



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:

**« Μελέτη προβλημάτων δρομολόγησης
οχημάτων με την εργαλειοθήκη Matlog »**

ANTREOY MARIA
Α.Μ.:2002010118

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΑΤΣΑΤΣΙΝΗΣ ΝΙΚΟΣ

ΧΑΝΙΑ
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2008

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όσους συνέβαλαν στην προσπάθειά μου αυτή με οποιοδήποτε τρόπο.

Αρχικά, ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου κ. Γιάννη Μαρινάκη, για τις πολύτιμες συμβουλές και την καθοδήγησή που μου παρείχαν για την επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης, τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής: τον κ. Ματσατσίνη Νίκο, τον κ. Δούμπο Μιχάλη και τον κ. Γρηγορούδη Ευάγγελο για τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις τους.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου για όσα μέχρι στιγμής οφείλω καθώς και τους φίλους μου για τη συμπαράσταση και την βοήθεια που μου προσέφεραν αυτά τα έξι χρόνια, αλλά κυρίως για τις υπέροχες αναμνήσεις που θα πάρω μαζί μου φεύγοντας από τα Χανιά.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	8
ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ LOGISTICS ΚΑΙ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ	8
1.1 Εισαγωγή.....	8
1.2 Γενικά στοιχεία για τα Logistics και της εφοδιαστικής αλυσίδας	9
1.2.1 Ορισμός	9
1.2.2 Σκοπός των logistics	10
1.2.2.1 Αγορά	10
1.2.2.2 Έλεγχος αποθεμάτων.....	11
1.2.2.3 Προγραμματισμός εγκαταστάσεων	11
1.2.2.4 Ενδιάμεσες εγκαταστάσεις	11
1.2.2.5 Μεταφορές	12
1.2.3 Αλληλεπίδραση των logistics	12
1.2.3.1 Χρηματοδότηση	13
1.2.3.2 Μάρκετινγκ	13
1.2.3.3 Τεχνολογία πληροφοριών.....	13
1.2.3.4 Παραγωγή.....	13
1.2.4 Ο ρόλος των Logistics στην οικονομία.....	14
1.2.5 Στόχοι και συστατικά της στρατηγικής των Logistics.....	14
1.2.6 Οφέλη των logistics και οι προκλήσεις του μέλλοντος	16
1.3 Γενικά στοιχεία για την Εφοδιαστική Αλυσίδα	17
1.3.1 Τι σημαίνει «Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας» και η σπουδαιότητά της	18
1.3.2 Οι επτά βασικές αρχές της Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	18
1.3.3 Τα μέλη της Εφοδιαστικής Αλυσίδας ενός δικτύου διανομής.....	19
1.3.4 Εφοδιαστική και διακίνηση προϊόντων	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	24
ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ.....	24
2.1 Σχεδιασμός δικτύου διανομής.....	24
2.2 Εναλλακτικά σενάρια διανομής	24
2.3 Κανάλια Διανομής	26
2.3.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή καναλιού διανομής	26
2.3.2 Κέντρα διανομής.....	27
2.4 Μεταφορές	28
2.4.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή των φορτηγών	28
2.4.2 Κόστος μεταφοράς.....	29
2.4.2.1 Κόστη σχετικά με τους οδηγούς.....	29
2.4.2.2 Κόστη σχετικά με τα οχήματα.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	32
ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VEHICLE ROUTING PROBLEM).....	32
3.1 Εισαγωγή	32
3.2 Με τι ασχολείται το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων	33
3.3 Τυπικά χαρακτηριστικά ενός προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων VRP.....	35
3.3.1 Οδικό δίκτυο (δρομολόγια)	35
3.3.2 Πελάτες	35
3.3.3 Αποθηκευτικοί χώροι & Οχήματα.....	36
3.3.4 Οδηγοί	36
3.4 Στόχοι κατά την επίλυση ενός VRP	37
3.5 Ορισμός V.R.P μοντέλου	37
3.6 Τα βασικότερα είδη των V.R.P.....	38
3.6.1 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων περιορισμένης χωρητικότητας (CAPACITATED VRP , CVRP).....	39

3.6.2 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με χρονικά παράθυρα (VRP with TIME WINDOWS , VRPTW)	41
3.6.3 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με παραλαβές (VRP with 36BACKHAULS , VRPB)	41
3.6.4 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με παραλαβές και διανομές (VRP with PICK-UP and DELIVERING , VRPPD).....	42
3.6.5 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με πολλαπλές αποθήκες (MULTIPLE DEPOTS VRP , MDVRP)	43
3.6.6 Το περιοδικό πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων (PERIODIC VRP, PVRP).....	43
3.6.7 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων ξεχωριστών διανομών (SPLIT DELIVERY VRP, SDVRP)	44
3.6.8 Το στοχαστικό πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων (STOCHASTIC VRP, SVRP)....	44
3.6.9 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με υποστήριξη βοηθητικών αποθηκών (VRP with SATELLITE FACILITIES, VRPSF)	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	46
ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (V.R.P)....	46
4.1 Εισαγωγή.....	46
4.2 Τρόποι επίλυσης του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων (v.r.p).....	46
4.2.1 Ταξινόμηση των στρατηγικών επίλυσης	46
4.3 Ευρετικοί αλγόριθμοι για την επίλυση του vrp.....	48
4.3.1 Κατασκευαστικές Μεθόδους (constructive methods)	48
4.3.1.1 Ο αλγόριθμος των εξοικονομήσεων των Clarke & Wright (The saving algorithm)	48
4.3.2 Μέθοδοι δύο φάσεων	49
4.3.2.1 Ο αλγόριθμος σαρώματος των Gillet & Millet (The sweep algorithm)	49
4.3.2.2 Η μέθοδος των φάσεων των Fisher & Jaikumar	50
4.3.2.3 Η μέθοδος των δύο φάσεων των Mole & Jameson	51
4.3.2.4 Η μέθοδος των δύο φάσεων των Cristofides Mignozzi & Toth	52
4.4 Διαδικασία εισαγωγής (The insertion algorithm)	53
4.5 Βελτιώνοντας τους ευρετικούς αλγόριθμους τοπικής αναζήτησης (The exchange και crossover algorithm)	53
4.6 Μοντέρνοι ευρετικοί αλγόριθμοι	54
4.6.1 Προσομοιωμένη απόσπηση (simulated Annealing)	55
4.6.2 Περιορισμένη αναζήτηση (Tabu search)	58
4.6.2.1 Ο αλγόριθμος του willard.....	58
4.6.2.2 Ο αλγόριθμος περιορισμένης αναζήτησης του Osman	59
4.6.2.3 Taburoute	59
4.6.2.4 Ο αλγόριθμος του Tailard.....	60
4.6.2.5 Ο αλγόριθμος των Xu και Kelly.....	60
4.6.2.6 Ο αλγόριθμος των Rego και Rougairou.....	60
4.6.2.7 Ο προσαρμοστικής μνήμης αλγόριθμος των Rochat και Taillard.....	61
4.6.3 Γενετικοί αλγόριθμοι (Genetic Algorithms)	61
4.6.3.1 Ο αλγόριθμος Gideon.....	62
4.6.3.2 Ο αλγόριθμος Generous	62
4.6.4 Νευρωνικά δίκτυα (Neural Nets).....	62
4.6.4.1 Τα hopfield νευρωνικά δίκτυα.....	63
4.6.4.2 Αυτοοργανωμένες απεικονίσεις (self organized maps).....	63
4.7 Ο αλγόριθμος των μυρμηγκιών (Ant Algorithm)	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	66
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΟΥ ΕΧΕΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	66
5.1 Γενικά	66
5.2 Συστήματα Διαχείρισης Στόλου Οχημάτων στην διεθνή αγορά	66
5.2.1 TransCAD της Caliper Corporation.....	66
5.2.2 ROUTRONIC 2000 της Carrier Logistics Ins	67

5.2.3 TruckStop της Micro Analytics, Inc	67
5.2.4 Direct Route της Appian Logistics Sostware.....	67
5.2.5 DRTrack (με το Direct route) –Μονάδα Ενημέρωσης μέσω Διαδικτύου (Web Reporting Modate).....	68
5.2.6 PTV της Intertour PTV GmbH- Καινοτόμος προγραμματισμού ταξιδιού και μεταφορών με (www.ptv.de)	68
5.2.7 ILOG Dispatcher / Αποστολέας της ILOG Inc.....	69
5.2.8 ArcLogistics Route από το Enviromental Systems Reverse Institute, Inc.....	69
5.2.9 StreetSync της RSI (από RouteSolution Inc.) εργαλείο υποστήριξης του ArcLogistics Route	69
5.2.10 SHORTRECT ORTEC International USA, Inc.....	70
5.3 Λογισμικό που χρησιμοποιήσαμε	70
5.4 Εγκατάσταση της Matlog.....	71
5.5 Περιγραφή του τρόπου με το οποίο τρέχουμε τους αλγόριθμους	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	80
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	80
6.1 Εισαγωγή.....	80
6.2 Σύνολο προβλημάτων VRPNC	80
6.2.1 Αλγόριθμος vrpsweep.....	81
6.2.2 Αλγόριθμος vrpsavings.....	83
6.2.3 Αλγόριθμος vrpcrossover	85
6.2.4 Αλγόριθμος vrpxchance	87
6.2.5 Αλγόριθμος vrpinsert.....	89
6.2.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ VRPNC ΜΕ ΤΟΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟ VRPBILEVEL	91
6.2.7 Σύγκριση των αποτελεσμάτων με την βέλτιστη λύση.....	91
6.3 ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ KEL	92
6.3.1 Αλγόριθμος Vrpsweep.....	93
6.3.2 Αλγόριθμος Vrpinsert.....	94
6.3.3 Αλγόριθμος Vrpsavings	95
6.3.4 Υπολογιστικά αποτελέσματα για τα προβλήματα Kel με τον αλγόριθμο vrpbilevel	96
6.3.5 Σύγκριση των αποτελεσμάτων με την βέλτιστη λύση.....	96
6.4 ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ MEGA	98
6.4.1 Αλγόριθμος Vrpsweep.....	98
6.4.2 Αλγόριθμος Vrpinsert.....	99
6.4.3 Αλγόριθμος Vrpsavings.....	100
6.4.4 Σύγκριση των αποτελεσμάτων με την βέλτιστη λύση	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	103
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	103
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	106

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία παρουσιάζετε ένα από τα πιο καίρια προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις που παράγουν και διανέμουν τα προϊόντα τους είτε απευθείας στους πελάτες είτε σε διάφορες τοποθεσίες διάθεσης των προϊόντων τους.

Το πρόβλημα αυτό είναι γνωστό ως το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων ή Vehicle Routing Problem (VRP). Με την επίλυση του προβλήματος αυτού υπολογίζουμε το βέλτιστο πλήθος διαδρομών που πρέπει να εκτελεστούν από ίσο αριθμό οχημάτων προς την εξυπηρέτηση ενός συνόλου πελατών.

Συγκεκριμένα, στην εργασία αυτή θα εξετάσουμε μια σειρά από προβλήματα δρομολόγησης οχημάτων, διαφορετικής κλίμακας σύμφωνα με το αριθμό των κόμβων που περιλαμβάνει κάθε πρόβλημα. Τα προβλήματα που έχουμε να μελετήσουμε είναι μικρής, μεσαίας και μεγάλης κλίμακας. Τα μικρά κλίμακας είναι 14 προβλήματα που το σύνολο αυτό περιέχει μεταξύ των 51 και 200 κόμβων, συμπεριλαμβανόμενης και της αποθήκης. Τα μεσαία κλίμακας είναι 20 προβλήματα που περιέχει μεταξύ 200 και 483 κόμβων συμπεριλαμβανόμενης και της αποθήκης και τέλος τα μεγάλης κλίμακας είναι 10 προβλήματα που έχουν 560 με 1200 πελάτες συμπεριλαμβανόμενης και της αποθήκης.

Στα πλαίσια λοιπόν της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας θα προσπαθήσουμε να εξάγουμε κάποια βέλτιστη λύση για τα πιο πάνω προβλήματα με την χρησιμοποίηση την εργαλειοθήκη Matlog της Matlab. Συνοπτικά :

- Στο **Κεφάλαιο 1** γίνεται μια εισαγωγή και μια αναφορά των θεμάτων με τα οποία ασχολούνται τα Logistics και η Εφοδιαστική Αλυσίδα.
- Στο **Κεφάλαιο 2** αναλύονται οι τρόποι σχεδιασμού ενός δικτύου διανομής και οι παράγοντες που επηρεάζουν τη σχεδίαση του. Γίνεται, επίσης, μια μικρή αναφορά στα οχήματα μεταφοράς που χρησιμοποιούνται για τις μεταφορές προϊόντων και πως αυτά επιλέγονται.
- Στο **Κεφάλαιο 3** γίνεται μια εισαγωγή στο Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων (VRP), αναλύονται τα χαρακτηριστικά ενός VRP και τέλος γίνεται μια εκτενής ανάλυση των βασικότερων ειδών των προβλημάτων VRP.
- Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζονται μερικοί ευρετικοί και μεθευρετικοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για την επίλυση των Προβλημάτων Δρομολόγησης.

- ✦ Στο **Κεφάλαιο 5** γίνεται μια περιγραφή των συστημάτων διαχείρισης στόλου οχημάτων στην διεθνή αγορά και επικεντρωθήκαμε στην περιγραφή, το τρόπο λειτουργίας και πως εγκαθιστούμε της εργαλειοθήκης Matlog της Matlab.
- ✦ Στο **Κεφάλαιο 6** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει, μετά τις δοκιμές που έχουμε πραγματοποιήσει, για τους αλγόριθμους `vrpsweep`, `vrpinsert`, `vrpsavings`, `vrpcrossover` και `vrpexchange` για κάθε σειρά προβλημάτων που περιέχονται στους τρεις φακέλους `kel.mat`, `mega.mat` και `vrpnc.mat`
- ✦ Στο **Κεφάλαιο 7** αναφέρονται κάποια συμπεράσματα και παρατηρήσεις που προέκυψαν βάση των αποτελεσμάτων.

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ LOGISTICS ΚΑΙ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εφοδιαστική αλυσίδα (logistics), με την έννοια που πλησιάζει αυτήν που της αποδίδουμε σήμερα χρονολογείτε από πολύ παλιά. Συγκεκριμένα, είναι ιστορικά τεκμηριωμένα, ότι η έννοια της εφοδιαστικής αλυσίδας ανάγεται στην εποχή των Ρωμαϊκών χρόνων όπου παρατηρήθηκε η τυχαία ανάπτυξη των λεγεώνων στα διάφορα σημεία των αυτοκρατορικών συνόρων, για την αντιμετώπιση βαρβαρικών επιδρομών που ήταν αναγκαία και έθετε ιδιαίτερες απαιτήσεις στη ύπαρξη οδών και στην επιτυχή και ταχεία μεταφορά διαταγών, υλικών και ανδρών. Επίσης θα ήταν αδιανόητο να μην υπήρξε η ανάγκη καλής διαχείρισης αποθηκών, αποθεμάτων, μεταφορών, κ.α., από την εποχή που οι πρώτοι άνθρωποι ασχολήθηκαν σοβαρά με το εμπόριο. Η στρατιωτική λογιστική (military logistics) εντατικοποιήθηκε από τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο και μετά, με πρόσφατο αποκορύφωμα τον πόλεμο του κόλπου και την εισβολή στο Ιράκ. Σ' αυτήν την χρονική διάρκεια, η εφοδιαστική υιοθετείται και στον πολεμικό τομέα τόσο σε επίπεδο διακυβέρνησης όσο και σε ιδιωτικό επιχειρηματικό επίπεδο.

Η φύση των επιχειρησιακών διαδικασιών σήμερα διαφέρει ριζικά από αυτή των διαδικασιών που ίσχυαν πριν από μερικά χρόνια. Αν μάλιστα λάβουμε υπόψη μας ότι το επιχειρησιακό περιβάλλον και οι ανάγκες μεταβάλλονται με ταχείς ρυθμούς ιδιαίτερα στα πλαίσια του διεθνούς ανταγωνισμού, καταλήγουμε εύκολα στο συμπέρασμα ότι για μια επιχείρηση είναι αναγκαία η συνεχής έρευνα για νέες στρατηγικές προκειμένου να βρίσκεται σε ανταγωνιστική θέση.

Σήμερα, το σύστημα αυτό εφαρμόζεται από πολλές επιχειρήσεις, οι οποίες εγκαθιστούν τις παραγωγικές τους μονάδες σε περιοχές όπου είναι πιο εύκολο και συμφέρον να παράγουν τα προϊόντα τους. Η επιλογή των γεωγραφικών περιοχών, αυτών, γίνεται λαμβάνοντας υπόψη το κόστος αγοράς ή ενοικίασης της γης, το κόστος του εργατικού δυναμικού, την τεχνογνωσία και το επίπεδο εκπαίδευσης των ανθρώπων της περιοχής που εξετάζεται, η διαθεσιμότητα πρώτων υλών, το κόστος διακίνησης προς τους πελάτες κ.τ.λ .

Η σταδιακή μετακίνηση του πληθυσμού από τις αγροτικές περιοχές προς τις αστικές περιοχές και στη συνέχεια στα αστικά κέντρα, ιδιαίτερα στις ανεπτυγμένες χώρες, αναγκάζει τις επιχειρήσεις σε συνεχή αναθεώρηση της στρατηγικής τους και σε αναδιοργάνωση των δικτύων διανομής των προϊόντων τους. Η μετακίνηση αυτή του πληθυσμού, μπορούμε να πούμε πως διευκόλυνε την ανάπτυξη των δικτύων διανομής των επιχειρήσεων καθώς οι καταναλωτές παρουσιάζουν μεγάλη συγκέντρωση και ομοιογένεια.

Ταυτόχρονα η συνεχής εξέλιξη των προϊόντων τόσο σε ότι αφορά την ποσότητα τους, όσο και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, έθεσε νέους περιορισμούς και δημιούργησε νέες ιδιαιτερότητες και ανάγκες κατά την ανάπτυξη των δικτύων διανομής. Ακόμη τα διατιθέμενα μέσα για τη μεταφορά και γενικότερα για τη διανομή των προϊόντων παρουσίασαν ταχεία εξέλιξη και αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αποκτηθεί η δυνατότητα επιλογής του καταλληλότερου μεταφορικού μέσου για κάθε προϊόν. Αυτή η εξέλιξη όμως

οδήγησε και στην αύξηση της πολυπλοκότητας του προβλήματος ανάπτυξης των δικτύων διανομής.

Οι νέες τάσεις της αγοράς και ο μεγάλος ανταγωνισμός των επιχειρήσεων που παρατηρούνται σήμερα, υποδεικνύουν την αναγκαιότητα ελαχιστοποίησης των αποθεμάτων και την παραγωγή και διάθεση ποιοτικών προϊόντων, κάνοντας έτσι το πρόβλημα της διανομής αρκετά σύνθετο. Σημαντική είναι ακόμη η ανάγκη αύξησης του επιπέδου εξυπηρέτησης των καταναλωτών, η οποία σε συνδυασμό με την μείωση του λειτουργικού κόστους της επιχείρησης δίνουν συγκριτικό πλεονέκτημα στην επιχείρηση έναντι των ανταγωνιστών της. Αυτό αποτελεί και τον βασικό στόχο κάθε επιχείρησης ή τουλάχιστον θα έπρεπε να αποτελεί.

1.2 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ LOGISTICS ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

1.2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Στην πάροδο του χρόνου χρησιμοποιήθηκαν πολλοί όροι για να αποδώσουν τον ορισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Ο όρος Εφοδιαστική Αλυσίδα αναφέρεται στην διαχείριση της ροής αγαθών ή υλικών από την πηγή στο σημείο κατανάλωσης ή ακόμα και στο σημείο απόθεσης. Επίσης το Council of Logistics Management, ένας επαγγελματικός οργανισμός που ιδρύθηκε το 1962 και θεωρείται ως μια από τις πιο έγκυρες ομάδες ειδικών πάνω στο θέμα αυτό, ορίζει τα Logistics ως εξής:

«Η διαδικασία σχεδιασμού, εφαρμογής και ελέγχου μιας αποδοτικής και οικονομικά αποτελεσματικής ροής και αποθήκευσης των πρώτων υλών, των υπό κατεργασία αποθεμάτων και των τελικών αγαθών και τις σχετικές πληροφορίες από την πηγή προμήθειας στο σημείο κατανάλωσης με σκοπό την ικανοποίηση των απαιτήσεων των πελατών».

Ο ορισμός αυτός περιέχει ροές τόσο υλικών όσο και υπηρεσιών και συνεπώς απευθύνεται τόσο σε διαδικασίες στον τομέα προσφοράς υπηρεσιών (διοίκηση / διακυβέρνηση, νοσοκομεία, τράπεζες, λιανικές πωλήσεις, χονδρικές πωλήσεις) όσο και στο βιομηχανικό τομέα. Έτσι, σύμφωνα με τον R.H.Ballou θα μπορούσαμε να πούμε ότι:

«Η αποστολή των Logistics είναι να φέρνει τα σωστά αγαθά ή υπηρεσίες στο σωστό τόπο, τη σωστή στιγμή και στην επιθυμητή κατάσταση, συνεισφέροντας παράλληλα τα μέγιστα στην εταιρία».

Παρατηρούμε, δηλαδή ότι τα Logistics αποτελούν ένα σύνολο επαναλαμβανόμενων λειτουργικών δραστηριοτήτων, δια μέσω των οποίων οι πρώτες ύλες μετατρέπονται στο τελικό προϊόν, που προσθέτουν αξία στο προϊόν κατά την αγορά του από τον καταναλωτή. Συγκεκριμένα, δημιουργείται ή αυξάνεται η αξία σε ένα προϊόν όταν: (α) αυτό γίνεται διαθέσιμο για αγορά ή κατανάλωση στο σωστό τόπο, οπότε έχουμε χρησιμότητα τόπου ή (β) η υπηρεσία ή το προϊόν είναι διαθέσιμα την κατάλληλη στιγμή οπότε έχουμε χρησιμότητα χρόνου.

Η Εφοδιαστική διαχείριση συνεπώς ασχολείται με την ανάπτυξη και υλοποίηση μιας μεθοδολογίας για ικανοποιητική και κοστολογικά αποτελεσματική επίτευξη των εφοδιαστικών στόχων μιας επιχείρησης, όπου οι στόχοι συνοψίζονται στην ρήση « να παραδοθεί η σωστή ποσότητα του σωστού προϊόντος στον σωστό πελάτη στον σωστό τόπο και χρόνο σε σωστή τιμή». Η εφαρμογή των αρχών της εφοδιαστικής διαχείρισης απαντά συχνά την σύγκρουση συμφερόντων και στόχων μεταξύ διαφόρων τομέων ακόμη και μέσα στην ίδια επιχείρηση. Για τον λόγο αυτό, η τάση και η γενική αντίληψη είναι σήμερα η ολοκληρωμένη εφοδιαστική διαχείριση (integrated logistics management), η οποία αποκόπτει

στην επίλυση αυτών των συγκρούσεων με τέτοιον τρόπο ώστε να είναι ικανοποιητική και κοστολογικά αποτελεσματική για την επιχείρηση σαν σύνολο.

1.2.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΩΝ LOGISTICS

Τα logistics περιλαμβάνουν όλες τις λειτουργίες που είναι ουσιαστικές για να παρέχουν αξία σε ένα προϊόν. Περιλαμβάνει τις λειτουργίες που είναι απαραίτητες για να κινήσουν ένα προϊόν από το σημείο της παραγωγής προς το σημείο της κατανάλωσης ακίνδυνα και αποτελεσματικά. Κάθε μια από αυτές τις λειτουργίες μπορεί να αναπτύξει ορισμένες δραστηριότητες που συνδέονται με το προϊόν. Για παράδειγμα, η αγορά περιλαμβάνει την επιλογή προμηθευτών, την επεξεργασία της παραγγελίας και τη συνέχιση της παραγγελίας. Οι βασικές λειτουργίες των Logistics παρουσιάζονται στον πίνακα 1.1.

Λειτουργίες των Logistics	Δραστηριότητες / Αποφάσεις
Αγορά	Επιλογή προμηθευτών, διαδικασία παραγγελίας,συνέχιση και παρακολούθηση παραγγελίας
Έλεγχος Αποθεμάτων	Ποσότητα παραγγελίας,συχνότητα παραγγελιών, εκτίμηση αποθέματος,διαθέσιμο απόθεμα
Εγκατάσταση και Διάταξη των Εγκαταστάσεων	Αριθμός και τοποθεσία εγκαταστάσεων, διάταξη των τμημάτων μέσα στην εγκατάσταση
Μεταφορά	Μέγεθος στόλου, δρομολόγηση και σχεδιασμός, προγραμματισμός πληρώματος, κεντρικό σημείο αναχώρησης και κατάληξης, επιλογή τρόπου και μεταφορέα
Logistics με ενδιάμεσες εγκαταστάσεις	Επιλογή εξοπλισμού για το χειρισμό του υλικού,προγραμματισμός χωρητικότητας,σχεδιασμός διαδρομών μετακίνησης αυτοκινούμενων οχημάτων, σχεδιασμός της αποθήκης βάση των κανόνων λειτουργίας

Πίνακας 1.1

Στη συνέχεια αναλύονται όλες οι λειτουργίες των Logistics.

1.2.2.1 ΑΓΟΡΑ

Η αγορά περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες που πρέπει να εκτελεσθούν προκειμένου να εξασφαλιστεί η διαθεσιμότητα των υλικών εγκαίρως. Μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις για τη σημερινή διαχείριση της αγοράς είναι η επιλογή του σωστού προμηθευτή για μια πρώτη ύλη, ένα συστατικό, ενός μέρους ή ενός προϊόντος και ο καθορισμός της ποσότητας της παραγγελίας από τον κάθε προμηθευτή. Η ποιότητα των πρώτων υλών που παραλαμβάνονται από τους προμηθευτές και ο χρόνος ανεφοδιασμού ασκούν σημαντική επίδραση στη δυνατότητα μιας επιχείρησης να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις των πελατών της πλήρως και εγκαίρως. Η επιλογή των προμηθευτών είναι χαρακτηριστικά βασισμένη σε διάφορα σημαντικά και συγκρουόμενα κριτήρια όπως η τιμή, η ποιότητα, ο χρόνος παράδοσης και η ποιότητα των υπηρεσιών.

1.2.2.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Οι αποφάσεις προγραμματισμού και ελέγχου των αποθεμάτων τυπικά έπονται της επιλογής προμηθευτών. Σε μερικές περιπτώσεις, όμως, μπορούν να γίνουν ταυτόχρονα με την επιλογή προμηθευτών. Οι αποφάσεις ελέγχου αποθεμάτων εστιάζονται στην ποσότητα παραγγελίας και το συγχρονισμό μεταξύ των παραγγελιών. Αυτό γίνεται βάση της χρονικής ανοχής, το κόστος παραγγελίας, το κόστος μεταφοράς αποθεμάτων, το κόστος μεταφορών, το κόστος αποθήκευσης, το μέσο κόστος μεταφοράς αποθεμάτων και το επίπεδο υπηρεσίας από την άποψη του επιτρεπόμενου αποθέματος ή αποθηκευτικού χώρου. Οι στόχοι είναι να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος και να παρασχεθεί η μέγιστη εξυπηρέτηση στους πελάτες. Δεδομένου ότι αυτά τα δύο είναι συχνά συγκρουόμενα, απαιτείται μια οικονομική ανταλλαγή μεταξύ των επιπέδων αποθεμάτων και των επιπέδων εξυπηρέτησης πελατών. Οι αποφάσεις ελέγχου αποθεμάτων σε μια αλυσίδα ανεφοδιασμού περιλαμβάνουν τον αριθμό των αποθηκευτικών χώρων, την ανάμιξη προϊόντων στα σημεία αποθήκευσης και τον τύπο της στρατηγικής αποθέματος.

1.2.2.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Ο προγραμματισμός των εγκαταστάσεων εξετάζει δύο σημαντικές αποφάσεις που λαμβάνονται στα logistics, στα αρχικά στάδια του προγραμματισμού και του σχεδιασμού ενός συστήματος logistics: τη θέση των εγκαταστάσεων και τη διάταξη των εγκαταστάσεων. Η διάταξη και η θέση των εγκαταστάσεων διαδραματίζουν έναν ζωτικής σημασίας ρόλο στην ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους. Η θέση των εγκαταστάσεων έχει τεράστιο αντίκτυπο στο κόστος της γης και της κατασκευής, τους τοπικούς φόρους και την ασφάλεια, στη διαθεσιμότητα εργασίας και στο κόστος εργασίας και στο κόστος μεταφοράς των εργαζομένων από και σε άλλες εγκαταστάσεις. Ο αριθμός, το μέγεθος και η θέση των εγκαταστάσεων έχουν σημαντικό αντίκτυπο στο σχετικό κόστος αποθεμάτων και στα επίπεδα εξυπηρέτησης πελατών.

1.2.2.4 ΕΝΔΙΑΜΕΣΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

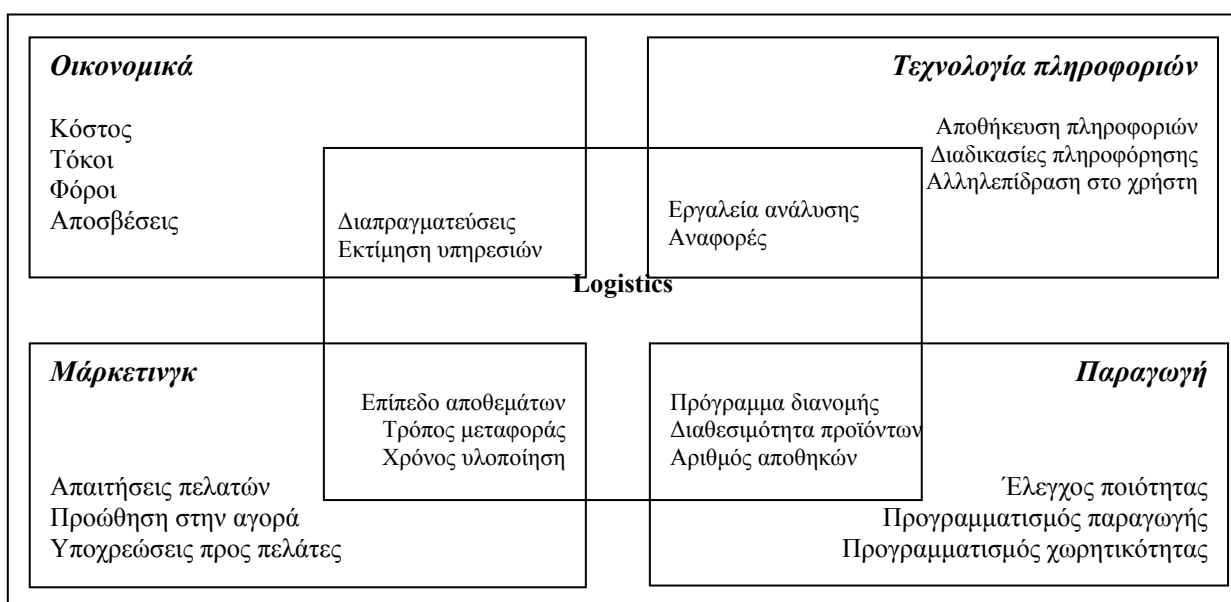
Αυτές αναφέρονται στη διαχείριση των υλικών μέσα σε μια μεγάλη εγκατάσταση όπως ένα εργοστάσιο ή μια αποθήκη εμπορευμάτων. Τα Logistics ενδιάμεσων εγκαταστάσεων επηρεάζονται από τη διάταξη, τον χειρισμό του υλικού εξοπλισμού, την τοποθέτηση των αποθεμάτων στην αποθήκη εμπορευμάτων, τους κανόνες λειτουργίας για την μετακίνηση του υλικού εξοπλισμού και τις στρατηγικές παραλαβής των παραγγελιών. Χαρακτηριστικά, ένα κομμάτι ξοδεύει σχεδόν το 50% του χρόνου κατασκευής του στη μετακίνηση μεταξύ των μηχανών και της αποθήκευσης του. Υπάρχουν διάφοροι σημαντικοί προγραμματισμοί και λειτουργικά προβλήματα που πρέπει να εξεταστούν για να ελαχιστοποιηθούν οι δαπάνες των Logistics ενδιάμεσων εγκαταστάσεων. Πρώτα απ' όλα είναι η επιλογή εξοπλισμού για τον χειρισμό των υλικών προκειμένου να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σε εξοπλισμό από την άποψη του βάρους, του όγκου και της συχνότητας της μετακίνησης και του μεγέθους, της αξίας και της συσκευασίας του αντικειμένου. Το επόμενο βήμα είναι να καθοριστεί η ποσότητα και η θέση του εξοπλισμού που απαιτείται από κάθε τύπο, εάν είναι εξοπλισμός με σταθερή θέση. Εάν είναι εξοπλισμός που δεν έχει σταθερή θέση και μετακινείται, τότε πρέπει να σχεδιαστούν διάφορες διαδρομές μετακίνησης. Τα λειτουργικά προβλήματα περιλαμβάνουν τον προγραμματισμό των τμημάτων και των υλικών σε σχέση με τον εξοπλισμό και τα οχήματα χειρισμού των υλικών.

1.2.2.5 ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

Οι δαπάνες μεταφορών εκτιμούνται γύρω στο 2,88% επί των κερδών της επιχείρησης. (Davis and Drumm, 1996). Είναι η μεγαλύτερη συνιστώσα του κόστους των logistics και αντιπροσωπεύουν το 40% του κόστους αυτού. Οι μεταφορές περιλαμβάνουν τις εισερχόμενες μετακινήσεις από τις πηγές πρώτων υλών ή τμημάτων άμεσων στις εγκαταστάσεις ή μέσω των αποθηκών και τις εξερχόμενες μετακινήσεις των ολοκληρωμένων προϊόντων ή των προϊόντων από τις εγκαταστάσεις στους πελάτες άμεσα ή μέσω των κέντρων διανομής. Οι μεταφορές καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα του προγραμματισμού και των λειτουργικών προβλημάτων. Μερικά από τα σημαντικά προβλήματα προγραμματισμού είναι: η ταξινόμηση του στόλου, η δρομολόγηση οχημάτων, ο προγραμματισμός πληρωμάτων και ο σχεδιασμός του δικτύου διανομής. Ο προγραμματισμός των οχημάτων και των οδηγών και ο έλεγχος αποστολής, είναι μερικά από τα λειτουργικά προβλήματα. Η δρομολόγηση οχημάτων εστιάζεται στον προσδιορισμό των βέλτιστων δρομολογίων για τη διανομή των προϊόντων, εξετάζοντας τη δομή των εναλλακτικών διαδρομών, τις αποστάσεις και την ικανότητα διέλευσης των διαδρομών.

1.2.3 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ LOGISTICS

Οι λειτουργίες και οι δραστηριότητες των logistics έχουν ένα σημαντικό αριθμό κοινών χαρακτηριστικών με τις άλλες λειτουργίες και τις δραστηριότητες μιας επιχείρησης. Οι λειτουργίες με έναν υψηλό βαθμό κοινών χαρακτηριστικών είναι η χρηματοδότηση, το μάρκετινγκ, η τεχνολογία πληροφοριών και η παραγωγή. Στο σχήμα 1.1 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ των logistics και άλλων επιχειρησιακών λειτουργιών. Κάθε «τετράγωνο» λειτουργίας περιέχει τις δραστηριότητες κάθε λειτουργίας, που επηρεάζονται ή επηρεάζουν τα logistics. Για, παράδειγμα, τα επίπεδα εξυπηρέτησης πελατών στο μάρκετινγκ επηρεάζουν τα επίπεδα αποθεμάτων και τον τρόπο μεταφοράς. Επίσης, τα επίπεδα αποθεμάτων και η επιλογή μεταφορών έχει αντίκτυπο στο επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών που μπορεί να παρασχεθεί.



Σχήμα 1.1 Σχέση μεταξύ logistics και άλλων επιχειρησιακών λειτουργιών

1.2.3.1 ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

Η σημαντικότερη σύνδεση μεταξύ της χρηματοδότησης και των logistics είναι μέσω των στοιχείων δαπανών. Τα στοιχεία δαπανών παρέχουν τη βάση για όλες τις αποφάσεις που αφορούν τα logistics. Η αξιολόγηση των εναλλακτικών συστημάτων logistics καθώς επίσης και της ανάπτυξης των στρατηγικών λειτουργιών, απαιτούν σταθερές και μεταβλητές πληροφορίες δαπανών. Η τιμολόγηση των υπηρεσιών μεταφορών και αποθήκευσης απαιτεί τα λεπτομερή στοιχεία δαπανών όσον αφορά τα καύσιμα, τη συντήρηση, το χειρισμό, το κόστος εργασίας, τα υλικά και τα γενικά έξοδα. Οι αποφάσεις αγοράς και αντικατάστασης εξοπλισμού δεν μπορούν να γίνουν χωρίς πληροφορίες για τις μεθόδους υποτίμησης και τη φορολογική δομή. Η διαπραγμάτευση των ποσοστών ή των τιμών με τους προμηθευτές δεν μπορεί να γίνει χωρίς τα ακριβή στοιχεία δαπανών.

1.2.3.2 ΜΑΡΚΕΤΙΝΓΚ

Το μάρκετινγκ παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες που χρησιμεύουν ως η αφετηρία για το σχεδιασμό του συστήματος logistics. Περιλαμβάνει τις απαιτήσεις πελατών από την άποψη της ποικιλίας προϊόντων και το χρόνο διανομής, υποχρεώσεις πελατών από την άποψη του χρόνου, της ποιότητας και της ποσότητας. Σχεδόν όλες οι αποφάσεις στα logistics λαμβάνονται προκειμένου να συμπίπτουν οι υποχρεώσεις των πελατών και ο απαιτούμενος αριθμός και η θέση των σημείων αποθήκευσης, της ποικιλίας και της ποσότητας αποθέματος, του τρόπου μεταφοράς και του τύπου συσκευασίας. Η αλυσίδα των logistics πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις που ξεκινούν από το εμπορικό τμήμα από την άποψη του χρόνου, τόπου, της ποσότητας και της ποικιλίας προϊόντων.

1.2.3.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Η λειτουργία αυτή έχει τη μεγαλύτερη σημασία από όλες τις λειτουργίες σε μια επιχείρηση. Η αύξηση της σημασίας της είναι αποτέλεσμα της διαθεσιμότητας του λογισμικού σε προσιτές τιμές καθώς επίσης και στην πρόοδο των υλικών και του λογισμικού. Οι περισσότερες λειτουργίες των logistics απαιτούν την αποθήκευση, την επεξεργασία και την ανάκτηση τεράστιων ποσών δεδομένων, ικανοτήτων επικοινωνίας πραγματικού χρόνου, ενός απλού και εύχρηστου για τον χρήστη μέσο διασύνδεσης. Μερικές από τις πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία πληροφοριών μπορούν να καλύψουν όλες τις απαιτήσεις της λειτουργίας των logistics.

1.2.3.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Εκτιμώντας ότι το μάρκετινγκ παρέχει τις απαιτήσεις των πελατών, η παραγωγή εξασφαλίζει ότι οι απαιτήσεις των πελατών καλύπτονται από την άποψη της ποιότητας, των χαρακτηριστικών και της ποσότητας. Η ομάδα σχεδιασμού προϊόντων "μεταφράζει", μπορούμε να πούμε, την επιθυμία των πελατών με την επιλογή των κατάλληλων υλικών, χρωμάτων και τον καθορισμό των κατάλληλων διαστάσεων για κάποιο προϊόν. Ο προγραμματισμός της διαδικασίας μετατρέπει το σχέδιο των προϊόντων σε μια σειρά βημάτων κατασκευής με τον προσδιορισμό του τύπου μηχανών, των εργαλείων και των χαρακτηριστικών που απαιτούνται σε κάθε βήμα. Ο προγραμματισμός χωρητικότητας καθορίζει τον απαραίτητο αριθμό και τον τύπο μηχανών που απαιτούνται για να κατασκευαστεί το επιθυμητό μέρος. Ο προγραμματισμός παραγωγής σχεδιάζει την

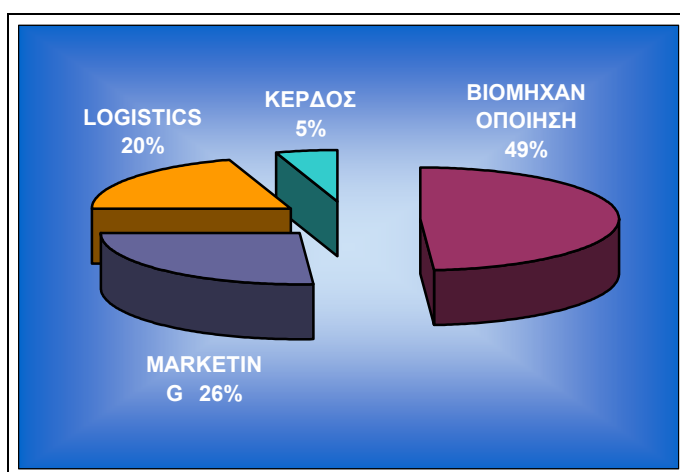
κατασκευή του μέρους με την εξισορρόπηση της χρήσης των διαθέσιμων πηγών(μηχανών και προσωπικού) και του διαθέσιμου αποθέματος για να συμπίσει με το χρόνο και την ποσότητα παράδοσης που απαιτούνται.

1.2.4 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ LOGISTICS ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Η αύξηση της παραγωγικότητας επιδρά θετικά στις τιμές πώλησης των αγαθών και υπηρεσιών, στο ισοζύγιο πληρωμών της χώρας, στην αξία του χρήματος, στη δυνατότητα πιο αποτελεσματικού ανταγωνισμού στις αγορές του εξωτερικού και στην οικονομική ανάπτυξη οδηγώντας έτσι σε αύξηση επιπέδου απασχόλησης και επομένως σε μείωση της ανεργίας.

Συγκρίνοντας τις δαπάνες των logistics με άλλες κοινωνικές δραστηριότητες των επτά πιο ανεπτυγμένων χωρών γίνεται πιο κατανοητός ο ρόλος των logistics στην οικονομία διότι αποδεικνύεται ότι το κόστος των logistics είναι δέκα φορές περισσότερο από την διαφήμιση, διπλάσιο από το ποσό που διατίθεται για την άμυνα και ίσο με το ποσό που δίνεται ετήσια για φάρμακα.

Θα μπορούσε να πει κανείς ότι το παραπάνω συμπέρασμα είναι λογικό αν αναλογιστεί ότι τα logistics είναι το τρίτο μεγαλύτερο κόστος που αντιμετωπίζει μια μέση επιχείρηση όταν λειτουργεί όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.2.



Σχήμα 1.2

1.2.5 ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ

Γενικότερα η στρατηγική των logistics έχει τρεις στόχους:

1. Τη μείωση του κόστους
2. Τη μείωση του απασχολούμενου κεφαλαίου και
3. Τη βελτίωση της εξυπηρέτησης

Η μείωση του κόστους είναι στρατηγική που στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των μεταβλητών δαπανών που σχετίζονται με τη μεταφορά και την αποθήκευση, πράγμα όπου συνήθως επιτυγχάνεται με την επιλογή εναλλακτικών τρόπων μεταφοράς και αποθήκευσης. Στην περίπτωση αυτή πρωταρχικός στόχος είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους διατηρώντας το επίπεδο εξυπηρέτησης σε σταθερά επίπεδα.

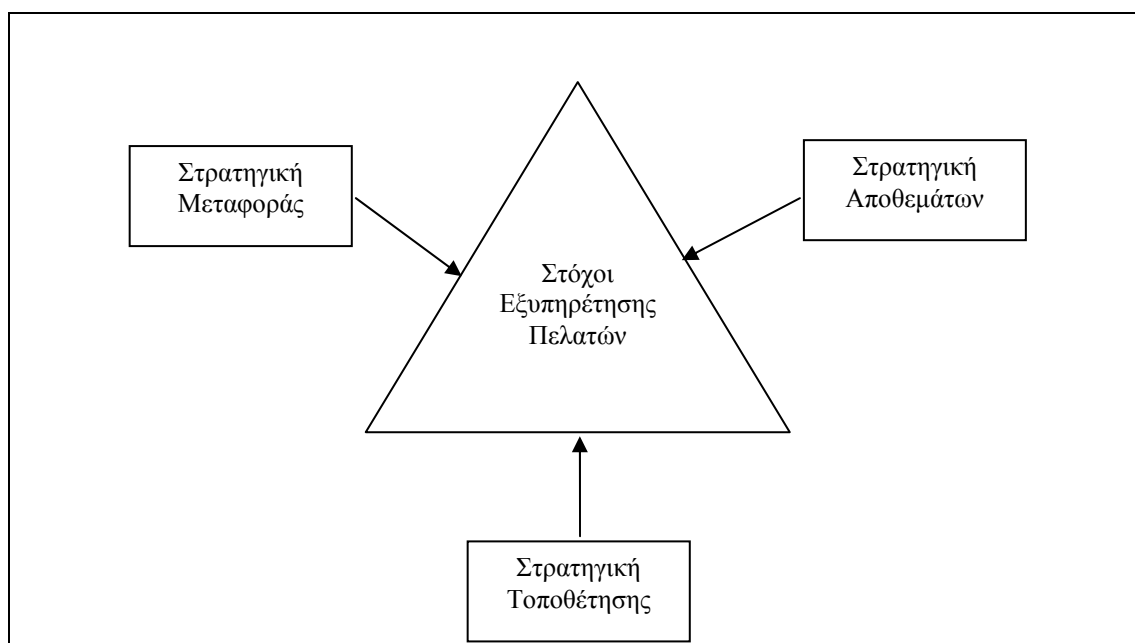
Η μείωση, τώρα, του απασχολούμενου κεφαλαίου είναι στρατηγική που στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του επιπέδου του επενδυμένου κεφαλαίου στο σύστημα των logistics με κίνητρο την μεγιστοποίηση της απόδοσης, πράγμα το οποίο με διάφορους τρόπους όπως η κατευθείαν αποστολή αποφεύγοντας την αποθήκευση, προτιμώντας τη μη ιδιοκτησία των αποθηκών ή ακόμη χρησιμοποιώντας τρίτους ως προμηθευτές των υπηρεσιών των logistics. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατόν να αυξηθούν τα μεταβλητά κόστη σε σχέση με στρατηγικές υψηλότερων επιπέδων επένδυσης.

