



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ ΣΕ
ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΧΩΡΟ**

υπό
ΒΑΒΑΤΣΙΚΟΥ ΙΩΑΝΝΗ

Διπλωματική Εργασία

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για
την απόκτηση του Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού, μεταπτυχιακού ΔΕΑΛ

Βόλος, 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ ΣΕ
ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΧΩΡΟ**

υπό
ΒΑΒΑΤΣΙΚΟΥ ΙΩΑΝΝΗ

Διπλωματική Εργασία

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για
την απόκτηση του Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού, μεταπτυχιακού ΔΕΑΛ

Βόλος, 2023

© 2023 Βαβάτσικος Ιωάννης

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

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)	Δρ. Αμπουντώλας Κωνσταντίνος Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δεύτερος Εξεταστής	Δρ. Σαχαρίδης Γεώργιος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τρίτος Εξεταστής	Δρ. Παντελής Δημήτριος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αμπουντώλα Κωνσταντίνο, αναπληρωτή καθηγητή του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστήμιου Θεσσαλίας, για την καθοδήγηση του και το χρόνο που διέθεσε δίνοντάς μου χρήσιμες συμβουλές και οδηγίες για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας μου. Στο ίδιο πλαίσιο ευγνωμοσύνης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστήμιου Θεσσαλίας, του μεταπτυχιακού προγράμματος ΔΕΑΛ για τη συμβολή τους στην επιστημονική και τεχνολογική μου συγκρότηση στα χρόνια της φοίτησής μου στο τμήμα. Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου και τους φίλους μου, για την ηθική υποστήριξη σε όλο το διάστημα των σπουδών μου.

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ ΣΕ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΧΩΡΟ

ΒΑΒΑΤΣΙΚΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2023

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Αμπουντώλας Κωνσταντίνος,
Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή εξετάζει η γέφυρες και έναν πίνακα αποστάσεων ανά ζεύγη μεταξύ τους όπου καθιστά απαραίτητο να βρεθεί μια ιδιαίτερη σειρά επίσκεψης πόλεων έτσι ώστε η συνολική απόσταση που πραγματοποιήθηκε στο πέρας να είναι η ελάχιστη, κάθε πόλη την επισκέφτηκε ακριβώς μία φορά και ο πωλητής επιστρέφει στην πόλη από που ξεκίνησε τη διαδρομή του. Συνοπτικά, σε ένα σταθμισμένο πλήρες γράφημα, πρέπει να βρεθεί the Hamiltonian cycle του ελάχιστου βάρους.

Το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή κατέχει ιδιαίτερη θέση στη συνδυαστική βελτιστοποίηση και επιχειρησιακή έρευνα. Ιστορικά, ήταν ένα από τα καθήκοντα που έδωσε ώθηση στην ανάπτυξη των περιοχών αυτών. Η απλότητα της διατύπωσης, το πεπερασμένο του συνόλου των αποδεκτών λύσεων, η σαφήνεια, και, ταυτόχρονα, το κολοσσιαίο κόστος για μια πλήρη αναζήτηση εξακολουθούν να ωθούν τους μαθηματικούς να εξελιχθούν νέες αριθμητικές μέθοδοι με βέλτιστες λύσεις και εφαρμογές. Το πρόβλημα του περιπλανώμενου πωλητή οδηγεί σε μια συνδυαστική ουσία, ένα καθαρά μαθηματικό πρόβλημα που δεν έχει λυθεί εδώ και μισό αιώνα. Στον σύγχρονο κόσμο, η ανάγκη επίλυσης προβλημάτων συνδυαστικής βελτιστοποίησης αυξάνεται κάθε ημέρα. Ειδικότερα, η κατάρτιση βέλτιστου χρονοδιαγράμματος λειτουργίας βιομηχανικών μονάδων, η κατασκευή του συντομότερου οδικού δικτύου μεταξύ δεδομένων αντικειμένων, η εύρεση του ελάχιστου μήκους παράκαμψης οικισμών αποτελούν τις πλέον πιο αποτελεσματικές λύσεις για το σύγχρονο δίκτυο αγορών. Οι ιδέες της τοπικής αναζήτησης αναπτύχθηκαν περαιτέρω στη metaheuristics, δηλαδή σε γενικά σχήματα για την κατασκευή αλγορίθμων που μπορούν να εφαρμοστούν σε σχεδόν οποιοδήποτε διακριτό πρόβλημα βελτιστοποίησης. Όλες οι μεταερευτικές είναι επαναληπτικές διαδικασίες και για πολλές από αυτές υπάρχει μία μη συμπαματική σύγκλιση της καλύτερης λύσης στο παγκόσμιο βέλτιστο. Σε αντίθεση με τους αλγόριθμους με εκτιμήσεις, οι μεταερευτικές

δεν συνδέονται με τις ιδιαιτερότητες του προβλήματος. Αυτές είναι γενικά επαναληπτικές διαδικασίες που χρησιμοποιούν τυχαιότητα και στοιχεία αυτό μάθησης, εντατικοποίησης αναζήτησης και διαφοροποίησης, προσαρμοστικούς μηχανισμούς ελέγχου, εποικοδομητική ευρετική και μεθόδους τοπικής αναζήτησης .

Στην σημερινή εποχή το πρόβλημα του ταξιδιώτη πωλητή (TSP 3D-variation) έχει αποκτήσει νέες εφαρμογές και επιτεύγματα .Για παράδειγμα, στη διαδικασία της τρισδιάστατης εκτύπωσης, υπάρχει ανάγκη να ελαχιστοποιηθούν οι μεταβάσεις της κεφαλής εκτύπωσης από το τελικό σημείο της διαδρομής μέχρι το σημείο εκκίνησης, γεγονός που μειώνει το χειρότερο της ποιότητας εκτύπωσης.

Τα τελικά σημεία των τμημάτων γραμμής μπορούν να θεωρηθούν ως "πόλεις" στη μετατροπή του προβλήματος της ελαχιστοποίησης του αριθμού των μεταβάσεων στο ταξίδι του περιπλανώμενου πωλητή .

Λέξεις κλειδιά : Hamiltonian cycle , ελάχιστο βάρος , TSP – variation , περιπλανώμενος πωλητής , 3D Routing Network, ArcGIS, Digital Elevation Model , GIS , Green Logistics, Green Routing , Geographic Information System , Road Network , MOP – VRP .

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ :

CF – Correction Factor .

CO₂ – Carbon dioxide .

DEM – Digital Elevation Model .

EEM – Emission Estimation Model .

FC – Fuel Consumption .

GIS – Geographic Information System .

HDV – Heavy Duty Vehicles .

NA – Network Analyst .

RFT – Road Freight Transportation .

THE TRAVELING SALESMAN PROBLEM IN THREE DIMENSIONAL SPACE

VAVATSIKOS IOANNIS

Department of Mechanical Engineering, University of Thessaly, 2023

Supervisor: Dr Ampountolas Konstantinos

Associate Professor of University of Thessaly

ABSTRACT

The traveling salesman problem considers n bridges and a table of their pairwise distances where it is necessary to find a particular order of visiting cities such that the total distance traveled at the end was minimal, each city was visited exactly once and the salesman returned to the city from who started his journey. In summary, in a weighted complete graph, the Hamiltonian cycle of minimum weight must be found.

The traveling salesman problem leads to a combinatorial substance, a purely mathematical problem that has not been solved for half a century. In the modern world, the need to solve combinatorial optimization problems is increasing every day. In particular, the preparation of an optimal schedule for the operation of industrial units, the construction of the shortest road network between given objects, the finding of the minimum bypass length of settlements are the most effective solutions for the modern shopping network.

Moreover, the ideas of local search were further developed in metaheuristics, that is in general schemes for constructing algorithms that can be applied to almost any discrete optimization problem. All, metaheuristics are iterative procedures and for many of them there is a non-coincidental convergence of the best solution to the global optimum. Unlike, estimation algorithms, metaheuristics are not tied to the specifics of the problem. These are generally iterative processes that use randomness and elements of self-learning search intensification and differentiation adaptive control mechanisms, constructive heuristics and local search methods. In today's era the traveling salesman (TSP – 3D variation) has gained new applications and achievements. For example, in the process of 3D printing there is a need to minimize the transitions of the print head from the end point of the path to the starting point which reduces print quality degradation.

The endpoints of the line segments can be thought of as cities in the transformation of the problem of minimizing the number of transitions in the traveling salesman's journey.

Key Words : Hamiltonian cycle, minimum weight , TSP - variation , the traveling salesman problem , 3D Road Network , ArcGis , Digital Elevation Model , GIS , Green Logistics , Green Routing , Geographic Information System , Route Optimization , MOP- VRP .

ACRONYMS :

CF – Correction Factor .

CO₂ – Carbon dioxide .

DEM – Digital Elevation Model .

EEM – Emission Estimation Model .

FC – Fuel Consumption .

GIS – Geographic Information System .

HDV – Heavy Duty Vehicles .

NA – Network Analyst .

RFT – Road Freight Transportation .

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	v
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vi
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ :	vii
ABSTRACT.....	viii
ACRONYMS.....	ix
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	3
Introduction of the traveling salesman problem in 3D variation	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	14
2.1 Επεξήγηση προβλήματος – Study Area	14
2.2 Methodology – 3D Road Network	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	20
Περιπτώσεις μελέτης – Παρουσίαση των Case study	20
3.1 Case study 1	20
3.2 Case Study 2	23
3.3 Case Study 3	25
3.4 Case Study 4	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	30
Συμπέρασμα	30
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	31
ΕΙΚΟΝΕΣ.....	33

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία εξετάζει το πρόβλημα του περιπλανώμενου πωλητή TSP(traveling salesman Problem) σε Τρισδιάστατη παραλλαγή 3D variation . Για να γίνει πλήρως κατανοητό το εν λόγω ζήτημα αφορά τον περιπλανώμενο ταξιδιώτη – πωλητή με χαρακτηριστικό την εξέταση και την διεκπεραίωση ενός πίνακα με n γέφυρες και ένα πίνακα αποστάσεων ανά ζεύγη μεταξύ τους. Είναι απαραίτητο να βρεθεί μια τέτοια σειρά της επίσκεψης πόλεων έτσι ώστε η συνολική απόσταση που διένυσε ή περατώθηκε να είναι η ελάχιστη, έτσι ώστε κάθε πόλη να την επισκεφθεί ακριβώς μια φορά και ο πωλητής να επιστρέψει στην πόλη από την οποία ξεκίνησε τη διαδρομή του. Στο TSP 3D πρόβλημα παραλλαγής, κάθε «πόλη» έχει 3 συντεταγμένες x, y, z . Η ανάλυση των κύριων μεθόδων που πραγματοποιείται η επίλυση, ειδικότερα, μέσω των μεταερευτικών αλγορίθμων. Στην κάθε επανάληψη αυτής της μεθόδου , χτίζεται μια νέα λύση του προβλήματος, η οποία δεν βασίζεται σε μία , αλλά σε πολλές λύσεις του πληθυσμού. Κατά τη διάρκεια υπολογιστικών πειραμάτων, δημιουργήθηκαν τυχαία διάφορες τοπολογίες δικτύου και καταγράφηκε ο αριθμός των επαναλήψεων στις οποίες επιτεύχθηκε ο βέλτιστος κύκλος. Η εκτέλεση και πιο συγκεκριμένα ο χρόνος του κώδικα για την εργασία TSP 3D είναι σχεδόν ίδιος με τον χρόνο εκτέλεσης του TSP 2D . Προσπάθειες κατασκοπείας των μεθόδων επίλυσης δύσκολων συνδυαστικών προβλημάτων στη φύση είναι η εύρεση νέων ενσαρκώσεων σε αριθμητικές μεθόδους και εφαρμογές . Για παράδειγμα, όταν μολυνθεί, το σώμα προσπαθεί να ανακαλύψει τις έννοιες (δημιουργώ, κατασκευάζω) για την πιο αποτελεσματική προστασία του σώματος . Μπορεί να σημειωθεί πως μέσω αυτής της διαδικασίας οδηγήθηκαν οι μελετητές στη γέννηση μιας νέας μεθόδου - στο τεχνητό ανοσοποιητικό σύστημα. Η μελέτη της δραστηριότητας της κυψέλης ,όπου μόνο μια μήτρα αφήνει απογόνους, ήταν η βάση νέων γενετικών μεθόδων. Ωστόσο, η μεγαλύτερη πρόοδος έχει σημειωθεί στον υβριδισμό, για παράδειγμα, η κατασκευή ευρετικών αλγορίθμων με την επιλογή να επιλέξει αυτόματα τα πιο ενδιαφέροντα για τους επιστήμονες ευρετικά ζητήματα και στην συμβίωση με την κλασική μέθοδο μαθηματικού προγραμματισμού.

Με την αυξανόμενη πολυπλοκότητα των εσωτερικών περιβαλλόντων διαβίωσης, υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη για βελτιστοποίηση της πλοήγησης σε εσωτερικούς χώρους. Επί του παρόντος, οι επιλογές διαδρομής πλοήγησης σε εσωτερικούς χώρους είναι μονότονες, όπως υφίσταται στα υπάρχοντα συστήματα

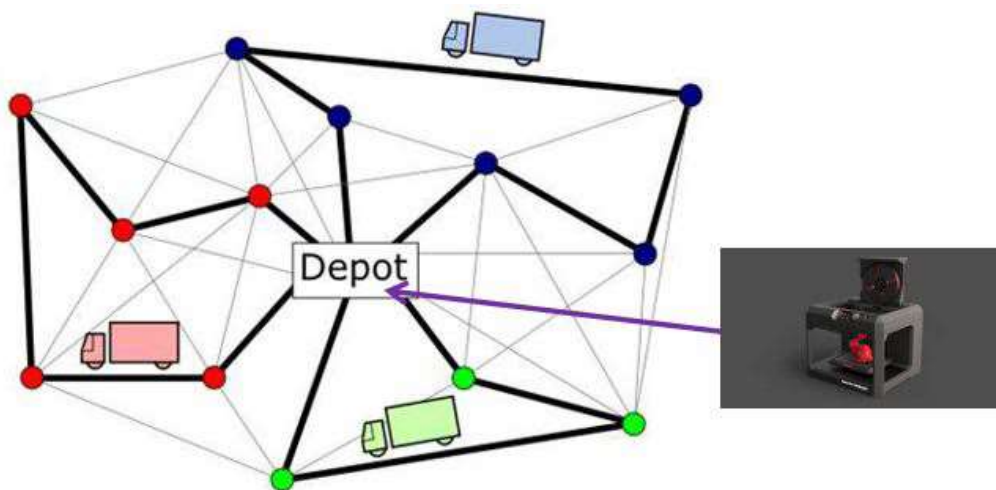
πλοήγησης που συνήθως προσφέρουν τις συντομότερες ή ταχύτερες διαδρομές από μία μόνο εκκίνηση σημείο. Τέτοιες επιλογές διαδρομής μπορεί να μην είναι πάντα ελκυστικές. Για παράδειγμα, οι αγοραστές σε ένα εμπορικό κέντρο μπορεί να ενδιαφέρονται για ένα μονοπάτι που περνά από πολλά μέρη, ξεκινώντας και τελειώνοντας σε ένα μέρος. Αυτός ο τύπος διαδρομής είναι παρόμοιος με το κλασικό πρόβλημα του περιοδεύοντος πωλητή (TSP), αλλά ο σχεδιασμός διαδρομής σε ένα μεγάλο πολυώροφο εμπορικό κέντρο περιλαμβάνει μια τρισδιάστατη παραλλαγή του TSP 3D. Οι λύσεις και τα συμπεράσματα σε αυτό το πρόβλημα δίνουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές πλοήγησης για μουσεία, νοσοκομεία, και άλλα . Σκόπιμο είναι να οδηγήσει το πρόβλημα το περιπλανώμενου πωλητή σε τρισδιάστατο χώρο με τη χρήση metaheuristic algorithms την λύση αλλά και την πλήρη τεκμηρίωση εφαρμογών σε ρεαλιστικό χρόνο με ευρύτερες ρίζες και αποτελέσματα στο βιομηχανικό κλάδο και σε προβλέψεις καταστροφικών συνθηκών στο σύγχρονο κόσμο με απώτερο σκοπό την βελτίωση και εξέλιξη της καθημερινής ζωής και φυσικά με γνώμονα τον ανθρώπινο παράγοντα με τις ιδιαιτερότητες του .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Introduction of the traveling salesman problem in 3D variation .

