ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

Βελτιστοποίηση Κόστους Στην Αλυσίδα Διανομής Προϊόντων Supermarket

ΑΓΑΛΙΑΝΟΣ ΦΩΤΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: **ΜΑΡΙΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

ΧΑΝΙΑ 2009

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο για την εργασία και επιβλέποντα κ. Μαρινάκη Ιωάννη για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του καθ'όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας,καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε να εργαστούμε σε ένα τόσο ενδιαφέρον και σύγχρονο αντικείμενο.

Τέλος,θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για τη συμπαράστασή τους όλον αυτό τον καιρό.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 5

ΕΙΣΑΓΩΓΗ 5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 7

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ LOGISTICS ΚΑΙ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ 7

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ LOGISTICS 7

2.1.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ LOGISTICS 7

2.1.1.1 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ LOGISTICS 9

2.1.1.2 ΩΦΕΛΟΙ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΑ LOGISTICS 10

2.1.2 ΡΟΛΟΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ 11

2.1.2.1 ΘΕΣΗ ΤΩΝ LOGISTICS ΣΤΗΝ ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ 11

2.1.3 ΡΟΛΟΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΩΝ LOGISTICS 13

2.1.4 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ LOGISTICS 14

2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ 16

2.2.1 ΟΙ ΕΠΤΑ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ 17

2.2.2 ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΕΝΟΣ ΔΥΚΤΙΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ 18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 20

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ 20

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VRP-VEHICLE ROUTING PROBLEM) 20

3.1.1 ΣΤΟΧΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ VRP 21

3.2 ΟΡΙΣΜΟΣ VRP 21

3.2.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ(CVRP-CAPACITY VEHICLE ROUTING PROBLEM) 24

3.2.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΑΡΑΛΑΒΕΣ (VRPB- VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH BACKHAUL) 25

3.2.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΧΡΟΝΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ (VRPTW-VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS) 26

3.2.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΑΡΑΛΑΒΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΕΣ (VRPPD-VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH PICK UP AND DELIVERY) 29

3.2.5 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΧΡΟΝΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ, ΜΕ ΠΑΡΑΛΑΒΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΕΣ(VRPTWPD-VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS,PICKUP AND DELIVERY) 30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 33

ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ(VRP) 33

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 33

4.2 ΕΥΡΕΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ 33

4.2.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΑΠΛΗΣΤΙΑΣ 34

4.2.1.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΟΥ ΠΛΗΣΙΕΣΤΕΡΟΥ ΓΕΙΤΟΝΑ 34

4.2.2 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ 34

4.2.2.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΕΩΝ ΤΩΝ CLARK & WRIGHT 34

4.2.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΤΟΠΙΚΉΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ 35

4.3 ΜΕΘΕΥΡΕΤΙΚΟΊ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ 36

4.3.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ(TABU SEARCH) 36

4.3.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΠΟΙΚΙΑΣ ΜΥΡΜΗΓΚΙΩΝ(ANT COLONY OPTIMIZATION) 37

4.3.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΕΝΗ ΑΝΟΠΤΗΣΗ(SIMULATED ANNEALING) 49

4.3.4 ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ(GENETIC ALGORITHMS) 41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 42
ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ 42
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 42
5.2 ΟΙ ΠΕΛΑΤΕΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ 42
5.3 ΤΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ 43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 44
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ 44
6.1 ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥΣ 44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 49
ΤΟ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ 49
7.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ 49
7.2 Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ 51
7.2.1 ΓΕΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ 53
7.2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ 53
7.2.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ 54
7.2.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ 54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 56
ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 56
8.1 ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ 56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 60
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 60
ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 60
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ 61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολούμαστε με την επίλυση ενός προβλήματος που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις και κυρίως όσες ασχολούνται με την παραγωγή και διανομή προϊόντων.

Το πρόβλημα αυτό είναι γνωστό ως το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων ή Vehicle Routing Problem(VRP).Με την επίλυση αυτού του προβλήματος επιτυγχάνουμε τον υπολογισμό ενός βέλτιστου πλήθους διαδρομών που θα εκτελεστούν από ένα πλήθος οχημάτων με σκοπό την εξυπηρέτηση ενός συνόλου πελατών.

Στην εργασία αυτή συγκεκριμένα θα εξετάσουμε το πρόβλημα διανομής προϊόντων μιας επιχείρησης Supermarket η οποία δραστηριοποιείται στη Ρόδο.Αναλυτικότερα θα μελετήσουμε τα παρακάτω:

- Στα κεφάλαια 2,3 και 4 παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα στηριχτούμε για επίτευξη της εργασίας.Συγκεκριμένα:
    - Το κεφάλαιο 2 αναφέρεται στα θέματα με τα οποία ασχολούνται τα Logistics και η Εφοδιαστική Αλυσίδα.
    - Το κεφάλαιο 3 αναφέρεται στα Προβλήματα Δρομολόγησης Οχημάτων και τις προεκτάσεις τους.
    - Το κεφάλαιο 4 παρουσιάζει ένα σύνολο ευρετικών και μεθευρετικών αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται για την επίλυση των Προβλημάτων Δρομολόγησης.
- Στα κεφάλαια 5,6,7 και 8 παρουσιάζεται το πρακτικό μέρος της εργασίας με τα δεδομένα του προβλήματος,τις επεξεργασίες που πραγματοποιήσαμε,τον αλγόριθμο και άλλα.Συγκεκριμένα:
    - Στο κεφάλαιο 5 γίνεται αναφορά στην εταιρία και του προβλήματος που αντιμετωπίζει.
    - Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα στοιχεία της εταιρίας και ο τρόπος επεξεργασίας τους.

- Στο κεφάλαιο 7 περιγράφεται ο αλγόριθμος(σε matlab) που χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση του προβλήματος καθώς και το μαθηματικό μοντέλο του προβλήματος.

- Στο κεφάλαιο 8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μετά την εκτέλεση του αλγορίθμου και η ανάλυσή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ LOGISTICS ΚΑΙ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

2.1 Ορισμός των Logistics

Ο όρος logistics αποτελεί πολυσήμαντη και πολυσύνθετη έννοια, καλύπτοντας μια τεράστια γκάμα διαδικασιών σχεδιασμού, υλοποίησης και ελέγχου στο επιχειρηματικό πεδίο. Τα βασικά στοιχεία που συνυφαίνουν τα logistics είναι η διοίκηση και ο στρατηγικός σχεδιασμός της επιχείρησης, η βέλτιστη αξιοποίηση των έμψυχων (ανθρώπινων) και των άψυχων (υλικών) πόρων της, η παραγωγή, η αποθήκευση και η διανομή των αγαθών, από την πρώτη ύλη μέχρι το έτοιμο προϊόν και από την παραγωγή στο ράφι. Θεωρητικά τα logistics εξυπηρετούν την κερδοφορία μιας επιχείρησης, εξασφαλίζοντας τη συνεχή διαθεσιμότητα των προϊόντων και των λοιπών πόρων της, επιτρέποντας παράλληλα την ομαλή ροή επιτέλεσης των διαδικασιών που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Τα logistics αποσκοπούν στην παραγωγή προϊόντων με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος, στη διατήρηση των προϊόντων με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, στην πλήρη αξιοποίηση των υλικών μέσων της επιχείρησης, στη μεταφορά των προϊόντων με το χαμηλότερο δυνατό κόστος και τις μικρότερες δυνατές καθυστερήσεις και τελικά στην επίτευξη κερδοφορίας και οικονομίας κλίμακος για τηνεπιχείρηση.

2.1.1 Βασικές Αρχές Των Logistics

Τα logistics αποτελούν ένα σύνθετο σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει επιμέρους διαδικασίες, που με τη σειρά του αποτελούνται από δραστηριότητες και στοιχεία.Οι βασικότεροι στόχοι του συστήματος κατά τη λειτουργία του, είναι οι εξής:

- Ελαχιστοποίηση του λειτουργικού κόστους
- Ελάχιστο δυνατό κόστος επενδύσεων
- Βελτιστοποίηση της ποιότητας προϊόντων και υπηρεσιών
- Υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών

Το κόστος των δραστηριοτήτων των logistics, αποτελεί ένα πολύ σημαντικό μέρος του συνολικού κόστους των προϊόντων, όπως αυτό έχει διαμορφωθεί όταν φτάνει στα χέρια των καταναλωτών.Το κόστος των δραστηριοτήτων logistics,περιλαμβάνει:

• Δαπάνες μεταφορών
• Δαπάνες αποθήκευσης και συσκευασίας
• Κόστος διατήρησης αποθέματος
• Κόστος φυσικής διακίνησης υλικών και πληροφοριών.
• Κόστος ελέγχου και απογραφής των αποθεμάτων
• Κόστος κτιρίων και μηχανημάτων και οι αποσβέσεις τους

Πρέπει να σημειωθεί πως είναι σημαντικό, στην προσπάθεια ελαχιστοποίησης του κόστους, να λαμβάνεται υπόψη το συνολικό κόστος και όχι το επιμέρους κόστος των διαφόρων δραστηριοτήτων, καθώς η μείωση του κόστους σε ένα τομέα μπορεί να
επιφέρει την αύξηση του κόστους σε έναν άλλο ή ακόμα και να δημιουργήσει προβλήματα στην ποιότητα των προσφερόμενων υπηρεσιών, κυρίως λόγω μειωμένης αποδοτικότητας.

Η βελτιστοποίηση της ποιότητας προϊόντων και υπηρεσιών περιλαμβάνει ποιοτικά στοιχεία, τα κυριότερα από τα οποία είναι τα εξής:

• **Διαθεσιμότητα** (availability), η οποία περιλαμβάνει τη διάθεση των απαραίτητων αποθεμάτων από την επιχείρηση, έτσι ώστε να μπορεί να καλύπτει ανά πάσα στιγμή της ανάγκες της παραγωγής ή των πελατών.

• **Δυναμικότητα** (capacity), η οποία αναφέρεται στην ταχύτητα εκτέλεσης της παραγγελίας και την επίτευξης αυτής της ταχύτητας καθημερινά.

• **Συνέπεια** (consistency), η οποία αναφέρεται στη συνεχή παράδοση των προϊόντων
τα οποία ζητούν οι πελάτες, σε καλή κατάσταση και ποιότητα, χωρίς λάθη και σωστά επισημασμένα, ώστε ο πελάτης να είναι σίγουρος πως έχει στα χέρια του το προϊόν το οποίο παρήγγειλε.

Οι δυο παραπάνω παράμετροι, η ελαχιστοποίηση κόστος και η προσφορά της μέγιστης δυνατής ποιότητας προϊόντων και υπηρεσιών, συμβάλλουν στην επίτευξη του καλύτερου δυνατού επιπέδου εξυπηρέτησης των πελατών. Τα λεγόμενα 7Σ, περιλαμβάνουν όλους τους τομείς που μια επιχείρηση πρέπει να καλύπτει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο ώστε να προσφέρει την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση:

• Σωστό προϊόν
• Σωστός τόπος αποστολής
• Σωστός τόπος προορισμού
• Σωστό χρονοδιάγραμμα
• Σωστή ποσότητα
• Σωστή ποιότητα
• Σωστή τιμή

2.1.1.1 Δραστηριότητες Των Logistics

Ένα σύστημα logistics μπορεί να σχεδιαστεί από κάθε επιχείρηση με διαφορετικό τρόπο, ανάλογα με τις ανάγκες και τη μορφή της. Παρόλα αυτά, οι εργασίες που πρέπει να διεκπεραιώνει το τμήμα logistics είναι συγκεκριμένες και είναι οι εξής:

• **Αγορές – Προμήθειες :** Ο όρος «αγορές» αναφέρεται στην απόκτηση προϊόντων, τα οποία μπορεί να ενσωματωθούν στο τελικό προϊόν, να είναι πρώτες ύλες, υλικά συσκευασίας, καύσιμα,κλπ, αλλά και υπηρεσιών. Οι ποσότητες αγοράς επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από το επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών το οποίο έχει ορίσει η επιχείρηση. Παράλληλα, οι τιμές δεν αποτελούν πλέον το κύριο κριτήριο που καθορίζει τις αγορές, αντιθέτως απαιτείται η συνεργασία προμηθευτών, βιομηχανίας και αγοραστών. Η επιλογή των προμηθευτών των προϊόντων και των υπηρεσιών, αποτελεί ζήτημα νευραλγικής σημασίας για μια επιχείρηση, η οποία πρέπει να οργανώνει τόσο την επιλογή τους όσο και την αξιολόγησή τους, για την οποία χρησιμοποιούνται τα κριτήρια της συνέπειας στην τήρηση των χρόνων μεταφορών και παράδοσης και της ταχύτητας που μπορεί να ανταποκριθεί ο προμηθευτής στη εποχικότητα ή σε μια αλλαγή της ζήτησης.

• **Αποθήκευση:** Ο χώρος της αποθήκης αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι των logistics, η λειτουργία του οποίου οργανώνεται με τις πλέον εκσυγχρονισμένες μεθόδους. Η λειτουργία μιας αποθήκης απαιτεί τη σωστή οργάνωσή της, με τη χρήση εξοπλισμού ραφιών, ειδικών ραμπών, μέσων για τη μετακίνηση των προϊόντων, μηχανογραφικά συστήματα για την καλύτερη οργάνωση και εκμετάλλευση του χώρου και τέλος ρομποτικά συστήματα για εξειδικευμένες εργασίες. Μια αποθήκη είναι υπεύθυνη για τη διεκπεραίωση των εξής ενεργειών:την παραλαβή των προμηθευόμενων εμπορευμάτων, την τοποθέτησή τους στην αποθήκη, τη φύλαξη και διατήρησή τους, τη γρήγορη ανεύρεση και κυκλοφορία τους, την παρακολούθηση των εμπορευμάτων που παραμένουν στην αποθήκη ανά κωδικούς, παραγγελία, είδος,κλπ. και την προετοιμασία των εμπορευμάτων για τη διανομή τους.

• **Αποθέματα:** Ο όρος «διαχείριση αποθεμάτων» αναφέρεται στο σωστό επίπεδο προϊόντων που μια επιχείρηση πρέπει να διαθέτει έτσι ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί σε όλες τις υποχρεώσεις της. Δύο είναι τα ερωτήματα, που πρέπει να απαντηθούν σωστά, ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αυτό επίπεδο: πόσες μονάδες από κάθε προϊόν που χρειάζεται, πρέπει να παραγγείλει η επιχείρηση και σε ποια χρονική στιγμή πρέπει να γίνουν οι παραγγελίες αυτές. Ο επιθυμητός στόχος είναι η εξασφάλιση του επιθυμητού επιπέδου εξυπηρέτησης πελατών με τον ελάχιστο δυνατό αριθμό αποθεμάτων, με συνέπεια τη μείωση του άμεσου και του έμμεσου κόστους τους.

• **Μεταφορές:** οι μεταφορές αναφέρονται στην εύρεση του αποδοτικότερου τρόπου διακίνησης των προϊόντων από και προς την επιχείρηση. Η εύρεση του βέλτιστου τρόπου μεταφοράς, περιλαμβάνει την επιλογή των κατάλληλων μέσων μεταφοράς, αν τα μέσα αυτά θα είναι ιδιόκτητα ή όχι και στην περίπτωση που δεν είναι ποιος είναι ο καταλληλότερος μεταφορέας. Ταυτόχρονα, ένα πολύ σημαντικό

κριτήριο για τη σωστή επιλογή του τρόπου μεταφοράς είναι η χρονική διάρκεια, ώστε τα προϊόντα να παραδίδονται ακριβώς στην ώρα που επιθυμεί ο πελάτης, χωρίς καθυστερήσεις.

• **Διανομές:** όπως και οι μεταφορές, οι διανομές αναφέρονται στη μεταφορά από τις αποθήκες ή τις εγκαταστάσεις μιας επιχείρησης προς τους πελάτες. Οι διαφορά τους έγκειται στο γεγονός ότι οι μεταφορές αναφέρονται στη διακίνηση λίγων προϊόντων σε μεγάλες ποσότητες σε μικρό αριθμό πελατών, ενώ οι διανομές αναφέρονται στη διακίνηση πολλών προϊόντων, σε μικρές ποσότητες και μεγάλο αριθμό πελατών.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί πως σημαντικό κομμάτι του συστήματος logistics αποτελεί και η **πληροφόρηση**. Οι τεχνολογικές εξελίξεις, επιτρέπουν τόσο την εύκολη επικοινωνία των απομακρυσμένων εγκαταστάσεων, όσο και τη δημιουργία βάσεων δεδομένων, που επιτρέπουν την καταγραφή και τον έλεγχο των αποθεμάτων και των διανομών.

2.1.1.2 Ωφέλοι Ενσωμάτωσης Νέων Τεχνολογιών Στα Logistics

α) Καλύτερη εκμετάλλευση των υλικών (άψυχων) πόρων της επιχείρησης. Υλικοί πόροι θεωρούνται τα οχήματα, οι αποθηκευτικοί χώροι, ο εξοπλισμός κ.λπ. Για παράδειγμα, η χρήση ενός συστήματος τηλεματικής στα οχήματα της επιχείρησης έχει ως αποτέλεσμα πιο οργανωμένες κινήσεις και λιγότερα δρομολόγια. Σχετικά με τον αποθηκευτικό χώρο, ένα σύστημα WMS και η εγκατάσταση κάποιου ασύρματου τοπικού δικτύου έχουν ως αποτέλεσμα αφενός την αξιοποίηση κάθε σπιθαμής της αποθήκης, αφετέρου τη γρηγορότερη επιτέλεση των διαδικασιών μέσα σ' αυτήν. Λόγου χάρη, το σκάνερ διαβάζει το γραμμωτό κώδικα μιας κούτας και στέλνει αυτόματα την πληροφορία (τι περιέχει η κούτα) σε κεντρικό υπολογιστή εφοδιασμένο με σύστημα WMS, μέσω του ασύρματου τοπικού δικτύου.

β) Καλύτερη αξιοποίηση των έμψυχων πόρων της επιχείρησης. Εδώ εντάσσονται όχι μόνο οι εργαζόμενοι αλλά και οι πελάτες, οι προμηθευτές κ.λ.π. Για παράδειγμα, ένα σύστημα ERP ή WMS ενημερώνει σχετικά με το ποιοι είναι οι επικερδείς πελάτες, εξασφαλίζει πολύτιμες εργατοώρες για το προσωπικό και συντελεί στην καλύτερη οργάνωση των εισερχόμενων ροών από τους προμηθευτές. Ο ενδιαφερόμενος δεν χρειάζεται πλέον να ασχολείται με τον έλεγχο του στοκ, αφού αυτό το έχει αναλάβει το ίδιο το σύστημα, η απογραφή αποθήκης γίνεται με το πάτημα ενός κουμπιού, ενώ το ίδιο απαιτείται για να μάθουμε τα έσοδα, τα έξοδα και τα κέρδη για μία ημέρα ή ένα μήνα. Συγχρόνως, γνωρίζει ποια είδη διακινούνται περισσότερο και αναλόγως διαμορφώνει τις παραγγελίες του.

