

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΜΟΝΤΕΛΑ ΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ
ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΠΟΛΕΩΝ**

Σοφία Γεωργιάδου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2011

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

Μοντέλα ρεαλιστικής οδικής προσομοίωσης ευρωπαϊκών πόλεων

Σοφία Γεωργιάδου

Επιβλέπων Καθηγητής
Μάριος Δ. Δικαιάκος

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου

Μάιος 2011

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, Δρ. Μάριο Δικαϊάκο, ο οποίος υπήρξε ο επιβλέπων καθηγητής της διπλωματικής αυτής εργασίας, για τη συνεχή υποστήριξη και καθοδήγηση του αλλά, και για την κατανόηση που έδειξε στα διάφορα προβλήματα που αντιμετώπισα κατά καιρούς κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μου. Τον ευχαριστώ ιδιαίτερα και για την ευκαιρία που μου έδωσε για να εργαστώ στο ερευνητικό του εργαστήριο κάτι το οποίο ήταν μια πολύτιμη εμπειρία η οποία μου παρείχε αμέτρητες γνώσεις τόσο για την διπλωματική μου εργασία όσο και για την μελλοντική μου πορεία.

Ευχαριστώ επίσης θερμά τον Νικόλα Λουλλούδη, υποψήφιο διδάκτορα, για την ανιδιοτελή βοήθεια και τις πολύτιμες του γνώσεις που μου προσέφερε απλόχερα, σπαταλώντας πολύ από τον πολύτιμο του χρόνο. Θέλω ακόμα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου για τις μακρές και καρποφόρες συζητήσεις που κάναμε καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και ιδιαίτερα τον Χαρίτων Ευσταθιάδη, για την σημαντική του βοήθεια και συμπαράσταση.

Ευχαριστώ την κοινότητα χρηστών του εργαλείου ArcMap καθώς και την κοινότητα χρηστών του προσομοιωτή TRANSIMS για την βοήθεια τους στα διάφορα προβλήματα που αντιμετώπισα κατά καιρούς με τις άμεσες και βοηθητικές απαντήσεις τους. Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης την στατιστική υπηρεσία Κύπρου, το υπουργείο Συγκοινωνιών και Έργων και το υπουργείο Εργασίας για την συνεργασία και την ανταπόκριση τους στην προσπάθεια μου για συλλογή διάφορων στατιστικών πληροφοριών, για τον πληθυσμό της Λευκωσίας, για την συμφόρηση των δρόμων και την μόλυνση της ατμόσφαιρας, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου, και ιδιαίτερα τους γονείς μου Μιχάλη και Κατερίνα, για την κατανόηση που επέδειξαν όλες τις μέρες που βρισκόμουν μακριά τους για να ολοκληρώσω την διπλωματική μου εργασία καθώς και για την στήριξη και την οικονομική βοήθεια που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η προσομοίωση της οδικής κίνησης της πόλης της Λευκωσίας ώστε να διαφανούν όλα τα οδικά προβλήματα της πόλης, όπως η τροχαία συμφόρηση, σε συγκεκριμένους δρόμους και ώρες της ημέρας, αλλά και το ποσοστό της μόλυνσης στο περιβάλλον από τους ρύπους των οχημάτων.

Αρχικά μελέτησα εκτενώς μερικούς από τους διάφορους προσομοιωτές που είναι διαθέσιμοι και θέτοντας κάποιες παραμέτρους σύγκρισης, σύγκρινα τους προσομοιωτές μεταξύ τους ώστε να επιλέξω τον πιο κατάλληλο για χρήση του στην παρούσα διπλωματική. Από την σύγκριση κατέληξα ότι πιο κατάλληλος είναι ο προσομοιωτής TRANSIMS.

Ο προσομοιωτής TRANSIMS αν και πλεονεκτούσε σε βαθμό ρεαλιστικότητας και δυνατοτήτων, σε σχέση με τους υπόλοιπους προσομοιωτές που μελετήθηκαν, είχε το μειονέκτημα ότι ήταν υλοποιημένος με τέτοιο τρόπο ώστε ήταν δυνατή η δημιουργία προσομοίωσης μόνο για πόλης της Αμερικής. Αυτό οφειλόταν στο γεγονός ότι ο προσομοιωτής αυτός δέχεται χάρτες μόνο τύπου TIGER, οι οποίοι είναι χάρτες που αφορούν περιοχές μόνο της Αμερικής, αλλά και στο ότι ο προσομοιωτής αυτός είναι κατασκευασμένος να δέχεται κάποια δημογραφικά στοιχεία της πόλης που προσομοιώνει σε συγκεκριμένη μορφή όπως δίνονται από την στατιστική υπηρεσία της Αμερικής.

Με την βοήθεια ενός υπάρχον εργαλείου, ήταν δυνατή η μετατροπή χαρτών τύπου Open Street Map, οι οποίοι είναι χάρτες που αφορούν σχεδόν όλο τον κόσμο, σε TRANSIMS μορφή. Συνεπώς, κρίθηκε αναγκαία η δημιουργία ενός καινούριου εργαλείου το οποίο θα επέτρεπε και την μετατροπή των δημογραφικών στοιχείων του πληθυσμού οποιασδήποτε πόλης σε TRANSIMS μορφή, καθιστώντας έτσι τον προσομοιωτή αυτό διαθέσιμο για προσομοίωση οποιασδήποτε ευρωπαϊκής πόλης, κάτι το οποίο υλοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Προσομοίωση Οδικής Κίνησης	1
1.2 Καθορισμός Παραμέτρων Σύγκρισης Προσομοιωτών	4
1.3 Σύγκριση Προσομοιωτών	5
1.3.1 Προσομοιωτής VanetMobiSim	5
1.3.2 Προσομοιωτής TraNS.....	7
1.3.3 Προσομοιωτής GrooveNet	8
1.3.4 Προσομοιωτής TRANSIMS.....	10
1.3.5 Σύνοψη Αποτελεσμάτων Σύγκρισης.....	11
Κεφάλαιο 2 Εκτενής Μελέτη Επιλεχθέντα Προσομοιωτή – TRANSIMS	12
2.1 Transportation Analysis and Simulation System (TRANSIMS)	12
2.2 Η Αρχιτεκτονική του TRANSIMS.....	14
2.2.1 Inputs.....	16
2.2.2 Population Synthesizer.....	24
2.2.3 Activity Generator	25
2.2.4 Route Planner	26
2.2.5 Traffic Microsimulation.....	27
2.2.6 Feedback Controller.....	28
2.2.7 Emissions Estimator.....	30
Κεφάλαιο 3 Προσομοίωση Λευκωσίας.....	32
3.1 Συλλογή και μελέτη στοιχείων απογραφής	32
3.2 Εργαλείο Population Files Creator.....	35
3.3 Χρήση του εργαλείου ArcMap 10 και ArcCatalog 10	39
3.4 Βήματα για την εκτέλεση της προσομοίωσης	50
3.5 Γραφικό περιβάλλον NEXTA.....	51
Κεφάλαιο 4 Αποτελέσματα από την προσομοίωση της Λευκωσίας	52
4.1 Αποτελέσματα Προσομοίωσης της Λευκωσίας	52
4.2 Μόλυνση περιβάλλοντος.....	53
4.3 Οδική συμφόρηση.....	56
Κεφάλαιο 5 Μελλοντική Εργασία	59

5.1	Μελλοντική Εργασία	59
	Βιβλιογραφία	60
	Παράρτημα Α	62
	Παράρτημα Β.....	65

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Προσομοίωση Οδικής Κίνησης	1
1.2 Καθορισμός Παραμέτρων Σύγκρισης Προσομοιωτών	4
1.3 Σύγκριση Προσομοιωτών	5
1.3.1 Προσομοιωτής VanetMobiSim	5
1.3.2 Προσομοιωτής TraNS.....	7
1.3.3 Προσομοιωτής GrooveNet.....	8
1.3.4 Προσομοιωτής TRANSIMS.....	10
1.3.5 Σύνοψη Αποτελεσμάτων Σύγκρισης.....	11

1.1 Προσομοίωση Οδικής Κίνησης

Η προσομοίωση είναι μία πειραματική μέθοδος η οποία πλεονεκτεί σε πολλά σημεία έναντι της παρατήρησης του πραγματικού περιβάλλοντος. Με τις προσομοιώσεις οδικής κίνησης επιδιώκεται η μίμηση και αναπαραγωγή του πραγματικού οδικού περιβάλλοντος στο οποίο μπορούμε να αναπαραστήσουμε υποθετικά σενάρια κίνησης οχημάτων και να συλλέξουμε στατιστικά δεδομένα εξάγοντας κάθε είδους συμπερασμάτων σχετικά με ευφυή συστήματα και έξυπνους αλγόριθμους για τα οποία, θέλουμε να ελέγξουμε την αποδοτικότητα τους σε διάφορους παράγοντες, πριν χρησιμοποιηθούν στον πραγματικό κόσμο. Επιπλέον με την προσομοίωση της οδικής κίνησης μιας πόλης μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με τα προβλήματα που παρουσιάζει το οδικό δίκτυο της πόλης, όπως την οδική συμφόρηση, σε συγκεκριμένες ώρες της ημέρας αλλά και σε συγκεκριμένους δρόμους.

Η μίμηση και η αναπαραγωγή του πραγματικού οδικού περιβάλλοντος επιτυγχάνεται κάνοντας χρήση χαρτών μιας περιοχής, οι οποίοι περιέχουν πληροφορίες σχετικά με την ακριβή διαμόρφωση των δρόμων, των κτιρίων, των ορίων ταχύτητας σε κάθε σημείο αλλά και των οδικών υποδομών όπως οι φωτεινοί σηματοδότες τροχαίας, οι διασταυρώσεις, οι υποχρεωτικές στάσεις κτλ. Τα υποθετικά σενάρια κίνησης των οχημάτων περιλαμβάνουν την απεικόνιση κίνησης και παρέχουν την δυνατότητα στον ερευνητή να καθορίσει για κάθε κίνηση, την αφετηρία και τον προορισμό, καθώς και τον αριθμό και το είδος των οχημάτων που θα εκτελέσουν την κίνηση αυτή. Επιπλέον οι περισσότεροι από τους προσομοιωτές οδικής κίνησης παρέχουν δυνατότητες όπως τον προκαθορισμό ατυχημάτων σε συγκεκριμένα σημεία αλλά και χρονική στιγμή, την υπόδειξη περιοχών με οδική συμφόρηση σε συγκεκριμένη περιοχή και χρονική στιγμή, την τοποθέτηση κτιρίων σε συγκεκριμένη τοποθεσία καθορίζοντας το είδος του κτιρίου (π.χ. σχολείο, κυβερνητικό κτίριο κτλ) αλλά και τον πληθυσμό που επισκέπτεται το κτίριο, καθημερινά ή και μερικές μέρες της εβδομάδας, και τις ώρες αιχμής του κτιρίου κατά τις οποίες μπορεί να παρατηρηθεί μαζική προσέλευση ή αποχώρηση του πληθυσμού ώστε να θεωρείται η περιοχή, περιοχή συμφόρησης κατά τις ώρες αυτές.

Τέτοιες δυνατότητες έχουν σκοπό να συμβάλλουν στην δημιουργία όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικών σεναρίων κίνησης, στην μελέτη του τι θα συμβεί σε κάθε πιθανή κατάσταση που μπορεί να προκύψει και κατ'επέκταση την εξαγωγή όσο το δυνατόν πιο ορθών συμπερασμάτων σχετικά με τον αλγόριθμο ή το σύστημα που επιθυμούμε να δοκιμάσουμε. Έτσι, οι σχεδιαστές συστημάτων μπορούν, δοκιμάζοντας διάφορα σενάρια, να ρυθμίσουν ανάλογα διάφορες παραμέτρους ώστε να καθορίσουν τις βέλτιστες τιμές των παραμέτρων για το σύστημα τους και να αποφασίσουν τελικά για την ορθότητα και την αποδοτικότητα του κάθε συστήματος. Συνεπώς οι προσομοιώσεις έχουν το πλεονέκτημα να παρέχουν στον ερευνητή πρακτικά και άμεσα αποτελέσματα και πληροφορίες στην σχεδίαση ευφυών συστημάτων στις οδικές συγκοινωνίες μειώνοντας έτσι κατά πολύ το κόστος του συστήματος καθώς η ορθότητα, η αποδοτικότητα και η λειτουργικότητα του συστήματος ελέγχονται κατά την προσομοίωση του, πολύ πριν την φάση της υλοποίησης του στον πραγματικό κόσμο. Επιπλέον, οι προσομοιώσεις παρέχουν την δυνατότητα για ερευνητικό έλεγχο και ήδη υπάρχοντων συστημάτων στην οδική κυκλοφορία προσομοιώνοντας ρεαλιστικά την οδική κίνηση μίας πόλης.

Επιπρόσθετα η προσομοίωση παρέχει αφαιρετικότητα στην σχεδίαση και τον έλεγχο του συστήματος καθώς κάθε μια από τις παραμέτρους του μπορεί να μελετηθεί, ξεχωριστά ή και σε συνάρτηση με άλλες παραμέτρους που την επηρεάζουν, και να καθοριστεί η βέλτιστη δυνατή τιμή της. Επιπλέον η προσομοίωση επιτρέπει μεταξύ άλλων την παρατήρηση και μελέτη του συστήματος στον χρόνο. Για παράδειγμα τα υποθετικά σενάρια μπορούν να προσομοιώνουν κίνηση στην περίοδο μιας ολόκληρης ημέρας, αλλά κατά την προσομοίωση οι διαδικασίες επιταχύνονται, όσο επιθυμεί ο ερευνητής, και τα σενάρια ολοκληρώνουν την προσομοίωση τους σε μερικές ώρες. Αυτό επιτρέπει στον ερευνητή να προχωράει στην πειραματική του διαδικασία πολύ πιο γρήγορα, αφού κάνει τις απαιτούμενες αλλαγές κάθε φορά και ξαναεκτελεί το πείραμα του χωρίς να χρειάζεται να περιμένει μια ολόκληρη ημέρα όπως θα συνέβαινε αν χρησιμοποιούσε την πειραματική μέθοδο της παρατήρησης του πραγματικού περιβάλλοντος αντί για την προσομοίωση.

Στις προσομοιώσεις για την δημιουργία της κίνησης στα υποθετικά σενάρια οδικής κίνησης, χρησιμοποιούνται 2 είδη τρόποι δημιουργίας κίνησης. Τα traces και τα συνθετικά μοντέλα. Τα traces παρέχουν ακριβείς πληροφορίες για την θέση των οχημάτων στην κάθε χρονική στιγμή της προσομοίωσης. Από την άλλη μεριά τα συνθετικά μοντέλα δημιουργίας κίνησης δημιουργούνται συνήθως με χρήση κάποιου γραφικού περιβάλλοντος, ειδικά σχεδιασμένο για τον προσομοιωτή κίνησης που επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε, και παρέχουν πληροφορίες κυρίως για το είδος του οχήματος, την αφετηρία και τον προορισμό της κίνησης του, αναπαριστώντας ρεαλιστικά την κίνηση των οχημάτων χωρίς την χρήση των traces. Η διαδικασία δημιουργίας των traces είναι πολύ πιο χρονοβόρα και δύσκολη από την γραφική δημιουργία των συνθετικών μοντέλων δημιουργίας κίνησης.

1.2 Καθορισμός Παραμέτρων Σύγκρισης Προσομοιωτών

Πριν από την σύγκριση των προσομοιωτών, ώστε να αποφασιστεί ποιός είναι ο καταλληλότερος να χρησιμοποιηθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία, καθόρισα τις παραμέτρους βάση των οποίων έγινε η σύγκριση των προσομοιωτών. Οι παράμετροι αυτή παρουσιάζονται αναλυτικά πιο κάτω :

- i. Η γλώσσα προγραμματισμού στην οποία είναι κωδικοποιημένος κάθε προσομοιωτής
- ii. Ο βαθμός στον οποίο επιτρέπει το προγραμματισμό της συμπεριφοράς των φωτεινών σηματοδοτών τροχαίας
- iii. Αν ο προσομοιωτής μπορεί να παρέχει μετρήσεις που αφορούν την ρύπανση του περιβάλλοντος από τους ρύπους των οχημάτων
- iv. Αν παρέχει ικανοποιητικό επίπεδο λεπτομέρειας για ορισμό ατυχημάτων, είδος οχημάτων (φορτηγό, λεωφορείο, μοτοποδήλατο, κτλ) και την ακριβή γεωγραφική τοπολογία της προσομοιωμένης περιοχής (δρόμους, φωτεινούς σηματοδότες τροχαίας, κυκλικούς κόμβους, σχολεία, σημαντικά κτίρια, διασταυρώσεις, διαβάσεις, όρια ταχύτητας, κτλ)
- v. Αν παρέχεται δωρεάν (open source)
- vi. Αν υπάρχει επαρκή documentation ώστε να είναι δυνατή και ευκολότερη η χρήση αλλά και η επέκταση του
- vii. Ο μέγιστος δυνατός αριθμός οχημάτων τα οποία μπορεί να προσομοιώσει ταυτόχρονα
- viii. Αν το γραφικό περιβάλλον επεξεργασίας είναι εύχρηστο και ολοκληρωμένο
- ix. Και τέλος ο βαθμός ρεαλισμού που προσφέρει.

1.3 Σύγκριση Προσομοιωτών

Για σκοπούς της σύγκρισης επιλέγηκαν οι προσομοιωτές VanetMobiSim, TraNS, GrooveNet και TranSim, οι οποίοι είναι μερική από τους πιο γνωστούς και πιο καλούς προσομοιωτές που υπάρχουν σήμερα. Πιο κάτω ακολουθεί περιγραφεί για κάθε ένα από τους πιο πάνω προσομοιωτές σε σχέση με τις παραμέτρους που ορίστηκαν πιο πάνω.

1.3.1 Προσομοιωτής VanetMobiSim

Ο προσομοιωτής VanetMobiSim είναι μια επέκταση του CanuMobiSim, και αποτελεί ένα open source προσομοιωτή οδικής κίνησης οχημάτων, κωδικοποιημένο σε γλώσσα προγραμματισμού Java, ο οποίος στοχεύει στην επέκταση της τροχαίας υποστήριξης κινητικότητας του CanuMobiSim σε ένα υψηλότερο βαθμό ρεαλισμού. Το VanetMobiSim είναι ένας προσομοιωτής κίνησης ο οποίος χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ένα από τους προσομοιωτές δικτύων NS-2, OPNET και GloMoSim, για την επίτευξη μιας ολοκληρωμένης προσομοίωσης οδικής κίνησης. Συνήθως χρησιμοποιεί των προσομοιωτή δικτύων NS-2.

Το VanetMobiSim αποτελείται από 2 layers. Το πρώτο layer περιλαμβάνει το μοντέλο κίνησης των οχημάτων την τοπολογία της περιοχής, ώστε τα οχήματα αυτά να μην συγκρούονται μεταξύ τους, να κινούνται εντός του ορίου ταχύτητας, να κινούνται σωστά στα φώτα τροχαίας και να σταματούν όπου είναι απαραίτητο. Επιπλέον το layer αυτό λαμβάνει υπόψη ιδιαίτερες πτυχές της τροχαίας κίνησης, όπως η επιτάχυνση αυτοκινήτων και η επιβράδυνση στην παρουσία κοντινών οχημάτων, περιμένοντας στη σειρά στις οδικές διασταυρώσεις, τη συγκέντρωση που προκαλούνται από τους φωτεινούς σηματοδότες τροχαίας, την τροχαία συμφόρηση και τα μποτιλιαρίσματα. Το άλλο layer είναι υπεύθυνο να αποφασίζει για κάθε αυτοκίνητο ποιά είναι η βέλτιστη διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσει λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως την συντομότερη διαδρομή, τα όρια ταχύτητας και την κίνηση στους δρόμους από τους οποίους θα περάσει από τους οποίους θα περάσει κατά τις διάφορες ώρες της ημέρας κάνοντας χρήση του γνωστού αλγόριθμου Dijkstra. Τα 2 αυτά layers εξετάζονται από κοινού για διαμόρφωση της τροχαίας κίνησης επιτυγχάνοντας έτσι την δημιουργία μιας αρκετά ρεαλιστικής κίνησης.

Τα αρχεία εξόδου, που παράγει ο προσομοιωτής, τα οποία περιέχουν τα ίχνη κινητικότητας είναι κατάλληλα σαν είσοδος στους διάφορους προσομοιωτές δικτύων (π.χ. NS-2). Το βασικό πρόβλημα του προσομοιωτή VanetMobiSim είναι το γεγονός ότι τα αρχεία εξόδου τα οποία περιλαμβάνουν ολόκληρη την κίνηση του δικτύου που θα προσομοιωθεί από τους προσομοιωτές δικτύων, δημιουργούνται στην αρχή στατικά και στέλνονται σαν είσοδο στους προσομοιωτές των δικτύων. Κατά την διάρκεια της προσομοίωσης του δικτύου δεν είναι δυνατός ο επανακαθορισμός κάποιας διαδρομής δυναμικά ώστε να διορθωθούν κάποια προβλήματα που μπορεί να προκύψουν, καθώς τα αρχεία με την κινητικότητα δεν μπορούν να επιστρέψουν πίσω στο VanetMobiSim. Αυτό μειώνει το βαθμό ρεαλιστικότητας που μπορεί να πετύχει ο προσομοιωτής VanetMobiSim καθώς η κίνηση που προσομοιώνει είναι προκαθορισμένη από την αρχή πριν την έναρξη της προσομοίωσης.

Παρόλα αυτά λόγω της ύπαρξης των 2 layer είναι δυνατόν να επιτευχθεί η “δυναμική” λειτουργία των φωτεινών σηματοδοτών τροχαίας. Γνωρίζοντας από πριν τον αριθμό των οχημάτων και την διαδρομή της κίνησης τους, και σύμφωνα με τα όρια ταχύτητα και την χρονική στιγμή που θα περάσουν από κάθε σηματοδότη, μπορούμε να ενημερώσουμε τους σηματοδότες σχετικά ώστε να ρύθμιση ανάλογα με τις ανάγκες την λειτουργία τους.

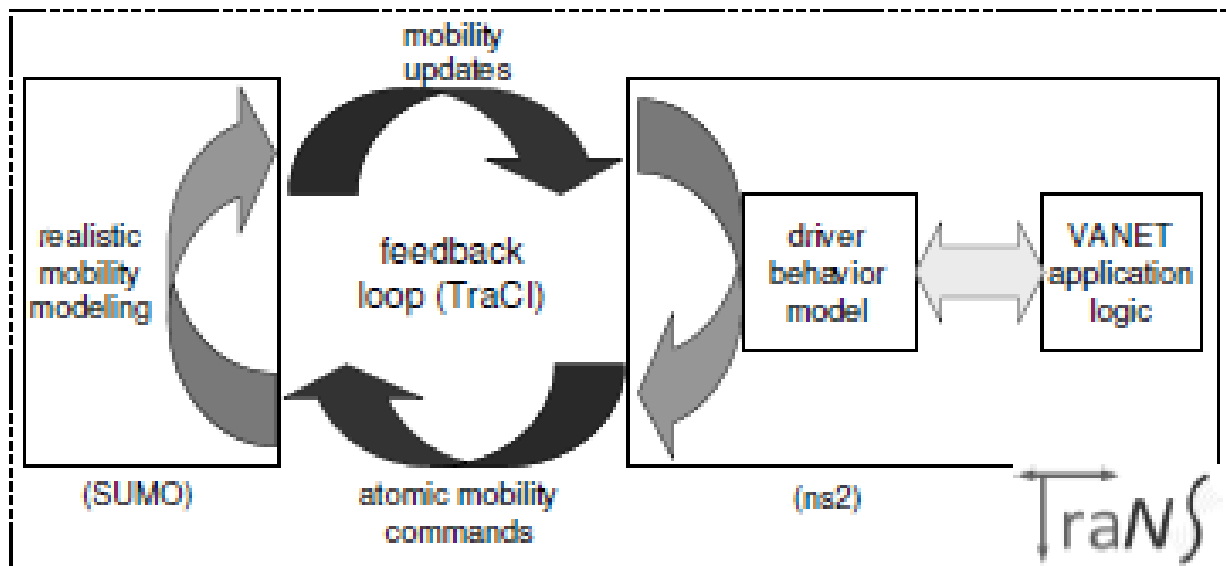
Επιπλέον VanetMobiSim παρέχει πολλές δυνατότητες όπως default μοντέλο φωτεινών σηματοδοτών τροχαίας αλλά και δυνατότητα να καθορίσεις το είδος του οχήματος αν είναι φορτηγό, λεωφορείο ή απλό αυτοκίνητο και επιπρόσθετα να δηλώσεις τα χαρακτηριστικά του όπως την μέση ταχύτητα με την οποία κινείται αλλά και το μέσο αριθμό επιβατών που μεταφέρει. Το γραφικό περιβάλλον που χρησιμοποιεί το VanetMobiSim είναι σχετικά «φτωχό» σε σχέση με τις δυνατότητες του, κάτι το οποίο δεν βοηθά στην χρήση του αλλά ούτε και στην επέκτασή του. Επιπλέον ο προσομοιωτής αυτός χρησιμοποιεί χάρτες TIGER οι οποίοι δεν παρέχουν πληροφορίες για τις λωρίδες των δρόμων για αυτό και παρατηρείται το φαινόμενο αυτοκίνητα αντίθετης κατεύθυνσης να φαίνεται ότι κινούνται ακριβώς στην ίδια λωρίδα του δρόμου. Επίσης ένα άλλο αρνητικό στην χρήση χαρτών TIGER είναι το γεγονός ότι οι χάρτες αυτοί αναπαριστούν μόνο περιοχές της Αμερικής.

Τέλος ο προσομοιωτής VanetMobiSim δεν παρέχει την δυνατότητα μετρήσεις της ρύπανση του περιβάλλοντος και ο αριθμός οχημάτων που μπορεί να προσομοιώσει είναι σχετικά περιορισμένος.