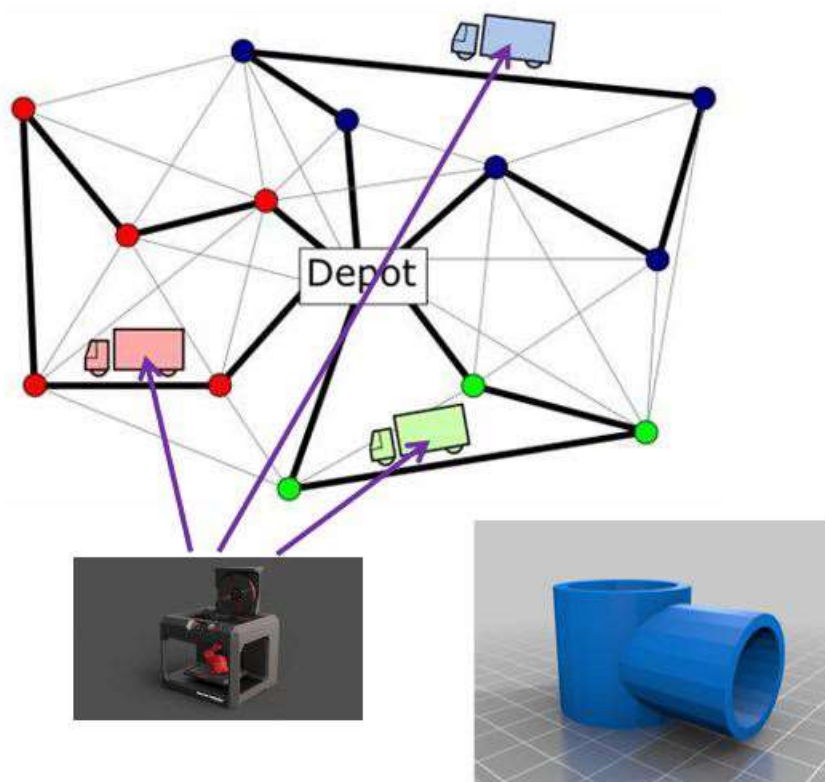
Αποτελεί πραγματικότητα το γεγονός ότι η ουσία του περιπλανώμενου πωλητή σε τρισδιάστατο χώρο ή αλλιώς 3D Variation είναι να εντοπίσει κανείς το πιο κερδοφόρο Hamiltonian cycle μία διαδρομή που περνά από όλες τις πόλεις μία φορά και επιστρέφει στη αρχική πόλη . Επιπροσθέτως , τα μεταερευτικά - Metaheuristics περιλαμβάνουν Genetic algorithms GA , Evolutionary Computation EC , Tabu Search TS , Simulated Annealing SA , Greedy Randomized Adaptive Search Procedure GRASP , Ant Colony Optimization ACO και άλλα . Η ιδέα αυτών των μεθόδων βασίζεται στο ότι η αντικειμενική συνάρτηση έχει πολλά τοπικά άκρα και είναι αδύνατο να αναθεωρηθούν όλα επιτρεπόμενες λύσεις, παρά το πεπερασμένο του αριθμού τους. Σε μια τέτοια κατάσταση, είναι απαραίτητο να επικεντρωθεί η αναζήτηση στα πιο πολλά υποσχόμενα μέρη της επιλέξιμης περιοχής. Έτσι, το καθήκον είναι να εντοπιστούν τέτοιες περιοχές και να γίνει η εξέταση σε γρήγορο βαθμό . Κάθε μεταερευτικό λύνει αυτό το πρόβλημα με τον τρόπο του. Οι μεταερευτικές διακρίνονται σε μεθόδους τροχιάς, όπου κάθε επανάληψη έχει μία έγκυρη λύση και η μετάβαση στο επόμενο δίνεται με μεθόδους που λειτουργούν σαν μια οικογένεια (ή θα μπορούσαν να αναφερθούν πληθυσμός) των λύσεων. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει TS, SA, VNS. Οι μέθοδοι τροχιάς αφήνουν στην αναζήτηση διάστημα μια τροχιά, μια ακολουθία λύσεων, όπου κάθε λύση αποκομίζει τις προδιαγραφές (κάνει γείτονα) με την προηγούμενη σχετικά, με κάποια γειτονιά. Στις μεθόδους TS, SA, το περιβάλλον προσδιορίζεται στην πορεία και δεν αλλάζει κατά τη λειτουργία. Η συνάρτηση στόχος αλλάζει μη μονοτονικά κατά μήκος της τροχιάς, που επιτρέπει να ξεφύγει από τα τοπικά άκρα και να βρει ό,τι καλύτερο κατά προσέγγιση σε λύσεις. Τα στοιχεία αυτό προσαρμογής επιτρέπουν να γίνει αλλαγή στις παραμέτρους των αλγορίθμων χρησιμοποιώντας την αναζήτηση με βάση το ιστορικό . Πιο εξελιγμένες μέθοδοι, όπως το VNS, χρησιμοποιούν πολλαπλές γειτονιές και τις αλλάζουν συστηματικά για διαφοροποίηση. Όταν αλλάζει το περιβάλλον, αλλάζει και το τοπίο. Η συνειδητή αλλαγή του τοπίου, όπως, για παράδειγμα, στη μέθοδο του θορύβου, έχει θετική επίδραση στα αποτελέσματα αναζήτησης. Η μελέτη των τοπίων, των ιδιοτήτων τους, όπως η ταχύτητα επιτρέπει την παροχή συστάσεων η επιλογή των γειτονιών όπου η δεύτερη ομάδα μεθόδων περιλαμβάνει GA, EC, ACO και άλλες . Είναι πλήρως κατανοητό πως στο σύγχρονο σύστημα της εφοδιαστικής αλυσίδας η εξισορρόπηση των συμφερόντων των καταναλωτών σε συνδυασμό με το δίκτυο των διανομέων και

των πελατών αποτελούσε κυρίαρχο θέμα καθώς όπως είναι φυσικό επιθυμητό είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας . Οι πελάτες από την άλλη πλευρά επιδιώκουν την βέλτιστη ποιότητα υπηρεσιών με δαπανηρό παράγοντα τις λειτουργίες και τη διαχείριση των αποθεμάτων να αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα αύξησης της παραγωγής και της κυκλοφορίας των αποθεμάτων στο δίκτυο διανομής . Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι εκθέσεις της Amazon με κύριο θέμα το πρόβλημα του αποθέματος εντός της επιχειρησιακής διαδικασίας για τα έτη 2017 και 2018. Ειδικότερα , Η Amazon έχει επισημάνει πως μία αύξηση του αποθέματος 1 τις εκατό θα κόστιζε επιπλέον 180 εκατομμύρια USD . Για τη μείωση του κόστους αποθέματος μια αποτελεσματική λύση είναι η μέθοδος βελτιστοποίησης make to order MTO . Σύμφωνα με η μέθοδο αυτή όταν η κεντρική αποθήκη λαμβάνει μία παραγγελία η παραγωγή ξεκινά απευθείας όπου ο αριθμός των προϊόντων που επρόκειτο να παραχθούν να είναι ο ίδιος με τον αριθμό των παραγγελιών που ελήφθησαν με αποτέλεσμα όταν ολοκληρωθεί η παραγωγή να γίνει η αποστολή των προϊόντων στους πελάτες με ελαχιστοποίηση του κόστους (Σχήμα 1). Στόχος των επαγγελματιών είναι να βρεθεί ο βέλτιστος προγραμματισμός παραγωγής και σχεδίου μεταφοράς . Αν η κεντρική παραγωγή μέσω του make to order μπορεί να εξαλείψει το κόστος των αποθεμάτων το μειονέκτημα είναι πως δεν αποτελεί εύλεκτο καθώς η αναμονή για την ολοκλήρωση της παραγωγής μπορεί να καθυστερήσει την παράδοση στους πελάτες . Όπως είναι φυσικό , δεν συμβαδίζει με τις επιθυμίες των πελατών με συνέπεια να οδηγήσει στη μείωση της ποιότητας των υπηρεσιών .Η Amazon για να βελτιώσει και να προκαλέσει καινοτομία υπέβαλε αίτηση για δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 2015 (Amazon Technologies, 2015), (Boyle 2018) όπου συνδυάζει το μοντέλο τρισδιάστατης 3D εκτύπωσης και make to order . Με το συγκεκριμένο δίπλωμα της ευρεσιτεχνίας είναι εφικτό ένας τρισδιάστατος εκτυπωτής τοποθετημένος σε σύστημα δρομολόγησης (αυτοκίνητο) παράγει προϊόντα στην πορεία για λογαριασμό του πελάτη (όπως απεικονίζεται στο σχετικό Σχήμα 2) . Έτσι , με της βοήθεια του 3D variation η παραγωγή και η μεταφορά συγχρονίζονται με αποτέλεσμα οι χρόνοι παράδοσης να ελαχιστοποιηθούν σε σημαντικό βαθμό .



Σχήμα 1 – The central Production .

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221722005124>



Σχήμα 2 – The mobile Production ,

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221722005124>

Η ζήτηση των πελατών για γρήγορη και αποτελεσματική παράδοση μπορεί να πραγματοποιηθεί από τη μέθοδο του μηδενικού αποθέματος για μία σύγχρονη παραγωγή και μεταφορά των εμπορευμάτων μειώνοντας το κόστος της εφοδιαστικής αλυσίδας . Αν εφαρμοστεί αυτή η τεχνολογία μπορεί να οδηγήσει στην εξισορρόπηση

των συμφερόντων των καταναλωτών , των διανομέων σε όλο τον κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας . Με την εξέλιξη της βιομηχανικής μεταποίησης και τη συνεχή ωρίμανση της τεχνολογίας της τρισδιάστατης εκτύπωσης οδεύει η εποχή της smart technology και εξατομικευμένης προσαρμογής . Η ενοποίηση του συστήματος τρισδιάστατης εκτύπωσης που είναι εγκατεστημένο στο όχημα της δρομολόγησης και το πρόβλημα δρομολόγησης μπορεί να υποδηλωθεί και να οριστεί ως το Πρόβλημα δρομολόγησης κινητού οχήματος παραγωγής (Mobile Production Vehicle Routing Problem – MOP – VRP) . Αντίθετα , με το CP – VRP routing problem στο οποίο η διανομή ξεκινά μετά την ολοκλήρωση της παραγωγής στην αποθήκη , η διανομή και η παραγωγή στο MOP – VRP πραγματοποιείται σε τέλειο συγχρονισμό . Ως εκ τούτου ορισμένος αριθμός μηχανών είναι τοποθετημένος σε κάθε όχημα με την παραγωγή να ξεκινάει μόλις αναχωρήσει από την αποθήκη . Κάθε πελάτης έχει αυστηρό χρονικό περιθώριο έναρξης και σαφώς ένα χρονικό περιθώριο ευέλικτης λήξης. Το όχημα θα πρέπει να επιστρέψει στην αποθήκη πριν από ορισμένο χρονικό διάστημα . Σκοπός είναι να γίνει στην πορεία μείωση του κόστους καθυστέρησης και διαδρομής , όπου το κόστος του ταξιδιού βασίζεται στη συνολική διάρκεια της διαδρομής και απεναντίας το κόστος καθυστέρησης βασίζεται στο χρόνο μη επαρκής λήξης (καθυστέρησης) . Οι περισσότερες από τις εφαρμογές του MOP Vehicle Routing Problem θα αφορούν μετέπειτα όταν η τεχνολογία 3D (τρισδιάστατης εκτύπωσης) όπου τα καταναλωτικά αγαθά θα είναι δυνατόν να εκτυπωθούν σε τρισδιάστατη μορφή .