Στο επιχειρηματικό περιβάλλον, όπως αυτό διαμορφώνεται σήμερα, ζητούμενο της διοίκησης δεν είναι ο λεπτομερής έλεγχος κάθε τμήματος της επιχείρησης καθώς κάτι τέτοιο απαιτεί πολλή ενέργεια και χρόνο- αλλά η αυτοματοποίηση διαδικασιών με τη χρήση τεχνολογικών εργαλείων. Οι τεχνολογίες που εξετάσαμε παρέχουν πλήθος πληροφοριών στη διοίκηση και τα στελέχη της επιχείρησης, ώστε

να είναι δυνατή η λήψη ορθών και άμεσων αποφάσεων, καθώς και η χάραξη μακρόπνοης αναπτυξιακής στρατηγικής.

2.1.2 Ρόλος Και Χρησιμότητα Σε Επιχειρήσεις

Το τμήμα των logistics φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην οργάνωση των επιχειρήσεων στις μέρες μας. Είναι βέβαια αδιανόητη η ύπαρξη μιας επιχείρησης χωρίς να διαθέτει, έστω και με στοιχειώδη οργάνωση, κάποιο τμήμα logistics. Όλες οι εταιρίες και οι οργανισμοί διαθέτουν άλλωστε αποθήκες όπου κρατούν τα προϊόντα τους και έναν αριθμό αποθεμάτων.

Ο στόχος για τις σύγχρονες επιχειρήσεις φαίνεται να είναι εκτός βέβαια από το να είναι βιώσιμες και να αυξάνουν την κερδοφορία τους, να καταφέρουν να ενδυναμώσουν τους τομείς των logistics και των μεταφορών, οι οποίοι φαίνεται να έχουν μεγάλη δυναμική ανάπτυξης, ιδιαίτερα στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια. Δυστυχώς πλήττονται άμεσα από την απουσία κατάλληλα εκπαιδευμένου προσωπικού αλλά και τεχνογνωσίας. Άμεσο αποτέλεσμα είναι η υιοθέτηση από κάποιους πιο τολμηρούς επιχειρηματίες κάποιων νέων τεχνολογιών στο τομέα των logistics, οι οποίες αργότερα αντιγράφονται από τους ανταγωνιστές τις περισσότερες φορές με λανθασμένο τρόπο.

Σε κάθε περίπτωση όμως και σε δεδομένη χρονική στιγμή, κάποιος θα επενδύσει σε σύγχρονες τεχνολογίες στον τομέα των logistics,οι οποίες μπορεί να αφορούν στην κατασκευή νέων εξελιγμένων αποθηκευτικών κέντρων σε ότι αφορά όχι μόνο στον τρόπο αποθήκευσης αλλά και στα μέσα για τη γενικότερη οργάνωση της αποθήκης, σε συστήματα ελέγχου των μεταφορών αλλά και ηλεκτρονικά συστήματα εντοπισμού των φορτίων καθ’οδόν για τον προορισμό τους σε όποιο σημείο και αν βρίσκονται, αλλά και σε συστήματα σήμανσης και αυτοματοποιημένης συλλογής πληροφοριών.

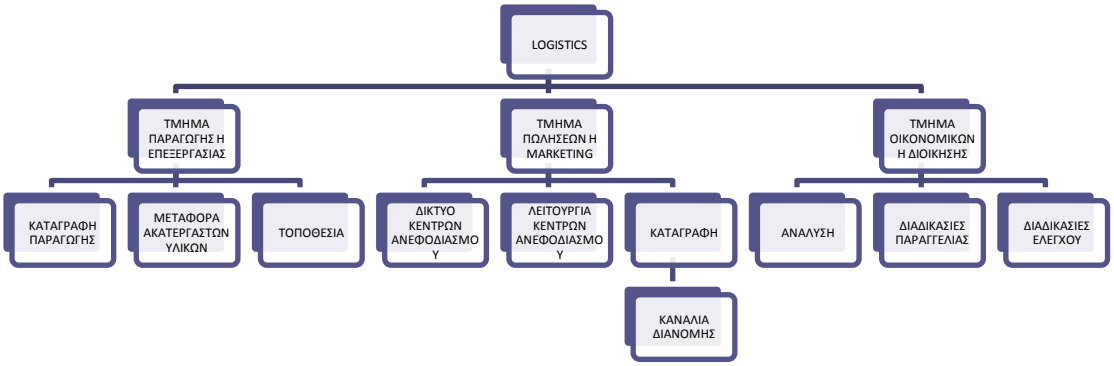
2.1.2.1 Θέση Των Logistics Στην Οργανωτική Δομή Της Επιχείρησης

Τα logistics έχουν έντονη παρουσία και διασυνδέσεις σε ολόκληρη τη δομή μιας επιχείρησης ή αντίστοιχα ενός οργανισμού.Δεν είναι λίγοι άλλωστε εκείνοι που τα συνδέουν με το τμήμα marketing της επιχείρησης, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι αυτή είναι η και η μοναδική διασύνδεση που παρουσιάζει το τμήμα logistics.

Στην πραγματικότητα τα logistics έχουν ένα πολυδιάστατο ρόλο και αναπτύσσουν διασυνδέσεις με πολλά τμήματα της επιχείρησης σε διαφορετικές φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφερθούμε στις διασυνδέσεις που αναπτύσσει το σύστημα των logistics με το τμήμα παραγωγής και πιο συγκεκριμένα με τον προγραμματισμό και τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας, με το τμήμα marketing και τους τομείς της εξυπηρέτησης πελατών, της συσκευασίας,της διαδικασίας της παραγγελίας και τέλος με το τμήμα των οικονομικών της επιχείρησης μέσω της διατήρησης και του ελέγχου αποθεμάτων, τον έλεγχο του κόστους διανομής των αντικειμένων-προϊόντων και τις δαπάνες εξοπλισμού.Ας μην ξεχνάμε βέβαια ότι αντικειμενικός στόχος κάθε επιχείρησης και άξονας γύρω από τον οποίο αναπτύσσονται όλες οι δραστηριότητες είναι η

ικανοποίηση των πελατών, γεγονός που θα οδηγήσει στην δημιουργία και την διεύρυνση του πελατολογίου τους και κατ' επέκταση στην αύξηση της κερδοφορίας τους. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος πολύ σημαντική παράμετρος είναι η ύπαρξη αρμονικής συνεργασίας μεταξύ των τμημάτων της επιχείρησης ή του οργανισμού κατά περίπτωση, αλλά και των αντίστοιχων τμημάτων με τους προμηθευτές και τους πελάτες.

Γι' αυτούς τους λόγους είναι σημαντικό η συνεργασία ειδικά σε θέματα που αφορούν τις δραστηριότητες των logistics να επιτυγχάνεται ανάμεσα σε όλα σχεδόν τα τμήματα της εταιρίας. Βέβαια αυτό δεν σημαίνει σε καμία περίπτωση πως η ομάδα
θα πρέπει να περιλαμβάνει μόνο logisticians, καθώς κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε μη αποτελεσματικές και λανθασμένες ενέργειες. Εδώ δεν θα πρέπει να ξεχνάνε και τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ της επιχείρησης και του πελάτη και θα πρέπει επισημάνουμε την σπουδαιότητα της καθώς σε αυτή βασίζεται μεγάλο μέρος των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στον τομέα των logistics. Είναι στην πραγματικότητα μεγάλο το ποσοστό των δραστηριοτήτων logistics που ολοκληρώνονται εκτός του προστατευμένου και σχετικά ελεγχόμενου χώρου μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού, και εξαρτώνται άμεσα από την ύπαρξη και τη διατήρηση καλών σχέσεων μεταξύ πελατών και επιχείρησης/ οργανισμού. Η επιχείρηση είναι άλλωστε αυτή που στη συνέχεια θα επιλέξει τους πελάτες οι οποίοι θα έχουν σημαντικό ρόλο στην κερδοφορία της και θα εγκαθιδρύσει συνεργασίες μαζί τους σε βάθος χρόνου.



ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ(OXLEY,1999)

Η συσχέτιση που προαναφέραμε ανάμεσα στο τμήμα logistics και τα υπόλοιπα τμήματα μιας επιχείρησης ή και ενός οργανισμού, καταδεικνύεται εμφανέστατα και από το παραπάνω διάγραμμα, στην προκειμένη περίπτωση μέσω των λειτουργιών της φυσικής διανομής, που υπάγονται στη γενικότερη λειτουργία των συστημάτων logistics. Έτσι λοιπόν παρατηρούμε ότι ανάλογα πάντα με τον τρόπο οργάνωσης μιας επιχείρησης, τα logistics μπορεί να καθορίζουν την πολιτική της εταιρίας σε ότι αφορά στον αριθμό αποθεμάτων και στον έλεγχο αποθεμάτων, στη δημιουργία δικτύου κέντρων ανεφοδιασμού και στην μεταφορά και τις παραδόσεις των προϊόντων αλλά και σε ότι αφορά ζητήματα έρευνας σχετικά με την αγορά και τη συμπεριφορά των καταναλωτών και αναλύσεις κόστους.

Όπως είναι προφανές λοιπόν τα ζητήματα που άπτονται της λειτουργίας των logistics σε μια επιχείρηση είναι αρκετά ετερόκλητα, καθώς έχουν να κάνουν με περισσότερους από έναν τομείς της οργάνωσης του εργοστασίου αλλά όλα μαζί συνθέτουν έναν κύκλο ροής του προϊόντος από την παραγωγή του στο εργοστάσιο μέχρι την παράδοση του στα χέρια του καταναλωτή, ο οποίος μπορεί να είναι και μια ολόκληρη επιχείρηση.

2.1.3 Ο Ρόλος Του Ανθρωπίνου Δυναμικού Στη Διοίκηση Των Logistics

Πρόκειται για μια παράμετρο μείζονος σημασίας καθώς το ανθρώπινο δυναμικό σε όλη τη διάρθρωση της ιεραρχίας του τμήματος logistics μιας εταιρίας, αποτελεί από τα κατώτερα μέχρι τα ανώτατα στελέχη, το σημαντικότερο κεφάλαιο της εν λόγω εταιρίας. Πραγματικά το ανθρώπινο δυναμικό είναι εκείνο που επεμβαίνει και εργάζεται είτε πνευματικά είτε σωματικά καθ' όλη τη διάρκεια από το σχεδιασμό ως και την πλήρη υλοποίηση ενός συστήματος logistics μιας επιχείρησης ή και ενός οργανισμού. Προφανώς λοιπόν το ανθρώπινο δυναμικό συμβάλλει στην ύπαρξη μιας ή όχι μιας επιτυχημένης διοίκησης logistics.

Υπάρχουν μάλιστα συγκεκριμένες παράμετροι στις οποίες καταδεικνύεται η σημαντική συμβολή του ανθρώπινου δυναμικού που επανδρώνει τον τομέα των logistics. Αρχικά το τμήμα logistics, όπως και τα υπόλοιπα τμήματα μιας επιχείρησης, καλείται να λάβει συγκεκριμένες αποφάσεις που ενδεχομένως να επηρεάσουν την πορεία της επιχείρησης. Για να είναι εύρυθμη η λειτουργία των logistics θα πρέπει οι αποφάσεις αυτές να λαμβάνονται στο σωστό ιεραρχικό επίπεδο αλλά και στο σωστό
χρόνο.

Επιπλέον το ανθρώπινο δυναμικό μπορεί να αυξήσει την παραγωγικότητα και γενικότερα την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα των logistics μιας επιχείρησης. Ενδεικτικό στοιχείο για το αν είναι παραγωγικό ή όχι ένα τμήμα logistics αποτελούν δείκτες όπως είναι το ποσοστό λαθών στις ολοκληρωμένες παραγγελίες ή ακόμη και η επίτευξη ή όχι των αρχικών στόχων του τμήματος.

Η ύπαρξη προκαθορισμένων στόχων του τμήματος logistics, ήδη από την δημιουργία του αποτελεί στοιχείο- κλειδί για την επιτυχή του λειτουργία. Πραγματικά δεν μπορεί κανείς να αξιολογήσει επακριβώς ένα οποιοδήποτε τμήμα μιας επιχείρησης, αν δεν γνωρίζει πρώτα ποιος είναι ο σκοπός ύπαρξης του στον

επιχειρησιακό ιστό. Από την άλλη πλευρά ούτε οι ίδιοι οι εργαζόμενοι μπορούν να είναι παραγωγικοί και να δουλέψουν συσπειρωμένοι σαν ομάδα, αν δεν γνωρίζουν πρώτα ποιο είναι το αντικείμενο εργασίας τους και ποιο είναι το επιθυμητό αποτέλεσμα για το οποίο θα εργαστούν. Στην περίπτωση των logistics συνήθως ο κύριος στόχος είναι η ικανοποίηση των πελατών μέσω της ελαχιστοποίησης του κόστους παροχής υπηρεσιών από την πλευρά της επιχείρησης ή του οργανισμού.

Πλήρως συνδεδεμένη με τη λειτουργία και εν γένει τη διοίκηση των logistics είναι η έννοια της ενδυνάμωσης του ανθρώπινου δυναμικού. Ουσιαστικά στοχεύει στην πλήρη και αποτελεσματική αξιοποίηση των ικανοτήτων των εργαζόμενων, έτσι ώστε να αυξηθεί η δυναμική του τμήματος των logistics μέσω της επίτευξης υψηλών επιπέδων απόδοσης και παραγωγικότητας. Σε αυτό θα πρέπει να συμβάλλει και η ύπαρξη ποιοτικού εργασιακού περιβάλλοντος, καθώς και η ύπαρξη αρμονικών σχέσεων μεταξύ των εργαζόμενων ανεξάρτητα από την θέση που καταλαμβάνουν στην ιεραρχία.

2.1.4 Κόστος Και Logistics

Τα ζητήματα που έχουν να κάνουν με το κόστος απασχολούν σε μεγάλο βαθμό την διοίκηση logistics μιας επιχείρησης. Στην πραγματικότητα το κόστος των προϊόντων όπως φτάνουν στα χέρια του καταναλωτή, δεν είναι απόρροια μόνο του κόστους παραγωγής αλλά και του κόστους αποθήκευσης, μεταφοράς, διανομής, διοίκησης, συσκευασίας και άλλων διαδικασιών. Βέβαια στόχο της διοίκησης logistics αποτελεί μεταξύ άλλων και η ελαχιστοποίηση όλων των δαπανών που έχουν να κάνουν με τις δραστηριότητες των logistics και επιβαρύνουν οικονομικά την επιχείρηση. Σε κάθε περίπτωση όμως απαιτείται ο υπολογισμός όλων των σχετικών δαπανών με το κόστος logistics καθώς όλα τα στοιχεία του κόστους πρέπει να υπολογισθούν ως σύνολο και κατόπιν να γίνει προσπάθεια ελαχιστοποίησης του συνολικού κόστους. Τα κυριότερα από τα στοιχεία του κόστους των logistics είναι τα εξής:

- Δαπάνες μεταφορών
- Δαπάνες αποθήκευσης και συσκευασίας
- Κόστος διατήρησης αποθέματος
- Κόστος φυσικής διακίνησης υλικών και πληροφοριών

Σε γενικές γραμμές θα λέγαμε ότι οποιαδήποτε επιχείρηση μπορεί να χάσει και χάνει στην πραγματικότητα χρήματα από μερικούς πελάτες αλλά και πιθανώς από μερικά από τα προϊόντα που η ίδια παράγει. Πρακτικά αυτό συμβαίνει καθώς σύμφωνα με τα σύγχρονα μοντέλα ελέγχου του κόστους και πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με την ABC ανάλυση4, το 20 % των καλύτερων προϊόντων ή και πελατών μπορεί να της αποφέρει το 80 % των κερδών της. Εμπειρικά προτάθηκε να τροποποιηθεί ο κανόνας αυτός θεωρώντας ότι το 20 % των καλύτερων πελατών αποφέρει μεν το 80 % των κερδών της εταιρίας, αλλά το 30 % των κερδών αυτών δαπανάται για τη εξυπηρέτηση των λιγότερο αποδοτικών πελατών5.

Σε κάθε περίπτωση οι μεσαίοι πελάτες θεωρούνται ως οι πλέον κερδοφόροι για μια επιχείρηση καθώς απαιτούν καλή εξυπηρέτηση αλλά καταβάλλουν ακέραια

την τιμή του προϊόντος, χωρίς να απολαμβάνουν εκπτώσεις στις τιμές όπως οι μεγαλύτεροι πελάτες, οι οποίοι και μειώνουν το ύψος των κερδών της επιχείρησης. Με αυτή τη λογική η επιχείρηση θα πρέπει να γνωρίζει ότι κάθε προσπάθεια μείωσης του κόστους του συστήματος logistics θα συνεπάγεται με πτώση της ποιότητας ή καλύτερα του επιπέδου εξυπηρέτησης πελατών και αντίστροφα κάθε αύξηση της ποιότητας των υπηρεσιών εξυπηρέτησης πελατών θα συνοδεύεται από ανάλογη αύξηση του κόστους για την επιχείρηση. Από την άλλη πλευρά το κόστος των υπηρεσιών logistics δεν αυξάνεται γραμμικά με την αύξηση του επιπέδου εξυπηρέτησης πελατών, αλλά για κάθε αύξηση του επιπέδου εξυπηρέτησης πελατών απαιτείται δαπάνη πολύ περισσότερων μονάδων κόστους.