Η βελτίωση της εξυπηρέτησης είναι στρατηγικές που αναγνωρίζουν ότι τα οφέλη εξαρτώνται από το επίπεδο της παρεχόμενης εξυπηρέτησης των logistics. Είναι δυνατό παρά την αλματώδη αύξηση στα κόστη που επιφέρουν τα αυξημένα επίπεδα εξυπηρέτησης να προκύψουν κέρδη από τις πωλήσεις τα οποία να ξεπεράσουν την αύξηση του συνολικού κόστους. Για να είναι επιτυχημένη μια τέτοια στρατηγική εξυπηρέτησης θα πρέπει να αναπτύσσεται σε αντίθεση με την παρεχόμενη εξυπηρέτηση από τους ανταγωνιστές.

Ο σχεδιασμός των logistics χειρίζεται τέσσερις μεγάλες κατηγορίες προβλημάτων οι οποίες είναι οι εξής:

1. Τα επίπεδα εξυπηρέτησης πελατών
2. Την χωροθέτηση των εγκαταστάσεων
3. Τις αποφάσεις για την αποθεματοποίηση
4. Τις αποφάσεις για τη μεταφορά των προϊόντων

Οι τέσσερις αυτές κατηγορίες συνδέονται μεταξύ τους με τον τρόπο που φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα:



Σχήμα 1.3 Το "Τρίγωνο" στη λήψη αποφάσεων των logistics

Κάθε μια από τις παραπάνω κατηγορίες έχει σημαντική επίδραση στο σχεδιασμό του συστήματος όπως εξηγείται στη συνέχεια:

Οι *στόχοι εξυπηρέτησης πελατών* καθορίζουν τα παρεχόμενα επίπεδα εξυπηρέτησης τα οποία επιδρούν περισσότερο από οποιονδήποτε άλλο παράγοντα στο σχεδιασμό του συστήματος, καθώς τα υψηλά επίπεδα εξυπηρέτησης επιτρέπουν συγκεντρωμένα αποθέματα σε

λίγες αποθήκες και τη χρήσης λιγότερο δαπανηρών μέσων μεταφοράς, ενώ τα χαμηλά επίπεδα το αντίθετο. Παρόλα αυτά, τα ανώτατα επίπεδα εξυπηρέτησης εκτινάσσουν το κόστος των logistics στα ύψη κάνοντας έτσι το πρόβλημα του καθορισμού των επιπέδων εξυπηρέτησης πολύ δύσκολο.

Η *στρατηγική τοποθέτησης των εγκαταστάσεων*, δηλαδή η γεωγραφική τοποθέτηση τους αποτελεί ένα προσχέδιο πάνω στο οποίο θα κινηθούν τα logistics, διότι το δρομολόγιο με το οποίο τα προϊόντα οδηγούνται στην αγορά καθορίζεται από τον αριθμό, τον τόπο και το μέγεθος των εγκαταστάσεων και την ζήτηση της αγοράς. Στο πρόβλημα αυτό πρέπει να εξεταστούν οι κινήσεις κάθε προϊόντος και το σχετικό κόστος από την πηγή ή τα ενδιάμεσα σημεία αποθήκευσης στην περιοχή κατανάλωσης, η επιλογή των οποίων επιδρά στο συνολικό κόστος διανομής. Η όλη ουσία του προβλήματος έγκειται στην εύρεση των αναθέσεων εγκατάστασης ελαχίστου ή μέγιστου κόστους.

Οι *αποφάσεις αποθεμάτων* αναφέρονται στον τρόπο με τον οποίο διαχειρίζονται τα αποθέματα. Υπάρχουν πολλές στρατηγικές όπως η προώθηση αποθεμάτων σε σημεία αποθήκευσης ή η συμπλήρωση των σημείων αυτών με ανατροφοδοτήσεις που ακολουθούν συγκεκριμένους κανόνες ή η τοποθέτηση αποθεμάτων σε τοπικές ή περιφερειακές αποθήκες με βάση συγκεκριμένα προϊόντα ή τέλος με διάφορες μεθόδους συνεχούς ελέγχου των αποθεμάτων. Η συγκεκριμένη πολιτική που ακολουθεί η εταιρία επηρεάζει τις αποφάσεις τοποθέτησης εγκαταστάσεων και γι' αυτό θα πρέπει να υπολογίζονται στην στρατηγική των logistics.

Οι *στρατηγικές μεταφοράς* εμπεριέχουν επιλογές μέσων, μεγέθη φορτίων και δρομολόγησης και προγραμματισμού και είναι αποφάσεις που επηρεάζουν την εγγύτητα των αποθηκών στους πελάτες επηρεάζοντας με αυτό τον τρόπο την τοποθεσία τους. Ακόμη και τα επίπεδα των αποθεμάτων μέσω των μεγεθών των φορτίων επηρεάζουν τις αποφάσεις μεταφοράς.

Συνοψίζοντας, τα παραπάνω προβλήματα όπως κατανέμονται στις τέσσερις μεγάλες κατηγορίες αποτελούν σημαντικές περιοχές σχεδιασμού λόγω της επίδρασης που έχουν στην κερδοφορία, στη ροή κεφαλαίων και στην απόδοση των επενδύσεων της εταιρίας. Πρέπει να τονιστεί ότι κάθε περιοχή απόφασης δεν πρέπει να μελετάται ξεχωριστά αλλά σε σχέση με τις άλλες για να λαμβάνεται υπόψη το αποτέλεσμα της εξισορρόπησης τους.

1.2.6 ΟΦΕΛΗ ΤΩΝ LOGISTICS ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ

Πέρα από τις θετικές επιδράσεις που έχουν τα logistics στην οικονομία μιας χώρας, η σωστή διαχείριση τους έχει θετικές επιδράσεις και στην ίδια την εταιρία. Το γεγονός ότι τα logistics αποτελούν ουσιαστικά πάγιο στοιχείο του ενεργητικού, τα κάνει ουσιαστικά δύσκολο να αντιγραφούν από άλλες ανταγωνιστικές εταιρίες. Αν τα logistics διαχειριστούν σωστά τότε είναι δυνατή η μείωση του εξόδου σε απαιτήσεις είτε μείωση της επένδυσης σε αποθέματα, βελτιώνοντας έτσι τα διαθέσιμα και την απόδοση στο ενεργητικό.

Κυρίως, όμως, τα logistics μπορούν να είναι αιτία ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος μιας επιχείρησης, να είναι μια καλή τιμολογιακή πολιτική, μια καλή προβολή και φυσικά ένα καλό προϊόν. Μάλιστα υπάρχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί η εταιρία να δημιουργήσει ένα δίκτυο διανομής, το οποίο να συντελέσει στην αύξηση των πελατών της εταιρίας, σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να μην μπορεί να αντιγραφεί από τους ανταγωνιστές. Στη σύγχρονη εποχή όπου μεγαλώνουν οι γραμμές προϊόντος και μικραίνει ο κύκλος ζωής τους, μετακινούνται οι αλυσίδες διανομής και η τεχνολογία μεταβάλλεται, η σωστή διοίκηση των logistics αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ανταγωνιστικότητα της επιχείρησης. Για να αποτελέσουν όμως τα logistics "όπλο" του επιθετικού marketing θα πρέπει να αντιμετωπιστούν σαν ένα ολοκληρωμένο κομμάτι της στρατηγικής της εταιρίας.

Ο βαθμός στον οποίο τα logistics αποτελούν ολοκληρωμένο κομμάτι στην διαδικασία στρατηγικού σχεδιασμού της επιχείρησης είναι δυνατό να καθορίσει και την μελλοντική επιτυχία της επιχείρησης. Ένα άρθρο του Charles W. Smith, σύμβουλου marketing, πρώην

αντιπροέδρου του American Marketing Association και τέως διευθυντή σχεδιασμού διανομής της Nabisco, συνηγορεί προς αυτή την κατεύθυνση και στο άρθρο αυτό αναφέρει:

«Σήμερα, πολλά ανώτατα διοικητικά στελέχη του marketing αντιμετωπίζουν θέματα που δεν προκύπτουν από το επίπεδο του κόστους διανομής, αλλά από τις στρατηγικές για την παροχή υπηρεσιών παράδοσης και για την κάλυψη της αγοράς, που χρειάζονται για να διατηρηθεί και να αυξηθεί η κερδοφορία του τμήματος αγοράς. Αυτή η νέα στάση απέναντι στη διανομή, αναπτύσσει την ενημερότητα στο τμήμα αυτό της ανώτερης διοίκησης που πιστεύει ότι η ενίσχυση του συστήματος διανομής μιας επιχείρησης ίσως να μην καθορίζει μονάχα την κερδοφορία αλλά και την επιβίωσή της».

1.3 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

Η Εφοδιαστική ως έννοια αναπτύχθηκε από την δεκαετία του '50 σαν μια δραστηριότητα αποτελούμενη από πολλά επιμέρους ανεξάρτητα τμήματα της παραγωγικής διαδικασίας (διαχείριση υλικών, διαχείριση αποθεμάτων, εσωτερική μεταφορά υλικών, διανομή προϊόντων κ.τ.λ).

Στα αρχικά βήματα της ανάπτυξης της εφοδιαστικής αλυσίδας οι υπεύθυνοι ασχολούνταν μόνο με ένα από τα στοιχεία της, αγνοώντας τους μηχανισμούς σύνδεσης των στοιχείων αυτών. Για το λόγο αυτό δεν ήταν δυνατό να συμφωνήσουν σε μια κοινά αποδεκτή περιγραφή της εφοδιαστικής, όπως επίσης και να καθορίσουν τους αντικειμενικούς της στόχους. Τα τελευταία χρόνια, όμως, έγιναν εμφανή τα αρνητικά αποτελέσματα αυτής της μονόπλευρης θεώρησης και η ανάγκη μιας ολιστικής προσέγγισης της εφοδιαστικής. Σε αυτό συνέβαλαν και οι τελευταίες εξελίξεις στα επιχειρησιακά δεδομένα όπως η ανάπτυξη συνεργασιών διαφόρων μορφών μεταξύ των επιχειρήσεων, η παγκοσμιοποίηση της αγοράς και η εξέλιξη της παραγωγικής διαδικασίας.

1.3.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΚΑΙ Η ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ

Οι καλύτερες και μεγαλύτερες εταιρίες του επιχειρησιακού κόσμου αναπτύσσουν συνεχώς νέους τρόπους για να εξασφαλίσουν το ανταγωνιστικό τους πλεονέκτημα. Είναι, κυρίως, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας τους που περιέχει ενοποιημένες δράσεις για την εμφάνιση των προϊόντων τους στη αγορά και την ικανοποίηση των πελατών τους.

Ένα πρόγραμμα διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας ενοποιεί σε μια οντότητα θέματα που σχετίζονται με λειτουργίες όπως την κατασκευή, τη μεταφορά και τη διανομή. Η επιτυχία ενός τέτοιου προγράμματος εξαρτάται από το πόσο καλά θα συντονίσει και θα συνδυάσει αυτές τις λειτουργίες σε μια διαδικασία, συνδέοντας όλους τους συμμετέχοντες στην αλυσίδα. Οι συμμετέχοντες εκτός των ενδο-επιχειρησιακών τμημάτων είναι και οι εργαζόμενοι, οι μεταφορείς, άλλες επιχειρήσεις με τις οποίες συνεργάζεται η εταιρία, καθώς και προμηθευτές πληροφοριακών συστημάτων.

Τι είναι όμως η εφοδιαστική αλυσίδα; Ένας ορισμός που μπορεί να δοθεί για την εφοδιαστική αλυσίδα είναι ο ακόλουθος:

« Εφοδιαστική Αλυσίδα είναι όλες εκείνες τις δραστηριότητες που σχετίζονται με την ροή των αγαθών, από το στάδιο των πρώτων υλών μέχρι τον τελικό αποδέκτη, καθώς και τη ροή των πληροφοριών που σχετίζονται με τις παραπάνω διαδικασίες». Η ροή αυτή είναι αμφίδρομη.

Αν θεωρήσουμε μια εταιρία μέσα από το πλαίσιο του παραπάνω ορισμού, θα πρέπει να συμπεριλάβουμε τόσο το δίκτυο προμήθειας πρώτων υλών, όσο και το δίκτυο διανομής των προϊόντων. Ακόμη, βάση του πιο πάνω ορισμού, η αλυσίδα προμηθειών περιλαμβάνει τη διαχείριση πληροφοριακών συστημάτων, την προμήθεια υλικών, τον προγραμματισμό

παραγωγής, τη διαχείριση αποθεμάτων, την εξυπηρέτηση των πελατών και την διανομή των τελικών προϊόντων. Το δίκτυο προμηθειών περιλαμβάνει όλες εκείνες τις εταιρίες που παρέχουν εισαγόμενα υλικά ή προϊόντα σε μια εταιρία, είτε άμεσα είτε έμμεσα. Το δίκτυο προμήθειας περιλαμβάνει επίσης και διάφορα τμήματα της ίδιας εταιρίας. Για παράδειγμα ένα υλικό περνά μέσα από διάφορες διαδικασίες επεξεργασίας που γίνονται από διαφορετικά τμήματα της εταιρίας ή ένας προμηθευτής της εταιρίας έχει τους δικούς του προμηθευτές οι οποίοι εντάσσονται στο συνολικό δίκτυο προμήθειας της εταιρίας.

Για τις εταιρίες, σήμερα, είναι σημαντικό να παραδίνουν τα προϊόντα τους στους καταναλωτές γρηγορότερα από τους ανταγωνιστές τους, καθώς έτσι βελτιώνουν την ανταγωνιστική τους θέση. Οι επιχειρήσεις, για να παραμείνουν ανταγωνιστικές θα πρέπει να αναζητήσουν νέες λύσεις που σχετίζονται με θέματα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας όπως ανάλυση μοντέλων, διαχείρισης, σχεδίασης φορτώσεων-εκφορτώσεων, σχεδίαση δικτύου δρομολογίων διανομής κ.τ.λ. . Επίσης θα πρέπει να αντιμετωπιστούν προκλήσεις που επιδρούν στην εφοδιαστική αλυσίδα όπως η αναδιοργάνωση, η παγκοσμιοποίηση και ο εξωτερικός εφοδιασμός.

Η γρήγορη διαθεσιμότητα του προϊόντος είναι το κλειδί για την αύξηση των πωλήσεων μιας εταιρίας. Δημιουργείται ένα σημαντικό πλεονέκτημα κέρδους από τον επιπλέον χρόνο που βρίσκεται μια εταιρία στην αγορά ενώ ο ανταγωνιστής της όχι, και η οποία με αυτό τον τρόπο αποκτά μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς. Η ικανότητα γρήγορης παράδοσης προϊόντων μπορεί να δημιουργήσει ή να ακυρώσει μια πώληση, στην περίπτωση που υπάρχουν δυο ανταγωνιστικά προϊόντα και το ένα είναι διαθέσιμο ενώ το άλλο όχι.

Ένας από τους κύριους λόγους ύπαρξης τεράστιων κύκλων εργασιών από την παραγγελία ως την παράδοση-είναι η ύπαρξη «χρόνιων κακών συνηθειών» που προκύπτουν όταν οι εσωτερικές διαδικασίες των επιχειρήσεων αποτυγχάνουν να ανταποκριθούν στις αλλαγές της αγοράς. Η ύπαρξη ξεχωριστών και ανεξάρτητων τμημάτων τείνει να ενδυναμώνει αυτές τις μη αποδοτικές πρακτικές. Η όλη δεοντολογία της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, από την άλλη, βοηθά τις επιχειρήσεις να αναγνωρίσουν αυτές τις βλαβερές μεμονωμένες διαδικασίες. Η εξάλειψη αυτών των αδύνατων σημείων βελτιώνει τη διαθεσιμότητα του προϊόντος και επιταχύνει την παράδοση στον καταναλωτή, δύο αποτελέσματα που μπορούν να αυξήσουν τις πωλήσεις και τα κέρδη της εταιρίας.

1.3.2 ΟΙ ΕΠΤΑ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας διέπεται από επτά αρχές οι οποίες αν τηρούνται με επιμονή, υπομονή και κατανόηση, επιφέρουν ασύγκριτο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Οι αρχές αυτές αναλύονται στη συνέχεια.

- 1. Ταξινόμηση πελατών ανάλογα με τις ανάγκες εξυπηρέτησης τους:** Παραδοσιακά, οι εταιρίες ομαδοποιούν τους πελάτες τους κατά επαγγελματικό τομέα, κατά προϊόν ή κατά είδος συναλλαγής και μετά παρέχουν το ίδιο επίπεδο εξυπηρέτησης στα πλαίσια βέβαια συστηματικής ή όχι ταξινόμησης. Η αποδοτική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, σε αντίθεση, ομαδοποιεί τους πελάτες με βάση της ξεχωριστές ανάγκες εξυπηρέτησης τους, ασχέτως του επαγγελματικού τομέα και μετά προσαρμόζει τις παρεχόμενες υπηρεσίες στις ανάγκες τους.
- 2. Παραμετροποίηση του δικτύου της Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας:** Οι απαιτήσεις και η πιθανή κερδοφορία από την εξυπηρέτηση των ξεχωριστών αναγκών των πελατών πρέπει να είναι το σημείο προσοχής των επιχειρήσεων κατά τον σχεδιασμό του δικτύου της Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας τους.

3. Εστίαση της προσοχής στα μηνύματα της αγοράς(ζήτηση) και ανάλογος σχεδιασμός:

Για να είναι δυνατή η έγκαιρη διάγνωση αλλαγών στη ζήτηση των προϊόντων και ό,τι αυτό συνεπάγεται θα πρέπει στον σχεδιασμό των ενεργειών και των πωλήσεων να φαίνεται η επίδραση που αυτές έχουν σε όλη την αλυσίδα. Αυτή η σε βάθος προσέγγιση της ζήτησης οδηγεί σε σταθερότερες προβλέψεις και σε μια βέλτιστη διαχείριση της αποθήκης και των διαθέσιμων πηγών και δυναμικού.

4. Διαφοροποίηση του προϊόντος φέρνοντας το πιο κοντά στον καταναλωτή:

Επειδή η συσσώρευση αποθεμάτων γίνεται ολοένα και πιο επιζήμια πρέπει η διαφοροποίηση του προϊόντος να συνδεθεί με την παραγωγική διαδικασία για να προσεγγιστεί καλύτερα η ζήτηση του καταναλωτή.

5. Στρατηγική διαχείριση των προμηθειών:

Προκειμένου να συνεργάζονται στενά με τους βασικούς προμηθευτές τους και να μειώσουν τα ολικά κόστη απόκτησης πρώτων υλών και υπηρεσιών τους οι εταιρίες πρέπει να διευρύνουν τα σύνορα με τους προμηθευτές τους. Η λήψη προσφοράς από τους προμηθευτές και η επιλογή της μικρότερης τιμής είναι λάθος στρατηγική. Το μοίρασμα των κερδών είναι ο σύγχρονος και αποτελεσματικότερος τρόπος για τη στρατηγική διαχείριση των προμηθειών.

6. Ανάπτυξη μιας ευρείας τεχνολογικής στρατηγικής της Εφοδιαστικής Αλυσίδας:

Η ροή πληροφορίας είναι εξίσου σημαντική με την ροή των προϊόντων ή των υπηρεσιών και γι' αυτό το λόγο θα πρέπει στα διάφορα επίπεδα λήψης αποφάσεων να υπάρχει υποστήριξη από τη τεχνολογία.

7. Υιοθέτηση τρόπων εξάπλωσης μέτρησης της απόδοσης:

Σε κάθε κομμάτι της αλυσίδας θα πρέπει να εφαρμόζονται συστήματα μέτρησης της απόδοσης γιατί έτσι επιτυγχάνεται ο συντονισμός των εσωτερικών λειτουργιών και γιατί μέσω αυτών αποδίδεται μια εικόνα της οικονομικής κατάστασης και της κατάστασης του επιπέδου εξυπηρέτησης των πελατών.

1.3.3 ΤΑ ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΕΝΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Όπως έχουμε προαναφέρει, στα logistics όλα χαρακτηρίζονται από την εφοδιαστική αλυσίδα που μεσολαβεί μεταξύ παραγωγού και καταναλωτή. Η εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί βέβαια να έχει πολλαπλά ζεύγη παραγωγού-καταναλωτή. Συνεπώς, η εφοδιαστική αλυσίδα ενός προϊόντος χαρακτηρίζεται από ζεύγη του τύπου "παραγωγός -καταναλωτής". Οι δυο κύριοι συνδετικοί κρίκοι μιας εφοδιαστικής αλυσίδας είναι:

- Ο *παραγωγός*, ο οποίος είναι αυτός που μετασχηματίζει το προϊόν, προσθέτοντάς του αξία. Η παραγωγή μπορεί να είναι πρωτογενής, δευτερογενής ή τριτογενής. Για παράδειγμα έχουμε παραγωγούς σίτου, παραγωγούς ψωμιού, παραγωγούς λογισμικού κ.τ.λ.
- Ο *καταναλωτής*, που είναι αυτός που καταναλώνει το παραγόμενο προϊόν από τον παραγωγό, είτε σαν τελευταίος κρίκος της εφοδιαστικής αλυσίδας(καταναλωτής

ψωμιού) είτε σαν ενδιάμεσος κρίκος μετασχηματίζοντας το σε άλλο προϊόν (αρτοποιείο που μετασχηματίζει το αλεύρι σε ψωμί).

Πολλές φορές όμως στην εφοδιαστική αλυσίδα μεταξύ του παραγωγού και του καταναλωτή παρεμβάλλονται ορισμένοι ενδιάμεσοι κρίκοι, οι οποίοι είναι οι εξής:

- Ο *αντιπρόσωπος*, ο οποίος συνάπτει αποκλειστική συνεργασία με τον παραγωγό καλύπτοντας τις ανάγκες μιας συγκεκριμένης περιοχής και στην ουσία αποτελεί πελάτη του παραγωγού. Προμηθεύεται τα προϊόντα του παραγωγού και δεν έχει δικαίωμα να προωθεί ανταγωνιστικά προϊόντα. Ο αντιπρόσωπος προμηθεύει με την σειρά του τόσο τους λιανέμπορους όσο και τους χονδρέμπορους.
- Ο *ειδικός συνεργάτης*, όπου διαφοροποιείται από τους αντιπρόσωπους στο ότι μπορεί να απευθύνεται σε συγκεκριμένους καταναλωτές και μάλιστα συνήθως σε "μικρά" σημεία πώλησης ή να διακινεί συγκεκριμένη κατηγορία προϊόντων. Πρόκειται λοιπόν για ειδική συνεργασία και όπως στην περίπτωση του αντιπροσώπου δεν έχει το δικαίωμα να πουλά ανταγωνιστικά προϊόντα.
- Ο *χονδρέμπορος*, είναι εκείνος ο οποίος προμηθεύεται το προϊόν κατευθείαν από τον παραγωγό, τον αντιπρόσωπο ή τον ειδικό συνεργάτη, το αποθηκεύει σε δικές του αποθήκες και κατόπιν το προωθεί στο λιανεμπόριο.
- Ο *λιανέμπορος*, ο οποίος προμηθεύεται το προϊόν είτε κατευθείαν από τον παραγωγό είτε από χονδρέμπορους, αντιπρόσωπους, ειδικούς συνεργάτες και το προωθεί στον καταναλωτή.

1.3.4 ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Στο σημείο αυτό θα εξετάσουμε ορισμένες επιχειρησιακές δραστηριότητες που είναι σχετικές με τη διακίνηση των προϊόντων και το σύστημα Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Θα εξετάσουμε, επίσης, το ρόλο των δραστηριοτήτων αυτών στον προσδιορισμό του κόστους και του επιπέδου εξυπηρέτησης των πελατών. Οι επιχειρησιακές δραστηριότητες είναι οι κάτωθι.

1. Εξυπηρέτηση πελατών

Μπορούμε να πούμε πως η εξυπηρέτηση πελατών είναι η επιχειρησιακή φιλοσοφία προσανατολισμένη προς τον πελάτη, που ολοκληρώνει και διαχειρίζεται όλα τα στοιχεία επικοινωνίας με τον πελάτη, βάσει μιας προαποφασισμένης πολιτικής κόστους και επιπέδου εξυπηρέτησης.

2. Λήψη παραγγελιών

Το σύστημα λήψης, επεξεργασίας και προώθησης παραγγελιών αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του συστήματος διακίνησης, μιας και αυτό ενεργοποιεί όλες τις επιχειρησιακές μονάδες στην κατεύθυνση ικανοποίησης της ζήτησης. Οι βασικές δραστηριότητες του συστήματος παραγγελιών είναι:

- Η επικοινωνία με τον πελάτη
- Η επικοινωνία με την αποθήκη
- Η παραλαβή και η επεξεργασία της παραγγελίας

- Η συγκέντρωση των προϊόντων
- Η προετοιμασία για αποστολή-συσκευασία
- Η τιμολόγηση
- Η παρακολούθηση της διαδικασίας εκτέλεσης της παραγγελίας
- Ο έλεγχος πίστωσης των πελατών και
- Η παρακολούθηση οφειλετών

3. Επικοινωνία

Η επικοινωνία της επιχείρησης με το εξωτερικό της περιβάλλον είναι εξίσου σημαντική με την επικοινωνία της με τους πελάτες. Πέρα, όμως, από τις επικοινωνίες της επιχείρησης με το εξωτερικό περιβάλλον της υπάρχει και η εσωτερική επικοινωνία, όπως η επικοινωνία μεταξύ των λειτουργικών μονάδων της (παραγωγή, πωλήσεις, μάρκετινγκ, διοίκηση ανθρώπινου δυναμικού), των βασικών υπολειτουργιών (αποθήκες, αποθέματα, διανομή, προμήθειες) και ανάμεσα στα τμήματα της ίδιας υπολειτουργίας.

4. Έλεγχος αποθεμάτων

Η ύπαρξη και η ορθολογική διαχείριση των συστημάτων αποθεματοποίησης είναι αναγκαία αφ' ενός διότι εξασφαλίζει τη συνεχή και αδιάκοπη ροή των προϊόντων και αφ' εταίρου διότι το κόστος χρήσης της αποθήκης είναι ιδιαίτερα υψηλό, όπως επίσης και το κεφάλαιο που δεσμεύεται υπό την μορφή των αποθεμάτων.

5. Προβλέψεις

Κάθε επιχείρηση προκειμένου να προγραμματίσει τη λειτουργία της, μελετά τα δεδομένα της αγοράς και προβαίνει σε προβλέψεις της μελλοντικής ζήτησης. Ο χρονικός ορίζοντας των προβλέψεων αυτών μπορεί να διαφέρει. Βάσει των προβλέψεων λαμβάνονται αποφάσεις σχετικές με:

- Τις πωλήσεις: αναπτύσσονται στρατηγικές Μάρκετινγκ, γίνεται κατανομή των πωλήσεων και τιμολόγηση των προϊόντων.
- Την παραγωγή: αναπτύσσονται προγράμματα παραγωγής αποθεματοποίησης και προμηθειών
- Την διακίνηση: προγραμματίζεται η μεταφορά και αποθεματοποίηση των προϊόντων

6. Μεταφορές

Οι μεταφορές αποτελούν πολύ σημαντικό τμήμα της αλυσίδας της διακίνησης. Τα βασικά θέματα που μας απασχολούν εδώ είναι η επιλογή των μεταφορικών μέσων, η σύνθεση και το μέγεθος του στόλου, η πολιτική απόκτησης του, ο καθορισμός του προγράμματος του και η δρομολόγησή του.

7. Αποθήκευση

Προκειμένου να αντιμετωπισθεί έγκαιρα η πιθανώς αυξημένη ζήτηση, οι επιχειρήσεις αποθηκεύουν τα προϊόντα τους είτε μέσα στις μονάδες παραγωγής είτε σε χώρους κοντά στους πελάτες. Τα θέματα που υπεισέρχονται εδώ, έχουν να κάνουν με τις διαδικασίες απόκτησης των αποθηκευτικών χώρων, τη χωροταξία τους, την χωροθέτηση, τα προϊόντα που θα αποθηκευτούν, τη συντήρηση των χώρων και την ανακύκλωση των αποθεμάτων.

8. Φορτοεκφόρτωση

Η φορτοεκφόρτωση είναι συνδεδεμένη με το σύστημα μεταφορών της επιχείρησης τόσο μέσα στην ίδια την επιχείρηση (μονάδες παραγωγής -

αποθήκες) όσο και μεταξύ της επιχείρησης και των πελατών. Δεδομένου ότι η φορτοεκφόρτωση δεν προσθέτει αξία στο τελικό προϊόν, επιβάλλεται η ελαχιστοποίηση των σχετικών χειρισμών και του κόστους τους, όπως:

- Ελαχιστοποίηση κόστους φορτοεκφόρτωσης
- Επιτάχυνση ή αποφυγή καθυστερήσεων
- Ελαχιστοποίηση ζημιών κατά την εκτέλεση της φορτοεκφόρτωσης

9. Προμήθειες

Οι προμήθειες περιλαμβάνουν όλες εκείνες τις δραστηριότητες που σχετίζονται με την αποθήκη πρώτων υλών, ημιτελών προϊόντων και υπηρεσιών. Οι δραστηριότητες οι οποίες σχετίζονται με τις προμήθειες είναι:

- Προσδιορισμός χρονικών στιγμών παραλαβής προμηθειών
- Προσδιορισμός ποσοτήτων
- Προσδιορισμός της μορφής των προμηθειών
- Διαπραγμάτευση των τιμών
- Καθορισμός της ποιότητας των προμηθειών

10. Συντήρηση

Η ευθύνη της επιχείρησης δεν τελειώνει στην πώληση του προϊόντος αλλά απαιτείται υποστήριξη του καταναλωτή και μετά την αγορά του προϊόντος. Παράλληλα απαιτείται προγραμματισμός συντήρησης των μέσων παραγωγής και μη της επιχείρησης.

11. Συσκευασία

Η συσκευασία των προϊόντων που παράγει η επιχείρηση είναι ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας και η σημασία της εντοπίζεται στα εξής σημεία:

- Διευκολύνει τη διακίνηση μειώνοντας το κόστος φορτοεκφόρτωσης και τον απαιτούμενο χώρο αποθήκευσης προστατεύοντας παράλληλα και το προϊόν.
- Η συσκευασία αποτελεί αντικείμενο μελέτης του Μάρκετινγκ, μια και αυτή είναι ικανή να αυξήσει το μερίδιο αγοράς, να φέρει ιδιαίτερες πληροφορίες σχετικές με το προϊόν, να συμβάλει στην προώθησή του κ.τ.λ.

12. Διάθεση αποβλήτων

Από οποιαδήποτε παραγωγική διαδικασία δημιουργούνται παραπροϊόντα τα οποία πρέπει να μεταφερθούν σε χώρους επεξεργασίας ή καταστροφής τους. Κατά αυτό τον τρόπο δημιουργείται η ανάγκη ανάπτυξης ενός νέου δικτύου διακίνησης των παραπροϊόντων αυτών ή προσαρμογή του υπάρχοντος δικτύου διανομής των προϊόντων στην διαδικασία αυτή.

13. Το κύκλωμα επιστροφής

Το κύκλωμα επιστροφής είναι ένα σημαντικό θέμα το οποίο παρουσιάστηκε τις τελευταίες δεκαετίες και αποτελεί σημαντικό τμήμα της αλυσίδας διακίνησης, με

σημαντικές συνέπειες στην εξυπηρέτηση του πελάτη. Το κύκλωμα επιστροφής περιλαμβάνει συνήθως την ανακύκλωση ή και επαναχρησιμοποίηση ορισμένων τμημάτων του προϊόντος(εφόσον αυτό είναι εφικτό).

ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

2.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Η διανομή αποτελεί το τελευταίο στάδιο της αλυσίδας της διακίνησης των προϊόντων προς το μέρος του καταναλωτή. Σκοπός της είναι η μεταφορά των τελικών προϊόντων από τις μονάδες παραγωγής ή τα κέντρα διανομής προς την αγορά (καταναλωτές) μέσω του δικτύου διανομής.

Η δομή ενός δικτύου διανομής πρέπει να είναι τέτοια ώστε να παρέχει στους καταναλωτές τα προϊόντα στο σωστό τόπο, στο σωστό χρόνο, στη σωστή ποσότητα και με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Εξάλλου είναι οι καταναλωτές που καθορίζουν τελικά τη δομή του δικτύου διανομής αφού είναι εκείνοι οι οποίοι δίνουν το "στίγμα" τους στους υπεύθυνους αναλυτές εμπορίου. Το βέλτιστο κανάλι διανομής θα έχει διαμορφωθεί όταν πια κανένας άλλος παράγοντας, από αυτούς που συντελούν στην ικανοποίηση του τελικού αποδέκτη (πελάτη) ή στην αύξηση των κερδών, δεν θα μπορεί πλέον να προστεθεί στο δίκτυο.

Για το σωστό σχεδιασμό, λοιπόν, ενός δικτύου διανομής είναι απαραίτητο να ληφθούν υπ' όψιν κάποιοι παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη δομή του. Μερικοί παράγοντες είναι:

- Η φύση της αγοράς (πελάτες στους οποίους απευθύνεται η εταιρία).
- Τα σημεία πώλησης των προϊόντων.
- Τα είδη των προϊόντων που διανέμονται μέσω του δικτύου διανομής (τρόφιμα προϊόντα συνήθως απαιτούν διαφορετική μεταχείριση από άλλα είδη εμπορευμάτων).
- Τους στόχους της επιχείρησης σχετικά με το δίκτυο διανομής (μέγεθος, εύρος κ.τ.λ.).
- Τις αποστάσεις μεταξύ της αποθήκης ή αποθηκών, του κέντρου διανομής και των σημείων πώλησης των προϊόντων.

Πιο συγκεκριμένα, οι κυριότεροι παράγοντες που πρέπει να καθοριστούν προτού αρχίσει ο σχεδιασμός ενός δικτύου διανομής είναι:

1. Ο χρόνος παράδοσης των προϊόντων ανά περιοχή
2. Τα σημεία εξυπηρέτησης ανά περιοχή και
3. Το ύψος αποθέματος ανά ομάδα προϊόντων που μπορούν να αποθηκευτούν στο κέντρο διανομής (αποθήκη).

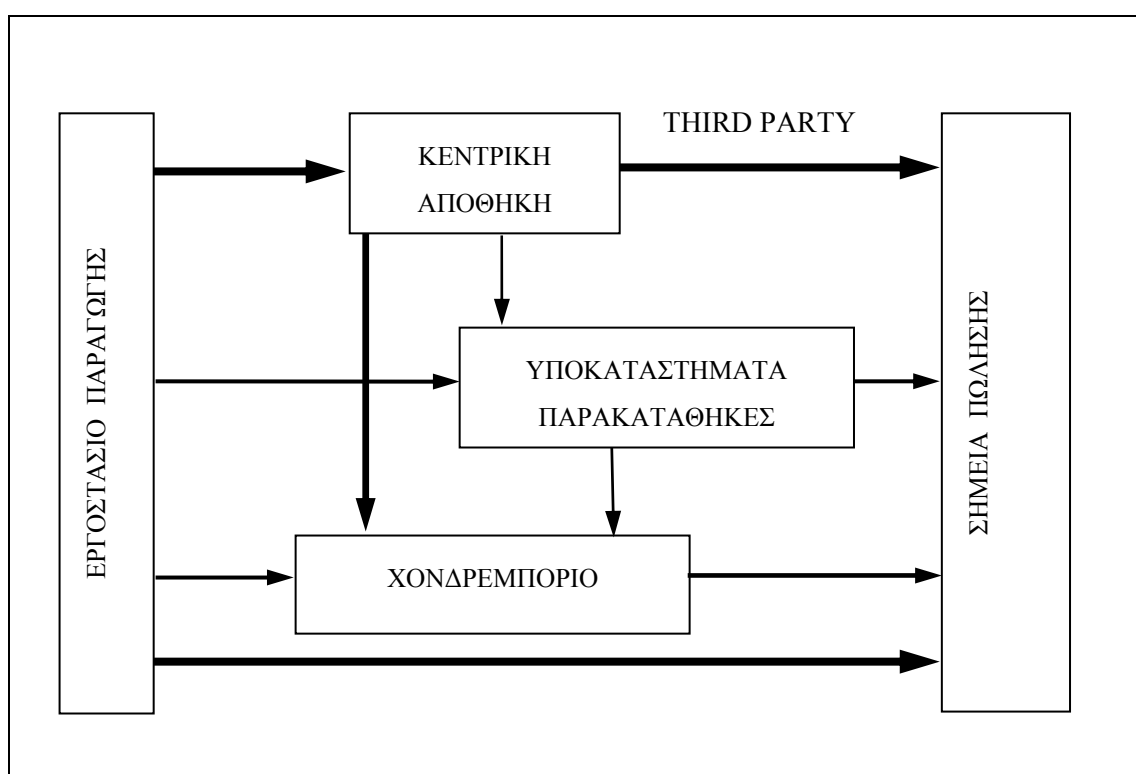
2.2 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Είναι γνωστό ότι υπάρχουν διάφοροι τρόποι μέσω των οποίων μια επιχείρηση μπορεί να τροφοδοτεί τα προϊόντα της στους τελικούς καταναλωτές, για αυτό η επιχείρηση καλείται να διαλέξει κάποιους από αυτούς, οι οποίοι είναι πιο κερδοφόροι, για την διακίνηση των

προϊόντων της. Ένας καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή του καλύτερου τρόπου διανομής των προϊόντων είναι το κόστος του δικτύου διανομής. Βάση του παράγοντα κόστους διανομής μπορούμε να διακρίνουμε τις πιο κάτω κατηγορίες διανομής προϊόντων:

1. Απευθείας διαδρομή (τα προϊόντα διανέμονται στους καταναλωτές απευθείας από το εργοστάσιο)
2. Διανομή μέσω υποκαταστημάτων ή άλλων μικρών αποθηκών που ελέγχονται πλήρως από την επιχείρηση.
3. Διανομή μέσω παρακαταθηκών συνεργατών, δηλαδή αποκλειστικών αντιπροσώπων περιοχών με ιδιόκτητους χώρους που αναλαμβάνουν την πλήρη διανομή με δικά τους μέσα και προσωπικό ή κλασσικών χονδρεμπόρων
4. Διανομή μέσω τρίτων (Third party)

Τα παραπάνω απεικονίζονται διαγραμματικά στο ακόλουθο σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1 Τυπικά κανάλια διανομής

Στο σημείο αυτό, θεωρούμε σημαντικό να αναφέρουμε επιγραμματικά, ότι για τους δυο πρώτους τρόπους διανομής το κόστος διανομής είναι σταθερό, ενώ για τον τέταρτο είναι μεταβλητό. Για τον τρίτο τρόπο διανομής ένα μέρος του κόστους (κόστος λειτουργίας κέντρου διανομής) είναι σταθερό και ένα μέρος (κόστος διακίνησης και διανομής) είναι μεταβλητό.

2.3 ΚΑΝΑΛΙΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Τα κανάλια διανομής αποτελούν τα μέσα, από τα οποία πραγματοποιείται η διακίνηση των προϊόντων. Ένα κανάλι διανομής αντιστοιχεί σε μια σειρά κόμβων και συνδέσμων του δικτύου διανομής που συνδέουν την (τις) μονάδα (-ες) παραγωγής με την τελική αγορά και τα σημεία διακίνησης. Συνεπώς ένα κανάλι διανομής αποτελείται από διάφορες επιχειρησιακές μονάδες (μονάδες παραγωγής, αποθήκες, μέσα μεταφοράς κ.τ.λ) οι οποίες μπορεί να ανήκουν είτε στην επιχείρηση, είτε να είναι μισθωμένες από αυτή. Τα κανάλια διανομής σχεδιάζονται ανάλογα με τη φύση των προϊόντων που πρόκειται να διακινηθούν, ανάλογα με τη φύση της αγοράς και ανάλογα με τις δυνατότητες της επιχείρησης. Επίσης, η ανάπτυξη ενός καναλιού διανομής στόχος είναι η μείωση του κόστους διακίνησης και η αύξησης του επιπέδου εξυπηρέτησης του πελάτη.

2.3.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Η επιλογή ενός βέλτιστου καναλιού διανομής προϊόντων επηρεάζεται από πολλούς ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες. Οι σημαντικότεροι από αυτούς τους παράγοντες είναι:

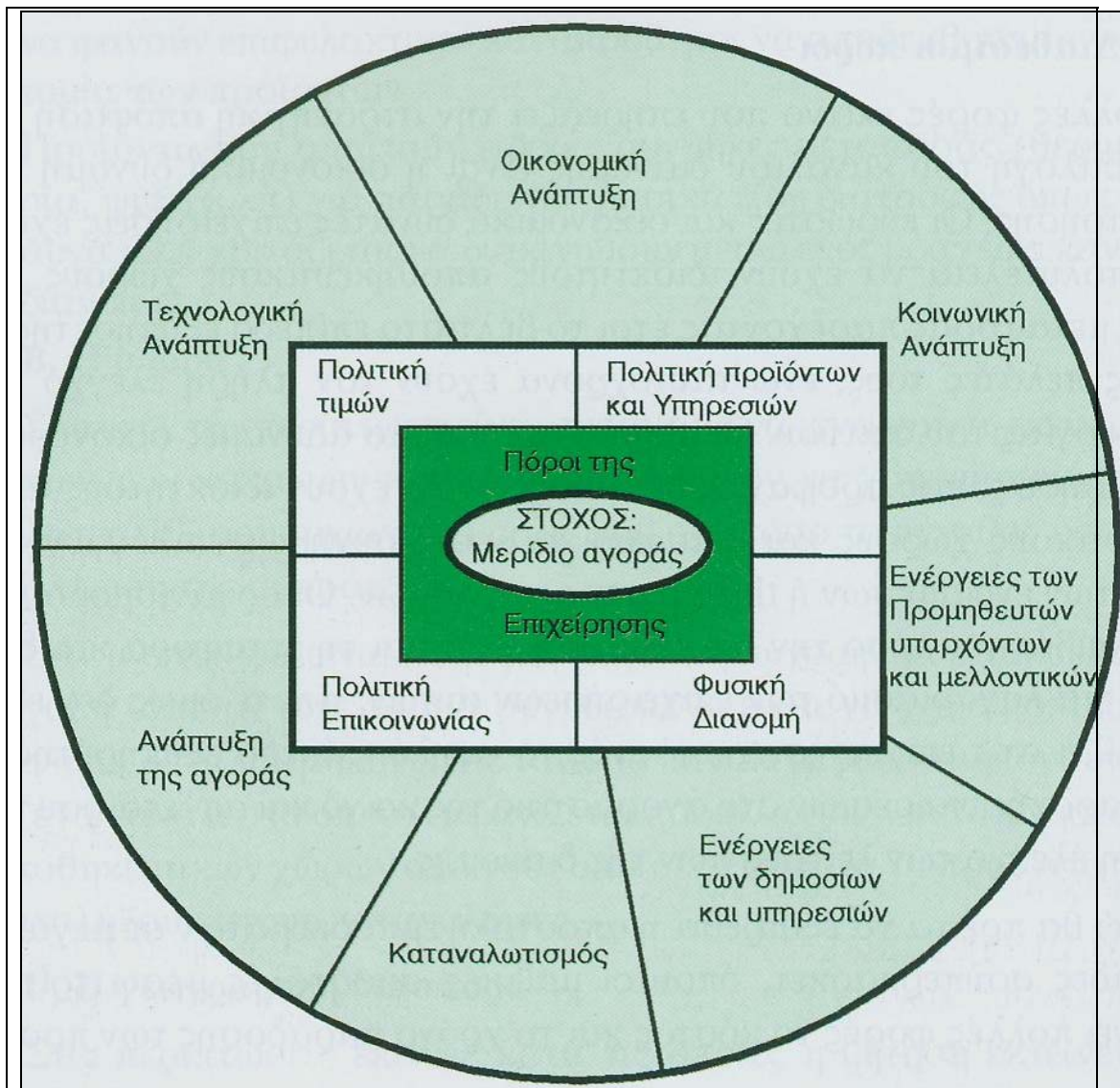
A. Ενδογενείς παράγοντες:

1. Τα προϊόντα
2. Η αγορά
3. Η γεωγραφική διασπορά της αγοράς
4. Ο ανταγωνισμός
5. Οι διαθέσιμοι πόροι

B. Εξωγενείς παράγοντες :

1. Η ανάπτυξη της αγοράς
2. Η τεχνολογική ανάπτυξη
3. Η οικονομική ανάπτυξη
4. Η κοινωνική ανάπτυξη
5. Ο καταναλωτισμός και
6. Οι ενέργειες των δημοσίων οργανισμών και υπηρεσιών

Στο σχήμα 2.2 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν την διαδικασία της διανομής.