Ωστόσο , μία εφαρμογή που θα μπορούσε στο μέλλον να ευνοήσει την όλη διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι στην παραγωγή ανταλλακτικών που είναι επιρρεπή στις επισκευές μιας και αποτελούνται από πλαστική υφή και είναι δυνατό να σπάσουν. Εφαρμογές και παραδείγματα τέτοιου εξοπλισμού μπορεί να θεωρηθούν ανταλλακτικά που διατίθενται σε όλο τον κλάδο της βιομηχανίας όπως στα μέσα μαζικής μετακίνησης, υδραυλικά ανταλλακτικά , εκτυπωτικά μηχανήματα και άλλα . Επιπροσθέτως , όταν ένα πλαστικό μέρος ενός ανταλλακτικού σπάσει ο χρήστης οφείλει να είναι στην αναμονή της επισκευής του . Όμως , με την βοήθεια της τρισδιάστατης απεικόνισης 3D αν ήταν εφικτό να γίνει εκτύπωση του ανταλλακτικού πάνω στο όχημα κατά την δρομολόγηση τότε μπορεί να φανταστεί κανείς πως ο πελάτης θα μπορούσε να παραλάβει το ανταλλακτικό άμεσα δηλαδή την ίδια μέρα που έχει κάνει το αίτημα ακόμη και σε λίγες ώρες σύμφωνα με την εκάστοτε διανομή . Αποτελεί γεγονός πως σε ρεαλιστικό χρόνο τρισδιάστατοι εκτυπωτές έχουν χρησιμοποιηθεί στη ναυτιλία για την εκτύπωση ανταλλακτικών για τις επισκευές

Πολλοί θα σπεύσουν να επισημάνουν πως ενδεικτικά η ποιότητα της απεικόνισης θα αλλοιωθεί από τυχόν αναταράξεις των πλοίων . Για αυτό σε αυτό το σημείο είναι αναγκαίο να τονίσουμε πως χρησιμοποιείται από την εταιρία Phillips παθητικός σταθεροποιητής για να βοηθήσει τους τρισδιάστατους εκτυπωτές να παρέχουν εξίσου καλή ποιότητα με τους επίγειους . Έτσι , το κόστος για κάθε παράδοση μπορεί να διατηρηθεί σε λογικό επίπεδο αν ένας αριθμός πελατών μπορεί να προσελκύσει την υπηρεσία . Μία επιμέρους αναζήτηση του προβλήματος του πλανόδιου πωλητή σε τρισδιάστατη απεικόνιση , μπορεί να βασιστεί και το μοντέλο μετακίνησης φορτίου κοντέινερ ή αλλιώς το πρόβλημα του τρισδιάστατου σακιδίου . Πιο συγκεκριμένα , το πρόβλημα έχει ως στόχο να φιλοξενήσει ένα αριθμό στοιχείων ή δεδομένων μέσα σε ένα ορθογώνιο κουτί λαμβάνοντας υπόψιν αντικειμενικές λειτουργίες και ικανοποιώντας τους καθορισμένους περιορισμούς . Χρησιμοποιείται σε ρεαλιστικά και καθημερινά ζητήματα της εργασίας όπως στη μεταφορά μοριοσανίδων για έπιπλα , στις ταχυμεταφορές και στη διαμετακόμιση παλετών σε άλλες . Αποτελεί μια παραλλαγή του βασικού προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων με βάση τη χωρητικότητα CVRP και η παραλλαγή του προβλήματος συσκευασίας ορίζεται ως container loading problem 3D – SLOPP . Το CVRP επιδιώκει να εκτελέσει μια σειρά από διαδρομές που αρχίζουν και ξεκινούν σε κεντρικό αμαξοστάσιο . Θα μπορούσε να οριστεί ως ένα σύνολο K ομοιογενών οχημάτων καθένα με χωρητικότητα όπου πρέπει να ικανοποιήσει τη ζήτηση σε ένα σύνολο πελατών N . Κάθε όχημα είναι δυνατόν να εκχωρηθεί σε μία διαδρομή και να επισκεφθεί ένα μόνο πελάτη . Είναι αναγκαίο το άθροισμα των απαιτήσεων του πελάτη που επισκέφτηκε τη μεμονωμένη διαδρομή δεν πρέπει να υπερβαίνει την χωρητικότητα Q του οχήματος . Όπως είναι φυσικό στόχος είναι η μείωση του αθροίσματος του κόστους περάτωσης της διαδρομής . Το 3D – SLOPP πρέπει να εκτελείται για κάθε διαδρομή και συνίσταται στη φόρτωση ενός σετ από μικρά κουτιά ως υποθέσουμε B μέσα σε ένα δοχείο . Το συγκεκριμένο σετ B έχει διαφορετικά μεγέθη και περιορισμένα ποσά με σκοπό τη μεγιστοποίηση του διαθέσιμου κατειλημμένου χώρου . Αυτό το πρόβλημα είναι δημοφιλές ως το πρόβλημα του τρισδιάστατου σακιδίου 3D SKP ή τρισδιάστατο πρόβλημα συσκευασίας ενός μεγάλου αντικειμένου 3D SLOPP. Στην τελευταία περίπτωση η χωρητικότητα του οχήματος Q είναι ίση με τον όγκο του πράγμα που είναι δέλεαρ για πολλές εφαρμογές του χώρου .

Είναι γεγονός πως σε παγκόσμιο επίπεδο οι μεταφορές και σε γενικές γραμμές τα δίκτυα μεταφορών επιφέρουν επιπτώσεις στο περιβάλλον . Για να γίνουμε πλήρως

σαφείς οι οδικές εμπορευματικές μετακινήσεις αντιπροσωπεύουν σημαντικό μέρος των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα πως οι λειτουργίες δεν είναι βιώσιμες (Andersen et al, 2013). Όσο αφορά την προβλεπόμενη αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τις οδικές μεταφορές μια στρατηγική προσέγγιση για την άμεση μείωση τους μπορεί να αντιπροσωπευθεί μέσω της βελτιστοποιημένης διαδρομής σε τρισδιάστατο χώρο . Η βελτιστοποίηση της διαδρομής είναι ένα σημαντικό θέμα στο τομέα των δικτύων , όπου χρησιμοποιείται για τη μείωση του χρόνου και του κόστους της δρομολόγησης . Μακροπρόθεσμος στόχος είναι μέσα από την αύξηση των προσδοκιών για βιωσιμότητα να ελαχιστοποιηθούν οι εξωτερικές επιδράσεις όπως οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα και η κατανάλωση καυσίμου . Επομένως , στόχος είναι μέσα από το τρισδιάστατο μοντέλο δρομολόγησης να ενσωματωθούν μοντέλα για την εκτίμηση κατανάλωσης καυσίμου λαμβάνοντας υπόψιν τις μεταβαλλόμενες ταχύτητες . Χρησιμοποιείται για το λόγο αυτό ένα ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο για να εμπλουτίσει ένα Οδικό δίκτυο με υψομετρικά δεδομένα . Για την αξιολόγηση αυτών των περιπτώσεων χρησιμοποιείται ένα 3D Routing Problem όπου εφαρμόζεται σε διαφορετικά σενάρια διανομής στο πλαίσιο μιας τεχνικής εταιρίας στη μητροπολιτική περιοχή της Λισαβώνας . Τα αποτελέσματα που έχουν ληφθεί υποδεικνύουν ότι οι φιλικές προς το περιβάλλον διαδρομές μπορούν να επιφέρουν σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης καυσίμων και εκπομπών CO₂ με ποσοστό έως και 20 % σε δοκιμασμένα σενάρια (Toro et al, 2015).

Από την άλλη πλευρά τα συμπεράσματα δείχνουν πως οι φιλικές προς το περιβάλλον διαδρομές χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερες αποστάσεις καθώς και από χρόνους λειτουργίας γεγονός πως οδηγεί τελικά σε αυξημένα έξοδα . Εδώ τίθεται και το ερώτημα τι πραγματικά ενδιαφέρει τις εταιρίες δηλαδή να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη τους ή να επενδύσουν σε ένα βιώσιμο περιβάλλον .Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθεί το γεγονός ότι το 2010 οι οδικές εμπορευματικές μεταφορές (RFT) εξέπεμψαν 118 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα που αντιπροσωπεύει κυρίως το 3.5 % των συνολικών εκπομπών σε παγκόσμιο επίπεδο (Statista 2018 a) , (Statista 2018 b) . Ενώ η παγκόσμια αύξηση των εκπομπών θα μπορούσε να μειωθεί σε σημαντικό βαθμό όπως συνέβη με τους κλάδους της μεταποιητικής βιομηχανίας και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας μείωσαν τις εκπομπές τους (International Energy Agency, 2017), οι εκπομπές των

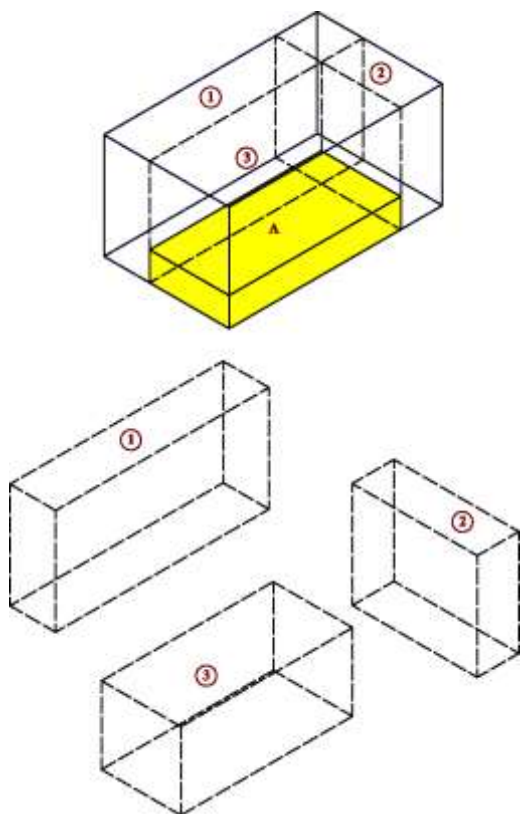
διοξειδίων του άνθρακα αυξάνονται . Προβλέπεται ή εκτιμάται οι εκπομπές του CO₂ να αυξηθούν κατά 305% έως το 2050 εάν δεν υπάρξουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στο τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας (International Transport Forum, 2015). Με ένα όγκο αγοράς άνω του μισού τρισεκατομμυρίου ευρώ στην Ευρώπη τα logistics αποτελούν κινητήριο πετάλι ανάπτυξης , οικονομικής ευημερίας , απασχόλησης και δημιουργία πλούτου (Bretzke, 2014). Απεναντίας , οι εκπομπές του διοξειδίου άνθρακα θα συνεχίσουν να αυξάνονται λόγω της δημογραφικής ανάπτυξης , των αλλαγών στα γεωγραφικά πρότυπα των εμπορικών δομών , της ανάπτυξης των αναδυόμενων χωρών και συμπληρωματικής καταναλωτικής συμπεριφοράς (Deutsche Post, 2010) . Όλες αυτές οι δραστηριότητες οδηγούν στον όρο Green Logistics με στόχο τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όλων των δραστηριοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας . Όσο αφορά τα Green Logistics έχουν εισάγει ποικίλες προσεγγίσεις για τη μείωση κατανάλωσης καυσίμου και αναλογικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα οι οποίες μπορούν να διακριθούν σε στρατηγικές και τεχνικές λύσεις . Ως ενδιαμέσος τομέας της εφοδιαστικής αλυσίδας , η RFT αναφέρεται στην μετακίνηση εμπορευμάτων σε οδικά δίκτυα RN με τη χρήση βαρών οχημάτων HDV φορτηγά ή άλλα κατάλληλα μέσα . Αν οι στρατηγικές βελτίωσης στα Logistics σχετίζονται στη μείωση του χρόνου λειτουργίας και εξόδων τότε αντίστοιχες λύσεις όπως η κατανομή του κέντρου logistics, η μετατόπιση των μεταφορών και η στροφή από την παγκόσμια στην περιφερειακή προμήθεια μπορούν να αποφέρουν γενικές δυνατότητες εξοικονόμησης εκπομπών (Lochmar, 2016) .

Ωστόσο , τέτοιες προσεγγίσεις και στρατηγικές υλοποίησης απαιτούν μακροχρόνιο περιθώριο υλοποίησης και ανάπτυξης . Αντίστοιχες προσεγγίσεις που επιφέρουν στιγμιαία εξοικονόμηση FC και εκπομπών με βάση τη δομημένη υποδομή και το στόλο των οχημάτων αντιπροσωπεύεται από την βελτιστοποίηση της διαδρομής μέσα σε ένα πλαίσιο των Green Logistics και σε μοντέλα εκτίμησης εκπομπών (Demir et al, 2014). Ενώ από την μία πλευρά οι εταιρίες βελτιστοποιούν τις διαδρομές τους για να μειώσουν τους χρόνους και τα πάγια έξοδα τους με σκοπό να εκτελέσουν όσο το δυνατόν περισσότερες παραγγελίες , από την άλλη οι σύντομες ή οι ταχύτερες σε ποσοστό διαδρομές είναι δύσκολο να αντιπροσωπεύσουν τις φιλικότερες επικρούσεις – διαδρομές προς το περιβάλλον (Psaraftis, 2016), (Toro O. et al., 2015) .Ως εκ τούτου οι εφαρμογές δρομολόγησης υλοποιούνται σε ποικίλα πληροφοριακά συστήματα κάτι που αναλύεται περαιτέρω από τους **Braeckers et al (2016)** . Καθώς τα προβλήματα όπως είναι το VRP και ειδικότερα το Vehicle routing problem in 3D variation μπορούν

να υλοποιηθούν με τη βοήθεια γραμμικού προγραμματισμού ή ευρετικά μοντέλα , η λύση τους βασίζεται στην υπολογιστική ισχύ για την απόκτηση εφικτών αποτελεσμάτων σε εύλογο υπολογιστικό χρόνο . Για να (βελτιωθεί) ή να διευκολυνθεί στη μείωση της εκπομπής CO₂ και FC μέσω της βελτιστοποιημένης διαδρομής και τα πληροφοριακά συστήματα , το GIS επιτρέπει σε αντίστοιχες προσεγγίσεις με τις υλοποιημένες λειτουργίες τους να αποθηκεύουν , να χειρίζονται , να αναλύουν , να διαχειρίζονται και να είναι σε θέση να γίνει αναπαράσταση σε χωρικά δεδομένα . Επομένως , τέτοια συστήματα προσφέρουν επιμέρους λειτουργίες για την ανάλυση και το χειρισμό χωρικών δεδομένων σε αντίθεση με τη δρομολόγηση και την κατανομή που μπορούν αν τις ονοματίσει κανείς ως οι πιο κοινές εφαρμογές (Rodrigue et. al, 2017) . Τέτοια παραδείγματα , είναι δυνατό να υλοποιηθούν σε βασικές αναφορές όπως τα Network Analyst (NA) in Esri's ArcGis environment . Με βάση τις λειτουργίες του GIS οι διαδρομές ή ολόκληρο το μοντέλο του VRP μπορούν να βελτιστοποιηθούν για τις περιβαλλοντικές επιδράσεις με χαρακτηριστικό παράδειγμα FC και CO₂ με εφαρμοσμένο EEM . Andersen et. al 2017 εισήγαγε ένα σύστημα βασισμένο σε GIS (Geographic Information System) όπου τα οικολογικά βάρη εκχωρούνται σε ένα τμήμα δρόμων με βάση τα συλλεγόμενα δεδομένα GPS και FC. Τα εκχωρημένα βάρη χρησιμοποιούνται για τη βελτιστοποίηση των διαδρομών μέσω της βοήθειας των αλγορίθμων Dijkstra και OpenStreetMap data ενώ η συντομότερη και ταχύτερη διαδρομή μεταξύ δυο σημείων μπορεί να προσδιοριστεί ταυτόχρονα . Το σύστημα όμως λειτουργεί για τμήματα δρόμων που διαθέτουν δεδομένα που έχουν καταχωρήσει , δεν κάνει διάκριση μεταξύ των τύπων οχημάτων και αγνοεί τις επιπτώσεις από την κλίση του δρόμου . In Esri's ArcGis environment , οι Zsigraiova et al (2013) πρότειναν μια μεθοδολογία με στόχο να μειώσουν τα λειτουργικά κόστη των εκπομπών στις διαδρομές συλλογής και μεταφοράς απορριμμάτων . Με βάση ένα παραγόμενο χάρτη ωφελημάτων του οποίου οι τιμές έχουν εκχωρηθεί σε ένα οδικό δίκτυο RN οι πράσινες διαδρομές για την δρομολόγηση της πόλης έχουν καταχωρηθεί και ορίζονται σε ένα GIS . Ενώ οι δημοσιεύσεις που βασίζονται στο GIS περιλαμβάνουν EEM ή επιπρόσθετες προσεγγίσεις για το καθορισμό οικολογικών διαδρομών , οι συνέπειες της κλίσης του δρόμου θεωρούνται ανεπαρκείς . Οπότε με τη χρήση του μοντέλου COPERT III, εξετάζεται η δρομολόγηση του HDV δίνοντας έμφαση στις επιπτώσεις της κλίσης του δρόμου περιοχές με λόφους , εισάγοντας ένα μοντέλο καυσίμου και εκπομπών σε μικροκλίματά για ένα συγκεκριμένο HDV το οποίο εφαρμόζεται σε ένα Eco Routing Navigation System EFNavi και εκτιμήθηκε από τον Boriboonsomsin et al

