



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΔΡΕΟΥ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

ΘΕΜΑ:

**«ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ
ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΕΨΥΓΜΕΝΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΤΗΣ
ΠΑΓΚΥΠΡΙΑΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ ΑΡΤΟΠΟΙΩΝ»**



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΜΥΓΔΑΛΑΣ

**ΧΑΝΙΑ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2005**

ΑΦΙΕΡΩΝΕΤΑΙ

**Στην οικογένεια μου για όσα μέχρι στιγμής τους οφείλω
και
στην μνήμη του πνευματικού μου πατέρα Σωτήρη Λουκαΐδη**

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με την παρούσα Διπλωματική εργασία κλείνει ο κύκλος σπουδών μου στο Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η εκπόνηση της εργασίας ξεκίνησε το Μάρτιο του 2005 και ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2005, υπό την επίβλεψη του καθηγητή Αθανάσιου Μυγδαλά και σε συνεργασία με την «Παγκύπρια Εταιρία Αρτοποιιών» η οποία δραστηριοποιείται στην Κύπρο.

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

Αρχικά, ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου κ. Αθανάσιο Μυγδαλά και τον υποψήφιο διδάκτωρ Γιάννη Μαρινάκη, για τις πολύτιμες συμβουλές και την καθοδήγησή που μου παρείχαν για την επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη διοίκηση της «Παγκύπριας Εταιρίας Αρτοποιιών» για την πολύτιμη βοήθειά που μου παρείχε και το υπόλοιπο προσωπικό της εταιρίας, διανομείς και προσωπικό παραγωγής, που μου παρείχαν όλα τα στοιχεία και τις πληροφορίες που ήθελα με προθυμία.

Τέλος, ευχαριστώ τους φίλους μου, Ζουριδάκη Ευσεβία, Λούτα Δημήτρη και Σαμαρτζή Αντώνη, για τη συμπαράσταση και την βοήθεια που μου προσέφεραν αυτά τα πέντε χρόνια, αλλά κυρίως για τις υπέροχες αναμνήσεις που θα πάρω μαζί μου φεύγοντας από τα Χανιά.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	2
ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ LOGISTICS ΚΑΙ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ	2
1.1 Η εξέλιξη των Logistics και της Εφοδιαστικής Αλυσίδας	2
1.2 Γενικά στοιχεία για τα Logistics	3
1.2.1 Ορισμός των Logistics	3
1.2.2 Σκοπός των logistics	3
1.2.2.1 Αγορά	4
1.2.2.2 Έλεγχος αποθεμάτων	4
1.2.2.3 Προγραμματισμός εγκαταστάσεων	5
1.2.2.4 Ενδιάμεσες εγκαταστάσεις	5
1.2.2.5 Μεταφορές	5
1.2.3 Αλληλεπίδραση των logistics	6
1.2.3.1 Χρηματοδότηση	6
1.2.3.2 Μάρκετινγκ	7
1.2.3.3 Τεχνολογία πληροφοριών	7
1.2.3.4 Παραγωγή	7
1.2.4 Ο ρόλος των Logistics στην οικονομία	8
1.2.5 Στόχοι και συστατικά της στρατηγικής των Logistics	8
1.2.6 Οφέλη των logistics και οι προκλήσεις του μέλλοντος	10
1.3 Γενικά στοιχεία για την Εφοδιαστική Αλυσίδα	11
1.3.1 Τι σημαίνει «Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας» και η σπουδαιότητά της	11
1.3.2 Οι επτά βασικές αρχές της Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας	13
1.3.3 Τα μέλη της Εφοδιαστικής Αλυσίδας ενός δικτύου διανομής	14
1.3.4 Εφοδιαστική και διακίνηση προϊόντων	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	18
ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	18
2.1 Σχεδιασμός δικτύου διανομής	18
2.2 Εναλλακτικά σενάρια διανομής	18
2.3 Κανάλια Διανομής	19
2.3.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή καναλιού διανομής	20
2.3.2 Κέντρα διανομής	21
2.4 Μεταφορές	22
2.4.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή των φορτηγών	22
2.4.2 Κόστος μεταφοράς	23
2.4.2.1 Κόστη σχετικά με τους οδηγούς	24
2.4.2.2 Κόστη σχετικά με τα οχήματα	24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	26
ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VEHICLE ROUTING PROBLEM)	26
3.1 Εισαγωγή στο πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων.....	26
3.2 Με τι ασχολείται το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων	26
3.3 Τυπικά χαρακτηριστικά ενός VRP	28
3.3.1 Πελάτες.....	28
3.3.2 Αποθηκευτικοί χώροι & Οχήματα.....	29
3.3.3 Οδηγοί.....	29
3.3.4 Δρομολόγια.....	29
3.4 Στόχοι κατά την επίλυση ενός VRP.....	30
3.5 Ορισμός μοντέλου του V.R.P	31
3.6 Τα βασικότερα είδη των V.R.P.....	32
3.6.1 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων περιορισμένης χωρητικότητας (CAPACITATED VRP , CVRP).....	33
3.6.2 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με χρονικά παράθυρα (VRP with TIME WINDOWS , VRPTW)	34
3.6.3 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με παραλαβές (VRP with BACKHAULS , VRPB)	35
3.6.4 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με παραλαβές και διανομές (VRP with PICK-UP and DELIVERING , VRPPD).....	36
3.6.5 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με πολλαπλές αποθήκες (MULTIPLE DEPOTS VRP , MDVRP)	37
3.6.6 Το περιοδικό πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων (PERIODIC VRP, PVRP)	38
3.6.7 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων ξεχωριστών διανομών (SPLIT DELIVERY VRP, SDVRP).....	39
3.6.8 Το στοχαστικό πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων (STOCHASTIC VRP, SVRP)	39
3.6.9 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με υποστήριξη βοηθητικών αποθηκών (VRP with SATELLITE FACILITIES, VRPSF)	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	41
ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (V.R.P).....	41
4.1 Εισαγωγή	41
4.2 Ευρετικές Μέθοδοι	41
4.2.1 Κατασκευαστικές Μέθοδοι Constructive Methods).....	41
4.2.1.1 Μέθοδοι εξοικονομήσεων: Clark και Wright (1964)	41
4.2.1.2 Μέθοδοι εξοικονομήσεων Matching Based	42
4.2.2 Η διαδικασία του πλησιέστερου γείτονα	42
4.2.3 Η μέθοδος 2-βελτίστου (2-opt).....	43
4.2.4 Η μέθοδος 3-βελτίστου (3-opt).....	43
4.2.5 Or-βέλτιστο.....	43
4.2.6 Ο αλγόριθμος διακλάδωσης και περιορισμού (BRANCH AND BOUND)	44
4.2.6.1 Ο βασικός αλγόριθμος.....	44

4.3 Μεθευρετικές Μέθοδοι.....	45
4.3.1 Συστήματα Μυρμηγκιών	46
4.3.2 Γενετικοί Αλγόριθμοι, (Genetic Algorithms)	47
4.3.3 Προσομοιωμένη Ανόπτηση (Simulated Annealing).....	48
4.3.4 Αιτιοκρατική Ανόπτηση	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	52
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ.....	52
5.1 Γενικά στοιχεία για την Παγκύπρια Εταιρία Αρτοποιιών	52
5.1.1 Η φιλοσοφία της εταιρίας	52
5.1.2 Οι στόχοι της εταιρίας	53
5.2 Τα προϊόντα της εταιρίας.....	53
5.3 Το πρόβλημα της εταιρίας	54
5.4 Το υπάρχον δίκτυο διανομής της εταιρίας.....	54
5.5 Δεδομένα του προβλήματος.....	58
5.5.1 Κατάλογος κατεψυγμένων προϊόντων	58
5.5.2 Αποθηκευτικοί χώροι.....	61
5.5.3 Οχήματα μεταφοράς κατεψυγμένων προϊόντων.....	63
5.5.4 Άλλα γενικά στοιχεία για τη διανομή προϊόντων	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	67
ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΟΥ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ	
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	67
6.1 Το λογισμικό Microsoft Auto Route 2001.....	67
6.2 Το λογισμικό LINGO	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	70
ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	70
7.1 Μοντέλο επίλυσης του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων της Π.Ε.Α	70
7.2 Μοντέλο που αναπτύχθηκε στο λογισμικό LINGO για την επίλυση του	
προβλήματος	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	75
ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	75
8.1 Εισαγωγή	75
8.2 Αποτελέσματα Εφαρμογής του C.V.R.P	75
8.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων με το υπάρχον δίκτυο διανομής	77
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	81
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	83
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	88
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ	92
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	123

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην παρούσα εργασία αντιμετωπίζεται ένα από τα πιο κρίσιμα και καίρια προβλήματα, που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις σήμερα και κυρίως αυτές που παράγουν και διανέμουν τα προϊόντα τους είτε απευθείας στους πελάτες είτε σε τοποθεσίες διάθεσης των προϊόντων τους.

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

Συγκεκριμένα, στην εργασία αυτή θα εξετάσουμε το πρόβλημα της "Παγκύπριας Εταιρίας Αρτοποιιών" η οποία δραστηριοποιείται στην Κύπρο στο χώρο των αρτοσκευασμάτων. Στόχος της εταιρίας είναι να βελτιώσει το υπάρχον δίκτυο διανομής που χρησιμοποιεί για τη διανομή των καταψυγμένων προϊόντων στα πρατήριά της σε όλη τη Κύπρο. Η διοίκηση της εταιρίας πιστεύει πως αυτό θα βελτιώσει τη θέση της εταιρίας στην αγορά, θα μειώσει το κόστος της όσον αφορά τις μεταφορές και με αυτό τον τρόπο θα της δοθεί η δυνατότητα να προσφέρει καλύτερη ποιότητα και τιμή στα προϊόντα της.

Στα πλαίσια λοιπόν της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας θα προσπαθήσουμε να εξάγουμε κάποια βέλτιστη λύση που θα επιλύει το πρόβλημα της εταιρίας, χρησιμοποιώντας τα στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Συνοπτικά :

- Στο **Κεφάλαιο 1** γίνεται μια εισαγωγή και μια αναφορά των θεμάτων με τα οποία ασχολούνται τα Logistics και η Εφοδιαστική Αλυσίδα.
- Στο **Κεφάλαιο 2** αναλύονται οι τρόποι σχεδιασμού ενός δικτύου διανομής και οι παράγοντες που επηρεάζουν τη σχεδίαση του. Γίνεται, επίσης, μια μικρή αναφορά στα οχήματα μεταφοράς που χρησιμοποιούνται για τις μεταφορές προϊόντων και πως αυτά επιλέγονται.

- ✦ Στο **Κεφάλαιο 3** γίνεται μια εισαγωγή στο Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων (VRP), αναλύονται τα χαρακτηριστικά ενός VRP και τέλος γίνεται μια εκτενής ανάλυση των βασικότερων ειδών των προβλημάτων VRP.
- ✦ Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζονται μερικοί ευρετικοί και μεθευρετικοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για την επίλυση των Προβλημάτων Δρομολόγησης.
- ✦ Στο **Κεφάλαιο 5** γίνεται μια περιγραφή της εταιρίας, του τρόπου λειτουργίας της εταιρίας, του προβλήματος που αντιμετωπίζει και παρουσιάζονται, επίσης, όλα τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για την επίλυση του προβλήματος.
- ✦ Στο **Κεφάλαιο 6** παρουσιάζονται τα λογισμικά Lingo και Microsoft Auto Route 2001, τα οποία θα βοηθήσουν στην επίλυση του προβλήματος και τη δημιουργία του πίνακα αποστάσεων, αντίστοιχα.
- ✦ Στο **Κεφάλαιο 7** γίνεται η μαθηματική μοντελοποίηση του προβλήματος και η ανάπτυξη του αλγοριθμικού μοντέλου που αναπτύχθηκε στο λογισμικό Lingo.
- ✦ Στο **Κεφάλαιο 8** παρουσιάζονται τα δρομολόγια των οχημάτων έτσι όπως προέκυψαν από την επίλυση του προβλήματος με τη χρήση του λογισμικού Lingo και γίνεται σύγκριση των δρομολογίων αυτών με τα δρομολόγια που χρησιμοποιεί η εταιρία.

Στο τέλος της εργασίας αναφέρονται κάποια συμπεράσματα και παρατηρήσεις που προέκυψαν βάση των αποτελεσμάτων. Δίνονται, επίσης, κάποιες προτάσεις που μπορούν να βοηθήσουν ακόμη περισσότερο στη βελτιστοποίηση του δικτύου διανομής της εταιρίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ LOGISTICS ΚΑΙ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

1.1 Η εξέλιξη των Logistics και της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

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

Πριν ακόμη εφευρεθούν τα μεταφορικά μέσα, τα προϊόντα που καταναλώνονταν σε μια περιοχή ήταν πολύ λίγα αριθμητικά, περιορίζονταν σε αυτή τη μικρή περιοχή και καταναλώνονταν σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Τα πράγματα στις μέρες μας, μετά την εφεύρεση των μέσων μεταφοράς και με δεδομένο ότι δεν ήταν δυνατή η παραγωγή όλων των αναγκαίων προϊόντων σε μια περιοχή, άρχισε η ανάπτυξη και η εγκατάσταση παραγωγικών μονάδων σε περιοχές όπου ήταν δυνατό να παραχθούν τα αναγκαία προϊόντα της ευρύτερης περιοχής, η μαζική παραγωγή τους και η μεταφορά τους σε περιοχές όπου δεν ήταν δυνατή η παραγωγή τους.

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

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

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

Σήμερα, οι νέες τάσεις τις αγοράς και ο μεγάλος ανταγωνισμός των επιχειρήσεων υποδεικνύουν την αναγκαιότητα ελαχιστοποίησης των αποθεμάτων και την παραγωγή και

διάθεση ποιοτικών προϊόντων, κάνοντας έτσι το πρόβλημα της διανομής αρκετά σύνθετο. Σημαντική είναι ακόμη η ανάγκη αύξησης του επιπέδου εξυπηρέτησης των καταναλωτών, η οποία σε συνδυασμό με την μείωση του λειτουργικού κόστους της επιχείρησης δίνουν συγκριτικό πλεονέκτημα στην επιχείρηση έναντι των ανταγωνιστών της. Αυτό αποτελεί και τον βασικό στόχο κάθε επιχείρησης ή τουλάχιστον θα έπρεπε να αποτελεί.

1.2 Γενικά στοιχεία για τα Logistics

1.2.1 Ορισμός των Logistics

Στην πάροδο του χρόνου χρησιμοποιήθηκαν πολλοί όροι για να αποδώσουν το νόημα της ροής των αγαθών από το σημείο παραγωγής στο σημείο κατανάλωσης. Το Council of Logistics Management, ένας επαγγελματικός οργανισμός που ιδρύθηκε το 1962 και θεωρείται ως μια από τις πιο έγκυρες ομάδες ειδικών πάνω στο θέμα αυτό, ορίζει τα Logistics ως εξής:

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

Βέβαια, τα Logistics δεν έχουν να κάνουν μόνο με φυσικά αγαθά αλλά και με παροχή υπηρεσιών και επιπλέον επεκτείνεται και στην διαδικασία παραγωγής. Έτσι, σύμφωνα με τον R.H.Ballou θα μπορούσαμε να πούμε ότι:

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

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

1.2.2 Σκοπός των logistics

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

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

Πίνακας 1.1

Raja G. Kasilingam: [11]

1.2.2.1 Αγορά

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

1.2.2.2 Έλεγχος αποθεμάτων

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

1.2.2.3 Προγραμματισμός εγκαταστάσεων

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

1.2.2.4 Ενδιάμεσες εγκαταστάσεις

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

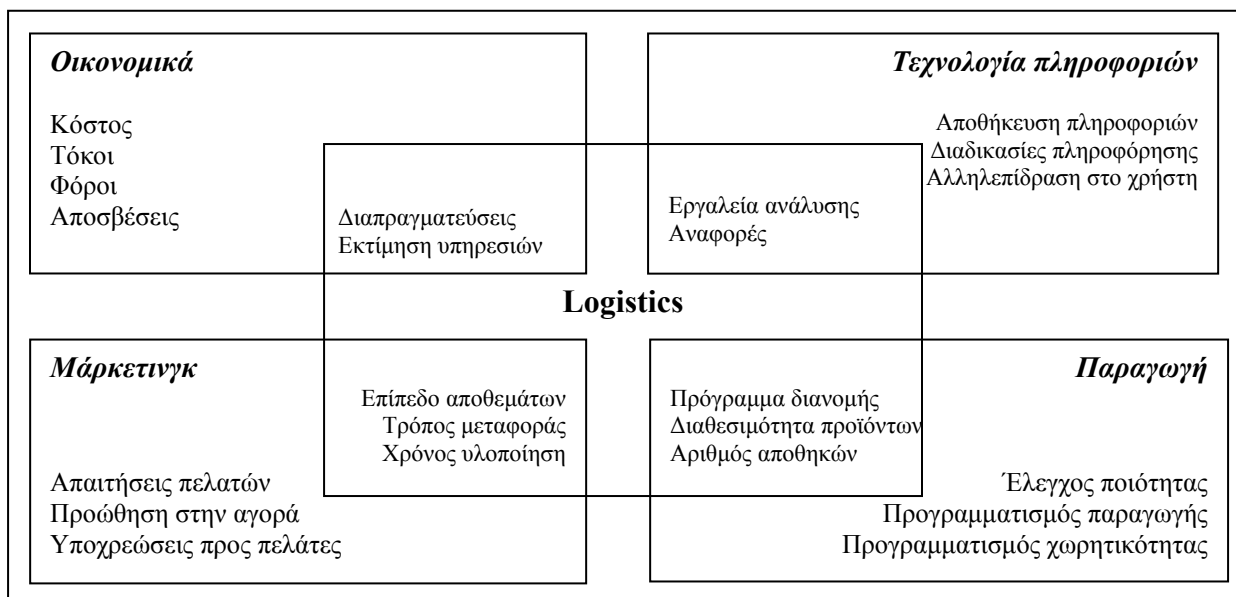
1.2.2.5 Μεταφορές

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

από τα λειτουργικά προβλήματα. Η δρομολόγηση οχημάτων εστιάζεται στον προσδιορισμό των βέλτιστων δρομολογίων για τη διανομή των προϊόντων, εξετάζοντας τη δομή των εναλλακτικών διαδρομών, τις αποστάσεις και την ικανότητα διέλευσης των διαδρομών.

1.2.3 Αλληλεπίδραση των logistics

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



Σχήμα 1.1 Σχέση μεταξύ logistics και άλλων επιχειρησιακών λειτουργιών

Raja G. Kasilingam: [11]

1.2.3.1 Χρηματοδότηση

Η σημαντικότερη σύνδεση μεταξύ της χρηματοδότησης και των logistics είναι μέσω των στοιχείων δαπανών. Τα στοιχεία δαπανών παρέχουν τη βάση για όλες τις αποφάσεις που αφορούν τα logistics. Η αξιολόγηση των εναλλακτικών συστημάτων logistics καθώς επίσης και της ανάπτυξης των στρατηγικών λειτουργιών, απαιτούν σταθερές και μεταβλητές πληροφορίες δαπανών. Η τιμολόγηση των υπηρεσιών

μεταφορών και αποθήκευσης απαιτεί τα λεπτομερή στοιχεία δαπανών όσον αφορά τα καύσιμα, τη συντήρηση, το χειρισμό, τις κόστος εργασίας, τα υλικά και τα γενικά έξοδα. Οι αποφάσεις αγοράς και αντικατάστασης εξοπλισμού δεν μπορούν να γίνουν χωρίς πληροφορίες για τις μεθόδους υποτίμησης και τη φορολογική δομή. Η διαπραγμάτευση των ποσοστών ή των τιμών με τους προμηθευτές δεν μπορεί να γίνει χωρίς τα ακριβή στοιχεία δαπανών.

1.2.3.2 Μάρκετινγκ

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

1.2.3.3 Τεχνολογία πληροφοριών

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

1.2.3.4 Παραγωγή

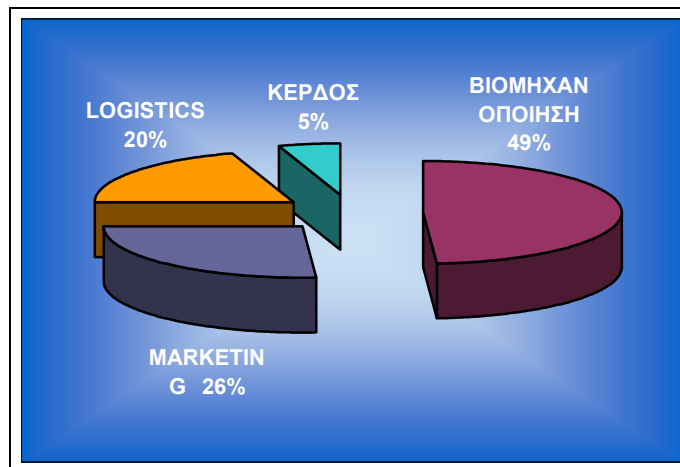
Εκτιμώντας ότι το μάρκετινγκ παρέχει τις απαιτήσεις των πελατών, η παραγωγή εξασφαλίζει ότι οι απαιτήσεις των πελατών καλύπτονται από την άποψη της ποιότητας, των χαρακτηριστικών και της ποσότητας. Η ομάδα σχεδιασμού προϊόντων "μεταφράζει", μπορούμε να πούμε, την επιθυμία των πελατών με την επιλογή των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

1.2.4 Ο ρόλος των Logistics στην οικονομία

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

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

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



Σχήμα 1.2

1.2.5 Στόχοι και συστατικά της στρατηγικής των Logistics

Γενικότερα η στρατηγική των logistics έχει τρεις στόχους:

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

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

Η μείωση, τώρα, του απασχολούμενου κεφαλαίου είναι στρατηγική που στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του επιπέδου του επενδυμένου κεφαλαίου στο σύστημα των logistics με κίνητρο την μεγιστοποίηση της απόδοσης, πράγμα το οποίο με διάφορους τρόπους όπως η κατευθείαν αποστολή αποφεύγοντας την αποθήκευση, προτιμώντας τη μη

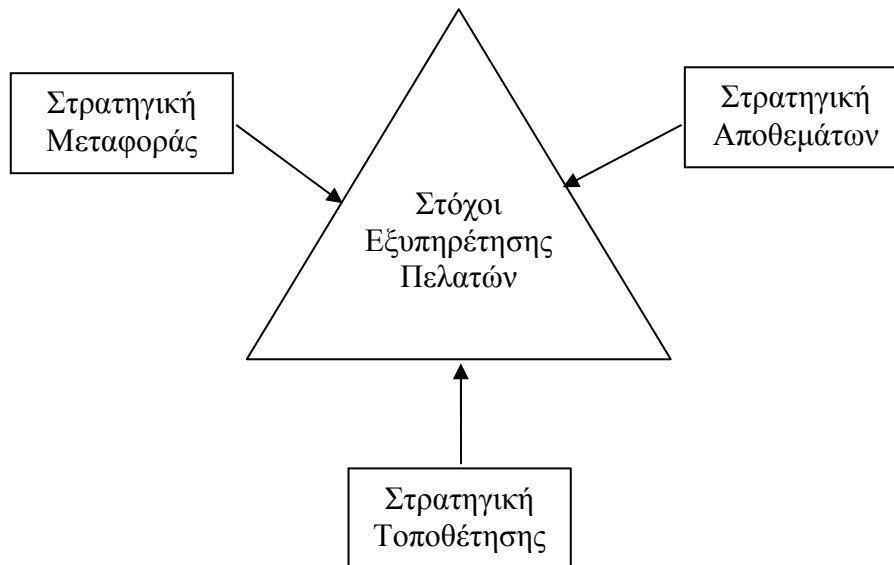
ιδιοκτησία των αποθηκών ή ακόμη χρησιμοποιώντας τρίτους ως προμηθευτές των υπηρεσιών των logistics. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατόν να αυξηθούν τα μεταβλητά κόστη σε σχέση με στρατηγικές υψηλότερων επιπέδων επένδυσης.

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

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

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

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



Σχήμα 1.3 Το "Τρίγωνο" στη λήψη αποφάσεων των logistics
Ronald H. Ballou: [10]

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

Οι στόχοι εξυπηρέτησης πελατών καθορίζουν τα παρεχόμενα επίπεδα εξυπηρέτησης τα οποία επιδρούν περισσότερο από οποιονδήποτε άλλο παράγοντα στο σχεδιασμό του συστήματος, καθώς υψηλά επίπεδα εξυπηρέτησης επιτρέπουν συγκεντρωμένα αποθέματα σε λίγες αποθήκες και τη χρήση λιγότερο δαπανηρών μέσων

μεταφοράς, ενώ τα χαμηλά επίπεδα το αντίθετο. Παρόλα αυτά, τα ανώτατα επίπεδα εξυπηρέτησης εκτινάσσουν το κόστος των logistics στα ύψη κάνοντας έτσι το πρόβλημα του καθορισμού των επιπέδων εξυπηρέτησης πολύ δύσκολο.

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

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

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

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

1.2.6 Οφέλη των logistics και οι προκλήσεις του μέλλοντος

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

Κυρίως, όμως, τα logistics μπορούν να είναι αιτία ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος μιας επιχείρησης, να είναι μια καλή τιμολογιακή πολιτική, μια καλή προβολή και φυσικά ένα καλό προϊόν. Μάλιστα υπάρχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί η εταιρία να δημιουργήσει ένα δίκτυο διανομής, το οποίο να συντελέσει στην αύξηση των πελατών της εταιρίας, σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να μην μπορεί να αντιγραφεί από τους ανταγωνιστές. Στη σύγχρονη εποχή όπου μεγαλώνουν οι γραμμές προϊόντος και

μικραίνει ο κύκλος ζωής τους, μετακινούνται οι αλυσίδες διανομής και η τεχνολογία μεταβάλλεται, η σωστή διοίκηση των logistics αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ανταγωνιστικότητα της επιχείρησης. Για να αποτελέσουν όμως τα logistics "όπλο" του επιθετικού marketing θα πρέπει να αντιμετωπιστούν σαν ένα ολοκληρωμένο κομμάτι της στρατηγικής της εταιρίας.

Ο βαθμός στον οποίο τα logistics αποτελούν ολοκληρωμένο κομμάτι στην διαδικασία στρατηγικού σχεδιασμού της επιχείρησης είναι δυνατό να καθορίσει και την μελλοντική επιτυχία της επιχείρησης. Ένα άρθρο του Charles W. Smith, σύμβουλου marketing, πρώην αντιπροέδρου του American Marketing Association και τέως διευθυντή σχεδιασμού διανομής της Nabisco, συνηγορεί προς αυτή την κατεύθυνση και στο άρθρο αυτό αναφέρει:

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

1.3 Γενικά στοιχεία για την Εφοδιαστική Αλυσίδα

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

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

1.3.1 Τι σημαίνει «Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας» και η σπουδαιότητά της

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

Ένα πρόγραμμα διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας ενοποιεί σε μια οντότητα θέματα που σχετίζονται με λειτουργίες όπως την κατασκευή, τη μεταφορά και τη διανομή. Η επιτυχία ενός τέτοιου προγράμματος εξαρτάται από το πόσο καλά θα συντονίσει και θα

συνδυάσει αυτές τις λειτουργίες σε μια διαδικασία, συνδέοντας όλους τους συμμετέχοντες στην αλυσίδα. Οι συμμετέχοντες εκτός των ενδο-επιχειρησιακών τμημάτων είναι και οι εργαζόμενοι, οι μεταφορείς, άλλες επιχειρήσεις με τις οποίες συνεργάζεται η εταιρία, καθώς και προμηθευτές πληροφοριακών συστημάτων.

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

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

Αν θεωρήσουμε μια εταιρία μέσα από το πλαίσιο του παραπάνω ορισμού, θα πρέπει να συμπεριλάβουμε τόσο το δίκτυο προμήθειας πρώτων υλών, όσο και το δίκτυο διανομής των προϊόντων. Ακόμη, βάση του πιο πάνω ορισμού, η αλυσίδα προμηθειών περιλαμβάνει τη διαχείριση πληροφοριακών συστημάτων, την προμήθεια υλικών, τον προγραμματισμό παραγωγής, τη διαχείριση αποθεμάτων, την εξυπηρέτηση των πελατών και την διανομή των τελικών προϊόντων. Το δίκτυο προμηθειών περιλαμβάνει όλες εκείνες τις εταιρίες που παρέχουν εισαγόμενα υλικά ή προϊόντα σε μια εταιρία, είτε άμεσα είτε έμμεσα. Το δίκτυο προμήθειας περιλαμβάνει επίσης και διάφορα τμήματα της ίδιας εταιρίας. Για παράδειγμα ένα υλικό περνά μέσα από διάφορες διαδικασίες επεξεργασίας που γίνονται από διαφορετικά τμήματα της εταιρίας ή ένας προμηθευτής της εταιρίας έχει τους δικούς του προμηθευτές οι οποίοι εντάσσονται στο συνολικό δίκτυο προμήθειας της εταιρίας.

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

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

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

παράδοση στον καταναλωτή, δύο αποτελέσματα που μπορούν να αυξήσουν τις πωλήσεις και τα κέρδη της εταιρίας.

1.3.2 Οι επτά βασικές αρχές της Διαχείρισης 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.

1.3.3 Τα 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.

1.3.4 Εφοδιαστική και διακίνηση προϊόντων

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

1. Εξυπηρέτηση πελατών

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

2. Λήψη παραγγελιών

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

- Η επικοινωνία με τον πελάτη
- Η επικοινωνία με την αποθήκη
- Η παραλαβή και η επεξεργασία της παραγγελίας
- Η συγκέντρωση των προϊόντων
- Η προετοιμασία για αποστολή-συσκευασία
- Η τιμολόγηση
- Η παρακολούθηση της διαδικασίας εκτέλεσης της παραγγελίας
- Ο έλεγχος πίστωσης των πελατών και
- Η παρακολούθηση οφειλετών

3. Επικοινωνία

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

4. Έλεγχος αποθεμάτων

Η ύπαρξη και η ορθολογική διαχείριση των συστημάτων αποθεματοποίησης είναι αναγκαία αφ' ενός διότι εξασφαλίζει τη συνεχή και αδιάκοπη ροή των προϊόντων και αφ' εταίρου διότι το κόστος χρήσης της αποθήκης είναι

ιδιαίτερα υψηλό, όπως επίσης και το κεφάλαιο που δεσμεύεται υπό την μορφή των αποθεμάτων.

5. Προβλέψεις

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

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

6. Μεταφορές

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

7. Αποθήκευση

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

8. Φορτοεκφόρτωση

Η φορτοεκφόρτωση είναι συνδεδεμένη με το σύστημα μεταφορών της επιχείρησης τόσο μέσα στην ίδια την επιχείρηση (μονάδες παραγωγής - αποθήκες) όσο και μεταξύ της επιχείρησης και των πελατών. Δεδομένου ότι η φορτοεκφόρτωση δεν προσθέτει αξία στο τελικό προϊόν, επιβάλλεται η ελαχιστοποίηση των σχετικών χειρισμών και του κόστους τους, όπως:

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

9. Προμήθειες

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

- ο Προσδιορισμός χρονικών στιγμών παραλαβής προμηθειών

- Προσδιορισμός ποσοτήτων
- Προσδιορισμός της μορφής των προμηθειών
- Διαπραγμάτευση των τιμών
- Καθορισμός της ποιότητας των προμηθειών

10. Συντήρηση

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

11. Συσκευασία

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

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

12. Διάθεση αποβλήτων

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

13. Το κύκλωμα επιστροφής

Το κύκλωμα επιστροφής είναι ένα σημαντικό θέμα το οποίο παρουσιάστηκε τις τελευταίες δεκαετίες και αποτελεί σημαντικό τμήμα της αλυσίδας διακίνησης, με σημαντικές συνέπειες στην εξυπηρέτηση του πελάτη. Το κύκλωμα επιστροφής περιλαμβάνει συνήθως την ανακύκλωση ή και επαναχρησιμοποίηση ορισμένων τμημάτων του προϊόντος(εφόσον αυτό είναι εφικτό).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

2.1 Σχεδιασμός δικτύου διανομής

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

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

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

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

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

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

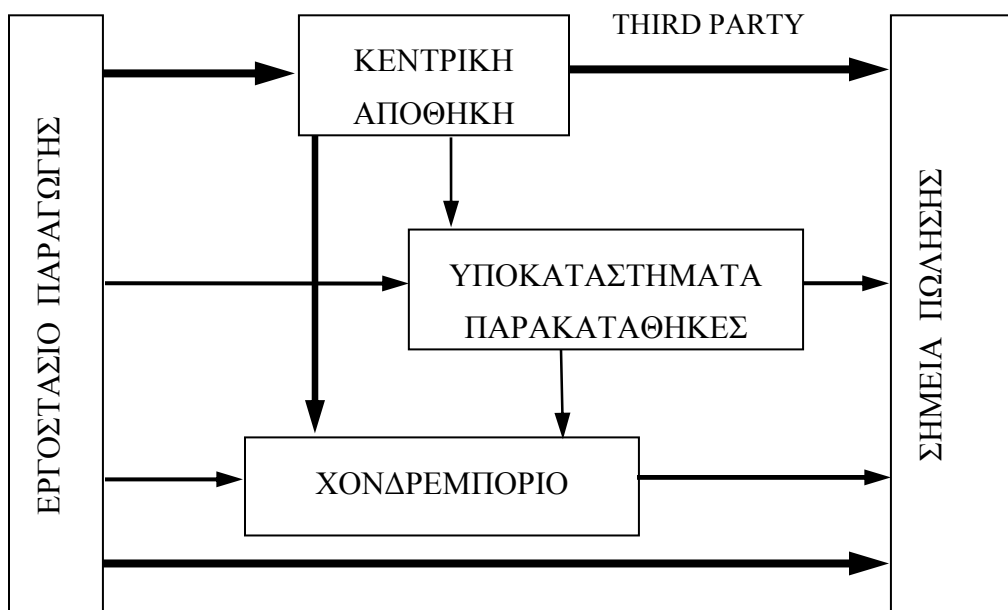
2.2 Εναλλακτικά σενάρια διανομής

Γενικά, υπάρχουν διάφοροι τρόποι μέσω των οποίων μια επιχείρηση μπορεί να τροφοδοτεί τα προϊόντα της στους τελικούς καταναλωτές. Η επιχείρηση καλείται να διαλέξει κάποιους από αυτούς, οι οποίοι είναι πιο κερδοφόροι, για την διακίνηση των προϊόντων της. Ένας καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή του καλύτερου τρόπου διανομής των προϊόντων είναι το κόστος του δικτύου διανομής. Βάση του παράγοντα

κόστους διανομής μπορούμε να διακρίνουμε τις πιο κάτω κατηγορίες διανομής προϊόντων:

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

Τα παραπάνω απεικονίζονται διαγραμματικά στο ακόλουθο σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1 Τυπικά κανάλια διανομής

Γιαννάτος Γιώργος-Ανδριανόπουλος Σταμάτης [2]

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

2.3 Κανάλια Διανομής

Τα κανάλια διανομής αποτελούν τα μέσα, από τα οποία πραγματοποιείται η διακίνηση των προϊόντων. Ένα κανάλι διανομής αντιστοιχεί σε μια σειρά κόμβων και συνδέσμων του δικτύου διανομής που συνδέουν την (τις) μονάδα (-ες) παραγωγής με την τελική αγορά και τα σημεία διακίνησης. Συνεπώς ένα κανάλι διανομής αποτελείται από διάφορες επιχειρησιακές μονάδες (μονάδες παραγωγής, αποθήκες, μέσα μεταφοράς κ.τ.λ)

οι οποίες μπορεί να ανήκουν είτε στην επιχείρησης, είτε να είναι μισθωμένες από αυτή. Τα κανάλια διανομής σχεδιάζονται ανάλογα με τη φύση των προϊόντων που πρόκειται να διακινηθούν, ανάλογα με τη φύση της αγοράς και ανάλογα με τις δυνατότητες της επιχείρησης. Επίσης, η ανάπτυξη ενός καναλιού διανομής στόχος είναι η μείωση του κόστους διακίνησης και η αύξησης του επιπέδου εξυπηρέτησης του πελάτη.