Τα πιο πάνω στοιχεία αλλά και επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τον προσομοιωτή VanetMobiSim μπορεί κανείς να βρει στο [13].

1.3.2 Προσομοιωτής TraNS

Το TraNS είναι ένας προσομοιωτής οδικής κίνησης ο οποίος χρησιμοποιώντας την διεπαφή TraCI, συνδέει 2 άλλους προσομοιωτές, τον προσομοιωτή δικτύων NS-2 και τον προσομοιωτή κίνησης SUMO. Μέσω της διεπαφής ελέγχεται η συμπεριφορά των οχημάτων κατά την προσομοίωση και παράγονται εκ νέου αρχεία εξόδου του SUMO τα οποία δέχεται το σαν είσοδο το NS-2. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται διαρκώς κατά την προσομοίωση κάτι το οποίο ενισχύει την ρεαλιστικότητα όμως μετατρέπει την διαδικασία προσομοιώσεις σε αργή και δύναται να δημιουργήσει προβλήματα σε προσομοιώσεις μεγάλου αριθμού οχημάτων. Πιο κάτω παρουσιάζεται γραφικά η διαδικασία αυτή, της λειτουργίας του TraNS καθώς συνδέει το SUMO και το NS-2 χρησιμοποιώντας την διεπαφή TraCI.



Εικόνα 1 - Αρχιτεκτονική TraNS

Επιπλέον το SUMO περιέχει τους απαραίτητους μηχανισμούς ώστε να μπορεί να δέχεται χάρτες OPEN STREET MAP αλλά και TIGER. Το interface (TraCi) του προσομοιωτή είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού Java, ενώ το SUMO και το ns-2 σε C++. Ο προσομοιωτής TraNS είναι επίσης open source όμως ο προγραμματισμός της συμπεριφοράς των φωτεινών σηματοδοτών τροχαίας μπορεί να επιτευχθεί με επέκταση στον κώδικα του SUMO κάτι το οποίο είναι αρκετά δύσκολο καθώς αν και περιέχει σχόλια στον κώδικά του στερείται documentation.

Τέλος δεν παρέχει μετρήσεις που αφορούν την ρύπανση του περιβάλλοντος και το επίπεδο λεπτομέρειας στην αναπαράσταση της κίνησης που παρέχει είναι αρκετά ικανοποιητικό.

Τα πιο πάνω στοιχεία αλλά και επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τον προσομοιωτή TraNS μπορεί κανείς να βρει στο [4].

1.3.3 Προσομοιωτής GrooveNet

Ο GrooveNet είναι ένας open source προσομοιωτής ο οποίος είναι σχεδιασμένος σε διάφορες υπο-μονάδες ώστε να υπάρχει η δυνατότητα περαιτέρω επέκτασης του. Παρέχει υψηλό επίπεδο λεπτομέρειας στην αναπαράσταση της κίνησης του όπως τα ατυχημάτων, το είδος του κάθε οχήματος αλλά και γεωγραφικές λεπτομέρειες της περιοχής όπως τα όρια ταχύτητας και τους φωτεινούς σηματοδότες τροχαίας. Συνεπώς παρέχει ένα ικανοποιητικό επίπεδο ρεαλιστικότητας στην προσομοίωση οδικής κίνησης. Παρέχει επίσης την δυνατότητα για λεπτομερείς μετρήσεις τόσο για την ρύπανση του περιβάλλοντος όσο και για άλλες παραμέτρους όπως η συμφόρηση στους δρόμους.

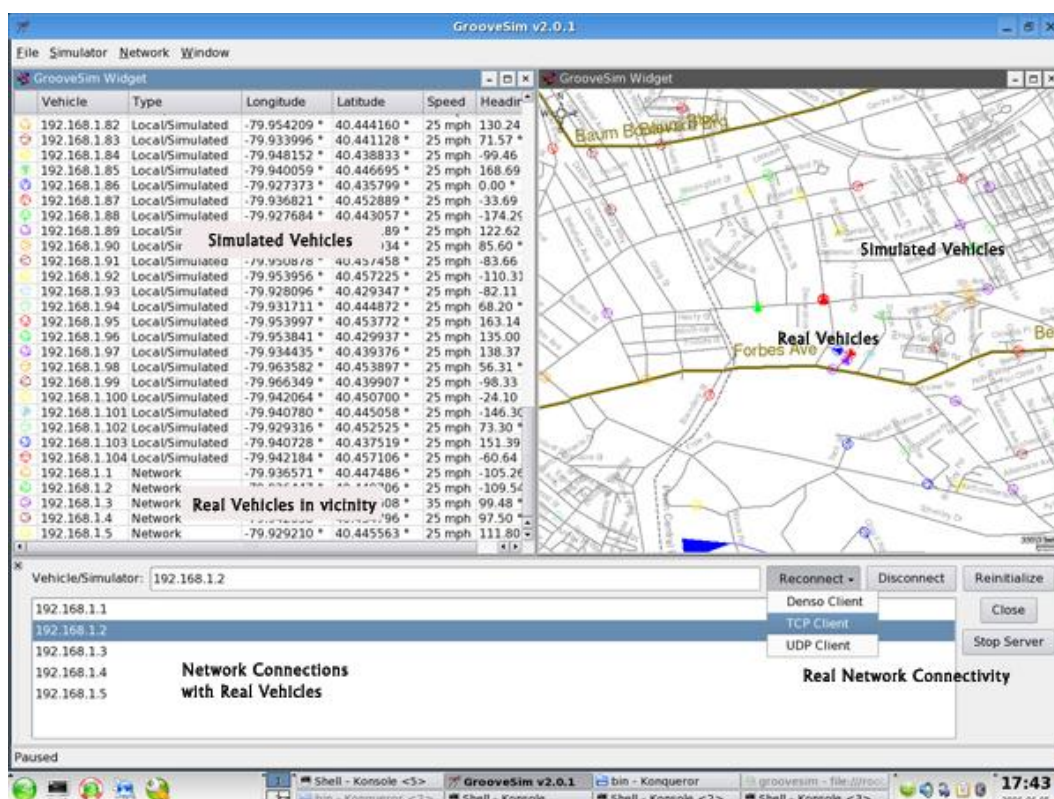
Επιπλέον ο προσομοιωτής αυτός έχει πολλές δυνατότητες μεταξύ των οποίων το απλό μοντέλο φωτεινών σηματοδοτών τροχαίας οι οποίοι εφαρμόζονται αυτόματα σε κάθε διασταύρωση, την δυνατότητα προσομοίωσης μεγάλου αριθμού οχημάτων αλλά και δυνατότητα σύνδεσης με την διεπαφή του υπολογιστή ενός οχήματος καθιστώντας έτσι το όχημα μέρος της προσομοίωσης.

Ακόμα ο GrooveNet μπορεί να υποστηρίξει πολλά διαφορετικά μοντέλα κίνησης όμως, παρόλα αυτά δυστυχώς λόγω έλλειψης documentation μια πιθανή επέκταση του θα ήταν δύσκολη και χρονοβόρα.

Ο GrooveNet είναι γραμμένος σε γλώσσα προγραμματισμού C++. Επίσης χρησιμοποιεί χάρτες TIGER, οι οποίοι όπως ανέφερα και πιο πάνω, δεν παρέχουν πληροφορίες για τις λωρίδες των δρόμων για αυτό και παρατηρείται το φαινόμενο αυτοκίνητα αντίθετης κατεύθυνσης να φαίνεται ότι κινούνται ακριβώς στην ίδια λωρίδα του δρόμου.

Στην εικόνα πιο κάτω παρατηρούμε τον τρόπο παρουσίασης της προσομοίωσης του GrooveNet μέσω της διεπαφής του, η οποία θεωρείται από τις πιο εύχρηστες και ολοκληρωμένες διεπιφάνειες που υπάρχουν.

Τα πιο πάνω στοιχεία αλλά και επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τον προσομοιωτή GrooveNet μπορεί κανείς να βρει στο [11].



Εικόνα 2 - Γραφικό περιβάλλον GrooveNet

1.3.4 Προσομοιωτής TRANSIMS

Το TRANSIMS (Transportation Analysis and Simulation System) είναι ένας open source προσομοιωτής γραμμένος σε γλώσσα προγραμματισμού C++ και ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προσομοίωση οδικής κίνησης σε πολύ μεγάλο αριθμό οχημάτων. Θεωρείται ένας από τους καλύτερους προσομοιωτές που υπάρχουν σήμερα καθώς δημιουργεί κίνηση σε ένα πολύ ψηλό επίπεδο ρεαλισμού. Ο προσομοιωτής αυτός δημιουργήθηκε από το Los Alamos National Laboratory.

Ο προσομοιωτής αυτός αποτελείται από ένα πλαίσιο εργασίας με πολλές διαφορετικές υπο-ομάδες. Κάθε ενότητα είναι υπεύθυνη για την προσομοίωση διαφορετικών κομματιών του σεναρίου, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η λεπτομερής προσομοίωση με στόχο την δημιουργία πολύ ρεαλιστικής κίνησης. Δέχεται σαν είσοδο τα στατιστικά στοιχεία των κατοίκων (όπως ηλικία, αν εργάζονται ή όχι, περιοχή στην οποία εργάζονται, αν έχουν παιδιά κτλ) της περιοχής που πρόκειται να προσομοιώσει, καθώς και τον χάρτη και τα γεωγραφικά στοιχεία του χάρτη (όπως σχολεία, κυβερνητικά κτίρια, κυκλικούς κόμβους κτλ) και ακολούθως προσομοιώνει πολύ ρεαλιστικά της καθημερινές μετακινήσεις του πληθυσμού της συγκεκριμένης περιοχής.

Επιπλέον διαθέτει ξεχωριστή ενότητα η οποία είναι υπεύθυνη για την καταγραφή των ρύπων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από τα οχήματα. Αυτό επιτυγχάνεται καθώς μέρος των στατιστικών στοιχείων που δύνονται σαν είσοδο είναι και ο αριθμός αλλά και το είδος των οχημάτων στην πόλη, κάτι το οποίο, σε συνδυασμό με το ότι γνωρίζουμε τις ακριβείς διαδρομές που εκτελούν τα οχήματα, μας επιτρέπει να γνωρίζουμε για κάθε ώρα της ημέρας και για κάθε περιοχή της προσομοιωμένης πόλης την ποιότητα στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Το TRANSIMS γενικά παρέχει πολλές δυνατότητες ώστε να μπορεί ο χρήστης να ορίζει διάφορες λεπτομέρειες στα σενάρια κίνησης του. Μια από τις δυνατότητες αυτές είναι η ικανότητα τοποθέτηση φωτεινών σηματοδοτών τροχαίας, σε σημεία του χάρτη που επιθυμεί ο χρήστης, τα οποία μπορεί να προγραμματίσει στατικά όπως επιθυμεί. Επιπλέον παρέχει την δυνατότητα ορισμού ατυχημάτων και μέσων μαζικής μεταφοράς τα οποία μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να εκτελούν κανονικά στάσεις για επιβίβαση και αποβίβαση επιβατών.

Τέλος το TRANSIMS έχει ένα καλό documentation και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι είναι χωρισμένο σε υπο-ομάδες παρέχει την δυνατότητα επέκτασης αλλά και χρήσης του.

Τα πιο πάνω στοιχεία αλλά και επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τον προσομοιωτή TRANSIMS μπορεί κανείς να βρει στο [9].

1.3.5 Σύνοψη Αποτελεσμάτων Σύγκρισης

Simulators/ Παράμετροι Σύγκρισης	VanetMobiSi m	TraNS	GrooveNet	TRANSIMS
i.Γλώσσα Προγραμματισμού	Java	Java/C++	C++	C++
ii.Προγραμματισμός ΦΣΤ	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
iii.Μετρήσεις Ρύπανσης	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι
iv.Επίπεδο Λεπτομέρειας	Ικανοποιητικό	Ικανοποιητικό	Καλό	Πολύ Καλό
v.Open Source	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
vi.Documentation	Ικανοποιητικό	Όχι	Όχι	Αρκετά Καλό
vii.Αριθμός Οχημάτων που μπορεί να προσομοιώσει	Περιορισμένος	Περιορισμένος	Μεγάλος	Πολύ Μεγάλος
viii.Γραφικό περιβάλλον	“Φτωχό”	Καλό	Πολύ Καλό	Πολύ Καλό
ix.Βαθμός Ρεαλισμού	Χαμηλό	Χαμηλό	Ικανοποιητικό	Υψηλό

Όπως φαίνεται και από τον πιο πάνω πίνακα σύγκρισης των προσομοιωτών, ο προσομοιωτής TRANSIMS ικανοποιεί όλες τις παραμέτρους που έχω θέσει για την σύγκριση και υπερσχύει από τους υπόλοιπους προσομοιωτές που έχω μελετήσει. Συνεπώς αποφάσισα να χρησιμοποιήσω τον προσομοιωτή TRANSIMS για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής.

Κεφάλαιο 2

Εκτενής Μελέτη Επιλεχθέντα Προσομοιωτή – TRANSIMS

2.1 Transportation Analysis and Simulation System (TRANSIMS)	12
2.2 Η Αρχιτεκτονική του TRANSIMS.....	14
2.2.1 Inputs.....	16
2.2.2 Population Synthesizer.....	24
2.2.3 Activity Generator	25
2.2.4 Route Planner	26
2.2.5 Traffic Microsimulation	27
2.2.6 Feedback Controller.....	28
2.2.7 Emissions Estimator.....	30

2.1 Transportation Analysis and Simulation System (TRANSIMS)

Το όνομα του προσομοιωτή TRANSIMS προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Transportation Analysis and Simulation System. Ο προσομοιωτής αυτός είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα προσομοίωσης της οδικής κίνησης με στόχο να δώσει στους αρμόδιους για τον σχεδιασμό των οδικών συγκοινωνιών τις ακριβείς και πλήρης πληροφορίες που αφορούν την επίδραση κάθε σχεδιασμού στην συμφόρηση των δρόμων αλλά και στην ρύπανση του περιβάλλοντος. Καθώς όπως έχει παρατηρηθεί η μίμηση του πραγματικού κόσμου σε ένα ρεαλιστικό σενάριο οδικής κίνησης που παρέχεται μέσω της προσομοίωσης είναι, αν όχι ο μοναδικός, ένας από τους καλύτερους τρόπους για την εξαγωγή έγκυρων και ακριβών πληροφοριών οι οποίες θα οδηγήσουν στην σωστή σχεδίαση έξυπνων αλγορίθμων οδικής συγκοινωνίας, αλλά και στην δοκιμή των αλγορίθμων αυτών προτού εισαχθούν στον πραγματικό κόσμο.

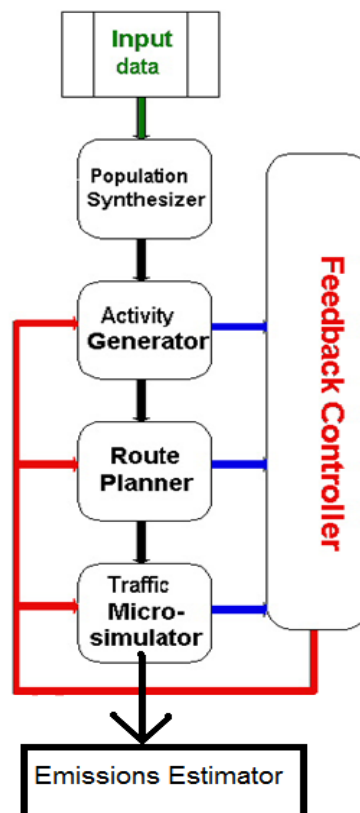
Η συνεχής αύξηση των οχημάτων οδήγησε σε νέα δεδομένα στην οδική κυκλοφορία σε θέματα όπως η επέκταση των δρόμων, η ασφάλεια των επιβατών, η αντιμετώπιση της συμφόρησης και η

αυξανόμενη ρύπανση του περιβάλλοντος από τους ρύπους των οχημάτων. Έτσι, ο προσομοιωτής οδικής κυκλοφορίας TRANSIMS αναπτύχθηκε από το Los Alamos National Laboratory για να μελετήσει τα νέα δεδομένα που παρουσιάστηκαν και απαιτήθηκαν από σχετικούς κανονισμούς σχετικά με την σχεδίαση και οργάνωση της οδικής κυκλοφορίας ώστε να παρέχεται περισσότερη ασφάλεια, λιγότερη συμφόρηση αλλά και καλύτερη ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα.

Επιπλέον, ο προσομοιωτής TRANSIMS είναι μέρος του πολυετούς προγράμματος Travel Model Improvement Program (TMIP) το οποίο υποστηρίζεται από τις ΗΠΑ και δημιουργήθηκε προκειμένου να αυξηθεί η δυνατότητα η υπάρχουσα οδική συγκοινωνία να ανταποκριθεί στα αναδυόμενα ζητήματα όπως η ολοένα αύξηση των οχημάτων, η αναπροσαρμογή των πολιτικών νόμων που αφορούν την οδική κυκλοφορία και την μόλυνση του περιβάλλοντος αλλά και την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Συνεπώς η φιλοσοφία πίσω από το TRANSIMS είναι να παρέχει την εύκολη ρεαλιστική μελέτη της οδικής κυκλοφορίας μιας πόλης παρέχοντας στον ερευνητή αποτελέσματα οδικής συμφόρησης, μόλυνσης και ατυχημάτων μέσα από ευκρινή χώρο-χρονική αναπαράσταση.

2.2 Η Αρχιτεκτονική του TRANSIMS

Ο προσομοιωτής TRANSIMS αποτελείται μία αρχιτεκτονική με πολλές διαφορετικές υπο-ομάδες. Κάθε ενότητα είναι υπεύθυνη για την προσομοίωση διαφορετικών κομματιών του σεναρίου κίνησης, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η λεπτομερής προσομοίωση με στόχο την δημιουργία πολύ ρεαλιστικής κίνησης. Πιο κάτω φαίνεται εικονικά η σύνθεση και η αλληλεπίδραση των υπο-ομάδων που αποτελούν την αρχιτεκτονική του TRANSIMS.



Εικόνα 3 – Αρχιτεκτονική του TRANSIMS

Το TRANSIMS λειτουργεί παράγοντας συνθετικές οικογένειες, τις δραστηριότητες για τα άτομα μέσα σε αυτές τις οικογένειες, την επιλογή των διαδρομών για τις μετακινήσεις που χρειάζεται η εκτέλεση των δραστηριοτήτων αυτών, και την προσομοίωση αυτών των μετακινήσεων ώστε να δημιουργήσουν δυναμική κυκλοφορία στο δίκτυο, και να εκτιμήσουν την παραγωγή εκπομπών. Το πλαίσιο του TRANSIMS επιτρέπει στον χρήστη να εκτελέσει κάθε υπο-μονάδα όποτε το επιθυμεί μέσω του Feedback Controller.

Το TRANSIMS αρχίζει με τη δημιουργία της ταυτότητας των μεμονωμένων συνθετικών ταξιδιωτών και τη διατήρηση τους σε όλη την προσομοίωση. Όλοι οι συνθετικοί ταξιδιώτες παράγονται από την υπο-μονάδα Population Synthesizer χρησιμοποιώντας τα στοιχεία απογραφής, τα στοιχεία χρήσης του εδάφους, και τα στοιχεία δικτύων.

Αφού εκτελεστεί η υπο-μονάδα Population Synthesizer και υπολογίσει τον αριθμό συνθετικών οικογενειών, τα δημογραφικά χαρακτηριστικά κάθε ατόμου αυτών των οικογενειών, και τις θέσεις αυτών των οικογενειών στο δίκτυο, η υπο-μονάδα Activity Generator δημιουργεί έναν κατάλογο δραστηριότητας για κάθε συνθετικό ταξιδιώτη. Οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν την εργασία, τις αγορές, το σχολείο, κ.λπ. Αυτές οι εκτιμήσεις δραστηριότητας είναι βασισμένες στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ατόμων, και από τα στοιχεία ερευνών. Επιπλέον, οι χρόνοι κάθε δραστηριότητας και οι θέσεις δραστηριότητας καθορίζονται για κάθε άτομο.

Στην συνέχεια η υπο-μονάδα Route Planner υπολογίζει τις απαιτούμενες διαδρομές για την ολοκλήρωση των επιθυμητών δραστηριοτήτων κάθε ατόμου. Ακολούθως η υπο-μονάδα Microsimulation χρησιμοποιεί τις διαδρομές που υπολογίστηκαν από το Route Planner για εκτελέσουν μια περιφερειακή προσομοίωση για την αλληλεπίδραση των οχημάτων. Το microsimulation υπολογίζει συνεχώς τη κατάσταση των οχημάτων, λαμβάνοντας υπόψη τις θέσεις, τις ταχύτητες, και την επιτάχυνση ή επιβράδυνση όλων των οχημάτων καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης. Η παραγόμενη έξοδος της διαδικασίας αυτής μπορεί να παρέχει μια λεπτομερή περιγραφή της κίνησης κάθε ταξιδιώτη στο σύστημα, για κάθε δευτερόλεπτο, κατά τη διάρκεια μιας εικοσιτετράωρης περιόδου. Κάθε μηχανοκίνητο όχημα στην περιοχή μελέτης ελέγχεται κατά αυτόν τον τρόπο για να προσδιορίσει τις συγκεντρώσεις κυκλοφοριακής συμφόρησης και εκπομπής, η οποία γίνεται από την υπο-μονάδα Emissions Estimator.

Η υπο-μονάδα Emissions Estimator παρέχει τα στοιχεία για την ανάλυση ατμοσφαιρικής ποιότητας. Χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες των οχημάτων που παράγονται στην υπο-μονάδα microsimulation, η υπο-μονάδα προβλέπει τη φύση, την ποσότητα, και τη θέση των εκπομπών των μηχανοκίνητων οχημάτων.

Τέλος, η υπο-μονάδα Feedback Controller διαχειρίζεται την ανατροφοδότηση των πληροφοριών μεταξύ του Activity Generator, του Route Planner, και του Traffic Microsimulator. Το Feedback Controller ανατροφοδοτεί τους κανόνες απόφασης για την χρήση των υπο-μονάδων για να καθοριστούν παράγοντες όπως το ποιο ποσοστό των περιφερειακών ταξιδιών πρέπει να ανατροφοδοτηθεί μεταξύ των υπο-μονάδων επειδή έχει σκοντάψει δηλαδή έχει βρεθεί σε αδιέξοδο όσο αφορά τον προορισμό του.

Όπως στις παραδοσιακές μεθοδολογίες ανάθεσης, η αρμόδια υπο-μονάδα για το σχεδιασμό των διαδρομών μπορεί να τοποθετήσει περισσότερα οχήματα στις συνδέσεις από αυτά που έχει ικανότητα η σύνδεσης να επιτρέπει. Αυτό μπορεί να προκαλέσει συμφόρηση και να για να διαλυθεί η συμφόρηση το microsimulation επιλέγει κάποια από τα οχήματα να επιστρέψουν πίσω και να δρομολογηθούν από άλλες συνδέσεις μέσω της αρμόδιας υπο-μονάδας για το σχεδιασμό των διαδρομών.

Πιο κάτω ακολουθεί αναλυτική περιγραφή της λειτουργίας κάθε ενότητας.

2.2.1 Inputs

Η ενότητα Inputs είναι αυτή που δέχεται τις κατάλληλες εισόδους για την σωστή λειτουργία των υπόλοιπων υπο-ομάδων. Το TRANSIMS δέχεται πληροφορίες από τον χάρτη της περιοχής που αφορούν το οδικό δίκτυο της πόλης που προσομοιώνει. Επιπλέον λαμβάνει τις πληροφορίες σχετικά με τον πραγματικό πληθυσμό από τα στοιχεία απογραφής για να δημιουργήσει την ταυτότητα των μεμονωμένων συνθετικών ταξιδιωτών στην προσομοίωση, ώστε οι ταξιδιώτες στις συνθετικές οικογένειες να μιμούνται την συμπεριφορά των πραγματικών ανθρώπων. Για την δημιουργία όλων των απαραίτητων αρχείων που δίνονται σαν είσοδο, χρειάστηκε σε πολλές περιπτώσεις, εκτός από την εκτενή μελέτη των διάφορων documentation, η μελέτη του κώδικα του προσομοιωτή αλλά και των αρχείων που παρέχονται στο έτοιμο project της Αλεξάνδρειας της Βιρτζίνια, το οποίο παρέχεται από την ομάδα του TRANSIMS, και το οποίο μπορεί κανείς να το βρει στην σελίδα <http://code.google.com/p/transims/wiki/HowToIndex>, όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία στο [10].