Άλλος ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας στη διαμόρφωση του κόστους του συστήματος logistics μιας επιχείρησης είναι η οργάνωση των αποθηκών και η διατήρηση των αποθεμάτων. Σήμερα υπάρχουν πολλοί τρόποι οργάνωσης της αποθήκης ώστε να επιτευχθεί καλύτερη διαχείριση των προϊόντων με το μικρότερο δυνατό κόστος. Ως τελευταία τάση στη διατήρηση των αποθεμάτων μιας επιχείρησης υφίσταται το σύστημα Just In Time (JIT), το οποίο προτείνει ουσιαστικά την ελαχιστοποίηση των αποθεμάτων που διατηρεί η επιχείρηση στις αποθήκες της χωρίς βέβαια να υστερεί στην άμεση κάλυψη των αναγκών των πελατών της. Στην πραγματικότητα η λανθασμένη τοποθέτηση των προϊόντων στην αποθήκη για παράδειγμα μπορεί να αυξήσει την διάρκεια του κύκλου παραγγελίας των προϊόντων. Γι’ αυτό το λόγο είναι πλέον πολύ δαπανηρό να διατηρούνται αποθέματα σε κάθε φάση της παραγωγικής διαδικασίας, όπως για παράδειγμα αποθέματα υλικών συσκευασίας, αποθέματα πρώτων υλών ή και τελικών προϊόντων. Γενικότερα οι εργασίες που εκτελούνται στην αποθήκη πρέπει να είναι ακριβείς και να αποπερατώνονται γρήγορα και οικονομικά καθώς επηρεάζουν σημαντικά την τελική διαμόρφωση του κόστους του συστήματος logistics.

Τέλος αξίζει να τονισθεί ιδιαίτερα η συμβολή του κόστους των μεταφορών στο συνολικό κόστος του συστήματος logistics μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού. Πρόκειται βέβαια για έναν παράγοντα που θα πρέπει να έχει υπολογισθεί με όσο το δυνατόν περισσότερη ακρίβεια, ήδη από το σχεδιασμό του συστήματος logistics. Η μελέτη και η εκτίμηση του κόστους μεταφοράς περιλαμβάνει τόσο τον υπολογισμό των δαπανών για το μεταφορικό στόλο της επιχείρησης, ο οποίος μπορεί να είναι είτε ιδιόκτητος είτε μισθωμένος εν μέρει, όσο και το χρόνο που πρέπει να δαπανηθεί για να μεταφερθούν τα προϊόντα στον πελάτη στο επιθυμητό και προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Ενδεικτικό για το σημαντικό ρόλο που παίζει ο παράγοντας του μεταφορικού κόστους στο συνολικό κόστος του συστήματος logistics που επιβαρύνει την επιχείρηση, αποτελεί η επιλογή του τόπου παραγωγής των πρώτων υλών που απαιτούνται για την κατασκευή του προϊόντος, ως τόπου εγκατάστασης της επιχείρησης.

Γενικότερα θα πρέπει πάντα να έχουμε κατά νου ότι η ποιότητα αποτελεί καθοριστικό στοιχείο για την επίτευξη χαμηλού κόστους στο logistics management. Όπως ήδη επισημάναμε τα λάθη στη διαδικασία των logistics είναι ιδιαίτερα δαπανηρά, καθώς κοστίζουν τα διπλά στην επιχείρηση, εφόσον υποχρεώνεται στην περίπτωση όπου για παράδειγμα έχει αποστείλει λανθασμένο προϊόν σ’ έναν πελάτη να πάρει πίσω το εν λόγω προϊόν, να το μεταφέρει πίσω και να επανατοποθετηθεί στην αποθήκη αλλά και να μεταφέρει στον πελάτη το προϊόν εκείνο που αρχικά είχε παραγγείλει. Σε αυτή την περίπτωση εκτός από την

ταλαιπωρία και τη χρονική καθυστέρηση που υπομένει ο πελάτης προκειμένου να πάρει το επιθυμητό προϊόν, η επιχείρηση υφίσταται το αυξημένο μεταφορικό κόστος λόγω των διπλών διαδρομών και της αναστάτωσης στο πρόγραμμα διανομών που πιθανώς να είχε καταρτίσει, αλλά και το αυξημένο κόστος των γραφειοκρατικών διαδικασιών που απαιτούνται για
την εκ νέου εισαγωγή του προϊόντος στην αποθήκη.

Εν κατακλείδι δεν είναι λίγοι εκείνοι που υποστηρίζουν ότι η καλύτερη μέθοδος ελαχιστοποίησης του κόστους των logistics μιας επιχείρησης, είναι ο σωστός σχεδιασμός του συστήματος εξαρχής και ο καθορισμός των στόχων που πρέπει να επιτευχθούν μέσω αυτού του συστήματος logistics. Η μείωση του κόστους επέρχεται όταν η διοίκηση logistics της επιχείρησης φροντίζει για την ελαχιστοποίηση των
αποκλίσεων από τους προκαθορισμένους στόχους του συστήματος.

2.2 Ορισμός Και Σκοπός Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας αναφέρεται στο σχεδιασμό και τη διαχείριση όλων των ενεργειών-δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τις διαδικασίες προμήθειας, την παραγωγή-μεταποίηση και όλες τις δραστηριότητες της διανομής. Επιπλέον, συμπεριλαμβάνει το συντονισμό και τη συνεργασία με όλους τους εταίρους του καναλιού εφοδιασμού, πού μπορεί να είναι προμηθευτές, μεσάζοντες, εταιρείες παροχής υπηρεσιών και πελάτες. Κατ' ουσία, η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας ενοποιεί και ολοκληρώνει το σχεδιασμό, τις προμήθειες, την παραγωγή, την αποθήκευση, τη μεταφορά και τις πωλήσεις τόσο μέσα στις επιχειρήσεις όσο και μεταξύ αυτών.

Ο αντικειμενικός λοιπόν σκοπός της Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας είναι η αύξηση της συνολικής κερδοφορίας κατά μήκος της αλυσίδας που συνεπάγεται την αύξηση της κερδοφορίας όλων των εταίρων της. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατανόηση και ικανοποίηση των πελατειακών αναγκών στον απαιτούμενο χρόνο, και με την προσφορά προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας και ανταγωνιστικού κόστους. Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, απαραίτητα χαρακτηριστικά των εφοδιαστικών αλυσίδων που ανταγωνίζονται μέσα στο σύγχρονο παγκοσμιοποιημένο περιβάλλον είναι η ευελιξία και η ταχεία προσαρμοστικότητα τους στις δυναμικά μεταβαλλόμενες συνθήκες.

2.2.1 Οι Επτά Βασικές Αρχές Της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

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.*(Βιβλιογραφία : 5)*

2.2.2 Μέλη Της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Ενός Δικτύου Διανομής

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.*(Βιβλιογραφία : 5)*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ

3.1 Εισαγωγή Στο Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων(VRP-VEHICLE ROUTING PROBLEM)

Τις τελευταίες δεκαετίες η επιστήμη της Επιχειρησιακής έρευνας ασχολείται όλο και περισσότερο με θέματα και μοντέλα βελτιστοποίησης 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 στη Βόρεια Αμερική καθώς και στην Ευρώπη έφερε ένα σημαντικό ποσοστό αποταμιεύσεων το οποίο φτάνει το 20% του συνολικού κόστους μεταφοράς. Από αυτό το ποσοστό εύκολα διαπιστώνεται ότι ο αντίκτυπος του στην παγκόσμια οικονομία είναι άμεσος. Πράγματι, οι μεταφορές και ότι αυτές περιλαμβάνουν, περικλείουν όλα τα στάδια μιας παραγωγικής διαδικασίας και των συστημάτων διανομής και αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό ποσοστό 10-20% του τελικού κόστους των προϊόντων.

Αρωγός στην αύξηση της χρήσης των παραπάνω μοντέλων, είναι η δημιουργία λογισμικών πακέτων και πληροφοριακών συστημάτων με δυνατότητες επίλυσης πολύπλοκών προβλημάτων όμοιων με αυτών που αντιμετωπίζει μια σύγχρονη μονάδα παραγωγής. Γι’ αυτό και η χρησιμοποίησή 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 διαρκής 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 περίπτωσή μας θα εξετάσουμε μόνο προβλήματα σχετικά με τη διανομή προϊόντων μεταξύ του χώρου αποθήκευσης και των τελικών αποδεκτών (πρατήρια). Τα προβλήματα αυτά είναι γνωστά ως προβλήματα δρομολόγησης οχημάτων (V.R.P).Στη συνέχεια της εργασίας θα χρησιμοποιούμε τον όρο VRP ως συντομία για τα προβλήματα δρομολόγησης οχημάτων, για λόγους ευκολίας και συντομίας. *(Βιβλιογραφία : 5)*

3.1.1 Στόχοι Επίλυσης Του Προβλήματος VRP

Οι στόχοι προς επίτευξη κατά την επίλυση ενός προβλήματος δρομολόγηση οχημάτων είναι αρκετοί και πολλές φορές προκύπτουν και από τον συνδυασμό τους.

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικοί από τους πλέον συνήθης είναι:

- Ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους μεταφοράς, το οποίο εξαρτάται από την ολική απόσταση των δρομολογίων (ή το χρόνο δρομολογίων) και τα κόστη χρήσης των οχημάτων και αμοιβής των οδηγών.

- Ελαχιστοποίηση του συνολικού αριθμού οχημάτων (και παράλληλα οδηγών) που χρειάζονται για την κάλυψη των αναγκών των πελατών.

- Ελαχιστοποίηση των ποινών-κυρώσεων που προκύπτουν από την μερική εξυπηρέτηση των πελατών.

- Εξισορρόπηση των διαδρομών των οχημάτων με βάση τον χρόνο μετάβασης και το φορτίο μεταφοράς.*(Βιβλιογραφία : 4)*

3.2 Ορισμός VRP

Το απλό VRP είναι ένα πρόβλημα ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού που στοχεύει στη δημιουργία περισσοτέρων του ενός δρομολογίου ώστε να προκύψει το ελάχιστο κόστος.

Η αντικειμενική συνάρτηση η οποία στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του κόστους,καθώς επίσης και οι περιορισμοί υπό τους οποίους λειτουργεί,φαίνονται παρακάτω:

Αντικειμενική Συνάρτηση

$$c^* = min \sum_v \quad \sum_{ij} \quad c_{ij}\, x_{ij}^v$$

Περιορισμοί

$\sum q_i x_{ij}^v \leq k$, για κάθε v = 1,2,……,k (3.2.1)

X = $[x_{ij}^v]$ ε S^*, όπου S^* το σύνολο όλων των λύσεων του προβλήματος (3.2.2)

$$x_{ij}^{v}=\begin{cases} 1, το\ όχημα\ ν\ πραγματοποιεί\ τη\ διαδρομή\ (\ i,j) \\ 0, το\ όχημα\ ν\ δεν\ πραγματοποιεί\ τη\ διαδρομή\ (i,j) \end{cases} \quad (3.2.3)$$

Τα δεδομένα που έχουμε στις παραπάνω εξισώσεις και τους περιορισμούς ερμηνεύονται ως εξής:

- Οι τοποθεσίες μπορούν να φτάσουν μέχρι τον αριθμό n
- Ένα κέντρο διανομής, i=1
- Η ποσότητα των πελατών φτάνει ως n-1
- k : η ποσότητα των διαθέσιμων οχημάτων της εταιρίας για τις μεταφορές
- Q_k : η χωρητικότητα του κάθε φορτηγού k
- q_i : ζήτηση του πελάτη i σε ποσότητα προϊόντων
- c_{ij} : το κόστος μεταφοράς των προϊόντων από τον πελάτη i στον πελάτη j

Κάθε όχημα k θα πραγματοποιεί μια συγκεκριμένη διαδρομή η οποία θα ξεκινάει και θα τερματίζει στο ίδιο σημείο,δηλαδή το κέντρο διανομής. Επίσης στην γενική του λύση θα πρέπει να ισχύουν οι εξής προϋποθέσεις :

- Όλα τα οχήματα της εταιρίας έχουν την ίδια χωρητικότητα Q
- Δεν υπάρχουν περιορισμοί χρόνου στην εκτέλεση των δρομολογίων(Time Windows)

Λαμβάνοντας υπ’όψην μας τα παραπάνω,το πρόβλημα τροποποιείται ως εξής :

- Οι τοποθεσίες μπορούν να φτάσουν μέχρι τον αριθμό n
- Ένα κέντρο διανομής, i=1
- Η ποσότητα των πελατών φτάνει ως n-1
- k : η ποσότητα των διαθέσιμων οχημάτων της εταιρίας για τις μεταφορές

- Q : η χωρητικότητα του κάθε φορτηγού k
- q_i : ζήτηση του πελάτη i σε ποσότητα προϊόντων
- c_{ij} : το κόστος μεταφοράς των προϊόντων από τον πελάτη i στον πελάτη j
- Οι πελάτες θα εξυπηρετούνται και τα οχήματα θα εξυπηρετούν με φθίνουσα σειρά των q_i και Q
- Κάθε όχημα θα εκτελεί μία μόνο διαδρομή με αρχή και τέλος το κέντρο διανομής

Έτσι προκύπτει η παραπάνω αντικειμενική συνάρτηση με τους αντίστοιχους περιορισμούς.

Ανάλογα με την πολιτική,τις κατευθύνσεις και τα δεδομένα της εταιρίας,τίθενται κάθε φορά διαφορετικοί περιορισμοί ώστε να υπάρχει το επιθυμητό αποτέλεσμα κατά τις κατασκευές των διαδρομών.

Αυτό το πρόβλημα μπορεί να επεκταθεί με διάφορους τρόπους,όπως για παράδειγμα αν προστεθούν στις διανομές και άλλα προϊόντα πέραν του ενός,αν προστεθεί περιορισμός χρόνου κατά την παράδοση των παραγγελιών, αν τα οχήματα έχουν διαφορετική χωρητικότητα και πολλές άλλες υποθέσεις που μπορούν να κάνουν το πρόβλημα ποιο πολύπλοκο και ποιο ενδιαφέρον προς μελέτη.

Στα παρακάτω υποκεφάλαια θα εξεταστούν διεξοδικά οι πέντε σημαντικότερες προεκτάσεις του προβλήματος που αφορούν τις απαιτήσεις των πελατών,τη χωρητικότητα και το χρονικό περιορισμό και είναι οι εξής :

- Το πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων Περιορισμένης Χωρητικότητας (Capacitated Vehicle Routing problem)
- Το πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Παραλαβές (Vehicle Routing Problem with Backhauls).
- Το πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Χρονικά Διαστήματα (Vehicle Routing Problem with Time Windows).
- Το πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Παραλαβές και Διανομές (Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery).
- Το πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Χρονικά Διαστήματα και Παραλαβές και Διανομές (Vehicle Routing Problem with Time Windows and Pickup and Delivery). *(Βιβλιογραφία : 4)*

3.2.1 Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Περιορισμένη Χωρητικότητα(CVRP)

Στο πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με περιορισμένη χωρητικότητα έχουμε τα εξής :

- Η ζήτηση των πελατών είναι προκαθορισμένη
- Όλα τα οχήματα έχουν την ίδια χωρητικότητα
- Τα οχήματα ξεκινούν από μια κεντρική αποθήκη
- Η χωρητικότητα είναι ο μοναδικός περιορισμός

Στόχος επίλυσης αυτού του προβλήματος είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους με βάση την εξυπηρέτηση των πελατών.Η μοντελοποίηση του προβλήματος με βάση τη θεωρία των γραφημάτων είναι η εξής :

Δίδεται πλήρες γράφημα G = (V,A)

- Με V = {1,2,…….,n} το σύνολο των κόμβων,όπου για V=1 θέτουμε την κεντρική αποθήκη και για V=2,3,…….,n θέτουμε τους πελάτες.
- Με A={1,2,…….,n} το σύνολο των τόξων

Αν τα τόξα του γραφήματος είναι μη προσανατολισμένα τότε το πρόβλημα μας είναι συμμετρικό ενώ αν είναι προσανατολισμένα, τότε το πρόβλημα μας είναι μη συμμετρικό.

Ο πίνακας κόστους που προκύπτει θα πρέπει να ικανοποιεί την παρακάτω τριγωνική ανισότητα :

$c_{in} + c_{nj} \geq c_{ij}$, για κάθε I,j,n ε V

Η ερμηνεία των c_{in}, c_{nj}, c_{ij} , δίδεται παρακάτω :

- c_{in} : συμβολίζει το κόστος από τον κόμβο i στον κόμβο n
- c_{nj} : συμβολίζει το κόστος από τον κόμβο n στον κόμβο j
- c_{ij} : συμβολίζει το κόστος από τον κόμβο I στον κόμβο j

Ερμηνεύοντας την παραπάνω ανισότητα,βλέπουμε πως για την ελαχιστοποίηση του κόστους συμφέρει την εταιρία η μετάβαση από τον κόμβο i στον κόμβο j χωρίς ενδιάμεση στάση στον κόμβο n.

Στόχος του συγκεκριμένου προβλήματος δρομολόγησης με περιορισμένη χωρητικότητα είναι να βρεθεί ένας αριθμός κύκλων με το ελάχιστο κόστος και τα εξής χαρακτηριστικά :

- Κάθε κύκλος ξεκινάει και τερματίζει από το ίδιο σημείο που είναι το κέντρο διανομής
- Κάθε πελάτης ικανοποιείται μόνο από ένα όχημα
- Το άθροισμα της ζήτησης των πελατών σε κάθε δρομολόγιο δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τη δυνατή χωρητικότητα το οχήματος. *(Βιβλιογραφία : 4)*

3.2.2 Το πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων Με Παραλαβές(VRPB)

Στο πρόβλημα αυτό δρομολόγησης το σύνολο V των πελατών χωρίζεται σε δύο υποσύνολα, το L και το B.Θεωρούμε ότι το πρώτο αποτελείται από n πελάτες (υποσύνολο L),καθένας από τους οποίους απαιτεί να του παραδοθεί μια συγκεκριμένη ποσότητα προϊόντων από το Κέντρο Διανομής. Ονομάζουμε αυτούς τους πελάτες, πελάτες παράδοσης (Line haul customers) ή προμηθευόμενους. Έστω τώρα ότι το δεύτερο υποσύνολο πελατών αποτελείται από m πελάτες από τους οποίους πρέπει να παραληφθεί μια συγκεκριμένη ποσότητα προϊόντων.Τους πελάτες αυτούς τους ονομάζουμε πελάτες παραλαβής (Backhaul Customers) ή προμηθευτές. Το σύνολο των πελατών είναι αριθμημένο έτσι ώστε L={1,.....,n} και B={n+1,....,n+m}.

