



**Μεταπτυχιακή Εργασία**  
του φοιτητή του Τμήματος Γεωγραφίας του  
Πανεπιστημίου Αιγαίου

ΚΟΥΤΣΟΜΥΤΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ ΤΟΥ ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ

Αριθμός Μητρώου: 1632017013

Θέμα

**«Αξιολόγηση και επιλογή βέλτιστων παραμέτρων logistics  
με χρήση μεθόδων γεωγραφικής ανάλυσης»**

Επιβλέπων  
Καβρουδάκης Δημήτριος  
Επίκουρος Καθηγητής

**Αριθμός Διπλωματικής Εργασίας:**

Μυτιλήνη, 11 Οκτωβρίου 2019

Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας  
Κουτσομούτης Ευάγγελος

© 2019 – Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Το σύνολο της εργασίας αποτελεί πρωτότυπο έργο, παραχθέν από τον Κουτσομούτη Ευάγγελο, και δεν παραβιάζει δικαιώματα τρίτων καθ' οιονδήποτε τρόπο. Αν η εργασία περιέχει υλικό, το οποίο δεν έχει παραχθεί από τον ίδιο, αυτό είναι ευδιάκριτο και αναφέρεται ρητώς εντός του κειμένου της εργασίας ως προϊόν εργασίας τρίτου, σημειώνοντας με παρομοίως σαφή τρόπο τα στοιχεία ταυτοποίησής του, ενώ παράλληλα βεβαιώνει πως στην περίπτωση χρήσης αυτούσιων γραφικών αναπαραστάσεων, εικόνων, γραφημάτων κλπ., έχει λάβει τη χωρίς περιορισμούς άδεια του κατόχου των πνευματικών δικαιωμάτων για την συμπερίληψη και επακόλουθη δημοσίευση του υλικού αυτού. Ειδικότερα, ο κώδικας που παρατίθεται στην εργασία, αποτελεί ρητά προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας του συντάκτη Κουτσομούτη Ευάγγελου, και απαγορεύεται η αναδημοσίευση, χρήση, αναπαραγωγή ή με οποιοδήποτε τρόπο εκμετάλλευσή του, χωρίς την ρητή συγκατάθεση του δημιουργού.



## Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία ασχολείται με την αξιολόγηση και επιλογή των βέλτιστων παραμέτρων logistics, κάνοντας χρήση μεθόδων γεωγραφικής ανάλυσης.

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε από το τμήμα Γεωγραφίας της Σχολής Κοινωνικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Σκοπός της είναι η ανάλυση των διαφόρων παραμέτρων που υπάρχουν σε μια κίνηση μεταφοράς προσωπικού και κατ' επέκταση στα logistics γενικότερα. Με τη χρήση κατάλληλου προγράμματος γεωγραφικής ανάλυσης, γίνεται αξιολόγηση των διαφόρων παραμέτρων που προαναφέρθηκαν και εξετάζεται η βαρύτητα της κάθε μιας στην ολοκλήρωση της αποστολής.

Σε πρώτη φάση αναλύεται η έννοια των logistics αλλά και η ανάγκη εφαρμογής τους στις σύγχρονες αλυσίδες εφοδιασμού, όπως επίσης και η ανάγκη αξιόπιστου υπολογισμού των παραμέτρων που σχετίζονται με αυτά. Αφού απαριθμηθούν οι προαναφερθείσες παράμετροι και δοθεί ένας σύντομος ορισμός για κάθε μια από αυτές, γίνεται αναφορά στην ανάγκη υπολογισμού κόστους στην κατανάλωση καυσίμου καθώς και στα προγράμματα για τον υπολογισμό της. Κατόπιν αναλύεται η κλίση ως παράμετρος αξιολόγησης μιας διαδρομής κάτι που θα απασχολήσει ιδιαίτερα την εργασία ως παράγοντας επηρεασμού της κατανάλωσης καυσίμου.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας αναλύεται το πρόγραμμα το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια της, για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Αρχικά αναλύονται η γλώσσα R στην οποία έχει γραφτεί ο κώδικας του προγράμματος, καθώς και οι μεταβλητές του. Στη συνέχεια αναλύεται ο κώδικας του προγράμματος αλλά και ο τρόπος λειτουργίας του, κάνοντας χρήση διαφόρων σεναρίων.

Στο τρίτο και τελευταίο μέρος, γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων και σχολιασμός αυτών. Κατόπιν εντοπίζονται τα προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση του κώδικα για τον υπολογισμό παραμέτρων αλλά και της χρήσης μεθόδων γεωγραφικής ανάλυσης γενικότερα, ενώ δίνονται και προτάσεις βελτίωσης και μελλοντικής επέκτασης της μελέτης. Τέλος, εξάγονται και παρατίθενται τα συμπεράσματα καθώς και τυχόν παρατηρήσεις.

**Λέξεις – Κλειδιά:** Γλώσσα R, Κλίση, Κατανάλωση καυσίμου, Κόστος, Αρχείο gpx, Αρχείο shp

# **Subject: “Evaluation and selection of optimal logistics parameters using geographical analysis methods”**

## **Abstract**

The following thesis deals with the evaluation and selection of optimal logistics parameters, using geographical analysis methods. This thesis was carried out by the Geography Department of the Aegean University.

Its goal is to analyze the various parameters of personnel transportation and logistics in general. Using the appropriate geographical analysis program, the aforementioned parameters are evaluated and their impact on the completion of the mission is assessed.

First, a definition of logistics is given and the need of its implication in modern supply chains is explained, as well as the need for reliable calculation of their parameters. After the parameters are listed and a brief definition for each one is supplied, the need for fuel consumption calculation and the relevant programs are explained. Next, slope is examined as an evaluation parameter of a given route, and as a factor that affects fuel consumption, which is also the main focus of this paper.

In the second part of this paper the code of the program developed for this paper is explained, after a brief presentation of the R language which was used for writing the code. The code itself is then analyzed, and its method of operation is explained by use of proper scenarios.

Finally, the obtained results are presented and explained along with the problems that were encountered both from the use of the program itself and of geographical analysis methods in general and ideas on how to counter said problems and improve the code overall are given. Lastly, the conclusions of this paper along with various observations are discussed.

**Keywords:** The R language, Slope, Fuel consumption, Fuel cost, Gpx file, Shp file

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου για την στήριξή κατά τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας καθώς και για την πίστη και εμπιστοσύνη που δείχνουν στο πρόσωπό μου δίνοντας μου επιπλέον δύναμη. Επίσης, επιθυμώ να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου και επιβλέποντα την παρούσα διπλωματική εργασία κ. Καβρουδάκη Δημήτριο για την καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθειά του στην εκπόνηση της εργασίας. Επιθυμώ να ευχαριστήσω την υπηρεσία του Ε.Σ. και ιδιαιτέρως τον Άνγη (ΠΒ) κ. Κατσιώπη Παναγιώτη που ως πρώτος μου Διοικητής, μου παρείχε κάθε βοήθεια και στήριξη χωρίς την οποία δεν θα μπορούσα να ανταπεξέλθω στις απαιτήσεις του μεταπτυχιακού. Τέλος, ευχαριστώ πολύ τους καθηγητές μου στην Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων και ιδιαιτέρως τον Καθηγητή Δρ. Θεόδωρο Λιόλιο, οι οποίοι με όπλισαν όχι μόνο με ακαδημαϊκά εφόδια, αλλά κυρίως με το ήθος και το κύρος που πρέπει να χαρακτηρίζει όλους τους ηγέτες των ελληνικών Ενόπλων Δυνάμεων.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## 1 Πίνακας περιεχομένων

1.	ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	1
1.1	Εισαγωγή.....	1
1.2	Logistics.....	1
1.2.1	Ορισμός.....	1
1.2.2	Τα logistics στο σήμερα.....	1
1.3	Παράμετροι αξιολόγησης μιας κίνησης μεταφοράς προσωπικού.....	2
1.4	Υπολογισμός του κόστους στην κατανάλωση καυσίμου.....	3
1.4.1	Η ανάγκη υπολογισμού κόστους στην κατανάλωση καυσίμου.....	3
1.4.2	Προγράμματα υπολογισμού κατανάλωσης καυσίμου.....	4
1.5	Κλίση διαδρομής.....	4
1.6	Σκοπός της εργασίας.....	5
2	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ – ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ..	7
2.1	Εισαγωγή.....	7
2.2	Η Γλώσσα R.....	7
2.2.1	Εισαγωγή στην R.....	7
2.2.2	Το περιβάλλον της R.....	7
2.3	Δεδομένα.....	8
2.3.1	Είδος Οχήματος.....	8
2.3.2	Αρχείο .gpx.....	9
2.4	Το πρόγραμμα υπολογισμού κατανάλωσης καυσίμου σε περιβάλλον R.....	9
3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ – ΟΔΗΓΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΩΔΙΚΑ.....	15
3.1	Καθορισμός της διαδρομής.....	15
3.1.1	Παράμετροι ενδιαφέροντος σε μια διαδρομή.....	15
3.1.2	Εξαγωγή αρχείου gpx.....	15
3.2	Εισαγωγή δεδομένων.....	17
3.3	Σενάρια χρήσης του κώδικα.....	18
3.3.1	Υπολογισμός με βάση την κατανάλωση καυσίμου.....	18
3.3.2	Υπολογισμός με βάση την ιεράρχιση των στάσεων.....	19
3.3.3	Υπολογισμός με βάση άλλα κριτήρια.....	25
4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	27
4.1	Αποτελέσματα-Συμπεράσματα.....	27
4.1.1	Αποτελέσματα υπολογισμού κατανάλωσης καυσίμου.....	27
4.1.2	Αποτελέσματα υπολογισμού ιεράρχισης στάσεων.....	31
4.1.3	Λοιπά συμπεράσματα.....	31

4.2	Προκλήσεις-Παρατηρήσεις .....	31
4.3	Προτάσεις-Μελλοντική επέκταση της μελέτης .....	32
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	33



## 1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

### 1.1 Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με την κατασκευή και αξιοποίηση ενός προγράμματος που υπολογίζει τις διάφορες παραμέτρους μιας κίνησης μεταφοράς προσωπικού και την αξιολόγηση της βαρύτητας της κάθε μιας από αυτές ως προς την επίδραση που έχουν στην περάτωση της αποστολής. Το πρόγραμμα λειτουργεί με τη μέθοδο της γεωγραφικής ανάλυσης και τα σενάρια που αναλύονται αφορούν διαδρομές στο νησί της Λέσβου, τόσο από άποψη χιλιομετρικής απόστασης, όσο και από μορφολογία του εδάφους.

### 1.2 Logistics

#### 1.2.1 Ορισμός

Μια πρώιμη αναφορά στον άγνωστο τότε όρο των logistics γίνεται το 1915 από τον Arch Shaw που παρατηρεί ότι οι σχέσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων της δημιουργίας ζήτησης και της φυσικής προσφοράς – εφοδιασμού καταδεικνύουν την ύπαρξη των δυο αρχών αλληλεξάρτησης και ισορροπίας. Η αδυναμία του συντονισμού οποιασδήποτε από αυτές τις δραστηριότητες με τις υπόλοιπες της ίδιας ομάδας ή της άλλης ομάδας αντίστοιχα (ζήτηση – προσφορά/εφοδιασμός), ή αδικαιολόγητη έμφαση/υποσκέλιση σε κάποια από αυτές είναι σίγουρο ότι θα διαταράξει το ισοζύγιο των δυνάμεων που εξασφαλίζει την αποτελεσματική διανομή. Η φυσική διανομή των αγαθών είναι ένα πρόβλημα διακριτό από τη δημιουργία ζήτησης. Αρκετές σοβαρές αποτυχίες σε εκστρατείες διανομής έγκειτο σε αυτήν ακριβώς την έλλειψη συντονισμού μεταξύ δημιουργίας ζήτησης και φυσικής προσφοράς. Αντί να είναι ένα επακόλουθο πρόβλημα, το ερώτημα του εφοδιασμού θα πρέπει να απαντηθεί πριν ξεκινήσει η διανομή.

Παραδόξως, πέρασαν 100 περίπου χρόνια μέχρι οι βασικές αρχές της διαχείρισης των logistics να γίνουν ευρέως παραδεκτές. Ερχόμενοι λοιπόν στο σήμερα, ένας ολοκληρωμένος ορισμός για τα logistics θα τα περιέγραφε ως τη διαδικασία του σχεδιασμού, εφαρμογής και ελέγχου της αποτελεσματικής και αποδοτικής ροής και αποθήκευσης αγαθών, υπηρεσιών και σχετικών πληροφοριών από το σημείο προέλευσης μέχρι το σημείο κατανάλωσης, ικανοποιώντας ταυτόχρονα τις απαιτήσεις των καταναλωτών.