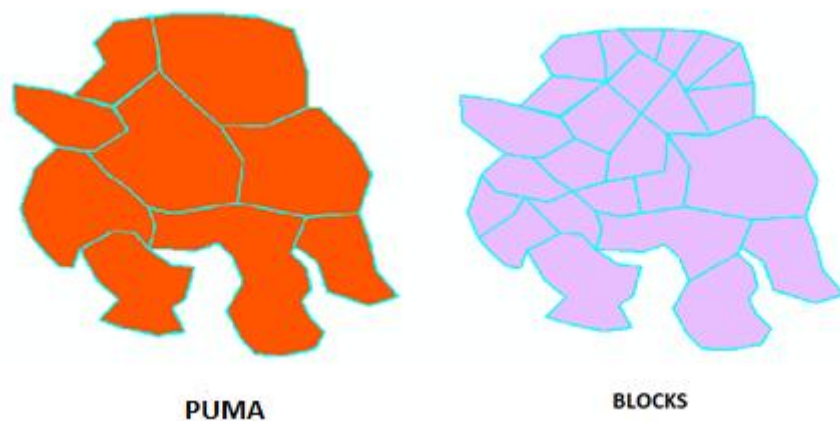
Η ενότητα αυτή δέχεται τα networks files, τα οποία είναι αρχεία με πληροφορίες που αφορούν το οδικό δίκτυο της πόλης όπως τους δρόμους, τα όρια ταχύτητας κάθε δρόμου, τις επιτρεπτές πορείες κάθε λωρίδας των δρόμων, τις υποχρεωτικές στάσεις, τους φωτεινούς σηματοδότες τροχαίας, τους κυκλικούς κόμβους, τους χώρους στάθμευσης και πολλά άλλα, τα οποία παρέχονται όλα μέσω των χαρτών οι οποίοι παρέχουν και ακριβείς πληροφορίες για το οδικό δίκτυο. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω ένα από τα προβλήματα του προσομοιωτή TRANSIMS τα οποία τον καθιστούν ακατάλληλο για χρήση του σε προσομοιώσεις πόλεων εκτός Αμερικής, είναι το γεγονός ότι για την δημιουργία των αρχείων αυτών, δέχεται μόνο χάρτες τύπου TIGER οι οποίοι αναπαριστούν μόνο περιοχές της Αμερικής. Για λύση του προβλήματος αυτού χρησιμοποιήθηκε ένα έτοιμο εργαλείο το οποίο παίρνει σαν είσοδο χάρτες τύπου Open Street Map και δημιουργεί όλα τα κατάλληλα αρχεία, που αφορούν τον χάρτη, σε μορφή όπως τα δέχεται ο προσομοιωτής. Η εικόνα πιο κάτω παρουσιάζει όλα τα αρχεία του οδικού δικτύου που δημιουργούνται από τον εργαλείο αυτό και είναι απαραίτητα για την λειτουργία μιας προσομοίωσης.

Node
Link
Speed
Pocket Lane
Lane Use
Parking
Barrier
Transit Stop
Lane Connectivity
Turn Prohibition
Unsignalized Node
Signalized Node
Phasing Plan
Timing Plan
Detector
Signal Coordinator
Activity Location
Process Link
Study Area Link

Εικόνα 4 – Network Data Files

Το επόμενο είδος αρχείων που χρειάζεται σαν είσοδο ο προσομοιωτής είναι τα zone data files, τα οποία είναι τύπου shape (*.shp) και είναι αρχεία τα οποία χωρίζουν την περιοχή σε ζώνες και μπλοκ. Πιο συγκεκριμένα είναι αρχεία που χωρίζουν την πόλη σε πιο μικρές υπό περιοχές οι οποίες θα αντιστοιχιστούν αργότερα με τα στοιχεία του πληθυσμού ώστε να γνωρίζει ο προσομοιωτής τον πληθυσμό κάθε μικρής περιοχής και όχι μόνο τον πληθυσμό ολόκληρης της πόλης ώστε να τοποθετεί σωστά τον πληθυσμό στο οδικό δίκτυο. Κάτι τέτοιο καθιστά την προσομοίωση της οδικής κίνησης πιο ρεαλιστική αφού περιοχές με έντονη δραστηριότητα, όπως καταστήματα και γραφεία, και με περισσότερο πληθυσμό θα εμφανίζονται με πιο πυκνή κυκλοφορία από ότι άλλες. Τα αρχεία αυτά είναι σημαντικό να ταιριάζουν οι συντεταγμένες τους, δηλαδή να βρίσκονται στην ίδια περιοχή, με τα αρχεία του οδικού δικτύου, γιατί διαφορετικά η προσομοίωση παρουσιάζει πρόβλημα. Το ένα αρχείο χωρίζει την περιοχή σε ζώνες (PUMA), οι οποίες στην προσομοίωση της Λευκωσίας έχει αποφασιστεί να αντιστοιχούν στους διάφορους δήμους, και το άλλο αρχείο χωρίζει την περιοχή σε ακόμα μικρότερα κομμάτια, τα μπλοκ, τα οποία στην προσομοίωση της Λευκωσίας έχει αποφασιστεί να αντιστοιχούν στις διάφορες ενορίες των δήμων, όπως δίνονται από την στατιστική υπηρεσία της Κύπρου, ώστε να μπορούν αργότερα να αντιστοιχηθούν σωστά και με τον πληθυσμό. Για παράδειγμα η ζώνη που αντιστοιχεί στο κομμάτι της περιοχής του δήμου Αγίου Δομετίου αποτελείται από 2 μπλοκ τα οποία αντιστοιχούν στις 2 ενορίες, Αγίου Παύλου και Αγίου Γεωργίου, του δήμου αυτού. Τα αρχεία αυτά είναι binary files έτσι δεν μπορούμε να τα ανοίξουμε και να δούμε την ακριβή δομή τους και η δημιουργία τους έγινε με το εργαλείο ArcMap μετά από μελέτη των αντίστοιχων αρχείων που βρίσκονταν στο έτοιμο project της Αλεξάνδρειας. Λεπτομερής περιγραφεί της διαδικασίας που χρειάζεται να ακολουθηθεί για την δημιουργία τους ακολουθεί στο κεφάλαιο 3.3.

Εικόνα 5 - Ο χάρτης της Λευκωσίας
χωρισμένος σε ζώνες και
μπλοκ



Επιπλέον, η ενότητα Inputs λαμβάνει 2 τύπους αρχείων που αφορούν την απογραφή του πληθυσμού, το αρχείο US Census Bureau Public Use Microdata Samples (PUMS) και τα αρχεία Standard Tape File 3A (SF3). Και τα 2 αυτά είδη αρχείων που αφορούν τα στοιχεία απογραφής του πληθυσμού είναι διαθέσιμα από την στατιστική υπηρεσία της Αμερικής για όλες τις περιοχές της Αμερικής στην ακριβή μορφή με την οποία τα δέχεται το TRANSIMS. Συνεπώς αυτός είναι ο ένας από τους παράγοντες που καθιστούν το TRANSIMS δύσχρηστο για οποιαδήποτε περιοχή εκτός της Αμερικής. Για λύση του προβλήματος αυτού έχω δημιουργήσει το εργαλείο Population Files Creator το οποίο δέχεται σαν είσοδο τα στοιχεία απογραφής οποιασδήποτε πόλης σε απλή αριθμητική μορφή και δημιουργεί τα αρχεία PUMS και SF3 στην μορφή που τα δέχεται το TRANSIMS. Στο Κεφάλαιο 3 ακολουθεί αναλυτική περιγραφή του εργαλείου αυτού για την λειτουργία του αλλά και για το αρχείο που δέχεται σαν είσοδο.

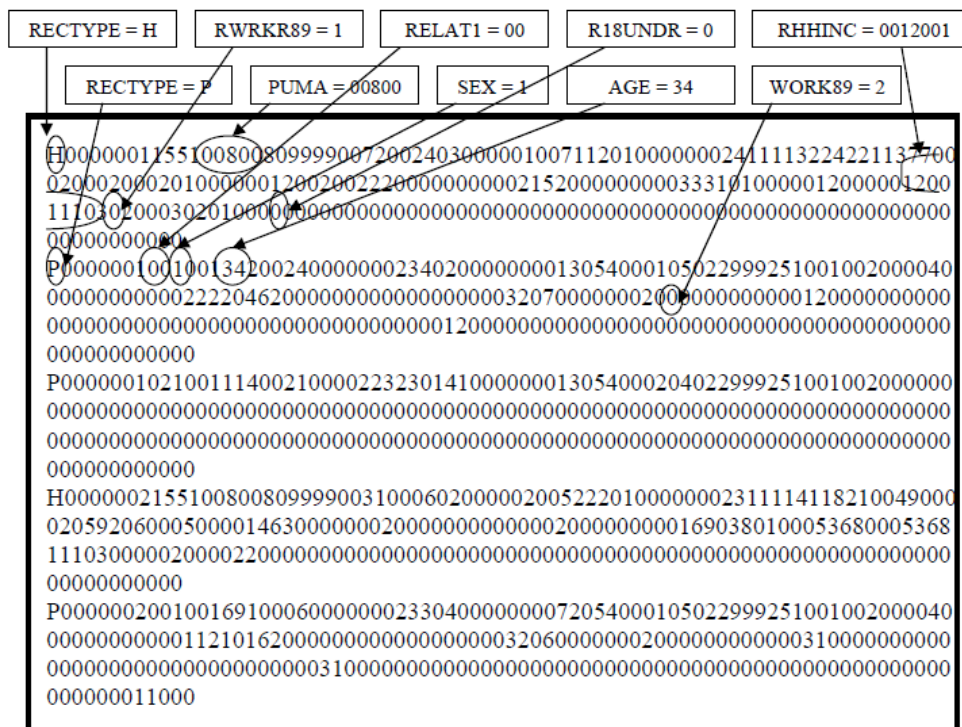
Το αρχείο PUMS αποτελείται από ένα 5% αντιπροσωπευτικό δείγμα των πλήρων αρχείων απογραφής των οικογενειών που περιλαμβάνονται στην περιοχή που θέλουμε να προσομοιώσουμε.

Εικόνα 6 - Παράδειγμα νοικοκυριού
από το PUMS

			
<u>Age</u>	26	26	7
<u>Income</u>	\$25k	\$18k	\$0
<u>Status</u>	Worker	Worker	Student
<u>Automobile</u>			

Κάθε γραμμή του αρχείου αυτού ξεκινά είτε με το γράμμα H συμβολίζοντας ένα νοικοκυριό, είτε με το γράμμα P το οποίο συμβολίζει ένα άτομο. Κάθε γραμμή νοικοκυριού ακολουθείτε από τόσες γραμμές ατόμων όσα και τα άτομα μέσα στο συγκεκριμένο νοικοκυριό. Οι γραμμές των νοικοκυριών αποτελούνται από 266 συνεχόμενους αριθμούς κάθε ένας από τους οποίους συμβολίζει και ένα χαρακτηριστικό του νοικοκυριού, όπως την περιοχή στην οποία βρίσκεται το νοικοκυριό, από πόσα άτομα αποτελείται, τί ανέσεις έχει και πολλά άλλα. Οι γραμμές των ατόμων αποτελούνται από 316 συνεχόμενους αριθμούς κάθε ένας από τους οποίους συμβολίζει και ένα χαρακτηριστικό του ατόμου, όπως το φύλο, την ηλικία του, το αν εργάζεται ή όχι και πολλά άλλα. Ο αναλυτικός οδηγός του αρχείου PUMS, στον οποίο περιγράφεται αναλυτικά τι

αντιπροσωπεύει κάθε ένας από αυτούς τους αριθμούς, βρίσκεται στην σελίδα <http://www.census.gov/prod/cen2000/doc/pums.pdf>, chapter 6 – Data Dictionary, σελίδα 119, όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία στο [6].



Εικόνα 7 – Παράδειγμα της μορφής του αρχείου PUMS

Τα αρχεία SF3 είναι συνοπτική πίνακες οι οποίοι συνοψίζουν τα λεπτομερή στοιχεία του συνολικού πληθυσμού κάθε μπλοκ και όχι μόνο του 5% που περιλαμβάνονται στο αρχείο PUMS. Δυστυχώς για τα αρχεία αυτά δεν υπάρχει αναλυτικός οδηγός στο εγχειρίδιο του TRANSIMS, έτσι χρειάστηκε να μελετηθεί εκτενώς ο κώδικας του προσομοιωτή σε συνδυασμό με τα έτοιμα αρχεία που παρέχονταν για τις πόλεις της Αμερικής ώστε να καταλήξω στην ακριβή δομή των αρχείων αυτών.

Εικόνα 8 – Εικονικό Παράδειγμα της λογικής των SF3 αρχείων

Number of Family households, <i>N</i> , with number of workers in households (1989)				
Workers	0	1	2	3 or Greater
<i>N</i>	30	57	224	14

Number of Family Households, <i>N</i> , by age of Householder in the Given Range							
Age	15 to 24	25 to 34	35 to 44	45 to 54	55 to 64	65 to 74	75 and over
<i>N</i>	32	82	72	54	33	24	28

Υπάρχουν περισσότεροι από 800 συνοπτικούς πίνακες οι οποίοι συνοψίζονται σε 76 SF3 αρχεία. Σε κάθε προσομοίωση δεν είναι απαραίτητη η χρήση όλων των αυτών των πινάκων αλλά είναι αρκετό να χρησιμοποιήσουμε μόνο μερικούς, ανάλογα με της παραμέτρους που θεωρούμε σημαντικές κάθε φορά. Το εργαλείο Population Files Creator δημιουργεί μόνο τα 3 από τα 76 SF3 αρχεία και πιο συγκεκριμένα τα αρχεία 1, 5 και 7. Αναλυτική περιγραφή των πινάκων αυτών βρίσκεται στον οδηγό της σελίδα http://www2.census.gov/census_2000/datasets/Summary_File_3/OSF3_table_matrix.doc, όπως αναφέρεται στην βιβλιογραφία στο [7]. Για να διαπιστώσουμε σε ποιο από τα 76 αρχεία βρίσκεται ο πίνακας που μας ενδιαφέρει αρκεί να κοιτάξουμε στον οδηγό την σεσημασμένη στήλη όπως φαίνεται στην εικόνα 7.

P5.	URBAN AND RURAL [7]	
	Universe: Total population	
	Total:	P005001 01 9
	Urban:	P005002 01 9
	Inside urbanized areas	P005003 01 9
	Inside urban clusters	P005004 01 9
	Rural:	P005005 01 9
	Farm	P005006 01 9
	Nonfarm	P005007 01 9

Εικόνα 9- Απόκομμα από τον αναλυτικό οδηγό των πινάκων

Τα αρχεία SF3 είναι αρχεία στα οποία κάθε τιμή διαχωρίζεται από τον επόμενο με κόμμα. Οι γραμμές του αρχείου αυτού είναι τόσες όσα και τα μπλοκ στα οποία χωρίζεται η περιοχή που πρόκειται να προσομοιώσουμε. Οι πρώτες 4 τιμές του αρχείου είναι σταθερές σε όλες τις γραμμές του αρχείου. Η πρώτη τιμή είναι η χαρακτηριστική λέξη uSF3 η οποία είναι αναγνωριστική για τα συγκεκριμένα αρχεία και κάθε γραμμή σε κάθε SF3 αρχείο επιβάλλεται να ξεκινά με αυτήν.

Εικόνα 10 - Παράδειγμα δομής του αρχείου SF3

άυξον αριθμός μπλοκ	τιμή πίνακα 1	τιμή πίνακα 2	τιμή πίνακα 3	τιμή πίνακα 4	τιμή 1 πίνακα 5	τιμή 2 πίνακα 5	τιμή 3 πίνακα 5	τιμή 4 πίνακα 5	τιμή 5 πίνακα 5
uSF3,NC,000,01,0001059	117	117	117	5.0	117	117	117	0,0	...
uSF3,NC,000,01,0001060	572	572	572	5.0	572	572	572	0,0	
uSF3,NC,000,01,0001061	1056	1056	1056	5.0	1056	1056	1		
uSF3,NC,000,01,0001062	1582	1582	1582	5.0	1582	1582	1		
uSF3,NC,000,01,0001063	1620	1620	1620	5.0	1620	1620	1		
uSF3,NC,000,01,0001064	1865	1865	1865	5.0	1865	1865	1		

Η επόμενη τιμή είναι τα αρχικά της προσομοιωμένης πόλης και χώρας, για παράδειγμα στην προκειμένη περίπτωση της εικόνας 8, τα αρχικά NC αντιπροσωπεύουν τις λέξεις Nicosia Cyprus. Η τέταρτη τιμή αντιπροσωπεύει τον αριθμό του SF3 αρχείου, καθώς όπως είπαμε υπάρχουν συνολικά 76 τέτοια αρχεία, και όπως είναι εμφανές η εικόνα 8 παρουσιάζει ένα κομμάτι από το πρώτο αρχείο SF3 για αυτό και ο τέταρτος αριθμός κάθε γραμμής έχει την τιμή 01. Ο πέμπτος αριθμός είναι ένας αύξον αριθμός μεγέθους 7 ψηφίων ο οποίος χαρακτηρίζει κάθε μπλοκ. Οι υπόλοιπες τιμές κάθε γραμμής αντιπροσωπεύουν τις τιμές των πινάκων που εμπεριέχονται στο συγκεκριμένο αρχείο. Για παράδειγμα όπως φαίνεται από την εικόνα 7 ο πίνακας 5 αποτελείται από 7 τιμές, και οι πίνακες 1-4 αποτελούνται από μόνο μία τιμή ο κάθε ένας, συνεπώς κάθε γραμμή του πρώτου SF3 αρχείου θα αποτελείται από τις πρώτες 5 σταθερές τιμές, στην συνέχεια θα ακολουθούν οι τιμές των πινάκων 1-4 με την σειρά που εμφανίζονται στον οδηγό, μετά θα ακολουθούν οι 7 τιμές του πίνακα 5, ακολούθως θα εμφανίζονται οι τιμές του πίνακα 6 και για όλους τους πίνακες που αντιστοιχούν στο πρώτο αυτό αρχείο. Έτσι κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει και ένα μπλοκ, δηλαδή ένα μικρό κομμάτι της προσομοιωμένης περιοχής, και περιέχει όλες τις συνοπτικές τιμές των πινάκων που εμπεριέχονται στο συγκεκριμένο αρχείο.

Το αρχείο είναι τύπου text και έχει όνομα PUMS.txt. Τα SF3 αρχεία έχουν επέκταση uf3 και όνομα τα 2 αρχικά της πόλης και της χώρας τις οποίες αφορούν αλλά και ένα 5ψήφιο αριθμό που υποδηλώνει ποιο από τα 76 SF3 αρχεία είναι (π.χ. nc00001.uf3) .

Τέλος , η ενότητα Inputs, δέχεται και το αρχείο SF3 GEO το οποίο ουσιαστικά είναι υπεύθυνο για να συνδέσει τα SF3 αρχεία (με τα συνοπτικά αρχεία του πληθυσμού) με τα αρχεία των μπλοκ τα οποία περιέχουν τις συντεταγμένες κάθε μπλοκ, για όλα τα μπλοκ της προσομοιωμένης περιοχής (γεωγραφικά στοιχεία της περιοχής – zone data). Το αρχείο αυτό περιέχει τόσες γραμμές όσες και τα μπλοκ, όσες δηλαδή είναι και οι γραμμές στα SF3 αρχεία. Την σύνδεση των δύο αρχείων την πετυχαίνει καθώς κάθε γραμμή, αντιπροσωπεύει ένα μπλοκ, περιέχοντας την 5^η τιμή κάθε γραμμής του αρχείου SF3, η οποία είναι ο αύξον αριθμός μεγέθους 7 ψηφίων ο οποίος χαρακτηρίζει κάθε μπλοκ, και μια συντεταγμένη σε latitude / longitude ενός τυχαίου σημείου του συγκεκριμένου μπλοκ. Ο αύξον αριθμός του κάθε μπλοκ ξεκινά από την θέση 19 του GEO αρχείου και έχει μέγεθος 5 ψηφίων, η συντεταγμένη latitude ξεκινά στην

θέση 311, έχει μέγεθος 9 ψηφίων και η συντεταγμένη longitude ξεκινά στην θέση 320 και έχει μέγεθος 10 ψηφίων. Το πρώτο ψηφίο στις συντεταγμένες δεν είναι αριθμός αλλά είναι τα σύμβολα + ή - τα οποία προσδιορίζουν το ημισφαίριο στο οποίο βρίσκεται η περιοχή που θέλουμε να προσομοιώσουμε. Τον αύξον χαρακτηριστικό αριθμό κάθε μπλοκ μπορεί κανείς να τον βρει από τα SF3 αρχεία. Για να βρούμε τις συντεταγμένες του τυχαίου σημείου κάθε μπλοκ χρειάζεται και πάλι να χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο ArcMap.

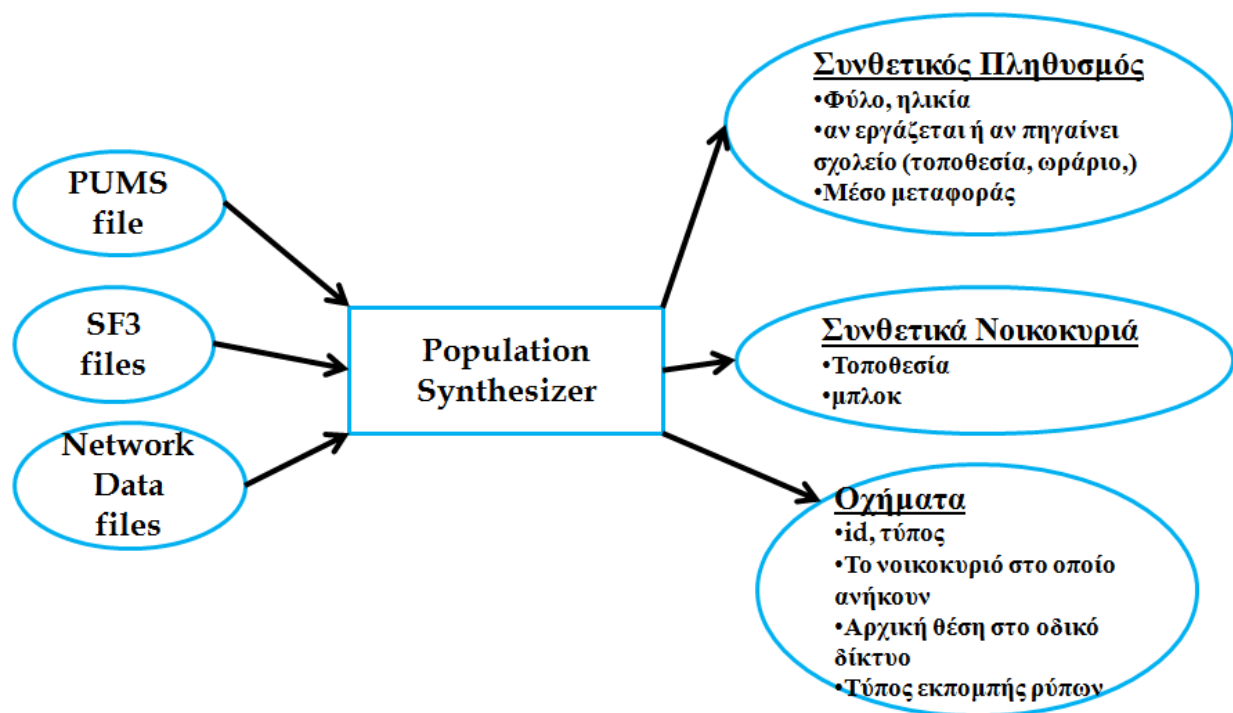
Το αρχείο GEO περιέχει συνολικά 401 συνεχόμενες θέσεις κάθε μία από τις οποίες αντιπροσωπεύει και ένα χαρακτηριστικό. Ο ακριβής οδηγός του αρχείου αυτού, ο οποίος περιέχει το τι ακριβώς αντιπροσωπεύει κάθε θέση του αρχείου, βρίσκεται στο παράστημα Γ, και στην σελίδα <http://www.census.gov/prod/cen2000/doc/sf3.pdf>, chapter 7, Data Dictionary, σελίδα 399, όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία στο [8]. Τέλος το αρχείο αυτό έχει επέκταση uf3 και όνομα τα 2 αρχικά της πόλης και της χώρας τις οποίες αφορούν και την λέξη geo(π.χ.NCgeo.ufe).

αύξον αριθμός μπλοκ από το SF3				Latitude τυχαίου σημείου από το block group αρχείο			Latitude τυχαίου σημείου από το block group αρχείο		
uSF3	NC09000000	0001059	1010100100	...	FY	117	43+33346621+035170586	P	
uSF3	NC09000000	00010602	1010100200	...	FY	572	201+33363575+035171478	P	
uSF3	NC09000000	00010612	1010100300	...	FY	1056	412+33386477+035167017	P	
uSF3	NC09000000	00010622	1010100400	...	FY	1582	590+33380231+035180699	P	
uSF3	NC09000000	00010632	1010100500	...	FY	1620	606+33398600+035190216	P	
uSF3	NC09000000	00010642	1010100600	...	FY	1865	709+33382908+035200032	P	
uSF3	NC09000000	00010652	1010100700	...	FY	2110	809+33367442+035197355	P	
uSF3	NC09000000	00010662	1010100800	...	FY	2276	883+33358816+035184863	P	
uSF3	NC09000000	00010672	1010100100	...	FY	910	303+33408785+035145007	P	
uSF3	NC09000000	00010682	1010100100	...	FY	132	46+33328180+035185755	P	

Εικόνα 11 – Παράδειγμα δομής αρχείου GEO

2.2.2 Population Synthesizer

Η ενότητα Population Synthesizer είναι υπεύθυνη για την δημιουργία του συνθετικού πληθυσμού της προσομοίωσης. Χρησιμοποιεί τα στοιχεία απογραφής για να χτίσει τις αντίστοιχες με τις πραγματικές, συνθετικές οικογένειες για την περιοχή προσομοίωσης, και τα στοιχεία του χάρτη για να εντοπίσει την θέση των οικογενειών στο οδικό δίκτυο. Περιλαμβάνει επίσης αρχείο με το πόσα οχήματα και τι είδους ανήκουν σε κάθε οικογένεια. Η εισαγωγή στοιχείων και η παραγωγή για του συνθετικού πληθυσμού μπορούν να συνοψιστούν όπως φαίνεται στην εικόνα 12.