2.3.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή καναλιού διανομής

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

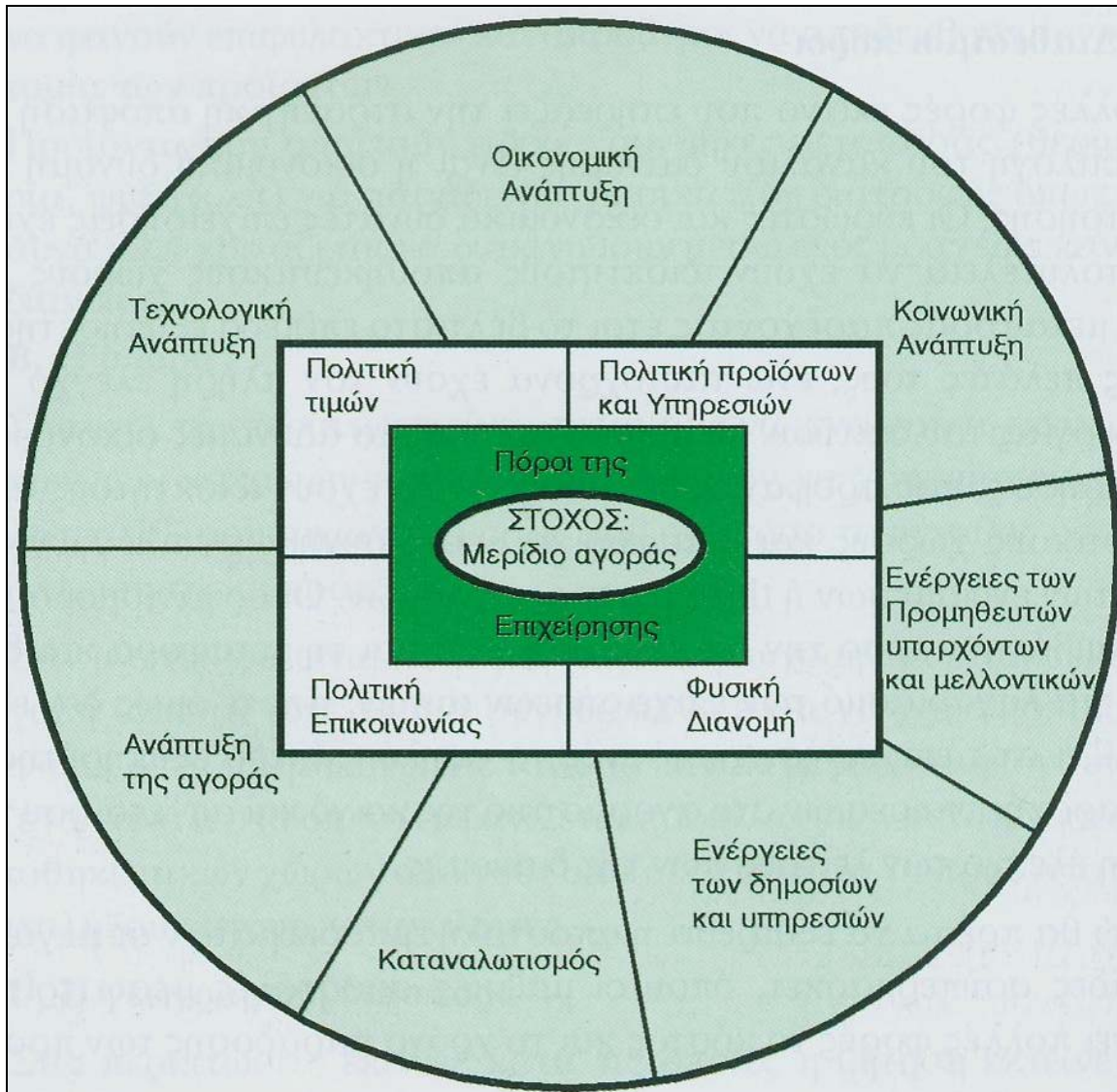
A. Ενδογενείς παράγοντες

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

B. Εξωγενείς παράγοντες

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

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



Σχήμα 2.2 Εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της διανομής
Γιαννάτος Γιώργος-Ανδριανόπουλος Σταμάτης [2]

2.3.2 Κέντρα διανομής

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

- Τον αριθμό των κέντρων διανομής
- Τη γεωγραφική θέση των κέντρων διανομής
- Τον αριθμό των επιπέδων οργάνωσής τους
- Το μέγεθος και τη δυναμικότητά τους
- Τη διαδικασία τροφοδοσίας τους

- Τα προϊόντα που θα αποθεματοποιούνται
- Το μέγεθος της αγοράς που θα εξυπηρετούν

Οι παραπάνω αποφάσεις λαμβάνονται βάσει ορισμένων περιορισμών σχετικών με:

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

2.4 Μεταφορές

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

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

2.4.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή των φορτηγών

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

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

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

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

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

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

2.4.2 Κόστος μεταφοράς

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

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

- Αμοιβή οδηγών
- Ασφάλιση οδηγών και οχημάτων

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

Επίσης υπεισέρχονται συχνά και άλλα κόστη όπως:

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

Τα παραπάνω κόστη μπορούν να διακριθούν σε δυο γενικότερες κατηγορίες:

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

2.4.2.1 Κόστη σχετικά με τους οδηγούς

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

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

Δείκτης Αξιοποίησης Οδηγού

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

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

2.4.2.2 Κόστη σχετικά με τα οχήματα

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

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

Επίσης, στο κόστος απόσβεσης συμπεριλαμβάνονται και οι τόκοι του υποτιθέμενου κεφαλαίου που δανείστηκε η επιχείρησης για την αγορά των οχημάτων. Μια βέλτιστη πολιτική αντικατάστασης είναι αυτή η οποία ελαχιστοποιεί το άθροισμα του κόστους απόσβεσης και του κόστους συντήρησης. Το κόστος συντήρησης εξαρτάται από το είδος των οχημάτων, είναι αρχικά χαμηλό και αυξάνεται στη συνέχεια με την ηλικία και το βαθμό χρησιμοποίηση του εκάστοτε οχήματος. Ένας Δείκτης Αξιοποίησης των Οχημάτων (Δ.Α.Οχ) είναι ο ακόλουθος:

$$\Delta.Α.Οχ = \frac{\text{Φορτίο οχήματος} \times \text{Ωρες διανομής}}{\text{Μεγιστο φορτίο} \times \text{Συνολικές ώρες απασχόλησης}}$$

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

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VEHICLE ROUTING PROBLEM)

3.1 Εισαγωγή στο πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

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 πολύπλοκων 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 περίπτωση 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.

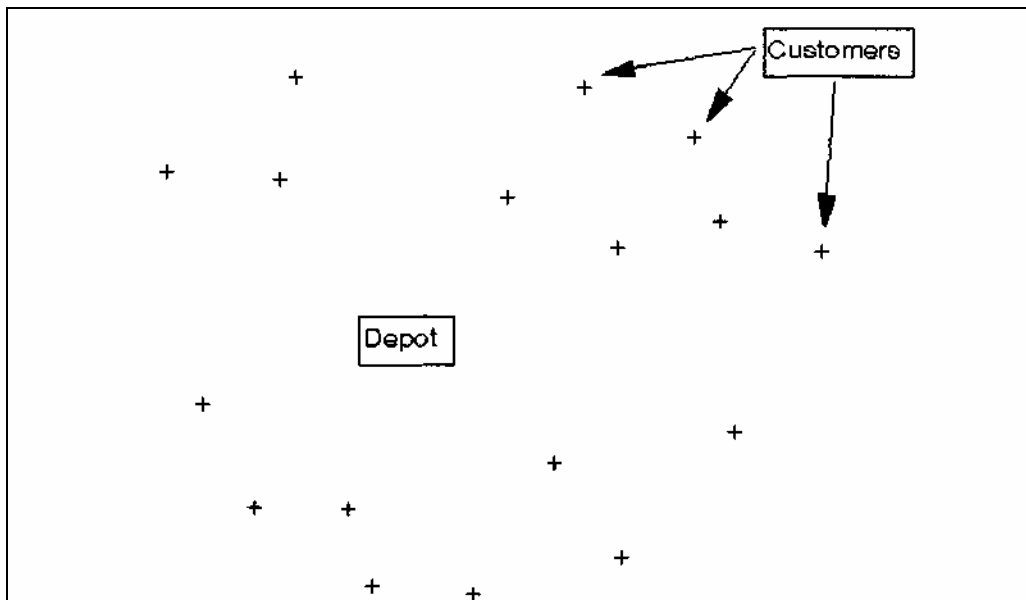
3.2 Με τι ασχολείται το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

Το Vehicle Routing Problem (V.R.P) αποτελεί έναν ορισμό που συμπεριλαμβάνει έναν μεγάλο αριθμό προβλημάτων που σχετίζονται με τις διαδρομές που πρέπει να ακολουθήσει ένας στόλος οχημάτων από μία ή περισσότερες αποθήκες προς έναν αριθμό πελατών. Ο στόχος που επιτυγχάνεται με την επίλυση του V.R.P είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς προϊόντων προς ικανοποίηση των πελατών με γνωστές απαιτήσεις, βελτιστοποιώντας τις διαδρομές ενός στόλου οχημάτων που ξεκινούν και καταλήγουν σε μία αποθήκη.

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

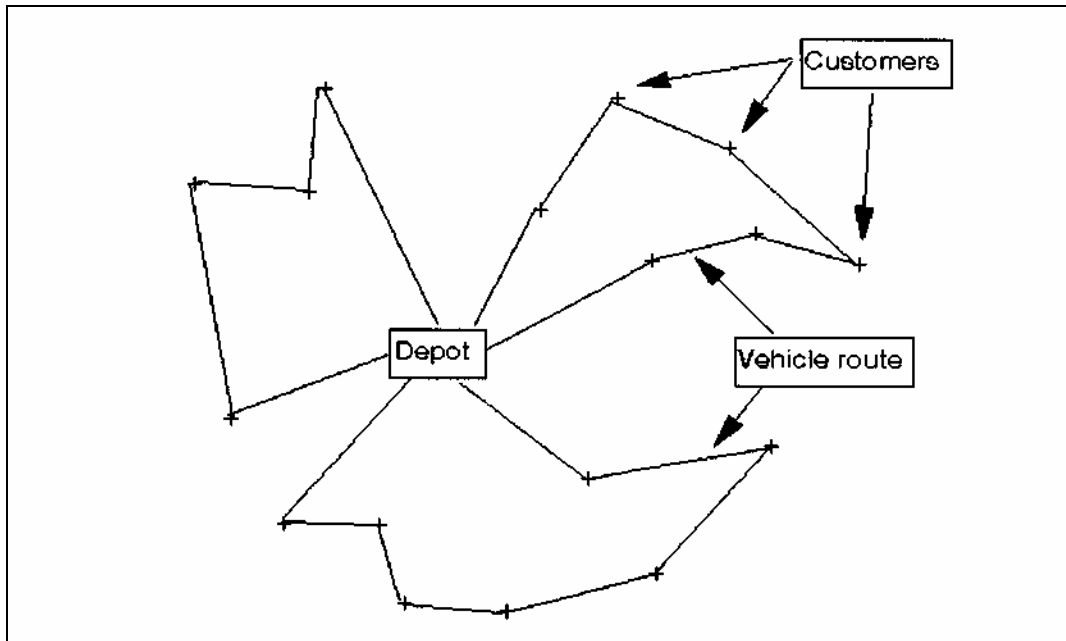
Το οδικό δίκτυο που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των αγαθών περιγράφεται μέσω ενός γραφήματος, τα τόξα του οποίου αντιπροσωπεύουν τις οδικές προσβάσεις ανάμεσα στους κόμβους που αντιπροσωπεύουν τις αποθήκες και τους πελάτες. Τα τόξα μπορούν να είναι προσανατολισμένα ή μη προσανατολισμένα ανάλογα με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

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



Σχήμα 3.1α Αναπαράσταση προβλήματος VRP

Στο παρακάτω σχήμα 3.2 βλέπουμε την διαδρομή που θα ακολουθηθεί από τα οχήματα μετά την επίλυση του προβλήματος ως ένα VRP.



Σχήμα 3.1β Πιθανή λύση προβλήματος VRP

3.3 Τυπικά χαρακτηριστικά ενός VRP

Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να γίνει περιγραφή των τυπικών χαρακτηριστικών του δικτύου και των προβλημάτων χρονοδιαγράμματος παίρνοντας υπόψη τα κύρια χαρακτηριστικά τους (οδικό δίκτυο, πελάτες, αποθήκες, οχήματα και οδηγοί), τις διαφορετικές μεταβλητές που μπορούν να εισαχθούν στο πρόβλημα καθώς και τους πιθανούς στόχους που θέλουμε να επιτύχουμε κατά τη βελτιστοποίηση του προβλήματος το οποίο αντιμετωπίζουμε.

3.3.1 Πελάτες

Τα τυπικά χαρακτηριστικά των πελατών σε ένα πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων είναι:

- Οι κορυφές του γραφήματος που υποδεικνύουν τη θέση των πελατών.
- Το μέγεθος της παραγγελίας (ζήτηση), πιθανόν για διαφορετικά προϊόντα, που πρέπει να διανεμηθεί στους πελάτες.
- Χρονικά διαστήματα της μέρας(time windows) μέσα στα οποία μπορούν να εξυπηρετηθούν οι πελάτες. Αυτά αφορούν πελάτες οι οποίοι έχουν συγκεκριμένες ώρες λειτουργίας για τα καταστήματά τους.
- Οι χρόνοι που απαιτούνται από τα οχήματα για τη διανομή και τη συλλογή προϊόντων από τους πελάτες (ο χρόνος μπορεί να εξαρτάται από τον τύπο του οχήματος).
- Το υποσύνολο των διαθέσιμων οχημάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξυπηρετήσουν τους πελάτες (π.χ. λόγω των πιθανών περιορισμών πρόσβασης ή των απαιτήσεων στον όγκο φόρτωσης και εκφόρτωσης).

Μερικές φορές είναι πιθανό να μην μπορεί να ικανοποιηθεί η ζήτηση για όλους τους πελάτες. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι ποσότητες που πρέπει να παραδοθούν ή και να συλλεχθούν, μπορούν να μειωθούν ή μπορεί μερικοί πελάτες να μην εξυπηρετηθούν. Για την αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων ορίζονται στους πελάτες διαφορετικές προτεραιότητες ή κυρώσεις σχετικά με την μερική ή ολική έλλειψη εξυπηρέτησης.

3.3.2 Αποθηκευτικοί χώροι & Οχήματα

Κάθε αποθήκη χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό και τύπων οχημάτων, και από μια γενική ποσότητα προϊόντων που μπορεί να αποθηκευτεί σε αυτήν.

Η μεταφορά και διακίνηση προϊόντων εκτελείται με την χρησιμοποίηση ενός στόλου οχημάτων, του οποίου η σύνθεση μπορεί να καθοριστεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις των πελατών.

Τα τυπικά χαρακτηριστικά των οχημάτων είναι:

- Η αποθήκη έναρξης του δρομολογίου και η πιθανότητα να ολοκληρωθεί το δρομολόγιο σε αποθήκη διαφορετική από την αρχική
- Η χωρητικότητα των οχημάτων εκφρασμένη σαν μέγιστο βάρος, ή όγκο, ή αριθμό παλετών τις οποίες μπορεί να μεταφέρει το κάθε όχημα.
- Η πιθανή υποδιαίρεση του οχήματος σε διαμερίσματα, κάθε ένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από την χωρητικότητα του και από τους τύπους εμπορευμάτων που μπορεί να μεταφέρει.
- Η πιθανή ύπαρξη συσκευών-μηχανημάτων με τα οποία μπορεί να διευκολυνθεί η φόρτο-εκφόρτωση.
- Το υποσύνολο των τόξων του γραφήματος που είναι προσπελάσιμα από τα οχήματα.
- Το κόστος που συνδέεται με την χρήση του οχήματος(π.χ. κόστος /μονάδα απόστασης, χρόνου κλπ).

3.3.3 Οδηγοί

Κατά την μοντελοποίηση, το σύνολο των περιορισμών που αναφέρεται στα σχήματα μπορεί να περικλείει και περιορισμούς που προκύπτουν από τους οδηγούς. Οι οδηγοί των οχημάτων είναι απαραίτητο να ικανοποιούν διάφορους περιορισμούς που έχουν να κάνουν με συμβόλαια εργατικών ενώσεων καθώς και κανονισμούς της εταιρείας για την οποία εργάζονται. Ο χρόνος εργασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο αριθμός και η διάρκεια των διαλειμμάτων και οι υπερωρίες αποτελούν ορισμένους μόνο από τους "κανόνες" τους οποίους πρέπει να τηρούν οι οδηγοί των οχημάτων.

3.3.4 Δρομολόγια

Τα δρομολόγια που εκτελούνται για την εξυπηρέτηση των πελατών ξεκινούν και καταλήγουν σε μια ή περισσότερες αποθήκες, που εντοπίζονται στις κορυφές του οδικού γραφήματος. Τα δρομολόγια πρέπει να ικανοποιούν διάφορους λειτουργικούς περιορισμούς που εξαρτώνται από την φύση και την ποσότητα των μεταφερόμενων

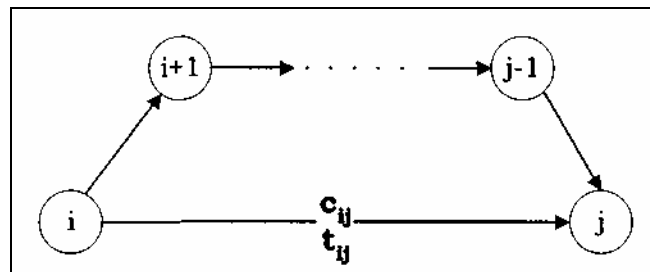
προϊόντων, την ποιότητα εξυπηρέτησης και τα χαρακτηριστικά των πελατών και των οχημάτων.

Τέτοιοι περιορισμοί μπορεί να είναι:

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

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

Αναπαριστώντας λοιπόν στο γράφημα-που αναπαριστά το δίκτυο διανομής- τις κορυφές-κόμβους του με τους πελάτες και τα τόξα (προσανατολισμένα και μη) με τις διαδρομές, που μπορούν να υφίστανται ανάμεσα σε αποθήκες και πελάτες, το κόστος μετάβασης από έναν κόμβο i σε έναν κόμβο j , είναι το c_{ij} το οποίο ανήκει στη συντομότερη διαδρομή μεταξύ i και j . Ο δε χρόνος μετάβασης t_{ij} , ισούται με το άθροισμα των χρόνων μετάβασης όλων των τόξων που ανήκουν στην συντομότερη διαδρομή μεταξύ i και j (Σχήμα 3.2).



Σχήμα 3.2

Υπάρχουν και πολλές περιπτώσεις κατά τις οποίες ένα όχημα καλείται να πραγματοποιήσει παραπάνω από ένα δρομολόγιο μέσα σε μια χρονική περίοδο, ή κάποιο δρομολόγιο μπορεί να χρειαστεί παραπάνω από 1 ημέρα για να ολοκληρωθεί. Επιπλέον, υπάρχουν περιπτώσεις όπου διάφορες παράμετροι του προβλήματος να είναι στοχαστικές ή δυναμικές (δηλαδή να εξαρτώνται άμεσα από τον χρόνο), όπως π.χ. η ζήτηση που είναι η πλέον δύσκολη πολλές φορές παράμετρος.

3.4 Στόχοι κατά την επίλυση ενός VRP

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

- Η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους μεταφοράς, το οποίο εξαρτάται από την συνολική απόσταση ή τον συνολικό χρόνο μεταφοράς και από ένα σταθερό κόστος χρήσης των οχημάτων -το οποίο μπορεί να περικλείει και το μισθό των

- οδηγών-. για να εξυπηρετήσει όλους τους πελάτες.
- Ελαχιστοποίηση του αριθμού των οχημάτων (ή οδηγών) που απαιτείται για να εξυπηρετήσει όλους τους πελάτες
- Η εξισορρόπηση των διαδρομών έτσι ώστε το φορτίο που μεταφέρεται μέσω αυτών να μην ξεπερνά την χωρητικότητα των οχημάτων.
- Η ελαχιστοποίηση των ποινικών ρητρών λόγω μη σωστής εξυπηρέτησης των πελατών
- ή οποιοσδήποτε συνδυασμός των παραπάνω.

3.5 Ορισμός μοντέλου του V.R.P

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

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

υπό τους περιορισμούς:

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

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

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

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

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

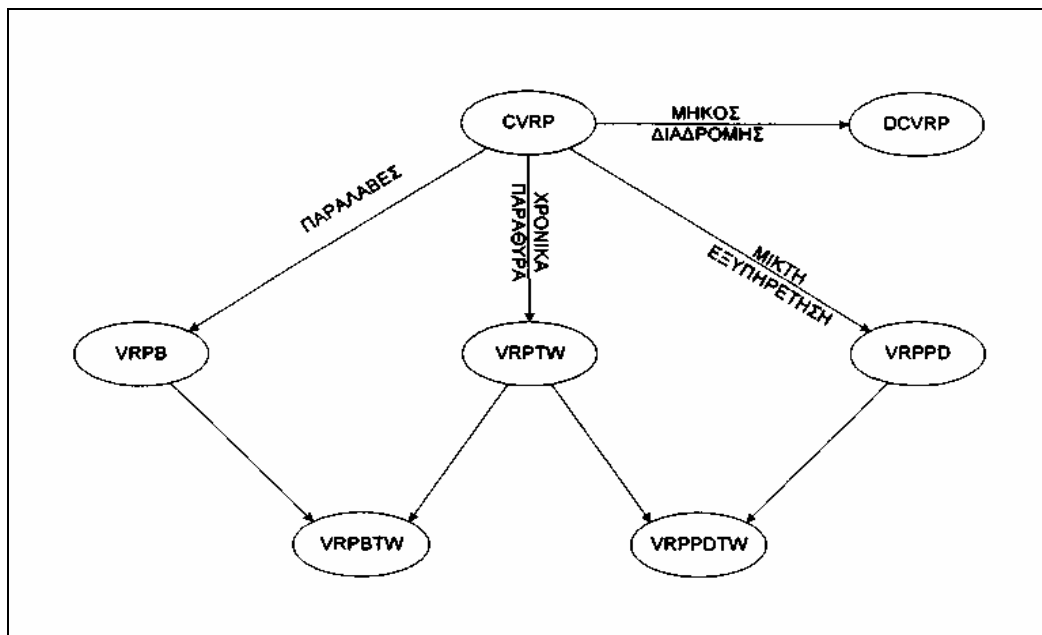
$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad 1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq M \quad (7)$$

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{Εαν το όχημα } k \text{ πηγαίνει απευθείας από τον κόμβο } i \text{ στον κόμβο } j \\ 0, & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

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

3.6 Τα βασικότερα είδη των V.R.P

Σε ένα πρόβλημα δρομολόγησης μπορεί να υπάρχουν διαφορετικά δεδομένα, διαφορετικοί περιορισμοί και διαφορετικές απαιτήσεις από τους αποφασίζοντες. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί διαφορετικά είδη VRP που αντιμετωπίζουν αυτές τις περιπτώσεις προβλημάτων δρομολόγησης. Τα σημαντικότερα είδη των VRP αναλύονται στη συνέχεια. Στο σχήμα 3.3 αναπαρίστανται τα μοντέλα VRP που θα αναλύσουμε, με τη μεταξύ τους σχέση.



Σχήμα 3.3 Σχέση μεταξύ μοντέλων VRP

3.6.1 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων περιορισμένης χωρητικότητας (CAPACITATED VRP, CVRP)

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

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

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

Σε έναν κόμβο i , ορίζουμε σαν $\Delta^+(i)$ το σύνολο των κόμβων που έπονται του κόμβου i , και σαν $\Delta^-(i)$ το σύνολο των κόμβων που προηγούνται του i . Και στις δύο περιπτώσεις οι κόμβοι που έπονται και προηγούνται ενώνονται απευθείας με τον κόμβο i . Δεδομένου ενός συνόλου κόμβων $S \subseteq V$, τα $\delta(S)$ και $E(S)$ είναι τα σύνολα των ακμών $e \in E$ που έχουν το ένα ή και τα δύο τους άκρα αντίστοιχα στο S .

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

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

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

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

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

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

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

Στην βιβλιογραφία υπάρχουν διάφορες παραλλαγές της βασικής εκδοχής των CVRP. Κατ' αρχάς, όταν ο αριθμός K των διαθέσιμων οχημάτων είναι μεγαλύτερος του ορίου K_{\min} είναι πιθανό να παραμείνουν αχρησιμοποίητα κάποια οχήματα, οπότε σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να βρούμε το πολύ K διαδρομές. Τότε το σταθερό κόστος θα σχετίζεται με την χρήση των οχημάτων. Αυτή η εκδοχή μπορεί να συμπεριληφθεί στα CVRP προσθέτοντας μια σταθερά, που αντιπροσωπεύει το σταθερό αυτό κόστος που σχετίζεται με τη χρήση του οχήματος, στο κόστος των τόξων που φεύγουν από την κεντρική αποθήκη. Μια ακόμη εκδοχή είναι τα διαθέσιμα οχήματα να έχουν διαφορετικές χωρητικότητες C_k , $k=1, \dots, K$.

3.6.2 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με χρονικά παράθυρα (VRP with TIME WINDOWS, VRPTW)

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

τέτοιο ώστε $a_i \leq s_i \leq b_i$. Επιπλέον, εάν το όχημα φτάσει στον πελάτη i πριν τη χρονική στιγμή a_i , τότε θα πρέπει να αναμένει μέχρι αυτή χρονική στιγμή, όπου τότε θα μπορεί να ξεκινήσει την εξυπηρέτηση.

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

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

3.6.3 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με παραλαβές (VRP with BACKHAULS, VRPB)

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

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

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

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

Δίκτυα τα οποία περιέχουν μόνο παραλαβές γενικά δεν επιτρέπονται. Επιπλέον, παρατηρούμε ότι ο τελευταίος περιορισμός προτεραιότητας επιβάλλει μια διαδοχή

«μικτών» δρομολογίων, δηλαδή όταν οι διαδρομές περιλαμβάνουν και τους δύο τύπους πελατών.

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

3.6.4 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με παραλαβές και διανομές (VRP with PICK-UP and DELIVERING, VRPPD)

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

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

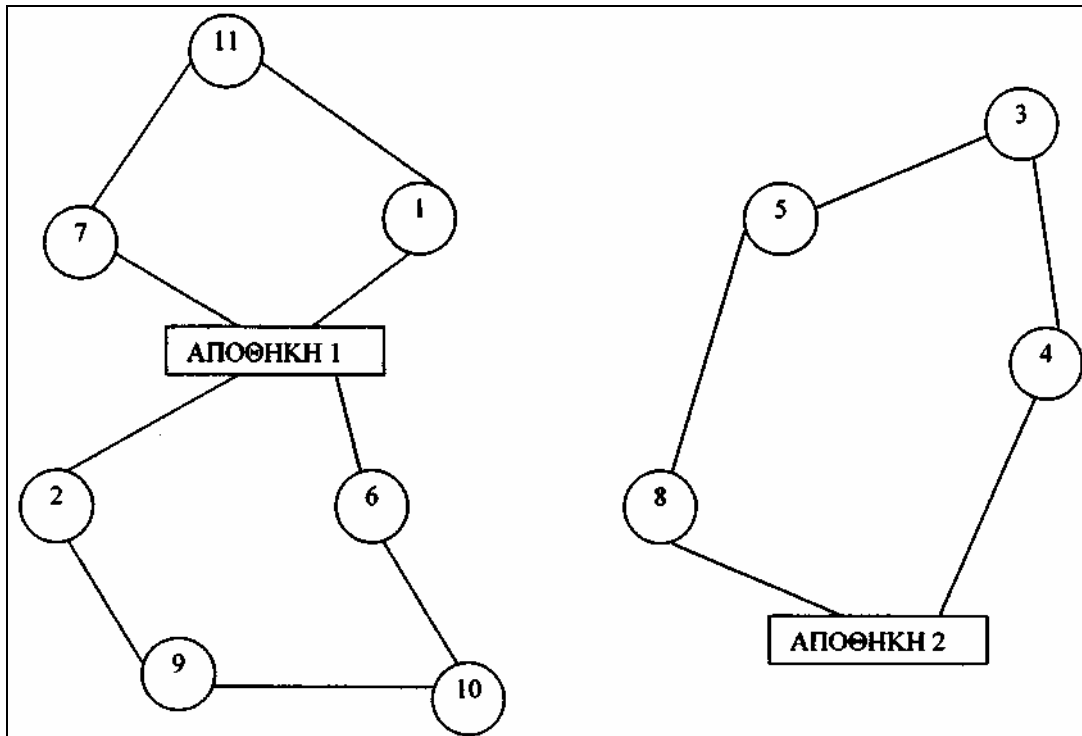
3.6.5 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με πολλαπλές αποθήκες (MULTIPLE DEPOTS VRP, MDVRP)

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

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

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

Το παρακάτω σχήμα 3.4 απεικονίζει και τις δύο περιπτώσεις του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων με Πολλαπλές Αποθήκες.



Σχήμα 3.4 Προβλήματα Δρομολόγησης Οχημάτων με Πολλαπλές Αποθήκες.

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

3.6.6 Το περιοδικό πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων (PERIODIC VRP, PVRP)

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

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

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

$$\begin{array}{cccc} 0 \longrightarrow 000 & 1 \longrightarrow 001 & 2 \longrightarrow 010 & 3 \longrightarrow 011 \\ 4 \longrightarrow 100 & 5 \longrightarrow 101 & 6 \longrightarrow 110 & 7 \longrightarrow 111 \end{array}$$

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

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

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

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

3.6.7 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων ξεχωριστών διανομών (SPLIT DELIVERY VRP, SDVRP)

Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων Ξεχωριστών Διανομών, αποτελεί μια χαλάρωση του VRP προβλήματος και στο οποίο επιτρέπεται ο ίδιος πελάτης να εξυπηρετηθεί από διαφορετικά οχήματα εάν αυτό μειώνει τα συνολικά έξοδα παράδοσης της παραγγελίας. Η χαλάρωση αυτή είναι πολύ σημαντική εάν ο όγκος της παραγγελίας προς παράδοση κάποιου πελάτη υπερβαίνει την χωρητικότητα ενός οχήματος. Η μοντελοποίηση του εν λόγω προβλήματος επιτυγχάνεται ελαχιστοποιώντας το συνολικό κόστος όλων των δρομολογίων και διαιρώντας τις μεγάλες παραγγελίες ενός πελάτη σε μικρότερες.

3.6.8 Το στοχαστικό πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων (STOCHASTIC VRP, SVRP)

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

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

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

- Το x_{ij} είναι μια ακέραια μεταβλητή που ισούται με τον αριθμό των φορών που η κορυφή (v_i, v_j) εμφανίζεται στη λύση του πρώτου σταδίου. Εάν τα $i, j > 1$, τότε το x_{ij} μπορεί να πάρει τις τιμές 0 ή 1, ενώ εάν το $i = 1$, το x_{ij} ισούται με 2 και αυτό συμβαίνει στην περίπτωση που το όχημα επιστρέφει από το v_j στην αποθήκη.
- Το $Q_{(x)}$ είναι η αναμενόμενη τιμή δεύτερου σταδίου. Εξαρτάται από την φύση του προβλήματος και σχετίζεται με την συγκεκριμένη επιλογή πιθανών μέτρων προσφυγής.

3.6.9 Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με υποστήριξη βοηθητικών αποθηκών (VRP with SATELLITE FACILITIES, VRPSF)

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

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

4.1 Εισαγωγή

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

4.2 Ευρετικές Μέθοδοι

Οι ευρετικές μέθοδοι πραγματοποιούν μια σχετικά περιορισμένη αναζήτηση στο διάστημα των πιθανών λύσεων και ουσιαστικά παράγουν λύσεις καλής ποιότητας μέσα σε αρκετά ικανοποιητικό χρονικό διάστημα. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

4.2.1 Κατασκευαστικές Μέθοδοι Constructive Methods)

4.2.1.1 Μέθοδοι εξοικονομήσεων: Clark και Wright (1964)

Η μέθοδος εξοικονομήσεων των Clark και Wright (1964) είναι ίσως η πιο γνωστή ευρετική μέθοδος που έχει προταθεί για την επίλυση του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων. Εφαρμόζεται σε προβλήματα στα οποία ο αριθμός των οχημάτων που θα χρησιμοποιηθούν αποτελεί μεταβλητή απόφασης και λειτουργεί εξίσου καλά τόσο για προσανατολισμένα όσο και για μη προσανατολισμένα προβλήματα. Ο αλγόριθμος αυτός έχει δύο εκδοχές, την παράλληλη (parallel) και την ακολουθητική (sequential). Η λειτουργία του αλγορίθμου μπορεί να συνοψιστεί σε δύο βήματα:

I. Παράλληλη εκδοχή

Βήμα 1 (Υπολογισμός εξοικονομήσεων):

Υπολόγισε τις εξοικονομήσεις (savings): $s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$ για $i,j=1,2,\dots,n$ και $i \neq j$

Δημιούργησε n διαδρομές $(0,i,0)$ για $i=1,\dots,n$

Κατάταξε τις εξοικονομήσεις κατά φθίνουσα σειρά.

