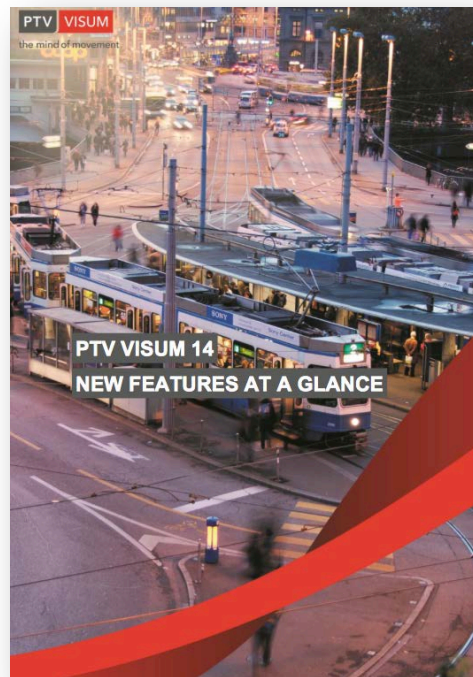
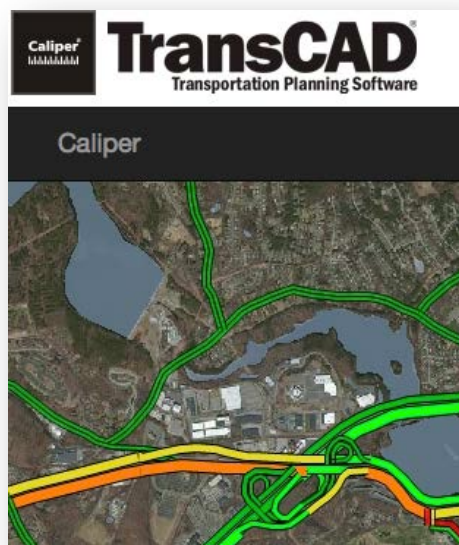




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Συγκριτική Αξιολόγηση Συγκοινωνιακών Μοντέλων Σχεδιασμού  
*TransCad*<sup>TM</sup> – *PTV VISUM*<sup>TM</sup>»



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:** Κεπαπτσόγλου Κωνσταντίνος, Λέκτορας

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:** Μανουκιάν Μανούκ





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

«Συγκριτική Αξιολόγηση Συγκοινωνιακών Μοντέλων Σχεδιασμού  
TransCad™ – PTV VISUM™»  
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μανουκιάν Μανούκ

Επιβλέπων: Κ. ΚΕΠΑΠΤΣΟΓΛΟΥ  
ΛΕΚΤΟΡΑΣ

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις \_\_\_/\_\_\_/2015

Κεπαπτσόγλου Κων/νος, Λέκτορας, ..... (Υπογραφή)  
Αντωνίου Κων/νος, Αναπληρωτής Καθηγητής..... (Υπογραφή)  
Σπυροπούλου Ιωάννα, Επίκουρη Καθηγήτρια..... (Υπογραφή)

ΑΘΗΝΑ, Μάρτιος 2015

Copyright © Μανουκιάν Μανούκ, έτος 2015

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.



## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ. Για την υλοποίηση αυτής της εργασίας βοήθησαν πολλοί φίλοι με την γνώση και την εμπειρία τους και τους ευχαριστώ θερμά.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή και Λέκτορα της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ κ. Κωνσταντίνο Κεπαπτσόγλου, για την καθοδήγησή του και τις συμβουλές του σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης τον κ. Κωνσταντίνο Αντωνίου, Αναπλ. Καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ για τη βοήθεια και τη στήριξή του.

## Σύνοψη

Το πρόβλημα του καταμερισμού της κυκλοφορίας, δηλαδή του τρόπου με τον οποίο θα κατανεμηθούν οι μετακινούμενοι με ΙΧ σε ένα δίκτυο του οποίου τα χαρακτηριστικά είναι γνωστά, είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στην ανάλυση συγκοινωνιακών συστημάτων. Ο καταμερισμός της κυκλοφορίας αποτελεί το τέταρτο στάδιο του συγκοινωνιακού σχεδιασμού, έπειτα από την γένεση μετακινήσεων, τη κατανομή των μετακινήσεων και την επιλογή μέσου. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιείται συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων καταμερισμού κυκλοφορίας στο δίκτυο, όπως αυτές υλοποιούνται από δύο ευρέως διαδεδομένα λογισμικά συγκοινωνιακού σχεδιασμού (TransCad™ και PTV Visum™), με τη χρήση κατάλληλων στατιστικών μεθόδων. Η διαδικασία καταμερισμού εφαρμόζεται σε τυπικό οδικό δίκτυο πραγματικού μεγέθους και πλασματικά δεδομένα ζήτησης. Προκύπτουν διαφορές στα αποτελέσματα καταμερισμού του δικτύου, τα οποία αποδίδονται σε διαφορετικές παραδοχές ως προς την επίλυση των αντίστοιχων μαθηματικών προβλημάτων από τα δύο λογισμικά.

## Abstract

Traffic assignment is one of the most important procedures in transportation planning. It refers to the way traffic is loaded in a road network with known characteristics and it is the last step of the so-called four-step planning model, following trip generation, trip distribution and mode choice. In this diploma thesis, traffic assignment results obtained from two well-known software packages (TransCad™ and PTV Visum™) are compared and evaluated with the use of appropriate statistical methods. Traffic assignment is implemented to a typical highway network of real size and random demand data. Differences found in the results are attributed to the assumptions with respect to the solution procedure and assumption followed for solving the traffic assignment problem.



## Περίληψη

Η πρόβλεψη των μεταφορών είναι η διαδικασία εκτίμησης του αριθμού των οχημάτων ή των ανθρώπων που θα επιλέξουν έναν τρόπο μεταφοράς στο μέλλον. Το πλέον διαδεδομένο συγκοινωνιακό μοντέλο στα πλαίσια ενός ορθολογικού σχεδιασμού μεταφορών είναι αυτό των τεσσάρων βημάτων, σύμφωνα με το οποίο ο σχεδιασμός ξεκινάει με την γένεση των μετακινήσεων και συνεχίζει με την κατανομή των μετακινήσεων, τον καταμερισμό των μετακινήσεων στα μεταφορικά μέσα και καταλήγει στον καταμερισμό στο δίκτυο. Παρά τα αρνητικά και την έντονη κριτική που δέχεται το μοντέλο αυτό, παρέχει ένα σημείο αναφοράς και σύγκρισης με εναλλακτικές μορφές μοντέλων.

Το κύριο ζητούμενο στο πρόβλημα καταμερισμού στο δίκτυο είναι να ορισθεί ο τρόπος με τον οποίο θα «μοιραθούν» οι μετακινούμενοι για ένα ζεύγος προέλευσης-προορισμού στις εναλλακτικές διαδρομές, με την υπόθεση ότι οι χρήστες του μεταφορικού συστήματος θα επιλέξουν τη διαδρομή «ελαχίστου χρόνου (κόστους)». Βάσει του μοντέλου καταμερισμού «Ισορροπίας» ή «User Equilibrium», οι μετακινούμενοι επιλέγουν τέτοιες διαδρομές, ώστε στην κατάσταση ισορροπίας το κόστος μετακίνησης να είναι ίσο σε όλες τις διαδρομές που χρησιμοποιούνται και όχι μεγαλύτερο από τις διαδρομές που δεν χρησιμοποιούνται.

Βασικό αντικείμενο την παρούσας εργασίας αποτελεί ο καταμερισμός σε ένα τυπικό οδικό δίκτυο πραγματικού μεγέθους. Εισάγοντας το τοπογραφικό υπόβαθρο του συγκοινωνιακού δικτύου, τα χαρακτηριστικά των συνδέσμων του δικτύου και το πίνακα προέλευσης - προορισμού για τα Ι.Χ, αντικείμενο της μελέτης αποτελεί η συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων καταμερισμού κυκλοφορίας στο δίκτυο, δηλαδή του φόρτου, της ταχύτητας και του χρόνου, όπως αυτά υλοποιούνται από τα λογισμικά συγκοινωνιακού σχεδιασμού TransCad™ και PTV Visum™.

Έπειτα από την επιλογή του προς επεξεργασία οδικού τμήματος έγινε η εισαγωγή των στοιχείων στα λογισμικά TransCad™ και PTV Visum™. Για την εισαγωγή των δεδομένων στα λογισμικά πραγματοποιήθηκε εκτίμηση για την τοποθέτηση των ζωνών, με όριο τις 30 ζώνες και στη συνέχεια σχεδιάστηκε το δίκτυο που θα



χρειαζόταν προς περαιτέρω ανάλυση, ενώ δε λήφθηκαν υπόψη όλοι οι δρόμοι, παρά μόνο οι κεντρικές αρτηρίες και σημαντικοί από άποψη κυκλοφορίας. Κατά τη διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων που προκύπτουν, παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις στις μεταβλητές κυκλοφορίας, και για το λόγο αυτό μελετώνται σε τρεις διαφορετικές περιπτώσεις.

Τα δυο λογισμικά παράγουν αποτελέσματα σε πίνακες, των οποίων η επεξεργασία και σύγκριση καθίσταται δύσκολη, καθώς κατά την εισαγωγή δέχονται διαφορετική αρίθμηση στις ζώνες και στα σημεία. Έτσι λοιπόν, πραγματοποιήθηκε αντιστοίχιση των δεδομένων τους ενός προγράμματος ως προς το άλλο, και τα δεδομένα φόρτου, χρόνου και ταχύτητας εισήχθησαν στο λογισμικό IBM SPSS για την σύγκρισή τους με τη μη παραμετρική μέθοδο Mann – Whitney U test σε ανεξάρτητα δείγματα. Εξετάστηκαν επίσης οι σχετικές συσχετίσεις (correlations), προκειμένου να μελετηθεί το τι είδους σχέση υπάρχει μεταξύ των μεγεθών.

Σε ό,τι αφορά τα μεγέθη του φόρτου και της ταχύτητας, συμπεραίνεται με ασφάλεια ότι οποιοδήποτε λογισμικό και να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή τους δεν θα υπάρξει πρόβλημα. Σχετικά με το μέγεθος του χρόνου, αν και στα δύο λογισμικά χρησιμοποιείται η ίδια μέθοδος User Equilibrium, προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε δύο εκ των τριών περιπτώσεων, οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν διαφορές στον τρόπο με τον οποίο εκτελούνται οι εσωτερικές διεργασίες των δύο λογισμικών καθώς αυτά χρησιμοποιούν ελαφρώς διαφορετικούς σχηματισμούς στους εσωτερικούς τους αλγόριθμους. Γενικό λοιπόν συμπέρασμα εξάγεται ότι ενδείκνυται σε προβλήματα καταμερισμού η από κοινού και συμπληρωματική χρήση των δύο λογισμικών, για μια ακριβέστερη στρατηγική προσέγγιση.



## Πίνακας περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	19
1.1. Γενικά.....	19
1.2. Διαδικασία σχεδιασμού τεσσάρων βημάτων.....	20
1.3. Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας.....	22
1.4. Δομή Εργασίας.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....	25
2. ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....	27
2.1. Γενικά στοιχεία.....	27
2.2. Καταμερισμός των μετακινήσεων.....	27
2.2.1. Το πρόβλημα του καταμερισμού.....	27
2.2.2. Αναπαράσταση συγκοινωνιακών δικτύων.....	28
2.2.3. Καμπύλη φόρτου – χρόνου συνδέσμων.....	29
2.2.4. Πίνακας προέλευσης - προορισμού.....	31
2.3. Μοντέλα Καταμερισμού.....	33
2.3.1. Καταμερισμός «ΟΛΑ ή ΤΙΠΟΤΑ».....	33
2.3.2. Καταμερισμός «ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ» (User Equilibrium).....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	39
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	41
3.1. Γενικά στοιχεία.....	41
3.2. TransCad™.....	41
3.3. PTV Visum™.....	42
3.4. Δίκτυο και Δεδομένα Αξιολόγησης.....	42
3.4.1. Εισαγωγή δεδομένων στο TransCad™.....	44
3.4.2. Εισαγωγή δεδομένων στο VISUM™.....	46

3.5. Διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων .....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	50
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	52
4.1. Γενικά Στοιχεία.....	52
4.2. Αποτελέσματα.....	52
4.2.1. Αποτελέσματα TransCad™ .....	52
4.2.2. Αποτελέσματα VISUM™ .....	55
4.3. Περαιτέρω ανάλυση αποτελεσμάτων .....	58
4.3.1 Ανάλυση Αποτελεσμάτων Περίπτωσης (α).....	61
4.3.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων Περίπτωσης (β).....	67
4.3.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων Περίπτωσης (γ).....	73
4.4. Ερμηνεία Αποτελεσμάτων.....	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	82
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	84
5.1. Συμπεράσματα.....	84
5.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	85
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	88
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	91

## Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1: Τυπικός πίνακας προέλευσης - προορισμού .....	32
Πίνακας 2: Συσχετίσεις μεγεθών φόρτου, χρόνου, ταχύτητας Περίπτωση (α).....	66
Πίνακας 3: Συσχετίσεις μεγεθών φόρτου, χρόνου, ταχύτητας Περίπτωση (β).....	72
Πίνακας 4: Συσχετίσεις μεγεθών φόρτου, χρόνου, ταχύτητας Περίπτωση (γ).....	78

## Λίστα Σχημάτων

ΣΧΗΜΑ 1: ΤΥΠΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΦΟΡΤΟΥ – ΧΡΟΝΟΥ .....	30
ΣΧΗΜΑ 2: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΦΟΡΤΩΝ, ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (Α).....	63
ΣΧΗΜΑ 3: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΡΟΝΩΝ, ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (Α).....	63
ΣΧΗΜΑ 4: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ, ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (Α).....	64
ΣΧΗΜΑ 5: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΦΟΡΤΩΝ, ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (Β).....	68
ΣΧΗΜΑ 6: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΡΟΝΩΝ, ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (Β).....	68
ΣΧΗΜΑ 7: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ, ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (Β).....	69
ΣΧΗΜΑ 8: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΦΟΡΤΩΝ, ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (Γ).....	74
ΣΧΗΜΑ 9: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΡΟΝΩΝ, ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (Γ).....	74
ΣΧΗΜΑ 10: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ, ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (Γ).....	75

## Λίστα Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΩΝ .....	28
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΚΕΝΤΡΟΕΙΔΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ .....	29
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΟΔΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ.....	43
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΔΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ .....	44
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΔΙΚΤΥΟ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ TRANS CAD™ .....	45
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΠΙΝΑΚΑΣ Π-ΠΙ.Χ. TRANS CAD™.....	45
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΔΙΚΤΥΟ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ VISUM.....	46
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΠΙΝΑΚΑΣ Π-ΠΙ.Χ. VISUM.....	47
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΥ, TRANS CAD™.....	53
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΕΠΙΤΥΧΗΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ, TRANS CAD™ .....	53
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ Ι.Χ., TRANS CAD™ .....	54
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ Ι.Χ., TRANS CAD™ .....	55
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ, VISUM.....	56
ΕΙΚΟΝΑ 14: ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ Ι.Χ., VISUM .....	57
ΕΙΚΟΝΑ 15: ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ Ι.Χ., VISUM .....	57
ΕΙΚΟΝΑ 16: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ IBM SPSS.....	58
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ IBM SPSS.....	59
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ MANN-WHITNEY U TEST.....	60
ΕΙΚΟΝΑ 19: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ MANN-WHITNEY TEST ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ (Α).....	62
ΕΙΚΟΝΑ 20: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ MANN - WHITNEY U TEST ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (Β).....	67
ΕΙΚΟΝΑ 21: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ MANN - WHITNEY U TEST ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (Γ).....	73





# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**



# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1. Γενικά

Η πρόβλεψη των μετακινήσεων είναι η διαδικασία εκτίμησης του αριθμού των ανθρώπων ή αγαθών που θα επιλέξουν να ταξιδέψουν στο μέλλον με συγκεκριμένο μέσο ή συνδυασμό μέσων, σε κάποιο προορισμό και ακολουθώντας κάποια διαδρομή. Για παράδειγμα, η διαδικασία πρόβλεψης μπορεί να εκτιμήσει τον αριθμό των οχημάτων σε ένα δρόμο ή έναν αυτοκινητόδρομο, την επιβατική κίνηση σε μια σιδηροδρομική γραμμή, τον αριθμό των επιβατών που επισκέπτονται ένα αεροδρόμιο, ή τον αριθμό των πλοίων που καταπλέουν σε λιμάνι. Η πρόβλεψη της κυκλοφορίας αρχίζει με τη συλλογή δεδομένων σχετικά με την τρέχουσα κυκλοφορία. Αυτά τα δεδομένα συνδυάζονται με άλλα γνωστά στοιχεία, όπως ο πληθυσμός, η απασχόληση, το εισόδημα, τα έξοδα ταξιδιού κλπ, ώστε να αναπτυχθεί ένα μοντέλο ζήτησης της κυκλοφορίας για την τρέχουσα κατάσταση. Τροφοδοτώντας το μοντέλο με τα προβλεπόμενα στοιχεία για τον πληθυσμό, την απασχόληση κλπ, προσδιορίζονται τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων για τη μελλοντική κυκλοφορία, που μπορεί να υπολογιστεί για κάθε τμήμα της υποδομής μεταφορών, όπως πχ για κάθε τμήμα της οδού.

Προβλέψεις κυκλοφορίας χρησιμοποιούνται για αρκετούς βασικούς σκοπούς του σχεδιασμού των μεταφορών. Για παράδειγμα χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθεί ένα μεταφορικό σύστημα, το οποίο θα ελαττώσει σημαντικά τα προβλήματα μετακίνησης, για να αυξηθεί η ταχύτητα μετακίνησης, για να βελτιωθεί η ασφάλεια των μετακινήσεων για να μειωθεί το λειτουργικό κόστος, καθώς και η οικονομία στην κατασκευή νέων έργων και τέλος για να μετριαστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που αφορούν την ρύπανση του αέρα, την οπτική ρύπανση και τη ρύπανση του θορύβου (Αντωνίου & Σπυροπούλου, Εισαγωγή στον Σχεδιασμό των Μεταφορών, 2014).

Ιστορικά, η διαδικασία του σχεδιασμού των μεταφορών ακολούθησε το μοντέλο του ορθολογικού σχεδιασμού. Η διαδικασία του ορθολογικού σχεδιασμού αφορά στον

ορισμό των στόχων, στον εντοπισμό των προβλημάτων, τη γένεση και την αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων, την ανάπτυξη και την εφαρμογή σχεδίου και τέλος την παρακολούθηση της εφαρμογής.

Στα πλαίσια καλύτερης διερεύνησης και αξιοποίησης του ορθολογικού σχεδιασμού δημιουργήθηκαν τα συγκοινωνιακά μοντέλα. Πρόκειται για μαθηματικές απεικονίσεις και διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν τις επιλογές που κάνουν οι μετακινούμενοι όταν ταξιδεύουν. Οι επιλογές που κάνουν, επηρεάζονται δυναμικά από πολλούς παράγοντες, όπως τα προσωπικά χαρακτηριστικά των μετακινουμένων (ηλικία, εισόδημα, ιδιοκτησία ΙΧ), τα χαρακτηριστικά της μετακίνησης (σκοπός μετακίνησης, αριθμός μετακινούμενων μαζί), τα χαρακτηριστικά των επιλογών (προορισμός, διαδρομή, μέσο και χαρακτηριστικά τους) (Αντωνίου & Σπυροπούλου, Εισαγωγή στον Σχεδιασμό των Μεταφορών, 2014). Οι μαθηματικές σχέσεις χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν την ανθρώπινη συμπεριφορά και βασίζονται σε υποθέσεις και περιορίζονται από στοιχεία που είναι διαθέσιμα (έτος βάσης), ενώ η μορφή των μοντέλων καθορίζεται και οι παράμετροι/συντελεστές υπολογίζονται, έτσι ώστε τα αποτελέσματα των μοντέλων να ταιριάζουν στα υφιστάμενα στοιχεία του έτους βάσης (Αντωνίου & Σπυροπούλου, Εισαγωγή στον Σχεδιασμό των Μεταφορών, 2014).

Η βασική παραδοχή που γίνεται είναι ότι οι σχέσεις που προσδιορίστηκαν ισχύουν και παραμένουν σταθερές στο μέλλον. Τα μοντέλα υπολογίζουν προβλέψεις λαμβάνοντας υπόψη την εξέλιξη των παραγόντων/μεταβλητών που περιλαμβάνουν και τέλος επισημαίνεται ότι εάν ένα μοντέλο δεν είναι ευαίσθητο σε μια συγκεκριμένη πολιτική/πρόγραμμα ή χαρακτηριστικό του συστήματος τότε δεν θα προβλέψει τις επιπτώσεις της συγκεκριμένης πολιτικής/προγράμματος ή των μεταβολών των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών. (Αντωνίου & Σπυροπούλου, Εισαγωγή στον Σχεδιασμό των Μεταφορών, 2014).