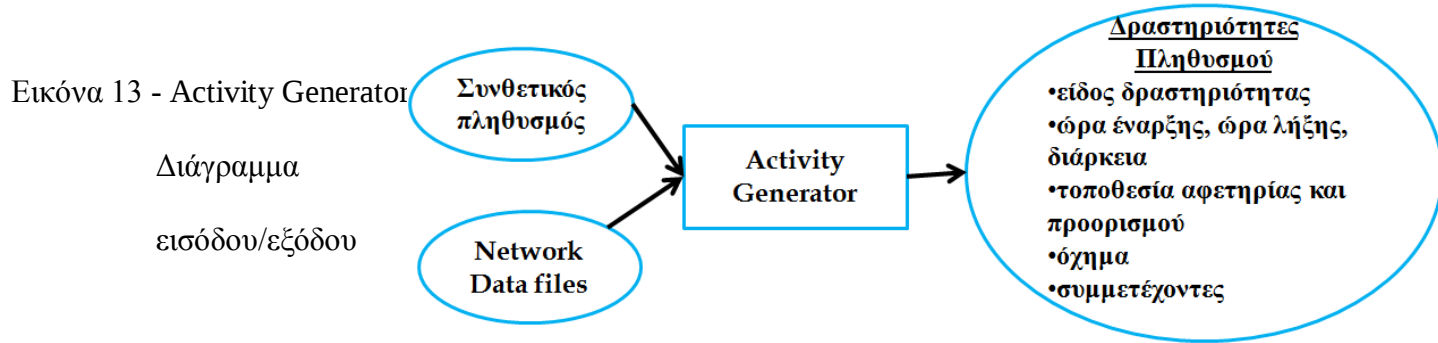


Εικόνα 12 - Population Synthesizer – Διάγραμμα εισόδου/εξόδου

2.2.3 Activity Generator

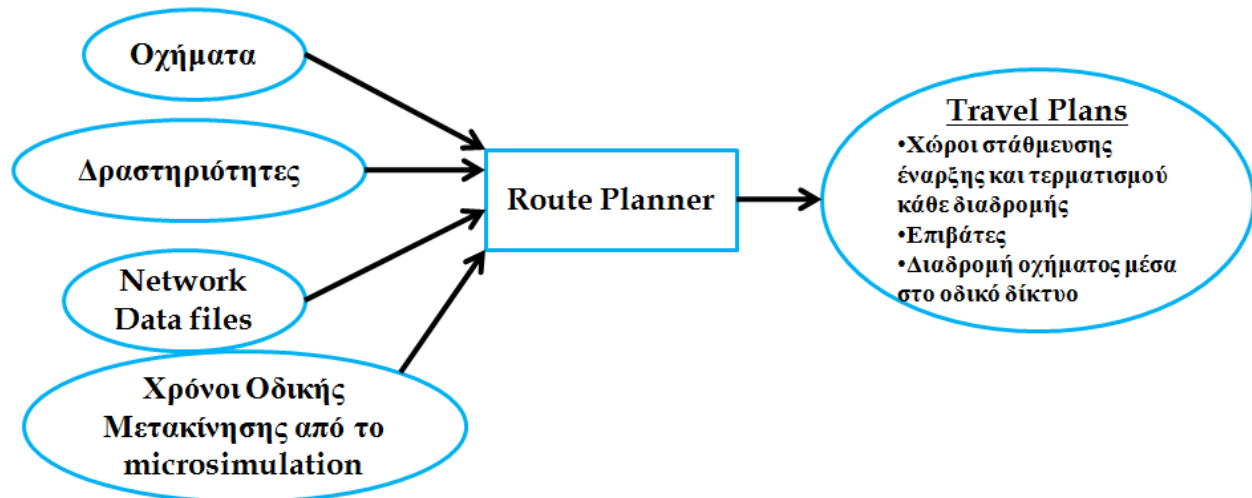
Η ενότητα Activity Generator είναι υπεύθυνη να παράγει έναν κατάλογο δραστηριοτήτων για κάθε άτομο σε μια συνθετική οικογένεια. Αυτές οι δραστηριότητες είναι βασισμένες στις πληροφορίες των συνθετικών οικογενειών που παράγονται στην ενότητα Population Synthesizer χρησιμοποιώντας τα στοιχεία απογραφής της προσομοιωμένης περιοχής, αλλά και στις έρευνες δραστηριότητας που συλλέγονται από τις πραγματικές οικογένειες στην περιοχή μελέτης. Η δημογραφική έρευνα περιέχει τις πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά κάθε μεμονωμένης οικογένειας στο δείγμα ερευνών των πραγματικών οικογενειών, το οποίο χρησιμοποιείται για να ταιριάζει με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των συνθετικών οικογενειών που λαμβάνονται από τα στοιχεία απογραφής PUMS. Η έρευνα δραστηριότητας που λαμβάνεται από το δείγμα των πραγματικών οικογενειών περιλαμβάνει τις πληροφορίες που αφορούν την οδική κυκλοφορία για κάθε μεμονωμένο οικιακό μέλος για μία περίοδο μιας ή περισσότερων ημερών, όπως το αν εργάζεται ή όχι, αν είναι μαθητής κτλ.

Οι συνθετικές οικογένειες που λαμβάνονται από την ενότητα συνθετών πληθυσμού, και τα στοιχεία δικτύων αποτελούν τον κατάλογο εισαγωγής στη γεννήτρια δραστηριοτήτων Activity Generator όπως φαίνεται στην εικόνα 13.



2.2.4 Route Planner

Η ενότητα Route Planner είναι υπεύθυνη για το σχεδιασμό των διαδρομών κάθε ατόμου σύμφωνα με τον κατάλογο δραστηριοτήτων που παράγεται από τη γεννήτρια δραστηριοτήτων. Επιπλέον, το Route Planner επιλέγει την πιο κοντινή σε χρόνο πορεία στο δίκτυο για κάθε μεμονωμένη οδική μετακίνηση. Εκτός από τον κατάλογο δραστηριοτήτων από τη γεννήτρια δραστηριοτήτων, οι εισαγωγές στην ενότητα αυτή περιλαμβάνουν το οδικό δίκτυο, το αρχείο οχημάτων που παράχθηκε από την ενότητα Population Synthesizer, και τους χρόνους οδικής μετακίνησης τους οποίους ανατροφοδοτείται από την ενότητα Traffic Microsimulator, όπως φαίνεται και στην εικόνα 14.

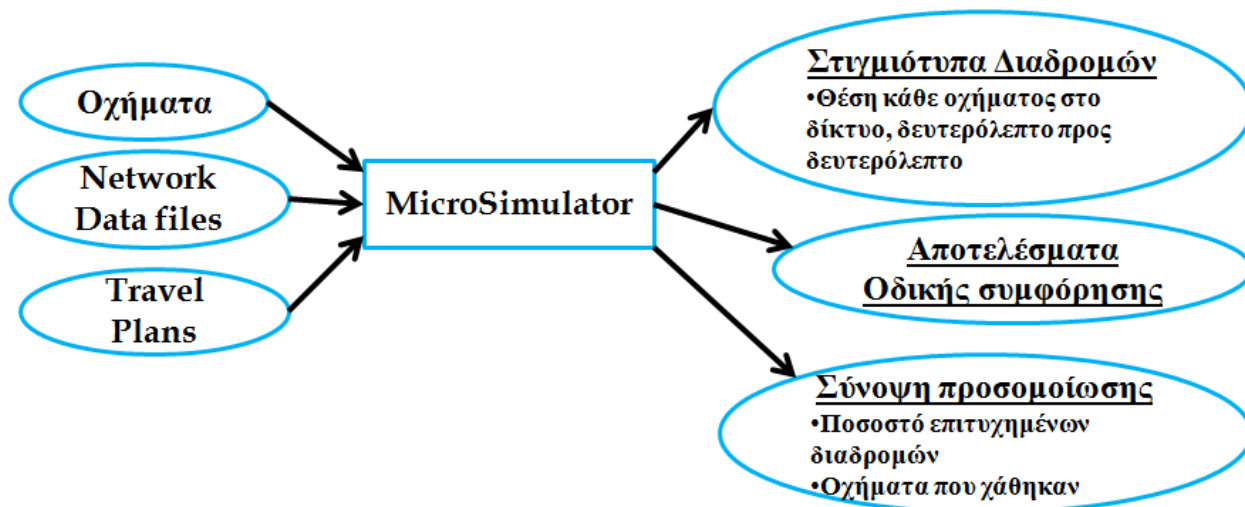


Εικόνα 14 - Route Planner – Διάγραμμα εισόδου/εξόδου

2.2.5 Traffic Microsimulation

Η ενότητα Traffic Microsimulator είναι υπεύθυνη να εκτελεί τα σχέδια των οδικών μεταφορών. Το Traffic Microsimulator ενημερώνεται κάθε δευτερόλεπτο ώστε να εξασφαλιστεί ότι οι δυναμικές συμπεριφορές οχημάτων εκτελούνται με αρκετή ακρίβεια ώστε να παραγάγουν γενική ρεαλιστική συμπεριφορά κυκλοφορίας. Οι αλληλεπιδράσεις των ταξιδιωτών παράγουν τις προκύπτουσες συμπεριφορές κυκλοφορίας όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση, χρησιμοποιούνται στην συνέχεια για να υπολογιστούν οι εκπομπές ρύπων των οχημάτων. Η ροή δεδομένων εισόδου και εξόδου του microsimulation παρουσιάζεται στην εικόνα 15. Η είσοδος στην ενότητα Traffic Microsimulator αποτελείται από το οδικό δίκτυο, το αρχείο των οχημάτων, και τα σχέδια διαδρομών που λαμβάνονται από το Route Planner.

Κάθε άτομο κινείται από μια δραστηριότητα προς άλλη σύμφωνα με το σχέδιο που λαμβάνεται από το Route Planner, χρησιμοποιώντας τους συνδυασμούς τρόπων όπως το περπάτημα, οδήγημα, ή την χρήση μέσου μαζικής μεταφοράς. Όλες οι μετακινήσεις οχημάτων μιμούνται λεπτομερώς την πραγματική κυκλοφορία σταματώντας στα οδικά σήματα, τις παρόδους, τις επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, αλλαγής λωρίδας, στάσεις μέσων μαζικής μεταφοράς για συλλογή ή αποβίβαση επιβατών, κ.λπ. Τα οχήματα ακολουθούν ένα σύνολο κανόνων που εγγυείται ότι δεν θα συμβεί καμία σύγκρουση οχημάτων.



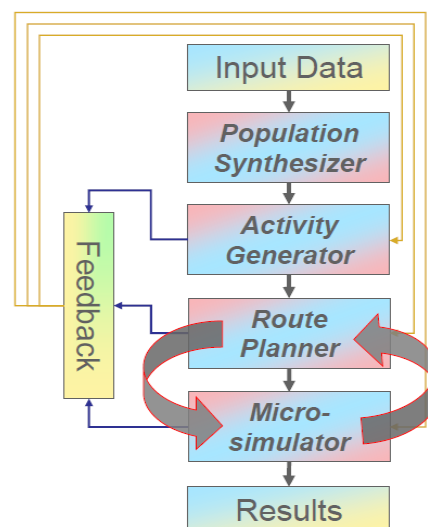
Εικόνα 15 - Traffic Microsimulation – Διάγραμμα εισόδου/εξόδου

2.2.6 Feedback Controller

Η ενότητα Feedback Controller είναι ένας αρχικός μηχανισμός που χρησιμοποιείται για να επιτύχει την εσωτερική συνέπεια μεταξύ των ενότητων. Παραδείγματος χάριν, χρησιμοποιείται για να επιτύχει μια λογική συμφωνία μεταξύ των απαιτήσεων των μετακινήσεων που εκφράζονται στους καταλόγους δραστηριοτήτων, τα σχέδια οδικών μετακινήσεων για να ικανοποιήσουν αυτές τις απαιτήσεις, και την εφαρμογή των σχεδίων στην κυκλοφορία. Το Feedback Controller ανατροφοδοτεί επιλεκτικά τις πληροφορίες από μια ενότητα σε άλλη. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται για να τροποποιήσουν ένα οριζόμενο υποσύνολο των δραστηριοτήτων και των σχεδίων των συνθετικών οικογενειών για να επιτύχουν ρεαλιστικά αποτελέσματα κυκλοφορίας.

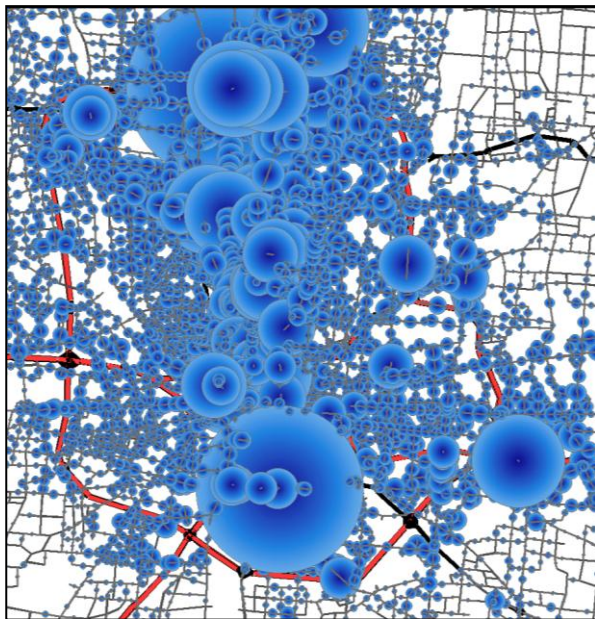
Πιο συγκεκριμένα, κατά την εκτέλεση των διαδρομών από το microsimulator, διαπιστώνεται ότι κάποιες διαδρομές δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα (καταλήγουν σε αδιέξοδα, δεν φτάνουν στο προορισμό τους σε λογικό χρόνο, χάνονται κτλ.) Έτσι, το route planner και το microsimulator εκτελούνται επανειλημμένες φορές, αλληλεπιδρώντας μεταξύ τους, ώστε να διορθωθούν όσο το δυνατόν περισσότερες από τις λάθος διαδρομές.

Εικόνα 16

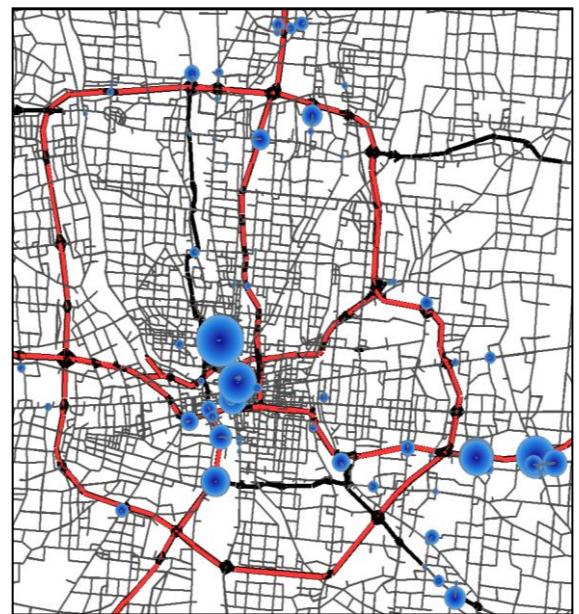


Το Feedback Controller είναι η μονάδα μέσω γίνεται η επικοινωνία και η ανταλλαγή δεδομένων του route planner και του microsimulator κατά τις διάφορες επαναλήψεις εκτέλεσης. Το microsimulator δίνει πληροφορίες για το ποιες διαδρομές είναι λανθασμένες και γιατί κατέληξαν σε αποτυχία. Το route planner παίρνει τις πληροφορίες αυτές μέσω του feedback, διορθώνει τις διαδρομές και τις στέλνει πίσω στο microsimulator. Κάποιες φορές όταν διαπιστωθεί αδυναμία διόρθωσης της διαδρομής μετά από κάποιες επαναλήψεις, μπορεί να χρειαστεί να ξαναεκτελεστεί και το activity generator για επανακαθορισμό της δραστηριότητας.

Συνεπώς αν μπορούσαμε να δούμε γραφικά τις αποτυχημένες διαδρομές, κατά την πρώτη εκτέλεση του microsimulator και μετά από κάποιες επαναλήψεις, θα έμοιαζαν με την πιο κάτω εικόνα.



1^η Επανάληψη



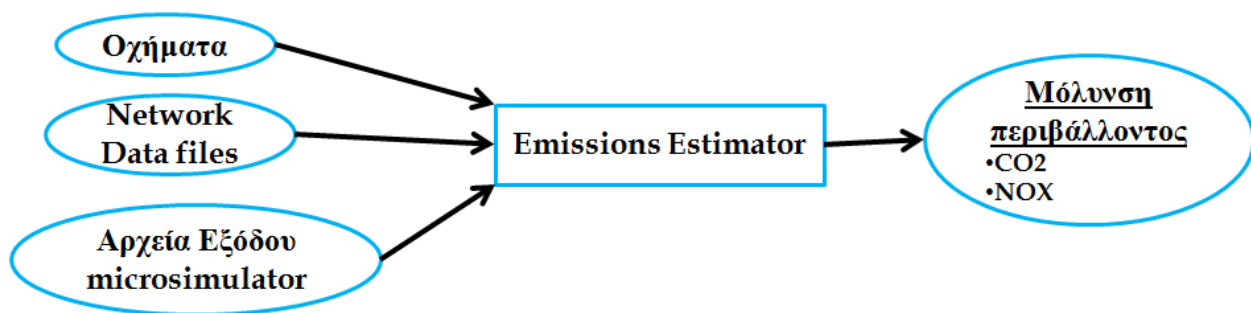
25^η Επανάληψη

Εικόνα 17

2.2.7 Emissions Estimator

Ο εκτιμητής εκπομπών, Emissions Estimator, χρησιμοποιείται για να μεταφράσει τη δυναμική κυκλοφορία από το Traffic Microsimulator στην επακόλουθη ατμοσφαιρική ποιότητα, την κατανάλωση ενέργειας, και τις μολυσματικές εκπομπές. Αυτές οι εκπομπές αθροίζονται για να ενημερώσουν τις γενικές περιφερειακές εκτιμήσεις ατμοσφαιρικής ποιότητας που παράγονται από τα ρυθμιστικά πρότυπα εκπομπών.

Ο εκτιμητής εκπομπών δέχεται σαν είσοδο τις πληροφορίες από το αρχείο οχημάτων, την έξοδο του Traffic Microsimulator και το οδικό δίκτυο όπως φαίνεται στην εικόνα 18. Η παραγωγή εκτιμητών εκπομπών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογίσει τις εκπομπές ρύπανσης, τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, την τοπική μεταφορά και τη διασπορά, και τις χημικές αντιδράσεις. Οι εκπομπές που υπολογίστηκαν κατά την προσομοίωση της Λευκωσίας αφορούσαν το CO₂ και το NO_x.



Εικόνα 18 - Emissions Estimator – Διάγραμμα εισόδου/εξόδου

Αναλυτικές πληροφορίες, για κάθε ενότητα του TRANSIMS, σχετικά με το πώς ακριβώς λειτουργούν και το τι αλγόριθμους χρησιμοποιούν, παρέχονται στο manual του TRANSIMS, όπως αναφέρεται στο [9] .

Κεφάλαιο 3

Προσομοίωση Λευκωσίας

3.1 Συλλογή και μελέτη στοιχείων απογραφής	32
3.2 Εργαλείο Population Files Creator.....	35
3.3 Χρήση του εργαλείου ArcMap 10 και ArcCatalog 10	37
3.4 Βήματα για την εκτέλεση της προσομοίωσης	50
3.5 Γραφικό περιβάλλον NEXTA.....	51

3.1 Συλλογή και μελέτη στοιχείων απογραφής

Τα στοιχεία απογραφής του πληθυσμού της Κύπρου είναι σχεδόν όλα διαθέσιμα προς το κοινό από την Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου στην σελίδα της υπηρεσίας http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/publications_gr/publications_gr?OpenForm&OpenView&RestrictToCategory=622&SrcTp=1&Category=6&Subject=2&SubSubject=2&subsubtext=7&, όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία στο [14], σε μορφή *.pdf. Τα στοιχεία που αφορούσαν κυρίως πληροφορίες για τα οχήματα του πληθυσμού δεν είναι διαθέσιμα στην σελίδα της υπηρεσίας, για αυτό και χρειάστηκε η συνεργασία με τους υπεύθυνους της υπηρεσίας οι οποίοι μας παρείχαν πρόθυμα και αυτά τα στοιχεία σε έντυπη μορφή.

Η απογραφή του πληθυσμού γίνεται κάθε 10 χρόνια και τελευταία φορά έγινε το 2001, ενώ η απογραφή των οχημάτων γίνεται κάθε 2 χρόνια και η τελευταία η οποία είναι διαθέσιμη είναι η έκδοση του 2009. Πρόκειται για συνολικά 6 τόμους οι οποίοι παρουσιάζουν τις διάφορες πληροφορίες κυρίως σε μορφή πινάκων. Ο Τόμος I περιλαμβάνει αναλυτικά στοιχεία για τα γενικά δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού όπως αυτά πηγάζουν από την απογραφή (όπως, η ηλικία, το φύλο, η οικογενειακή κατάσταση, το επίπεδο μόρφωσης, ο τόπος καταγωγής

κ.ά.). Ο Τόμος II περιέχει λεπτομερή στοιχεία για τις κατοικίες, νοικοκυριά, ιδρύματα και πληθυσμό που έχουν καταγραφεί κατά επαρχία, δήμο-κοινότητα και ενορία των δήμων. Ο Τόμος III περιέχει στοιχεία για τις κατοικίες, κατοικημένες και μη, τον τύπο κτιρίου, το μέγεθος και τις ανέσεις των κατοικιών, το καθεστώς ενοίκησης, το ενοίκιο, τα νοικοκυριά, τον τύπο και το μέγεθος τους, κατά επαρχία και αστική/αγροτική περιοχή. Ο Τόμος IV περιλαμβάνει στοιχεία για τις μετακινήσεις του πληθυσμού εντός Κύπρου, για τη μετανάστευση από το εξωτερικό και για τους ξένους υπηκόους κατοίκους Κύπρου. Ο Τόμος V περιέχει στοιχεία για το εργατικό δυναμικό, τους εργαζόμενους και τους ανέργους, κατά επαρχία και αστική/αγροτική περιοχή. Και τέλος ο έκτος τόμος ο οποίο περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τα οχήματα που κυκλοφορούν.

Τα στοιχεία αυτά μελετήθηκαν σε βάθος ώστε να αποφασιστεί ο τρόπος με τον οποίο θα χρησιμοποιούνταν αλλά και για να αποφασιστεί ποια ήταν τα ακριβή στοιχεία που θα χρησιμοποιούνταν για την δημιουργία των αρχείων του πληθυσμού που δέχεται σαν είσοδο το TRANSIMS. Μετά από την μελέτη των στοιχείων κατέληξα στο συμπέρασμα ότι στοιχεία από όλους τους τόμους ήταν απαραίτητα για την δημιουργία των ρεαλιστικών αρχείων πληθυσμού του TRANSIMS. Επιπλέον, από την μελέτη διαφάνηκε ότι δεν θα ήταν εφικτή η δημιουργία ενός εργαλείου το οποίο θα δεχόταν σαν είσοδο τους πίνακες των στοιχείων απογραφής καθώς θα χρειαζόταν να δίνουμε σαν είσοδο πολλές δεκάδες πίνακες, κάτι το οποίο θα ήταν πολύ δαπανηρό καθώς, πέρα από το γεγονός ότι οι πίνακες ήταν σε μορφή pdf και η επεξεργασία τους θα ήταν δύσκολη, από κάθε πίνακα θα χρησιμοποιούσαμε μόνο 2-3 αριθμούς και όχι όλα του τα στοιχεία αφού κάθε πίνακας αφορούσε μία συγκεκριμένη πληροφορία αλλά για όλες τις πόλεις της ενώ εμάς θα μας ενδιέφεραν μόνο οι αριθμοί που αφορούσαν την αστική περιοχή της Λευκωσίας. Επιπρόσθετα να το εργαλείο δεχόταν σαν είσοδο τους πίνακες στην μορφή που τους παρέχει η στατιστική υπηρεσία Κύπρου, θα περιόριζε την χρήση του, καθώς θα ήταν χρήσιμο μόνο για την προσομοίωση των πόλεων της Κύπρου αφού κάθε χώρα ακολουθεί το δικό της σύστημα και παρουσιάζει τα δεδομένα της σε διαφορετική δομή. Συνεπώς αποφασίστηκε η δημιουργία ενός εργαλείου το οποίο θα δέχεται σαν είσοδο 2 text αρχεία τα οποία θα περιέχουν μόνο τους αριθμούς που είναι απαραίτητα και των οποίων θα είναι εύκολα εφικτή η δημιουργία τους για οποιαδήποτε χώρα/πόλη, μετά από σύντομη μελέτη των στοιχείων απογραφής. Ο χρήστης απλά θα ψάχνει για συγκεκριμένες πληροφορίες στα στοιχεία απογραφής της πόλης που

επιθυμεί να προσομοιώσει και θα καταγράφει τους αριθμούς αυτούς στα 2 text αρχεία τα οποία θα δέχεται σαν είσοδο το εργαλείο Population Files Creator, το οποίο στη συνέχεια θα δημιουργεί όλα τα απαραίτητα αρχεία για την σύνθεση του πληθυσμού στο TRANSIMS.

ΕΠΑΡΧΙΑ - DISTRICT		ΜΕΤΕΘΟΣ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΟΥ - SIZE OF HOUSEHOLD							ΜΕΣΟ ΜΕΤΕΘΟΣ ΝΟΙΚΟ- ΚΥΡΙΟΥ AVERAGE HOUSEHOLD SIZE
		Εύνολο Total	1	2	3	4	5	6 +	
ΕΥΝΟΛΟ - TOTAL									
Εύνολο	- Total	223.790	35.841	60.800	38.356	49.064	26.337	13.392	3,06
Λευκωσία	- Lefkosia	89.415	15.096	23.349	15.434	20.673	10.107	4.756	3,03
Αμμόχωστος	- Ammochostos	11.619	1.728	2.875	1.912	2.366	1.737	1.001	3,24
Λάρνακα	- Larnaka	36.302	5.544	9.487	6.250	7.540	4.606	2.875	3,16
Λεμεσός	- Lemesos	64.279	9.835	18.219	11.363	14.008	7.343	3.511	3,03
Πάφος	- Pafos	22.175	3.638	6.870	3.397	4.477	2.544	1.249	2,98
ΑΣΤΙΚΗ - URBAN									
Εύνολο	- Total	155.952	25.592	41.208	28.284	35.908	17.472	7.488	3,02
Λευκωσία	- Lefkosia	67.137	11.933	17.507	12.162	15.796	6.969	2.770	2,96
Λάρνακα	- Larnaka	22.832	3.778	5.983	4.067	4.830	2.725	1.449	3,07
Λεμεσός	- Lemesos	51.226	7.782	13.741	9.601	11.800	5.846	2.456	3,04
Πάφος	- Pafos	14.757	2.099	3.977	2.454	3.482	1.932	813	3,12
ΑΓΡΟΤΙΚΗ - RURAL									
Εύνολο	- Total	67.838	10.249	19.592	10.072	13.156	8.865	5.904	3,15
Λευκωσία	- Lefkosia	22.278	3.163	5.842	3.272	4.877	3.138	1.986	3,25
Αμμόχωστος	- Ammochostos	11.619	1.728	2.875	1.912	2.366	1.737	1.001	3,24
Λάρνακα	- Larnaka	13.470	1.766	3.504	2.183	2.710	1.881	1.426	3,31
Λεμεσός	- Lemesos	13.053	2.053	4.478	1.762	2.208	1.497	1.055	3,01
Πάφος	- Pafos	7.418	1.539	2.893	943	995	612	436	2,69

Εικόνα 19 – Παράδειγμα της μορφής που έχουν τα στοιχεία απογραφής Κύπρου

Πιο κάτω ακολουθεί αναλυτική περιγραφή για τα αρχεία εισόδου τα αρχεία εξόδου αλλά και την λειτουργία του εργαλείου Population Files Creator το οποίο δημιούργησα για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής.