(2012) . Ως μια επεξήγηση του μοντέλου πρέπει να αναφερθεί πως το EFNan παρέχει ένα πλαίσιο το οποίο αποτελείται από μία βάση δεδομένων RN που ενσωματώνει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και στατικά οδικά data ως αποτέλεσμα αυτού αποτελεί η παροχή οικολογικής διαδρομής μόνο μεταξύ των δύο σημείων . Δημιουργώντας ένα 3D – RN που βασίζεται σε γραμμές περιγράμματος για να ενσωματώσει εφέ από την κλίση του δρόμου μέσω της βοήθειας του COPERT III , οι επιστήμονες βελτιστοποιούν απλές διαδρομές συλλογής χρησιμοποιώντας τις λειτουργίες επίλυσης της διαδρομής ενός GIS . Ωστόσο , με αυτόν τον τρόπο η καλύτερευση ή αλλιώς βελτιστοποίηση βασίζεται σε μέσες ταχύτητες για ολόκληρες διαδρομές . Επίσης , βασίζονται σε εμπορικά δεδομένα (data) και εξωτερικές μονάδες που δεν είναι σε θέση να εκτιμήσουν τα σύνολα FC και εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα . Με τη βοήθεια των δεδομένων του 3D Routing Model το οποίο υπολογίζει τη κλίση του δρόμου χρησιμοποιώντας ένα ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο DEM (Digital Elevation Model) βελτιστοποιεί όχι μόνο τις διαδρομές μεταξύ των δύο σημείων αλλά και ένα πολύπλοκο VRP το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε περιοχή μελέτης SA με βάση ότι τα δεδομένα και τα υψόμετρα είναι διαθέσιμα .Επομένως , τα πιο φιλικά προς το περιβάλλον αποτελέσματα διαδρομής όπου οι εκπομπές CO2 και FC ελαχιστοποιούνται συγκρίνονται με τις συντομότερες και ταχύτερες εναλλακτικές λύσεις όσο αφορά φυσικά την απόσταση , το χρόνο και το κόστος για την επεξεργασία των αντισταθμίσεων μεταξύ των διαφορετικών λύσεων δρομολόγησης . Αυτό καθιστά τις μεταφορές και τις μετέπειτα δραστηριότητες τους ως ένα από τα βασικά προβλήματα που προκαλούν βλαβερές επιπτώσεις προς το περιβάλλον . Πολλοί θα υποστηρίξουν την άποψη πως και το ίδιο το όχημα της μετακίνησης παράγει ηχορύπανση , ρύπανση από χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια , κυκλοφοριακή συμφόρηση όπου σε συνδυασμό με τη παράλογη διάταξη του κόμβου της εφοδιαστικής επιδεινώνει όλες τις προηγούμενες ρυθμίσεις . Το πρόβλημα δρομολόγησης της γραμμής παράδοσης ή Logistics είναι ο πυρήνας της εφοδιαστικής διανομής και αποτελεσματικής διαχείρισης της . Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία οι μεταφορές αντιπροσώπευαν το 14 % από τις εκπομπές του άνθρακα σε αντίθεση με τις οδικές μεταφορές που αντιπροσώπευαν το ένα τρίτο από τις εκπομπές αυτές . Μέσα από την ευαισθητοποίηση των ανθρώπων για την προστασία του περιβάλλοντος , η μείωση των εκπομπών ρύπων καθώς και την εξοικονόμηση ενέργειας αποτελούν μια κατευθυντήρια ιδεολογία για τη δρομολόγηση οχημάτων . Στο πραγματικό πρόβλημα διανομής ο πελάτης επικεντρώνεται στο χρονικό διάστημα παράδοσης το οποίο

συνήθως ονομάζεται time window. Το time window , μπορεί να διακριθεί σε hard time window και soft time window ανάλογα με την σοβαρότητα των απαιτήσεων ή αν το επιτρέπει η αντίστοιχη τιμή . Στα πρακτικά προβλήματα μπορεί να περιοριστεί το hard time window με το ρυθμιστεί το κόστος της απόκλισης του time window στο άπειρο . Το παραδοσιακό VRP μπορεί να φέρει απόβλητα από τη χρήση υπερβολικού οχήματος διανομής από την εξυπηρέτηση ενός μικρού αριθμού καταναλωτών . Οι ανάγκες των πελατών οδηγούν στο διαχωρισμό τους και στο γεγονός ότι αποστέλλονται σε ξεχωριστά οχήματα για να μειώσουν το κόστος της μεταφοράς και της άσκοπης σπατάλης των πόρων . Μέσα από αυτό τον τρόπο η ικανότητα φόρτωσης του οχήματος μπορεί να αξιοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό και να μειωθεί το κόστος της οδήγησης του μέσου μεταφοράς με χωριστή μετακίνηση Split Delivery Vehicle Routing Problem in 3D variation , με τη βοήθεια ευρετικών κανόνων .Οι έρευνες όμως έχουν δείξει ότι εάν ληφθούν μόνο οι περιορισμοί του time window εξυπηρέτησης του πελάτη και χωριστούν οι παραγγελίες ώστε ο συνολικός όγκος των φορτωμένων φορτίων είναι μικρότερος από το συνολικό όγκο του μέσου μετακίνησης θα εξακολουθεί να μην έχει επιτυχία η φόρτωση λόγω λανθασμένης μεθόδου και σειρά φόρτωσης .Ως επακόλουθο των παραπάνω περιπτώσεων , οι **Andreas Bortfledt and Yi Junming (2018)** μελέτησαν την επέκταση του SDVRP στο πρόβλημα με τους τρισδιάστατους loading constraints (3D loading Split Delivery Vehicle Routing Problem , 3L – SDVRP) όπου πρότειναν ένα υβριδικό αλγόριθμο . Ο αλγόριθμος αυτός είναι σε θέση να δημιουργήσει λύσεις υψηλής ποιότητας με μια απλή δομή σχεδίου συσκευασίας σε μικρό χρονικό διάστημα . Είναι γεγονός πως τα προβλήματα μεταφοράς πρέπει να έχουν στα υπόψιν τους τις φυσικές διαστάσεις των φορτίων που είναι για διανομή και να θεσπίσουν πιο βιώσιμες μεθόδους στις λειτουργίες της εφοδιαστικής τους . Επομένως , με την χρήση του αναφερθέντος αλγόριθμου μειώνεται η συνολική απόσταση μετακίνησης των οχημάτων μεταφοράς βελτιώνοντας τη απόδοση των logistics με μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών αερίου επιβλαβές για το περιβάλλον .Μέσα από τον κλάδο των Logistics και τις ευρετικές πρακτικές - μεθόδους στόχος είναι να βελτιωθεί και η υλικοτεχνική υποστήριξη με την απαιτούμενη τελευταία διαδικασία απεικόνισης δεδομένων . Χαρακτηριστικό παράδειγμα θα μπορούσε να θεωρηθεί η νέα γενιά του συστήματος σεισμικής πρόβλεψης 3D σήραγγας που ενσωματώνει τις λειτουργικές απαιτήσεις με την τελευταία τεχνολογία TSP – 3D .



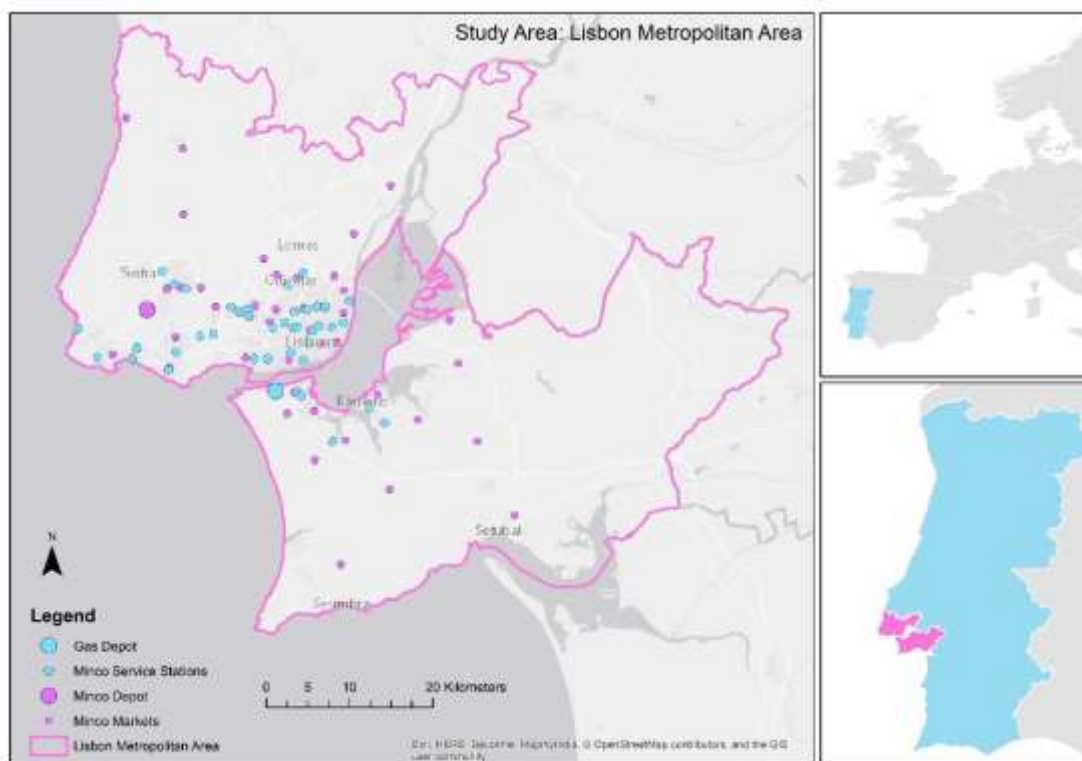
Σχήμα 3 : Τοποθέτηση κουτιού σε κενό χώρο που δημιουργεί τρεις μέγιστους υπό χώρους,

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/21180/20779445>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Επεξήγηση προβλήματος – Study Area .

Είναι γεγονός πως η δρομολόγηση και ειδικότερα πάνω στη διαδικασία εύρεσης μιας διαδρομής κάτω από ένα κριτήριο βελτιστοποίησης όπως για παράδειγμα ο χρόνος , η απόσταση ή οποιοδήποτε άλλο ποσοτικό μέτρο μεταξύ των σημείων σε ένα δίκτυο αποτελεί ένα πολύ δυναμικό τομέα έρευνας βασισμένο στον γνωστό αλγόριθμο του Dijkstra .Σε ένα VRP δεν βελτιστοποιείται μόνο μια διαδρομή μεταξύ δύο σημείων αλλά και σύνολα διαδρομών μεταξύ πολλών σημείων για παράδειγμα super market τα οποία εξυπηρετούνται από ένα στόλο οχημάτων με διαφορετικά κριτήρια βελτιστοποίησης και περιορισμούς. Σε αυτό το σημείο με βάση το μοντέλο COPERT III υποδεικνύεται ότι απαιτείται έρευνα για τη βελτιστοποίηση των διαδρόμων σε λοφώδεις περιοχές δίνοντας έμφαση στις επιπτώσεις της κλίσης του δρόμου εισάγοντας ένα μοντέλο microscale (μικρής κλίμακας) (Ntziachristos, Samaras, 2000). Συνεπώς , το ανεπτυγμένο 3D Routing Model δείχνει πόσο σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης καυσίμων και εκπομπών ρύπων είναι εφικτό να επιτευχθούν στο τομέα των Logistics. Λαμβάνοντας υπόψιν την κλίση του δρόμου ως ένα επιπλέον βαθμό ελευθερίας το μοντέλο του τρισδιάστατου routing model συμβάλει στην εξελισσόμενη μελέτη τεχνικών και στρατηγικών προσεγγίσεων περιγράφοντας μία προσέγγιση στο Geographic Information System με σκοπό την μείωση του των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και FC (Scott et al, 2010). Το παραπάνω μοντέλο στοχεύει να δείξει πως τα τοπικά χαρακτηριστικά επηρεάζουν τα ποσοστά FC και εκπομπών διαφορετικών διαδρομών στη διανομή προϊόντων και πώς αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να ενσωματωθούν στη βελτιστοποίηση των διαδρομών . Το προτεινόμενο μοντέλο μπορεί να διακριθεί σε τέσσερα μέρη μεθοδολογίας .Ως study area (SA) έχει χρησιμοποιηθεί η Μητροπολιτική Περιοχή της Λισαβόνας (LMA) βρισκόμενη γύρω από την εκροή του ποταμού Tejo όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα 4 της απεικόνισης (Schröder et al, 2018).