## **1.2. Διαδικασία σχεδιασμού τεσσάρων βημάτων**

Η πλέον διαδεδομένη προσέγγιση της προτυποποίησης του σχεδιασμού των

μεταφορών γίνεται με το μοντέλο των τεσσάρων βημάτων. Πρώτο βήμα είναι η γένεση των μετακινήσεων, όπου αποφασίζεται η μετακίνηση για ένα συγκεκριμένο σκοπό. Στο στάδιο αυτό υπολογίζεται ο αριθμός των μετακινήσεων που ξεκινούν από κάθε ζώνη (παραγόμενες μετακινήσεις) και ο αριθμός των μετακινήσεων που καταλήγουν σε κάθε ζώνη (ελκόμενες μετακινήσεις). Ο αριθμός των γενόμενων μετακινήσεων είναι συνάρτηση των χρήσεων γης της περιοχής, κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών, κλπ). (Αντωνίου & Σπυροπούλου, Γένεση των Μετακινήσεων, 2014).

Δεύτερο βήμα είναι η κατανομή των μετακινήσεων, όπου προσδιορίζεται το από πού ξεκινούν τα ταξίδια και πού καταλήγουν. Υπολογίζεται ο αριθμός των μετακινήσεων μεταξύ του ζεύγους Προέλευσης – Προορισμού, ενώ ο αριθμός των μετακινήσεων μεταξύ δύο ζωνών εξαρτάται από την παραγωγικότητα (σε μετακινήσεις) της ζώνης προέλευσης και την ελκυστικότητα της ζώνης προορισμού. Σημαντικό σε αυτό το βήμα είναι να επισημανθεί ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή των μετακινήσεων περιλαμβάνουν το μέγεθος, τις χρήσεις γης σε κάθε ζώνη και το κόστος μετακίνησης από την ζώνη προέλευσης προς τη ζώνη προορισμού. (Αντωνίου & Σπυροπούλου, Κατανομή των Μετακινήσεων, 2014).

Τρίτο βήμα στο μοντέλο των τεσσάρων βημάτων είναι ο καταμερισμός των μετακινήσεων στα μεταφορικά μέσα, όπου υπολογίζεται ο αριθμός των μετακινήσεων μεταξύ κάθε ζεύγους προέλευσης-προορισμού που γίνονται με κάθε μέσο. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον καταμερισμό στα μέσα είναι τα χαρακτηριστικά των μέσων, το εισόδημα, η ιδιοκτησία ΙΧ, η προσιτότητα του μέσου, το είδος του ταξιδιού, η ηλικία του μετακινούμενου, κ.ά. (Αντωνίου & Σπυροπούλου, Ανάλυση Διακριτών Επιλογών, 2014).

Τέταρτο και τελευταίο βήμα είναι ο καταμερισμός στο δίκτυο. Σε αυτό το σημείο υπολογίζονται οι κυκλοφοριακοί φόρτοι καθώς και οι χρόνοι διαδρομής σε κάθε σύνδεσμο του δικτύου, με δεδομένα την αναπαράσταση του οδικού δικτύου με ένα χάρτη κόμβων – συνδέσμων, τις συναρτήσεις χρόνων διαδρομής για κάθε σύνδεσμο του δικτύου καθώς και τον πίνακα προέλευσης-προορισμού. (Αντωνίου &

Σπυροπούλου, Καταμερισμός στο Δίκτυο, 2014).

Το μοντέλο των τεσσάρων βημάτων είναι γενικά παραδεκτό. Ωστόσο, οι αποφάσεις μετακίνησης δεν λαμβάνονται πάντα σύμφωνα με την ακολουθία που αυτό υιοθετεί (Κρητικού, 2013). Το μοντέλο εστιάζει σε περιορισμένο αριθμό επιλογών, ενώ σύμφωνα με τη σύγχρονη άποψη, θα πρέπει να αναλύεται ένα ευρύτερο φάσμα επιλογών. Για παράδειγμα, ένας μετακινούμενος μπορεί να αλλάξει για μια χρονική περίοδο την συχνότητα με την οποία κάνει την μετακίνηση ή τη διαδρομή που επιλέγει, λόγω κυκλοφοριακή συμφόρησης. Παρά τα αρνητικά και την έντονη κριτική που δέχεται το μοντέλο αυτό, παρέχει ένα σημείο αναφοράς και σύγκρισης με εναλλακτικές μορφές μοντέλων. Το κλασσικό μοντέλο αποτελεί το πλαίσιο ανάπτυξης πιο προηγμένων μορφών προτύπων που αποτελούν αντικείμενο έρευνας στον τομέα του σχεδιασμού των μεταφορών.

### **1.3. Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας**

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρείται μια προσέγγιση του προβλήματος καταμερισμού της κυκλοφορίας στη περιοχή της Αλεξανδρούπολης. Η διαδικασία καταμερισμού εφαρμόζεται σε ένα τυπικό οδικό δίκτυο πραγματικού μεγέθους και σε πλασματικά δεδομένα ζήτησης. Έχοντας επομένως ως δεδομένα το τοπογραφικό υπόβαθρο ενός συγκοινωνιακού δικτύου, τα χαρακτηριστικά των συνδέσμων του δικτύου και το πίνακα προέλευσης - προορισμού για τα Ι.Χ. και τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς, αντικείμενο της μελέτης είναι να βρεθούν οι φόρτοι, η ταχύτητα και οι χρόνοι μετακίνησης σε κάθε έναν από τους συνδέσμους του δικτύου της περιοχής, ενώ πρωταρχικό σκοπό αποτελεί η αξιολόγηση των εν λόγω μεταβλητών.

Η εξέταση του ζητήματος γίνεται με βάση την συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του καταμερισμού κυκλοφορίας στο δίκτυο, όπως αυτές υλοποιούνται από τα λογισμικά συγκοινωνιακού σχεδιασμού TransCad™ και PTV Visum™. Τα εξαχθέντα αποτελέσματα των εκτιμήσεων για τη μελλοντική κυκλοφορία αναλύθηκαν και αξιολογήθηκαν με τη χρήση κατάλληλων στατιστικών μεθόδων, προκειμένου να

εντοπισθούν τυχόν συγκλίσεις ή/και αποκλίσεις στις υπό μελέτη μεταβλητές κυκλοφορίας του δικτύου της περιοχής της Αλεξανδρούπολης και να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με την χρήση των λογισμικών.

#### **1.4. Δομή Εργασίας**

Για την προσέγγιση του ερευνητικού προβλήματος, σε πρώτο στάδιο αναλύονται οι επιμέρους παράμετροι του προβλήματος καταμερισμού κυκλοφορίας, με μία σύντομη αναφορά στα διαθέσιμα μοντέλα καταμερισμού (Κεφάλαιο 2). Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση του δικτύου καθώς και η διαδικασία εισαγωγής και επεξεργασίας δεδομένων που ακολουθήθηκε (Κεφάλαιο 3).

Στην επόμενη ενότητα (Κεφάλαιο 4) παρατίθενται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων στα δύο λογισμικά. Επίσης, αναπτύσσονται διεξοδικά οι τρόποι και οι στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου τα αποτελέσματα αυτά να αξιολογηθούν και να συγκριθούν με αποδοτικό τρόπο. Τέλος, διατυπώνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη καθώς και προτάσεις για ερευνητική επέκταση (Κεφάλαιο 5).





## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ**



## **2. ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ**

### **2.1. Γενικά στοιχεία**

Στο κεφάλαιο αυτό ακολουθεί βιβλιογραφική ανασκόπηση για το μοντέλο καταμερισμού της κυκλοφορίας.

### **2.2. Καταμερισμός των μετακινήσεων**

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας θα αναλυθεί από το μοντέλο των τεσσάρων βημάτων το τέταρτο και τελευταίο στάδιο, δηλαδή ο *καταμερισμός στο δίκτυο*, που αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα ανάλυσης συγκοινωνιακών συστημάτων.

#### **2.2.1. Το πρόβλημα του καταμερισμού**

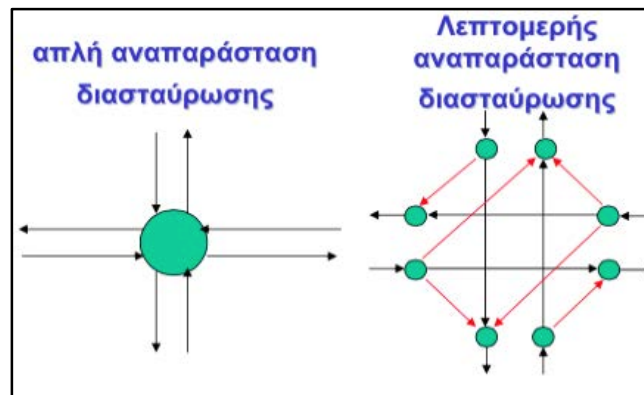
Το πρόβλημα του καταμερισμού αφορά στον τρόπο με τον οποίο θα κατανεμηθούν οι μετακινούμενοι σε ένα δίκτυο του οποίου τα χαρακτηριστικά είναι γνωστά. Ο καταμερισμός της κυκλοφορίας αποτελεί, όπως αναφέρθηκε και πριν, το τέταρτο στάδιο συγκοινωνιακού σχεδιασμού. Στο πρόβλημα αυτό, έχοντας ως δεδομένα τη γραφική αναπαράσταση ενός συγκοινωνιακού δικτύου, τα χαρακτηριστικά των συνδέσμων του δικτύου και το πίνακα προέλευσης – προορισμού, ζητείται να βρεθούν οι φόρτοι, οι χρόνοι και η ταχύτητα μετακίνησης σε κάθε έναν από τους συνδέσμους το δικτύου.

Από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, θα ληφθούν δεδομένα που αφορούν στην αναπαράσταση του οδικού δικτύου με ένα χάρτη κόμβων-συνδέσμων, σε συναρτήσεις χρόνου διαδρομής για κάθε σύνδεσμο του δικτύου και τέλος στον πίνακα προέλευσης-προορισμού, προκειμένου να υπολογισθούν και να συγκριθούν με τη χρήση κατάλληλων λογισμικών *TransCad™* και *PTV Visum™* οι κυκλοφοριακοί φόρτοι και οι

χρόνοι διαδρομής, και να καθοριστούν οι διαφορές των αποτελεσμάτων καθώς και αν και ποιο λογισμικό ενδείκνυται σε ορισμένες περιπτώσεις.

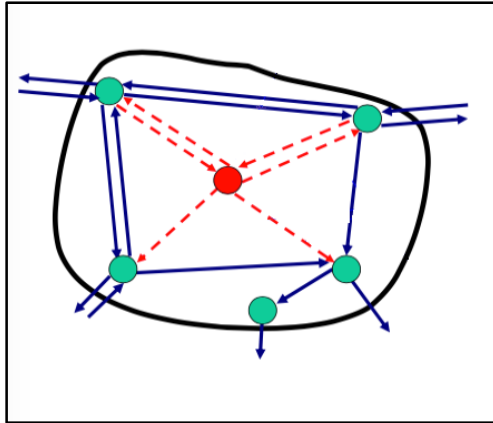
### 2.2.2. Αναπαράσταση συγκοινωνιακών δικτύων

Σε ό,τι αφορά στην αναπαράσταση του δικτύου με χάρτη κόμβων-συνδέσμων, δηλαδή το πρώτο στάδιο της διαδικασίας του καταμερισμού στο δίκτυο, ο κόμβος αντιστοιχεί σε μια πραγματική ή ιδεατή διασταύρωση, όπου η κωδικοποίησή της εξαρτάται από το επίπεδο λεπτομέρειας της ανάλυσης και τη διαθεσιμότητα των στοιχείων που υπάρχουν για την ανάπτυξη, βαθμονόμηση και εφαρμογή ενός μοντέλου (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Κωδικοποίηση Διασταυρώσεων, (Αντωνίου & Σπυροπούλου, Καταμερισμός στο Δίκτυο, 2014)

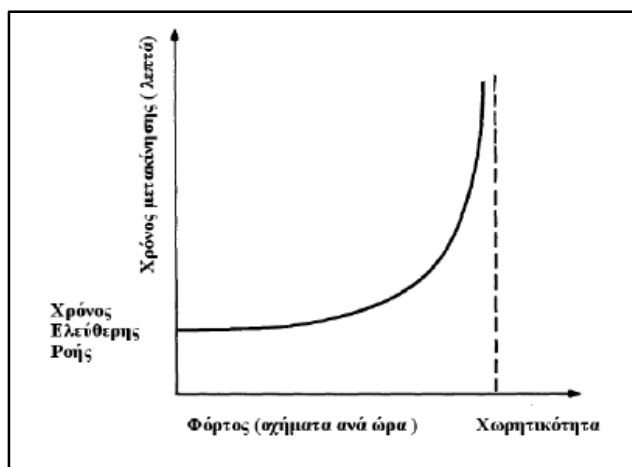
Ο σύνδεσμος αντιστοιχεί σε ένα οδικό τμήμα μεταξύ δύο κόμβων που εξυπηρετεί μια φορά κίνησης οχημάτων. Έτσι ένα αμφίδρομο οδικό τμήμα αναπαρίσταται από δύο συνδέσμους με αντίθετες κατευθύνσεις. Σημαντικό ρόλο στην αναπαράσταση του δικτύου έχει το κεντροειδές, που είναι το ιδεατό σημείο προέλευσης ή προορισμού των μετακινήσεων που παράγονται ή έλκονται από μια ζώνη. Τα κεντροειδή συνδέονται με το υπόλοιπο δίκτυο μέσω ενός ή περισσότερων ιδεατών συνδέσμων που ονομάζονται σύνδεσμοι κεντροειδών (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Κεντροειδές και σύνδεσμοι (Αντωνίου & Σπυροπούλου, Καταμερισμός στο Δίκτυο, 2014)

### 2.2.3. Καμπύλη φόρτου - χρόνου συνδέσμων

Το επίπεδο της εξυπηρέτησης που σχετίζεται με τους συνδέσμους ενός συγκοινωνιακού δικτύου αποτελεί έκφραση πολλών διαφορετικών παραγόντων, όπως το κόστος μετακίνησης, ο χρόνος μετακίνησης και η προσβασιμότητα. Επομένως, το επίπεδο εξυπηρέτησης που παρέχεται από τα περισσότερα συγκοινωνιακά συστήματα σχετίζεται άμεσα με τη ζήτηση για μετακίνηση στα συστήματα αυτά. Εξ' αιτίας της κυκλοφοριακής συμφόρησης που δημιουργείται με την αύξηση των φόρτων στους συνδέσμους και στους κόμβους ενός δικτύου, ο χρόνος μετακίνησης είναι μία αυξανόμενη συνάρτηση του φόρτου. Καθώς ο χρόνος μετακίνησής στο δίκτυο δεν είναι σταθερός, αλλά εξαρτάται από τους φόρτους του δικτύου, για κάθε σύνδεσμο του δικτύου, θα πρέπει να προσδιοριστεί μία καμπύλη φόρτου - χρόνου του συνδέσμου, η οποία θα συσχετίζει το χρόνο μετακίνησης που χρειάζεται για να διασχίσει ο μετακινούμενος ένα σύνδεσμο του δικτύου, με το φόρτο στο σύνδεσμο αυτό.



Σχήμα 1: Τυπική καμπύλη φόρτου – χρόνου (Κρητικού, 2013)

Στο σχήμα 1 αναπαρίσταται μια τυπική καμπύλη φόρτου – χρόνου ενός συνδέσμου. Ο χρόνος μετακίνησης στην κατάσταση όπου ο φόρτος είναι μηδενικός, είναι γνωστός ως χρόνος ελεύθερης ροής. Στην κατάσταση ελεύθερης ροής, οι μετακινούμενοι δε θα επιβαρυνθούν με επιπλέον καθυστερήσεις στο χρόνο μετακίνησής τους, εξ' αιτίας των υπόλοιπων οχημάτων που χρησιμοποιούν το σύνδεσμο. Οι μόνες καθυστερήσεις που θα βιώσουν οι μετακινούμενοι στην κατάσταση αυτή οφείλονται στα χαρακτηριστικά του συνδέσμου, όπως ο χρόνος που χρειάζεται για να διασχίσει κάποιος τον εν λόγω σύνδεσμο ή οι καθυστερήσεις λόγο φωτεινής σηματοδότησης. Καθώς ο φόρτος του συνδέσμου αυξάνει, ο χρόνος μετακίνησης αυξάνει εκθετικά. Χαρακτηριστικό της καμπύλης φόρτου – χρόνου, είναι ότι είναι ασύμπτωτη σε μία συγκεκριμένη τιμή του φόρτου, που είναι γνωστή ως χωρητικότητά του συνδέσμου. Η χωρητικότητα, είναι η μέγιστη τιμή φόρτου που μπορεί να διασχίσει ένα σύνδεσμο. Η καμπύλη φόρτου – χρόνου, δε μπορεί να οριστεί για μεγαλύτερες τιμές φόρτου από αυτή της χωρητικότητας. Καθώς η τιμή του φόρτου πλησιάζει αυτή της χωρητικότητας, οι καθυστερήσεις των οχημάτων θα αυξηθούν σε μεγάλο βαθμό και τελικά η κίνηση των οχημάτων θα είναι αδύνατη. (Κρητικού, 2013).

Μια από τις πλέον συνήθεις συναρτήσεις χρόνου διαδρομής-φόρτου είναι η συνάρτηση του Bureau of Public Roads – Federal Highway Administration (ΗΠΑ) με:

$$t(x) = t_0 \left[ 1 + \alpha \left( \frac{x}{c} \right)^\beta \right]$$

Όπου  $t(x)$  είναι ο χρόνος διαδρομής όταν ο φόρτος είναι  $x$

$t_0$  είναι ο χρόνος υπό συνθήκες ελεύθερης ροής, με συνήθη τιμή τον χρόνο σε συνθήκη πρακτικής χωρητικότητας  $x = 0,87$

$x$  είναι ο φόρτος σε (οχ./ ώρα)

$c$  είναι η χωρητικότητα (οχ./ ώρα), με συνήθεις τιμές  $3/4$  τον φόρτο κορεσμού

$\alpha, \beta$  είναι παράμετροι από βαθμονόμηση, με συνήθεις τιμές  $\alpha=0,15$  και  $\beta=4$

#### 2.2.4. Πίνακας προέλευσης - προορισμού

Ο πίνακας προέλευσης – προορισμού είναι ένας δυσδιάστατος πίνακας, οι γραμμές και οι στήλες του οποίου αναπαριστούν κάθε μία από τις ζώνες της υπό μελέτη περιοχής. Τα κελιά κάθε γραμμής περιλαμβάνουν τις μετακινήσεις που έχουν ως προέλευση τη συγκεκριμένη ζώνη  $i$  και ως προορισμούς τις ζώνες  $j$  στις αντίστοιχες στήλες. Τα διαγώνια κελιά αναπαριστούν τις ενδοζωνικές μετακινήσεις. Ένας πίνακας προέλευσης – προορισμού, μπορεί να χωριστεί σε επιμέρους πίνακες, όπως για παράδειγμα σε πίνακες με μετακινήσεις ανά σκοπό ή μετακινήσεις ανά μέσο. Οι πίνακες προέλευσης προορισμού μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να αναπαραστήσουν το χρόνο ή το κόστος μετακίνησης ανά ζεύγος προέλευσης – προορισμού. Το κόστος αυτό συνήθως εκφράζεται ως γενικευμένο κόστος το οποίο είναι ένα μέγεθος που συνδυάζει όλα τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την επιβάρυνση που δέχεται ο μετακινούμενος κατά τη μετακίνησή του (Κρητικού, 2013).

Τέλος, ο πίνακας προέλευσης – προορισμού είναι συνήθως ο πίνακας της ώρας αιχμής για κυκλοφοριακά συμφορημένες αστικές περιοχές. Οι πίνακες που έχουν υπολογισθεί σε προηγούμενα στάδια (της γένεσης και της κατανομής των μετακινήσεων) μπορεί να εκφράζουν μετακινήσεις προσώπων, οπότε χρησιμοποιώντας στοιχεία πληρότητας οχημάτων (μέση πληρότητα οχήματος = 1,2 επιβάτες/όχημα) θα πρέπει να μετατραπούν σε διαδρομές οχημάτων (διαδρομές οχημάτων = μετακινήσεις προσώπων / μέση πληρότητα οχήματος), δεδομένου ότι οι σχέσεις φόρτου-ταχύτητας εκφράζονται σε οχήματα (Αντωνίου & Σπυροπούλου, Καταμερισμός στο Δίκτυο, 2014).

