχθηκαν δεδομένα και

φόρτοι από 8 κόμβους και 23 διασταυρώσεις εντός του οδικού δικτύου της πόλης του Βόλου. Συγκεκριμένα οι κόμβοι που μελετήθηκαν είναι οι εξής: Κόμβος Διμηνίου, Κόμβος Αθηνών-Λαρίσης, Κόμβος Σέκερη, Κόμβος Λαμπράκη, Κόμβος Δημητριάδος-Ιάσονος, Κόμβος Πολυμέρη-Σταδίου, Κόμβος Ευαγγελίστριας, Κόμβος ΕΟ Βόλου-Λάρισας.

Οι διασταυρώσεις που μελετήθηκαν και συλλέχθηκαν δεδομένα είναι οι εξής: Κ. Καρτάλη-Δημητριάδος, Αναλήψεως-Ιωλκού, Φιλελλήνων-Δημητριάδος, Κασσαβέτη-Αναλήψεως, Απόλλωνος-Αγίου Δημητρίου, Αλκίππης-Περιφερειακός Βόλου, Γιάννη Δήμου-Κασσαβέτη, Περιφερειακός Βόλου- Άλλη Μεριά, Κ. Καρτάλη-Γιάννη Δήμου, Ιωλκού-Περιφερειακός Βόλου, Ορμινίου-Απόλλωνος, Παγασών-Αναπαύσεως, 2ας Νοεμβρίου-Παγασών, Ζάχου-Αναπαύσεως, Γιάννη Δήμου-Ζάχου, Λεωφόρος Καζανάκι-Παρασκευοπούλου, Μητροπολίτη Ιωακείμ-Περιφερειακός Βόλου, Μαιάνδρου-Αναπαύσεως, Περιφερειακός Βόλου-Λεωφόρος Καζανάκι, Δοξόπουλου-Ελευθέριου Βενιζέλου, Φυτόκου-Περιφερειακός Βόλου, Μελισσάτικα-Περιφερειακός Βόλου, Σέκερη-Αθηνών.



Εικόνα 1: Χάρτης οδικού δικτύου

Στη συγκεκριμένη φωτογραφία απεικονίζεται το οδικό δίκτυο μαζί με τους κυριότερους δρόμους και κόμβους που επιλέχθηκαν για να αντιπροσωπεύσουν στο βέλτιστο τον φόρτο των οχημάτων στη πόλη και της ροής της κυκλοφορίας .

### **3.1.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Η διαδικασία συλλογής δεδομένων περιλάμβανε την φυσική παρουσία των φοιτητών στους κόμβους της μελέτης κατά τις πρωινές ώρες 9:00π.μ. έως 10:00π.μ., στις οποίες παρατηρείται η πρωινή αιχμή στη πόλη του Βόλου. Οι μέρες της συλλογής δεδομένων ήταν καθημερινές εκτός Δευτέρας και Παρασκευής. Οι παρατηρητές χρησιμοποίησαν τεχνικές παρατήρησης και χειροκίνητης καταμέτρησης για να καταγράψουν τον αριθμό των συνολικών αυτοκινήτων και φορτηγών που περνούσαν από τον εκάστοτε κόμβο, ενώ σε μερικούς κόμβους λόγω των μεγάλων φόρτων χρειάστηκε και η βοήθεια ενός ή και δύο ακόμα ατόμων. Επίσης, σε κάθε σημείο μελέτης αποτυπώθηκε η σήμανση οδικής κυκλοφορίας στον εκάστοτε δρόμο. Αυτή η προσέγγιση εξασφάλισε ακριβή και σε πραγματικό χρόνο συλλογή δεδομένων-φόρτων, επιτρέποντας μια αξιόπιστη βάση για μετέπειτα ανάλυση και ανάπτυξη του μοντέλου.

### **3.2 ΕΡΕΥΝΑ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΩΝ**

Στην σωστή και συνάμα ρεαλιστική διαμόρφωση ενός μακροσκοπικού μοντέλου κυκλοφορίας χρειάζονται και δεδομένα για την λειτουργία των φωτεινών σηματοδοτών, όπως είναι οι πραγματικοί χρόνοι κόκκινου – πράσινου και η ομαδοποίηση των φαναριών από κόμβο σε κόμβο ώστε να υπάρχει όσο το δυνατόν περισσότερο μια συνεχόμενη ροή. Παράδειγμα μιας βέλτιστης λειτουργίας πολλών και συνεχόμενων φωτεινών σηματοδοτών σε ένα δρόμο είναι η εφαρμογή ενός green wave. Δηλαδή ο προγραμματισμός-συγχρονισμός των χρόνων πράσινου σε όλα τα φανάρια, έτσι ώστε κατά την εκκίνηση από την πρώτη διασταύρωση και μέχρι να φτάσει το όχημα στην τελευταία να πετυχαίνει μονίμως πράσινο χρώμα, με αποτέλεσμα να εξασφαλίζεται μια συνεχής ροή κυκλοφορίας και να αποφεύγονται καταστάσεις συμφόρησης.

### **3.2.1. ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΧΡΟΝΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΩΝ**

Οι χρόνοι των φωτεινών σηματοδοτών στην ευρύτερη περιοχή της πόλης του Βόλου που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα επαφίενται σε πραγματικές συνθήκες. Έπειτα από επικοινωνία με τον προϊστάμενο του τμήματος Φωτεινής Σηματοδότησης Δήμου Βόλου κύριο Τατάκο Κωνσταντίνο, βρεθήκαμε στο χώρο εργασίας του και συλλέξαμε με την αρωγή του τους ακριβείς χρόνους των φαναριών της πόλης του Βόλου. Επίσης, ξεναγηθήκαμε στο χώρο και μας παρουσιάστηκε το σύστημα ελέγχου των φαναριών.



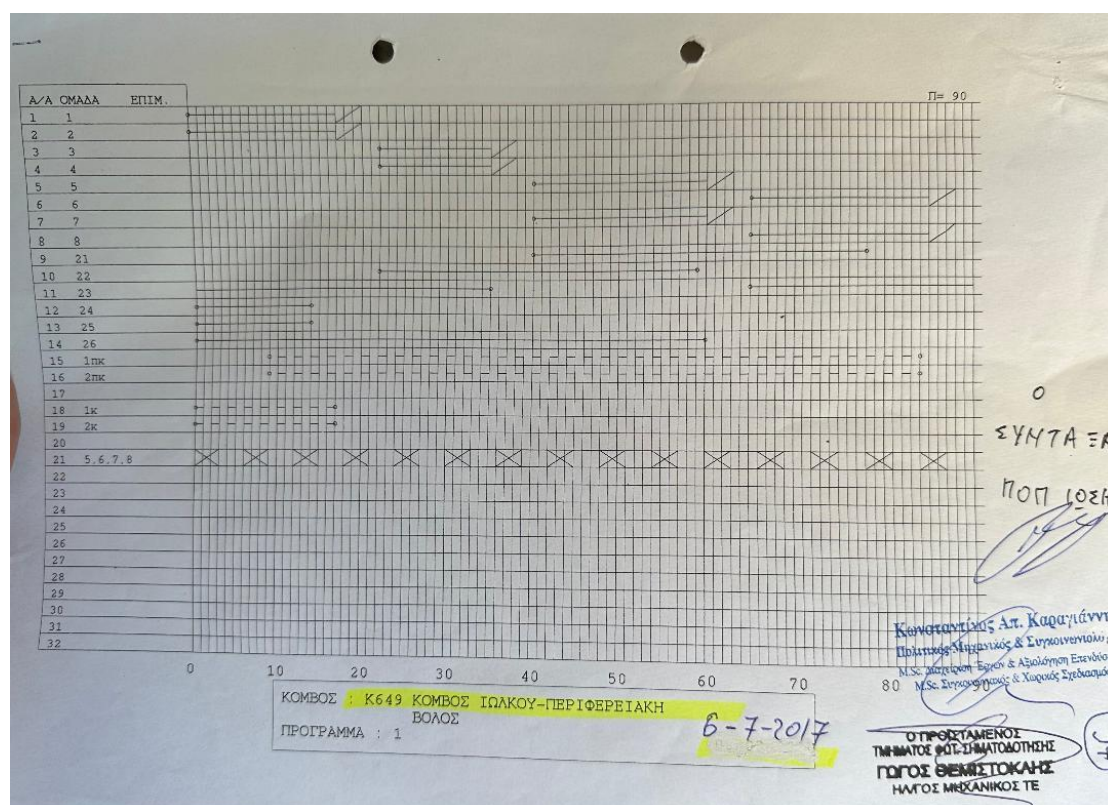
*Εικόνα 2: Σύστημα ελέγχου φωτεινών σηματοδοτών*

Παρακάτω φαίνεται το σύνολο των φωτεινών σηματοδοτών που ελέγχονται από το τμήμα Φωτεινής Σηματοδότησης του Δήμου Βόλου.



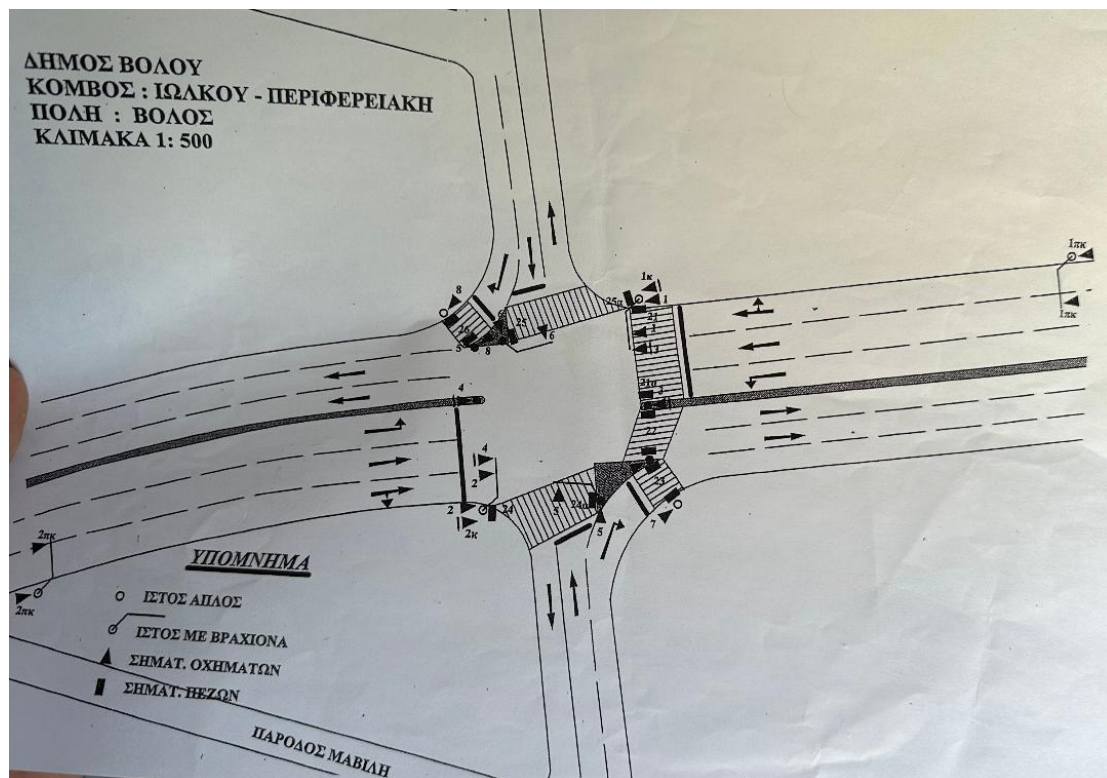
*Εικόνα 3: Χάρτης αποτύπωσης σημείων φωτεινών σηματοδοτών*

Για παράδειγμα στην παρακάτω εικόνα αποτυπώνονται οι χρόνοι των φαναριών της διασταύρωσης Ιωλκού-Περιφερειακού. Οι αριθμοί αριστερά αντιπροσωπεύουν μια συγκεκριμένη διαδρομή στο κόμβο. Οι χρόνοι πράσινου ορίζονται από τις ευθείες γραμμές, ενώ οι χρόνοι κόκκινου από την έλλειψη αυτών και οι διαγώνιες γραμμές απεικονίζουν τον χρόνο κίτρινου. Το κάθε κουτάκι ορίζει ένα δευτερόλεπτο και ένας κύκλος διαρκεί ενενήντα δευτερόλεπτα όπως φαίνεται στην εικόνα πάνω δεξιά, αλλά και από τον αριθμό από τα κουτάκια.



Εικόνα 4: Παράδειγμα τρόπου λειτουργίας φωτεινών σηματοδοτών

Παρακάτω στο σχέδιο του κόμβου απεικονίζονται όλες οι δυνατές διαδρομές.



Εικόνα 5: Σχέδιο αναπαράστασης διαδρομών

### **3.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ**

Για την ανάπτυξη του μακροσκοπικού μοντέλου κυκλοφορίας της αστικής περιοχής χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα *AimsunNext* της έκδοσης 23 για windows 10 με Licenser 1.0.8, ενός λογισμικού προσομοίωσης κυκλοφορίας αιχμής που χρησιμοποιείται ευρέως στον σχεδιασμό αστικών μεταφορών. Το *AimsunNext* προσφέρει μια ισχυρή πλατφόρμα για τη δημιουργία, την προσομοίωση και την ανάλυση πολύπλοκων σεναρίων κυκλοφορίας, καθιστώντας το ιδανικό εργαλείο για την κατασκευή του μακροσκοπικού μοντέλου για τον Βόλο. Χρησιμοποιήθηκε το Student Version του προγράμματος, το οποίο είχε κάποιους βασικούς περιορισμούς στην χάραξη του οδικού δικτύου. Συγκεκριμένα δεν μπορούσαν οι κόμβοι-διασταυρώσεις να ξεπεράσουν στο σύνολο τους την ποσότητα των εκατό και επίσης το οδικό δίκτυο δεν επιτρεπόταν να ξεπεράσει τα διακόσια χιλιόμετρα σε μήκος.

### **3.3.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ**

Το μακροσκοπικό μοντέλο κυκλοφορίας που δημιουργήθηκε στο *AimsunNext* αποτελείται από διάφορα στοιχεία που αντιπροσωπεύουν οδικά δίκτυα, ροές κυκλοφορίας, κόμβους-διασταυρώσεις αλλά και χαρακτηριστικά δρόμων όπως σήμανση και φωτεινούς σηματοδότες. Οι υποθέσεις που σχετίζονται με την κυκλοφοριακή συμπεριφορά, τη χωρητικότητα του δρόμου, το πλάτος και τις λωρίδες του δρόμου αλλά και τις αλληλεπιδράσεις των οχημάτων ενσωματώθηκαν στο μοντέλο για την προσομοίωση ρεαλιστικών σεναρίων κυκλοφορίας.

## **Κεφάλαιο 4: Ανάπτυξη Μακροσκοπικού Μοντέλου Κυκλοφορίας**

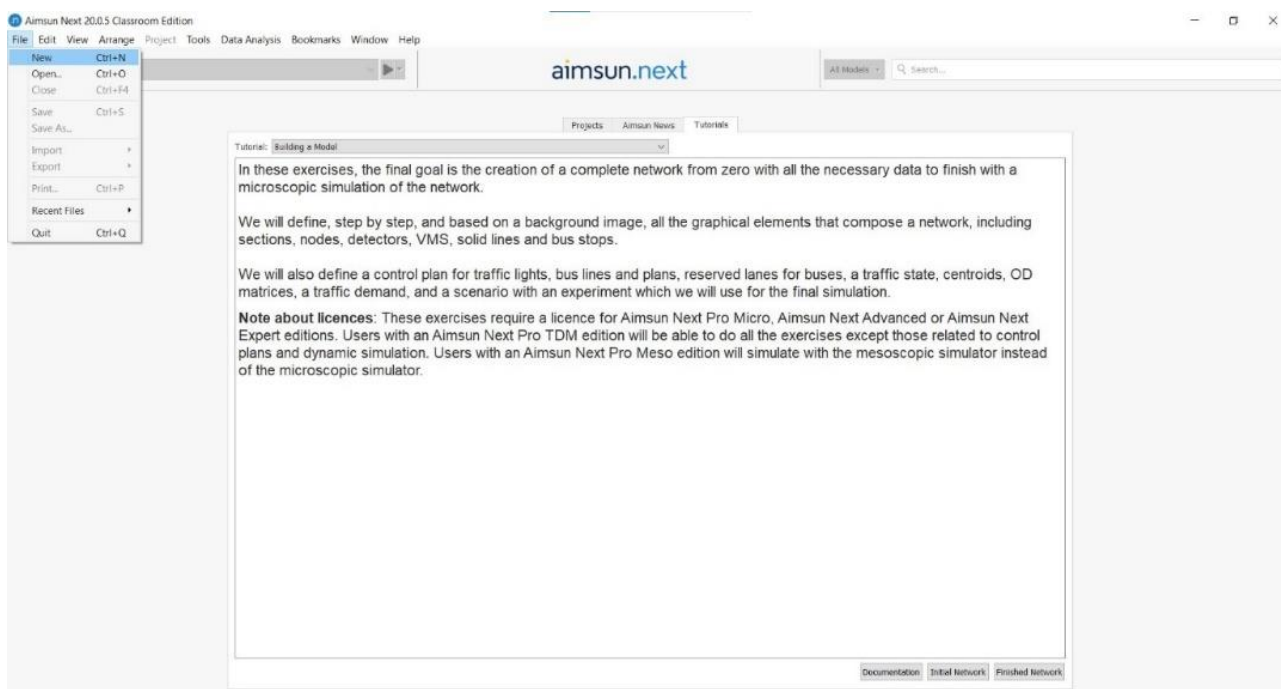
Το κύριο μέρος του Κεφαλαίου 4 εστιάζει στη λεπτομερή ανάπτυξη του μακροσκοπικού μοντέλου κυκλοφορίας για την πόλη του Βόλου. Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει την κατασκευή, τα εξαρτήματα και τα χαρακτηριστικά του μοντέλου, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη επισκόπηση της δομής και της λειτουργικότητάς του.

### **4.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ**

Η ανάπτυξη του μακροσκοπικού μοντέλου κυκλοφορίας καθοδηγήθηκε από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Η κατασκευή του μοντέλου αφορούσε την ενοποίηση οδικών δικτύων, ροών κυκλοφορίας και κόμβων εντός της επιλεγμένης αστικής περιοχής του Βόλου.

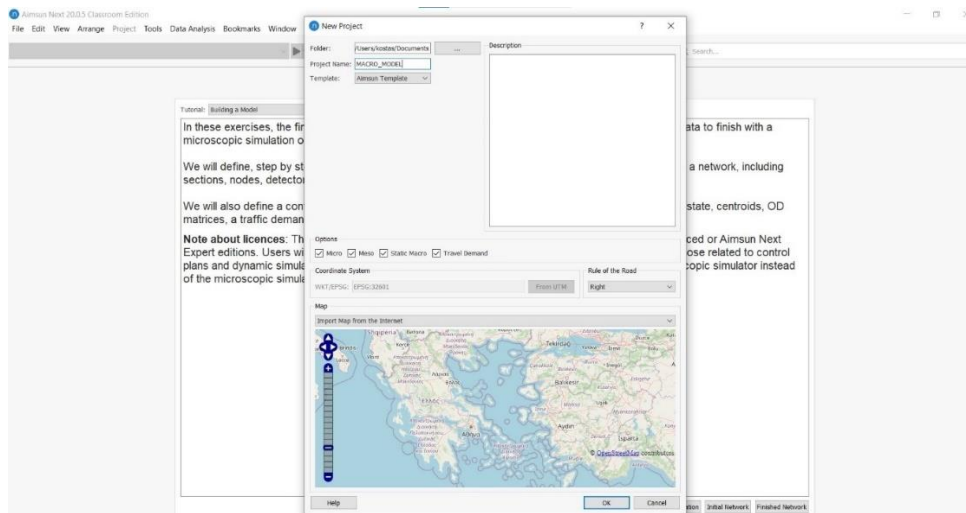
#### **A. Εισαγωγή Χάρτη**

Το οδικό δίκτυο απεικονίστηκε με ακρίβεια μέσα στο μοντέλο, ενσωματώνοντας διάφορους τύπους δρόμων, όπως αρτηρίες, διασταυρώσεις και συνδέσμους. Κάθε τμήμα του δρόμου ορίστηκε με χαρακτηριστικά όπως μήκος, πλάτος, χωρητικότητα, όρια ταχύτητας και διαμορφώσεις λωρίδων, διασφαλίζοντας μια ρεαλιστική απεικόνιση της υποδομής μεταφορών της πόλης. Για να εισάγουμε έναν χάρτη στο πρόγραμμα για αρχή πηγαίνουμε στην μπάρα στην πάνω μεριά της οθόνης του υπολογιστή επιλέγουμε File και έπειτα New.