Ένας άλλος ορισμός των logistics, ο οποίος εισάγει την έννοια του κόστους, είναι ο εξής: Τα logistics είναι η διαδικασία της στρατηγικής διαχείρισης της απόκτησης, μετακίνησης και αποθήκευσης υλικών, εξαρτημάτων και ολοκληρωμένων εμπορευμάτων (και των σχετικών ροών πληροφοριών) μέσω της οργάνωσης και των καναλιών μάρκετινγκ κατά τέτοιο τρόπο, ούτως ώστε η τωρινή αλλά και μελλοντική κερδοφορία να μεγιστοποιηθεί μέσω της αποδοτικής διαχείρισης παραγγελιών.

#### 1.2.2 Τα logistics στο σήμερα

Εξετάζοντας τον δεύτερο ορισμό που δόθηκε για τα logistics μπορεί να εύκολα να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο τόσο στην εύρυθμη λειτουργία μιας επιχείρησης, όσο και στα περιθώρια μεγιστοποίησης του κέρδους της. Η σωστή διαχείριση των logistics, αλλά και της αλυσίδας εφοδιασμού κατ' επέκταση, μπορεί να δώσει σημαντικό πλεονέκτημα σε μια εταιρία έναντι των ανταγωνιστών της. Στη σύγχρονη εποχή, όπου το εμπόριο έχει παγκοσμιοποιηθεί και οι αλυσίδες εφοδιασμού μπορεί να είναι ακόμα και διηπειρωτικές, η ανάγκη μελέτης και σχεδιασμού της βέλτιστης λύσης μεταφοράς είναι επιτακτική.

Η λήψη αποφάσεων σχετικά με τις διάφορες παραμέτρους που υπάρχουν σε μια τέτοια κίνηση μεταφοράς γίνεται με βάση ορισμένες προβλέψεις και εκτιμήσεις. Είναι, λοιπόν, αναγκαίο, οι προβλέψεις και οι εκτιμήσεις αυτές να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερες. Σε ότι αφορά την ανάλυση μιας χειρσαίας κίνησης, οι μέθοδοι γεωγραφικής ανάλυσης αποτελούν ένα πολύτιμο εργαλείο που μπορεί να βοηθήσει στην εκτίμηση παραμέτρων.

### 1.3 Παράμετροι αξιολόγησης μιας κίνησης μεταφοράς προσωπικού

Ως κίνηση μεταφοράς προσωπικού λογίζεται μια οργανωμένη και προσχεδιασμένη κίνηση που έχει σαν σκοπό να μεταφέρει προσωπικό από ένα σημείο αφετηρίας σε ένα τελικό σημείο με προκαθορισμένο δρομολόγιο από άποψη ώρας, διαδρομής, ενδιάμεσων στάσεων αλλά και τον τύπο του οχήματος που θα χρησιμοποιηθεί. Μια τέτοια κίνηση μπορεί να αποτελεί μια πτήση ενός αεροσκάφους ή το δρομολόγιο ενός πλοίου, μέχρι την διαδρομή ενός σχολικού λεωφορείου ή ενός ταξί. Η συγκεκριμένη εργασία θα εξετάσει τις χειρσαίες κινήσεις μεταφοράς προσωπικού.

Μια κίνηση μεταφοράς προσωπικού μπορεί να αξιολογηθεί ως προς την αποτελεσματικότητά/αποδοτικότητά της από τρεις παραμέτρους: Ασφάλεια (του μεταφερόμενου προσωπικού αλλά και του μέσου μεταφοράς), Κόστος και Χρόνος.

Ο πιο σημαντικός παράγοντας σε μια κίνηση μεταφοράς προσωπικού είναι η **ασφάλεια** του μεταφερόμενου προσωπικού (και δευτερευόντως του οχήματος που το μεταφέρει). Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ασφάλεια είναι διάφοροι και έχουν να κάνουν τόσο με τη φύση της διαδρομής όσο και με το είδος του οχήματος. Ενδεικτικά θα αναφερθούν οι κυριότεροι οι οποίοι θα ληφθούν υπόψιν στη συνέχεια της εργασίας που είναι : το είδος του δρόμου (άσφαλτος, χωματόδρομος, κλπ.), η φύση της διαδρομής (απότομες ή πολλές στροφές, μεγάλες κλίσεις), η ασφάλεια που προσφέρει το όχημα (παθητικά και ενεργητικά συστήματα ασφαλείας που διαθέτει το όχημα, π.χ. αερόσακοι, abs, κλπ.)

Ένα πάρα πολύ σημαντικό μέγεθος σε μια κίνηση μεταφοράς προσωπικού αλλά και σε οποιαδήποτε κίνηση μεταφοράς είναι το **κόστος**. Εύκολα αντιλαμβάνεται κανείς ότι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει το κόστος μιας κίνησης είναι η κατανάλωση καυσίμου, κάτι το οποίο θα εξεταστεί εκτενώς σε αυτή την εργασία. Δευτερευόντως, άλλα πράγματα που μπορούν να επηρεάσουν το κόστος είναι: η ύπαρξη διοδίων κατά μήκος της διαδρομής, το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιείται (διαφορετικό κόστος βενζίνης/πετρελαίου/υγραερίου), η επιπλέον καταπόνηση που μπορεί να προκαλεί μια διαδρομή στα μηχανικά μέρη του αυτοκινήτου (π.χ. δρόμος με πολλές λακκούβες)

Ένα άλλο μέγεθος ζωτικής σημασίας για την αξιολόγηση όχι μόνο μιας κίνησης μεταφοράς προσωπικού αλλά και οποιασδήποτε δραστηριότητας στην οποία υπάρχει ανάγκη εκτίμησης κόστους είναι ο **χρόνος**. Ειδικότερα στην περίπτωση μιας κίνησης μεταφοράς προσωπικού οι παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο στον οποίο θα ολοκληρωθεί η κίνηση αυτή είναι: το μήκος της διαδρομής, το είδος της διαδρομής σε συνάρτηση με την ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει το όχημα (ευθύς δρόμος/δρόμος με στροφές, μεγάλες κλίσεις, μικρά όρια ταχύτητας), το είδος του οχήματος και η ταχύτητα/ευελιξία με την οποία μπορεί να κινηθεί στην επιλεγμένη διαδρομή (π.χ. επιβατικό όχημα σε σύγκριση με λεωφορείο)

## 1.4 Υπολογισμός του κόστους στην κατανάλωση καυσίμου

### 1.4.1 Η ανάγκη υπολογισμού κόστους στην κατανάλωση καυσίμου

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, το κόστος αποτελεί κρίσιμο μέγεθος για την αξιολόγηση οποιασδήποτε ενέργειας. Σε μια κίνηση μεταφοράς προσωπικού, μια από τις παραμέτρους που αξιολογείται είναι και η κατανάλωση καυσίμου. Παρόλα αυτά, η κατανάλωση καυσίμου δεν αποτελεί από μόνη της μέγεθος ικανό ώστε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για την αποδοτικότητα μιας κίνησης εάν δεν συνδεθεί με ξεκάθαρο τρόπο με το κόστος.

Οι περισσότερες εταιρίες οχημάτων δίνουν στοιχεία ως προς την κατανάλωση τους με τη μορφή μιας μέσης κατανάλωσης σε lt /100km ανάλογα με το είδος της διαδρομής, δηλαδή έναν κύκλο κατανάλωσης εντός πόλης, έναν εκτός, και έναν μικτό κύκλο ο οποίος προκύπτει από τον συνδυασμό των δυο προηγούμενων.

Οι τιμές για τους παραπάνω κύκλους προκύπτουν από δοκιμές που γίνονται σε εργαστηριακό περιβάλλον στους κινητήρες, σύμφωνα με τον NEDC (New European Driving Cycle) κανονισμό που έχει τεθεί σε ισχύ από το 1997. Σύμφωνα με τον κανονισμό αυτό οι μετρήσεις γίνονται με τυποποιημένο τρόπο έτσι ώστε να υπάρχει κοινό πλαίσιο αναφοράς μεταξύ των διαφόρων οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα:

**Κύκλος εντός πόλης:** Η μέτρησή του διενεργείται σε ένα εργαστήριο με θερμοκρασία μεταξύ 20°C και 30°C, σε έναν κυλιόμενο διάδρομο, μετά από κρύα εκκίνηση, (δηλαδή, όταν ο κινητήρας δεν έχει λειτουργήσει για αρκετή ώρα). Ο κύκλος αποτελείται από μια σειρά επιταχύνσεων, σταθερών ταχυτήτων, επιβραδύνσεων και λειτουργιών εν στάσει, στο ρελαντί. Η μέγιστη ταχύτητα είναι τα 50 km /h, η μέση ταχύτητα είναι 19 km /h και η διανυόμενη απόσταση είναι 4 km.

**Κύκλος εκτός πόλης:** Αυτός ο κύκλος διενεργείται αμέσως μετά τη μέτρηση του αστικού κύκλου και αποτελείται κατά το ήμισυ από οδήγηση με σταθερή ταχύτητα και κατά το υπόλοιπο ήμισυ από επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις και μερικά ρελαντί. Η μέγιστη ταχύτητα είναι 120 km /h, η μέση ταχύτητα είναι 63 km /h και η διανυόμενη απόσταση είναι 7 km.

**Μικτός κύκλος:** Η μέτρησή του διενεργείται σε θερμοκρασία 20-30°C. Η απόσταση είναι 11 km. Ο κύκλος διαρκεί 20 λεπτά. Αποτελείται από δύο φάσεις: 13 λεπτά εικονική οδήγηση στην πόλη και 7 λεπτά εικονική οδήγηση εκτός πόλης. Η μέση ταχύτητα είναι περίπου 33 km/h, η αναλογία ρελαντί είναι 25% και η τελική ταχύτητα είναι 120 km/h. Τα σημεία αλλαγών σχέσεων για μοντέλα με μηχανικό κιβώτιο είναι προσδιορισμένα με ακρίβεια και προαιρετικός έξτρα εξοπλισμός και A/C δεν λαμβάνονται υπόψη.

Από τον Σεπτέμβριο του 2017 ένας νέος κανονισμός ονόματι WLTP (Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure) τέθηκε σε ισχύ προκειμένου να παρέχει στοιχεία πιο κοντά στην πραγματική κατανάλωση των οχημάτων, αλλάζοντας τις παραμέτρους της διεξαγωγής της προσομοίωσης του μικτού κύκλου ώστε να είναι πιο κοντά στις πραγματικές συνθήκες.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, παρόλο που οι τιμές της κατανάλωσης καυσίμου που δίνουν οι κατασκευάστριες εταιρίες αποτελούν ένα καλό μέτρο σύγκρισης μεταξύ των διαφόρων μοντέλων οχημάτων, σίγουρα στερούνται στοιχείων τα οποία επηρεάζουν την κατανάλωση και κατά συνέπεια το κόστος και θα πρέπει να εξεταστούν στα πλαίσια αξιολόγησης μιας κίνησης μεταφοράς προσωπικού.

### 1.4.2 Προγράμματα υπολογισμού κατανάλωσης καυσίμου

Για τον υπολογισμό του κόστους (κατανάλωσης καυσίμου) μιας κίνησης υπάρχει μια μεγάλη γκάμα προγραμμάτων διαθέσιμη στο διαδίκτυο. Τα πιο απλά προγράμματα υπολογίζουν την κατανάλωση αποκλειστικά με βάση την ενδεικτική κατανάλωση που δίνει η κάθε εταιρία και την χιλιομετρική απόσταση της διαδρομής δίνοντας το συνολικό κόστος με τον απλό τύπο:

$$\text{Κόστος} = \text{απόσταση} \times \text{κατανάλωση} \times \text{τιμή λίτρου καυσίμου}$$

δηλαδή, για μια διαδρομή 500 χιλιομέτρων, με ένα όχημα με μέση κατανάλωση 7lt /100km και τιμή καυσίμου 1,54 ευρώ το λίτρο, θα ήταν:

$$\text{Κόστος} = 500 \times \frac{7}{100} \times 1,54 = 53,9 \text{ ευρώ}$$

Παρόλο που αυτός ο υπολογισμός είναι αρκετά ικανοποιητικός για να καλύψει τις οικιακές ανάγκες π.χ. μιας οικογένειας που προγραμματίζει τις διακοπές της, δεν επαρκεί σε καμία περίπτωση για την κάλυψη των αναγκών μιας εταιρίας που υπολογίζει το κόστος μεταφοράς των προϊόντων της. Για το σκοπό αυτό έχουν διαμορφωθεί ειδικά προγράμματα που λαμβάνουν υπόψιν τους πολλούς περισσότερους παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση.