Έλξεις -- προς ζώνη

Παραγωγές - από ζώνη	1	2	3		j		z	$\sum_j T_{ij}$
1	$T_{11}$	$T_{12}$	$T_{13}$	.....	$T_{1j}$	.....	$T_{1z}$	$O_1$
2	$T_{21}$	$T_{22}$	$T_{23}$	.....	$T_{2j}$	.....	$T_{2z}$	$O_2$
3	$T_{31}$	$T_{32}$	$T_{33}$	.....	$T_{3j}$	.....	$T_{3z}$	$O_3$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	$T_{i1}$	$T_{i2}$	$T_{i3}$	.....	$T_{ij}$	.....	$T_{iz}$	$O_i$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
z	$T_{z1}$	$T_{z2}$	$T_{z3}$	.....	$T_{zj}$	.....	$T_{zz}$	$O_z$
$\sum_i T_{ij}$	$D_1$	$D_2$	$D_3$		$D_j$		$D_z$	$\sum_{i,j} T_{ij} = T$

Πίνακας 1: Τυπικός πίνακας προέλευσης - προορισμού

Σε ένα πίνακα προέλευσης – προορισμού:

- Το άθροισμα των μετακινήσεων  $T_{ij}$  μεταξύ των ζωνών  $i$  και  $j$  για όλες τις ζώνες προέλευσης μετακινήσεων, είναι ίσο με το συνολικό αριθμό μετακινήσεων  $D_j$  που έλκονται στη ζώνη  $j$ .

$$\sum_i (T_{ij}) = D_j$$

- Το άθροισμα όλων των μετακινήσεων  $T_{ij}$  μεταξύ της ζώνης  $i$  και όλων των προορισμών  $j$ , είναι ίσο με το συνολικό αριθμό των μετακινήσεων που παράγονται από τη ζώνη  $i$ .

$$\sum_j (T_{ij}) = O_i$$

- Το άθροισμα όλων των μετακινήσεων  $T_{ij}$  από όλες τις ζώνες προέλευσης  $i$  προς



όλες τις ζώνες προορισμού  $j$ , είναι ίσο με το σύνολο όλων των παραγόμενων μετακινήσεων και με το σύνολο όλων των προελκυσόμενων μετακινήσεων στην περιοχή μελέτης.

$$\sum_i \sum_j T_{ij} = \sum_i O_j = \sum_j D_j$$

### 2.3. Μοντέλα Καταμερισμού

Το βασικό ζητούμενο στο πρόβλημα καταμερισμού είναι να ορισθεί ο τρόπος με τον οποίο θα «μοιρασθούν» οι μετακινούμενοι για ένα ζεύγος προέλευσης-προορισμού στις εναλλακτικές διαδρομές, λαμβάνοντας πάντα υπόψη πως αν όλοι οι μετακινούμενοι αντιστοιχηθούν στην πιο σύντομη και λιγότερο κοστοβόρα εναλλακτική διαδρομή, αυτό θα συνεπάγονταν σε αυτήν έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Στα διάφορα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για τον καταμερισμό των μετακινήσεων, γίνεται συνήθως η υπόθεση ότι οι χρήστες του μεταφορικού συστήματος θα επιλέξουν τη διαδρομή «ελαχίστου χρόνου (κόστους)», δηλαδή τη διαδρομή που θα ελαχιστοποιήσει το χρόνο και επομένως το κόστος, κατά τη μετακίνησή του από και προς ένα προορισμό (Κρητικού, 2013).

Με βάση τα παραπάνω, τα μοντέλα καταμερισμού χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες ανάλογα με το αν υποθέτουν ότι ο χρόνος διαδρομής σε ένα σύνδεσμο του δικτύου είναι συνάρτηση του κυκλοφοριακού φόρτου ή όχι.

#### 2.3.1. Καταμερισμός «ΟΛΑ ή ΤΙΠΟΤΑ»

Ο καταμερισμός «ΟΛΑ ή ΤΙΠΟΤΑ» θεωρεί ότι ο χρόνος διαδρομής σε ένα σύνδεσμο είναι σταθερός και ανεξάρτητος του φόρτου που χρησιμοποιεί τον σύνδεσμο. Οι παραδοχές που γίνονται είναι ότι οι μετακινούμενοι επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν την συντομότερη διαδρομή που συνδέει το σημείο προέλευσης με το σημείο προορισμού τους, καθώς και ότι η αύξηση του φόρτου δεν συνεπάγεται καθυστερήσεις στους χρόνους διαδρομής.

Κατά την διαδικασία της μεθόδου γίνεται ο προσδιορισμός των συντομότερων διαδρομών από κάθε σημείο προέλευσης προς όλους τους προορισμούς, η φόρτιση όλων των μετακινήσεων μεταξύ ενός σημείου προέλευσης και ενός σημείου προορισμού στους συνδέσμους που αποτελούν την συντομότερη διαδρομή και τέλος πραγματοποιείται για κάθε σύνδεσμο άθροιση όλων των φόρτων που προκύπτουν από κάθε ζεύγος προέλευσης-προορισμού (Αντωνίου & Σπυροπούλου, Καταμερισμός στο Δίκτυο, 2014).

### **2.3.2. Καταμερισμός «ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ» (User Equilibrium)**

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, εάν όλοι οι μετακινούμενοι επιλέξουν τη διαδρομή με το μικρότερο κόστος, δηλαδή τη διαδρομή «ελαχίστου χρόνου», σε αυτή τη διαδρομή θα δημιουργούνταν κυκλοφοριακή συμφόρηση, με αποτέλεσμα το κόστος της να αυξηθεί, να μην αποτελεί πια τη συντομότερη διαδρομή και κάποιοι μετακινούμενοι να επιλέξουν ως συνέπεια μία διαφορετική διαδρομή. Ωστόσο, στη νέα αυτή διαδρομή πιθανώς να παρουσιαστεί και πάλι κυκλοφοριακή συμφόρηση, αυξάνοντας το κόστος μετακίνησης και καθιστώντας την λιγότερο συμφέρουσα για μέρος των μετακινούμενων, οι οποίοι με τη σειρά τους θα στραφούν σε μια τρίτη, εναλλακτική διαδρομή.

Σαν αποτέλεσμα, η αλληλουχία αυτή διαδοχικών επιλογών εναλλακτικών διαδρομών από ομάδες μετακινούμενων θα εξακολουθεί, μέχρι να οριστικοποιηθεί στο σημείο εκείνο όπου όλοι οι μετακινούμενοι έχουν κατανεμηθεί στις εναλλακτικές διαδρομές και το δίκτυο βρίσκεται σε ισορροπία. Εφόσον οι μετακινούμενοι που επιλέγουν κάποια εναλλακτική διαδρομή μεταξύ ενός ζεύγους προέλευσης-προορισμού μειώνονται όσο αυξάνει το κόστος μετακίνησης στη συγκεκριμένη διαδρομή, είναι εφικτό να μοντελοποιηθεί η διαδικασία, κατά την οποία ένα σύστημα καταλήγει σε ισορροπία μεταξύ του κόστους μετακίνησης στις εναλλακτικές διαδρομές και των επιλογών των μετακινούμενων (Κρητικού, 2013).

Ο ορισμός της ισορροπίας σε ένα δίκτυο διατυπώθηκε για πρώτη φορά στα πλαίσια του συγκοινωνιακού σχεδιασμού από τον Wardrop (1952). Σύμφωνα με τον Wardrop, η

ισορροπία βασίζεται στην αρχή ότι οι οδηγοί επιλέγουν τις δικές τους λιγότερο κοστοβόρες διαδρομές από την προέλευσή τους στον προορισμό τους. Όλες οι διαδρομές που χρησιμοποιούνται έχουν ίσο κόστος και δεν υπάρχει αχρησιμοποίητη διαδρομή με χαμηλότερο κόστος για κάθε ζεύγος προέλευσης-προορισμού (Xie & Boyce, 2013).

Εναλλακτικά, θα μπορούσε να διατυπωθεί ως ότι οι μετακινούμενοι επιλέγουν τέτοιες διαδρομές, ώστε στην κατάσταση ισορροπίας το κόστος μετακίνησης να είναι ίσο σε όλες τις διαδρομές που χρησιμοποιούνται και όχι μεγαλύτερο από τις διαδρομές που δεν χρησιμοποιούνται ή ως ότι οι μετακινούμενοι, επιλέγουν τέτοιες διαδρομές ώστε στην κατάσταση ισορροπίας κανένας μετακινούμενος να μη μπορεί να μειώσει το κόστος της μετακίνησής του, επιλέγοντας κάποια εναλλακτική διαδρομή (Κρητικού, 2013).

Η κατάσταση αυτή είναι γνωστή ως Ντετερμινιστική Κατάσταση Ισορροπίας, User Equilibrium (UE) ή πρώτη Αρχή του Wardrop (Σταθόπουλος & Καρλαύτης, 2008). Για τη λύση της κατάστασης ισορροπίας του Wardrop, γίνονται κάποιες παραδοχές. Συγκεκριμένα, προϋποτίθεται ότι οι μετακινούμενοι 1) έχουν τέλεια πληροφόρηση σχετικά με τα στοιχεία για όλες τις πιθανές διαδρομές και 2) κάνουν πάντα μια ορθολογική επιλογή της διαδρομής προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος ταξιδιού / κόστος τους. Όταν το δίκτυο φθάνει σε ισορροπία, όλες οι μετακινήσεις έχουν ανατεθεί σε αυτές τις διαδρομές με την ελάχιστη αντίσταση (π.χ., ο χρόνος ή έξοδα) μεταξύ κάθε ζεύγους προέλευσης-προορισμού, και κανένας μετακινούμενος δεν μπορεί να βελτιώσει το χρόνο του ταξιδιού του με τη μετάβαση σε μια εναλλακτική διαδρομή (Vanassee Hangen Brustlin (VHB), 2007).

Αξίζει βέβαια να υπογραμμισθεί ότι οι πιο πάνω προϋποθέσεις δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως συμβατές με την πραγματικότητα ενός δικτύου. Είναι σίγουρα αδύνατον οι μετακινούμενοι στα πλαίσιά του να έχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες προκειμένου αφενός να γνωρίζουν καλά τις συνθήκες κυκλοφορίας, και αφετέρου να κρίνουν το κόστος των εναλλακτικών διαδρομών. Επίσης, είναι ανεδαφικό

να υποτίθεται ότι οι συνθήκες αυτές παραμένουν αμετάβλητες στον χρόνο, όπως άλλωστε και η ζήτηση για μετακίνηση. Αυτό που πραγματικά συμβαίνει είναι ότι το κόστος μετακίνησης για κάθε εναλλακτική διαδρομή μεταξύ ενός ζεύγους προέλευσης-προορισμού κρίνεται και γίνεται αντιληπτό από τον κάθε μετακινούμενο υποκειμενικά, με βάση την προσωπική του κρίση. Επομένως, για την εύρεση της λύσης της κατάστασης ισορροπίας, θα μπορούσε να εφαρμοστεί ο κανόνας ότι ο κάθε μετακινούμενος θα προσπαθήσει να ελαχιστοποιήσει το κόστος της μετακίνησής του, επιλέγοντας διαδρομές τις οποίες εκείνος αντιλαμβάνεται ότι έχουν το μικρότερο κόστος (Κρητικού, 2013).

Μια προσέγγιση στο παραπάνω ζήτημα διατυπώθηκε από τους Daganzo και Seffi (1977), με την Στοχαστική Κατάσταση Ισορροπίας, Stochastic User Equilibrium (SUE). Στην κατάσταση αυτή, κανένας οδηγός δεν μπορεί να βελτιώσει τον αντιλαμβανόμενο χρόνο διαδρομής σε ένα ζεύγος προέλευσης-προορισμού αλλάζοντας μονομερώς διαδρομές (Bekhor & Toledo, 2005). Μπορεί επίσης να διατυπωθεί ως εξής: «Οι διαδρομές που επιλέγονται από τους μετακινούμενους για κάθε ζεύγος προέλευσης-προορισμού στην κατάσταση της στοχαστικής ισορροπίας, δηλαδή σε μία μακροπρόθεσμη κατάσταση, είναι αυτές που ο κάθε μετακινούμενος αντιλαμβάνεται ότι έχουν το μικρότερο κόστος» (Κρητικού, 2013). Συμπερασματικά, στη στοχαστική κατάσταση ισορροπίας λαμβάνεται υπόψη η υποκειμενική προσέγγιση των μετακινούμενων ως προς την αξιολόγηση του κόστους μετακίνησης για κάθε εναλλακτική διαδρομή.

Ο καταμερισμός λοιπόν «ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ» λαμβάνει υπόψη του την κυκλοφοριακή συμφόρηση και θεωρεί ότι ο χρόνος διαδρομής σε ένα σύνδεσμο εξαρτάται από τον φόρτο που χρησιμοποιεί τον σύνδεσμο. Στην κατάσταση ισορροπίας οι χρόνοι μετακίνησης στις εναλλακτικές διαδρομές που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι ίσοι και σε κάθε κόμβο θα πρέπει να ισχύει η συνθήκη διατήρησης των φόρτων, δηλαδή ο αριθμός των οχημάτων που εισέρχονται σε ένα κόμβο θα πρέπει να είναι ίσος με τον αριθμό των οχημάτων που εξέρχονται από τον κόμβο.

Κατά την διαδικασία του καταμερισμού ισορροπίας, εκφράζονται οι χρόνοι διαδρομής

σαν συνάρτηση των φόρτων των συνδέσμων και υπολογίζονται οι φόρτοι ισορροπίας σε σχετικά απλές μορφές δικτύων. Στη συνέχεια αναπτύσσεται ένα σύστημα εξισώσεων που εκφράζουν πρώτον την συνθήκη ισορροπίας του δικτύου, δηλαδή ότι οι χρόνοι σε όλες τις διαδρομές που χρησιμοποιούνται είναι ίσοι και δεύτερον την συνθήκη διατήρησης του φόρτου στους κόμβους, δηλαδή ότι το σύνολο των οχημάτων που εισέρχονται σε ένα κόμβο είναι ίσο με το σύνολο των οχημάτων που εξέρχονται από τον κόμβο.

Για τη μελέτη και λύση της κατάστασης ισορροπίας σε ένα δίκτυο, έχουν αναπτυχθεί διάφορες προσεγγίσεις, οι οποίες επικεντρώνονται στην ανάπτυξη αλγορίθμων που υπολογίζουν ή δίνουν μία εκτίμηση των φόρτων στην κατάσταση ισορροπίας. Σήμερα, τα περισσότερα σχετικά λογισμικά (Cube, Emme, Saturn, TransCad™, Visum) περιλαμβάνουν αρκετές διαφορετικές τέτοιες link-based προσεγγίσεις. Ένα βασικό μειονέκτημα αυτών των προσεγγίσεων είναι ότι η υπολογιστική δύναμη που απαιτείται

για την επίλυση του προβλήματος καταμερισμού μπορεί να είναι υπερβολικά μεγάλη (Boyce & Xie, 2013).



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ**





### **3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ**

#### **3.1. Γενικά στοιχεία**

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας συγκρίνονται τα αποτελέσματα καταμερισμού της κυκλοφορίας συγκεκριμένου δικτύου και δεδομένων ζήτησης, όπως αυτά προκύπτουν από δύο διαδεδομένα λογισμικά συγκοινωνιακού σχεδιασμού (TransCad™ και PTV Visum™).

#### **3.2. TransCad™**

Το λογικό TransCad™ είναι το πρώτο λογισμικό Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) και έχει σχεδιαστεί ειδικά για χρήση από επαγγελματίες συγκοινωνιολόγους, προκειμένου να διαχειρίζονται και να αναλύουν τα δεδομένα των συστημάτων μεταφοράς. Το TransCad™ συνδυάζει χαρακτηριστικά GIS και συγκοινωνιακές δυνατότητες σε μια ενιαία ολοκληρωμένη πλατφόρμα, παρέχοντας δυνατότητες που δύσκολα συγκρίνονται από οποιοδήποτε άλλο πακέτο (About Caliper). Το TransCad™ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλους τους τρόπους μεταφοράς, σε οποιαδήποτε κλίμακα ή το επίπεδο λεπτομέρειας και προβλέπει μια ισχυρή μηχανή συστημάτων γεωγραφικών αναφορών, με ειδικές προεκτάσεις για τη συγκοινωνιακή χαρτογράφηση, οπτικοποίηση και εργαλεία που έχουν σχεδιαστεί για ανάλυση σε εφαρμογές συστημάτων μεταφοράς (Caliper Corporation, 2008).

Παρέχει επίσης ειδικές ρυθμίσεις προγραμμάτων για την πρόβλεψη της ζήτησης των μετακινήσεων, τις δημόσιες μεταφορές και γενικά για όλο το σύστημα διαχείρισης των μεταφορών. Το TransCad™ διαθέτει εφαρμογές για όλους τους τύπους των συγκοινωνιακών αναλύσεων και για όλους τους τρόπους μεταφοράς, κάτι που το καθιστά ιδανικό για τη συγκέντρωση και επεξεργασία πληροφοριών για τη λήψη ορθότερων αποφάσεων. Το λογισμικό τρέχει σε περιβάλλον Microsoft Windows και i

χρειάζεται ιδιαίτερη υπολογιστική ισχύ, καθώς επίσης δεν χρειάζεται να δημιουργηθούν ιδιαίτερες εφαρμογές για την ανάλυση μετακινήσεων σε συνδυασμό με τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (Caliper Corporation, 2009).

### **3.3. PTV Visum™**

Το λογισμικό PTV Visum™ θεωρείται ένα από τα κορυφαία λογισμικά στον κόσμο για την ανάλυση της κυκλοφορίας, και την ανάλυση των προβλέψεων βάσει με βάση τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Έχει τη δυνατότητα να μοντελοποιήσει όλους τους χρήστες του οδικού δικτύου, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις τους και αυτό το καθιστά ένα αναγνωρισμένο πρότυπο στον τομέα του σχεδιασμού των μεταφορών. Ειδικοί στο χώρο των μεταφορών χρησιμοποιούν το λογισμικό PTV Visum™ για τη μοντελοποίηση των δικτύων και της ζήτησης για μετακίνηση, για την ανάλυση της αναμενόμενης ροής της κυκλοφορίας, για τον προγραμματισμό των υπηρεσιών στις δημόσιες μεταφορές και για την ανάπτυξη προηγμένων στρατηγικών και λύσεων γενικά στον τομέα της μετακίνησης και των μεταφορών (PTV AG, 2014).

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το λογισμικό είναι η παγκόσμια αναγνώριση που έχει αποκτήσει σε επιστήμονες και επαγγελματίες, ο εύκολος χειρισμός από το χρήστη, η εύκολη επικοινωνία μεταξύ των λογισμικών πακέτων της εταιρίας, τα περιγραφικά και πειστικά αποτελέσματα που προκύπτουν, καθώς και η ισχυρή μεταπωλητική εξυπηρέτηση.

### **3.4. Δίκτυο και Δεδομένα Αξιολόγησης**

Στη παρούσα διπλωματική εργασία αξιοποιήθηκε διαθέσιμο τμήμα του οδικού δικτύου της Αλεξανδρούπολης, καθώς υπήρξαν περιορισμοί στη λειτουργία των δύο εκδόσεων των προγραμμάτων και συγκεκριμένα στο μέγεθος του εξεταζόμενου δικτύου.

Σχετικά με το λογισμικό VISUM χρησιμοποιήθηκε η έκδοση Student - Training, η οποία

έχει περιορισμούς στο μέγιστο αριθμό των ζωνών (30 ζώνες), στο μέγιστο αριθμό των συνδέσεων (1500 συνδέσεις), στο μέγεθος του φύλλου επεξεργασίας και εκτύπωσης (A2) και τέλος στη χρονική διάρκεια επεξεργασίας δεδομένων (45 λεπτά), κάτι όμως που δεν επηρέασε σημαντικά την υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας, καθώς με αποθήκευση και άνοιγμα επανερχόταν στο προηγούμενο σημείο επεξεργασίας.

Σε ό,τι αφορά την επεξεργασία των δεδομένων στο TransCad™, χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 6.0 – Academic License, που έχει παραχωρηθεί από την Caliper για ακαδημαϊκή χρήση στο Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών χωρίς να παρουσιαστούν ιδιαίτεροι περιορισμοί.

Έτσι λοιπόν, δημιουργήθηκε τμήμα του δικτύου της Αλεξανδρούπολης, όπως παρουσιάζεται στις παρακάτω εικόνες 3,4.