Εικόνα 6

Το πρώτο βήμα είναι η εισαγωγή του χάρτη πάνω στον οποίο θα αποτυπωθεί το οδικό δίκτυο. Επιλέγουμε την εντολή Import Map from Internet.

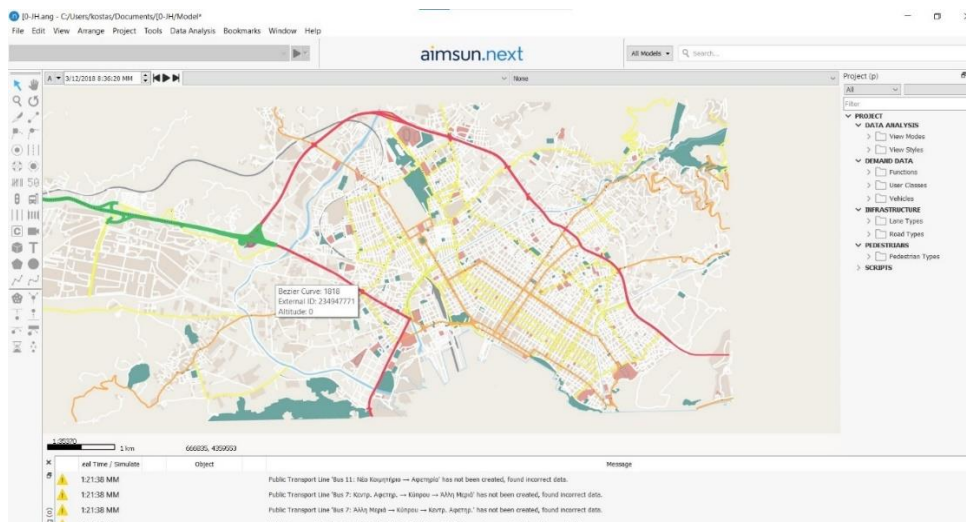


Εικόνα 7

Μετά την εμφάνιση του παράθυρου New Project:

- Επιλέγουμε το όνομα του αρχείου.
- Επιλέγουμε το είδος.
- Import Map from the internet.
- Ζουμάρουμε επιλέγοντας την περιοχή που θέλουμε να δουλέψουμε.

Αφού αποτυπωθεί ο χάρτης στο αρχείο μας υπάρχουν δύο τρόποι για να αναπτύξουμε το οδικό δίκτυο. Ο πρώτος είναι η αυτοματοποιημένη εισαγωγή όλων των δρόμων που υπάρχουν στο χάρτη και έπειτα μέσω της ξεχωριστής επιλογής κάθε δρόμου και της εντολής Delete διαγράφουμε όσους δεν μας χρειάζονται. Στο δίκτυο που επιλέχθηκε να μελετηθεί η συγκεκριμένη διαδικασία ήταν αρκετά χρονοβόρα λόγω του μικρού όγκου δρόμων που θα αποτυπωθούν σε σχέση με αυτούς που στην πραγματικότητα υπάρχουν στην επικράτεια της πόλης.

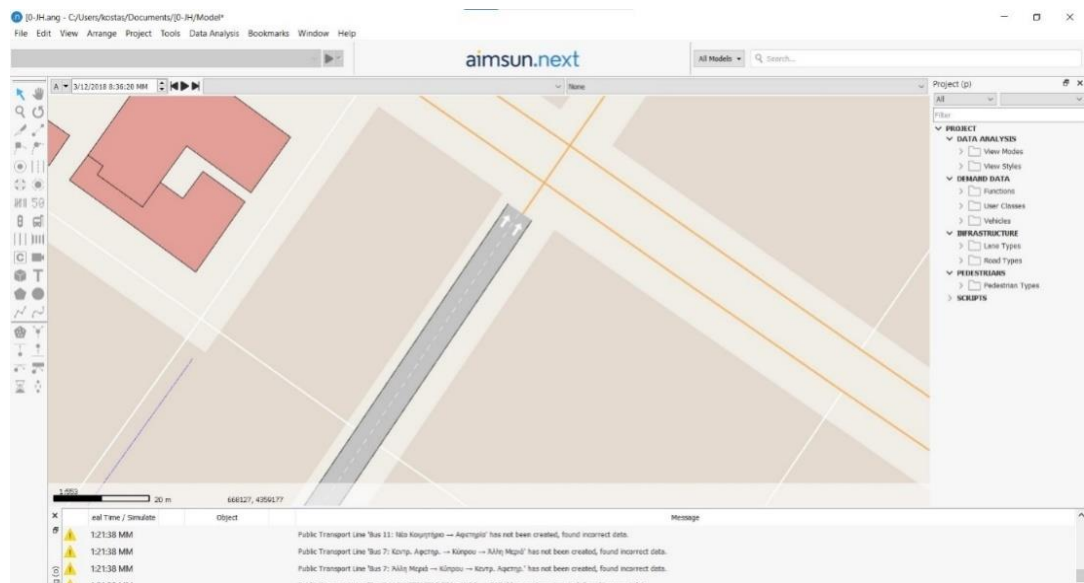


Εικόνα 8: Οδικό δίκτυο

## Β. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

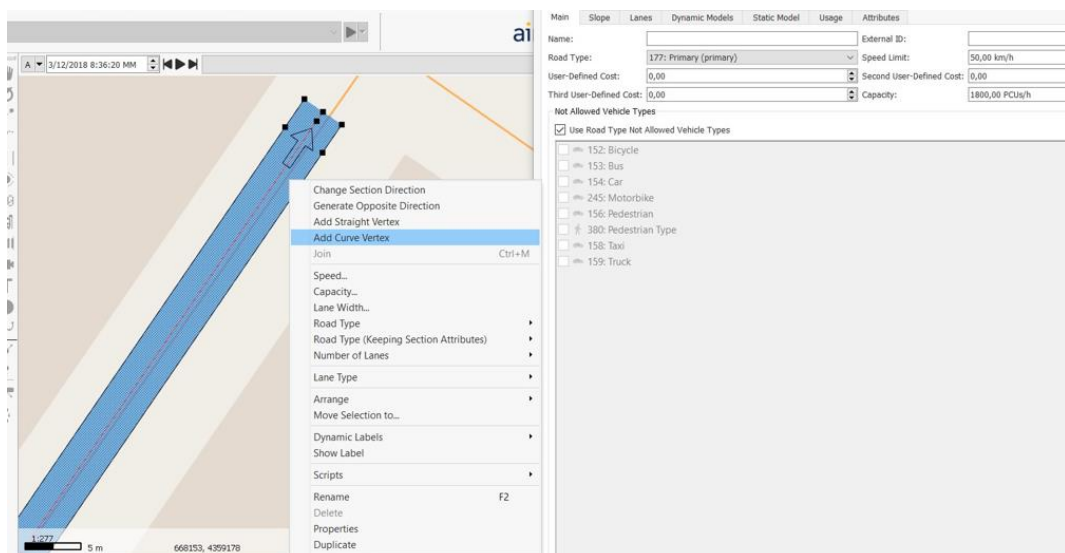
Ο δεύτερος τρόπος για την δημιουργία του οδικού δικτύου είναι και αυτός που χρησιμοποιήθηκε στο συγκεκριμένο μοντέλο. Συγκεκριμένα για την κατασκευή των δρόμων απευθυνθήκαμε στο αριστερό πλαίσιο με τις διάφορες εντολές και χρησιμοποιήθηκε η εντολή Create a Section, με την οποία ορίζεται το αρχικό και το τελικό σημείο του δρόμου που κατασκευάζεται. Έπειτα με την εντολή Add Curve Vertex, Add Straight Vertex προσαρμόστηκε ο κάθε δρόμος πάνω στο χάρτη με τις ανάλογες γωνίες και κλίσεις σύμφωνα με το τοπογραφικό σχέδιο.

1. Για τη κατασκευή δρόμων χρησιμοποιούμε την εντολή Create a section. Κάνουμε click στο σημείο που αρχίζει ο δρόμος και διπλό κλικ εκεί που τελειώνει.
2. Με δεξί click πάνω στον δρόμο προσθέτουμε Curve ή Vertex και ρυθμίζουμε την κλίση του με το ποντίκι μας.



Εικόνα 9:Χάραξη δρόμου

Επίσης με διπλό click σε ένα συγκεκριμένο δρόμο μας εμφανίζεται ένας πίνακας με τα διάφορα χαρακτηριστικά του εκάστοτε δρόμου, όπως είναι η ταχύτητα, το μήκος, τα κόστη και άλλα.



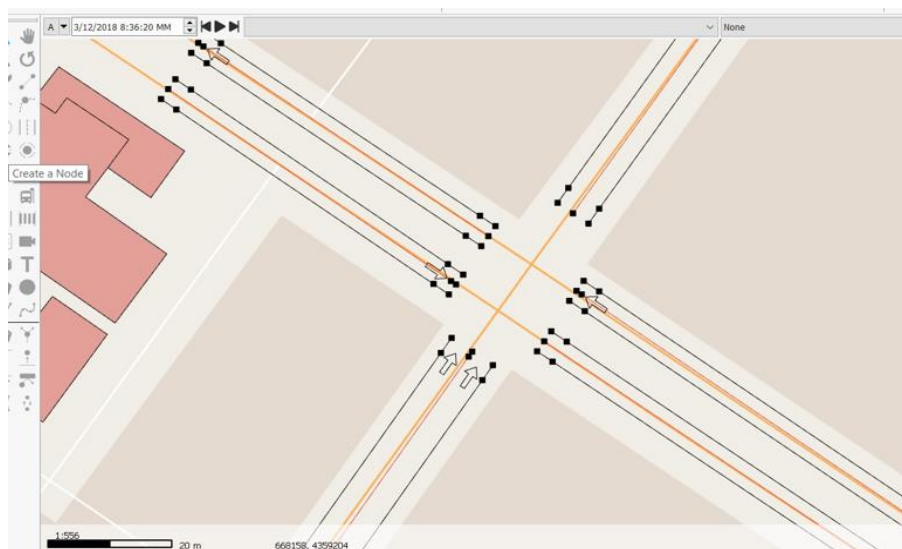
Εικόνα 10

Παραπάνω φαίνεται η Προσθήκη Vertex και τα Properties του κάθε δρόμου.

Οι κόμβοι τοποθετήθηκαν στρατηγικά μέσα στο μοντέλο για την προσομοίωση διασταυρώσεων, επιτρέποντας την προσομοίωση των αλληλεπιδράσεων κυκλοφορίας. Η συνδεσιμότητα κόμβων καθιερώθηκε με βάση τις πραγματικές διατάξεις δρόμων και οι κινήσεις της κυκλοφορίας προγραμματίστηκαν να μιμούνται παρατηρούμενες συμπεριφορές κυκλοφορίας, συμπεριλαμβανομένων των κινήσεων στροφής και των αλλαγών λωρίδας.

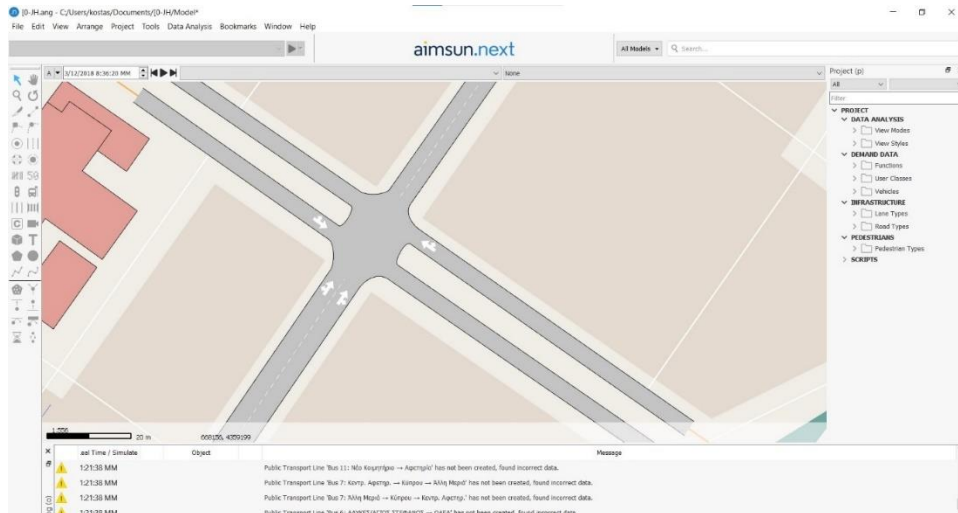
Αφού δημιουργηθεί ο κατάλληλος αριθμός δρόμων, που θα πλαισιώσουν μια διασταύρωση ή ένα κόμβο, χρησιμοποιώντας την εντολή Create a Node ή Create a Roundabout αντίστοιχα ενώνουμε τους υπάρχοντες δρόμους. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

1. Σχεδιάζουμε τους δρόμους.
2. Τους επιλέγουμε πατώντας Shift και παράλληλα κάνοντας click σε αυτούς.
3. Create a Node, εντολή στην γραμμή εργασιών στην αριστερή μεριά της οθόνης.



Εικόνα 11: Δημιουργία κόμβου-διασταύρωσης

Το τελικό αποτέλεσμα έχει την εξής μορφή :



Εικόνα 12:Μορφή κόμβου-διασταύρωσης

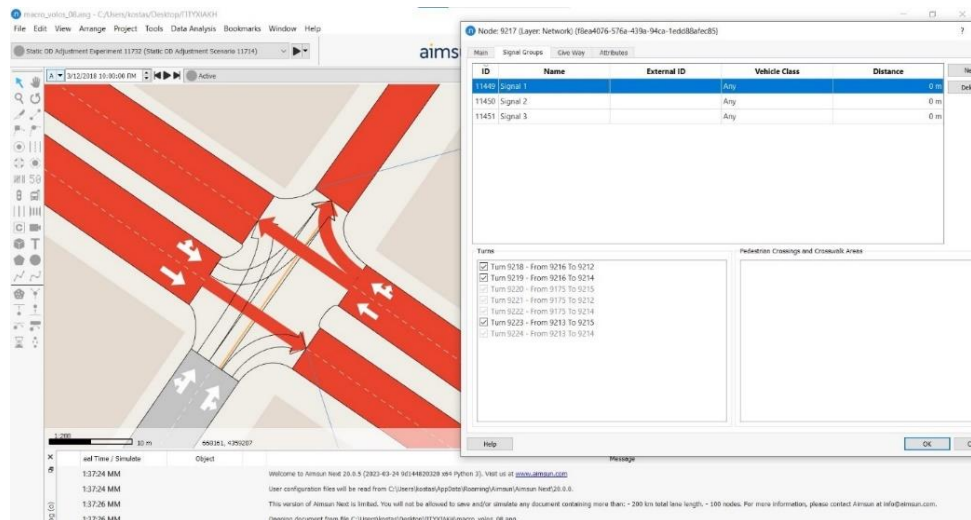
## Γ. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ SIGNALGROUPS

Τα Signal Groups αναφέρονται σε συγκεκριμένους συνδυασμούς κινήσεων κυκλοφορίας που ελέγχονται από ένα σύνολο σημάτων κυκλοφορίας σε μια διασταύρωση. Αυτές οι ομάδες σημάτων υπαγορεύουν πότε επιτρέπεται σε διαφορετικούς τύπους οχημάτων να προχωρήσουν, να σταματήσουν ή να στρίψουν με βάση το χρονισμό των φάσεων σήματος. Η κατανόηση των ομάδων σημάτων είναι απαραίτητη για την ακριβή μοντελοποίηση και προσομοίωση των λειτουργιών σημάτων κυκλοφορίας στο *Aimsun*.

Για την δημιουργία τους εκτελούμε τα εξής βήματα :

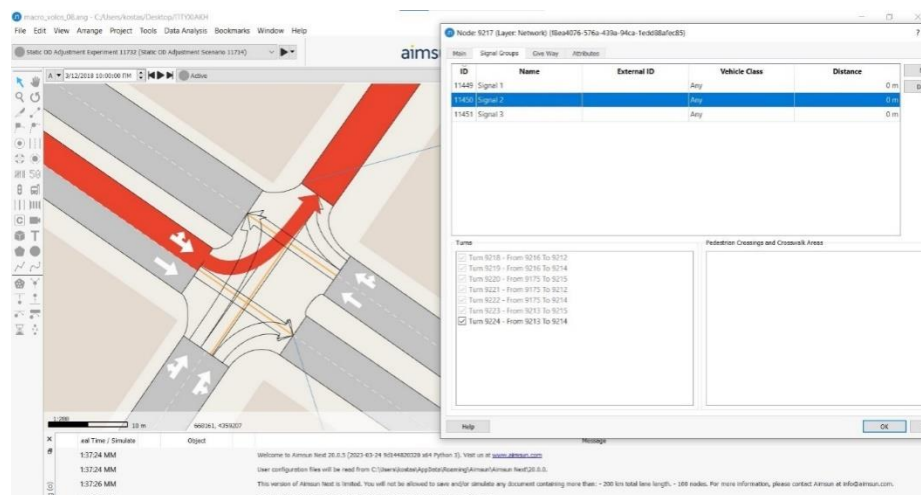
1. Κάνουμε διπλό κλικ σε κάθε Node.
2. Επιλέγουμε το δεύτερο φύλλο Signal Groups.
3. Πατάμε δεξιά New.

4.



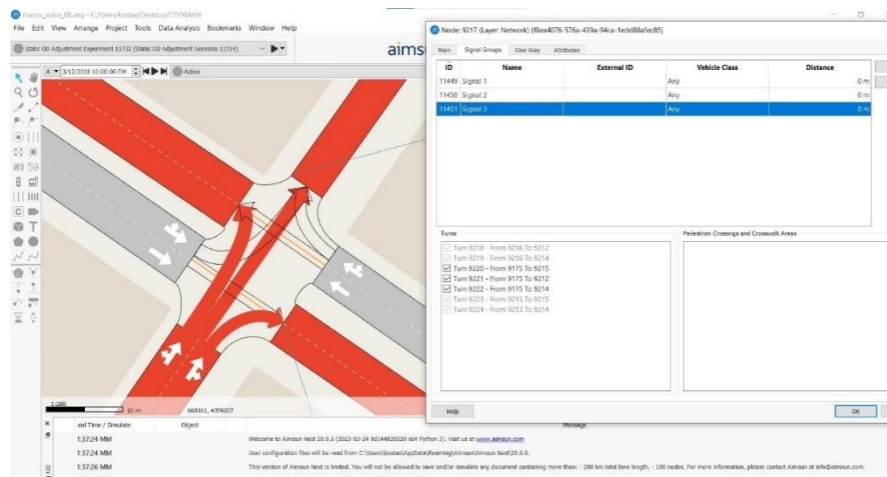
Εικόνα 13:Ομαδοποίηση κινήσεων

Με click στην κάτω αριστερή μεριά ομαδοποιούμε τις κινήσεις.