3.2 Εργαλείο Population Files Creator

Το εργαλείο Population Files Creator δημιουργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής με σκοπό να δημιουργεί τα απαραίτητα αρχεία πληθυσμού που δέχεται σαν είσοδο ο προσομοιωτής TRANSIMS, καθιστώντας τον έτσι χρήσιμο για προσομοιώσεις οποιοσδήποτε πόλης εκτός από τις περιοχές της Αμερικής για τις οποίες τα αρχεία αυτά παρέχονται έτοιμα στην σωστή μορφή από την στατιστική υπηρεσία Αμερικής.

Το εργαλείο αυτό είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού C και δέχεται σαν είσοδο 2 text αρχεία (inputs.txt και inputs2.txt) τα οποία περιέχουν αριθμητικές πληροφορίες για τον πληθυσμό της περιοχής που επιθυμούμε να προσομοιώσουμε, τις οποίες μπορεί κανείς να βρει από την στατιστική υπηρεσία της χώρας. Το αρχείο inputs.txt περιέχει τις συντεταγμένες του τυχαίου σημείου κάθε μπλοκ καθώς και 6 αριθμούς για κάθε μπλοκ οι οποίοι αντιστοιχούν στο πλήθος των νοικοκυριών με 1 άτομο, με 2 άτομα, με 3, με 4, με 5 και με 6 αντίστοιχα τα οποία βρίσκονται στο συγκεκριμένο μπλοκ. Το μέγεθος του αρχείου αυτού εξαρτάται από το μέγεθος (αριθμός δήμων και μπλοκ) και τον πληθυσμό της περιοχής που επιθυμούμε να προσομοιώσουμε. Το αρχείο inputs2.txt περιέχει συνολικά 185 αριθμούς οι οποίοι αφορούν γενικές στατιστικές πληροφορίες ολόκληρης της περιοχής και όχι κάποιου συγκεκριμένου μπλοκ. Λεπτομερή περιγραφή της δομής αλλά και των στοιχείων που δέχονται τα 2 αυτά αρχεία, παρουσιάζεται στα παραρτήματα Α και Β.

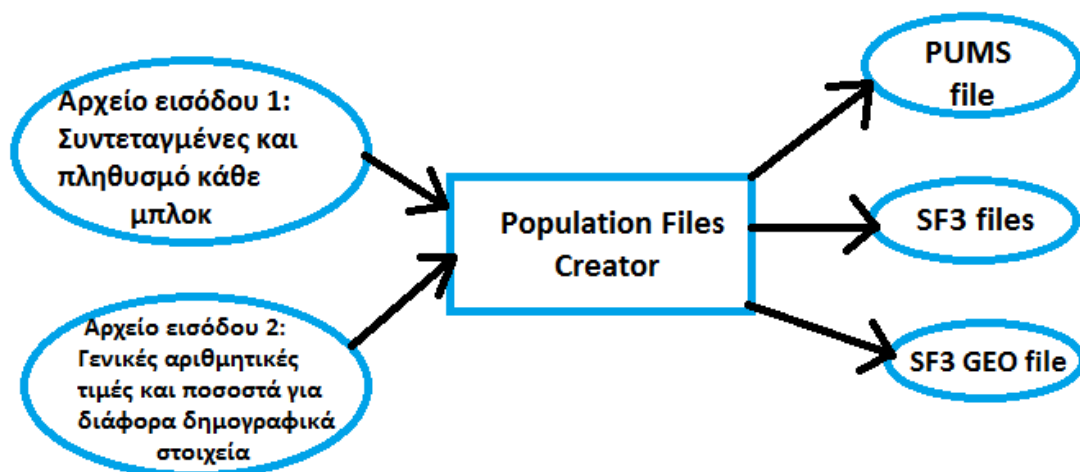
Σαν έξοδο, το εργαλείο Population Files Creator, δίνει το αναλυτικό αρχείο του 5% του πληθυσμού PUMS5_51.txt, 3 SF3 αρχεία με τους συνοπτικούς πίνακες του συνολικού πληθυσμού, nc00001.uf3, nc00005.uf3 και nc00007.uf3, και το αρχείο SF3GEO, ncgeo.uf3, το οποίο κατανέμει τον πληθυσμό στα διάφορα μπλοκ της περιοχής. Οι δομή όλων αυτών των αρχείων περιγράφεται αναλυτικά στην ενότητα 2.2.2.

Τα στοιχεία απογραφής τα οποία χρειάζεται το TRANSIMS περιγράφουν λεπτομερώς την κατάσταση κάθε νοικοκυριού ξεχωριστά. Για παράδειγμα το νοικοκυριό X αποτελείται από 3 άτομα, την μητέρα τον πατέρα και ένα παιδί, οι οποίοι έχουν τις x y z ηλικίες, οι γονείς εργάζονται ή όχι, πόσα οχήματα διαθέτουν, τι ανέσεις έχει, τι τύπου είναι (μονοκατοικία, διπλοκατοικία, διαμέρισμα κτλ) και αν είναι ιδιόκτητο ή ενοικιαζόμενο το υποστατικό τους και

πολλές άλλες λεπτομερείς πληροφορίες. Κάτι τέτοιο όμως δεν είναι διαθέσιμο από τις περισσότερες στατιστικές υπηρεσίες εκτός Αμερικής. Τα στοιχεία απογραφής, τόσο της στατιστικής υπηρεσίας Κύπρου όσο και πολλών άλλων χωρών, είναι γενικές πληροφορίες (αριθμοί και ποσοστά) οι οποίες περιγράφουν τα διάφορα χαρακτηριστικά κάθε περιοχή της χώρας. Για παράδειγμα υπάρχουν x ζευγάρια, y παιδιά που ζουν χωρίς άλλα παιδιά στο ίδιο σπίτι, z ζευγάρια στα οποία και οι 2 σύντροφοι είναι οικονομικά ενεργή (εργάζονται), σε κάθε άτομο στην περιοχή αυτή αντιστοιχούν 1,4 οχήματα, το 90% των σπιτιών διαθέτει την άνεση Α, το 60% των οικιών είναι διπλοκατοικίες, το 65% των διαμερισμάτων είναι ενοικιαζόμενα κτλ. Υπάρχουν συνολικά 185 τέτοιες τιμές οι οποίες χρησιμοποιούνται στο εργαλείο Population Files Creator.

Έτσι, το εργαλείο Population Files Creator παίρνει σαν παράμετρο τα 2 αρχεία που προανέφερα, τα οποία περιέχουν αριθμητικές τιμές και ποσοστά για τα 185 στοιχεία απογραφής, τα οποία μας ενδιαφέρουν, σε γενική μορφή, όπως αυτά δίνονται από την στατιστική υπηρεσία, αλλά και τον συνολικό πληθυσμό και τον αριθμό των νοικοκυριών κάθε μεγέθους (1-6) για κάθε μπλοκ, και βρίσκει όλους τους κατάλληλους συνδυασμούς νοικοκυριών οι οποίοι αντιστοιχούν στα δεδομένα εισόδου. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται τυχαία εικονικά νοικοκυριά τα οποία όμως στο σύνολο τους ανταποκρίνονται στα ρεαλιστικά στοιχεία απογραφής κάθε μπλοκ της περιοχής.

Εικόνα 20 – Population Files Creator – Διάγραμμα εισόδου/εξόδου



Αν μπορούσαμε να παραστήσουμε εικονικά την λειτουργία του εργαλείου Population Files Creator για μια μικρή περιοχή, τότε θα έμοιαζε με το πιο κάτω παράδειγμα.

Στοιχεία Αρχείου 1 – Γενικά συνολικά στοιχεία απογραφής



1 ζευγάρι



1 μονογονεϊκή
μητέρα



2 άτομα πάνω των
65 χρόνων



1 μωρό (κάτω
των 6 χρόνων)



1 παιδί (πάνω
των 6 και κάτω
των 18)



3 οχήματα

Στοιχεία Αρχείου 2 – Πλήθος, μέγεθος και μπλοκ στο οποίο αντιστοιχεί κάθε νοικοκυριό

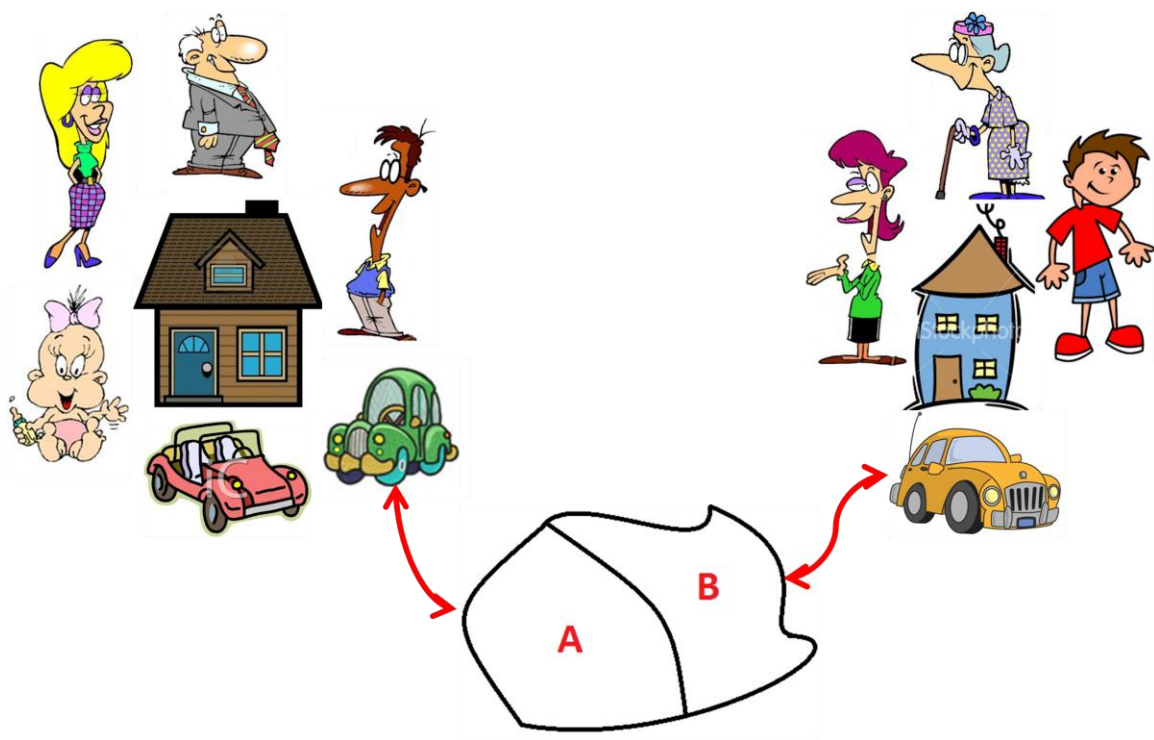


1 νοικοκυριό
με 4 άτομα στο
μπλοκ Α



1 νοικοκυριό
με 3 άτομα στο
μπλοκ Β

Εικονικό αποτέλεσμα – τα 2 εικονικά νοικοκυριά τα οποία δημιουργούνται από τα πιο πάνω στοιχεία και που στο σύνολο τους ανταποκρίνονται στα πραγματικά στοιχεία της περιοχής και αντιστοιχίζονται και με το μπλοκ της κάθε περιοχής



3.3 Χρήση του εργαλείου ArcMap 10 και ArcCatalog 10

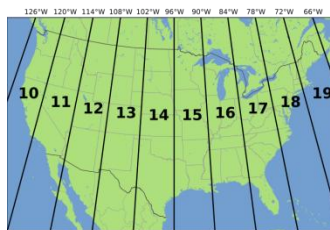
Το εργαλείο ArcMap και ArcCatalog 10 είναι ένα επαγγελματικό εργαλείο επεξεργασίας χαρτών, το οποίο μπορεί κανείς να κατεβάσει και να χρησιμοποιήσει δωρεάν για 60 μέρες, από την σελίδα <http://www.esri.com/software/arcgis/extensions/districting/download.html>, όπως αναφέρεται στην βιβλιογραφία στο [2]. Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική για δημιουργία των zone data files τα οποία όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 2.2.1 είναι 2 shape files τα οποία χωρίζουν την προσομοιωμένη περιοχή σε μικρότερα κομμάτια (το ένα σε δήμους και το άλλο σε ακόμα πιο μικρά κομμάτια, τις ενορίες) ώστε να γίνεται ρεαλιστικότερα η κατανομή του πληθυσμού στην περιοχή.

Επιπλέον το εργαλείο αυτό χρησιμοποιήθηκε και για την εύρεση των συντεταγμένων του τυχαίου σημείου κάθε μπλοκ, οι οποίες χρησιμοποιούνται στο αρχείο SF3geo.uf3, με σκοπό την σύνδεση των δημογραφικών στοιχείων με τον χάρτη της περιοχής και το οδικό δίκτυο, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω στην ενότητα 2.2.1.

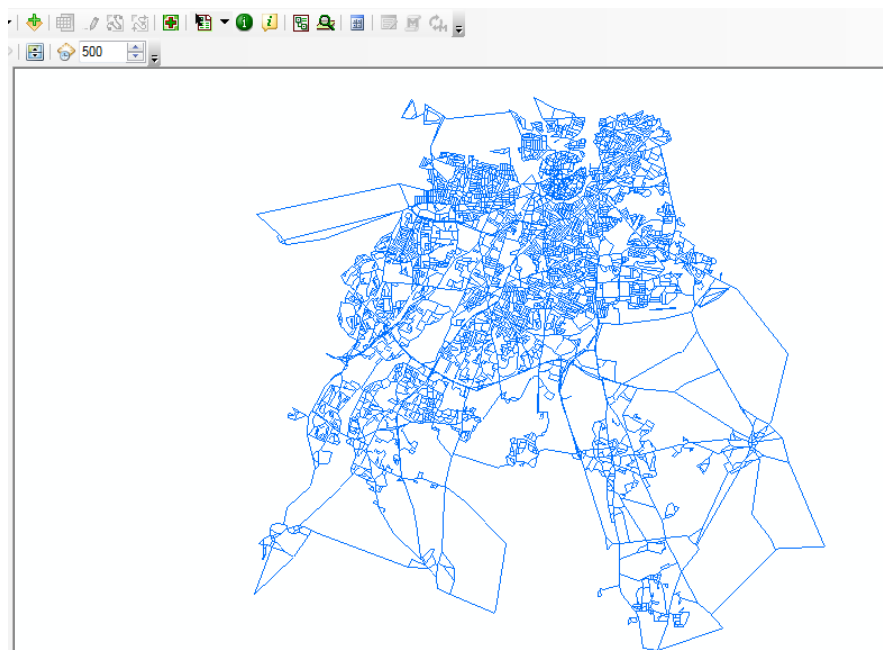
Πιο κάτω ακολουθεί λεπτομερή περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθήθηκε στο εργαλείο αυτό για την δημιουργία των 2 αρχείων αλλά και για την εύρεση των συντεταγμένων των τυχαίων σημείων.

1. Ο προσομοιωτής TRANSIMS δέχεται το οδικό δίκτυο της περιοχής, network data files, καθώς και τα zone data files σε σύστημα συντεταγμένων UTM (Universal Transverse Mercator). Το σύστημα συντεταγμένων UTM, όπως αναφέρεται στο [12], χωρίζει την γη σε 2 ημισφαίρια, το βόριο και το νότιο, κάθε ένα από τα οποία αποτελείται από 60 ζώνες. Έτσι για να ορίσουμε μια συντεταγμένη ένος σημείου στο σύστημα αυτό χρειάζεται να αναφέρουμε σε πιο από τα 2 ημισφαίρια βρισκόμαστε, σε ποια ζώνη καθώς και σε ποιο σημείο της ζώνης (x,y).

Εικόνα 21 – Αναπαράσταση
των ζωνών του συστήματος UTM



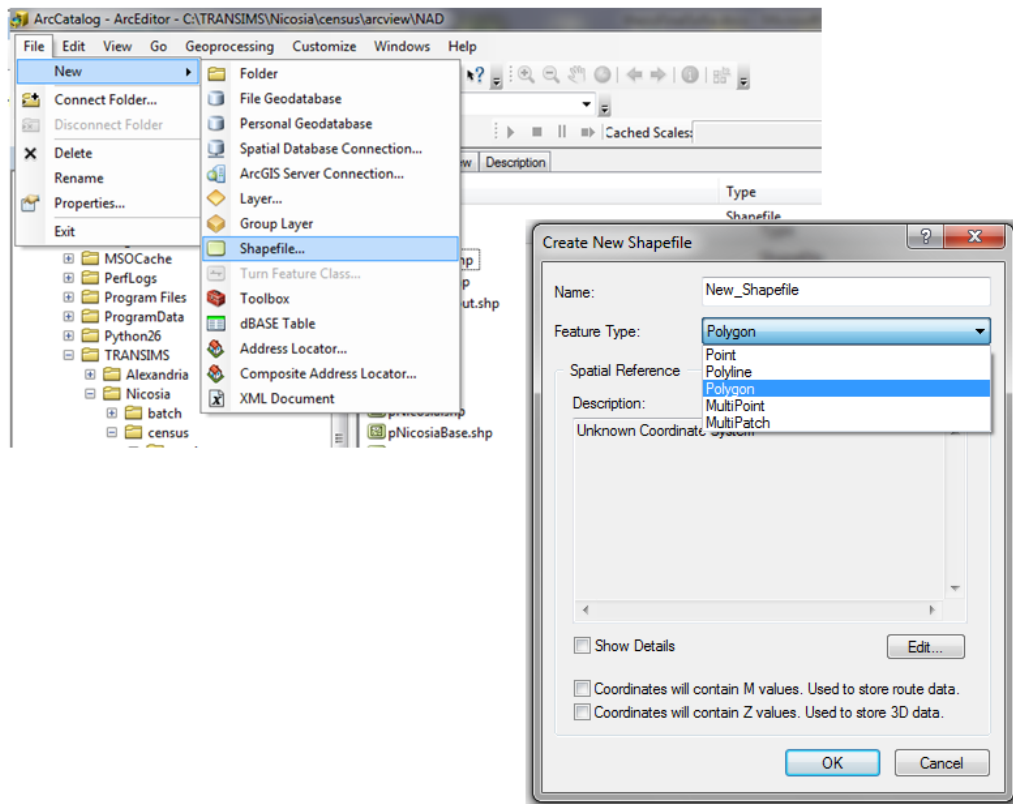
Το TRANSIMS είναι κατασκευασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να δέχεται μόνο περιοχές της Αμερικής για αυτό και περιορίζει τις συντεταγμένες που δέχεται στο ημισφαίριο και στο εύρος των ζωνών που αντιστοιχούν στις περιοχές τις Αμερικής. Συνεπώς οι συντεταγμένες των χωρών εκτός Αμερικής προσαρμόζονται από το έτοιμο εργαλείο μετατροπής των Open Street Map στο σύστημα αυτό και στο συγκεκριμένο εύρος τιμών ώστε να γίνονται αποδεκτές από το TRANSIMS. Συνεπώς για να κρατήσουμε αυτό το σύστημα συντεταγμένων και στα zone data files που θέλουμε να δημιουργήσουμε χρησιμοποιούμε το έτοιμο αρχείο του οδικού δικτύου, Input_Link.shp. Αρχικά ανοίγουμε το αρχείο αυτό με το εργαλείο ArcMap (drag and drop), όπως φαίνεται και στην εικόνα πιο κάτω.



Εικόνα 22

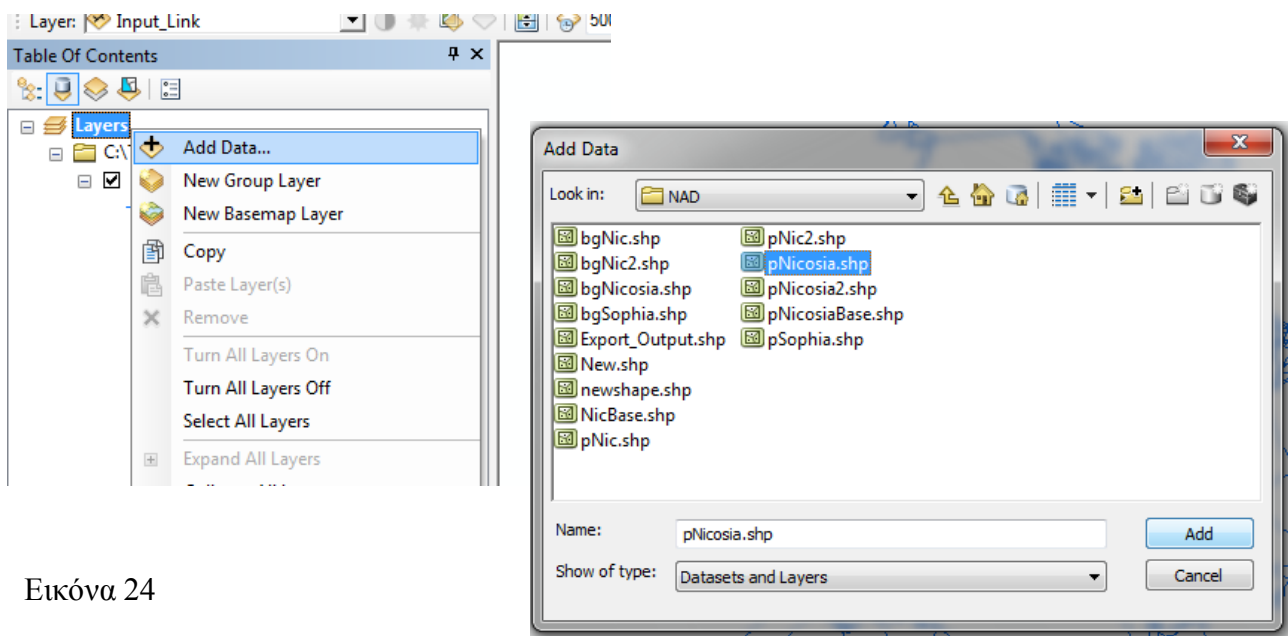
2. Στην συνέχεια χρησιμοποιώντας το ArcCatalog θα δημιουργήσουμε το πρώτο από τα 2 shape files ακολουθώντας την εξής διαδικασία :

File -> New -> Shapefile -> στο text field Name γράφουμε το όνομα του αρχείου (π.χ. pNicosia) -> για feature type επιλέγουμε Polygon -> ok



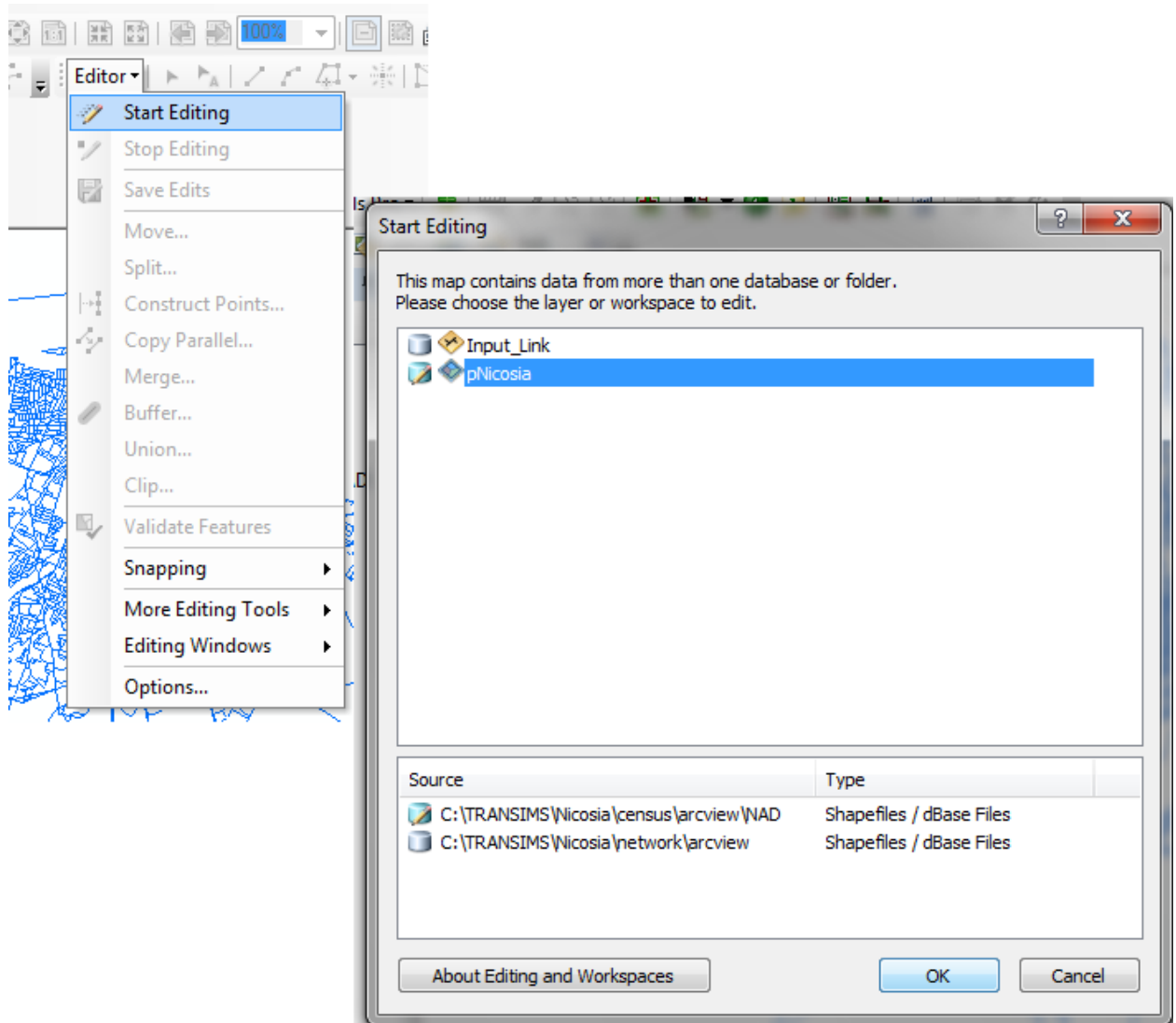
Εικόνα 23

3. Ακολούθως συνεχίζουμε με το ArcMap, με δεξί κλικ στα Layers του Table Of Contents επιλέγουμε Add Data και στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε το όνομα του shape file που δημιουργήσαμε πριν στο ArcCatalog και πατάμε Add.