Σχήμα 2.2 Εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της διανομής

2.3.2 ΚΕΝΤΡΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Ένα από τα περισσότερο σημαντικά στοιχεία των καναλιών διανομής αποτελούν τα κέντρα διανομής. Οι σχετικές αποφάσεις με αυτά έχουν στρατηγικό χαρακτήρα και οι επιπτώσεις είναι άμεσες και πολύ σημαντικές σε ότι αφορά το συνολικό κόστος μεταφοράς και στο επίπεδο εξυπηρέτησης. Ο αποφασίζων για τα κέντρα διανομής πρέπει να προσδιορίσει:

- Τον αριθμό των κέντρων διανομής
- Τη γεωγραφική θέση των κέντρων διανομής
- Τον αριθμό των επιπέδων οργάνωσης τους
- Το μέγεθος και τη δυναμικότητά τους
- Τη διαδικασία τροφοδοσίας τους
- Τα προϊόντα που θα αποθεματοποιούνται
- Το μέγεθος της αγοράς που θα εξυπηρετούν

Οι παραπάνω αποφάσεις λαμβάνονται βάσει ορισμένων περιορισμών σχετικών με:

- Το κόστος αρχικής επένδυσης
- Το λειτουργικό κόστος
- Το κόστος αποθεμάτων
- Τις δυνατότητες μελλοντικής επέκτασης
- Το συνολικό κόστος μεταφοράς

2.4 ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

Οι μεταφορές αποτελούν τον συνδετικό κρίκο μεταξύ των εγκαταστάσεων παραγωγής και των τοποθεσιών διάθεσης των προϊόντων. Είναι ένα σημαντικό κομμάτι των Logistics λόγω του ότι συχνά απορροφούν το μεγαλύτερο ποσοστό των πόρων που παρέχονται για τις λειτουργίες τους. Η απόφαση επιλογής των μέσων μεταφοράς λαμβάνεται βάσει των χαρακτηριστικών των προϊόντων, των χρονικών περιορισμών που τίθενται στη διανομή τους, του κόστους μεταφοράς, της δυνατότητας πρόσβασης στους χώρους παράδοσης, την ασφάλεια μεταφοράς κ.τ.λ.

Στις μέρες μας, και στην περίπτωση της εταιρίας που θα μελετήσουμε στη συνέχεια της εργασίας, τα φορτηγά αποτελούν την καρδιά του κυκλώματος διανομής των επιχειρήσεων. Η επιλογή ενός φορτηγού σήμερα είναι μια πολύ σημαντική υπόθεση και η τυχόν λάθος επιλογή φορτηγών θα στοιχίσει πολύ μεγάλα χρηματικά ποσά στην επιχείρηση. Η λάθος επιλογή φορτηγών θα οδηγήσει, επίσης, και στη μείωση του επιπέδου και της ποιότητας των υπηρεσιών της επιχείρησης, αλλά και στην αύξηση των λειτουργικών της εξόδων.

2.4.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΦΟΡΤΗΓΩΝ

Όπως προαναφέραμε, η επιλογή των φορτηγών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως τα χαρακτηριστικών των προϊόντων, του κόστους μεταφοράς και της δυνατότητας πρόσβασης στους χώρους παράδοσης. Υπάρχουν όμως και άλλες απαιτήσεις που συσχετίζονται με την επιλογή των φορτηγών οι οποίες είναι οι εξής:

- Ευκολία προσέγγισης στις ράμπες της εταιρίας όσο και των υπόλοιπων σημείων που επισκέπτονται τα φορτηγά (πελάτες, προμηθευτές)
- Ευκολία συντήρησης και κόστος συντήρησης
- Υποδομή εντός του φορτηγού, έτσι ώστε να μπορεί να δεχθεί αυτοματισμούς όπως ράφια, κ.τ.λ
- Διαστάσεις εσωτερικές, εξωτερικές φορτηγού, μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο (συμβατότητα με τα αντίστοιχα νομοθετικά διατάγματα και Ευρωπαϊκών προδιαγραφών)
- Ευκολία ελιγμών κατά την προσέγγιση και απομάκρυνση από τις ράμπες
- Κλίσεις τις οποίες μπορεί να ανεβεί και να κατεβεί το φορτηγό
- Καταλληλότητα για μακρινά ταξίδια
- Ευελιξία στις κυκλοφοριακές συνθήκες της πόλης

Υπάρχουν βέβαια και φορτηγά τα οποία προορίζονται για ειδικού τύπου μεταφορές. Μια περίπτωση είναι και τα φορτηγά που χρησιμοποιούνται στην διακίνηση κατεψυγμένων προϊόντων. Στην περίπτωση αυτή, ο θάλαμος του φορτηγού θα πρέπει να είναι σωστά μονωμένος και θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν και οι αποστάσεις που θα διανύονται ώστε αναλόγως να πραγματοποιηθεί η αγορά των κατάλληλων φορτηγών. Γενικά, προκειμένου να μην υπάρξουν διαρροές ούτε από το φορτηγό ούτε από την αποθήκη θα πρέπει να ελεγχθεί ώστε το φορτηγό να είναι συμβατό με τα συστήματα dock shelters που έχουν σαν σκοπό το ερμητικό κλείσιμο του τμήματος επαφής φορτηγού-αποθήκης. Τα dock shelters, δηλαδή, "αγκαλιάζουν" εξωτερικό μέρος του φορτηγού και δεν αφήνουν κρύο και σκόνη να εισέρχονται στην αποθήκη την ώρα φόρτωσης του φορτηγού.

Η επιλογή φορτηγού για προϊόντα που ψύχονται είναι πολύ δύσκολη υπόθεση και για το λόγο αυτό συνήθίζεται ο κάθε ενδιαφερόμενος να μετατρέπει το φορτηγό σύμφωνα με τις ανάγκες του, σε κάποιον ειδικό κατασκευαστή βάσει συγκεκριμένης μελέτης. Καλό θα είναι όμως να αποφεύγονται οι αγορές τέτοιων μεταχειρισμένων φορτηγών, καθώς είναι πιθανό να προκύψουν προβλήματα αξιοπιστίας ή ακόμη και υγιεινής και καταλληλότητας των προϊόντων.

Αν θέλουμε να επεκταθούμε περαιτέρω στο θέμα των φορτηγών, θα μπορούσε με κατάλληλη διαμόρφωση ένα φορτηγό να έχει δυο χώρους, ένα για ψύξη και έναν π.χ για συντήρηση. Το φορτηγό αυτό φυσικά έχει δυο πόρτες (διαφορετική είσοδος για κάθε χώρο) και μπορεί να εξυπηρετεί επίσης και τη μεταφορά προϊόντων με διαφορετικές απαιτήσεις ψύξης.

Βεβαίως υπάρχει και η εναλλακτική λύση μεταφοράς μικτού φορτίου από απλό φορτηγό με τη χρήση μονωμένων θαλάμων σε διαστάσεις παλέτας ή roll pallets. Οι θάλαμοι μπορούν να εξυπηρετήσουν διάφορες θερμοκρασίες, ανάλογα με τις δυνατότητες των ψυκτικών θαλάμων που τοποθετούνται σε αυτούς. Η χρήση μονωμένων ψυκτικών θαλάμων έχει το πλεονέκτημα της συνδυασμένης διακίνησης από απλά φορτηγά και συνίσταται για διανομή εταιριών που ο κύριος όγκος των προϊόντων που διακινούν είναι στη ξηρά

2.4.2 ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Ήδη έχουμε αναφέρει, πόσο σημαντικό ρόλο διαδραματίζει το κόστος μεταφοράς στο συνολικό κόστος λειτουργίας μιας επιχείρησης. Η μείωση του κόστους μεταφοράς είναι ικανή να δώσει συγκριτικό πλεονέκτημα σε μια επιχείρηση και ιδιαίτερα σήμερα όπου στοιχεία όπως ο έντονος ανταγωνισμός, η διεθνοποίηση της παραγωγής, οι τεχνολογικές εξελίξεις, η αύξηση των καυσίμων είναι εμφανείς και εντείνονται συνεχώς. Για το λόγο αυτό απαιτείται η χάραξη μιας ορθολογικής στρατηγικής βέλτιστης αξιοποίησης και χρήσης του συστήματος μεταφορών μιας επιχείρησης.

Παράγοντες οι οποίοι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι η ηλικία και η σύνθεση του στόλου των οχημάτων, το καθεστώς ιδιοκτησίας των οχημάτων, αν δηλαδή ανήκουν στην επιχείρηση ή μισθώνονται, η αξιοποίηση της χωρητικότητας των οχημάτων και της διαθεσιμότητας του προσωπικού. Ειδικότερα το κόστος μεταφοράς συντίθεται από τα ακόλουθα επιμέρους κόστη:

- Αμοιβή οδηγών
- Ασφάλιση οδηγών και οχημάτων
- Απόσβεση οχημάτων
- Κόστος καυσίμων, λιπαντικών και ελαστικών
- Κόστος συντήρησης των οχημάτων
- Διοικητικό κόστος (προσωπικό, τηλεπικοινωνίες)
- Κόστος στάθμευσης

Επίσης υπεισέρχονται συχνά και άλλα κόστη όπως:

- Κόστος ενδιάμεσης φορτοεκφόρτωσης
- Ασφάλιση μεταφερόμενων προϊόντων
- Συσκευασία
- Ενδιάμεση προσωρινή αποθήκευση

Τα παραπάνω κόστη μπορούν να διακριθούν σε δυο γενικότερες κατηγορίες:

1. Κόστη σχετικά με τους οδηγούς
2. Κόστη σχετικά με τα οχήματα

2.4.2.1 ΚΟΣΤΗ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΟΔΗΓΟΥΣ

Στον ιδιόκτητο στόλο οχημάτων η αμοιβή των οδηγών είναι ανάλογη της χρονικής διάρκειας απασχόλησης, του τύπου των οχημάτων και πιθανόν της προϋπηρεσίας των οδηγών. Πέρα από αυτή την αμοιβή, υπάρχουν τα επιδόματα για εκτός τυχόν διανυκτερεύσεις, για υψηλή παραγωγικότητα καθώς και οι εισφορές σε ασφαλιστικά ταμεία.

Αν θελήσουμε να αξιολογήσουμε την αξιοποίηση ενός οδηγού, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τον πιο κάτω δείκτη:

Δείκτης Αξιοποίησης Οδηγού:

$$\Delta.Α.Ο = \frac{\text{Παραγωγικές ώρες απασχόλησης ενός οδηγού}}{\text{Συνολικές θεωρητικά ώρες απασχόλησης}}$$

Οι μη παραγωγικές ώρες απασχόλησης είναι οι ώρες εκείνες στις οποίες ο οδηγός δεν εκτελεί πραγματικό παραγωγικό έργο (οδήγηση και διανομή), και συνήθως είναι ο χρόνος αναμονής για φορτοεκφόρτωση του οχήματος. Το κόστος που σχετίζεται με τους οδηγούς είναι πολύ σημαντικό, διότι στην πραγματικότητα είναι σχεδόν το διπλάσιο του βασικού ημερομισθίου τους.

2.4.2.2 ΚΟΣΤΗ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

Εκτός από τα συνήθη κόστη σημαντικό ρόλο έχει και η απόσβεση των οχημάτων. Η απόσβεση ανάλογα με την πολιτική της επιχείρησης μπορεί να θεωρηθεί ως :

- Σταθερή ετήσια, εάν η επιχείρηση αντικαθιστά ετησίως ένα σταθερό αριθμό οχημάτων
- Βάσει των διανυθέντων χιλιομέτρων, εάν η επιχείρηση χρησιμοποιεί σε μεγαλύτερο βαθμό τα νέα οχήματα

Επίσης, στο κόστος απόσβεσης συμπεριλαμβάνονται και οι τόκοι του υποτιθέμενου κεφαλαίου που δανείστηκε η επιχείρησης για την αγορά των οχημάτων. Μια βέλτιστη πολιτική αντικατάστασης είναι αυτή η οποία ελαχιστοποιεί το άθροισμα του κόστους απόσβεσης και του κόστους συντήρησης. Το κόστος συντήρησης εξαρτάται από το είδος των οχημάτων, είναι αρχικά χαμηλό και αυξάνεται στη συνέχεια με την ηλικία και το βαθμό

χρησιμοποίηση του εκάστοτε οχήματος. Ένας Δείκτης Αξιοποίησης των Οχημάτων (Δ.Α.Οχ) είναι ο ακόλουθος:

$$\Delta . Α . Ο χ = \frac{\text{Φ ο ρ τ ι ο ο χ η μ α τ ο ς Χ ω ρ ε ς δ ι α ν ο μ η ς}}{\text{Μ ε γ ι σ τ ο φ ο ρ τ ι ο Χ Σ υ ν ο λ ι κ ε ς ω ρ ε ς α π α σ χ ο λ η σ η ς}}$$

Από τα επιμέρους κόστη που αναφέρθηκαν προηγουμένως ορισμένα εξαρτώνται από τη απόσταση που διανύουν τα οχήματα και ορισμένα όχι. Συνήθως οι αμοιβές και η ασφάλιση των οδηγών και των οχημάτων, τα διοικητικά κόστη και το κόστος του χώρου στάθμευσης είναι ανεξάρτητα της απόστασης που διανύετε, και ανάλογα του χρόνου απασχόλησης οδηγών και οχημάτων, καθώς και ανάλογα του αριθμού των οχημάτων.

Το κόστος συντήρησης, λιπαντικών και καυσίμων είναι ανάλογο της απόστασης που διανύει το κάθε όχημα. Τέλος, το κόστος απόσβεσης υπολογίζεται βάσει του χρόνου απασχόλησης ή βάσει της διανυθείσας απόστασης ανάλογα με την πολιτική της εταιρίας. Τα παραπάνω ισχύουν, βέβαια ,στην περίπτωση που ο στόλος των οχημάτων ανήκει στην επιχείρηση. Ανάλογα με την πολιτική της επιχείρησης και το καθεστώς ιδιοκτησίας των οχημάτων, τα στοιχεία αυτά διαφοροποιούνται. Για το λόγο αυτό, είναι αρκετά δύσκολο να βρεθεί μια γενική μέθοδος υπολογισμού του κόστους μεταφοράς, η οποία θα εφαρμόζεται σε κάθε επιχείρηση.

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VEHICLE ROUTING PROBLEM)

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων (VRP) είναι ένα από τα σπουδαιότερα και πιο μελετημένα προβλήματα διανομής της συνδυαστικής βελτιστοποίησης. Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος πρέπει να υπολογισθούν οι βέλτιστες διαδρομές διανομής προϊόντων που πρέπει να εκτελεστούν από ένα σύνολο σχημάτων έτσι ώστε να ικανοποιηθεί η ζήτηση των πελατών. Ο σκοπός του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς προϊόντων ενός στόλου οχημάτων που ξεκινούν και καταλήγουν σε μια αποθήκη.

Λόγω αυτού, τις τελευταίες δεκαετίες η επιστήμη της Επιχειρησιακής Έρευνας ασχολείται όλο και περισσότερο με θέματα και μοντέλα βελτιστοποίησης. Αυτό δεν είναι τυχαίο καθώς η χρήση τους έχει αποδειχθεί καθοριστική στη διαχείριση δικτύων διανομής και γενικότερα σε όλα τα επίπεδα διοίκησης μιας επιχείρησης. Η χρήση τέτοιων μοντέλων σε πρακτικό επίπεδο έφερε ένα σημαντικό ποσοστό αποταμιεύσεων το οποίο φτάνει το 20% του συνολικού κόστους μεταφοράς, στη Βόρεια Αμερική καθώς επίσης και στην Ευρώπη. Λόγω αυτού του ποσοστού εύκολα διαπιστώνεται ότι ο αντίκτυπος του στην παγκόσμια οικονομία είναι άμεσος. Πράγματι, οι μεταφορές και ότι περιλαμβάνουν αυτές, περικλείουν όλα τα στάδια μιας παραγωγικής διαδικασίας και των συστημάτων διανομής και αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό ποσοστό 10-20% του τελικού κόστους των προϊόντων.

Αρσώς στην αύξηση της χρήσης των παραπάνω μοντέλων, είναι η δημιουργία λογισμικών πακέτων και πληροφοριακών συστημάτων με δυνατότητες επίλυσης πολύπλοκων προβλημάτων όμοιων με αυτών που αντιμετωπίζει μια σύγχρονη μονάδα παραγωγής. Γι' αυτό και η χρησιμοποίηση τους στις σύγχρονες βιομηχανίες διαρκώς επεκτείνεται καθιστώντας το απαραίτητο και μοναδικό εργαλείο για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας παραγωγικής διαδικασίας.

Ένας ακόμη παράγοντας επιτυχίας των μοντέλων βελτιστοποίησης είναι η συνεχής ανάπτυξη αλγορίθμων οι οποίοι καθιστούν ολοένα και πιο δυνατή την μοντελοποίηση ακόμη και των πιο δύσκολων προβλημάτων διανομής μιας και όσο πιο πολλοί παράμετροι υπάρχουν στα προς βελτιστοποίηση προβλήματα, άλλο τόσο δύσκολη είναι η μοντελοποίησή τους. Ακόμη και σε τέτοιου είδους προβλήματα τα υπάρχοντα πληροφοριακά συστήματα δίνουν ικανοποιητικές λύσεις με χρόνους υπολογισμού αντίστοιχα ικανοποιητικούς.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα εξετάσουμε μόνο προβλήματα σχετικά με την διανομή προϊόντων μεταξύ του χώρου αποθήκευσης και των τελικών αποδεκτών. Τα προβλήματα αυτά είναι γνωστά ως προβλήματα δρομολόγησης οχημάτων (V.R.P).

Στην συνέχεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα χρησιμοποιούμε σε κάποια σημεία τον όρο VRP ως συντομία για τα προβλήματα δρομολόγησης οχημάτων, για λόγους ευκολίας και συντομίας.

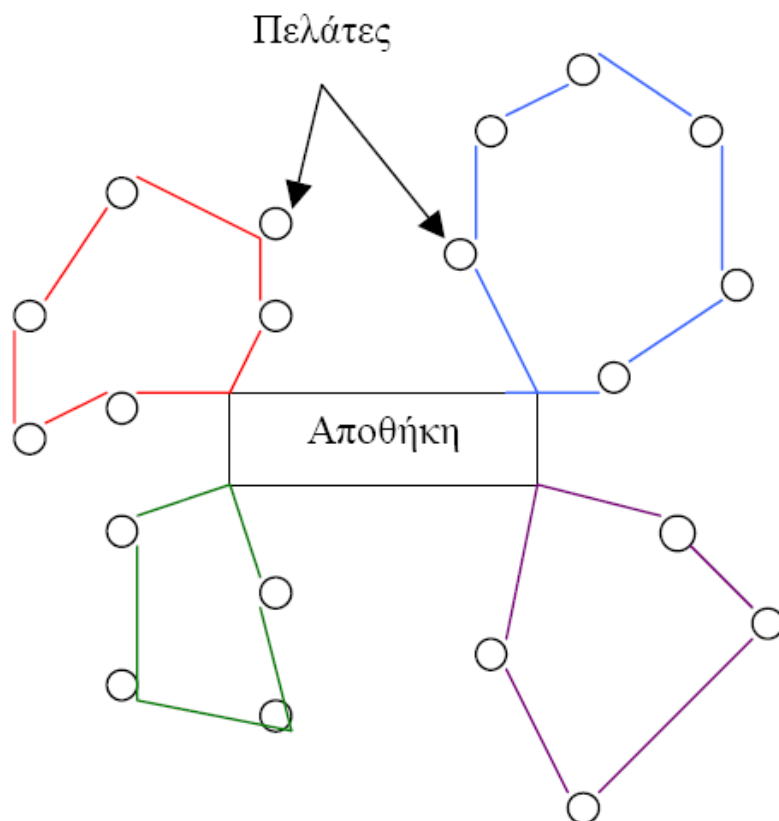
3.2 ΜΕ ΤΙ ΑΣΧΟΛΕΙΤΑΙ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VRP)

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων αφορά την εξυπηρέτηση ενός αριθμού πελατών σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο και από ένα δεδομένο αριθμό οχημάτων. Τα οχήματα αυτά εκκινούν από ένα ή και περισσότερα κέντρα διανομής και μεταφέρουν τα εμπορεύματά τους σε ένα κατάλληλο οδικό δίκτυο. Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος απαιτείται ο υπολογισμός των διαδρομών που θα εκτελέσει κάθε όχημα ξεχωριστά με αφετηρία και τέλος ένα συγκεκριμένο κέντρο διανομής (αποθήκη). Ο στόχος που επιτυγχάνεται με την επίλυση του V.R.P είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς προϊόντων προς ικανοποίηση των πελατών με γνωστές απαιτήσεις, βελτιστοποιώντας τις διαδρομές ενός στόλου οχημάτων που ξεκινούν και καταλήγουν σε μια αποθήκη.

Η επίλυση, όμως τέτοιων προβλημάτων με την χρήση των V.R.P απαιτεί τον προσδιορισμό ενός συγκεκριμένου αριθμού δρομολογίων, κάθε ένα από τα οποία θα εκτελείται αποκλειστικά από ένα όχημα το οποίο σαν έναρξη και σαν λήξη διαδρομής του θα έχει την ίδια αφετηρία (αποθήκη). Το κάθε όχημα θα πρέπει να επισκέπτεται έναν πελάτη μόνο μια φορά παραλαμβάνοντας ή και παραδίδοντας προϊόντα σε αυτόν. Η όλη διαδικασία επίλυσης λειτουργεί προς ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους μεταφοράς. Κατά την επίλυση λαμβάνονται υπόψη περιορισμοί οι οποίοι περιγράφουν τις αποστάσεις μεταξύ των πελατών, την χωρητικότητα των αποθηκών και των οχημάτων καθώς επίσης οτιδήποτε περιγράφει τα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου διανομής.

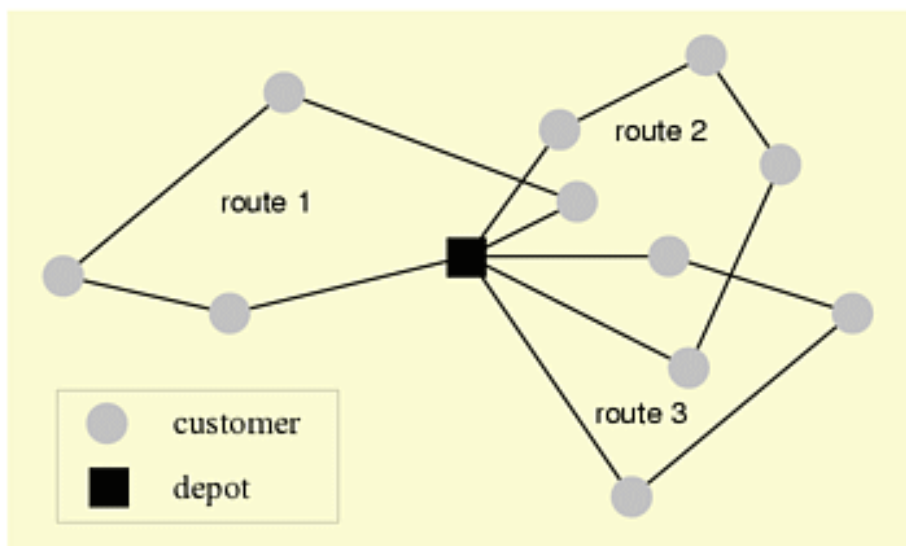
Το οδικό δίκτυο που χρησιμοποιείται για την μεταφορά των αγαθών περιγράφεται μέσω ενός γραφήματος, τα τόξα του οποίου αντιπροσωπεύουν τις οδικές προσβάσεις ανάμεσα στους κόμβους που αντιπροσωπεύουν τις αποθήκες και τους πελάτες. Τα τόξα μπορούν να είναι προσανατολισμένα ή μη προσανατολισμένα ανάλογα με το εάν ο δρόμος τον οποίο αντιπροσωπεύουν είναι μόνης ή διπλής κατεύθυνσης αντίστοιχα. Κάθε τόξο χαρακτηρίζεται από ένα κόστος, που συνήθως αντιπροσωπεύει το μήκος του, και με έναν χρόνο διέλευσης, ο οποίος εξαρτάται είτε από τον τύπο των οχημάτων, είτε από το χρονικό διάστημα κατά το οποίο το τόξο μπορεί να “διασχιστεί”.

Για παράδειγμα στο σχήμα 3.1 , έχουμε μια ακολουθία τοποθεσιών (πελατών), που πρέπει να επισκεφθούν τα οχήματα. Η διαδρομή κάθε οχήματος ξεκινάει από και τελειώνει στην αποθήκη. Δεν υπάρχει περιορισμός για τον αριθμό των τοποθεσιών που πρέπει να επισκεφτεί κάθε όχημα, εκτός του ότι πρέπει να επισκεφτεί τουλάχιστον μία τοποθεσία.



Σχήμα 3.1 Αναπαράσταση προβλήματος Vehicle Routing Problem

Ακολουθώς παρουσιάζετε στο σχήμα 3.2 η διαδρομή που θα ακολουθηθεί από τα οχήματα μετά την επίλυση του προβλήματος ως ένα VRP.



Σχήμα 3.2 Πιθανή λύση προβλήματος VRP

3.3 ΤΥΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VRP)

Σε αυτή την παράγραφο θεωρούμε απαραίτητο να γίνει μία περιγραφή των τυπικών χαρακτηριστικών του δικτύου και του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων (προβλήματα χρονοδιαγράμματος) παίρνοντας υπόψη τα κύρια χαρακτηριστικά τους, όπως είναι:

1. Οδικό δίκτυο (δρομολόγια)
2. πελάτες
3. αποθήκες και οχήματα
4. οδηγοί

Καθώς και τις διαφορετικές μεταβλητές που μπορούν να εισαχθούν στο πρόβλημα όπως επίσης και τους πιθανούς στόχους που θέλουμε να επιτύχουμε κατά τη βελτιστοποίηση του προβλήματος το οποίο αντιμετωπίζουμε.

3.3.1 ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ (ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ)

Τα δρομολόγια πρέπει να ικανοποιούν διάφορους περιορισμούς, όπου θα εκτελούνται για την εξυπηρέτηση των πελατών που ξεκινούν και καταλήγουν σε μια ή περισσότερες αποθήκες και εντοπίζονται στις κορυφές του οδικού γραφήματος. Οι περιορισμοί αυτοί εξαρτώνται από την φύση και την ποσότητα των μεταφερόμενων προϊόντων, την ποιότητα εξυπηρέτησης και τα χαρακτηριστικά των πελατών και των οχημάτων.

Τέτοιοι περιορισμοί μπορεί να είναι:

- Σε κάθε διαδρομή η μεταφερόμενη ποσότητα δεν θα πρέπει να ξεπερνά την χωρητικότητα του οχήματος.
- Σε κάθε πελάτη μπορεί να γίνει είτε μόνο παραλαβή, είτε μόνο παράδοση, ή και τα δύο.
- Τα ωράρια εξυπηρέτησης του κάθε πελάτη πρέπει να περικλείεται στο ωράριο εργασίας των οδηγών.

3.3.2 ΠΕΛΑΤΕΣ

Σημαντικοί περιορισμοί προκύπτουν και από το επίπεδο εξυπηρέτησης που θέλει η εκάστοτε εταιρία να παρέχει στους πελάτες της. Ο χρόνος εξυπηρέτησης των πελατών (το μέτρο εξυπηρέτησης των πελατών) αποτελεί μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους κατά την επίλυση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων. Επειδή οι παραγγελίες των πελατών δεν είναι συνήθως σταθερές ούτε χρονικά, αλλά ούτε και ποσοτικά, κάθε εταιρία θα πρέπει να επιλύσει το πρόβλημα προσεγγιστικά ως προς τις παραγγελίες για μια δεδομένη χρονική περίοδο.

Τα τυπικά χαρακτηριστικά των πελατών είναι:

- Οι κορυφές του γραφήματος που υποδεικνύουν τη θέση των πελατών στο γράφημα.
- Η ζήτηση, ορισμένες φορές για διαφορετικά προϊόντα, των προϊόντων που πρέπει να διανεμηθεί στους πελάτες.

- Χρονικά διαστήματα της ημέρας (time windows) μέσα στα οποία πρέπει να εξυπηρετηθούν οι πελάτες. Αυτά αφορούν τους πελάτες και σχετίζονται άμεσα με τις ώρες που μπορούν να διαθέσουν αυτοί για να εξυπηρετηθούν (π.χ. το ωράριο λειτουργίας ενός καταστήματος-πελάτης).
- Ο απαιτούμενος χρόνος που απαιτείται από τα σχήματα και τη διανομή και συλλογή προϊόντων από τους πελάτες (ο χρόνος μπορεί να εξαρτάται από τον τύπο του σχήματος).
- Το υποσύνολο των διαθέσιμων οχημάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξυπηρετήσουν τους πελάτες (π.χ. λόγω των πιθανών περιορισμών πρόσβασης ή των απαιτήσεων στον όγκο φόρτωσης και εκφόρτωσης).

3.3.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ ΚΑΙ ΟΧΗΜΑΤΑ

Για την μεταφορά των προϊόντων χρησιμοποιείται ένας αριθμός οχημάτων των οποίων το μέγεθος εξαρτάται από τις απαιτήσεις των πελατών. Επίσης κάθε αποθήκη χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό και τύπων οχημάτων, και από μία γενική ποσότητα προϊόντων που μπορεί να αποθηκευτεί σε αυτήν.

Τα τυπικά χαρακτηριστικά των οχημάτων και των αποθηκευτικών χώρων είναι:

- Το κέντρο διανομής κάθε οχήματος και η πιθανότητα το όχημα να καταλήξει στην ίδια αποθήκη από την οποία εκκίνησε.
- Η χωρητικότητα κάθε οχήματος που μπορεί να εκφραστεί ως το μέγιστο βάρος ή ως ο μέγιστος όγκος ή ακόμη και ως ο μέγιστος αριθμός πακέτων που μπορεί το εκάστοτε όχημα να μεταφέρει.
- Ο διαχωρισμός του αποθηκευτικού χώρου σε περιπτώσεις που υπάρχουν περισσότερα από ένα προϊόντα που χαρακτηρίζεται από τον αριθμό, το είδος και την χωρητικότητα των διαφορετικών προϊόντων.
- Οι διαδρομές από τις οποίες μπορεί να μεταβεί το όχημα.
- Το κόστος χρήσης και κίνησης του οχήματος.
- Οι μέθοδοι φόρτωσης- εκφόρτωσης των προϊόντων.

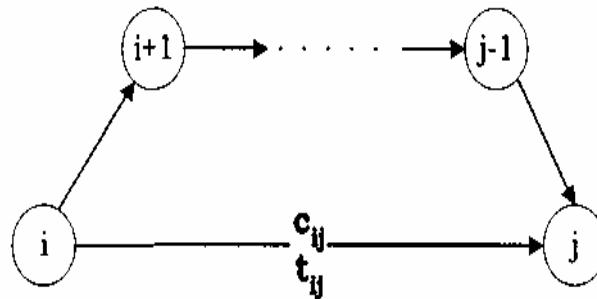
3.3.4 ΟΔΗΓΟΙ

Επιπλέον αναφοράς χρίζουν και οι περιορισμοί στους οποίους εμπίπτουν οι οδηγοί των οχημάτων. Οι περιορισμοί αυτοί έχουν να κάνουν με τις εργασιακές συμβάσεις που οι ίδιοι έχουν υπογράψει με την εταιρία και με τους κανονισμούς της εταιρίας (το ωράριο εργασίας, οι υπερωρίες, η μέγιστη διάρκεια οδήγησης και άλλα). Ο χρόνος εργασίας κατά την διάρκεια της ημέρας, ο αριθμός και η διάρκεια των διαλειμμάτων και οι υπερωρίες αποτελούν ορισμένους μόνο από τους “κανόνες” τους οποίους πρέπει να τηρούν οι οδηγοί οχημάτων.

Εντούτοις η εκτίμηση του συνολικού κόστους της κάθε διαδρομής και ο έλεγχος των λειτουργικών περιορισμών που επιβάλλονται σε αυτές, απαιτεί την γνώση του κόστους μετάβασης από τον ένα πελάτη στον άλλον και το κόστος μετάβασης από τις αποθήκες.

Αναπαριστώντας λοιπόν στο γράφημα, που αναπαριστά το δίκτυο διανομής, τις κορυφές, τις κορυφές, κόμβους του με τους πελάτες και τα τόξα (προσανατολισμένα και μη) με τις μεταβάσεις από ένα κόμβο i σε ένα κόμβο j , είναι το c_{ij} το οποίο ανήκει στη συντομότερη διαδρομή μεταξύ i και j . Ο δε χρόνος μετάβασης t_{ij} , ισούται με το άθροισμα

των χρόνων μετάβασης όλων των τόξων που ανήκουν στην συντομότερη διαδρομή μεταξύ i και j (Σχήμα 3.3).



Σχήμα 3.3

3.4 ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΕΝΟΣ VRP

Για το V.R.P μπορούν να τεθούν διάφοροι στόχοι μερικοί εκ των οποίων είναι οι ακόλουθοι:

- Η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους μεταφοράς, το οποίο εξαρτάται από την συνολική απόσταση ή τον συνολικό χρόνο μεταφοράς και από ένα σταθερό κόστος χρήσης των οχημάτων, το οποίο περιλαμβάνει και το μισθό των οδηγών, για να εξυπηρετήσει όλους τους πελάτες.
- Ελαχιστοποίηση του αριθμού των οχημάτων (ή οδηγών) που απαιτείται για να εξυπηρετήσει όλους τους πελάτες.
- Η εξισορρόπηση των διαδρομών έτσι ώστε το φορτίο που μεταφέρεται μέσω αυτών να μην ξεπερνά την χωρητικότητα των οχημάτων.
- Η ελαχιστοποίηση των ποιοτικών ρητρών λόγω μη σωστή εξυπηρέτησης των πελατών
- ή οποιοσδήποτε συνδυασμός των παραπάνω.

3.5 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ V.R.P ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Το απλό V.R.P. είναι ένα πρόβλημα ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού. Δίνεται ένα γράφημα $G(V,E)$. Οι κόμβοι $V=(1, 2, \dots, N)$ αντιπροσωπεύουν τους πελάτες και την αποθήκη (όπου η αποθήκη είναι ο κόμβος 1). Ο αριθμός των οχημάτων δίνεται και έστω ότι είναι M . Επιπλέον δίδεται $N \times N$ πίνακας (c_{ij}) όπου c_{ij} είναι το κόστος μεταφοράς από τον κόμβο i στον κόμβο j . Η ζήτηση του κόμβου i είναι q_i (η ζήτηση του κόμβου 1 δηλαδή της αποθήκης είναι $q_1=0$). Κάθε όχημα έχει χωρητικότητα Q . Ζητείται να βρεθεί ένας πίνακας $N \times N \times M$ ($X = x_{ijk}$), ώστε να ελαχιστοποιείται η συνάρτηση:

$$\min \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N C_{ij} X_{ijk} \quad (1)$$

υπό τους περιορισμούς :

$$\sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^N X_{ijk} = 1 \quad 2 \leq i \leq N \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^N X_{1jk} = M \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N q_i X_{ijk} \leq Q \quad 1 \leq k \leq M \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{ijk} - \sum_{j=1}^N x_{jik} = 0 \quad 1 \leq i \leq M, 1 \leq k \leq M \quad (5)$$

$$\sum_{i,j \in S} x_{ijk} \leq |S| - 1 \quad \forall S \in 2^{V \setminus \{1\}}, 1 \leq k \leq M \quad (6)$$

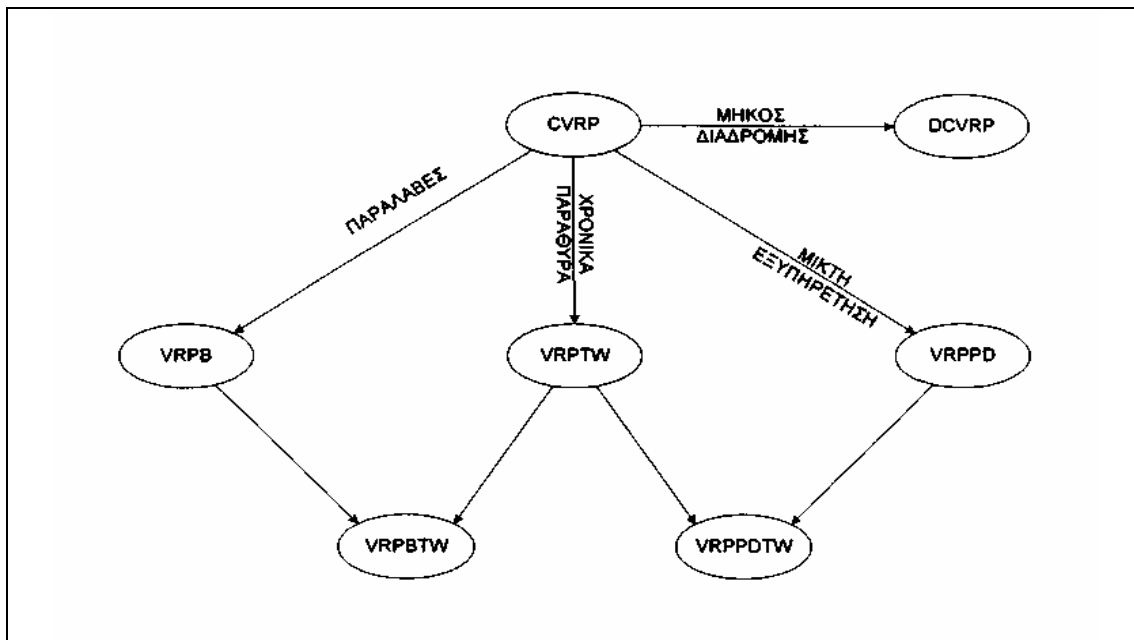
$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad 1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq M \quad (7)$$

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{Εαν το οχημα } k \text{ πηγαινει απευθειας απο τον κομβο } i \text{ στον κομβο } j \\ 0, & \text{αλλιως} \end{cases}$$

Ο περιορισμός (5) μαζί με τον (2), εξασφαλίζουν ότι κάθε κόμβος επισκέπτεται μία μόνο φορά και ότι το όχημα που εισέρχεται σε έναν κόμβο είναι το ίδιο με εκείνο που εξέρχεται από αυτόν. Ο περιορισμός (3) λέει ότι Μ οχήματα φεύγουν από την αποθήκη, ο (6) αφαιρεί κάθε φορά μία διαδρομή που ολοκληρώνεται, δεδομένου ότι το πλήθος των υπο-διαδρομών είναι $2V \setminus \{1\}$, ο (4) είναι ο περιορισμός χωρητικότητας των οχημάτων και ο (7) εκφράζει ότι όλες οι μεταβλητές απόφασης είναι δυαδικές (0 ή 1).

3.6 ΤΑ ΒΑΣΙΚΟΤΕΡΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ V.R.P

Σε ένα πρόβλημα δρομολόγησης μπορεί να υπάρχουν διαφορετικά δεδομένα, διαφορετικοί περιορισμοί και διαφορετικές απαιτήσεις από τους αποφασίζοντες. Για το λόγω αυτό έχουν αναπτυχθεί διαφορετικά είδη VRP που αντιμετωπίζουν αυτές τις περιπτώσεις προβλημάτων δρομολόγησης. Τα σημαντικότερα είδη των VRP αναλύονται στη συνέχεια. Στο σχήμα 3.4 αναπαρίστανται τα μοντέλα VRP που θα αναλύσουμε, με τη μεταξύ τους σχέση.



Σχήμα 3.4 Σχέση μεταξύ μοντέλων VRP

3.6.1 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (CAPACITATED VRP, CVRP)

Τα C.V.R.P η ζήτηση των προϊόντων είναι εξαρχής γνωστή και αιτιοκρατική, ο στόλος των οχημάτων είναι ομοιογενής και ξεκινάει από μία και μοναδική αποθήκη (η βάση τους) ή κέντρο διανομής. Οι μόνοι περιορισμοί που υφίστανται είναι οι περιορισμοί χωρητικότητας των οχημάτων ενώ η αντικειμενική συνάρτηση έχει να κάνει με την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους (δηλαδή του αριθμού των δρομολογίων και του μήκους τους ή του χρόνου μεταφοράς) που απαιτείται για την εξυπηρέτηση των πελατών.

Τα C.V.R.P μπορούν να ορισθούν σύμφωνα με το ακόλουθο πρόβλημα γραφημάτων: έστω $G=(V,A)$, ένα ολοκληρωμένο γράφημα με $V=\{0,1,...,n\}$ το σύνολο των κόμβων και A το σύνολο των τόξων. Οι κόμβοι $i=1,...,n$ αντιπροσωπεύουν τους πελάτες, ενώ ο κόμβος 0 αναφέρεται στην μοναδική αποθήκη. Αρκετές φορές η αποθήκη μπορεί να αναπαρίσταται από τον κόμβο $n+1$.

Το μη αρνητικό κόστος c_{ij} αντιστοιχεί στο τόξο $(i,j) \in A$ και αντιστοιχεί στο κόστος που δαπανάται για την μεταφορά από τον κόμβο i στον κόμβο j . Γενικά η χρήση κλειστών τόξων (i,i) δεν επιτρέπεται ενώ το κόστος σ' αυτήν την περίπτωση τίθεται ίσο με άπειρο ($c_{ij} = \infty$) $\forall i \in V$. Εάν το G είναι προσανατολισμένο γράφημα τότε ο πίνακας κόστους c είναι ασύμμετρος και τότε το πρόβλημα ονομάζεται Ασύμμετρος (Asymmetric) CVRP ή ACVRP. Σε διαφορετική περίπτωση έχουμε, $c_{ij} = c_{ji} \quad \forall (i,j) \in A$, το πρόβλημα καλείται Συμμετρικό (Symmetric) CVRP ή SCVRP και το σύνολο των τόξων A αντικαθίστανται από το σύνολο μη προσανατολισμένων τόξων E . Από εδώ και στο εξής θα συμβολίζουμε το σύνολο των μη προσανατολισμένων ακμών του γραφήματος G με A όταν οι ακμές δηλώνονται με βάση τα άκρα τους (i,j) με $i,j \in V$, και με E όταν αυτές δηλώνονται μέσω ενός μοναδικού δείκτη e .

Σε ένα κόμβο i , ορίζουμε σαν $\Delta^+(i)$ το σύνολο των κόμβων που έπονται του κόμβου i , και σαν $\Delta^-(i)$ το σύνολο των κόμβων που προηγούνται του. Και στις δύο περιπτώσεις οι

κόμβοι που έπονται και προηγούνται ενώνονται απευθείας με τον κόμβο i . Δεδομένου ενός συνόλου κόμβων $S \subseteq V$, τα $\delta(S)$ και $E(S)$ είναι τα σύνολα των ακμών $e \in E$ που έχουν το ένα ή και τα δύο τους άκρα αντίστοιχα στο S .

Σε διαφορετικές πρακτικές περιπτώσεις ο πίνακας κόστους ικανοποιεί την τριγωνική ανισότητα:

$$c_{ik} + c_{kj} \geq c_{ij} \quad \forall i, j, k \in V$$

Γενικά δεν είναι βολικό να μην χρησιμοποιούμε την απευθείας σύνδεση μεταξύ δύο κόμβων. Η παρουσία της τριγωνικής ανισότητας πολλές φορές απαιτείται από τους αλγόριθμους CVRP. Σ' αυτή την περίπτωση, αν το αρχικό βήμα δεν ικανοποιεί την τριγωνική ανισότητα, τότε η συνθήκη της ισοδυναμίας μπορεί να εξασφαλιστεί μ' έναν άμεσο τρόπο προσθέτοντας μια κατάλληλη μεγάλη θετική ποσότητα M στο κόστος του κάθε τόξου. Ωστόσο, η παραδοχή αυτή μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την εξαγωγή πολύ «κακών» λύσεων σε σχέση με το αρχικό κόστος, ειδικά όσον αφορά την αποτελεσματικότητα των ευρετικών αλγόριθμων. Αξίζει να σημειωθεί, ότι όταν το κόστος μετάβασης από έναν κόμβο σε έναν άλλον ταυτίζεται με εκείνο της συντομότερης διαδρομής μεταξύ των δύο αυτών κόμβων, τότε στον πίνακα με τα κόστη τα αντίστοιχα στοιχεία ικανοποιούν την τριγωνική ανισότητα.