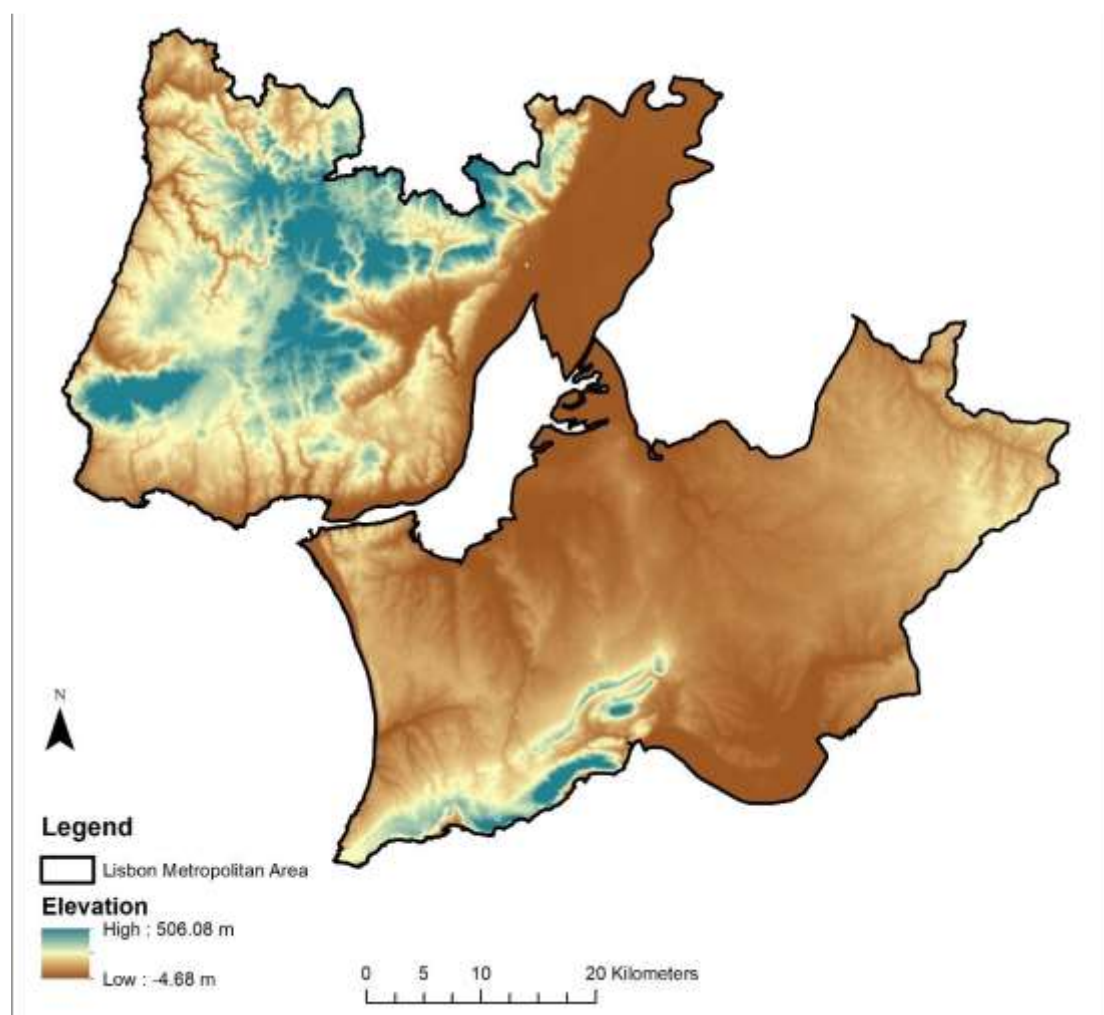


Σχήμα 4 : Study Area – The Lisbon Metropolitan Area including the Minco Framework.,

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971518300723#f0010>

Το LMA κατέχει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση πληθυσμού στην Πορτογαλία καθώς περισσότερο από το 1/3 του συνολικού πληθυσμού εγκαθίσταται στη περιοχή αυτή. Ενώ οι περισσότεροι άνθρωποι ζουν σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα στα νότια της περιφέρειας της Λισαβόνας μόνο το 20% κατοικεί κατά μήκος της νότιας ακτογραμμής σε αντίθεση οι υπόλοιπες περιοχές μπορούν να οριστούν ως αγροτικές . Τα υψόμετρα και των δυο περιοχών ποικίλουν κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας έως περίπου 500 m όπως φαίνεται στο σχήμα παραπάνω .Επίσης , περιλαμβάνει λοφώδεις περιοχές με πολλές τοπογραφικές αλλαγές και ένα οδικό δίκτυο σχεδόν 20.000 km μπορεί να διακριθεί σε κατηγορίες όπως αυτοκινητόδρομοι , κύριοι ή δευτερεύοντες δρόμοι . Το Road Network του Lisbon Metropolitan Area επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις τοπογραφικές του αλλαγές με συνέπεια απότομες αναβάσεις καθώς και κατηφόρες και σε καλά διευρυμένους αυτοκινητόδρομους .Μία μέση απόκλιση στη κλίση του δρόμου σχεδόν 4% μπορεί να προκύψει ότι η κλίση του δρόμου έχει σημαντική επίδραση στο FC και στις εκπομπές CO₂ (Schröder et al, 2018).

Η τεχνική εταιρία MINCO διαθέτει 40 super market εντός του LMA και λειτουργεί 45 πρατήρια καυσίμων τα οποία συγκεντρώνονται γύρω από τη πόλη της Λισαβόνας όπως απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα 5 (Schröder et al, 2018).



Σχήμα 5 : Elevation in the Lisbon Metropolitan Area , <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971518300723#f0010>

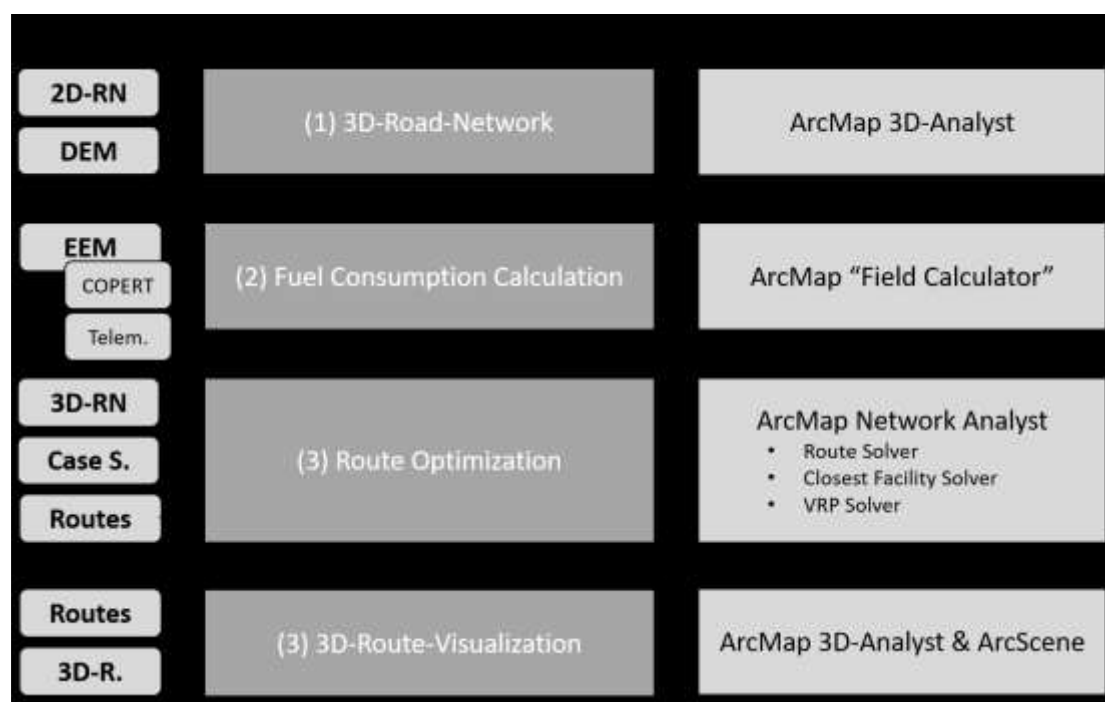
Ενώ τα super market προμηθεύονται από μία αποθήκη , τα πρατήρια καυσίμου τροφοδοτούνται με διάφορα είδη καυσίμων από μία αποθήκη η οποία είναι τοποθετημένη στη νότια όχθη του ποταμού . Είναι βέβαιο πως τόσο τα super market και το πρατήριο καυσίμων όσο και οι αντίστοιχες τοποθεσίες της αποθήκης βασίζονται σε πραγματικά σημεία ώστε να προσομοιώσουν ρεαλιστική κατανομή και απεικόνιση της πραγματικότητας . Για να μειωθεί το αποτύπωμα του άνθρακα της εταιρίας οι διαδρομές διανομής οι οποίες έχουν υποστεί βελτιστοποίηση για τον ελάχιστο χρόνο λειτουργίας μέχρι στιγμής υφίστανται επαναξιολόγηση με σκοπό τη σύγκριση τους με τις πιο φιλικές τιμές ρύπων προ το περιβάλλον (Schröder et al, 2018).

2.2 Methodology – 3D Road Network .

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται ένα model τρισδιάστατης δρομολόγησης βασισμένο σε Geographic Information System για το προσδιορισμό των περισσότερων προς το περιβάλλον διαδρομών στο τομέα της μετακίνησης και διανομής προϊόντων . Οι διαδρομές δέχονται βελτιστοποίηση με ελαχιστοποίηση του FC στο όχημα και τις αντίστοιχες εκπομπές CO₂ σε ένα Routing Network λαμβάνοντας ταυτόχρονα βάση τη τοπογραφία και άλλους παράγοντες .Η υλοποίηση του μοντέλου διακρίνεται σε τέσσερις φάσεις :

1. Δημιουργία ενός 3D - RN με τη σύνδεση ενός 2D - RN .
2. Υπολογισμός FC για κάθε όχημα και κατεύθυνση για κάθε άκρο εντός του 3D-RN .
3. Βελτιστοποίηση της διαδρομής για ελάχιστο FC και εναλλακτικές λύσεις .
4. Τρισδιάστατη απεικόνιση διαδρομών .

Το 3D RN δημιουργείται στο ArcMap χρησιμοποιώντας την επέκταση 3D Analyst και οι διαδρομές βελτιστοποιούνται στην επέκταση NA . Μία γενική επισκόπηση μεθοδολογίας δίνεται στο Σχήμα 6 (Schröder et al, 2018).



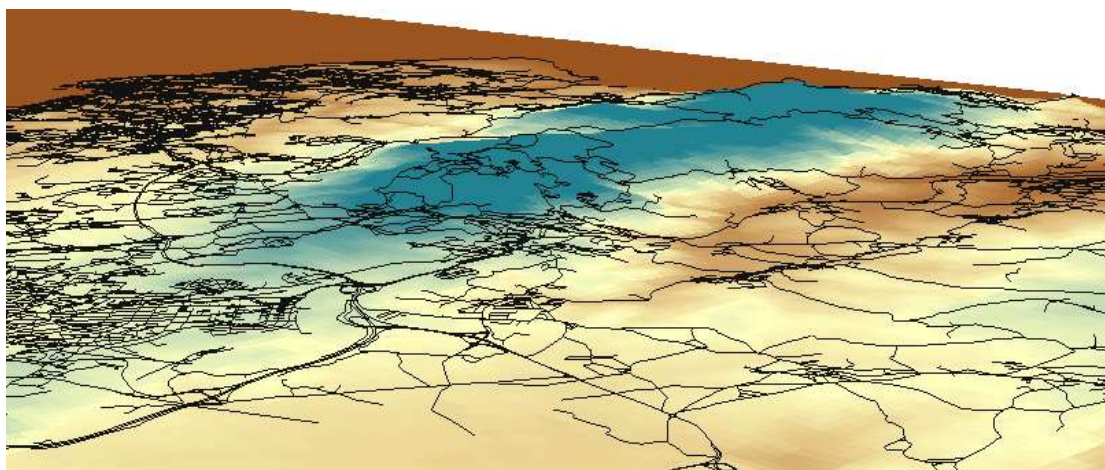
Σχήμα 6 : Methodology Overview .

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971518300723#f0010>

Τα δεδομένα ανοιχτού κώδικα χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση ενός 3D RN το οποίο δημιουργείται εμπλουτίζοντας ένα σύνολο δεδομένων 2D RN με

χαρακτηριστικά και ιδιότητες που σχετίζονται με το ύψος ενός DEM – Digital Elevation Model βασισμένο σε δεδομένα Open Street Map το οποίο αποτελείται από τμήματα δρόμων που χωρίζονται σε διασταυρώσεις (Geofabrik, 2017) . Το DEM είναι νέα τρισδιάστατο σύνολο δεδομένων το οποίο φιλοξενείται στην έκταση της SA . Για να μεταφερθεί ένα 2D σε ένα 3D RN η 3D Analyst δίνει τη δυνατότητα και παρέχει πολλά εργαλεία όπου προκύπτει μια μέση κλίση . Το χαρακτηριστικό αυτό παρέχει μόνο απόλυτες τιμές για τις κλίσεις των τμημάτων του δρόμου και δεν κάνει διακρίσεις polylines (πολύγραμμές) RN σε ανηφορική ή κατηφορική κατεύθυνση . Επιπροσθέτως , οι μέσες τιμές κλίσης υπολογίζονται σε μήκη οδικού τμήματος άνω των δέκα χιλιομέτρων γεγονός που οδεύει σε ανακριβείς υπολογισμούς . Επομένως , για να ληφθούν αναλυτικά αποτελέσματα the polylines 2D RN παρεμβάλλονται με το DEM για να δημιουργηθεί ένα χαρακτηριστικό 3D . Μετά το RN χωρίζεται με βάση το ύψος και γίνεται αλλαγή της κατεύθυνσης του σε διασταυρώσεις σε ευθύγραμμα τμήματα περίπου 15 m για μεγαλύτερη ανάλυση και συνολικά καταλαμβάνει 1.208.581 άκρα (Kouridis et al., 2010).. Για να προσδιοριστεί η κατεύθυνση των κλίσεων δηλαδή θετικές τιμές – ανηφόρα και αρνητικές τιμές – κατηφόρα , εξάγονται τα σημεία έναρξης κάθε ακμής δηλαδή οι κορυφές και εμπλουτίζονται με το παρεμβλλόμενο ύψος τους . Σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα των πληροφοριών της επιφάνειας δηλαδή μέγιστο και ελάχιστο ύψος κάθε ακμής υπολογίζεται το ύψος των ακραίων σημείων των άκρων και κατεύθυνση της κλίσης προκύπτει θετική αρνητική . Για να ληφθούν υπόψη οι υψομετρικές αλλαγές των εδαφών και αντίστοιχη κλίση του δρόμου σχετικά με τις φιλικές προς το περιβάλλον διαδρομές και εκτιμήσεις , οι τιμές της κλίσης και του μήκους 3D χρησιμοποιούνται σε μεταγενέστερους υπολογισμούς (Schröder et al, 2018).

Το σχήμα 7 , απεικονίζει ένα απόσπασμα του 3D Road Network εντός του Study Area με κατεύθυνση νοτιοδυτική με την πόλη Cascais τοποθετημένη στο βάθος αντιπροσωπεύει τις ανωμαλίες του Lisbon Metropolitan Area .