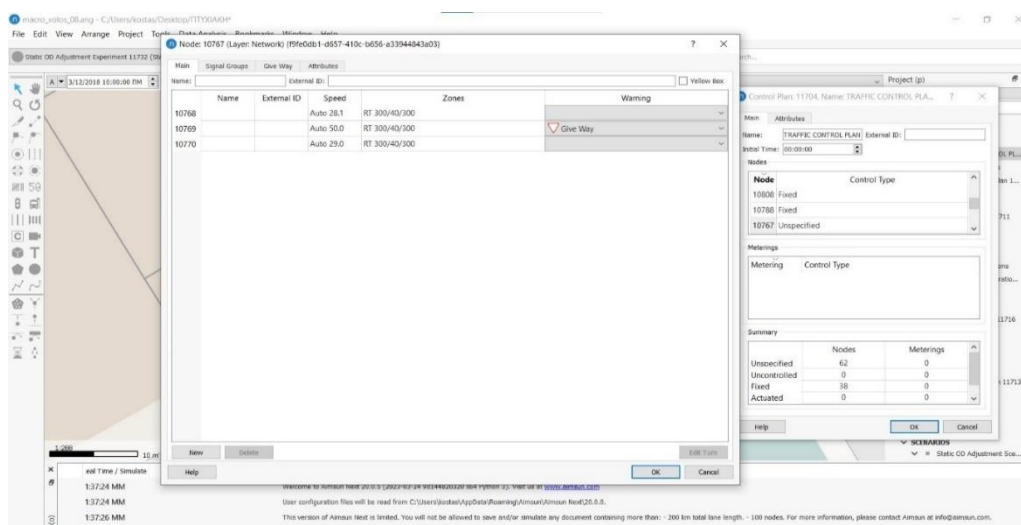
Μέσω των Signal Groups επιτυγχάνουμε μια ομαδοποίηση των κινήσεων του μοντέλου και των οχημάτων που το απαρτίζουν. Ακόμα, ένα αναβαθμισμένο και βέλτιστο μοντέλο στον τομέα των Signal Groups μπορεί να ενσαρκωθεί μέσα από την ενσωμάτωση μοντέλων σημάτων κυκλοφορίας με ευρύτερα μοντέλα προσομοίωσης για την αξιολόγηση των επιπτώσεων σε όλο το δίκτυο.

Τέλος τα Signal Groups είναι σύνολα συντονισμένων κυκλοφοριακών κινήσεων που ελέγχονται από τα σήματα κυκλοφορίας (φανάρια) σε μια διασταύρωση. Διαδραματίζουν βασικό ρόλο στον καθορισμό του πότε και του τρόπου με τον οποίο επιτρέπεται σε διαφορετικούς τύπους οχημάτων να κινούνται μέσα από τη διασταύρωση.



Εικόνα 14

#### Δ. ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ



Εικόνα 15: Προσθήκη φωτεινών σηματοδοτών

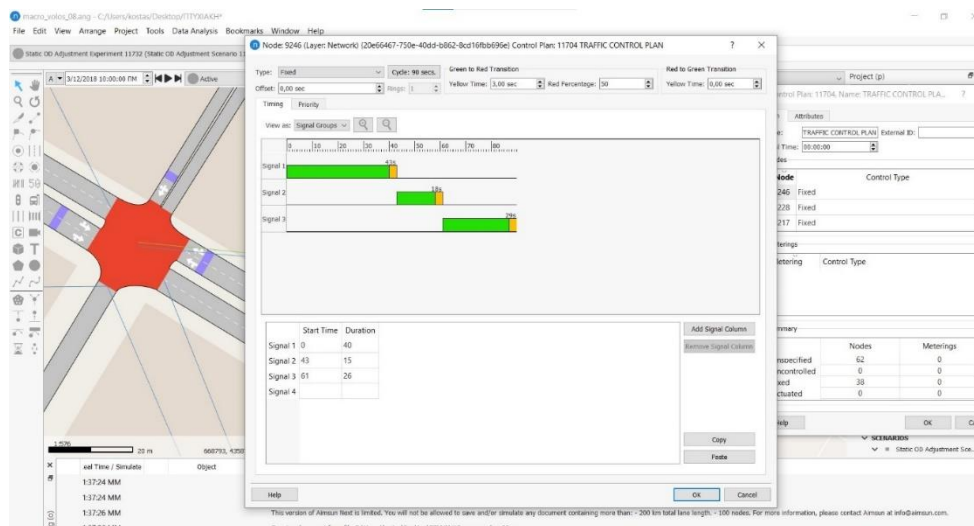
Ένα ασφαλές οδικό δίκτυο δεν μπορεί να υφίσταται χωρίς την ύπαρξη σωστής και επαρκής σηματοδότησης. Μέσα από μελέτες και ανάλυση δεδομένων στην πραγματική ζωή όπως ατυχήματα, φόρτοι και βελτιστοποίηση οδικού δικτύου προκύπτουν ανάγκες σηματοδότησης σε όλο το εύρος του αστικού οδικού δικτύου.

Συγκεκριμένα, το υπάρχον μακροσκοπικό μοντέλο του Βόλου αποτυπώνει επακριβώς την σηματοδότηση σε όλη την πόλη βάση πληροφοριών που συλλέχθηκαν βιωματικά, αλλά και από επίσημους φορείς.

Με την επιλογή ενός κόμβου-διασταύρωσης δίνεται η επιλογή τροποποίησης της σηματοδότησης για όλους τους δρόμους που πλαισιώνουν τον συγκεκριμένο κόμβο.

Οι διάφορες επιλογές είναι η τοποθέτηση τριγώνου παραχώρησης προτεραιότητας, η τοποθέτηση STOP ή η εντολή GIVEWAY ή το RTOR το οποίο δίνει προτεραιότητα κίνησης στον εκάστοτε δρόμο που τοποθετείται.

Κάνοντας διπλό click δεξιά στο Control Plan εμφανίζονται όλοι οι κόμβοι που έχουμε σχεδιάσει. Επιλέγοντας τον κάθε κόμβο μπορούμε να ρυθμίσουμε τη φωτεινή σηματοδότηση όπως θα δείτε στο επόμενο βήμα.



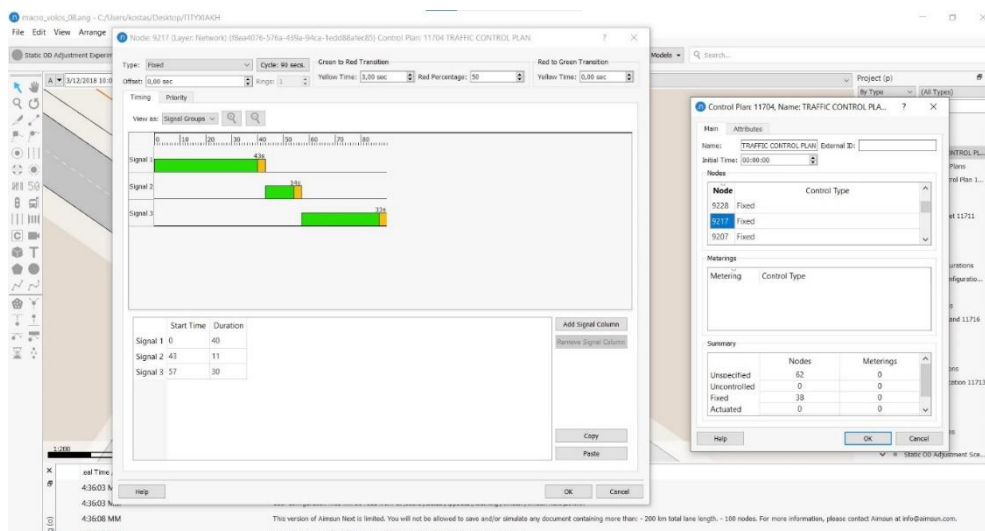
Εικόνα 16:Ρύθμιση χρόνου φωτεινών σηματοδοτών

## E. TRAFFICCONTROLPLAN

Η δημιουργία φωτεινών σηματοδοτών στο πρόγραμμα Aimsun περιλαμβάνει το σχεδιασμό και την προσομοίωση στρατηγικών ελέγχου σημάτων κυκλοφορίας για διασταυρώσεις εντός ενός προσομοιωμένου οδικού δικτύου. Αρχικά πρέπει να γίνει συλλογή δεδομένων όπως χρόνοι και έλεγχος ταυτόχρονης λειτουργίας με βάση την πραγματικότητα μέσα από μία έρευνα ή από ήδη υπαρχων μελέτες.

Στη συγκεκριμένη φάση δουλεύουμε ανά κόμβο και στόχος είναι η ομαλή κυκλοφορία και ροή των οχημάτων μέσα από αυτόν. Επιλέγουμε στην πάνω γραμμή εντολών με τη σειρά Project, New, Control, Control Plan. Στο Main φύλλο εμφανίζονται τα Signal Groups. Δεξιά εμφανίζονται οι επιλογές για την σηματοδότηση. Ένας τυπικός κύκλος σηματοδότησης (Πράσινο - Κίτρινο- Κόκκινο) ορίζεται στα 90 δευτερόλεπτα. Αρχικά ορίζουμε τον χρόνο του κίτρινου (Yellow Time) στα 3 δευτερόλεπτα (3 sec). Έπειτα μοιράζουμε τον εναπομείναντα χρόνο στην φάση του πράσινου και του κόκκινου. Συνήθως σε δρόμους με μεγάλους φόρτους όσος είναι ο χρόνος του κόκκινου τόσοσ θα είναι και ο χρόνος του πράσινου. Εκτελούνται τα εξής βήματα:

1. Ρυθμίζουμε χρόνο κύκλου, χρόνο κίτρινου φαναριού.
2. Πατάμε Add Signal Column τόσες φορές όσα είναι και τα Signal Groups.
3. Ρυθμίζουμε Start time και Duration.
4. Πατάμε OK.

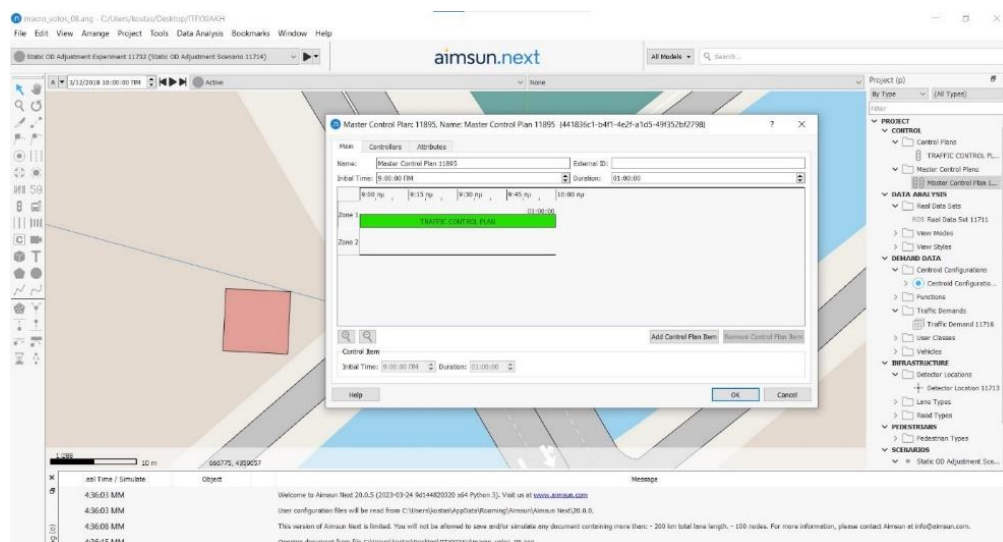


Εικόνα 17: Διαδικασία ρύθμισης φωτεινών σηματοδοτών

## ΣΤ. MASTER TRAFFIC CONTROL PLAN

Με την ολοκλήρωση των χαράξεων δρόμων, της δημιουργίας κόμβων, αλλά και αφού τοποθετηθούν σωστά τα φανάρια και τα σήματα κυκλοφορίας μέσω του Traffic Control Plan δημιουργείται ένα ολοκληρωμένο Master Control Plan, το οποίο θα ορίζει την ώρα έναρξης του μοντέλου και την συνολική διάρκεια του. Για το μακροσκοπικό μοντέλο του Βόλου πραγματοποιήθηκε μελέτη την πρωινή ώρα αιχμής 9:00π.μ. με διάρκεια μίας ώρας.

- Ρυθμίζουμε την διάρκεια 01.00.00 ώρα.
- Ρυθμίζουμε το Initial Time στις 09.00.00 ΠΜ.
- Προσθέτουμε το ή τα Control Plans.



Εικόνα 18

## Z. Real Data Set

Excel

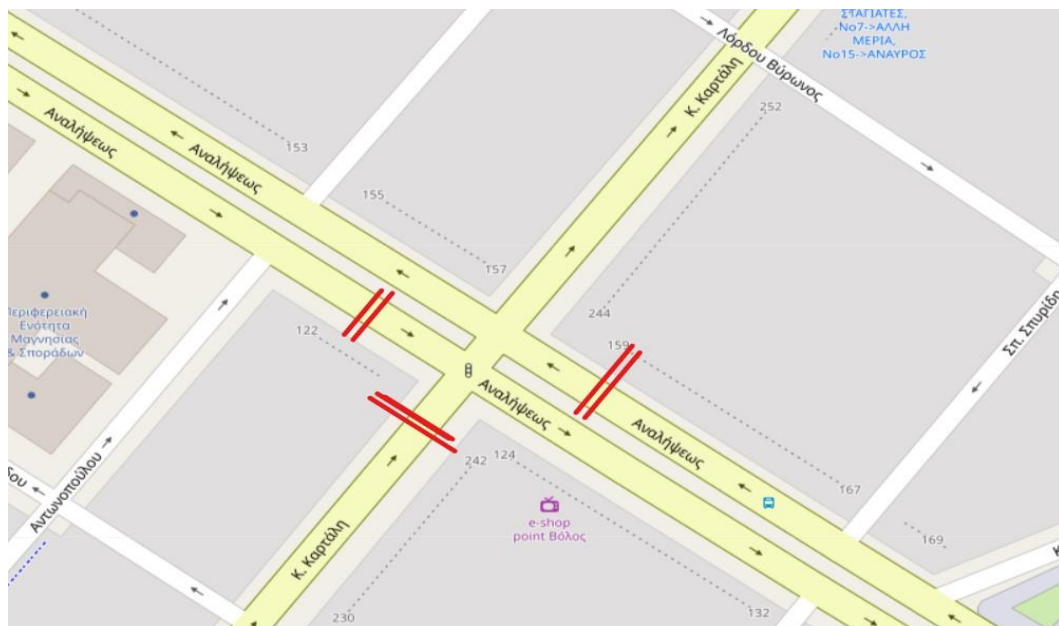
|    |     |    |          |
|----|-----|----|----------|
| a1 | 699 | 80 | 10:00:00 |
| a2 | 425 | 84 | 10:00:00 |
| a3 | 133 | 18 | 10:00:00 |
| b1 | 408 | 48 | 10:00:00 |
| b2 | 437 | 86 | 10:00:00 |
| b3 | 226 | 35 | 10:00:00 |

|    |     |     |          |
|----|-----|-----|----------|
| c1 | 309 | 100 | 10:00:00 |
| c2 | 49  | 8   | 10:00:00 |
| c3 | 78  | 10  | 10:00:00 |
| c4 | 336 | 91  | 10:00:00 |
| d1 | 106 | 30  | 10:00:00 |
| d2 | 246 | 53  | 10:00:00 |
| d3 | 122 | 8   | 10:00:00 |
| d4 | 154 | 35  | 10:00:00 |
| e1 | 699 | 82  | 10:00:00 |
| e2 | 337 | 63  | 10:00:00 |
| f1 | 120 | 34  | 10:00:00 |
| f2 | 110 | 21  | 10:00:00 |
| f3 | 9   | 1   | 10:00:00 |
| f4 | 82  | 17  | 10:00:00 |
| g1 | 237 | 27  | 10:00:00 |
| g2 | 513 | 78  | 10:00:00 |
| g3 | 237 | 28  | 10:00:00 |
| g4 | 202 | 24  | 10:00:00 |
| h1 | 100 | 13  | 10:00:00 |
| h2 | 101 | 10  | 10:00:00 |
| h3 | 164 | 20  | 10:00:00 |
| h4 | 174 | 12  | 10:00:00 |
| i1 | 290 | 48  | 10:00:00 |
| i2 | 204 | 45  | 10:00:00 |
| i3 | 242 | 60  | 10:00:00 |
| i4 | 165 | 28  | 10:00:00 |
| j1 | 107 | 14  | 10:00:00 |
| j2 | 91  | 14  | 10:00:00 |
| j3 | 144 | 19  | 10:00:00 |
| j4 | 103 | 18  | 10:00:00 |
| k1 | 110 | 9   | 10:00:00 |
| k2 | 215 | 15  | 10:00:00 |
| k5 | 72  | 5   | 10:00:00 |
| k6 | 110 | 11  | 10:00:00 |
| k7 | 203 | 13  | 10:00:00 |
| k8 | 150 | 15  | 10:00:00 |
| l1 | 222 | 59  | 10:00:00 |
| l2 | 39  | 3   | 10:00:00 |
| l3 | 155 | 60  | 10:00:00 |
| l4 | 55  | 16  | 10:00:00 |
| m1 | 156 | 16  | 10:00:00 |
| m2 | 19  | 3   | 10:00:00 |
| m3 | 104 | 13  | 10:00:00 |
| m4 | 115 | 11  | 10:00:00 |
| n1 | 112 | 29  | 10:00:00 |
| n2 | 167 | 25  | 10:00:00 |

|    |      |     |          |
|----|------|-----|----------|
| n5 | 210  | 30  | 10:00:00 |
| n6 | 308  | 32  | 10:00:00 |
| n7 | 157  | 11  | 10:00:00 |
| o1 | 351  | 97  | 10:00:00 |
| o2 | 417  | 48  | 10:00:00 |
| p1 | 50   | 15  | 10:00:00 |
| p2 | 56   | 9   | 10:00:00 |
| p3 | 96   | 22  | 10:00:00 |
| p4 | 60   | 9   | 10:00:00 |
| q1 | 132  | 11  | 10:00:00 |
| q2 | 369  | 31  | 10:00:00 |
| q3 | 350  | 38  | 10:00:00 |
| r1 | 309  | 19  | 10:00:00 |
| r2 | 136  | 30  | 10:00:00 |
| r3 | 247  | 37  | 10:00:00 |
| s1 | 213  | 39  | 10:00:00 |
| s2 | 123  | 9   | 10:00:00 |
| s3 | 146  | 17  | 10:00:00 |
| t1 | 180  | 18  | 10:00:00 |
| t2 | 320  | 33  | 10:00:00 |
| t3 | 232  | 39  | 10:00:00 |
| t4 | 299  | 30  | 10:00:00 |
| u1 | 329  | 106 | 10:00:00 |
| u2 | 91   | 9   | 10:00:00 |
| u3 | 378  | 111 | 10:00:00 |
| v1 | 93   | 6   | 10:00:00 |
| v2 | 144  | 19  | 10:00:00 |
| v3 | 117  | 15  | 10:00:00 |
| v4 | 153  | 14  | 10:00:00 |
| w1 | 132  | 19  | 10:00:00 |
| w2 | 278  | 81  | 10:00:00 |
| w3 | 187  | 20  | 10:00:00 |
| w4 | 248  | 70  | 10:00:00 |
| z1 | 648  | 112 | 10:00:00 |
| z2 | 240  | 48  | 10:00:00 |
| z3 | 588  | 105 | 10:00:00 |
| z4 | 318  | 59  | 10:00:00 |
| x1 | 1038 | 76  | 10:00:00 |
| x2 | 128  | 30  | 10:00:00 |
| x3 | 6    | 0   | 10:00:00 |
| x4 | 545  | 27  | 10:00:00 |
| x5 | 186  | 27  | 10:00:00 |
| x6 | 494  | 39  | 10:00:00 |
| x7 | 197  | 9   | 10:00:00 |
| x8 | 188  | 36  | 10:00:00 |
| y1 | 568  | 73  | 10:00:00 |

|     |      |     |          |
|-----|------|-----|----------|
| y2  | 976  | 72  | 10:00:00 |
| y3  | 508  | 30  | 10:00:00 |
| aa1 | 1002 | 89  | 10:00:00 |
| aa2 | 140  | 15  | 10:00:00 |
| aa3 | 945  | 101 | 10:00:00 |
| aa4 | 145  | 23  | 10:00:00 |
| ab1 | 73   | 5   | 10:00:00 |
| ab2 | 130  | 46  | 10:00:00 |
| ab3 | 210  | 58  | 10:00:00 |
| ac1 | 1174 | 211 | 10:00:00 |
| ac2 | 720  | 157 | 10:00:00 |
| ac3 | 425  | 88  | 10:00:00 |

Στον παραπάνω πίνακα απεικονίζονται οι μετρήσεις μας σε 27 κόμβους από την 1/05/2023 έως και την 30/06/2023. Στις μετρήσεις χωρίσαμε τις διατομές κάθε κόμβου και απαριθμήσαμε τα αυτοκίνητα που πέρασαν. Η δειγματοληψία έγινε ημέρες καθημερινές, Τρίτη, Τετάρτη και Πέμπτη, ώρες 9.00 π.μ.. έως τις 10.00 π.μ.. Η πρώτη στήλη δείχνει την ονομασία των detectors-ανιχνευτών. Το γράμμα υποδηλώνει έναν κόμβο και οι αριθμοί τον αριθμό των διατομών μέσα σε αυτόν. Η δεύτερη στήλη το πλήθος των αυτοκινήτων που πέρασαν από κάθε detector. Η τρίτη στήλη το πλήθος των βαρέων οχημάτων – φορτηγών που πέρασαν από κάθε detector και η τέταρτη στήλη την τελική ώρα των μετρήσεων. Το αρχείο του Excel το αποθηκεύουμε σε μορφή .csv .