Βήμα 2 (Καλύτερη δυνατή σύμπτυξη):

Αρχίζοντας από την κορυφή της λίστας των εξοικονομήσεων, ακολούθησε την παρακάτω διαδικασία. Για δεδομένη εξοικονομηση s_{ij} , προσδιόρισε αν υπάρχουν δύο διαδρομές, μια η οποία αρχίζει με $(0,j)$ και η άλλη η οποία τελειώνει με $(i,0)$, οι οποίες είναι δυνατόν να συγχωνευθούν. Αν συμβαίνει αυτό, συνδύασε τις δύο αυτές διαδρομές εξαλείφοντας τις κορυφές $(0,j)$ και $(i,0)$ και βάζοντας στην θέση τους μια άλλη κορυφή (i,j)

II. Σειριακή εκδοχή

Βήμα 1 (Υπολογισμός εξοικονομήσεων):

Υπολόγισε τις εξοικονομήσεις (savings): $s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$ για $i,j=1,2,\dots,n$ και $i \neq j$

Δημιούργησε n διαδρομές $(0,i,0)$ για $i=1,\dots,n$

Κατάταξε τις εξοικονομήσεις κατά φθίνουσα σειρά.

Βήμα 2 (Προέκταση Διαδρομής):

Θεώρησε διαδοχικά κάθε διαδρομή $(0,i,\dots,j,0)$. Προσδιόρισε την πρώτη εξοικονόμηση s_{ki} ή s_{jl} που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την σύμπτυξη της παρούσας διαδρομής με μια άλλη η οποία τελειώνει με $(k,0)$ ή αρχίζει με $(0,l)$. Πραγματοποίησε την σύμπτυξη και επανέλαβε την διαδικασία στην παρούσα διαδρομή. Αν δεν υπάρχει δυνατή σύμπτυξη, θεώρησε την επόμενη διαδρομή και πραγματοποιήσε την ίδια διαδικασία. Σταμάτησε όταν δεν είναι δυνατή άλλη σύμπτυξη.

4.2.1.2 Μέθοδοι εξοικονομήσεων Matching Based

Η μέθοδος αυτή είναι μια ενδιαφέρουσα παραλλαγή της κλασσικής μεθόδου εξοικονομήσεων. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου αυτής, σε κάθε επανάληψη η εξοικονόμηση s_{ij} που επιτυγχάνεται έπειτα από την σύμπτυξη των k, l δρομολογίων, υπολογίζεται ως εξής:

$$s_{ij} = t(S_i) + t(S_j) - t(S_i \cup S_j),$$

όπου S_x είναι η βέλτιστη λύση του x δρομολογίου, και το $t(S_k)$ είναι το μήκος της βέλτιστης TSP λύσης του προβλήματος στο S_x .

4.2.2 Η διαδικασία 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 ως το σημείο εκκίνησης της διαδρομής

Βήμα 2: Βρες κόμβο, που δεν περιλαμβάνεται ήδη στη διαδρομή, που είναι ο πλησιέστερος στον τελευταίο κόμβο που επισκέφθηκες. Πρόσθεσέ τον στη διαδρομή

Βήμα 3: Επανάλαβε το Βήμα 2 μέχρις ότου όλοι οι κόμβοι ανήκουν στην διαδρομή. Μετά ένωσε τον πρώτο με τον τελευταίο κόμβο της διαδρομής.

4.2.3 Η μέθοδος 2-βελτίστου (2-opt)

Η διαδικασία του 2-opt, γενικά, αποτελείται από την απαλοιφή δύο ακμών και την επανασύνδεση των δύο τελικών διαδρομών προκειμένου να ληφθεί μια καινούρια διαδρομή. Η διαδικασία του 2-opt παρουσιάστηκε από τον Lin για το TSP. Τα βασικά βήματα του αλγόριθμου είναι:

Βήμα 1: Ας ονομαστεί T η τρέχουσα διαδρομή.

Βήμα 2: Για κάθε κόμβο $i=1,2, \dots, n$: Εξέτασε όλες τις κινήσεις του 2-opt που εμπλέκουν την ακμή μεταξύ του i και του επόμενου του στη διαδρομή. Εάν είναι δυνατόν να μικρύνει το μήκος της διαδρομής με αυτό τον τρόπο, τότε επέλεξε μια τέτοια κίνηση 2-opt και ενημέρωσε το T .

Βήμα 3: Εάν καμία κίνηση βελτίωσης δεν μπορεί να βρεθεί, τότε σταμάτα.

Στην χειρότερη περίπτωση, μπορεί μόνο να εγγυηθεί ότι μια βελτιωτική κίνηση μειώνει το μήκος της διαδρομής τουλάχιστον κατά μια μονάδα. Δεν μπορεί να δοθεί κανένας περιορισμός χειρίστης περίπτωσης για τον αριθμό των επαναλήψεων ώστε να προσεγγισθεί το τοπικό βέλτιστο. Ελέγχοντας εάν μια βελτιωτική 2-opt κίνηση υπάρχει καταναλώνει χρόνο τάξεως $O(n^2)$.

4.2.4 Η μέθοδος 3-βέλτιστου (3-opt)

Ο ευρετικός αλγόριθμος 3-opt είναι αρκετά όμοιος με τον 2-opt, αλλά παρουσιάζει μεγαλύτερη ελαστικότητα στην τροποποίηση της υπάρχουσας διαδρομής, επειδή χρησιμοποιεί μια μεγαλύτερη γειτονία. Η διαδρομή διακόπτεται σε τρία κομμάτια αντί για δύο. Υπάρχουν οκτώ τρόποι για να συνδεθούν οι τελικές τρεις διαδρομές προκειμένου να σχηματισθεί μια διαδρομή. Υπάρχουν $(n/3)$ τρόποι να απαλειφθούν τρεις ακμές από μια διαδρομή.

4.2.5 Or-βέλτιστο

Η διαδικασία του Or-βέλτιστου, γνωστή ως ευρετικός ανταλλαγής κόμβων, παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τον Or. Απαλείφει μια ακολουθία από μέχρι τρεις γειτονικούς κόμβους και τους εισάγει σε μια άλλη θέση μέσα στην ίδια διαδρομή.

Ο Or-βέλτιστο μπορεί να θεωρηθεί ως μια ειδική περίπτωση του 3-opt (αντικατάσταση τριών τόξων) όπου τρία τόξα αφαιρούνται και αντικαθίστανται από άλλες τρία τόξα. Όταν διαγράφεται μια αλυσίδα από συνεχόμενους κόμβους στον Or-βέλτιστο, δύο τόξα διαγράφονται, και το τρίτο απαλείφεται όταν εισάγεται η αλυσίδα πάλι στην διαδρομή. Ωστόσο, ο αριθμός των δυνατών Or-ανταλλαγών είναι πολύ μικρότερος από αυτό των δυνατών του 3-opt. Ο Or-βέλτιστος φαίνεται επίσης να παράγει βελτιωμένες λύσεις ισοδύναμης ποιότητας με τις λύσεις που παράγει η 3-opt, ενώ απαιτεί σημαντικά λιγότερο υπολογιστικό χρόνο.

Ο αλγόριθμος Or-βέλτιστο μπορεί να περιγραφεί ως ακολούθως:

Βήμα 1: Θεώρησε μια αρχική διαδρομή και θέσε $t=1$ και $s=3$.

Βήμα 2: Αφαίρεσε από τη διαδρομή μια αλυσίδα από s συνεχόμενους κόμβους, ξεκινώντας με τον κόμβο στην θέση t , και διστακτικά εισήγαγε την ανάμεσα σε όλα τα εναπομείναντα ζεύγη συνεχών κόμβων της διαδρομής.

Βήμα 2.1: Εάν η διστακτική εισαγωγή μειώνει το κόστος της διαδρομής, υλοποίησε την άμεσα, προσδιορίζοντας έτσι μια καινούρια διαδρομή, θέσε $t=1$ και επανέλαβε το Βήμα 2.

Βήμα 2.2: Εάν καμία διστακτική εισαγωγή δεν μειώνει το κόστος της διαδρομής, θέσε $t=t+1$. Εάν $t=n+1$ τότε συνέχισε με το Βήμα 3, αλλιώς επανέλαβε το Βήμα 2.

Βήμα 3: Θέσε $t=1$ και $s=s-1$. Εάν $s > 0$ πήγαινε στο Βήμα 2, αλλιώς σταμάτα.

4.2.6 Ο αλγόριθμος διακλάδωσης και περιορισμού (BRANCH AND BOUND)

Η μέθοδος διακλάδωσης και περιορισμού (branch and bound) έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα τις τελευταίες δεκαετίες για την επίλυση του CVRP και των κυρίων προεκτάσεων του. Σε πολλές περιπτώσεις, όπως σε ασύμμετρα CVRP (ACVRP) και σε CVRP με περιορισμούς απόστασης (DCVRP), αυτοί οι αλγόριθμοι ακόμα καταλαμβάνουν την κορυφαία θέση μεταξύ των μεθόδων ακριβών λύσεων.

Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος χρησιμοποιείται και στην εφαρμογή μας για την επίλυση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων της εταιρίας.

4.2.6.1 Ο βασικός αλγόριθμος

Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος όπως έχει ήδη προαναφερθεί καταλαμβάνει κορυφαία θέση ανάμεσα στους αλγορίθμους εξεύρεσης ακριβών λύσεων. Αυτό συμβαίνει διότι ακολουθεί την μέθοδο Simplex, η οποία λύνει συνεχή προβλήματα βρίσκοντας ελάχιστες λύσεις με μεγάλη ακρίβεια και με υψηλή απόδοση.

Εφόσον η Simplex δεν μπορεί να εφαρμοστεί στα προβλήματα με διακριτές μεταβλητές, όπως είναι και το πλήθος των προβλημάτων που αντιμετωπίζουμε στην πραγματικότητα, θα πρέπει να βρεθεί ένας τρόπος, μια μέθοδος που θα επιτρέπει την εφαρμογή της Simplex και σ' αυτά τα προβλήματα.

Εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο, αρχικά, μετατρέπεται το πρόβλημα με τις ακέραιες μεταβλητές σε ένα άλλο που καλείται "χαλαρωμένο" και οι μεταβλητές του είναι συνεχείς. Κατ' αυτόν τον τρόπο μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος Simplex χωρίς κανένα πρόβλημα στην εκάστοτε εφαρμογή.

Τα αποτελέσματα τις μεθόδου παρέχουν αφ' ενός ένα φράγμα, έναν περιορισμό, για τις μεταβλητές και μια πρώτη ιδέα για τις τιμές των μεταβλητών. Στην περίπτωση που οι τιμές είναι ακέραιοι, τότε σταματάει ο αλγόριθμος και γίνεται αποδεκτή η λύση της μεθόδου.

Σε αντίθετη περίπτωση, όπου οι τιμές δεν είναι ακέραιοι, αρχίζει η διαδικασία της διακλάδωσης. Λαμβάνεται η πρώτη μεταβλητή. Από την προτεινόμενη τιμή για την μεταβλητή αυτή δημιουργούνται δύο προβλήματα, στο ένα η μεταβλητή είναι ίση με τον μικρότερο ακέραιο, ενώ στο δεύτερο είναι ίση με τον μεγαλύτερο ακέραιο. Δηλαδή εάν π.χ. η τιμή της μεταβλητής είναι 8.3, σύμφωνα με την λύση της Simplex, το ένα πρόβλημα έχει $x_1 = 8$ και το άλλο $x_1 = 9$. Ενώ οι υπόλοιπες μεταβλητές είναι στην μορφή του χαλαρωμένου προβλήματος. Εφαρμόζεται λοιπόν στους δύο αυτούς κλάδους, του ιδίου προβλήματος, η μέθοδος Simplex, σύμφωνα με το σκεπτικό που αναπτύχθηκε παραπάνω.

Οι εξαγόμενες λύσεις εξετάζονται αρχικά εάν είναι εφικτές, σύμφωνα με τη δεδομένη εφαρμογή, και στη συνέχεια σε σχέση με την αρχική λύση ως προς το κόστος. Επιλέγονται με προτεραιότητα οι εφικτές λύσεις και οι πιο οικονομικές, εφ' όσον υπάρχουν και επαναλαμβάνεται η διαδικασία και για τις υπόλοιπες μεταβλητές.

Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται ένα δένδρο όπου σε κάθε κλάδο υπάρχουν δύο διαφορετικές, παραπλήσιες, μορφές του ιδίου προβλήματος, αλλά και ένα φράγμα που προκύπτει από τη λύση της Simplex. Έτσι σταδιακά περιορίζεται το πεδίο των λύσεων για την εφαρμογή που εξετάζουμε, παρουσιάζοντας μια συγκεκριμένη λύση που βελτιστοποιεί την κατάσταση που υπάρχει, μειώνοντας το συνολικό κόστος.

4.3 Μεθευρετικές Μέθοδοι

Τα τελευταία χρόνια οι μεθευρετικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων βελτιστοποίησης. Λόγω της πολυκλοκότητας που διέπει τους αλγορίθμους των μεθευρετικών μεθόδων ακόμη και σήμερα δεν έχει δοθεί επίσημα ένας ορισμός τους. Ένας πιθανός ορισμός που θα μπορούσε να δοθεί για τους μεθευρετικούς αλγορίθμους είναι ο ακόλουθος:

"Ένας μεθευρητικός αλγόριθμος μπορεί να περιγραφεί ως ένα γενικό πλαίσιο εργασίας αλγορίθμων (algorithmic framework) το οποίο μπορεί να εφαρμοσθεί σε διαφορετικά προβλήματα βελτιστοποίησης και με μικρές τροποποιήσεις να υιοθετηθεί για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων."

Οι μεθευρετικές μέθοδοι έχουν ως κύριο στόχο την εξονυχιστική εξερεύνηση των διαστημάτων πιθανών λύσεων. Η ποιότητα των λύσεων που επιτυγχάνονται με τις μεθόδους αυτές είναι πολύ καλύτερη από την ποιότητα που δίνουν οι κλασσικές ευρετικές μέθοδοι.

Για την επίλυση του προβλήματος V.R.P μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι μεθευρητικοί αλγόριθμοι. Οι βασικότεροι από αυτούς είναι:

- Προσομοιωμένη Ανόπτηση - Simulating Annealing (SA)
- Αιτιοκρατική Ανόπτηση - Deterministic Annealing (DA)
- Περιορισμένη Αναζήτηση - Tabu Search (TS)
- Γενετικοί Αλγόριθμοι - Genetic Algorithms (GA)
- Συστήματα Μυρμηγκιών - Ant Systems (AS)
- Νευρωνικά Δίκτυα - Neural Networks (NN)
- Διασκορπισμένη Αναζήτηση - Scatter Search

Μερικοί από τους πιο πάνω αλγόριθμους αναλύονται στις επόμενες παραγράφους.

4.3.1 Συστήματα Μυρμηγκιών

Τα συστήματα μυρμηγκιών, γνωστά και ως αλγόριθμοι μυρμηγκιών, αποτελούν συστήματα τα οποία είναι εμπνευσμένα από τη συμπεριφορά πραγματικών μυρμηγκιών και συγκεκριμένα του είδους *Linepithema humsile* [14]. Όταν μία αποικία μυρμηγκιών έχει τη δυνατότητα να προσεγγίσει μία πηγή τροφής με περισσότερα από ένα δρομολόγια, τα περισσότερα μυρμήγκια και μάλιστα με συντριπτική πλειοψηφία επιλέγουν τη συντομότερη διαδρομή.

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

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

- **Διαδικασία μυρμηγκιού**

1. Λήψη των δεδομένων εισόδου, της κατάστασης μνήμης καθώς και άλλες παραμέτρους που μπορούν να ληφθούν από τη διαδικασία που ακολουθεί η βασίλισσα
2. Με τη βοήθεια της μνήμης, χτίζεται μια νέα λύση με βάση τη θεωρία των πιθανοτήτων
3. Στέλνεται η νέα λύση στη διαδικασία της βασίλισσας

- **Διαδικασία βασίλισσας**

1. Αρχικοποίηση της μνήμης
2. Επανάληψη, μέχρι να ικανοποιηθεί μια συνθήκη τερματισμού :
 - (α) Επιλογή παραμέτρων για τη διαδικασία μυρμηγκιού και ενεργοποίηση της διαδικασίας μυρμηγκιού
 - (β) Παραλαβή μιας λύσης από τη διαδικασία μυρμηγκιού και αναβάθμιση της μνήμης
3. Εξαγωγή της καλύτερης λύσης που παράγεται από το σύστημα

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

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

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

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

4.3.2 Γενετικοί Αλγόριθμοι, (Genetic Algorithms)

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

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

Οι γενετικοί αλγόριθμοι αντιπροσωπεύουν μια ισχυρή προσέγγιση για την ανάπτυξη ευρετικών συνδυαστικών προβλημάτων βελτιστοποίησης μεγάλης κλίμακας. Οι γενετικοί αλγόριθμοι (GA) μιμούνται τη διαδικασία της εξέλιξης σε ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης. Κάθε εφικτή λύση ενός προβλήματος αντιμετωπίζεται ως ένα άτομο του οποίου η φυσική ικανότητα αντιστοιχεί στην τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης. Ένας

γενετικός αλγόριθμος συντηρεί έναν πληθυσμό χρωμοσωμάτων στον οποίο η έννοια της επιβίωσης του καταλληλότερου (μεταξύ των δομών σειράς) είναι εφαρμόσιμη. Υπάρχει δομημένη, αλλά παράλληλα τυχαία, ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ δύο ατόμων (χειριστής διασταυρώσεων) για την παραγωγή καλύτερων ατόμων.

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

Έναρξη

Αρχικοποίηση πληθυσμού

Εκτέλεση

Επέλεξε δύο άτομα I1 και I2 του πληθυσμού.

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

Επέλεξε δύο άτομα μεταξύ των I1, I2 και I3.

Εκτέλεσε περιστασιακά την μετανάστευση έως ότου ο πληθυσμός να συγκλίνει

Τέλος

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

4.3.3 Προσομοιωμένη Ανόπτηση (Simulated Annealing)

Η προσομοιωμένη ανόπτηση είναι μια γενίκευση της μεθόδου Monte Carlo για τις εξισώσεις της κατάστασης και των παγώνων 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" θεμελιώδη κατάσταση όπου $T=0$. Ως εκ τούτου η διαδικασία μπορεί να θεωρηθεί ως αδιαβατική προσέγγιση στη χαμηλότερη ενεργειακή κατάσταση. Εάν η αρχική θερμοκρασία του συστήματος είναι πάρα πολύ χαμηλή ή η ψύξη γίνεται ανεπαρκώς αργά, το σύστημα μπορεί να γίνει αποσβεσμένο διαμορφώνοντας τις ατέλειες ή παγώνοντας σε ασταθείς καταστάσεις (δηλ. παγιδεύεται σε μία τοπικά ελάχιστη ενεργειακή κατάσταση).

Το αρχικό σχέδιο Metropolis ήταν ότι μια αρχική κατάσταση ενός θερμοδυναμικού συστήματος επιλέχτηκε στην ενέργεια E και τη θερμοκρασία T , όπου κρατώντας τη σταθερά T η αρχική διαμόρφωση είναι διαταραγμένη και η αλλαγή στην ενέργεια dE υπολογίζεται. Εάν η αλλαγή στην ενέργεια είναι αρνητική η νέα διαμόρφωση γίνεται αποδεκτή. Εάν η αλλαγή στην ενέργεια είναι θετική γίνεται αποδεκτή με μια πιθανότητα που δίνεται από τον παράγοντα Boltzmann $\exp - (dE/T)$. Αυτές οι διαδικασίες είναι έπειτα

επαναλαμβανόμενες αρκετές φορές για να δώσουν καλές στατιστικές δειγματοληψίας για την τρέχουσα θερμοκρασία, και έπειτα η θερμοκρασία μειώνεται και ολόκληρη η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου επιτυγχάνεται μία παγωμένη κατάσταση $T=0$.

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

Όπως το 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.

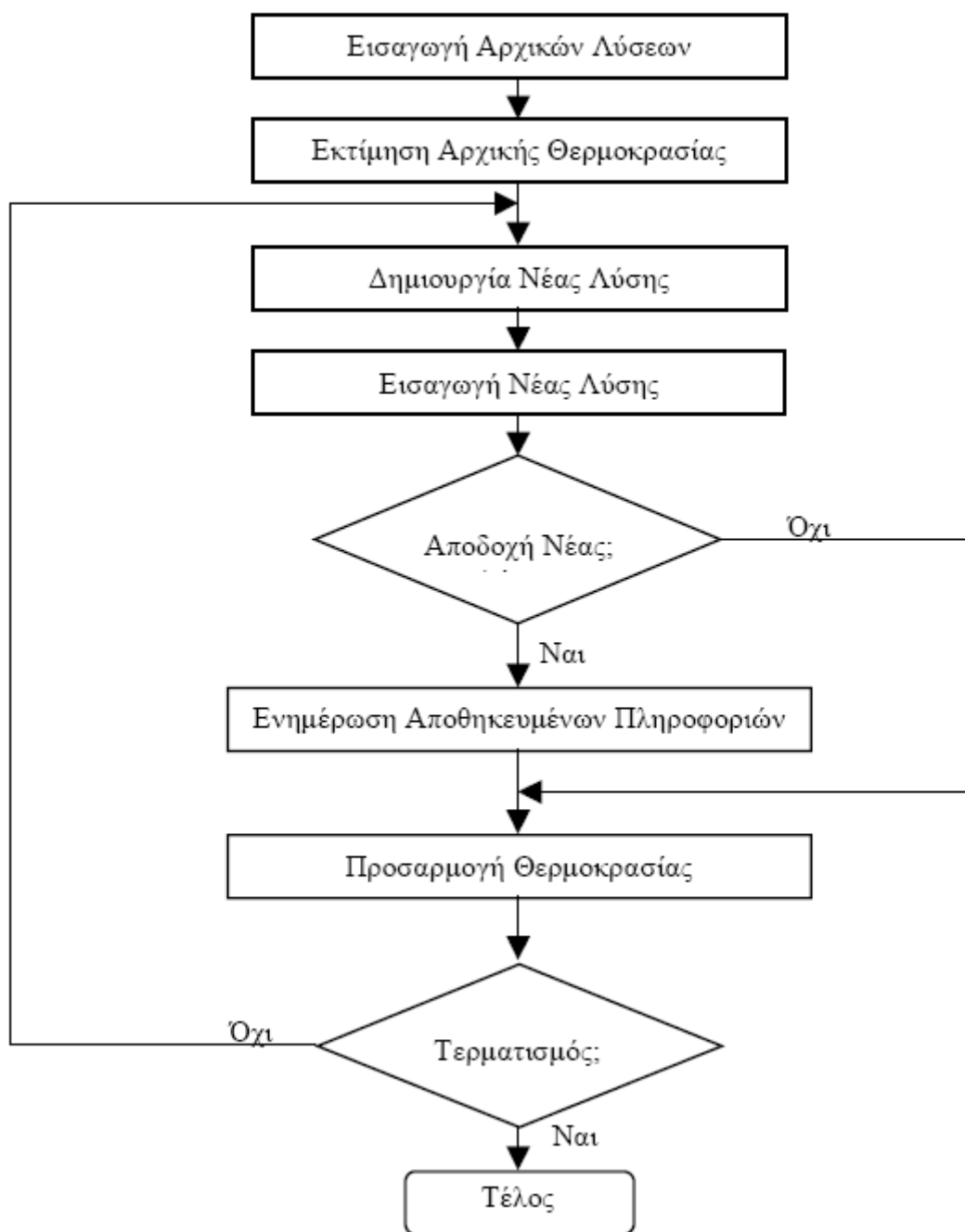
Ο αλγόριθμος είναι βασισμένος σε αυτόν του Metropolis, που προτάθηκε αρχικά ως μέσο εύρεσης της διαμόρφωσης ισορροπίας μιας συλλογής των ατόμων σε μια δεδομένη θερμοκρασία. Η σύνδεση μεταξύ αυτού του αλγορίθμου και της μαθηματικής ελαχιστοποίησης σημειώθηκε αρχικά από τον Pincus, αλλά ήταν ο Kirkpatrick 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 4.1 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής του. Τα ακόλουθα στοιχεία πρέπει να του δοθούν :

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



Σχήμα 4.1 Η δομή του αλγορίθμου προσομοιωμένης απόπτωσης

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

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

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

4.3.4 Αιτιοκρατική Ανόπτηση

Η αιτιοκρατική ανόπτηση λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με την προσομοιωμένη ανόπτηση, με τη διαφορά όμως ότι εδώ χρησιμοποιείται ένας ντετερμινιστικός κανόνας που ελέγχει την καταλληλότητα μιας κίνησης. Δύο υλοποιήσεις της συγκεκριμένης τεχνικής έχουν κατώφλι αποδοχής Στην επανάληψη t ενός αλγορίθμου με κατώφλι αποδοχής, η λύση x_{t+1} γίνεται αποδεκτή αν ισχύει $f(x_{t+1}) < f(x_t) + \theta_1$, όπου θ_1 είναι μία παράμετρος που ελέγχεται από τον χρήστη. Στην περίπτωση που έχουμε record to record δρομολόγια έχουμε μία βέλτιστη λύση x^* . Στην επανάληψη t η λύση x_{t+1} γίνεται αποδεκτή αν ισχύει $f(x_{t+1}) < \theta_2 f(x_t)$, όπου το θ_2 είναι μία παράμετρος που ελέγχεται από τον χρήστη και γενικά είναι λίγο μεγαλύτερη από 1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ



5.1 Γενικά στοιχεία για την Παγκύπρια Εταιρεία Αρτοποιιών

Η Παγκύπρια Εταιρεία Αρτοποιιών Λτδ είναι σήμερα από τις μεγαλύτερες εταιρίες στον κλάδο της αρτοποιίας στην Κύπρο. Ιδρύθηκε το 1970 μετά από διαβουλεύσεις της Κυβέρνησης με εκπροσώπους των αρτοποιών. Πρωταρχικοί στόχοι της εταιρίας ήταν:

- Η συνένωση των αρτοποιών σε μια μεγάλη βιομηχανική μονάδα με σύγχρονες εγκαταστάσεις και μηχανήματα.
- Η παραγωγή μιας ολοκληρωμένης σειράς αρτοποιητικών προϊόντων και γλυκών υψηλής ποιότητας σε ανταγωνιστικές τιμές και
- Η διασφάλιση της απρόσκοπτης παραγωγής και προμήθειας αρτοποιητικών προϊόντων προς το κοινό.

Οι στόχοι αυτοί όχι μόνο έχουν εκπληρωθεί, αλλά η εταιρία έθεσε τις βάσεις για αποδοτική λειτουργία μέσα σε ένα ανταγωνιστικό κλίμα που συνεχώς αναπτύσσεται προς όφελος του καταναλωτή. Σήμερα η εταιρία παράγει και εμπορεύεται μια μεγάλη ποικιλία ψωμιών, σνακ και ειδών ζαχαροπλαστικής τα οποία διανέμονται στο καταναλωτικό κοινό μέσω των πρατηρίων της, όπως επίσης μέσω υπεραγορών, ξενοδοχείων αλλά και σε διάφορους οργανισμούς στον ιδιωτικό και δημόσιο τομέα.

Η εταιρία έχει περισσότερους από 270 μετόχους με την κυβέρνηση να κατέχει γύρω στο 16% του μετοχικού κεφαλαίου. Η λειτουργία της συμβάλλει σημαντικά στην οικονομία του τόπου αφού προσφέρει μόνιμη απασχόληση σε πάνω από 500 υπαλλήλους (διευθυντικό, επιστημονικό, τεχνικό και εργατικό προσωπικό).

5.1.1 Η φιλοσοφία της εταιρίας

Η φιλοσοφία της εταιρίας ήταν και παραμένει να κάνει το παν για να διασφαλίζει την απόλυτη ικανοποίηση του πελάτη, όποιο και αν είναι το κόστος. Όλες οι ενέργειες της εταιρίας έχουν ένα κοινό στόχο: να προσφέρουν στον πελάτη την καλύτερη δυνατή ποιότητα επιλέγοντας τα πιο αγνά υλικά. Ο σεβασμός προς τον καταναλωτή καθιέρωσε την εταιρία στην κορυφή της προτίμησης του αγοραστικού κοινού και δέσμευσή της είναι να συνεχίσει να διατηρεί τις αρχές της όσο και αν αυξάνεται ο ανταγωνισμός.

5.1.2 Οι στόχοι της εταιρίας

Στόχοι της Παγκύπριας Εταιρίας Αρτοποιιών είναι να διατηρήσει και να αναβαθμίσει την καλή εικόνα της στο θέμα της υγιεινής παραγωγής επενδύοντας συνεχώς στη νέα τεχνολογία. Στοχεύει επίσης στη διεύρυνση της ποικιλίας των προϊόντων που προσφέρει με την εξειδίκευση ειδικής μονάδας παραγωγής. Παρά τον αυξανόμενο ανταγωνισμό διατηρεί αναλλοίωτα τα χαρακτηριστικά που την καθιέρωσαν τα οποία συνοψίζονται ως εξής:

- Άριστη ποιότητα υλικών τα οποία διασφαλίζουν τη φρεσκάδα και την εξαίρετη γεύση των προϊόντων της.
- Άμεση και σωστή εξυπηρέτηση των πελατών τόσο στο λιανικό όσο και στο χονδρικό εμπόριο
- Ανταγωνιστικές τιμές
- Υγιεινές διαδικασίες παραγωγής (Διαθέτει τη διεθνώς αναγνωρισμένη διάκριση HACCP)

5.2 Τα προϊόντα της εταιρίας

Για την παραγωγή των προϊόντων, η εταιρία διαθέτει ένα άρτια εξοπλισμένο εργοστάσιο στη Κοκκινοτριμιθιά το οποίο λειτουργεί με τελευταίου τύπου μηχανήματα που πληρούν όλες τις προδιαγραφές υγιεινής που ισχύουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Το συνολικό εμβαδόν του εργοστασίου ξεπερνά τις 10000τμ και οι δυνατότητες παραγωγής του υπερκαλύπτουν την ντόπια ζήτηση. Στο εργοστάσιο της εταιρίας παρασκευάζονται πάνω από 160 είδη, τα οποία διαχωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Προϊόντα άρτου: Ψωμιά, ψωμάκια, φραντζολάκια, παραδοσιακό ψωμί, ψωμιά πολυτελείας, κουλούρια, ψωμάκια και φραντζολάκια Ευρωπαϊκού τύπου κ.τ.λ
2. Σνακ / Αλμυρά : Τυρόπιτες, λουκανικόπιτες, χαλλουμόπιτες, ελιωτές, ταχινόπιτες, σπανακόπιτες, κρουασάν κ.τ.λ
3. Γλυκίσματα : Μπισκότα, πετιφούρ, τούρτες με παντεσπάνι, τάρτες, μπουρέκια, αμυγδαλωτά, κουραμπιέδες και μια φρέσκια συνεχώς ανανεωμένη γκάμα γλυκισμάτων.
4. Παραδοσιακά προϊόντα : Φλαούνες, λαγάνες, τσουρέκια, μελομακάρονα, βασιλόπιτες κ.τ.λ

Τα περισσότερα από τα πιο πάνω προϊόντα παρασκευάζονται, ψήνονται, συσκευάζονται και διατίθενται από τους διανομείς στα πρατήρια και στους υπόλοιπους πελάτες της εταιρίας σε καθημερινή βάση. Μερικά προϊόντα, όμως, κυρίως σνακ, μετά την παρασκευή τους αποθηκεύονται και καταψύχονται σε ψυκτικούς θαλάμους που βρίσκονται πλησίον του χώρου παραγωγής. Τα κατεψυγμένα προϊόντα διανέμονται στα πρατήρια της εταιρίας και ακολούθως το εκάστοτε πρατήριο αναλαμβάνει το ψήσιμο τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εταιρία εισάγει κάποια είδη κατεψυγμένων προϊόντων από την Ελλάδα τα οποία αποθηκεύονται και αυτά στα ψυγεία της εταιρίας.

5.3 Το πρόβλημα της εταιρίας

Σήμερα, η εταιρία λειτουργεί μέσα σε ένα έντονο ανταγωνιστικό περιβάλλον, παρόλο που κατέχει ένα μεγάλο μερίδιο αγοράς στο χώρο παραγωγής και διάθεσης αρτοποιητικών προϊόντων. Τα τελευταία χρόνια και ιδιαίτερα μετά την ένταξη της Κύπρου στην Ευρωπαϊκή Ένωση η εταιρία θέλησε να αναβαθμίσει τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις παραγωγής του εργοστασίου της, αλλά και να βελτιώσει τον τρόπο διανομής και διάθεσης των προϊόντων της. Η προσπάθεια αυτή, της εταιρίας, αποτέλεσε το έναυσμα για να γίνει αυτή η έρευνα.

Η έρευνα, μετά από συνεννόηση με τα στελέχη της εταιρίας, θα γίνει αρχικά μόνο για τη βελτιστοποίηση του δικτύου διανομής των κατεψυγμένων προϊόντων που διανέμει η εταιρία στα πρατήριά της. Μελλοντικά, και ανάλογα με τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, υπάρχει η πιθανότητα βελτιστοποίησης όλου του δικτύου διανομής της εταιρίας.

Βασικός στόχος της έρευνας είναι η εύρεση του βέλτιστου δρομολογίου των φορτηγών που διανέμουν τα κατεψυγμένα προϊόντα στα πρατήρια σε καθημερινή βάση. Ως αποτέλεσμα επιθυμούμε να έχουμε τη μείωση του κόστους μεταφοράς, αλλά και του χρόνου διανομής των προϊόντων που θα δώσει περισσότερο έδαφος στην κερδοφορία και στην ανάπτυξη της εταιρίας.

5.4 Το υπάρχον δίκτυο διανομής της εταιρίας

Τα προϊόντα φθάνουν πάντα φρέσκα και αφράτα στον προορισμό τους χάρη στο σύγχρονο δίκτυο διανομής της εταιρίας το οποίο καλύπτει άμεσα τόσο τις πόλεις όσο και τα πιο απομακρυσμένα χωριά. Ο στόλος αριθμεί πάνω από 110 οχήματα, στα οποία περιλαμβάνονται βαν διανομής, βαν εξοπλισμένα με ψυκτικούς θαλάμους για μεταφορά ευαίσθητων προϊόντων, φορτηγά μεταφοράς πρώτων υλών κ.τ.λ. Στην υπάρχουσα κατάσταση το δίκτυο διανομής της εταιρίας απαρτίζεται από το εργοστάσιο, όπου εκεί παράγονται, συσκευάζονται και αποθηκεύονται τα προϊόντα της εταιρίας, και τα 28 διασκορπισμένα σε όλες τις πόλεις πρατήρια που προμηθεύει το εργοστάσιο. Στον πίνακα 5.1 δίνονται οι ονομασίες των πρατηρίων και οι ακριβείς διευθύνσεις τους.