Ένα τέτοιο πρόγραμμα είναι το EcoTransIT το οποίο είναι ένα πρόγραμμα σχεδιασμένο ώστε να υπολογίζει την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (και λοιπών αερίων θερμοκηπίου), εν ολίγοις το ενεργειακό αποτύπωμα μιας οποιασδήποτε θαλάσσιας, εναέριας ή χερσαίας κίνησης μεταφοράς. Το εν λόγω πρόγραμμα στηρίζεται σε μια τεράστια βάση γεωπληροφοριακών δεδομένων (GIS) που τηρεί η εταιρία καθώς και σε σύνθετους υπολογισμούς οι οποίοι λαμβάνουν υπόψιν το είδος του οχήματος, το μέγεθος και το βάρος, τη χωρητικότητα φόρτου, το είδος του κινητήρα, το σύστημα μετάδοσης, την αναλογία διαδρομής μετά και άνευ φόρτου, το είδος του φόρτου, τις συνθήκες οδήγησης, το είδος της διαδρομής το συνολικό βάρος φόρτου/οχήματος και τέλος την απόσταση που διανύθηκε.

## 1.5 Κλίση διαδρομής

Η κλίση μιας διαδρομής ορίζεται ως το πηλίκο της υψομετρικής διαφοράς δυο σημείων της διαδρομής αυτής, προς την οριζόντια απόσταση των σημείων αυτών. Με άλλα λόγια, η κλίση μιας διαδρομής καταδεικνύει εάν η διαδρομή αυτή είναι ανηφορική, κατηφορική ή ευθεία (ομαλή). Δεδομένου του ότι η κατανάλωση οποιουδήποτε οχήματος αυξάνεται σε μια ανηφόρα και μειώνεται (γίνεται σχεδόν μηδενική υπό συνθήκες) σε μια κατηφόρα, η γνώση της κλίσης μιας διαδρομής, και μάλιστα ο προσδιορισμός της με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια, είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμου ενός οχήματος κατά μήκος μιας διαδρομής.

Η κλίση, επίσης, παίζει πάρα πολύ σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση της ασφάλειας μιας διαδρομής, ιδίως όταν αυτή πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για μια κίνηση μεταφοράς προσωπικού. Διαδρομές με απότομες κλίσεις παρουσιάζουν περισσότερους κινδύνους για το μεταφερόμενο προσωπικό απ' ό,τι μια ευθεία διαδρομή. Τέλος, η κλίση μιας διαδρομής, μπορεί να αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα ως προς το είδος του οχήματος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, π.χ. μια διαδρομή μπορεί να έχει σε κάποιο σημείο της μια ανηφόρα την οποία δεν δύναται να ανέβει ένα μεγάλο φορτηγό.

## 1.6 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι η διαμόρφωση ενός προγράμματος το οποίο με την χρήση μεθόδων γεωγραφικής ανάλυσης θα οπτικοποιεί σε χάρτες GIS την κλίση της διαδρομής που πρόκειται να εκτελεστεί και θα υπολογίζει την κατανάλωση του καυσίμου ανάλογα με το μεταφορικό μέσο που επιλέγεται. Μέσω των χαρτών και των αριθμητικών δεδομένων της κατανάλωσης του καυσίμου, γίνεται αξιολόγηση όλων των παραμέτρων που ορίζουν την επιτυχή εκτέλεση μιας μεταφοράς προσωπικού. Προκειμένου μια τέτοιου είδους αποστολή να χαρακτηριστεί ως "επιτυχής" πρέπει να έχουν ληφθεί υπόψιν όλοι οι παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάσουν την εκτέλεση της (ασφάλεια προσωπικού, κόστος κατανάλωσης καυσίμου, χρόνος). Η λήψη λοιπόν της απόφασης που αφορά το μέσο εκτέλεσης της διαδρομής πρέπει να εναρμονίζει και να εξισορροπεί όλες τις παραπάνω παραμέτρους.

Ο κώδικας της εργασίας, εξάγει και οπτικοποιεί δυο σημαντικές παραμέτρους, την κλίση του εδάφους της διαδρομής (ομαλότητα) και την κατανάλωση που αυτή συνεπάγεται από το μέσο που έχει επιλεγεί για την εκτέλεση της. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η ευκαιρία στον χρήστη να αξιολογήσει τα αποτελέσματα και να λάβει μια ορθές αποφάσεις για την εκτέλεση της αποστολής έχοντας ως γνώμονα τόσο την ανθρώπινη ασφάλεια όσο και την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση σε περίπτωση που αυτή κρίνεται "υπολογίσιμη" ή μη αμελητέα.



## **2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ – ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ**

### **2.1 Εισαγωγή**

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε εκτενής αναφορά στην ανάγκη ύπαρξης ενός προγράμματος που θα υπολογίζει τις παραμέτρους μιας κίνησης μεταφοράς προσωπικού, προκειμένου ο χρήστης να λάβει τη βέλτιστη απόφαση ως προς το μέσο με το οποίο θα πραγματοποιηθεί η μεταφορά και ως προς τη διαδρομή που θα ακολουθηθεί. Στο Κεφάλαιο 1.3 αναλύθηκαν οι παράμετροι μιας κίνησης μεταφοράς προσωπικού. Από τις παραμέτρους αυτές, το Κόστος και ο Χρόνος είναι άμεσα ποσοτικοποιήσιμες, ενώ η Ασφάλεια του προσωπικού είναι περισσότερο ποιοτικό μέγεθος και έγκειται στην κρίση του χρήστη του προγράμματος η λήψη κατάλληλης απόφασης που θα την διασφαλίζει.

Το πρόγραμμα το οποίο διαμορφώθηκε για την εργασία αυτή και θα αναλυθεί εκτενώς στο παρόν κεφάλαιο και στο επόμενο, δέχεται ως μεταβλητές το είδος του οχήματος και τη διαδρομή και επιστρέφει δεδομένα για την κατανάλωση του οχήματος ανάλογα την διαδρομή που θα ακολουθηθεί.

### **2.2 Η Γλώσσα R**

#### **2.2.1 Εισαγωγή στην R**

Η R είναι μια γλώσσα αλλά και ένα περιβάλλον προγραμματισμού για στατιστικούς υπολογισμούς και γραφικά. Είναι ένα GNU project το οποίο είναι παρόμοιο με την γλώσσα S που αναπτύχθηκε στα εργαστήρια Bell από τον John Chambers και συνεργάτες. Η R μπορεί να θεωρηθεί ως μια διαφορετική υλοποίηση της S. Υπάρχουν μερικές σημαντικές διαφορές, αλλά η πλειοψηφία του κώδικα που έχει γραφτεί για την S μπορεί να τρέξει απaráλλαχτος στην R.

Η R παρέχει μια μεγάλη γκάμα στατιστικών (γραμμική και μη-γραμμική μοντελοποίηση, κλασσικοί στατιστικοί έλεγχοι, ανάλυση χρονολογικών σειρών, ταξινόμηση, ομαδοποίηση, κλπ.) και γραφικών τεχνικών και είναι πολύ επεκτάσιμη. Ένα από τα πλεονεκτήματά της είναι και η ευκολία με την οποία παράγει καλοσχεδιασμένα γραφήματα, συμπεριλαμβάνοντας και μαθηματικά σύμβολα και εξισώσεις όπου αυτά χρειάζονται.

#### **2.2.2 Το περιβάλλον της R**

Η R αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύνολο προγραμμάτων για χειρισμό δεδομένων, υπολογισμούς και γραφική απεικόνιση. Περιλαμβάνει αποτελεσματικό χειρισμό και αποθήκευση δεδομένων, ένα σύνολο τελεστών για υπολογισμούς σε πίνακες, μεγάλη, συνεκτική, ολοκληρωμένη συλλογή ενδιάμεσων εργαλείων για ανάλυση δεδομένων, Γραφικά εργαλεία για ανάλυση δεδομένων και απεικόνιση τους είτε στην οθόνη είτε έντυπα και μια καλοσχεδιασμένη, απλή και αποτελεσματική γλώσσα προγραμματισμού που περιλαμβάνει υποθέσεις, επαναλήψεις, επαναλαμβανόμενες συναρτήσεις ορισμένες από τον χρήστη και δυνατότητες εισόδου – εξόδου.

Ο όρος περιβάλλον έχει ως σκοπό να το χαρακτηρίσει σαν ένα πλήρως σχεδιασμένο και συνεκτικό σύστημα, και όχι σαν μια σταδιακή συσσώρευση πολύ συγκεκριμένων και μη ευέλικτων εργαλείων όπως συμβαίνει συχνά με άλλα προγράμματα ανάλυσης δεδομένων.

Έχοντας σχεδιαστεί γύρω από μια πραγματική γλώσσα προγραμματισμού, η R επιτρέπει στους χρήστες να προσθέτουν λειτουργικότητα, ορίζοντας νέες συναρτήσεις. Για απαιτητικές

υπολογιστικές διεργασίες, κώδικας C, C++ και Fortran μπορεί να ενσωματωθεί και να κληθεί κατά την εκτέλεση του προγράμματος, και οι προχωρημένοι χρήστες μπορούν να γράψουν κώδικα σε γλώσσα C για να χειριστούν κατευθείαν αντικείμενα της R. Τέλος η R μπορεί να επεκταθεί εύκολα μέσω πακέτων.

Οι **λόγοι** για τους οποίους επιλέχθηκε η R για την συγγραφή του κώδικα του προγράμματος της παρούσας εργασίας είναι πολλοί. Όπως προαναφέρθηκε, η R αποτελεί ένα κορυφαίο εργαλείο στατιστικής ανάλυσης το οποίο εξυπηρετεί άριστα τις ανάγκες του προγράμματος στο κομμάτι αυτό. Επιπλέον, λόγω της απλότητας τόσο των εντολών όσο και του τρόπου δόμησης του κώδικά της επιτρέπει ακόμα και σε έναν χρήστη που δεν είναι αρκετά εξοικειωμένος με τον προγραμματισμό να κατανοήσει την «νοοτροπία» του κώδικα και να πραγματοποιήσει τυχόν αλλαγές ή διορθώσεις που μπορεί να χρειαστεί. Τέλος, η R είναι συμβατή με προγράμματα GIS, όπως για παράδειγμα το ArcGIS το οποίο χρησιμοποιήθηκε για το πρόγραμμα της παρούσας εργασίας, για παραγωγή χαρτών και οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων του κώδικα.

## 2.3 Δεδομένα

Το πρόγραμμα σχεδιάστηκε με σκοπό να είναι αποτελεσματικό αλλά και ταυτόχρονα όσο το δυνατόν πιο απλό στη χρήση. Έτσι λοιπόν, ο χρήστης εισάγει στον κώδικα τα εξής δεδομένα, τα οποία μπορούν ανά πάσα στιγμή να τροποποιηθούν ξαναγράφοντας τα κατάλληλα σημεία του κώδικα πριν την εκτέλεση του προγράμματος:

### 2.3.1 Είδος Οχήματος

Το πρόγραμμα λαμβάνει ως δεδομένο από τον χρήστη το είδος του οχήματος με το οποίο θα γίνει η κίνηση μεταφοράς προσωπικού, και τις καταναλώσεις που αυτό έχει ανάλογα με την κλίση του εδάφους. Ενδεικτικά δίνονται ως παράδειγμα τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν στο σενάριο που θα αναλυθεί παρακάτω:

**suntelestis\_fortigou\_kanonikos<-3.86**

**suntelestis\_fortigou\_1<-3.5**

**suntelestis\_fortigou\_2<-3.2**

**suntelestis\_fortigou\_arnitikos<-4.1**

**suntelestis\_jeep\_kanonikos<-7.5**

**suntelestis\_jeep\_1<-7.1**

**suntelestis\_jeep\_2<-6.8**

**suntelestis\_jeep\_arnitikos<-7.7**

Δίνονται δηλαδή ως δεδομένα οι καταναλώσεις του κάθε οχήματος (στην περίπτωση αυτή ενός τζίπ και ενός φορτηγού) για τέσσερις διαφορετικές κλίσεις εδάφους (από 0 έως 5, από 5 έως 10, μεγαλύτερη από 10 και μικρότερη από μηδέν, ήτοι αρνητική κλίση που σηματοδοτεί κατηφόρα). Σε περίπτωση που ο χρήστης γνωρίζει τους συντελεστές αυτούς για κάποιο συγκεκριμένο όχημα μπορεί φυσικά να προσαρμόσει κατάλληλα τον κώδικα.



### 2.3.2 Αρχείο .gpx

Το GPX είναι ένα αρχείο που περιέχει δεδομένα GPS αποθηκευμένα σε κωδικοποίηση GPS Exchange, προκειμένου να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από διάφορα προγράμματα GPS. Περιέχει δεδομένα γεωγραφικού μήκους και πλάτους τα οποία περιλαμβάνουν σημεία, διαδρομές και τροχιές.

Τα αρχεία GPX χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για ανταλλαγή δεδομένων τοποθεσίας GPS με τρίτους, τη δημιουργία χαρτών και το geocaching (διαδικασία εύρεσης ή δημιουργίας γεωκρυπτών) . Τα αρχεία αυτά ανοίγουν με μια πληθώρα εφαρμογών όπως για παράδειγμα Google Earth, GPSRouteX και GPX Viewer.