Στόχος του συγκεκριμένου προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων με παραλαβές είναι να βρεθεί ένας αριθμός κύκλων με το ελάχιστο κόστος και τα εξής χαρακτηριστικά :

- Κάθε όχημα πραγματοποιεί μία διαδρομή
- Το κέντρο διανομής περιέχεται στην εκάστοτε διαδρομή
- Το συνολικό φορτίο σε κάθε διαδρομή δεν ξεπερνάει τη χωρητικότητα του οχήματος.Αυτο πραγματοποιείται ελέγχοντας συνεχώς τα φορτία των προμηθευτών και των προμηθευόμενων.Για q_i ζήτηση του πελάτη και Q χωρητικότητα του οχήματος,θα πρέπει να ισχύει ότι Q ≥ max {q(L),q(B)}

- Σε κάθε διαδρομή θέτουμε περιορισμό προτεραιότητας.Εξυπηρετόμενοι ταυτόχρονα προμηθευόμενοι και προμηθευτές,οι πρώτοι έχουν προτεραιότητα σε σχέση με τους δεύτερους καθώς πρώτα αδειάζει το φορτηγό και ύστερα ξαναγεμίζει. *(Βιβλιογραφία : 4)*

3.2.3 Το πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων Με Χρονικά Παράθυρα(VRPTW)

Στο πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Χρονικά Παράθυρα έχουμε ένα σύνολο πελατών που πρέπει να εξυπηρετηθούν από ένα σύνολο οχημάτων που εκκινούν και πάλι από την κεντρική αποθήκη της εταιρίας. Κάθε πελάτης έχει ένα φορτίο που πρέπει να περισυλλεχθεί μόνο που στο δεδομένο πρόβλημα ο ίδιος καθορίζει την χρονική περίοδο (χρονικό παράθυρο ή time window) στην οποία πρέπει να πραγματοποιηθεί η φόρτωση. Οι πελάτες εξυπηρετούνται από οχήματα δεδομένης χωρητικότητας και σκοπός της επίλυσης είναι να βρεθεί ένα σύνολο διαδρομών όπου κάθε όχημα εκκινεί και τελειώνει τη διαδρομή του στην κεντρική αποθήκη, η εξυπηρέτηση των πελατών γίνεται χωρίς να παραβιαστούν η χωρητικότητα και οι περιορισμοί που αφορούν τα χρονικά παράθυρα, ενώ παράλληλα ελαχιστοποιείται το συνολικό μήκος των διαδρομών.

Το πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Χρονικά Παράθυρα αποτελεί ουσιαστικά μια επέκταση του προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων Περιορισμένης χωρητικότητας. Οι περιορισμοί χωρητικότητας εξακολουθούν να ισχύουν όμως στην προκείμενη περίπτωση ισχύει και ο επιπλέον περιορισμός σύμφωνα με τον οποίο κάθε πελάτης πρέπει να εξυπηρετηθεί μέσα σε μια χρονική περίοδο (a_i,β_i). Τα επιπλέον δεδομένα που δίνονται για την επίλυση του προβλήματος είναι :

- Η χρονική στιγμή που ξεκινούν τα οχήματα από την αποθήκη
- Ο χρόνος ταξιδιού από την πόλη i στην πόλη j
- Χρόνος εξυπηρέτησης κάθε πελάτη s_i
- Χρονικά παράθυρα εξυπηρέτησης κάθε πελάτη

Η εξυπηρέτηση ενός πελάτη πρέπει να γίνει μέσα στο χρονικό παράθυρο που μπορεί ο πελάτης να εξυπηρετηθεί και το όχημα πρέπει να παραμείνει στον πελάτη για ένα χρονικό διάστημα ίσο με τον χρόνο εξυπηρέτησης του. Σε περίπτωση που το όχημα φτάσει σε έναν πελάτη νωρίτερα από τον προκαθορισμένο χρόνο, παραμένει στην τοποθεσία μέχρι να ξεκινήσει το χρονικό παράθυρο.

Συνήθως οι πίνακες κόστους και χρόνου μετάβασης συμπίπτουν και τα χρονικά διαστήματα καθορίζονται με βάση την υπόθεση ότι όλα τα οχήματα εκκινούν από την κεντρική αποθήκη την χρονική στιγμή 0. Επιπρόσθετα, οι απαιτήσεις των Χρονικών Παραθύρων απαιτούν πλήρη προσανατολισμό για κάθε

διαδρομή ακόμα κι όταν πρόκειται για προβλήματα με τους αρχικούς πίνακες συμμετρικούς, οπότε στο πλήθος των περιπτώσεων το πρόβλημα μοντελοποιείται ως μη συμμετρικό πρόβλημα.

Υπάρχουν δύο ειδών χρονικά παράθυρα. Τα χαλαρά, όπου αν ένα όχημα φτάσει σε κάποιον πελάτη σε χρόνο που δεν ανήκει στο χρονικό παράθυρο που του αντιστοιχεί, μπορεί να ξεκινήσει την εξυπηρέτηση του κανονικά εκείνη τη χρονική στιγμή. Στην περίπτωση των σκληρών Χρονικών Διαστημάτων, όμως, δεν επιτρέπεται η εξυπηρέτηση του πελάτη αν το όχημα φτάσει σε αυτόν αργότερα από τον αργότερο χρόνο εξυπηρέτησης. Αν όμως το όχημα φτάσει νωρίτερα από τον νωρίτερο χρόνο εξυπηρέτησης του πελάτη τότε μπορεί να περιμένει μέχρι ο χρόνος ταξιδιού να γίνει ίσος με τον νωρίτερο χρόνο εξυπηρέτησης του συγκεκριμένου πελάτη.

Στόχος του συγκεκριμένου προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων με χρονικά περιθώρια είναι να βρεθεί ένας αριθμός κύκλων με το ελάχιστο κόστος και τα εξής χαρακτηριστικά :

- Η ζήτηση κάθε πελάτη ικανοποιείται από ένα μόνο όχημα
- Κάθε κύκλος ξεκινάει και καταλήγει στην κεντρική αποθήκη
- Το άθροισμα της ζήτησης των πελατών κάθε κύκλου δεν υπερβαίνει τη χωρητικότητα του οχήματος
- Σε κάθε πελάτη η εξυπηρέτηση εκκινεί μέσα στη χρονική περίοδο (a_i ,β_i) και το όχημα παραμένει εκεί για χρόνο που ισοδυναμεί με τον χρόνο εξυπηρέτησης του πελάτη.

Το πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Χρονικά Παράθυρα αποδίδεται σε ένα γράφημα G= (V, A) στο οποίο η αποθήκη συμβολίζεται από τους κόμβους 1 και n+1.Επομένως σε κάθε κύκλο ο αρχικός κόμβος είναι ο 1 ενώ ο τελικός είναι ο n+1.Τα χρονικά παράθυρα που αντιστοιχούν στους δύο αυτού κόμβους είναι μηδενισμένα όπως επίσης μηδενισμένη είναι και η ζήτηση καθώς και οι χρόνοι εξυπηρέτησης τους, δηλαδή $d_1 = d_{n+1} = S_1 = S_{n+1} = 0$.

Η μαθηματική διατύπωση του προβλήματος είναι η εξής :

Αντικειμενική Συνάρτηση :

$$C=\min\sum_{i,j} c_{ij}\sum_{v} x_{ijv}$$

Περιορισμοί :

$\sum_{k\ \varepsilon\ E} \sum_{j\ \varepsilon\ V} x_{ijv}$ =1 για κάθε i Є N. (3.2.3.1)

$\sum_{i\varepsilon V-\{0\}} x_i$ = 1 για κάθε j Є N,v Є K. (3.2.3.2)

$\sum_{i\varepsilon V-\{j\}} x_{ijv}$ - $\sum_{i\varepsilon V-\{j\}} x_{jiv}$ = 0 για κάθε j Є N,v Є K. (3.2.3.3)

$\sum_{i\varepsilon V-\{n+1\}} x_{in+1v}$ = 1 για κάθε v Є K. (3.2.3.4)

$X_{ijv}(w_{iv} + s_i + t_{ij} + w_{jv}) \leq 0$ για κάθε v Є K,(i,j) Є A. (3.2.3.5)

$\alpha_i \sum_{j\varepsilon V} x_{ijv} \leq w_{iv} \leq \beta_i \sum_{j\varepsilon V} x_{ijv}$ για κάθε i Є N,v Є K. (3.2.3.6)

$E \leq w_{iv} \leq L$ για κάθε i Є (0,n+1), v Є K. (3.2.3.7)

$\sum_{i\varepsilon N} d_i \sum_{j\varepsilon V} x_{ijv} \leq C$ για κάθε v Є K. (3.2.3.8)

$x_{ijv} \geq 0$ για κάθε v Є K,(i,j) Є A. (3.2.3.9)

$$x_{ij}^{v} = \begin{cases} 1, το\ όχημα\ v\ χρησιμοποιεί\ το\ τόξο\ (i,j) \\ 0, διαφορετικά \end{cases}$$

Στην παραπάνω διατύπωση χρησιμοποιήθηκαν δύο είδη μεταβλητών, η x_{ijv} για τις μεταβλητές ροής και η w_{iv} ως χρονική μεταβλητή που καθορίζει πότε θα εξυπηρετηθεί ένα πελάτης i από ένα όχημα v.

Η αντικειμενική συνάρτηση εκφράζει το συνολικό κόστος. Με τους περιορισμούς (3.2.3.2)- (3.2.3.4) χαρακτηρίζουμε τη ροή της διαδρομής που κάνει το όχημα v. Οι περιορισμοί (3.2.3.5), (3.2.3.7) και (3.2.3.8) ελέγχουν αν είναι εφικτή η τοποθέτηση ενός πελάτη σε ένα κύκλο με βάση τα χρονικά διαστήματα και τη χωρητικότητα του οχήματος. Με τη χρήση του περιορισμού (3.2.3.6) θέτουμε το w_{iv} ίσο με μηδέν αν ένα όχημα δεν επισκέπτεται τους πελάτες i και j στη συγκεκριμένη διαδρομή. *(Βιβλιογραφία : 4)*

3.2.4 Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων Με Παραλαβές Και Διανομές(VRPPD)

Στο πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Παραλαβές και Διανομές έχουμε ένα σύνολο από πελάτες που πρέπει να εξυπηρετηθούν από έναν δεδομένο αριθμό οχημάτων που εκκινούν και πάλι από την κεντρική αποθήκη της εταιρίας. Στο συγκεκριμένο πρόβλημα όμως κάθε πελάτης σχετίζεται με δύο ποσότητες d_i και p_i που υποδηλώνουν τον αριθμό των προϊόντων που πρέπει να διανεμηθούν και να παραληφθούν από τον συγκεκριμένο πελάτη. Σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιείται μόνο μια ποσότητα για κάθε πελάτη $d_i = d_i - p_i$, που υπολογίζει τη διαφορά μεταξύ των ζητήσεων διανομής και παραλαβής (λαμβάνει και αρνητικές τιμές). Για κάθε πελάτη καθορίζονται δύο κόμβοι, ο O_i (κόμβος από τον οποίο εκκινούν τα προϊόντα που θα διανεμηθούν) και ο D_i (κόμβος στον οποίο καταλήγουν τα προϊόντα που συλλέγονται). Σε αρκετές περιπτώσεις οι δύο αυτοί κόμβοι αναφέρονται στην ίδια κορυφή, την κεντρική αποθήκη δηλαδή. Στο παρών πρόβλημα, παράλληλα, πρέπει να ισχύει πάντα ο περιορισμός πως σε κάθε πελάτη η διανομή των προϊόντων πρέπει να γίνεται πάντα πριν από την παραλαβή, ώστε η συνολική φόρτωση του οχήματος τη χρονική στιγμή που φτάνει το όχημα σε έναν καινούριο πελάτη να είναι ίση με την αρχική φόρτωση από την αποθήκη μείον το άθροισμα των προϊόντων που διένειμε στους προηγούμενους πελάτες συν το άθροισμα των προϊόντων που ικανοποιήθηκαν με παραλαβές από τους προηγούμενους πελάτες.

Η επίλυση του προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων με Παραλαβές και Διανομές συνίσταται στην εύρεση ακριβώς K διαδρομών με ελάχιστο κόστος τέτοιους ώστε :

- Κάθε κύκλος εκκινεί και καταλήγει στην κεντρική αποθήκη.
- Η ζήτηση κάθε πελάτη ικανοποιείται από ένα μόνο όχημα.
- Το φορτίο του οχήματος κατά τη διάρκεια ενός κύκλου δεν μπορεί να πάρει αρνητικές τιμές αλλά ούτε και να υπερβεί την χωρητικότητα του οχήματος.
- Για κάθε πελάτη i ο κόμβος O_i πρέπει να εξυπηρετηθεί από την ίδια διαδρομήκαι πριν από τον κόμβο D_i ,αρκεί να είναι διαφορετικός από την κεντρική αποθήκη.
- Για κάθε πελάτη i ο κόμβος D_i πρέπει να εξυπηρετηθεί από την ίδια διαδρομή και μετά από τον κόμβο O_i ,αρκεί να είναι διαφορετικός από την κεντρική αποθήκη. *(Βιβλιογραφία : 5)*

3.2.5 Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων Με Χρονικά Παράθυρα,Με Παραλαβές Και Διανομές(VRPTWPD)

Το πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Χρονικά Παράθυρα και Παραλαβές και διανομές είναι η σύνθεση των δύο προβλημάτων που παρουσιάστηκαν στις δύο προηγούμενες παραγράφους, του προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων με Χρονικά Παράθυρα και του προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων με Παραλαβές και Διανομές.

Στο συγκεκριμένο πρόβλημα έχουμε ένα σύνολο από πελάτες N={2,.,n} που πρέπει να εξυπηρετηθούν από έναν δεδομένο αριθμό οχημάτων K που εκκινούν και πάλι από την κεντρική αποθήκη της εταιρίας.Κάθε πελάτης χαρακτηρίζεται από την γεωγραφική του θέση, τον αριθμό προϊόντων παραλαβής και διανομής d_i και p_i καθώς και από τα χρονικά παράθυρα (α_i ,β_i) στα οποία πρέπει να εξυπηρετηθεί. Ένα όχημα μπορεί να φτάσει σε έναν πελάτη νωρίτερα από τον νωρίτερο χρόνο εξυπηρέτησης του και να παραμείνει εκεί χωρίς επιπλέον κόστος μέχρι να τον εξυπηρετήσει. Ωστόσο σε καμία περίπτωση δεν επιτρέπεται η εξυπηρέτηση κανενός πελάτη μετά το πέρας του βραδύτερου χρόνου εξυπηρέτησης του.

Το πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Χρονικά Παράθυρα και με Παραλαβές και Διανομές αποδίδεται σε ένα γράφημα G= (V, A) στο οποίο η αποθήκη συμβολίζεται από τους κόμβους 1 και n+1. Επομένως σε κάθε κύκλο ο αρχικός κόμβος είναι ο 1 ενώ ο τελικός είναι ο n+1. Τα χρονικά παράθυρα που αντιστοιχούν στους δύο αυτού κόμβους είναι μηδενισμένα όπως επίσης μηδενισμένη είναι και η ζήτηση καθώς και οι χρόνοι εξυπηρέτησης τους, δηλαδή $d_1 = d_{n+1} = s_1 = s_{n+1} = 0$. Με τους συμβολισμούς c_{ij} και t_{ij} δηλώνουμε το κόστος και χρόνο διαδρομής για να μετακινηθεί ένα όχημα από τον κόμβο i στον κόμβο j.

Σκοπός του προβλήματος είναι η εξυπηρέτηση των πελατών με ελαχιστοποίηση του κόστους και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Κάθε κύκλος εκκινεί και καταλήγει στην κεντρική αποθήκη.
- Κάθε πελάτης δέχεται επίσκεψη σε ένα μόνο κύκλο
- Το φορτίο του οχήματος κατά τη διάρκεια ενός κύκλου δεν μπορεί να πάρει αρνητικές τιμές αλλά ούτε και να υπερβεί την χωρητικότητα του οχήματος.
- Σε κάθε πελάτη η εξυπηρέτηση εκκινεί μέσα στη χρονική περίοδο (α_i ,β_i) και το όχημα παραμένει εκεί για χρόνο που ισοδυναμεί με τον χρόνο εξυπηρέτησης του πελάτη.
- Για κάθε πελάτη i ο κόμβος O_i πρέπει να εξυπηρετηθεί από την ίδια διαδρομή και πριν από τον κόμβο D_i ,αρκεί να είναι διαφορετικός από την κεντρική αποθήκη.

- Για κάθε πελάτη i ο κόμβος D_i πρέπει να εξυπηρετηθεί από την ίδια διαδρομή και μετά από τον κόμβο O_i ,αρκεί να είναι διαφορετικός από την κεντρική αποθήκη.