Σε αρκετές περιπτώσεις όπου οι κόμβοι χαρακτηρίζονται με συντεταγμένες, το κόστος μετάβασης c_{ij} από τον κόμβο i στον κόμβο j , θα αντιστοιχεί στην Ευκλείδεια απόσταση μεταξύ των κόμβων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο πίνακας με τα κόστη είναι συμμετρικός και ο πρόβλημα καλείται Ευκλείδειο SCVRP.

Σε κάθε πελάτη i ($i=1,2,\dots,n$) αντιστοιχεί μια μη αρνητική ζήτηση d_i ενώ η ζήτηση της αποθήκης όπως έχουμε προαναφέρει είναι $d_0 = 0$. Δεδομένου ενός υποσυνόλου $S \subseteq V$, θεωρούμε $d(S) = \sum_{i \in S} d_i$ την συνολική ζήτηση του υποσυνόλου. Ένα σύνολο K όμοιων οχημάτων το καθένα με χωρητικότητα C ξεκινά από την κεντρική αποθήκη (θα πρέπει $d_i \leq C$). Κάθε όχημα ακολουθεί ένα μόνο δρομολόγιο, ενώ ο αριθμός K δεν είναι μικρότερος ενός ορίου $K_{\min}$ όπου $K_{\min}$ είναι ο ελάχιστος αριθμός οχημάτων που χρειάζονται για την εξυπηρέτηση όλων των πελατών. Η τιμή του $K_{\min}$ καθορίζεται από την επίλυση του Bin Packing Problem BPP (Πρόβλημα Τοποθέτησης Κιβωτίων) που σχετίζεται με το CVRP για τον καθορισμό του ελάχιστου αριθμού κουτιών συσκευασίας (το καθένα με χωρητικότητα C) που απαιτούνται για την φόρτωση όλων των αντικειμένων, το καθένα με ένα μη αρνητικό βάρος d_i , $i=1,\dots,n$.

Τα CVRP καλούνται να βρουν ακριβώς K διαδρομές (η καθεμιά από τις οποίες θα αντιστοιχεί σε ένα μόνο όχημα) ελάχιστου κόστους, που καθορίζεται από το άθροισμα όλων των c_{ij} των τόξων (i, j) που ανήκουν στην κάθε διαδρομή, έτσι ώστε:

- Κάθε διαδρομή να επισκέπτεται την αποθήκη
- Κάθε κορυφή ανήκει μόνο σε μια διαδρομή
- Το άθροισμα της ζήτησης των κόμβων που βρίσκονται σε μια διαδρομή να μην ξεπερνά την χωρητικότητα C των οχημάτων.

Στην βιβλιογραφία υπάρχουν διάφορες παραλλαγές της βασικής εκδοχής των CVRP. Κατ' αρχάς, όταν ο αριθμός K των διαθέσιμων οχημάτων είναι μεγαλύτερος του ορίου $K_{\min}$ είναι πιθανό να παραμείνουν αχρησιμοποίητα κάποια οχήματα, οπότε σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να βρούμε το πολύ K διαδρομές. Τότε το σταθερό κόστος θα σχετίζεται με την χρήση των οχημάτων. Αυτή η εκδοχή μπορεί να συμπεριληφθεί στα CVRP προσθέτοντας μια σταθερά, που αντιπροσωπεύει το σταθερό αυτό κόστος που σχετίζεται με τη χρήση του

οχήματος, στο κόστος των τόξων που φεύγουν από την κεντρική αποθήκη. Μια ακόμη εκδοχή είναι τα διαθέσιμα οχήματα να έχουν διαφορετικές χωρητικότητες C_k , $k=1,...,K$.

3.6.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΧΡΟΝΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ (VRP WITH TIME WINDOWS, VRPTW)

Τα V.R.P.T.W (Προβλήματα Δρομολόγησης Οχημάτων με Χρονικά Παράθυρα), αποτελούν επέκταση των V.R.P.T.W CVRP στα οποία τίθενται περιορισμοί χωρητικότητας αλλά εδώ πλέον ο κάθε πελάτης i δέχεται να εξυπηρετηθεί μόνο ανάμεσα στο χρονικό παράθυρο-περιθώριο $[a_i, b_i]$. Η χρονική στιγμή στην οποία τα οχήματα φεύγουν από την αποθήκη, ο χρόνος μετάβασης $t_{ij} \quad \forall (i,j) \in (t_0 \in E)$ καθώς και ο χρόνος εξυπηρέτησης s_i είναι γνωστά. Όπως προαναφέρθηκε, η εξυπηρέτηση ενός πελάτη μπορεί να γίνει μόνο μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, οπότε από την στιγμή που θα φτάσει ένα όχημα σε έναν πελάτη i , θα πρέπει να παραμείνει εκεί χρονικό διάστημα s_i τέτοιο ώστε $a_i \leq s_i \leq b_i$. Επιπλέον, εάν το όχημα φτάσει στον πελάτη i πριν τη χρονική στιγμή a_i , τότε θα πρέπει να ξεκινήσει την εξυπηρέτηση.

Η επίλυση των V.R.P.T.W συνίσταται στην εύρεση ενός συνολικού K ακριβώς διαδρομών με ελάχιστο κόστος έτσι ώστε :

1. Κάθε διαδρομή διέρχεται από τον αρχικό κόμβο-αποθήκη.
2. Από κάθε πελάτη διέρχεται μία και μοναδική διαδρομή.
3. Το άθροισμα της ζήτησης των κόμβων-πελατών μίας διαδρομής δεν θα πρέπει να ξεπερνά τη χωρητικότητα του οχήματος.
4. Για κάθε πελάτη i , η εξυπηρέτηση ξεκινά μέσα στο χρονικό παράθυρο $[a_i, b_i]$ και διαρκεί χρόνο s_i .

3.6.3 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΑΡΑΛΑΒΕΣ (VRP WITH BACKHAULS, VRPB)

Τα Προβλήματα Δρομολόγησης Οχημάτων με Παραλαβές (V.R.P.B), αποτελούν επέκταση των CVRP, όπου το σύνολο των πελατών V χωρίζονται σε δύο υποσύνολα. Το ένα υποσύνολο L αποτελείται από n πελάτες καθένας από τους οποίους απαιτεί να του παραδοθεί μια συγκεκριμένη ποσότητα προϊόντων (Πελάτες Παράδοσης – Line haul Customers).

Το άλλο υποσύνολο B , αποτελείται από m πελάτες από τους οποίους πρέπει να παραληφθεί μια επίσης γνωστή ποσότητα προϊόντων (Πελάτες Παραλαβής –Backhaul Customers). Τα δύο υποσύνολα είναι τέτοια ώστε: $L=\{1,2,...,n\}$ και $B=\{n+1,...,n+m\}$.

Στα V.R.P.B υπάρχει ένας περιορισμός προτεραιότητας μεταξύ των δύο υποσυνόλων των πελατών: κάθε φορά που μια διαδρομή εξυπηρετεί και τους δύο τύπους πελατών, οι πελάτες του πρώτου υποσυνόλου πρέπει να εξυπηρετηθούν πριν από αυτούς του δεύτερου. Για κάθε πελάτη i , ορίζεται μια μη αρνητική ζήτηση d_i , η οποία πρέπει να παραληφθεί ή να διανεμηθεί ανάλογα με το αν ο πελάτης ανήκει στο πρώτο ή στο δεύτερο υποσύνολο. Και σ' αυτήν την περίπτωση η αποθήκη θεωρούμε ότι είναι μια κορυφή με ζήτηση $d_i = 0$. Όταν ο πίνακας του κόστους είναι ασύμμετρος, το πρόβλημα καλείται Ασύμμετρο VRPB

(Asymmetric VRPB – AVRPB). Για την επίλυση τόσο των VRPB όσο και των AVRPB απαιτείται η εύρεση K ακριβώς οχημάτων έτσι ώστε:

- Κάθε διαδρομή διέρχεται από τον αρχικό κόμβο-αποθήκη.
- Από κάθε πελάτη διέρχεται μια και μόνη διαδρομή.
- Η συνολική ζήτηση και των δύο τύπων πελατών που επισκέπτονται από μια διαδρομή δεν μπορεί να υπερβαίνει την χωρητικότητα του οχήματος που διέρχεται από αυτήν τη διαδρομή.
- Σε κάθε διαδρομή οι πελάτες Παράδοσης προηγούνται των πελατών Παραλαβής.

Δίκτυα τα οποία περιέχουν μόνο παραλαβές γενικά δεν επιτρέπονται. Επιπλέον, παρατηρούμε ότι ο τελευταίος περιορισμός προτεραιότητας επιβάλλει μία διαδοχή «μικτών» δρομολογίων, δηλαδή όταν οι διαδρομές περιλαμβάνουν και τους δύο τύπους πελατών.

Ορίζουμε τις ποσότητες K_L και K_B που εκφράζουν τον ελάχιστο αριθμό οχημάτων που χρειάζονται για την εξυπηρέτηση όλων των πελατών τύπου Παράδοσης και Παραλαβής. Οι ποσότητες αυτές μπορούν να υπολογιστούν λύνοντας το Π.Τ.Κ. που αντιστοιχεί κάθε φορά στο συγκεκριμένο υποσύνολο των πελατών. Για να εξασφαλίσουμε την λύση υποθέτουμε ότι $K \geq \max \{ K_L, K_B \}$. Τέλος, το Πρόβλημα του Περιπλανώμενου Πωλητή με παραλαβές (TSPB) αποτελεί ειδική περίπτωση του VRPB όπου $C \geq \max \{ d(L), d(L) \}$ και $K=1$.

3.6.4 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΑΡΑΛΑΒΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΕΣ (VRP WITH PICK-UP AND DELIVERING, VRPPD)

Στα προβλήματα Δρομολόγησης Οχημάτων με Παραλαβές και Διανομές (V.R.P.P.D), ορίζουμε τις μεταβλητές d_i και p_i που αφορούν τις ποσότητες όμοιων προϊόντων που πρέπει να διανεμηθούν και να συλλεχθούν από τον πελάτη i . Αρκετές φορές χρησιμοποιείται μια μόνο ποσότητα ζήτησης $d_i = d_i - p_i$ για κάθε πελάτη i , που δηλώνει την καθαρή διαφορά μεταξύ των ζητήσεων διανομής και παραλαβής (η οποία μπορεί να είναι και αρνητική). Για κάθε πελάτη i , O_i είναι ο κόμβος από τον οποίο ξεκινούν τα προϊόντα που του διανέμονται και D_i είναι ο κόμβος στον οποίο κατευθύνονται τα προϊόντα που παραλήφθηκαν απ' αυτόν. Υποτίθεται ότι σε κάθε πελάτη η διανομή γίνεται πριν την παραλαβή, ενώ το φορτίο ενός οχήματος πριν φτάσει σε έναν πελάτη ορίζεται ως το αρχικό φορτίο μείον το συνολικό των ζητήσεων που έχουν ήδη ικανοποιηθεί με διανομές συν όλες τις ζητήσεις που έχουν ικανοποιηθεί με παραλαβές. Τα VRPPD προσπαθούν να βρουν ένα σύνολο από ακριβώς K διαδρομές με το ελάχιστο κόστος, έτσι ώστε :

- Κάθε διαδρομή διέρχεται από τον αρχικό κόμβο-αποθήκη.
- Το φορτίο του οχήματος κατά την διάρκεια μιας διαδρομής πρέπει να είναι μη αρνητικό και δεν πρέπει να υπερβαίνει την χωρητικότητα του C .
- Για κάθε πελάτη i , ο πελάτης O_i , όταν δεν είναι η αποθήκη, πρέπει να εξυπηρετηθεί από την ίδια διαδρομή και πριν από τον πελάτη i .

- Για κάθε πελάτη i , ο πελάτης D_i όταν δεν είναι η αποθήκη, πρέπει να εξυπηρετηθεί από την ίδια διαδρομή και μετά τον πελάτη i .

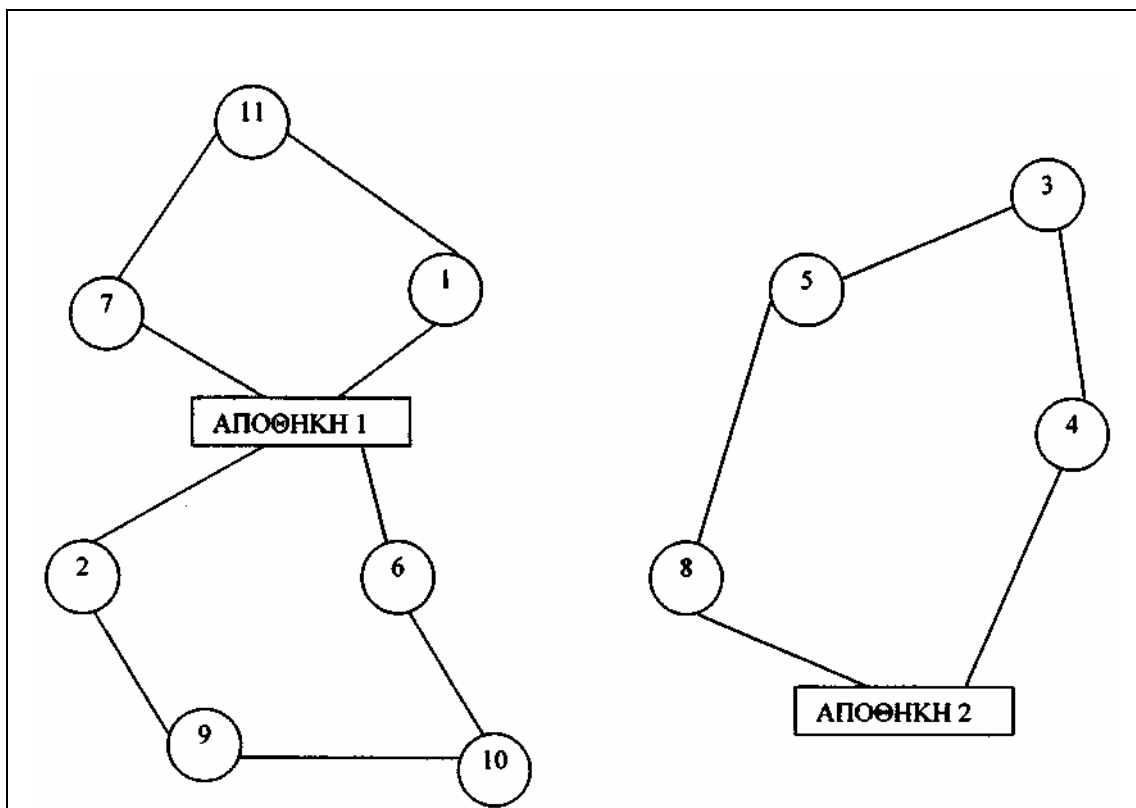
3.6.5 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΣ (MULTIPLE DEPOTS VRP, MDVRP)

Στο Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Πολλαπλές Αποθήκες διακρίνουμε δύο κύριες κατηγορίες, αναλόγως με την κατανομή των οχημάτων και της ζήτησης.

Στην πρώτη κατηγορία, ο στόλος των οχημάτων, αλλά και οι γεωγραφικά διασκορπισμένοι πελάτες είναι κατανεμημένοι σε περισσότερες της μίας αποθήκες. Έτσι κάθε όχημα εξυπηρετεί την ζήτηση, που έχει ανατεθεί στην εκάστοτε αποθήκη, με την οποία είναι συνδεδεμένο. Κάθε όχημα λοιπόν καταλήγει στην αποθήκη, με την οποία έχει ξεκινήσει. Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Πολλαπλές Αποθήκες μπορεί υπό αυτές τις προϋποθέσεις να θεωρηθεί ως πολλαπλά Προβλήματα Δρομολόγησης Οχημάτων γενικής μορφής.

Στην δεύτερη κατηγορία, οι γεωγραφικά διασκορπισμένοι πελάτες είναι κατανεμημένοι σε περισσότερες της μίας αποθήκες, ενώ ο στόλος των οχημάτων είναι κοινός για όλες τις αποθήκες. Τα οχήματα λοιπόν δεν καταλήγουν αναγκαστικά στην αποθήκη από την οποία ξεκίνησαν. Οι πελάτες εξακολουθούν να εξυπηρετούνται αποκλειστικά από συγκεκριμένες αποθήκες, με τη διαφορά όμως ότι ο στόλος των οχημάτων που απασχολεί κάθε αποθήκη δεν είναι σταθερός, καθ' όλες τις περιόδους εξυπηρέτησης, αλλά μεταβάλλεται προκειμένου να καλύψει την ζήτηση των πελατών της.

Το παρακάτω σχήμα 3.5 απεικονίζει και τις δύο περιπτώσεις του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων με Πολλαπλές Αποθήκες.



Σχήμα 3.5 Προβλήματα Δρομολόγησης Οχημάτων με Πολλαπλές Αποθήκες

Ο σκοπός του προβλήματος είναι να εξυπηρετηθούν όλοι οι πελάτες ενώ υπάρχουν πάνω από μία αποθήκες, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τον αριθμό των χρησιμοποιημένων οχημάτων και τα συνολικά χιλιόμετρα που διανύονται. Κατά την μοντελοποίηση του προβλήματος, θεωρούμε ένα σύνολο $V = \{v_1, \dots, v_n\} \cup V_0$ όπου $V_0 = \{v_{01}, \dots, v_{0d}\}$ είναι το σύνολο των διαθέσιμων αποθηκών. Ένα δρομολόγιο i χαρακτηρίζεται από το $R_i = \{d, v_1, \dots, v_m, d\}$, όπου $d \in V_0$.

3.6.6 ΤΟ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (PERIODIC VRP, PVRP)

Στα κλασσικά VRP προβλήματα, η περίοδος παράδοσης είναι συνήθως μία μέρα. Στην περίπτωση του Περιοδικού Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων, το κλασσικό PVRP πρόβλημα γενικεύεται αυξάνοντας την περίοδο παράδοσης σε M μέρες. Έτσι λοιπόν, το όχημα που πραγματοποιεί τις παραδόσεις υπάρχει περίπτωση να μην επιστρέφει στην αποθήκη την ίδια μέρα που αναχώρησε από αυτήν. Κατά την περίοδο των M ημερών, κάθε πελάτης πρέπει να έχει εξυπηρετηθεί τουλάχιστον μία φορά.

Το PVRP μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα πρόβλημα συνδυαστικής βελτιστοποίησης πολλαπλών επιπέδων.

Στο πρώτο επίπεδο, ο στόχος είναι να υπολογιστεί ένα σύνολο πιθανών εναλλακτικών λύσεων (συνδυασμών) για κάθε πελάτη. Παραδείγματος χάριν, εάν η περίοδος παράδοσης είναι $t=3$ μέρες $\{d_1, d_2, d_3\}$, τότε οι πιθανοί συνδιασμοί είναι:

$$\begin{array}{llll} 0 \rightarrow 000 & 1 \rightarrow 001 & 2 \rightarrow 010 & 3 \rightarrow 001 \\ 4 \rightarrow 100 & 5 \rightarrow 101 & 6 \rightarrow 110 & 7 \rightarrow 111 \end{array}$$

Εάν κάποιος πελάτης απαιτήσει δύο επισκέψεις, τότε προκύπτουν οι εξής εναλλακτικές:

$$\{d_1, d_2\}, \{d_1, d_3\}, \{d_2, d_3\} \text{ ή οι περιπτώσεις } 3, 5, 6$$

Στο δεύτερο επίπεδο, πρέπει να γίνει επιλογή μιας εκ των εναλλακτικών για κάθε πελάτη, έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι ημερήσιοι περιορισμοί.

Στο τρίτο επίπεδο, επιλύεται το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων για κάθε μέρα.

3.6.7 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΞΕΧΩΡΙΣΤΩΝ ΔΙΑΝΟΜΩΝ (SPLIT DELIVERY VRP, SDVRP)

Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων Ξεχωριστών Διανομών αποτελεί μια χαλάρωση του VRP προβλήματος και στο οποίο επιτρέπεται ο ίδιος πελάτης να εξυπηρετηθεί από διαφορετικά οχήματα εάν αυτό μειώνει τα συνολικά έξοδα παράδοσης της παραγγελίας. Η χαλάρωση αυτή είναι πολύ σημαντική εάν ο όγκος της παραγγελίας. Η χαλάρωση αυτή είναι πολύ σημαντική εάν ο όγκος της παραγγελίας προς παράδοση κάποιου πελάτη υπερβαίνει την χωρητικότητα ενός οχήματος. Η μοντελοποίηση του εν λόγω

προβλήματος επιτυγχάνεται ελαχιστοποιώντας το συνολικό κόστος όλων των δρομολογίων και διαιρώντας τις μεγάλες παραγγελίες ενός πελάτη σε μικρότερες.

3.6.8 ΤΟ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (STOCHASTIC VRP, SVRP)

Το στοχαστικό Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων αποτελείται από VRP προβλήματα όπου ένας ή περισσότεροι παράγοντες εξαρτώνται από την τύχη. Παρακάτω αναφέρονται τρία διαφορετικά είδη SVRP:

1. Τυχαία παρουσία πελατών: Κάθε πελάτης v_i κάνει την εμφάνιση του με πιθανότητα p_i , ενώ αντιθέτως με πιθανότητα $1 - p_i$, δεν εμφανίζεται.
2. Στοχαστική ζήτηση: Η ζήτηση d_i κάθε πελάτη είναι μια τυχαία μεταβλητή.
3. Στοχαστικοί χρόνοι εξυπηρέτησης δ_i καθώς και οι χρόνοι δρομολογίων t_{ij} είναι τυχαίες μεταβλητές.

Η μοντελοποίηση στο Στοχαστικό VRP, συνιστάται στην ελαχιστοποίηση της συνάρτησης: $\sum_{i \prec j} c_{ij} x_{ij} + Q_{(x)}$ όπου

□ Το x_{ij} είναι μια ακέραια μεταβλητή που ισούται με τον αριθμό των φόρων που η κορυφή (v_i, v_j) εμφανίζεται στη λύση του πρώτου σταδίου. Εάν τα $i, j > 1$, τότε το x_{ij} μπορεί να πάρει τις τιμές 0 ή 1, ενώ εάν το $i=1$, το x_{ij} ισούται με 2 και αυτό συμβαίνει στην περίπτωση που το όχημα επιστρέφει από το v_j στην αποθήκη.

□ Το $Q_{(x)}$ είναι η αναμενόμενη τιμή δεύτερου σταδίου. Εξαρτάται από την φύση του προβλήματος και σχετίζεται με την συγκεκριμένη επιλογή πιθανών μέτρων προσφυγής.

3.6.9 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΑΠΟΘΗΚΩΝ (VRP WITH SATELLITE FACILITIES, VRPSF)

Μια σημαντική εκδοχή του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων η οποία τα τελευταία χρόνια έχει μελετηθεί διεξοδικά, είναι η χρήση βοηθητικών αποθηκών, οι οποίες διευκολύνουν την διεξαγωγή των δρομολογίων. Όποτε κρίνεται απαραίτητο, η φόρτωση παραγγελιών από βοηθητικές αποθήκες, επιτρέπει στους οδηγούς να συνεχίζουν το δρομολόγιο τους χωρίς απαραίτητα να αναγκάζονται να επιστρέψουν στην κεντρική αποθήκη προκειμένου να ξαναφορτώσουν. Η περίπτωση αυτή συνιστάται αρκετά συχνά κατά την διανομή καυσίμων.

ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (V.R.P)

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε διάφορες ευρετικές και μεθευρετικές μεθόδους βάση των οποίων είναι δυνατή η επίλυση όλων των περιπτώσεων VRP που έχουμε αναφέρει στο κεφάλαιο 3, και όχι μόνο. Οι παρακάτω μέθοδοι έχουν προταθεί από διάφορους ερευνητές που ασχολούνται με το αντικείμενο της δρομολόγησης οχημάτων, και μερικές από αυτές αναπτύχθηκαν τα τελευταία χρόνια βάση προηγούμενων αποτελώντας βελτίωσή τους.

4.2 ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VRP)

4.2.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΕΠΙΛΥΣΗΣ

Οι περισσότερες στρατηγικές επίλυσης για το VRP μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω προσεγγίσεις :

1. Ομαδοποίηση πρώτα-δρομολόγηση έπειτα (Cluster first – route second).
2. Δρομολόγηση πρώτα – ομαδοποίηση έπειτα (Route first – cluster second).
3. Εξοικονομήσεις / καταχώρηση (Savings/ Insertion).
4. Βελτίωση ή ανταλλαγή (Improvement or exchange).
5. Προσέγγιση μαθηματικού προγραμματισμού (Mathematical programming approach).
6. Αλληλεπιδρών βελτιστοποίηση (Interactive optimization)
7. Ακριβής διαδικασία (Exact procedure)

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε πιο αναλυτικά ορισμένα χαρακτηριστικά των προσεγγίσεων αυτών.

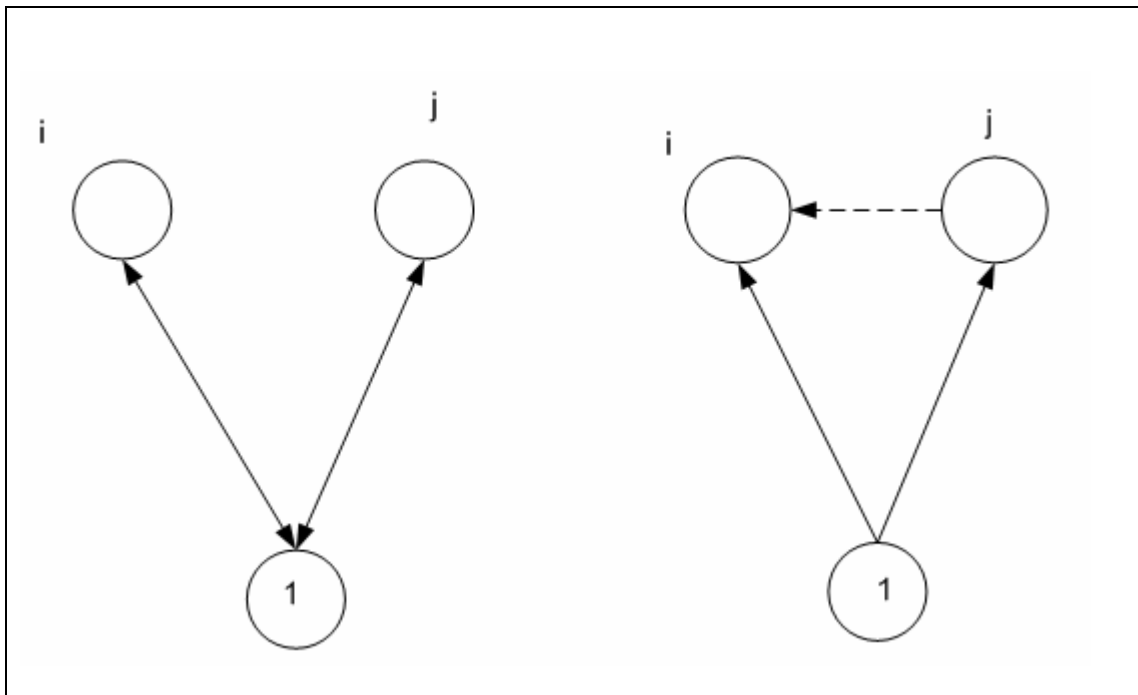
1. **Ομαδοποίηση πρώτα – δρομολόγηση έπειτα** : Ομαδοποιούμε πρώτα τους κόμβους και / ή τα τόξα ζήτησης και σχεδιάζουμε οικονομικές διαδρομές για κάθε ομάδα σαν δεύτερο στάδιο.
2. **Δρομολόγηση πρώτα –ομαδοποίηση έπειτα** : Μια μεγάλη (συνήθως μη εφικτή) διαδρομή ή κύκλος κατασκευάζεται που περιλαμβάνει όλες τις οντότητες ζήτησης. Έπειτα η μεγάλη διαδρομή διαμελίζεται σε ένα αριθμό από μικρότερες αλλά εφικτές διαδρομές.
3. **Εξοικονομήσεις / καταχώρηση** : Στις διαδικασίες εναποθήκευσης ή καταχώρησης κατασκευάζεται μία λύση με τέτοιο τρόπο όπου σε κάθε βήμα της διαδικασίας ένας τρέχων σχηματισμός που πιθανώς να είναι μη εφικτός συγκρίνεται με ένα εναλλακτικό σχηματισμό ο οποίος μπορεί επίσης να είναι μη εφικτός. Ο εναλλακτικός σχηματισμός ο οποίος μπορεί επίσης να είναι μη εφικτός. Ο εναλλακτικός σχηματισμός είναι αυτός που αποδίδει τις μεγαλύτερες εξοικονομήσεις σε όρους κάποιας συνάρτησης κριτηρίου, όπως ολικό κόστος, ή καταχωρεί με το ελάχιστο κόστος από μια οντότητα ζήτησης όχι στον τρέχων σχηματισμό μέσα στην υπάρχουσα διαδρομή ή στις υπάρχουσες διαδρομές. Η διαδικασία τελειώνει με ένα εφικτό σχηματισμό.
4. **Βελτίωση ή ανταλλαγή** : Οι διαδικασίες βελτίωσης ή ανταλλαγής, όπως ο πολύ γνωστός ευρετικός αλγόριθμος Lin and Kernighan, πάντα διατηρούν την εφικτότητα τους και οδηγούν στην καλύτερη δυνατή λύση. Σε κάθε βήμα μια εφικτή λύση βελτιώνεται (ανταλλάσσοντας κάποιες ακμές) για να οδηγήσει σε μια άλλη εφικτή λύση με μειωμένο το συνολικό κόστος. Αυτή η διαδικασία ακολουθείται μέχρι να μην υπάρχουν μειώσεις στα επιπρόσθετα κόστη.
5. **Προσέγγιση μαθηματικού προγραμματισμού** : Η προσέγγιση του μαθηματικού προγραμματισμού περιλαμβάνει αλγόριθμους που βασίζονται ευθέως σε μορφοποίηση μαθηματικού προγραμματισμού τους θεμελιώδους προβλήματος δρομολόγησης. Ένα εξαιρετικό παράδειγμα αυτών των διαδικασιών δίνεται στο άρθρο των Fisher and Jaikumar.
6. **Αλληλεπίδραση βελτιστοποίηση** : Είναι μια γενικού σκοπού προσέγγιση στην οποία ένας υψηλός βαθμός από αλληλεπιδρώντων ατόμων στην διαδικασία επίλυσης του προβλήματος. Η ιδέα είναι ότι ο έμπειρος αποφασίζω μπορεί να έχει την ικανότητα της τοποθέτησης και αναθεώρησης παραμέτρων και να δίνει αντικειμενικές εκτιμήσεις βασισμένος στην γνώση και την διαίσθηση του μοντέλου της βελτιστοποίησης. Αυτό σχεδόν πάντα αυξάνει την πιθανότητα ότι το μοντέλο θα υλοποιηθεί και θα χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά.
7. **Ακριβής διαδικασία** : Οι ακριβείς διαδικασίες για την επίλυση προβλημάτων δρομολόγησης περιλαμβάνουν εξειδικευμένους αλγόριθμους branch and bound και cutting planes.

4.3 ΕΥΡΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ VRP

4.3.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ (Constructive methods)

4.3.1.1 Ο αλγόριθμος των εξοικονομήσεων των Clarke & Wright (The savings algorithm)

Η διαδικασία έχει την παρακάτω μορφή και ένα παράδειγμα της φαίνεται στο Σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1 Εφαρμογή του αλγόριθμου (Clarke and Wright)

Βήμα 1. Υπολογισμός των εξοικονομήσεων (savings) $s_{ij} = c_{1i} - c_{ij} + c_{j1}$ για όλα τα ζεύγη των πελατών i και j . Παρατηρούμε ότι s_{ij} είναι η εξοικονόμηση σε κόστος αν συνδέοντας τις κορυφές i και j παράγουμε την διαδρομή $(1, i, j, 1)$ αντί να έχουμε τα i και j σε δύο διαδρομές $(1, i, 1)$ και $(1, j, 1)$.

Βήμα 2. Κατατάσσουμε τις εξοικονομήσεις σε φθίνουσα σειρά.

Βήμα 3. Ξεκινώντας από την κορυφή της λίστας, κάνουμε τα ακόλουθα :

Παράλληλη εκδοχή

Βήμα 4. Αν μετά τη δημιουργία ενός δεσμού, δημιουργείται μια εφικτή διαδρομή, ικανοποιώντας τους περιορισμούς του VRP, δεχόμαστε τον δεσμό στην λίστα, αλλιώς τον απορρίπτουμε.

Βήμα 5. Εξετάζουμε τον επόμενο δεσμό στην λίστα και επαναλαμβάνουμε το βήμα 4 έως ότου να μην μπορεί να επιλέγει άλλος δεσμός.

Ακολουθητική εκδοχή

Βήμα 4. Βρίσκουμε τον πρώτο εφικτό δεσμό στην λίστα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προεκτείνει ένα από τα δύο άκρα της τρέχουσας διαδρομής.

Βήμα 5. Εάν η διαδρομή δεν μπορεί να επεκταθεί επιπλέον, ολοκληρώνουμε την διαδρομή. Επιλέγουμε τον πρώτο εφικτό δεσμό στην λίστα για να ξεκινήσουμε μια καινούρια διαδρομή.

Βήμα 6. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 4 και 5 μέχρι κανένας δεσμός να μην μπορεί να επιλέγει.

Και στις δύο μορφές αυτής της διαδικασίας, πρέπει να ελέγχεται η εφικτότητα της μερικής λύσης σε κάθε βήμα, για να βεβαιώσουμε ότι δεν παραβιάζεται κανένας περιορισμός. Αλλιώς, είναι προφανές ότι καμία εφικτή λύση δεν θα είχε βρεθεί στο πρόβλημα. Παρατηρούμε επίσης, ότι στην αρχική λύση όταν όλοι οι πελάτες είναι διαφορετική διαδρομή η λύση δεν είναι εφικτή. Όμως στο τέλος της διαδικασίας υπάρχει η πιθανότητα κάποιοι πελάτες να μείνουν χωρίς διαδρομή.

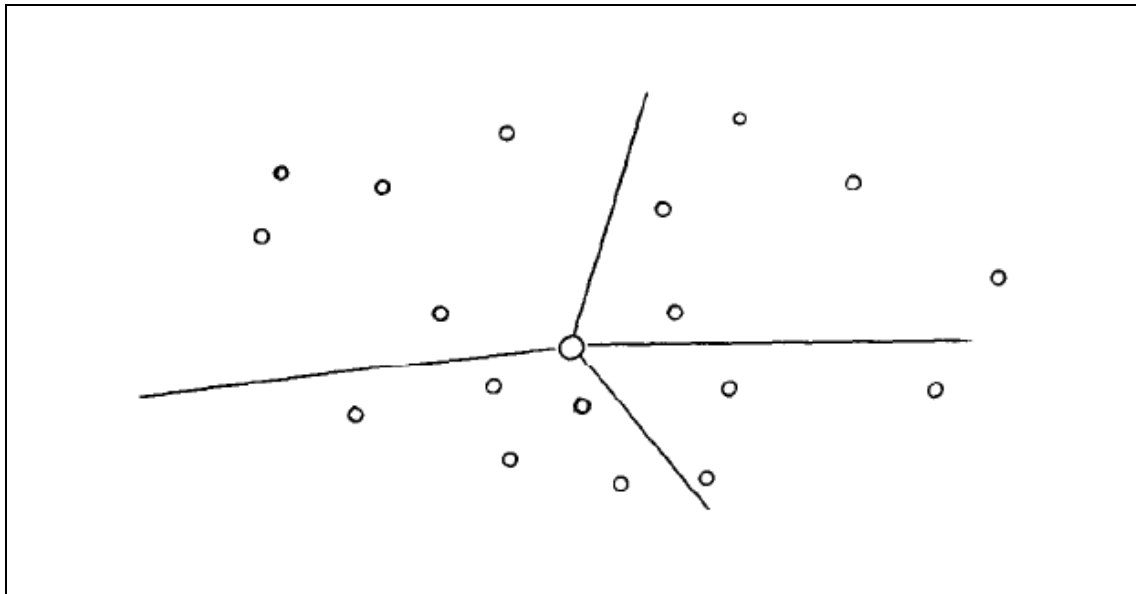
4.3.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΥΟ ΦΑΣΕΩΝ

Στις μεθόδους δύο φάσεων, η πρώτη φάση αποτελείται από ομαδοποίηση των πελατών εκχωρώντας τους σε οχήματα, και στην δεύτερη φάση η δρομολόγηση αυτής της διαδρομής (ΣΧΗΜΑ 4.2).

4.3.2.1 Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΣΑΡΩΜΑΤΟΣ ΤΩΝ GILLET & MILLET (The sweep algorithm)

Τόσο η πρώτη όσο και η δεύτερη φάση αυτής της διαδικασίας είναι ακολουθητική. Υποθέτουμε ότι οι απαιτήσεις μεταξύ των κορυφών είναι ευκλείδειες και οι πελάτες τοποθετούνται βάση των πολιτικών συντεταγμένων (r_i, θ_i) με την αποθήκη να είναι στο

$r_i=0$ και ένας τυχαίος πελάτης i^* και θ_{i^*} . Στην συνέχεια κατατάσσουμε τους πελάτες έτσι ώστε $\theta_2 \leq \dots \leq \theta_n$.



ΣΧΗΜΑ 4.2 Εφαρμογή του αλγορίθμου (Cillet and Miller)

ΦΑΣΗ 1

ΒΗΜΑ 1. Επέλεξε ένα αχρησιμοποίητο όχημα κ.

ΒΗΜΑ 2. Ξεκινώντας από τον πελάτη i που δεν είναι στην διαδρομή με το κόστος θ_i και συμπεριέλαβε τους γειτονικούς του πελάτες στην διαδρομή μέχρι να παραβιαστούν οι περιορισμοί χωρητικότητας του οχήματος.

ΒΗΜΑ 3. Αν όλοι οι πελάτες έχουν εκχωρηθεί ή όλα τα οχήματα έχουν εκχωρηθεί σε κάποιο όχημα και μορφοποιούμε τις τελικές διαδρομές.

4.3.2.2 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΦΑΣΕΩΝ ΤΩΝ FISHER & JAİKUMAR

Η πρώτη φάση αυτής της ευρετικής διαδικασίας εφαρμόζει μια παράλληλη ομαδοποίηση λύνοντας βέλτιστα ένα γενικευμένο πρόβλημα εκχώρησης (Generalized Assignment Problem-GAP).

ΦΑΣΗ 1

Βήμα 1. Διαλέγουμε m πελάτες για να είναι οι αρχικοί πελάτες των ομάδων και τοποθετούμε ένα όχημα για τον κάθε ένα από αυτούς.

Βήμα 2. Για κάθε πελάτη i και για κάθε ομάδα k , υπολόγισε ένα κόστος εισόδου d_{ik} σε σχέση με τον αρχικό πελάτη της κάθε ομάδας.

Βήμα 3. Επιλέγουμε το γενικευμένο πρόβλημα εκχώρησης $\min \{ \sum_{ik} d_{ik} y_{ik} \mid$ με περιορισμούς τους:

$$y_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{εαν ο πελάτης } i \text{ επισκεπτεται από το όχημα } k \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

$$\min \sum_{i,j} c_{ij} \sum_k x_{ijk}$$

$$\sum_j x_{ijk} = \sum_j x_{jik} = y_{ik} \quad i=1, \dots, n$$

ΦΑΣΗ 2

ΒΗΜΑ 4. Λύνουμε το TSP για κάθε σύνολο πελατών που έχουν εκχωρηθεί σε κάποιο όχημα και μορφοποιούμε τις τελικές διαδρομές.

4.3.2.3 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΦΑΣΕΩΝ ΤΩΝ MOLE & JAMESON

Ο αλγόριθμος των Mole & Jameson είναι μια ακολουθητική διαδικασία στην οποία, για μια δεδομένη τιμή των δύο παραμέτρων λ και μ , τα ακόλουθα δύο κριτήρια χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μιας διαδρομής:

$$e(i,l,j) = c_{il} + c_{lj} - \mu c_{ij}$$

$$\sigma(i,l,j) = \lambda c_{il} - e(i,l,j)$$

Ο αλγόριθμος προχωράει ως ακολούθως:

Βήμα 1. Για κάθε μη δρομολογημένο πελάτη x_l υπολογίζουμε σε ποιο σημείο της διαδρομής μπορεί να εισαχθεί ο πελάτης :

$$e(i_l, l, j_l) = \min [e(r, l, s)]$$

για όλους τους γειτονικούς πελάτες $x_r, x_s \in R$, όπου x_{il} και x_{jl} είναι οι πελάτες για τους οποίους η εισαγωγή του πελάτη x_l έχει την καλύτερη δυνατή τιμή.

Βήμα 2. Ο καλύτερος πελάτης x_{l^*} που θα εισαχθεί στην διαδρομή υπολογίζεται να είναι εκείνος για τον οποίο η ακόλουθη έκφραση μεγιστοποιείται :

$$\sigma(i_l, l^*, j_{l^*}) = \max[\sigma(i_l, l, j_l)]$$

για το κάθε πελάτη x_i που δεν βρίσκεται είδη σε κάποια διαδρομή και που δεν εκφράζει κάποιο περιορισμό.

Βήμα 3. Εισάγουμε x_{i^*} στην διαδρομή R ανάμεσα στον $x_{i_t^*}$ και στον $x_{j_t^*}$.

Βήμα 4. Βελτιστοποιούμε την διαδρομή R χρησιμοποιώντας μεθόδους r-βελτιστοποίησης.

Βήμα 5. Επιστρέφουμε στο βήμα 1 για να ξεκινήσουμε μια καινούρια διαδρομή R εκτός αν όλοι οι πελάτες έχουν δρομολογηθεί ή κανέναν από τους εναπομείναντες πελάτες δεν μπορεί να δρομολογηθεί.

4.3.2.4 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΦΑΣΕΩΝ ΤΩΝ CHRISTOFIDES, MIGNOZZI & TOTH

Η πρώτη φάση αυτού του ευρετικού αλγορίθμου αποτελείται από την εφαρμογή ενός αριθμού δοκιμών για την ομαδοποίηση χρησιμοποιώντας ένα κριτήριο εκχωρήσεις ελάχιστου κόστους.

ΦΑΣΗ 1

Βήμα 1. (Ακολουθητικές δοκιμές) Επιλέγουμε ένα πελάτη που δεν είναι στην διαδρομή για πελάτη σπόρο. Διαλέγουμε ένα όχημα για τον πελάτη.

Βήμα 2. Βάζουμε τους πελάτες που δεν είναι σε διαδρομή σε κάποια ομάδα, βάση κάποιου κόστους εκχώρησης που σχετίζεται με τον πελάτη της κάθε ομάδας, μέχρις ότου να παραβιαστεί ο περιορισμός χωρητικότητας του κάθε οχήματος. Αν όλοι οι πελάτες είναι σε ομάδες ή όλα τα οχήματα έχουν χρησιμοποιηθεί, πηγαίνουμε στο Βήμα 3, αλλιώς επιστρέφουμε στο Βήμα 1.

Βήμα 3. (Παράλληλες δοκιμές) Χρησιμοποιώντας όλους τους αρχικούς πελάτες για μια διαδρομή που βρέθηκαν στις ακολουθητικές δοκιμές, απελευθερώνουμε όλους τους πελάτες από τις ομάδες τους.

Βήμα 4. Για κάθε ελεύθερο πελάτη, υπολογίζουμε το κόστος εισόδου σε σχέση με τους αρχικούς πελάτες της κάθε ομάδας, σε μια εφικτή ομάδα. Ελέγχουμε όλες τις ομάδες κι στην συνέχεια κρατάμε αυτή με το καλύτερο κόστος για τον πελάτη.

Βήμα 5. Εκχωρούμε τον πελάτη με το καλύτερο κόστος στην ομάδα που αντιστοιχεί.

Βήμα 6. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 4 και 5 για όλους τους ελεύθερους πελάτες.

Φάση 2

Βήμα 7. Και για τις δύο ομαδοποιήσεις λύνουμε ένα TSP και κρατάμε την καλύτερη από τις δύο λύσεις.

4.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ (The insertion algorithm)

Η διαδικασία εισαγωγής παίρνει μια υποδιαδρομή κόμβων και προσπαθεί να προσδιορίσει ποιος κόμβος (που δεν περιλαμβάνεται ήδη στην διαδρομή) πρέπει να περιληφθεί ως επόμενος στην διαδρομή (το βήμα επιλογής) και μετά καθορίζεται σε ποιο σημείο της διαδρομής πρέπει να συμπεριληφθεί (το βήμα εισαγωγής). Ο ποιος γνωστός από αυτούς τους αλγόριθμους είναι ο αλγόριθμος της πλησιέστερης εισαγωγής:

Βήμα 1: Ξεκινά με ένα υπογράφημα που περιλαμβάνει ένα μόνο κόμβο, ας πούμε τον i .

Βήμα 2: Βρες τον κόμβο k , τέτοιο ώστε το c_{ik} να είναι το ελάχιστο και σχημάτισε την υποδιαδρομή $i-k-i$.