Τα αρχεία GPX αποθηκεύουν τριών ειδών δεδομένα: **Waypoint** – Περιλαμβάνει τις συντεταγμένες ενός σημείου. Επίσης μπορεί να περιλαμβάνει και άλλες πληροφορίες περιγραφής του σημείου αυτού. **Route** – Περιλαμβάνει μια λίστα όλων εκείνων των σημείων track τα οποία είναι σημεία στροφής ή στάσης και οδηγούν στον τελικό προορισμό. **Track** – Περιλαμβάνει μια λίστα σημείων που περιγράφουν ένα μονοπάτι.

Τέτοιου είδους αρχεία μπορεί κανείς να εξάγει από τα αντίστοιχους ιστότοπους. Ένας από αυτούς ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των αρχείων gpx που χρησιμοποιηθούν στα σενάρια που θα αναλυθούν παρακάτω είναι το GraphHopper.

Το αρχείο gpx εισάγεται λοιπόν στο πρόγραμμα από τον χρήστη και περιέχει τη διαδρομή που θα ακολουθηθεί από την οποία το πρόγραμμα θα αντλήσει με κατάλληλους χειρισμούς τα απαραίτητα δεδομένα προκειμένου να δώσει τα ζητούμενα αποτελέσματα.

## 2.4 Το πρόγραμμα υπολογισμού κατανάλωσης καυσίμου σε περιβάλλον R

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθεί ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε τμηματικά, και θα γίνει μια σύντομη επεξήγηση των λειτουργιών του.

```
setwd(" διαδρομή του αρχείου .gpx με τον χάρτη της διαδρομής που θα εξεταστεί")
```

```
library(plotKML)
```

```
library(rgdal)
```

```
suntelestis_fortigou_kanonikos<-3.86
```

```
suntelestis_fortigou_1<-3.5
```

```
suntelestis_fortigou_2<-3.2
```

```
suntelestis_fortigou_arnitikos<-4.1
```

```
suntelestis_jeep_kanonikos<-7.5
```

```
suntelestis_jeep_1<-7.1
```

```
suntelestis_jeep_2<-6.8
```

```
suntelestis_jeep_arnitikos<-7.7
```

Εισάγονται τα δεδομένα του προγράμματος και καλούνται δύο βιβλιοθήκες:

Η μέθοδος **plotKML** που γράφει sp-class, spacetime-class, raster-class και παρόμοια χωρικά και χωροχρονικά αντικείμενα σε KML (Keyhole Markup Language) ακολουθώντας κάποιους βασικούς κανόνες χαρτογραφίας και η **rgdal** που παρέχει συνδέσεις στην βιβλιοθήκη GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) και πρόσβαση σε εργασίες προβολής/μετασχηματισμού της βιβλιοθήκης PROJ.4.

**##### Read Gpx Data #####**

```
#layers <- ogrListLayers("diadromi.gpx")
temp = readOGR("diadromi_1_p1_megali.gpx", layer="track_points")
diadromi = spTransform(temp, CRS("+init=epsg:2100"))
# Reproject from degrees to meters. From Global to Greek system (meters).
plot(diadromi)
```

Σε αυτό το τμήμα ο κώδικας διαβάζει το αρχείο gpx και μετατρέπει τις συντεταγμένες των σημείων της διαδρομής από γεωγραφικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς WGS84 σε προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ87.

**##### Explore attribute table #####**

```
head(diadromi@data)
#attributes(diadromi)
```

Στη συνέχεια γίνεται έρευνα και ανάγνωση των στηλών και γραμμών του πίνακα ιδιοτήτων της διαδρομής που έχει εισαχθεί.

**# Create a DataFrame ONLY with specific columns**

```
df= data.frame(diadromi$track_seg_point_id, diadromi$coords.x1, diadromi$coords.x2,
diadromi$ele)
names(df)=c("id","x","y","z")
head(df)
```

Δημιουργείται ένα πλαίσιο/πίνακας δεδομένων με συγκεκριμένες στήλες , που περιλαμβάνουν για κάθε σημείο τις διαδρομής μόνο τα δεδομένα που είναι χρήσιμα για τον κώδικα. (A/A, τετμημένη , τεταγμένα ,υψόμετρο)

**# Create a new column with altitude diference**

```
temp = diff(df$z, lag=1)
diafores = c(NA,temp)
df$zdiff = diafores
```

Φτιάχνουμε μια νέα στήλη που αναγράφει τις υψομετρικές διαφορές μεταξύ των σημείων με την σειρά διέλευσής τους.

**# add extra columns for each row**

```
temp=df$x
temp = temp[-length(temp)] # remove the last element of a vector
temp = c(NA,temp) # Add first element in a vector
df$previousX = temp
```

```
temp=df$y
temp = temp[-length(temp)] # remove the last element of a vector
temp = c(NA,temp) # Add first element in a vector
df$previousY = temp
```

```
temp=df$z
temp = temp[-length(temp)] # remove the last element of a vector
```

```
temp = c(NA,temp) # Add first element in a vector
df$previousZ = temp
```

```
head(df)
```

```
# disable scientific notation?
options(scipen=999)
```

Το πρόγραμμα μετασχηματίζει πίνακα ιδιοτήτων που υπάρχει μέσα στο αρχείο gpx αφαιρώντας τις στήλες που δεν έχουν τιμές με υψομετρική διαφορά σημείων (df\$zdiff) που θα χρειαστεί αργότερα.

```
##### 3D distance #####
# https://www.engineeringtoolbox.com/distance-relationship-between-two-points-d_1854.html
#
# d = ( (x2 - x1)^2 + (y2 - y1)^2 + (z2 - z1)^2 )^0.5
# where
# d = distance (m, inches ...)
# x, y, z = coordinates
df$distance3D = ( (df$previousX-df$x)^2 + (df$previousY-df$y)^2 + (df$previousZ-df$z)^2
)^0.5
```

Σε αυτό το τμήμα υπολογίζεται η διανυσματική απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών σημείων. Το άθροισμα όλων αυτών των αποστάσεων θα αποτελέσει το συνολικό μήκος της διαδρομής.

```
##### 2D distance #####
library(raster)
df$distance2D = pointDistance( matrix(c(df$x, df$y),ncol=2), matrix(c(df$previousX,
df$previousY), ncol=2), lonlat=FALSE)
```

Το πρόγραμμα υπολογίζει την απόλυτη (η αλλιώς οριζόντια) απόσταση μεταξύ δυο σημείων, η οποία είναι απαραίτητη στον υπολογισμό της κλίσης. Επίσης εγκαθιστά την βιβλιοθήκη raster η οποία αναγνώσκει, χειρίζεται και αναλύει γεωγραφικά δεδομένα.

```
##### Calculate Slope #####
# Slope = Rise / Run
# Slope = (z2-z1) / (distance2D)
df$slope = 100* (df$zdiff / df$distance2D)
```

```
# Remove first row with NA. It is our starting point. We don't need it for the calculations.
#table(is.na(df$zdiff))
#df2 = df[!is.na(df$zdiff),]
#df = na.omit(df)
```

```
head(df)
```

Το πρόγραμμα υπολογίζει την κλίση χρησιμοποιώντας την υψομετρική διαφορά και την απόλυτη απόσταση των σημείων που υπολόγισε νωρίτερα. Επίσης διαγράφει την πρώτη γραμμή του πίνακα

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ – ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

γιατί πρόκειται για το αρχικό σημείο το οποίο είναι απαραίτητο για τους υπολογισμούς του προγράμματος. Τέλος, δημιουργείται στήλη με την κλίση μεταξύ όλων των σημείων της διαδρομής.

```
##### Sum meters by type of slope #####
test1 = df[df$slope<=5 & df$slope>=0,] # slope between 0 and 5
sum1=sum(test1$distance2D, na.rm = T) # meters
katalalwsi_fortigou_1=(sum1/1000)/suntelestis_fortigou_kanonikos
katalalwsi_jeep_1=(sum1/1000)/suntelestis_jeep_kanonikos
```

Ο κώδικας ανατρέχοντας την στήλη των κλίσεων αθροίζει την διανυσματική απόσταση των σημείων που χαρακτηρίζονται από κλίση 1<sup>ης</sup> κατηγορίας (0 έως 5) και υπολογίζει την κατανάλωση καυσίμου που γίνεται στο τμήμα της διαδρομής με όμοια κλίση.

```
test2 = df[df$slope<=10 & df$slope>5,] # slope between 5 and 10
sum2 = sum(test2$distance2D, na.rm = T) # meters
katalalwsi_fortigou_2=(sum2/1000)/suntelestis_fortigou_1)
katalalwsi_jeep_2=(sum2/1000)/suntelestis_jeep_1)
```

```
test3 = df[df$slope>10,] # slope over 10
sum3 = sum(test3$distance2D, na.rm = T) # meters
katalalwsi_fortigou_3=(sum3/1000)/suntelestis_fortigou_2)
katalalwsi_jeep_3=(sum3/1000)/suntelestis_jeep_2)
```

```
test4 = df[df$slope<0,] # slope under 0
sum4 = sum(test4$distance2D, na.rm = T) # meters
katalalwsi_fortigou_4=(sum4/1000)/suntelestis_fortigou_arnitikos)
katalalwsi_jeep_4=(sum4/1000)/suntelestis_jeep_arnitikos)
```

Η ίδια διαδικασία γίνεται για όλες τις κατηγορίες κλίσεων και υπολογίζεται η κατανάλωση καυσίμου για κάθε κατηγορία ξεχωριστά..

```
sunoliki_apostasi = sum(sum1,sum2,sum3,sum4)
```

Ο κώδικας αθροίζει τις διανυσματικές αποστάσεις όλων των σημείων προκειμένου να υπολογίσει το συνολικό μήκος της διαδρομής.

```
katalalwsi_fortigou_meso=((sunoliki_apostasi/1000)/suntelestis_fortigou_kanonikos)
katalalwsi_jeep_meso=(sunoliki_apostasi/1000)/suntelestis_jeep_kanonikos)
sunoliki_katalalwsi_fortigou=sum(katalalwsi_fortigou_1,katalalwsi_fortigou_2,katalalwsi_fortigou_3,katalalwsi_fortigou_4)
sunoliki_katalalwsi_jeep=sum(katalalwsi_jeep_1,katalalwsi_jeep_2,katalalwsi_jeep_3,katalalwsi_jeep_4)
```

Αθροίζεται η συνολική κατανάλωση των οχημάτων για την διαδρομή λαμβάνοντας υπόψιν την απόσταση που διανύθηκε σε κάθε μια από τις τέσσερις κατηγορίες κλίσης και τον συντελεστή κατανάλωσης του κάθε οχήματος για κάθε μια από αυτές.

```
head(df)
write.csv(df, file="diadromi_1_p1_megali.csv")
```

```
d = df
theid="id"
```

```
cc=cbind(d$x, d$y)
#cc = coordinates(diadromi)
#cc = rbind(cc, cc[1,])
```

Δημιουργείται ένας πίνακας δεδομένων μορφής csv που με την χρήση των συναρτήσεων cbind και rbind συμπληρώνεται ορθά με τις συντεταγμένες της διαδρομής.

```
outputlist = list()
n=nrow(cc)-1

for (i in 1:n){
  coords1 = cc[i,]
  coords2 = cc[i+1,]
  bind = rbind(coords1, coords2)
  outputlist[[i]] = Lines(list(Line(bind)), ID=as.character(i))
```

Δημιουργείται ένα αρχείο με γραμμική μορφή (line) το οποίο περιλαμβάνει στον πίνακα ιδιοτήτων του τα απαραίτητα στοιχεία του αρχείου της διαδρομής.

```
out <- SpatialLines(outputlist)
library(rgeos)
df2 <- data.frame(
  ID = sapply(1:length(out), function(i) d[[theid]][[i]] ) #,
  #length = sapply(1:length(out), function(i) gLength(out[i, ])),
  #elevation = sapply(1:length(out), function(i) d$ele[i] )
```

```
rownames(df2) <- sapply(1:length(out), function(i) out@lines[[i]]@ID)
```

```
## SpatialLines to SpatialLinesDataFrame
Sldf <- SpatialLinesDataFrame(out, data = df2)
head(Sldf)
plot(Sldf)
```

Μετατρέπεται το αρχείο γραμμής σε ένα πλαίσιο γραμμικών χωρικών δεδομένων με όλες τις ιδιότητες του αρχείου γραμμής ώστε να καθίσταται δυνατή η χρήση του σε περιβάλλον εφαρμογών GIS για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων μέσω της δημιουργίας χαρτών.

```
nrow(df)
Sldf
```

**# attach the data to the SpatiallineDF without the first line of the dataframe.**

```
Sldf@data = df[-1,]
head(Sldf@data)
#coordinates(Sldf)
proj4string(Sldf) = CRS("+init=epsg:2100") # set the EGSA system
```

Απορρίπτεται η πρώτη γραμμή του πίνακα δεδομένων και στη συνέχεια μετατρέπονται οι συντεταγμένες σε γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ87.

```
writeOGR(Sldf,"diadromi","diadromimi", driver = "ESRI Shapefile", overwrite_layer = T)
```

Δίνουμε μορφή shapfile στο πλαίσιο χωρικών γραμμικών δεδομένων που δημιουργήσαμε ώστε να το εισάγουμε στην εφαρμογή ArcGis για την δημιουργία των χαρτών αποτελεσμάτων.

```
#dat <- read.csv('diadromi_1_p1_megali.csv')
```

```
library(leaflet)
neo = spTransform(Sldf, CRS("+init=epsg:4326")) # transform to the world projection that
LEAFLET can understand.
leaflet(data = neo) %>% addTiles() %>% addPolylines()
```

Φορτώνεται η βιβλιοθήκη leaflet η οποία καθιστά εύκολη την ενσωμάτωση και διαχείριση χαρτών στην γλώσσα R. Τέλος δημιουργούνται shapfiles σε μορφή polyline ώστε να διατηρηθούν όλες οι ιδιότητες τις διαδρομής καθώς και τα χαρακτηριστικά της σε κάθε σημείο ώστε να γίνει ταξινόμηση της στις κατηγορίες κλίσεων μέσω του ArcGIS.