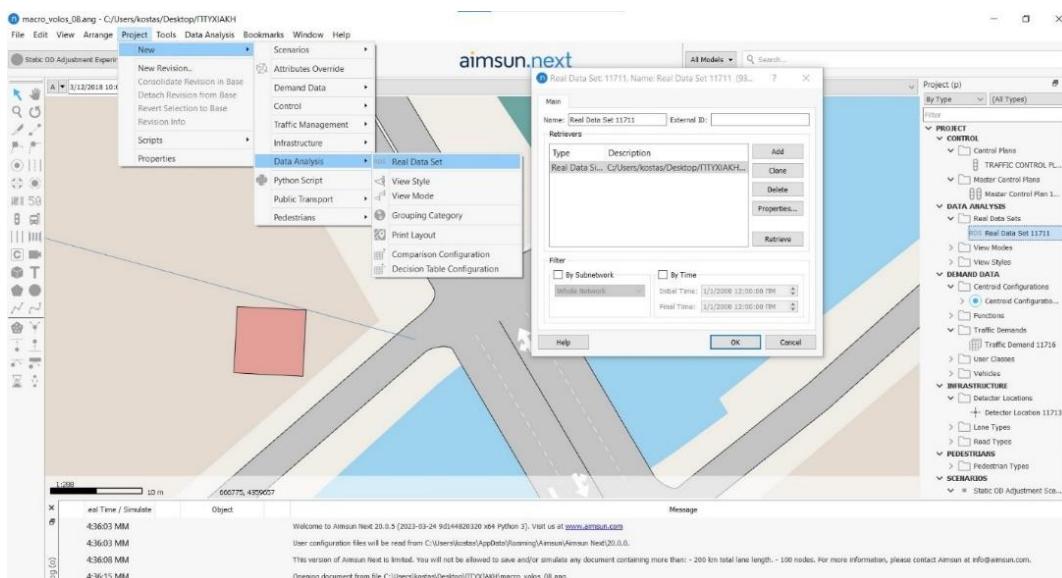


Εικόνα 19

Για παράδειγμα στην παραπάνω εικονιζόμενη διασταύρωση με κόκκινο εμφανίζουμε τις διατομές τις οποίες μετρήσαμε. Κατόπιν τα δεδομένα αυτά περάστηκαν σε πίνακα του Excel διαμορφώνοντας ένα database – βάση δεδομένων πάνω στο οποίο στήθηκε το κυκλοφοριακό μοντέλο.

Για την εισαγωγή αυτού του database στο Aimsun κάνουμε τα εξής βήματα.

1. Επιλέγουμε στην γραμμή εργασιών στο επάνω μέρος της οθόνης μας την εντολή Project.
2. Επιλέγουμε New, Data Analysis, Real data set.
3. Επιλέγουμε τα ανάλογα Properties.

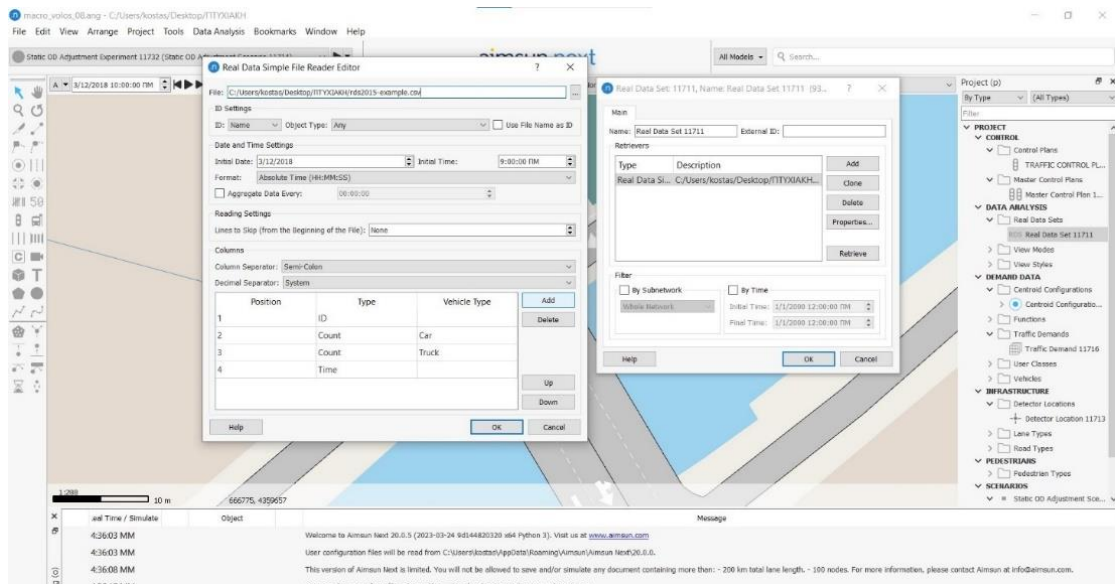


Εικόνα 20:Εισαγωγή φόρτων στο μοντέλο

Ανοίγοντας με διπλό κλικ το Real Data Set ή δεξί click και properties κάνουμε τις εξής επιλογές:

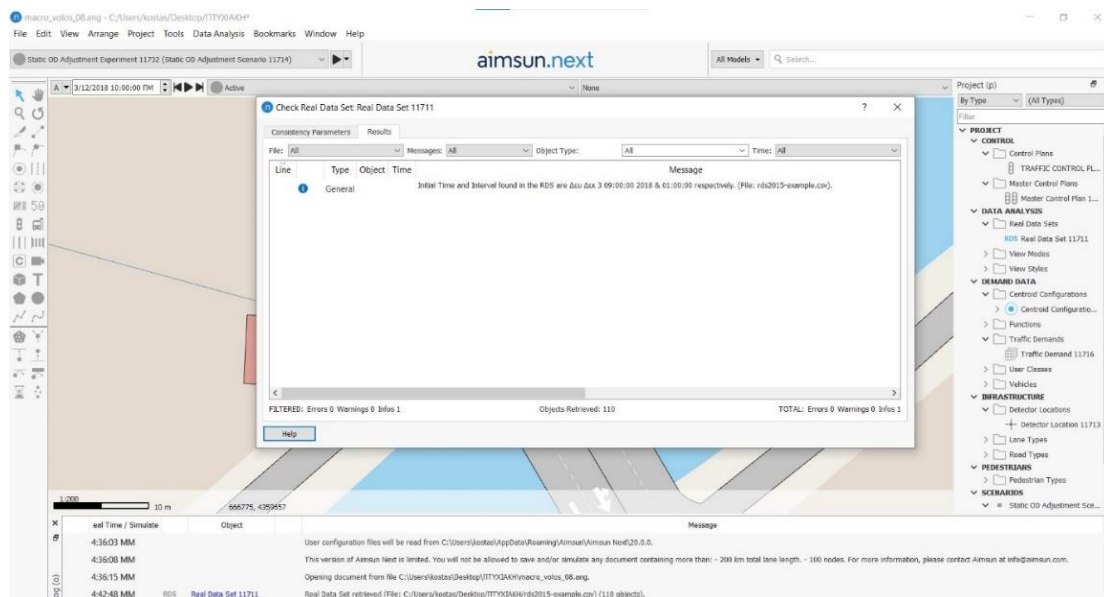
1. Ρυθμίζουμε την ημερομηνία και την ώρα initial Time 9:00:00, το Format της ώρας σε (HH:MM:SS).
2. Πατάμε κάτω δεξιά το κουμπί Add τέσσερις φορές.
3. Προσθέτουμε λοιπόν ID, Count ,Count, Time όπως ακριβώς στον πίνακα δεδομένων του Excel.
4. Πατάμε OK.

| Position | Type  | Vehicle Type |
|----------|-------|--------------|
| 1        | ID    |              |
| 2        | Count | Car          |
| 3        | Count | Truck        |
| 4        | Time  |              |



Εικόνα 21

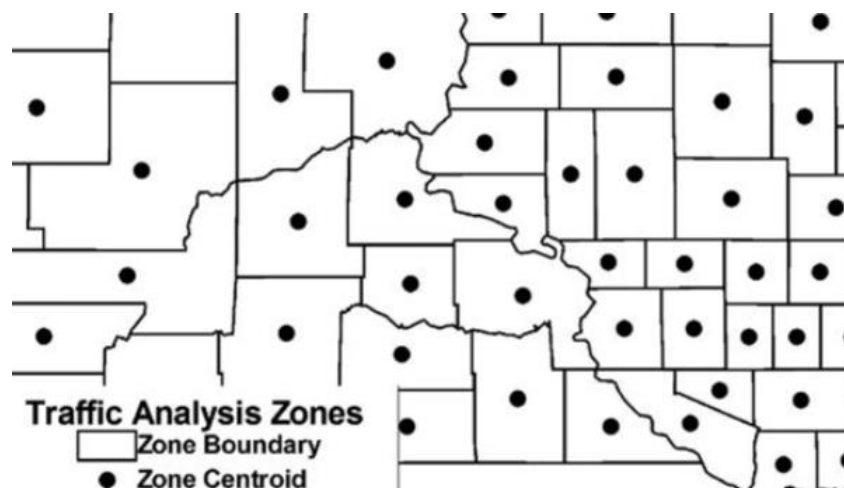
Στην συνέχεια για να σιγουρευτούμε ότι δεν θα υπάρξει κάποιο σφάλμα κατά την φόρτωση δεδομένων, κάνουμε διπλό click στο New Data Set στην δεξιά μεριά της οθόνης του υπολογιστή μας. Επιλέγουμε το αρχείο και μετά πατάμε την επιλογή Retrieve. Διορθώνουμε όποιο σφάλμα (Errors-Warnings) εμφανιστεί, ώσπου να μην εμφανίζεται κάποιο.



Εικόνα 22

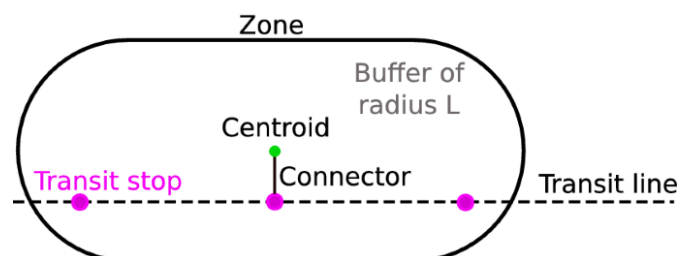
## 4.2 TO ΚΕΝΤΡΟΕΙΔΕΣ (CENTROID)

Ως κεντροειδές ορίζουμε ένα αντιπροσωπευτικό σημείο που συμβολίζει την προέλευση-προορισμό σε ένα κυκλοφοριακό δίκτυο. Χρησιμοποιείται για την ανάλυση της κυκλοφορίας και την μοντελοποίηση των ροών της. Τα κεντροειδή συνδέονται με συγκεκριμένα στοιχεία του δικτύου όπως τμήματα δρόμων, κόμβους, στάσεις διέλευσης και άλλα. Είναι ζωτικής σημασίας για την δημιουργία Πινάκων Προέλευσης-Προορισμού που μας δίνουν δεδομένα για τον όγκο και την κίνηση των ανθρώπων μεταξύ διάφορων τοποθεσιών.



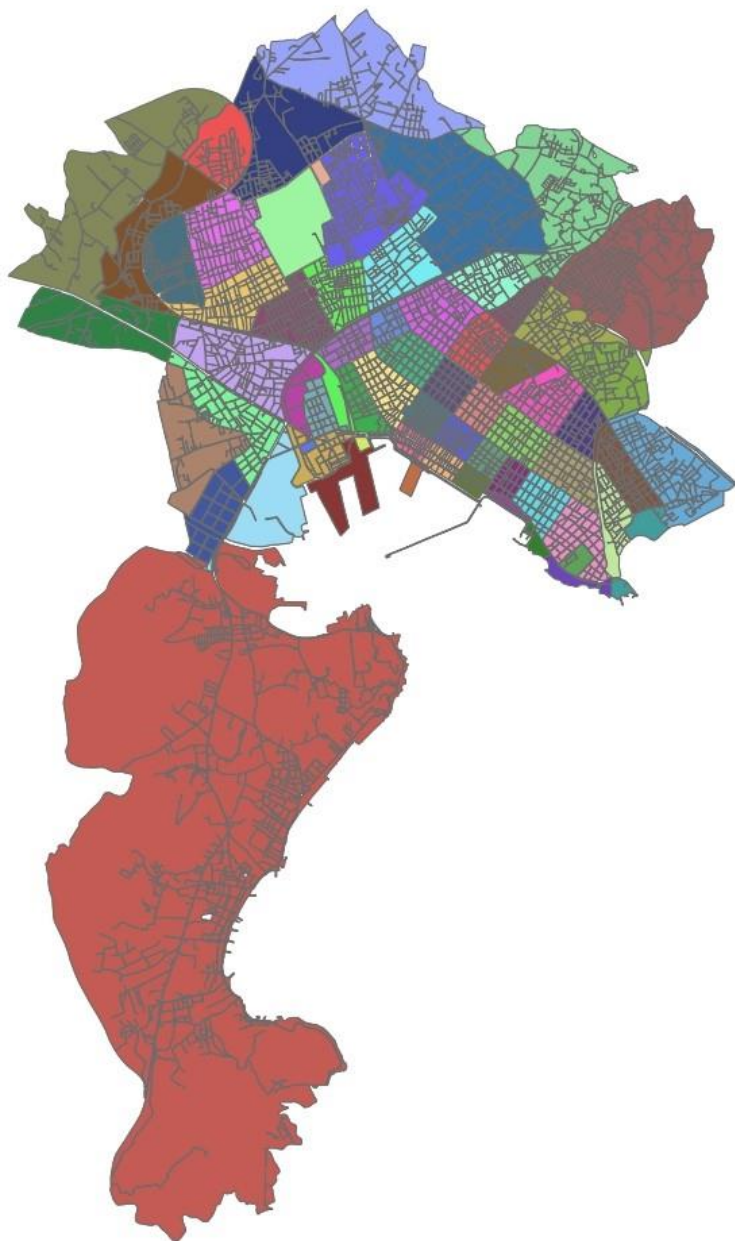
Εικόνα 23: Παράδειγμα κεντροειδών

Στην φωτογραφία αυτή εμφανίζονται κεντροειδή με τις οριοθετιμένες ζώνες τους.



Centroids are the origin and/or destination of trips in a transportation network when using [OD matrices](#). They can be connected to [Sections](#), [Nodes](#), [Transit Stops](#) and [Transit Stations](#). (ορισμός Aimsun)

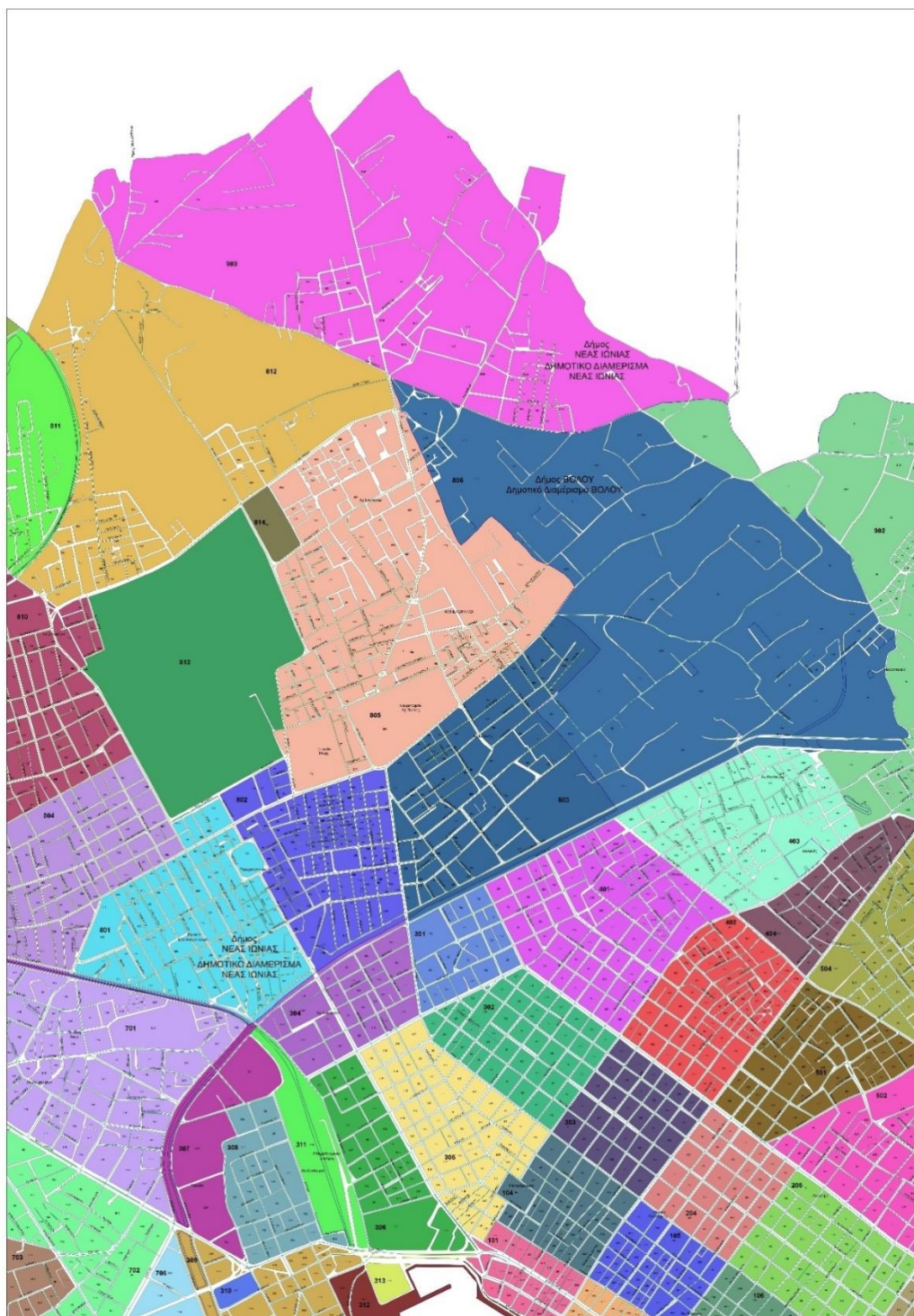
Για την κατασκευή των κεντροειδών στο μοντέλο μας συμβουλευόμαστε τις  
εξής χρήσεις Γης :