Βήμα 3 (Επιλογή): Με δεδομένη μια υποδιαδρομή, βρες τον κόμβο k , που δεν περιλαμβάνεται στην υποδιαδρομή, που είναι πλησιέστερος σε όποιον κόμβο της υποδιαδρομής.

Βήμα 4 (Εισαγωγή): Βρες το τόξο (i,j) στην υποδιαδρομή που ελαχιστοποιεί $c_{ik} + c_{kj} - c_{ij}$. Εισήγαγε τον k μεταξύ των i και j .

Βήμα 5: Πήγαινε στο Βήμα 3 εκτός και εάν έχει σχηματιστεί ένας κύκλος Hamilton. Η πολυπλοκότητα του αλγορίθμου είναι μεγέθους $O(n^2)$.

Παρόμοια με την διαδικασία πλησιέστερης εισαγωγής είναι της φθηνότερης εισαγωγής, της τυχαίας εισαγωγής, της μακρύτερης εισαγωγής, της γρηγορότερης εισαγωγής και ο αλγόριθμος του κυρτού πολύεδρου.

4.5 ΒΕΛΤΙΩΝΟΝΤΑΣ ΤΟΥΣ ΕΥΡΕΤΙΚΟΥΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥΣ ΤΟΠΙΚΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ (The exchange και crossover algorithm)

Ένας αλγόριθμος τοπικής έρευνας έχει πεδίο έρευνας μια γειτονιά ερευνητικών διαδικασιών. Με δεδομένη διαδρομή ο αλγόριθμος εξετάζει όλες τις διαδρομές που είναι γειτονικές σε αυτή και προσπαθεί να βρει μια πιο σύντομη. Ο ορισμός «γειτονικός» διαφέρει με τις λεπτομέρειες του εκάστοτε ευρετικού τοπικής έρευνας. Η γενική διαδικασία έχει ως εξής: Ξεκινώντας από μια αρχική διαδρομή, επιλεγμένη τυχαία ή δημιουργημένη από κάποιο άλλο ευρετικό, εάν δεν υπάρχει γειτονική διαδρομή που να είναι συντομότερη από την αρχική, η διαδικασία σταματά. Η αρχική διαδρομή είναι ένα τοπικό βέλτιστο όσον αφορά την επιλεγμένη γειτονιά. Αλλιώς, μια συντομότερη διαδρομή από την αρχική χρησιμοποιείται σαν σημείο εκκίνησης, και η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Η μέθοδος πρέπει κάποτε να τερματίσει καθώς υπάρχει καθώς υπάρχει ένας πεπερασμένος αριθμός δυνατών διαδρομών.

Μια γειτονιά N για ένα πρόβλημα (S,f) , όπου S είναι το σύνολο των εφικτών σημείων και f είναι η αντικειμενική συνάρτηση, μπορεί να οριστεί ως μία χαρτογράφηση από την S στο δυναμικό της σύνολο, π.χ. $N \rightarrow 2^S$. Το $N(S)$ καλείται η γειτονιά $s \in S$, και περιέχει όλες τις λύσεις που μπορούν να προσεγγιστούν από τον s με μια μόνο κίνηση. Εδώ η έννοια της μιας κίνησης είναι αυτή ενός τελεστή ο οποίος μετατρέπει μια λύση σε μία άλλη σε λίγες τροποποιήσεις. Μια λύση x καλείται τοπικό ελάχιστο του f αναφορικά με την γειτονιά N εάν $f(x) \leq f(y)$, $\forall y \in N(x)$.

Μια τοπική έρευνα ή βελτίωση αλγορίθμου ξεκινάει με μια λύση και καταλήγει σε ένα τοπικό όπου δεν είναι δυνατή καμιά παιρετέρω βελτίωση. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι για να υλοποιηθεί η τοπική έρευνα. Οι καλύτεροι γνωστοί βελτιωτές ευρετικών για

TSP και το VRP είναι οι ευρετικοί της ανταλλαγής ακμών. Οι ερευνητικοί 2-βέλτιστο και 3-βέλτιστο παρουσιάστηκαν από τον Lin και ο ευρετικός LK παρουσιάστηκε από τους Lin Kernigham. Για ένα δεδομένο k , εάν ορίσουμε μια k - ανταλλαγή να είναι η διαγραφή k ακμών από μια διαδρομή και η αντικατάσταση τους από k άλλες ακμές, που δεν περιέχονται στη διαδρομή, τότε λέγεται ότι μία διαδρομή είναι k -βέλτιστη εάν δεν υπάρχει η δυνατότητα για περαιτέρω βελτίωση του μέσω k - ανταλλαγών.

4.6 ΜΟΝΤΕΡΝΟΙ ΕΥΡΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

Τα τελευταία χρόνια οι περισσότεροι αλγόριθμοι που έχουν αναπτυχθεί για την επίλυση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων προέρχονται από την περιοχή που ονομάζεται μεθευρετικός αλγόριθμος. Οι βασικές από αυτές τις μεθόδους είναι η προσομοιωμένη απόπτωση (Simulated Annealing), η περιορισμένη αναζήτηση Tabu Search, οι γενετικοί αλγόριθμοι (Genetic algorithms) και τα νευρωνικά δίκτυα (neural nets). Σε αυτές τις μεθόδους εξερευνάται το πεδίο της λύσης με σκοπό να βρεθεί μια καλύτερη λύση. Τόσο η προσομοιωμένη απόπτωση όσο και η περιορισμένη αναζήτηση ξεκινάει από μια αρχική λύση x_1 και προχωράει σε κάθε επανάληψη t από την λύση x_t στην λύση x_{t+1} στην γειτονία $N(x_t)$ του x_t μέχρι ένα κριτήριο σταματήματος να ικανοποιηθεί. Οι γενετικοί αλγόριθμοι εξετάζουν σε κάθε βήμα ένα πληθυσμό από λύσεις. Κάθε πληθυσμός παράγεται από τον προηγούμενο του συνδυάζοντας τα καλύτερα στοιχεία του και διαγράφοντας τα χειρότερα του. Τα νευρωνικά δίκτυα περιλαμβάνουν ένα ευρετικό αλγόριθμο μάθησης που προσαρμόζει βαθμιαία ένα σύνολο από βάρη μέχρι να φτάσουμε σε μια αποδεκτή λύση. Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό αυτών των αλγορίθμων είναι ότι προσομοιάζουν μια διαδικασία που συνήθως έχει εφαρμογή στη φύση. Τα στοιχεία που χρησιμοποιούν αυτοί οι αλγόριθμοι και μεταφορικά τα παρατηρούμε και στη φύση είναι τα εξής :

- Χρησιμοποιούν ένα αριθμό από επαναληπτικές δοκιμές.
- Περιλαμβάνουν ένα ή περισσότερους πράκτορες (νεύρωνες, μόρια, χρωματοσώματα, μυρμήγκια).
- Λειτουργούν (στην περίπτωση των πολύ πρακτόρων) βάση ενός μηχανισμού συνεργασίας και ανταγωνισμού.
- Περιλαμβάνουν διαδικασίες αυτό – τροποποιήσεων των ευρετικών παραμέτρων ή ακόμα και της αναπαράστασης του προβλήματος.

Τα χαρακτηριστικά των ευρετικών είναι τα εξής :

1. Μοντελοποιούν ένα φαινόμενο που υπάρχει στη φύση.
2. Μπορούν να μεταφερθούν εύκολα σε παράλληλη μορφή.
3. Είναι προσαρμοστικοί αλγόριθμοι.

Στην συνέχεια θα περιγράψουμε αναλυτικά αυτές τις μεθόδους και πως έχουν εφαρμοστεί στο πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων.

4.6.1 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΕΝΗ ΑΝΟΠΤΗΣΗ (Simulated Annealing)

Η προσομοιωμένη ανόπτηση είναι μια γενίκευση της μεθόδου Monte Carlo για τις εξισώσεις της κατάστασης και των παγωμένων καταστάσεων των συστημάτων n-σωμάτων. Η έννοια είναι βασισμένη στον τρόπο με τον οποίο τα υγρά παγώνουν ή τα μέταλλα επανακρυσταλλώνονται στο στάδιο της ανόπτησης. Σε μια διαδικασία ανόπτησης ένα λειωμένο μέταλλο, αρχικά στην υψηλή θερμοκρασία και δίχως τάξη (αταξία συστήματος), δροσίζεται αργά έτσι ώστε το σύστημα να είναι οποιαδήποτε στιγμή περίπου στη θερμοδυναμική ισορροπία. Καθώς η ψύξη προχωράει, το σύστημα μπαίνει περισσότερο σε τάξη και πλησιάζει μια "παγωμένη" θεμελιώδης κατάσταση όπου $T=0$. Ως εκ τούτου η διαδικασία μπορεί να θεωρηθεί ως αδιαβατική προσέγγιση στη χαμηλότερη ενεργειακή κατάσταση. Εάν η αρχική θερμοκρασία του συστήματος είναι πάρα πολύ χαμηλή ή η ψύξη γίνεται ανεπαρκώς αργά, το σύστημα μπορεί να γίνει αποσβεσμένο διαμορφώνοντας τις ατέλειες ή παγώνοντας σε ασταθείς καταστάσεις (δηλ. παγιδεύεται σε μία τοπικά ελάχιστη ενεργειακή κατάσταση).

Το αρχικό σχέδιο Metropolis ήταν ότι μια αρχική κατάσταση ενός θερμοδυναμικού συστήματος επιλέχτηκε στην ενέργεια E και τη θερμοκρασία T , όπου κρατώντας τη σταθερά T η αρχική διαμόρφωση είναι διαταραγμένη και η αλλαγή στην ενέργεια dE υπολογίζεται. Εάν η αλλαγή στην ενέργεια είναι αρνητική η νέα διαμόρφωση γίνεται αποδεκτή. Εάν η αλλαγή στην ενέργεια είναι θετική γίνεται αποδεκτή με μια πιθανότητα που δίνεται από τον παράγοντα Boltzmann $\exp - (dE/T)$. Αυτές οι διαδικασίες είναι έπειτα επαναλαμβανόμενες αρκετές φορές για να δώσουν καλές στατιστικές δειγματοληψίας για την τρέχουσα θερμοκρασία, και έπειτα η θερμοκρασία μειώνεται και ολόκληρη η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου επιτυγχάνεται μία παγωμένη κατάσταση $T=0$.

Αναλογικά η γενίκευση αυτής της προσέγγισης Monte Carlo στα συνδυαστικά προβλήματα είναι απλή. Η τρέχουσα κατάσταση του θερμοδυναμικού συστήματος είναι ανάλογη με την τρέχουσα λύση με το συνδυαστικό πρόβλημα, η ενεργειακή εξίσωση για το θερμοδυναμικό σύστημα είναι ανάλογη με την αντικειμενική λειτουργία, και η θεμελιώδης κατάσταση είναι ανάλογη με το ολικό ελάχιστο. Η σημαντικότερη δυσκολία στην εφαρμογή του αλγορίθμου είναι ότι δεν υπάρχει καμία προφανής αναλογία για τη θερμοκρασία T όσον αφορά μια ελεύθερη παράμετρο στο συνδυαστικό πρόβλημα. Επιπλέον, η αποφυγή της παράσυρσης στα τοπικά ελάχιστα (απόσβεση) εξαρτάται από το "πρόγραμμα ανόπτησης", την επιλογή της αρχικής θερμοκρασίας, πόσες επαναλήψεις εκτελούνται σε κάθε θερμοκρασία, και πόσο η θερμοκρασία μειώνεται σε κάθε βήμα καθώς η ψύξη προχωρά. Η προσομοιωμένη ανόπτηση έχει χρησιμοποιηθεί στα διάφορα συνδυαστικά προβλήματα βελτιστοποίησης και είναι ιδιαίτερα επιτυχής στα προβλήματα σχεδίου κυκλωμάτων.

Όπως το όνομα της υπονοεί, η προσομοιωμένη ανόπτηση [simulated annealing (SA)] εκμεταλλεύεται μια αναλογία μεταξύ του τρόπου με τον οποίο ένα μέταλλο δροσίζεται και παγώνει σε μια ελάχιστη ενεργειακή κρυστάλλινη δομή (διαδικασία ανόπτησης) και την αναζήτηση ενός ελάχιστου σε ένα γενικότερο σύστημα.

Ο αλγόριθμος είναι βασισμένος σε αυτόν του Metropolis, που προτάθηκε αρχικά ως μέσο εύρεσης της διαμόρφωσης ισορροπίας μιας συλλογής των ατόμων σε μια δεδομένη θερμοκρασία. Η σύνδεση μεταξύ αυτού του αλγορίθμου και της μαθηματικής ελαχιστοποίησης σημειώθηκε αρχικά από τον Pincus, αλλά ήταν ο Kirkpatrick που πρότεινε να αποτελεί τη βάση μιας τεχνικής βελτιστοποίησης για τα συνδυαστικά (και άλλα) προβλήματα.

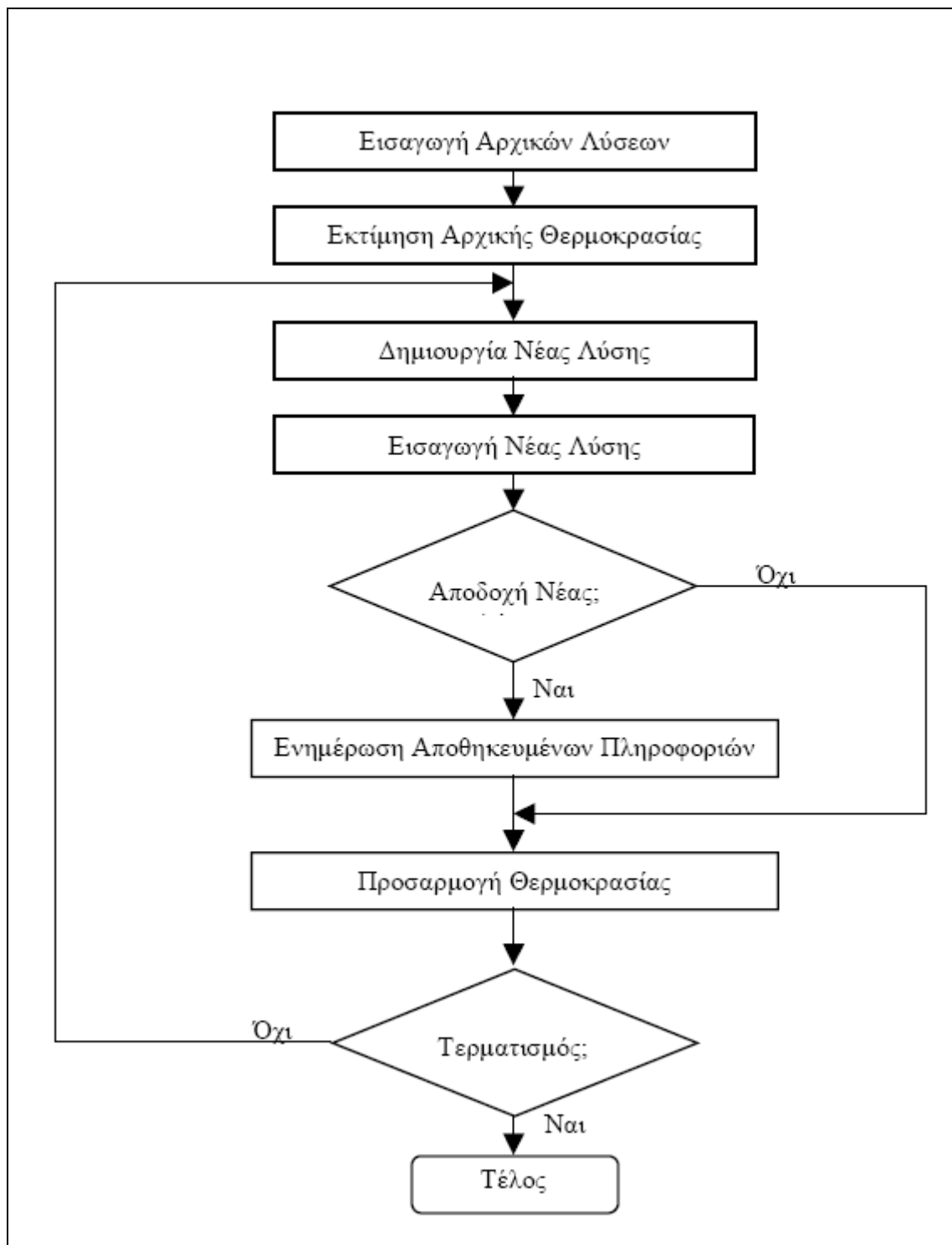
Σημαντικό πλεονέκτημα της προσομοιωμένης ανόπτησης από τις άλλες μεθόδους είναι η δυνατότητα να αποφεύγει να "παγιδεύεται" στα τοπικά ελάχιστα. Ο αλγόριθμος υιοθετεί μια τυχαία αναζήτηση που όχι μόνο δέχεται τις αλλαγές που μειώνουν την

αντικειμενική συνάρτηση f , αλλά και μερικές αλλαγές που την αυξάνουν. Τα τελευταία γίνονται αποδεκτά με μια πιθανότητα

όπου df είναι η αύξηση στο f και το T είναι μια παράμετρος ελέγχου, η οποία αναλογικά με την αρχική εφαρμογή είναι γνωστή ως θερμοκρασία συστημάτων ανεξάρτητα από την συμμετοχή της αντικειμενικής συνάρτησης.

Η εφαρμογή του αλγορίθμου προσομοιωμένης ανόπτησης είναι εντυπωσιακά εύκολη. Στο σχήμα 4.3 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής του. Τα ακόλουθα στοιχεία πρέπει να του δοθούν :

- Μια αντιπροσώπευση των πιθανών λύσεων
- Μια γεννήτρια τυχαίων αλλαγών στις λύσεις
- Μέσο υπολογισμού των προβληματικών λειτουργιών και
- Ένα πρόγραμμα ανόπτησης – μια αρχική θερμοκρασία και τους κανόνες για την μείωσή της καθώς η αναζήτηση συνεχίζεται.



Σχήμα 4.3 Η δομή του αλγορίθμου προσομοιωμένης απόπτησης

Ο αλγόριθμος προσομοιωμένης ανόπτησης δεν απαιτεί ή δεν συνάγει τις παράγωγες πληροφορίες, πρέπει μόνο να του παρασχεθεί μια αντικειμενική λειτουργία για κάθε δοκιμαστική λύση που παράγει. Κατά συνέπεια, η αξιολόγηση των προβλημάτων λειτουργιών είναι ουσιαστικά λειτουργία "μαύρου κουτιού" όσον αφορά στον αλγόριθμο βελτιστοποίησης. Προφανώς, προς όφελος της γενικής υπολογιστικής αποδοτικότητας, είναι σημαντικό ότι οι αξιολογήσεις των προβλημάτων λειτουργίας πρέπει να εκτελεστούν αποτελεσματικά, ειδικά όπως σε πολλές εφαρμογές όπου αυτές οι αξιολογήσεις λειτουργίας συντρίβουν την πιο εντατική, υπολογιστικά, δραστηριότητα. Ανάλογα με τη φύση του συστήματος εξισώσεων οι συμβουλές για την επιτάχυνση αυτών των υπολογισμών μπορούν να βρεθούν σε άλλα κεφάλαια μέσα σε αυτό το πρόγραμμα.

Κάποια σκέψη πρέπει να δοθεί στο χειρισμό των περιορισμών κατά τη χρησιμοποίηση του αλγορίθμου προσομοιωμένης ανόπτησης. Σε πολλές περιπτώσεις η ρουτίνα μπορεί απλά να προγραμματιστεί για να απορρίψει οποιεσδήποτε προτεινόμενες αλλαγές που οδηγούν στην παραβίαση περιορισμού, έτσι ώστε να εκτελείται μια αναζήτηση εφικτού διαστήματος. Εντούτοις, υπάρχουν δύο σημαντικές περιστάσεις στις οποίες αυτή η προσέγγιση δεν μπορεί να ακολουθηθεί:

1. Εάν υπάρχουν οποιοιδήποτε περιορισμοί ισότητας που καθορίζονται στο σύστημα.
2. Εάν το εφικτό διάστημα που καθορίζεται από τους περιορισμούς είναι (ή πιθανολογείται να είναι) χωριστό, έτσι ώστε να μην είναι δυνατό να κινηθεί μεταξύ όλων των εφικτών λύσεων χωρίς διάβαση μέσω του απραγματοποιήτου διαστήματος.

4.6.2 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΙ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ (Tabu Search)

Στην περιορισμένη αναζήτηση εξετάζεται μια ακολουθία από λύσεις όπως στην προσομοιωμένη ανόπτηση αλλά η καλύτερη κίνηση γίνεται στην βέλτιστη γειτονιά της τρέχουσας λύσης x_i . Για να αποφύγουμε να κάνουμε κύκλους, λύσεις που έχουν πρόσφατα εξεταστεί απαγορεύεται να επανέλθουν στην λύση για ένα αριθμό από επαναλήψεις. Για να μειώσουμε το χρόνο και τον υπολογιστικό φόρτο, είναι συνηθισμένο να καταγράφουμε την συμπεριφορά των λύσεων παρά τις ίδιες τις λύσεις. Ο βασικός μηχανισμός της περιορισμένης αναζήτησης μπορεί να επαυξηθεί με αρκετά χαρακτηριστικά όπως είναι κάποιες διαφοροποιήσεις και κάποιες επεκτάσεις. Οι στρατηγικές διαφοροποιήσεων επιχειρούν να δημιουργήσουν λύσεις που περιλαμβάνουν την σύνθεση συμπεριφορών σημαντικά διαφορετικών από αυτές που συναντήθηκαν ως τώρα στην αναζήτηση. Οι στρατηγικές επεκτάσεων επιχειρούν να δημιουργήσουν λύσεις που παρακινούν την ενσωμάτωση των "καλών συμπεριφορών". Στη συνέχεια θα δούμε κάποιες εφαρμογές της περιορισμένης αναζήτησης στο πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων.

4.6.2.1 Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΟΥ WILLARD

Μια από τις πρώτες προσπάθειες να εφαρμοστεί ο αλγόριθμος της περιορισμένης αναζήτησης στο πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων οφείλεται στο Willard. Εδώ η λύση

αρχικά παρουσιάζεται σε μια γιγαντιαία διαδρομή, και οι γειτονιές καθορίζονται σαν όλες οι εφικτές λύσεις που μπορούν να δημιουργηθούν από την τρέχουσα λύση χρησιμοποιώντας 2-opt και 3-opt μεθόδους. Η επόμενη κίνηση καθορίζεται από την επόμενη μη περιορισμένη κίνηση.

4.6.2.2 Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΤΟΥ OSMAN

Ο Osman όπως και στην περίπτωση της προσομοιωμένης ανόπτησης καθορίζει τις γειτονιές χρησιμοποιώντας τον μηχανισμό των λ-ανταλλαγών, με $\lambda=2$. Στην μια εκδοχή του αλγορίθμου, που ονομάζεται βέλτιστα επιτρεπτή (best-admissible), ολόκληρη η γειτονιά εξερευνάται και η καλύτερη επιτρεπτή λύση επιλέγεται. Στην δεύτερη εκδοχή που ονομάζεται πρώτη βέλτιστα επιτρεπτή (first-best-admissible), η πρώτη επιτρεπτή κίνηση, αν υπάρχει, επιλέγεται, αλλιώς συνεχίζεται ο αλγόριθμος με την ήδη υπάρχουσα λύση.

4.6.2.3 TABUROUTE

Ο αλγόριθμος TABUROUTE περιλαμβάνει αρκετά πολύπλοκα και καινοτόμα χαρακτηριστικά. Η δομή της γειτονιάς καθορίζεται από όλες τις λύσεις στις οποίες μπορεί να οδηγηθούν από την τρέχουσα λύση διαγράφοντας ένα κόμβο από τη διαδρομή που περιέχει ένα από τους p γείτονες του. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην διαγραφή μιας υπάρχουσας διαδρομής ή στην δημιουργία μίας καινούριας. Ένα δεύτερο σημαντικό χαρακτηριστικό του TABUROUTE είναι ότι στη διαδικασία αναζήτησης εξετάζονται λύσεις που μπορεί να μην είναι εφικτές σε σχέση με τους περιορισμούς χωρητικότητας ή τους περιορισμούς που συσχετίζεται με το μήκος της διαδρομής. Πιο συγκεκριμένα, η αντικειμενική συνάρτηση περιέχει δύο όρους, που ο ένας μετράει την υπερχωρητικότητα, και ο άλλος την υπερδιάρκεια. Ο κάθε ένας από αυτούς έχει κάποιο βάρος: κάθε 10 επαναλήψεις, τα βάρη είτε διαιρούνται με το 2 αν και οι δέκα προηγούμενες επαναλήψεις οδηγούσαν σε εφικτή λύση είτε πολλαπλασιάζονται με 2 αν και οι δέκα προηγούμενες επαναλήψεις οδηγούν σε μη εφικτές λύσεις. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η περίπτωση να πέσει και να κολλήσει σε τοπικό ελάχιστο.

Όταν ένας κόμβος μετακινηθεί από την διαδρομή r στην διαδρομή s κατά την επανάληψη t , η επανείσοδος του στην διαδρομή r απαγορεύεται μέχρι την επανάληψη $t+\theta$, όπου το θ επιλέγεται τυχαία ανά επανάληψη. Άλλο ένα χαρακτηριστικό του TABUROUTE είναι η χρήση της στρατηγικής των διαφοροποιήσεων. Στη συνέχεια, θα δούμε μια περιγραφή του αλγορίθμου, όπου W είναι το σύνολο των κορυφών που είναι υποψήφιος για να μπουν σε κάποια άλλη διαδρομή από αυτή που ήταν σε κάθε επανάληψη, $q \leq |W|$ είναι οι κορυφές που τελικά πραγματοποιούν την είσοδο τους και k είναι ο αριθμός των επαναλήψεων που έχουμε χωρίς να γίνεται καμιά βελτίωση.

Βήμα 1. (Αρχικοποίηση.) Δημιουργία $\lceil \frac{\sqrt{n}}{2} \rceil$ αρχικών λύσεων και εφαρμογή περιορισμένης

αναζήτησης με $W = V \setminus \{0\}$, $q = 5m$ και $k = 50$, όπου m ο αριθμός των οχημάτων. Αυτή η τιμή του q βεβαιώνει ότι η πιθανότητα επιλογής μιας κορυφής για κάθε διαδρομή είναι τουλάχιστον 90%.

Βήμα 2. (Διαδικασία βελτίωσης της λύσης.) Ξεκινώντας με την καλύτερη λύση που παρατηρήθηκε στο βήμα 1, εφαρμόζουμε περιορισμένη αναζήτηση με $W = V \setminus \{u_0\}$, $q = 5m$ και $k = 50n$, όπου n είναι ο αριθμός των κόμβων.

Βήμα 3. Ξεκινώντας με την καλύτερη λύση που παρατηρήθηκε στο βήμα 2, εφαρμόζουμε περιορισμένη αναζήτηση με $k=50$. Εδώ το W είναι το σύνολο των $\lfloor \frac{|V|}{2} \rfloor$ κορυφών οι οποίες έχουν πιο συχνά μετακινηθεί στο βήμα 1 και 2 και $q=|W|$.

4.6.2.4 Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΟΥ TAILARD

Η εφαρμογή της περιορισμένης αναζήτησης για το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων έχει πάρα πολλά στοιχεία του TABUROUTE όπως την τυχαία επιλογή των επαναλήψεων και την διαφοροποίηση. Καθορίζει τις γειτονιές όπως ακριβώς καθορίζονται και στον αλγόριθμο Osman. Ένα καινούριο χαρακτηριστικό του αλγόριθμου είναι ότι χωρίζει το πρόβλημα σε μικρά υποπροβλήματα και επιλύει στην συνέχεια κάθε ένα από αυτά. Αυτή η μέθοδος χαλάρωσης είναι κατάλληλη για παράλληλους αλγόριθμους αφού το κάθε ένα από τα υποπροβλήματα μπορεί να καταναμεηθεί σε κάποιον από τους επεξεργαστές και έτσι να μειωθεί ο συνολικός υπολογιστικός φόρτος.

4.6.2.5 Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ Xu ΚΑΙ KELLY

Σε αυτή την εφαρμογή χρησιμοποιείται μια πιο περίπλοκη δομή για την εύρεση των γειτονιών. Η διαδικασία που ακολουθείται έχει τρία βασικά χαρακτηριστικά:

1. Ανταλλαγές από κορυφές ανάμεσα σε δύο διαδρομές.
2. Ολική επανατοποθέτηση κάποιων πλευρών σε διαφορετικές διαδρομές.
3. Τοπικές βελτιώσεις κάθε διαδρομής.

Η ολική επανατοποθέτηση επιτυγχάνεται με την επίλυση ενός μοντέλου ροής σε δίκτυα. Η βελτίωση μέσα στις ίδιες τις διαδρομές επιτυγχάνεται με την εφαρμογή της διαδικασίας 3-opt. Ο αλγόριθμος έχει πάρα πολλές περιμέτρους οι οποίες δυναμικά εφαρμόζονται κατά την διάρκεια της αναζήτησης. Οι καλύτερες λύσεις που βρίσκονται κρατούνται στην μνήμη και περιοδικά χρησιμοποιούνται για την ξανααρχικοποιηθούν διάφορες παράμετροι.

4.6.2.6 Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ REGO ΚΑΙ ROUCAIROL

Το κύριο χαρακτηριστικό του αλγόριθμου των Rego και Roucairol είναι η χρήση των αλυσίδων μετακίνησης για να μετακινηθούμε από τη μία λύση στην άλλη. Μια μετακίνηση αποτελείται από την μετακίνηση μιας κορυφής σε μια θέση που καταλαμβάνεται από μια άλλη κορυφή, και έτσι δημιουργείται μια αλυσίδα αντίδρασης 1 επιπέδων. Για μια δοθέν διαδρομή, εφαρμόζουμε με u_{i-1} τον προηγούμενο κόμβο του u_i και με u_{i+1} τον επόμενο. Μια 1 επιπέδου αλυσίδα μετακίνησης περιλαμβάνει την αντικατάσταση των τριπλετών $(u_{i-1}^k, u_i^k, u_{i+1}^k, k=0, \dots, l)$ με τις τριπλέτες $(u_{i-1}^m, u_i^m, u_{i+1}^m, m=0, \dots, l)$ και ενημερώνουμε το u_i^l .

4.6.2.7 Ο ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΗΣ ΜΝΗΜΗΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ROCHAT ΚΑΙ TAILLARD

Μια από τις πιο ενδιαφέρουσες βελτιώσεις στο χώρο της περιορισμένης αναζήτησης είναι ο αλγόριθμος της προσαρμοστικής μνήμης των Rochat και Taillard. Χρησιμοποιείται όχι μόνο στην περιορισμένη αναζήτηση αλλά και σε όλους μετά-ευρετικούς αλγόριθμους. Μια προσαρμοστική μνήμη είναι η συλλογή καλών λύσεων που δυναμικά ενημερώνονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αναζήτησης. Περιοδικά κάποια στοιχεία φεύγουν από την ομάδα και συνδυάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να οδηγήσουν σε νέες καλύτερες λύσεις. Στο πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων, οι διαδρομές των οχημάτων επιλέγονται από πάρα πολλές λύσεις και θα χρησιμοποιηθούν σαν αρχικό σημείο. Η διαδικασία δίνει μεγαλύτερα βάρη σε εκείνες τις διαδρομές που ανήκουν στις καλύτερες λύσεις. Όταν επιλέγονται αυτές οι πλευρές πρέπει να προσέχουμε να μην συμπεριληφθεί ο ίδιος πελάτης δύο φορές στην λύση. Αυτός ο περιορισμός σημαίνει ότι η διαδικασία επιλογής θα σταματάει πάντα με μια μερική λύση που θα αναπτυχθεί με την χρήση κάποιου ευρετικού αλγορίθμου.

4.6.3 ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ (Genetic Algorithms)

Οι γενετικοί αλγόριθμοι επίσης μιμούνται μια φυσική διαδικασία: εκείνη της εξέλιξης των ειδών που αναπαράγονται και έχει προταθεί από τον Holland (1975). Κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής, ένα νέο άτομο καθορισμένο από τη γονιδιακή κληρονομιά του δημιουργείται συνδυάζοντας τη μισή από τη γονιδιακή κληρονομιά των γονιών του. Τελικά, η γονιδιακή κληρονομιά αλλάζει από την μεταλλαγή. Εάν το νέο άτομο κληρονομεί καλά χαρακτηριστικά, η πιθανότητα επιβίωσης του είναι υψηλότερη, καθώς επίσης και ο αριθμός των χρόνων που θα μπορεί αναπαράγεται. Έτσι, τα καλά χαρακτηριστικά είναι διασπαρμένα κι ο πληθυσμός τείνει να αποτελείται από συνεχώς καλύτερα άτομα.

Αυτή η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βελτιστοποιήσει τα συνδυαστικά προβλήματα: οι λύσεις διαδραματίζουν το ρόλο των ατόμων, η διαδικασία αναπαραγωγής προσομοιάζεται από έναν χειριστή διασταυρώσεων που συνδυάζει τις δύο λύσεις για να δημιουργήσει μια νέα που αλλάζει τελικά από έναν χειριστή μεταλλαγής.

Οι γενετικοί αλγόριθμοι αντιπροσωπεύουν μια ισχυρή προσέγγιση για την ανάπτυξη ευρετικών συνδυαστικών προβλημάτων βελτιστοποίησης μεγάλης κλίμακας. Οι γενετικοί αλγόριθμοι (GA) μιμούνται τη διαδικασία της εξέλιξης σε ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης. Κάθε εφικτή λύση ενός προβλήματος αντιμετωπίζεται ως ένα άτομο του οποίου η φυσική ικανότητα αντιστοιχεί στην τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης. Ένας γενετικός αλγόριθμος συντηρεί έναν πληθυσμό χρωμοσωμάτων στον οποίο η έννοια της επιβίωσης του καταλληλότερου (μεταξύ των δομών σειράς) είναι εφαρμόσιμη. Υπάρχει δομημένη, αλλά παράλληλα τυχαία, ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ δύο ατόμων (χειριστής διασταυρώσεων) για την παραγωγή καλύτερων ατόμων.

Η ποικιλομορφία προστίθεται επίσης στον πληθυσμό με την τυχαία αλλαγή μερικών γονιδίων (χειριστής μεταλλαγής) ή με την εισαγωγή νέων ατόμων (χειριστής μετανάστευσης). Ένας γενετικός αλγόριθμος εφαρμόζει επανειλημμένα αυτές τις διαδικασίες μέχρι ο πληθυσμός να συγκλίνει. Οι γενετικοί αλγόριθμοι μπορούν να εφαρμοστούν με ποικίλους τρόπους. Οι GA μπορούν να περιγραφούν ως εξής:

Έναρξη

Αρχικοποίηση πληθυσμού

Εκτέλεση

Επέλεξε δύο άτομα I1 και I2 του πληθυσμού.

Εφάρμοσε τον χειριστή διασταυρώσεων στα άτομα I1 και I2 για να παράγει ένα νέο άτομο I3.

Επέλεξε δύο άτομα μεταξύ των I1, I2 και I3.

Εκτέλεσε περιστασιακά την μετανάστευση έως ότου ο πληθυσμός να συγκλίνει

Τέλος

Αυτή είναι η απλούστερη περιγραφή του γενετικού αλγορίθμου. Κάθε εκτέλεση του βρόχου επανάληψης καλείται δοκιμή.

4.6.3.1 Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ GIDEON

Ο GIDEON είναι ένας γενετικός αλγόριθμος για το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με χρονικά παράθυρα και περιορισμούς χωρητικότητας, που βασίζεται στην στρατηγική ομαδοποίησης πρώτα και δρομολόγησης έπειτα. Ο γενετικός αλγόριθμος εφαρμόζεται μονάχα στη φάση της ομαδοποίησης, με μια διαδικασία παρόμοια με τον αλγόριθμο Gillet και Miller.

4.6.3.2 Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ GENEROUS

Ο GENEROUS είναι ένα γενετικό σύστημα που αναπτύχθηκε από τους Potvin & Bengio, για το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με χρονικά παράθυρα. Ο αλγόριθμος αποφεύγει τις δυσκολίες που συσχετίζονται με την κωδικοποίηση μιας λύσης σε χρωματοσώματα εφαρμόζοντας το πέρασμα από τη μια λύση στην άλλη και την μετάλλαξη όχι στα χρωματοσώματα αλλά στις ίδιες τις λύσεις. Σε αυτόν τον αλγόριθμο μια νέα λύση δημιουργείται από δύο προηγούμενες λύσεις 1 και 2 ενώνοντας τους πρώτες πελάτες μιας διαδρομής του γονέα 1, με τους τελευταίους πελάτες μιας διαδρομής του γονέα 2, κάτι ανάλογο με το 2-opt. Η νέα λύση αντικαθιστά την παλιά στη θέση του γονέα 1.

4.6.4 ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (Neural Nets)

Τα νευρωνικά δίκτυα είναι μηχανισμοί μάθησης που αποτελούνται από απλές στοιχειώδεις διαδικασίες ή νευρώνες που είναι απόλυτα συνδεδεμένες μεταξύ τους όπως είναι οι νευρώνες στον εγκέφαλο. Οι διασυνδέσεις έχουν βάρη που κωδικοποιούν τη γνώση του δικτύου. Ξεκινώντας από τυχαία βάρη, ένα νευρωνικό δίκτυο προσαρμόζει αυτές τις τιμές μέσω ενός αλγόριθμου μάθησης με σκοπό να βελτιώσουν την ικανότητα να αποδώσουν ένα συγκεκριμένο έργο. Τα νευρωνικά δίκτυα έχουν σχεδιαστεί για έργα μάθησης και όχι για προβλήματα συνδυαστικής βελτιστοποίησης, αλλά τα τελευταία χρόνια έχουν εφαρμοστεί σε προβλήματα περιπλανώμενου πωλητή και σε προβλήματα δρομολόγησης οχημάτων.

4.6.4.1 ΤΑ HOPFIELD ΝΕΥΡΩΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Η πρώτη προσπάθεια για να παρουσιαστεί μία λύση για το πρόβλημα του περιπλανώμενου πωλητή με την χρήση νευρωνικών δικτύων έγινε με την χρήση Hopfield Neural Network –HNN. Τα Hopfield networks ανήκουν στην τάξη των περιοδικών νευρωνικών δικτύων, δηλαδή, τα εξαγόμενα ενός νευρώνα χρησιμοποιούνται σαν δεδομένα εισόδου σε προηγούμενα επίπεδα του νευρωνικού δικτύου. Η εφαρμογή ενός Hopfield networks απαιτεί:

- Μια μετατροπή του κόστους και των περιορισμών του προβλήματος σε μια συνάρτηση γνωστή ως συνάρτηση ενέργειας Hopfield.
- Τον καθορισμό παραμέτρων Langrange

Τα προηγούμενα δύο βήματα είναι οι παράγοντες κλειδί για την επιτυχία ενός νευρωνικού δικτύου αυτού του τύπου, είναι όμως επίσης και ο σημαντικότερος λόγος της αποτυχίας της εφαρμογής των νευρωνικών δικτύων αυτού του τύπου στο πρόβλημα του περιπλανώμενου πωλητή και κατ' επέκταση στο πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων.

4.6.4.2 ΑΥΤΟΟΡΓΑΝΩΜΕΝΕΣ ΑΠΕΙΚΩΝΗΣΕΙΣ (Self organized maps)

Αυτά τα νευρωνικά δίκτυα ονομάζονται αυτοοργανομένα self organized επειδή αυτοοργανώνονται προσαρμόζοντας βαθμιαία τα βάρη των μεταξύ τους συνδέσεων. Στην συνέχεια, θα δούμε μια περιγραφή του αλγόριθμου:

Βήμα 1. (Αρχικοποίηση.) Δίνονται στα βάρη των συνδέσεων κάποιες αρχικές τιμές.

Βήμα 2. (Ανταγωνισμός.) Θεωρούμε το επόμενο διάνυσμα εισόδου I . Αν όλα τα διανύσματα εισόδου έχουν θεωρηθεί ξεκινάμε με το πρώτο πάλι από την αρχή. Υπολογίζουμε την τιμή εξόδου o_j για κάθε νευρώνα εξόδου και έχει τιμή ίση με το άθροισμα των βαρών όλων των εισόδων πιο συγκεκριμένα

$$o_j = \sum_{i=1}^p T_{ij} I_i \quad (j = 1, \dots, m)$$

Η καλύτερη μονάδα εξόδου j^* είναι η μονάδα με την μεγαλύτερη τιμή εξόδου.

Βήμα 3. Προσαρμογή των βαρών. Τροποποιούμε τα βάρη των συνδέσεων κάθε μονάδας εξόδου, ως ακολούθως:

$T_{ij} = T_{ij} + f(j, j^*)(I_i - T_{ij})$, όπου το $T_{ij} = (T_{ij})_{i=1, \dots, p}$ είναι το διάνυσμα βαρών του νευρώνα j και f είναι μια συνάρτηση των j και j^* .

Επαναλαμβάνονται τα βήματα 2 και 3 μέχρι να ικανοποιηθούν τα βάρη. Στο τέλος, κάθε διάνυσμα εισόδου εκχωρείται στην μονάδα εξόδου που μεγιστοποιεί τα αθροίσματα των βαρών στο βήμα 2. Στην περίπτωση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων, τα διανύσματα εισόδου είναι οι συντεταγμένες των κόμβων. Καθορίζονται πολλές ομάδες από νευρώνες εξόδου και κάθε μια από αυτές αντιστοιχεί σε μια διαδρομή. Ο αλγόριθμος μάθησης είναι επίσης ελαφρά τροποποιημένος. Στο βήμα 2 του κλασσικού αλγόριθμου, ο καλύτερος νευρώνας εξόδου είναι ο νευρώνας του οποίου το διάνυσμα βαρών είναι αυτό που συσχετίζεται με τον τρέχων διάνυσμα εισόδου.

4.7 Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΜΥΡΜΗΓΚΙΩΝ (Ant Algorithm)

Ο αλγόριθμος των μυρμηγκιών, γνωστός και ως συστήματα μυρμηγκιών, αποτελούν συστήματα τα οποία είναι εμπνευσμένα από τη συμπεριφορά πραγματικών μυρμηγκιών και συγκεκριμένα του είδους *Linepithema humile*. Όταν μία αποικία μυρμηγκιών έχει τη δυνατότητα να προσεγγίσει μία πηγή τροφής με περισσότερα από ένα δρομολόγια, τα περισσότερα μυρμήγκια και μάλιστα με συντριπτική πλειοψηφία επιλέγουν τη συντομότερη διαδρομή.

Ορισμένα είδη μυρμηγκιών έχουν μία ουσία ονομαζόμενη φερομόνη (pheromone) την οποία αποβάλλουν στο έδαφος κατά τη μετακίνησή τους από τη φωλιά προς την πηγή τροφής τους. Μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχουν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες φερομόνης στο κοντινό δρομολόγιο παρά στα άλλα. Έτσι τα επόμενα μυρμήγκια που προσεγγίζουν την περιοχή έχουν ως οδηγό τους τη φερομόνη για να ακολουθήσουν και αυτά με τη σειρά τους τη συντομότερη διαδρομή για να φτάσουν στην τροφή.

Τα συστήματα μυρμηγκιών πρωτοπαρουσιάστηκαν από τους Colomi, Dorigo και Maniezzo και μπορούν να επιλύσουν με επιτυχία πολλά προβλήματα βελτιστοποίησης συμπεριλαμβανομένου και του Vehicle Routing Problem. Ένας μεθευρετικός αλγόριθμος βασισμένος στα συστήματα μυρμηγκιών μπορεί να περιγραφεί από ένα σύνολο διαδικασιών οι οποίες συνεργάζονται μέσα από μία κοινή μνήμη (common memory). Η πρώτη ομάδα των διαδικασιών χτίζει λύσεις με βάση τη θεωρία των πιθανοτήτων, με τις πιθανότητες να παίρνουν τιμές που εξαρτώνται από τις πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες στη μνήμη. Όλες οι διαδικασίες των μυρμηγκιών ενεργοποιούνται και συντονίζονται από μία βασίλισσα η οποία ακόμη διαχειρίζεται την κοινή μνήμη. Με πολύ συνοπτικό τρόπο ένα σύστημα μυρμηγκιών μπορεί να προσδιορισθεί με βάση τις ακόλουθες δύο διαδικασίες :

- **Διαδικασία μυρμηγκιού**
 1. Λήψη των δεδομένων εισόδου, της κατάστασης μνήμης καθώς και άλλες παραμέτρους που μπορούν να ληφθούν από τη διαδικασία που ακολουθεί η βασίλισσα
 2. Με τη βοήθεια της μνήμης, χτίζεται μια νέα λύση με βάση τη θεωρία των πιθανοτήτων
 3. Στέλνεται η νέα λύση στη διαδικασία της βασίλισσας
- **Διαδικασία βασίλισσας**
 1. Αρχικοποίηση της μνήμης
 2. Επανάληψη, μέχρι να ικανοποιηθεί μια συνθήκη τερματισμού :
 - (α) Επιλογή παραμέτρων για τη διαδικασία μυρμηγκιού και ενεργοποίηση της διαδικασίας μυρμηγκιού
 - (β) Παραλαβή μιας λύσης από τη διαδικασία μυρμηγκιού και αναβάθμιση της μνήμης
 3. Εξαγωγή της καλύτερης λύσης που παράγεται από το σύστημα

Τα πρώτα συστήματα μυρμηγκιών που αναπτύχθηκαν δεν περιελάμβαναν τη διαδικασία της βασίλισσας κι έτσι η μνήμη αποτελείται από «ίχνη» (Για παράδειγμα ποσότητες οι οποίες συνδέονταν με στοιχεία που συνέθεταν μια λύση. Τα στοιχεία αυτά θα μπορούσαν κάλλιστα να είναι ακμές σε προβλήματα στα οποία μια διαδρομή ερευνάται όσον αφορά τη καταλληλότητά της για τη δημιουργία ενός σύντομου δρομολογίου.)