Σχήμα 7 : 3D Road Network in the LMA .
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971518300723#f0010>

Το FC (Fuel consumption) των οχημάτων επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως είναι η ισχύς του κινητήρα, το βάρος και η ταχύτητα . Ομοίως, εξωτερικοί παράγοντες όπως η κυκλοφορία και οι καιρικές συνθήκες καθώς και το style οδήγησης το επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό . Τα μοντέλα εκτίμησης FC μπορούν να διακριθούν σε μακροσκοπικά και μικροσκοπικά μοντέλα , Αναλυτικότερα, τα πρώτα λαμβάνουν μέσες συγκεντρωτικές παραμέτρους δικτύου για την αξιολόγηση των εκπομπών σε διαφορετικές κλίμακες ενώ τα μικροσκοπικά μοντέλα εκτιμούν στιγμιαία FC ειδικά τα οχήματα βασιζόμενα σε πραγματικό χρόνο όπως τη τρέχουσα ταχύτητα, επιτάχυνση και ταχύτητα περάτωσης . Αν και τα μικροσκοπικά μοντέλα είναι σε θέση να λάβουν πιο ακριβή αποτελέσματα , τα μακροσκοπικά είναι πιο κατάλληλα για μοντέλα σχεδιασμού και βελτιστοποίησης . Αυτές οι παράμετροι λαμβάνονται κατά νου μόνο κατά τη διάρκεια την διανομής – διαδρομής και όχι κατά τις διαδικασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης (Tavares et al, 2009)

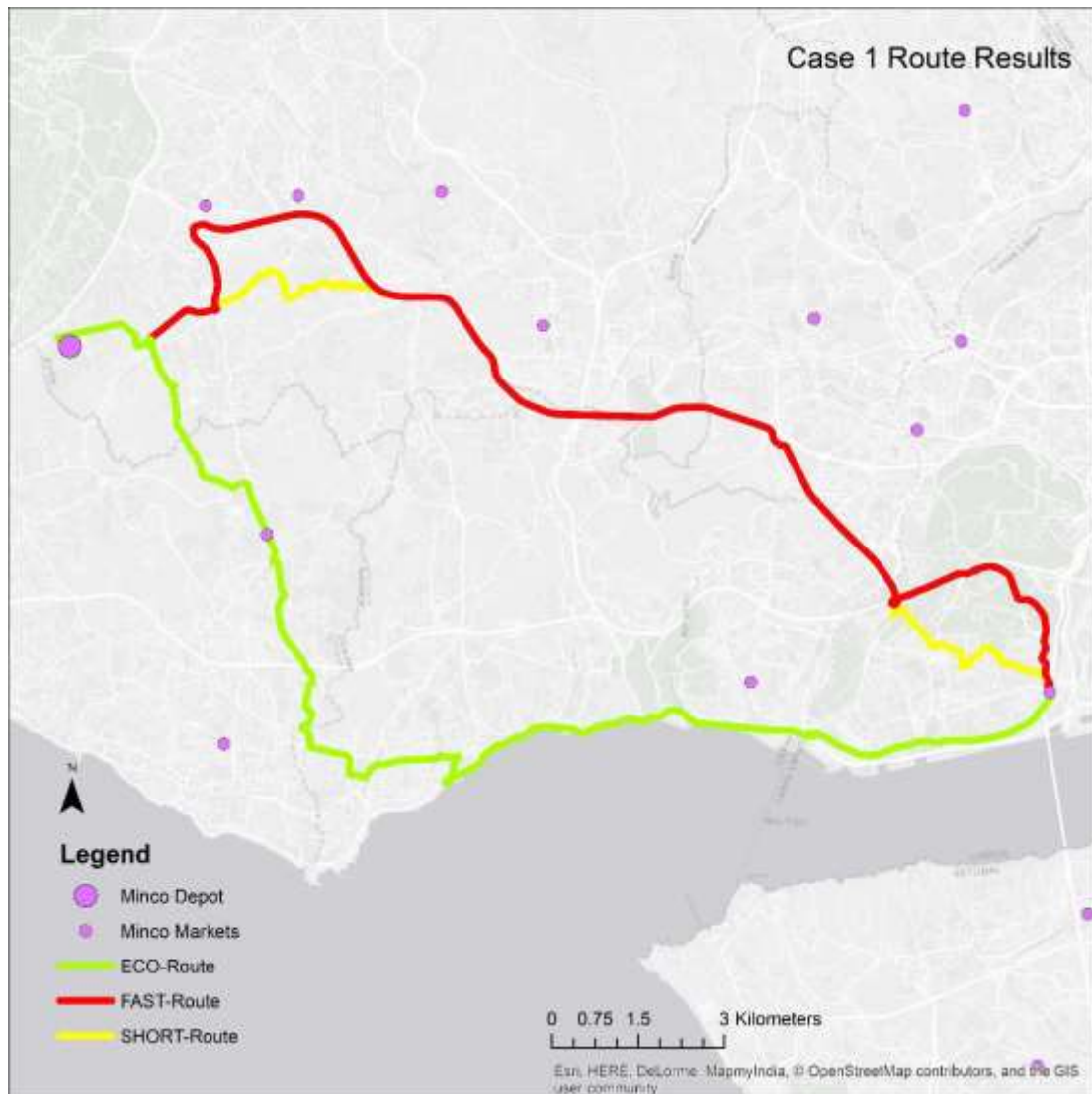
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Περιπτώσεις μελέτης – Παρουσίαση των Case study .

Το 3D – Road network , δημιουργείται χρησιμοποιώντας μια λεπτομερή μεθοδολογία για τη λήψη ευθύγραμμων τμημάτων από το 2D RN τα οποία είναι εμπλουτισμένα με χαρακτηριστικά που σχετίζονται φυσικά με τις υψομετρικές προδιαγραφές . Η υλοποίηση ολόκληρη του μοντέλου σε μία διαδικτυακή εφαρμογή όπως το EFNav αλλά για μεγαλύτερη περιοχή είναι κάτι που θα εκτιμούσε κανείς στο μέλλον . Παρακάτω , θα γίνει περιγραφή τεσσάρων case study για την πλήρη κατανόηση του μοντέλου (Schröder et al, 2018).

3.1 Case study 1 .

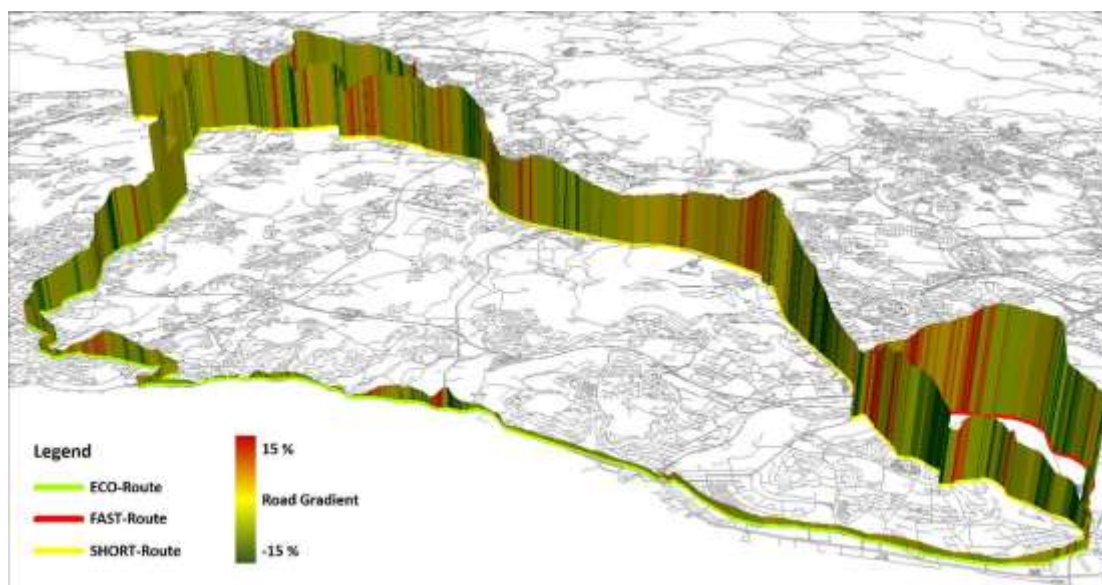
Σε αυτό το σενάριο υφίσταται προσομοίωση ενός μόνο super market με πλήρη φόρτωση $CF_{Load} = 1.18$ HDV (Heavy Duty Vehicles) έως 16 τόνους το οποίοι χρησιμοποιείται από την εταιρία MINCO . Η συγκεκριμένη εταιρία χρησιμοποιεί ολόκληρα φορτία για την προμήθεια των super market με τον ανεφοδιασμό ξηρών προϊόντων όπως συσκευασμένα τρόφιμα ή ποτά . Είναι γεγονός πως αποφεύγονται μερικώς φορτωμένα φορτηγά τα οποία σε ποσοστό χωρητικότητας είναι χαμηλό . Επομένως με βάση αυτό το study στόχος είναι να προσδιοριστεί η πιο φιλική μεταφορά ή διαδρομή μεταξύ του Depot και ενός μόνο super market και να συγκριθεί η διαδρομή με τη συντομότερη και ταχύτερη εναλλακτική του (Schröder et al, 2018).



Σχήμα 8 : Case study 1 routes .
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971518300723#f0010>

Στο σχήμα 8 απεικονίζονται οι τρεις δημιουργημένες διαδρομές (ECO , FAST , SHORT Routes) από το αμαξοστάσιο προς super market . Συγκρίνοντας τις 3 διαδρομές μπορεί να εντοπιστεί ότι οι συντομότερες και ταχύτερες διαδρομές οι οποίες δεν έχουν υποστεί βελτιστοποίηση για fuel consumption υφίστανται κάλυψη μεταξύ τους καθώς χρησιμοποιούν κυρίως αυτοκινητόδρομους . Και οι δυο διαδρομές χαρακτηρίζονται από τμήματα ανόδου και καθόδου ενώ διακρίνεται και η ταχύτερη διαδρομή που μεγιστοποιεί την απόσταση στον αυτοκινητόδρομο. Αντιθέτως , η συντομότερη διαδρομή ελαχιστοποιεί την απόσταση προς τον αυτοκινητόδρομο έως το super market . Έτσι , η πιο φιλική προς το περιβάλλον διαδρομή χαρακτηρίζεται από τμήματα καθοδικής πορείας όπου το FC ελαχιστοποιείται . Για παράδειγμα χρησιμοποιεί κυρίως κατερχόμενους αγροτικού και αστικού δρόμους όπως

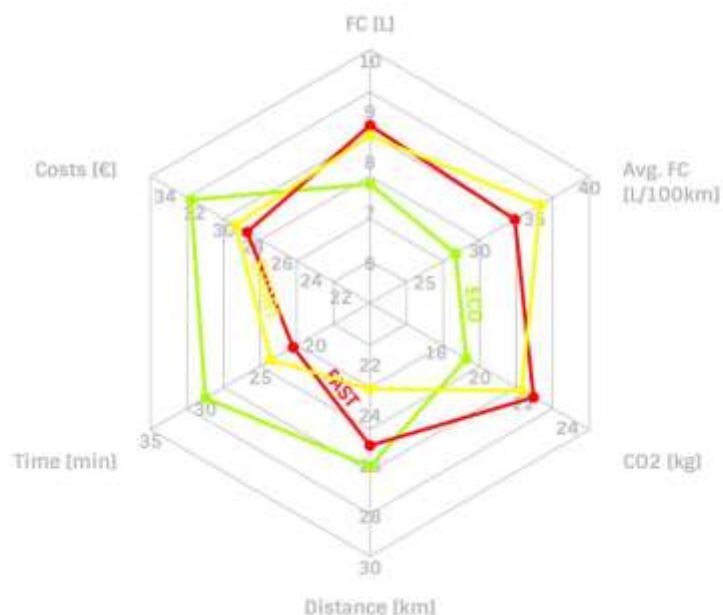
απεικονίζεται στο 3D Height Profile , όπου οι τιμές υψομέτρου για κάθε τμήμα του δρόμου παραγοντοποιούνται για οπτική χρήση . Στο εν λόγω 3D Height Profile , η κατεύθυνση και η κλίση υποδεικνύονται μέσω ενός χρωματικού συνδυασμού όπου το πράσινο χρώμα δείχνει τα κατερχόμενα τμήματα και το κόκκινο τα ανοδικά τμήματα των δρόμων (Schröder et al, 2018).



Σχήμα 9 : 3D – Height – Profile for case study 1 .
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971518300723#f0010>

Επομένως , συγκρίνοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και εκπομπών FC η διαφορά μεταξύ της συντομότερης και της ταχύτερης είναι οριακή ενώ η πιο φιλική προς το περιβάλλον διαδρομή επιτρέπει σημαντική εξοικονόμηση καυσίμων και εκπομπών κατά 13.6 % σε σύγκριση με την ταχύτερη και 11.5 % στη συντομότερη διαδρομή . Από την άλλη πλευρά , η απόσταση και ο χρόνος των οικολογικών διαδρομών είναι σημαντικά σε υψηλότερο βαθμό από τις εναλλακτικές . Όπως είναι φυσικό , αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στο κόστος των διαδρομών όπου η χρηματική εξοικονόμηση μέσω λιγότερων fuel consumption αντισταθμίζεται από την αύξηση του κόστους λειτουργίας . Επομένως , η ταχύτερη διαδρομή είναι 11.8 % φθηνότερη από την φιλική προς το περιβάλλον καθώς καταλαμβάνει ένα χιλιόμετρο λιγότερο και σχεδόν οχτώ λεπτά ταχύτερη (Schröder et al, 2018).

Case Study 1 Result



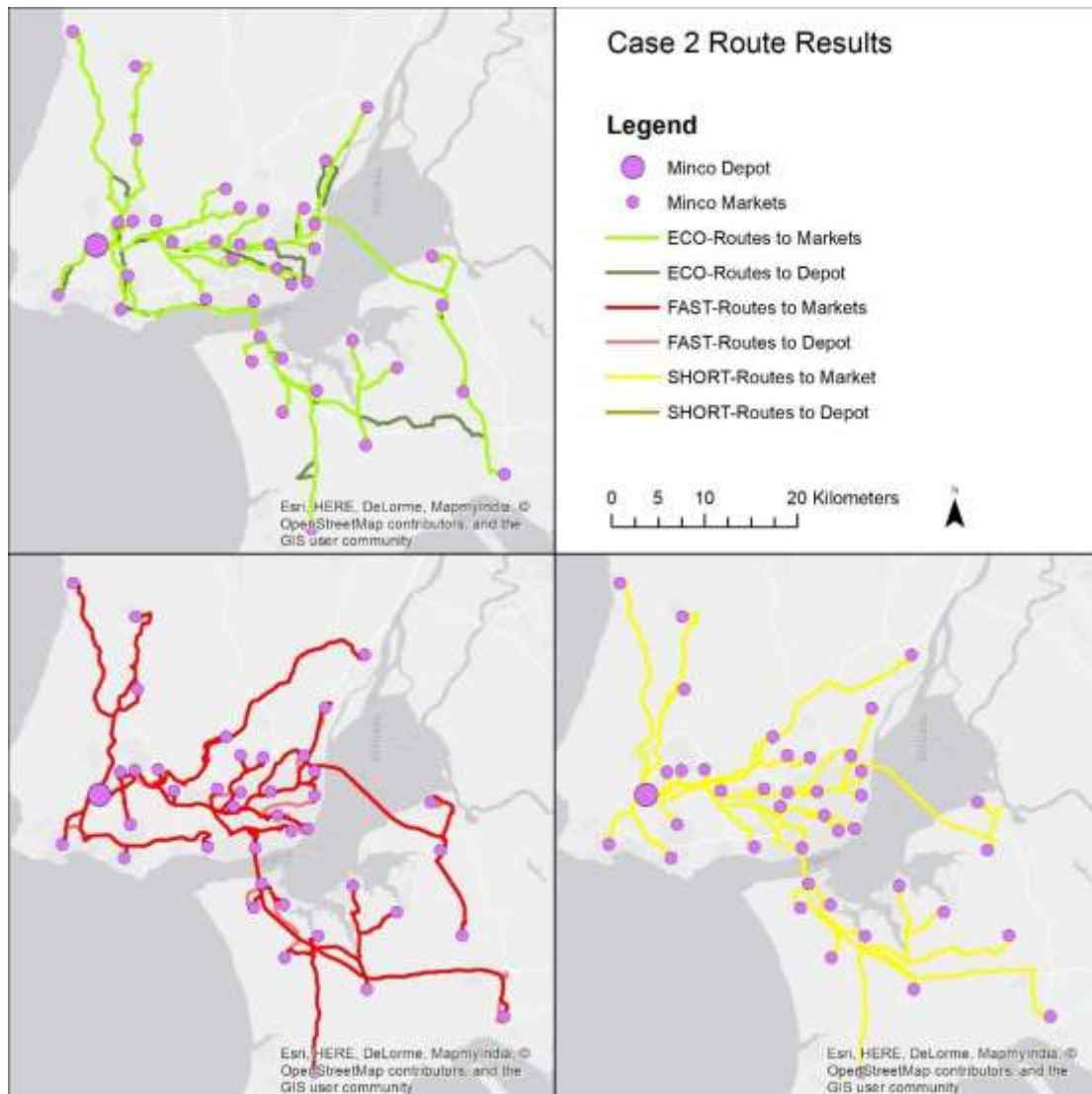
Σχήμα 10 : Case study 1 Parameter Results .