Το πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Χρονικά Παράθυρα και Παραλαβές και Διανομές μπορεί να διατυπωθεί μαθηματικά ως εξής :

Αντικειμενική Συνάρτηση :

$$C=\min\sum_{i,j} c_{ij}\sum_{v} x_{ijv}$$

Όπου

- D_i^v : ο αριθμός των διανομών που έχουν γίνει από το όχημα v μόλις φεύγει από τον πελάτη i
- P_i^v : ο αριθμός των παραλαβών που έχουν γίνει από το όχημα v μόλις φεύγει από τον πελάτη i
- T_i^v : ο χρόνος στον οποίο το όχημα v φτάνει στον κόμβο i

Περιορισμοί :

$$x_{ij}^v = \begin{cases} 1, το\ όχημα\ v\ χρησιμοποιεί\ το\ τόξο\ (i,j) \\ 0, διαφορετικά \end{cases}$$

$\sum_{v\varepsilon E} \sum_{j\ \varepsilon\ V} x_{ijv}=1$	για κάθε i Є N	(3.2.5.1)
$\sum_{i\varepsilon V} x_{ip}^v = \sum_{j\varepsilon V} x_{pj}^v$	για κάθε p Є N, v Є K	(3.2.5.2)
$\sum_{j\varepsilon v} x_{if}^v \leq 1$	για κάθε v Є K	(3.2.5.3)
$\sum_{i\varepsilon N} x_{i,n+1}^v = \sum_{j\varepsilon N} x_{1,j}^v$	για κάθε v Є K	(3.2.5.4)
$D_i^v + P_i^v \leq Q$	για κάθε i Є V, v Є K	(3.2.5.5)
$D_{n+1}^v = 0$	για κάθε v Є K	(3.2.5.6)

$D_1^k = \sum_{i\varepsilon N} \quad \sum_{j\varepsilon N} x_{ij}^k \, d_i$ για κάθε v Є K (3.2.5.7)

$P_{n+1}^v = \sum_{i\varepsilon N} \quad \sum_{j\varepsilon N} x_{ij}^v \, p_i$ για κάθε v Є K (3.2.5.8)

$P_1^v = 0$ για κάθε v Є K (3.2.5.9)

$x_{ij}^v \, (\, P_i^v + p_i - P_j^v \,) = 0$ για κάθε i,j e V, v e K (3.2.5.10)

$x_{ij}^v \, (\, D_i^v + d_i - D_j^v \,) = 0$ για κάθε i,j e V, v e K (3.2.5.11)

$x_{ij}^v \, (\, T_i^v + t_i - T_j^v \,) = 0$ για κάθε i,j e V, v e K (3.2.5.12)

$a_i \leq T_i \leq b_i$ για κάθε i Є V, v Є K (3.2.5.13)

$D_i^v \geq 0$ για κάθε i Є V, v Є K (3.2.5.14)

$P_i^v \geq 0$ για κάθε i Є V, v Є K (3.2.5.15)

Στόχος της αντικειμενικής συνάρτησης είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους της εκάστοτε διαδρομής. Ο περιορισμός (3.2.5.1) ελέγχει το ότι κάθε πελάτης εξυπηρετείται από ένα μόνο όχημα ενώ ο (3.2.5.2) δεσμεύει πως το όχημα που πηγαίνει σε ένα κόμβο είναι το ίδιο με αυτό που εξέρχεται από τον ίδιο κόμβο. Οι περιορισμοί (3.2.5.3), (3.2.5.4) δεσμεύουν κάθε όχημα να χρησιμοποιείται μόνο μια φορά. Με τον περιορισμό (5) ελέγχουμε αν το φορτίο του οχήματος, όταν εξέρχεται από κάθε κόμβο, είναι μικρότερο της χωρητικότητας του φορτηγού. Οι περιορισμοί (3.2.5.7) και (3.2.5.9) δεσμεύουν κάθε όχημα να εκκινεί από την κεντρική αποθήκη γεμάτο με προϊόντα προς διάθεση ενώ το φορτίο παραλαβής είναι ίσο με μηδέν. Οι περιορισμοί (3.2.5.6) και (3.2.5.8) εγγυώνται πως όταν τα οχήματα επιστρέφουν στην κεντρική αποθήκη, έχουν διανείμει και αντίστοιχα παραλάβει όλα τα προϊόντα από τους κόμβους που διήλθαν. Οι περιορισμοί- ισότητες (3.2.5.10) και (3.2.5.11)δηλώνουν πως αν ένα όχημα πάει σε έναν κόμβο, τότε η ποσότητα διανομής μειώνεται κατά ποσό ίσο με το ποσό που διένειμε στον συγκεκριμένο κόμβο και η ποσότητα παραλαβής αυξάνεται αντίστοιχα.Ο περιορισμός (3.2.5.12) ελέγχει το χρόνο που εξυπηρετεί ένα όχημα κάποιον κόμβο ώστε ο χρόνος εξυπηρέτησης να είναι τουλάχιστον ίσος με τον .ενωρίτερο. χρόνο του κόμβου.Ο περιορισμός (3.2.5.13), τέλος, δηλώνει τα χρονικά διαστήματα για κάθε κόμβο. *(Βιβλιογραφία : 4)*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

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

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με διάφορες ευρετικές και μεθευρετικές μεθόδους οι οποίες χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων δρομολόγησης οχημάτων(VRP).

4.2 Ευρετικές Μέθοδοι

Οι ευρετικές μέθοδοι παράγουν λύσεις καλής ποιότητας σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα.Αυτό συμβαίνει γιατί πραγματοποιούν περιορισμένη αναζήτηση στο διάστημα των πιθανών λύσεων.

Κεντρικό χαρακτηριστικό των ευρετικών προσεγγίσεων είναι, πρώτον, η αξιοποίηση χαρακτηριστικών του προβλήματος όσον αφορά τα κριτήρια και τη σειρά με την οποία επιλέγονται οι υποψήφιες λύσεις και επαληθεύονται οι περιορισμοί.Δεύτερον,ενδέχεται στο ίδιο πρόβλημα αλλά για ορισμένες τιμές των παραμέτρων να παρέχει καλύτερες λύσεις κάποιος ευρετικός αλγόριθμος ενώ για άλλες τιμές άλλος ευρετικός αλγόριθμος.

Υπάρχει ένας αρκετά μεγάλος αριθμός ευρετικών αλγορίθμων οι οποίοι όμως κατατάσσονται σε 3 κατηγορίες:

- Αλγόριθμοι Απληστίας(Greedy Algorithms)
- Προσεγγιστικοί Αλγόριθμοι(Approximation Algorithms)
- Αλγόριθμοι Τοπικής Αναζήτησης(Local Search Algorithms)

4.2.1 Αλγόριθμοι Απληστίας

Οι αλγόριθμοι απληστίας προσπαθούν να οδηγήσουν σε μια εφικτή λύση του προβλήματος,αλλά πολλές φορές χρειάζονται πάρα πολύ μεγάλο χρόνο γιατί είναι μυωπικοί αλγόριθμοι,δηλαδή βλέπουν μπροστά.Ο αλγόριθμος του πλησιέστερου γείτονα είναι ένα παράδειγμα. *(Βιβλιογραφία : 2)*

4.2.1.1 Αλγόριθμος Του Πλησιέστερου Γείτονα

Σε αυτή την ευρετική διαδικασία, ο πωλητής ξεκινά από κάποια πόλη και μετά επισκέπτεται την πόλη που είναι πλησιέστερη στην αρχική. Από εκεί επισκέπτεται την πλησιέστερη πόλη που δεν έχει ακόμη επισκεφτεί, μέχρις ότου όλες οι πόλεις περιληφθούν στην διαδρομή του, και τότε επιστρέφει στην αρχική πόλη. Τα βασικά βήματα του αλγόριθμου είναι:

Βήμα 1: Ξεκίνα με οποιοδήποτε κόμβο σαν ξεκίνημα της διαδρομής

Βήμα2:Βρίσκουμε τον πλησιέστερο κόμβο που δεν συμπεριλαμβάνεται στη διαδρομή και τον προσθέτουμε στο μονοπάτι.

Βήμα 3: Επαναλαμβάνουμε το Βήμα 2 μέχρις ότου όλοι οι κόμβοι ανήκουν στην διαδρομή. *(Βιβλιογραφία : 2)*

4.2.2 Προσεγγιστικοί Αλγόριθμοι

Οι προσεγγιστικοί αλγόριθμοι λειτουργούν όπως τους αλγόριθμους απληστίας,μόνο που για να λύσουν το πρόβλημα χρησιμοποιούν επιπλέον πληροφορία.Ο αλγόριθμος των Clark & Wright είναι ένα παράδειγμα.

4.2.2.1 Αλγόριθμος Των Εξοικονομήσεων Των Clark & Wright

Θεωρείται ο πρώτος κατασκευαστικός αλγόριθμος που προτάθηκε για την επίλυση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων.Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζονται οι εξοικονομήσεις όλων των πελατών και στη συνέχεια δημιουργούνται οι διαδρομές με βάση τις καλύτερες εξοικονομήσεις.Η διαδικασία έχει δύο εκδοχές,την παράλληλη και την ακολουθητική,και έχει την παρακάτω δομή:

Βήμα 1: Υπολογίζουμε τις εξοικονομήσεις για όλα τα ζεύγη των πελατών i και j

$s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$ για i,j = 1,2,……,n και i ≠ j

Βήμα2: Κατατάσσουμε τις εξοικονομήσεις σε φθίνουσα σειρά

Βήμα 3: Ξεκινάμε από την κορυφή της λίστας και κάνουμε τα εξής βήματα:

- *Παράλληλη εκδοχή:*

Βήμα 4: Μετά τη δημιουργία ενός δεσμού,αν η διαδρομή που προκύπτει ικανοποιεί τους περιορισμούς του V.R.P,τότε τη δεχόμαστε σαν λύση,αλλιώς την απορρίπτουμε.
Βήμα 5: Συνεχίζουμε μελετώντας και τους υπόλοιπους δεσμούς στη λίστα και επαναλαμβάνουμε το βήμα 4 μέχρι να μην μπορεί να επιλεγεί άλλος δεσμός.

- *Ακολουθητική εκδοχή:*

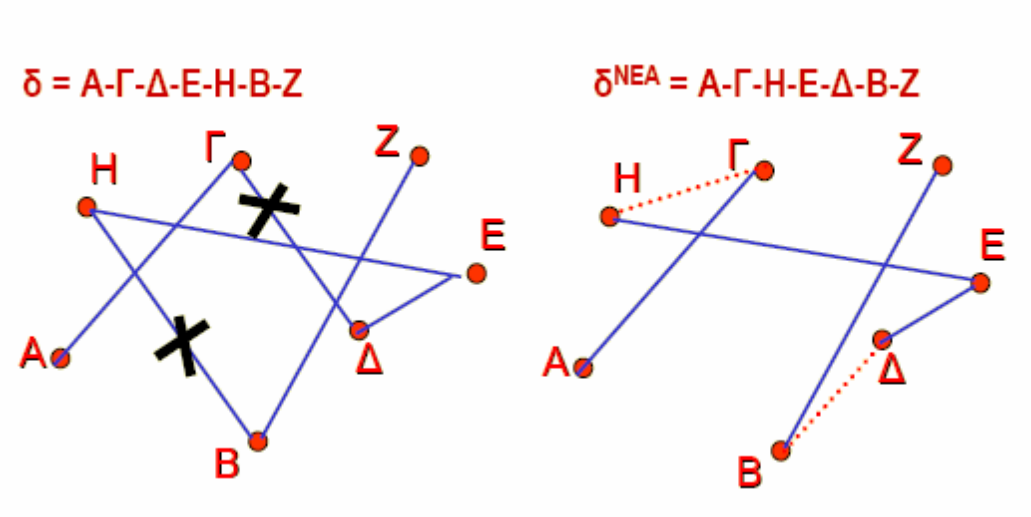
Βήμα 4: Επιλέγουμε το πρώτο δεσμό στη λίστα τον οποίο θα χρησιμοποιήσουμε για να προεκτείνουμε ένα από τα δύο άκρα της διαδρομής.
Βήμα 5: Στην περίπτωση που δεν μπορεί να επεκταθεί η διαδρομή παραπάνω,τότε ολοκληρώνουμε τη διαδρομή και επιλέγουμε τον πρώτο εφικτό δεσμό από τη λίστα ώστε να ξεκινήσουμε νέα διαδρομή.
Βήμα 6: Τα βήματα 4 και 5 επαναλαμβάνονται μέχρι κανένας δεσμός να μην μπορεί να επιλεγεί από τη λίστα. *(Βιβλιογραφία : 2)*

4.2.3 Αλγόριθμοι Τοπικής Αναζήτησης

Οι αλγόριθμοι τοπικής αναζήτησης (local search algorithms) ξεκινάνε από μία αρχική τυχαία λύση και συνεχίζουν τη διαδικασία αναζήτησης εκτελώντας διαδοχικές παραλλαγές στην αρχική λύση. Μία κίνηση εφαρμόζεται στην ήδη υπάρχουσα λύση για να παραχθεί μία καινούρια από την γειτονιά της υπάρχουσας λύσης.Η αποφάση για το αν θα επιτραπεί κάποια κίνηση εξαρτάται από την ποιότητα των παραγόμενων λύσεων. Σε περίπτωση θετικής απόφασης τότε η υπάρχουσα λύση θα αντικατασταθεί απο κάποια γειτονική η οποία θα χρησιμοποιηθεί ως αφετηρία για τις επακόλουθες δοκιμές, διαφορετικά η αναζήτηση συνεχίζεται με την υπάρχουσα λύση. Στους κλασικούς αλγορίθμους τοπικής αναζήτησης η απόφαση είναι θετική εαν και μόνο αν η νέα λύση είναι υποχρεωτικά καλύτερη από την υπάρχουσα. Η όλη διαδικασία συνεχίζεται μέχρι η τελική λύση να είναι τοπικά βέλτιστη δηλαδή να μην υπάρχει άλλη καλύτερη λύση στη γειτονιά της τελικής λύσης.Στο πρόβλημα του πλανώδιου πωλητή ένας δημοφιλής αλγόριθμος αναζήτησης είναι ο k-opt(imal):

Η ιδέα: Αντικατάσταση κάθε φορά **k** (=2 ή 3) ακμών ώστε η νέα εφικτή διαδρομή να είναι καλύτερη από την προηγούμενη.

1. Κατασκεύασε μια αρχική διαδρομή δ.
2. Εντόπισε τις 2 ακμές στη δ με το μεγαλύτερο κόστος
3. Διέγραψε τις 2 ακμές και πρόσθεσε 2 νέες.
4. Αν η νέα διαδρομή δΝΕΑ που προέκυψε είναι καλύτερη από την δ τότε θέσε δ=δΝΕΑ και πήγαινε στο βήμα 2.
5. Επέστρεψε ως λύση τη δ και σταμάτα



Σχήμα: Παράδειγμα TSP με 7 κόμβους

Στο ***σχήμα*** οι **Γ-Δ** και **Η-Β** είναι οι 2 ακμές που επιλέχθηκαν για διαγραφή και στη θέση τους θα δημιουργηθούν οι ακμές **Γ-Η** και **Δ-Β**, μία κίνηση που θα οδηγήσει σε βελτίωση της αρχικής διαδρομής.*(Βιβλιογραφία : 17)*

4.3 Μεθευρετικές Μέθοδοι

Οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι χρησιμοποιούν τους ευρετικούς σαν υποδιαδικασίες τους.Η μορφή αυτή των αλγορίθμων έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μοντελοποιούν διαδικασίες που συνήθως βρίσκουν εφαρμογή στη φύση.
- Είναι προσαρμοστικοί αλγόριθμοι.
- Μεταφέρονται εύκολα σε παράλληλη μορφή.

Για την επίλυση των V.R.P μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι μεθευρετικοί αλγόριθμοι,οι βασικότεροι από τους οποίους είναι:

- Αλγόριθμος Περιορισμένης Αναζήτησης(Tabu Search)
- Αλγόριθμος Βελτιστοποίησης Αποικίας Μυρμηγκιών (Ant Colony Optimization)
- Προσομοιωμένη Ανόπτηση(Simulated Annealing)
- Αλγόριθμος Διασκορπισμένης Αναζήτησης(Scatter Search)
- Γενετικοί Αλγόριθμοι(Genetic Algorithms)
- Νευρωνικά Δίκτυα(Neural Nets). *(Βιβλιογραφία : 2)*

4.3.1 Αλγόριθμος Περιορισμένης Αναζήτησης(Tabu Search)

Ο tabu search αλγόριθμος συνεχίζει την αναζήτηση ακόμα και όταν μία τοπικά βέλτιστη λύση έχει βρεθεί. Συνοπτικά ο tabu search είναι μία διαδικασία διαδοχικών κινήσεων από μία τοπικά βέλτιστη λύση στην επόμενη. Το καλύτερο τοπικό βέλτιστο που θα βρεθεί από αυτήν τη διαδικασία είναι η λύση του αλγορίθμου. Ο TS μπορεί να θεωρηθεί ως επέκταση των αλγόριθμων τοπικής

αναζήτησης, επιτρέποντας την αποφυγή παγίδευσης σε τοπικά βέλτιστα (local optima) και προσφέρει περισσότερες ευκαιρίες για την ανακάλυψη καλύτερης ποιότητας λύσεων.

Η κεντρική ιδέα του TS αλγορίθμου στηρίζεται στο να επιτρέπει κινήσεις ακόμα και όταν δεν υπάρχει δυνατότητα εύρεσης αποδοτικότερης λύσης, δηλαδή μία κίνηση επιτρέπεται ακόμα και όταν η νέα υποψήφια λύση στη γειτονιά είναι χειρότερη από την υπάρχουσα. Φυσικά η επιστροφή σε προηγούμενες τοπικές βέλτιστες λύσεις οφείλει να αποφευχθεί για να αποτραπεί η ανακύκλωση λύσεων στην αναζήτηση.Ο TS βασίζεται σε μια μεθοδολογία απαγορεύσεων: κάποιες κινήσεις είναι προσωρινά απαγορευμένες (tabu).