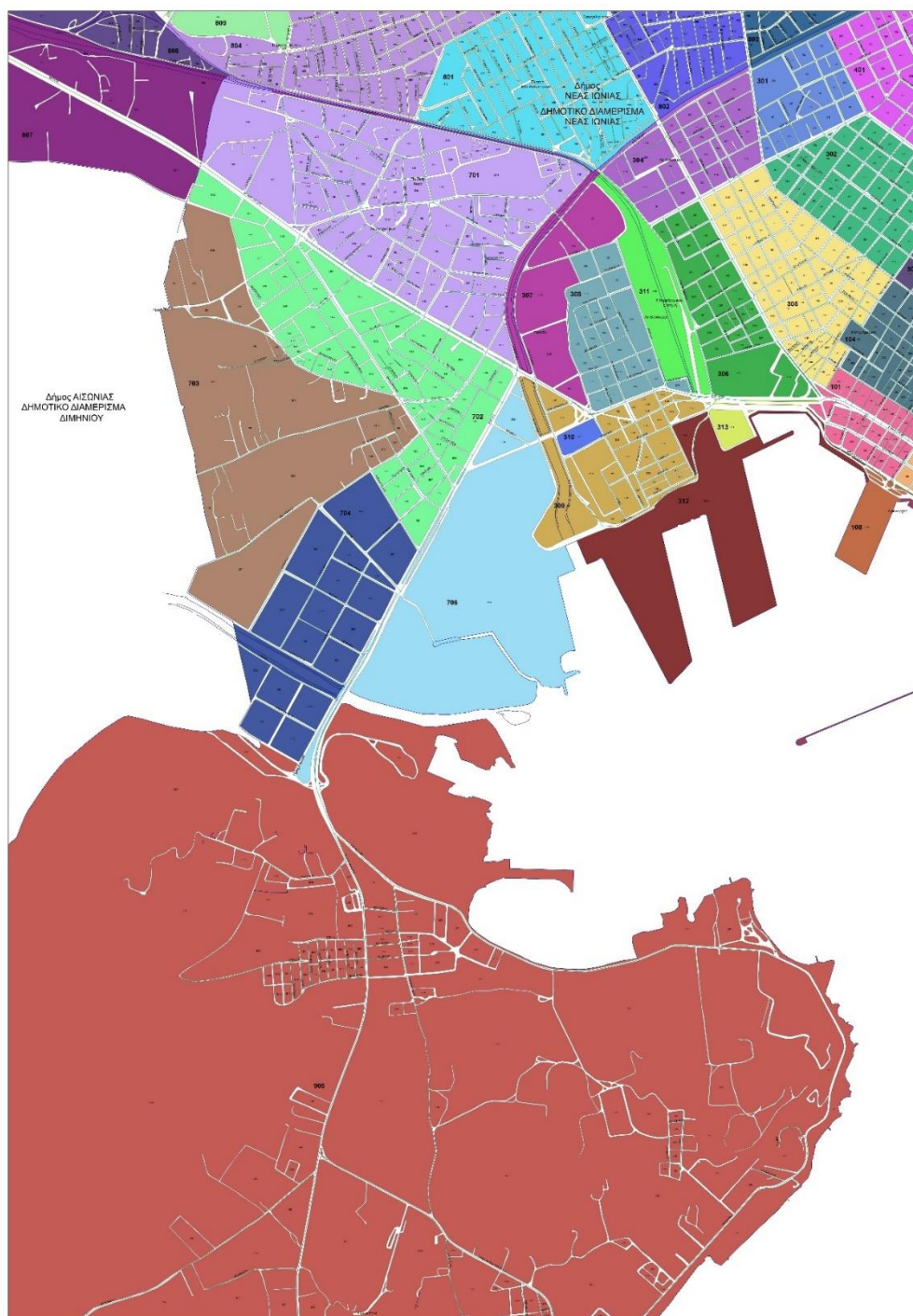
Εικόνα 24



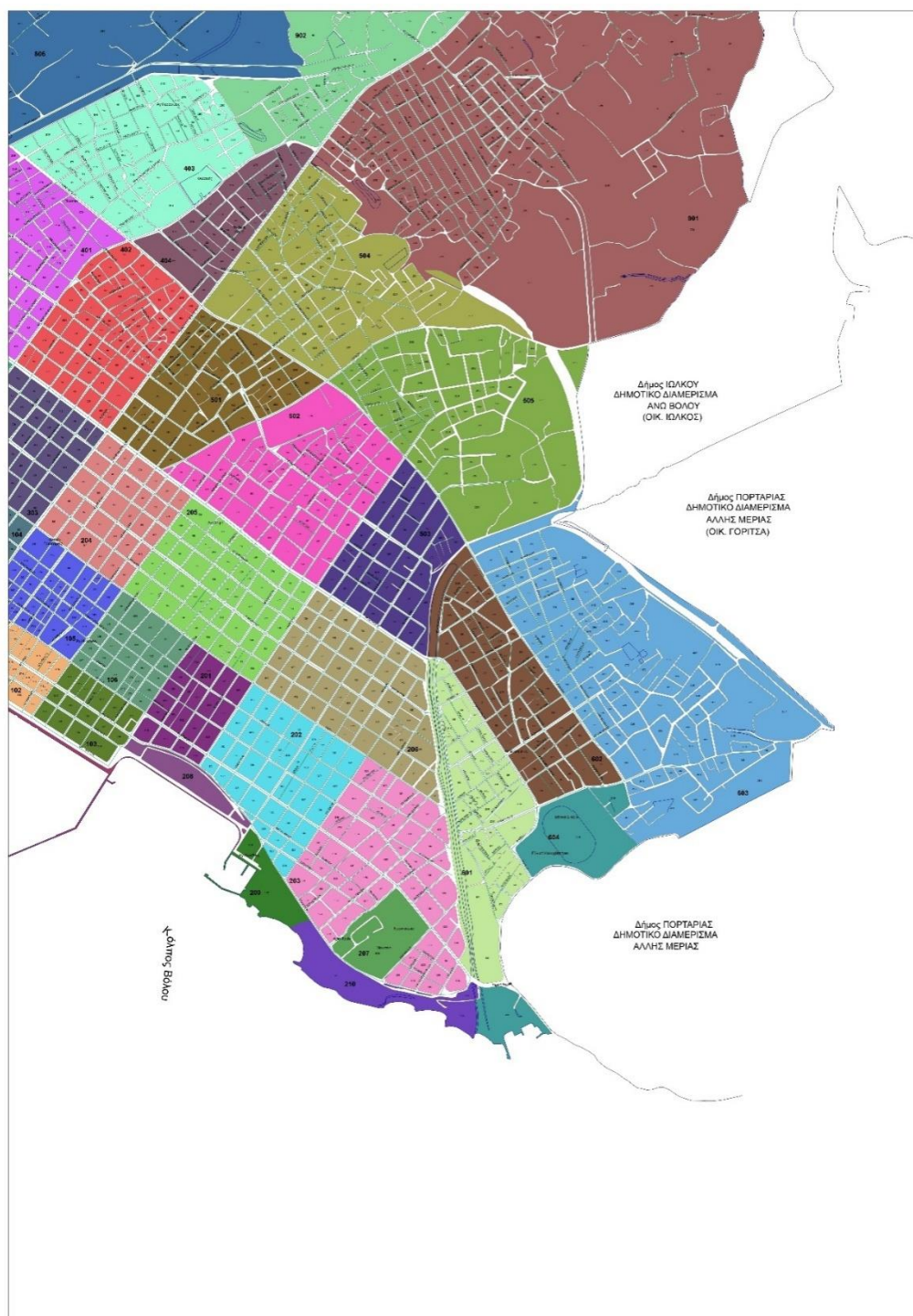
Εικόνα 25



Εικόνα 26



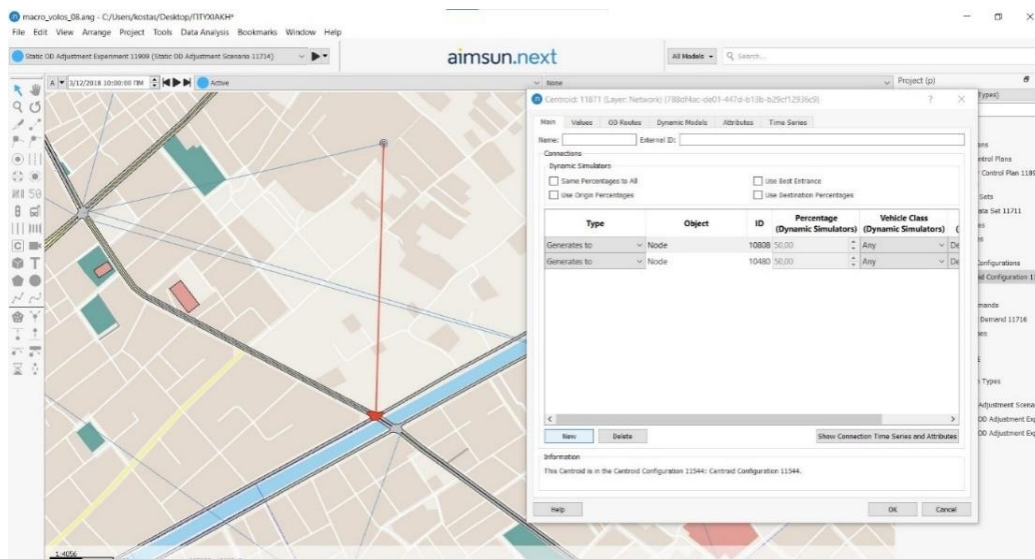
Εικόνα 27



Εικόνα 28

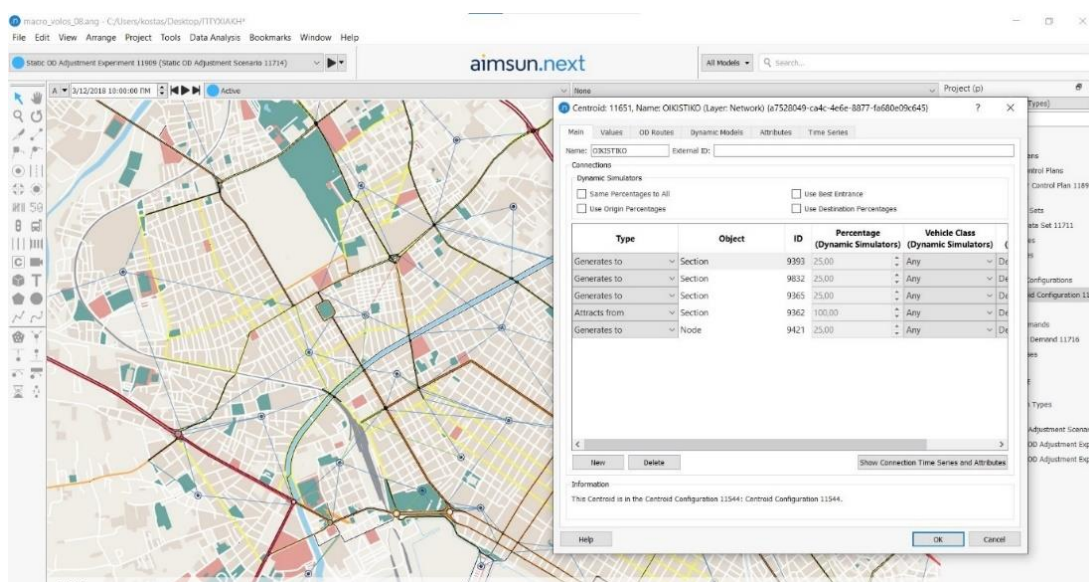
Για την δημιουργία των κεντροειδών θα ακολουθήσουμε τα εξής βήματα:

1. Επιλέγουμε στην αριστερή στήλη εντολών την εντολή Centroid.
2. Τοποθετούμε το κεντροειδές.



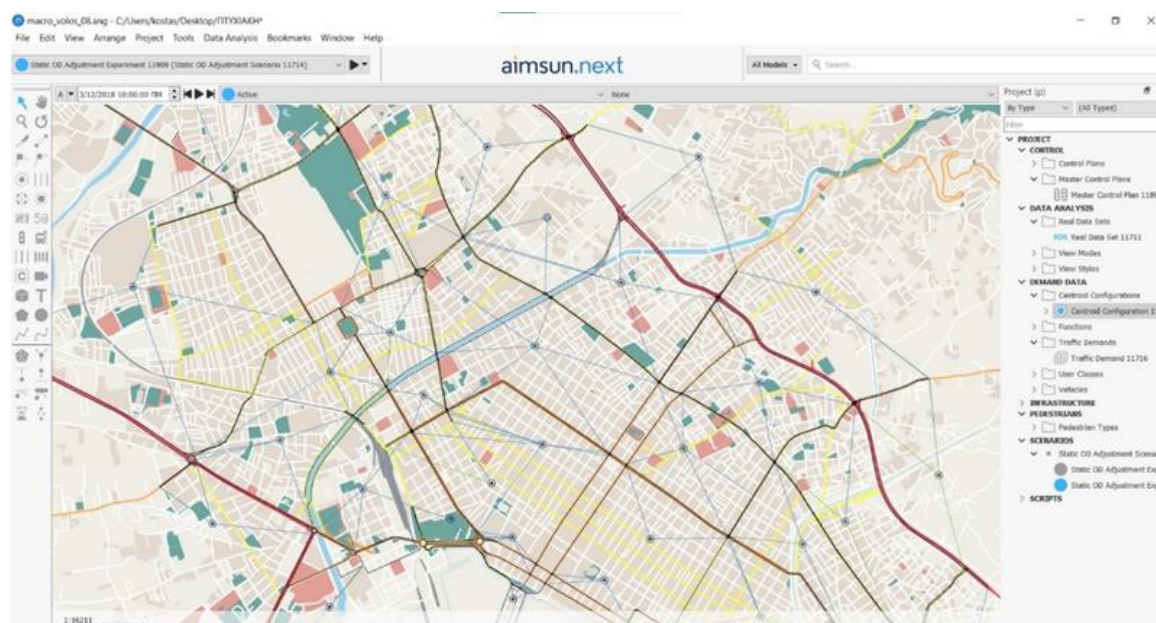
Εικόνα 29: Δημιουργία κεντροειδούς

3. Με διπλό click ανοίγουμε properties και πατάμε την επιλογή New. Επιλέγοντας κομμάτια δρόμων συνδέουμε τα κεντροειδή με το δίκτυο.
4. Ονομάζουμε το καθένα Οικιστικό ή Εμπορικό ανάλογα με τη χρήση τους.



Εικόνα 30: Διαδικασία δημιουργίας κεντροειδούς

Τέλος δίνεται μια τελική απεικόνιση του οδικού δικτύου στο μοντέλο μετά και από την προσθήκη των κεντροειδών.



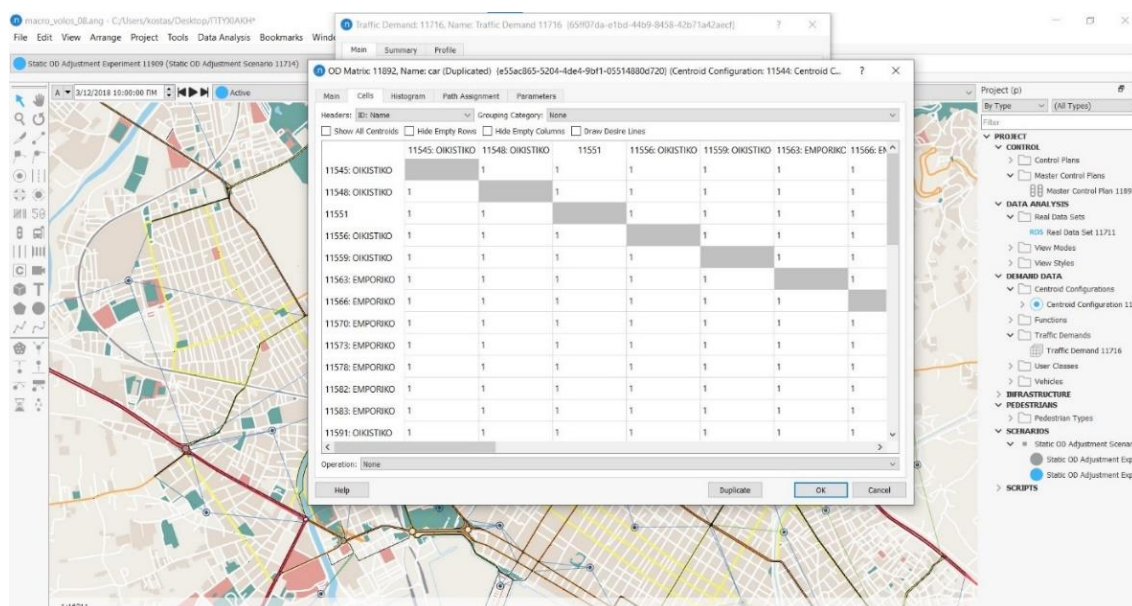
Εικόνα 31:Τελική μορφή οδικού δικτύου

### **4.3 OD MATRIX**

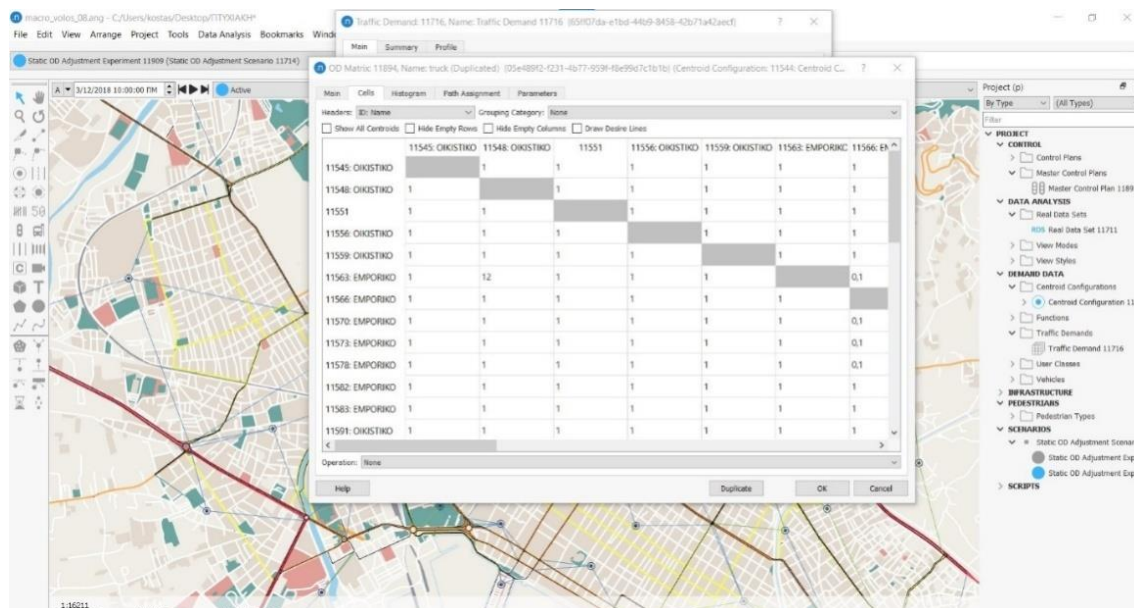
Οι πίνακες Προέλευσης-Προορισμού χρησιμεύουν ως χαρτογραφία της ανθρώπινης κίνησης, αποκαλύπτοντας τις περίπλοκες διαδρομές που διανύουν άτομα και οχήματα μέσα σε ένα πολύπλοκο δίκτυο δικτύων μεταφορών. Ο πίνακας προέλευσης-προορισμού (OD) είναι ένα θεμελιώδες εργαλείο που χρησιμοποιείται στον προγραμματισμό και την ανάλυση των μεταφορών για να αναπαραστήσει τη ροή των ταξιδιών μεταξύ διαφορετικών προελεύσεων και προορισμών σε μια δεδομένη γεωγραφική περιοχή. Παρέχει έναν δομημένο τρόπο ποσοτικοποίησης και απεικόνισης της κίνησης ανθρώπων, οχημάτων, αγαθών ή άλλων οντοτήτων μεταξύ διαφόρων τοποθεσιών σε ένα δίκτυο μεταφορών. Οι σειρές αντιπροσωπεύουν τις προελεύσεις, οι στήλες αντιπροσωπεύουν τους προορισμούς

και τα κελιά περιέχουν δεδομένα που υποδεικνύουν τον όγκο των ταξιδιών μεταξύ κάθε ζεύγους προέλευσης-προορισμού. Αυτά τα δεδομένα θα μπορούσαν να αντιπροσωπεύονται ως προς τον αριθμό των ταξιδιών, τον χρόνο ταξιδιού, την απόσταση, το κόστος ή οποιαδήποτε άλλη σχετική μέτρηση. Βοηθούν να κατανοηθούν τα ταξιδιωτικά μοτίβα, να εντοπιστούν σημεία συμφόρησης, να αξιολογηθεί η ζήτηση για υπηρεσίες μεταφορών και να ληφθούν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με την ανάπτυξη υποδομής, τη βελτιστοποίηση διαδρομών, το σχεδιασμό δημόσιας συγκοινωνίας και πολλά άλλα. Αναλύοντας τα πρότυπα και τις τάσεις που αποκαλύπτονται από τους πίνακες OD, μπορούμε να εργαστούμε για τη δημιουργία πιο αποτελεσματικών, βιώσιμων και καλά συνδεδεμένων συστημάτων μεταφορών. Οι πίνακες OD διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στο σχεδιασμό των μεταφορών, την κυκλοφοριακή μηχανική και τον αστικό σχεδιασμό.