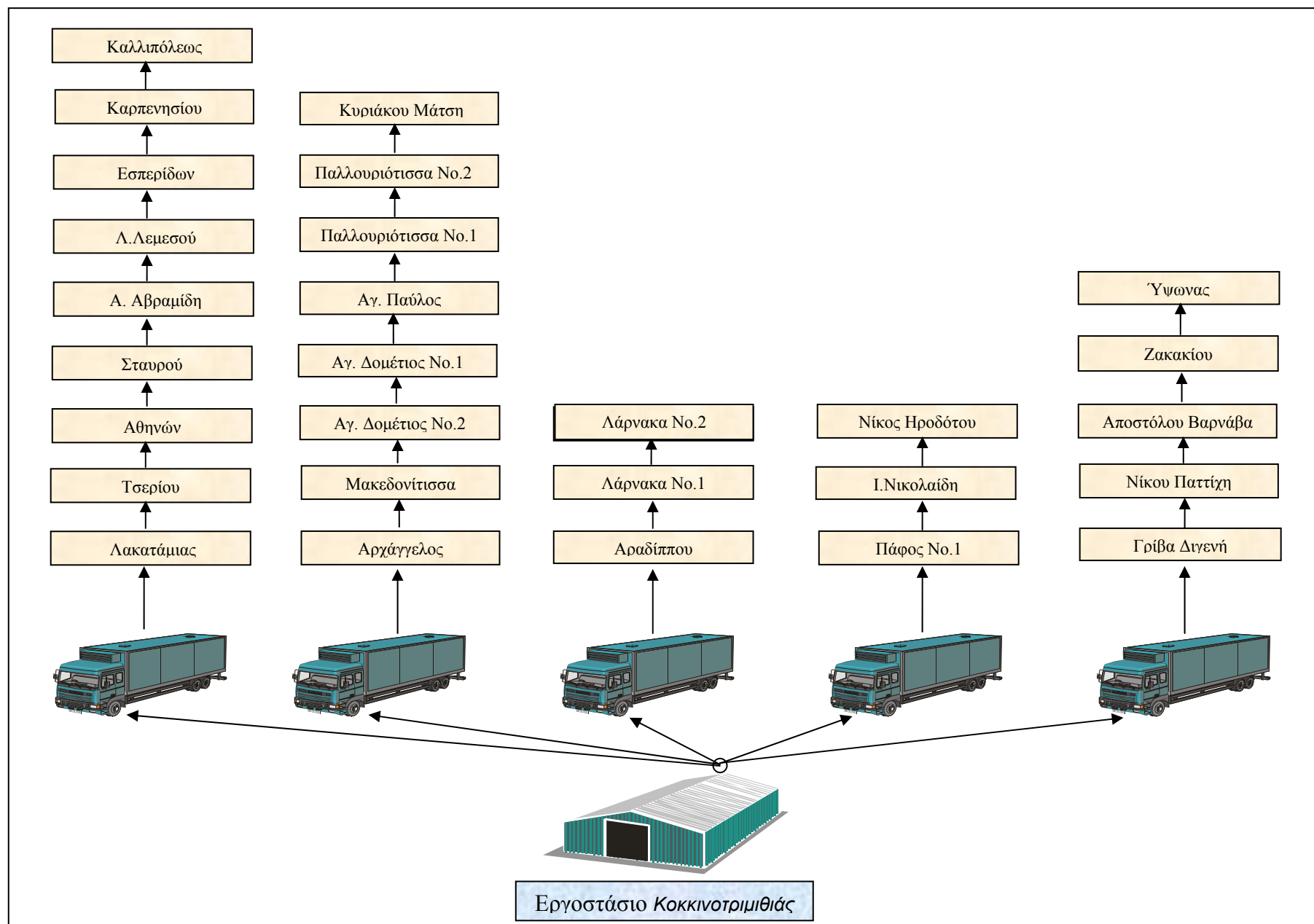
Η ικανοποίηση των παραγγελιών, για τα κατεψυγμένα προϊόντα, γίνεται απευθείας από το εργοστάσιο μέσω του στόλου των οχημάτων της εταιρίας χωρίς ενδιάμεσους αποθηκευτικούς χώρους ή μεταπωλητές. Η τακτική που ακολουθείται σήμερα από την εταιρία είναι: η κάλυψη των αναγκών των πρατηρίων σε κάθε πόλη με προκαθορισμένα και σταθερά δρομολόγια για τα φορτηγά-ψυγεία. Αυτός ο προγραμματισμός δεν ισοδυναμεί με την εύρεση βέλτιστων διαδρομών προς τα πρατήρια, καθώς έγινε απολύτως εμπειρικά και συνεπώς το αναμενόμενο κόστος μεταφοράς των προϊόντων δεν είναι το ελάχιστο δυνατό για την εταιρία.

Για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα που θα προκύψουν μετά το τέλος της έρευνας αυτής, παρουσιάζουμε στο διάγραμμα 5.1 το υπάρχον δίκτυο διανομής της εταιρίας για τα κατεψυγμένα προϊόντα.

ΠΡΑΤΗΡΙΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	Διεύθυνση πρατηρίου
ΛΕΥΚΩΣΙΑ 1		
1	Λακατάμιας	Λεωφόρος Αγίου Γεωργίου 4,5 & 6
2	Τσερίου	Λεωφόρος Τσερίου 47B
3	Αθηνών	Αθηνών & Θεσσαλονίκης 2, Στρόβολος
4	Σταυρού	Σταυρού 48, Στρόβολος
5	Α. Αβραμίδη	Ανδρέα Αβραμίδη 86 (ΑΒΓΔ) ,Δασούπολη
6	Λεωφόρος Λεμεσού	Λεωφόρος Λεμεσού 74
7	Εσπερίδων	Εσπερίδων 17 Α & Β, 2001 Στρόβολος
8	Καρπενησίου	Καρπενησίου 10
9	Καλλιπόλεως	Καλλιπόλεως 53 Α & Β
ΛΕΥΚΩΣΙΑ 2		
10	Αρχάγγελος (Παρισσινός)	Αρχαγγέλου Μιχαήλ 39
11	Μακεδονίτισσα	Λεωφόρος 28 Οκτωβρίου 70 Γ.Δ.Ε
12	Αγ. Δομέτιος Νο.2	Κυριάκου Μάτση 56-60
13	Αγ. Δομέτιος Νο.1	Γρηγόρη Αυξεντίου 77
14	Αγ. Παύλος	Λεωφόρος Αγίου Παύλου 57Α
15	Παλλουριότισσα Νο.1	Αγ. Ανδρέου 89
16	Παλλουριότισσα Νο.2	Λεωφόρος Τζών Κέννετυ 53
17	Κυριάκου Μάτση	Κυριάκου Μάτση 17 Β
ΛΑΡΝΑΚΑ		
18	Αραδίππου	Λεωφόρος Μακαρίου Γ' 37
19	Λάρνακα Νο.1	Γρίβα Διγενή 28
20	Λάρνακα Νο.2	Αρχιεπισκόπου Μακαρίου Γ' 69
ΠΑΦΟΣ		
21	Πάφος Νο.1	Λεωφόρος Ελλάδος 22
22	Ι.Νικολαΐδη	Ι.Νικολαΐδη 15
23	Νίκος Ηροδότου	Λεωφόρος Αρχιεπισκόπου Μακαρίου Γ' 1, Γεροσκήπου
ΛΕΜΕΣΟΣ 1		
24	Γρίβα Διγενή	Γρίβα Διγενή 122 Α
25	Νίκου Παττίχη	Νίκου Παττίχη 9
26	Αποστόλου Βαρνάβα	Αποστόλου Βαρνάβα 15 Α
27	Ζακακίου	Φραγκλίνου Ρούσβελτ 163
28	Ύψωνα	Πάφου & Καλαβρύτων

Πίνακας 5.1 Ονομασίες και διευθύνσεις πρατηρίων

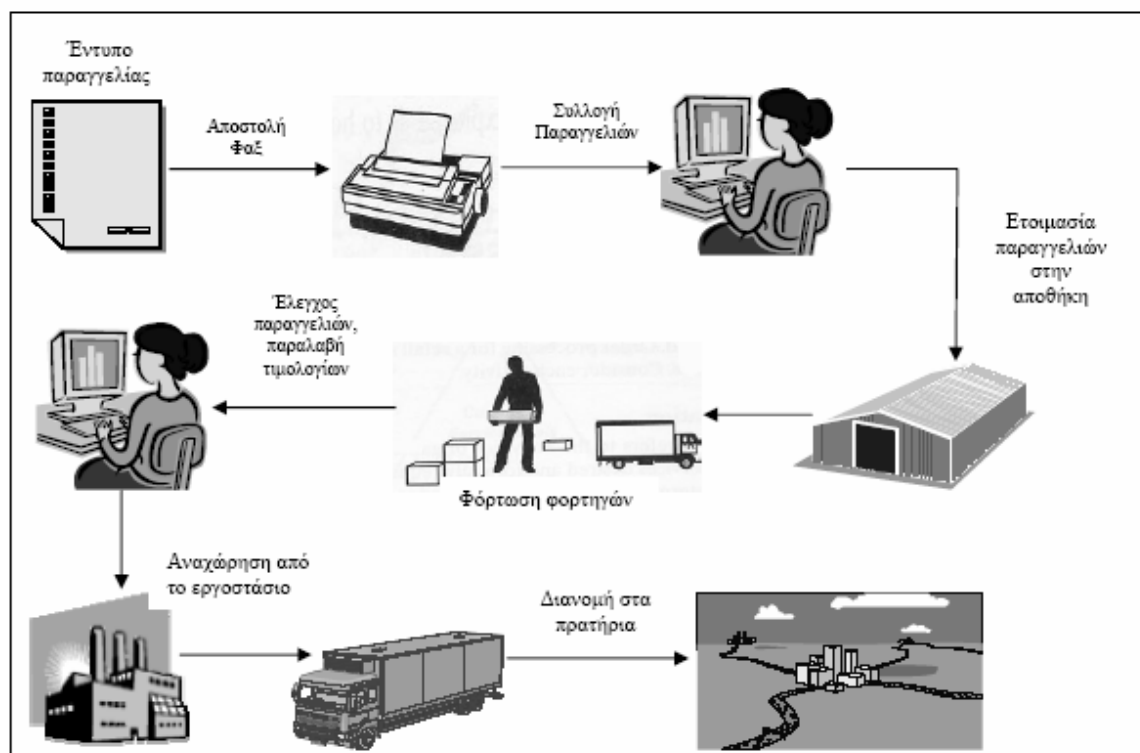
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ
ΛΕΥΚΩΣΙΑ	Κοκκινότριμιθιάς	Γρηγόρη Αυξεντίου 125, 2660 Κοκκινότριμιθιά

Διάγραμμα 5.1: Δρομολόγια φορτηγών

Η διαδικασία που ακολουθείται σήμερα από τη στιγμή της λήψης των παραγγελιών από τα πρατήρια μέχρι και την διανομή των παραγγελιών περιγράφεται αναλυτικά στη συνέχεια:

- Η διαδικασία είναι πολύ απλή και γίνεται μέσω εντύπων που αποστέλλονται στο «τμήμα παραγγελιών» σε καθημερινή βάση μέσω τηλεφωνοτυπίας (φαξ). Ο υπεύθυνος πωλήσεων κάθε πρατηρίου συμπληρώνει ένα ειδικό έντυπο (Παράρτημα Α) το οποίο περιέχει όλα τα διαθέσιμα κατεψυγμένα προϊόντα και το αποστέλλει στο τμήμα παραγγελιών τουλάχιστον 24 ώρες πριν γίνει η παράδοση. Εφόσον συλλεχθούν οι παραγγελίες από όλα τα πρατήρια, καταχωρούνται οι ποσότητες από το κάθε προϊόν στο υπολογιστή. Με τη βοήθεια ενός λογισμικού προγράμματος, παίρνουμε τις τελικές καταστάσεις των παραγγελιών ανά πρατήριο και ανά διαδρομή. Δηλαδή, έχουμε την δυνατότητα να δούμε την ποσότητα ανά προϊόν που πρέπει να παραδοθεί σε κάθε πρατήριο και την συνολική ποσότητα ανά προϊόν που θα μεταφέρει το εκάστοτε φορτηγό-ψυγείο αναλόγως με το ποια πρατήρια θα εξυπηρετήσει.
- Ακολούθως, οι καταστάσεις αυτές δίνονται στα άτομα που είναι υπεύθυνοι για τη φόρτωση των οχημάτων και αυτοί ετοιμάζουν την παραγγελία του κάθε πρατηρίου ξεχωριστά. Στη συνέχεια οι διανομείς πηγαίνουν στο σημείο φόρτωσης και τοποθετούν τις παραγγελίες στο φορτηγό τους με αντίστροφη σειρά από αυτή που επισκέπτονται τα πρατήρια. Δηλαδή, φορτώνουν πρώτα την παραγγελία του τελευταίου πρατηρίου που θα επισκεφτούν, μετά του προτελευταίου κ.ο.κ. Με αυτόν τον τρόπο οι διανομείς εξοικονομούν χρόνο και κάνουν πιο εύκολη την εύρεση της παραγγελίας του εκάστοτε πρατηρίου. Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι η φόρτωση όλων των προϊόντων στα οχήματα της εταιρίας γίνεται σε σκεπασμένο χώρο σύμφωνα με το HACCP, ώστε να μην εκτίθενται τα προϊόντα στις διάφορες καιρικές συνθήκες.
- Εφόσον ολοκληρωθεί η φόρτωση των οχημάτων οι διανομείς, πριν ξεκινήσουν τη διανομή, πηγαίνουν στο τμήμα παραγγελιών για να παραλάβουν τα τιμολόγια των παραγγελιών και να διενεργήσουν τον τελικό έλεγχο στις παραγγελίες. Στη συνέχεια οι διανομείς αναχωρούν από το εργοστάσιο στη Κοκκινοτριμιθιά και εκτελούν το προκαθορισμένο τους δρομολόγιο.
- Αφού φτάσουν στο πρώτο πρατήριο, οι διανομείς, εκφορτώνουν τα κιβώτια των προϊόντων, που αναγράφονται στην παραγγελία, ακριβώς έξω από το ψυγείο του πρατηρίου. Κατόπιν, παίρνουν τα άδεια κιβώτια, αν υπάρχουν, και παραδίδουν στον υπεύθυνο του πρατηρίου το τιμολόγιο χωρίς να εισπράξουν χρήματα και συνεχίζουν για το επόμενο πρατήριο. Μόλις εξυπηρετήσουν όλα τα πρατήρια που έχουν στο δρομολόγιό τους, οι διανομείς, επιστρέφουν πίσω στο εργοστάσιο. Ο χρόνος που χρειάζεται για την εξυπηρέτηση ενός πρατηρίου εξαρτάται από το μέγεθος της παραγγελίας, από το αν υπάρχουν πελάτες που εξυπηρετούνται εκείνη την ώρα στο πρατήριο και από το αν εμποδίζει κάτι τον οδηγό να σταθμεύσει έξω από το πρατήριο (π.χ Άλλα σταθμευμένα αυτοκίνητα).

Στο σχήμα 5.1 φαίνεται σε μορφή διαγράμματος η διαδικασία λήψης και παράδοσης παραγγελιών που αναλύθηκε προηγούμενος.



Σχήμα 5.1 Διαδικασία λήψης και παράδοσης παραγγελιών

5.5 Δεδομένα του προβλήματος

Το πρόβλημα που πρέπει να επιλύσουμε είναι ένα πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων περιορισμένης χωρητικότητας (CVRP). Για το λόγο αυτό θα πρέπει να γνωρίζουμε τις χωρητικότητες των οχημάτων που χρησιμοποιούνται για τη διανομή των καταψυγμένων προϊόντων, καθώς και τη ζήτηση και χωρητικότητα των ψυκτικών θαλάμων, των πρατηρίων. Αυτά τα δεδομένα, καθώς επίσης και άλλα γενικά στοιχεία που αφορούν το δίκτυο διανομής της εταιρίας παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

5.5.1 Κατάλογος κατεψυγμένων προϊόντων

Τα προϊόντα αυτά, που κατά την πλειοψηφία τους παράγονται στο εργοστάσιο της εταιρίας εκτός από μερικά είδη που εισάγονται από την Ελλάδα, συσκευάζονται και κατόπιν αποθηκεύονται στους ψυκτικούς θαλάμους του εργοστασίου. Τα περισσότερα από τα κατεψυγμένα προϊόντα είναι συσκευασμένα σε χάρτινα κιβώτια, ενώ τα υπόλοιπα βρίσκονται πάνω σε τρόλεϊ τοποθετημένα μέσα σε λαμαρίνες.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα είδη των προϊόντων όπως είναι αποθηκευμένα στους πέντε ψυκτικούς θαλάμους που διαθέτει το εργοστάσιο. Φαίνονται, επίσης, το βάρος, ο όγκος και οι διαστάσεις των συσκευασιών.

Α/Α	ΨΥΓΕΙΟ: 1	ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ				
		ΥΨΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ	ΜΗΚΟΣ	Βάρος σε Kg	Όγκος(μ ³)
1	Κουλούρι χωριάτικο μισό	20	30	40	5	0,024
2	Κουλούρι χωριάτικο 950γρ.	20	30	40	8	0,024
3	Κουλούρι Βιέννα	20	30	40	8	0,024
4	Κουλούρι Βιέννα 200γρ.	20	30	40	6	0,024
5	Κουλούρι Χ4 χωριάτικο	20	30	40	8	0,024
6	Κουλούρι Ελληνικό	20	30	40	2	0,024
7	Κουλούρι χωριάτικο Σχιστό	20	30	40	7	0,024
8	Γαλλικό μικρό	20	30	40	1	0,024
9	Γαλλικό μεγάλο	10	40	55	2	0,022
10	Γαλλικό πολύσπορο	20	30	40	4	0,024
11	Τριάρες σκέττες	20	30	40	5	0,024
12	Τριάρες σισαμένες	20	30	40	6	0,024
13	Τριάρες Turbo	20	30	40	6	0,024
14	Δακτυλιές	20	30	40	6	0,024
15	Δακτυλιές Κοφτές	20	30	40	8	0,024
16	Hot-dog	20	30	40	8	0,024
17	Hot-dog πολύσπορο	20	30	40	8	0,024

Πίνακας 5.1

**ΥΨΟΣ ,ΠΛΑΤΟΣ, ΜΗΚΟΣ σε cm

Α/Α	ΨΥΓΕΙΟ: 2	ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ				
		ΥΨΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ	ΜΗΚΟΣ	Βάρος σε Kg	Όγκος(μ ³)
18	Φρανζολάκια 110γρ. Σκέτα	20	30	40	8	0,024
19	Χάμπουρκερ 110γρ. Σισαμένα χύμα	20	30	40	8	0,024
20	Χάμπουρκερ αμβροσία 110γρ.	20	30	40	4,5	0,024
21	Ρολλς άσπρα	20	30	40	3,5	0,024
22	Ρολλς αμβροσία	20	30	40	3,5	0,024
23	Βαrs άσπρα	20	30	40	3	0,024
24	Βαrs αμβροσία	20	30	40	3	0,024
25	Εξάρες	*	*	*	*	
26	Γλώσσες	*	*	*	*	
27	Καραβίδες	*	*	*	*	
28	Everest	*	*	*	*	

Πίνακας 5.2

**ΥΨΟΣ ,ΠΛΑΤΟΣ, ΜΗΚΟΣ σε cm

* Τα προϊόντα είναι πάνω σε τρόλεϊ

Διαστάσεις τρόλλει	ΥΨΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ	ΜΗΚΟΣ	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ
	66cm	175cm	100cm	16 Λαμαρίνες

Α/Α	ΨΥΓΕΙΟ: 3 & 4	ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ				
		ΥΨΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ	ΜΗΚΟΣ	Βάρος σε Kg	Όγκος(m ³)
29	Τυρόπιττα τρίγωνη	10	41	55	9	0,02255
30	Τυρόπιττα ορθογώνια μικρή	10	41	55	6,5	0,02255
31	Τυροπιττάκια	10	41	55	5	0,02255
32	Ελιωτή σφολιάτα μεγάλη	10	41	55	7,4	0,02255
33	Ελιωτή σφολιάτα μικρή	10	41	55	6,8	0,02255
34	Ελιοτούδες	10	41	55	7	0,02255
35	Λουκανικόπιττες	10	41	55	6,8	0,02255
36	Λουκανικόπιττες σπέσιαλ	10	41	55	8,4	0,02255
37	Λουκανικάκια	10	41	55	7	0,02255
38	Κρεμόπιττα μεγάλη	10	41	55	9,5	0,02255
39	Κρεμόπιττα μικρή	10	41	55	6,8	0,02255
40	Αμυγδαλοκρουασάν μεγάλο	10	41	55	5	0,02255
41	Αμυγδαλοκρουασάν μικρό	10	41	55	5,5	0,02255
42	Σουφλέ	10	41	55	7	0,02255
43	Πίτσα	21	25	39	7,4	0,020475
44	Χαλλουμοτή σφολιάτα σπέσιαλ	21	25	39	8	0,020475
45	Σουλτάνες μικρές	21	25	39		0,020475
46	Σουφλέ με σισάμι	21	25	39	6	0,020475
47	Ταχινόπιττα μεγάλη	10	53	63	3	0,03339
48	Ταχινόπιττα σφολιάτα	21	25	39	4,5	0,020475
49	Χωριάτικα	21	25	39	3,8	0,020475

Πίνακας 5.3

**ΥΨΟΣ ,ΠΛΑΤΟΣ, ΜΗΚΟΣ σε cm

Α/Α	ΨΥΓΕΙΟ: 5 (Ελληνικά προϊόντα)	ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ				
		ΥΨΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ	ΜΗΚΟΣ	Βάρος σε Kg	Όγκος(m ³)
50	Τυρόπιττα	15	33	44	8	0,02178
51	Τυρόπιττα 4 τυριά	15	33	45	8,5	0,022275
52	Ζαμπονοτυρόπιττα	16	32	44	9,8	0,022528
53	Στρούντελ Μήλου	21	26	38	7,8	0,020748
54	Σπανακοτυρόπιττα	21	25	39	7,8	0,020475
55	Πίτσα Μπιοζ	21	25	39	9,4	0,020475
56	Σπέσιαλ Ατομικό	21	25	39	11,8	0,020475
57	Σπέσιαλ Μικρό	21	25	39	10	0,020475
58	Πενιρλί	21	25	39	8,4	0,020475
59	Ελληνικός Φούρνος	21	25	39	7,3	0,020475
60	Λουκάνικο διπλό	21	26	39	11,5	0,021294
61	Ρολό Τυρόπιττα	21	25	40	10	0,021
62	Σκοπέλου Τυρόπιττα	21	25	39	7,2	0,020475
63	Σκοπέλου Σπανακοτυρόπιττα	21	25	39	7,2	0,020475
64	Σταφιδάκι	21	25	39	10	0,020475
65	Μηλοπιττάκια	21	25	39	10	0,020475
66	Σοκολατάκια	21	25	39	10	0,020475
67	Φρούτα Δάσους	21	25	39	9,6	0,020475
68	Φρούτα Δάσους Μικρό	21	25	39	10	0,020475
69	Πιτσάκι κιλού	21	25	39	7	0,020475
70	Μπαγκέτα άσπρη	30	30	60	6	0,054
71	Μπαγκέτα μαύρη	30	30	60	6	0,054
72	Τυρόπιττα ταψί	14	41	42	1	0,024108
73	Χορτόπιττα ταψί	14	41	42	1	0,024108

Πίνακας 5.4

**ΥΨΟΣ ,ΠΛΑΤΟΣ, ΜΗΚΟΣ σε cm

5.5.2 Αποθηκευτικοί χώροι

Όπως προαναφέραμε, τα κατεψυγμένα προϊόντα παράγονται στις σύγχρονες εγκαταστάσεις του εργοστασίου και στη συνέχεια αποθηκεύονται και καταψύχονται σε ψυκτικούς θαλάμους. Το εργοστάσιο διαθέτει πέντε μεγάλους ψυκτικούς θαλάμους των οποίων οι διαστάσεις και η χωρητικότητα δίνονται στον Πίνακα 5.5

ΨΥΓΕΙΟ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΨΥΓΕΙΟΥ			ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (m ³)
	ΥΨΟΣ (m)	ΠΛΑΤΟΣ (m)	ΜΗΚΟΣ (m)	
1	2,6	4	12	124,8
2	2,6	6	7	109,2
3	2,4	6	5	72
4	2,4	6	5	72
5	2,4	7	8	134,4

Πίνακας 5.5

Για τη διανομή των κατεψυγμένων προϊόντων χρησιμοποιούνται οχήματα εφοδιασμένα με ψυκτικούς θαλάμους, διότι τα προϊόντα αυτά πρέπει να διατηρούνται σε

συγκεκριμένη σταθερή θερμοκρασία μέχρι την παράδοσή τους στα πρατήρια. Οι διαστάσεις και η χωρητικότητα των θαλάμων αυτών δίνονται στον Πίνακα 5.6.

ΟΧΗΜΑ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΘΑΛΑΜΟΥ			ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (m ³)
	ΥΨΟΣ (m)	ΠΛΑΤΟΣ (m)	ΜΗΚΟΣ (m)	
1	2	1,9	4	15,2
2	2	1,9	4	15,2
3	2	1,9	4	15,2

Πίνακας 5.6

Μετά την παράδοση των κατεψυγμένων προϊόντων στα πρατήρια, οι υπεύθυνοι του πρατηρίου τα αποθηκεύουν σε μικρούς ψυκτικούς θαλάμους που διαθέτουν τα πρατήρια. Με τον τρόπο αυτό τα προϊόντα ψύχονται στη σωστή θερμοκρασία, παραμένουν υγιεινά και είναι κατάλληλα για ψήσιμο ανά πάσα στιγμή. Οι διαστάσεις και η χωρητικότητα των θαλάμων όλων των πρατηρίων δίνονται στον Πίνακα 5.7.

Α/Α	ΠΡΑΤΗΡΙΟ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΨΥΓΕΙΟΥ			ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (m ³)
		ΥΨΟΣ (m)	ΠΛΑΤΟΣ (m)	ΜΗΚΟΣ (m)	
1	Λακατάμιας	2,2	2	3,2	14,1
2	Τσερίου	2,5	2,2	2,5	13,8
3	Αθηνών	2,2	1,8	2,5	9,9
4	Σταυρού	2,2	1,8	2	7,9
5	Α. Αβραμίδη	2,4	2,5	2,5	15,0
6	Λεωφόρος Λεμεσού	2,2	3,5	3,5	40,7
		2,2	2,5	2,5	
7	Εσπερίδων	2	2,1	2,4	10,1
8	Καρπενησίου	2	2,1	2,4	10,1
9	Καλλιπόλεως	2	2,1	2,4	10,1
10	Αρχάγγελος (Παρισσινός)	2,5	3,2	2,3	18,4
11	Μακεδονίτισσα	2,1	1,7	1,2	4,3
12	Αγ. Δομέτιος Νο.2	2,4	1,8	3,2	13,8
13	Αγ. Δομέτιος Νο.1	2	1,9	1,8	6,8
14	Αγ. Παύλος	2,1	2,2	1,7	7,9
15	Παλλουριότισσα Νο.1	2,2	2,8	2,3	14,2
16	Παλλουριότισσα Νο.2	2	1,9	2,2	8,4
17	Κυριάκου Μάτση	2	2,4	1,4	6,7
18	Αραδίππου	2	2,1	2,4	10,1
19	Λάρνακα Νο.1	2,1	4,5	2,6	24,6
20	Λάρνακα Νο.2	2	2,3	2	18,4
		2	2,3	2	
21	Πάφος Νο.1	2,1	2,5	2,6	13,7
22	Ι.Νικολαΐδη	2,4	2	2,6	12,5
23	Νίκος Ηροδότου	2,1	3,5	3,5	25,7
24	Γρίβα Διγενή	2	1,8	3,2	11,5
25	Νίκου Παττίχη	2	1,9	2,2	8,4
26	Αποστόλου Βαρνάβα	2	2,8	1,8	10,1
27	Ζακακίου	2	1,8	2,8	10,1
28	Ύψωνα	2	2	3,9	15,6

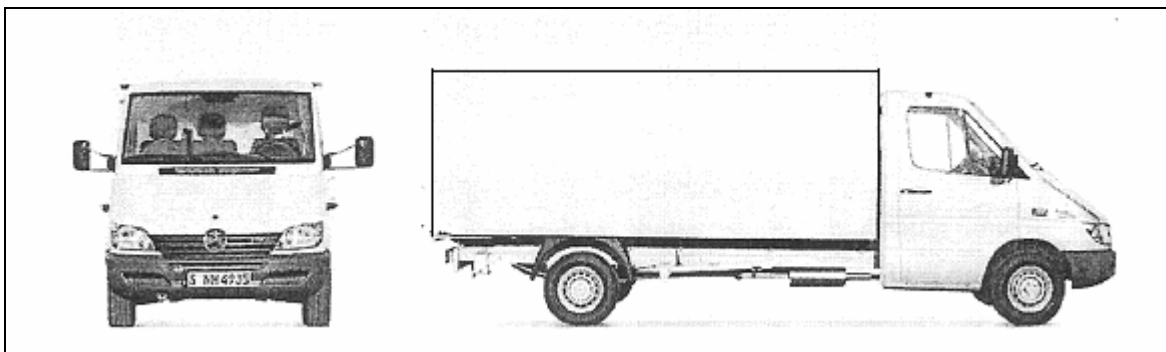
Πίνακας 5.7

Τα οχήματα μεταφοράς είναι κατασκευασμένα βάση των τελευταίων Ευρωπαϊκών Προδιαγραφών Ασφαλείας, ακολουθούν όλες τις διατάξεις του Τμήματος Οδικών Μεταφορών της Κυπριακής Δημοκρατίας και είναι ικανά να κινούνται με ασφάλεια και άνεση.

-Κιβώτιο ταχυτήτων: 5-ταχύτητες με συγχρονισμένη μετάδοση με χαμηλό επίπεδο θορύβου όλων των τροχών και του αλουμινένιου περιβλήματος

- Σύστημα Διεύθυνσης με Υδραυλική Υποβοήθηση
- Σύστημα κλιματισμού καμπίνας οδηγού
- Διπλό κάθισμα συνοδηγού
- Διπλούς εξωτερικούς καθρέπτες
- Εφεδρικό ελαστικό, τρίγωνα ασφαλείας κλπ

- Μοντέλο : Mercedes- Benz Sprinter (Σχήμα 3.1)
- Τύπος οχήματος : 411 CDI
- Ταξινόμηση οχήματος : Chassis
- Καμπίνα : Κανονική Καμπίνα
- Ισχύς κινητήρα : 80kW(109PS)
- Αποδεκτό ολικό βάρος : 4600kg
- Κατανάλωση (l / km) : Εντός πόλης : 11,3 - 11,7 (λίτρα /100 χιλιόμετρα)
Εκτός πόλης : 7,1 - 7,3 (λίτρα /100 χιλιόμετρα)
Μέσο όρο : 8,6 - 8,9 (λίτρα /100 χιλιόμετρα)



Σχήμα 5.8 Όχημα μεταφοράς κατεψυγμένων προϊόντων Mercedes- Benz Sprinter

Τα είδη των κατεψυγμένων προϊόντων που παράγει και εισάγει η Π.Ε.Α είναι πάρα πολλά (περίπου 90) και με αυτά προμηθεύονται όλα τα πρατήριά της. Η θερμοκρασία μεταφοράς (Transportation Temperature) είναι: $T_{trans} = -20\text{ }^{\circ}\text{C min}$ και η υγρασία του χώρου θαλάμου (Humidity) πρέπει να είναι μεταξύ 35% και 60%.

Ο θάλαμος του φορτηγού είναι κατασκευασμένος από Refrigeration Panels ελάχιστης διατομής 100mm εμποτισμένα με πολυουρεθάνη πυκνότητας $40\text{--}42\text{ kg/m}^3$. Εσωτερικά ο θάλαμος φέρει κατά το μήκος των δύο πλαϊνών τοιχωμάτων σύστημα πρόσδεσης των τρόλλεους μεταφοράς των διαφόρων προϊόντων και των άλλων κιβωτίων, κατασκευασμένο από stainless steel. Επίσης φωτίζεται από flush mounted lighting system. Το πάτωμα του θαλάμου είναι ενισχυμένο, επενδυμένο με κατάλληλο υδατογενές υλικό, είναι αντιολισθητικό και φέρει τα απαραίτητα από το HACCP sealing bends στις περιοχές που το πάτωμα ενώνεται με τα πλαϊνά και το πίσω τοίχωμα. Οι διαστάσεις του θαλάμου είναι:

Ύψος(Y) : 2m
Πλάτος(X) : 1.9m
Μήκος(Z) : 4m

και η χωρητικότητα του θαλάμου είναι $15,2\text{ m}^3$.

Η πρόσβαση στο χώρο του θαλάμου εξασφαλίζεται μέσω μιας τριπλής πόρτας βαρετού τύπου που βρίσκεται στο πίσω μέρος του θαλάμου και της οποίας όλοι οι μηχανισμοί, κινούμενα μέρη και εξαρτήματα είναι κατασκευασμένα από stainless steel. Οι ελαστικοί μονωτήρες (rubber gaskets) εξασφαλίζουν τη μέγιστη δυνατή μόνωση όταν οι πόρτες είναι κλειστές.

Οι διαστάσεις του ψυκτικού θαλάμου είναι:

→ Εξωτερικές διαστάσεις :

Μήκος : 4200mm
Πλάτος: 2100mm
Ύψος : 2200mm

→ Εσωτερικές διαστάσεις:

Μήκος : 4000mm
Πλάτος: 1900mm
Ύψος : 2000mm

Η ψυκτική μονάδα εξασφαλίζει τις απαραίτητες συνθήκες μεταφοράς των προϊόντων ($T_{min} = -20^{\circ}C$, $H = 35\%-60\%$ σε $T_{περιβάλλοντος} = 40^{\circ}C$). Επίσης, σε κάθε θάλαμο υπάρχει ο καταγραφέας θερμοκρασιών θαλάμου. Ο καταγραφέας (Temperature recorder) είναι αυτόματος, με ικανοποιητική μνήμη (3 μήνες), έχει τη δυνατότητα εκτύπωσης των μετρήσεων, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής των καταγραφών ανά ώρα και είναι εγκατεστημένος στην καμπίνα του οδηγού του οχήματος.