## 3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ – ΟΔΗΓΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΩΔΙΚΑ

### 3.1 Καθορισμός της διαδρομής

#### 3.1.1 Παράμετροι ενδιαφέροντος σε μια διαδρομή

Όπως αναλύθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψιν για την επιλογή μιας διαδρομής καθώς και για την αξιολόγηση της καταλληλότητάς της είναι: το μήκος της, η κλίση του εδάφους, ο αριθμός και η ιεράρχηση των στάσεων, η ευκολία προσπέλασής της, το είδος των οχημάτων που μπορούν να την προσπελάσουν, ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί μια κίνηση στη διαδρομή αυτή και τέλος, η εν γένει ασφάλειά της

Από τις παραμέτρους αυτές ποσοτικά στον κώδικα θα αξιοποιηθούν οι πρώτες τρεις, ενώ οι υπόλοιπες θα απασχολήσουν τον χρήστη ποιοτικά προκειμένου να προβεί στην τελική επιλογή διαδρομής/οχήματος προκειμένου να εκτελεστεί η κίνηση μεταφοράς προσωπικού.

#### 3.1.2 Εξαγωγή αρχείου gpx

Για να εξάγουμε το αρχείο gpx που θα εισάγουμε στο πρόγραμμα χρησιμοποιούμε την ιστοσελίδα [www.graphhopper.com](http://www.graphhopper.com). Στην αρχική οθόνη επιλέγουμε Maps.



Graphhopper

Products Pricing Developers Open Source Maps

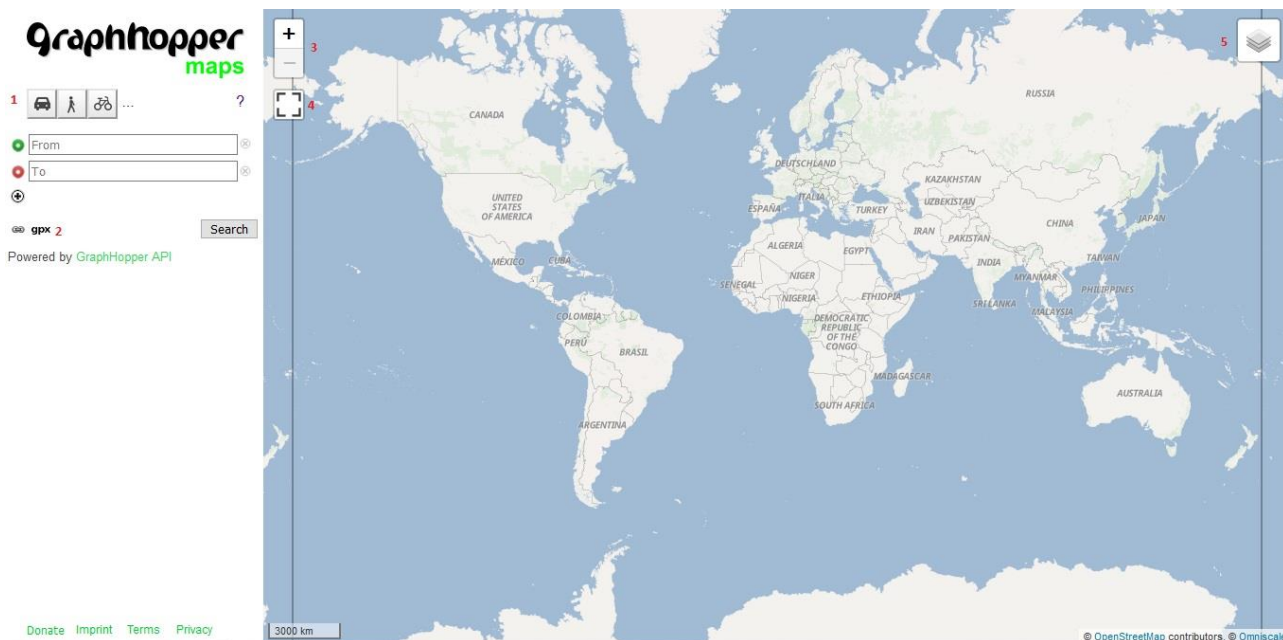
Search User Profile Language (German) Sign Up

The GraphHopper Directions API  
Route Planning For Your Application

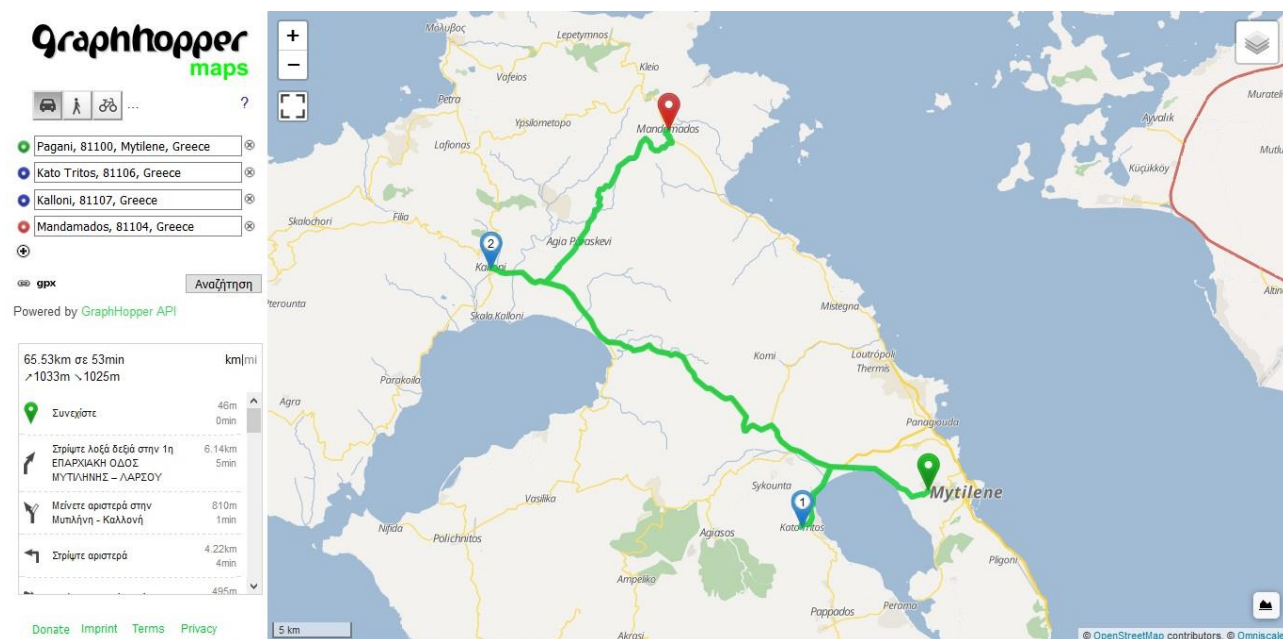
Sign up for free

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ – ΟΔΗΓΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΩΔΙΚΑ

Στην οθόνη που εμφανίζεται στην συνέχεια υπάρχει ένας παγκόσμιος χάρτης και μια σειρά επιλογών. Μπορούμε να επιλέξουμε το μέσο με το οποίο θα μετακινηθούμε (1), να αυξήσουμε ή να μειώσουμε την εστίαση στο χάρτη (3), να περάσουμε σε προβολή πλήρους οθόνης (4) και τέλος να αλλάξουμε το είδος απεικόνισης του χάρτη (5). Στα πεδία From και To εισάγουμε την αφετηρία και τον προορισμό της διαδρομής αντίστοιχα, ενώ με το + που υπάρχει ακριβώς από κάτω προσθέτουμε ενδιάμεσες στάσεις. Αφού ολοκληρώσουμε την σχεδίαση της διαδρομής μας μπορούμε να την εξάγουμε με το gpx (2).

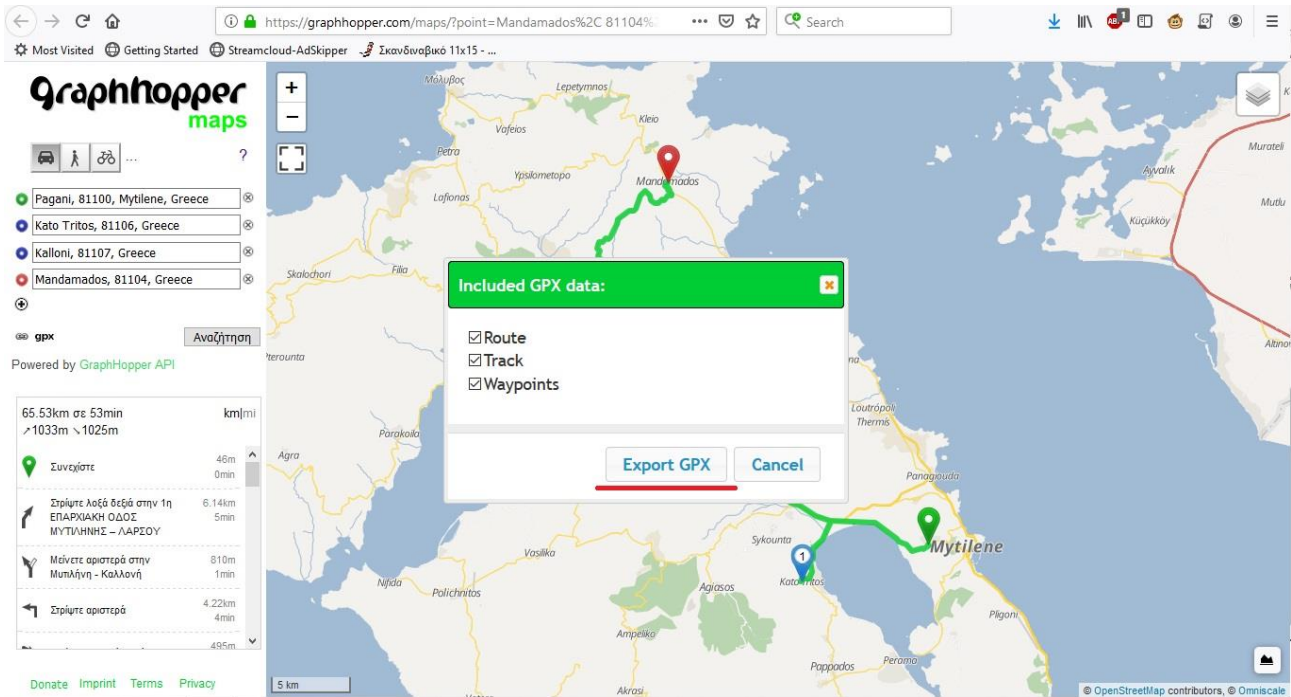


Ένα παράδειγμα της προηγούμενης διαδικασίας:



Η διαδρομή που επιλέχθηκε είναι Παγανή – Μανταμάδος, με ενδιάμεσες στάσεις τον Κάτω Τρίτος και την Καλλονή. Παρατηρούμε ότι κάτω αριστερά εμφανίζονται οδηγίες πλοήγησης, καθώς και εκτιμώμενος χρόνος ολοκλήρωσης της διαδρομής.





Στη συνέχεια επιλέγουμε το gpx (2), στο παράθυρο που εμφανίζεται φροντίζουμε να επιλέξουμε και τις τρεις επιλογές (route, track, waypoints) και τέλος πατάμε export gpx προκειμένου να αποθηκεύσουμε το αρχείο gpx στην επιθυμητή τοποθεσία.