Δημιουργούμε πίνακες προέλευσης προορισμού μεταξύ των κεντροειδών τόσο για τα αυτοκίνητα – Ι.Χ. όσο και για τα φορτηγά.



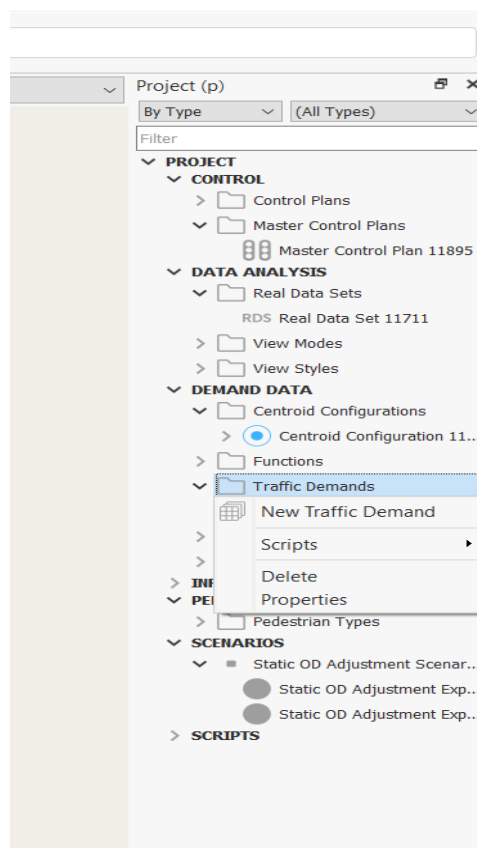
*Πίνακας Προέλευσης – Προορισμού για ΙΧ*



Πίνακας Προέλευσης – Προορισμού για Φορτηγά

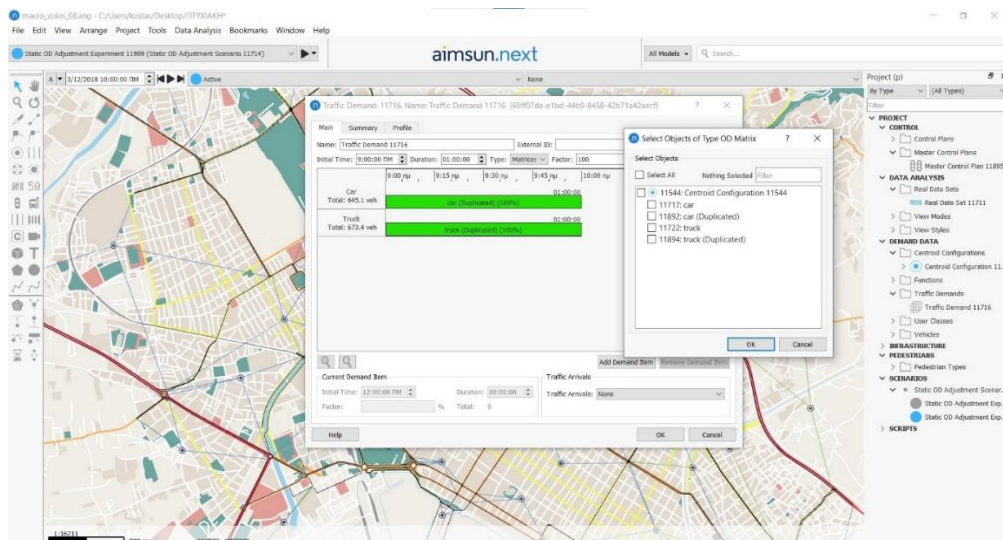
#### 4.4 TRAFFIC DEMAND

Traffic Demand: αναφέρεται στην ποσότητα των οχημάτων, των πεζών ή άλλων τρόπων μεταφοράς που επιδιώκουν να χρησιμοποιήσουν έναν συγκεκριμένο δρόμο, διαδρομή ή σύστημα μεταφοράς μέσα σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Αντιπροσωπεύει τη συλλογική ανάγκη για υπηρεσίες μετακίνησης και μεταφοράς σε μια συγκεκριμένη περιοχή και αποτελεί κρίσιμο παράγοντα στον προγραμματισμό των μεταφορών, καθώς επηρεάζει τις αποφάσεις που σχετίζονται με την ανάπτυξη υποδομής, τη διαχείριση της κυκλοφορίας και τη συνολική απόδοση του συστήματος. Είναι το άθροισμα των OD Matrices σε συγκεκριμένο χρόνο αναπαράγοντας δεδομένα για την κυκλοφορία.



## Δημιουργία Traffic Demand (Aimsun):

1. Πατάμε δεξί click στο Traffic Demand στην δεξιά μεριά της οθόνης μας και επιλέγουμε New Traffic Demand.
2. Ρυθμίζουμε την ημερομηνία και την ώρα.
3. Πατάμε το κουμπί Add Demand Data.
4. Προσθέτουμε τα OD Matrices (car, truck) που δημιουργήσαμε προηγουμένως.
5. Πατάμε OK.



Εικόνα 32: Δημιουργία Traffic Demand

#### **4.5 STATIC OD ADJUSTMENT**

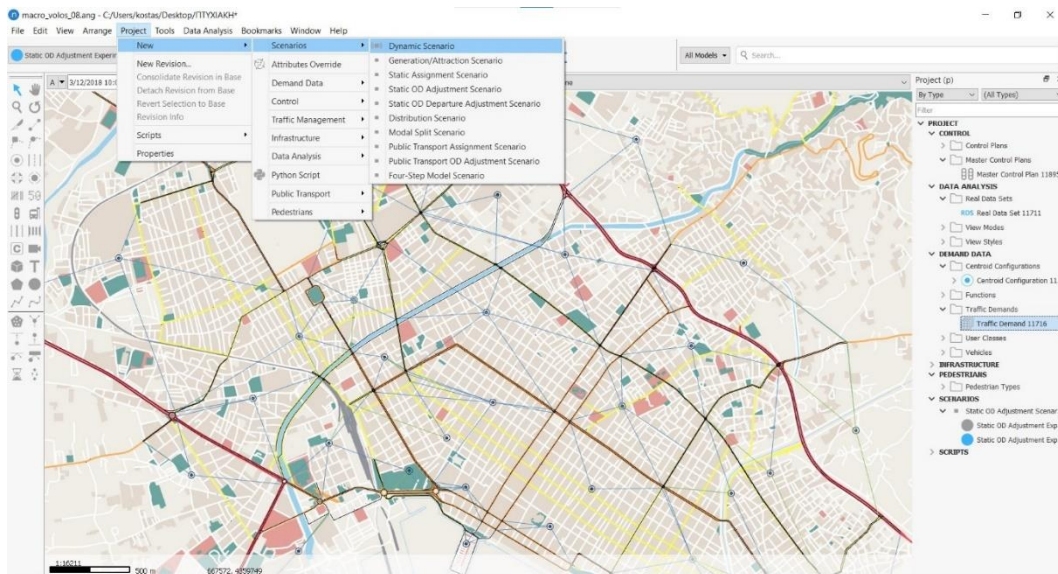
Static OD Adjustment: Είναι η προσαρμογή των πινάκων Προέλευσης – Προορισμού, δηλαδή των OD Matrices συνεπώς του Traffic Demand, χρησιμοποιώντας μετρήσεις από τα detectors και γενικότερα από το Data Set που έχουμε εισάγει. Ο αλγόριθμος λύσης βασίζεται σε ένα μοντέλο δύο επιπέδων που επιλύεται με έναν αλγόριθμο βαθμίδας και περιλαμβάνει μια ανάθεση σε κάθε επανάληψη.

Τα αποτελέσματα ενός Static OD Adjustment είναι τα εξής :

- Προσαρμοσμένη ζήτηση και σύγκρισή της με την αρχική ζήτηση από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν.
- Σύγκριση της κατανομής μήκους διαδρομής μεταξύ αρχικών και τελικών πινάκων.
- Validation Outputs που προκύπτουν συγκρίνοντας τα τελικά αποτελέσματα με αυτά που δόθηκαν στο Data Set (Final assigned flows – observed data).
- Αναφορές για την σύγκλιση αφού εκτελείται επαναληπτική διαδικασία.
- Τα τελικά αποτελέσματα της ανάθεσης.

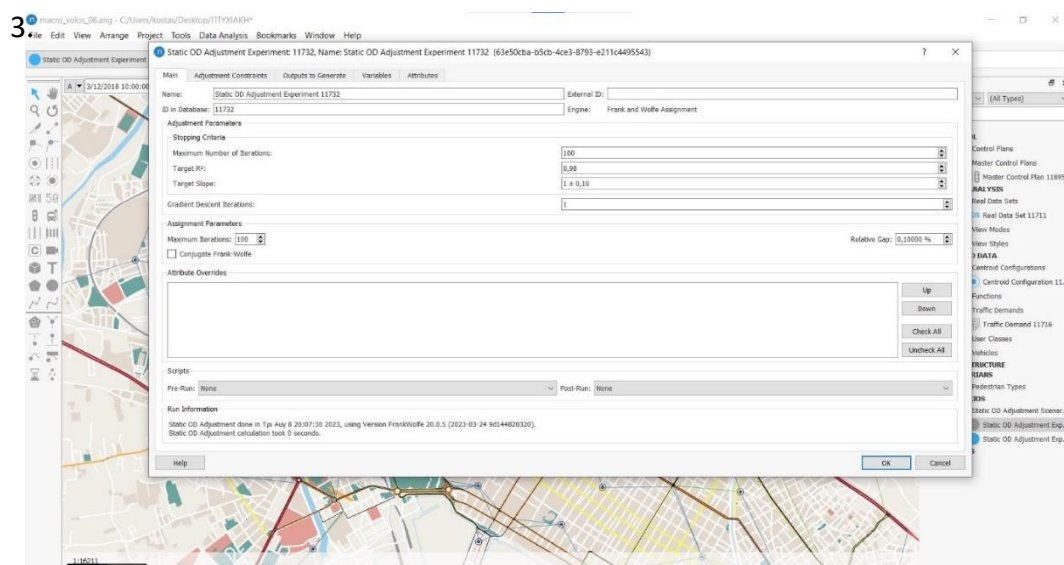
Για την δημιουργία ενός Static OD Adjustment εκτελούμε τα εξής βήματα:

## 1. Project , New, Scenarios , Dynamic Scenario.



Εικόνα 33: Δημιουργία Static OD Adjustment

## 2. Ανοίγουμε με διπλό click ή δεξί click και Properties στα δεξιά της οθόνης μας το Static OD Adjustment experiment .



4. Ρυθμίζουμε στο Main φύλλο τον αριθμό επαναλήψεων και τον μέγιστο αριθμό επαναλήψεων. Ακόμη ρυθμίζουμε το Target  $R^2$  σε 0,98 και το Relative Gap σε 0,1000%. Το Target Slope το ρυθμίζουμε στο  $1 \pm 0,10$ .

Στο φύλλο «Adjustment Constraints » ρυθμίζουμε την ελαστικότητα ως εξής:

## MATRIX ELASTICITY

CAR: 0.60

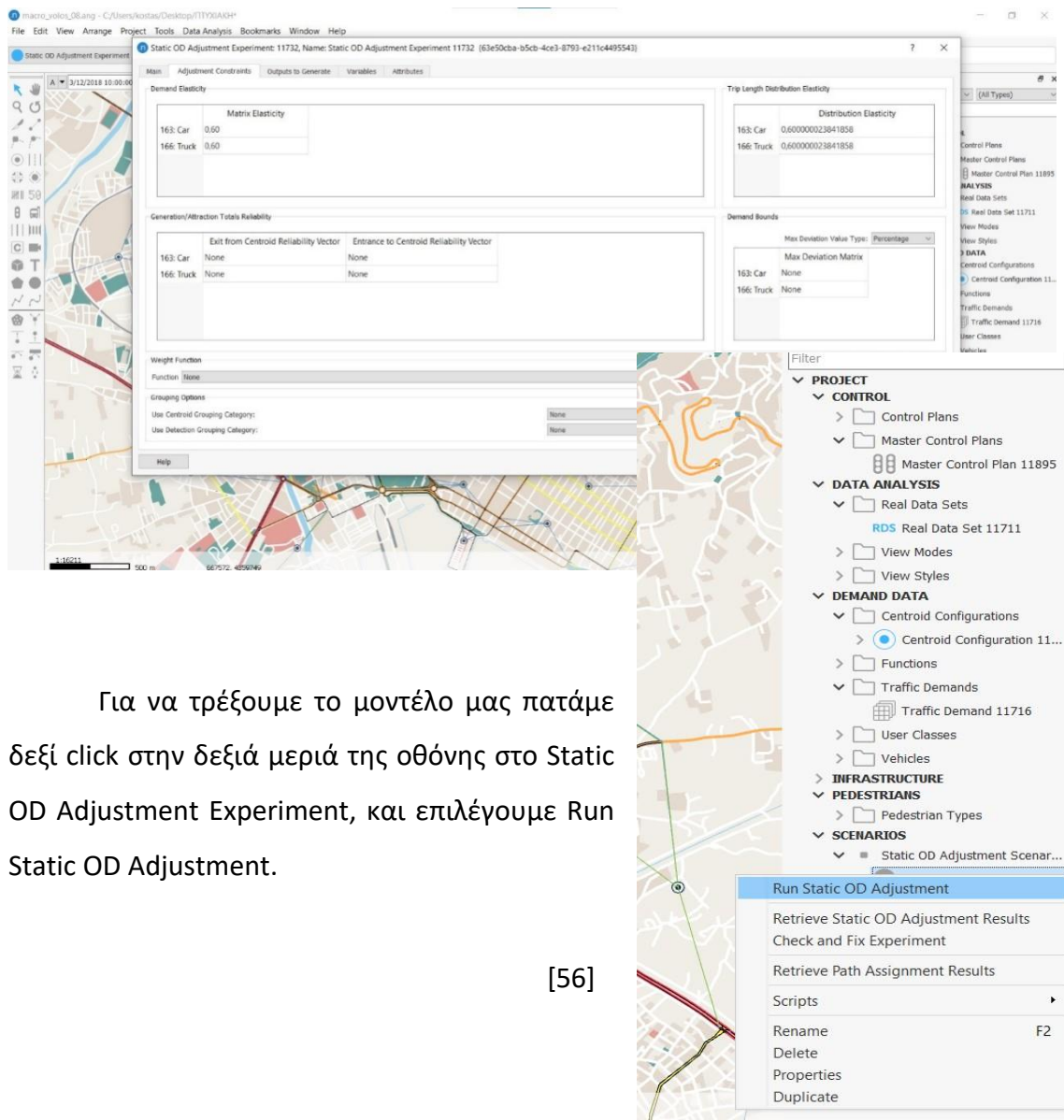
TRUCK: 0.60

## DISTRIBUTION ELASTICITY

CAR : 0.60

TRUCK : 0.60

Τέλος, πατάμε OK.



Για να τρέξουμε το μοντέλο μας πατάμε δεξί click στην δεξιά μεριά της οθόνης στο Static OD Adjustment Experiment, και επιλέγουμε Run Static OD Adjustment.

#### **4.6 RESULTS – OUTPUTS**

Εν όψη παράθεσης επιστημονικών αποτελεσμάτων κυκλοφοριακού μοντέλου είναι απαραίτητο να αναφερθούν και να εξηγηθούν ορισμένες ορολογίες και μεθοδολογίες έρευνας.

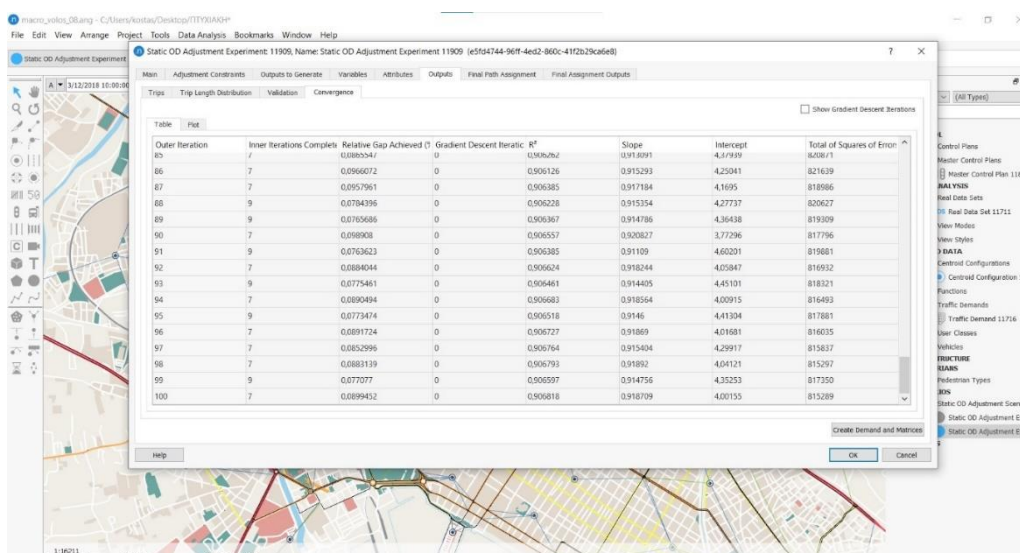
R-squared ( $R^2$ ) :

Το R-squared ( $R^2$ ) είναι ένα στατιστικό μέτρο που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της καλής προσαρμογής ενός μοντέλου παλινδρόμησης. Η ανάλυση παλινδρόμησης είναι μια στατιστική τεχνική που χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση της σχέσης μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής και μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Η τιμή R-τετράγωνο παρέχει πληροφορίες σχετικά με το πόσο καλά οι ανεξάρτητες μεταβλητές εξηγούν τη διακύμανση στην εξαρτημένη μεταβλητή. Το R-squared είναι μια τιμή μεταξύ 0 και 1. Αντιπροσωπεύει το ποσοστό της διακύμανσης στην εξαρτημένη μεταβλητή που εξηγείται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο παλινδρόμησης. Δείτε αναλυτικά τι δείχνει η τιμή R-τετράγωνο:

$R^2$  κοντά στο 1: Μια υψηλή τιμή R-τετράγωνο υποδεικνύει ότι ένα μεγάλο ποσοστό της διακύμανσης στην εξαρτημένη μεταβλητή εξηγείται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Αυτό υποδηλώνει ότι το μοντέλο παλινδρόμησης ταιριάζει καλά στα δεδομένα και οι προβλεπόμενες τιμές είναι στενά ευθυγραμμισμένες με τα πραγματικά σημεία δεδομένων.