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971518300723#f0010>

Το παραπάνω σχήμα απεικονίζει τα αποτελέσματα και τι διαφορετικές παραμέτρους για τη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης .

3.2 Case Study 2 .

Όσο αφορά το δεύτερο σενάριο η μετακίνηση των ξηρών προϊόντων σε κάθε super market της εταιρίας MINCO πραγματοποιείται προσομοίωση και επέκταση με την επιστροφή του HDV στο αμαξοστάσιο ενώ μόνο ένα φορτηγό τροφοδοτεί κάθε super market . Όπως στο πρώτο σενάριο τα εμπορεύματα μεταφέρονται με πληρότητα 1.18 στις αγορές , ωστόσο για το backhaul εφαρμόζεται ένα CFLoad 0.82 για να ληφθούν υπόψη τα άδεια φορτηγά που επιστρέφουν . Επομένως , για κάθε super market ορίζεται η πιο φιλική προς το περιβάλλον διαδρομή και οι εναλλακτικές της για τα ταξίδια μετάβασης και επιστροφής με το αντίστοιχο φυσικά βάρος . Αντίστοιχα με την επίλυση closet facility έχει υποστεί ρυθμίσεις για τις σύνθετες αντιστάσεις και την κατεύθυνση δρομολόγησης δηλαδή Depot to Facility και αντίστροφα . Συγκεκριμένα , οι διαδρομές που απεικονίζονται στο Σχήμα 11 όπου για τις διαδρομές Eco Friendly σύντομη και γρήγορη εμφανίζονται οι διαδρομές προς τις αποθήκες και αντίστροφα (Schröder et al, 2018).

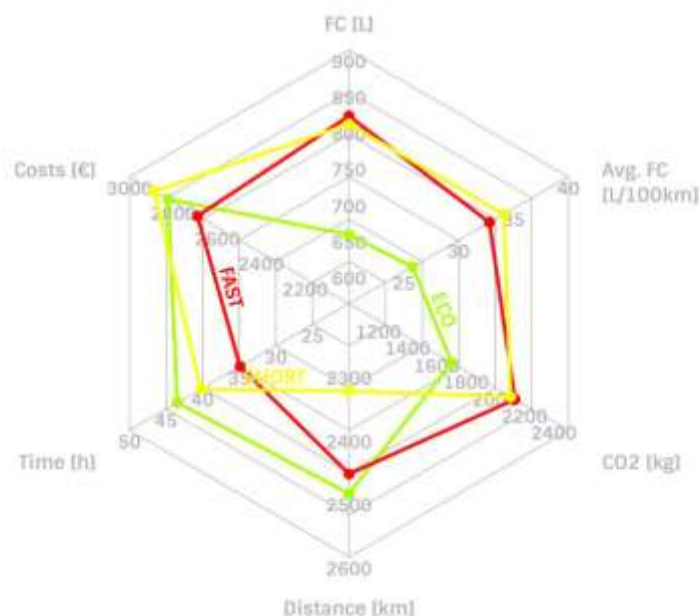


Σχήμα 11 : Case Study 2 Routes .
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971518300723#f0010>

Με αποτέλεσμα συνολικά 240 διαδρομές ένας χαρακτηρισμός για κάθε διαδρομή θα προκαλέσει επέκταση της επεξήγησης . Όσο αφορά τις γρήγορες οικολογικές διαδρομές , οι διαδρομές επιστροφής προς την αποθήκη αλλάζουν σε συγκεκριμένες περιπτώσεις ενώ για τις σύντομες διαδρομές , οι διαδρομές επιστροφής δεν διαφέρουν από τις διαδρομές προς την αγορά . Επιπλέον , οι σύντομες και οι ταχύτερες δρομολογήσεις μπορούν να υποστούν περιγραφή ως ένα μείγμα τμημάτων ανόδου και καθόδου με στόχο την βελτιστοποίηση των αντίστοιχων σύνθετων αντιστάσεων μα τη διαφορά πως δεν λαμβάνονται υπόψη οι επιδράσεις FC λόγω της κλίσης του δρόμου στη πιο γρήγορη διαδρομή (Schröder et al, 2018).

Παρά τις απόλυτες διαφορές οι πιο γρήγορες δρομολογήσεις είναι μόλις 4.8% λιγότερο ακριβές από τις πιο φιλικές προς το περιβάλλον διαδρομές οι οποίες είναι οικονομικότερες από τις σύντομες (Schröder et al, 2018).

Case Study 2 Result



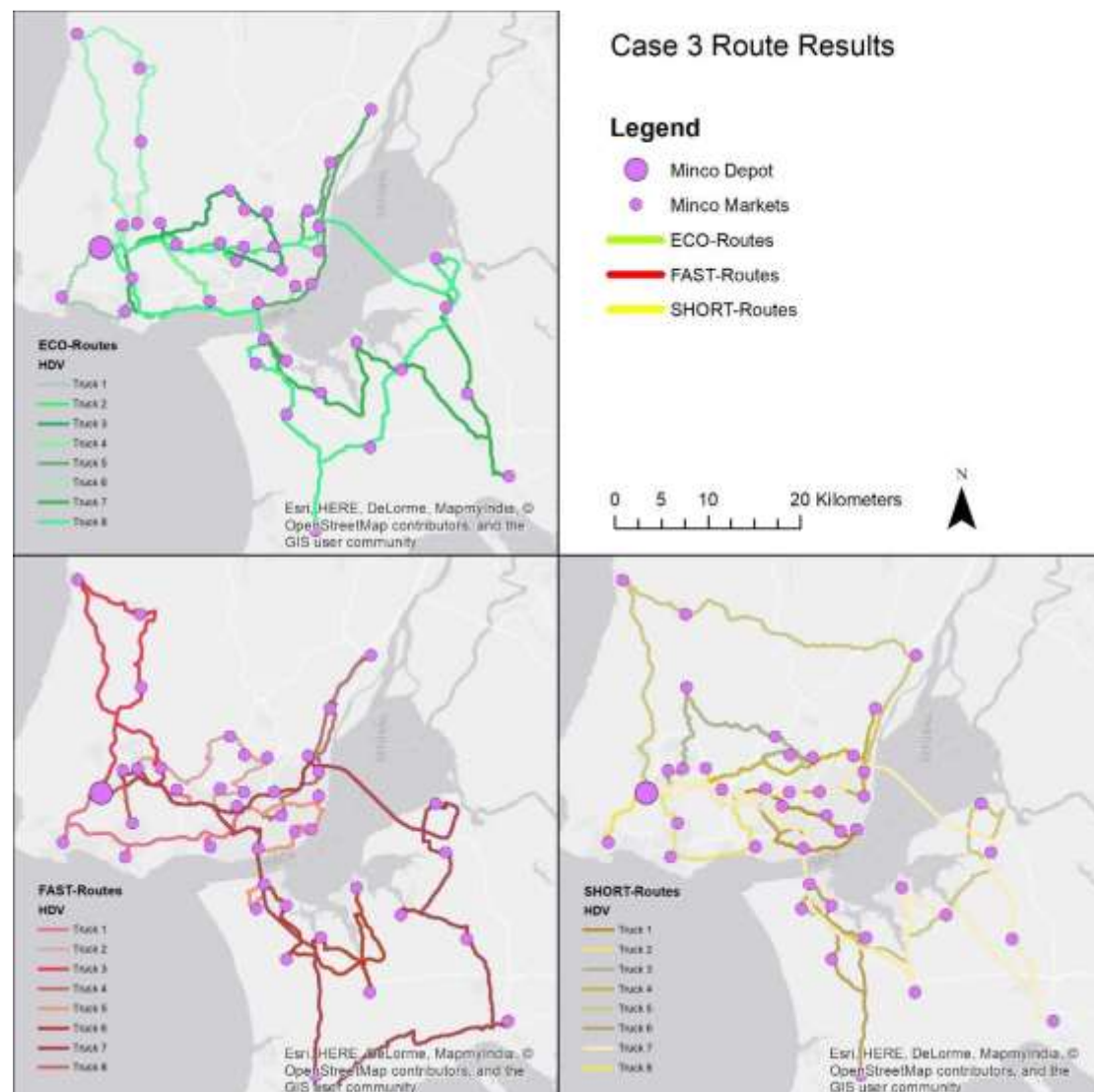
Σχήμα 12: Case Study 2 Parameter Results .

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971518300723#f0010>

3.3 Case Study 3 .

Στο τρίτο αυτό σενάριο προσομοιώνεται η καθημερινή προμήθεια των κατεψυγμένων προϊόντων σε κάθε super market MINCO ως ένα vehicle routing problem . Άρα, οχτώ φορτηγά HDV χωρητικότητας 100 μονάδων το καθένα προμηθεύει ένα υποσύνολο των 40 super market , και επιστρέφει στην αποθήκη. Κάθε super market διαθέτει μια τυχαία εκχωρημένη ζήτηση μεταξύ 10 και 25 μονάδων επομένως κάθε φορτηγό μπορεί να οδηγήσει σε προμήθεια 10 και 4 καταστημάτων . Από την άλλη πλευρά καθώς το βάρος CF (Correction Factor) μειώνεται με την προμήθεια σε ένα κατάστημα , το βάρος CF θα πρέπει να αλλάξει για κάθε τμήμα διαδρομής κάτι που θα οδηγούσε σε αλλαγή τις βελτιστοποιημένες διαδρομές . Οπότε για τη βελτιστοποίηση του VRP η συντομότερη και ταχύτερη διαδρομή εξυπηρετεί τις απαιτήσεις κάθε καταστήματος της εταιρίας MINCO με τις αναφερόμενες παραμέτρους να ρυθμίζονται στο εν λόγω VRP . Σύμφωνα με τα κριτήρια

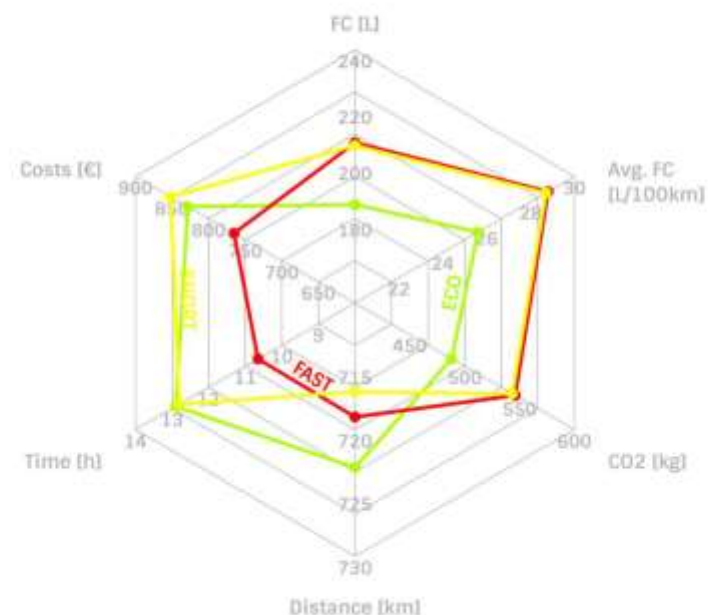
βελτιστοποίησης ένα σύνολο διαδρομών καθώς αντιστοιχεί μία διαδρομή για κάθε HDV δημιουργείται από το VRP σε κάθε σύνθετη αντίσταση όπως εμφανίζονται στο ακόλουθο Σχήμα 13 της παρακάτω απεικόνισης (Schröder et al, 2018).



Σχήμα 13 : Case study 3 Routes .

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971518300723#f0010>

Case Study 3 Result



Σχήμα 14 : Case study 3 Parameter Results .