Συγκεκριμένα ο TS ξεκινά από μία αρχική λύση και συνεχίζει με έναν επαναληπτικό τρόπο να κινείται από μία λύση στη γειτονική της. Σε κάθε βήμα, ένα υποσύνολο των γειτονικών λύσεων της τωρινής λύσης μελετάται και η κίνηση η οποία βελτιώνει περισσότερο την ποιότητα της τελικής λύσης επιλέγεται. Φυσικά η νέα λύση δεν είναι απαραίτητο να είναι βέλτιστη της προηγούμενης: εάν δεν μπορούν να εκτελεστούν βελτιωτικές κινήσεις τότε ο TS αλγόριθμος επιλέγει αυτή που ελάχιστα μειώνει την ποιότητα της τελικής λύσης. Για να εξαλειφθεί ο κίνδυνος της επιστροφής στην προηγούμενη λύση αμέσως στο επόμενο βήμα πρέπει να απαγορευθεί η αντίστροφη κίνηση. Αυτό επιτυγχάνεται αποθηκεύοντας την αντίστοιχη κίνηση σε μία tabu λίστα. Η tabu λίστα κρατάει πληροφορίες για τις τελευταίες Τ κινήσεις που πραγματοποιήθηκαν στη διάρκεια της αναζήτησης και έτσι μία κίνηση θεωρείται tabu εάν υπάρχει ήδη στη λίστα, απαγορεύοντας στον αλγόριθμο να επιστρέψει σε κάποια από τις προηγούμενες λύσεις που κατέληξε στα τελευταία Τ βήματα. ωστόσο η ευθύς απαγόρευση σε κάποιες περιπτώσεις ίσως μειώσει την αποδοτικότητα της αναζήτησης. Επιπλέον ίσως να αξίζει η επιστροφή σε κάποια προηγούμενη λύση για να κινηθούμε από εκεί προς κάποια άλλη υποσχόμενη κατεύθυνση. Συνεπώς υπάρχει ένα κριτήριο το οποίο υπό ευνοϊκές συνθήκες επιτρέπει να αγνοηθεί η tabu κατάσταση κάποιας κίνησης. Η διαδικασία αναζήτησης τερματίζει όταν ικανοποιηθεί κάποιο κριτήριο λήξης. *(Βιβλιογραφία : 2)*

4.3.2 Αλγόριθμος Βελτιστοποίησης Αποικίας Μυρμηγκιών(Ant Colony Optimization)

Στο ACO, ένας αριθμός από τεχνητά μυρμήγκια κατασκευάζουν λύσεις σε ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης και ανταλλάσουν πληροφορία για την ποιότητα αυτών των λύσεων μέσω ενός πλάνου επικοινωνίας που θυμίζει αυτό που χρησιμοποιείται από τα πραγματικά μυρμήγκια.Η συμπεριφορά των τεχνητών μυρμηγκιών βασίζεται στα γνωρίσματα των πραγματικών μυρμηγκιών, καθώς και σε επιπρόσθετες ιδιότητες που τα κάνει ακόμα πιο αποτελεσματικά, όπως περιορισμένη μορφή μνήμης στην οποία μπορούν να αποθηκεύουν τα μονοπάτια που έχουν ακολουθήσει έως τώρα, καθώς και το κόστος των συνδέσμων που έχουν διασχίσει. Κάθε μυρμήγκι της 'αποικίας' κατασκευάζει μία λύση στο πρόβλημα υπό κατασκευή, και χρησιμοποιεί πληροφορία συγκεντρωμένη από τα χαρακτηριστικά του προβλήματος και της δικιάς του επίδοσης για να αλλάξει τον τρόπο που τα υπόλοιπα μυρμήγκια αντιλαμβάνονται το πρόβλημα.
Συνοπτικά οι αλγόριθμοι ACO βασίζονται στην ακόλουθη ιδέα:

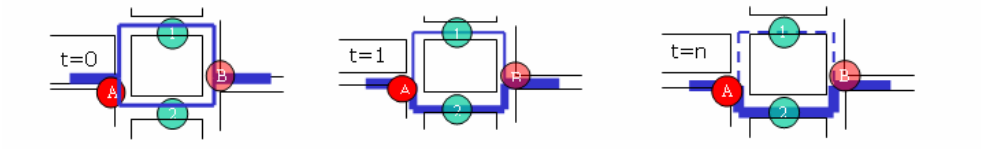
• Κάθε μονοπάτι που ακολουθήθηκε από κάποιο μυρμήγκι σε έναν γράφο καταχωρείται ως μία υποψήφια λύση για το δοσμένο πρόβλημα. Τα μυρμήγκια εκτελούν στοχαστικές βόλτες στο γράφο, αποτελούμενες από μία σειρά στοχαστικών βημάτων μέχρι να φτάσουν στο κριτήριο τερματισμού.

• Όταν ένα μυρμήγκι ακολουθεί ένα μονοπάτι, η ποσότητα της φερεμόνης που εναποθέτεται στο μονοπάτι είναι ανάλογη της ποιότητας της αντίστοιχης υποψήφιας λύσης για το σχετικό πρόβλημα. Περαιτέρω, η τεχνητή εξαέρωση της φερεμόνης χρησιμοποιείται συχνά για την αποφυγή πρώιμης σύγκλησης σε κάποια τοπικά βέλτιστη λύση.

• Όταν ένα μυρμήγκι έχει να επιλέξει ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα μονοπάτια, τα μονοπάτια με μεγαλύτερη ποσότητα φερεμόνης έχουν περισσότερες πιθανότητες να επιλεγούν από το μυρμήγκι. Αυτό που είναι σημαντικό να κατανοηθεί είναι ότι η στοχαστική επιλογή γίνεται βάση της κατανομής πιθανοτήτων. Η δυνατότητα ένα μυρμήγκι να επιλέξει ένα μονοπάτι χαμηλής πιθανότητας είναι αναμφίβολης σημασίας διότι καθιστά δυνατή την ανακάλυψη νέων λύσεων. Ο στοχαστικός κανόνας για τη κατάσταση μετάβασης είναι υπεύθυνος για τον καθορισμό της συμπεριφοράς των διαφόρων τοπικών μεταβλητών, όπως τον βαθμό έμφασης στις τιμές της φερεμόνης ή άλλων τοπικών ευριστικών.

Στο ***σχήμα*** αναπαρίσταται ένα παράδειγμα των κινήσεων των τεχνητών μυρμηγκιών. Τη χρονική στιγμή ***t=0***, ένας αριθμός από μυρμήγκια κινείται από το σημείο ενδιαφέροντος ***A*** στο ***B*** όπως φαίνεται στο σχήμα. Όταν τα μυρμήγκια φτάνουν στο σημείο Α, έχουν να επιλέξουν μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης διαδρομής. Αρχικά τα ίχνη της φερεμόνης είναι τα ίδια για τις δύο εναλλακτικές διαδρομές, έτσι τα μισά θα επιλέξουν τη πρώτη διαδρομή και τα υπόλοιπα τη δεύτερη. Τα μυρμήγκια που επέλεξαν τη δεύτερη θα επιστρέψουν σε συντομότερο χρόνο από τα υπόλοιπα. Αυτό σημαίνει ότι τα ίχνη φερεμόνης που έχουν εναποτεθεί στη δεύτερη διαδρομή εξατμίζονται λιγότερο από αυτά στη πρώτη.

Τη χρονική στιγμή ***t=1***, τα μυρμήγκια ξεκινούν ξανά τις διαδρομές τους. Όταν φτάσουν στο σημείο ***A***, η συγκέντρωση φερεμόνης στο δεύτερο μονοπάτι θα είναι υψηλότερη από του πρώτου, έτσι περισσότερα μυρμήγκια θα επιλέξουν τη δεύτερη διαδρομή. Μετά από αρκετούς κύκλους (***t=n***) η φερεμόνη στο πρώτο μονοπάτι εξατμίζεται τελείως και όλα τα μυρμήγκια επιλέγουν το δεύτερο μονοπάτι που είναι το συντομότερο.



Σχήμα: Η διαδικασία του Ant Colony Optimization

4.3.3 Προσομοιωμένη Ανόπτηση(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 Metropois 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 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 μια 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.

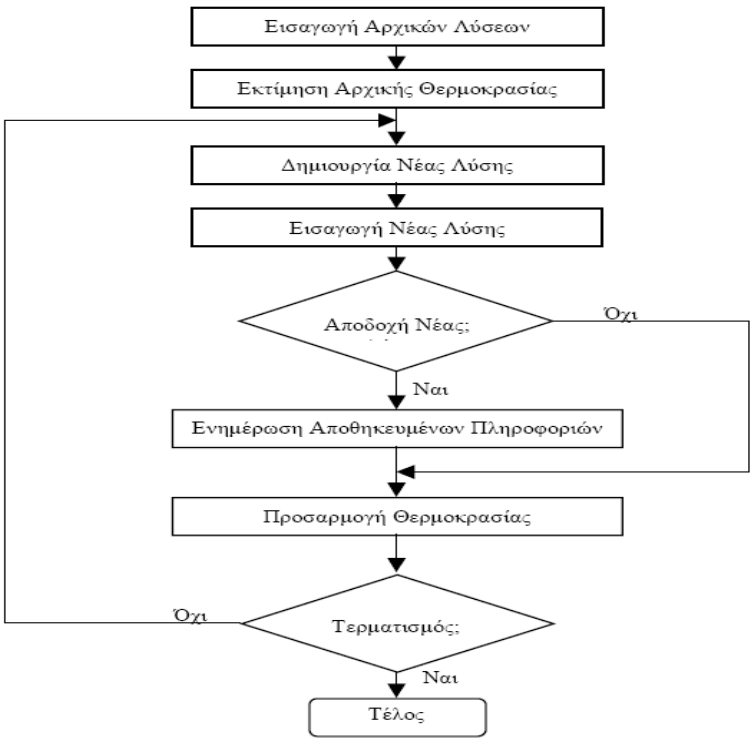
Όπως το όνομά της υπονοεί, η προσομοιωμένη ανόπτηση [simulated annealing (SA)] εκμεταλλεύεται μια αναλογία μεταξύ του τρόπου με τον οποίο ένα μέταλλο δροσίζεται και παγώνει σε μια ελάχιστη ενεργειακή κρυστάλλινη δομή (διαδικασία ανόπτησης) και την αναζήτηση ενός ελάχιστου σε ένα γενικότερο σύστημα.

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 δf 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 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής του. Τα ακόλουθα στοιχεία πρέπει να του δωθούν :

- 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: Η δομή του αλγορίθμου προσομοιωμένης ανόπτησης

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 εκτελεσθούν 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 απραγματοποίητου διαστήματος. *(Βιβλιογραφία : 2)*

4.3.4 Γενετικοί Αλγόριθμοι(Genetic Algorithms)

Για τους Γενετικούς Αλγορίθμους θα γίνει αναλυτική αναφορά στο κεφάλαιο 7,καθώς θα αναλυθεί και ο τρόπος εφαρμογής του αλγορίθμου για την επίλυση του προβλήματος της εταιρίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ

5.1 Εισαγωγή

Η εταιρία(supermarket) εδρεύει στην περιοχή Αφάντου της Ρόδου και διανέμει προϊόντα σε όλες τις περιοχές του νησιού.Επομένος η εταιρία καλείται να επιλέξει τη σειρά με την οποία θα επισκεφτεί και θα ικανοποιήσει κάθε πελάτη,ώστε να έχει το λιγότερο κόστος από τις μεταφορές κα χρήσεις των οχημάτων.

Σε αυτό το σημείο θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της εφοδιαστικής αλυσίδας για να επιλύσουμε το πρόβλημα της εταιρίας.Τα στοιχεία που θα χρησιμοποιήσουμε είναι οι τοποθεσίες των πελατών,οι παραγγελίες τους και τα διαθέσιμα οχήματα.

5.2 Οι Πελάτες Της Εταιρίας

Τα στοιχεία που δόθηκαν από την εταιρία για την επίλυση του προβλήματος αναφέρονται σε όλο το έτος του 2008,δηλαδή από Ιανουάριο μέχρι Δεκέμβρη του 2008 και το σύνολο των πελατών για τους οποίους έχουμε τα στοιχεία είναι 10.
Παρακάτω φαίνονται οι περιοχές στις οποίες βρίσκονται οι πελάτες :

- Ο πελάτης 1 βρίσκεται στην περιοχή της Λίνδου
- Ο πελάτης 2 βρίσκεται στην περιοχή της Ρόδου
- Ο πελάτης 3 βρίσκεται στην περιοχή της Λίνδου
- Ο πελάτης 4 βρίσκεται στο 5^{ο}χλμ Ρόδου-Λίνδου
- Ο πελάτης 5 βρίσκεται στην περιοχή της Καλλιθέας
- Ο πελάτης 6 βρίσκεται στην περιοχή των Πεύκων
- Ο πελάτης 7 βρίσκεται στην περιοχή της Λίνδου
- Ο πελάτης 8 βρίσκεται στην περιοχή της Ρόδου
- Ο πελάτης 9 βρίσκεται στο 6^{ο}χλμ Ρόδου-Λίνδου
- Ο πελάτης 10 βρίσκεται στην περιοχή Φαληράκι

5.3 Τα Οχήματα Διανομής Της Εταιρίας

Η εταιρία διαθέτει συνολικά 9 φορτηγά,τα στοιχεία των οποίων δίδονται παρακάτω:

Α/Α	ΜΟΝΤΕΛΟ	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ	ΩΦΕΛΙΜΟ ΒΑΡΟΣ
1	MERCEDES	4600	2525
2	MERCEDES	11000	5610
3	CHRYSLER	4600	2030
4	MERCEDES	4600	2575
5	TOYOTA	2315	890
6	SUZUKI	1320	580
7	OPEL	1805	520
8	SUZUKI	1410	470

Τα οχήματα φορτώνονται με βάση τη χωρητικότητα τους σε μάζα και αυτό το στοιχείο μας το δίνει το ωφέλιμο βάρος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

6.1 Τα Δεδομένα Του Προβλήματος Και η Επεξεργασία Τους

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τα στοιχεία που εδόθησαν από την εταιρία και περιελάμβαναν τους πελάτες,τη ζήτηση αυτών και τα προϊόντα.Επίσης θα αναλύσουμε τον τρόπο επεξεργασίας αυτών των στοιχείων έτσι ώστε να προκύψουν οι τελικοί πίνακες που θα χρησιμοποιηθούν στην εκτέλεση του αλγορίθμου για την επίτευξη της λύσης του προβλήματος.

Αρχικά μας δόθηκε μία λίστα με την επωνυμία του κάθε πελάτη,την τοποθεσία και την επαγγελματική του κατηγορία όπως φαίνεται στο πίνακα παρακάτω:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΠΑΓΓΕΛΜΑ
ΧΑΤΖΗΣΑΒΒΑΣ Κ ΣΙΑ Ε.Ε	ΑΡΧΑΓΓΕΛΟΣ	ΑΡΧΑΓΓΕΛΟΣ	ΕΜΠΟΡΙΟ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ	ΚΑΛΥΘΙΕΣ	ΚΑΛΥΘΙΕΣ	ΕΝΟΙΚ/ΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΙΑ
ΑΘΛΗΤΙΚΟΣ ΟΜΙΛΟΣ	ΛΙΝΔΟΣ	ΛΙΝΔΟΣ	ΣΥΛΛΟΓΟΣ
ΑΤΣΑΛΑΚΗΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.	ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΚΡΑΝΙΔΗ	ΡΟΔΟΣ	ΓΕΝΙΚΟ ΕΜΠΟΡΙΟ
ΚΕΛΕΠΕΡΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ	ΛΙΝΔΟΣ	ΛΙΝΔΟΣ	ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΑ ΕΙΔΗ
ΑΙΓΑΙΟ ΕΠΕ	ΚΑΛΛΙΘΕΑ	ΡΟΔΟΣ	ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ
ΝΙΚΟΛΑΚΗΣ Ο.Ε	ΠΕΥΚΟΙ	ΛΙΝΔΟΣ	ΣΝΑΚ ΜΠΑΡ
ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΗ	ΡΟΔΟΣ	ΓΕΝΙΚΟ ΕΜΠΟΡΙΟ
ΔΗΜΟΣ	ΛΙΝΔΟΣ	ΛΙΝΔΟΣ	ΔΗΜ.ΥΠΗΡΕΣΙΑ
ΧΑΤΖΗΜΑΝΩΛΗΣ	ΓΕΝΑΔΙ	ΓΕΝΑΔΙ	ΧΟΝΤΡΙΚΟ ΕΜΠΟΡΙΟ

Στη συνέχεια ο πίνακας μας δείχνει για την περίοδο που μελετάμε(Ιανουάριος-Δεκέμβριος 2008) την παραγγελία ενός εκ των 10 πελατών των οποίων έχουμε τα στοιχεία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΗΜ/ΝΙΑ	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ(ΤΕΜ.)	ΜΑΖΑ ΕΙΔΟΥΣ(Kg/τεμ)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΖΗΤΗΣΗ(Kg)
31/1/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ	500	5,5	2750
					2750
19/2/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΒΟΥΤΥΡΟ	200	25	5000
	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ	120	5,5	660
					5660
27/3/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ	500	5,5	2750
	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΒΟΥΤΥΡΟ	100	2	200
					2950
17/4/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ	240	5,5	1320
22/4/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΒΟΥΤΥΡΟ	20	2	40
22/4/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΧΥΜΟΣ ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	4	6	24
					1384
19/5/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ	120	5,5	660
19/5/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΒΟΥΤΥΡΟ	10	2	20
19/5/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΧΥΜΟΣ ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	50	6	300
19/5/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΜΠΥΡΑ	600	0,5	300
					1280
2/6/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΒΟΥΤΥΡΟ	12	2,5	30
2/6/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ	120	5,5	660
2/6/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΧΥΜΟΣ ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	20	6	120
18/6/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΒΟΥΤΥΡΟ	20	2	40
18/6/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ	120	2,5	300
					1150
7/7/2007	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΒΟΥΤΥΡΟ	10	2	20
7/7/2007	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΧΥΜΟΣ ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	4	6	24
7/7/2007	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ	120	5,5	660
					704
18/8/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ	240	5,5	1320
20/8/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΧΥΜΟΣ ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	4	6	24
20/8/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΒΟΥΤΥΡΟ	10	2	20
					1364
22/9/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΧΥΜΟΣ ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	2	6	12
30/9/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ	180	5,5	990
					1002
6/10/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΒΟΥΤΥΡΟ	50	2	100
					100
7/11/2008	ΑΡΦΑΡΑΣ Α.Ε.	ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ	240	5,5	1320
					1320

Αναλύοντας τον πίνακα περισσότερο,στην πρώτη στήλη βλέπουμε τις ημερομηνίες που πραγματοποιήθηκαν οι παραγγελίες,στη δεύτερη την επωνυμία του πελάτη ενώ στις επόμενες τρεις έχουμε το είδος που παρείγγηλε ο πελάτης,σε τι ποσότητα και τη μονάδα μέτρησης της ποσότητας αυτής.Στη τελευταία στήλη έχουμε τη ζήτηση του κάθε πελάτη ανά μήνα.

Έχοντας λοιπόν συγκεντρώσει τη μηνιαία ζήτηση όλων των πελατών μας,εμφανίζεται ο παρακάτω συγκεντρωτικός πίνακας για μία περιοχή:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΠΡΟΣ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΕ Kg											
		ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚ
ΣΥΛΛΟΓΟΣ	ΛΙΝΔΟΣ	0	0	0	0	0	87,4	0	0	0	682,7	0	0
ΚΕΛΕΠΕΡΑΣ	ΛΙΝΔΟΣ	1.563	3.562	1.325	2.431	1.254	8.430	3087	5363	5.698	2.547	451	567
ΔΗΜΟΣ	ΛΙΝΔΟΣ	0	0	0	0	0	1,6	4027	0	0	725	0	0
ΜΗΝΙΑΙΑ ΖΗΤΗΣΗ		**1563**	**3562**	**1325**	**2431**	**1254**	**8519**	**7113,9**	**5363**	**5698**	**3954.66**	**451**	**567**
ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΖΗΤΗΣΗ		**363,5**	**828,4**	**308,1**	**565,4**	**291,6**	**1981,2**	**1654,4**	**1247**	**1325**	**919,68**	**104,9**	**132**

Στον παραπάνω πίνακα δίδεται η ζήτηση των πελατών που υπάρχουν σε μια περιοχή καθώς και η συνολική τους μηνιαία και εβδομαδιαία ζήτηση.Για να γίνει όμως κατανοητή η χρήση της τελευταίας και προτελευταίας σειράς,θα πρέπει να αναφέρουμε τις δύο παραδοχές που κάναμε με σκοπό την επίλυση του προβλήματος.