Επίσης στα πρώτα συστήματα μυρμηγκιών που δημιουργήθηκαν υπήρχε ένας δεδομένος αριθμός διαδικασιών μυρμηγκιών οι οποίοι ενεργοποιούνταν συγχρόνως. Οι διαδικασίες αυτές ενεργοποιούνταν παράλληλα και αμέσως αναβάθμιζαν τις τιμές των ιχνών. Δυστυχώς τα συστήματα αυτά ήταν αρκετά απλοποιημένα έτσι ώστε να μπορούν να επιλύσουν με επιτυχία προβλήματα βελτιστοποίησης και ο λόγος ήταν ότι τα μυρμήγκια δεν γνώριζαν τις κινήσεις άλλων μυρμηγκιών κάτι το οποίο δεν συμβαδίζει με ρεαλιστικά προβλήματα αφού τα οχήματα ενός στόλου γνωρίζουν τις κινήσεις που πραγματοποιεί το καθένα.

Πρόσφατες βελτιώσεις που έγιναν τα τελευταία χρόνια έχουν εισαγάγει στα συστήματα αυτά ένα είδος συγχρονισμού κατά το οποίο το σύστημα περιμένει να ολοκληρωθούν όλα τα δρομολόγια και στη συνέχεια να αναβαθμίσει τις πληροφορίες στο σύστημα. Οι αναβαθμίσεις με αυτόν τον τρόπο γίνονται με καλύτερο τρόπο ακολουθώντας στρατηγικές αναζήτησης. Σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητο να δώσουμε την αναλογία των μεγεθών στα συστήματα μυρμηγκιών με ρεαλιστικά προβλήματα :

- Μυρμήγκια = Οχήματα
- Ποιότητα και ποσότητα φαγητού = Μεγέθη που βελτιστοποιούνται
- Φερομόνη = Προσαρμόσιμη μνήμη

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΟΥ ΕΧΕΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

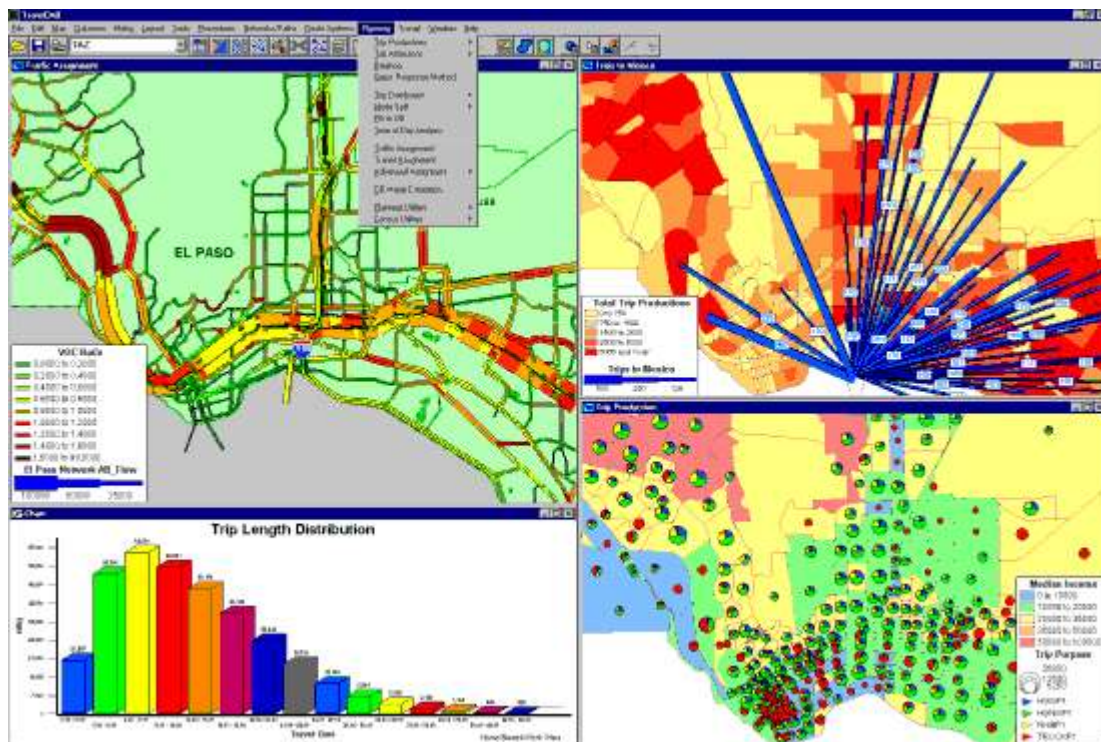
Τα τελευταία χρόνια τα προβλήματα δρομολόγησης οχημάτων γίνονται περισσότερο σύνθετα και υπεισέρχονται νέες παράμετροι. Ταυτόχρονα όμως οι ερευνητές αναπτύσσουν νέα μοντέλα και εργαλεία για την υποστήριξη των αποφάσεων που σχετίζονται με την διανομή. Έτσι η ύπαρξη στην αγορά σύγχρονων συστημάτων, λογισμικού δρομολόγησης οχημάτων δίνει πλέον την δυνατότητα στις εταιρίες που τα χρησιμοποιούν να γνωρίζουν ανά πάσα στιγμή όλες τις πληροφορίες που επιθυμούν για τους πελάτες και τις ιδιαιτερότητες στην εξυπηρέτησή τους, τις παραγγελίες, τα διακινούμενα προϊόντα, τα οχήματα διανομής, κ.λ.π, αλλά επίσης να μπορούν να σχεδιάζουν με αυτοματοποιημένο τρόπο και σε σύντομο χρονικό διάστημα τη μορφή και ακριβή διαδρομή των δρομολογίων του στόλου των οχημάτων διανομής της επόμενης μέρας.

5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΟΛΟΥ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΕΘΝΗ ΑΓΟΡΑ

Στην υποενότητα αυτή παρατίθενται γνωστά στο χώρο συστήματα υποστήριξης αποφάσεων όσον αφορά την επίλυση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων. Τα περισσότερα συστήματα γίνεται αντιληπτό ότι απαιτούν χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών-GIS, γι' αυτό και συνοδεύονται από τέτοια συστήματα.

5.2.1 TransCAD της Caliper Corporation

Το πρώτο στην σειρά από τα προβλήματα που θα μελετηθούν είναι το TransCAD της Caliper Corporation (www.caliper.com). Το TransCAD είναι ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographic Information System –GIS) ειδικά σχεδιασμένο για την χρήση από επαγγελματίες στο χώρο των μεταφορών για την αποθήκη, επίδειξη, διαχείριση και ανάλυση δεδομένων που αφορούν διακίνηση προϊόντων.



ΣΧΗΜΑ 5.1:Απεικόνιση πληροφοριών στο TransCAD

5.2.2.ROUTRONIC 2000 της Carrier Logistics Ins

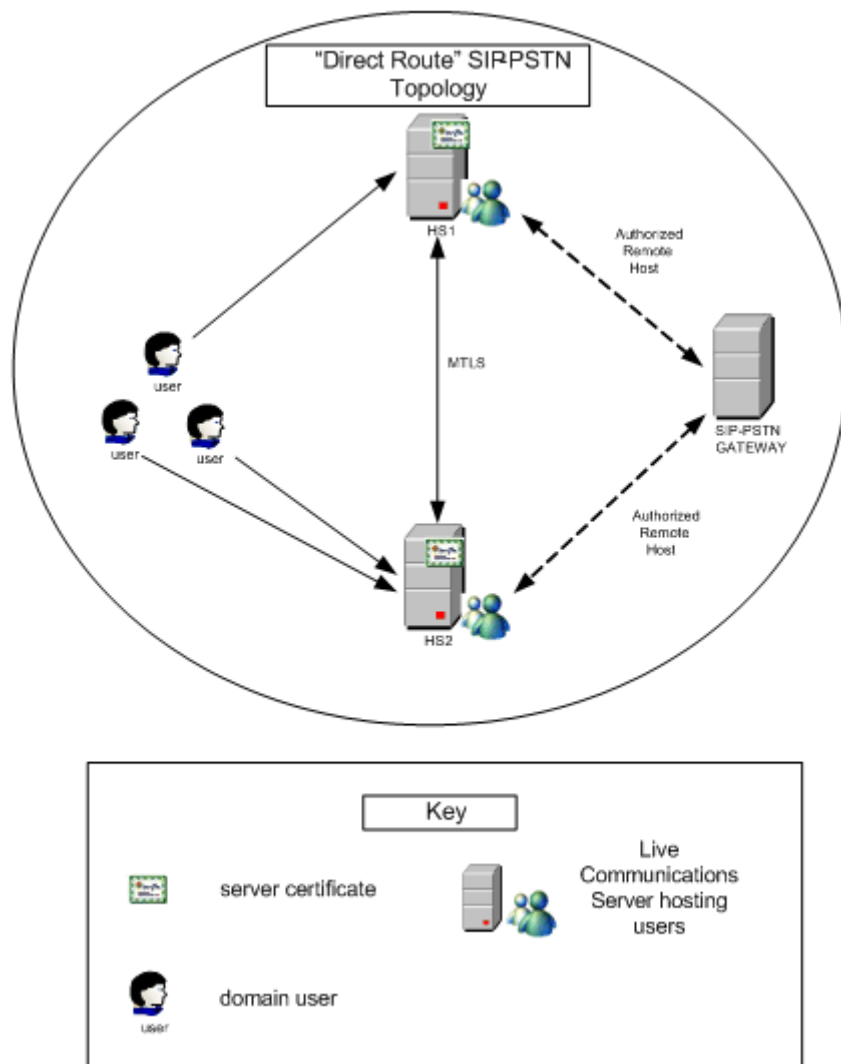
Το ROUTRONIC 2000 είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα Σχεδιασμού Δρομολόγησης Οχημάτων της εταιρίας Carrier Logistics Ins (www.carrierlogistics.com). Αποτελεί λύση προβλημάτων όπως: εσωτερικός, στα πλαίσια της εταιρίας, προγραμματισμός (Inbound Planning), διαχείριση φορτώσεων (Pickup Management), αποστολές και εξυπηρέτηση πελατών (Customer Service).

5.2.3 TruckStop της Micro Analytics, Inc.(www.bestroutes.com)

Το λογισμικό TruckStop της εταιρίας Micro Analytics (www.bestroutes.com) είναι ένα ισχυρό, εύχρηστο εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται στη δρομολόγηση παραλαβών σε περισσότερες από 2.4000 περιοχές πελατών από τον κόσμο, βοηθά στην περικοπή των εξόδων δρομολόγησης και στην αύξηση της παραγωγικότητας των οδηγών ενώ βελτιώνεται η ικανοποίηση των πελατών.

5.2.4 Direct Route της Appian Logistics Sostware (www.appianlogistics.com)

Το DirectRoute σχεδιάστηκε για να βοηθήσει τους σχεδιαστές παραλαβών να βρίσκουν τις πιο αποτελεσματικές διαδρομές. Ο μηχανισμός δρομολόγησης του συγκεκριμένου λογισμικού σχεδιάζει διαδρομές βασισμένες στην τοποθεσία του πελάτη στη χωρητικότητα του σχήματος και στην προθεσμία παράδοσης στο πελάτη, κατά συνέπεια μπορεί να υπάρξει μέγιστη εκμετάλλευση της χώρας του φορτηγού, ελάχιστη απόσταση σε μίλια και έγκαιρη εξυπηρέτηση.



Σχήμα 5.2: Παράδειγμα Direct Route

5.2.5 DRTrack (με το Direct route) –Μονάδα Ενημέρωσης μέσω Διαδικτύου (Web Reporting Modate)

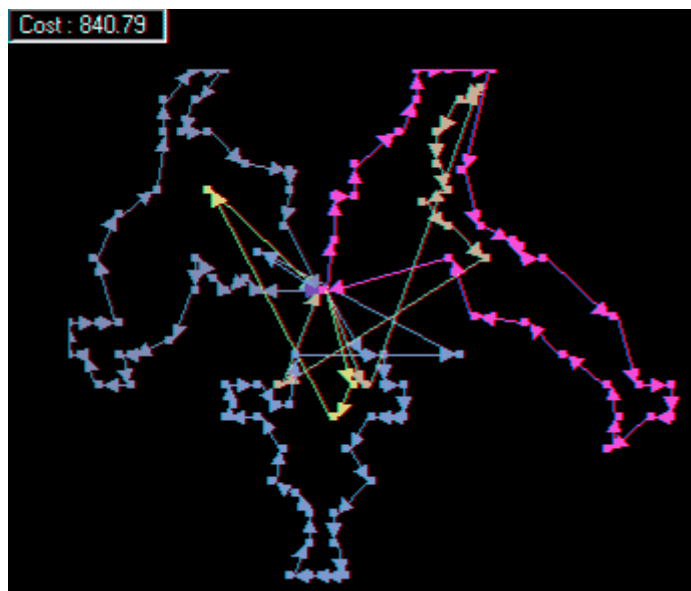
Η Μονάδα ενημέρωσης μέσω Διαδικτύου επιτρέπει στους χρήστε να ανακοινώσουν τα σχέδια δρομολόγησης από το Direct route στο διαδίκτυο για να έχουν πρόσβαση οι διαχειριστές (της εφοδιαστικής αλυσίδας), πελάτες ή άλλο προσωπικό. Η προσθήκη της Μονάδας ενημέρωσης μέσω διαδικτύου εισάγει μια τεραστία σειρά εργαλείων διοίκησης και οφέλη με το να επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση και να ελέγχουν ζωτικής σημασίας πληροφορίες για τις διαδρομές.

5.2.6 PTV της Intertour PTV GmbH- Καινοτόμος προγραμματισμού ταξιδιού και μεταφορών με (www.ptv.de)

Το πιο ζωτικό θέμα στις εταιρίες logistics σήμερα, είναι η αποτελεσματική διαχείριση του κόστους. Επομένως οι μεταφορές πρέπει να βελτιστοποιηθούν και να ελαχιστοποιηθούν τα λάθη. Το λογισμικό PTV Intertour, είναι ένα δυναμικό σύστημα σχεδιασμού δρομολογίων, το οποίο υποστηρίζεται από πολλούς διαχειριστές logistics, διαχειριστές στόλου ή σχεδιαστές της καθημερινής εργασίας.

5.2.7 ILOG Dispatcher / Αποστολέας της ILOG Inc. (www.ilog.com)

Το ILOG Dispatcher / Αποστολέας είναι η μία ισχυρή μηχανή βελτιστοποίησης της βιομηχανίας μεταφορών για τη δημιουργία εφαρμογών δρομολόγησης σχημάτων και προγραμματισμό προσωπικού και αποστολών. Το ILOG Dispatcher ανήκει στην ομάδα προϊόντων βελτιστοποίησης της εταιρίας ILOG Inc.



Σχήμα 5.3: Απεικόνιση βέλτιστων διαδρομών με το πρόγραμμα ILOG Dispatcher / Αποστολέας

5.2.8 ArcLogistics Route από το Enviromental Systems Reverse Institute, Inc (www.routelogistics.com/arclogistics).

Το προϊόν ArcLogistics Route από το Enviromental Systems Reverse Institute, Inc (ESRI) (www.esri.com ή www.routelogistics.com/ArcLogistics ως ευρύτερη πηγή πληροφοριών), αποτελεί μια ολοκληρωμένη λύση για περίπλοκα προβλήματα προγραμματισμού και δρομολόγησης. Δημιουργεί δυναμικές διαδρομές και προγράμματα για την ελαχιστοποίηση του κόστους ενώ βελτιώνεται η εξυπηρέτηση των πελατών. Το ArcLogistics Route δημιουργεί βέλτιστες διαδρομές, ενώ λαμβάνει υπόψη του τις προθεσμίες παράδοσης των πελατών, τις δυνατότητες των οδηγών, τον όγκο των παραγγελιών, διάφορους περιορισμούς, απαιτήσεις ειδικού εξοπλισμού κ.α.

5.2.9 StreetSync της RSI (από RouteSolution Inc.) εργαλείο υποστήριξης του ArcLogistics Route

Το StreetSync είναι ένα προσιτό και εύχρηστο πακέτο λογισμικού σχεδιασμού δρομολόγησης για την κάθε επιχείρηση, το οποίο βελτιώνει την αποδοτικότητα του στόλου των οχημάτων, ενισχύει την εξυπηρέτηση των πελατών και βελτιώνει τις γενικές διαδικασίες. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί ψηφιακούς χάρτες για να βοηθήσει το χρήστη να εντοπίσει τους πελάτες χωρίζει το φόρτο εργασίας του χρήστη και βελτιστοποιεί την ακολουθία των στάσεων των πελατών.

5.2.10 SHORTRECT ORTEC International USA, Inc (www.ortec.com)

Η σειρά προϊόντων SHORTRECT αποτελείται από διαφορετικά συστήματα δρομολόγησης τα οποία εφοδιάζουν τη δομή κάθε επιχείρησης. Αυτά τα συστήματα είναι κατασκευασμένα με υπομονάδες τα οποία επιτρέπουν να προσαρμοστεί το σύστημα στις εκάστοτε ανάγκες της εφοδιαστικής που ενδιαφέρουν την εταιρία.

5.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΑΜΕ

Η Matlog είναι μία εργαλειοθήκη της Matlab όπου χρησιμοποιείται για επίλυση προβλημάτων που αφορούν τα Logistics.

Η εργαλειοθήκη Matlog της Matlab αναπτύχθηκε για τη χρήση στις σειρές δύο μαθημάτων στο κρατικό πανεπιστήμιο της βόρειας Καρολίνας. Η εργαλειοθήκη περιέχει τις λειτουργίες για την επίλυση των ακόλουθων τύπων προβλημάτων:

- Χωροθέτηση Εγκαταστάσεων: Συνεχής ελαχιστοποίησης συνόλου δυνατότητας θέσης, εναλλασσόμενη διαδικασία θέσης-κατανομής.
- Δρομολόγηση οχημάτων: VRP, VRP με χρονικά περιθώρια, πρόβλημα πλανόδιου πωλητή (TSP).
- Δίκτυα: Μικρότερη πορεία, ελαχιστοποίηση του κόστους σε ροή δικτύου, ελαχιστοποίηση των προβλημάτων ανοιγμένων δέντρων.
- Διαχείριση υλικών : Επιλογή εξοπλισμού
- Γενικούς σκοπούς: Γραμμικός προγραμματισμός χρησιμοποιώντας την ανανεωμένη μέθοδο simplex, μέθοδος μικτού ακέραιου προγραμματισμού (MILP) διαδικασία του φράγματος και της διακλάδωσης.
- Δεδομένα: πόλεις των ΗΠΑ με πληθυσμούς τουλάχιστον 10,000 δίκτυο αυτοκινητοδρόμων υψηλών ταχυτήτων (Oak Ridge National Highway Network).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η εργαλειοθήκη Matlog χρησιμοποιεί, για την επίλυση προβλημάτων δρομολόγησης οχημάτων, τους αλγόριθμους vrpsavings (the savings algorithm, βλέπε 4.3.1.1 παράγραφος) , vrpssweep (the sweep algorithm, βλέπε 4.3.2.1 παράγραφος), vrpcrossover (the crossover algorithm ,βλέπε 4.5 παράγραφος), vrpexchange (the exchange algorithm, βλέπε 4.5 παράγραφος) και vrpinsert (the insert algorithm, βλέπε 4.4 παράγραφος) .

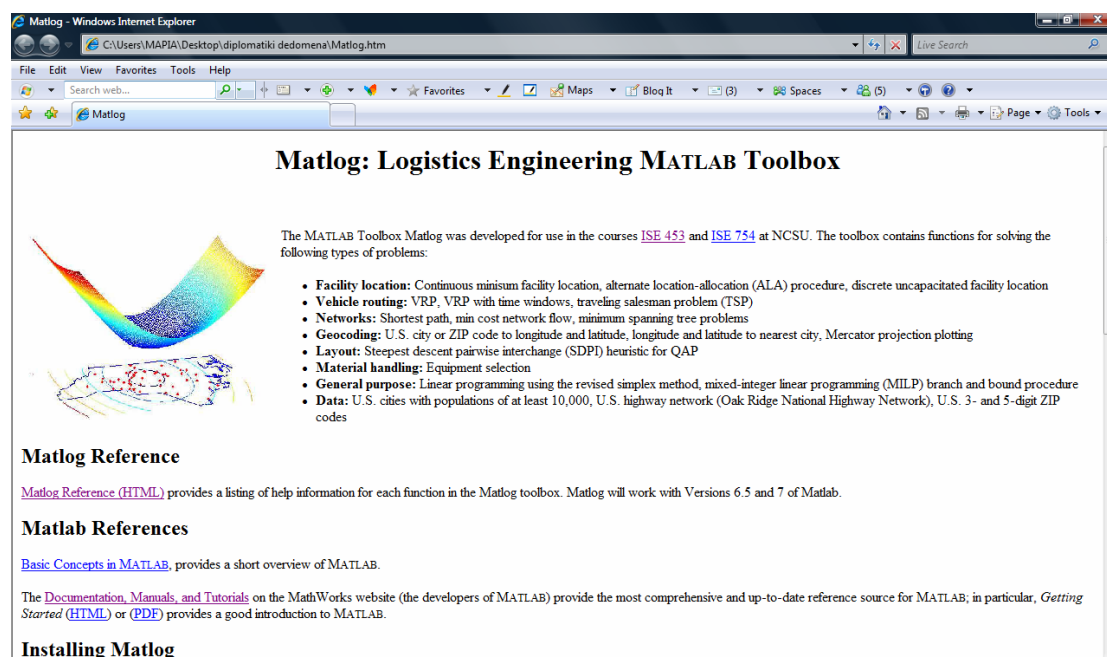
Η Matlog στην ιστοσελίδα <http://www.ise.ncsu.edu/kay/matlog/> ,παρέχει μια λίστα των πληροφοριών βοήθειας για κάθε λειτουργία στην εργαλειοθήκη Matlog. Το Matlog θα λειτουργήσει με τις εκδόσεις 6.5 και 7 της Matlab.

5.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ MATLOG

Η εγκατάσταση της Matlog πραγματοποιείται αφού έχουμε είδη εγκαταστήσει την Matlab στον υπολογιστή μας. Στην αρχή θα πρέπει να εγκαταστήσουμε το συμπιεσμένο αρχείο που περιέχει τον κατάλογο Matlog στον υπολογιστή μας, (θα το βρούμε στην σελίδα <http://www.ise.ncsu.edu/kay/matlog/>), αφού πρώτα το αποσυμπιέσουμε. Συνήθως αυτό το αρχείο το αντιγράφουμε στο φάκελο με την ονομασία work που βρίσκεται στο κύριο φάκελο της Matlab.

Για να πραγματοποιήσουμε την πιο πάνω διαδικασία ακολουθούμε τα πιο κάτω βήματα:

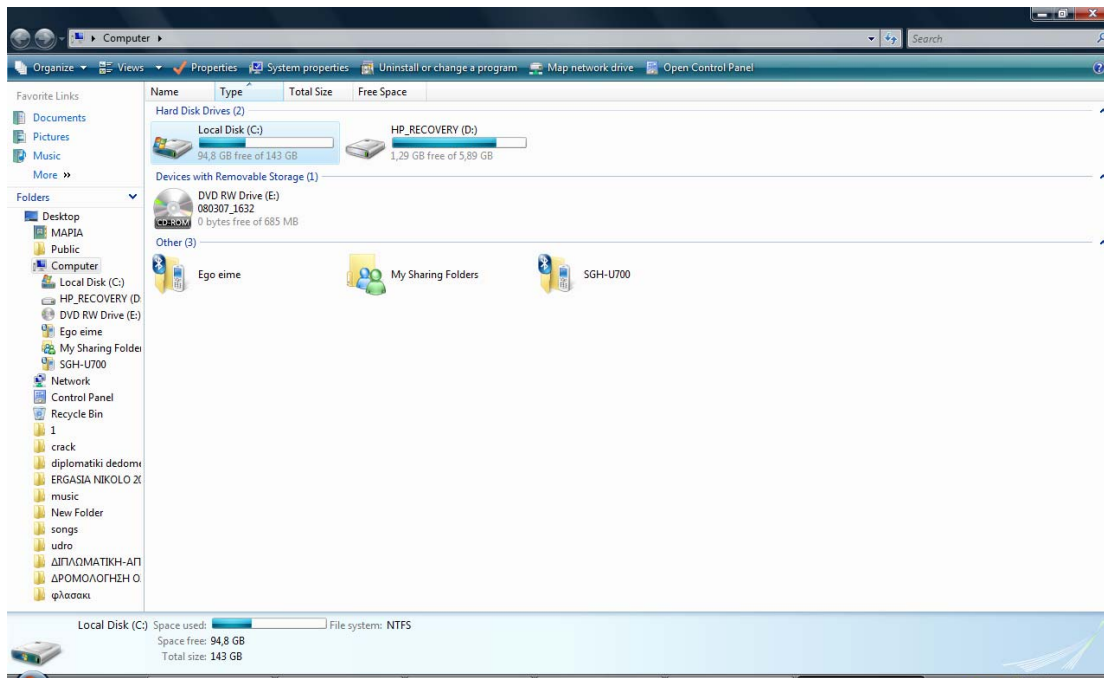
1. Ανοίγουμε την σελίδα <http://www.ise.ncsu.edu/kay/matlog/> (Σχήμα 5.1).



Σχήμα 5.1

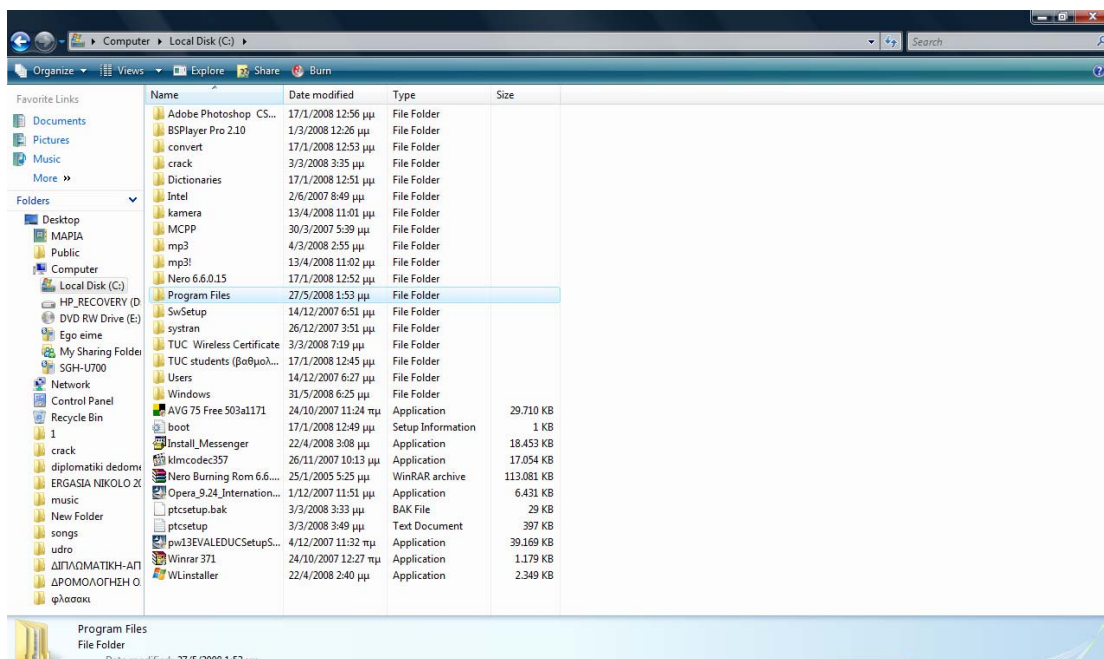
2. Κατεβάζουμε το αρχείο [matlog.zip \(4.7 MB\)](#) και το αποθηκεύουμε στον υπολογιστή μας.
3. Αποσυμπιέζουμε τον φάκελο Matlog
4. Μεταφέρουμε τον φάκελο matlog στον υπολογιστή μας και πιο συγκεκριμένα στον φάκελο work της Matlab. Για να μεταφέρουμε τον φάκελο Matlog ακολουθούμε τα πιο κάτω βήματα:

- α) Ανοίγουμε το my computer και πατάμε διπλό κλικ στο local disk (Σχήμα 5.2) για να μπούμε στα προγράμματα που έχουμε στον υπολογιστή μας.

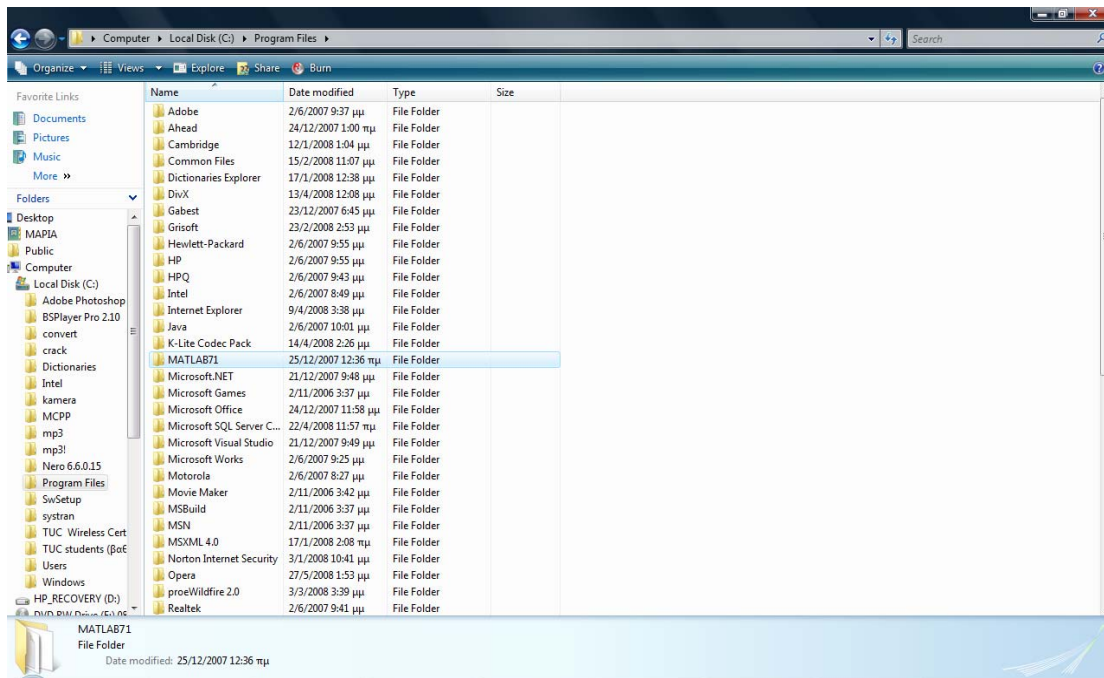


Σχήμα 5.2

β) Στην συνέχεια με διπλό κλικ στο Program Files (Σχήμα 5.3) μπαίνουμε στα προγράμματα που έχουμε αποθηκευμένα στον υπολογιστή μας, έτσι ώστε να βρούμε το πρόγραμμα της Matlab (Σχήμα 5.4).

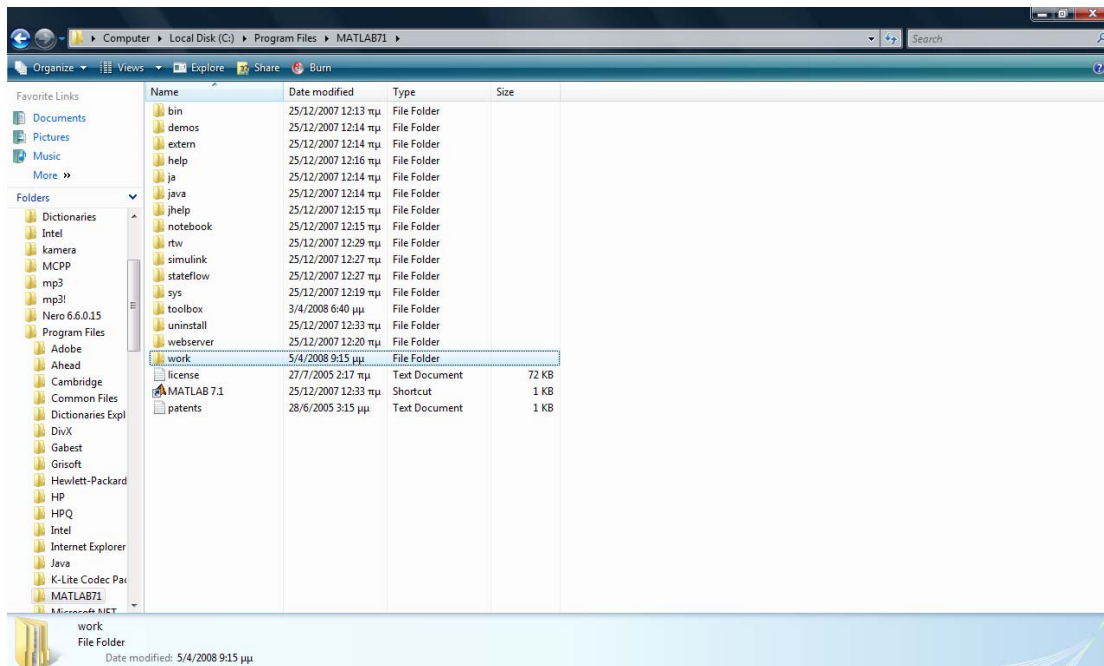


Σχήμα 5.3

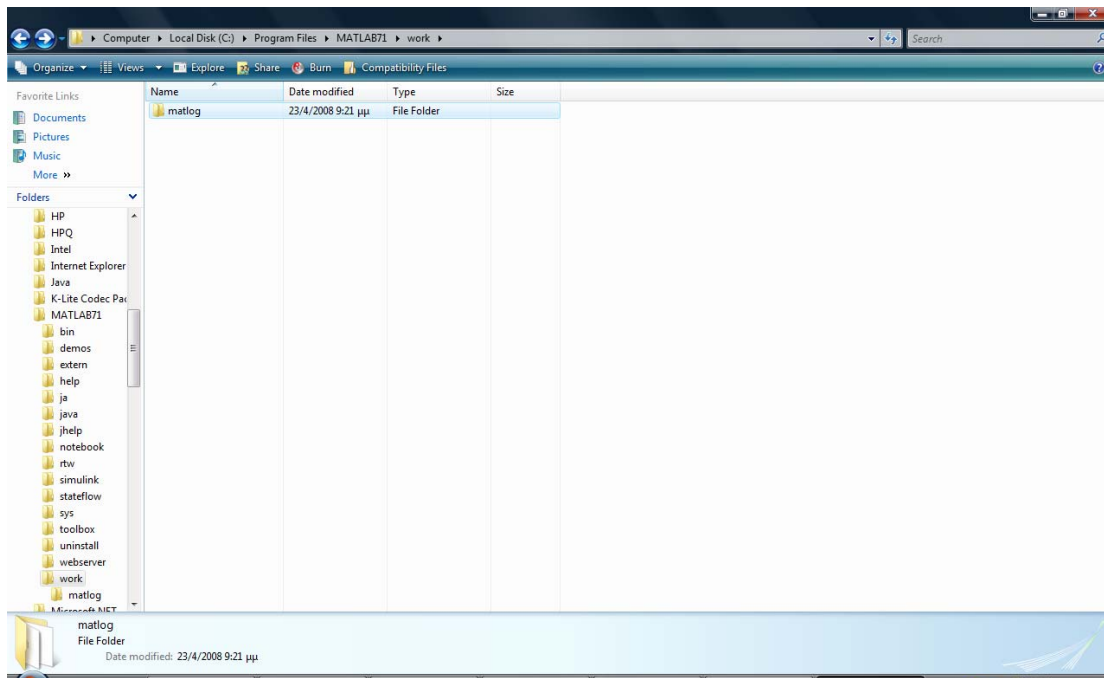


Σχήμα 5.4

γ) Αφού έχουμε μπει στον φάκελο της Matlab πατάμε διπλό κλικ στον φάκελο work (Σχήμα 5.5) και κάνουμε επικόλληση του φακέλου Matlog (Σχήμα 5.6).



Σχήμα 5.5



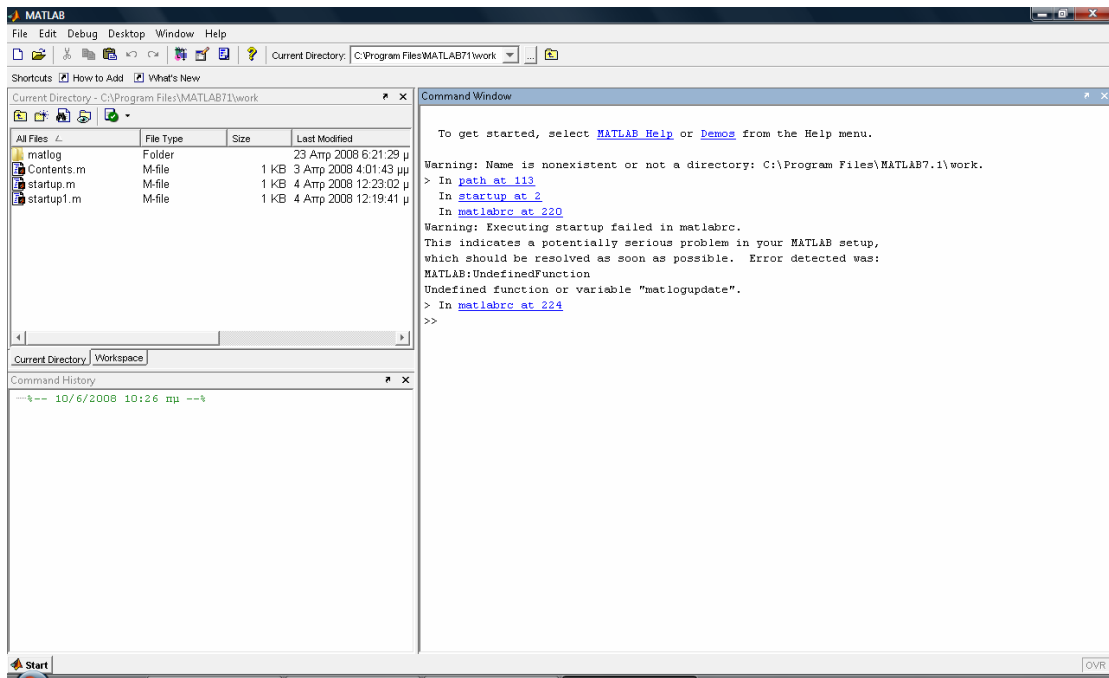
Σχήμα 5.6

Τέλος πρέπει να εγκαταστήσουμε το αρχείο Startup.m στον υπολογιστή μας ακολουθούμε τα πιο κάτω βήματα: Υποθέτοντας ότι χρησιμοποιείτε την έκδοση R2007a Matlab, οι ακόλουθες δηλώσεις:

```
% Example startup.m file for off-campus computer
path(path, 'C:\Program Files\MATLAB\R2007a\work') % Put extracted matlog folder here
matlogupdate                                     % Run to check for Matlog updates
format compact                                    % Run to eliminate blank lines
```

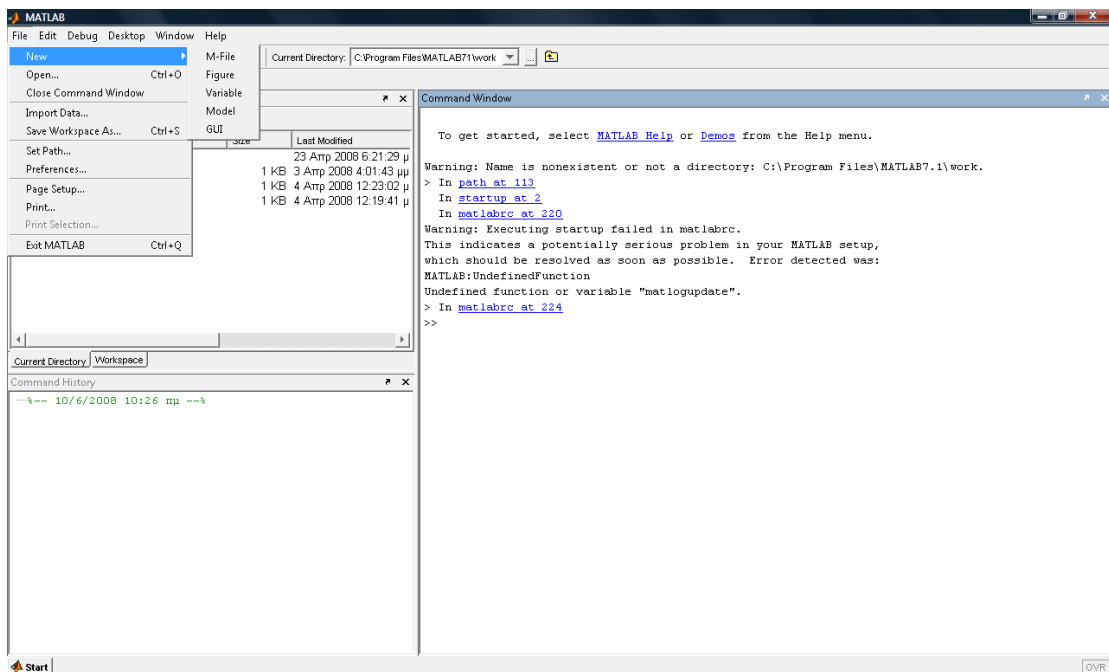
μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το αρχείο startup.m , με τη διάσωση τους ως νέο αρχείο ή την προσθήκη τους σε ένα υπάρχον αρχείο startup.m. Το αρχείο startup.m πρέπει να τοποθετηθεί στο φάκελο matlab/toolbox/local στον υπολογιστή μας. Για να τοποθετήσουμε το αρχείο startup.m πρέπει να ακολουθήσουμε τα πιο κάτω βήματα:

1. Ανοίγουμε το πρόγραμμα τις Matlab (Σχήμα 5.7).



Σχήμα 5.7

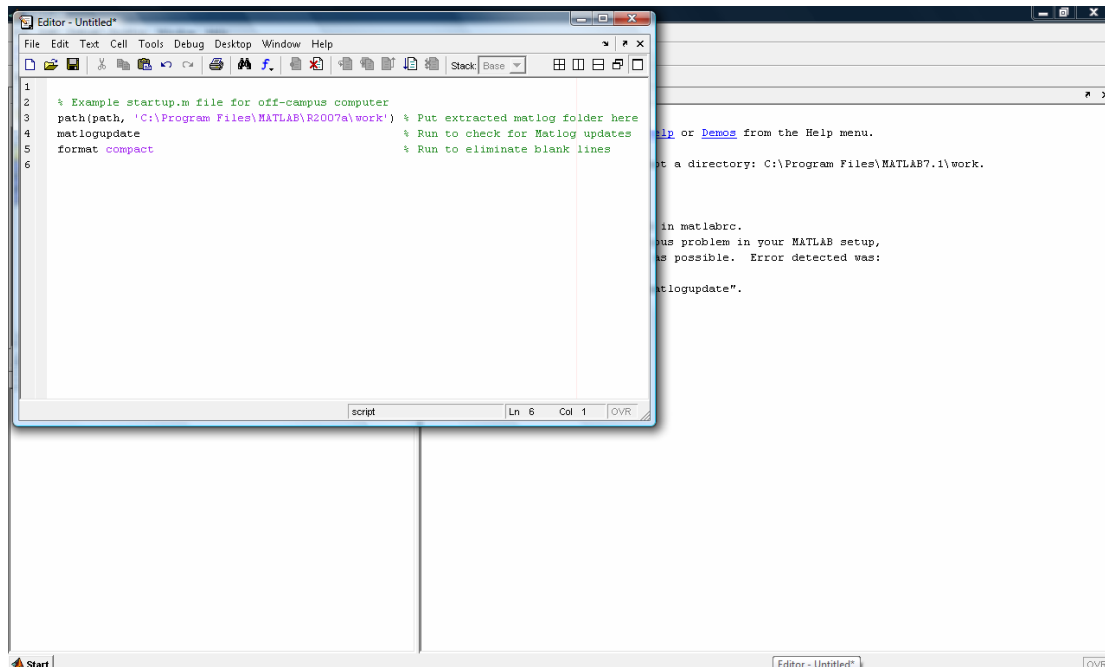
2. Ανοίγουμε ένα καινούριο m-file, πατώντας file→ new→ m-file (Σχήμα 5.8).