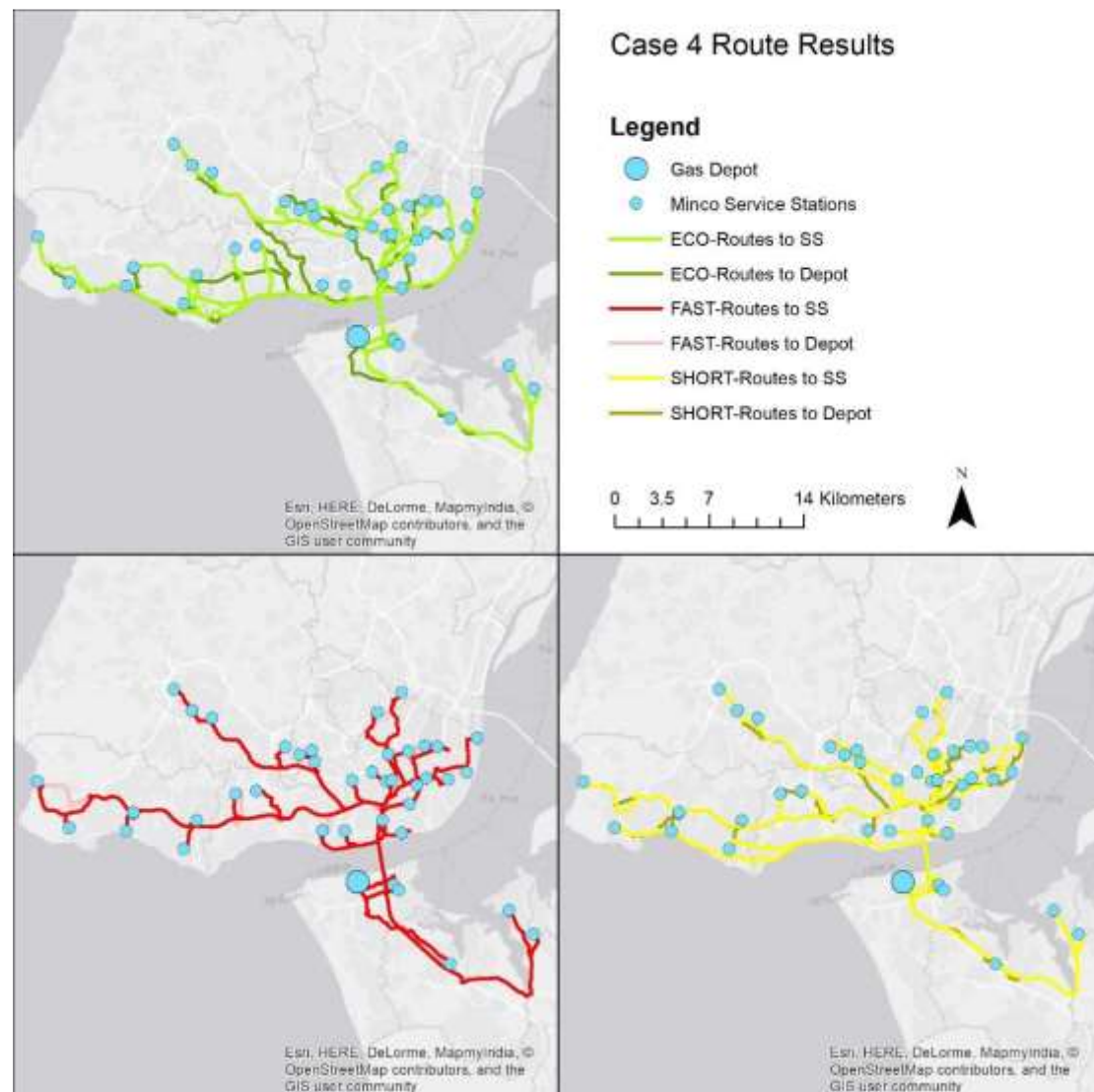
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971518300723#f0010>

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα η πιο φιλική προς το περιβάλλον διαδρομή αποφέρει εξοικονόμηση καυσίμων και εκπομπών στο 11% σε σύγκριση με τις εναλλακτικές ενώ η συνολική διαδρομή που έχει διανύσει είναι παρόμοια με κάθε σύνολο διαδρομών . Ωστόσο , η ταχύτερη διαδρομή είναι 2 ώρες ταχύτερη από την οικολογική με αποτέλεσμα περίπου 8% λιγότερο κόστος (Schröder et al, 2018).

3.4 Case Study 4 .

Στο τέταρτο σενάριο κάθε πρατήριο τροφοδοτείται με καύσιμο CFLoad = 1.18 από HDV > 32 τόνοι . Ύστερα από την τροφοδοσία των πρατηρίων καυσίμων τα φορτηγά επιστρέφουν άδεια στο Gas Depot όπως στο case study 2 . Για κάθε πρατήριο καυσίμων καθορίζεται η πιο φιλική προς το περιβάλλον διαδρομή και οι εναλλακτικές λύσεις για τις δρομολογήσεις με το αντίστοιχο βάρος . Η κατεύθυνση της πορείας είναι από Depot to Facility και αντίστροφα . Επομένως το πιο φιλικό προς το περιβάλλον σύνολο διαδρομών επιτρέπει εξοικονόμηση fuel consumption και εκπομπών κατά 9.8% σε σύγκριση 30 ταχύτερες διαδρομές και ένα ποσοστό 8.8% σε σύγκριση με τη συντομότερη διαδρομή . Επομένως , η απόσταση που έχει καταχωρηθεί και ο χρόνος

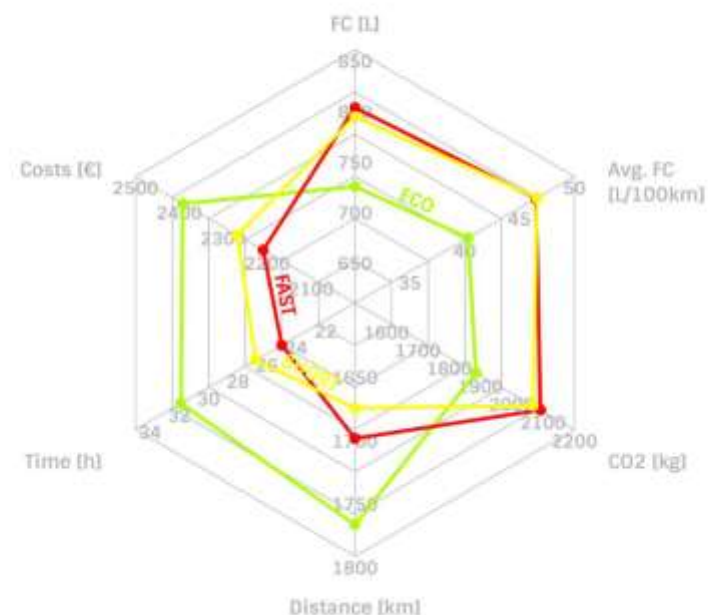
είναι σημαντικά υψηλότερα σε σύγκριση με τις εναλλακτικές του με αποτέλεσμα η ταχύτερη διαδρομή να είναι 7.7% φθηνότερη (Schröder et al, 2018).



Σχήμα 15 : Case Study 4 Routes .

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971518300723#f0010>

Case Study 4 Result



Σχήμα 16 : Case study 4 Parameter Results.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971518300723#f0010>

Στα παραπάνω διαγράμματα απεικονίζονται τα μεταβαλλόμενα ταξίδια προς τα έξω και την επιστροφή, με την ταχύτερη και συντομότερη διαδρομή συχνά να συμπίπτουν και για τις δυο κατευθύνσεις παράδοσης καθώς η επιτρεπόμενη ταχύτητα και η απόσταση και για τις δύο κατευθύνσεις ενός τμήματος δρόμου να είναι ίδιες. Οι φιλικές προς το περιβάλλον διαδρομές διαφέρουν και για τις δύο κατευθύνσεις καθώς το κριτήριο βελτιστοποίησης ελαχιστοποιεί το FC. Αν και η εξέταση επιπτώσεων της κλίσης του δρόμου στη βελτιστοποίηση της διαδρομής αντιπροσωπεύει ξεκάθαρα τις δυνατότητες εξοικονόμησης ρύπων τα αποτελέσματα εκτίμησης του κόστους δείχνουν ότι αυτό έχει υψηλότερη τιμή. Αν και οι μέσες εκτιμήσεις FC μπορούν να μειωθούν το κόστος λόγω της μεγαλύτερης απόστασης και του μεγαλύτερου χρόνου οδήγησης αντισταθμίζει την εξοικονόμηση κόστους μέσα από την μείωση FC (Schröder et al, 2018).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Συμπέρασμα

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως το καθήκον του περιπλανώμενου πωλητή όπως έχει διατυπωθεί στη παραπάνω εργασία και είναι γνωστό μέσα από τη διοίκηση της εφοδιαστικής αλυσίδας, traveling salesman problem in 3D variation είναι να βρεθεί η σταθμισμένη πλήρης γραφική παράσταση του Hamiltonian cycle το ελάχιστο βάρος. Η λύση αυτού του προβλήματος μπορεί να πραγματοποιηθεί αποτελεσματικά με τη βοήθεια metaheuristics αλγορίθμων οι οποίοι μπορούν να εφαρμοστούν σε οποιοδήποτε βελτιστοποιημένο πρόβλημα. Επιπροσθέτως, παρουσιάζεται ένα μοντέλο τρισδιάστατης απεικόνισης βασισμένο σε GIS (Geographic Information System) με στόχο να γίνει απεικόνιση των επιπτώσεων της κλίσης της διαδρομής στις Fuel consumption εκπομπές και διοξειδίου του άνθρακα. Αν και το συνολικό FC ανά διαδρομή και το αντίστοιχο κόστος καυσίμου μπορούν να ελαχιστοποιηθούν χρησιμοποιώντας το μοντέλο, η μεγαλύτερη απόσταση και ο μεγαλύτερος χρόνος ταξιδιού έχουν αρνητικές πτυχές στο συνολικό κόστος ανά διαδρομή οδηγούν στη λιγότερο οικονομική μετακίνηση. Όσο αφορά τις ρεαλιστικές περιπτώσεις μπορεί να θεωρηθεί ότι το συγκεκριμένο model είναι ευέλικτο λόγω χαμηλού λειτουργικού κόστους από μακροπρόθεσμη εκτίμηση. Το κόστος για κάθε παράδοση μπορεί να μειωθεί σταδιακά όσο αυξάνεται και αν η πελατειακή βάση. Από την άλλη πλευρά καθώς οι φιλικές προς το περιβάλλον διαδρομές οδηγούν σε μεγαλύτερο κόστος για τις επιχειρήσεις παραμένει το ερώτημα σχετικά με το εάν οι επιχειρήσεις ή η μεγάλες εταιρίες ενδιαφέρονται για Green Logistics ή να αυξήσουν τα κέρδη τους με οποιαδήποτε τίμημα φυσικά.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Amazon (2017), Annual report 2017, accessed February 29, 2020).
2. Amazon (2018), Annual report 2018, accessed February 29, 2020).
3. Amazon Technologies, I. (2015). *Item delivery using 3-d manufacturing on demand. US Patent*
4. Andersen, O., Jensen, C. S., Torp, K., & Yang, B. (2013). *EcoTour: Reducing the environmental footprint of vehicles using eco-routes. Proceedings - IEEE International Conference on Mobile Data Management*.
<https://doi.org/10.1109/MDM.2013.50>
5. Boriboonsomsin, K., Barth, M. J., Zhu, W., & Vu, A. (2012). Eco-routing navigation system based on multisource historical and real-time traffic information. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 13(4), 1694–1704. <https://doi.org/10.1109/TITS.2012.2204051>
6. Boyle, A. (2018), *Amazon finally wins a patent for 3-d printing on demand, for pickup or delivery*. [//www.geekwire.com/2018/amazon-gets-patent-3-d-printing-demand-pickup-delivery/](http://www.geekwire.com/2018/amazon-gets-patent-3-d-printing-demand-pickup-delivery/)(accessed February 29, 2020).
7. Bretzke, W, (2014), *Nachhaltige Logistik. Zukunftsfähige Netzwerk. Und Prozessmodelle*. (3rd ed.). Berlin.
8. Demir, E., Bektas, T., & Laporte, G, (2014). *A review of recent research on green road freight transportation. European Journal of Operational Research*,
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.12.033>
9. Deutsche Post, (2010), *Delivering Tomorrow: Zukunftstrend nachhaltige Logistik*. (C. Erhart, Ed.), *Delivering Tomorrow: Zukunftstrend Logistik* (1st ed.). Bonn.
10. Escobar-Falcón, Luis Miguel; Álvarez-Martínez, David; Granada-Echeverri, Mauricio; Escobar, John Willmer; Romero-Lázaro, Rubén Augusto (2015). *A matheuristic algorithm for the three-dimensional loading capacitated vehicle routing problem*, *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*,
[doi:10.17533/udea.redin.n78a02](https://doi.org/10.17533/udea.redin.n78a02)
11. Geofabrik. (2017), Shapefiles. Retrieved February 6, 2018,.
<http://www.geofabrik.de/data/shapefiles.html>

12. Kouridis, C., Gkatzoflias, D., Kioutsioukis, I., & Ntziachristos, L. (2010). *Uncertainty Estimates and Guidance for Road Transport Emission Calculations*. <https://doi.org/10.2788/78236>
13. Lochmar, A, (2016), *Praxishandbuch Grüne Logistik* (1st ed.). Wiesbaden.
14. Ntziachristos, L., & Samaras, Z. (2000). *COPERT III Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport*.
15. Psaraftis, H. (Ed.). (2016). *Green transportation logistics* (1st ed.). Springer.
16. Rodrigue, J.-P., Comtois, C., & Slack, B. (Eds.). (2017). *The Geography of Transport Systems* (4th ed.).
17. Schröder, Marc; Cabral, Pedro (2018). *Eco-friendly 3D-Routing: A GIS based 3D-Routing-Model to estimate and reduce CO2-emissions of distribution transports. Computers, Environment and Urban System.*, [doi:10.1016/j.compenvurbsys.2018.08.002](https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.08.002)
18. Scott, C., Urquhart, N., & Hart, E. (2010). *Influence of topology and payload on CO2 optimised vehicle routing. In Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12242-2-15>
19. Statista, (2018-a), *CO2-Emissionen des Straßengüterverkehrs weltweit | Statistik*. Retrieved February 6, 2018, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/483053/umfrage/co2-emissionen-des-strassengueterverkehrs-weltweit/>
20. Statista, (2018-b), *Weltweiter CO2-Ausstoß bis 2016*, Statistik. Retrieved February 6, 2018, from <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/37187/umfrage/der-weltweite-co2-ausstoss-seit-1751/>
21. Tavares, G., Zsigraiova, Z., Semiao, V., & Carvalho, M. G. (2009). *Optimisation of MSW collection routes for minimum fuel consumption using 3D GIS modelling. Waste Management* <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.07.013>
22. Toro O., E. M., Escobar Z., A. H., & Granada E., M. (2015), *Literature Review On The Vehicle Routing Problem In The Green Transportation Context*. Luna Azul. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.42.21>

23. Toro O., E. M., Escobar Z., A. H., & Granada E., M. (2015). Literature Review On The Vehicle Routing Problem In The Green Transportation Context. *Luna Azul*. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.42.21>
24. Zsigraiova, Z., Semiao, V., & Beijoco, F. (2013). *Operation costs and pollutant emissions reduction by definition of new collection scheduling and optimization of MSW collection routes using GIS. The case study of Barreiro, Portugal. Waste Management*.<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.11.015>

EΙΚΟΝΕΣ

Σχήμα 1 & 2: [Figure 1, 2](#)

Σχήμα 3 : Τοποθέτηση κουτιού σε κενό χώρο που δημιουργεί τρεις μέγιστους υπό χώρους [Image 3](#)

Σχήμα 4 : Study Area – The Lisbon Metropolitan Area including the Minco Framework., [Figure 4](#)

Σχήμα 5 : Elevation in the Lisbon Metropolitan Area , [Figure 5](#)

Σχήμα 6 : Methodology Overview . [Figure 6](#)

Σχήμα 7 : 3D Road Network in the LMA . [Figure 7](#)

Σχήμα 8 : Case study 1 routes . [Figure 8](#)

Σχήμα 9 : 3D – Height – Profile for case study 1 . [Figure 9](#)

Σχήμα 10 : Case study 1 Parameter Results . [Figure 10](#)

Σχήμα 11 : Case Study 2 Routes . [Figure 11](#)

Σχήμα 12: Case Study 2 Parameter Results . [Figure 12](#)

Σχήμα 13 : Case study 3 Routes . [Figure 13](#)

Σχήμα 14 : Case study 3 Parameter Results . [Figure 14](#)

Σχήμα 15 : Case Study 4 Routes . [Figure 15](#)

Σχήμα 16 : Case study 4 Parameter Results. [Figure 16](#)