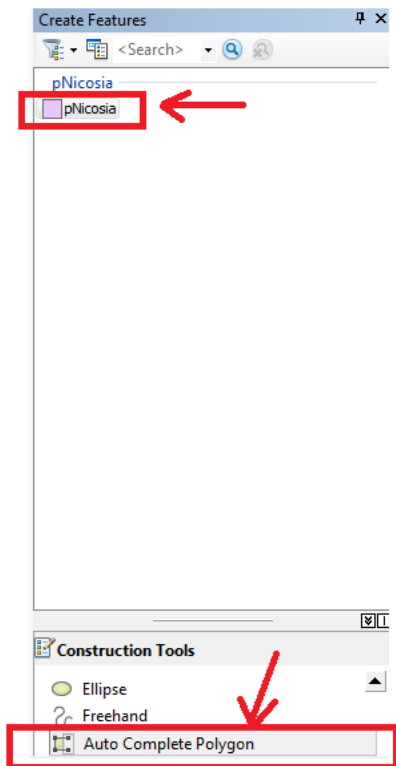
Εικόνα 24

4. Μετά ξεκινάμε την επεξεργασία του shape file ακολουθώντας την εξής διαδικασία :
- Editor -> Start Editing -> στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε το όνομα του shape file μας -> ok



Εικόνα 25

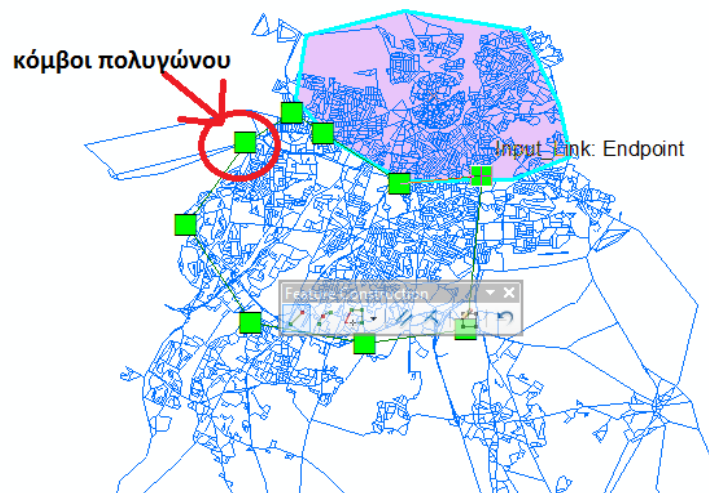
5. Ακολουθώντας στο παράθυρο που εμφανίζεται στα δεξιά, Create Features, πατάμε πάνω στο όνομα του shape file μας ώστε να εμφανιστεί το επιπρόσθετο παράθυρο Construction Tools από το οποίο επιλέγουμε το Auto Complete Polygon, με το οποίο θα ζωγραφίσουμε τα πολύγωνα των δήμων μας πάνω στον χάρτη.



Εικόνα 26

6. Στην συνέχεια ζωγραφίζουμε ένα πολύγωνο για κάθε δήμο της περιοχής μας Στην περίπτωση της αστικής περιοχής της Λευκωσίας, οι δήμοι, όπως δίνονταν από την στατιστική υπηρεσία, ήταν 9.

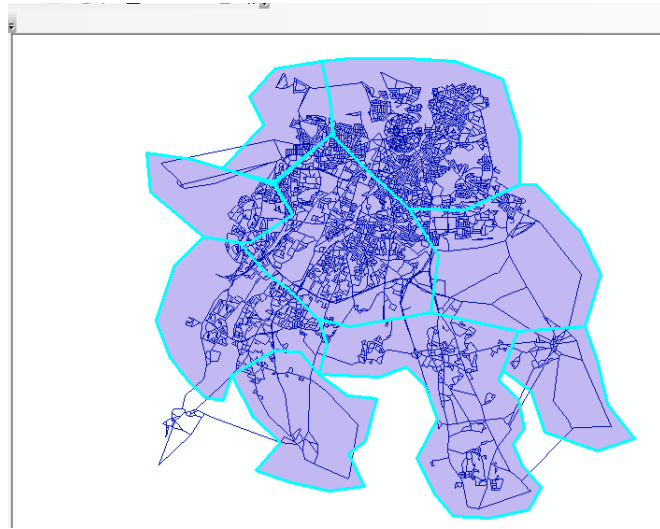
Για να ξέρουμε που ακριβώς να ζωγραφίσουμε κάθε δήμο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε παράλληλα την εικόνα ενός χάρτη της περιοχής μας Τα πολύγωνα ολοκληρώνονται με διπλό κλικ στον αρχικό κόμβο.



Εικόνα 27

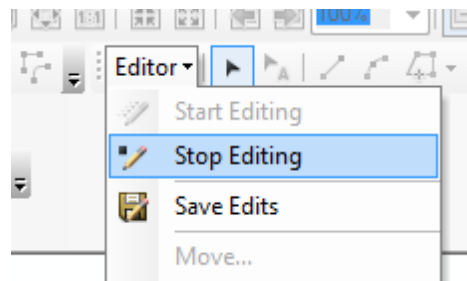
7. Όταν ολοκληρώσουμε την δημιουργία όλων των πολυγώνων ο χάρτης μας θα μοιάζει με την πιο κάτω εικόνα.

Εικόνα 28



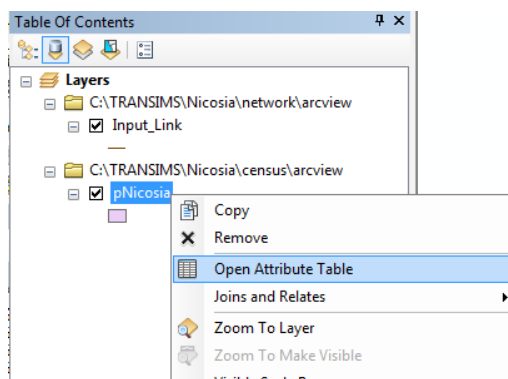
Αυτό που πρέπει να κάνουμε στην συνέχεια είναι να προσθέσουμε κάποιες επιπρόσθετες πληροφορίες στον πίνακα του χάρτη μας. Στο συγκεκριμένο shape file χρειάζεται να προσθέσουμε την στήλη PUMA. Το PUMA είναι ένας χαρακτηριστικός πενταψήφιος αριθμός διαφορετικός για κάθε δήμο. Χρειάζεται πρώτα να σταματήσουμε την επεξεργασία πατώντας Editor -> Stop Editing.

Εικόνα 29

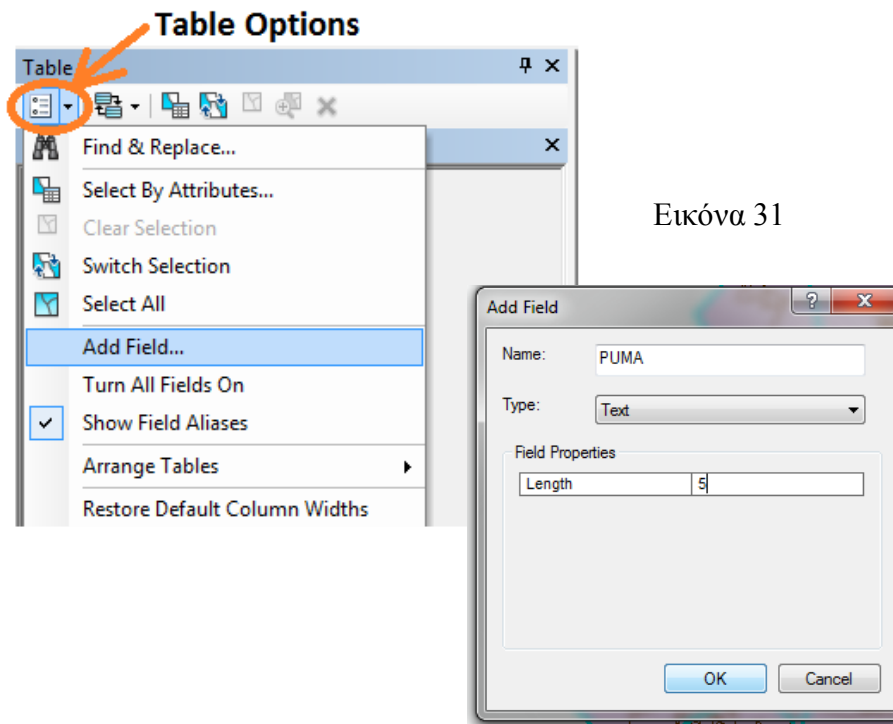


Στην συνέχεια ακολουθούμε την πιο κάτω διαδικασία για να ανοίξουμε τον πίνακα του αρχείου μας : δεξί κλικ στο όνομα του αρχείου μας στο Table of Contents -> Open Attribute Table

Εικόνα 30



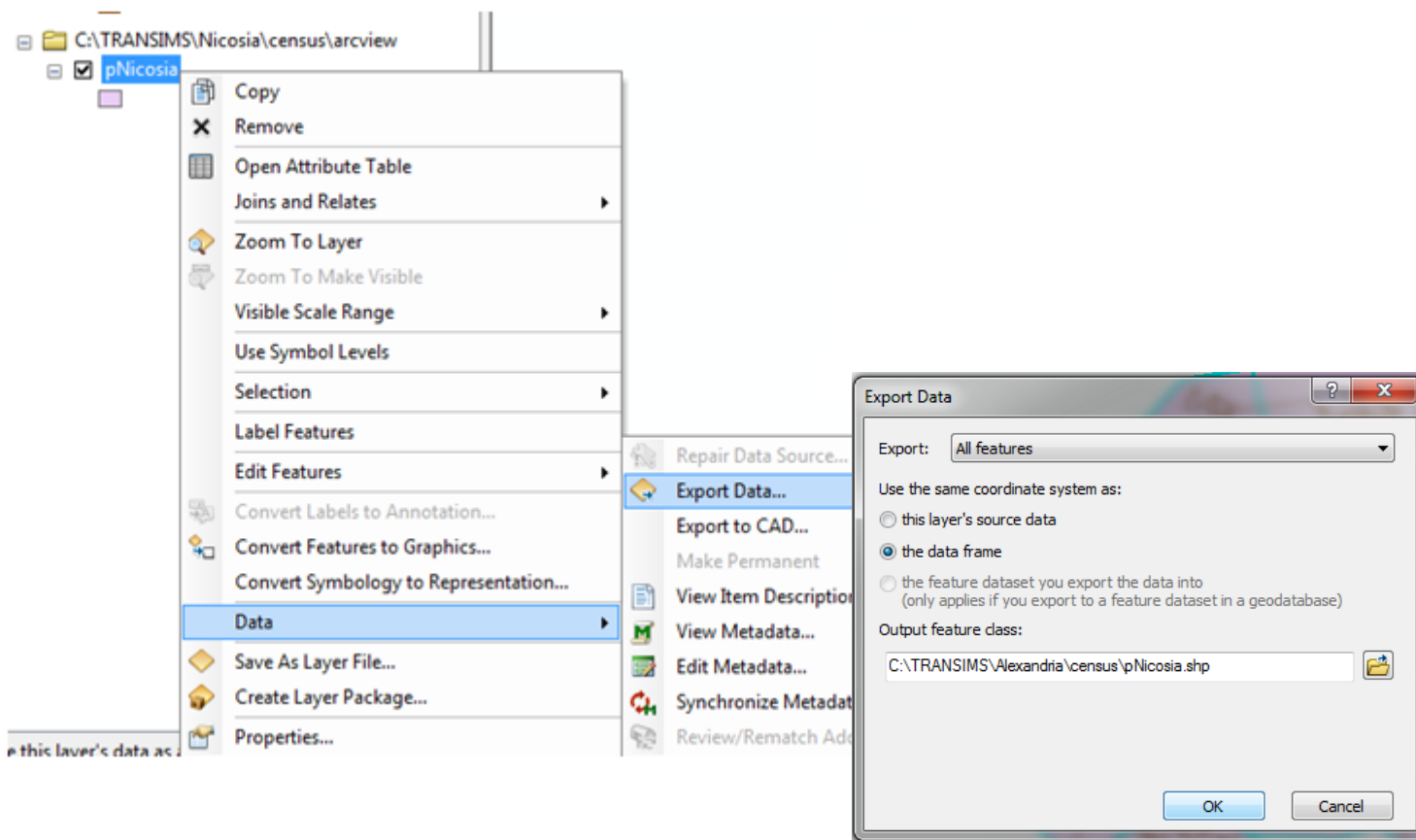
Ακολουθώντας πατώντας στο εικονίδιο Table Options επιλέγουμε Add Field ώστε να προστεθεί καινούρια στήλη στον πίνακα μας. Στο παράθυρο που εμφανίζεται γράφουμε το όνομα της στήλης PUMA επιλέγουμε type Text και length 5 και πατάμε ok.



Εικόνα 31

Μετά ξεκινούμε ξανά την επεξεργασία με το Editor -> Start Editing , για να δώσουμε τιμές στην καινούρια στήλη. Όταν τελειώσουμε σταματούμε την επεξεργασία.

8. Τέλος για να εξάγουμε το τελικό shape file, με δεξί κλικ στο αρχείο μας επιλέγουμε Data -> Export Data και στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε All features για Export και the data frame για την επιλογή Use the same coordinate system as, επιλέγουμε την θέση αποθήκευσης και το τελικό όνομα του αρχείου και πατάμε ok.

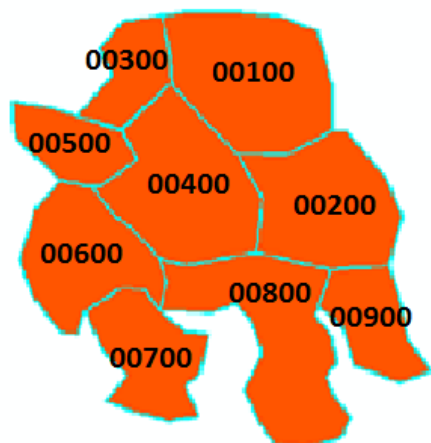


Εικόνα 32

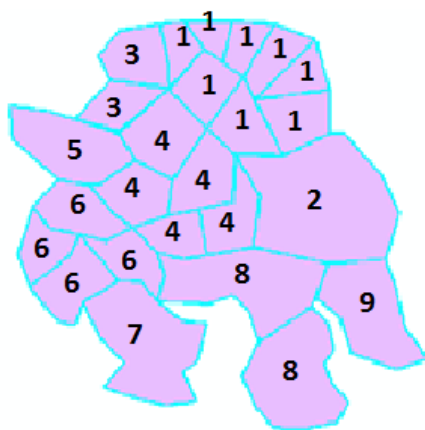
Οι δημιουργοί του TRANSIMS έχουν καθορίσει συγκεκριμένους κωδικούς για διάφορες μεταβλητές που χρησιμοποιεί ο προσομοιωτής, όπως το PUMA, το STATE και το COUNTY. Οι κωδικοί αυτοί αντιστοιχούν όμως μόνο στις περιοχές τις Αμερικής, συνεπώς για τη προσομοίωση οποιασδήποτε άλλης περιοχής εκτός Αμερικής μπορούμε για τις μεταβλητές αυτές να χρησιμοποιήσουμε ένα οποιοδήποτε από τους επιτρεπτούς αριθμούς κάθε φορά. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, για την προσομοίωση της Λευκωσίας έχουν επιλεγεί, για σκοπούς συμβατότητας με το έτοιμο project της Αλεξάνδρειας, να χρησιμοποιούνται για τα PUMA τα οποία αντιστοιχούν σε κάθε δήμο ένας αύξον αριθμός ο οποίος ξεκινά από τον αριθμό 00100 και αυξάνεται κατά 100 σε κάθε δήμο, για STATE χρησιμοποιείται ο αριθμός 51 και για COUNTY ο αριθμός 013.

Η πιο πάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται και για την δημιουργία του δεύτερου shape file για τα μπλοκ, με την μόνη διαφορά ότι τώρα δεν θα προσθέσουμε την στήλη PUMA αλλά τις στήλες

STATE και BLKGROUP (=block group). Η στήλη STATE θα είναι τύπου text και μήκους 2 και έχει σε όλες της γραμμές του πίνακα την ίδια τιμή, αφού χαρακτηρίζει την πόλη. Στην προκειμένη περίπτωση, όπως αναφέραμε και πιο πάνω, έχει την τιμή 51. Η στήλη BLKGROUP θα είναι τύπου text και θα έχει μήκος 1 και σκοπός της είναι να συνδέει τα 2 shape files μεταξύ τους. Για παράδειγμα αν θέσουμε ότι ο δήμος Αγίου Δομετίου αντιστοιχεί στο PUMA 00300 και αποτελεί το block group 3, τότε στο αρχείο των μπλοκ, οι δύο ενορίες από τις οποίες αποτελείται ο δήμος αυτός θα έχουν για τιμή στην μεταβλητή BLKGROUP τον αριθμό 3 κοκ. Στο σημείο αυτό να αναφέρουμε ότι μερικοί δήμοι η οποίοι είναι πολύ μικρή σε πληθυσμό μπορεί να μην χωρίζονται σε μικρότερες ενορίες. Για αυτό και για τον διαχωρισμό αυτό ακολουθούμε τον τρόπο που διαχωρίζεται η περιοχή από την στατιστική υπηρεσία.



PUMA



BLOCK GROUPS

Εικόνα 33 – Γραφική αναπαράσταση της αντιστοιχίας των 2 αρχείων

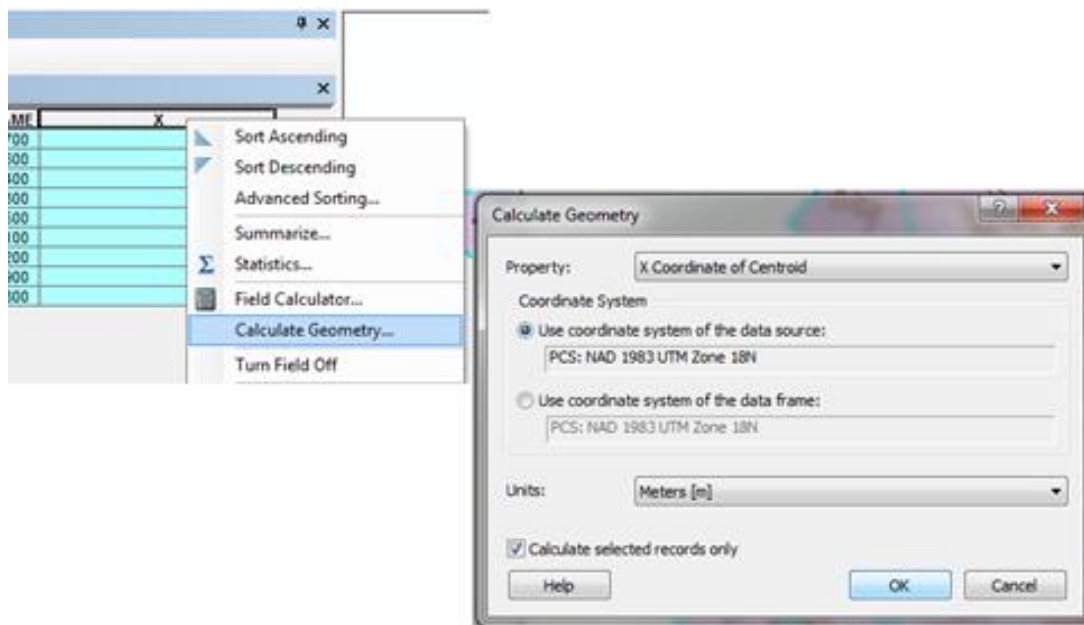
	FID	Shape *	Id	PUMA5
▶	0	Polygon	0	00700
	1	Polygon	0	00600
	2	Polygon	0	00400
	3	Polygon	0	00300
	4	Polygon	0	00500
	5	Polygon	0	00100
	6	Polygon	0	00200
	7	Polygon	0	00900
	8	Polygon	0	00800

	FID	Shape *	Id	STATE	BLKGROUP
▶	0	Polygon	0	51	1
	1	Polygon	0	51	2
	2	Polygon	0	51	3
	3	Polygon	0	51	4
	4	Polygon	0	51	5
	5	Polygon	0	51	6
	6	Polygon	0	51	7
	7	Polygon	0	51	8
	8	Polygon	0	51	9
	9	Polygon	0	51	1
	10	Polygon	0	51	2
	11	Polygon	0	51	3
	12	Polygon	0	51	4
	13	Polygon	0	51	5
	14	Polygon	0	51	6
	15	Polygon	0	51	7
	16	Polygon	0	51	8
	17	Polygon	0	51	9
	18	Polygon	0	51	1
	19	Polygon	0	51	2
	20	Polygon	0	51	3
	21	Polygon	0	51	4
	22	Polygon	0	51	5
	23	Polygon	0	51	6
	24	Polygon	0	51	7

Εικόνα 34 – Τα attribute table των 2 αρχείων

Για εξαγωγή των συντεταγμένων του τυχαίου σημείου κάθε μπλοκ χρειάζεται να ακολουθήσουμε την πιο κάτω διαδικασία.

1. Έχοντας ανοιχτό τον πίνακα Attribute Table, του αρχείου των μπλοκ ,όπως περιγράφεται στο βήμα 7 της προηγούμενη διαδικασίας (εικόνα 26) , ακολουθούμε την ίδια διαδικασία για να προσθέσουμε 2 καινούριες στήλες τύπου double στον πίνακα μας, με τα ονόματα X και Y αντίστοιχα.
2. Στην συνέχεια πατώντας δεξί κλικ στο όνομα της στήλης X επιλέγουμε Calculate Geometry.. και στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε X Coordinate of Centroid για Property, δεν αλλάζουμε κανένα από τα υπόλοιπα πεδία και πατάμε το ok.



Εικόνα 35

3. Επαναλαμβάνουμε την αντίστοιχη διαδικασία για το Y.

4. Οι συντεταγμένες X και Y που πήραμε τώρα είναι σε σύστημα συντεταγμένων UTM για το βόριο ημισφαίριο της ζώνης 18. Για την μετατροπή τους σε longitude latitude, ώστε να τα μπορούμε να τα καταγράψουμε στο αρχείο inputs.txt το οποίο θα δοθεί αργότερα σαν είσοδος στο εργαλείο Population Files Creator ώστε να δημιουργηθεί το αρχείο SF3geo.uf3 το οποίο όπως αναφέραμε και ποιο πριν μέσω των συντεταγμένων κατανέμει τα δημογραφικά στοιχεία στα διάφορα μπλοκ της περιοχής, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την σελίδα <http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geoutm.html>, όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία στο [3].

Geographic (degrees decimal)		To/From	UTM	
lon		>>	x (easting)	
lat		<<	y (northing)	
			zone	18
			hemisphere	☒ N ☐ S

Εικόνα 36 – Σελίδα για μετατροπή των συντεταγμένων από UTM σε lon/lat

3.4 Βήματα για την εκτέλεση της προσομοίωσης

Αφού δημιουργήσουμε όλα τα απαραίτητα αρχεία εισόδου, χρειάζεται στην συνέχεια, εκτός από το να εγκαταστήσουμε τον προσομοιωτή στον υπολογιστή μας, να ακολουθήσουμε κάποια βήματα ώστε να τρέξουμε όλα τα προγράμματα από τις διάφορες ενότητες του προσομοιωτή. Το έτοιμο project της Αλεξάνδρειας το οποίο παρέχεται από την ομάδα του TRANSIMS είναι πολύ υποβοηθητικό όταν χρησιμοποιηθεί ως παράδειγμα κατά την προσπάθεια για εκτέλεση ενός καινούριου project.