### 3.2 Εισαγωγή δεδομένων

Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 2.3, τα δεδομένα που λαμβάνει ως είσοδο το πρόγραμμα είναι ο συντελεστής κατανάλωσης του οχήματος και το αρχείο gpx με την διαδρομή που θα ακολουθήσει το όχημα. Για να εισάγουμε τον συντελεστή κατανάλωσης στον κώδικα του προγράμματος:

```
suntelestis_fortigou_kanonikos<-3.86
suntelestis_fortigou_1<-3.5
suntelestis_fortigou_2<-3.2
suntelestis_fortigou_arnitikos<-4.1
```

είτε τον αφήνουμε ως έχει είτε αντικαθιστούμε τις τιμές με νέες που επιθυμούμε ως εξής: στον κανονικό συντελεστή βάζουμε τον συντελεστή κατανάλωσης για κλίση διαδρομής από 0 έως 5, στον συντελεστή 1 για κλίση από 5 έως 10, στον συντελεστή 2 για κλίση από 10 και πάνω ενώ στον αρνητικό συντελεστή για αρνητική κλίση, δηλαδή για κατηφορική διαδρομή.

Για να εισάγουμε το αρχείο gpx στον κώδικα του προγράμματος:

```
setwd(" διαδρομή του αρχείου .gpx με τον χάρτη της διαδρομής που θα εξεταστεί")
Εντός της παρένθεσης πληκτρολογούμε την διαδρομή στην οποία βρίσκεται το αρχείο gpx.
layers <- ogrListLayers("diadromi.gpx")
```

Εντός της παρένθεσης αναγράφουμε την ονομασία του αρχείου gpx που θέλουμε να εισάγουμε.

### 3.3 Σενάρια χρήσης του κώδικα

Στο τρέχων υποκεφάλαιο θα γίνει περιγραφή δύο διαφορετικών υποθετικών σεναρίων χρήσης του κώδικα που έχουν ως σκοπό να αναδείξουν την αναγκαιότητα χρήσης του για την λήψη αποφάσεων σε τυχόν προκλήσεις ή ερωτήματα που ενδέχεται να προκύψουν κατά την εκτέλεση μιας αποστολής που αφορά την μεταφορά προσωπικού. Το πρώτο σενάριο που εξετάζεται, αφορά την επιλογή του μέσου εκτέλεσης της μεταφοράς ανάλογα με το είδος και την κατηγορία της διαδρομής η οποία προκύπτει από την συνολική απόσταση που αυτή καλύπτει. Στο δεύτερο σενάριο εξετάζεται η σειρά με την οποία πρέπει να εκτελεστούν οι υποχρεωτικές στάσεις μιας μεταφοράς ώστε αυτή να εκτελεστεί με ο χαμηλότερο δυνατό κόστος. Επίσης, δίνονται απαντήσεις σε ερωτήματα που αφορούν την επίδραση που έχει η σειρά εκτέλεσης των στάσεων στο κόστος που θα προκύψει από την εκτέλεση της διαδρομής.

#### 3.3.1 Υπολογισμός με βάση την κατανάλωση καυσίμου

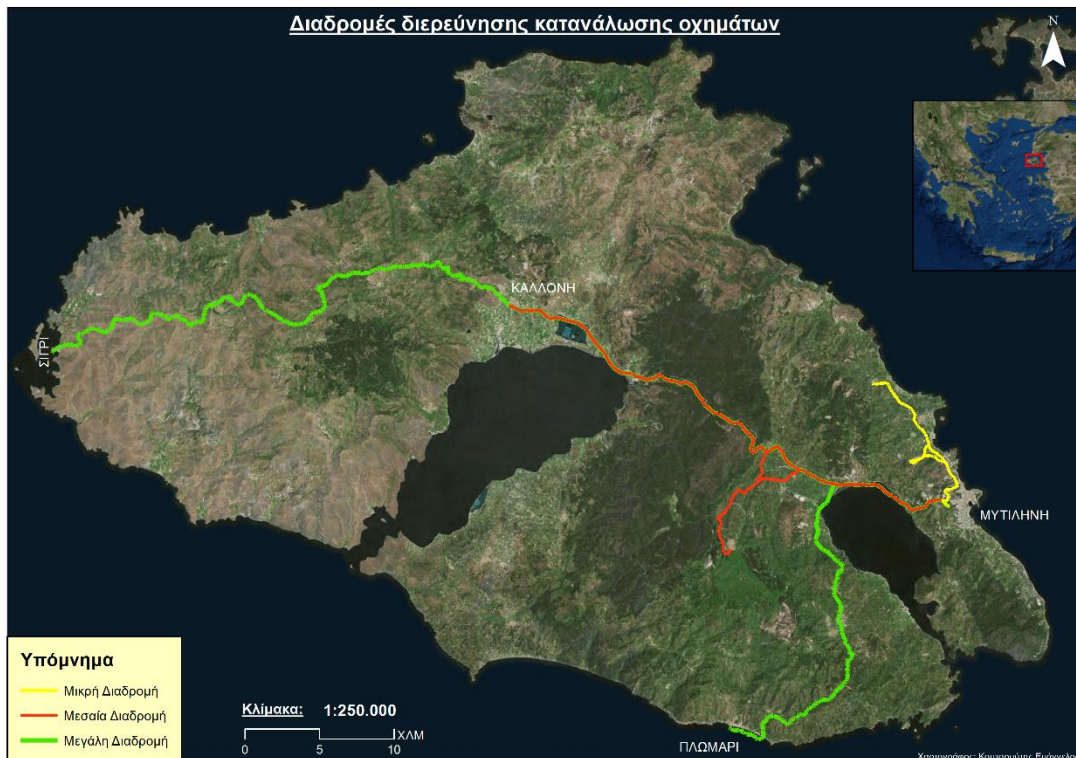
Η πρώτη περίπτωση αφορά την διερεύνηση με μεθόδους Γεωπληροφορικής του τρόπου υλοποίησης μεταφοράς προσωπικού με την χρήση είτε ενός οχήματος τύπου φορτηγού είτε ενός τύπου ημιφορτηγού. Για να εξετάσουμε αυτήν την περίπτωση και να καταλήξουμε στην επιλογή του μέσου που θα χρησιμοποιηθεί, συγκρίνουμε τον παράγοντα του κόστους, δηλαδή της κατανάλωσης του καυσίμου.

Για τον σκοπό αυτό γίνεται διαχωρισμός και διερεύνηση σε 3 είδη διαδρομών, αναλόγως απόστασης, με τους κάτωθι χαρακτηρισμούς:

«**Μικρή**» : για διαδρομές έως 50 χλμ.

«**Μεσαία**» : για διαδρομές από 50 έως 150 χλμ

«**Μεγάλη**» : για διαδρομές μεγαλύτερες των 150 χλμ



Χάρτης 3.1: Κατηγορίες Διαδρομών

### Διατύπωση Ερωτήματος:

Ποιο μέσο μεταφοράς πρέπει να προτιμηθεί με βάση το κόστος, μεταξύ ενός φορτηγού ή δύο ημιφορτηγών για κάθε είδος διαδρομής;

ΔΙΑΔΡΟΜΗ (χλμ)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 2 ΗΜΙΦΟΡΤΗΓΩΝ (lit)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΟΡΤΗΓΟΥ (lit)
Μικρή	7,62	7,3438
Μεσαία	24,74	23,82
Μεγάλη	59,28	57,198

Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα Περίπτωσης 1

#### «Μικρή» διαδρομή :

Όπως φαίνεται στον πίνακα αποτελεσμάτων της Περίπτωσης 1, για την υλοποίηση της μικρής διαδρομής η κατανάλωση των 2 ημιφορτηγών είναι 7,62 lt ενώ με την χρήση ενός φορτηγού αυτή είναι 7,3438. Αυτό σημαίνει ότι, βάσει κατανάλωσης, κρίνεται προτιμότερη η χρήση ενός φορτηγού.

Η διαφορά στην κατανάλωση του καυσίμου και κατά συνέπεια του κόστους είναι αμελητέα. Για τον λόγο αυτό, η επιλογή του μέσου μεταφοράς θα πρέπει να γίνεται εξετάζοντας την φύση της διαδρομής. Για παράδειγμα, εάν η διαδρομή διέρχεται μέσα από αστικό περιβάλλον, η χρήση ενός φορτηγού αυξάνει την επικινδυνότητα πρόκλησης ενός ατυχήματος καθώς και τις πιθανότητες κυκλοφοριακής συμφόρησης λόγω βλάβης, που οφείλεται στον βαθμό δυσκολίας της μετακομιδής ενός φορτηγού.

Ακόμη, εάν το δρομολόγιο περιλαμβάνει δύσβατες περιοχές, η χρήση 2 ημιφορτηγών κρίνεται καταλληλότερη λόγω ευελιξίας που έχουν αυτά τα οχήματα σε σχέση με τα φορτηγά. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η χρήση 2 οχημάτων τύπου ημιφορτηγού κρίνεται καταλληλότερη με μόνη εξαίρεση την περίπτωση στη οποία η διάθεση 2 οδηγών είναι αδύνατη.

#### «Μεσαία» διαδρομή :

Η κατανάλωση για την εκτέλεση αυτής της κατηγορίας διαδρομής από 2 ημιφορτηγά είναι 24,74 lt. Η αντίστοιχη κατανάλωση που προκύπτει από την χρήση ενός φορτηγού φτάνει τα 23,82 lt. Η εκτέλεση λοιπόν της διαδρομής με ένα φορτηγό είναι οικονομικότερη, ωστόσο με αμελητέα διαφορά.

#### «Μεγάλη» διαδρομή :

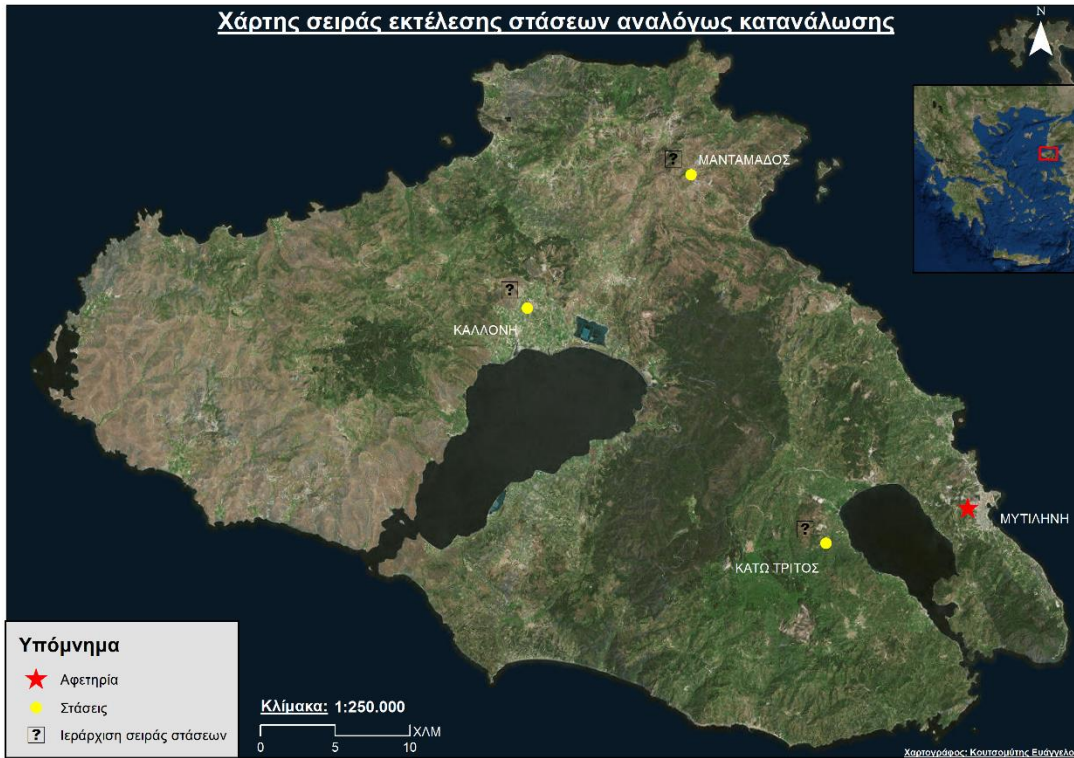
Στην κατηγορία των μεγάλων διαδρομών, η κατανάλωση δυο οχημάτων τύπου ημιφορτηγού είναι 59,28 lt , ενώ με την χρήση ενός φορτηγού μειώνεται σε 57,19 lt. Η αντιστοίχιση της διαφοράς των 2,09 lt σε κόστος είναι όμοια με των άλλων δυο τύπων διαδρομών δηλαδή ελάχιστη.

### 3.3.2 Υπολογισμός με βάση την ιεράρχιση των στάσεων

Η δεύτερη περίπτωση αφορά την διερεύνηση με μεθόδους Γεωπληροφορικής , της σειράς εκτέλεσης των υποχρεωτικών στάσεων σε μια διαδρομή, για την επίτευξη του χαμηλότερου κόστους δηλαδή της χαμηλότερης κατανάλωσης καυσίμου. Για να εξεταστεί αυτή η περίπτωση επιλέχθηκε ως αφετηρία η πόλη της Μυτιλήνης και 3 στάσεις από τις οποίες πρέπει να περάσει το δρομολόγιο πριν επιστρέψει σε αυτήν.