Για τη φόρτωση και εκφόρτωση των προϊόντων οι διανομείς χρησιμοποιούν την πλατφόρμα φορτώσεως (Tail Lift). Η πλατφόρμα αυτή είναι τοποθετημένη στο πίσω μέρος του οχήματος, είναι κατασκευασμένη από αλουμίνιο, υπάρχει η δυνατότητα να μετατραπεί σε ράμπα και έχει ανυψωτική δυνατότητα πάνω από 300kg.

5.5.4 Άλλα γενικά στοιχεία για τη διανομή προϊόντων

Κατά την συλλογή των δεδομένων, που έγινε στους χώρους του εργοστασίου και στα πρατήρια της εταιρίας, προέκυψαν και κάποια επιπλέον ερωτήματα που αφορούσαν το δίκτυο διανομής και όσους εμπλέκονται σε αυτό με οποιοδήποτε τρόπο. Τα ερωτήματα αυτά, καθώς και οι απαντήσεις που δόθηκαν σε αυτά από το προσωπικό της εταιρίας είναι:

- *Ώρες εργασίας των οδηγών των φορτηγών;* 06:00-14:00
- *Μισθός των οδηγών;* 850€ έως 1300€ (Ανάλογα με την εμπειρία του οδηγού)
- *Κόστος Υπερωρίας;* Οι υπερωρίες “μετατρέπονται” σε ώρες TIME OFF
- *Συχνότητα Service Οχημάτων;* Για κάθε φορτηγό γίνεται ανάλογα με τα χιλιόμετρα που διανύει. Το κόστος κυμαίνεται από 250€ έως 350 € κάθε φορά.
- *Τι γίνεται όταν χαλάσει κάποιο φορτηγό, ποιος κάνει την παράδοση;* Την παράδοση αναλαμβάνει να την κάνει άλλος οδηγός, ανάλογα με το πρόγραμμα του κάθε οδηγού
- *Τι γίνεται όταν λείπει κάποιος οδηγός;* Την παράδοση αναλαμβάνει να την κάνει άλλος οδηγός, ανάλογα με το πρόγραμμα του κάθε οδηγού
- *Χρόνος φόρτωσης των φορτηγών;* Από 30 έως 45 λεπτά
- *Χρόνος εξυπηρέτησης κάθε πρατηρίου;* Ανάλογα με την κατάσταση που επικρατεί στο πρατήριο, δηλαδή αν το προσωπικό είναι απασχολημένο, εάν έχει πολλούς πελάτες την ώρα της παράδοσης. Γενικά, κυμαίνεται από 8 έως 20 λεπτά
- *Προτεραιότητες πρατηρίων;* Τα πρατήρια εξυπηρετούνται ανάλογα με την απόσταση, δηλαδή με το ποιο είναι το επόμενο πιο κοντινό πρατήριο στην περιοχή (χωρίς αυτό να σημαίνει πως είναι η βέλτιστη διαδρομή)
- *Πως αποστέλλονται οι παραγγελίες από τα πρατήρια;* Για τα πρατήρια της Λευκωσίας και της Λάρνακας αποστέλλονται με Fax 24,ώρες πριν από την

παράδοση. Για τα πρατήρια της Πάφου και της Λεμεσού οι παραγγελίες αποστέλλονται 48 ώρες πριν από την παράδοση.

- *Ποια η διαδικασία της παραγγελίας από την Ελλάδα; Γίνεται 2 φορές τον μήνα κάθε 15 μέρες περίπου*
- *Πόσες μέρες χρειάζονται για να γίνει η παραλαβή των προϊόντων από την Ελλάδα; Για την άφιξη των προϊόντων που εισάγονται από την Ελλάδα χρειάζονται από 7 έως 15 για την παραλαβή τους*
- *Συχνότητα διανομής των πρατηρίων;*
 - Λευκωσία: Καθημερινά
 - Λεμεσό: 1 φορά την εβδομάδα (Παρασκευή)
 - Λάρνακα: Καθημερινά
 - Πάφο: 1 φορά την εβδομάδα (Τετάρτη)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

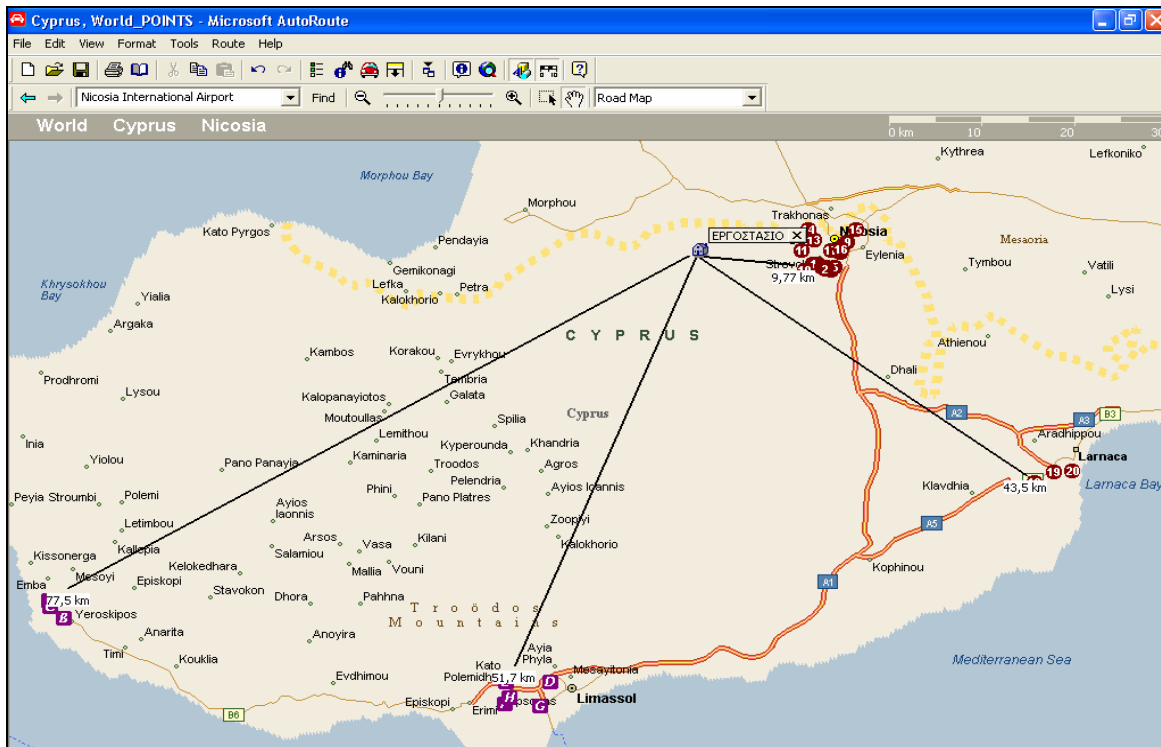
ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΟΥ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

6.1 Το λογισμικό Microsoft Auto Route 2001

Για την επίλυση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων που εξετάζουμε χρειαζόμαστε τις αποστάσεις μεταξύ του εργοστασίου και των πρατηρίων, και τις αποστάσεις μεταξύ των πρατηρίων. Όμως, για την Κύπρο δεν υπάρχουν ακόμα δωρεάν διαθέσιμοι ηλεκτρονικοί χάρτες με τις πλήρεις πληροφορίες για πόλεις, χωριά και κυρίως για οδούς, και για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν απλοί τοπογραφικοί χάρτες (Οι χάρτες προμηθεύτηκαν από το Τμήμα Τοπογραφίας και Σχεδίασης Χαρτών στην Κύπρο).

Αφότου βρέθηκαν οι τοποθεσίες των πρατηρίων πάνω στους χάρτες, βάση των διευθύνσεων τους, έγινε μετατροπή των συντεταγμένων τους στις συντεταγμένες που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα Microsoft Auto Route 2001 με τη βοήθεια ενός προγράμματος μετατροπής συντεταγμένων [24].

Ακολούθως, εισήχθησαν τα σημεία αυτά στο πρόγραμμα Auto Route και με τις δυνατότητες του προγράμματος μπορέσαμε να βρούμε τις αποστάσεις μεταξύ εργοστασίου και πρατηρίων και των πρατηρίων μεταξύ τους (Σχήμα 6.1). Ο πίνακας αποστάσεων δίνεται στο Παράρτημα Β (οι αποστάσεις είναι σε km).



Σχήμα 6.1 Εύρεση αποστάσεων στο πρόγραμμα Microsoft Auto Route 2001

6.2 Το λογισμικό LINGO

Το πρόγραμμα LINGO είναι ένα λογισμικό πακέτο, φιλικό προς το χρήστη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μοντελοποίηση και την επίλυση γραμμικών, ακέραιων, τετραγωνικών και μη γραμμικών προβλημάτων προγραμματισμού. Χρησιμοποιείται σε αρκετές περιπτώσεις όπως στον χρονικό προγραμματισμό, στις μεταφορές, στην χρηματοοικονομική διοίκηση, στον προγραμματισμό πληρωμάτων, ακόμα και σε βιομηχανικές εφαρμογές όπου χρειάζεται να επιλυθούν προβλήματα βελτιστοποίησης.

Το πρόβλημα που καλούμαστε να επιλύσουμε το προσεγγίζουμε ως ένα πρόβλημα «Γραμμικού Προγραμματισμού», λόγο της αντικειμενικής συνάρτησης, των μεταβλητών και των περιορισμών που υπάρχουν.

Αντικείμενο του γραμμικού προγραμματισμού είναι η προσέγγιση προβλημάτων κατανομής περιορισμένων πόρων ή μέσων ανάμεσα σε διάφορες ανταγωνιστικές μεταξύ τους δραστηριότητες κατά τον βέλτιστο δυνατό τρόπο. Για την επίλυση ενός τέτοιου προβλήματος χρησιμοποιείται ένα μαθηματικό μοντέλο το οποίο αποτελείται από μεταβλητές απόφασης, μια αντικειμενική συνάρτηση και ένα σύνολο περιορισμών. Μεταβλητές ενός προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού είναι οι δραστηριότητες που μπορούμε να αναπτύξουμε σε ποσότητες που πρόκειται να προσδιορισθούν με τη λύση του προβλήματος. Η αντικειμενική συνάρτηση εκφράζει το αντικείμενο το οποίο επιθυμούμε να βελτιστοποιήσουμε και οι περιορισμοί είναι ένα σύνολο αλγεβρικών ανισοτήτων ή ισοτήτων οι οποίοι εκφράζουν τους περιορισμούς του προβλήματος.

Το μοντέλο αυτό ονομάζεται μοντέλο Γραμμικού προγραμματισμού διότι:

- ❖ Η αντικειμενική συνάρτηση και οι περιορισμοί είναι γραμμικές συναρτήσεις ως προς τις άγνωστες μεταβλητές.
- ❖ Οι άγνωστες μεταβλητές είναι συνεχείς, δηλαδή μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή σε ένα διάστημα πραγματικών αριθμών.

Το πρόγραμμα LINGO παρέχει μια γλώσσα μοντελοποίησης που επιτρέπει την περιγραφή μοντέλων με πολύ γενικό τρόπο και τα μοντέλα μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν σε περίπλοκες καταστάσεις απλά με μερικές αλλαγές. Το κλειδί για αυτή τη διαδικασία είναι η ιδέα της ομαδοποίησης όμοιων αντικειμένων. Κατά την μορφοποίηση των δεδομένων θα υπάρχουν σίγουρα κάποια παρόμοια αντικείμενα που θα μπορούν να ομαδοποιηθούν. Ο λόγος που χρησιμοποιούμε αυτά τα σύνολα (SETS) είναι γιατί χρειαζόμαστε ένα τρόπο να εκφράσουμε μαζί κάποιες ομάδες από μεταβλητές ή περιορισμούς. Ένα σύνολο (set) είναι μια ομάδα από όμοια αντικείμενα, κάθε μέλος αυτής της ομάδας μπορεί να έχει ένα ή παραπάνω κοινά χαρακτηριστικά (π.χ βάρος, τιμή /μονάδα προϊόντος, όγκος συσκευασίας κ.λ.π), που ονομάζονται ιδιότητες (attributes). Ένα πρότυπο μοντέλου στο λογισμικό LINGO δίνεται στο σχήμα 6.2.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το λογισμικό LINGO χρησιμοποιεί, για την επίλυση των προβλημάτων βελτιστοποίησης, τον αλγόριθμο «Διακλάδωσης και Περιορισμού» ή αλλιώς αλγόριθμος BRANCH and BOUND, τον οποίο έχουμε αναλύσει στη παράγραφο 4.2.7.

```
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!;
!! Πρότυπο μοντέλου στο LINGO !!;
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!;

! Αρχή μαθηματικού προτύπου;

MODEL:
    ! Σύνολα δεικτών με αντίστοιχες παραμέτρους και μεταβλητές;

    SETS:
        ! Μεταβλητές;
    ENDSETS

    ! Αντικειμενική συνάρτηση;
    ! Περιορισμοί

    ! Δεδομένα;
DATA:

    ! Είσοδος δεδομένων;
    ! Έξοδος δεδομένων;

ENDDATA
    ! Τέλος προτύπου;
END
```

Σχήμα 6.2 Πρότυπο μοντέλου στο λογισμικό LINGO

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

7.1 Μοντέλο επίλυσης του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων της Π.Ε.Α

Όπως είχαμε αναφέρει στο 5^ο Κεφάλαιο μας ζητήθηκε από την εταιρία να βρούμε την βέλτιστη διαδρομή από το εργοστάσιο της στα αντίστοιχα πρατήριά της σε όλη την Κύπρο, εξοικονομώντας χρόνο και χρήμα στην εταιρία. Το μοντέλο που θα χρησιμοποιήσουμε για την επίλυση του προβλήματός αυτού είναι ένα πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με περιορισμούς: κάλυψης ζήτησης, χωρητικότητας και μέγιστου φορτίου των οχημάτων-ψυγείων, χρόνου εργασίας των διανομέων και χωρητικότητας των ψυγείων των πρατηρίων.

Το μαθηματικό πρότυπο που θα χρησιμοποιήσουμε για την επίλυση του προβλήματος, όπως προέκυψε από τα δεδομένα του προβλήματος, είναι:

Αντικειμενική συνάρτηση :

- Ελαχιστοποίηση της απόστασης της διαδρομής από το εργοστάσιο στα πρατήρια :

$$z = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} * X_{ij} \quad , \quad \text{όπου}$$

Z : η προς ελαχιστοποίηση αντικειμενική συνάρτηση

c_{ij} : η απόσταση από το i στο j πρατήριο

X_{ij} : δυαδική μεταβλητή για χρήση ή μη χρήση του συνδέσμου $\{i, j\}$

Μεταβλητές & Περιορισμοί

- Για την εύρεση της βέλτιστης διαδρομής πρέπει να γνωρίζουμε εάν υφίσταται μετάβαση από το πρατήριο i στο πρατήριο j . Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε την δυαδική μεταβλητή $X_{ij} \in \{0,1\}$, όπου

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{αν ο διανομέας μεταβαίνει από το } i \text{ στο } j \text{ πρατήριο} \\ 0, & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

- Επειδή θέλουμε οι διανομείς να μεταβαίνουν μόνο μια φορά στο κάθε πρατήριο κατά την διανομή των προϊόντων θέτουμε τους εξής περιορισμούς :

→ Ο διανομέας φεύγει από το πρατήριο i **μόνο** μια φορά επομένως έχουμε:

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

→ Ο διανομέας φθάνει στο πρατήριο j **μόνο** μια φορά επομένως έχουμε:

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

n : ο αριθμός των πρατηρίων που εξυπηρετούνται σε κάθε μια από τις διαδρομές

- Γνωρίζουμε ότι όλα τα οχήματα που αναχωρούν και καταλήγουν στο εργοστάσιο είναι K (στο πρόβλημά μας υπάρχει μόνο ένα εργοστάσιο) ,δηλαδή:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n X_{i0} = K \quad , \text{αριθμός οχημάτων που εκκινούν από το εργοστάσιο} \\ \sum_{i=1}^n X_{0i} = K \quad , \text{αριθμός οχημάτων που επιστρέφουν στο εργοστάσιο} \end{array} \right.$$

- Ο συνολικός όγκος της παραγγελίας κάθε πρατηρίου προκύπτει ως εξής:

$$d_i = \sum_{j=1}^m z_j * V_j * S_j \quad , \quad \text{όπου}$$

z_j : η ποσότητα του προϊόντος j , με $j=1,2,\dots,m$

V_j : ο όγκος της συσκευασίας του προϊόντος j

$$S_j = \begin{cases} 1, & \text{εάν υπάρχει το προϊόν στην παραγγελία του πρατηρίου} \\ 0, & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

- Η ποσότητα που παραδίδεται στα πρατήρια δεν πρέπει να υπερβαίνει την χωρητικότητα των ψυγείων των πρατηρίων :

$$D_i \geq d_i \quad , \quad \text{όπου}$$

D_i : η χωρητικότητα (σε m^3) του ψυγείου του i πρατηρίου με $i=1,2,\dots,n$

- Το κάθε φορτηγό-ψυγείο πρέπει να είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες όλων των πρατηρίων που εξυπηρετεί χωρίς να υπερβαίνει την χωρητικότητα του εκάστοτε οχήματος, επομένως :

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

d_i : η ποσότητα που παραδίδεται στο πρατήριο i, με $i=1,2,\dots,n$

Q_K : η χωρητικότητα του φορτηγού-ψυγείου K, με $K=1,2,3$

- Οι συνολικές ώρες εργασίας των διανομέων είναι:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{c_{ij} * X_{ij}}{U} \leq 8$$

- Επειδή τα φορτηγά-ψυγεία έχουν μέγιστο ωφέλιμο φορτίο, η μεταφερόμενη ποσότητα δεν πρέπει να υπερβαίνει το όριο :

$$\sum_{j=1}^m B_j * z_j * S_j \leq 2435 \text{ (kg)}, \text{ όπου}$$

B_j : το βάρος της συσκευασίας του προϊόντος j

z_j : η ποσότητα του προϊόντος j, με $j=1,\dots,m$

$$S_j = \begin{cases} 1, & \text{εάν υπάρχει το προϊόν στην παραγγελία του πρατηρίου} \\ 0, & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

7.2 Μοντέλο που αναπτύχθηκε στο λογισμικό LINGO για την επίλυση του προβλήματος

Στο σημείο αυτό θα δούμε το πρότυπο μοντέλο που αναπτύχθηκε στο λογισμικό Lingo, βάση της αντικειμενικής συνάρτησης και των περιορισμών που ορίσαμε για το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων της Παγκύπριας Εταιρίας Αρτοποιιών.

```

MODEL:
    SETS:
        PRATHRIA/1..ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΑΤΗΡΙΩΝ ΕΚΑΣΤΟΤΕ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ/:Q,U;
        ! Q: ΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΑΤΗΡΙΩΝ, U ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ ΠΡΑΤΗΡΙΩΝ;
        ARCS (PRATHRIA,PRATHRIA):DISTANCE,X;
        ! DISTANCE: ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΠΡΟΟΡΙΣΜΩΝ;
    ENDSETS

    DATA:
        Q= ΖΗΤΗΣΗ ΠΡΑΤΗΡΙΩΝ ΕΚΑΣΤΟΤΕ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ;
        DISTANCE= ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΕΚΑΣΤΟΤΕ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ;
        VCAP=15.2; !ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΦΟΡΤΗΓΩΝ;

    ENDDATA

    MIN=@SUM (ARCS:DISTANCE*X); !ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ;

    @FOR (PRATHRIA (K) | K#GT#1: !ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΠΡΑΤΗΡΙΟ ΕΚΤΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΘΗΚΗΣ;
        X (K,K)=0; !ΤΑ ΦΟΡΤΗΓΑ ΔΕΝ ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟ ΙΔΙΟ ΣΗΜΕΙΟ;

        !ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΠΕΡΑΣΕΙ ΚΑΠΟΙΟ ΦΟΡΤΗΓΟ;
        @SUM (PRATHRIA (I) | I#NE#K#AND# (I#EQ#1#OR#Q (I)+Q (K) #LE#VCAP): X (I,K))=1;

        !ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΦΥΓΕΙ ΤΟ ΦΟΡΤΗΓΟ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ;
        @SUM (PRATHRIA (J) | J#NE#K#AND# (J#EQ#1#OR#Q (J)+Q (K) #LE#VCAP): X (K,J))=1;

        ! U ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΤΟΥΛΑΧΙΣΤΟΝ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΑΠΟ ΤΗΝ
        ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΟΡΤΗΓΟΥ ;
        @BND (Q (K),U (K),VCAP);

        ! ΕΑΝ Η Κ ΕΠΕΤΑΙ ΤΟΥ Ι, ΤΟΤΕ U(K) – U(I);
        @FOR (PRATHRIA (I) | I#NE#K#AND#I#NE#1:
            U (K)>=U (I)+Q (K) –VCAP+VCAP* (X (K,I)+X (I,K)) – (Q (K)+Q (I)) *X (K,I));
            ! ΕΑΝ Η Κ ΕΙΝΑΙ Η ΠΡΩΤΗ ΣΤΑΣΗ, ΤΟΤΕ U(K) = Q (K);
            U (K)<=VCAP– (VCAP–Q (K)) *X (1,K);
            ! ΕΑΝ Η Κ ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ Η ΠΡΩΤΗ ΣΤΑΣΗ;
            U (K)>=Q (K)+@SUM (PRATHRIA (I) | I#GT#1:Q (I) *X (I,K));
        ! ΚΑΝΕΙ ΤΟ Χ ΔΥΑΔΙΚΟ,ΠΑΙΡΝΕΙ TIMEΣ 0 ή 1;
        @FOR (ARCS (I,J):@BIN (X (I,J)));

        ! ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΟΡΤΗΓΩΝ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ, ΚΛΑΣΜΑΤΙΚΟΣ ΚΑΙ
        ΣΤΡΟΓΓΥΛΟΠΟΙΗΜΕΟΣ;
        VEHCLF=@SUM (PRATHRIA (I) | I#GT#1:Q (I)) /VCAP;
        VEHCLR=VEHCLF+1.999–@WRAP (VEHCLF–.001,1);

        !ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΣΤΑΛΟΥΝ ΑΡΚΕΤΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΗ
        ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΑΤΗΡΙΩΝ;
        @SUM (PRATHRIA (J) | J#GT#1:X (1,J))>=VEHCLR;

    END

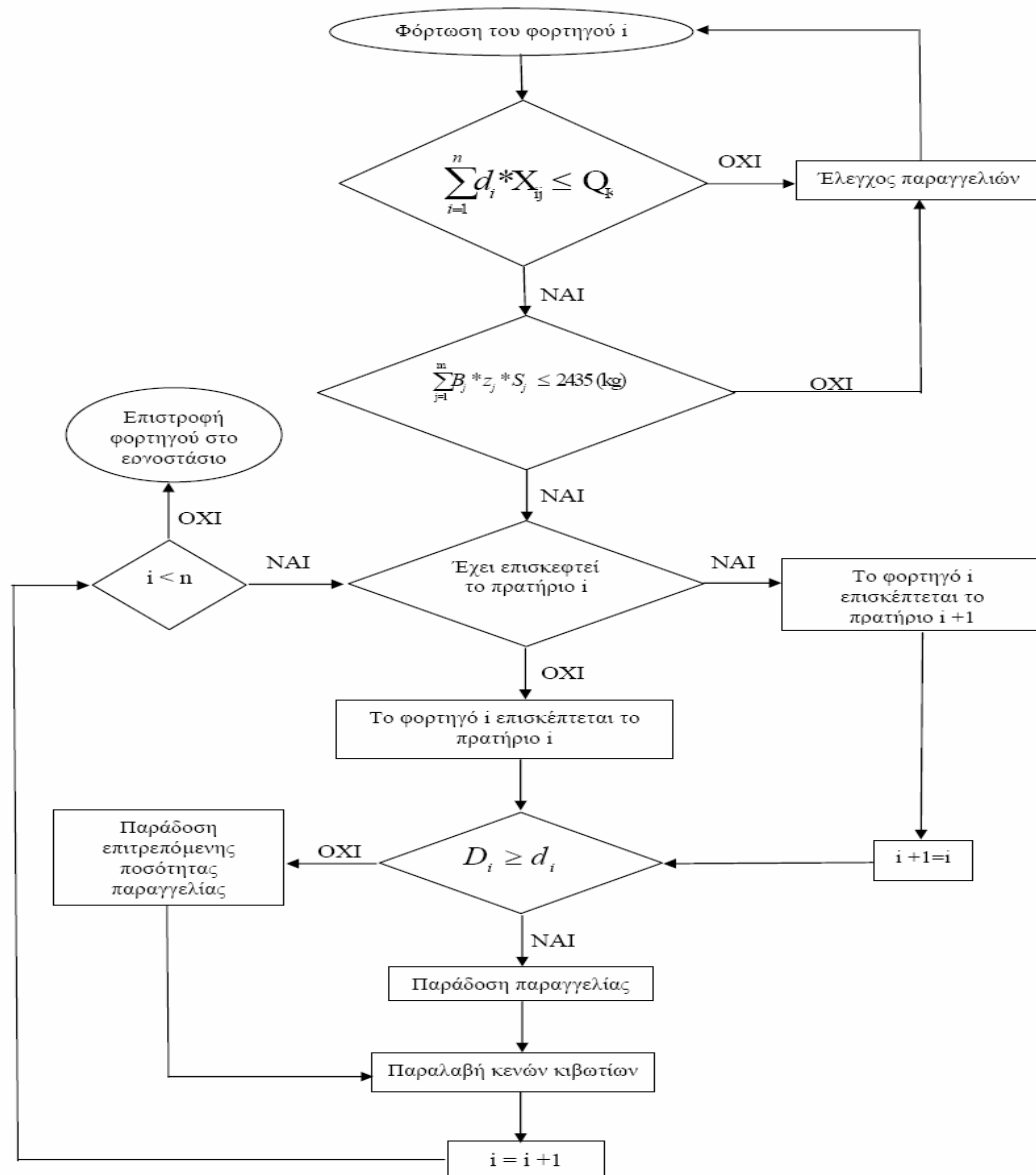
```


Επειδή, όμως, η συχνότητα διανομής των πρατηρίων δεν είναι η ίδια για όλες τις πόλεις, χωρίσαμε το πρόβλημά σε τρία υπο-προβλήματα, τα οποία είναι

1. Διανομή πρατηρίων Λευκωσίας και Λάρνακας: Σε καθημερινή βάση
2. Διανομή πρατηρίων Λεμεσού: Μόνο μια φορά την εβδομάδα (Παρασκευή)
3. Διανομή πρατηρίων Πάφου: Μόνο μια φορά την εβδομάδα (Τετάρτη)

Τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό Lingo για τα τρία αυτά προβλήματα δίνονται στο Παράρτημα Γ.

Αλγόριθμος που περιγράφει το μοντέλο επίλυσης του προβλήματος δρομολόγησης:



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

8.1 Εισαγωγή

Όπως είχαμε αναφέρει και προηγουμένως, επειδή η συχνότητα διανομής των πρατηρίων δεν είναι η ίδια για όλες τις πόλεις, χωρίσαμε το πρόβλημά σε τρία υπο-προβλήματα. Παρακάτω παρουσιάζονται τα δρομολόγια έτσι όπως προέκυψαν από την επίλυση του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων περιορισμένης χωρητικότητας με το λογισμικό LINGO. Επίσης, γίνεται σύγκριση των δρομολογίων που προέκυψαν με τη χρήση του αλγορίθμου με αυτά που χρησιμοποιεί η εταιρία. Τέλος, γίνεται μια προσομοίωση των νέων και παλιών δρομολογίων με το λογισμικό Microsoft Auto Route 2001, για να διαπιστώσουμε αν τα φορτηγά βρίσκονται εντός ωραρίου, καθώς και άλλα σημαντικά στοιχεία.

8.2 Αποτελέσματα Εφαρμογής του C.V.R.P

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του αλγορίθμου για τα τρία υπο-προβλήματα που ορίσαμε δίνονται στο Παράρτημα Δ. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα δρομολόγια που δημιουργήθηκαν από τον αλγόριθμο, η συνολική βέλτιστη απόσταση των δρομολογίων, καθώς και άλλα χρήσιμα στοιχεία.

1.

Στο δρομολόγιο εξυπηρέτησης των πρατηρίων της Πάφου εξυπηρετήθηκαν τρία (3) πρατήρια, όπως αναμενόταν άλλωστε, με σειρά επίσκεψης αυτή που φαίνεται στον πίνακα 8.1. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε ένα φορτηγό και η συνολική απόσταση που διένυσε το φορτηγό προκειμένου να εξυπηρετήσει και τον τελευταίο πελάτη και να επιστρέψει στην αποθήκη ανέρχεται στα 165,35km.

Διανομή πρατηρίων Πάφου

Αριθμός πρατηρίων που εξυπηρετούνται: 3

Δρομολόγιο: *Κοκκινοτριμιθιά* → *Ι.Νικολαΐδη*
Ι.Νικολαΐδη → *Νίκος Ηροδότου*
Νίκος Ηροδότου → *Πάφος No.1*
Πάφος No.1 → *Κοκκινοτριμιθιά*

Συνολική απόσταση δρομολογίου: 165,35km

Οχήματα που απαιτούνται: 1

Πίνακας 8.1

2.

Το δρομολόγιο εξυπηρέτησης των πρατηρίων της Λευκωσίας και της Λάρνακας ήταν το πιο πολύπλοκο από τα τρία υπο-προβλήματα λόγω του μεγάλου αριθμού των πρατηρίων που έπρεπε να εξυπηρετηθούν. Στην περίπτωση αυτή προέκυψαν δυο δρομολόγια και συνεπώς θα χρησιμοποιηθούν δυο φορτηγά. Το ένα φορτηγό επισκέπτεται εννέα (9) πρατήρια, ενώ το άλλο φορτηγό έντεκα (11). Η σειρά επίσκεψης των πρατηρίων για το Δρομολόγιο 1 και το Δρομολόγιο 2 δίνεται στον πίνακα 8.2. Η συνολική απόσταση που διένυσαν τα φορτηγά προκειμένου να εξυπηρετήσουν και τον τελευταίο πελάτη και να επιστρέψουν στην αποθήκη ανέρχεται στα 27,81km για το Δρομολόγιο 1 και στα 105,63km για το Δρομολόγιο 2.

Διανομή πρατηρίων Λευκωσίας και Λάρνακας	
Δρομολόγιο 1	
Αριθμός πρατηρίων που εξυπηρετούνται: 9	
Δρομολόγιο:	Κοκκινοτριμιθιά → Αρχάγγελος Αρχάγγελος → Λεωφ. Λεμεσού Λεωφ. Λεμεσού → Λακατάμιας Λακατάμιας → Τσερίου Τσερίου → Σταυρού Σταυρού → Α. Αβραμίδη Α. Αβραμίδη → Αθηνών Αθηνών → Αγ. Δομέτιος No.2 Αγ. Δομέτιος No.2 → Μακεδονίτισσα Μακεδονίτισσα → Κοκκινοτριμιθιά
Συνολική απόσταση δρομολογίου: 27,81km Οχήματα που απαιτούνται: 1	
Δρομολόγιο 2	
Αριθμός πρατηρίων που εξυπηρετούνται: 11	
Δρομολόγιο:	Κοκκινοτριμιθιά → Αραδίππου Αραδίππου → Λάρνακα No.1 Λάρνακα No.1 → Λάρνακα No.2 Λάρνακα No.2 → Παλλουριότισσα No.1 Παλλουριότισσα No.1 → Καλλιπόλεως Καλλιπόλεως → Καρπενησίου Καρπενησίου → Παλλουριότισσα No.2 Παλλουριότισσα No.2 → Εσπερίδων Εσπερίδων → Κυριάκου Μάτση Κυριάκου Μάτση → Αγ. Δομέτιος No.1 Αγ. Δομέτιος No.1 → Αγ. Παύλος Αγ. Παύλος → Κοκκινοτριμιθιά
Συνολική απόσταση δρομολογίου: 105,63km Οχήματα που απαιτούνται: 1	

Πίνακας 8.2

3.

Στο δρομολόγιο εξυπηρέτησης των πρατηρίων της Λεμεσού εξυπηρετήθηκαν πέντε (5)πρατήρια, όπως αναμενόταν άλλωστε, με σειρά επίσκεψης αυτή που φαίνεται στον πίνακα 8.3. Χρησιμοποιήθηκε ένα φορτηγό και η συνολική απόσταση που διένυσε το φορτηγό προκειμένου να εξυπηρετήσει και τον τελευταίο πελάτη και να επιστρέψει στην αποθήκη ανέρχεται στα 117,57km.

Διανομή πρατηρίων Λεμεσού

Αριθμός πρατηρίων που εξυπηρετούνται: 5

Δρομολόγιο: *Κοκκινοτριμιθιά* → Νίκου Παττίχη
 Νίκου Παττίχη → Ύψωνα
 Ύψωνα → Αποστόλου Βαρνάβα
 Αποστόλου Βαρνάβα → Ζακακίου
 Ζακακίου → Γρίβα Διγενή
 Γρίβα Διγενή → *Κοκκινοτριμιθιά*

Συνολική απόσταση δρομολογίου: 117,57km

Οχήματα που απαιτούνται: 1

Πίνακας 8.3

8.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων με το υπάρχον δίκτυο διανομής

Επειδή στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας ήταν η βελτιστοποίηση του δικτύου διανομής της Παγκύπριας Εταιρίας Αρτοποιιών, πρέπει να γίνει μια σύγκριση των δρομολογίων που προέκυψαν με την εφαρμογή του αλγορίθμου και του υπάρχον δικτύου διανομής της εταιρίας, ώστε να διαπιστώσουμε αν όντως πετύχαμε το στόχο μας.