Εικόνα 3: Οδικός Χάρτης Αλεξανδρούπολης (Google Earth)



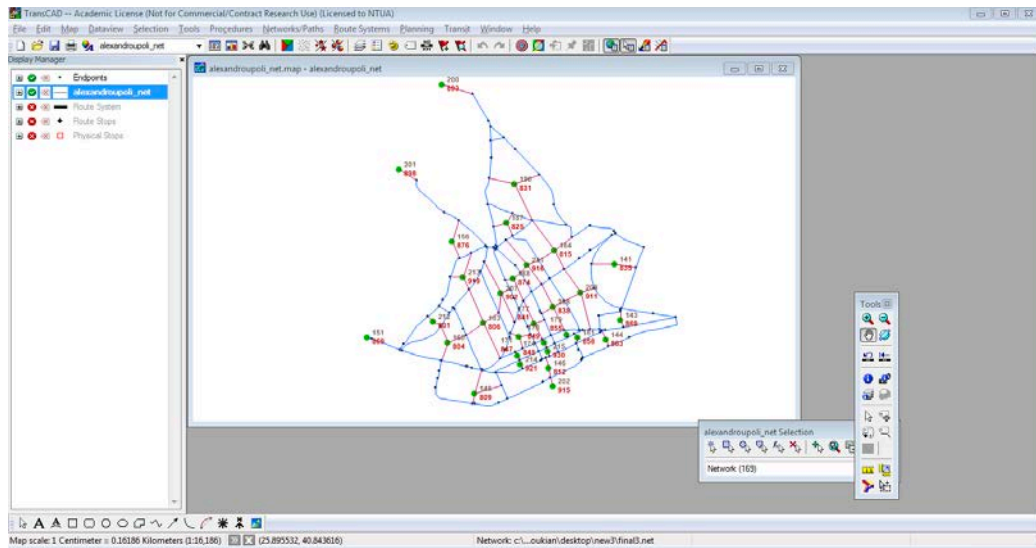
Εικόνα 4: Επιλογή οδικού τμήματος προς επεξεργασία (Google Earth)

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η κατάλληλη επεξεργασία, προκειμένου να γίνει η εισαγωγή των στοιχείων στα δυο λογισμικά.

### 3.4.1. Εισαγωγή δεδομένων στο TransCad™

Για την εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό πραγματοποιήθηκε εκτίμηση για την τοποθέτηση των ζωνών, με όριο τις 30 ζώνες και στη συνέχεια σχεδιάστηκε το δίκτυο που θα χρειαζόταν προς περαιτέρω ανάλυση. Θα πρέπει να επισημανθεί εδώ ότι κατά τον σχεδιασμό δεν λήφθηκαν υπόψη όλοι οι δρόμοι, παρά μόνο οι κεντρικές αρτηρίες και σημαντικοί από άποψη κυκλοφορίας δρόμοι, καθώς μεγαλύτερη ανάλυση δεν θα μπορούσε να εισαχθεί στο λογισμικό VISUM™, εξαιτίας της έκδοσης που χρησιμοποιήθηκε (Student version).





Εικόνα 5: Δίκτυο Αλεξανδρούπολης TransCad™

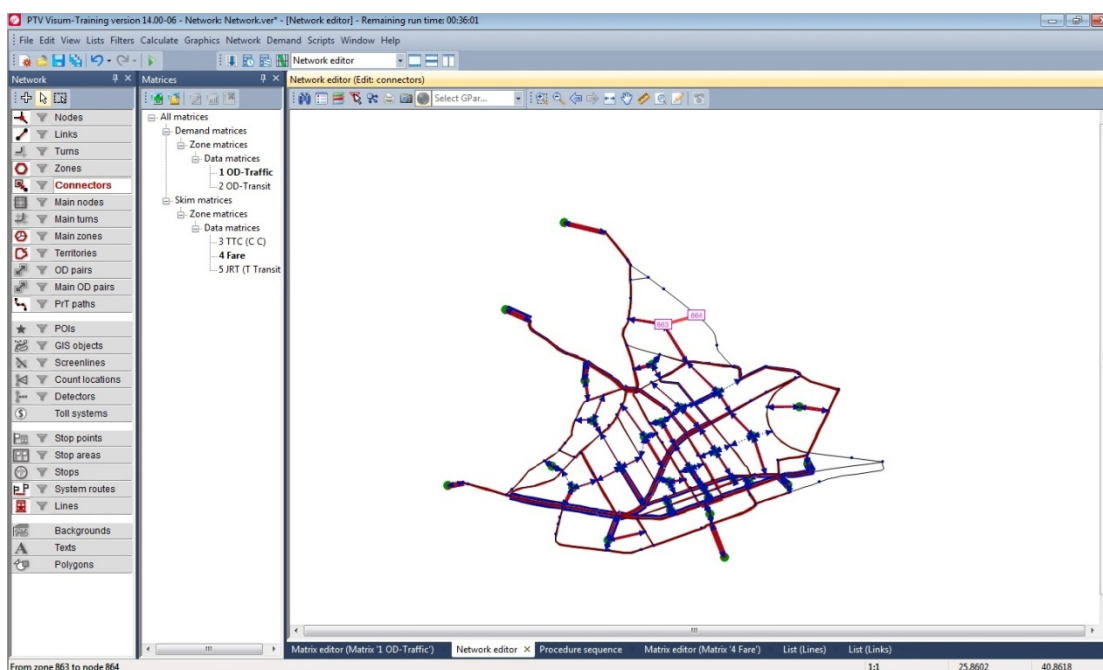
Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή δεδομένων πινάκων Προέλευσης – Προορισμού τα οποία είχαν δημιουργηθεί με τη χρήση γεννήτριας τυχαίων αριθμών. Έτσι λοιπόν εισήχθησαν δεδομένα στον πίνακα Προέλευσης - Προορισμού (OD) για τα Ι.Χ. (CAR). Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τμήματα αυτών των πινάκων (όπου για μεγαλύτερη λεπτομέρεια παρουσιάζονται και στο παράρτημα).

	141	143	144	146	148	151	156	160	168	171	174	177	178	179	181	183	184	187	190
141	0.00	49.00	97.00	1.00	54.00	95.00	24.00	38.00	22.00	38.00	65.00	78.00	53.00	79.00	20.00	22.00	53.00	69.00	30.00
143	37.00	0.00	66.00	15.00	79.00	1.00	91.00	50.00	96.00	69.00	71.00	21.00	77.00	99.00	21.00	56.00	57.00	75.00	7.00
144	91.00	1.00	0.00	7.00	13.00	63.00	72.00	98.00	68.00	76.00	68.00	20.00	93.00	83.00	56.00	93.00	100.00	59.00	68.00
146	46.00	12.00	9.00	0.00	62.00	66.00	18.00	53.00	20.00	9.00	93.00	62.00	38.00	24.00	1.00	48.00	8.00	50.00	61.00
148	88.00	75.00	35.00	31.00	0.00	63.00	52.00	42.00	70.00	67.00	62.00	14.00	87.00	83.00	72.00	8.00	17.00	79.00	50.00
151	64.00	28.00	46.00	75.00	13.00	0.00	94.00	53.00	34.00	49.00	13.00	25.00	8.00	21.00	8.00	5.00	17.00	93.00	94.00
156	89.00	92.00	75.00	88.00	3.00	39.00	0.00	50.00	35.00	19.00	3.00	91.00	53.00	97.00	73.00	71.00	23.00	76.00	74.00
160	61.00	28.00	33.00	96.00	61.00	28.00	98.00	0.00	43.00	55.00	7.00	33.00	49.00	65.00	4.00	41.00	62.00	12.00	97.00
168	57.00	11.00	67.00	70.00	13.00	8.00	85.00	46.00	0.00	62.00	38.00	42.00	44.00	39.00	3.00	60.00	28.00	50.00	96.00
171	4.00	63.00	97.00	98.00	32.00	2.00	45.00	39.00	50.00	8.00	7.00	77.00	86.00	9.00	36.00	87.00	41.00	54.00	13.00
174	95.00	77.00	20.00	87.00	68.00	91.00	76.00	67.00	12.00	50.00	0.00	73.00	89.00	0.00	73.00	73.00	0.00	32.00	16.00
177	89.00	4.00	100.00	86.00	0.00	63.00	80.00	92.00	58.00	50.00	62.00	0.00	78.00	1.00	72.00	50.00	12.00	9.00	2.00
178	36.00	68.00	22.00	59.00	33.00	58.00	92.00	10.00	55.00	66.00	23.00	1.00	8.00	6.00	10.00	12.00	39.00	0.00	91.00
179	46.00	95.00	29.00	90.00	81.00	26.00	25.00	0.00	76.00	20.00	99.00	88.00	97.00	0.00	26.00	21.00	47.00	67.00	43.00
181	49.00	86.00	73.00	84.00	70.00	83.00	71.00	44.00	88.00	87.00	64.00	18.00	34.00	1.00	0.00	8.00	19.00	88.00	60.00
183	73.00	59.00	31.00	79.00	75.00	66.00	44.00	21.00	66.00	11.00	13.00	36.00	73.00	84.00	39.00	0.00	44.00	45.00	10.00
184	49.00	92.00	75.00	57.00	45.00	24.00	28.00	75.00	50.00	62.00	56.00	87.00	90.00	80.00	33.00	43.00	0.00	78.00	37.00
187	69.00	59.00	97.00	70.00	48.00	37.00	0.00	100.00	48.00	3.00	31.00	83.00	39.00	16.00	33.00	95.00	32.00	8.00	48.00
190	21.00	27.00	13.00	82.00	9.00	73.00	83.00	34.00	46.00	77.00	41.00	78.00	94.00	43.00	88.00	17.00	56.00	73.00	1.00
200	30.00	71.00	3.00	14.00	62.00	35.00	90.00	1.00	9.00	37.00	6.00	73.00	3.00	13.00	47.00	96.00	40.00	62.00	95.00
201	42.00	53.00	1.00	51.00	26.00	76.00	23.00	30.00	98.00	33.00	32.00	48.00	55.00	48.00	29.00	0.00	39.00	51.00	57.00
202	97.00	42.00	10.00	10.00	46.00	22.00	41.00	80.00	23.00	53.00	44.00	68.00	39.00	44.00	17.00	56.00	89.00	6.00	7.00
207	42.00	28.00	55.00	92.00	62.00	98.00	60.00	90.00	15.00	29.00	35.00	4.00	25.00	38.00	97.00	60.00	65.00	76.00	54.00
209	66.00	28.00	77.00	6.00	14.00	14.00	75.00	29.00	96.00	25.00	52.00	18.00	16.00	45.00	62.00	84.00	49.00	100.00	33.00
209	15.00	95.00	0.00	61.00	2.00	16.00	14.00	30.00	76.00	61.00	29.00	63.00	75.00	67.00	17.00	70.00	83.00	19.00	79.00
211	36.00	51.00	51.00	79.00	45.00	64.00	94.00	95.00	37.00	61.00	74.00	14.00	23.00	21.00	13.00	44.00	97.00	0.00	85.00
212	11.00	97.00	32.00	100.00	31.00	81.00	23.00	8.00	48.00	87.00	42.00	71.00	68.00	22.00	87.00	60.00	1.00	38.00	54.00
213	55.00	94.00	93.00	16.00	30.00	63.00	73.00	38.00	78.00	51.00	72.00	13.00	53.00	71.00	69.00	25.00	51.00	91.00	60.00
214	66.00	84.00	36.00	73.00	44.00	17.00	81.00	68.00	51.00	99.00	16.00	41.00	3.00	73.00	108.00	20.00	98.00	35.00	87.00
215	81.00	38.00	54.00	75.00	70.00	7.00	9.00	18.00	50.00	55.00	85.00	100.00	48.00	92.00	97.00	27.00	80.00	9.00	80.00

Εικόνα 6: Πίνακας Π-Π Ι.Χ. TransCad™

### 3.4.2. Εισαγωγή δεδομένων στο VISUM™

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό VISUM™. Πραγματοποιήθηκε σχεδιασμός του δικτύου, με την τοποθέτηση σημείων, συνδέσμων, ζωνών και συνδέσμων των ζωνών με το δίκτυο. Ο σχεδιασμός έγινε με παράλληλο έλεγχο στο TransCad™ και με μεγάλη προσοχή, ώστε τα δύο λογισμικά να έχουν πανομοιότυπο δίκτυο. Σε οποιοδήποτε σημείο αν γινόταν λάθος στο σχεδιασμό, θα προέκυπταν λάθη στα αποτελέσματα και στα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης. Θα πρέπει να επισημανθεί και εδώ, όπως και στο προηγούμενο λογισμικό, ότι κατά τον σχεδιασμό δεν λήφθηκαν υπόψη όλοι οι δρόμοι, παρά μόνο οι κεντρικές αρτηρίες καθώς και σημαντικοί από άποψη κυκλοφορίας δρόμοι, αφού μεγαλύτερη ανάλυση δεν θα μπορούσε να εισαχθεί και να επεξεργαστεί περαιτέρω σε αυτό το λογισμικό.



Εικόνα 7: Δίκτυο Αλεξανδρούπολης VISUM

Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή δεδομένων πινάκων Προέλευσης - Προορισμού. Τα δεδομένα είναι τα ίδια που εισήχθησαν και στο άλλο λογισμικό, τα οποία όπως προαναφέρθηκε είχαν δημιουργηθεί με τη χρήση γεννήτριας τυχαίων

αριθμών και ήταν ακριβώς τα ίδια με εκείνα που εισήχθησαν στο λογισμικό TransCad™. Έτσι λοιπόν εισήχθησαν δεδομένα στον πίνακα Προέλευσης - Προορισμού (OD) για τα I.X (Traffic).

The screenshot shows the 'Matrix editor (Matrix 1 OD-Traffic)' window in PTV Visum. The main area is a 30x30 matrix with columns and rows labeled with node IDs (804 to 831). The diagonal elements are all 1.000000. The matrix contains various numerical values representing traffic volumes between different nodes. The status bar at the bottom indicates 'Sums=43194.000000, diagonal sum=1.000000'.

Εικόνα 8: Πίνακας Π-Π I.X. VISUM

### 3.5. Διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων

Κατά τη διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων παρατηρήθηκαν σημαντικές αποκλίσεις, που αφορούσαν είτε στους φόρτους, είτε στους χρόνους, είτε στις ταχύτητες. Για το λόγο αυτό μελετήθηκαν τρεις διαφορετικές περιπτώσεις.

Στην περίπτωση (α) εισήχθησαν και επεξεργάστηκαν όλα τα στοιχεία των συνδέσμων που είχαν παραδοθεί από προηγούμενες αναλύσεις. Στην περίπτωση (β) εισήχθησαν όλα τα στοιχεία όπως και πριν, με τη διαφορά ότι η χωρητικότητα (capacity) και η ταχύτητα ελεύθερης ροής σε όλους τους συνδέσμους πήραν την τιμή 1000 και 50χλμ./ώρα αντίστοιχα (ομοιόμορφη χωρητικότητα και ταχύτητες-χρόνος ελεύθερης ροής σε όλο το δίκτυο). Τέλος, η περίπτωση (γ) αποτελεί μια επέκταση της περίπτωσης (β), με τη διαφορά ότι διαγράφηκαν όλοι οι σύνδεσμοι των κεντροειδών πλην ενός (σε

κάθε λογισμικό διατηρήθηκε ο ίδιος σύνδεσμος).

Οι περιπτώσεις αυτές διερευνήθηκαν καθώς παρουσιάστηκε ότι δεν καταμερίζονται οι φόρτοι, οι χρόνοι και οι ταχύτητες με τον ίδιο τρόπο στα δυο λειτουργικά και παρουσίαζαν σημαντικές αποκλίσεις, οι οποίες αναλύονται εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.





## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**



## **4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

### **4.1. Γενικά Στοιχεία**

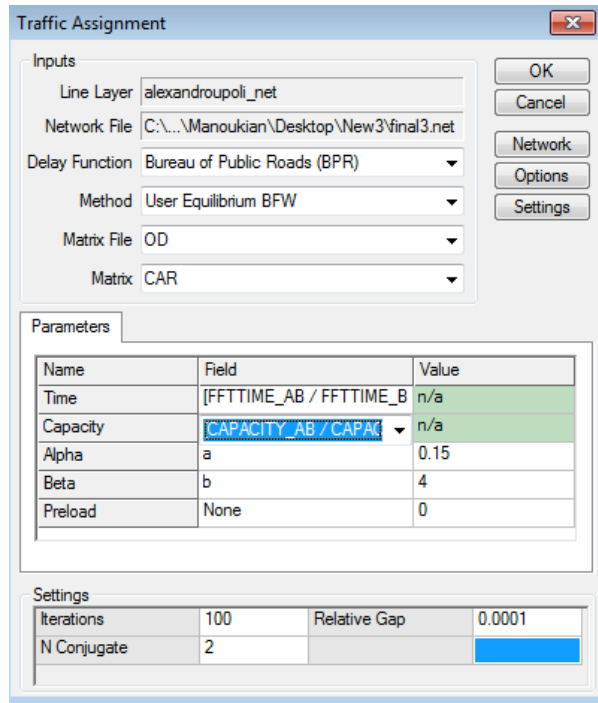
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δύο λογισμικών ως προς τον καταμερισμό της κυκλοφορίας στις περιπτώσεις (α), (β) και (γ). Εξετάζονται περαιτέρω οι διαφορές που παρατηρήθηκαν και αξιολογούνται με τη βοήθεια στατιστικής μεθόδου.

### **4.2. Αποτελέσματα**

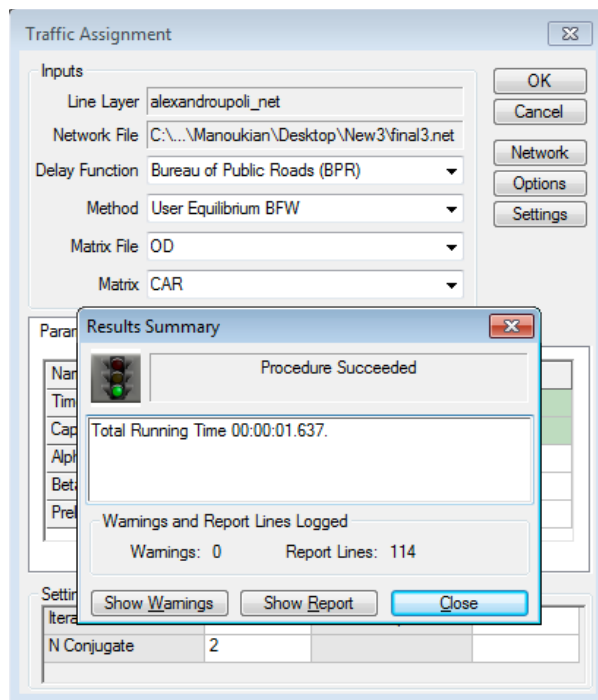
Τα δυο προγράμματα παράγουν αποτελέσματα σε πίνακες, όπου η επεξεργασία και η περαιτέρω σύγκριση τους καθιστά δύσκολη, καθώς κατά την εισαγωγή δέχονται διαφορετική αρίθμηση στις ζώνες και στα σημεία. Έτσι λοιπόν έπρεπε να γίνει μια αντιστοίχιση των δεδομένων τους ενός προγράμματος ως προς το άλλο, το οποίο και παρουσιάζεται στη συνέχεια.

#### **4.2.1. Αποτελέσματα TransCad™**

Στο λογισμικό TransCad™ προκειμένου να προκύψουν αποτελέσματα ορίστηκαν από την καρτέλα Planning, Traffic Assignment οι παράμετροι προκειμένου να υπολογιστούν τα αποτελέσματα για I.X. Όπως φαίνεται παρακάτω, στο απόσπασμα της διαδικασίας (Εικόνα 9) σαν μέθοδος χρησιμοποιήθηκε η USER Equilibrium.