Οι στάσεις αυτές είναι οι εξής :

- A. Καλλονή
- B. Κάτω Τρίτος
- Γ. Μανταμάδος



Χάρτης 3.2: Σειρά εκτέλεσης Στάσεων

Με τις 3 υποχρεωτικές στάσεις διαμορφώνονται 6 διαφορετικές διαδρομές ανάλογα με την σειρά εκτέλεσης τους για τις οποίες πρέπει να εξεταστεί η κατανάλωση του καυσίμου.

Αυτές οι διαδρομές είναι οι κάτωθι:

1. Μυτιλήνη – Κάτω Τρίτος – Καλλονή – Μανатаμάδος – Μυτιλήνη
2. Μυτιλήνη – Κάτω Τρίτος – Μανатаμάδος – Καλλονή – Μυτιλήνη
3. Μυτιλήνη – Μανатаμάδος – Κάτω Τρίτος – Καλλονή – Μυτιλήνη
4. Μυτιλήνη – Μανатаμάδος – Καλλονή – Κάτω Τρίτος – Μυτιλήνη
5. Μυτιλήνη – Καλλονή – Μανатаμάδος – Κάτω Τρίτος – Μυτιλήνη
6. Μυτιλήνη – Καλλονή – Κάτω Τρίτος – Μανатаμάδος – Μυτιλήνη

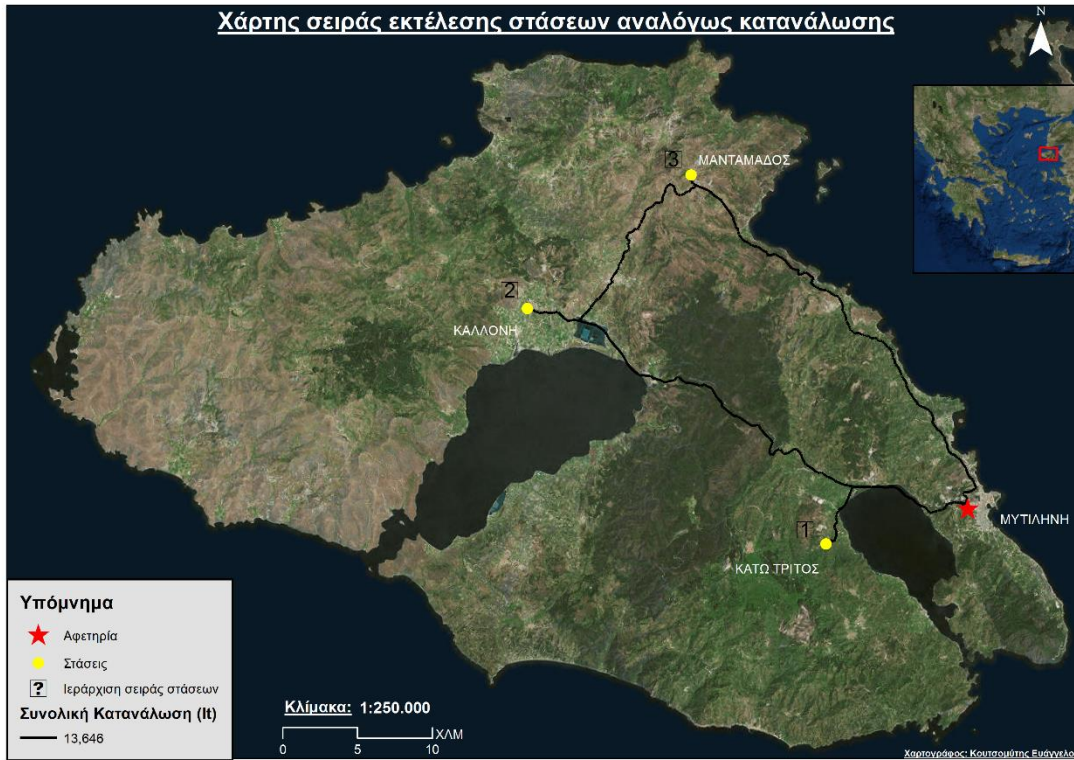
#### Διατύπωση Ερωτήματος:

Υπάρχει επίδραση στην κατανάλωση και κατά συνέπεια στο κόστος της διαδρομής ανάλογα με την σειρά εκτέλεσης των στάσεων;

Παρατηρώντας όλες τις διαδρομές που προέκυψαν γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχουν 3 ζεύγη διαδρομών. Τα ζεύγη αυτά χαρακτηρίζονται από την κοινή επιλογή στην εκτέλεση της 2<sup>ης</sup> στάσης και έχουν κοινή χιλιομετρική απόσταση. Τα ζεύγη αυτά είναι τα παρακάτω:

A. Με απόσταση 102 χλμ

1. Μυτιλήνη – Κάτω Τρίτος – Καλλονή – Μανταμάδος – Μυτιλήνη



2. Μυτιλήνη – Μανταμάδος – Καλλονή – Κάτω Τρίτος – Μυτιλήνη



B. Με απόσταση 112 χλμ

1. Μυτιλήνη – Κάτω Τρίτος – Μανταμάδος – Καλλονή – Μυτιλήνη



3. Μυτιλήνη – Καλλονή – Μανταμάδος – Κάτω Τρίτος – Μυτιλήνη



Γ. Με απόσταση 147 χλμ

1. Μυτιλήνη – Μανταμάδος – Κάτω Τρίτος – Καλλονή – Μυτιλήνη



2. Μυτιλήνη – Καλλονή – Κάτω Τρίτος – Μανταμάδος – Μυτιλήνη



ΔΙΑΔΡΟΜΗ (χλμ)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (lit)
KT_K_M (102 χλμ)	13,64
KT_M_K (112 χλμ)	14,86
M_K_KT (102 χλμ)	13,63
M_KT_K (147 χλμ)	19,53
K_M_KT (112 χλμ)	14,87
K_KT_M (147 χλμ)	19,52

Πίνακας 3.2: Κατανάλωση καυσίμου διαδρομών

Στον πίνακα κατανάλωσης των διαδρομών καθώς και στους αντίστοιχους χάρτες παρατηρούμε ότι οι διαδρομές με μικρότερη χιλιομετρική απόσταση έχουν λιγότερη κατανάλωση από τις άλλες. Ωστόσο, και οι διαδρομές κάθε ζεύγους που χαρακτηρίζονται από κοινή χιλιομετρική απόσταση εμφανίζουν μικρές διαφορές στην κατανάλωση που οφείλονται στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους.

Αύξηση της κλίσης του εδάφους σημαίνει και αύξηση της κατανάλωσης. Γίνεται λοιπόν κατανοητό, ότι οι διαδρομές που χαρακτηρίζονται από κοινή χιλιομετρική απόσταση προκειμένου να συγκριθούν μεταξύ τους όσον αφορά την κατανάλωση αρκεί να συγκριθούν όσον αφορά την κλίση του εδάφους σε αυτές.

Για να γίνει η σύγκριση θα αθροίσουμε την απόσταση που διανύεται σε κάθε διαδρομή για κάθε κατηγορία κλίσης του εδάφους καθώς και την κατανάλωση που υπάρχει σε αυτές. Έτσι για κάθε ζεύγος διαδρομών προκύπτουν τα κάτωθι αποτελέσματα:

Για το ζεύγος των 102 χλμ προκύπτει ότι οικονομικότερη διαδρομή είναι η M\_K\_KT

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΛΙΣΕΩΝ	KT_K_M (χλμ/lit)	M_K_KT (χλμ/lit)
Κανονική κλίση (Κατηγορία 1)	42552 / 5,67	43115 / 5,74
Ανηφορική κλίση (Κατηγορία 1+2)	9482 / 1,35	9510 / 1,35
Κατηφορική κλίση (Κατηγορία 4)	50921 / 6,61	50257 / 6,52

Πίνακας 3.3: Κατηγορίες κλίσεων διαδρομών 102 χλμ

Παρατηρούμε ότι η απόσταση που διανύεται σε ανηφορικές κλίσεις είναι σχεδόν η ίδια. Ωστόσο υπάρχει μεγάλη διαφορά όσον αφορά τις επιμέρους ανηφορικές κατηγορίες κλίσεων αφού διανύονται περίπου 800 μέτρα λιγότερα στην M\_K\_KT την κατηγορία κλίσεων >10. Έτσι παρά το γεγονός το ότι η διαδρομή M\_K\_KT έχει μικρότερο τμήμα της διαδρομής της σε κατηφορικές κλίσεις κατά 664 μέτρα, είναι οικονομικότερη της άλλης λόγω της υψηλής της κατανάλωσης στην μεγαλύτερη κατηγορία ανηφορικών κλίσεων.

Για το ζεύγος των 112 χλμ προκύπτει ότι οικονομικότερη διαδρομή είναι η KT\_M\_K

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΛΙΣΕΩΝ	KT_M_K (χλμ/lit)	K_M_KT (χλμ/lit)
Κανονική κλίση (Κατηγορία 1)	45079 / 6,01	47524 / 6,33
Ανηφορική κλίση (Κατηγορία 1+2)	10780 / 1,54	10629 / 1,51
Κατηφορική κλίση (Κατηγορία 4)	56298 / 7,31	53988 / 7,01

Πίνακας 2.4: Κατηγορίες κλίσεων διαδρομών 112 χλμ

Αυτό συμβαίνει διότι παρά το ότι στην διαδρομή αυτή διανύονται περίπου 150 μέτρα παραπάνω σε ανηφορικές κλίσεις, παράλληλα διανύονται 2310 μέτρα παραπάνω σε κατηφορικές που οδηγούν σε μειωμένη κατανάλωση έναντι της διαδρομής K\_M\_KT που αυτά τα μέτρα τα διανύει σε κανονικές κλίσεις (2445 μέτρα παραπάνω).



Για το ζεύγος των 147 χλμ προκύπτει ότι οικονομικότερη διαδρομή είναι η Κ\_ΚΤ\_Μ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΛΙΣΕΩΝ	Μ_ΚΤ_Κ (χλμ/lit)	Κ_ΚΤ_Μ (χλμ/lit)
Κανονική κλίση (Κατηγορία 1)	62565 / 8,34	59561 / 7,94
Ανηφορική κλίση (Κατηγορία 1+2)	13210 / 1,87	13670 / 1,94
Κατηφορική κλίση (Κατηγορία 4)	71637 / 9,3	74190 / 9,63

*Πίνακας 3.5: Πίνακας κλίσεων διαδρομών 147 χλμ*

Παρά το ότι η διαδρομή αυτή διανύει 460 μέτρα παραπάνω σε ανηφορικές κλίσεις στις οποίες παρατηρείται και 0,07 lit παραπάνω κατανάλωση, περιλαμβάνει κατά 2553 μέτρα περισσότερη διαδρομή σε κατηφορική κλίση που μεταφράζεται σε χαμηλότερη κατανάλωση από αυτήν που προκαλούν τα 3004 μέτρα παραπάνω της άλλης διαδρομής σε κανονική κλίση εδάφους.

### 3.3.3 Υπολογισμός με βάση άλλα κριτήρια

Πέρα από τα ποσοτικά κριτήρια που εξετάστηκαν στις ενότητες 3.3.1 και 3.3.2, υπάρχει μια σειρά ποιοτικών κριτηρίων τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψιν για την εξαγωγή της βέλτιστης απόφασης στην επιλογή της διαδρομής και του οχήματος που θα χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση μιας κίνησης μεταφοράς προσωπικού. Δυστυχώς, παρόλο που το πρόγραμμα αδυνατεί να παράσχει αποτελέσματα για τα κριτήρια αυτά, ο ίδιος ο χρήστης μπορεί αξιοποιώντας τα αποτελέσματα από τις δυο προηγούμενες περιπτώσεις να εξάγει ασφαλή συμπεράσματα για τα κριτήρια αυτά, όπως θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο.



## **4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

### **4.1 Αποτελέσματα-Συμπεράσματα**

#### **4.1.1 Αποτελέσματα υπολογισμού κατανάλωσης καυσίμου**

Τα αποτελέσματα και στις 3 κατηγορίες διαδρομών, εμφανίζουν μεταξύ τους μικρές έως και αμελητέες διαφορές στην κατανάλωση του καυσίμου και κατά συνέπεια του κόστους. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι η επιλογή μεταξύ ενός τύπου οχήματος ή του άλλου για την μεταφορά προσωπικού δεν επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τον παράγοντα της κατανάλωσης και κατά συνέπεια του κόστους σε μεγάλο βαθμό για τις κατηγορίες διαδρομών που μελετήσαμε για την νήσο Λέσβο.

Η μεταφορά προσωπικού πρέπει να έχει σαν κύριο γνώμονά της την μετακίνηση με τον ασφαλέστερο δυνατό τρόπο. Αυτό σημαίνει ότι σε διαδρομές που χαρακτηρίζονται από δύσβατο έδαφος ή από παλαιό οδικό δίκτυο θα πρέπει να προτιμάται η χρήση 2 ημιφορτηγών έναντι ενός φορτηγού λόγω της ευελιξίας τους. Χρησιμοποιώντας τα οχήματα αυτού του τύπου σε διαδρομές με τέτοια χαρακτηριστικά καθίσταται ευκολότερη η αποφυγή ενός ατυχήματος.