$R^2$  κοντά στο 0: Μια χαμηλή τιμή R-τετράγωνο υποδηλώνει ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο δεν εξηγούν μεγάλο μέρος της μεταβλητότητας στην εξαρτημένη μεταβλητή. Το μοντέλο μπορεί να μην είναι κατάλληλο για τα δεδομένα ή μπορεί να υπάρχουν άλλες μεταβλητές που δεν περιλαμβάνονται στο μοντέλο που συμβάλλουν στη μεταβλητότητα.

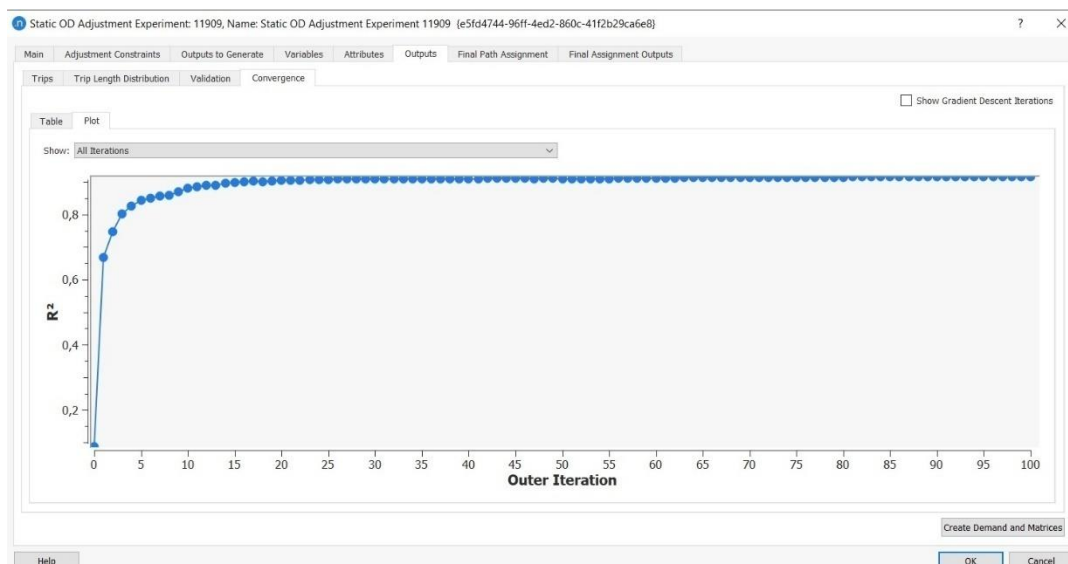
### 4.6.1 Output



| Outer Iteration | Inner Iterations Completed | Relative Gap Achieved (%) | Gradient Descent Iterative $R^2$ | Slope    | Intercept | Total of Squares of Error |
|-----------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|-----------|---------------------------|
| 85              | 7                          | 0.0880347                 | 0                                | 0.918991 | 4.17939   | 805813                    |
| 86              | 7                          | 0.0966072                 | 0                                | 0.915293 | 4.25041   | 821629                    |
| 87              | 7                          | 0.0957961                 | 0                                | 0.917184 | 4.1695    | 818086                    |
| 88              | 9                          | 0.0784396                 | 0                                | 0.906228 | 4.27737   | 820627                    |
| 89              | 9                          | 0.0760686                 | 0                                | 0.914786 | 4.36438   | 819309                    |
| 90              | 7                          | 0.068908                  | 0                                | 0.906557 | 3.77296   | 817796                    |
| 91              | 9                          | 0.0763623                 | 0                                | 0.906385 | 4.60201   | 819681                    |
| 92              | 7                          | 0.0884044                 | 0                                | 0.906624 | 4.05847   | 816932                    |
| 93              | 9                          | 0.0775461                 | 0                                | 0.906461 | 4.45101   | 818321                    |
| 94              | 7                          | 0.0890484                 | 0                                | 0.906683 | 4.00915   | 816493                    |
| 95              | 9                          | 0.0773474                 | 0                                | 0.906518 | 4.41304   | 817881                    |
| 96              | 7                          | 0.0891724                 | 0                                | 0.906727 | 4.01681   | 816035                    |
| 97              | 7                          | 0.0852996                 | 0                                | 0.906764 | 4.29917   | 815837                    |
| 98              | 7                          | 0.0883139                 | 0                                | 0.906793 | 4.04121   | 815297                    |
| 99              | 9                          | 0.077077                  | 0                                | 0.906597 | 4.35253   | 817350                    |
| 100             | 7                          | 0.0899432                 | 0                                | 0.906818 | 4.00155   | 815289                    |

Εικόνα 29:Αποτελέσματα επαναλήψεων

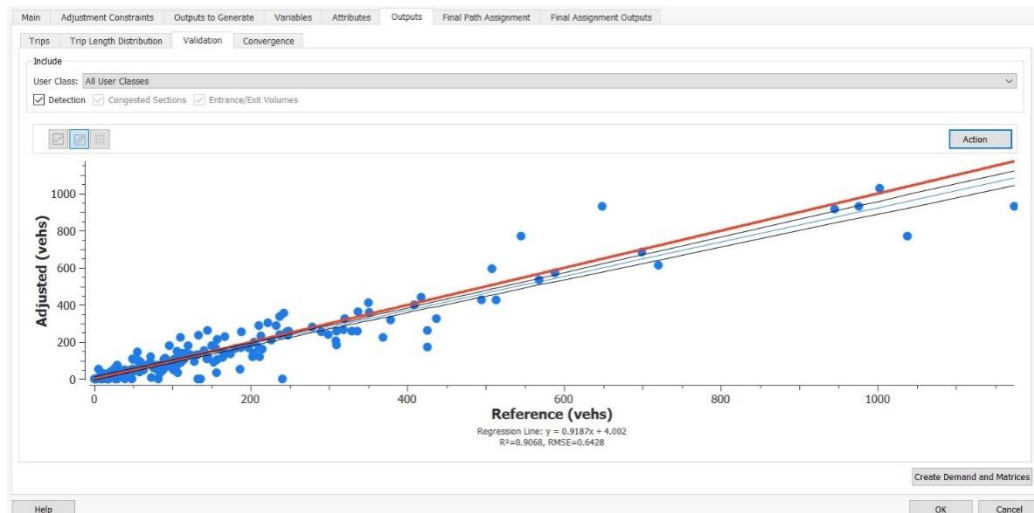
Παρατηρούμε λοιπόν ότι κάνοντας 100 επαναλήψεις η τιμή του  $R^2$  φτάνει το 0,906818, αρκετά ικανοποιητικό νούμερο. Το Slope φτάνει την τιμή 0,9187, το Intercept 4,00155 και το Relative Gap 0,0899. Από αυτά τα νούμερα βλέπουμε ότι το μοντέλο μας ανταποκρίνεται και το μοντέλο παλινδρόμησης ταιριάζει στα δεδομένα και οι προβλεπόμενες τιμές είναι στενά ευθυγραμμισμένες με τα πραγματικά σημεία δεδομένων.



Στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε ένα διάγραμμα  $R^2$  – Outer Iteration (επανάληψεις). Παρατηρούμε ότι στο πλήθος των επαναλήψεων το συντριπτικό ποσοστό αυτών ξεπερνάει την τιμή του 0,8750. Ενώ από την 27<sup>η</sup> κιάλας επανάληψη πετυχαίνουμε τιμή  $R^2$  μεγαλύτερη από 0,9. Το διάγραμμα έχει καμπύλη μορφή και γραφικά φαίνεται ότι συγκλίνει στο 1 ενώ η μέγιστη τιμή, αυτή της εκατοστής επανάληψης είναι 0,906818.

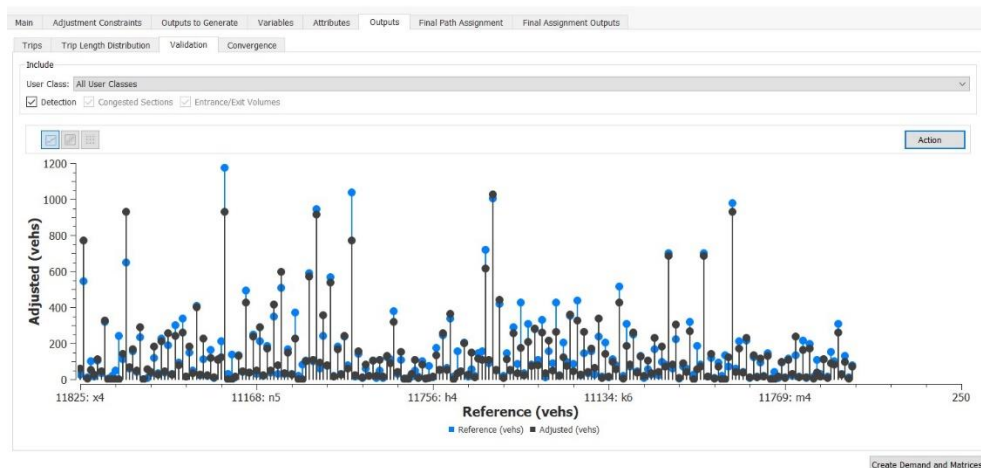
| id:name          | 11545: OIK | 11548: OIK | 11551: OIK | 11556: OIK | 11559: OIK | 11563: EMI | 11566: EMI | 11570: EMI | 11573: EMI | 11578: EMI | 11604: OIK | 11610: OIK | 11621: OIK | 11651: OIK | 11665: OIK | 11671: OIK | 11847  | 11864  | 11903  | Total   |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|--------|--------|---------|
| 11545: OIKISTIKO | 0,00       | 22,42      | 22,42      | 18,76      | 30,91      | 30,91      | 24,59      | 3,40       | 17,28      | 3,40       | 6,11       | 6,24       | 0,01       | 6,30       | 6,17       | 0,25       | 17,85  | 17,28  | 0,05   | 234,33  |
| 11548: OIKISTIKO | 31,11      | 0,00       | 10,36      | 4,12       | 9,14       | 9,14       | 37,08      | 7,05       | 22,45      | 7,05       | 6,11       | 6,24       | 0,01       | 16,79      | 0,00       | 0,25       | 35,48  | 22,45  | 0,12   | 224,94  |
| 11551: OIKISTIKO | 0,09       | 0,00       | 0,00       | 0,01       | 0,02       | 0,02       | 4,90       | 7,05       | 0,00       | 7,05       | 0,29       | 0,42       | 0,03       | 0,04       | 0,00       | 0,03       | 0,19   | 0,00   | 0,12   | 20,26   |
| 11556: OIKISTIKO | 5,66       | 51,41      | 0,02       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,02       | 1,78       | 0,00       | 1,78       | 9,43       | 17,29      | 1,00       | 0,78       | 12,55      | 1,36       | 3,10   | 0,00   | 1,78   | 107,97  |
| 11559: OIKISTIKO | 5,66       | 51,41      | 0,02       | 1,00       | 0,00       | 1,00       | 12,28      | 42,24      | 0,00       | 20,83      | 27,51      | 28,24      | 1,00       | 2,90       | 32,58      | 1,36       | 8,99   | 0,00   | 9,88   | 246,91  |
| 11563: EMPORIKO  | 3,87       | 28,78      | 0,00       | 0,26       | 0,26       | 0,00       | 12,28      | 42,24      | 6,63       | 84,03      | 45,66      | 45,66      | 8,98       | 10,51      | 27,24      | 0,02       | 19,52  | 6,63   | 84,03  | 426,61  |
| 11566: EMPORIKO  | 38,41      | 27,73      | 30,72      | 60,32      | 60,32      | 81,26      | 0,00       | 33,13      | 2,65       | 77,27      | 38,29      | 38,29      | 34,20      | 8,98       | 22,77      | 0,00       | 0,24   | 2,65   | 77,27  | 634,50  |
| 11570: EMPORIKO  | 20,15      | 60,96      | 44,97      | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 57,06      | 49,42      | 16,61      | 16,61      | 18,30      | 32,56      | 7,08       | 0,00       | 10,46  | 57,06  | 49,42  | 440,66  |
| 11573: EMPORIKO  | 0,10       | 23,84      | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 1,00       | 0,00       | 0,67       | 0,10       | 0,10       | 0,06       | 0,00       | 0,04       | 0,00       | 0,00   | 0,00   | 0,67   | 26,57   |
| 11578: EMPORIKO  | 0,00       | 0,47       | 0,47       | 0,01       | 0,08       | 0,51       | 0,01       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,05       | 0,00       | 0,00       | 0,04   | 0,00   | 0,00   | 2,13    |
| 11582: EMPORIKO  | 0,00       | 0,47       | 0,47       | 0,01       | 0,23       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,09       | 0,00       | 0,00       | 0,07   | 0,00   | 0,00   | 1,33    |
| 11583: EMPORIKO  | 0,01       | 2,95       | 2,95       | 0,89       | 1,22       | 20,52      | 20,53      | 2,19       | 0,00       | 2,19       | 0,01       | 0,01       | 0,00       | 0,42       | 0,00       | 173,17     | 0,33   | 0,00   | 0,02   | 227,40  |
| 11591: OIKISTIKO | 0,04       | 0,19       | 0,01       | 0,00       | 0,00       | 0,68       | 23,07      | 1,91       | 0,01       | 1,91       | 0,05       | 0,05       | 0,03       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 10,89  | 0,01   | 0,64   | 39,46   |
| 11598: OIKISTIKO | 0,00       | 0,00       | 7,34       | 11,65      | 16,70      | 69,90      | 69,91      | 27,40      | 0,16       | 27,40      | 0,01       | 0,01       | 0,00       | 10,31      | 1,00       | 0,00       | 9,59   | 0,16   | 1,23   | 252,78  |
| 11604: OIKISTIKO | 0,00       | 0,00       | 0,02       | 10,42      | 0,08       | 69,91      | 69,98      | 27,48      | 0,22       | 27,48      | 0,00       | 9,13       | 0,00       | 8,96       | 1,00       | 0,00       | 12,81  | 0,22   | 1,23   | 238,95  |
| 11610: OIKISTIKO | 0,73       | 2,95       | 2,95       | 5,31       | 14,51      | 26,61      | 26,42      | 3,56       | 12,03      | 3,56       | 1,00       | 0,00       | 0,01       | 4,51       | 0,99       | 0,01       | 73,45  | 12,03  | 0,07   | 190,69  |
| 11621: OIKISTIKO | 31,11      | 4,04       | 2,80       | 2,16       | 11,72      | 22,11      | 20,67      | 2,85       | 11,33      | 2,85       | 0,44       | 2,12       | 0,00       | 2,89       | 2,76       | 0,25       | 5,87   | 11,33  | 0,04   | 137,35  |
| 11625: OIKISTIKO | 16,06      | 16,06      | 2,95       | 6,97       | 14,51      | 25,02      | 24,97      | 2,83       | 12,03      | 2,83       | 0,02       | 8,20       | 0,01       | 4,51       | 0,00       | 0,01       | 7,37   | 12,03  | 0,03   | 156,42  |
| 11631: OIKISTIKO | 0,02       | 8,78       | 8,78       | 10,53      | 20,21      | 30,81      | 24,97      | 2,83       | 12,03      | 2,83       | 6,23       | 6,24       | 0,01       | 7,31       | 0,01       | 0,01       | 3,31   | 12,03  | 0,03   | 156,97  |
| 11636: OIKISTIKO | 0,00       | 2,55       | 0,00       | 0,01       | 0,00       | 0,00       | 24,91      | 2,83       | 12,03      | 2,83       | 0,05       | 0,05       | 0,00       | 4,51       | 0,00       | 0,00       | 0,02   | 12,03  | 0,03   | 61,85   |
| 11643: OIKISTIKO | 0,01       | 5,09       | 0,02       | 0,01       | 0,02       | 0,02       | 24,92      | 2,83       | 0,00       | 2,83       | 0,08       | 0,12       | 0,01       | 0,04       | 0,00       | 0,01       | 0,19   | 0,00   | 0,03   | 36,24   |
| 11650: OIKISTIKO | 0,11       | 0,02       | 0,07       | 34,75      | 0,03       | 0,17       | 23,09      | 1,91       | 0,00       | 1,91       | 10,91      | 10,91      | 0,07       | 0,00       | 11,72      | 0,00       | 0,00   | 0,00   | 1,91   | 97,59   |
| 11651: OIKISTIKO | 17,59      | 5,96       | 0,06       | 0,01       | 0,02       | 0,16       | 2,01       | 0,11       | 0,00       | 0,11       | 0,00       | 0,00       | 12,19      | 0,00       | 0,99       | 12,91      | 0,12   | 0,00   | 0,11   | 52,33   |
| 11660: EMPORIKO  | 1,28       | 0,09       | 0,07       | 0,26       | 0,26       | 1,00       | 1,00       | 16,57      | 0,00       | 57,67      | 24,39      | 24,39      | 0,78       | 1,53       | 9,47       | 2,08       | 3,78   | 0,00   | 57,65  | 202,28  |
| 11665: OIKISTIKO | 0,02       | 0,02       | 0,84       | 13,12      | 6,26       | 69,97      | 69,98      | 27,49      | 0,16       | 27,49      | 0,00       | 54,74      | 0,00       | 11,19      | 0,00       | 0,00       | 9,73   | 0,16   | 1,24   | 292,41  |
| 11671: OIKISTIKO | 1,35       | 1,35       | 24,49      | 28,03      | 32,20      | 39,99      | 38,27      | 18,89      | 1,98       | 18,89      | 0,04       | 0,22       | 0,02       | 0,39       | 185,55     | 0,00       | 0,86   | 1,98   | 1,76   | 396,25  |
| 11676: OIKISTIKO | 0,02       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 1,46       | 0,07       | 0,00       | 0,07       | 0,00       | 0,00       | 0,01       | 0,02       | 0,72       | 0,01       | 0,12   | 0,00   | 0,07   | 2,57    |
| 11677: OIKISTIKO | 1,94       | 0,46       | 0,14       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,06       | 2,06       | 0,00       | 2,05       | 11,00      | 29,94      | 1,19       | 0,92       | 13,31      | 1,19       | 3,57   | 0,00   | 2,05   | 69,89   |
| 11686: OIKISTIKO | 0,42       | 0,09       | 0,07       | 0,01       | 0,01       | 12,26      | 12,28      | 42,24      | 0,00       | 6,19       | 10,91      | 10,91      | 0,24       | 0,67       | 11,72      | 0,24       | 2,41   | 0,00   | 2,01   | 112,68  |
| 11691: OIKISTIKO | 17,68      | 77,97      | 0,14       | 1,00       | 1,00       | 1,00       | 12,28      | 42,24      | 0,00       | 4,49       | 0,22       | 0,22       | 0,66       | 1,60       | 20,67      | 0,66       | 6,35   | 0,00   | 4,02   | 192,21  |
| 11695: OIKISTIKO | 1,67       | 0,40       | 0,28       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,02       | 1,78       | 0,00       | 1,78       | 10,16      | 28,66      | 1,02       | 0,78       | 12,55      | 1,02       | 3,10   | 0,00   | 1,78   | 65,01   |
| 11847            | 0,01       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 23,06      | 1,91       | 0,00       | 1,91       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 11,72      | 0,00       | 0,00   | 0,00   | 1,91   | 40,53   |
| 11864            | 0,56       | 0,02       | 0,01       | 0,00       | 0,00       | 0,03       | 55,95      | 14,74      | 0,01       | 14,74      | 0,57       | 0,57       | 0,35       | 0,00       | 41,26      | 0,00       | 10,89  | 0,00   | 14,75  | 154,45  |
| 11871            | 0,12       | 0,03       | 0,02       | 0,00       | 0,01       | 0,01       | 1,84       | 0,09       | 0,00       | 0,09       | 1,06       | 4,94       | 0,07       | 0,04       | 0,00       | 0,07       | 0,19   | 0,00   | 0,06   | 8,65    |
| 11903            | 0,10       | 23,85      | 22,12      | 6,46       | 6,48       | 17,90      | 17,89      | 0,67       | 0,33       | 0,67       | 0,10       | 0,10       | 0,06       | 17,58      | 0,04       | 0,00       | 14,64  | 0,33   | 0,00   | 129,29  |
| Total            | 195,89     | 420,35     | 185,53     | 216,09     | 226,21     | 530,90     | 681,19     | 385,39     | 168,38     | 466,33     | 227,34     | 350,59     | 80,30      | 157,18     | 433,91     | 194,91     | 275,54 | 168,37 | 316,06 | 5680,45 |