1. *ΜΗΝΙΑΙΑ ΖΗΤΗΣΗ*

   Θεωρήσαμε ότι σε κάθε περιοχή υπάρχει ένα μόνο κέντρο στο οποίο κάνουμε στάση και αφήνουμε τις παραγγελίες.Έτσι οι πελάτες λαμβάνουν τα προϊόντα τους από αυτό το κέντρο.Αυτό έγινε ώστε να αποφύγουμε τη διαδικασία δρομολόγησης παραγγελιών μέσα από χωριά κάτι το οποίο θα ήταν χρονοβόρο από άποψη εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.Επομένως για κάθε μήνα προσθέτω τη ζήτηση και των τριών πελατών και βρίσκω τη μηνιαία ζήτηση για την πόλη της Λίνδου.

2. *ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΖΗΤΗΣΗ*

   Θεωρήσαμε ότι η διανομή των προϊόντων γίνεται σε εβδομαδιαία βάση επομένως και τα δρομολόγια των φορτηγών θα είναι εβδομαδιαία.Για να μετατρέψουμε λοιπόν τη μηνιαία ζήτηση σε εβδομαδιαία,τη διαιρούμε με το 4,3 το οποίο προκύπτει από:

   - 30 μέρες/μήνα ÷ 7 μέρες/εβδομάδα = 4,3 εβδομάδες/μήνα

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε συγκεντρωτικά την εβδομαδιαία ζήτηση όλων των περιοχών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚ	ΣΥΝΟΛΟ
1	ΚΑΛΥΘΙΕΣ	219,1	571,4	571,4	1130	1093	1163	1967	1829,1	1523	494,4	132,1	338,6	11032
2	ΑΡΧΑΓΓΕΛΟΣ	227,2	358,1	584,2	289,8	764,4	895,4	1358	1370	1243	823,5	326,7	687,4	8926,8
3	ΛΙΝΔΟΣ	363,5	828,4	308,1	565,3	291,6	1981	1654	1247,3	1325	919,7	104,9	131,9	9721,3
4	ΡΟΔΟΣ	2892	2144	1256	1831	1251	1246	1660	1543	2457	1299	1356	1521	20456
5	ΓΕΝΑΔΙ	602,1	1133	615,6	834,2	2220	1956	965	1993	1067	1523	823,5	500,9	14233
6	ΚΑΛΛΙΘΕΑ	1699	726,5	228,1	385,8	827,9	2256	1685	1326,5	1520	880	291,9	501,4	12328
7	ΠΕΥΚΟΙ	1006	494,4	290	207,2	1049	1364	1534	1957,5	2200	560,9	592,3	289,5	11545

Στο πρόβλημα που ασχολούμαστε είναι απαραίτητες οι αποστάσεις από και προς όλες τις περιοχές.Γι'αυτό το λόγο δημιουργήσαμε ένα πίνακα με 8*8=64 στοιχεία που αντιστοιχούν στις αποστάσεις όλων των περιοχών που μελετάμε.Ο πίνακας παρουσιάζεται παρακάτω:

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

	Αφάντου	Καλυθιές	Αρχάγγελος	Λίνδος	Ρόδος	Γενάδι	Καλλιθέα	Πεύκοι
ΑΠΟ/ΠΡΟΣ	Α	Π1	Π2	Π3	Π4	Π5	Π6	Π7
Α	0	7,2	10,8	29,1	20,3	43,7	36,8	5,9
Π1	7,2	0	17	35	15,6	48,9	2,6	39,7
Π2	11,5	14,5	0	18,6	14,1	27,3	15,8	23,3
Π3	29,1	35	18,6	0	48,1	22,1	27,7	5,9
Π4	20,3	15,6	14,1	48,1	0	64	17,3	53,8
Π5	43,7	48,9	27,3	22,1	64	0	48	16,2
Π6	36,8	2,6	15,8	27,7	17,3	48	0	48,8
Π7	5,9	39,7	23,3	5,9	53,9	16,2	48,8	0

Ο παραπάνω πίνακας είναι συμμετρικός και τριγωνικός.Αυτό σημαίνει ότι η κύρια διαγώνιός του έχει μηδενικά στοιχεία και τα απέναντι από αυτή στοιχεία είναι ίσα.

Η ισότητα των απέναντι στοιχείων οφείλεται στο γεγονός ότι ο πίνακας είναι τετραγωνικός.Πράγματι,αν δούμε την απόσταση για παράδειγμα από το Π1 στο Π2 θα είναι ίδια και για το αντίθετο,από το Π2 στο Π1.

Τα μηδενικά στοιχεία στη κύρια διαγώνιο οφείλονται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει απόσταση μεταξύ των περιοχών “από” και “προς” γιατί δεν πρόκειται για δύο διαφορετικές περιοχές αλλά για μία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΤΟ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

7.1 Αντικειμενική Συνάρτηση Και Περιορισμοί

Το πρόβλημα που καλούμαστε να επιλύσουμε είναι ένα Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων(VRP) και συγκεκριμένα ανήκει στη κατηγορία των Προβλημάτων Δρομολόγησης Οχημάτων Με Περιορισμένη Χωρητικότητα(CVRP).

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ

$Z = \min \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} C_{ij} * X_{ij}$

Όπου Z : η αντικειμενική συνάρτηση προς ελαχιστοποίηση

C_{ij} : η απόσταση της πόλης i από την j

X_{ij} : μεταβλητή που δηλώνει αν το τόξο ij χρησιμοποιείται

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

- Για να υπολογίσουμε τη βέλτιστη διαδρομή,θα πρέπει να γνωρίζουμε αν υπάρχει η μετάβαση από τη πόλη i στη j.Γι'αυτό το λόγο χρησιμοποιούμε τη μεταβλητή $X_{ij} \in \{0,1\}$,όπου:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, \text{αν το φορτηγό μεταβαίνει από τη πόλη } i \text{ στη πόλη } j \\ 0, \text{αλλιώς} \end{cases}$$

- Κάθε όχημα φεύγει και φτάνει σε κάθε πόλη ακριβώς μία φορά,πράγμα που σημαίνει ότι καμία ζήτηση δε μένει ανικανοποίητη.Άρα:

- Το φορτηγό φεύγει από την κάθε πόλη μόνο μία φορά,επομένως:

$$\sum_{\iota=1}^{n} X_{ij} = = 1 \text{ , με i=1,2……,n}$$

- Το φορτηγό φτάνει σε κάθε πόλη μία μόνο φορά,επομένως:

$$\sum_{j=1}^{n} X_{ij} = 1 \text{ , με j=1,2……,n}$$

n : ο αριθμός των πόλεων που εξυπηρετούνται σε κάθε διαδρομή

- Ο αριθμός των οχημάτων που ξεκινούν από την αποθήκη και καταλήγουν σε αυτή είναι Κ.Επομένως:
  - $\sum_{\iota=1}^{n} X_{i0}$=*K,*αριθμός οχημάτων που ξεκινούν από την αποθήκη
  - $\sum_{\iota=1}^{n} X_{0i}$=*K,*αριθμός οχημάτων που επιστρέφουν στην αποθήκη
- Το κάθε φορτηγό θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να καλύψει τις ανάγκες των πελατών που εξυπηρετεί,χωρίς όμως να υπερβαίνει τη χωρητικότητά του.Επομένως:

$$\sum_{\iota=1}^{n} d_i * X_{ij} \leq Q_k \text{ , όπου}$$

d_i : η ποσότητα που παραδίδεται στο πελάτη i,με i=1,2…….,n

Q_k : η χωρητικότητα του φορτηγού K,με K=1,2,3……

7.2 Ο Αλγόριθμος

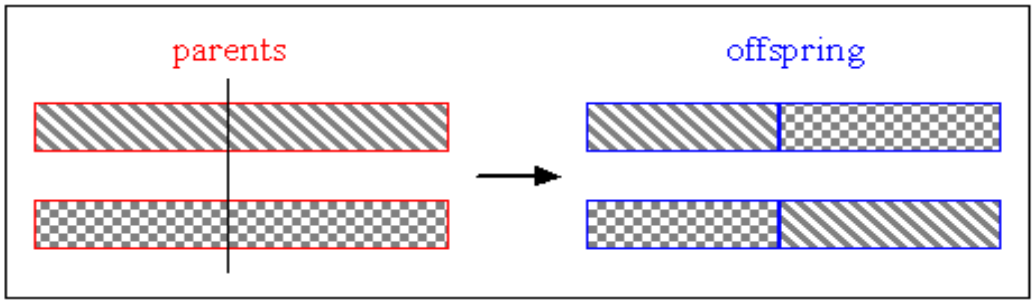
Οι Γενετικοί Αλγόριθμοι (GA) είναι μια γενική μέθοδος αναζήτησης η οποία μιμείται την μέθοδο της βιολογικής εξέλιξης. Οι μέθοδος των γενετικών αλγορίθμων εφαρμόζεται σ' ένα πληθυσμό πιθανών λύσεων, εφαρμόζοντας την αρχή της επιβίωσης των «ικανότερων» λύσεων με σκοπό τη δημιουργία λύσεων που προσεγγίζουν όλο και περισσότερο τη βέλτιστη. Σε κάθε γενεά, μια νέα ομάδα προσεγγίσεων εφαρμόζεται κάνοντας χρήση της διαδικασίας επιλογής λύσεων ανάλογα με την τιμή που δίνουν στην αντικειμενική μας συνάρτηση και αυτές τις λύσεις τις αναπαράγουμε με ανάλογο τρόπο με αυτόν που η λειτουργεί η γενετική. Αυτή η μέθοδος οδηγεί σε πληθυσμούς καλύτερα προσαρμοσμένους στο περιβάλλον απ' ότι οι προηγούμενοι όπως ακριβώς λειτουργούν και οι νόμοι της «φυσικής επιλογής».

Οι λύσεις στους Γενετικούς Αλγόριθμους παρουσιάζονται κωδικοποιημένες σαν γονίδια, χρωμοσώματα ,με τις μεταβλητές απόφασης χαρτογραφημένες σε τέτοια μορφή ώστε να μπορεί να γίνει αποκωδικοποίηση τους και χρήση τους από την αντικειμενική συνάρτηση. Ο πιο δημοφιλής τρόπος κωδικοποίησης είναι το δυαδικό σύστημα. Αν και το χρωμόσωμα μπορεί να περιέχει και τιμές πραγματικών αριθμών, ακέραιων και μη, συνηθίζεται να κωδικοποιούμε στο δυαδικό σύστημα την λύση μας. Εξετάζοντας και χωρίζοντας τμηματικά το χρωμόσωμα μας παίρνουμε τις απαραίτητες πληροφορίες για το πρόβλημα που θέλουμε να λύσουμε. Βεβαίως το χρωμόσωμα θα αποκωδικοποιηθεί στη συνέχεια, αφού όμως πρώτα επεξεργαστεί από τον Γενετικό Αλγόριθμο στην παρούσα του μορφή.Το χρωμόσωμα έχει νόημα μονάχα στην αποκωδικοποιημένη του μορφή. Σε ορισμένες περιπτώσεις η επεξεργασία του χρωμοσώματος από τον γενετικό μπορεί να γίνει χωρίς αυτό να κωδικοποιηθεί σε δυαδική μορφή αλλά με την αρχική του μορφή.

Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης (Obj) του κάθε χρωμοσώματος αντιπροσωπεύει την ικανότητα επιβίωσης ενός οργανισμού στον πραγματικό κόσμο. Γι αυτό και η αντικειμενική συνάρτηση αποτελεί τη βάση επιλογής των ζευγαριών που θα διασταυρωθούν με σκοπό τη δημιουργία νέων απογόνων.

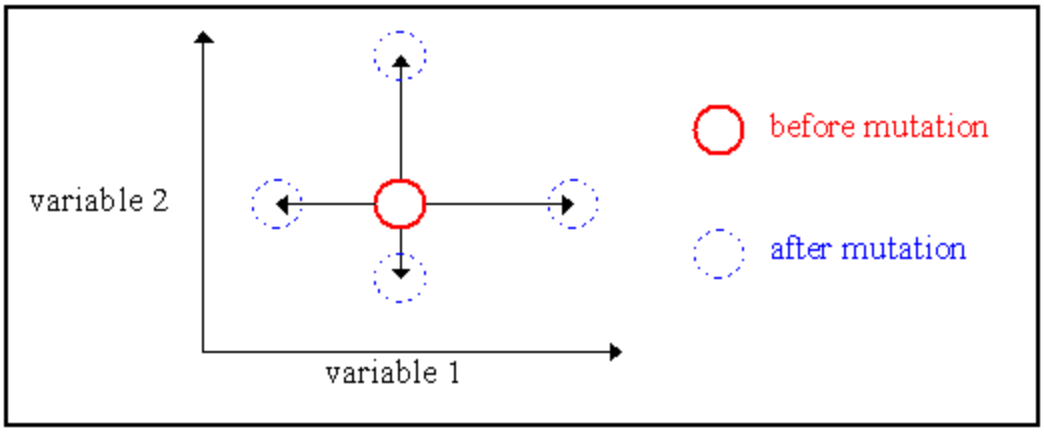
Κατά τη διάρκεια της φάσεως αναπαραγωγής σε κάθε χρωμόσωμα ανατίθεται μια τιμή καταλληλότητας (fitness value) ανάλογα με την τιμή που δίνουν στην αντικειμενική συνάρτηση. Βάσει αυτής της τιμής γίνεται η επιλογή των πιο κατάλληλων για αναπαραγωγή χρωμοσωμάτων. Χρωμοσώματα με υψηλό fitness value, σε σχέση με τον συνολικό πληθυσμό, έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να επιλεγούν.

Μόλις στις λύσεις μας αποδοθούν οι ανάλογες τιμές καταλληλότητας μπορούν να επιλεχτούν από το γενικό πληθυσμό και στην συνέχεια να συνδυαστούν για να δημιουργήσουν τον νέο πληθυσμό. Οι διαδικασίες των Γενετικών Αλγορίθμων στηρίζονται στην υπόθεση ότι όταν συνδυαστούν χρωμοσώματα με άνω του μέσου όρου τιμών καταλληλότητας τότε παράγουν καλύτερους απογόνους. Η διαδικασία του συνδυασμού εφαρμόζεται σε ζευγάρια λύσεων με σκοπό την ανταλλαγή γενετικών πληροφοριών. Ο πιο απλός συνδυασμός λύσεων είναι η διασταύρωση του ενός σημείου (single point crossover).

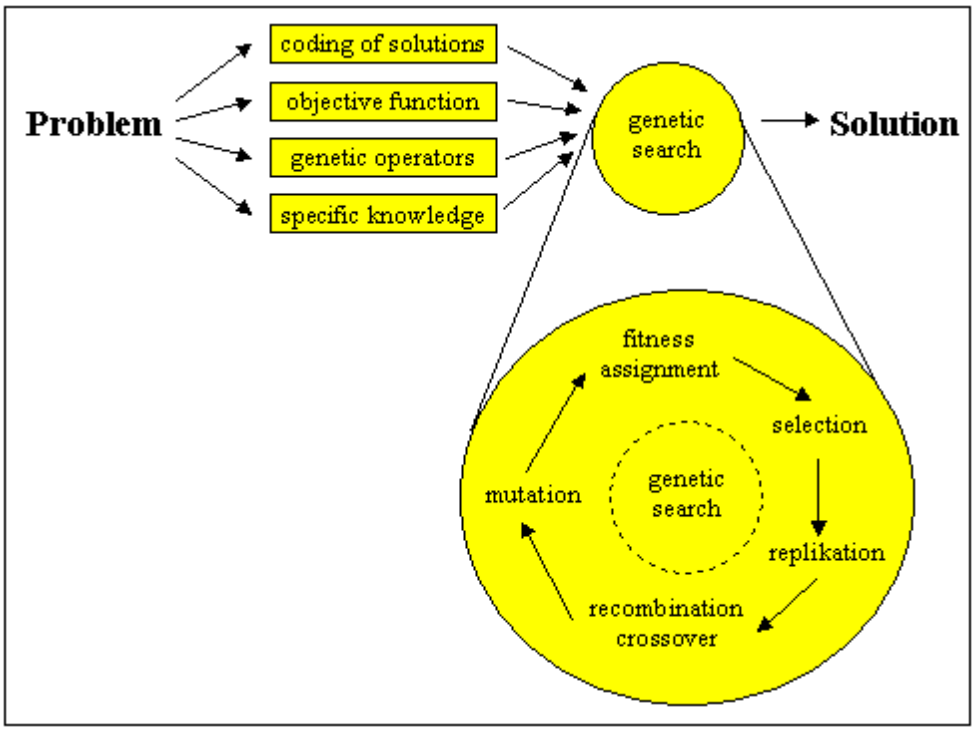


Η διασταύρωση δεν είναι απαραίτητο να εφαρμοστεί σε όλα τα γονίδια του πληθυσμού, αντίθετα εφαρμόζεται με μια πιθανότητα *Px* στα γονίδια που έχουν επιλεγεί, από τον συνολικό πληθυσμό, για αναπαραγωγή. Μια άλλη σημαντική διεργασία των Γενετικών Αλγορίθμων είναι η μετάλλαξη (mutation) και αυτή εφαρμόζεται στο νέο χρωμόσωμα με μια πιθανότητα *Pm* . Η μετάλλαξη αναγκάζει ένα μεμονωμένο γονίδιο ν' αλλάξει ακολουθώντας έναν στοχαστικό κανόνα.

Η μετάλλαξη είναι μια διαδικασία που εξασφαλίζει ότι θα προσεγγίσουμε επακριβώς την βέλτιστη λύση όταν αυτή αναζητείται σ' ένα υποδιάστημα.