Εικόνα 9: Απόσπασμα διαδικασίας καταμερισμού, TransCad™



Εικόνα 10: Επιτυχής εκτέλεση της διαδικασίας, TransCad™

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 10 η διαδικασία εκτελέστηκε με επιτυχία και παράχθηκαν αποτελέσματα με την μορφή που έχουν οι παρακάτω Εικόνες 11,12, όπου αναλυτικά για κάθε σημείο (διαδρομή), ή για κάθε οδικό τμήμα αναφέρονται μεταξύ πολλών άλλων:

- Το μήκος
- Η χωρητικότητα
- Η μέγιστη ταχύτητα ελεύθερης ροής
- Ο φόρτος των οχημάτων που πέρασαν
- Ο χρόνος που χρειάστηκε για να περάσουν
- Η ταχύτητα που είχαν τα οχήματα

ID	Length	Capacity	Speed	Time	Flow	Time	Flow	Time	Flow	Time	Flow	Time	Flow	Time	Flow	Time	Flow	Time
234	0.25	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
12	0.31	0	500.00	500.00	40.00	40.00	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
33	0.20	0	1000.00	1000.00	30.00	30.00	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
75	0.23	0	1000.00	1000.00	30.00	30.00	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
35	0.17	0	500.00	500.00	40.00	40.00	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
42	0.15	1	1000.00	1000.00	50.00	50.00	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
46	0.11	0	500.00	500.00	40.00	40.00	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
75	0.27	0	500.00	500.00	30.00	30.00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
36	0.11	0	500.00	500.00	40.00	40.00	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
135	0.07	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
136	0.42	0	500.00	500.00	50.00	50.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
159	0.13	1	1000.00	1000.00	40.00	40.00	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
157	0.03	1	1000.00	1000.00	50.00	50.00	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
110	0.13	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
171	0.07	1	1000.00	1000.00	50.00	50.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
172	0.07	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
177	0.21	1	1000.00	1000.00	40.00	40.00	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
182	0.07	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
183	0.08	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
194	0.05	1	1000.00	1000.00	50.00	50.00	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
190	0.23	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
201	0.21	1	500.00	500.00	30.00	30.00	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
206	0.23	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
210	0.31	1	1000.00	1000.00	40.00	40.00	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
214	0.17	0	500.00	500.00	30.00	30.00	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
208	0.30	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
222	0.21	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
237	0.05	0	500.00	500.00	30.00	30.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
254	0.14	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
253	0.25	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
259	0.25	1	1000.00	1000.00	40.00	40.00	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
271	0.20	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
295	0.30	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
290	0.25	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
295	0.05	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
303	0.22	0	500.00	500.00	50.00	50.00	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
37	0.30	1	1000.00	1000.00	40.00	40.00	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
84	0.32	0	500.00	500.00	50.00	50.00	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
93	0.24	0	500.00	500.00	50.00	50.00	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
150	0.04	0	500.00	500.00	50.00	50.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
151	0.03	0	500.00	500.00	40.00	40.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
298	0.01	0	500.00	500.00	40.00	40.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
36	0.05	0	500.00	500.00	30.00	30.00	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
2	0.02	0	500.00	500.00	40.00	40.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
3	0.00	0	500.00	500.00	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
147	0.00	0	1000.00	1000.00	15.00	15.00	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32

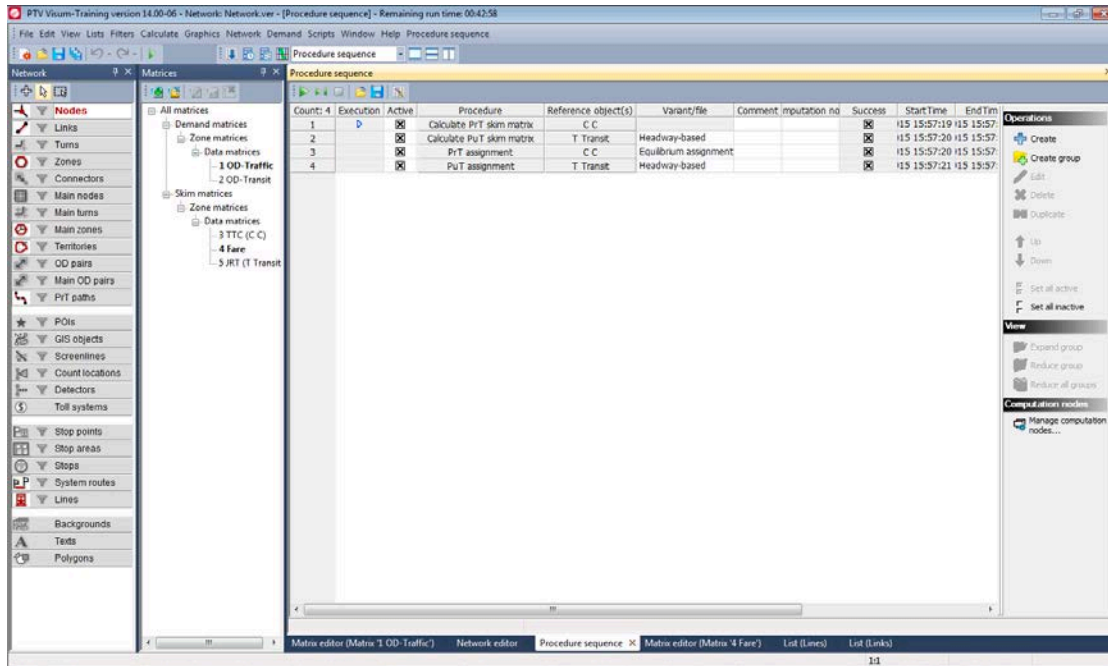
Εικόνα 11: Απόσπασμα αποτελεσμάτων I.X., TransCad™

COUNTS	AB	BA	AB_Time	BA_Time	Field_TEST	TransitTime	AB_Transit	BA_Transit	ID1	AB_Flow	BA_Flow	TOT_Flow	AB_Time	BA_Time	MAX_Time	AB_voc	BA_voc	MAX_voc	AB_speed	BA_speed
275	125	1.01	1.01	--	1.01	1.01	234	1226.0000	1600.0000	2634.0000	1.3477	2.0160	1.6000	1.6000	11.2033	7.4093	--	--	--	
450	329	0.45	0.45	--	1.23	1.23	12	1606.1473	1922.6643	3528.8115	1.1031	1.7676	1.7676	1.7676	2.1441	16.7319	10.4417	--	--	
--	--	0.89	0.89	--	1.77	1.77	13	6.6265	222.3373	229.0349	0.8957	0.8960	0.8960	0.8974	0.2470	30.0000	29.9011	--	--	
--	--	0.39	0.39	--	0.79	0.79	33	1192.1271	830.5697	2022.6968	0.5201	0.4275	0.5201	1.1921	0.8306	1.1921	22.5823	27.5700	--	
--	--	0.50	0.50	--	1.16	1.16	35	796.0119	1026.1350	1822.1469	0.6768	0.7520	0.7520	0.9990	1.2827	1.2827	25.7852	23.2041	--	
167	216	0.25	0.25	--	0.67	0.67	39	1263.9089	1242.8371	2445.6798	0.4153	0.3995	0.4153	1.3373	1.3800	1.3800	24.1589	25.7603	--	
--	--	0.19	0.19	--	0.62	0.62	42	2014.4386	--	2014.4386	0.6520	--	0.6520	2.0144	--	2.0144	14.3401	--	--	
--	--	0.17	0.17	--	0.45	0.45	46	1744.1272	1830.9585	3575.0857	0.5304	0.6197	0.6197	1.5379	2.0344	2.0344	12.5655	10.8401	--	
--	--	0.95	0.95	--	1.09	1.09	75	276.1741	483.2346	745.4086	0.5478	0.5528	0.5528	0.3863	0.5214	0.5214	29.9635	29.6926	--	
--	--	0.16	0.16	--	0.43	0.43	96	1508.7737	983.7303	2492.5040	0.3224	0.1973	0.3224	1.6764	1.6938	1.6764	20.0551	32.7747	--	
--	--	0.27	0.27	--	0.27	0.27	135	698.1183	459.9419	1158.0603	0.2823	0.2763	0.2823	0.6381	0.4599	0.6381	14.4591	14.9965	--	
--	--	0.50	0.50	--	1.68	1.68	136	11.0148	17.5007	32.3155	0.5046	0.5046	0.5046	0.0105	0.0194	0.0194	50.0000	50.0000	--	
--	--	0.19	0.19	--	0.50	0.50	199	1221.6379	--	1221.6379	0.2690	--	0.2690	1.2217	--	1.2217	20.9375	--	--	
--	--	0.11	0.11	--	0.36	0.36	167	2167.9014	--	2167.9014	0.4673	--	0.4673	2.1679	--	2.1679	11.6352	--	--	
--	--	0.76	0.76	--	0.76	0.76	170	854.5224	866.2577	1720.7801	0.8205	0.8512	0.8512	0.8545	0.8663	0.8663	13.8897	13.3992	--	
--	--	0.08	0.08	--	0.28	0.28	171	2100.3414	--	2100.3414	0.3392	--	0.3392	2.1003	--	2.1003	12.4585	--	--	
--	--	0.28	0.28	--	0.28	0.28	172	338.9455	401.7814	740.8269	0.2795	0.2794	0.2795	0.4018	0.4018	0.4018	14.9716	14.9709	--	
--	--	0.32	0.32	--	0.86	0.86	177	1406.3341	--	1406.3341	0.6199	--	0.6199	1.4063	1.4063	1.4063	20.7015	--	--	
102	208	0.28	0.28	--	0.28	0.28	182	564.3868	752.6293	1317.0861	0.2886	0.2881	0.2881	0.5644	0.7527	0.7527	14.7254	14.3427	--	
--	--	0.14	0.14	--	0.14	0.14	183	225.2705	655.3722	880.6487	0.1411	0.1450	0.1450	0.2253	0.6554	0.6554	14.9930	14.9834	--	
864	0.07	0.07	--	0.22	0.22	184	2377.5501	--	2377.5501	0.3721	--	0.3721	2.3776	--	2.3776	8.9136	--	--		
--	--	0.80	0.80	--	0.80	0.80	190	382.8660	291.9178	686.7838	0.8018	0.8009	0.8018	0.3529	0.2939	0.3529	14.9582	14.3736	--	
--	--	0.42	0.42	--	0.84	0.84	201	1346.9709	--	1346.9709	0.7028	--	0.7028	1.4966	--	1.4966	17.8744	--	--	
--	--	1.15	1.15	--	1.15	1.15	206	286.8658	25.0000	291.8658	1.1494	1.1495	1.1494	0.2867	0.0250	0.2867	14.9896	15.0000	--	
--	--	0.46	0.46	--	1.23	1.23	218	1480.7958	--	1480.7958	0.8084	--	0.8084	1.4807	--	1.4807	23.0214	--	--	
--	--	0.34	0.34	--	0.68	0.68	214	460.7531	632.8019	1093.5549	0.3432	0.3530	0.3530	0.5119	0.7031	0.7031	29.6205	28.0031	--	
--	--	1.28	1.28	--	1.28	1.28	220	534.4741	595.7299	1130.2040	1.2984	1.3142	1.3142	0.5345	0.5957	0.5957	14.7992	14.6216	--	
--	--	0.82	0.82	--	0.82	0.82	222	199.8025	424.9333	623.9358	0.8200	0.8235	0.8235	0.1990	0.4249	0.4249	14.9385	14.9484	--	
--	--	0.13	0.13	--	0.26	0.26	237	1429.0386	1673.0386	3101.8619	0.2622	0.4460	0.4460	1.7863	2.0980	2.0980	13.7132	8.6607	--	
--	--	0.57	0.57	--	0.57	0.57	254	351.6932	68.0000	419.6932	0.5669	0.5655	0.5669	0.3517	0.0600	0.3517	14.9622	15.0000	--	
--	--	1.00	1.00	--	1.00	1.00	263	77.0393	757.1300	834.1774	1.0062	1.0493	1.0493	0.0770	0.7571	0.7571	14.9999	14.2969	--	
--	--	0.38	0.38	--	1.02	1.02	268	1737.6593	--	1737.6593	0.9515	--	0.9515	1.7377	--	1.7377	16.0081	--	--	
--	--	0.79	0.79	--	0.79	0.79	271	533.4712	459.4195	992.8907	0.7974	0.7981	0.7981	0.5335	0.4594	0.5335	14.8727	14.8595	--	
--	--	1.20	1.20	--	1.20	1.20	276	694.7214	630.6113	1325.3327	1.2488	1.2314	1.2488	0.6947	0.6306	0.6947	14.9210	14.6315	--	
--	--	1.02	1.02	--	1.02	1.02	280	483.6521	276.4672	760.1193	1.0263	1.0194	1.0263	0.4837	0.2765	0.4837	14.8831	14.8840	--	
--	--	0.23	0.23	--	0.23	0.23	295	761.7622	487.4543	1249.1565	0.2432	0.2382	0.2432	0.7617	0.4875	0.7617	14.4548	14.8012	--	
--	--	0.27	0.27	--	0.89	0.89	303	1519.7204	1524.7329	3044.4533	0.5673	0.7142	0.7142	1.6886	1.6941	1.6941	23.4199	18.6026	--	
--	--	0.57	0.57	--	1.52	1.52	37	1113.2099	--	1113.2099	0.6941	--	0.6941	1.1132	--	1.1132	32.7695	--	--	
--	--	0.38	0.38	--	1.27	1.27	84	2263.2318	1730.1450	3493.3768	2.7080	0.5329	2.7080	2.5147	1.3668	2.5147	7.0802	35.8124	--	
--	--	0.29	0.29	--	0.96	0.96	83	1388.0080	1238.0000	2626.0080	0.5310	0.4415	0.5310	1.5422	1.3756	1.5422	27.6402	32.5301	--	
--	--	0.04	0.04	--	0.14	0.14	150	834.1344	839.8879	1673.2224	0.0536	0.0538	0.0538	0.8268	0.5323	0.5323	39.7704	39.5764	--	
--	--	0.04	0.04	--	0.11	0.11	151	398.9121	553.8656	952.7776	0.0414	0.0414	0.0414	0.4432	0.6154	0.6154	39.9848	39.8562	--	
--	--	0.01	0.01	--	0.03	0.03	226	398.9121	553.8656	952.7776	0.0121	0.0121	0.0121	0.4432	0.6154	0.6154	39.9848	39.8562	--	
--	--	0.11	0.11	--	0.21	0.21	36	796.0119	1026.1350	1822.1469	0.1232	0.1369	0.1369	0.9990	1.2827	1.2827	25.7852	23.2041	--	
--	--	0.03	0.03	--	0.08	0.08	2	1472.2576	1552.4807	3024.8383	0.0630	0.0619	0.0630	1.6360	1.7250	1.6360	16.9698	15.9581	--	
--	--	0.09	0.09	--	0.30	0.30	3	1666.2094	1189.8918	2856.0612	0.2097	0.1286	0.2097	1.8913	1.3221	1.8913	15.9535	35.4851	--	
--	--	0.32	0.32	--	0.32	0.32	147	586.1451	294.4955	680.2916	0.3250	0.3250	0.3250	0.5861	0.2941	0.5861	14.7730	14.8038	--	

Εικόνα 12: Απόσπασμα αποτελεσμάτων I.X., TransCad™

#### 4.2.2. Αποτελέσματα VISUM™

Στο λογισμικό VISUM προκειμένου να προκύψουν αποτελέσματα ορίστηκαν από την καρτέλα Calculate, Procedure sequence οι παράμετροι προκειμένου να υπολογιστούν τα αποτελέσματα για τα I.X. Όπως φαίνεται παρακάτω, στο απόσπασμα της διαδικασίας (Εικόνα 13) για τα I.X. έγινε η επιλογή Equilibrium assignment.



Εικόνα 13: Διαδικασία παραγωγής αποτελεσμάτων, VISUM

Οι εντολές εκτελέστηκαν με επιτυχία, όπως παρουσιάζονται και στην Εικόνα 13 και παράχθηκαν αποτελέσματα με τη μορφή των παρακάτω Εικόνων 14-15, όπου αναλυτικά για κάθε σημείο (κυρίως από σημείο σε σημείο), ή για κάθε οδικό τμήμα αναφέρονται μεταξύ πολλών άλλων:

- Το μήκος
- Τι μέσο επιτρέπεται να περνάει (Ι.Χ., Λεωφορείο)
- Ο αριθμός λωρίδων
- Η χωρητικότητα
- Η μέγιστη ταχύτητα ελεύθερης ροής
- Ο φόρτος των οχημάτων που πέρασαν
- Ο χρόνος που χρειάστηκε για να περάσουν
- Η ταχύτητα που είχαν τα οχήματα



Count	No	FromNodeNo	ToNodeNo	TypeNo	TypeSet	Length	NumLanes	CapPct	VOPV	VolVehPT(AH)	VolVehPT(AP)	VolPesFu(TAH)	VolPesFu(TAP)	IMPT_CAPACITY_A	IMPT_CAPACITY_B
1	5	808	808	0	B.C	0.093m	1	900	31mph	1226	1226	1171	1171	900.00	900.00
2	5	808	9	0	B.C	0.093m	1	900	31mph	946	946	1187	1187	900.00	900.00
3	8	9	810	0	B.C	0.019m	1	900	31mph	615	615	1187	1187	900.00	900.00
4	8	810	9	0	B.C	0.019m	1	900	31mph	595	595	0	0	900.00	900.00
5	14	24	778	0	B.C	0.043m	1	1000	31mph	2442	2442	0	0	1000.00	1000.00
6	14	778	24	0	B.C	0.043m	1	900	31mph	0	0	0	0	1000.00	1000.00
7	15	26	826	0	B.C	0.236m	1	1000	25mph	1344	1344	0	0	1000.00	1000.00
8	15	826	26	0	B.C	0.236m	1	900	25mph	0	0	0	0	1000.00	1000.00
9	16	9	28	0	B.C	0.031m	1	900	25mph	321	321	0	0	900.00	900.00
10	16	28	9	0	B.C	0.031m	1	900	25mph	641	641	1171	1171	900.00	900.00
11	18	30	31	0	B.C	0.031m	1	900	19mph	0	0	0	0	900.00	900.00
12	18	31	30	0	B.C	0.031m	1	800	19mph	701	701	0	0	900.00	900.00
13	20	34	35	0	B.C	0.006m	1	900	25mph	1825	1825	0	0	900.00	900.00
14	20	35	34	0	B.C	0.006m	1	900	25mph	1510	1510	0	0	900.00	900.00
15	38	66	807	0	B.C	0.106m	1	900	25mph	1058	1058	0	0	900.00	900.00
16	38	807	66	0	B.C	0.106m	1	900	25mph	1046	1046	0	0	900.00	900.00
17	43	28	76	0	B.C	0.012m	1	900	25mph	1975	1975	0	0	900.00	900.00
18	43	76	28	0	B.C	0.012m	1	900	25mph	1487	1487	0	0	900.00	900.00
19	70	28	903	0	B.C	0.043m	1	900	25mph	1175	1175	0	0	900.00	900.00
20	70	903	28	0	B.C	0.043m	1	900	25mph	2025	2025	1171	1171	900.00	900.00
21	71	128	854	0	B.C	0.019m	1	900	19mph	0	0	0	0	1000.00	1000.00
22	71	854	128	0	B.C	0.019m	1	800	19mph	3046	3046	1171	1171	1000.00	1000.00
23	90	160	889	0	B.C	0.037m	1	900	25mph	1486	1486	0	0	900.00	900.00
24	90	889	160	0	B.C	0.037m	1	900	25mph	1389	1389	0	0	900.00	900.00
25	95	136	169	0	B.C	0.006m	1	900	25mph	1365	1365	0	0	900.00	900.00
26	95	169	136	0	B.C	0.006m	1	900	25mph	1486	1486	0	0	900.00	900.00
27	141	30	255	0	B.C	0.031m	1	900	19mph	1413	1413	0	0	900.00	900.00
28	141	255	30	0	B.C	0.031m	1	900	25mph	1274	1274	0	0	900.00	900.00
29	165	35	90	0	B.C	0.043m	1	900	25mph	1413	1413	0	0	900.00	900.00
30	165	90	35	0	B.C	0.043m	1	900	25mph	1274	1274	0	0	900.00	900.00
31	176	10	316	0	B.C	0.273m	1	900	19mph	0	0	0	0	900.00	900.00
32	176	316	10	0	B.C	0.273m	1	900	19mph	391	391	0	0	900.00	900.00
33	189	242	773	0	B.C	0.155m	1	900	25mph	1042	1042	0	0	900.00	900.00
34	189	773	242	0	B.C	0.155m	1	900	25mph	1258	1258	0	0	900.00	900.00
35	196	347	859	0	B.C	0.124m	1	900	19mph	138	138	0	0	900.00	900.00
36	196	859	347	0	B.C	0.124m	1	900	19mph	435	435	0	0	900.00	900.00
37	213	773	879	0	B.C	0.191m	1	900	19mph	14	14	0	0	900.00	900.00
38	213	879	773	0	B.C	0.191m	1	900	19mph	680	680	312	312	1000.00	1000.00
39	223	395	856	0	B.C	0.124m	1	1000	19mph	720	720	312	312	1000.00	1000.00
40	223	856	395	0	B.C	0.124m	1	1000	19mph	1020	1020	0	0	1000.00	1000.00
41	270	266	882	0	B.C	0.007m	1	900	31mph	942	942	0	0	900.00	900.00

Εικόνα 14: Απόσπασμα αποτελεσμάτων I.X., VISUM

Count	IMPT_FROM_LONGI	IMPT_ID	IMPT_LENGTH	IMPT_TO_FLAG1	IMPT_TO_ID1	IMPT_TO_ID2	IMPT_TO_LATITU	IMPT_TO_LONGITU	TCur_PTS_Sym(C)	VCur_PTS_Sym(C)
1	25878497	5	0.15	0	808	808	4084756	25880218	31e	11mph
2	25878497	5	0.15	0	808	808	4084756	25880218	23e	19mph
3	25878497	8	0.03	0	810	810	4084464	25878179	3e	21mph
4	25878497	8	0.03	0	810	810	4084464	25878179	3e	22mph
5	25874110	14	0.07	0	778	778	40843599	25873751	35e	4mph
6	25874110	14	0.07	0	778	778	40843599	25873751	5e	31mph
7	25859532	15	0.38	0	826	826	4084892	25853096	1mm 31e	9mph
8	25859532	15	0.38	0	826	826	4084892	25853096	34e	25mph
9	25878497	16	0.05	0	28	28	4084597	25877962	5e	22mph
10	25878497	16	0.05	0	28	28	4084597	25877962	7e	19mph
11	25859308	18	0.05	0	31	31	40843557	25859649	6e	19mph
12	25859308	18	0.05	0	31	31	40843557	25859649	11e	11mph
13	25876369	20	0.01	0	35	35	40842605	25876405	5e	5mph
14	25876369	20	0.01	0	35	35	40842605	25876405	3e	7mph
15	25877920	38	0.17	0	807	807	4084896	25879912	38e	10mph
16	25877920	38	0.17	0	807	807	4084896	25879912	36e	11mph
17	25878020	43	0.02	0	28	28	4084597	25877962	10e	4mph
18	25878020	43	0.02	0	28	28	4084597	25877962	7e	7mph
19	25877962	70	0.07	0	903	903	4084597	25877077	17e	9mph
20	25877962	70	0.07	0	903	903	4084597	25877077	30e	4mph
21	25876392	71	0.03	0	854	854	4084562	25876068	4e	12mph
22	25876392	71	0.03	0	854	854	4084562	25876068	56e	1mph
23	25855203	90	0.06	0	889	889	4084189	25864490	20e	7mph
24	25855203	90	0.06	0	889	889	4084189	25864490	18e	8mph
25	2585440	95	0.01	0	169	169	4084123	25842452	3e	9mph
26	2585440	95	0.01	0	169	169	4084123	25842452	3e	7mph
27	25875795	141	0.05	0	90	90	40843171	25876028	16e	7mph
28	25875795	141	0.05	0	90	90	40843171	25876028	14e	8mph
29	25876405	165	0.07	0	90	90	40843171	25876028	22e	7mph
30	25876405	165	0.07	0	90	90	40843171	25876028	19e	8mph
31	25885119	176	0.44	0	316	316	4084051	25880777	53e	15mph
32	25885119	176	0.44	0	316	316	4084051	25880777	1mm 31e	3e
33	25882077	189	0.25	0	773	773	40851386	25879448	53e	11mph
34	25882077	189	0.25	0	773	773	40851386	25879448	1mm 5e	8mph
35	25867540	196	0.20	0	859	859	40852792	25869800	25e	18mph
36	25867540	196	0.20	0	859	859	40852792	25869800	30e	15mph
37	25879448	213	0.03	0	879	879	40851234	25879153	4e	12mph
38	25879448	213	0.03	0	879	879	40851234	25879153	6e	12mph
39	25871685	223	0.20	0	856	856	40851183	25869851	36e	13mph
40	25871685	223	0.20	0	856	856	40851183	25869851	43e	9mph
41	24877383	270	0.01	0	882	882	40841847	24877384	8e	15mph

Εικόνα 15: Απόσπασμα αποτελεσμάτων I.X., VISUM

### 4.3. Περαιτέρω ανάλυση αποτελεσμάτων

Προκειμένου να αναλυθούν βαθύτερα και να γίνουν περισσότερο κατανοητά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα δύο λογισμικά, πραγματοποιήθηκε μια στατιστική σύγκριση σε τρία βασικά μεγέθη της παρούσας μελέτης, δηλαδή στον «Φόρτο», στο «Χρόνο» και στην «Ταχύτητα των Οχημάτων» και στις τρεις περιπτώσεις (α), (β), (γ) που προαναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο (3.5).