Επιπλέον, όταν η διαδρομή που πρόκειται να εκτελεστεί συμπεριλαμβάνει δίκτυα εντός αστικού περιβάλλοντος, κρίνεται προτιμότερη επίσης η χρήση 2 ημιφορτηγών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως μια ενδεχόμενη βλάβη ενός ημιφορτηγού, θα προκαλέσει πολύ μικρότερη κυκλοφοριακή συμφόρηση από την αντίστοιχη ενός φορτηγού λόγω δυσκολίας της μετακομιδής του.

Ο παράγοντας της κατανάλωσης ενδεχομένως να επηρεάζει την επιλογή σε πολύ μεγαλύτερες κατηγορίες αποστάσεων από αυτές που μελετήθηκαν ώστε να αποτελέσει κριτήριο επιλογής του τύπου οχήματος που θα χρησιμοποιηθεί.

Τέλος, η χρήση 2 ημιφορτηγών έναντι ενός φορτηγού, ενδεχομένως να κρίνεται καταλληλότερη στις ίδιες κατηγορίες αποστάσεων με αυτές που εξετάστηκαν και για την μεταφορά υλικών. Αρκεί το ωφέλιμο φορτίο των 2 ημιφορτηγών να είναι ίσο με αυτό του ενός φορτηγού, ώστε να εξυπηρετεί τις ανάγκες της μεταφοράς.

# ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ, ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



Χάρτης κατανάλωσης καυσίμου 1



Χάρτης κατανάλωσης καυσίμου 2

## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ, ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



Χάρτης κατανάλωσης καυσίμου 3

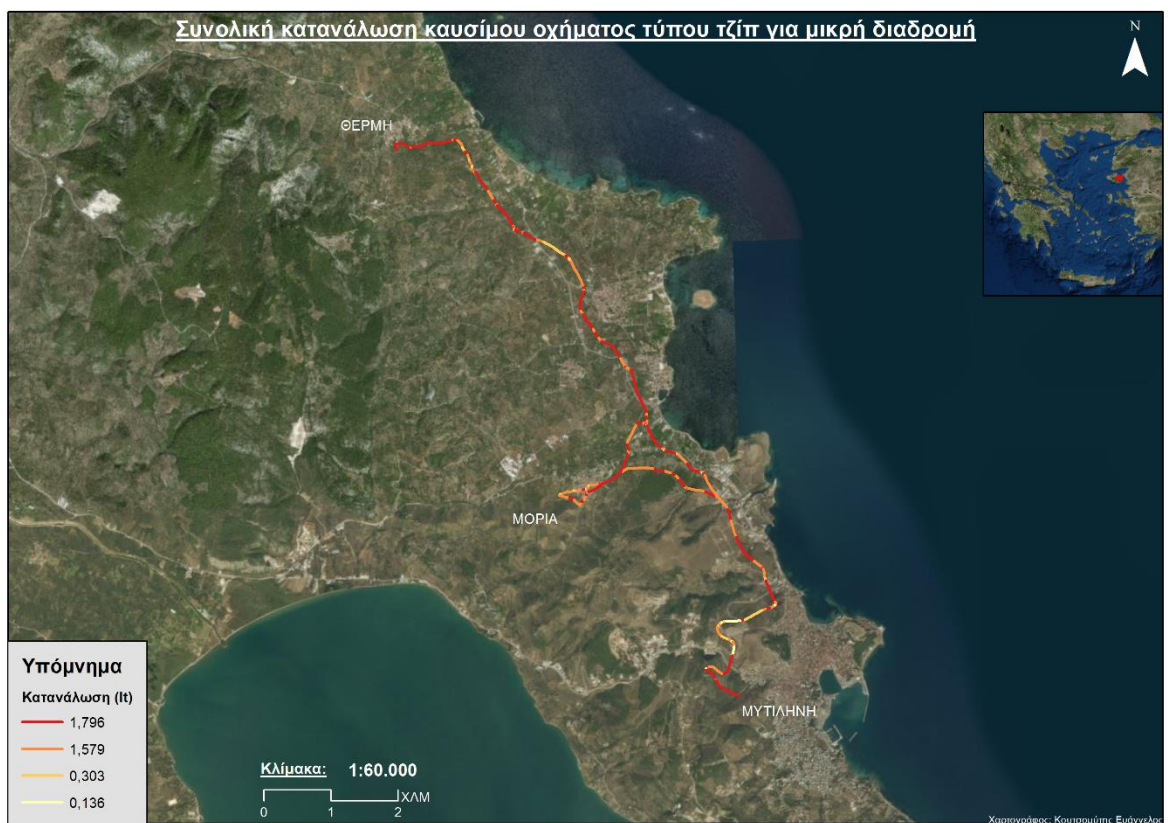


Χάρτης κατανάλωσης καυσίμου 4

# ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ, ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



Χάρτης κατανάλωσης καυσίμου 5



Χάρτης κατανάλωσης καυσίμου 6

#### 4.1.2 Αποτελέσματα υπολογισμού ιεράρχησης στάσεων

Έχοντας πλέον συγκρίνει τα αποτελέσματα της μελέτης καταλαβαίνουμε ότι η σειρά εκτέλεσης των υποχρεωτικών στάσεων ενός δρομολογίου, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο κόστος της διαδρομής.

Ανάλογα με την σειρά που θα αποφασίσουμε να εκτελέσουμε τις στάσεις προκύπτουν διαδρομές, τόσο με διαφορετικές μεταξύ τους χιλιομετρικές αποστάσεις που δεν γίνονται εύκολα αντιληπτές χωρίς την χρήση μεθόδων Γεωπληροφορικής, όσο και με διαφορετικά γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά που μπορούν να μεταβάλουν και να επηρεάσουν σημαντικά την κατανάλωση καυσίμου και κατά συνέπεια το κόστος της διαδρομής.

Με την χρήση λοιπόν μεθόδων Γεωπληροφορικής γίνεται εύκολα αντιληπτή η οικονομικότερη σειρά εκτέλεσης υποχρεωτικών στάσεων, συνυπολογίζοντας τόσο την απόσταση που πρέπει να διανυθεί όσο και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους που μεταβάλουν την κατανάλωση ανάλογα με την κλίση σε αυτό.

#### 4.1.3 Λοιπά συμπεράσματα

Αναλύοντας τα αποτελέσματα και των δυο προηγούμενων περιπτώσεων το πρώτο συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι για τις διαδρομές στη νήσο Λέσβο έχει μεγαλύτερη σημασία η ιεράρχηση των στάσεων απ' ότι η επιλογή τύπου οχήματος σε ότι αφορά την συνολική κατανάλωση. Επιπλέον, όπως επισημαίνεται και παραπάνω, οι διαφορές στις καταναλώσεις μεταξύ δυο ημιφορτηγών και ενός φορτηγού στις χιλιομετρικές αποστάσεις που εξετάζονται είναι πολύ μικρές ώστε να αξίζει να γίνει απόφαση εκλογής οχήματος εις βάρος της ασφάλειας του προσωπικού με γνώμονα την εξοικονόμηση καυσίμου.

### 4.2 Προκλήσεις-Παρατηρήσεις

Μια από τις σημαντικές προκλήσεις που παρουσιάστηκαν στη διαμόρφωση του συγκεκριμένου κώδικα είναι η λήψη των δεδομένων της διαδρομής (αρχείο gpx). Παρόλο που το GraphHopper αποτέλεσε μια αρκούντως ικανοποιητική λύση, δημιουργεί την ανάγκη μιας επιπλέον εργασίας από το χρήστη (εξαγωγή από τον ιστότοπο και μεταφόρτωση στο πρόγραμμα) και περιορίζει τη χρήση του προγράμματος καθώς απαιτείται η ύπαρξη σύνδεσης στο διαδίκτυο, που όμως μπορεί να αντιμετωπιστεί εάν τα ζητούμενα αρχεία έχουν αποθηκευτεί από πριν (σε περίπτωση γνωστών διαδρομών).

Ακόμη, το πρόγραμμα μας παρέχει μια αρκετά καλή εικόνα για την σχέση οχήματος – διαδρομής – κατανάλωσης για το οδικό δίκτυο της νήσου Λέσβου, τόσο από άποψη χιλιομετρικών αποστάσεων, όσο και από άποψης μορφολογίας της διαδρομής. Σε περίπτωση που το ίδιο πρόγραμμα χρησιμοποιηθεί για διαδρομές στην ηπειρωτική Ελλάδα για παράδειγμα, τα συμπεράσματα ανάλογων περιπτώσεων όπως τα σενάρια που εξετάσαμε ενδέχεται να διαφέρουν.

Τέλος, ένα άλλο πρόβλημα που παρουσιάζεται είναι ότι κάποιες από τις παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψιν για την εκλογή της βέλτιστης διαδρομής/οχήματος δεν είναι ποσοτικά μεγέθη

όπως η κατανάλωση ή ο χρόνος, με αποτέλεσμα η τελική απόφαση να εναποτίθεται στον χρήστη. Έτσι υπεισέρχεται μέσα στους υπολογισμούς ο παράγοντας του ανθρώπινου σφάλματος.

### 4.3 Προτάσεις-Μελλοντική επέκταση της μελέτης

Παρόλο που το πρόγραμμα είναι σε ένα πρώιμο στάδιο και οι περιπτώσεις που μπορεί να μελετήσει είναι σχετικά περιορισμένες γεωγραφικά (νήσος Λέσβος) έχει πολλά περιθώρια επέκτασης και βελτίωσης.

Αρχικά, εάν συμπεριληφθούν standalone γεωγραφικοί χάρτες, και με την δημιουργία ενός κατάλληλου GUI μπορεί να εξαλειφθεί η ανάγκη ύπαρξης σύνδεσης στο διαδίκτυο για την εύρεση της διαδρομής. Επίσης, εάν βρεθεί ένας συντελεστής διόρθωσης της κατανάλωσης ανάλογα με την κλίση ο οποίος να είναι ίδιος για όλα τα οχήματα (η τουλάχιστον για παραπλήσιες κατηγορίες οχημάτων) μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί το πρόγραμμα για χρήση με την εργοστασιακή κατανάλωση ενός οχήματος που δίνεται από τον κατασκευαστή. Ακόμα, εάν ο συντελεστής αυτός εμπεριέχει σαν μεταβλητή την κλίση, τότε παύει να υπάρχει πλέον η ανάγκη κατηγοριοποίησης των κλίσεων και παράγονται πολύ πιο ακριβείς μετρήσεις, ενώ επιπροσθέτως το πρόγραμμα μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί και για διαδρομές εκτός της νήσου Λέσβου.

Το πρόγραμμα δύναται με κατάλληλες τροποποιήσεις να λαμβάνει υπόψιν του και την μέση ταχύτητα με την οποία δύναται (ή επιτρέπεται) να ταξιδεύει το όχημα στην συγκεκριμένη διαδρομή και να την υπολογίζει και αυτή στον υπολογισμό της κατανάλωσης.



## 5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Martin Christopher: “Logistics & Supply Chain Management”, Pearson Education, 2014
- [2] P.M. Swamidass: “Encyclopedia of Production and Manufacturing Management”, Kluwer Academic Publishers, 2000
- [3] E/ECE/324/Rev.1/Add.83 or E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.83, "Agreement concerning the adoption of uniform conditions of approval and reciprocal recognition of approval for motor vehicle equipment and parts", Addendum 83: Regulation No. 84, *Uniform provisions concerning the approval of passenger cars equipped with an internal combustion engine with regard to the measurement of fuel consumption*, (23 August 1991)
- [4] E/ECE/324/Rev.2/Add.100/Rev.3 or E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.100/Rev.3, "Agreement concerning the adoption of uniform technical prescriptions for wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles and the conditions for reciprocal recognition of approvals granted on the basis of these prescriptions", Addendum 100: Regulation No. 101, *Uniform provisions concerning the approval of passenger cars powered by an internal combustion engine only, or powered by a hybrid electric power train with regard to the measurement of the emission of carbon dioxide and fuel consumption and/or the measurement of electric energy consumption and electric range, and of categories M1 and N1 vehicles powered by an electric power train only with regard to the measurement of electric energy consumption and electric range*, (12 April 2013)
- [5] Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports (n.d.). Ανακτήθηκε από <https://www.ecotransit.org/>,
- [6] Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports, Methodology and Data, Update 2018, Berne – Hannover – Heidelberg, 2018
- [7] The R Project for Statistical Computing (n.d.). What is R? Ανακτήθηκε από <https://www.r-project.org/about.html>
- [8] FileInfo | The File Extensions Database (2019) .GPX File Extension. Ανακτήθηκε από <https://fileinfo.com/extension/gpx>
- [9] The GraphHopper Directions API (n.d.). Ανακτήθηκε από <https://www.graphhopper.com/>