Για την εκτέλεση της προσομοίωσης χρειάζεται να εκτελέσουμε τα πιο κάτω προγράμματα :

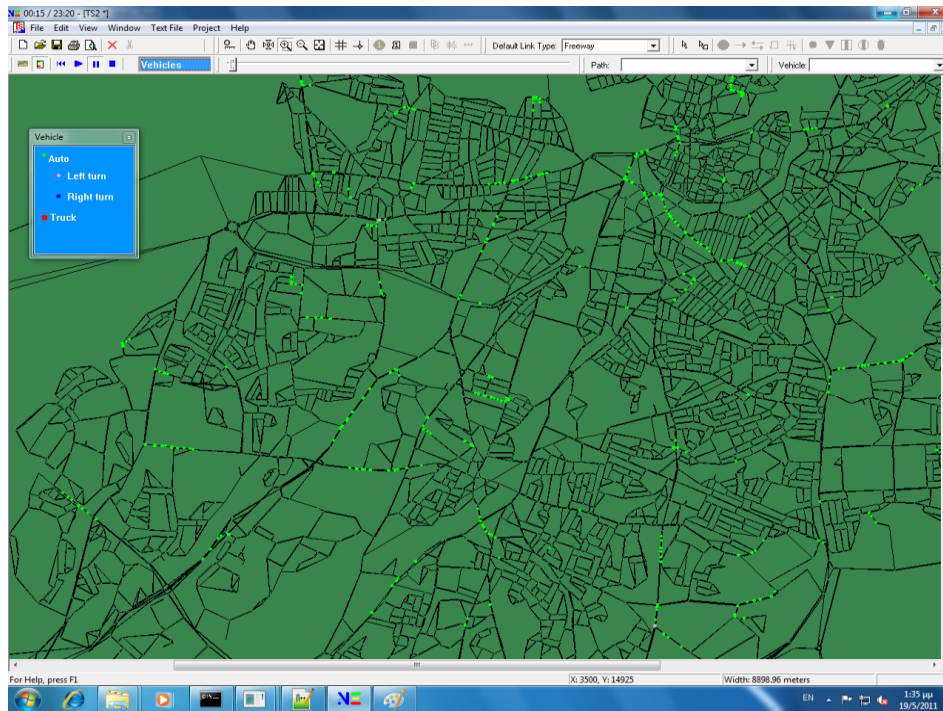
1. ConvertNet
2. PopSyn
3. ActGen
4. Route
5. Msim
6. Emission

Η εκτέλεση κάθε προγράμματος γίνεται από μια ακολουθία βημάτων. Κάθε βήμα χρησιμοποιεί ένα configuration file στο οποίο γίνεται αναφορά τόσο στα αρχεία εισόδου όσο και στα αρχεία εξόδου κάθε βήματος. Στη σελίδα <http://code.google.com/p/transims/wiki/DocumentationIndex>, όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία στο [9] , είναι διαθέσιμα *.pdf αρχεία (User Manual) για κάθε ένα από τα πιο πάνω προγράμματα τα οποία περιγράφουν βήμα προς βήμα την διαδικασία που χρειάζεται να ακολουθηθεί για την εκτέλεση κάθε προγράμματος. Επίσης παρέχονται *.pdf αρχεία (Quick Reference) για κάθε configuration file, τα οποία περιγράφουν την δομή των αρχείων αυτών. Παραδείγματα των configuration files μπορεί κανείς να βρει στο έτοιμο project της Αλεξάνδρειας.

3.5 Γραφικό περιβάλλον NEXTA

Το γραφικό περιβάλλον NEXTA είναι ένα δωρεάν πρόγραμμα το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δούμε και γραφικά την προσομοίωση της περιοχής μας, όμως δυστυχώς σε μεγάλες προσομοιώσεις παρουσιάζει προβλήματα μνήμης. Γι'αυτό τον λόγο δεν ήταν τελικά δυνατό να χρησιμοποιηθεί για την γραφική απεικόνιση της προσομοίωσης της Λευκωσίας. Το NEXTA είναι διαθέσιμο μαζί με το documentation του στην σελίδα http://www.civil.utah.edu/~zhou/NEXTA_for_TRANSIMS.html, όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία στο [5].

Μετά την ολοκλήρωση της εκτέλεσης της προσομοίωσης αυτό που χρειάζεται να κάνουμε για να τρέξουμε και γραφικά την οδική προσομοίωση της πόλης μας είναι να δημιουργήσουμε ένα αρχείο με επέκταση *.tsp το οποίο θα περιέχει μέσα μόνο την εντολή setup\master\Microsimulator.ctl, η οποία παραπέμπει στο configuration file του Microsimulator. Ανοίγοντας το αρχείο αυτό στο NEXTA μπορούμε να δούμε την προσομοίωση της περιοχής μας γραφικά είτε για όλο το 24ώρο είτε μόνο για συγκεκριμένες ώρες τις ημέρας.



Εικόνα 36 – Στατική απεικόνιση της προσομοίωσης της Λευκωσίας στο NEXTA

Κεφάλαιο 4

Αποτελέσματα από την προσομοίωση της Λευκωσίας

4.1	Αποτελέσματα Προσομοίωσης της Λευκωσίας	52
4.2	Μόλυνση περιβάλλοντος.....	53
4.3	Οδική συμφόρηση.....	56

4.1 Αποτελέσματα Προσομοίωσης της Λευκωσίας

Η προσομοίωση της Λευκωσίας ολοκληρώθηκε επιτυχώς με την χρήση του εργαλείου Population Files Creator, των εργαλείων ArcMap και ArcCatalog, των δημογραφικών στοιχείων της Λευκωσίας από την στατιστική υπηρεσία Κύπρου αλλά και των προσομοιωτή TRANSIMS.

Κατά την τελευταία εκτέλεση του Traffic Microsimulator, δημιουργήθηκαν τα αρχεία που παρουσίαζαν την συμφόρηση στους δρόμους ανά ώρα αλλά και ένα αρχείο σύνοψης των γενικών αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.

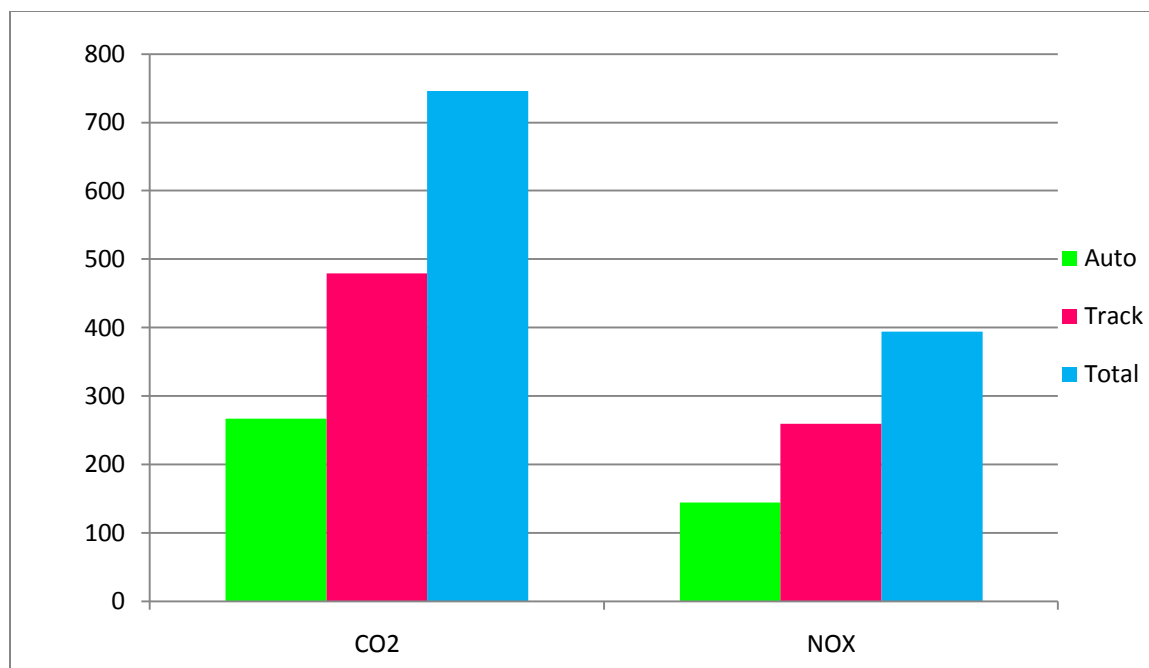
Η σύνοψη των γενικών αποτελεσμάτων ανέφερε μεταξύ άλλων ότι δημιουργήθηκαν 725337 διαδρομές, στις οποίες λάμβαναν μέρος 198630 ταξιδιώτες. Από αυτές τις διαδρομές προσομοιώθηκαν οι 716366, ξεκίνησαν οι 702476, ποσοστό 98,1 % των συνολικών προσομοιωμένων διαδρομών, και ολοκληρώθηκαν τελικά οι 701710, ποσοστό 98,0 %. Συνεπώς κατά την τελευταία επανάληψη της προσομοίωσης των διαδρομών, οι διαδρομές είχαν διορθωθεί τόσο ώστε μόνο το 2% από αυτές ήταν αποτυχημένες διαδρομές, δεν ολοκληρώθηκαν ποτέ.

Μια διαδρομή μπορεί να θεωρηθεί αν δεν ολοκληρωθεί είτε γιατί από την αρχική θέση που βρισκόταν το όχημα δεν μπορούσε να ξεκινήσει είτε επειδή στην πορεία της διαδρομής του κατέληξε σε αδιέξοδο και χάθηκε. Το ποσοστό 98% επιτυχημένων διαδρομών θεωρείται σύμφωνα με τους δημιουργούς του προσομοιωτή πολύ καλό, και κατ' επέκταση η συγκεκριμένη προσομοίωση θεωρείται επιτυχής.

4.2 Μόλυνση περιβάλλοντος

Τα αποτελέσματα που πήραμε από τον προσομοιωτή για την μόλυνση του περιβάλλοντος, αφορούσαν την εκπομπή στο περιβάλλον λόγω των ρύπων των οχημάτων του CO₂ και του NO_x. Οι τιμές αυτές παρουσίαζαν την συνολική εκπομπή των ουσιών αυτών στο περιβάλλον ολόκληρης της προσομοιωμένης πόλης, στην προκειμένη περίπτωση της Λευκωσίας, και χωρίζονταν σε 2 κατηγορίες, τις συνολικές εκπομπές των σαλούν/επιβατηκών οχημάτων και των φορτηγών.

Πιο κάτω παρουσιάζονται σε γραφική απεικόνιση τα αποτελέσματα αυτά, ξεχωριστά για τα σαλούν οχήματα και τα φορτηγά, αλλά και το σύνολο τους, για κάθε μία από τις 2 χημικές ουσίες.

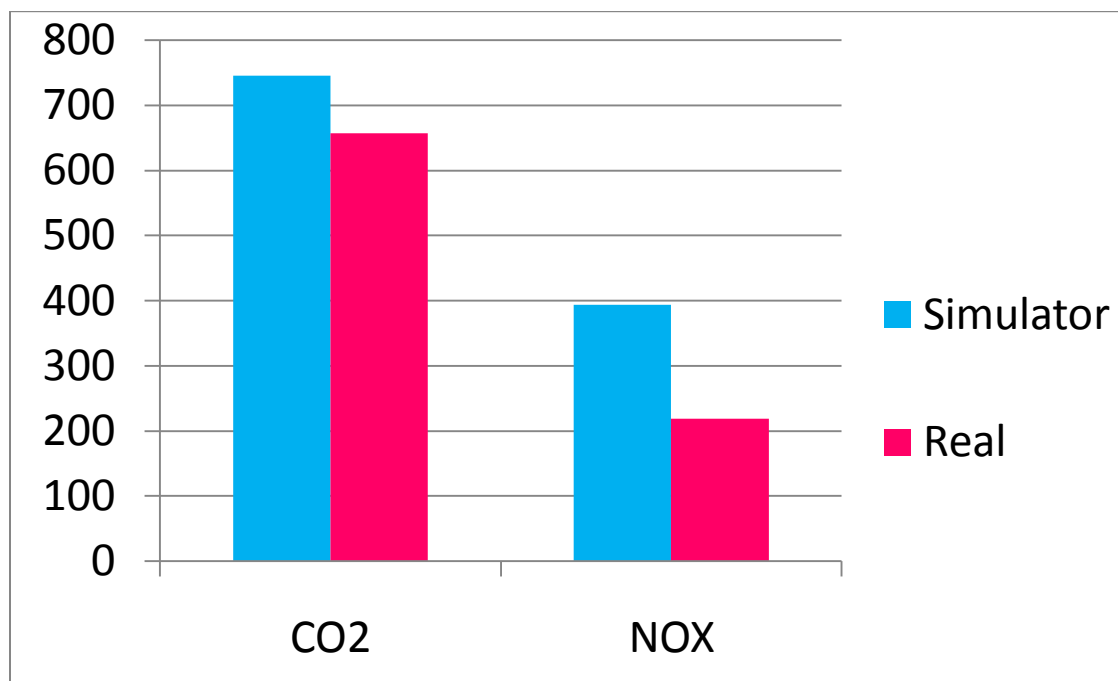


Εικόνα 37 – Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Στην συνέχεια συγκρίναμε τα πιο πάνω αποτελέσματα με πραγματικά δεδομένα ώστε να εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με το πόσο κοντά ή μακριά απέχει η προσομοίωση από την πραγματικότητα. Τα πραγματικά δεδομένα που αφορούν την μόλυνση της ατμόσφαιρας από τους ρύπους των οχημάτων τα προμηθευτήκαμε από το υπουργείο εργασίας Κύπρου το οποίο είναι και το αρμόδιο για τις συγκεκριμένες μετρήσεις.

Πιο κάτω παρουσιάζεται γραφικά η σύγκριση αυτή. Η μικρή διαφορά που παρατηρείται στα 2 αποτελέσματα πιθανόν να οφείλεται στα μοντέλα εκτίμησης εκπομπών των διάφορων οχημάτων, τα οποία χρησιμοποιεί ο προσομοιωτής. Τέτοια δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα από τις αρχές της χώρας μας συνεπώς χρησιμοποιήσαμε τα υπάρχοντα αρχεία των δεδομένων αυτών που υπάρχουν για την Αμερική και πιθανόν να μην ανταποκρίνονται απόλυτα στα ευρωπαϊκά δεδομένα των οχημάτων. Αυτό όμως μπορεί μελλοντικά, όταν είναι διαθέσιμα τέτοια στοιχεία και για ευρωπαϊκές πόλεις, χρησιμοποιώντας τα να γεφυρωθεί η διαφορά αυτή.

Γενικά, όμως ο προσομοιωτής φαίνεται να ανταποκρίνεται αρκετά ρεαλιστικά, όσο αφορά την μόλυνση.



Εικόνα 38 - Γραφική απεικόνιση σύγκρισης πραγματικών δεδομένων μόλυνσης με τα αποτελέσματα του προσομοιωτή

4.3 Οδική συμφόρηση

Ο προσομοιωτής δίνει αριθμητικές τιμές που αφορούν την συσσώρευση των οχημάτων για όλους τους δρόμους της πόλης για κάθε ώρα της προσομοίωσης, έχουμε διαφορετική αριθμητική τιμή συμφόρησης για κάθε δόμο. Αν ο αριθμός αυτός είναι πάνω από ένα όριο, για παράδειγμα, πάνω από 100 οχήματα, καταλαβαίνουμε ότι ο δρόμος αυτός παρουσιάζει συμφόρηση.

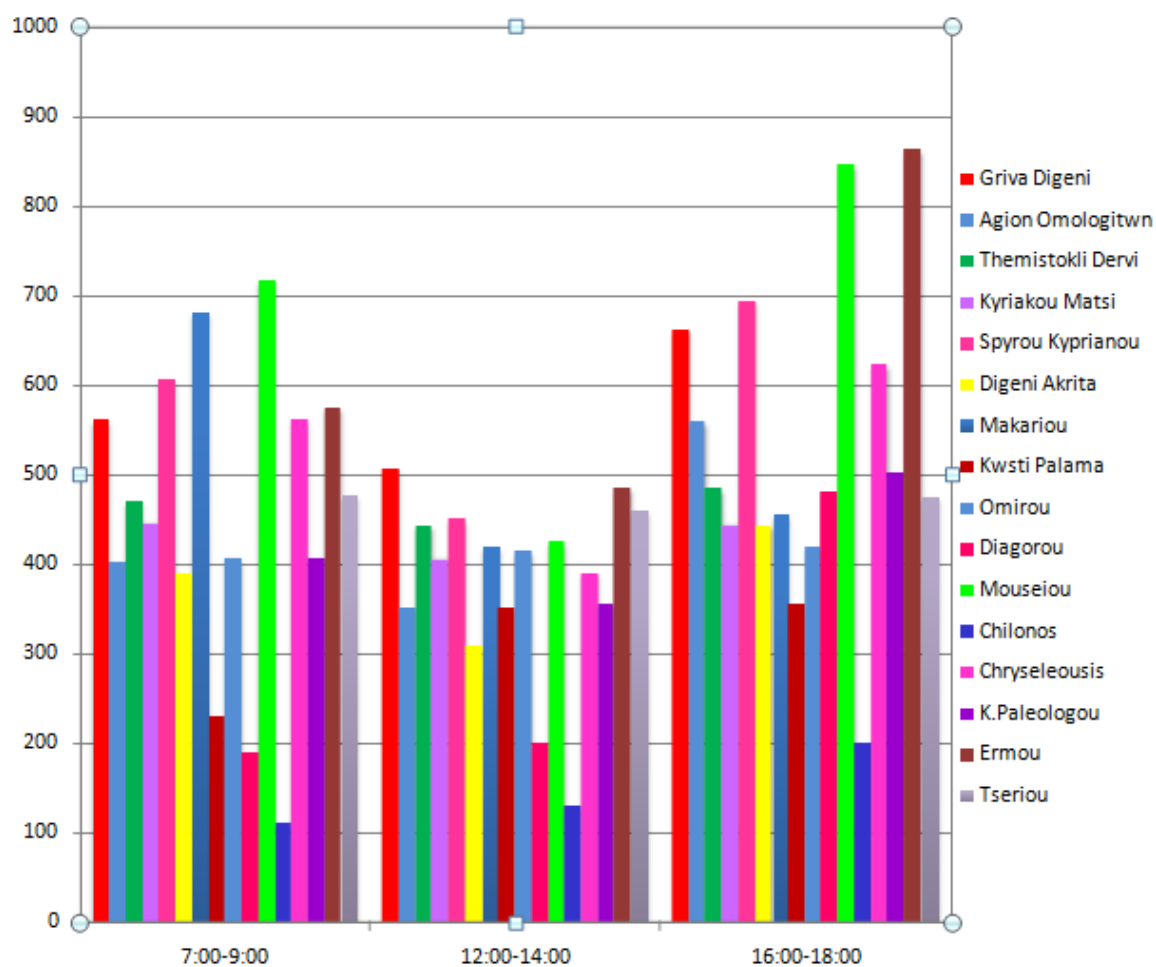
Αν και εμπειρικά τα αποτελέσματα της συμφόρησης φαίνεται να ανταποκρίνονται σε μεγάλο βαθμό στην πραγματικότητα, δυστυχώς οι αρμόδιες αρχές της Κύπρου δεν διαθέτουν καθόλου στοιχεία για την συμφόρηση κάθε δρόμου. Έτσι δεν να μπορούμε να συγκρίνουμε με τα αποτελέσματα του προσομοιωτή και να εξάγουμε συμπεράσματα για το βαθμό ρεαλισμού του προσομοιωτή για τις προσομοιώσεις ευρωπαϊκών χωρών.

Τα μόνα στοιχεία που είναι διαθέσιμα, ανεπίσημα, είναι τα ονόματα μερικών δρόμων οι οποίοι θεωρούνται σεσημασμένοι από την τροχαία για την συχνή συμφόρηση που παρουσιάζουν και στους οποίους εκτελούνται διάφορες πειραματικές μελέτες, οι ώρες αιχμής αλλά και μια διαβάθμιση των ωρών αιχμής ανάλογα με την συμφόρηση που παρουσιάζεται κατά τις ώρες αυτές.

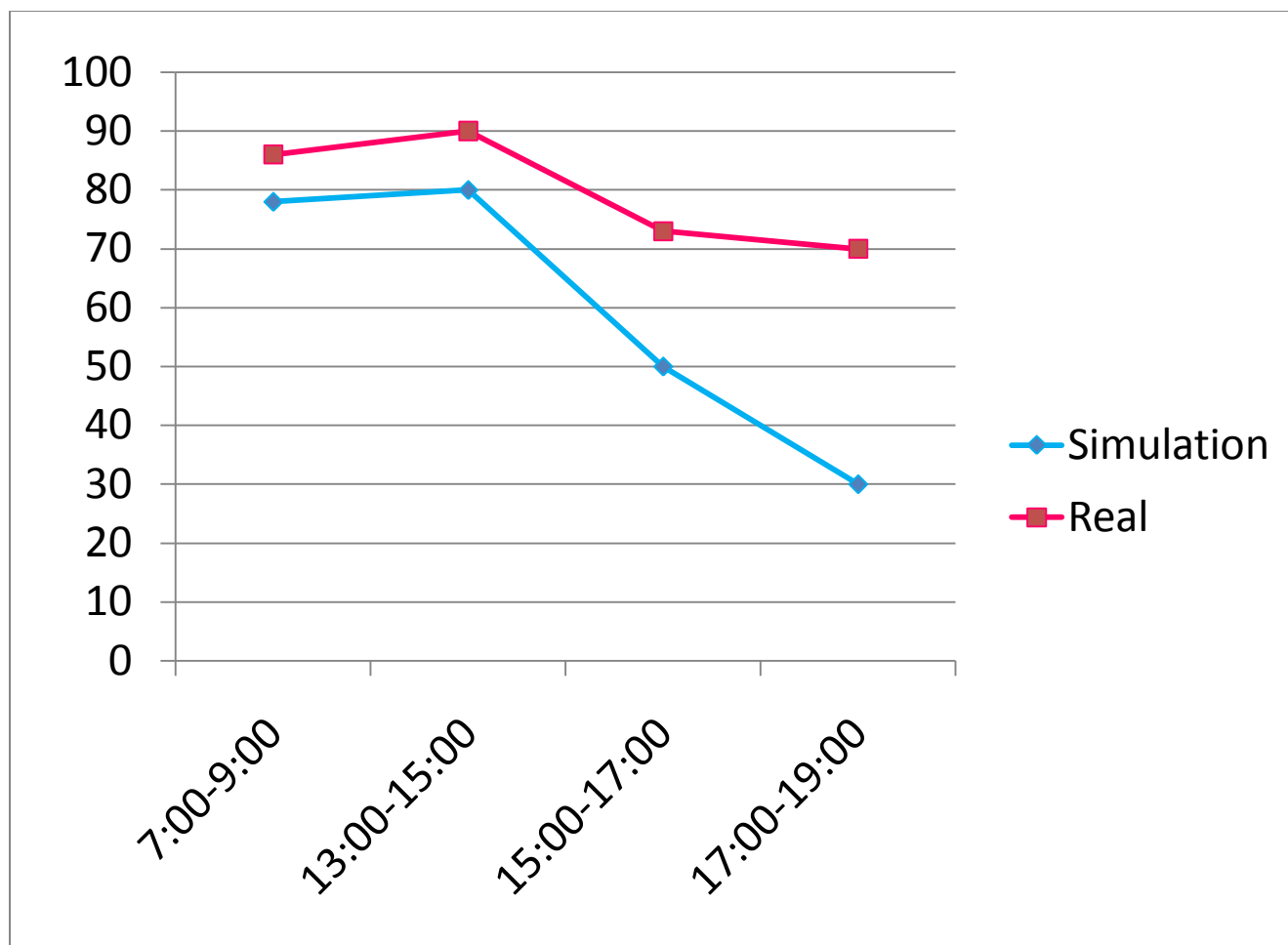
Πιο κάτω παρουσιάζονται γραφικά τα αποτελέσματα συμφόρησης του προσομοιωτή στους σεσημασμένους δρόμους. Σε όλους αυτούς τους δρόμους η συμφόρηση που παρατηρείται κατά τις χρονικές περιόδους αιχμής είναι πάνω των 100 οχημάτων, κάτι το οποίο σημαίνει ότι πράγματι παρατηρείται συμφόρηση.

Επίσης, η εικόνα 40 παρουσιάζει γραφικά την σύγκριση πραγματικής διαβάθμισης των διαφόρων περιόδων αιχμής με την διαβάθμιση που μπορεί να παρατηρηθεί από τα δεδομένα συμφόρησης της προσομοίωσης. Όπως φαίνεται όσο αφορά το ποσοστό συμφόρησης που κατέχει κάθε χρονική περίοδος αιχμής, τα δεδομένα προσομοίωσης είναι πολύ κοντά στα πραγματικά δεδομένα. Η μόνη έντονη διαφορά που παρατηρείται είναι κατά τις ώρες 17:00-19:00, το οποίο πιθανόν να συμβαίνει επειδή αυτές τις ώρες δεν υπάρχουν τόσες πολλές βασικές δραστηριότητες όπως τις διαδρομές προς και από τα σχολεία και τις δουλείες, αλλά εκτελούνται

και πολλές άλλες δραστηριότητες, τις οποίες ο προσομοιωτής δεν μπορεί να προβλέψει με μεγάλη ακρίβεια.



Εικόνα 39 – Αποτελέσματα συμφόρησης στους σεσημασμένους δρόμους



Εικόνα 40 – Διακύμανση συμφόρησης κατά τις ώρες αιχμής στην πραγματικότητα και στην προσομοίωση

Κεφάλαιο 5

Μελλοντική Εργασία

5.1	Μελλοντική Εργασία	59
-----	--------------------------	----

5.1 Μελλοντική Εργασία

Σαν μελλοντική εργασία θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τον προσομοιωτή TRANSIMS για προσομοίωση περισσότερων ευρωπαϊκών πόλεων, ώστε να έχουμε περισσότερο δείγμα μελέτης για το αν ο προσομοιωτής αυτός ανταποκρίνεται ρεαλιστικά στις ευρωπαϊκές πόλεις όπως και στις πόλεις της Αμερικής

Επιπλέον μπορεί να γίνει η ενσωμάτωση των διαδρομών και των στάσεων των λεωφορείων στην προσομοίωση. Κάτι το οποίο δεν ήταν εφικτό στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής καθώς προς το παρόν δεν είναι διαθέσιμα τα δρομολόγια των λεωφορείων αλλά ούτε και οι στάσεις τους δεν περιλαμβάνονται στις πληροφορίες των χαρτών.