Η σύγκριση αυτή έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος IBM SPSS Statistics. Τα δεδομένα φόρτου, χρόνου και ταχύτητας εισήχθησαν στο λογισμικό IBM SPSS (Εικόνες 16 – 17) και ακολούθησε η επιλογή σύγκρισης με τη μη παραμετρική μέθοδο Mann-Whitney U test σε ανεξάρτητα δείγματα (Εικόνα 18).

	FORTOS_V	FORTOS_T	XRONOS_V	XRONOS_T	TAXYHTA_V	TAXYHTA_T	FORTOI	GROUP	XRONOI	TAXYHTES	var	var	var	var	var	var
1	2192.00	2050.00	48.00	38.00	11.00	14.00	2192.00	1.00	48.00	11.00						
2	982.00	1236.00	12.00	14.00	44.00	37.00	982.00	1.00	12.00	44.00						
3	294.00	300.00	2.00	2.00	50.00	50.00	294.00	1.00	2.00	50.00						
4	579.00	482.00	2.00	2.00	49.00	50.00	579.00	1.00	2.00	49.00						
5	2703.00	2326.00	45.00	28.00	6.00	9.00	2703.00	1.00	45.00	6.00						
6	.00	.00	5.00	.00	50.00	50.00	.00	1.00	5.00	50.00						
7	1844.00	1495.00	75.00	48.00	18.00	29.00	1844.00	1.00	75.00	18.00						
8	.00	.00	.00	.00	50.00	50.00	.00	1.00	.00	50.00						
9	687.00	936.00	4.00	4.00	48.00	45.00	687.00	1.00	4.00	48.00						
10	1614.00	1568.00	7.00	6.00	25.00	26.00	1614.00	1.00	7.00	25.00						
11	670.00	1612.00	4.00	8.00	49.00	3.00	670.00	1.00	4.00	49.00						
12	1506.00	2132.00	6.00	16.00	28.00	12.00	1506.00	1.00	6.00	28.00						
13	2343.00	1886.00	4.00	2.00	9.00	17.00	2343.00	1.00	4.00	9.00						
14	2137.00	1793.00	3.00	2.00	12.00	20.00	2137.00	1.00	3.00	12.00						
15	2371.00	2121.00	70.00	50.00	9.00	12.00	2371.00	1.00	70.00	9.00						
16	2237.00	2006.00	58.00	42.00	11.00	15.00	2237.00	1.00	58.00	11.00						
17	2100.00	1879.00	5.00	4.00	13.00	17.00	2100.00	1.00	5.00	13.00						
18	1647.00	1654.00	3.00	3.00	24.00	24.00	1647.00	1.00	3.00	24.00						
19	1271.00	1649.00	7.00	11.00	36.00	24.00	1271.00	1.00	7.00	36.00						
20	2783.00	2391.00	50.00	32.00	5.00	8.00	2783.00	1.00	50.00	5.00						
21	417.00	816.00	2.00	2.00	50.00	47.00	417.00	1.00	2.00	50.00						
22	4696.00	3772.00	163.00	62.00	1.00	2.00	4696.00	1.00	163.00	1.00						
23	1420.00	1487.00	7.00	7.00	31.00	29.00	1420.00	1.00	7.00	31.00						
24	2320.00	2292.00	23.00	21.00	9.00	10.00	2320.00	1.00	23.00	9.00						
25	2320.00	2292.00	4.00	5.00	9.00	10.00	2320.00	1.00	4.00	9.00						
26	1420.00	1487.00	1.00	2.00	31.00	29.00	1420.00	1.00	1.00	31.00						
27	1725.00	1630.00	8.00	8.00	21.00	24.00	1725.00	1.00	8.00	21.00						
28	1844.00	1878.00	10.00	11.00	18.00	17.00	1844.00	1.00	10.00	18.00						
29	1725.00	1630.00	12.00	11.00	21.00	24.00	1725.00	1.00	12.00	21.00						

Εικόνα 16: Εισαγωγή δεδομένων στο IBM SPSS

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	FORTOS_V	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
2	FORTOS_T	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
3	XRONOS_V	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
4	XRONOS_T	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
5	TAXYHTA_V	Numeric	8	2		None	None	10	Right	Scale	Input
6	TAXYHTA_T	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
7	FORTOI	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
8	GROUP	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Ordinal	Input
9	XRONOI	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
10	TAXYHTES	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											

Εικόνα 17: Εισαγωγή - επεξεργασία δεδομένων στο IBM SPSS

Ο μη παραμετρικός στατιστικός έλεγχος Mann-Whitney U test χρησιμοποιείται για να συγκρίνει τις διαφορές ανάμεσα σε δύο ανεξάρτητα δείγματα όταν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι τακτική ή συνεχής, αλλά δεν κατανέμεται κανονικά. Ο παραμετρικός αυτός έλεγχος χρησιμοποιείται προκειμένου να εξεταστεί αν τα δύο αυτά δείγματα προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό (Μπούτσικας, 2004). Οι υποθέσεις που ελέγχονται είναι οι εξής:

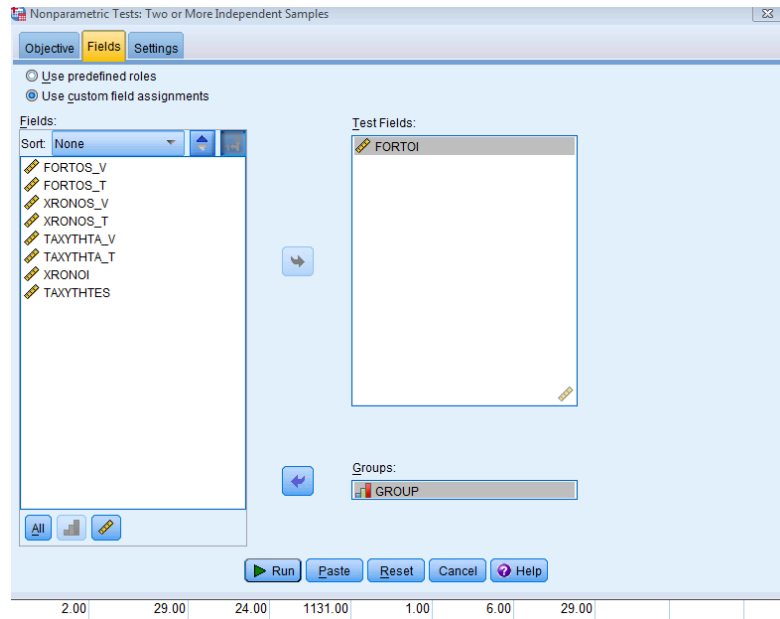
$H_0$  : Δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο δειγμάτων (Οι μέσοι όροι είναι ισοδύναμοι)

$H_1$ : Τα δύο δείγματα διαφέρουν (Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο δειγμάτων).

Αν  $p < \alpha$  (0.05) η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται.

Ο έλεγχος Mann-Whitney U θεωρείται συχνά ως η μη παραμετρική εναλλακτική λύση στην ανεξάρτητη t-test, αν και αυτό δεν ισχύει πάντοτε. Σε αντίθεση με την ανεξάρτητη-t-test, ο έλεγχος Mann-Whitney U επιτρέπει την εξαγωγή διαφορετικών συμπερασμάτων, ανάλογα με τις εκάστοτε παραδοχές για την κατανομή των δεδομένων, δηλαδή τα

συμπεράσματα εξαρτώνται από το σχήμα της κατανομής των δεδομένων (Mann-Whitney U test in SPSS, 2014)



Εικόνα 18: Επεξεργασία ανάλυσης Mann-Whitney U test

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ανάλυση Mann-Whitney U παρουσιάζονται παρακάτω, όπως ακριβώς εξήγησαν από το λογισμικό SPSS σε κάθε περίπτωση.

Τέλος με τη βοήθεια του λογισμικού πακέτου SPSS, εξετάστηκαν οι συσχετίσεις (correlations) μεταξύ των «Φόρτων», «Ταχυτήτων» και των «Χρόνων», προκειμένου να μελετηθεί το τι είδους σχέση υπάρχει μεταξύ των μεγεθών. Η συσχέτιση είναι ένα μέτρο περιγραφής της γραμμικής εξάρτησης μεταξύ δύο μεταβλητών και χρησιμοποιήθηκαν διμεταβλητές δοκιμές συσχέτισης (Bivariate Correlations).

Με αυτόν τον τρόπο λοιπόν εξετάστηκε αν η σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών είναι γραμμική και εντοπίστηκαν οι σχετικοί συντελεστές συσχέτισης. Ο συντελεστής συσχέτισης υποδεικνύει εάν, σε τι βαθμό και με ποιο τρόπο σχετίζονται δύο μεγέθη, δηλαδή εάν οι τιμές ενός μεγέθους επηρεάζονται από τις τιμές ενός άλλου μεγέθους.

Ωστόσο δεν παρέχει πληροφορία για τη φορά επίδρασης μεταξύ των δύο μεγεθών (Garczynski, 2014)

Σε κάθε περίπτωση εξετάστηκαν τα μεγέθη και με βάση τη συσχέτιση που έχουν μεταξύ τους. Σε όλα τα μεγέθη επιλέχθηκε ο συντελεστής Spearman, καθώς ως μεταβλητή δεν καταγράφεται σε τακτική κλίμακα (ordinal scale).

Επίσης, και στα τρία μεγέθη επιλέχθηκε έλεγχος δύο άκρων (Two-tailed test of Significance) καθώς δεν προκύπτει κάποια ένδειξη για το είδος της συσχέτισης (αρνητική ή θετική).

#### **4.3.1 Ανάλυση Αποτελεσμάτων Περίπτωσης (α)**

Σε ό,τι αφορά την περίπτωση (α), όπου όπως έχει προαναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο αφορά όλα τα στοιχεία που είχαν παρουσιαστεί σε προηγούμενες μελέτες, τα αποτελέσματα της Mann Whitney τεστ παρουσιάζονται παρακάτω.

### Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of FORTOI is the same across categories of GROUP.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.852	Retain the null hypothesis.

### Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of XRONOI is the same across categories of GROUP.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	Reject the null hypothesis.

### Hypothesis Test Summary

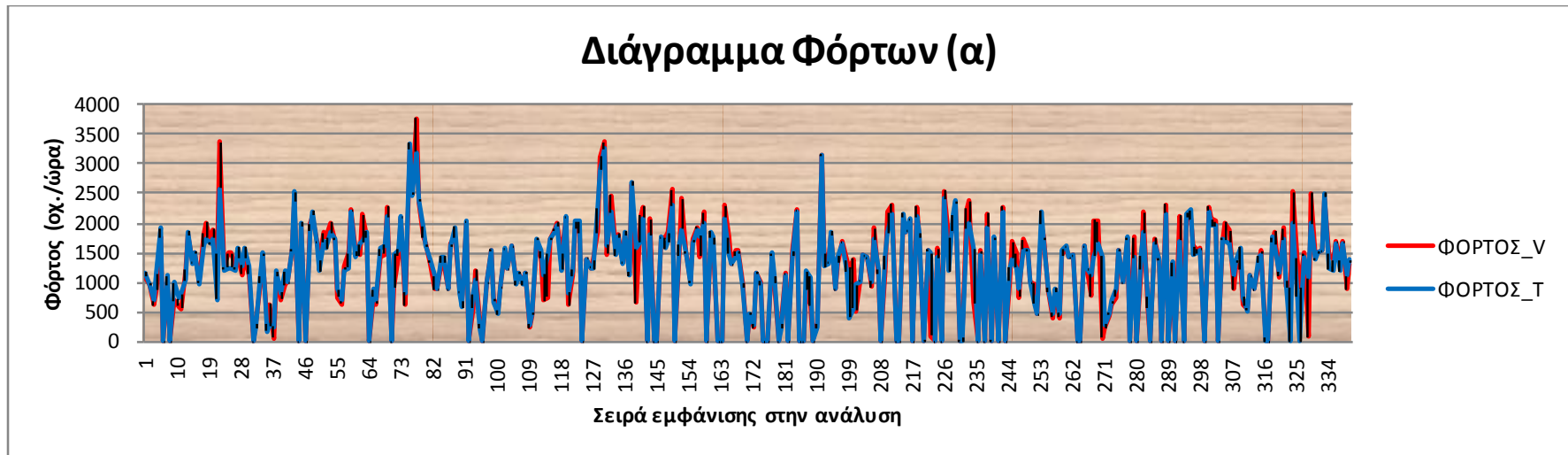
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of TAXYHTES is the same across categories of GROUP.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.530	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

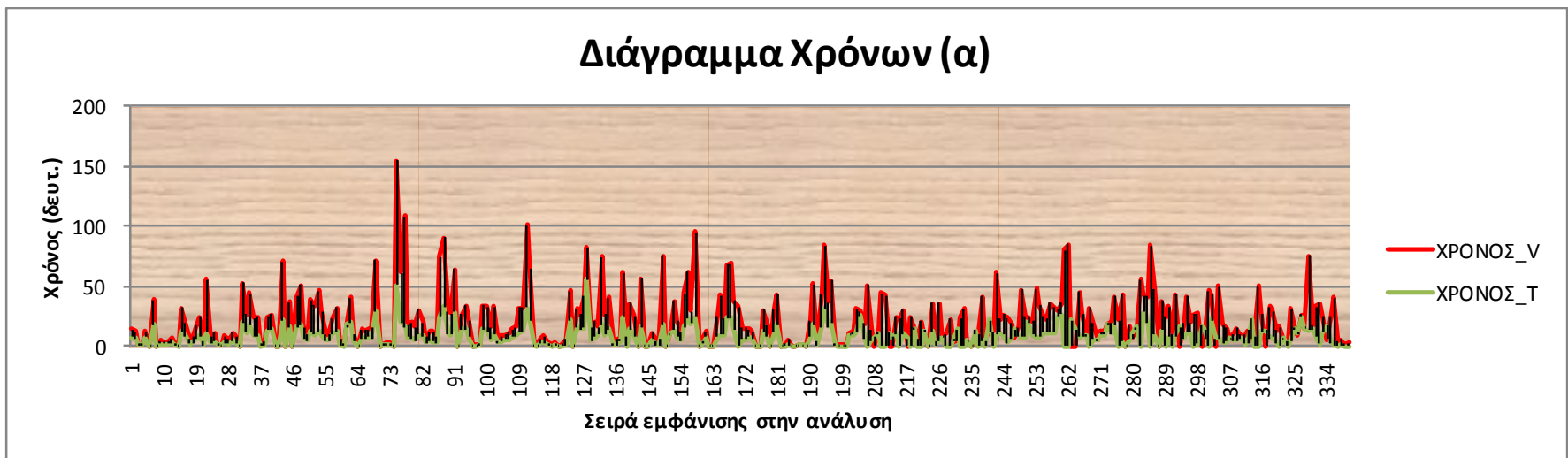
Εικόνα 19: Αποτελέσματα Mann-Whitney test Περίπτωσης (α)

Από την εικόνα 19 (Output) του SPSS παρατηρείται ότι η μηδενική υπόθεση γίνεται αποδεκτή, για την κατανομή μεταξύ των φόρτων και των ταχυτήτων, σύμφωνα με το Mann-Whitney τεστ. Εδώ παρατηρείται ότι το επίπεδο σημαντικότητας ( $p$ ) είναι 0,852 για τους φόρτους και 0,530 για τις ταχύτητες, δηλαδή μεγαλύτερες από το 0,05 όριο κάτω από το οποίο απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση, όπως συμβαίνει στο μέγεθος του χρόνου με  $p=0$  μικρότερο του 0,05.

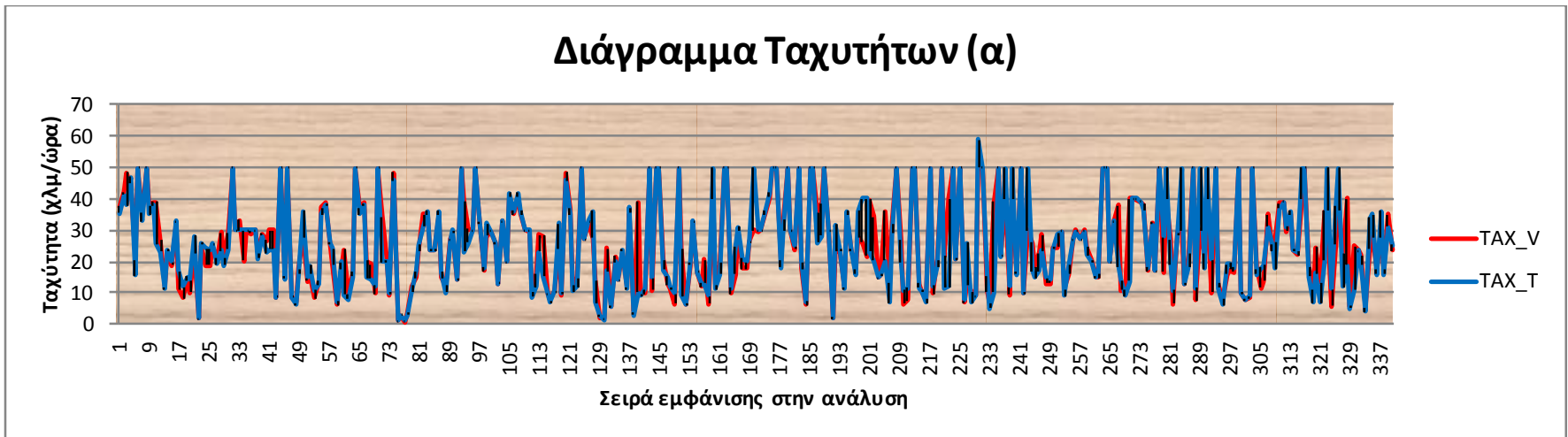




Σχήμα 2: Διάγραμμα Φόρτων, Περίπτωση (α)



Σχήμα 3: Διάγραμμα Χρόνων, Περίπτωση (α)



Σχήμα 4: Διάγραμμα Ταχυτήτων, Περίπτωση (α)



Προκειμένου να οπτικοποιηθεί ο τρόπος με τον οποίο μεταβάλλονται τα μεγέθη του φόρτου, του χρόνου και της ταχύτητας αποτυπώθηκαν στα σχήματα 2,3,4 οι συγκρίσεις των τιμών τους στα δύο λογισμικά.