Στους πίνακες που ακολουθούν αντιπαραβάλλουμε τα δρομολόγια του υπάρχον δικτύου και του νέου δικτύου που προέκυψε.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟΥ 1 ΛΕΥΚΩΣΙΑΣ-ΛΑΡΝΑΚΑΣ

Κοκκινοτριμιθιά → Λακατάμιας
 Λακατάμιας → Τσερίου
 Τσερίου → Αθηνών
 Αθηνών → Σταυρού
 Σταυρού → Α. Αβραμίδη
 Α. Αβραμίδη → Λεωφ. Λεμεσού
 Λεωφ. Λεμεσού → Εσπερίδων
 Εσπερίδων → Καρπενησίου
 Καρπενησίου → Καλλιπόλεως
 Καλλιπόλεως → *Κοκκινοτριμιθιά*

Κοκκινοτριμιθιά → Αρχάγγελος
 Αρχάγγελος → Λεωφ. Λεμεσού
 Λεωφ. Λεμεσού → Λακατάμιας
 Λακατάμιας → Τσερίου
 Τσερίου → Σταυρού
 Σταυρού → Α. Αβραμίδη
 Α. Αβραμίδη → Αθηνών
 Αθηνών → Αγ. Δομέτιος Νο.2
 Αγ. Δομέτιος Νο.2 → Μακεδονίτισσα
 Μακεδονίτισσα → *Κοκκινοτριμιθιά*

Συνολική απόσταση δρομολογίου: **37,8km**

Συνολική απόσταση δρομολογίου: **27,81km**

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟΥ 2 ΛΕΥΚΩΣΙΑΣ-ΛΑΡΝΑΚΑΣ

Κοκκινοτριμιθιά → Αρχάγγελος
 Αρχάγγελος → Μακεδονίτισσα
 Μακεδονίτισσα → Αγ. Δομέτιος No.2
 Αγ. Δομέτιος No.2 → Αγ. Δομέτιος No.1
 Αγ. Δομέτιος No.1 → Αγ. Παύλος
 Αγ. Παύλος → Παλλουριότισσα No.1
 Παλλουριότισσα No.1 → Παλλουριότισσα No.2
 Παλλουριότισσα No.2 → Κυριάκου Μάτση
 Κυριάκου Μάτση → Αραδίππου
 Αραδίππου → Λάρνακα No.1
 Λάρνακα No.1 → Λάρνακα No.2
 Λάρνακα No.2 → **Κοκκινοτριμιθιά**

Συνολική απόσταση δρομολογίου: **114,16km**

Κοκκινοτριμιθιά → Αραδίππου
 Αραδίππου → Λάρνακα No.1
 Λάρνακα No.1 → Λάρνακα No.2
 Λάρνακα No.2 → Παλλουριότισσα No.1
 Παλλουριότισσα No.1 → Καλλιπτόλεως
 Καλλιπτόλεως → Καρπενησίου
 Καρπενησίου → Παλλουριότισσα No.2
 Παλλουριότισσα No.2 → Εσπερίδων
 Εσπερίδων → Κυριάκου Μάτση
 Κυριάκου Μάτση → Αγ. Δομέτιος No.1
 Αγ. Δομέτιος No.1 → Αγ. Παύλος
 Αγ. Παύλος → **Κοκκινοτριμιθιά**

Συνολική απόσταση δρομολογίου: **105,63km**

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟΥ ΛΕΜΕΣΟΥ

Κοκκινοτριμιθιά → Γρίβα Διγενή
 Γρίβα Διγενή → Νίκου Παττίχη
 Νίκου Παττίχη → Αποστόλου Βαρνάβα
Αποστόλου Βαρνάβα → Ζακακίου
 Ζακακίου → Ύψωνα
 Ύψωνα → **Κοκκινοτριμιθιά**

Συνολική απόσταση δρομολογίου: **124,27km**

Κοκκινοτριμιθιά → Νίκου Παττίχη
 Νίκου Παττίχη → Ύψωνα
 Ύψωνα → Αποστόλου Βαρνάβα
Αποστόλου Βαρνάβα → Ζακακίου
 Ζακακίου → Γρίβα Διγενή
 Γρίβα Διγενή → **Κοκκινοτριμιθιά**

Συνολική απόσταση δρομολογίου: **117,57km**

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟΥ ΠΑΦΟΥ

Κοκκινοτριμιθιά → Πάφος No.1
 Πάφος No.1 → Ι.Νικολαΐδη
Ι.Νικολαΐδη → Νίκος Ηροδότου
 Νίκος Ηροδότου → **Κοκκινοτριμιθιά**

Συνολική απόσταση δρομολογίου: **167,88km**

Κοκκινοτριμιθιά → Ι.Νικολαΐδη
Ι.Νικολαΐδη → Νίκος Ηροδότου
 Νίκος Ηροδότου → Πάφος No.1
 Πάφος No.1 → **Κοκκινοτριμιθιά**

Συνολική απόσταση δρομολογίου: **165,35km**

Όπου με :

- **Μπλε**: συμβολίζονται τα πρατήρια που εξυπηρετούνται από το ίδιο δρομολόγιο (Αφορά μόνο τα πρατήρια Λευκωσίας και Λάρνακας)
- **Μοβ** : συμβολίζονται τα πρατήρια που εξυπηρετούνται από διαφορετικό δρομολόγιο (Αφορά μόνο τα πρατήρια Λευκωσίας και Λάρνακας)
- **Κόκκινο** : συμβολίζονται τα πρατήρια όπου η μετάβαση από το ένα στο άλλο δεν μεταβάλλεται στα δυο δρομολόγια
- **Πράσινο** : συμβολίζονται τα πρατήρια όπου το φορτηγό τα επισκέπτεται με την ίδια σειρά και στα δυο δρομολόγια

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πρώτα κεφάλαια της εργασίας παρουσιάστηκαν διάφορα στοιχεία που αφορούσαν το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων και κυρίως αναλύθηκε η σημασία της επίλυσης αυτού του προβλήματος, που δεν είναι άλλη από την αύξηση των εσόδων ή τη μείωση των εξόδων μιας εταιρίας. Τι συμβαίνει, λοιπόν, στην περίπτωση της εταιρίας που εξετάζουμε;

Το πρόβλημα που κληθήκαμε να λύσουμε, για την Παγκύπρια Εταιρία Αρτοποιιών, αποτελεί μόνο ένα μικρό μέρος του συνολικού προβλήματος που αντιμετωπίζει, καθώς το δίκτυο της αποτελείται από περίπου 100 οχήματα μεταφοράς διαφόρων ειδών, μεγεθών και χωρητικοτήτων. Τα οχήματα αυτά καλύπτουν ένα μεγάλο δίκτυο διανομής που εξυπηρετεί όχι μόνο τα 28 πρατήρια, αλλά σχεδόν όλα τα χωριά της Κύπρου, ξενοδοχειακές μονάδες, στρατόπεδα, αλυσίδες εστιατορίων, καντίνες και πολλούς άλλους τομείς πελατών.

Με την επίλυση, λοιπόν, του προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων για τα κατεψυγμένα προϊόντα της εταιρίας θα προσπαθήσουμε να δώσουμε μια γενική εικόνα του τι μπορεί να πετύχει η εταιρία με την εφαρμογή Μεθόδων Βελτιστοποίησης σε όλο το δίκτυο διανομής.

Τα αποτελέσματα που έδωσε ο αλγόριθμος που αναπτύξαμε, με βάση τα δεδομένα της εταιρίας, καθώς επίσης και οι συγκριτικές διαφορές με το υπάρχον δίκτυο διανομής της εταιρίας παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα:

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ						
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ		ΛΕΥΚ-ΛΑΡΝ 1	ΛΕΥΚ-ΛΑΡΝ 2	ΛΕΜΕΣΟΥ	ΠΑΦΟΥ	Συνολικά km
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ Π.Ε.Α	Χιλιόμετρα(km)	37,8	114,16	124,27	167,88	444,11
	Αριθμός πρατηρίων	9	11	5	3	28
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ V.R..P	Χιλιόμετρα(km)	27,81	105,63	117,57	165,35	416,36
	Αριθμός πρατηρίων	9	11	5	3	28
km ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟΥ V.R.P - km ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟΥ Π.Ε.Α =						-27,75

Βάση του πιο πάνω πίνακα, των υπόλοιπων αποτελεσμάτων και λαμβάνοντας υπόψη τις δυσκολίες και αδυναμίες του αλγορίθμου που αναπτύχθηκε και του προγράμματος LINGO, αλλά και κάποιων παραδοχών που κάναμε, μπορούμε να καταλήξουμε στα εξής συμπεράσματα και παρατηρήσεις :

- ➔ Ελαχιστοποιήθηκε η συνολική απόσταση που διανύουν τα οχήματα και συνεπώς μειώθηκε ο χρόνος διανομής και το κόστος μεταφορών.
- ➔ Ο αριθμός των οχημάτων διανομής δεν μειώθηκε παρότι μειώθηκε η συνολική απόσταση που διανύουν. Αυτό οφείλεται στο ότι η απόσταση μειώθηκε μόνο κατά 27,75km.
- ➔ Ο αριθμός των φορτηγών που εξυπηρετούν τα πρατήρια στη Λευκωσία και στη Λάρνακα παραμένει ο ίδιος και τα φορτηγά εξυπηρετούν τον ίδιο αριθμό πρατηρίων που εξυπηρετούσαν και πριν την βελτιστοποίηση, δηλαδή 9 το ένα και 11 το άλλο. Το μόνο που αλλάζει σε αυτή την περίπτωση είναι τα πρατήρια τα οποία εξυπηρετεί το κάθε φορτηγό. Από τους πίνακες στην παράγραφο 8.3,

- παρατηρούμε ότι τρία πρατήρια από το δρομολόγιο 1 εξυπηρετούνται τώρα από το δρομολόγιο 2 και αντίστοιχα τρία πρατήρια από το δρομολόγιο 2 εξυπηρετούνται από το δρομολόγιο 1 .
- Είναι εμφανές ότι στα δρομολόγια της Πάφου και της Λεμεσού δεν μπορεί να υπάρξει σημαντική μείωση των αποστάσεων των δρομολογίων, καθώς δεν υπάρχουν πολλά πρατήρια για να εξυπηρετηθούν και συνεπώς δεν έχουμε πολλές εναλλακτικές λύσεις.
 - Κατά την δημιουργία του πίνακα αποστάσεων, που χρησιμοποιήσαμε ως δεδομένο στην επίλυση του προβλήματος με τον αλγόριθμο, δεν λήφθηκαν καθόλου υπόψη οι ιδιαιτερότητες των εναλλακτικών διαδρομών (μονόδρομοι, φανάρια, οδική κίνηση, κ.α). Αντιθέτως, θεωρήσαμε τις αποστάσεις ως μια ευθεία γραμμή, πράγμα το οποίο δεν μας δίνει μια βέλτιστη λύση με πραγματικές συνθήκες. Ως αντιμετώπιση αυτής της παραδοχής θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε ηλεκτρονικούς χάρτες οι οποίοι περιέχουν με λεπτομέρεια όλους τους οδικούς δρόμους.
 - Βασιζόμενοι στα αποτελέσματα της εργασίας αυτής, θα μπορούσαμε να πούμε πως με την χρησιμοποίηση μεθόδων βελτιστοποίησης και με τα σύγχρονα συστήματα λογισμικού (software) δρομολόγησης οχημάτων θα μπορεί μια εταιρία να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή όλες τις πληροφορίες που επιθυμεί για τους πελάτες και τις ιδιαιτερότητες στην εξυπηρέτησή τους, τις παραγγελίες, τα διακινούμενα προϊόντα, τα οχήματα διανομής, κ.λπ., αλλά επίσης θα μπορεί να σχεδιάζει με αυτοματοποιημένο τρόπο και σε μικρό χρονικό διάστημα τη μορφή και ακριβή διαδρομή των δρομολογίων του στόλου των οχημάτων διανομής της επόμενης ημέρας.
 - Αν θέλουμε να επεκταθούμε ακόμη περισσότερο, θα μπορούσε η εταιρία με την υποβοήθηση κατάλληλων ηλεκτρονικών συσκευών να είναι σε θέση να γνωρίζει την ακριβή θέση κάθε φορτηγού του στόλου της, των συνθηκών μεταφοράς των εμπορευμάτων, καθώς επίσης και να έχει τη δυνατότητα άμεσης επικοινωνίας με τα οχήματά της σε περιπτώσεις ανάκλησης μίας παραγγελίας που ακυρώθηκε, προσθήκης έκτακτης παραγγελίας, αναπροσαρμογής του δρομολογίου για διαφόρους λόγους, κ.λπ. Με τη χρήση τέτοιων συστημάτων δρομολόγησης επιτυγχάνεται καλύτερο επίπεδο στην εξυπηρέτηση των πελατών και στις περισσότερες περιπτώσεις εταιρειών που εγκατέστησαν τέτοια συστήματα επιτεύχθηκε μεγαλύτερη ευελιξία και σημαντικές μειώσεις στο κόστος διανομής.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΔΕΛΤΙΟ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ ΚΑΤΕΨΥΓΜΕΝΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

ΠΕΑ 1α		ΠΕΑ ΔΤΑ		4/4/200...	
ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑ ΠΡΑΤΗΡΙΩΝ & ΑΛΛΩΝ		ΓΙΑ ΚΑΤΕΨΥΓΜΕΝΑ		FAX 22834241	
Πρατήριο:.....		Ημερομηνία:.....		Ονοματ/μο & μονογραφή:	
Κωδικός	Είδος	Ποσότητα κιβωτίου (τεμάχια)	Απόθεμα Πρατηρίου (τεμάχια)	Παραγγελία (τεμάχια)	
Είδη Ζυμαριού (Σνάκ)					
4123	Χαλλουμωτή χωριάτικη	50			
4152	Πίτσα σχολείου	50			
4155	Κολοκωτή	10			
4311	Λαχματζού μεγάλα	30			
4310	Λαχματζού μικρά	30			
4811	Ταχινόπιτα χωριάτικη	30			
4923	Χαλλουμωτή χωριάτικη	30			
4933	Ελιοτή χωριάτικη σπέσιαλ	30			
Είδη Σφολιάτας (Σνάκ)					
4122	Τυρόπιτα ορθογώνια σχολ	50			
4125	Φεττόπιτα ΕΛΔΥΚ	50			
4129	Χαλλουμωτή σφολιάτα	40			
4132	Ελιοτή σφολιάτας σχολείου	50			
4151	Λουκανικόπιτα σχολείου	50			
4153	Σουφλέ σχολείου	50			
4154	Κρεμόπιτα Μπουγάτσα σχολ	50			
4201	Αμυγδαλοκρουσάν σχολ	40			
4360	Σουλτάνα Μεγάλη	50			
4812	Ταχινόπιτα σφολιάτας	30			
4821	Τυρόπιτα Τρίγωνη	50			
4832	Ελιοτή σφολιάτα	50			
4841	Αμυγδαλοκρουσάν	25			
4845	Κρουσάν χέμ	25			
4846	Κρουσάν τυρί	25			
4847	Κρουσάν σκέτα ίσια	25			
4848	Κρουσάν σοκολάτα	25			
4849	Κρουσάν μαρμελάδα	25			
4851	Λουκανικόπιτα σπέσιαλ	40			
4853	Σουφλέ σπέσιαλ	30			
4854	Κρεμόπιτα	50			
Σφολιάτοειδή (Coctail - Σνάκ του κιλού)					
4511	Τυροπιτάκι σφολιάτας	5 Kg			
4512	Ελιοτούδα σφολιάτας	4 Kg			
4513	Λουκανικάκι σφολιάτας	4 Kg			
Σνάκ Ελληνικού Τύπου					
4551	Τυρόπιτα με φέτα	50			
4552	Τυρόπιτα 4 τυριά	50			
4553	Ζαμπονοτυρόπιτα	50			
4554	Κασερόπιτα	50			
4555	Σπανακόπιτα	50			
4559	Κρουσάν φρούτα δάσους	60			
4560	Στρούτελ μήλου	60			
4561	Κρουσάν σπέσιαλ ατομικό	65			
4563	Πίτσα Ελληνική	35			
4564	Φωλία	35			
4565	Πενιρλί	40			
4569	Κοτόπιτα Ελληνική	60			
4570	Σφολιάτα λαχανικών	60			
4571	Ρολό τυρί ατομικό	50			
4572	Ρολό πράσο ατομικό	50			
4578	Κρουσάν σοκολάτα γίγας	100			
Κωδικός	Είδος	Ποσότητα κιβωτίου (τεμάχια)	Απόθεμα Πρατηρίου (τεμάχια)	Παραγγελία (τεμάχια)	
Σνάκ (Μέτρια) Ελληνικού τύπου					
4581	Μπουγάτσα σφολιάτα	50			
4582	Τυρόπιτα σφολιάτα	50			
4583	Μηλόπιτα σφολιάτα	50			
Σνάκ (Coctail του κιλού) Ελληνικού τύπου					
4521	Κασεροπιτάκι	10 Kg			
4522	Πιτσάκι	7 Kg			
4523	Μηλοπιτάκι	10 Kg			
4524	Φρουτάκι δάσους	10 Kg			
4525	Κρουσάνάκι σταφίδας	10 Kg			
4526	Κρουσάνάκι ζαμπόν-τυρί	10 Kg			
4527	Κρουσάνάκι Σοκολάτας	10 Kg			
4528	Σπανακοτυροπιτάκι	10 Kg			
4529	Λυχναράκι	10 Kg			
4530	Σκοπελίτικο	10 Kg			
Ψωμιά, Φραντζολάκια, Κουλούρια κλπ					
0301	Βιέννα με προζύμι 1000 γρ.	8			
0304	Κουλούρι χωριάτικο 500 γρ.	10			
0305	Κουλούρι χωριάτικο 1000 γρ.	8			
0307	Κουλούρι χωρ/κο σχιστό 1000 γρ.	7			
0309	Βιέννα Ολικής / Αμβροσία 650 γρ.	6			
0310	Βιέννα Καλαμπόκι 500 γρ.	6			
0315	Ελληνική φραντζόλα	8			
0316	Ψωμί από Κριθάρι 650 γρ.	6			
0412	Πολύσπορο 500 γρ.	8			
2101	Δακτυλιές 400 γρ.	20			
2109	Τριάρα κλασική σκέτα 160 γρ.	30			
2110	Τριάρα κλασική σισαμένη 160 γρ.	30			
2116	Τριάρα σισαμένη γίγας	30			
2117	Τριάρα σκέτη γίγας	30			
2202	Ελληνικό κουλούρι 80 γρ.	25			
2302	Γαλλικό 300 γρ.	10			
2303	Γαλλικό 120 γρ.	10			
3107	Φραντζολάκι σκέτο 100 γρ.	70			
3122	Φραντζολάκι Αμβροσία 100 γρ.	40			
3301	Rolls σκέτα 50 γρ.	100			
3302	Rolls Αμβροσία 50 γρ.	100			
3402	Χάμπουργκερ 100 γρ.	70			
3442	Χάμπουργκερ Αμβροσία 100 γρ.	40			
3502	Baps 50 γρ.	100			
3503	Baps Αμβροσία 50 γρ.	100			
3621	Hot - Dog 80 γρ.	100			
3632	Hot-Dog Αμβροσία 80 γρ.	100			

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Πίνακας αποστάσεων 1/4

ΠΡΑΤΗΡΙΑ / ΠΡΑΤΗΡΙΑ	Κοκκινότριμιθά(Εργοστάσιο)	Λακατάμιας	Τσερίου	Αθηνών	Σταυρού	Α. Αβραμίδα	Λεωφ. Λεμεσού	Εσπερίδων	Καρπενησίου
Κοκκινότριμιθά(Εργοστάσιο)	0	13.1	13.6	13.5	14.1	14.6	12.1	15	15.1
Λακατάμιας	13.1	0	0.43	0.58	1	1.45	0.93	2.71	3.43
Τσερίου	13.6	0.43	0	0.4	0.58	1.07	1.4	2.6	3.28
Αθηνών	13.5	0.58	0.4	0	0.62	0.88	1.5	2.2	2.96
Σταυρού	14.1	1	0.58	0.62	0	0.5	1.98	2.27	3.11
Α. Αβραμίδα	14.6	1.45	1.07	0.88	0.5	0	2.4	1.82	2.67
Λεωφ. Λεμεσού	12.1	0.93	1.4	1.5	1.98	2.4	0	3.2	3.77
Εσπερίδων	15	2.71	2.6	2.2	2.27	1.82	3.2	0	0.82
Καρπενησίου	15.1	3.43	3.28	2.96	3.11	2.67	3.77	0.82	0
Καλλιπόλεως	15.6	4.15	4.05	3.63	3.73	3.27	4.44	1.49	0.73
Αρχάγγελος	11.3	1.85	2.21	2.36	2.73	3.2	1.15	4.3	5
Μακεδονίτισσα	10.6	2.94	3.35	3.28	3.86	4.1	1.96	4.21	4.5
Αγ. Δομέτιος Νο.2	12.6	0.58	1	1.02	1.52	1.9	0.48	2.77	3.47
Αγ. Δομέτιος Νο.1	12.1	3.4	3.55	3.35	3.9	3.9	2.78	3.2	3.2
Αγ. Παύλος	11.6	4.71	4.96	4.82	5.32	5.32	4.05	4.38	4.2
Παλλουριότισσα Νο.1	16.7	5.8	5.69	5.28	5.4	5	6.07	3.1	2.4
Παλλουριότισσα Νο.2	15.1	3	3	2.5	2.7	2.22	3.51	0.48	0.43
Κυριάκου Μάτση	14	2.28	2.33	2	2.36	2.04	2.55	1.18	1.37
Αραδίππου	45	34	33.7	33.9	33.4	33.2	35	34.2	34.5
Λάρνακα Νο.1	46	34.7	34.4	34.5	34	33.7	35.7	34.5	35
Λάρνακα Νο.2	47.5	36	35.7	35.7	35.2	35	37	35.7	36
Πάφος Νο.1	81.5	92	92.4	92.8	93	93.5	91.5	94.6	95.3
Ι.Νικολαΐδη	81.1	91.5	92	92.3	92.4	93	91	94.1	95.5
Νίκος Ηροδότου	81.8	92.4	92.5	93	93.1	93.6	91.7	95	94.8
Γρίβα Διγενή	53.2	56.7	56.7	57.2	57	57.5	56.7	59.2	60
Νίκου Πατίτση	54.7	59.2	59.5	60	59.7	60.2	59.2	62	62.9
Αποσ. Βαρνάβα	57.4	61.7	61.5	62.2	62	62.5	61.5	64.3	65
Ζακακίου	56.4	60.7	61	61.2	61	61.5	60.5	63.4	64
Ύψωνα	56.2	59.7	59.7	60.2	60	60.5	59.7	62.2	63

Πίνακας αποστάσεων 2/4

ΠΡΑΤΗΡΙΑ / ΠΡΑΤΗΡΙΑ	Καλλιπόλεως	Αρχάγγελος	Μακεδονίτισσα	Αγ. Δομέτιος Νο.2	Αγ. Δομέτιος Νο.1	Αγ. Παύλος	Παλλουριότισσα Νο.1
Κοκκινοτριμιθιά(Εργοστάσιο)	15.6	11.3	10.6	12.6	12.1	11.6	16.7
Λακατάμιας	4.15	1.85	2.94	0.58	3.4	4.71	5.8
Τσερίου	4.05	2.21	3.35	1	3.55	4.96	5.69
Αθηνών	3.63	2.36	3.28	1.02	3.35	4.82	5.28
Σταυρού	3.73	2.73	3.86	1.52	3.9	5.32	5.4
Α. Αβραμίδη	3.27	3.2	4.1	1.9	3.9	5.32	5
Λεωφ. Λεμεσού	4.44	1.15	1.96	0.48	2.78	4.05	6.07
Εσπερίδων	1.49	4.3	4.21	2.77	3.2	4.38	3.1
Καρπενησίου	0.73	5	4.5	3.47	3.2	4.2	2.4
Καλλιπόλεως	0	5.65	5.07	4.07	3.51	4.42	1.66
Αρχάγγελος	5.65	0	2.32	1.5	3.66	4.75	7.21
Μακεδονίτισσα	5.07	2.32	0	0.42	1.74	2.53	6.3
Αγ. Δομέτιος Νο.2	4.07	1.5	0.42	0	2.82	4.15	5.69
Αγ. Δομέτιος Νο.1	3.51	3.66	1.74	2.82	0	1.37	4.59
Αγ. Παύλος	4.42	4.75	2.53	4.15	1.37	0	5.09
Παλλουριότισσα Νο.1	1.66	7.21	6.3	5.69	4.59	5.09	0
Παλλουριότισσα Νο.2	1.09	4.6	4.3	3	3.16	4.23	2.88
Κυριάκου Μάτση	1.95	3.61	3.21	2.1	2.16	4.49	3.57
Αραδίππου	34.7	35	37	34.7	37	38.4	35.4
Λάρνακα Νο.1	35.2	36	37.7	35.2	37.5	39	35.7
Λάρνακα Νο.2	36.2	37.2	39	36.7	38.7	40.2	36.7
Πάφος Νο.1	96	90.5	91	92	92.9	93	97.4
Ι.Νικολαΐδη	95.5	90.6	90.6	91.4	92.4	92.5	96.9
Νίκος Ηροδότου	96.1	90	91.3	92.3	93	93.1	97.5
Γρίβα Διγενή	60.7	55.5	57.5	57	59.2	60	62.4
Νίκου Παττίχη	63.5	58.2	60	59.5	61.7	62.5	65.1
Αποσ. Βαρνάβα	65.6	60.5	62.4	62	64	64.6	67.5
Ζακακίου	63.7	58.7	60.5	60	62.2	63	65.5
Ύψωνα	64.9	59.7	61.4	61	63.2	63.9	66.5

Πίνακας αποστάσεων 3/4

ΠΡΑΤΗΡΙΑ / ΠΡΑΤΗΡΙΑ	Παλλουριότισσα No.2	Κυριάκου Μάτση	Αραδίππου	Λάρνακα No.1	Λάρνακα No.2	Πάφος No.1	Ι.Νικολαΐδη	Νίκος Ηροδότου	Γρίβα Διγενή
<i>Κοκκινότριμιθιά(Εργοστάσιο)</i>	15.1	14	45	46	47.5	81.5	81.1	81.8	53.2
Λακατάμιας	3	2.28	34	34.7	36	92	91.5	92.4	56.7
Τσερίου	3	2.33	33.7	34.4	35.7	92.4	92	92.5	56.7
Αθηνών	2.5	2	33.9	34.5	35.7	92.8	92.3	93	57.2
Σταυρού	2.7	2.36	33.4	34	35.2	93	92.4	93.1	57
Α. Αβραμίδη	2.22	2.04	33.2	33.7	35	93.5	93	93.6	57.5
Λεωφ. Λεμεσού	3.51	2.55	35	35.7	37	91.5	91	91.7	56.7
Εσπερίδων	0.48	1.18	34.2	34.5	35.7	94.6	94.1	95	59.2
Καρπενήσιου	0.43	1.37	34.5	35	36	95.3	95.5	94.8	60
Καλλιπόλεως	1.09	1.95	34.7	35.2	36.2	96	95.5	96.1	60.7
Αρχάγγελος	4.6	3.61	35	36	37.2	90.5	90.6	90	55.5
Μακεδονίτισσα	4.3	3.21	37	37.7	39	91	90.6	91.3	57.5
Αγ. Δομέτιος No.2	3	2.1	34.7	35.2	36.7	92	91.4	92.3	57
Αγ. Δομέτιος No.1	3.16	2.16	37	37.5	38.7	92.9	92.4	93	59.2
Αγ. Παύλος	4.23	4.49	38.4	39	40.2	93	92.5	93.1	60
Παλλουριότισσα No.1	2.88	3.57	35.4	35.7	36.7	97.4	96.9	97.5	62.4
Παλλουριότισσα No.2	0	1.14	34.2	34.7	36	95	94.5	95.1	59.7
Κυριάκου Μάτση	1.14	0	35	35.4	36.7	94	93.5	94.1	59
Αραδίππου	34.2	35	0	2.42	4.23	107	106	106.8	57.2
Λάρνακα No.1	34.7	35.4	2.42	0	1.9	109	108	108.9	59.5
Λάρνακα No.2	36	36.7	4.23	1.9	0	111	110	110.9	61.5
Πάφος No.1	95	94	107	109	111	0	2.63	0.8	55
Ι.Νικολαΐδη	94.5	93.5	106	108	110	2.63	0	1.95	53
Νίκος Ηροδότου	95.1	94.1	106.8	108.9	110.9	0.8	1.95	0	54.7
Γρίβα Διγενή	59.7	59	57.2	59.5	61.5	55	53	54.7	0
Νίκου Παττίχη	62.4	61.7	61.7	64.1	66	50.2	48.4	50	4.9
Αποσ. Βαρνάβα	64.6	64	63	65.3	67.1	50.5	48.5	50.2	5.6
Ζακαίου	62.7	62	59.4	61.9	63.7	54.5	52.4	54	3
Ύψωνα	63.7	63	62	64.5	66.3	51	49	50.5	4.9

Πίνακας αποστάσεων 4/4

ΠΡΑΤΗΡΙΑ / ΠΡΑΤΗΡΙΑ	Νίκου Παττίχη	Αποσ. Βαρνάβα	Ζακακίου	Ύψωνα
Κοκκινότριμιθά(Εργοστάσιο)	54.7	57.4	56.4	56.2
Λακατάμιας	59.2	61.7	60.7	59.7
Τσερίου	59.5	61.5	61	59.7
Αθηνών	60	62.2	61.2	60.2
Σταυρού	59.7	62	61	60
Α. Αβραμίδα	60.2	62.5	61.5	60.5
Λεωφ. Λεμεσού	59.2	61.5	60.5	59.7
Εσπερίδων	62	64.3	63.4	62.2
Καρπενησίου	62.9	65	64	63
Καλλιπόλεως	63.5	65.6	63.7	64.9
Αρχάγγελος	58.2	60.5	58.7	59.7
Μακεδονίτισσα	60	62.4	60.5	61.4
Αγ. Δομέτιος Νο.2	59.5	62	60	61
Αγ. Δομέτιος Νο.1	61.7	64	62.2	63.2
Αγ. Παύλος	62.5	64.6	63	63.9
Παλλουριότισσα Νο.1	65.1	67.5	65.5	66.5
Παλλουριότισσα Νο.2	62.4	64.6	62.7	63.7
Κυριάκου Μάτση	61.7	64	62	63
Αραδίππου	61.7	63	59.4	62
Λάρνακα Νο.1	64.1	65.3	61.9	64.5
Λάρνακα Νο.2	66	67.1	63.7	66.3
Πάφος Νο.1	50.2	50.5	54.5	51
Ι.Νικολαΐδη	48.4	48.5	52.4	49
Νίκος Ηροδότου	50	50.2	54	50.5
Γρίβα Διγενή	4.9	5.6	3	4.9
Νίκου Παττίχη	0	2.6	4.6	1.95
Αποσ. Βαρνάβα	2.6	0	3.84	0.88
Ζακακίου	4.6	3.84	0	3.53
Ύψωνα	1.95	0.88	3.53	0

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

```

!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!;
!! Μοντελοποίηση Προβλήματος Δρομολόγησης !!;
!! Οχημάτων της !!;
!! Παγκύπριας Εταιρίας Αρτοποιιών !!;
!! ΓΙΑ ΤΑ ΠΡΑΘΗΡΙΑ ΤΗΣ ΠΑΦΟΥ !!;
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!;

```

MODEL:

SETS:

```

PRATHRIA/1..4/:Q,U;
ARCS (PRATHRIA, PRATHRIA) :DISTANCE,X;

```

ENDSETS

DATA:

```

Q= 0 3.2 4.1 3.6;

DISTANCE= 0      81.5  81.1  81.8
           81.5    0    2.63  0.8
           81.1    2.63  0    1.95
           81.8    0.8   1.95  0   ;

VCAP=15.2;

```

ENDDATA

MIN=@SUM (ARCS:DISTANCE*X) ;

@FOR (PRATHRIA (K) | K#GT#1: X (K,K)=0;

@SUM (PRATHRIA (I) | I#NE#K#AND# (I#EQ#1#OR#Q (I)+Q (K) #LE#VCAP) : X (I,K))=1;

@SUM (PRATHRIA (J) | J#NE#K#AND# (J#EQ#1#OR#Q (J)+Q (K) #LE#VCAP) : X (K,J))=1;

@BND (Q (K) ,U (K) ,VCAP) ;

@FOR (PRATHRIA (I) | I#NE#K#AND#I#NE#1:

U (K) >=U (I) +Q (K) -VCAP+VCAP* (X (K,I) +X (I,K)) - (Q (K) +Q (I)) *X (K,I) ;) ;

U (K) <=VCAP- (VCAP-Q (K)) *X (1,K) ;

U (K) >=Q (K) +@SUM (PRATHRIA (I) | I#GT#1:Q (I) *X (I,K)) ;) ;

@FOR (ARCS (I,J) :@BIN (X (I,J))) ;

VEHCLF=@SUM (PRATHRIA (I) | I#GT#1:Q (I)) /VCAP;

VEHCLR=VEHCLF+1.999-@WRAP (VEHCLF-.001,1) ;

@SUM (PRATHRIA (J) | J#GT#1:X (1,J)) >=VEHCLR;

END


```
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!;
!! Μοντελοποίηση Προβλήματος Δρομολόγησης !!;
!! Οχημάτων της !!;
!! Παγκύπριας Εταιρίας Αρτοποιιών !!;
!! ΓΙΑ ΤΑ ΠΡΑΤΗΡΙΑ ΤΗΣ ΔΕΜΕΣΟΥ !!;
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!;
```

MODEL:

SETS:

```
PRATHRIA/1..6/:Q,U;
ARCS (PRATHRIA, PRATHRIA) :DISTANCE,X;
```

ENDSETS

DATA:

```
Q= 0 3.0 2.8 2.5 2.7 2.3 ;
```

```
DISTANCE= 0    53.2  54.7  57.4  56.4  56.2
           53.2  0    4.9  5.6   3    4.9
           54.7  4.9  0    2.6  4.6   1.95
           57.4  5.6  2.6  0    3.84  0.88
           56.4  3    4.6  3.84  0    3.53
           56.2  4.9  1.95  0.88  3.53  0 ;
```

VCAP=15.2;

ENDDATA

MIN=@SUM (ARCS:DISTANCE*X) ;

@FOR (PRATHRIA (K) | K#GT#1: X (K,K)=0;

@SUM (PRATHRIA (I) | I#NE#K#AND# (I#EQ#1#OR#Q (I)+Q (K) #LE#VCAP) : X (I,K))=1;

@SUM (PRATHRIA (J) | J#NE#K#AND# (J#EQ#1#OR#Q (J)+Q (K) #LE#VCAP) : X (K,J))=1;

@BND (Q (K) , U (K) , VCAP) ;

@FOR (PRATHRIA (I) | I#NE#K#AND#I#NE#1:

U (K) >=U (I) +Q (K) -VCAP+VCAP* (X (K,I) +X (I,K)) - (Q (K) +Q (I)) *X (K,I) ;

U (K) <=VCAP- (VCAP-Q (K)) *X (1,K) ;

U (K) >=Q (K) +@SUM (PRATHRIA (I) | I#GT#1:Q (I) *X (I,K)) ;

@FOR (ARCS (I,J) :@BIN (X (I,J))) ;