Μετά την διασταύρωση και τη μετάλλαξη τα χρωμοσώματα αποκωδικοποιούνται και υπολογίζονται οι νέες τιμές των αντικειμενικών συναρτήσεων αντιστοιχούνται οι νέες τιμές καταλληλότητας και η διαδικασία συνεχίζεται με τις νέες γενεές. Με αυτόν τον τρόπο η μέση τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης μιας γενεάς αυξάνεται αφού οι «καλές» λύσεις έχουν περισσότερες πιθανότητες να διασταυρωθούν και να δώσουν απογόνους. Η διαδικασία σταματάει όταν φτάσουμε ένα συγκεκριμένο αριθμό γενεών. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει εύστοχα τη διαδικασία που περιγράψαμε, τις πληροφορίες και διαδικασίες που χρειάζεται να κάνει κανείς για να ξεκινήσει και τον κύκλο διασταύρωσης – μετάλλαξης – αξιολόγησης που κάνει ένας Γενετικός Αλγόριθμος. *(Βιβλιογραφία : 16)*



7.2.1 Γενική Μορφή Γενετικού Αλγορίθμου

1. Δημιούργησε αρχικό πληθυσμό Π,με Ν υποψήφιες λύσεις.
2. Υπολόγισε την καταλληλότητα κάθε λύσης.
3. Όσο δεν ισχύει κάποια συνθήκη τερματισμού:
   α)Επανέλαβε Ν/2 φορές τα ακόλουθα βήματα:
      i)Επέλεξε 2 λύσεις από τον πληθυσμό Π.
      ii)Συνδύασε τις 2 λύσεις για να βγάλεις απογόνους.
      iii)Υπολόγισε την καταλληλότητα των απογόνων.
   β)Δημιούργησε το νέο πληθυσμό Π΄ έχοντας υπόψη όλους τους νέους απογόνους που προέκυψαν από το ερώτημα 3 α και θέσε Π=Π΄.*(Βιβλιογραφία : 11)*

7.2.2 Πλεονεκτήματα Γενετικών Αλγορίθμων

1. Μπορούν να λύσουν δύσκολα προβλήματα γρήγορα
2. Μπορούν εύκολα να συνεργαστούν με τα υπάρχοντα μοντέλα και συστήματα
3. Είναι εύκολα επεκτάσιμοι και εξελίξιμοι
4. Μπορούν να συνεργαστούν με άλλες μεθόδους

5. Εφαρμόζονται σε πολύ περισσότερα πεδία από κάθε άλλη μέθοδο
6. Δεν απαιτούν περιορισμούς στις συναρτήσεις που επεξεργάζονται
7. Δεν ενδιαφέρει η σημασία της υπό εξέταση πληροφορίας
8. Έχουν εκ φύσεως το στοιχείο του παραλληλισμού
9. Είναι η μόνη μέθοδος που κάνει ταυτόχρονα εξερεύνηση του χώρου αναζήτησης και εκμετάλλευση της ήδη επεξεργασμένης πληροφορίας. *(Βιβλιογραφία : 15)*

7.2.3 Προβλήματα Γενετικών Αλγορίθμων

1. Προβλήματα εξοικείωσης με τη Γενετική
2. Το πρόβλημα του χρόνου.*(Βιβλιογραφία : 15)*

7.2.4 Εφαρμογή Γενετικού Αλγορίθμου

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διαδικασία που εφαρμόζει ο αλγόριθμος σύμφωνα με τη θεωρία του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων(VRP).

Ξεκινώντας ο αλγόριθμος διαβάζει τα στοιχεία του πίνακα των αποστάσεων καθώς και τη ζήτηση των πελατών.Συνεχίζοντας,δημιουργεί ένα πίνακα (nx7) με τυχαίες διαδρομές όπου κάθε διαδρομή αποτελεί λύση του προβλήματος.Κάθε λύση είναι η διαδρομή που θα έπρεπε να ακολουθήσουν τα φορτηγά ώστε να εξυπηρετήσουν όλους τους πελάτες.Ζητώντας όμως τη διαδρομή με το μικρότερο κόστος,ο αλγόριθμος υπολογίζει το μήκος κάθε διαδρομής του πίνακα(γραμμής του πίνακα) και αποθηκεύει τη διαδρομή με το μικρότερο κόστος.

Υπολογίζοντας το μήκος κάθε διαδρομής,ο αλγόριθμος λαμβάνει υπόψη του τη ζήτηση κάθε πελάτη και τη χωρητικότητα των οχημάτων.Ξεκινώντας το όχημα από την αποθήκη και ικανοποιώντας τη ζήτηση του πρώτου πελάτη βάση διαδρομής,γίνεται ο εξής έλεγχος:

- Αν η ζήτηση του επόμενου πελάτη μπορεί να καλυφθεί από το υπάρχον όχημα τότε αυτό μεταβαίνει στον επόμενο κόμβο και προστίθεται το μήκος της διαδρομής στο ήδη υπάρχον ενώ αφαιρείται από τη χωρητικότητα του οχήματος η ζήτηση που καλύφθηκε.Αυτό επαναλαμβάνεται συνέχεια μέχρι η ζήτηση του επόμενου κόμβου να μη μπορεί να καλυφθεί από το υπάρχον όχημα.Έτσι,επιστρέφει στην αποθήκη και ξεκινάει άλλο όχημα για να καλύψει τη ζήτηση του συγκεκριμένου κόμβου,ακολουθώντας τη διαδικασία ως άνω.Αυτό επαναλαμβάνεται εωσότου να εξυπηρετηθούν όλοι οι πελάτες.

Για την περαιτέρω βελτίωση της λύσης ώστε να πλησιάσουμε το βέλτιστο,ο αλγόριθμος πραγματοποιεί τη μέθοδο της διασταύρωσης(crossover) και της μετάλλαξης(mutation).

- ***Διασταύρωση***

  Με αυτό τον τρόπο ο αλγόριθμος από τον αρχικό πίνακα των λύσεων παίρνει ζευγάρια των δύο και επιλέγοντας τυχαία,κόβει τις δύο λύσεις σε ένα κοινό σημείο και ανταλλάσει τα κομμάτια τους,δημιουργώντας έτσι ένα νέο πίνακα με διαδρομές.Το μήκος κάθε γραμμής του νέου πίνακα θα συγκριθεί με αυτό του παλιού και αν είναι μικρότερο θα παραμείνει αλλιώς θα δώσει τη θέση του στη διαδρομή του παλιού πίνακα.

- ***Μετάλλαξη***

  Σε αυτή τη φάση ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί τον πίνακα των διαδρομών που δημιουργήθηκε στη φάση της διασταύρωσης.Ετσι,παίρνοντας κάθε διαδρομή του πίνακα(γραμμή του πίνακα) αλλάζει τυχαία τη σειρά των κόμβων σε κάθε διαδρομή και δημιουργεί ένα νέο πίνακα διαδρομών. Το μήκος κάθε γραμμής του νέου πίνακα θα συγκριθεί με αυτό του παλιού της διασταύρωσης και αν είναι μικρότερο θα παραμείνει αλλιώς θα δώσει τη θέση του στη διαδρομή του παλιού πίνακα.

Αφού τελειώσει και η διαδικασία της μετάλλαξης,έχει δημιουργηθεί ο τελικός πίνακας των διαδρομών-λύσεων,από τον οποίο ο αλγόριθμος θα επιλέξει τη διαδρομή με το μικρότερο μήκος και θα την αποθηκεύση.Η όλη διαδικασία μέχρι τη δημιουργία του τελικού πίνακα των λύσεων,επαναλαμβάνεται αρκετές φορές,αποθηκεύοντας ο αλγόριθμος τόσες λύσεις αντίστοιχα.

Στο τέλος από το σύνολο των λύσεων ο αλγόριθμος θα επιλέξει και θα μας παρουσιάσει τη βέλτιστη διαδρομή για την εξυπηρέτηση όλων των πελατών και παράλληλα των αριθμό των φορτηγών που πρέπει να χρησιμοποιηθούν καθώς και τη διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσει το καθένα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

8.1 Τα Αποτελέσματα Της Εκτέλεσης Του Αλγορίθμου

Με την εκτέλεση του αλγορίθμου,τα αποτελέσματα τα οποία εξήχθησαν φαίνονται παρακάτω και αφορούν τελικά 12 δρομολόγια-διαδρομές,η κάθε μία από τις οποίες αναφέρεται στις εβδομαδιαίες διαδρομές κάθε μήνα αντίστοιχα.

Πρέπει να αναφέρουμε ότι ο αλγόριθμος δεν μπορεί να αντιληφθεί τη διαφορά μεταξύ γραμμάτων και αριθμών,γι'αυτό ονομάζει μόνος του την Π1 ως 1,την Π2 ως 2,την Π3 ως 3 κ.ο.κ.Κάνοντας λοιπόν την αντιστοιχία από τον Πίνακα 5(σελίδα 51) βρίσκουμε τις περιοχές που επισκέπτονται τα φορτηγά με βάση την αρίθμηση του αλγορίθμου.

Τα τελικά δρομολόγια έχουν ως εξής:

- Ιανουάριος: **1-5-4-6-3-2-7 (Καλυθιές-Γενάδι-Ρόδος-Καλλιθέα-Λίνδος-Αρχάγγελος-Πεύκοι)**

Για την κάλυψη της εβδομαδιαίας ζήτησης(7008,372kg) των πελατών,γίνεται χρησιμοποίηση 2 οχημάτων των οποίων οι διαδρομές όπως βλέπουμε και στα παρακάτω σχήματα είναι οι εξής:

- 1^{ο} Όχημα : **Καλυθιές-Γενάδι-Ρόδος-Καλλιθέα-Λίνδος**
- 2^{ο} Όχημα : **Λίνδος- Αρχάγγελος-Πεύκοι**

- Φεβρουάριος: **1-3-6-4-5-2-7 (Καλυθιές-Λίνδος-Καλλιθέα-Ρόδος-Γενάδι-Αρχάγγελος-Πεύκοι)**

Η συνολική ζήτηση των πελατών που ικανοποιείται από τα οχήματα της εταιρίας,είναι 6256,047kg και οι αντίστοιχες διαδρομές τους είναι:

- 1^{ο} Όχημα : **Καλυθιές-Λίνδος-Καλλιθέα-Ρόδος-Γενάδι-Αρχάγγελος**
- 2^{ο} Όχημα : **Αρχάγγελος-Πεύκοι**

- Μάρτιος: **1-4-3-5-7-2-6 (καλυθιές-Ρόδος-Λίνδος-Γενάδι-Πεύκοι-Αρχάγγελος-Καλλιθέα)**

Σε αυτή τη διαδρομή χρησιμοποιούμε ένα μόνο φορτηγό(5610kg) καθώς η συνολική ζήτηση είναι 3853,488kg και μπορεί να καλυφθεί από αυτό.

- Απρίλιος: **1-6-4-7-5-3-2 (Καλυθιές-Καλλιθέα-Ρόδος-Πεύκοι-Γενάδι-Λίνδος-Αρχάγγελος)**

Και σε αυτή τη διαδρομή χρησιμοποιούμε ένα φορτηγό(5610kg) καθώς η συνολική ζήτηση είναι 5243,721kg, η οποία μπορεί να καλυφθεί από αυτό.

- Μάιος: **1-5-6-4-3-2-7 (Καλυθιές-Γενάδι-Καλλιθέα-Ρόδος-Λίνδος-Αρχάγγελος-Πεύκοι)**

Η συνολική εβδομαδιαία ζήτηση για το μήνα Μάιο η οποία είναι 7496,744kg, ικανοποιείται με τη χρησιμοποίηση δύο φορτηγών.Με βάση τη βέλτιστη διαδρομή το κάθε ένα κάνει το εξής δρομολόγιο:

- 1^{ο} Όχημα : **Καλυθιές-Γενάδι-Καλλιθέα-Ρόδος-Λίνδος**
- 2^{ο} Όχημα : **Λίνδος-Αρχάγγελος-Πεύκοι**

- Ιούνιος: **6-7-2-3-4-1-5 (Καλλιθέα-Πεύκοι-Αρχάγγελος-Λινδος-Ρόδος-Καλυθιές-Γενάδι)**

Η εβδομαδιαία ζήτηση των πελατών το μήνα Ιούνιο η οποία είναι 10862,94kg,καλύπτεται με βάση την παραπάνω βέλτιστη διαδρομή και τη χρησιμοποίηση 4 οχημάτων.Οι διαδρομές των οχημάτων είναι οι εξής:

- 1^{ο} Όχημα : **Καλλιθέα-Πεύκοι-Αρχάγγελος-Λινδος**
- 2^{ο} Όχημα : **Λίνδος-Ρόδος-Καλυθιές**
- 3^{ο} Όχημα : **Καλυθιές-Γενάδι**
- 4^{ο} Όχημα : **Γενάδι**

- Ιούλιος: **6-4-7-3-5-1-2 (Καλλιθέα-Ρόδος-Πεύκοι-Λινδος-Γενάδι-Καλυθιές-Αρχάγγελος)**

Ακολουθώντας τη βέλτιστη διαδρομή του αλγορίθμου,καλύπτεται η εβδομαδιαία ζήτηση των πελατών για το μήνα Ιούλιο η οποία φτάνει τα 10822,09kg,με τη χρήση τεσσάρων οχημάτων,οι διαδρομές των οποίων είναι:

- 1^{ο} Όχημα : **Καλλιθέα-Ρόδος-Πεύκοι-Λινδος**
- 2^{ο} Όχημα : **Λινδος-Γενάδι-Καλυθιές**
- 3^{ο} Όχημα : **Καλυθιές-Αρχάγγελος**
- 4^{ο} Όχημα : **Αρχάγγελος**

- Αύγουστος: **5-3-6-7-2-1-4 (Γενάδι-Λίνδος-Καλλιθέα-Πεύκοι-Αρχάγγελος-Καλυθιές-Ρόδος)**

Σύμφωνα με τη παραπάνω βέλτιστη διαδρομή και τη χρήση τεσσάρων οχημάτων,γίνεται η κάλυψη της εβδομαδιαίας ζήτησης για το μήνα Αύγουστο, η οποία ανέρχεται σε 11265,22kg.Οι διαδρομές κάθε οχήματος παρουσιάζονται παρακάτω:

- 1^{ο} Όχημα : **Γενάδι-Λίνδος-Καλλιθέα-Πεύκοι**
- 2^{ο} Όχημα : **Πεύκοι-Αρχάγγελος-Καλυθιές**
- 3^{ο} Όχημα : **Καλυθιές-Ρόδος**
- 4^{ο} Όχημα : **Ρόδος**

- Σεπτέμβρης: **6-3-4-1-5-2-7 (Καλλιθέα-Λίνδος-Ρόδος-Καλυθιές-Γενάδι-Αρχάγγελος-Πεύκοι)**

Η συνολική εβδομαδιαία ζήτηση των πελατών είναι 11334,19kg και ικανοποιείται από τέσσερα οχήματα,που ακολουθούν τη παραπάνω διαδρομή.Το κάθε ένα έχει το εξής δρομολόγιο:

- 1^{ο} Όχημα : **Καλλιθέα-Λίνδος-Ρόδος-Καλυθιές**
- 2^{ο} Όχημα : **Καλυθιές-Γενάδι-Αρχάγγελος**
- 3^{ο} Όχημα : **Αρχάγγελος-Πεύκοι**
- 4^{ο} Όχημα : **Πεύκοι**

- Οκτώβρης: **1-6-4-3-5-2-7 (Καλυθιές-Καλλιθέα-Ρόδος-Λίνδος-Γενάδι-Αρχάγγελος-Πεύκοι)**

  Για τη κάλυψη της ζήτησης στη συγκεκριμένη διαδρομή(6500,619kg) χρησιμοποιούνται δύο φορτηγά.Το πρώτο με χωρητικότητα 5610kg το οποίο εκτελεί τη διαδρομή Καλυθιές-Καλλιθέα-Ρόδος-ΛίνδοςΓενάδι-Αρχάγγελος και το δεύτερο με χωρητικότητα 2575kg εκτελεί τη διαδρομή Αρχάγγελος-Πεύκοι.

- Νοέμβρης: **1-4-6-3-7-2-5 (Καλυθιές-Ρόδος-Καλλιθέα-Λίνδος-Πεύκοι-Αρχάγγελος-Γενάδι)**

Η εβδομαδιαία ζήτηση του μήνα Νοέμβρη η οποία είναι 3627,674kg ικανοποιείται από ένα φορτηγό(5610kg).

- Δεκέμβρης: **3-6-4-2-1-5-7 (Λίνδος-Καλλιθέα-Ρόδος-Αρχάγγελος-Καλυθιές-Γενάδι-Πεύκοι)**

Η συνολική ζήτηση για το μήνα Δεκέμβριο είναι 3970,93kg.Οπότε η διαδρομή πραγματοποιείται με τη χρήση ενός φορτηγού και μάλιστα αυτού των 5610kg για την κάλυψη της ζήτησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. *Ιωάννης Μαρινάκης-Μυγδαλάς Αθανάσιος*: " Συνδυαστική Βελτιστοποίηση", Πολυτεχνείο Κρήτης, 2004

2. *Ιωάννης Μαρινάκης-Μυγδαλάς Αθανάσιος*: "Σχεδιασμός Και Βελτιστοποίηση Της Εφοδιαστικής Αλυσίδας",Εκδόσεις σοφία,2008

3. *Κ.Σερελέας*: Διπλωματική εργασία "Ανάπτυξη μεθευρετικού αλγόριθμου για την επίλυση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων με χρονικά διαστήματα και παραλαβές και διανομές",2005.

4. *Ολυμπία Βαλάση*: Διπλωματική εργασία "Βελτιστοποίηση κόστους στην αλυσίδα διανομής κατεψυγμένων προϊόντων της εταιρίας Αφοί Χιωτάκη Ε.Π.Ε. ",2007.

5. *Ανδρέου Χαράλαμπος*: Διπλωματική εργασία "Βελτιστοποίηση δρομολόγησης οχημάτων διανομής των κατεψυγμένων προϊόντων της παγκύπριας εταιρίας αρτοποιών",2005.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6. *Gianpaolo Ghiani,Gilbert Laporte,Roberto Musmanno:* "Introduction To Logistics Systems Planning And Control".John Wiley & Sons,2004.

7. *Paolo Toth,Daniele Vig*o: "The Vehicle Routing Problem".Siam,2002.

8. *Francisco Baptista,Jorge Tavares*: "Bio-inspired Algorithms For The Vehicle Routing Problem".Springer-Verlag Berlin Heidelberg,2009.

9. *David Simchi-Levi,Xin Chen,Julien Bramel:* "The Logic Of Logistics"Theory,Algorithms and Applications for Logistics and Supply Chain Management,second edition.Springer,2005.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

10. http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP/index.html?VRP-Intro.html
11. http://aibook.csd.auth.gr/include/slides/Chap07.pdf
12. http://www.idsia.ch/~monaldo/vrp.html
13. http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP/index.html?bibliography.html
14. http://osiris.tuwien.ac.at/~wgarn/VehicleRouting/vehicle_routing.html
15. http://www.icsd.aegean.gr/lecturers/kavallieratou/NN&EP_files/ci_2.pdf
16. http://users.ntua.gr/vosniak/teaching/man_sys/14a.pdf
17. http://www.bma.upatras.gr/new/Courses%20Material/%28Mathima1%29VRPs.pdf