Σχήμα 5.8

3. Κάνουμε αντιγραφή-επικόλληση τις πιο κάτω δηλώσεις (Σχήμα 5.9).

```
% Example startup.m file for off-campus computer
path(path, 'C:\Program Files\MATLAB\R2007a\work') % Put extracted matlog folder here
matlogupdate                                     % Run to check for Matlog updates
format compact                                   % Run to eliminate blank lines
```



Σχήμα 5.9

4. Τέλος κάνουμε το m-file αποθήκευση ως στον φάκελο matlab/toolbox/local.

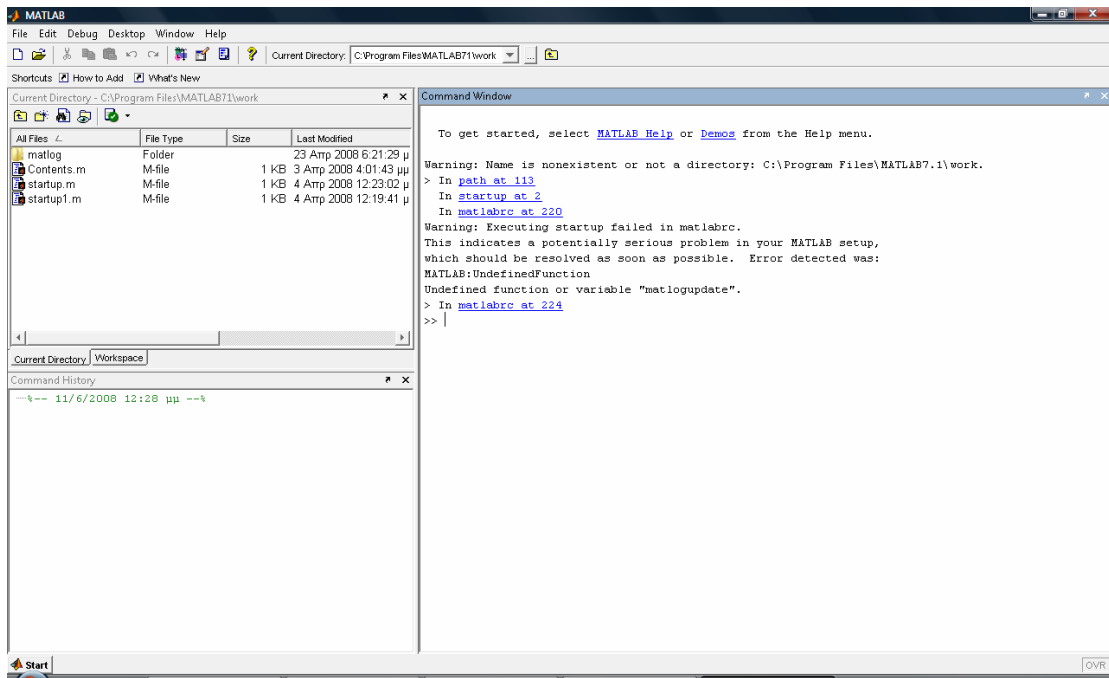
5.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΜΕ ΤΟ ΟΠΟΙΟ ΤΡΕΧΟΥΜΕ ΤΟΥΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥΣ

Σε αυτή την παράγραφο θα περιγράψουμε τον τρόπο με το οποίο τρέχουμε τους αλγόριθμους μας (vrpsaving, vrpssweep, vrptwout, vrpcrossover, vrpxchange και vrpsinsert).

Οι αλγόριθμοι θα δοκιμαστούν από ένα πλήθος από δεδομένα που μας έχει δοθεί. Τα δεδομένα αυτά είναι χωρισμένα σε τρεις φακέλους (kel.mat ,mega.mat, vrpcnc.mat). Αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να μεταφερθούν στον φάκελο της Matlog που βρίσκεται στο φάκελο work του κύριου φακέλου της Matlab.

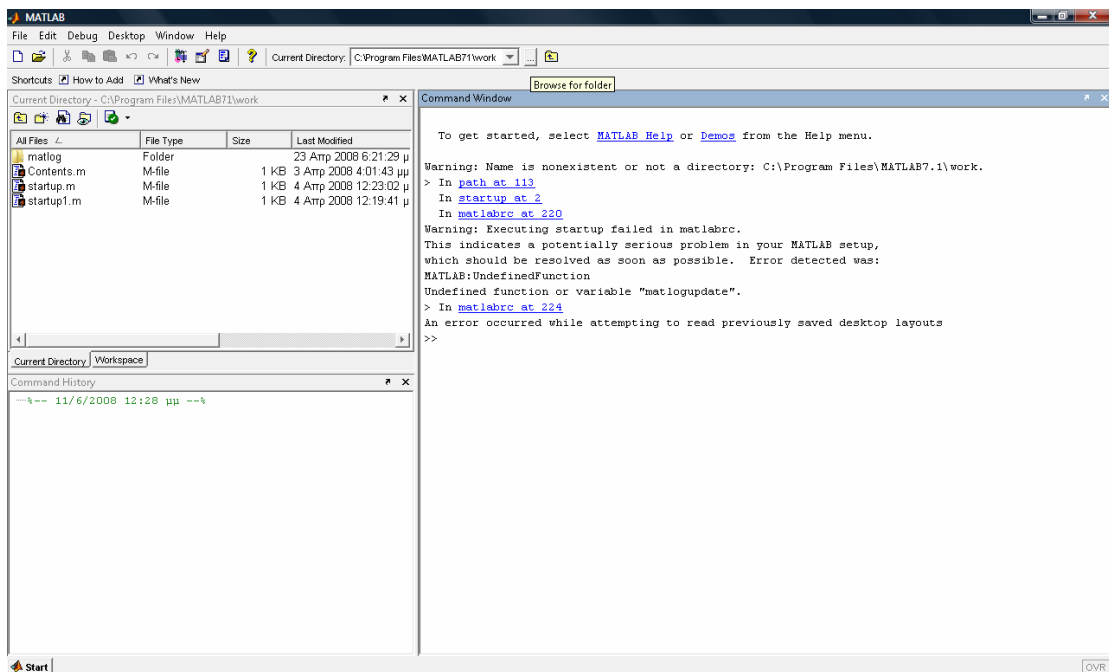
Ακολουθώντας για να τρέξουμε ένα από τους αλγόριθμους μας (π.χ vrpssweep), με ένα από τα δεδομένα που μας έχει δοθεί (π.χ kel01) ακολουθούμε την πιο κάτω διαδικασία:

1. Ανοίγουμε το πρόγραμμα της Matlab πατώντας διπλό κλικ στο εικονίδιο που βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας μας. Εμφανίζεται το κεντρικό παράθυρο του προγράμματος (Σχήμα 5.10).

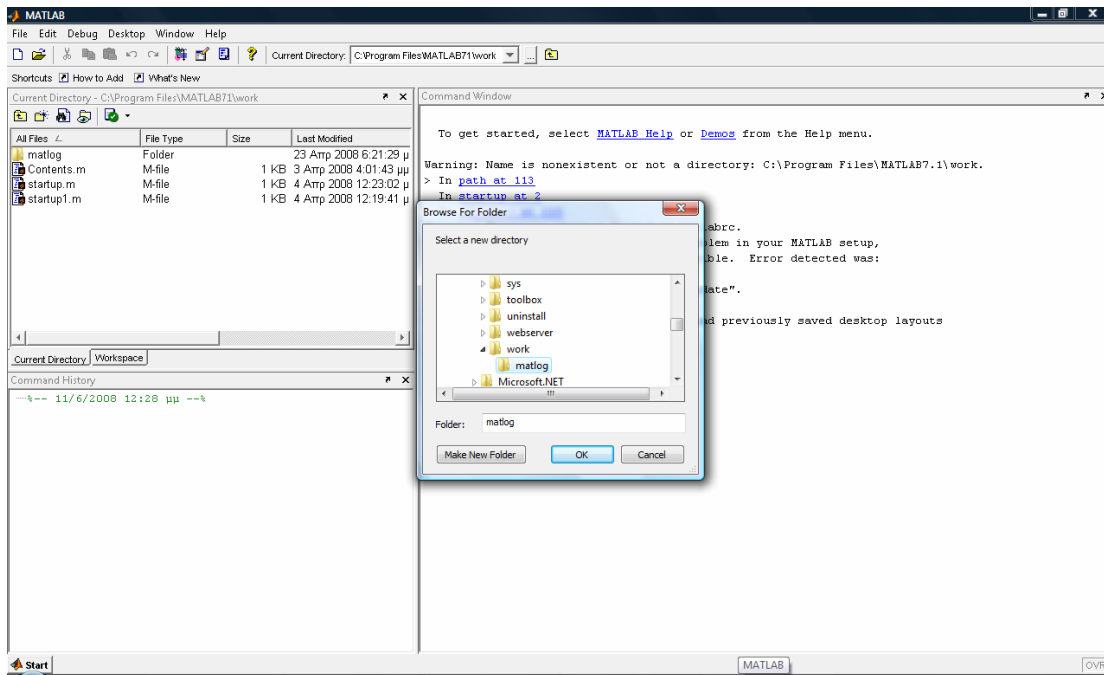


Σχήμα 5.10

2. Στην συνέχεια από το κεντρικό μενού επιλέγουμε την εντολή Browse for folder (βρίσκεται δεξιά, δίπλα από το κίτρινο φάκελο (Σχημα 5.11)) και επιλέγουμε το φάκελο Matlog που βρίσκεται στο φάκελο work και ακολούθως πατούμε ok (Σχήμα 5.12).

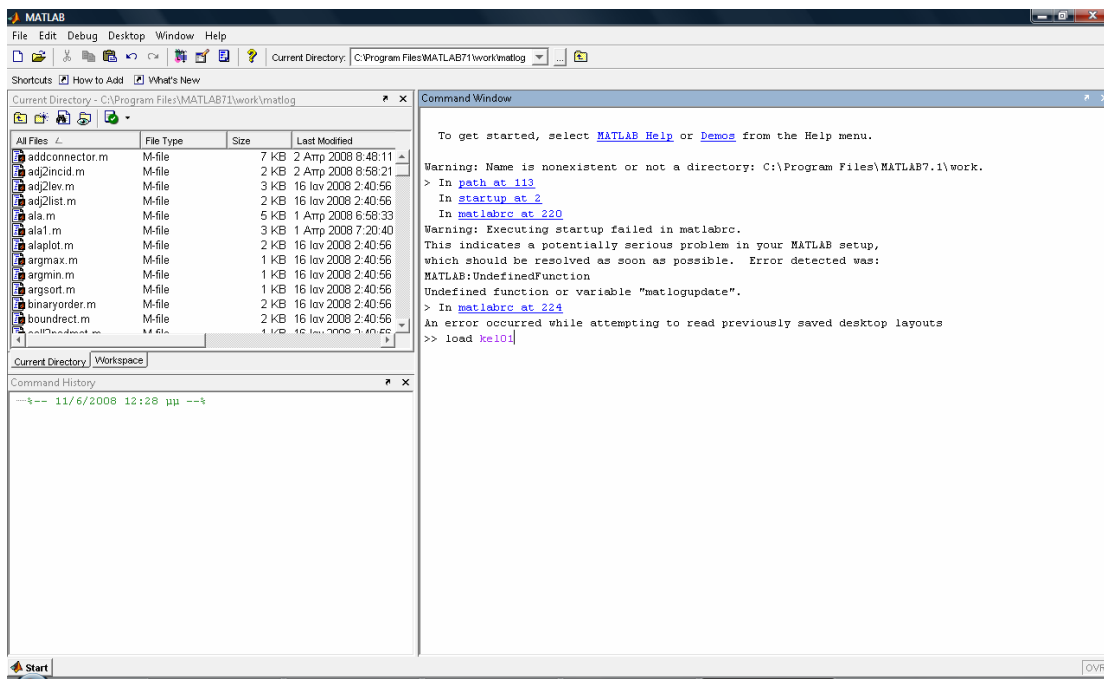


Σχήμα 5.11



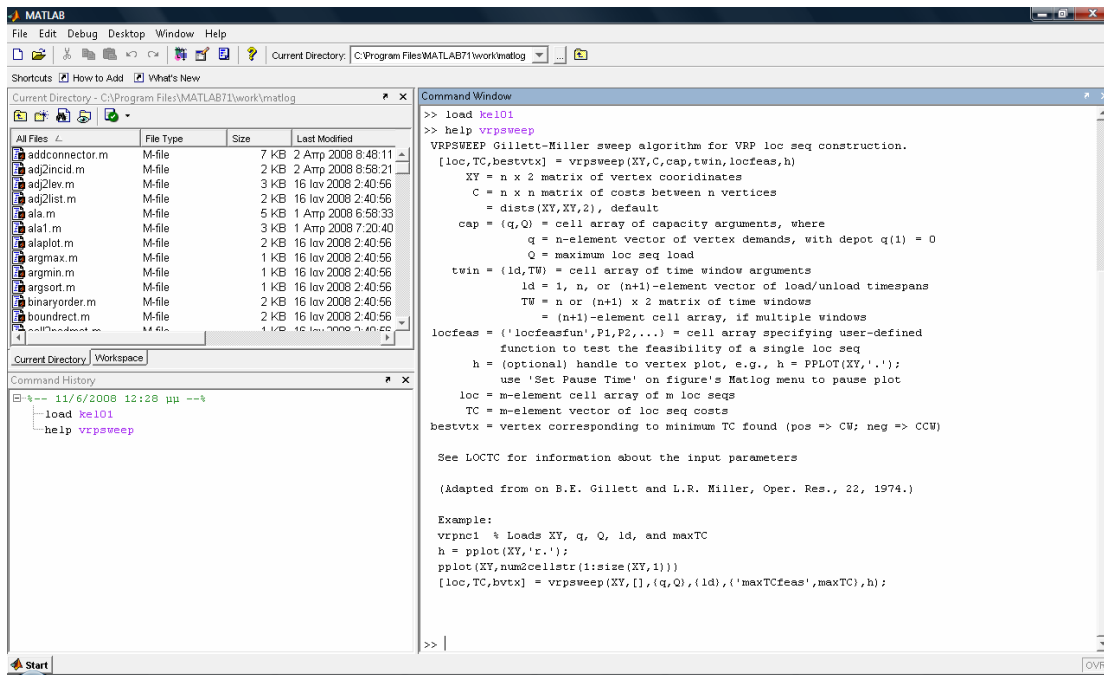
Σχήμα 5.12

3. Έπειτα στο κεντρικό παράθυρο του προγράμματος γράφουμε την εντολή `load kel01` (Σχήμα 5.13) και πατούμε `enter` έτσι ώστε να φορτώσουμε τα δεδομένα μας.



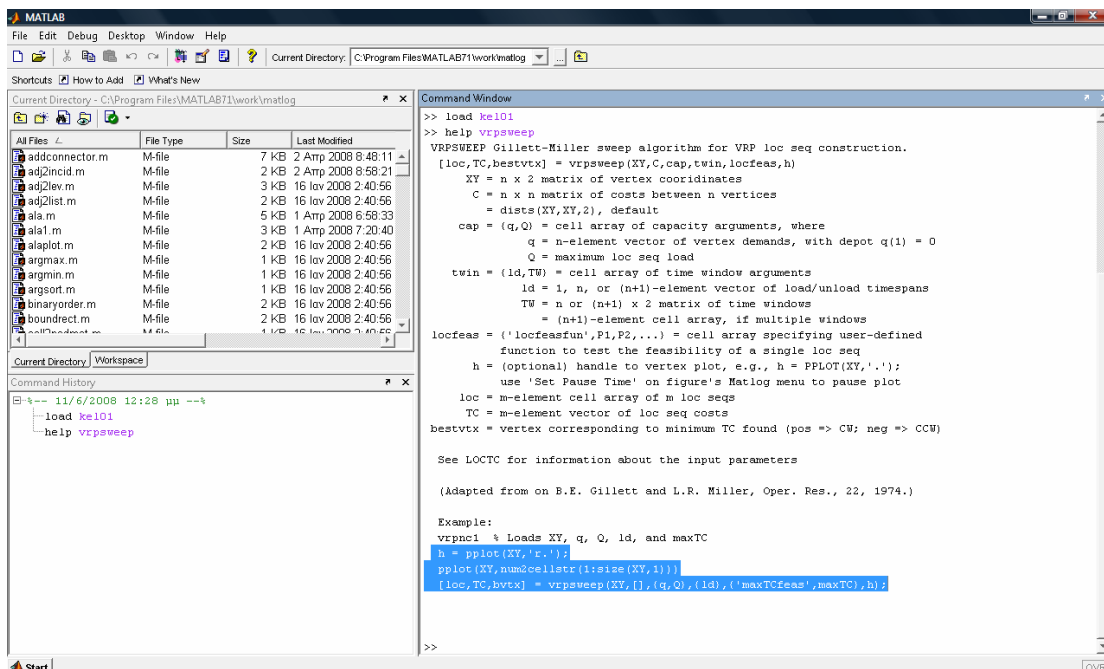
Σχήμα 5.13

4. Στο κεντρικό παράθυρο γράφουμε την εντολή `help vnsweep` και πατούμε την `enter` για να ανοίξουμε τον αλγόριθμο και να παρουσιαστούν οι εντολές (Σχήμα 5.14)



Σχήμα 5.14

- Αφού έχουμε ανοίξει τον αλγόριθμο επιλέγουμε τις εντολές που φαίνονται στο Σχήμα 5.15 και τις γράφουμε ξανά στο κεντρικό παράθυρο. Μετά από κάθε εντολή πατούμε enter.



Σχήμα 5.15

Αντίστοιχα ακολουθούμε την ίδια διαδικασία για κάθε αλγόριθμο και δεδομένων που μας έχει δοθεί.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως έχει αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο η Matlog χρησιμοποιεί τους αλγόριθμους *vrpsavings*, *vrpsweep*, *vrpcrossover*, *vrpexchange* και *vrpinsert* για την επίλυση Προβλημάτων Δρομολόγησης Οχημάτων που έχουμε να αντιμετωπίσουμε σε αυτή τη διπλωματική εργασία.

Τους αλγόριθμους αυτούς καλούμαστε να δοκιμάσουμε για μια σειρά από προβλήματα που περιέχονται στους τρεις φακέλους *kel.mat*, *mega.mat* και *vrpnc.mat*. Ο φάκελος *kel.mat* αποτελείται από είκοσι προβλήματα, ο φάκελος *mega.mat* από δέκα και τέλος ο φάκελος *vrpnc.mat* από δεκατέσσερα προβλήματα.

Σε αυτή την παράγραφο θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει, μετά τις δοκιμές που έχουμε πραγματοποιήσει, για τους πιο πάνω αλγόριθμους για κάθε σειρά προβλημάτων.

Τέλος, γίνεται μία σύγκριση των λύσεων που προέκυψαν με την χρήση των πέντε αλγορίθμων με τις λύσεις που προτείνονται από τον αλγόριθμο *VrpBilevel* για τα προβλήματα *Vrpnc* και τα προβλήματα *Kel*, καθώς και μια σύγκριση με την βέλτιστη λύση.

6.2 ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ VRPNC

Τα προβλήματα *vrpnc* αποτελούνται από 14 προβλήματα συγκριτικής μέτρησης επιδόσεων που έχουν προταθεί από το Christofides. Το σύνολο αυτό περιέχει μεταξύ των 51 και 200 κόμβων, συμπεριλαμβανόμενης και της αποθήκης. Κάθε πρόβλημα περιλαμβάνει τους περιορισμούς ικανότητας, ενώ τα προβλήματα 6-10, 13 και 14 έχουν επίσης τους μέγιστους περιορισμούς μήκους διαδρομής και οι χρόνοι υπηρεσιών είναι διαφορετικοί από το μηδέν.

Το σύνολο αυτών των προβλημάτων καλούμαστε να δοκιμαστούν για τους αλγόριθμους *vrpsavings*, *vrpsweep*, *vrpcrossover*, *vrpexchange* και *vrpinsert*.

Ως πληροφορίες παίρνουμε το διάνυμα ζήτησης (*q*), το μέγιστο τοπικό φορτίο-χωρητικότητα (*Q*), το χρονικό περιθώριο (*ld*), το τοπικό κόστος (*loc*) και το συνολικό κόστος (*TC*). Καθώς και το τελικό διάγραμμα όπου μας παρουσιάζει το τελικό μας κόστος και τις πιθανές διαδρομές μας.

Τα 14 προβλήματα *Vrpnc* τα έχουμε τρέξει με τον τρόπο που έχουμε περιγράψει στην παράγραφο 5.3 και έχουν προκύψει τα πιο κάτω αποτελέσματα :

6.2.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ VRPSWEEP

Πρόβλημα vrpsnc1:

Q= 160

TC=

113,7713	109,056	99,25124	101,5621	110,4906
----------	---------	----------	----------	----------

ld= 0

loc{1,1}=

1	7	15	26	25	44	24	8	27	49	1
---	---	----	----	----	----	----	---	----	----	---

loc{1,2}=

1	48	5	18	43	20	41	42	14	19	1
---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	---

loc{1,3}=

1	48	5	18	43	20	41	42	14	19	1	47	1
---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---

loc{1,4}=

1	12	17	3	30	22	35	31	51	10	39	1
---	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	---

loc{1,5}=

1	33	2	23	21	36	37	4	29	32	9	28	1
---	----	---	----	----	----	----	---	----	----	---	----	---

maxTC= 999999

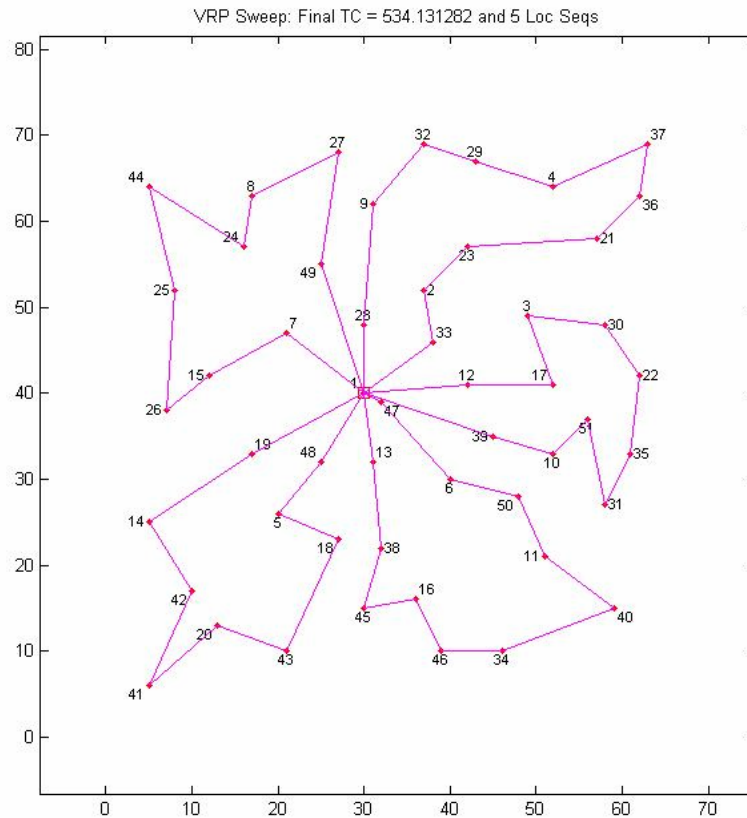
q=

0	7	30	16	9	21	15	19	23	11	5	19	29	23	21	10
---	---	----	----	---	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----

15	3	41	9	28	8	8	16	10	28	7	15	14	6	19	11
----	---	----	---	----	---	---	----	----	----	---	----	----	---	----	----

12	23	26	17	6	9	15	14	7	27	13	11	16	10	5	25
----	----	----	----	---	---	----	----	---	----	----	----	----	----	---	----

17	18	10
----	----	----



Σχήμα 6.1 Λύση του προβλήματος vrpncl με την χρησιμοποίηση του αλγόριθμου vrpssweep

Και για τα υπόλοιπα 13 προβλήματα ακολουθήσαμε την ίδια διαδικασία για να εξάγουμε τα αποτελέσματα μας. Τα αποτελέσματα και για τα 14 προβλήματα παρουσιάζονται συνοπτικά στο πιο κάτω πίνακα.

α/α	Αριθμός κόμβων	Μέγιστη Χωρητικότητα (Q)	Μέγιστο μήκος διαδρομής (maxTC)	Χρονικά περιθώρια (Id)	Final TC
1	51	160	999999	0	534,13
2	76	140	999999	0	882,36
3	101	200	999999	0	859,86
4	151	200	999999	0	1088,63
5	200	200	999999	0	1411,11
6	51	160	200	10	1107,36
7	76	140	160	10	1748,35
8	101	200	230	10	1999,52
9	151	200	200	10	2947,5
10	200	200	200	10	3740,37
11	121	200	999999	0	1273,88
12	101	200	999999	0	923,9
13	121	200	720	50	7990,61
14	321	1000	999999	0	9925,18

Πίνακας 1: Αποτελέσματα των προβλημάτων vrpncl με την χρήση του vrpssweep αλγορίθμου

6.2.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ VRPSAVINGS

Πρόβλημα vrpncl:

Q= 160

TC=

147,75
118,3
145,52
70,395
63,057
39,625

ld= 0

loc{1,1}=

1	2	23	21	36	37	4	29	32	27	8	44	25	1
---	---	----	----	----	----	---	----	----	----	---	----	----	---

loc{1,2}=

1	18	38	45	43	20	41	42	14	26	15	1
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

loc{1,3}=

1	16	46	34	40	31	35	22	30	51	10	11	50	1
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

loc{1,4}=

1	33	12	3	17	39	6	13	47	1
---	----	----	---	----	----	---	----	----	---

loc{1,5}=

1	7	24	49	9	28	1
---	---	----	----	---	----	---

loc{1,6}=

1	7	24	49	9	28	1
---	---	----	----	---	----	---

maxTC= 999999

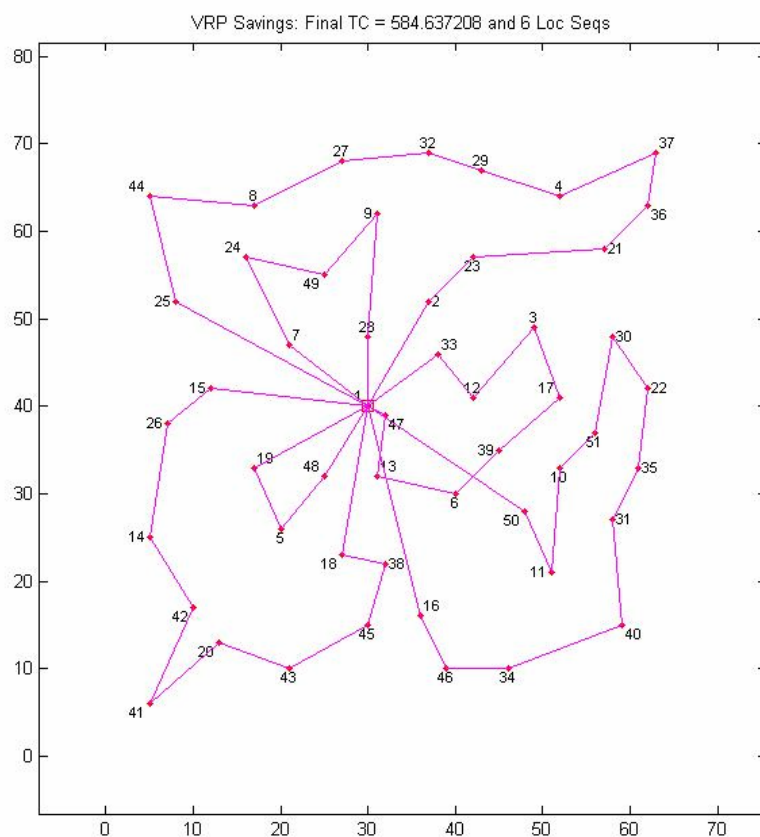
q=

0	7	30	16	9	21	15	19	23	11	5	19	29	23	21	10
---	---	----	----	---	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----

12	23	26	17	6	9	15	14	7	27	13	11	16	10	5	25
----	----	----	----	---	---	----	----	---	----	----	----	----	----	---	----

12	23	26	17	6	9	15	14	7	27	13	11	16	10	5	25
----	----	----	----	---	---	----	----	---	----	----	----	----	----	---	----

17	18	10
----	----	----



Σχήμα 6.2 Λύση του προβλήματος vrpnclα με την χρησιμοποίηση του αλγόριθμου vrp savings

Και για τα υπόλοιπα 13 προβλήματα ακολουθήσαμε την ίδια διαδικασία για να εξάγουμε τα αποτελέσματα μας. Τα αποτελέσματα και για τα 14 προβλήματα παρουσιάζονται συνοπτικά στο πιο κάτω πίνακα.

α/α	Αριθμός κόμβων	Μέγιστη Χωρητικότητα (Q)	Μέγιστο μήκος διαδρομής (maxTC)	Χρονικά περιθώρια (Id)	Final TC
1	51	160	999999	0	584,64
2	76	140	999999	0	903,47
3	101	200	999999	0	877,93
4	151	200	999999	0	1111,62
5	200	200	999999	0	1396,73
6	51	160	200	10	1122,63
7	76	140	160	10	1722,39
8	101	200	230	10	1963,67
9	151	200	200	10	2800,82
10	200	200	200	10	3476,59
11	121	200	999999	0	1075,1
12	101	200	999999	0	869,1
13	121	200	720	50	7587,88
14	321	1000	999999	0	9900,44

Πίνακας 2: Αποτελέσματα των προβλημάτων vrpncl με την χρήση του vrp savings αλγορίθμου

6.2.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ VRPCROSSOVER

Πρόβλημα vrpc1:

Q= 160

TC=	103,07
	131,7
	61,405
	129,22
	152,22

ld= 0

loc{1,1}=

1	28	4	37	36	21	3	17	12	1
---	----	---	----	----	----	---	----	----	---

loc{1,2}=

1	49	25	44	24	8	27	9	32	29	23	2	33	1
---	----	----	----	----	---	----	---	----	----	----	---	----	---

loc{1,3}=

1	13	48	19	26	15	7	1
---	----	----	----	----	----	---	---

loc{1,4}=

1	39	10	51	30	22	35	31	11	50	6	38	18	5	1
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	---	---

loc{1,5}=

1	47	40	34	46	16	45	43	20	41	42	14	1
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

maxTC= 999999

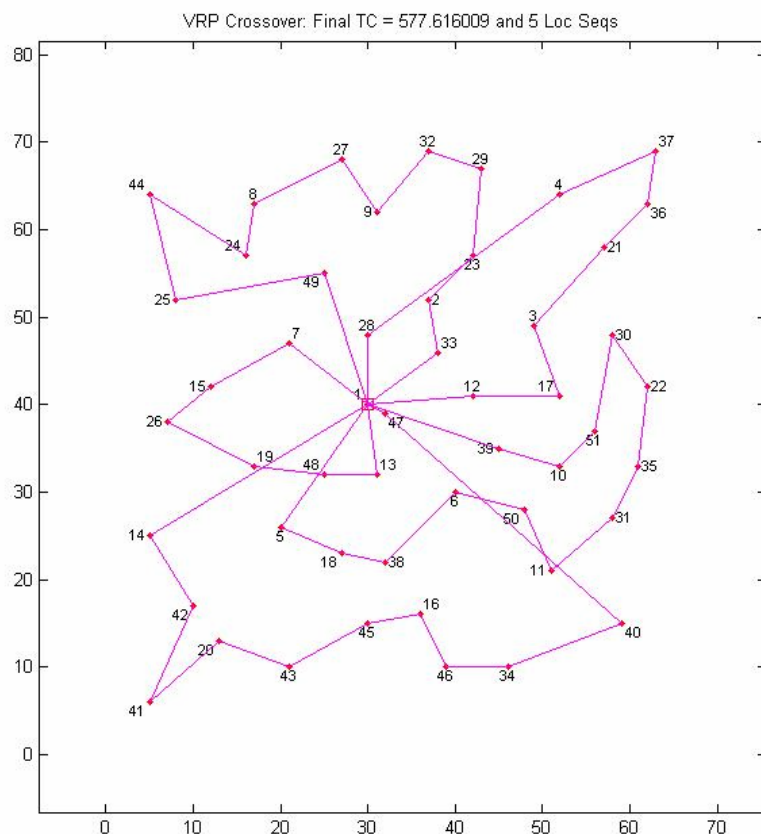
q=

0	7	30	16	9	21	15	19	23	11	5	19	29	23	21	10
---	---	----	----	---	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----

15	3	41	9	28	8	8	16	10	28	7	15	14	6	19	11
----	---	----	---	----	---	---	----	----	----	---	----	----	---	----	----

12	23	26	17	6	9	15	14	7	27	13	11	16	10	5	25
----	----	----	----	---	---	----	----	---	----	----	----	----	----	---	----

17	18	10
----	----	----



Σχήμα 6.3 Λύση του προβλήματος vrnc1a με την χρησιμοποίηση του αλγόριθμου vncrossover

Και για τα υπόλοιπα 13 προβλήματα ακολουθήσαμε την ίδια διαδικασία για να εξάγουμε τα αποτελέσματα μας. Τα αποτελέσματα και για τα 14 προβλήματα παρουσιάζονται συνοπτικά στο πιο κάτω πίνακα.

α/α	Αριθμός κόμβων	Μέγιστη Χωρητικότητα (Q)	Μέγιστο μήκος διαδρομής (maxTC)	Χρονικά περιθώρια (Id)	Final TC
1	51	160	999999	0	577,61
2	76	140	999999	0	881,83
3	101	200	999999	0	875,23
4	151	200	999999	0	1154,26
5	200	200	999999	0	1531,06
6	51	160	200	10	1112,21
7	76	140	160	10	1761,12
8	101	200	230	10	1988,67
9	151	200	200	10	2738,84
10	200	200	200	10	3503,79
11	121	200	999999	0	1158,75
12	101	200	999999	0	880,23
13	121	200	720	50	7573,96
14	321	1000	999999	0	9899,06

Πίνακας 3: Αποτελέσματα των προβλημάτων vrnc με την χρήση του vncrossover αλγορίθμου

6.2.4 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ VRPEXCHANGE

Πρόβλημα vrpncl:

Q= 160

TC=	157,17
	152,18
	116,18
	105,25
	69,595

ld= 0

loc{1,1}=

1	47	18	31	35	30	21	36	37	4	29	32	23	1
---	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----	---

loc{1,2}=

1	11	40	34	46	16	45	43	20	41	42	14	1
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

loc{1,3}=

1	33	2	9	27	8	24	44	25	26	15	1
---	----	---	---	----	---	----	----	----	----	----	---

loc{1,4}=

1	12	3	17	22	51	10	50	39	6	38	1
---	----	---	----	----	----	----	----	----	---	----	---

loc{1,5}=

1	13	48	5	19	7	49	28	1
---	----	----	---	----	---	----	----	---

maxTC= 999999

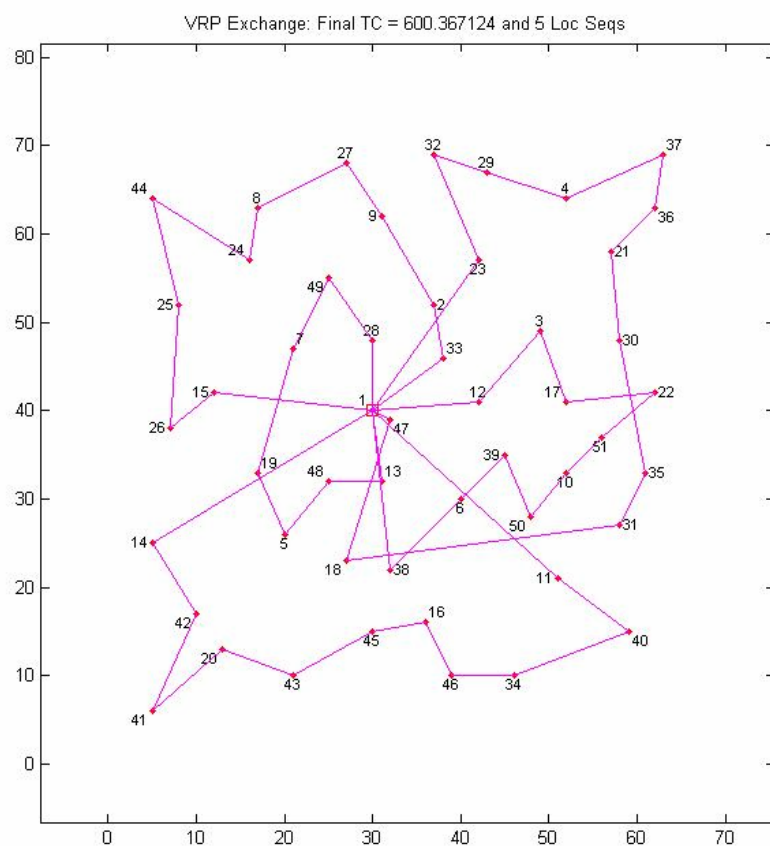
q=

0	7	30	16	9	21	15	19	23	11	5	19	29	23	21	10
---	---	----	----	---	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----

15	3	41	9	28	8	8	16	10	28	7	15	14	6	19	11
----	---	----	---	----	---	---	----	----	----	---	----	----	---	----	----

12	23	26	17	6	9	15	14	7	27	13	11	16	10	5	25
----	----	----	----	---	---	----	----	---	----	----	----	----	----	---	----

17	18	10
----	----	----



Σχήμα 6.4 Λύση του προβλήματος vrpncl με την χρησιμοποίηση του αλγόριθμου vrpexchange

Και για τα υπόλοιπα 13 προβλήματα ακολουθήσαμε την ίδια διαδικασία για να εξάγουμε τα αποτελέσματα μας. Τα αποτελέσματα και για τα 14 προβλήματα παρουσιάζονται συνοπτικά στο πιο κάτω πίνακα.

α/α	Αριθμός κόμβων	Μέγιστη Χωρητικότητα (Q)	Μέγιστο μήκος διαδρομής (maxTC)	Χρονικά περιθώρια (Id)	Final TC
1	51	160	999999	0	600,37
2	76	140	999999	0	920,57
3	101	200	999999	0	930,37
4	151	200	999999	0	1207,79
5	200	200	999999	0	1515,17
6	51	160	200	10	1094,47
7	76	140	160	10	1748,78
8	101	200	230	10	1979,86
9	151	200	200	10	2819,66
10	200	200	200	10	3540,17
11	121	200	999999	0	1143,46
12	101	200	999999	0	877,3
13	121	200	720	50	7617,77
14	321	1000	999999	0	9901,68

Πίνακας 4: Αποτελέσματα των προβλημάτων vrpn με την χρήση του vrpexchange αλγόριθμου

6.2.5 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ VRPINSERT

Πρόβλημα vrpnc1:

Q= 160

TC=

154,47
179,98
132,73
104,79
65,231

ld= 0

loc{1,1}=

1	18	11	31	35	22	30	21	36	37	4	29	32	1
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	---

loc{1,2}=

1	23	40	34	46	16	45	43	20	41	42	14	1
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

loc{1,3}=

1	2	49	9	27	8	44	25	24	15	26	1
---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	----	---

loc{1,4}=

1	5	38	6	39	50	10	51	17	3	12	1
---	---	----	---	----	----	----	----	----	---	----	---

loc{1,5}=

1	47	13	48	19	7	28	33	1
---	----	----	----	----	---	----	----	---

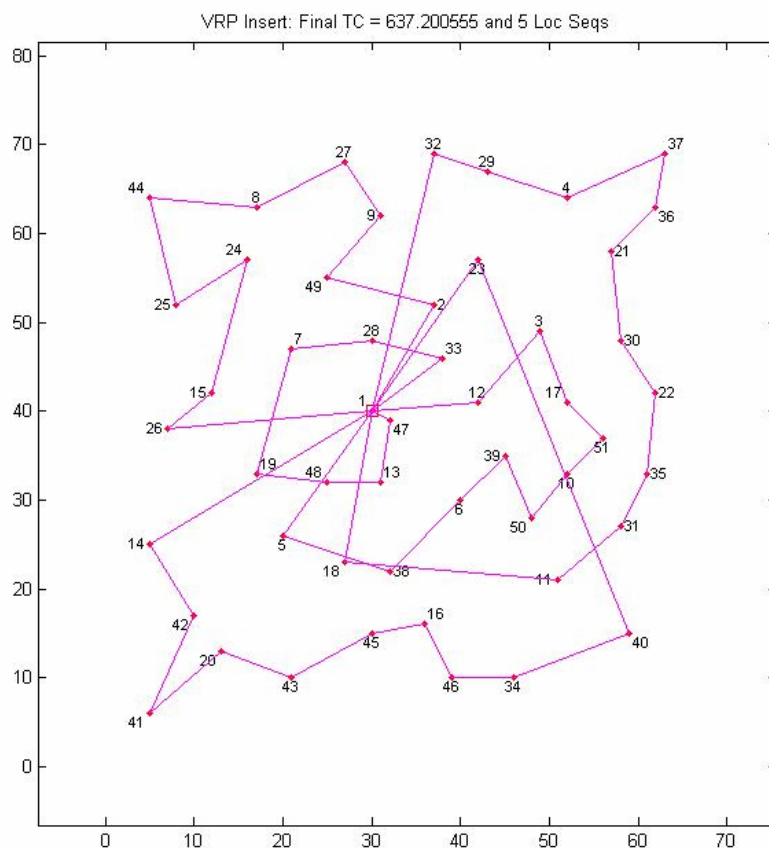
q=

0	7	30	16	9	21	15	19	23	11	5	19	29	23	21	10
---	---	----	----	---	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----

15	3	41	9	28	8	8	16	10	28	7	15	14	6	19	11
----	---	----	---	----	---	---	----	----	----	---	----	----	---	----	----

12	23	26	17	6	9	15	14	7	27	13	11	16	10	5	25
----	----	----	----	---	---	----	----	---	----	----	----	----	----	---	----

17	18	10
----	----	----



Σχήμα 6.5 Λύση του προβλήματος vrnc1a με την χρησιμοποίηση του αλγόριθμου vrinsert

Και για τα υπόλοιπα 13 προβλήματα ακολουθήσαμε την ίδια διαδικασία για να εξάγουμε τα αποτελέσματα μας. Τα αποτελέσματα και για τα 14 προβλήματα παρουσιάζονται συνοπτικά στο πιο κάτω πίνακα.

α/α	Αριθμός κόμβων	Μέγιστη Χωρητικότητα (Q)	Μέγιστο μήκος διαδρομής (maxTC)	Χρονικά περιθώρια (Id)	Final TC
1	51	160	999999	0	637,2
2	76	140	999999	0	1004,44
3	101	200	999999	0	1054,42
4	151	200	999999	0	1312,47
5	200	200	999999	0	1659,4
6	51	160	200	10	1170,01
7	76	140	160	10	1776,2
8	101	200	230	10	2013,3
9	151	200	200	10	2881,71
10	200	200	200	10	3622,87
11	121	200	999999	0	1192,14
12	101	200	999999	0	945,25
13	121	200	720	50	7640,82
14	321	1000	999999	0	9995,23

Πίνακας 5: Αποτελέσματα των προβλημάτων vrnc με την χρήση του vrinsert αλγορίθμου

6.2.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ VRPNC ΜΕ ΤΟΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟ VRPBILEVEL

Τα 14 προβλήματα Vrpnc έχουν μελετηθεί και με τον αλγόριθμο VrpBilevel (J Glob Optim (2007)). Τα αποτελέσματα που προτείνονται από τον αλγόριθμο VrpBilevel παρουσιάζονται στο πιο κάτω πίνακα:

α/α	Αριθμός κόμβων	Μέγιστη Χωρητικότητα (Q)	Μέγιστο μήκος κελιών (maxTC)	Χρονικά περιθώρια (Id)	Final TC
1	51	160	∞	0	524,61
2	76	140	∞	0	835,26
3	101	200	∞	0	826,14
4	151	200	∞	0	1028,42
5	200	200	∞	0	1306,17
6	51	160	200	10	555,43
7	76	140	160	10	909,68
8	101	200	230	10	865,94
9	151	200	200	10	1177,76
10	200	200	200	10	1404,75
11	121	200	∞	0	1051,73
12	101	200	∞	0	825,57
13	121	200	720	50	1555,39
14	101	200	1040	90	866,35

Πίνακας 6: Αποτελέσματα των προβλημάτων vrpnc που προτείνονται από τον αλγόριθμο VrpBilevel

6.2.7 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ

Επειδή στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι να μελετήσουμε την αποδοτικότητα των πέντε προτεινόμενων αλγορίθμων, πρέπει να γίνει μια σύγκριση με τον αλγόριθμο VrpBilevel και την βέλτιστη λύση.

Στο πίνακα που ακολουθεί αντιπαραβάλλουμε το τελικό συνολικό κόστος των πέντε προτεινόμενων αλγορίθμων, τον αλγόριθμο VrpBilevel και της βέλτιστης λύσης.