VEHCLF=@SUM (PRATHRIA (I) | I#GT#1:Q (I)) /VCAP;

VEHCLR=VEHCLF+1.999-@WRAP (VEHCLF-.001,1) ;

@SUM (PRATHRIA (J) | J#GT#1:X (1,J)) >=VEHCLR;

END

```

!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!;
!!   Μοντελοποίηση Προβλήματος Δρομολόγησης   !!;
!!           Οχημάτων της                       !!;
!!   Παγκύπριας Εταιρίας Αρτοποιιών           !!;
!!   ΓΙΑ ΤΑ ΠΡΑΘΗΡΙΑ ΛΕΥΚΩΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΑΡΝΑΚΑΣ   !!;
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!;

```

MODEL:

SETS:

```

PRATHRIA/1..21/:Q,U;
ARCS (PRATHRIA, PRATHRIA) :DISTANCE,X;

```

ENDSETS

DATA:

```

Q=      0 1.4 1.4 1.0 1.3 1.5 2.0 1.0 1.0 1.0 1.8
      1.2 2.1 1.0 1.2 2.1 1.3 1.0 1.0 2.4 1.8   ;

```

DISTANCE= ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ;

VCAP=15.2;

ENDDATA

MIN=@SUM (ARCS:DISTANCE*X) ;

```

@FOR (PRATHRIA (K) | K#GT#1: X (K,K)=0;
@SUM (PRATHRIA (I) | I#NE#K#AND# (I#EQ#1#OR#Q (I)+Q (K) #LE#VCAP) : X (I,K) )=1;
@SUM (PRATHRIA (J) | J#NE#K#AND# (J#EQ#1#OR#Q (J)+Q (K) #LE#VCAP) : X (K,J) )=1;
@BND (Q (K) , U (K) , VCAP) ;

```

```

@FOR (PRATHRIA (I) | I#NE#K#AND#I#NE#1:
U (K) >=U (I) +Q (K) -VCAP+VCAP* (X (K,I) +X (I,K) ) - (Q (K) +Q (I) ) *X (K,I) ;
U (K) <=VCAP- (VCAP-Q (K) ) *X (1,K) ;
U (K) >=Q (K) +@SUM (PRATHRIA (I) | I#GT#1:Q (I) *X (I,K) ) ;

```

```

@FOR (ARCS (I,J) :@BIN (X (I,J) ) ) ;
VEHCLF=@SUM (PRATHRIA (I) | I#GT#1:Q (I) ) /VCAP;
VEHCLR=VEHCLF+1.999-@WRAP (VEHCLF-.001,1) ;

```

```

@SUM (PRATHRIA (J) | J#GT#1:X (1,J) ) >=VEHCLR;

```

END

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ LINGO ΓΙΑ ΤΑ ΠΡΑΤΗΡΙΑ ΤΗΣ ΠΑΦΟΥ

Global optimal solution found at iteration: 11
 Objective value: 165.3500

Variable	Value	Reduced Cost
VCAP	15.20000	0.000000
VEHCLF	0.7171053	0.000000
VEHCLR	1.000000	0.000000
Q(1)	0.000000	0.000000
Q(2)	3.200000	0.000000
Q(3)	4.100000	0.000000
Q(4)	3.600000	0.000000
U(1)	0.000000	0.000000
U(2)	10.90000	0.000000
U(3)	4.100000	0.000000
U(4)	7.700000	0.000000
DISTANCE(1, 1)	0.000000	0.000000
DISTANCE(1, 2)	81.50000	0.000000
DISTANCE(1, 3)	81.10000	0.000000
DISTANCE(1, 4)	81.80000	0.000000
DISTANCE(2, 1)	81.50000	0.000000
DISTANCE(2, 2)	0.000000	0.000000
DISTANCE(2, 3)	2.630000	0.000000
DISTANCE(2, 4)	0.8000000	0.000000
DISTANCE(3, 1)	81.10000	0.000000
DISTANCE(3, 2)	2.630000	0.000000
DISTANCE(3, 3)	0.000000	0.000000
DISTANCE(3, 4)	1.950000	0.000000
DISTANCE(4, 1)	81.80000	0.000000
DISTANCE(4, 2)	0.8000000	0.000000
DISTANCE(4, 3)	1.950000	0.000000
DISTANCE(4, 4)	0.000000	0.000000
X(1, 1)	0.000000	0.000000
X(1, 2)	0.000000	81.50000
X(1, 3)	1.000000	81.10000
X(1, 4)	0.000000	81.80000
X(2, 1)	1.000000	81.50000
X(2, 2)	0.000000	0.000000
X(2, 3)	0.000000	2.630000
X(2, 4)	0.000000	0.8000000
X(3, 1)	0.000000	81.10000
X(3, 2)	0.000000	2.630000
X(3, 3)	0.000000	0.000000
X(3, 4)	1.000000	1.950000
X(4, 1)	0.000000	81.80000
X(4, 2)	1.000000	0.8000000
X(4, 3)	0.000000	1.950000
X(4, 4)	0.000000	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	165.3500	-1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000

5	18.80000	0.000000
6	0.000000	0.000000
7	4.300000	0.000000
8	4.100000	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	4.300000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	0.000000
16	0.000000	0.000000
17	0.000000	0.000000
18	0.000000	0.000000
19	0.000000	0.000000
20	0.000000	0.000000
21	7.500000	0.000000
22	0.000000	0.000000
23	0.000000	0.000000
24	0.000000	0.000000
25	0.000000	0.000000

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ LINGO ΓΙΑ ΤΑ ΠΡΑΤΗΡΙΑ ΛΕΥΚΩΣΙΑΣ-ΛΑΡΝΑΚΑΣ

Global optimal solution found at iteration: 3735526
 Objective value: 133.4400

Variable	Value	Reduced Cost
VCAP	15.20000	0.000000
VEHCLF	1.875000	0.000000
VEHCLR	2.000000	0.000000
Q(1)	0.000000	0.000000
Q(2)	1.400000	0.000000
Q(3)	1.400000	0.000000
Q(4)	1.000000	0.000000
Q(5)	1.300000	0.000000
Q(6)	1.500000	0.000000
Q(7)	2.000000	0.000000
Q(8)	1.000000	0.000000
Q(9)	1.000000	0.000000
Q(10)	1.000000	0.000000
Q(11)	1.800000	0.000000
Q(12)	1.200000	0.000000
Q(13)	2.100000	0.000000
Q(14)	1.000000	0.000000
Q(15)	1.200000	0.000000
Q(16)	2.100000	0.000000
Q(17)	1.300000	0.000000
Q(18)	1.000000	0.000000
Q(19)	1.000000	0.000000
Q(20)	2.400000	0.000000
Q(21)	1.800000	0.000000
U(1)	0.000000	0.000000
U(2)	5.200000	0.000000
U(3)	6.600000	0.000000
U(4)	10.40000	0.000000
U(5)	7.900000	0.000000
U(6)	9.400000	0.000000
U(7)	3.800000	0.000000
U(8)	11.60000	0.000000
U(9)	9.300000	0.000000
U(10)	8.300000	0.000000
U(11)	1.800000	0.000000
U(12)	13.70000	0.000000
U(13)	12.50000	0.000000
U(14)	13.60000	0.000000
U(15)	14.80000	0.000000
U(16)	7.300000	0.000000
U(17)	10.60000	0.000000
U(18)	12.60000	0.000000
U(19)	1.000000	0.000000
U(20)	3.400000	0.000000
U(21)	5.200000	0.000000
DISTANCE(1, 1)	0.000000	0.000000
DISTANCE(1, 2)	13.10000	0.000000
DISTANCE(1, 3)	13.60000	0.000000
DISTANCE(1, 4)	13.50000	0.000000

DISTANCE (1, 5)	14.10000	0.000000
DISTANCE (1, 6)	14.60000	0.000000
DISTANCE (1, 7)	12.10000	0.000000
DISTANCE (1, 8)	15.00000	0.000000
DISTANCE (1, 9)	15.10000	0.000000
DISTANCE (1, 10)	15.60000	0.000000
DISTANCE (1, 11)	11.30000	0.000000
DISTANCE (1, 12)	10.60000	0.000000
DISTANCE (1, 13)	12.60000	0.000000
DISTANCE (1, 14)	12.10000	0.000000
DISTANCE (1, 15)	11.60000	0.000000
DISTANCE (1, 16)	16.70000	0.000000
DISTANCE (1, 17)	15.10000	0.000000
DISTANCE (1, 18)	14.00000	0.000000
DISTANCE (1, 19)	45.00000	0.000000
DISTANCE (1, 20)	46.00000	0.000000
DISTANCE (1, 21)	47.50000	0.000000
DISTANCE (2, 1)	13.10000	0.000000
DISTANCE (2, 2)	0.000000	0.000000
DISTANCE (2, 3)	0.4300000	0.000000
DISTANCE (2, 4)	0.5800000	0.000000
DISTANCE (2, 5)	1.000000	0.000000
DISTANCE (2, 6)	1.450000	0.000000
DISTANCE (2, 7)	0.9300000	0.000000
DISTANCE (2, 8)	2.710000	0.000000
DISTANCE (2, 9)	3.430000	0.000000
DISTANCE (2, 10)	4.150000	0.000000
DISTANCE (2, 11)	1.850000	0.000000
DISTANCE (2, 12)	2.940000	0.000000
DISTANCE (2, 13)	0.5800000	0.000000
DISTANCE (2, 14)	3.400000	0.000000
DISTANCE (2, 15)	4.710000	0.000000
DISTANCE (2, 16)	5.800000	0.000000
DISTANCE (2, 17)	3.000000	0.000000
DISTANCE (2, 18)	2.280000	0.000000
DISTANCE (2, 19)	34.00000	0.000000
DISTANCE (2, 20)	34.70000	0.000000
DISTANCE (2, 21)	36.00000	0.000000
DISTANCE (3, 1)	13.60000	0.000000
DISTANCE (3, 2)	0.4300000	0.000000
DISTANCE (3, 3)	0.000000	0.000000
DISTANCE (3, 4)	0.4000000	0.000000
DISTANCE (3, 5)	0.5800000	0.000000
DISTANCE (3, 6)	1.070000	0.000000
DISTANCE (3, 7)	1.400000	0.000000
DISTANCE (3, 8)	2.600000	0.000000
DISTANCE (3, 9)	3.280000	0.000000
DISTANCE (3, 10)	4.050000	0.000000
DISTANCE (3, 11)	2.210000	0.000000
DISTANCE (3, 12)	3.350000	0.000000
DISTANCE (3, 13)	1.000000	0.000000
DISTANCE (3, 14)	3.550000	0.000000
DISTANCE (3, 15)	4.960000	0.000000
DISTANCE (3, 16)	5.690000	0.000000
DISTANCE (3, 17)	3.000000	0.000000
DISTANCE (3, 18)	2.330000	0.000000
DISTANCE (3, 19)	33.70000	0.000000

DISTANCE (3, 20)	34.40000	0.000000
DISTANCE (3, 21)	35.70000	0.000000
DISTANCE (4, 1)	13.50000	0.000000
DISTANCE (4, 2)	0.580000	0.000000
DISTANCE (4, 3)	0.400000	0.000000
DISTANCE (4, 4)	0.000000	0.000000
DISTANCE (4, 5)	0.620000	0.000000
DISTANCE (4, 6)	0.880000	0.000000
DISTANCE (4, 7)	1.500000	0.000000
DISTANCE (4, 8)	2.200000	0.000000
DISTANCE (4, 9)	2.960000	0.000000
DISTANCE (4, 10)	3.630000	0.000000
DISTANCE (4, 11)	2.360000	0.000000
DISTANCE (4, 12)	3.280000	0.000000
DISTANCE (4, 13)	1.020000	0.000000
DISTANCE (4, 14)	3.350000	0.000000
DISTANCE (4, 15)	4.820000	0.000000
DISTANCE (4, 16)	5.280000	0.000000
DISTANCE (4, 17)	2.500000	0.000000
DISTANCE (4, 18)	2.000000	0.000000
DISTANCE (4, 19)	33.90000	0.000000
DISTANCE (4, 20)	34.50000	0.000000
DISTANCE (4, 21)	35.70000	0.000000
DISTANCE (5, 1)	14.10000	0.000000
DISTANCE (5, 2)	1.000000	0.000000
DISTANCE (5, 3)	0.580000	0.000000
DISTANCE (5, 4)	0.620000	0.000000
DISTANCE (5, 5)	0.000000	0.000000
DISTANCE (5, 6)	0.500000	0.000000
DISTANCE (5, 7)	1.980000	0.000000
DISTANCE (5, 8)	2.270000	0.000000
DISTANCE (5, 9)	3.110000	0.000000
DISTANCE (5, 10)	3.730000	0.000000
DISTANCE (5, 11)	2.730000	0.000000
DISTANCE (5, 12)	3.860000	0.000000
DISTANCE (5, 13)	1.520000	0.000000
DISTANCE (5, 14)	3.900000	0.000000
DISTANCE (5, 15)	5.320000	0.000000
DISTANCE (5, 16)	5.400000	0.000000
DISTANCE (5, 17)	2.700000	0.000000
DISTANCE (5, 18)	2.360000	0.000000
DISTANCE (5, 19)	33.40000	0.000000
DISTANCE (5, 20)	34.00000	0.000000
DISTANCE (5, 21)	35.20000	0.000000
DISTANCE (6, 1)	14.60000	0.000000
DISTANCE (6, 2)	1.450000	0.000000
DISTANCE (6, 3)	1.070000	0.000000
DISTANCE (6, 4)	0.880000	0.000000
DISTANCE (6, 5)	0.500000	0.000000
DISTANCE (6, 6)	0.000000	0.000000
DISTANCE (6, 7)	2.400000	0.000000
DISTANCE (6, 8)	1.820000	0.000000
DISTANCE (6, 9)	2.670000	0.000000
DISTANCE (6, 10)	3.270000	0.000000
DISTANCE (6, 11)	3.200000	0.000000
DISTANCE (6, 12)	4.100000	0.000000
DISTANCE (6, 13)	1.900000	0.000000

DISTANCE (6, 14)	3.900000	0.000000
DISTANCE (6, 15)	5.320000	0.000000
DISTANCE (6, 16)	5.000000	0.000000
DISTANCE (6, 17)	2.220000	0.000000
DISTANCE (6, 18)	2.040000	0.000000
DISTANCE (6, 19)	33.20000	0.000000
DISTANCE (6, 20)	33.70000	0.000000
DISTANCE (6, 21)	35.00000	0.000000
DISTANCE (7, 1)	12.10000	0.000000
DISTANCE (7, 2)	0.9300000	0.000000
DISTANCE (7, 3)	1.400000	0.000000
DISTANCE (7, 4)	1.500000	0.000000
DISTANCE (7, 5)	1.980000	0.000000
DISTANCE (7, 6)	2.400000	0.000000
DISTANCE (7, 7)	0.000000	0.000000
DISTANCE (7, 8)	3.200000	0.000000
DISTANCE (7, 9)	3.770000	0.000000
DISTANCE (7, 10)	4.440000	0.000000
DISTANCE (7, 11)	1.150000	0.000000
DISTANCE (7, 12)	1.960000	0.000000
DISTANCE (7, 13)	0.4800000	0.000000
DISTANCE (7, 14)	2.780000	0.000000
DISTANCE (7, 15)	4.050000	0.000000
DISTANCE (7, 16)	6.070000	0.000000
DISTANCE (7, 17)	3.510000	0.000000
DISTANCE (7, 18)	2.550000	0.000000
DISTANCE (7, 19)	35.00000	0.000000
DISTANCE (7, 20)	35.70000	0.000000
DISTANCE (7, 21)	37.00000	0.000000
DISTANCE (8, 1)	15.00000	0.000000
DISTANCE (8, 2)	2.710000	0.000000
DISTANCE (8, 3)	2.600000	0.000000
DISTANCE (8, 4)	2.200000	0.000000
DISTANCE (8, 5)	2.270000	0.000000
DISTANCE (8, 6)	1.820000	0.000000
DISTANCE (8, 7)	3.200000	0.000000
DISTANCE (8, 8)	0.000000	0.000000
DISTANCE (8, 9)	0.8200000	0.000000
DISTANCE (8, 10)	1.490000	0.000000
DISTANCE (8, 11)	4.300000	0.000000
DISTANCE (8, 12)	4.210000	0.000000
DISTANCE (8, 13)	2.770000	0.000000
DISTANCE (8, 14)	3.200000	0.000000
DISTANCE (8, 15)	4.380000	0.000000
DISTANCE (8, 16)	3.100000	0.000000
DISTANCE (8, 17)	0.4800000	0.000000
DISTANCE (8, 18)	1.180000	0.000000
DISTANCE (8, 19)	34.20000	0.000000
DISTANCE (8, 20)	34.50000	0.000000
DISTANCE (8, 21)	35.70000	0.000000
DISTANCE (9, 1)	15.10000	0.000000
DISTANCE (9, 2)	3.430000	0.000000
DISTANCE (9, 3)	3.280000	0.000000
DISTANCE (9, 4)	2.960000	0.000000
DISTANCE (9, 5)	3.110000	0.000000
DISTANCE (9, 6)	2.670000	0.000000
DISTANCE (9, 7)	3.770000	0.000000

DISTANCE(9, 8)	0.8200000	0.000000
DISTANCE(9, 9)	0.000000	0.000000
DISTANCE(9, 10)	0.7300000	0.000000
DISTANCE(9, 11)	5.000000	0.000000
DISTANCE(9, 12)	4.500000	0.000000
DISTANCE(9, 13)	3.470000	0.000000
DISTANCE(9, 14)	3.200000	0.000000
DISTANCE(9, 15)	4.200000	0.000000
DISTANCE(9, 16)	2.400000	0.000000
DISTANCE(9, 17)	0.4300000	0.000000
DISTANCE(9, 18)	1.370000	0.000000
DISTANCE(9, 19)	34.50000	0.000000
DISTANCE(9, 20)	35.00000	0.000000
DISTANCE(9, 21)	36.00000	0.000000
DISTANCE(10, 1)	15.60000	0.000000
DISTANCE(10, 2)	4.150000	0.000000
DISTANCE(10, 3)	4.050000	0.000000
DISTANCE(10, 4)	3.630000	0.000000
DISTANCE(10, 5)	3.730000	0.000000
DISTANCE(10, 6)	3.270000	0.000000
DISTANCE(10, 7)	4.440000	0.000000
DISTANCE(10, 8)	1.490000	0.000000
DISTANCE(10, 9)	0.7300000	0.000000
DISTANCE(10, 10)	0.000000	0.000000
DISTANCE(10, 11)	5.650000	0.000000
DISTANCE(10, 12)	5.070000	0.000000
DISTANCE(10, 13)	4.070000	0.000000
DISTANCE(10, 14)	3.510000	0.000000
DISTANCE(10, 15)	4.420000	0.000000
DISTANCE(10, 16)	1.660000	0.000000
DISTANCE(10, 17)	1.090000	0.000000
DISTANCE(10, 18)	1.950000	0.000000
DISTANCE(10, 19)	34.70000	0.000000
DISTANCE(10, 20)	35.20000	0.000000
DISTANCE(10, 21)	36.20000	0.000000
DISTANCE(11, 1)	11.30000	0.000000
DISTANCE(11, 2)	1.850000	0.000000
DISTANCE(11, 3)	2.210000	0.000000
DISTANCE(11, 4)	2.360000	0.000000
DISTANCE(11, 5)	2.730000	0.000000
DISTANCE(11, 6)	3.200000	0.000000
DISTANCE(11, 7)	1.150000	0.000000
DISTANCE(11, 8)	4.300000	0.000000
DISTANCE(11, 9)	5.000000	0.000000
DISTANCE(11, 10)	5.650000	0.000000
DISTANCE(11, 11)	0.000000	0.000000
DISTANCE(11, 12)	2.320000	0.000000
DISTANCE(11, 13)	1.500000	0.000000
DISTANCE(11, 14)	3.660000	0.000000
DISTANCE(11, 15)	4.750000	0.000000
DISTANCE(11, 16)	7.210000	0.000000
DISTANCE(11, 17)	4.600000	0.000000
DISTANCE(11, 18)	3.610000	0.000000
DISTANCE(11, 19)	35.00000	0.000000
DISTANCE(11, 20)	36.00000	0.000000
DISTANCE(11, 21)	37.20000	0.000000
DISTANCE(12, 1)	10.60000	0.000000

DISTANCE (12, 2)	2.940000	0.000000
DISTANCE (12, 3)	3.350000	0.000000
DISTANCE (12, 4)	3.280000	0.000000
DISTANCE (12, 5)	3.860000	0.000000
DISTANCE (12, 6)	4.100000	0.000000
DISTANCE (12, 7)	1.960000	0.000000
DISTANCE (12, 8)	4.210000	0.000000
DISTANCE (12, 9)	4.500000	0.000000
DISTANCE (12, 10)	5.070000	0.000000
DISTANCE (12, 11)	2.320000	0.000000
DISTANCE (12, 12)	0.000000	0.000000
DISTANCE (12, 13)	0.420000	0.000000
DISTANCE (12, 14)	1.740000	0.000000
DISTANCE (12, 15)	2.530000	0.000000
DISTANCE (12, 16)	6.300000	0.000000
DISTANCE (12, 17)	4.300000	0.000000
DISTANCE (12, 18)	3.210000	0.000000
DISTANCE (12, 19)	37.00000	0.000000
DISTANCE (12, 20)	37.70000	0.000000
DISTANCE (12, 21)	39.00000	0.000000
DISTANCE (13, 1)	12.60000	0.000000
DISTANCE (13, 2)	0.580000	0.000000
DISTANCE (13, 3)	1.000000	0.000000
DISTANCE (13, 4)	1.020000	0.000000
DISTANCE (13, 5)	1.520000	0.000000
DISTANCE (13, 6)	1.900000	0.000000
DISTANCE (13, 7)	0.480000	0.000000
DISTANCE (13, 8)	2.770000	0.000000
DISTANCE (13, 9)	3.470000	0.000000
DISTANCE (13, 10)	4.070000	0.000000
DISTANCE (13, 11)	1.500000	0.000000
DISTANCE (13, 12)	0.420000	0.000000
DISTANCE (13, 13)	0.000000	0.000000
DISTANCE (13, 14)	2.820000	0.000000
DISTANCE (13, 15)	4.150000	0.000000
DISTANCE (13, 16)	5.690000	0.000000
DISTANCE (13, 17)	3.000000	0.000000
DISTANCE (13, 18)	2.100000	0.000000
DISTANCE (13, 19)	34.70000	0.000000
DISTANCE (13, 20)	35.20000	0.000000
DISTANCE (13, 21)	36.70000	0.000000
DISTANCE (14, 1)	12.10000	0.000000
DISTANCE (14, 2)	3.400000	0.000000
DISTANCE (14, 3)	3.550000	0.000000
DISTANCE (14, 4)	3.350000	0.000000
DISTANCE (14, 5)	3.900000	0.000000
DISTANCE (14, 6)	3.900000	0.000000
DISTANCE (14, 7)	2.780000	0.000000
DISTANCE (14, 8)	3.200000	0.000000
DISTANCE (14, 9)	3.200000	0.000000
DISTANCE (14, 10)	3.510000	0.000000
DISTANCE (14, 11)	3.660000	0.000000
DISTANCE (14, 12)	1.740000	0.000000
DISTANCE (14, 13)	2.820000	0.000000
DISTANCE (14, 14)	0.000000	0.000000
DISTANCE (14, 15)	1.370000	0.000000

DISTANCE (14, 16)	4.590000	0.000000
DISTANCE (14, 17)	3.160000	0.000000
DISTANCE (14, 18)	2.160000	0.000000
DISTANCE (14, 19)	37.00000	0.000000
DISTANCE (14, 20)	37.50000	0.000000
DISTANCE (14, 21)	38.70000	0.000000
DISTANCE (15, 1)	11.60000	0.000000
DISTANCE (15, 2)	4.710000	0.000000
DISTANCE (15, 3)	4.960000	0.000000
DISTANCE (15, 4)	4.820000	0.000000
DISTANCE (15, 5)	5.320000	0.000000
DISTANCE (15, 6)	5.320000	0.000000
DISTANCE (15, 7)	4.050000	0.000000
DISTANCE (15, 8)	4.380000	0.000000
DISTANCE (15, 9)	4.200000	0.000000
DISTANCE (15, 10)	4.420000	0.000000
DISTANCE (15, 11)	4.750000	0.000000
DISTANCE (15, 12)	2.530000	0.000000
DISTANCE (15, 13)	4.150000	0.000000
DISTANCE (15, 14)	1.370000	0.000000
DISTANCE (15, 15)	0.000000	0.000000
DISTANCE (15, 16)	5.090000	0.000000
DISTANCE (15, 17)	4.230000	0.000000
DISTANCE (15, 18)	4.490000	0.000000
DISTANCE (15, 19)	38.40000	0.000000
DISTANCE (15, 20)	39.00000	0.000000
DISTANCE (15, 21)	40.20000	0.000000
DISTANCE (16, 1)	16.70000	0.000000
DISTANCE (16, 2)	5.800000	0.000000
DISTANCE (16, 3)	5.690000	0.000000
DISTANCE (16, 4)	5.280000	0.000000
DISTANCE (16, 5)	5.400000	0.000000
DISTANCE (16, 6)	5.000000	0.000000
DISTANCE (16, 7)	6.070000	0.000000
DISTANCE (16, 8)	3.100000	0.000000
DISTANCE (16, 9)	2.400000	0.000000
DISTANCE (16, 10)	1.660000	0.000000
DISTANCE (16, 11)	7.210000	0.000000
DISTANCE (16, 12)	6.300000	0.000000
DISTANCE (16, 13)	5.690000	0.000000
DISTANCE (16, 14)	4.590000	0.000000
DISTANCE (16, 15)	5.090000	0.000000
DISTANCE (16, 16)	0.000000	0.000000
DISTANCE (16, 17)	2.880000	0.000000
DISTANCE (16, 18)	3.570000	0.000000
DISTANCE (16, 19)	35.40000	0.000000
DISTANCE (16, 20)	35.70000	0.000000
DISTANCE (16, 21)	36.70000	0.000000
DISTANCE (17, 1)	15.10000	0.000000
DISTANCE (17, 2)	3.000000	0.000000
DISTANCE (17, 3)	3.000000	0.000000
DISTANCE (17, 4)	2.500000	0.000000
DISTANCE (17, 5)	2.700000	0.000000
DISTANCE (17, 6)	2.220000	0.000000
DISTANCE (17, 7)	3.510000	0.000000
DISTANCE (17, 8)	0.4800000	0.000000
DISTANCE (17, 9)	0.4300000	0.000000

DISTANCE (17, 10)	1.090000	0.000000
DISTANCE (17, 11)	4.600000	0.000000
DISTANCE (17, 12)	4.300000	0.000000
DISTANCE (17, 13)	3.000000	0.000000
DISTANCE (17, 14)	3.160000	0.000000
DISTANCE (17, 15)	4.230000	0.000000
DISTANCE (17, 16)	2.880000	0.000000
DISTANCE (17, 17)	0.000000	0.000000
DISTANCE (17, 18)	1.140000	0.000000
DISTANCE (17, 19)	34.20000	0.000000
DISTANCE (17, 20)	34.70000	0.000000
DISTANCE (17, 21)	36.00000	0.000000
DISTANCE (18, 1)	14.00000	0.000000
DISTANCE (18, 2)	2.280000	0.000000
DISTANCE (18, 3)	2.330000	0.000000
DISTANCE (18, 4)	2.000000	0.000000
DISTANCE (18, 5)	2.360000	0.000000
DISTANCE (18, 6)	2.040000	0.000000
DISTANCE (18, 7)	2.550000	0.000000
DISTANCE (18, 8)	1.180000	0.000000
DISTANCE (18, 9)	1.370000	0.000000
DISTANCE (18, 10)	1.950000	0.000000
DISTANCE (18, 11)	3.610000	0.000000
DISTANCE (18, 12)	3.210000	0.000000
DISTANCE (18, 13)	2.100000	0.000000
DISTANCE (18, 14)	2.160000	0.000000
DISTANCE (18, 15)	4.490000	0.000000
DISTANCE (18, 16)	3.570000	0.000000
DISTANCE (18, 17)	1.140000	0.000000
DISTANCE (18, 18)	0.000000	0.000000
DISTANCE (18, 19)	35.00000	0.000000
DISTANCE (18, 20)	35.40000	0.000000
DISTANCE (18, 21)	36.70000	0.000000
DISTANCE (19, 1)	45.00000	0.000000
DISTANCE (19, 2)	34.00000	0.000000
DISTANCE (19, 3)	33.70000	0.000000
DISTANCE (19, 4)	33.90000	0.000000
DISTANCE (19, 5)	33.40000	0.000000
DISTANCE (19, 6)	33.20000	0.000000
DISTANCE (19, 7)	35.00000	0.000000
DISTANCE (19, 8)	34.20000	0.000000
DISTANCE (19, 9)	34.50000	0.000000
DISTANCE (19, 10)	34.70000	0.000000
DISTANCE (19, 11)	35.00000	0.000000
DISTANCE (19, 12)	37.00000	0.000000
DISTANCE (19, 13)	34.70000	0.000000
DISTANCE (19, 14)	37.00000	0.000000
DISTANCE (19, 15)	38.40000	0.000000
DISTANCE (19, 16)	35.40000	0.000000
DISTANCE (19, 17)	34.20000	0.000000
DISTANCE (19, 18)	35.00000	0.000000
DISTANCE (19, 19)	0.000000	0.000000
DISTANCE (19, 20)	2.420000	0.000000
DISTANCE (19, 21)	4.230000	0.000000
DISTANCE (20, 1)	46.00000	0.000000
DISTANCE (20, 2)	34.70000	0.000000
DISTANCE (20, 3)	34.40000	0.000000

DISTANCE(20, 4)	34.50000	0.000000
DISTANCE(20, 5)	34.00000	0.000000
DISTANCE(20, 6)	33.70000	0.000000
DISTANCE(20, 7)	35.70000	0.000000
DISTANCE(20, 8)	34.50000	0.000000
DISTANCE(20, 9)	35.00000	0.000000
DISTANCE(20, 10)	35.20000	0.000000
DISTANCE(20, 11)	36.00000	0.000000
DISTANCE(20, 12)	37.70000	0.000000
DISTANCE(20, 13)	35.20000	0.000000
DISTANCE(20, 14)	37.50000	0.000000
DISTANCE(20, 15)	39.00000	0.000000
DISTANCE(20, 16)	35.70000	0.000000
DISTANCE(20, 17)	34.70000	0.000000
DISTANCE(20, 18)	35.40000	0.000000
DISTANCE(20, 19)	2.420000	0.000000
DISTANCE(20, 20)	0.000000	0.000000
DISTANCE(20, 21)	1.900000	0.000000
DISTANCE(21, 1)	47.50000	0.000000
DISTANCE(21, 2)	36.00000	0.000000
DISTANCE(21, 3)	35.70000	0.000000
DISTANCE(21, 4)	35.70000	0.000000
DISTANCE(21, 5)	35.20000	0.000000
DISTANCE(21, 6)	35.00000	0.000000
DISTANCE(21, 7)	37.00000	0.000000
DISTANCE(21, 8)	35.70000	0.000000
DISTANCE(21, 9)	36.00000	0.000000
DISTANCE(21, 10)	36.20000	0.000000
DISTANCE(21, 11)	37.20000	0.000000
DISTANCE(21, 12)	39.00000	0.000000
DISTANCE(21, 13)	36.70000	0.000000
DISTANCE(21, 14)	38.70000	0.000000
DISTANCE(21, 15)	40.20000	0.000000
DISTANCE(21, 16)	36.70000	0.000000
DISTANCE(21, 17)	36.00000	0.000000
DISTANCE(21, 18)	36.70000	0.000000
DISTANCE(21, 19)	4.230000	0.000000
DISTANCE(21, 20)	1.900000	0.000000
DISTANCE(21, 21)	0.000000	0.000000
X(1, 1)	0.000000	0.000000
X(1, 2)	0.000000	13.10000
X(1, 3)	0.000000	13.60000
X(1, 4)	0.000000	13.50000
X(1, 5)	0.000000	14.10000
X(1, 6)	0.000000	14.60000
X(1, 7)	0.000000	12.10000
X(1, 8)	0.000000	15.00000
X(1, 9)	0.000000	15.10000
X(1, 10)	0.000000	15.60000
X(1, 11)	1.000000	11.30000
X(1, 12)	0.000000	10.60000
X(1, 13)	0.000000	12.60000
X(1, 14)	0.000000	12.10000
X(1, 15)	0.000000	11.60000
X(1, 16)	0.000000	16.70000
X(1, 17)	0.000000	15.10000
X(1, 18)	0.000000	14.00000

X(1, 19)	1.000000	45.00000
X(1, 20)	0.000000	46.00000
X(1, 21)	0.000000	47.50000
X(2, 1)	0.000000	13.10000
X(2, 2)	0.000000	0.000000
X(2, 3)	1.000000	0.430000
X(2, 4)	0.000000	0.580000
X(2, 5)	0.000000	1.000000
X(2, 6)	0.000000	1.450000
X(2, 7)	0.000000	0.930000
X(2, 8)	0.000000	2.710000
X(2, 9)	0.000000	3.430000
X(2, 10)	0.000000	4.150000
X(2, 11)	0.000000	1.850000
X(2, 12)	0.000000	2.940000
X(2, 13)	0.000000	0.580000
X(2, 14)	0.000000	3.400000
X(2, 15)	0.000000	4.710000
X(2, 16)	0.000000	5.800000
X(2, 17)	0.000000	3.000000
X(2, 18)	0.000000	2.280000
X(2, 19)	0.000000	34.00000
X(2, 20)	0.000000	34.70000
X(2, 21)	0.000000	36.00000
X(3, 1)	0.000000	13.60000
X(3, 2)	0.000000	0.430000
X(3, 3)	0.000000	0.000000
X(3, 4)	0.000000	0.400000
X(3, 5)	1.000000	0.580000
X(3, 6)	0.000000	1.070000
X(3, 7)	0.000000	1.400000
X(3, 8)	0.000000	2.600000
X(3, 9)	0.000000	3.280000
X(3, 10)	0.000000	4.050000
X(3, 11)	0.000000	2.210000
X(3, 12)	0.000000	3.350000
X(3, 13)	0.000000	1.000000
X(3, 14)	0.000000	3.550000
X(3, 15)	0.000000	4.960000
X(3, 16)	0.000000	5.690000
X(3, 17)	0.000000	3.000000
X(3, 18)	0.000000	2.330000
X(3, 19)	0.000000	33.70000
X(3, 20)	0.000000	34.40000
X(3, 21)	0.000000	35.70000
X(4, 1)	0.000000	13.50000
X(4, 2)	0.000000	0.580000
X(4, 3)	0.000000	0.400000
X(4, 4)	0.000000	0.000000
X(4, 5)	0.000000	0.620000
X(4, 6)	0.000000	0.880000
X(4, 7)	0.000000	1.500000
X(4, 8)	0.000000	2.200000
X(4, 9)	0.000000	2.960000
X(4, 10)	0.000000	3.630000
X(4, 11)	0.000000	2.360000
X(4, 12)	0.000000	3.280000