Πίνακας τελικός μητρώου Π-Π, Adjusted

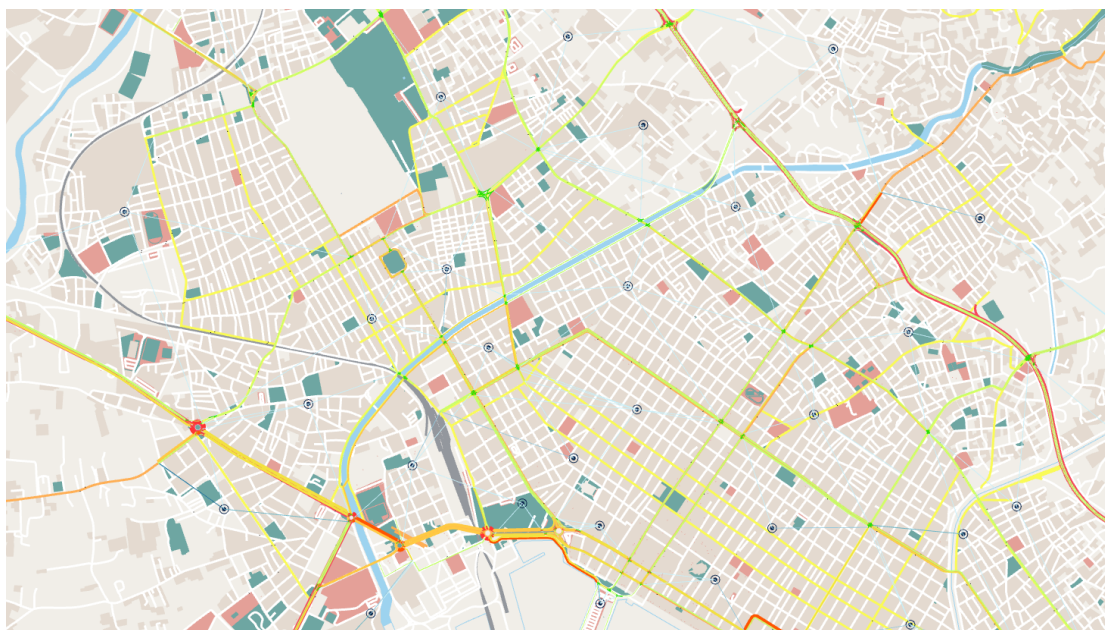


Διάγραμμα: *Adjusted (vehicle) – Reference (vehicles)*

Στο παραπάνω διάγραμμα διασποράς απεικονίζονται οι δύο βασικοί άξονες. Ο οριζόντιος, αυτός με τα οχήματα των πραγματικών μετρήσεων, και ο κάθετος, αυτός με τα οχήματα που αναπαράγει το μοντέλο. Τα δύο αυτά μεγέθη φαίνεται φανερά ότι έχουν σχεδόν πλήρης συσχέτιση λόγω της ανοδικής πορείας της γραμμής και της γραμμικότητας του διαγράμματος.



Το διάγραμμα από πάνω πάλι μας δείχνει στον οριζόντιο άξονα τα οχήματα των μετρήσεών μας ενώ στον κάθετο, αυτά που υπολόγισε το μοντέλο. Οι διαφορές είναι μικρές σε σχέση με το σύνολο των οχημάτων.



*Assigned Volume Map, Assigned Flow*

Στον προηγούμενο χάρτη απεικονίζεται η πόλη του Βόλου με τις συνδέσεις εκχωρημένης ροής. Καθορίζονται ρυθμοί ροής και όγκοι κυκλοφορίας και μας επιτρέπει να συνδέσουμε τους δρόμους, τους κόμβους και τα κεντροειδή. Με κόκκινο χρώμα υποδηλώνονται τα σημεία που συγκεντρώνουν μεγάλο φόρτο οχημάτων και σταδιακά από το πορτοκαλί στο κίτρινο και έπειτα στο πράσινο οι φόρτοι μειώνονται.

#### *V/C RATIO*

Ο λόγος  $V/C$ , γνωστός και ως λόγος όγκου προς χωρητικότητα, είναι ένα μέτρο που χρησιμοποιείται στον προγραμματισμό των μεταφορών για την αξιολόγηση της απόδοσης και των επιπέδων συμφόρησης δρόμων και αυτοκινητοδρόμων. Συγκρίνει τον όγκο της κυκλοφορίας (αριθμός οχημάτων) με τη χωρητικότητα του οδοστρώματος. Ένας υψηλός λόγος  $V/C$  υποδηλώνει συμφόρηση και πιθανά προβλήματα κυκλοφορίας, ενώ ένας χαμηλός λόγος υποδηλώνει ομαλή ροή κυκλοφορίας. Στο μοντέλο αυτό έγινε προσομοίωση ανάλογη και παρουσιάζονται κάποια από τα αποτελέσματα.

View Style: 11914, Type Section, Attribute V/C Ratio - All (pcu) - Static OD Adjustment Experi... ? X

Main Conditions

Name: View Mode 11913 - style 1 External ID:

Objects of Type: Section Style: Colour

Attribute: V/C Ratio ☐ Normalise

Divided by: None

☒ Continuous ☐ Discrete Size Units: pixels Format: 1 Decimals

| Symbol                                                                            | Range        | Label |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------|
|  | 0,0 - 30,0   |       |
|  | 30,0 - 50,0  |       |
|  | 50,0 - 70,0  |       |
|  | 70,0 - 100,0 |       |

New Delete Calculate Ranges

Symbol Editor

Colour Colour Ramp: Do Not Use the Ramp

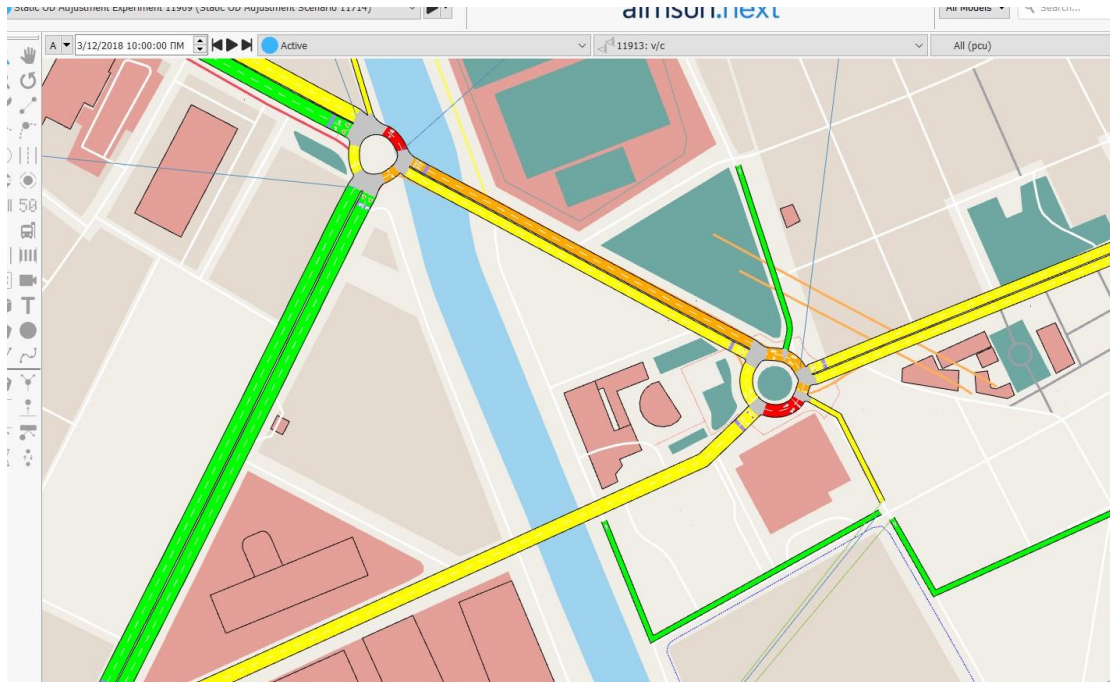
Help OK Cancel

*Εικόνα Properties, Vie Style, V/C Ratio*

- 0 – 30 Green
- 30 – 50 Yellow
- 50 – 70 Orange
- 70 – 100 Red



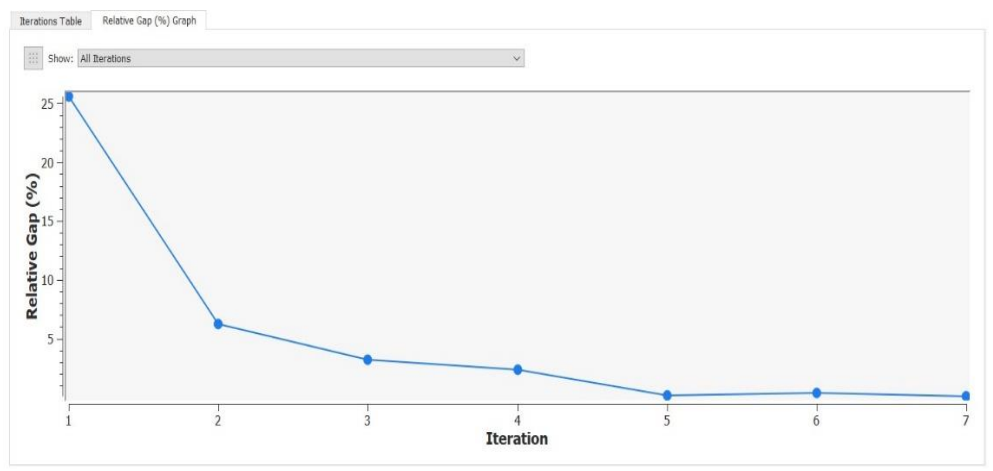
### Εικόνα Κασσαβέτη – Αναλήψεως: V/C Ratio



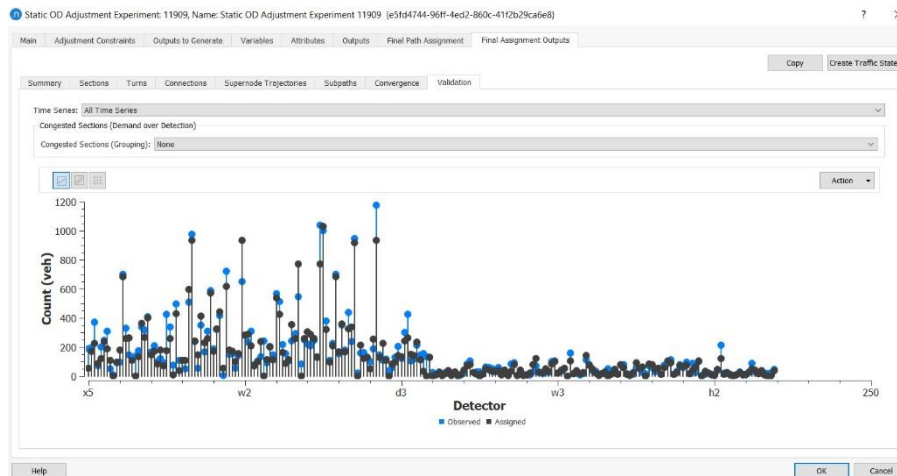
### Κυκλικοί κόμβοι Λαμπράκη και Λαρίσης: V/C Ratio

## 4.6.2 Final Assignment Output

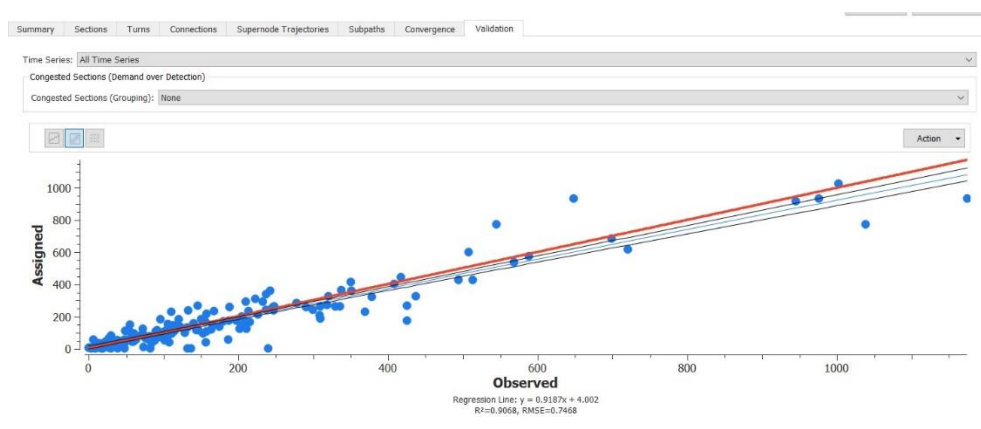
Πατώντας στο φύλλο των αποτελεσμάτων Final Assignment Output μπορούμε να δούμε τα τελικά αποτελέσματα του μοντέλου.



Στο διάγραμμα αυτό παρατηρούμε την σχέση του Relative Gap (%) – Iteration. Στην πρώτη επανάληψη η τιμή της διαφοράς ξεπερνάει το 25%. Στην δεύτερη μειώνεται στο ένα πέμπτο της προηγούμενης και συγκεκριμένα λίγο πάνω από 5-6%. Παρατηρείται στο διάγραμμα ότι όσο πιο πολλές επαναλήψεις γίνονται, τόσο περισσότερο συγκλίνει η καμπύλη μας στο μηδέν ( 0% ).



Στο προηγούμενο διάγραμμα στην αριστερή κάθετη στήλη εμφανίζεται το πλήθος των οχημάτων. Στην οριζόντια γραμμή εμφανίζονται κάποια από τα detectors. Με μπλε ανοιχτό χρώμα είναι τα οχήματα των μετρήσεων ενώ με μαύρο τα οχήματα που αναπαράγει το μοντέλο. Οι αποκλίσεις φαίνεται πάλι ότι είναι μικρές.



*Διάγραμμα διασποράς Final Assignment Output, Validation*

Πάλι παρατηρείται γραμμικότητα στο παραπάνω διάγραμμα, αφού δημιουργείται από τα ζεύγη Assigned – Observed Vehicles. Πιο έντονο είναι στις αρχές του διαγράμματος πράγμα αναμενόμενο λόγω της ρυμοτομίας, της σχεδίασης, της φορτικής ικανότητας και της κατασκευής του οδικού δικτύου του Βόλου.

Το στατιστικό στοιχείο GEH είναι ένας τύπος που χρησιμοποιείται στη κυκλοφοριακή μηχανική αλλά και σε όλα τα κυκλοφοριακά έργα για την πρόβλεψη της κυκλοφορίας και τη μοντελοποίηση κίνησης. Η μαθηματική του μορφή είναι παρόμοια με ένα τεστ R-square, δεν αποτελεί αληθινό στατιστικό τεστ. Αντιθέτως είναι μια φόρμουλα εμπειρική, χρήσιμη για την ανάλυση της κυκλοφορίας. Όταν το αποτέλεσμα είναι μεταξύ 0,0 - 5,0 τότε το μοντέλο ανταποκρίνεται άριστα στην πραγματικότητα. Όταν το αποτέλεσμα είναι μεταξύ 5,0-10,0 τότε το μοντέλο είναι αξιόλογο αλλά χρειάζεται μικρές διορθώσεις. Όταν το αποτέλεσμα είναι μεγαλύτερο του 10,0 τότε δεν ανταποκρίνεται σωστά και το μοντέλο μας έχει πρόβλημα. Υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}}$$

Αποτελέσματα στο μοντέλο μας:

GEH Summary

Number of objects: 110

Number of objects with GEH <5: 97 (88.18%)

Number of objects with GEH <10: 110 (100.00%)

Συνεπώς, επαληθεύουμε και με αυτό το τρόπο ότι το μοντέλο μας ανταποκρίνεται πλήρως στην πραγματικότητα σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα. 5.

Επίλογος

## 5.Συμπεράσματα

Καθώς ο κόσμος αγκαλιάζει τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες της αστικοποίησης, η ανάπτυξη ενός μακροσκοπικού κυκλοφοριακού μοντέλου για τον Βόλο αποτελεί πολύτιμο βήμα προς την υλοποίηση ενός πιο αποτελεσματικού και βιώσιμου οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά αστικού περιβάλλοντος. Μέσω αυτής της έρευνας, στοχεύουμε όχι μόνο να βελτιώσουμε την κατανόησή μας για τη δυναμική της κυκλοφορίας στο Βόλο αλλά και να συμβάλουμε στον ευρύτερο διάλογο για την αστική κινητικότητα και τον προγραμματισμό των μεταφορών.

Γενικά, το συμπέρασμα που βγάζει κανείς κοιτώντας το μακροσκοπικό αυτό μοντέλο είναι πως το οδικό δίκτυο του Βόλου δεν έχει μεγάλες επιβαρύνσεις παρά μόνο σε λιγοστά σημεία, όπως είναι για παράδειγμα οι κόμβοι Διμηνίου, Αθηνών, Λαμπράκη και η οδός Ιάσονος. Μία ουσιώδης λύση για την αποσυμφόρηση των κεντρικών αρτηριών θα μπορούσε να είναι η καλύτερη αστυνόμευση για την αποφυγή παράνομων παρκαρισμάτων, αφού οι λωρίδες που θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν τους φόρτους των οχημάτων είναι αρκετές αλλά δυστυχώς με μόνιμα παράνομα παρκαρισμένα οχήματα.

Μέσα από έρευνα και ανάλυση δεδομένων, δημιουργήθηκε ένα μακροσκοπικό μοντέλο της κυκλοφορίας του Βόλου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βασικό εργαλείο ή και στοιχείο έρευνας για οποιαδήποτε μελέτη ή κατασκευή στο οδικό δίκτυο, για τη βελτίωση του βιώσιμου και αστικού σχεδιασμού της πόλης, άλλα και για την αναβάθμιση των δρομολογίων και των υποδομών των ΜΜΜ ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες των πολιτών.

Συμπερασματικά, η ανάπτυξη ενός μακροσκοπικού μοντέλου κυκλοφορίας για την πόλη του Βόλου χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Aimsun αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό βήμα προς την ενίσχυση της κατανόησής μας για τη δυναμική της αστικής κυκλοφορίας και τη βελτίωση των συστημάτων μεταφοράς.

## 6. Βιβλιογραφία

### Βιβλιογραφία

David S. Moore, G. P. (2016). *Introduction to the practice of statistics*. W. H. Freeman.

Feldman, O. (2012). THE GEH MEASURE AND QUALITY OF THE HIGHWAY ASSIGNMENT MODELS. *Transport for London*, 18.

Ιωάννης Μ. Φραντζεσκάκης, Μ. Χ.-Λ. (2009). *Κυκλοφοριακή Μηχανική*. (Παπασωτηρίου, Επιμ.) Παπασωτηρίου.

Ιωάννης Μ. Φραντζεσκάκης, Μ. Χ.-Λ. (2009). *Κυκλοφοριακή Τεχνική*. Παπασωτηρίου.

Κανελλαΐδης, Γ. Γ.-Ι.-Γ. (χ.χ.). ΕΝΝΟΙΕΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ. (σ. 25). ΑΘΗΝΑ: ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΟ.

ΜΑΤΘΑΙΟΣ, Κ. (2010). *ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ*. ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ.

Ναθαναήλ, Ε. (2021). Γένεση των μετακινήσεων, Σχεδιασμός μεταφορών., (σ. 83).