Εν πρώτοις λοιπόν, παρατηρείται ότι το λογισμικό VISUM™ έχει μικρότερη διακύμανση από το λογισμικό TransCad™ στα μεγέθη του φόρτου και της ταχύτητας. Αξίζει να σημειωθεί ως βασική παρατήρηση πως οι γραμμές αποτελεσμάτων των δυο μεγεθών συνδιακυμούνται, κάτι που αποδεικνύει ότι οι τιμές των δύο λογισμικών δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Ωστόσο στο σχήμα 3 παρατηρείται ότι το λογισμικό VISUM™ υπερεκτιμάει το μέγεθος του χρόνου σε σχέση με το TransCad™.

Από την ανάλυση με βάση το συντελεστή συσχέτισης Spearman (πίνακας 2), για τους φόρτους προκύπτει πως υπάρχει σημαντική θετική σχέση μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο λογισμικών. Η συσχέτιση μεταξύ των τιμών του φόρτου VISUM™ και TransCad™ είναι 0.948 (πιο συγκεκριμένα  $1 \rightarrow 0.948$ ) σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 (Sig.  $\rightarrow .000$ ), δηλαδή κατά 95% εκτιμούν το ίδιο μέγεθος. Με βάση τον ίδιο συντελεστή συσχέτισης προκύπτει σημαντική θετική σχέση μεταξύ των αποτελεσμάτων της ταχύτητας των δύο λογισμικών και πιο συγκεκριμένα η συσχέτιση μεταξύ των τιμών της ταχύτητας VISUM™ και TransCad™ είναι 0.893 (πιο συγκεκριμένα  $1 \rightarrow 0.893$ ) σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 (Sig.  $\rightarrow .000$ ), δηλαδή κατά 89% εκτιμούν το ίδιο μέγεθος. Τέλος, με βάση τον ίδιο συντελεστή συσχέτισης προκύπτει θετική σχέση μεταξύ των αποτελεσμάτων του χρόνου των δύο λογισμικών και πιο συγκεκριμένα η συσχέτιση μεταξύ των τιμών του χρόνου VISUM™ και TransCad™ είναι 0.596 (πιο συγκεκριμένα  $1 \rightarrow 0.596$ ) σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 (Sig.  $\rightarrow .000$ ), δηλαδή κατά 60% εκτιμούν το ίδιο μέγεθος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η στατιστική σημαντικότητα είναι η δήλωση της πιθανότητας να προκύψει ο δεδομένος συντελεστής συσχέτισης για ένα δείγμα δεδομένων αν δεν υπάρχει συσχέτιση (δηλαδή, αν η συσχέτιση είναι 0.00) στον πληθυσμό από τον οποίο λαμβάνεται το δείγμα.

Μετά την απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης και τη σχετικά χαμηλή συσχέτιση που παρουσιάζει το μέγεθος του χρόνου πραγματοποιήθηκε περαιτέρω ανάλυση (Περίπτωση β).

**Correlations**

			FORTOS_V	FORTOS_T
Spearman's rho	FORTOS_V	Correlation Coefficient	1.000	.948**
		Sig. (2-tailed)	.	.000
		N	340	340
	FORTOS_T	Correlation Coefficient	.948**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.
		N	340	340

**Correlations**

			XRONOS_V	XRONOS_T
Spearman's rho	XRONOS_V	Correlation Coefficient	1.000	.596**
		Sig. (2-tailed)	.	.000
		N	340	340
	XRONOS_T	Correlation Coefficient	.596**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.
		N	340	340

**Correlations**

			TAXYTHTA_V	TAXYTHTA_T
Spearman's rho	TAXYTHTA_V	Correlation Coefficient	1.000	.893**
		Sig. (2-tailed)	.	.000
		N	340	340
	TAXYTHTA_T	Correlation Coefficient	.893**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.
		N	340	340

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας 2: Συσχετίσεις μεγεθών φόρτου, χρόνου, ταχύτητας Περίπτωση (α)

### 4.3.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων Περίπτωσης (β)

Σε ό,τι αφορά την περίπτωση (β), εισήχθησαν όλα τα στοιχεία όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, με τη διαφορά ότι η χωρητικότητα (capacity) και η ταχύτητα ελεύθερης ροής σε όλους τους συνδέσμους πήραν την τιμή 1000 και 50χλμ./ώρα αντίστοιχα.

**Hypothesis Test Summary**

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of FORTOI is the same across categories of GROUP.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.300	Retain the null hypothesis.

**Hypothesis Test Summary**

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of XRONOI is the same across categories of GROUP.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	Reject the null hypothesis.

**Hypothesis Test Summary**

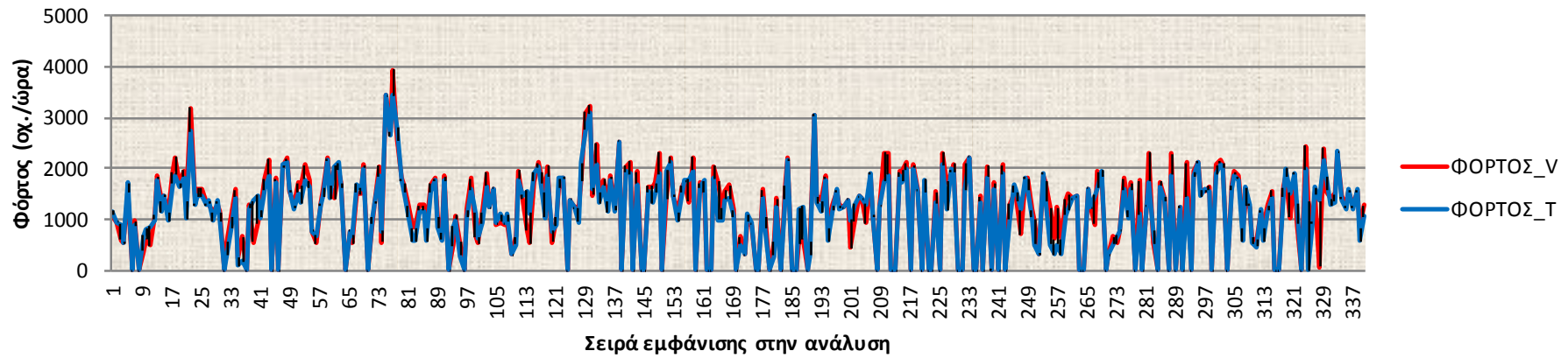
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of TAXYHTES is the same across categories of GROUP.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.168	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

*Εικόνα 20: Αποτελέσματα Mann - Whitney U test Περίπτωση (β)*

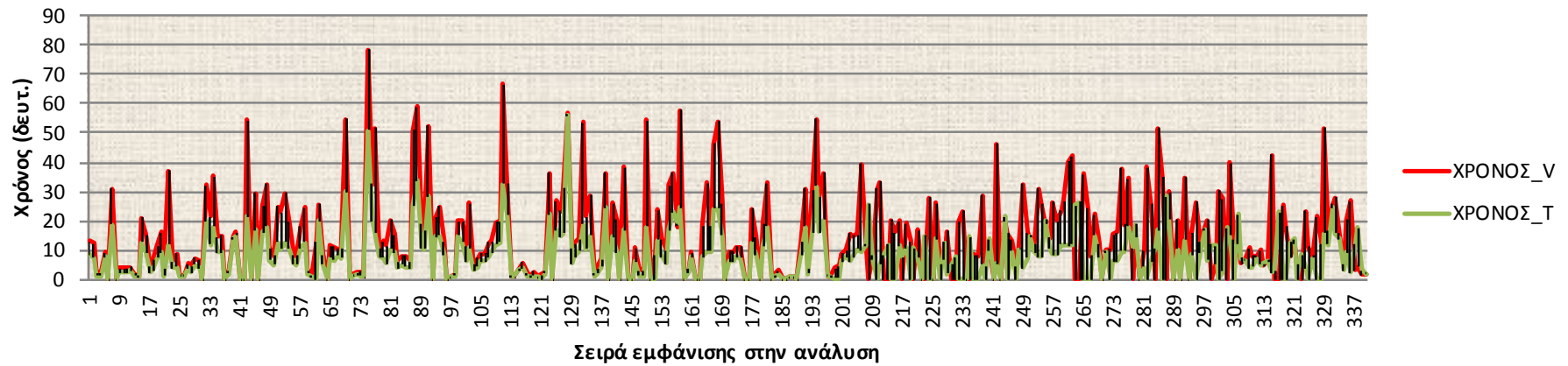
Από την παραπάνω εικόνα 20 (Output) του SPSS παρατηρείται ότι η μηδενική υπόθεση γίνεται αποδεκτή, για την κατανομή μεταξύ των φόρτων και των ταχυτήτων, σύμφωνα με το Mann-Whitney τεστ. Εδώ παρατηρείται ότι το επίπεδο σημαντικότητας ( $p$ ) είναι 0,300 για τους φόρτους και 0,168 για τις ταχύτητες, δηλαδή μεγαλύτερες από το 0,05 όριο κάτω από το οποίο απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση, όπως συμβαίνει στο μέγεθος του χρόνου με  $p=0$  μικρότερο του 0,05.

### Διάγραμμα Φόρτων (β)



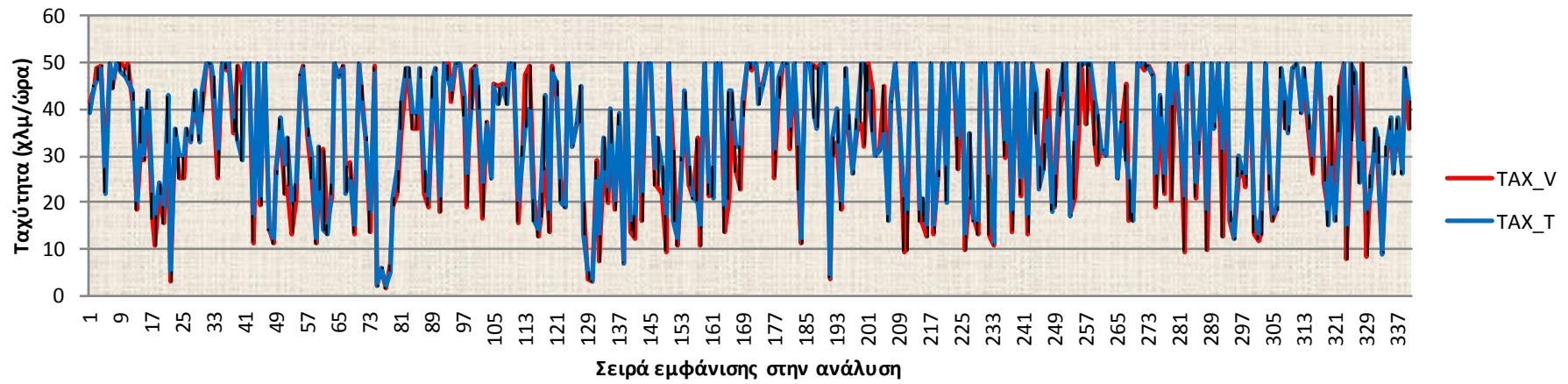
Σχήμα 5: Διάγραμμα Φόρτων, Περίπτωση (β)

### Διάγραμμα Χρόνων (β)



Σχήμα 6: Διάγραμμα Χρόνων, Περίπτωση (β)

## Διάγραμμα Ταχυτήτων (β)



Σχήμα 7: Διάγραμμα Ταχυτήτων, Περίπτωση (β)



Προκειμένου να οπτικοποιηθεί ο τρόπος με τον οποίο μεταβάλλονται τα μεγέθη του φόρτου, του χρόνου και της ταχύτητας αποτυπώθηκαν στα σχήματα 5,6,7 οι συγκρίσεις των τιμών τους στα δύο λογισμικά.

Εν πρώτοις λοιπόν, παρατηρείται ότι το λογισμικό VISUM™ έχει μικρότερη διακύμανση από το λογισμικό TransCad™ στα μεγέθη του φόρτου και της ταχύτητας, όπως και στην περίπτωση (α). Αξίζει να σημειωθεί ως βασική παρατήρηση πως οι γραμμές αποτελεσμάτων των δυο μεγεθών συνδιακυμούνται, κάτι που αποδεικνύει ότι οι τιμές των δύο λογισμικών δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Ωστόσο στο σχήμα 6 παρατηρείται ότι το λογισμικό VISUM™ εξακολουθεί να υπερεκτιμάει το μέγεθος του χρόνου σε σχέση με το TransCad™.

Από την ανάλυση με βάση το συντελεστή συσχέτισης Spearman (πίνακας 3), για τους φόρτους προκύπτει πως υπάρχει σημαντική θετική σχέση μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο λογισμικών. Η συσχέτιση μεταξύ των τιμών του φόρτου VISUM™ και TransCad™ είναι 0.938 (πιο συγκεκριμένα  $1 \rightarrow 0.938$ ) σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 (Sig.  $\rightarrow .000$ ), δηλαδή κατά 94% εκτιμούν το ίδιο μέγεθος. Με βάση τον ίδιο συντελεστή συσχέτισης προκύπτει σημαντική θετική σχέση μεταξύ των αποτελεσμάτων της ταχύτητας των δύο λογισμικών και πιο συγκεκριμένα η συσχέτιση μεταξύ των τιμών της ταχύτητας VISUM™ και TransCad™ είναι 0.929 (πιο συγκεκριμένα  $1 \rightarrow 0.929$ ) σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 (Sig.  $\rightarrow .000$ ), δηλαδή κατά 93% εκτιμούν το ίδιο μέγεθος. Τέλος, με βάση τον ίδιο συντελεστή συσχέτισης προκύπτει θετική σχέση μεταξύ των αποτελεσμάτων του χρόνου των δύο λογισμικών και πιο συγκεκριμένα η συσχέτιση μεταξύ των τιμών του χρόνου VISUM™ και TransCad™ είναι 0.589 (πιο συγκεκριμένα  $1 \rightarrow 0.589$ ) σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 (Sig.  $\rightarrow .000$ ), δηλαδή κατά 59% εκτιμούν το ίδιο μέγεθος.

Μετά την απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης και τη σχετικά χαμηλή συσχέτιση που παρουσιάζει το μέγεθος του χρόνου πραγματοποιήθηκε περαιτέρω ανάλυση (Περίπτωση γ).

**Correlations**

			FORTOS_V	FORTOS_T
Spearman's rho	FORTOS_V	Correlation Coefficient	1.000	.938**
		Sig. (2-tailed)	.	.000
		N	340	340
	FORTOS_T	Correlation Coefficient	.938**	1.000
Sig. (2-tailed)		.000	.	
N		340	340	

**Correlations**

			XRONOS_V	XRONOS_T
Spearman's rho	XRONOS_V	Correlation Coefficient	1.000	.589**
		Sig. (2-tailed)	.	.000
		N	340	340
	XRONOS_T	Correlation Coefficient	.589**	1.000
Sig. (2-tailed)		.000	.	
N		340	340	

**Correlations**

			TAXYTHTA_V	TAXYTHTA_T
Spearman's rho	TAXYTHTA_V	Correlation Coefficient	1.000	.929**
		Sig. (2-tailed)	.	.000
		N	340	340
	TAXYTHTA_T	Correlation Coefficient	.929**	1.000
Sig. (2-tailed)		.000	.	
N		340	340	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*Πίνακας 3: Συσχετίσεις μεγεθών φόρτου, χρόνου, ταχύτητας Περίπτωση (β)*



### 4.3.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων Περίπτωσης (γ)

Σε ό,τι αφορά την περίπτωση (γ), εισηχθησαν όλα τα στοιχεία όπως και στην προηγούμενη περίπτωση (β), με τη διαφορά ότι διαγράφηκαν όλοι οι σύνδεσμοι των κεντροειδών πλην ενός (σε κάθε λογισμικό διατηρήθηκε ο ίδιος σύνδεσμος).

**Hypothesis Test Summary**

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of FORTOI is the same across categories of GROUP.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.303	Retain the null hypothesis.

**Hypothesis Test Summary**

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of XRONOI is the same across categories of GROUP.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.207	Retain the null hypothesis.

**Hypothesis Test Summary**

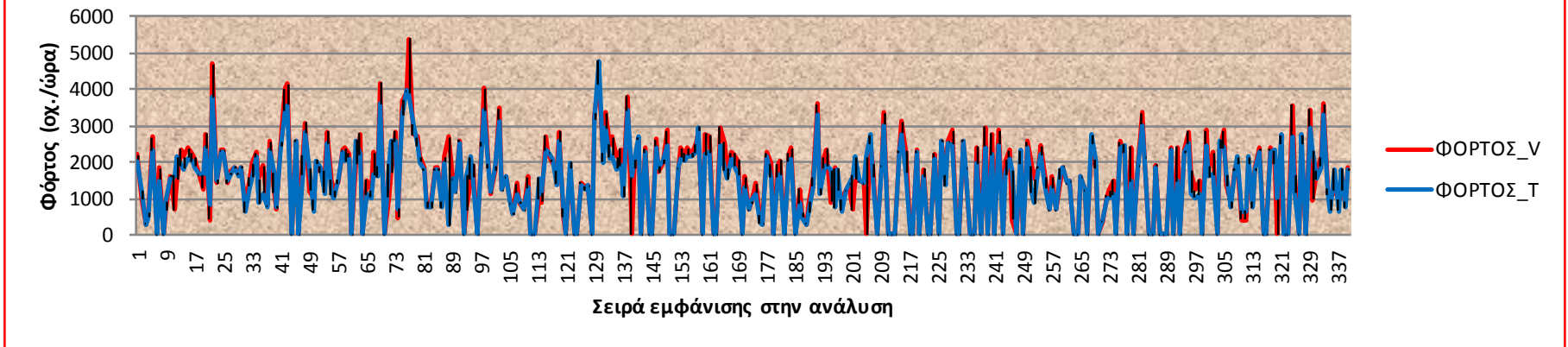
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of TAXYHTES is the same across categories of GROUP.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.721	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

*Εικόνα 21: Αποτελέσματα Mann - Whitney U test Περίπτωση (γ)*

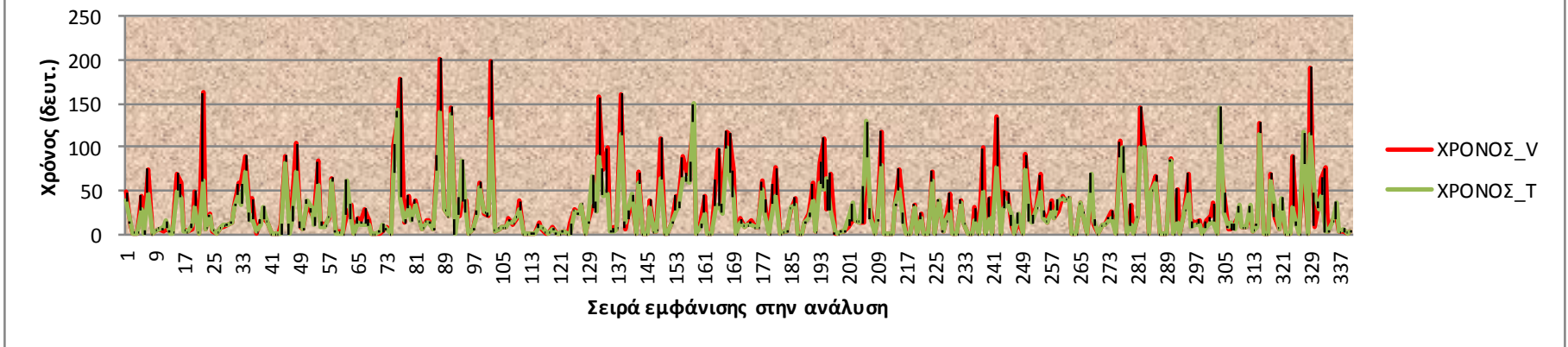
Από την παραπάνω εικόνα 21 (Output) του SPSS παρατηρείται ότι η μηδενική υπόθεση γίνεται αποδεκτή, για την κατανομή μεταξύ των φόρτων και των ταχυτήτων, σύμφωνα με το Mann-Whitney τεστ, όπως άλλωστε και στις προηγούμενες δυο περιπτώσεις. Εδώ παρατηρείται ότι το επίπεδο σημαντικότητας ( $p$ ) είναι 0,303 για τους φόρτους και 0,721 για τις ταχύτητες, δηλαδή μεγαλύτερες από το 0,05 όριο κάτω από το οποίο απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση. Στην περίπτωση που εξετάζουμε τη κατανομή και στο μέγεθος του χρόνου, σύμφωνα με το Mann-Whitney τεστ η μηδενική υπόθεση γίνεται αποδεκτή με  $p=0,207$  μεγαλύτερο του 0,05.