α/α	Αριθμός κόμβων	VRPSWEEP	VRPSAVINGS	VRPCROSSOVER	VRPEXCHANGE	VRPINSERT	VrpBilevel	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ
1	51	534,13	584,64	577,61	600,37	637,2	524,61	524,61
2	76	882,36	903,47	881,83	920,57	1004,44	835,26	835,26
3	101	859,86	877,93	875,23	930,37	1054,42	826,14	826,14
4	151	1088,63	1111,62	1154,26	1207,79	1312,47	1028,42	1028,42
5	200	1411,11	1396,73	1531,06	1515,17	1659,4	1306,17	1291,45
6	51	1107,36	1122,63	1112,21	1094,47	1170,01	555,43	555,43
7	76	1748,35	1722,39	1761,12	1748,78	1776,2	909,68	909,68
8	101	1999,52	1963,67	1988,67	1979,86	2013,3	865,94	865,94
9	151	2947,5	2800,82	2738,84	2819,66	2881,71	1177,76	1162,55
10	200	3740,37	3476,59	3503,79	3540,17	3622,87	1404,75	1395,85
11	121	1273,88	1075,1	1158,75	1143,46	1192,14	1051,73	1042,11
12	101	923,9	869,1	880,23	877,3	945,25	825,57	819,56
13	121	7990,61	7587,88	7573,96	7617,77	7640,82	1555,39	1541,14
14	101	9925,18	9900,44	9899,06	9901,68	9995,23	866,35	866,37

Πίνακας 7: Συγκεντρωτικός πίνακας τελικού συνολικού κόστους

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:

Από το πιο πάνω πίνακα παρατηρούμαι ότι στις μισές από τις περιπτώσεις που προτείνονται από τον αλγόριθμο VnrBilevel έχει φθάσει στην βέλτιστη λύση και οι υπόλοιπες είναι πολύ κοντά στις βέλτιστες λύσεις.

Σε αντίθεση με τους πέντε αλγόριθμους που έχουμε μελετήσει σε αυτή την διπλωματική, που δεν έχουν φθάσει σε καμία περίπτωση στην βέλτιστη λύση.

Ο αλγόριθμος όπου το συνολικό τελικό κόστος που παρουσιάζει είναι πιο κοντά στην βέλτιστη λύση είναι ο αλγόριθμος vnrpsavings, αφού παρουσιάζονται πέντε από τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει να είναι πιο κοντά στην βέλτιστη λύση από ότι οι υπόλοιποι αλγόριθμοι, χωρίς όμως να φθάσει σε καμία από τις περιπτώσεις στην βέλτιστη λύση.

Ακολουθεί οι αλγόριθμοι vnrpsweep και vnrpcrossover με τέσσερα από τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει να είναι πιο κοντά στην βέλτιστη λύση. Ο αλγόριθμος vnrpxchange παρουσιάζει μόνο ένα αποτέλεσμα να είναι κοντά στην βέλτιστη λύση ενώ ο αλγόριθμος vnrinsert κανένα αποτέλεσμα.

6.3 ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ KEL

Τα προβλήματα kel αποτελούνται από 20 προβλήματα συγκριτικής μέτρησης επιδόσεων έχουν προταθεί από το Golden. Περιέχει μεταξύ 200 και 483 κόμβων συμπεριλαμβανόμενης και της αποθήκης. Κάθε περίπτωση του προβλήματος περιλαμβάνει τους περιορισμούς ικανότητας ενώ επίσης τα πρώτα οκτώ έχουν τους μέγιστους περιορισμούς μήκους διαδρομής αλλά με μηδενικό χρόνο υπηρεσιών.

Το σύνολο αυτών των προβλημάτων καλούμαστε να δοκιμαστούν για τους αλγόριθμους vnrpsavings, vnrpsweep και vnrinsert. Για τους αλγόριθμους vnrpcrossover και vnrpxchange ήταν αδύνατο να εξάγουμε αποτελέσματα λόγω του μεγάλου χρόνου που χρειαζόντουσαν για την επεξεργασία των δεδομένων.

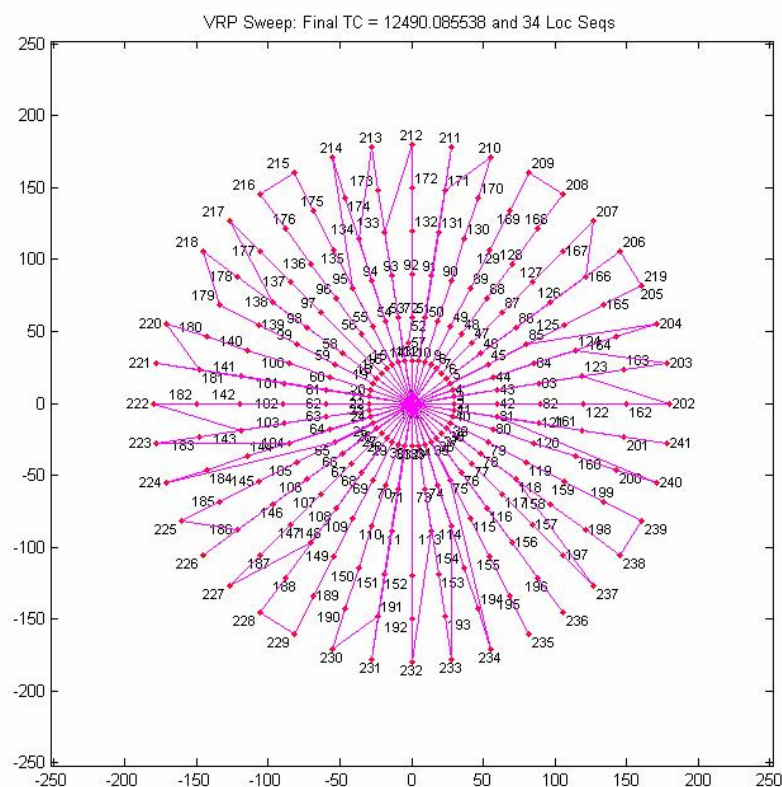
Ως πληροφορίες παίρνουμε το διάλυμα ζήτησης (q), το μέγιστο τοπικό φορτίο (Q), το χρονικό περιθώριο (ld), το τοπικό κόστος (loc) και το συνολικό κόστος (TC). Καθώς και το τελικό διάγραμμα όπου μας παρουσιάζει την τελικό κόστος μας.

Τα 20 προβλήματα Kel τα έχουμε τρέξει με τον τρόπο που έχουμε περιγράψει στην παράγραφο 5.3. Επειδή όμως τα προβλήματα Kel είναι προβλήματα μεγάλης κλίμακας, τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι πολύ μεγάλα. Έτσι θα παρουσιάσουμε συνοπτικά στους πιο κάτω πίνακες με τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει για κάθε αλγόριθμο ξεχωριστά.

6.3.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ VRPSWEEP

α/α	Αριθμός κόμβων	Μέγιστη Χωρητικότητα (Q)	Μέγιστο μήκος διαδρομής (maxTC)	Χρονικά περιθώρια (Id)	Final TC
1	241	550	650	0	12490,08
2	321	700	900	0	16053,6
3	401	900	1200	0	16053,6
4	481	1000	1600	0	19635,43
5	201	900	1800	0	7240,92
6	281	900	1500	0	11271,04
7	361	900	1300	0	17168,39
8	441	900	1200	0	22213,58
9	256	1000	999999	0	718,34
10	324	1000	999999	0	879,01
11	400	1000	999999	0	1093,11
12	484	1000	999999	0	1298,61
13	253	1000	999999	0	1000,93
14	321	1000	999999	0	1277,11
15	397	1000	999999	0	1589,56
16	481	1000	999999	0	1958,36
17	241	200	999999	0	759,31
18	301	200	999999	0	1164,1
19	361	200	999999	0	1643,97
20	421	200	999999	0	2278,33

Πίνακας 8: Αποτελέσματα των προβλημάτων kel με την χρήση του vrpsweep αλγορίθμου

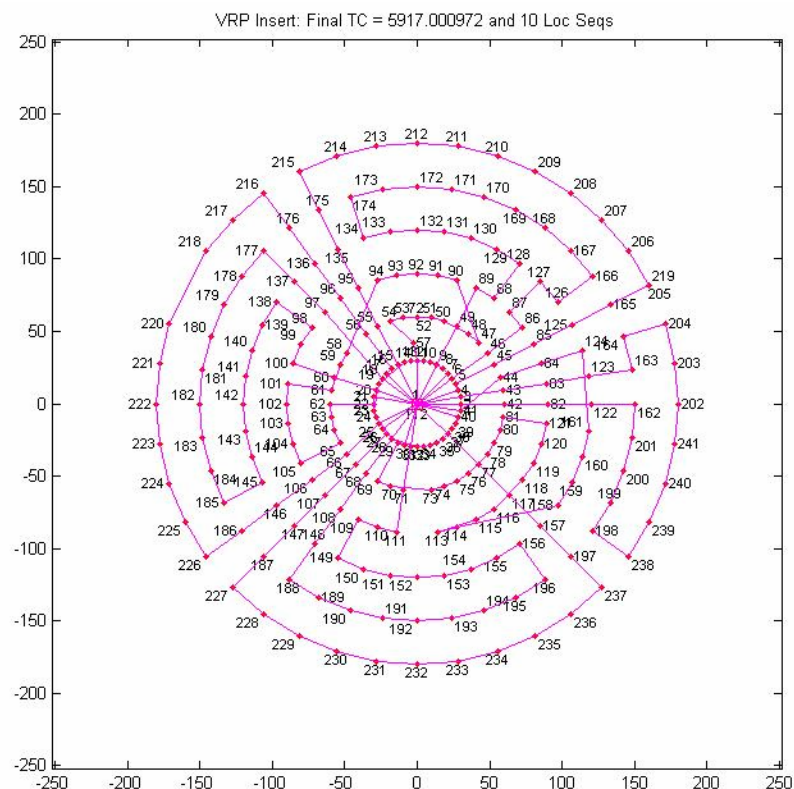


Σχήμα 6.6 Λύση του προβλήματος kel01 με την χρησιμοποίηση του αλγορίθμου vrpsweep

6.3.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ VRPINSERT

α/α	Αριθμός κόμβων	Μέγιστη Χωρητικότητα (Q)	Μέγιστο μήκος διαδρομής (maxTC)	Χρονικά περιθώρια (Id)	Final TC
1	241	550	650	0	5917
2	321	700	900	0	12948,21
3	401	900	1200	0	16160,92
4	481	1000	1600	0	16160,92
5	201	900	1800	0	8301,53
6	281	900	1500	0	9718,96
7	361	900	1300	0	11710,8
8	441	900	1200	0	13617,64
9	256	1000	999999	0	695,76
10	324	1000	999999	0	904,4
11	400	1000	999999	0	1127,13
12	484	1000	999999	0	1326,96
13	253	1000	999999	0	990,2
14	321	1000	999999	0	1267,95
15	397	1000	999999	0	1584,35
16	481	1000	999999	0	1912,47
17	241	200	999999	0	810,03
18	301	200	999999	0	1117,49
19	361	200	999999	0	1549,81
20	421	200	999999	0	2052,02

Πίνακας 9: Αποτελέσματα των προβλημάτων kel με την χρήση του vrpinsert αλγορίθμου

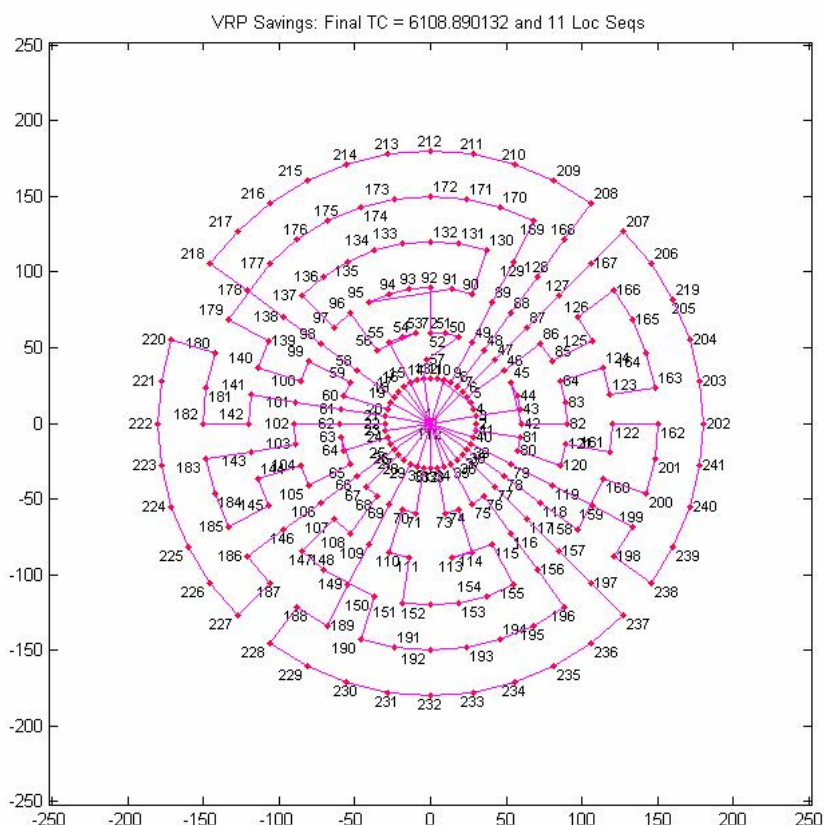


Σχήμα 6.7 Λύση του προβλήματος kel01 με την χρησιμοποίηση του αλγορίθμου vrpinsert

6.3.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ VRPSAVINGS

α/α	Αριθμός κόμβων	Μέγιστη Χωρητικότητα (Q)	Μέγιστο μήκος διαδρομής (maxTC)	Χρονικά περιθώρια (Id)	Final TC
1	241	550	650	0	6108,89
2	321	700	900	0	9109,73
3	401	900	1200	0	12441,76
4	481	1000	1600	0	16045,61
5	201	900	1800	0	7371,5
6	281	900	1500	0	9888,39
7	361	900	1300	0	11840,55
8	441	900	1200	0	12993,96
9	256	1000	99999	0	640,27
10	324	1000	99999	0	813,47
11	400	1000	99999	0	1013,18
12	484	1000	99999	0	1242,25
13	253	1000	99999	0	959,14
14	321	1000	99999	0	1216,55
15	397	1000	99999	0	1512,23
16	481	1000	99999	0	1811,12
17	241	200	99999	0	766,89
18	301	200	99999	0	1072,93
19	361	200	99999	0	1458,97
20	421	200	99999	0	1947,29

Πίνακας 10: Αποτελέσματα των προβλημάτων kel με την χρήση του vrpsavings αλγορίθμου



Σχήμα 6.8 Λύση του προβλήματος kel01 με την χρησιμοποίηση του αλγόριθμου vrpsavings

6.3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ KEL ΜΕ ΤΟΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟ VRPBILEVEL

Τα 14 προβλήματα kel έχουν μελετηθεί και με τον αλγόριθμο VrpBilevel (J Glob Optim (2007)). Τα αποτελέσματα που προτείνονται από το Golden παρουσιάζονται στο πιο κάτω πίνακα:

α/α	Αριθμός κόμβων	Μέγιστη Χωρητικότητα (Q)	Μέγιστο μήκος διαδρομής (maxTC)	Χρονικά περιθώρια (Id)	Final TC
1	240	550	650	0	5702,48
2	320	700	900	0	8476,64
3	400	900	1200	0	11117,38
4	480	1000	1600	0	13706,78
5	200	900	1800	0	6482,67
6	280	900	1500	0	8501,15
7	360	900	1300	0	10254,35
8	440	900	1200	0	11957,15
9	255	1000	999999	0	589,12
10	323	1000	999999	0	749,15
11	399	1000	999999	0	934,24
12	483	1000	999999	0	1138,92
13	252	1000	999999	0	868,8
14	320	1000	999999	0	1096,18
15	398	1000	999999	0	1367,25
16	480	1000	999999	0	1645,24
17	240	200	999999	0	711,07
18	300	200	999999	0	1015,12
19	360	200	999999	0	1389,15
20	420	200	999999	0	1842,17

Πίνακας 11: Αποτελέσματα των προβλημάτων kel που προτείνονται από τον αλγόριθμο VrpBilevel

6.3.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ

Στόχος της διπλωματικής μας είναι η μελέτη της αποδοτικότητας των πέντε αλγορίθμων μας για τα δεδομένα που μας έχουν δοθεί και η σύγκριση των αποτελεσμάτων μας με αυτών του αλγόριθμου VrpBilevel καθώς και την σύγκριση τους με την βέλτιστη λύση.

Στο πίνακα που ακολουθεί αντιπαραβάλλουμε το τελικό συνολικό κόστος των τριών προτεινόμενων αλγορίθμων, τον αλγόριθμο VrpBilevel και της βέλτιστης λύσης.

α/α	Αριθμός κόμβων	VRPSWEEP	VRPINSERT	VRPSAVERGS	VrpBilevel	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ
1	241	12490,08	5917	6108,89	5702,48	5644,02
2	321	16053,6	12948,21	9109,73	8476,64	8447,92
3	401	16053,6	16160,92	12441,76	11117,38	11036,22
4	481	19635,43	16160,92	16045,61	13706,78	13624,53
5	201	7240,92	8301,53	7371,5	6482,67	6460,98
6	281	11271,04	9718,96	9888,39	8501,15	8412,88
7	361	17168,39	11710,8	11840,55	10254,35	10195,59
8	441	22213,58	13617,64	12993,96	11957,15	11828,78
9	256	718,34	695,76	640,27	589,12	585,43
10	324	879,01	904,4	813,47	749,15	743,17
11	400	1093,11	1127,13	1013,18	934,24	923,17
12	484	1298,61	1326,96	1242,25	1138,92	1128,03
13	253	1000,93	990,2	959,14	868,8	865,01
14	321	1277,11	1267,95	1216,55	1096,18	1083,65
15	397	1589,56	1584,35	1512,23	1367,25	1351,35
16	481	1958,36	1912,47	1811,12	1645,24	1634,74
17	241	759,31	810,03	766,89	711,07	708,74
18	301	1164,1	1117,49	1072,93	1015,12	998,83
19	361	1643,97	1549,81	1458,97	1389,15	1367,2
20	421	2278,33	2052,02	1947,29	1842,17	1822,94

Πίνακας 12: Συγκεντρωτικός πίνακας τελικού συνολικού κόστους

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ :

Κάνοντας μία τυπική σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στους πιο πάνω πίνακες παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα που προτείνονται από τον Golden είναι πολύ κοντά στην βέλτιστη λύση.

Σε αντίθεση με τους πέντε αλγόριθμους που έχουμε μελετήσει σε αυτή την διπλωματική, που δεν έχουν φθάσει σε καμία περίπτωση κοντά στην βέλτιστη λύση.

Από τους αλγόριθμους που έχουμε μελετήσει παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από τον αλγόριθμο vrpsavings είναι πιο κοντά στην βέλτιστη λύση σε σύγκριση με τους άλλους αλγόριθμους. Ακολουθεί ο αλγόριθμος vrpinsert και τέλος ο αλγόριθμος vrpsweep.

6.4 ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ MEGA

Είναι ένα σύνολο 10 πολύ μεγάλης κλίμακας προβλήματα δρομολόγησης οχημάτων με περιορισμό το μήκος διαδρομής. Αυτά τα προβλήματα έχουν 560 με 1200 πελάτες συμπεριλαμβανόμενης και της αποθήκης. Κάθε πρόβλημα παρουσιάζει μια γεωμετρική συμμετρία έτσι ώστε να επιτρέπει σε εμάς να υπολογίσουμε μια υψηλής ποιότητας λύση, ως προς την εμφάνιση.

Το σύνολο αυτών των προβλημάτων καλούμαστε να δοκιμαστούν για τους αλγόριθμους *vrpsavings*, *vrpsweep* και *vrpinsert*. Για τους αλγόριθμους *vrpcrossover* και *vrpexchange* ήταν αδύνατο να εξάγουμε αποτελέσματα λόγω του μεγάλου χρόνου που χρειαζόντουσαν για την επεξεργασία των δεδομένων.

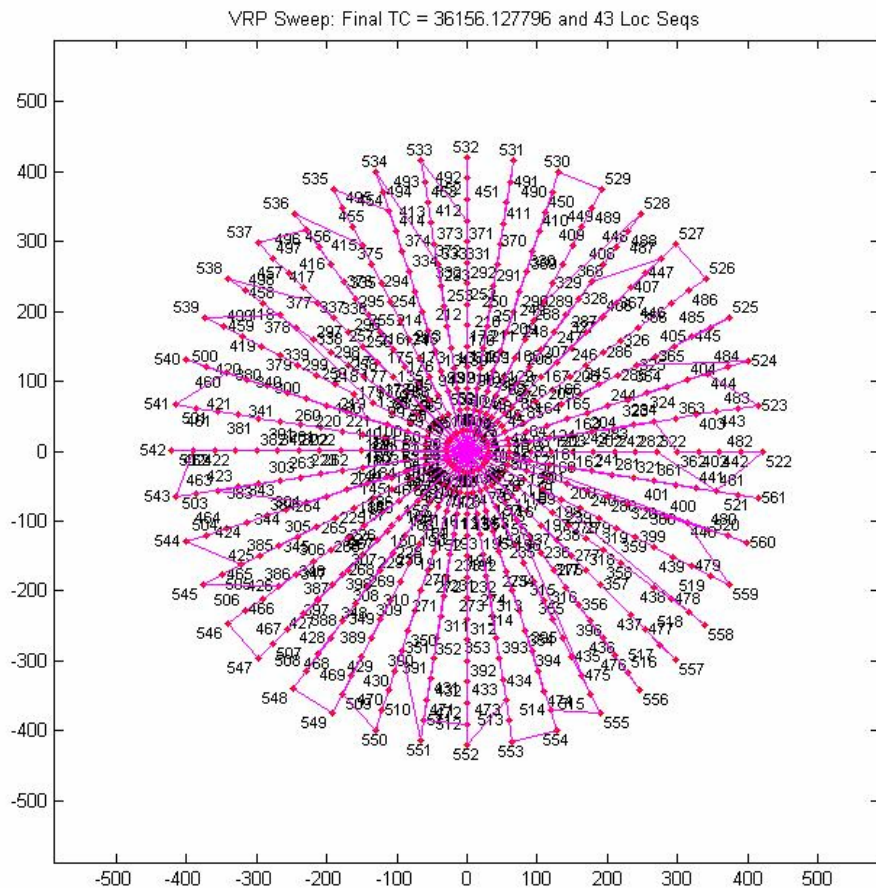
Ως πληροφορίες παίρνουμε το διάνυσμα ζήτησης (q), το μέγιστο τοπικό φορτίο (Q), το χρονικό περιθώριο (ld), το τοπικό κόστος (loc) και το συνολικό κόστος (TC). Καθώς και το τελικό διάγραμμα όπου μας παρουσιάζει την τελικό κόστος μας.

Τα 10 προβλήματα *meg* τα έχουμε τρέξει με τον τρόπο που έχουμε περιγράψει στην παράγραφο 5.3. Επειδή όμως τα προβλήματα *meg* είναι προβλήματα πολύ μεγάλης κλίμακας, τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι πάρα πολύ μεγάλα. Έτσι θα παρουσιάσουμε συνοπτικά στους πιο κάτω πίνακες με τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει για κάθε αλγόριθμο ξεχωριστά.

6.4.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ VRPSWEEP

α/α	Αριθμός κόμβων	Μέγιστη Χωρητικότητα (Q)	Μέγιστο μήκος διαδρομής ($maxTC$)	Χρονικά περιθώρια (ld)	Final TC
1	561	1200	1800	0	36156,13
2	601	900	1000	0	57125,48
3	641	1400	2200	0	45093,11
4	721	1500	2400	0	58072,65
5	761	900	900	0	54534,26
6	801	1700	2500	0	74306,16
7	841	900	900	0	58703,07
8	881	1800	2800	0	86203,59
9	961	2000	3000	0	106110,53
10	1041	2100	3200	0	123799,29

Πίνακας 13: Αποτελέσματα των προβλημάτων *meg* με την χρήση του *vrpsweep* αλγορίθμου

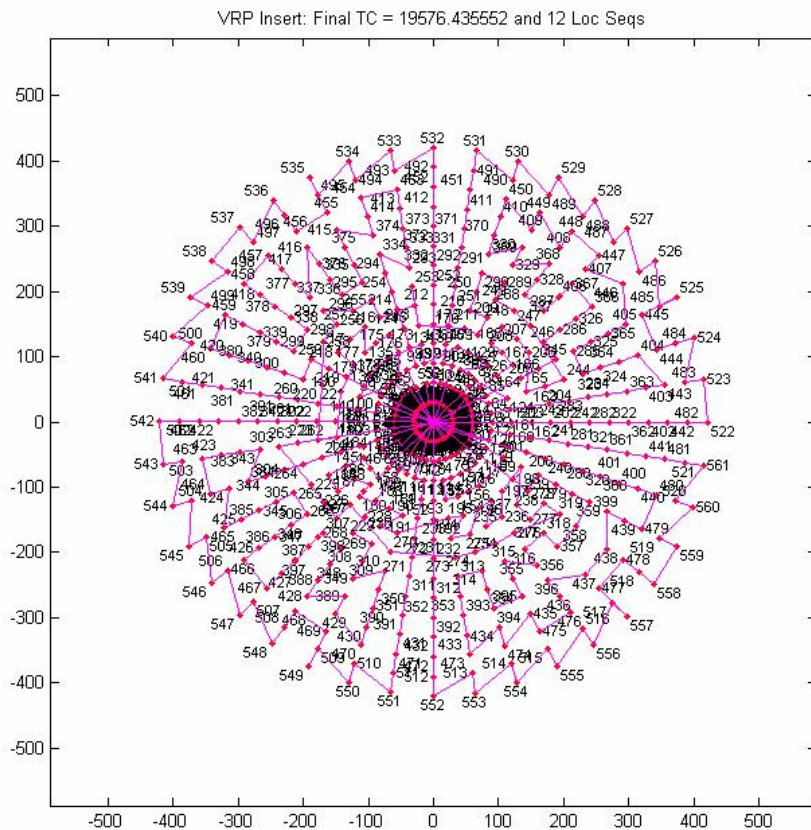


Σχήμα 6.9 Λύση του προβλήματος meg1 με την χρησιμοποίηση του αλγόριθμου vrpssweep

6.4.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ VRPINSERT

α/α	Αριθμός κόμβων	Μέγιστη Χωρητικότητα (Q)	Μέγιστο μήκος διαδρομής (maxTC)	Χρονικά περιθώρια (Id)	Final TC
1	561	1200	1800	0	19576,43
2	601	900	1000	0	17035,48
3	641	1400	2200	0	23260,65
4	721	1500	2400	0	26396,05
5	761	900	900	0	19032,01
6	801	1700	2500	0	31888,77
7	841	900	900	0	19646,25
8	881	1800	2800	0	33918,61
9	961	2000	3000	0	39579,13
10	1041	2100	3200	0	43931,43

Πίνακας 14: Αποτελέσματα των προβλημάτων meg με την χρήση του vrpinsert αλγόριθμου

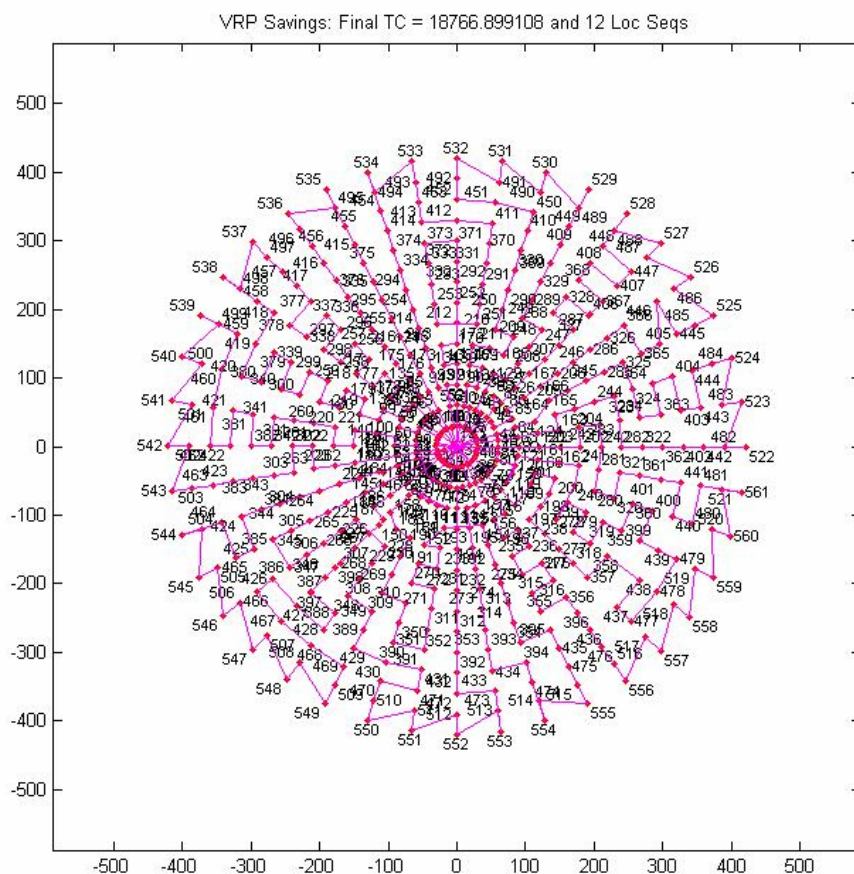


Σχήμα 6.10 Λύση του προβλήματος meg1 με την χρησιμοποίηση του αλγόριθμου vrpinser

6.4.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ VRPSAVINGS

α/α	Αριθμός κόμβων	Μέγιστη Χωρητικότητα (Q)	Μέγιστο μήκος διαδρομής (maxTC)	Χρονικά περιθώρια (Id)	Final TC
1	561	1200	1800	0	18766,9
2	601	900	1000	0	15511,11
3	641	1400	2200	0	22532,28
4	721	1500	2400	0	26190,71
5	761	900	900	0	18401,18
6	801	1700	2500	0	27349,74
7	841	900	900	0	19089,27
8	881	1800	2800	0	30053,36
9	961	2000	3000	0	33662,65
10	1041	2100	3200	0	36565,18

Πίνακας 15: Αποτελέσματα των προβλημάτων meg με την χρήση του vrpssavingst αλγορίθμου



Σχήμα 6.11 Λύση του προβλήματος `meg1` με την χρησιμοποίηση του αλγόριθμου `vrp_savings`

6.4.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ

Όπως αναφέραμε και στα δύο πιο πάνω είδη προβλημάτων στόχος της διπλωματικής μας είναι η μελέτη της αποδοτικότητας των πέντε αλγορίθμων μας για τα δεδομένα που μας έχουν δοθεί και η σύγκριση των αποτελεσμάτων μας με την βέλτιστη λύση.

Στο πίνακα που ακολουθεί αντιπαραβάλλουμε το τελικό συνολικό κόστος των τριών προτεινόμενων αλγορίθμων και της βέλτιστης λύσης.

α/α	Αριθμός κόμβων	VRPSWEEP	VRPINSERT	VRPSAVINGS	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ
1	561	36156,13	19576,43	18766,9	16212,83
2	601	57125,48	17035,48	15511,11	14652,28
3	641	45093,11	23260,65	22532,28	18801,13
4	721	58072,65	26396,05	26190,71	21389,43
5	761	54534,26	19032,01	18401,18	17053,26
6	801	74306,16	31888,77	27349,74	23977,74
7	841	58703,07	19646,25	19089,27	26566,04
8	881	86203,59	33918,61	30053,36	29154,34
9	961	106110,53	39579,13	33662,65	31742,64
10	1041	123799,29	43931,43	36565,18	34330,94

Πίνακας 16: Συγκεντρωτικός πίνακας τελικού συνολικού κόστους

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:

Παρατηρούμε ότι οι πέντε αλγόριθμους που έχουμε μελετήσει σε αυτή την διπλωματική, δεν έχουν φθάσει σε καμία περίπτωση κοντά στην βέλτιστη λύση.

Κάνοντας έτσι την σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στους πιο πάνω πίνακες παρατηρούμε ότι από τους αλγόριθμους που έχουμε μελετήσει, τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από τον αλγόριθμος νrpsavings είναι πιο κοντά στην βέλτιστη λύση σε σχέση με τους υπόλοιπους αλγόριθμους μας. Ακολουθεί ο αλγόριθμος νrinsert και τέλος ο αλγόριθμος νrpsweep.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα πρώτα κεφάλαια της εργασίας παρουσιάστηκαν διάφορα στοιχεία που αφορούσαν το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων και κυρίως αναλύθηκε η σημασία της επίλυσης αυτού του προβλήματος, που δεν είναι άλλη από την αύξηση των εσόδων ή η μείωση των εξόδων μιας εταιρίας. Για την επίλυση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων έχουν παρουσιαστεί διάφοροι ευρετικοί και μεθευρετικοί μέθοδοι βάσει των οποίων είναι δυνατή η επίλυση όλων των περιπτώσεων VRP που μπορούμε να αντιμετωπίσουμε. Είναι μέθοδοι που έχουν προταθεί από διάφορους ερευνητές που ασχολούνται με το αντικείμενο της δρομολόγησης οχημάτων, και μερικές από αυτές αναπτύχθηκαν τα τελευταία χρόνια βάσει των προηγούμενων, αποτελώντας βελτίωσή τους.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύχθηκε η μελέτη πέντε προτεινομένων αλγορίθμων που έχουν παρουσιαστεί για την επίλυση προβλημάτων VRP και έχουν μελετηθεί από την εργαλειοθήκη Matlog της Matlab. Πιο συγκεκριμένα οι αλγόριθμοι Vripsweep, Vripsavings, Vripinsert, Vripcrossover και Vripexchange έχουν μελετηθεί για τρία σύνολα προβλημάτων διαφορετικής κλίμακας. Το πρώτο σύνολο αποτελείται από 14 προβλήματα μικρής κλίμακας που περιέχουν μεταξύ 51 και 200 κόμβων, το δεύτερο σύνολο είναι μεγαλύτερης κλίμακας, αποτελείται από 20 προβλήματα και περιέχει μεταξύ 200 και 483 κόμβων και τέλος το τρίτο σύνολο αποτελείται από 10 πολύς μεγάλης κλίμακας προβλήματα, που περιέχονται 560 με 1200 κόμβοι. Σκοπός μας είναι να παρουσιάσουμε την αποδοτικότητα των αλγορίθμων λαμβάνοντας υπόψη μας την ποιότητα των λύσεων μας και τον χρόνο επεξεργασίας των δεδομένων. Όμως πρέπει να σημειωθεί ότι μία δίκαιη σύγκριση από την άποψη της υπολογιστικής αποδοτικότητας είναι δύσκολη επειδή η υπολογιστική ταχύτητα επηρεάζεται, κυρίως από τον μεταγλωττιστή και το υλικό που χρησιμοποιείται.

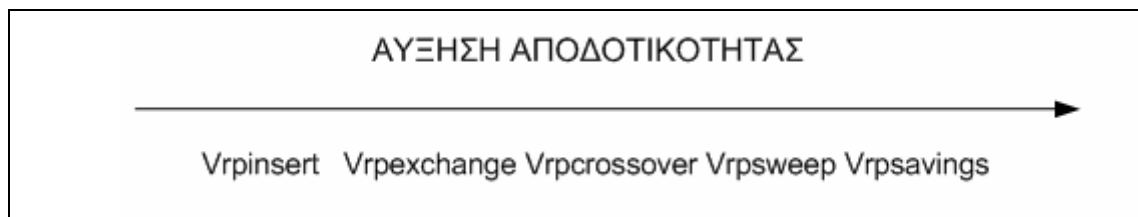
Όπως αναφέραμε και πιο πάνω η σύγκριση των αποτελεσμάτων μας θα γίνει όσο αφορά το προσδιορισμό της ποιότητας των αποτελεσμάτων που έχουν προκύψει καθώς και τον χρόνο που χρειαστήκαμε για την επεξεργασία των δεδομένων μας.

Όσο αφορά την αποδοτικότητα των αλγορίθμων μας μπορούμε να την προσδιορίσουμε από την ποιότητα των λύσεων που έχουν προκύψει. Πιο συγκεκριμένα η ποιότητα των λύσεων μας δίνεται από την άποψη της σχετικής απόκλισης τους από την βέλτιστη λύση. Έτσι μετά από την μελέτη των τριών συνόλων προβλημάτων έχουμε καταλήξει στα πιο κάτω αποτελέσματα :

Για το σύνολο προβλημάτων Vripnc:

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει έχουμε καταλήξει στο συμπέρασμα ότι πιο αποδοτικός αλγόριθμος για την επίλυση των Vripnc προβλημάτων είναι ο Vripsavings. Ακολουθούν με σειρά αποδοτικότητας ο Vripsweep αλγόριθμος, ακολούθως Vripcrossover ,Vripexchange και τέλος Vripinsert αλγόριθμος. Στο πιο κάτω σχήμα

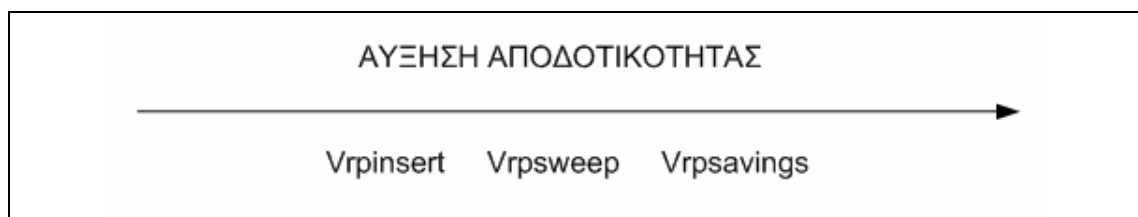
παρουσιάζεται η σειρά αύξηση των αλγορίθμων για την αποδοτικότητα των Vrpnc προβλημάτων.



Σχήμα 7.1: Διάγραμμα παρουσίασης της σειρά αύξησης των αλγορίθμων για την αποδοτικότητα των Vrpnc προβλημάτων

Για το σύνολο προβλημάτων Kel:

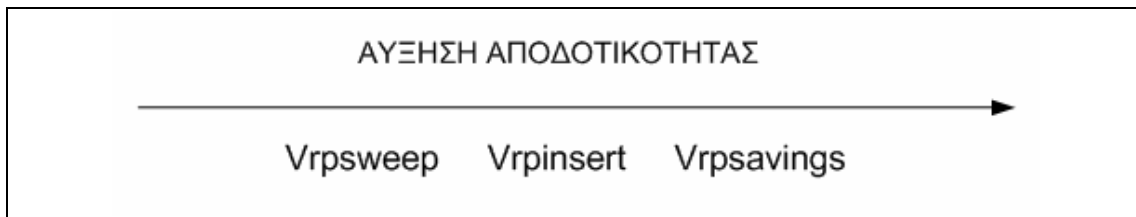
Για το σύνολο προβλημάτων Kel έχουμε καταλήξει στο συμπέρασμα ότι πιο αποδοτικός αλγόριθμος για την επίλυση των Kel προβλημάτων είναι ο Vrpsavings. Ακολουθούν με σειρά αποδοτικότητας ο Vrpexchange αλγόριθμος και τέλος ο αλγόριθμος Vrpinsert. Στο πιο κάτω σχήμα παρουσιάζεται η σειρά αύξηση των αλγορίθμων για την αποδοτικότητα των Kel προβλημάτων.



Σχήμα 7.2: Διάγραμμα παρουσίασης της σειρά αύξησης των αλγορίθμων για την αποδοτικότητα των Kel προβλημάτων

Για το σύνολο προβλημάτων Meg:

Για το σύνολο προβλημάτων Meg έχουμε καταλήξει στο συμπέρασμα ότι πιο αποδοτικός αλγόριθμος για την επίλυση των Meg προβλημάτων είναι ο Vrpsavings. Ακολουθούν με σειρά αποδοτικότητας ο Vrpinsert αλγόριθμος και τέλος ο αλγόριθμος Vrpexchange. Στο πιο κάτω σχήμα παρουσιάζεται η σειρά αύξηση των αλγορίθμων για την αποδοτικότητα των Meg προβλημάτων.



Σχήμα 7.3: Διάγραμμα παρουσίασης της σειρά αύξησης των αλγορίθμων για την αποδοτικότητα των Meg προβλημάτων

Τέλος όσο αφορά το χρόνο επεξεργασίας των δεδομένων μας θα πρέπει να αναφέρουμε ότι ο αριθμός των εφικτών διαδρομών αυξάνετε αναλογικά με την αύξηση των αριθμών των πελατών. Άρα ο χρόνος επεξεργασίας που χρειαζόμαστε για την επίλυση των Vrpnc είναι μικρότερος από ότι για τα προβλήματα Kel και πολύ λιγότερος από ότι τα Meg προβλήματα. Παράλληλα παρατηρήσαμε ότι οι αλγόριθμοι Vrpssaving και Vrpinsert επεξεργάζονται σε λιγότερο χρόνο τα προβλήματα μας από ότι οι αλγόριθμοι Vrpssweep, Vrpexchange και Vrpcrossover.

A. ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- (1) *Ανάπτυξη και Εφαρμογή αλγορίθμου για επίλυση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων: διατριβή που υπεβλήθη για την μερική ικανοποίηση των απαιτήσεων για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος, Μαρινάκης Ιωάννης, 2001.*
- (2) *Αραβανή Ελευθερία: "Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων για την Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας με έμφαση στο πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων (Π.Δ.Ο) και διαδικασία επιλογής βάσει πολυκριτήριας ανάλυσης" (ΔΙΠ 1601), Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2006*
- (3) *Σερελέας Κωνσταντίνος: "Ανάπτυξη μεθυστικού αλγορίθμου για την επίλυση του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων με χρονικά διαστήματα και παραλαβές και διανομές" (ΔΙΠ 1272).Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2004*
- (4) *Ανδρέου Χαράλαμπος: "Βελτιστοποίηση Δρομολόγησης Οχημάτων διανομής των κατεψυγμένων προϊόντων της Παγκύπριας εταιρίας Αρτοποιιών" (ΔΙΠ 1531),Πολυτεχνείο Κρήτης, Οκτώβριο, 2005.*
- (5) *Μάντζαρης Αναστάσιος: "Βελτιστοποίηση Διανομής & Χωροθέτηση Εγκαταστάσεων" (ΔΙΠ 1176), Πολυτεχνείο Κρήτης, Σεπτέμβριος, 2003*
- (6) *Καρακιωττόπουλος Κωσταντίνος : "Μελέτη και Βελτιστοποίηση των διανομών των προϊόντων της εταιρίας Μπισκότων "(ΔΙΠ 1045), Πολυτεχνείο Κρήτης,*
- (7) *Μυγδαλάς Αθανάσιος, Ιωάννης Μαρινάκης: " Συνδυαστική Βελτιστοποίηση", Πολυτεχνείο Κρήτης, 2004*
- (8) *Μυγδαλάς Αθανάσιος, Αθανασία Καρακίτσου: "Εισαγωγή στην Εφοδιαστική Αλυσίδα" Πολυτεχνείο Κρήτης 2005*

B. ΞΕΝΗ

- (9) *Yannis Marinakis , Athanasios Migdalas & Panos M. Pardalos: "A new bilevel formulation for the vehicle routing problem and a solution method using a genetic algorithm", J Glob Optim (2007) 38:555–580*
- (10) *Feiyue Li ,Brue Colden, Edward wusil : " Very large-scale vehicle :new test problems algorithms and results ", Computers & Operations Research 32 (2005) 1165–1179*

- (11) Gilbert Laporte, Michel Gendreau, Jean-Yves Potvi, Frederic Semet : " Classical and Modern heuristics for the vehicle routing problem ", Intl. Trans. in Op. Res. 7 (2000) 285±300
- (12) Michel Gendreau, Gilbert Laporte, Jean-Yves Potvin : " Metaheuristics for the vehicle routing problem ", Les Cahiers du Gerad G-98-52
- (13) *Jean-Francois Cordeau and Gilbert Laporte* : " Modeling and optimization of Vehicle Routing and are routing problems "
- (14) Gilbert Laporte, " The vehicle Routing Problem : An overview of exact and approximate algorithms ", European Journal of Operational Research 59 (1992) 345-358
- (15) *Ronald H. Ballou*: "Business Logistics Management", Planning, Organizing and Controlling the Supply Chain, 1992
- (16) *Raja G. Kasilingam*: "Logistics and Transportation", Design and Planning
- (17) *W.M. Garvin, H.W.Crandal, J.B. John, & R.A. Spellman*: "Applications of linear programming in oil industry", Management Science, 3:407-430,1957
- (18) B.Gavish & S.Graves: "The traveling salesman problem & related problems", Working paper 7905, Graduate School of Management, University of Rochester, Rochester NY, 1979
- (19) *Deneubourg J.-L., S.Aron, S.Goss and J.M. Pasteels*,"The self-organizing exploratory pattern of the Argentine ant" ,Journal of Insect Behavior 3, 1990

Γ. Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

- (20) <http://www.ise.ncsu.edu/kay/matlog/>
- (21) www.carrierlogistics.com
- (22) www.bestroutes.com
- (23) www.appianlogistics.com
- (24) www.ptv.de
- (25) www.ilog.com
- (26) www.routelogistics.com/arclogistics
- (27) www.esri.com
- (28) www.routelogistics/ArcLogistics

(29) www.rerkeersmodellering.nl

(30) www.microsoft.com

(31) www.kstec.co.kr

(32) www.gis.ersi.com