Ακόμα μια καλή μελλοντική δουλειά θα ήταν είτε η επίλυση των προβλημάτων που παρουσιάζουν τα υπάρχοντα γραφικά περιβάλλοντα του προσομοιωτή TRANSIMS είτε η δημιουργία ενός καινούριου εργαλείου. Αυτό θα επέτρεπε την πιο γρήγορη επεξεργασία των αποτελεσμάτων, την πιο εύκολη κατανόηση τους αλλά και την δυνατότητα δυναμικής αλλαγής κάποιων παραμέτρων της προσομοίωσης, ώστε να παρατηρηθούν διάφορες τυχόν επιρροές τους, κάτι το οποίο προς το παρόν είναι μια χρονοβόρα και δύσκολη διαδικασία.

Τέλος, μια καλή μελλοντική δουλειά θα ήταν η επέκταση του προσομοιωτή ώστε να χρησιμοποιεί ευφυή αλγόριθμους για τους φωτεινούς σηματοδότες τροχαίας ώστε να είναι δυνατόν να εξαχθούν ρεαλιστικά συμπεράσματα για την επιρροή των φωτεινών σηματοδοτών τροχαίας στην συμφόρηση των δρόμων αλλά και στην μόλυνση του περιβάλλοντος.

Βιβλιογραφία

- [1] Antoine Hobeika, Virginia Polytechnic University, “TRANSIMS Fundamentals”
http://tmip.fhwa.dot.gov/resources/clearinghouse/docs/transims_fundamentals/
- [2] ESRI – Districting for ArcGIS,
<http://www.esri.com/software/arcgis/extensions/districting/download.html>
- [3] Geographic/UTM Coordinate Converter,
<http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geoutm.html>
- [4] Michal Piorkowski, Maxim Raya, Jean-Pierre Hubaux, “TRANS-Realistic Simulator for Vanets”, <http://trans.epfl.ch/>
- [5] NEXTA for TRANSIMS, http://www.civil.utah.edu/~zhou/NEXTA_for_TRANSIMS.html
- [6] Public Use Microdata Sample, <http://www.census.gov/prod/cen2000/doc/pums.pdf>
- [7] Summary File 3,
http://www2.census.gov/census_2000/datasets/Summary_File_3/0SF3_table_matrix.doc
- [8] Summary File 3, Technical Documentation,
<http://www.census.gov/prod/cen2000/doc/sf3.pdf>
- [9] TRANSIMS, Documentation Index,
<http://code.google.com/p/transims/wiki/DocumentationIndex>
- [10] TRANSIMS , How-To Guides, <http://code.google.com/p/transims/wiki/HowToIndex>

[11] University of Pennsylvania, “GrooveNet: Vehicular Network Virtualization Platform”,
<http://www.seas.upenn.edu/~rahulm/Research/GrooveNet/>

[12] Universal Transverse Mercator coordinate system,
http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Transverse_Mercator_coordinate_system

[13] VanetMobiSim: A Generator of Realistic Vehicular Movement Traces for VANET,
<http://mst.it.ubi.pt/>

[14] Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου , Εκδόσεις
http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/publications_gr/publications_gr?OpenForm&OpenView&RestrictToCategory=622&SrcTp=1&Category=6&Subject=2&SubSubject=2&subsubtext=7&

Παράρτημα Α

Το αρχείο εισόδου του εργαλείου Population Files Creator, inputs.txt, περιέχει **ένα αριθμό σε κάθε γραμμή**. Πιο κάτω περιγράφεται αναλυτικά τι αντιπροσωπεύει ο κάθε αριθμός.

1 : Περιέχει ένα αριθμό μεγέθους ενός ψηφίου ο οποίος χαρακτηρίζει την πόλη που θέλουμε να προσομοιώσουμε σε σχέση με τις υπόλοιπες πόλεις της χώρας και έχει τους εξής επιτρεπτούς κωδικούς :

- 1 - Capital
- 2 - Country 1
- 3 - Country 2
- 4 - Seaside 1
- 5 - Seaside 2
- 6 - Counrty
- 8 – Mountains

Για κάθε δήμο :

2 : Περιέχει ένα αριθμό μεγέθους 2 ψηφίων ο οποίος χαρακτηρίζει την θέση του δήμου στη πόλη και έχει τους εξής επιτρεπτούς κωδικούς :

- 11-Inside Central City
- 12-Outside Central City
- 13-Both Inside and Outside Central City

3 : Είναι ο αριθμός που αντιπροσωπεύει το πλήθος των μπλοκ του συγκεκριμένου δήμου.

Για κάθε μπλοκ :

4 : Ο αριθμός αυτός αντιπροσωπεύει το πρόσημο της συντεταγμένης longitude του τυχαίου σημείου για το συγκεκριμένο μπλοκ. Η επιτρεπτές τιμές είναι ένα για το + και 0 για το -.

5 : Ο αριθμός αυτός είναι ένας αριθμός μεγέθους 9 ψηφίων ό οποίος αντιστοιχεί στην τιμή της συντεταγμένης longitude του τυχαίου σημείου για το συγκεκριμένο μπλοκ, χωρίς το κόμμα.

6 : Ο αριθμός αυτός αντιπροσωπεύει το πρόσημο της συντεταγμένης latitude του τυχαίου σημείου για το συγκεκριμένο μπλοκ. Η επιτρεπτές τιμές είναι ένα για το + και 0 για το -.

7 : Ο αριθμός αυτός είναι ένας αριθμός μεγέθους 9 ψηφίων ό οποίος αντιστοιχεί στην τιμή της συντεταγμένης latitude του τυχαίου σημείου για το συγκεκριμένο μπλοκ, χωρίς το κόμμα.

8 : Είναι ο αριθμός που αντιπροσωπεύει το πλήθος των νοικοκυριών με ένα άτομο για το συγκεκριμένο μπλοκ του συγκεκριμένου δήμου.

9 : Είναι ο αριθμός που αντιπροσωπεύει το πλήθος των νοικοκυριών με δύο άτομα για το συγκεκριμένο μπλοκ του συγκεκριμένου δήμου.

10 : Είναι ο αριθμός που αντιπροσωπεύει το πλήθος των νοικοκυριών με τρία άτομα για το συγκεκριμένο μπλοκ του συγκεκριμένου δήμου.

11 : Είναι ο αριθμός που αντιπροσωπεύει το πλήθος των νοικοκυριών με τέσσερα άτομα για το συγκεκριμένο μπλοκ του συγκεκριμένου δήμου.

12 : Είναι ο αριθμός που αντιπροσωπεύει το πλήθος των νοικοκυριών με πέντε άτομα για το συγκεκριμένο μπλοκ του συγκεκριμένου δήμου.

13 : Είναι ο αριθμός που αντιπροσωπεύει το πλήθος των νοικοκυριών με έξι άτομα για το συγκεκριμένο μπλοκ του συγκεκριμένου δήμου.

Επανέλαβε το 4 μέχρι το 13 για όλα τα μπλοκ του συγκεκριμένου δήμου.

Επανέλαβε ξανά από το 2 για όλους τους δήμους.

Παράρτημα Β

Το αρχείο εισόδου του εργαλείου Population Files Creator, inputs2.txt, περιέχει συνολικά 185 αριθμούς, **ένα σε κάθε γραμμή**, οι οποίοι αφορούν όλο των πληθυσμό της περιοχής που θέλουμε να προσομοιάσουμε. Πιο κάτω περιγράφεται αναλυτικά τι αντιπροσωπεύει ο κάθε αριθμός.

Οι αριθμοί που ακολουθούν είναι πραγματική αριθμοί που αναφέρονται στο **ποσοστό** που αντιπροσωπεύει το κάθε χαρακτηριστικό.

1. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι μονοκατοικίες.
2. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι διπλοκατοικίες.
3. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι διαμερίσματα τω 3 υπνοδωματίων.
4. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι διαμερίσματα με τρία ή και τέσσερα υπνοδωμάτια.
5. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες δεν ανήκουν σε καμία από τις πιο πάνω κατηγορίες.
6. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών για τις οποίες δεν γνωρίζουμε των τύπο τους
7. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από ένα άτομο και κατοικία ενός δωματίου.
8. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από ένα άτομο και κατοικία δύο δωματίων.
9. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από ένα άτομο και κατοικία τριών δωματίων.
10. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από ένα άτομο και κατοικία τεσσάρων δωματίων.
11. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από ένα άτομο και κατοικία πέντε δωματίων.
12. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από ένα άτομο και κατοικία έξι δωματίων.
13. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από ένα άτομο και κατοικία επτά δωματίων.

14. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από ένα άτομο και κατοικία οχτώ δωματίων.
15. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από ένα άτομο και κατοικία εννέα δωματίων.
16. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από δύο άτομα και κατοικία ενός δωματίου.
17. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από δύο άτομα και κατοικία δύο δωματίων.
18. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από δύο άτομα και κατοικία τριών δωματίων.
19. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από δύο άτομα και κατοικία τεσσάρων δωματίων.
20. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από δύο άτομα και κατοικία πέντε δωματίων.
21. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από δύο άτομα και κατοικία έξι δωματίων.
22. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από δύο άτομα και κατοικία επτά δωματίων.
23. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από δύο άτομα και κατοικία οχτώ δωματίων.
24. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από δύο άτομα και κατοικία εννέα δωματίων.
25. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τρία άτομα και κατοικία ενός δωματίου.
26. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τρία άτομα και κατοικία δύο δωματίων.
27. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τρία άτομα και κατοικία τριών δωματίων.
28. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τρία άτομα και κατοικία τεσσάρων δωματίων.

29. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τρία άτομα και κατοικία πέντε δωματίων.
30. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τρία άτομα και κατοικία έξι δωματίων.
31. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τρία άτομα και κατοικία επτά δωματίων.
32. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τρία άτομα και κατοικία οχτώ δωματίων.
33. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τρία άτομα και κατοικία εννέα δωματίων.
34. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τέσσερα άτομα και κατοικία ενός δωματίου.
35. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τέσσερα άτομα και κατοικία δύο δωματίων.
36. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τέσσερα άτομα και κατοικία τριών δωματίων.
37. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τέσσερα άτομα και κατοικία τεσσάρων δωματίων.
38. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τέσσερα άτομα και κατοικία πέντε δωματίων.
39. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τέσσερα άτομα και κατοικία έξι δωματίων.
40. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τέσσερα άτομα και κατοικία επτά δωματίων.
41. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τέσσερα άτομα και κατοικία οχτώ δωματίων.
42. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από τέσσερα άτομα και κατοικία εννέα δωματίων
43. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από πέντε άτομα και κατοικία ενός δωματίου.

44. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από πέντε άτομα και κατοικία δύο δωματίων.
45. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από πέντε άτομα και κατοικία τριών δωματίων.
46. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από πέντε άτομα και κατοικία τεσσάρων δωματίων.
47. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από πέντε άτομα και κατοικία πέντε δωματίων.
48. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από πέντε άτομα και κατοικία έξι δωματίων.
49. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από πέντε άτομα και κατοικία επτά δωματίων.
50. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από πέντε άτομα και κατοικία οχτώ δωματίων.
51. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από πέντε άτομα και κατοικία εννέα δωματίων
52. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από έξι άτομα και κατοικία ενός δωματίου.
53. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από έξι άτομα και κατοικία δύο δωματίων.
54. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από έξι άτομα και κατοικία τριών δωματίων.
55. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από έξι άτομα και κατοικία τεσσάρων δωματίων.
56. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από έξι άτομα και κατοικία πέντε δωματίων.
57. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από έξι άτομα και κατοικία έξι δωματίων.
58. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από έξι άτομα και κατοικία επτά δωματίων.
59. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από έξι άτομα και κατοικία οχτώ δωματίων.

60. Ποσοστό νοικοκυριών οι οποίες αποτελούνται από έξι άτομα και κατοικία εννέα δωματίων
61. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ιδιόκτητες και αποτελούνται από ένα δωμάτιο.
62. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ιδιόκτητες και αποτελούνται από δύο δωμάτια.
63. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ιδιόκτητες και αποτελούνται από τρία δωμάτια.
64. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ιδιόκτητες και αποτελούνται από τέσσερα δωμάτια.
65. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ιδιόκτητες και αποτελούνται από πέντε δωμάτια.
66. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ιδιόκτητες και αποτελούνται από έξι δωμάτια.
67. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ιδιόκτητες και αποτελούνται από επτά δωμάτια.
68. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ιδιόκτητες και αποτελούνται από οχτώ δωμάτια.
69. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ιδιόκτητες και αποτελούνται από εννέα δωμάτια.
70. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ενοικίασης και αποτελούνται από ένα δωμάτιο.
71. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ενοικίασης και αποτελούνται από δύο δωμάτια.
72. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ενοικίασης και αποτελούνται από τρία δωμάτια.
73. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ενοικίασης και αποτελούνται από τέσσερα δωμάτια.
74. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ενοικίασης και αποτελούνται από πέντε δωμάτια.

75. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ενοικίασης και αποτελούνται από έξι δωμάτια.
76. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ενοικίασης και αποτελούνται από επτά δωμάτια.
77. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ενοικίασης και αποτελούνται από οχτώ δωμάτια.
78. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες είναι ενοικίασης και αποτελούνται από εννέα δωμάτια.
79. Ποσοστό των συνολικών ενοικιαζόμενων κατοικιών με ενοίκιο λιγότερο από 100 ευρώ.
80. Ποσοστό των συνολικών ενοικιαζόμενων κατοικιών με ενοίκιο από 100 ευρώ μέχρι 200.
81. Ποσοστό των συνολικών ενοικιαζόμενων κατοικιών με ενοίκιο από 200 ευρώ μέχρι 300.
82. Ποσοστό των συνολικών ενοικιαζόμενων κατοικιών με ενοίκιο από 300 ευρώ μέχρι 400.
83. Ποσοστό των συνολικών ενοικιαζόμενων κατοικιών με ενοίκιο από 400 ευρώ μέχρι 500.
84. Ποσοστό των συνολικών ενοικιαζόμενων κατοικιών με ενοίκιο από 500 ευρώ μέχρι 600.
85. Ποσοστό των συνολικών ενοικιαζόμενων κατοικιών με ενοίκιο περισσότερο από 600 ευρώ.
86. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες έχουν κουζίνα.
87. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες δεν έχουν κουζίνα.
88. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες έχουν μπάνιο.
89. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες δεν έχουν μπάνιο.
90. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες έχουν τουαλέτα.
91. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες δεν έχουν τουαλέτα.
92. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες έχουν πόσιμο νερό.
93. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες έχουν πόσιμο νερό.
94. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες έχουν κεντρική θέρμανση ως μέσο θέρμανσης.
95. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες έχουν ηλιακό ως μέσο θέρμανσης.
96. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες έχουν θερμάστρες δωματίων ως μέσο θέρμανσης.
97. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες έχουν τζάκι ως μέσο θέρμανσης.

98. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες έχουν ηλεκτρικές θερμάστρες ως μέσο θέρμανσης.
99. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες έχουν σόμπες γκαζιού ως μέσο θέρμανσης.
100. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες έχουν σόμπες κηροζίνης ως μέσο θέρμανσης.
101. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες έχουν άλλο μέσο θέρμανσης το οποίο δεν αναφέρεται στις πιο πάνω κατηγορίες.
102. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες δεν έχουν καθόλου μέσο θέρμανσης.
103. Ποσοστό των συνολικών μονοκατοικιών οι οποίες χτίστηκαν μετά το 1996.
104. Ποσοστό των συνολικών διπλοκατοικιών οι οποίες χτίστηκαν μετά το 1996.
105. Ποσοστό των συνολικών διαμερισμάτων τα οποία χτίστηκαν μετά το 1996.
106. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες δεν ανήκουν στις πιο πάνω κατηγορίες και οι οποίες χτίστηκαν μετά το 1996.
107. Ποσοστό των συνολικών μονοκατοικιών οι οποίες χτίστηκαν από το 1995 μέχρι το 1991.
108. Ποσοστό των συνολικών διπλοκατοικιών οι οποίες χτίστηκαν από το 1995 μέχρι το 1991.
109. Ποσοστό των συνολικών διαμερισμάτων τα οποία χτίστηκαν από το 1995 μέχρι το 1991.
110. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες δεν ανήκουν στις πιο πάνω κατηγορίες και οι οποίες χτίστηκαν από το 1995 μέχρι το 1991.
111. Ποσοστό των συνολικών μονοκατοικιών οι οποίες χτίστηκαν από το 1990 μέχρι το 1981.
112. Ποσοστό των συνολικών διπλοκατοικιών οι οποίες χτίστηκαν από το 1990 μέχρι το 1981.
113. Ποσοστό των συνολικών διαμερισμάτων τα οποία χτίστηκαν από το 1990 μέχρι το 1981.
114. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες δεν ανήκουν στις πιο πάνω κατηγορίες και οι οποίες χτίστηκαν από το 1990 μέχρι το 1981.

115. Ποσοστό των συνολικών μονοκατοικιών οι οποίες χτίστηκαν από το 1980 μέχρι το 1971.
116. Ποσοστό των συνολικών διπλοκατοικιών οι οποίες χτίστηκαν από το 1980 μέχρι το 1971.
117. Ποσοστό των συνολικών διαμερισμάτων τα οποία χτίστηκαν από το 1980 μέχρι το 1971.
118. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες δεν ανήκουν στις πιο πάνω κατηγορίες και οι οποίες χτίστηκαν από το 1980 μέχρι το 1971.
119. Ποσοστό των συνολικών μονοκατοικιών οι οποίες χτίστηκαν από το 1970 μέχρι το 1961.
120. Ποσοστό των συνολικών διπλοκατοικιών οι οποίες χτίστηκαν από το 1970 μέχρι το 1961.
121. Ποσοστό των συνολικών διαμερισμάτων τα οποία χτίστηκαν από το 1970 μέχρι το 1961.
122. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες δεν ανήκουν στις πιο πάνω κατηγορίες και οι οποίες χτίστηκαν από το 1970 μέχρι το 1961.
123. Ποσοστό των συνολικών μονοκατοικιών οι οποίες χτίστηκαν από το 1960 μέχρι το 1946.
124. Ποσοστό των συνολικών διπλοκατοικιών οι οποίες χτίστηκαν από το 1960 μέχρι το 1946.
125. Ποσοστό των συνολικών διαμερισμάτων τα οποία χτίστηκαν από το 1960 μέχρι το 1946.
126. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες δεν ανήκουν στις πιο πάνω κατηγορίες και οι οποίες χτίστηκαν από το 1960 μέχρι το 1946.
127. Ποσοστό των συνολικών μονοκατοικιών οι οποίες χτίστηκαν πριν το 1945.
128. Ποσοστό των συνολικών διπλοκατοικιών οι οποίες χτίστηκαν πριν το 1945.
129. Ποσοστό των συνολικών διαμερισμάτων τα οποία χτίστηκαν πριν το 1945.
130. Ποσοστό των συνολικών κατοικιών οι οποίες δεν ανήκουν στις πιο πάνω κατηγορίες και οι οποίες χτίστηκαν πριν το 1945.
131. Ποσοστό των ξένων στο συνολικό πληθυσμό.

132. Ποσοστό του συνολικού πληθυσμού που έχει εκπαίδευση κάτω της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.
133. Ποσοστό του συνολικού πληθυσμού που έχει εκπαίδευση μέχρι και την δευτεροβάθμια εκπαίδευση.
134. Ποσοστό του συνολικού πληθυσμού που έχει εκπαίδευση πάνω από την δευτεροβάθμια εκπαίδευση.
135. Ποσοστό του συνολικά εργαζόμενου πληθυσμού που εργάζεται εντός του δήμου που διαμένει.
136. Ποσοστό του συνολικά εργαζόμενου πληθυσμού που εργάζεται εκτός του δήμου που διαμένει.
137. Ποσοστό των ανέργων.
138. Ποσοστό των συνολικών εργαζόμενων που εργάζεται σε πρωτογενή τομέα εργασίας όπως γεωργία, κτηνοτροφία, θήρα, δασοκομία, αλιεία, τεχνίτες εργοστάσια και βιοτεχνίες.
139. Ποσοστό των συνολικών εργαζόμενων που εργάζεται σε δευτερογενή τομέα εργασίας όπως διανομείς, εμπόριο και μεταφορείς.
140. Ποσοστό των συνολικών εργαζόμενων που εργάζεται σε τριτογενή τομέα εργασίας όπως γραφειακές δουλειές.

Οι αριθμοί που ακολουθούν είναι ακέραιοι αριθμοί που αναφέρονται στην ακριβή τιμή κάθε χαρακτηριστικού.

141. Το πλήθος των ζευγαριών στα οποία και οι 2 σύντροφοι είναι οικονομικά ενεργοί (εργάζονται).
142. Το πλήθος των ζευγαριών στα οποία εργάζεται μόνο ο σύζυγος.
143. Το πλήθος των ζευγαριών στα οποία εργάζεται μόνο η συζύγους.
144. Το πλήθος των ζευγαριών στα οποία δεν εργάζεται κανένας από τους 2 συζύγους.
145. Το πλήθος των μονογονεϊκών μητέρων οι οποίες εργάζονται.
146. Το πλήθος των μονογονεϊκών μητέρων οι οποίες δεν εργάζονται.
147. Το πλήθος των μονογονεϊκών πατέρων οι οποίοι εργάζονται.
148. Το πλήθος των μονογονεϊκών πατέρων οι οποίοι δεν εργάζονται.

149. Το πλήθος των παιδιών κάτω των 6 χρόνων τα οποία ζουν μαζί με ένα άλλο παιδί αυτής της ηλικίας στο ίδιο σπίτι.
150. Το πλήθος των παιδιών κάτω των 6 χρόνων τα οποία ζουν μαζί με δύο άλλα παιδιά αυτής της ηλικίας στο ίδιο σπίτι.
151. Το πλήθος των παιδιών κάτω των 6 χρόνων τα οποία ζουν μαζί με τρία άλλα παιδιά αυτής της ηλικίας στο ίδιο σπίτι.
152. Το πλήθος των παιδιών κάτω των 6 χρόνων τα οποία ζουν μαζί με τέσσερα άλλα παιδιά αυτής της ηλικίας στο ίδιο σπίτι.
153. Το πλήθος των παιδιών πάνω των 6 χρόνων και κάτω των 18 τα οποία ζουν μαζί με ένα άλλο παιδί αυτής της ηλικίας στο ίδιο σπίτι.
154. Το πλήθος των παιδιών πάνω των 6 χρόνων και κάτω των 18 τα οποία ζουν μαζί με δύο άλλα παιδιά αυτής της ηλικίας στο ίδιο σπίτι.
155. Το πλήθος των παιδιών πάνω των 6 χρόνων και κάτω των 18 τα οποία ζουν μαζί με τρία άλλα παιδιά αυτής της ηλικίας στο ίδιο σπίτι.
156. Το πλήθος των παιδιών πάνω των 6 χρόνων και κάτω των 18 τα οποία ζουν μαζί με τέσσερα άλλα παιδιά αυτής της ηλικίας στο ίδιο σπίτι..
157. Το πλήθος των ατόμων ηλικίας πάνω τα των 65 χρονών τα οποία ζουν μαζί με ένα άλλο άτομο της ίδιας ηλικίας στο ίδιο σπίτι.
158. Το πλήθος των ατόμων ηλικίας πάνω τα των 65 χρονών τα οποία ζουν μαζί με δύο άλλα άτομα της ίδιας ηλικίας στο ίδιο σπίτι.
159. Το πλήθος των ατόμων ηλικίας πάνω τα των 65 χρονών τα οποία ζουν μαζί με τρία άλλα άτομα της ίδιας ηλικίας στο ίδιο σπίτι.
160. Το πλήθος των ατόμων ηλικίας πάνω τα των 65 χρονών τα οποία ζουν μαζί με τέσσερα άλλα άτομα της ίδιας ηλικίας στο ίδιο σπίτι.
161. Συνολικός αριθμός επιβατικών οχημάτων.
162. Συνολικός αριθμός λεωφορείων.
163. Συνολικός αριθμός μεταφορικών οχημάτων- φορτηγών.
164. Συνολικός αριθμός μοτοποδηλάτων.
165. Συνολικός αριθμός μοτοσυκλετών.
166. Συνολικός αριθμός άλλων οχημάτων τα οποία δεν ανήκουν στις πιο πάνω κατηγορίες.

- 167. Κατώτατο κυβερνητικό επίδομα το οποίο προσφέρεται σε άνεργα άτομα, άτομα με αναπηρίες και συνταξιούχους.
- 168. Μέγιστο κυβερνητικό επίδομα το οποίο προσφέρεται σε άνεργα άτομα, άτομα με αναπηρίες και συνταξιούχους.
- 169. Κατώτατος μισθός.
- 170. Μέγιστος μισθός.
- 171. Ώρα έναρξης εργασίας - το γρηγορότερο.
- 172. Ώρα έναρξης εργασίας - το αργότερο.
- 173. Ώρα έναρξης σχολείων. (π.χ. 7)
- 174. Λεπτά έναρξης σχολείων. (π.χ. 30)
- 175. Ώρα λήξης σχολείων. (π.χ. 13)
- 176. Λεπτά λήξης σχολείων. (π.χ. 30)
- 177. Μέγιστος χρόνος ταξιδιού από μία ενορία σε άλλη στον ίδιο δήμο σε άλλο.
- 178. Μέγιστος χρόνος ταξιδιού από μία ενορία σε άλλη στον ίδιο δήμο σε άλλο.
- 179. Μέγιστος χρόνος ταξιδιού από ένα δήμο σε άλλο.
- 180. Μέγιστος χρόνος ταξιδιού από ένα δήμο σε άλλο.
- 181. Πλήθος των δήμων.
- 182. Χαρακτηριστικός αριθμός πόλεις (by default = 51)
- 183. Κωδικός περιοχής (by default = 2)
- 184. Συνολικό μέγεθος περιοχής.
- 185. Συνολικό μέγεθος προσομοιωμένης περιοχής.