### Διάγραμμα Φόρτων (γ)

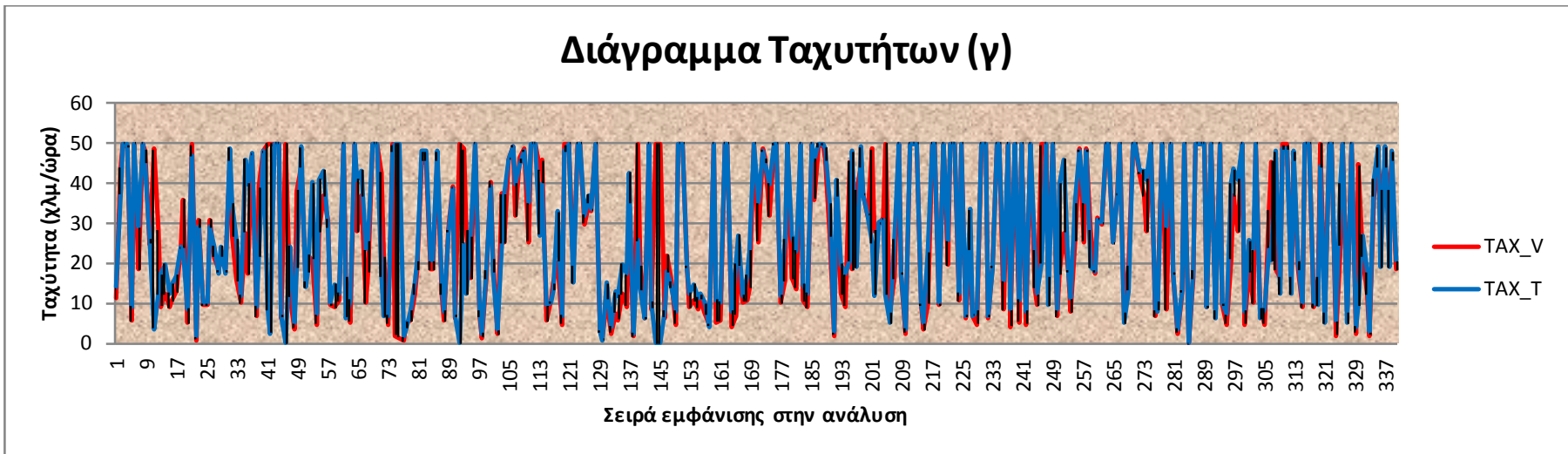


Σχήμα 8: Διάγραμμα Φόρτων, Περίπτωση (γ)

### Διάγραμμα Χρόνων (γ)



Σχήμα 9: Διάγραμμα Χρόνων, Περίπτωση (γ)



Σχήμα 10: Διάγραμμα Ταχυτήτων, Περίπτωση (γ)



Προκειμένου να οπτικοποιηθεί ο τρόπος με τον οποίο μεταβάλλονται τα μεγέθη του φόρτου, του χρόνου και της ταχύτητας αποτυπώθηκαν στα σχήματα 8,9,10 οι συγκρίσεις των τιμών τους στα δύο λογισμικά.

Εν πρώτοις λοιπόν, παρατηρείται ότι το λογισμικό VISUM™ έχει μικρότερη διακύμανση από το λογισμικό TransCad™ στα μεγέθη του φόρτου, της ταχύτητας αλλά κυρίως και του χρόνου. Αξίζει να σημειωθεί ως βασική παρατήρηση πως οι γραμμές αποτελεσμάτων και των τριών μεγεθών συνδιακουμούνται, κάτι που αποδεικνύει ότι οι τιμές των δύο λογισμικών δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Από την ανάλυση με βάση το συντελεστή συσχέτισης Spearman (πίνακας 4), για τους φόρτους προκύπτει πως υπάρχει σημαντική θετική σχέση μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο λογισμικών. Η συσχέτιση μεταξύ των τιμών του φόρτου VISUM™ και TransCad™ είναι 0.920 (πιο συγκεκριμένα 1→0.920) σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 (Sig. →.000), δηλαδή κατά 92% εκτιμούν το ίδιο μέγεθος. Με βάση τον ίδιο συντελεστή συσχέτισης προκύπτει σημαντική θετική σχέση μεταξύ των αποτελεσμάτων της ταχύτητας των δύο λογισμικών και πιο συγκεκριμένα η συσχέτιση μεταξύ των τιμών της ταχύτητας VISUM™ και TransCad™ είναι 0.806 (πιο συγκεκριμένα 1→0.806) σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 (Sig. →.000), δηλαδή κατά 81% εκτιμούν το ίδιο μέγεθος. Τέλος, με βάση τον ίδιο συντελεστή συσχέτισης προκύπτει θετική σχέση μεταξύ των αποτελεσμάτων του χρόνου των δύο λογισμικών και πιο συγκεκριμένα η συσχέτιση μεταξύ των τιμών του χρόνου VISUM™ και TransCad™ είναι 0.942 (πιο συγκεκριμένα 1→0.942) σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 (Sig. →.000), δηλαδή κατά 94% εκτιμούν το ίδιο μέγεθος.

**Correlations**

			FORTOS_V	FORTOS_T
Spearman's rho	FORTOS_V	Correlation Coefficient	1.000	.920**
		Sig. (2-tailed)	.	.000
		N	340	340
	FORTOS_T	Correlation Coefficient	.920**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.
		N	340	340

**Correlations**

			XRONOS_V	XRONOS_T
Spearman's rho	XRONOS_V	Correlation Coefficient	1.000	.942**
		Sig. (2-tailed)	.	.000
		N	340	340
	XRONOS_T	Correlation Coefficient	.942**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.
		N	340	340

**Correlations**

			TAXYTHTA_V	TAXYTHTA_T
Spearman's rho	TAXYTHTA_V	Correlation Coefficient	1.000	.806**
		Sig. (2-tailed)	.	.000
		N	340	340
	TAXYTHTA_T	Correlation Coefficient	.806**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.
		N	340	340

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*Πίνακας 4: Συσχετίσεις μεγεθών φόρτου, χρόνου, ταχύτητας Περίπτωση (γ)*

#### 4.4. Ερμηνεία Αποτελεσμάτων

Με βάση τα αποτελέσματα της παραπάνω ανάλυσης, κρίθηκε σκόπιμη μια σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση, προκειμένου να διερευνηθεί ο λόγος που μπορεί να οφείλονται οι διαφορές που προκύπτουν στη μεταβλητή των χρόνων. Έτσι λοιπόν, εντοπίστηκε ότι τα δύο αυτά προγράμματα χρησιμοποιούν ελαφρώς διαφορετικούς σχηματισμούς στους εσωτερικούς τους αλγόριθμους (Boyce & Xie, 2013). Το μεν TransCad™ χρησιμοποιεί τον Origin User Equilibrium (OUE), ενώ το VISUM™ χρησιμοποιεί τον Local User Cost Equilibrium (LUCE).

Αν και το θέμα του καταμερισμού είναι ένα αρκετά ώριμο ζήτημα στη μοντελοποίηση των μεταφορών, το να βρεθεί η ακριβής ισορροπία σε πραγματικά δίκτυα εξακολουθεί να είναι ένα δύσκολο και άλυτο πρόβλημα. Στην πράξη, οι αλγόριθμοι που διατίθενται σήμερα δεν είναι πραγματικά ικανοποιητικοί για πολλές εφαρμογές, καθώς δεν παράγουν σε εύλογο χρονικό διάστημα αρκετά καλά αποτελέσματα που να επιτρέπουν συνεπείς συγκρίσεις μεταξύ των σεναρίων σχεδιασμού. Έστω και μικρά σφάλματα στην επαναληπτική διαδικασία δεν επιτρέπουν την εκτίμηση των πραγματικών διαφορών μεταξύ των ισορροπιών, και μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένα συμπεράσματα σε σχετικά έργα, δυσχεραίνοντας τις προσπάθειες μοντελοποίησης (Gentile & Noekel, 2009).

Επομένως, οι εξισώσεις υπολογισμού και οι διαδικασίες εφαρμογής είναι εντελώς διαφορετικές σε διαφορετικά πακέτα λογισμικού, με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τη βάση προγραμματισμού του κάθε πακέτου να καθιστούν δύσκολη τη σύγκριση μεταξύ των πλατφορμών (Vanasse Hangen Brustlin (VHB), 2007).

Είναι επίσης πολύ ενδιαφέρον πως τόσο η Caliper όσο και η PTV υπογραμμίζουν σε έρευνες τους τη σημασία της επανάληψης των δοκιμών τους και με άλλα μοντέλα ή / και σε άλλες πλατφόρμες. Σε τελική ανάλυση επομένως, αποτελεί προσωπική ευθύνη και επιλογή του κάθε μελετητή η εξασφάλιση μιας επαρκούς προσέγγισης της λύσης ισορροπίας, και με βάση την εμπειρία και την επαγγελματική του κρίση θα πρέπει να αξιολογείται το κατά πόσον τα χρησιμοποιούμενα λογισμικά παράγουν πραγματικά ουσιαστικά αποτελέσματα.

Σε κάθε περίπτωση, οι Bliemer, Raadsen, de Romph και Smits (2013) προτείνουν πως οι επιθυμητές ιδιότητες για τα μοντέλα κατανομής στα πλαίσια ενός στρατηγικού σχεδιασμού είναι 1) ο ρεαλισμός των αποτελεσμάτων, 2) η ευρωστία των αποτελεσμάτων, 3) η συνέπεια των αποτελεσμάτων, 4) η αξιοπιστία και η υπευθυνότητα των αποτελεσμάτων και 5) η ευχρηστία του μοντέλου (Bliemer, Raadsen, De Romph, & Smits, 2013).

Τέλος, άλλα ζητήματα εκτός από τον αλγόριθμο του κάθε πακέτου μπορεί να επηρεάσουν τα παραγόμενα αποτελέσματα, όπως η διαθέσιμη υπολογιστική ισχύς / αποδοτικότητα, ο σχεδιασμός του μοντέλου, η δομή και το μέγεθος της υπό μελέτη ζώνης, συναρτήσεις καθυστερήσεων, η δυναμικότητα των δικτύων, και άλλα.





## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**



## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

### 5.1. Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιείται η συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων καταμερισμού κυκλοφορίας στο δίκτυο της περιοχής της Αλεξανδρούπολης, όπως αυτά προκύπτουν από τη χρήση των δύο λογισμικών συγκοινωνιακού σχεδιασμού TransCad™ και PTV Visum™ με τη βοήθεια των κατάλληλων στατιστικών μεθόδων.

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της παρούσας μελέτης προέκυψαν αποτελέσματα σχετιζόμενα άμεσα με τον κύριο στόχο που αφορούσε τη συγκριτική αξιολόγηση των δύο λογισμικών. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν συνοψίζονται ως εξής:

Οι διαφορές του μεγέθους του **φόρτου** στα δύο προγράμματα δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές κατά την επεξεργασία των δεδομένων και η συσχέτιση μεταξύ των δεδομένων είναι αρκετά ισχυρή και στις τρεις περιπτώσεις μελέτης. Άρα μπορούμε να συμπεράνουμε με ασφάλεια ότι οποιοδήποτε λογισμικό και να χρησιμοποιήσουμε για την εξαγωγή αυτού του μεγέθους, δεν θα υπάρξει πρόβλημα.

Οι διαφορές του μεγέθους της **ταχύτητας** στα δύο προγράμματα δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές κατά την επεξεργασία των δεδομένων και η συσχέτιση μεταξύ των δεδομένων είναι αρκετά ισχυρή και στις τρεις περιπτώσεις μελέτης. Άρα μπορούμε να συμπεράνουμε με ασφάλεια ότι οποιοδήποτε λογισμικό και να χρησιμοποιήσουμε για την εξαγωγή και αυτού του μεγέθους, δεν θα υπάρξει πρόβλημα.

Οι διαφορές του μεγέθους του **χρόνου** στα δύο προγράμματα παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές στις δυο περιπτώσεις (α), (β), ενώ η συσχέτιση μεταξύ των δεδομένων είναι αρκετά ισχυρή. Συμπεραίνεται ακόμα ότι αν και συσχετισμένα, τα αποτελέσματα του χρόνου VISUM™ είναι «ένα

επίπεδο πιο πάνω» από τα αποτελέσματα του TransCad™ και έτσι δεν μπορούμε να συμπεράνουμε με ασφάλεια ότι οποιοδήποτε λογισμικό και να χρησιμοποιήσουμε για την εξαγωγή αυτού του μεγέθους, δεν θα υπάρξει πρόβλημα.

Επιπροσθέτως, εφόσον χρησιμοποιήθηκε η ίδια μέθοδος καταμερισμού και στα δύο λογισμικά (μέθοδος «ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ») και προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις Περιπτώσεις (α) και (β) στο μέγεθος του χρόνου, εύλογο συμπέρασμα εξάγεται ότι υπάρχουν διαφορές στον τρόπο με τον οποίο εκτελούνται οι εσωτερικές διεργασίες των δύο λογισμικών. Προκύπτουν επομένως διαφορές στα αποτελέσματα καταμερισμού του δικτύου, τα οποία αποδίδονται σε διαφορετικές παραδοχές ως προς την επίλυση των ανίσοιχων μαθηματικών προβλημάτων από τα δύο λογισμικά.

Συμπερασματικά, όπως προαναφέρθηκε τα δύο αυτά λογισμικά χρησιμοποιούν διαφορετικούς σχηματισμούς στους εσωτερικούς τους αλγόριθμους. Το μεν TransCad™ χρησιμοποιεί τον Origin User Equilibrium (OUE), ενώ το VISUM™ χρησιμοποιεί τον Local User Cost Equilibrium (LUCE). Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε πακέτου καθιστούν δύσκολη τη μεταξύ τους σύγκριση, και επομένως η επιλογή πλατφόρμας αποτελεί προσωπική επιλογή του κάθε μελετητή με βάση την εμπειρία και την επαγγελματική του κρίση.

## **5.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα**

Με βάση τα πιο πάνω συμπεράσματα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η χρήση ενός τρίτου προγράμματος καταμερισμού της κυκλοφορίας για την επιβεβαίωση της ορθότητας των εξαγόμενων αποτελεσμάτων και των τυχόν στατιστικών αποκλίσεων μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα το λογισμικό Saturn™ της εταιρίας Atkins ή το λογισμικό Cube™ της εταιρίας CITILABS.

Όπως προκύπτει και από την παρούσα ανάλυση, τόσο στα αποτελέσματα αλλά και στα συμπεράσματα, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στο

μέγεθος του χρόνου, καθώς αυτό παρουσιάζει προβλήματα κατά την ανάλυση των διαφορών των αποτελεσμάτων.

Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η μελέτη να πραγματοποιηθεί και για τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (κυρίως λεωφορεία), προκειμένου να παρατηρηθεί αν εντοπίζονται αποκλίσεις κατά τη διαδικασία καταμερισμού. Μια μελέτη που θα συμπεριλαμβάνει τόσο αποτελέσματα για μετακινήσεις μέσω Ι.Χ. όσο και Μ.Μ.Μ., θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια συνολική, στρατηγική προσέγγιση των συγκοινωνιακών προβλημάτων της περιοχής.

Τέλος, μελλοντικοί ερευνητές θα μπορούσαν να προσεγγίσουν το πρόβλημα καταμερισμού και μικροσκοπικά, με χρήση των αντίστοιχα κατάλληλων λογισμικών όπως το TransModeler™ της εταιρίας Caliper ή το VISSIM™ της εταιρίας PTV, προτείνοντας συγκεκριμένες και στοχευμένες λύσεις κυκλοφορίας. Η μικροσκοπική ανάλυση θα συμπληρώσει ιδανικά την παρούσα μακρο-μεσοσκοπική ανάλυση.



## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- About Caliper.* (n.d.). Ανάκτηση από <http://www.caliper.com/>:  
<http://www.caliper.com/ovuabout.htm>
- Bekhor, S., & Toledo, T. (2005). Investigating path-based solution algorithms to the stochastic user equilibrium problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 279-295.
- Bliemer, M., Raadsen, M., De Romph, E., & Smits, E.-S. (2013). *Requirements for traffic assignment models for strategic transport planning: A critical Assessment*. Sydney: INSTITUTE of TRANSPORT and LOGISTICS STUDIES, The Australian Key Centre in Transport and Logistics Management.
- Boyce, D., & Xie, J. (2013). Assigning user class link flows uniquely. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 22-35.
- Caliper Corporation. (2008). *TransCAD Brochure*. Ανάκτηση από <http://www.caliper.com/>:  
<http://www.caliper.com/PDFs/TransCADBrochure.pdf>
- Caliper Corporation. (2009). <http://www.caliper.com>. Ανάκτηση από Travel Demand Brochure:  
<http://www.caliper.com/PDFs/TravelDemandModelingBrochure.pdf>
- Garczynski, J. (2014). *Bivariate Correlation in SPSS*. Ανάκτηση από <http://www.towson.edu/>:  
<http://cooklibrary.towson.edu/helpguides/guides/correlationspss.pdf>
- Gentile, G., & Noekel, K. (2009). *Linear User Cost Equilibrium: The New Algorithm for Traffic Assignment in Visum*. Noordwijkerhout: Association for European Transport, European Transport Conference 2009.
- Mann-Whitney U test in SPSS.* (2014). Ανάκτηση από <https://statistics.laerd.com/>:  
<https://statistics.laerd.com/premium-sample/mwut/mann-whitney-test-in-spss-2.php>
- PTV AG. (2014). *PTV VISUM 14 - NEW FEATURES AT A GLANCE*. Ανάκτηση από <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/home/>:  
[88](http://vision-</a></p></div><div data-bbox=)



- traffic.ptvgroup.com/fileadmin/files\_ptvision/Downloads\_N0\_General/2\_Products/1\_PTV\_Visum/Overview\_Visum14.pdf
- PTV. *The Mind of Movement*. (n.d.). Ανάκτηση από <http://company.ptvgroup.com/en/home/>:  
<http://company.ptvgroup.com/en/ptv-group/>
- Vanasse Hangen Brustlin (VHB). (2007, 11 16). *State of the Art in Equilibrium Traffic Assignment*. Ανάκτηση από Association of Metropolitan Planning Organizations: [http://www.ampo.org/assets/673\\_fy07equilibriumassignment.pdf](http://www.ampo.org/assets/673_fy07equilibriumassignment.pdf)
- Verkehr, PTV Planung Transport. (2014). *PTV - Company Brochure*. Ανάκτηση από <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/home/>:  
[http://company.ptvgroup.com/fileadmin/files\\_ptvgroup/Downloads/1\\_Unternehmen/PTV\\_Unternehmensbrosch\\_EN\\_Web.pdf](http://company.ptvgroup.com/fileadmin/files_ptvgroup/Downloads/1_Unternehmen/PTV_Unternehmensbrosch_EN_Web.pdf)
- Xie, J., & Boyce, D. (2013). *Assigning User Class Link Flows Uniquely*. Washington, D.C: Transportation Research Board (TRB) 2013 Annual Meeting.
- Αντωνίου, Κ., & Σπυροπούλου, Ι. (2014). Ανάλυση Διακριτών Επιλογών. *Σημειώσεις Μαθήματος Συστήματα Μεταφορών*. Αθήνα.
- Αντωνίου, Κ., & Σπυροπούλου, Ι. (2014). Γένεση των Μετακινήσεων. *Σημειώσεις Μαθήματος Συστήματα Μεταφορών*. Αθήνα.
- Αντωνίου, Κ., & Σπυροπούλου, Ι. (2014). Εισαγωγή στον Σχεδιασμό των Μεταφορών. *Σημειώσεις Μαθήματος Συστήματα Μεταφορών*. Αθήνα.
- Αντωνίου, Κ., & Σπυροπούλου, Ι. (2014). Καταμερισμός στο Δίκτυο. *Σημειώσεις Μαθήματος Συστήματα Μεταφορών*. Αθήνα.
- Αντωνίου, Κ., & Σπυροπούλου, Ι. (2014). Κατανομή των Μετακινήσεων. *Σημειώσεις Μαθήματος Συστήματα Μεταφορών*. Αθήνα.
- Κρητικού, Σ. (2013, 8 26). Διερεύνηση βελτιωμένων τεχνικών εφαρμογής του μοντέλου κυκλοφοριακού σχεδιασμού SATURN. Πάτρα: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών (ΜΔΕ), Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Μπούτσικας, Μ. (2004). *Σημειώσεις μαθήματος «Στατιστικά Προγράμματα»*. Ανάκτηση από <http://www.unipi.gr/faculty/mbouts/teaching.htm>:  
[http://www.unipi.gr/faculty/mbouts/statprog/SPSS\\_lesson5-6.pdf](http://www.unipi.gr/faculty/mbouts/statprog/SPSS_lesson5-6.pdf)
- Σταθόπουλος, Α., & Καρλαύτης, Μ. (2008). *Σχεδιασμός Μεταφορικών Συστημάτων*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου.



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΔΙΚΤΥΟ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ, ΚΑΙ

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ VISUM™ - TransCad™ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (α)