X(4, 13)	1.000000	1.020000
X(4, 14)	0.000000	3.350000
X(4, 15)	0.000000	4.820000
X(4, 16)	0.000000	5.280000
X(4, 17)	0.000000	2.500000
X(4, 18)	0.000000	2.000000
X(4, 19)	0.000000	33.90000
X(4, 20)	0.000000	34.50000
X(4, 21)	0.000000	35.70000
X(5, 1)	0.000000	14.10000
X(5, 2)	0.000000	1.000000
X(5, 3)	0.000000	0.580000
X(5, 4)	0.000000	0.620000
X(5, 5)	0.000000	0.000000
X(5, 6)	1.000000	0.500000
X(5, 7)	0.000000	1.980000
X(5, 8)	0.000000	2.270000
X(5, 9)	0.000000	3.110000
X(5, 10)	0.000000	3.730000
X(5, 11)	0.000000	2.730000
X(5, 12)	0.000000	3.860000
X(5, 13)	0.000000	1.520000
X(5, 14)	0.000000	3.900000
X(5, 15)	0.000000	5.320000
X(5, 16)	0.000000	5.400000
X(5, 17)	0.000000	2.700000
X(5, 18)	0.000000	2.360000
X(5, 19)	0.000000	33.40000
X(5, 20)	0.000000	34.00000
X(5, 21)	0.000000	35.20000
X(6, 1)	0.000000	14.60000
X(6, 2)	0.000000	1.450000
X(6, 3)	0.000000	1.070000
X(6, 4)	1.000000	0.880000
X(6, 5)	0.000000	0.500000
X(6, 6)	0.000000	0.000000
X(6, 7)	0.000000	2.400000
X(6, 8)	0.000000	1.820000
X(6, 9)	0.000000	2.670000
X(6, 10)	0.000000	3.270000
X(6, 11)	0.000000	3.200000
X(6, 12)	0.000000	4.100000
X(6, 13)	0.000000	1.900000
X(6, 14)	0.000000	3.900000
X(6, 15)	0.000000	5.320000
X(6, 16)	0.000000	5.000000
X(6, 17)	0.000000	2.220000
X(6, 18)	0.000000	2.040000
X(6, 19)	0.000000	33.20000
X(6, 20)	0.000000	33.70000
X(6, 21)	0.000000	35.00000
X(7, 1)	0.000000	12.10000
X(7, 2)	1.000000	0.930000
X(7, 3)	0.000000	1.400000
X(7, 4)	0.000000	1.500000
X(7, 5)	0.000000	1.980000
X(7, 6)	0.000000	2.400000

X(7, 7)	0.000000	0.000000
X(7, 8)	0.000000	3.200000
X(7, 9)	0.000000	3.770000
X(7, 10)	0.000000	4.440000
X(7, 11)	0.000000	1.150000
X(7, 12)	0.000000	1.960000
X(7, 13)	0.000000	0.480000
X(7, 14)	0.000000	2.780000
X(7, 15)	0.000000	4.050000
X(7, 16)	0.000000	6.070000
X(7, 17)	0.000000	3.510000
X(7, 18)	0.000000	2.550000
X(7, 19)	0.000000	35.00000
X(7, 20)	0.000000	35.70000
X(7, 21)	0.000000	37.00000
X(8, 1)	0.000000	15.00000
X(8, 2)	0.000000	2.710000
X(8, 3)	0.000000	2.600000
X(8, 4)	0.000000	2.200000
X(8, 5)	0.000000	2.270000
X(8, 6)	0.000000	1.820000
X(8, 7)	0.000000	3.200000
X(8, 8)	0.000000	0.000000
X(8, 9)	0.000000	0.820000
X(8, 10)	0.000000	1.490000
X(8, 11)	0.000000	4.300000
X(8, 12)	0.000000	4.210000
X(8, 13)	0.000000	2.770000
X(8, 14)	0.000000	3.200000
X(8, 15)	0.000000	4.380000
X(8, 16)	0.000000	3.100000
X(8, 17)	0.000000	0.480000
X(8, 18)	1.000000	1.180000
X(8, 19)	0.000000	34.20000
X(8, 20)	0.000000	34.50000
X(8, 21)	0.000000	35.70000
X(9, 1)	0.000000	15.10000
X(9, 2)	0.000000	3.430000
X(9, 3)	0.000000	3.280000
X(9, 4)	0.000000	2.960000
X(9, 5)	0.000000	3.110000
X(9, 6)	0.000000	2.670000
X(9, 7)	0.000000	3.770000
X(9, 8)	0.000000	0.820000
X(9, 9)	0.000000	0.000000
X(9, 10)	0.000000	0.730000
X(9, 11)	0.000000	5.000000
X(9, 12)	0.000000	4.500000
X(9, 13)	0.000000	3.470000
X(9, 14)	0.000000	3.200000
X(9, 15)	0.000000	4.200000
X(9, 16)	0.000000	2.400000
X(9, 17)	1.000000	0.430000
X(9, 18)	0.000000	1.370000
X(9, 19)	0.000000	34.50000
X(9, 20)	0.000000	35.00000
X(9, 21)	0.000000	36.00000

X(10, 1)	0.000000	15.60000
X(10, 2)	0.000000	4.150000
X(10, 3)	0.000000	4.050000
X(10, 4)	0.000000	3.630000
X(10, 5)	0.000000	3.730000
X(10, 6)	0.000000	3.270000
X(10, 7)	0.000000	4.440000
X(10, 8)	0.000000	1.490000
X(10, 9)	1.000000	0.7300000
X(10, 10)	0.000000	0.000000
X(10, 11)	0.000000	5.650000
X(10, 12)	0.000000	5.070000
X(10, 13)	0.000000	4.070000
X(10, 14)	0.000000	3.510000
X(10, 15)	0.000000	4.420000
X(10, 16)	0.000000	1.660000
X(10, 17)	0.000000	1.090000
X(10, 18)	0.000000	1.950000
X(10, 19)	0.000000	34.70000
X(10, 20)	0.000000	35.20000
X(10, 21)	0.000000	36.20000
X(11, 1)	0.000000	11.30000
X(11, 2)	0.000000	1.850000
X(11, 3)	0.000000	2.210000
X(11, 4)	0.000000	2.360000
X(11, 5)	0.000000	2.730000
X(11, 6)	0.000000	3.200000
X(11, 7)	1.000000	1.150000
X(11, 8)	0.000000	4.300000
X(11, 9)	0.000000	5.000000
X(11, 10)	0.000000	5.650000
X(11, 11)	0.000000	0.000000
X(11, 12)	0.000000	2.320000
X(11, 13)	0.000000	1.500000
X(11, 14)	0.000000	3.660000
X(11, 15)	0.000000	4.750000
X(11, 16)	0.000000	7.210000
X(11, 17)	0.000000	4.600000
X(11, 18)	0.000000	3.610000
X(11, 19)	0.000000	35.00000
X(11, 20)	0.000000	36.00000
X(11, 21)	0.000000	37.20000
X(12, 1)	1.000000	10.60000
X(12, 2)	0.000000	2.940000
X(12, 3)	0.000000	3.350000
X(12, 4)	0.000000	3.280000
X(12, 5)	0.000000	3.860000
X(12, 6)	0.000000	4.100000
X(12, 7)	0.000000	1.960000
X(12, 8)	0.000000	4.210000
X(12, 9)	0.000000	4.500000
X(12, 10)	0.000000	5.070000
X(12, 11)	0.000000	2.320000
X(12, 12)	0.000000	0.000000
X(12, 13)	0.000000	0.4200000
X(12, 14)	0.000000	1.740000
X(12, 15)	0.000000	2.530000

X(12, 16)	0.000000	6.300000
X(12, 17)	0.000000	4.300000
X(12, 18)	0.000000	3.210000
X(12, 19)	0.000000	37.00000
X(12, 20)	0.000000	37.70000
X(12, 21)	0.000000	39.00000
X(13, 1)	0.000000	12.60000
X(13, 2)	0.000000	0.5800000
X(13, 3)	0.000000	1.000000
X(13, 4)	0.000000	1.020000
X(13, 5)	0.000000	1.520000
X(13, 6)	0.000000	1.900000
X(13, 7)	0.000000	0.4800000
X(13, 8)	0.000000	2.770000
X(13, 9)	0.000000	3.470000
X(13, 10)	0.000000	4.070000
X(13, 11)	0.000000	1.500000
X(13, 12)	1.000000	0.4200000
X(13, 13)	0.000000	0.000000
X(13, 14)	0.000000	2.820000
X(13, 15)	0.000000	4.150000
X(13, 16)	0.000000	5.690000
X(13, 17)	0.000000	3.000000
X(13, 18)	0.000000	2.100000
X(13, 19)	0.000000	34.70000
X(13, 20)	0.000000	35.20000
X(13, 21)	0.000000	36.70000
X(14, 1)	0.000000	12.10000
X(14, 2)	0.000000	3.400000
X(14, 3)	0.000000	3.550000
X(14, 4)	0.000000	3.350000
X(14, 5)	0.000000	3.900000
X(14, 6)	0.000000	3.900000
X(14, 7)	0.000000	2.780000
X(14, 8)	0.000000	3.200000
X(14, 9)	0.000000	3.200000
X(14, 10)	0.000000	3.510000
X(14, 11)	0.000000	3.660000
X(14, 12)	0.000000	1.740000
X(14, 13)	0.000000	2.820000
X(14, 14)	0.000000	0.000000
X(14, 15)	1.000000	1.370000
X(14, 16)	0.000000	4.590000
X(14, 17)	0.000000	3.160000
X(14, 18)	0.000000	2.160000
X(14, 19)	0.000000	37.00000
X(14, 20)	0.000000	37.50000
X(14, 21)	0.000000	38.70000
X(15, 1)	1.000000	11.60000
X(15, 2)	0.000000	4.710000
X(15, 3)	0.000000	4.960000
X(15, 4)	0.000000	4.820000
X(15, 5)	0.000000	5.320000
X(15, 6)	0.000000	5.320000
X(15, 7)	0.000000	4.050000
X(15, 8)	0.000000	4.380000
X(15, 9)	0.000000	4.200000

X(15, 10)	0.000000	4.420000
X(15, 11)	0.000000	4.750000
X(15, 12)	0.000000	2.530000
X(15, 13)	0.000000	4.150000
X(15, 14)	0.000000	1.370000
X(15, 15)	0.000000	0.000000
X(15, 16)	0.000000	5.090000
X(15, 17)	0.000000	4.230000
X(15, 18)	0.000000	4.490000
X(15, 19)	0.000000	38.40000
X(15, 20)	0.000000	39.00000
X(15, 21)	0.000000	40.20000
X(16, 1)	0.000000	16.70000
X(16, 2)	0.000000	5.800000
X(16, 3)	0.000000	5.690000
X(16, 4)	0.000000	5.280000
X(16, 5)	0.000000	5.400000
X(16, 6)	0.000000	5.000000
X(16, 7)	0.000000	6.070000
X(16, 8)	0.000000	3.100000
X(16, 9)	0.000000	2.400000
X(16, 10)	1.000000	1.660000
X(16, 11)	0.000000	7.210000
X(16, 12)	0.000000	6.300000
X(16, 13)	0.000000	5.690000
X(16, 14)	0.000000	4.590000
X(16, 15)	0.000000	5.090000
X(16, 16)	0.000000	0.000000
X(16, 17)	0.000000	2.880000
X(16, 18)	0.000000	3.570000
X(16, 19)	0.000000	35.40000
X(16, 20)	0.000000	35.70000
X(16, 21)	0.000000	36.70000
X(17, 1)	0.000000	15.10000
X(17, 2)	0.000000	3.000000
X(17, 3)	0.000000	3.000000
X(17, 4)	0.000000	2.500000
X(17, 5)	0.000000	2.700000
X(17, 6)	0.000000	2.220000
X(17, 7)	0.000000	3.510000
X(17, 8)	1.000000	0.4800000
X(17, 9)	0.000000	0.4300000
X(17, 10)	0.000000	1.090000
X(17, 11)	0.000000	4.600000
X(17, 12)	0.000000	4.300000
X(17, 13)	0.000000	3.000000
X(17, 14)	0.000000	3.160000
X(17, 15)	0.000000	4.230000
X(17, 16)	0.000000	2.880000
X(17, 17)	0.000000	0.000000
X(17, 18)	0.000000	1.140000
X(17, 19)	0.000000	34.20000
X(17, 20)	0.000000	34.70000
X(17, 21)	0.000000	36.00000
X(18, 1)	0.000000	14.00000
X(18, 2)	0.000000	2.280000
X(18, 3)	0.000000	2.330000

X(18, 4)	0.000000	2.000000
X(18, 5)	0.000000	2.360000
X(18, 6)	0.000000	2.040000
X(18, 7)	0.000000	2.550000
X(18, 8)	0.000000	1.180000
X(18, 9)	0.000000	1.370000
X(18, 10)	0.000000	1.950000
X(18, 11)	0.000000	3.610000
X(18, 12)	0.000000	3.210000
X(18, 13)	0.000000	2.100000
X(18, 14)	1.000000	2.160000
X(18, 15)	0.000000	4.490000
X(18, 16)	0.000000	3.570000
X(18, 17)	0.000000	1.140000
X(18, 18)	0.000000	0.000000
X(18, 19)	0.000000	35.00000
X(18, 20)	0.000000	35.40000
X(18, 21)	0.000000	36.70000
X(19, 1)	0.000000	45.00000
X(19, 2)	0.000000	34.00000
X(19, 3)	0.000000	33.70000
X(19, 4)	0.000000	33.90000
X(19, 5)	0.000000	33.40000
X(19, 6)	0.000000	33.20000
X(19, 7)	0.000000	35.00000
X(19, 8)	0.000000	34.20000
X(19, 9)	0.000000	34.50000
X(19, 10)	0.000000	34.70000
X(19, 11)	0.000000	35.00000
X(19, 12)	0.000000	37.00000
X(19, 13)	0.000000	34.70000
X(19, 14)	0.000000	37.00000
X(19, 15)	0.000000	38.40000
X(19, 16)	0.000000	35.40000
X(19, 17)	0.000000	34.20000
X(19, 18)	0.000000	35.00000
X(19, 19)	0.000000	0.000000
X(19, 20)	1.000000	2.420000
X(19, 21)	0.000000	4.230000
X(20, 1)	0.000000	46.00000
X(20, 2)	0.000000	34.70000
X(20, 3)	0.000000	34.40000
X(20, 4)	0.000000	34.50000
X(20, 5)	0.000000	34.00000
X(20, 6)	0.000000	33.70000
X(20, 7)	0.000000	35.70000
X(20, 8)	0.000000	34.50000
X(20, 9)	0.000000	35.00000
X(20, 10)	0.000000	35.20000
X(20, 11)	0.000000	36.00000
X(20, 12)	0.000000	37.70000
X(20, 13)	0.000000	35.20000
X(20, 14)	0.000000	37.50000
X(20, 15)	0.000000	39.00000
X(20, 16)	0.000000	35.70000
X(20, 17)	0.000000	34.70000
X(20, 18)	0.000000	35.40000

X(20, 19)	0.000000	2.420000
X(20, 20)	0.000000	0.000000
X(20, 21)	1.000000	1.900000
X(21, 1)	0.000000	47.50000
X(21, 2)	0.000000	36.00000
X(21, 3)	0.000000	35.70000
X(21, 4)	0.000000	35.70000
X(21, 5)	0.000000	35.20000
X(21, 6)	0.000000	35.00000
X(21, 7)	0.000000	37.00000
X(21, 8)	0.000000	35.70000
X(21, 9)	0.000000	36.00000
X(21, 10)	0.000000	36.20000
X(21, 11)	0.000000	37.20000
X(21, 12)	0.000000	39.00000
X(21, 13)	0.000000	36.70000
X(21, 14)	0.000000	38.70000
X(21, 15)	0.000000	40.20000
X(21, 16)	1.000000	36.70000
X(21, 17)	0.000000	36.00000
X(21, 18)	0.000000	36.70000
X(21, 19)	0.000000	4.230000
X(21, 20)	0.000000	1.900000
X(21, 21)	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	133.4400	-1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	8.600000	0.000000
7	11.10000	0.000000
8	9.600000	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	7.400000	0.000000
11	9.700000	0.000000
12	10.70000	0.000000
13	17.20000	0.000000
14	5.300000	0.000000
15	6.500000	0.000000
16	5.400000	0.000000
17	4.200000	0.000000
18	11.70000	0.000000
19	8.400000	0.000000
20	6.400000	0.000000
21	18.00000	0.000000
22	15.60000	0.000000
23	13.80000	0.000000
24	10.00000	0.000000
25	1.800000	0.000000
26	0.000000	0.000000
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	0.000000
29	0.000000	0.000000
30	10.00000	0.000000
31	0.000000	0.000000

32	11.00000	0.000000
33	16.60000	0.000000
34	8.800000	0.000000
35	11.10000	0.000000
36	12.10000	0.000000
37	18.60000	0.000000
38	6.700000	0.000000
39	7.900000	0.000000
40	6.800000	0.000000
41	5.600000	0.000000
42	13.10000	0.000000
43	9.800000	0.000000
44	7.800000	0.000000
45	19.40000	0.000000
46	17.00000	0.000000
47	15.20000	0.000000
48	8.600000	0.000000
49	3.800000	0.000000
50	0.000000	0.000000
51	0.000000	0.000000
52	0.000000	0.000000
53	19.40000	0.000000
54	18.00000	0.000000
55	16.70000	0.000000
56	0.000000	0.000000
57	20.80000	0.000000
58	13.00000	0.000000
59	15.30000	0.000000
60	16.30000	0.000000
61	22.80000	0.000000
62	10.90000	0.000000
63	0.000000	0.000000
64	11.00000	0.000000
65	9.800000	0.000000
66	17.30000	0.000000
67	14.00000	0.000000
68	12.00000	0.000000
69	23.60000	0.000000
70	21.20000	0.000000
71	19.40000	0.000000
72	4.800000	0.000000
73	7.900000	0.000000
74	0.000000	0.000000
75	0.000000	0.000000
76	0.000000	0.000000
77	16.60000	0.000000
78	0.000000	0.000000
79	11.40000	0.000000
80	0.000000	0.000000
81	18.00000	0.000000
82	10.20000	0.000000
83	12.50000	0.000000
84	13.50000	0.000000
85	20.00000	0.000000
86	8.100000	0.000000
87	9.300000	0.000000
88	8.200000	0.000000

89	7.000000	0.000000
90	14.50000	0.000000
91	11.20000	0.000000
92	9.200000	0.000000
93	20.80000	0.000000
94	18.40000	0.000000
95	16.60000	0.000000
96	7.300000	0.000000
97	5.200000	0.000000
98	0.000000	0.000000
99	0.000000	0.000000
100	0.000000	0.000000
101	17.90000	0.000000
102	16.50000	0.000000
103	0.000000	0.000000
104	0.000000	0.000000
105	19.30000	0.000000
106	11.50000	0.000000
107	13.80000	0.000000
108	14.80000	0.000000
109	21.30000	0.000000
110	9.400000	0.000000
111	10.60000	0.000000
112	9.500000	0.000000
113	8.300000	0.000000
114	15.80000	0.000000
115	12.50000	0.000000
116	10.50000	0.000000
117	22.10000	0.000000
118	19.70000	0.000000
119	17.90000	0.000000
120	5.800000	0.000000
121	6.600000	0.000000
122	0.000000	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	0.000000	0.000000
125	0.000000	0.000000
126	10.40000	0.000000
127	6.600000	0.000000
128	9.100000	0.000000
129	7.600000	0.000000
130	5.400000	0.000000
131	7.700000	0.000000
132	8.700000	0.000000
133	0.000000	0.000000
134	3.300000	0.000000
135	4.500000	0.000000
136	3.400000	0.000000
137	2.200000	0.000000
138	9.700000	0.000000
139	6.400000	0.000000
140	4.400000	0.000000
141	16.00000	0.000000
142	13.60000	0.000000
143	11.80000	0.000000
144	11.40000	0.000000
145	0.000000	0.000000

146	0.000000	0.000000
147	0.000000	0.000000
148	0.000000	0.000000
149	20.60000	0.000000
150	19.20000	0.000000
151	15.40000	0.000000
152	17.90000	0.000000
153	16.40000	0.000000
154	22.00000	0.000000
155	16.50000	0.000000
156	17.50000	0.000000
157	24.00000	0.000000
158	12.10000	0.000000
159	13.30000	0.000000
160	12.20000	0.000000
161	11.00000	0.000000
162	18.50000	0.000000
163	0.000000	0.000000
164	0.000000	0.000000
165	24.80000	0.000000
166	22.40000	0.000000
167	20.60000	0.000000
168	3.600000	0.000000
169	9.300000	0.000000
170	0.000000	0.000000
171	0.000000	0.000000
172	0.000000	0.000000
173	18.30000	0.000000
174	16.90000	0.000000
175	13.10000	0.000000
176	15.60000	0.000000
177	14.10000	0.000000
178	19.70000	0.000000
179	11.90000	0.000000
180	0.000000	0.000000
181	21.70000	0.000000
182	9.800000	0.000000
183	11.00000	0.000000
184	9.900000	0.000000
185	8.700000	0.000000
186	16.20000	0.000000
187	0.000000	0.000000
188	10.90000	0.000000
189	22.50000	0.000000
190	20.10000	0.000000
191	18.30000	0.000000
192	5.900000	0.000000
193	7.300000	0.000000
194	0.000000	0.000000
195	0.000000	0.000000
196	0.000000	0.000000
197	17.30000	0.000000
198	15.90000	0.000000
199	12.10000	0.000000
200	14.60000	0.000000
201	13.10000	0.000000
202	18.70000	0.000000

203	10.90000	0.000000
204	0.000000	0.000000
205	20.70000	0.000000
206	8.800000	0.000000
207	10.00000	0.000000
208	8.900000	0.000000
209	7.700000	0.000000
210	0.000000	0.000000
211	11.90000	0.000000
212	9.900000	0.000000
213	21.50000	0.000000
214	19.10000	0.000000
215	17.30000	0.000000
216	6.900000	0.000000
217	5.200000	0.000000
218	0.000000	0.000000
219	0.000000	0.000000
220	0.000000	0.000000
221	10.00000	0.000000
222	8.600000	0.000000
223	4.800000	0.000000
224	7.300000	0.000000
225	5.800000	0.000000
226	0.000000	0.000000
227	3.600000	0.000000
228	5.900000	0.000000
229	6.900000	0.000000
230	1.500000	0.000000
231	2.700000	0.000000
232	1.600000	0.000000
233	0.4000000	0.000000
234	7.900000	0.000000
235	4.600000	0.000000
236	2.600000	0.000000
237	14.20000	0.000000
238	11.80000	0.000000
239	10.00000	0.000000
240	0.000000	0.000000
241	0.000000	0.000000
242	0.000000	0.000000
243	0.000000	0.000000
244	0.000000	0.000000
245	22.50000	0.000000
246	21.10000	0.000000
247	17.30000	0.000000
248	19.80000	0.000000
249	18.30000	0.000000
250	23.90000	0.000000
251	16.10000	0.000000
252	18.40000	0.000000
253	19.40000	0.000000
254	25.90000	0.000000
255	0.000000	0.000000
256	14.10000	0.000000
257	12.90000	0.000000
258	20.40000	0.000000
259	17.10000	0.000000

260	15.10000	0.000000
261	26.70000	0.000000
262	24.30000	0.000000
263	22.50000	0.000000
264	1.500000	0.000000
265	10.40000	0.000000
266	0.000000	0.000000
267	0.000000	0.000000
268	0.000000	0.000000
269	20.40000	0.000000
270	19.00000	0.000000
271	0.000000	0.000000
272	17.70000	0.000000
273	16.20000	0.000000
274	21.80000	0.000000
275	14.00000	0.000000
276	16.30000	0.000000
277	17.30000	0.000000
278	23.80000	0.000000
279	0.000000	0.000000
280	12.00000	0.000000
281	10.80000	0.000000
282	18.30000	0.000000
283	15.00000	0.000000
284	13.00000	0.000000
285	24.60000	0.000000
286	22.20000	0.000000
287	20.40000	0.000000
288	2.700000	0.000000
289	9.400000	0.000000
290	0.000000	0.000000
291	0.000000	0.000000
292	0.000000	0.000000
293	22.60000	0.000000
294	21.20000	0.000000
295	17.40000	0.000000
296	19.90000	0.000000
297	18.40000	0.000000
298	24.00000	0.000000
299	16.20000	0.000000
300	18.50000	0.000000
301	19.50000	0.000000
302	26.00000	0.000000
303	14.10000	0.000000
304	15.30000	0.000000
305	0.000000	0.000000
306	20.50000	0.000000
307	17.20000	0.000000
308	0.000000	0.000000
309	26.80000	0.000000
310	24.40000	0.000000
311	22.60000	0.000000
312	1.600000	0.000000
313	11.60000	0.000000
314	0.000000	0.000000
315	0.000000	0.000000
316	0.000000	0.000000

317	23.60000	0.000000
318	22.20000	0.000000
319	18.40000	0.000000
320	20.90000	0.000000
321	19.40000	0.000000
322	25.00000	0.000000
323	17.20000	0.000000
324	19.50000	0.000000
325	20.50000	0.000000
326	27.00000	0.000000
327	15.10000	0.000000
328	16.30000	0.000000
329	0.000000	0.000000
330	21.50000	0.000000
331	18.20000	0.000000
332	16.20000	0.000000
333	27.80000	0.000000
334	25.40000	0.000000
335	23.60000	0.000000
336	0.4000000	0.000000
337	12.60000	0.000000
338	0.000000	0.000000
339	0.000000	0.000000
340	0.000000	0.000000
341	15.20000	0.000000
342	13.80000	0.000000
343	10.00000	0.000000
344	12.50000	0.000000
345	11.00000	0.000000
346	16.60000	0.000000
347	8.800000	0.000000
348	11.10000	0.000000
349	0.000000	0.000000
350	18.60000	0.000000
351	6.700000	0.000000
352	7.900000	0.000000
353	6.800000	0.000000
354	5.600000	0.000000
355	9.800000	0.000000
356	7.800000	0.000000
357	19.40000	0.000000
358	17.00000	0.000000
359	0.000000	0.000000
360	7.900000	0.000000
361	3.400000	0.000000
362	0.000000	0.000000
363	0.000000	0.000000
364	0.000000	0.000000
365	19.30000	0.000000
366	17.90000	0.000000
367	14.10000	0.000000
368	16.60000	0.000000
369	15.10000	0.000000
370	20.70000	0.000000
371	0.000000	0.000000
372	0.000000	0.000000
373	16.20000	0.000000

374	22.70000	0.000000
375	10.80000	0.000000
376	12.00000	0.000000
377	10.90000	0.000000
378	9.700000	0.000000
379	17.20000	0.000000
380	11.90000	0.000000
381	23.50000	0.000000
382	21.10000	0.000000
383	19.30000	0.000000
384	4.600000	0.000000
385	8.300000	0.000000
386	0.000000	0.000000
387	0.000000	0.000000
388	0.000000	0.000000
389	21.60000	0.000000
390	20.20000	0.000000
391	16.40000	0.000000
392	18.90000	0.000000
393	17.40000	0.000000
394	23.00000	0.000000
395	0.000000	0.000000
396	17.50000	0.000000
397	18.50000	0.000000
398	25.00000	0.000000
399	13.10000	0.000000
400	14.30000	0.000000
401	0.000000	0.000000
402	12.00000	0.000000
403	19.50000	0.000000
404	16.20000	0.000000
405	25.80000	0.000000
406	23.40000	0.000000
407	21.60000	0.000000
408	2.600000	0.000000
409	10.60000	0.000000
410	0.000000	0.000000
411	0.000000	0.000000
412	0.000000	0.000000
413	10.00000	0.000000
414	8.600000	0.000000
415	4.800000	0.000000
416	7.300000	0.000000
417	5.800000	0.000000
418	11.40000	0.000000
419	3.600000	0.000000
420	5.900000	0.000000
421	6.900000	0.000000
422	13.40000	0.000000
423	1.500000	0.000000
424	2.700000	0.000000
425	1.600000	0.000000
426	0.4000000	0.000000
427	7.900000	0.000000
428	4.600000	0.000000
429	2.600000	0.000000
430	0.000000	0.000000

431	10.00000	0.000000
432	0.000000	0.000000
433	0.000000	0.000000
434	0.000000	0.000000
435	0.000000	0.000000
436	0.000000	0.000000
437	11.00000	0.000000
438	9.600000	0.000000
439	5.800000	0.000000
440	8.300000	0.000000
441	6.800000	0.000000
442	12.40000	0.000000
443	4.600000	0.000000
444	6.900000	0.000000
445	7.900000	0.000000
446	14.40000	0.000000
447	2.500000	0.000000
448	3.700000	0.000000
449	2.600000	0.000000
450	1.400000	0.000000
451	8.900000	0.000000
452	5.600000	0.000000
453	3.600000	0.000000
454	0.000000	0.000000
455	0.000000	0.000000
456	11.80000	0.000000
457	0.000000	0.000000
458	0.000000	0.000000
459	0.000000	0.000000
460	0.000000	0.000000
461	13.40000	0.000000
462	12.00000	0.000000
463	8.200000	0.000000
464	10.70000	0.000000
465	9.200000	0.000000
466	14.80000	0.000000
467	7.000000	0.000000
468	9.300000	0.000000
469	10.30000	0.000000
470	16.80000	0.000000
471	4.900000	0.000000
472	6.100000	0.000000
473	5.000000	0.000000
474	3.800000	0.000000
475	0.000000	0.000000
476	8.000000	0.000000
477	6.000000	0.000000
478	17.60000	0.000000
479	0.000000	0.000000
480	10.00000	0.000000
481	1.000000	0.000000
482	0.000000	0.000000
483	0.000000	0.000000
484	0.000000	0.000000

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ LINGO ΓΙΑ ΤΑ ΠΡΑΤΗΡΙΑ ΤΗΣ ΛΕΜΕΣΟΥ

Global optimal solution found at iteration: 51
 Objective value: 117.5700

Variable	Value	Reduced Cost
VCAP	15.20000	0.000000
VEHCLF	0.8750000	0.000000
VEHCLR	1.000000	0.000000
Q(1)	0.000000	0.000000
Q(2)	3.000000	0.000000
Q(3)	2.800000	0.000000
Q(4)	2.500000	0.000000
Q(5)	2.700000	0.000000
Q(6)	2.300000	0.000000
U(1)	0.000000	0.000000
U(2)	13.30000	0.000000
U(3)	2.800000	0.000000
U(4)	7.600000	0.000000
U(5)	10.30000	0.000000
U(6)	5.100000	0.000000
DISTANCE(1, 1)	0.000000	0.000000
DISTANCE(1, 2)	53.20000	0.000000
DISTANCE(1, 3)	54.70000	0.000000
DISTANCE(1, 4)	57.40000	0.000000
DISTANCE(1, 5)	56.40000	0.000000
DISTANCE(1, 6)	56.20000	0.000000
DISTANCE(2, 1)	53.20000	0.000000
DISTANCE(2, 2)	0.000000	0.000000
DISTANCE(2, 3)	4.900000	0.000000
DISTANCE(2, 4)	5.600000	0.000000
DISTANCE(2, 5)	3.000000	0.000000
DISTANCE(2, 6)	4.900000	0.000000
DISTANCE(3, 1)	54.70000	0.000000
DISTANCE(3, 2)	4.900000	0.000000
DISTANCE(3, 3)	0.000000	0.000000
DISTANCE(3, 4)	2.600000	0.000000
DISTANCE(3, 5)	4.600000	0.000000
DISTANCE(3, 6)	1.950000	0.000000
DISTANCE(4, 1)	57.40000	0.000000
DISTANCE(4, 2)	5.600000	0.000000
DISTANCE(4, 3)	2.600000	0.000000
DISTANCE(4, 4)	0.000000	0.000000
DISTANCE(4, 5)	3.840000	0.000000
DISTANCE(4, 6)	0.8800000	0.000000
DISTANCE(5, 1)	56.40000	0.000000
DISTANCE(5, 2)	3.000000	0.000000
DISTANCE(5, 3)	4.600000	0.000000
DISTANCE(5, 4)	3.840000	0.000000
DISTANCE(5, 5)	0.000000	0.000000
DISTANCE(5, 6)	3.530000	0.000000
DISTANCE(6, 1)	56.20000	0.000000
DISTANCE(6, 2)	4.900000	0.000000
DISTANCE(6, 3)	1.950000	0.000000
DISTANCE(6, 4)	0.8800000	0.000000

DISTANCE (6, 5)	3.530000	0.000000
DISTANCE (6, 6)	0.000000	0.000000
X(1, 1)	0.000000	0.000000
X(1, 2)	0.000000	53.20000
X(1, 3)	1.000000	54.70000
X(1, 4)	0.000000	57.40000
X(1, 5)	0.000000	56.40000
X(1, 6)	0.000000	56.20000
X(2, 1)	1.000000	53.20000
X(2, 2)	0.000000	0.000000
X(2, 3)	0.000000	4.900000
X(2, 4)	0.000000	5.600000
X(2, 5)	0.000000	3.000000
X(2, 6)	0.000000	4.900000
X(3, 1)	0.000000	54.70000
X(3, 2)	0.000000	4.900000
X(3, 3)	0.000000	0.000000
X(3, 4)	0.000000	2.600000
X(3, 5)	0.000000	4.600000
X(3, 6)	1.000000	1.950000
X(4, 1)	0.000000	57.40000
X(4, 2)	0.000000	5.600000
X(4, 3)	0.000000	2.600000
X(4, 4)	0.000000	0.000000
X(4, 5)	1.000000	3.840000
X(4, 6)	0.000000	0.8800000
X(5, 1)	0.000000	56.40000
X(5, 2)	1.000000	3.000000
X(5, 3)	0.000000	4.600000
X(5, 4)	0.000000	3.840000
X(5, 5)	0.000000	0.000000
X(5, 6)	0.000000	3.530000
X(6, 1)	0.000000	56.20000
X(6, 2)	0.000000	4.900000
X(6, 3)	0.000000	1.950000
X(6, 4)	1.000000	0.8800000
X(6, 5)	0.000000	3.530000
X(6, 6)	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	117.5700	-1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000
5	22.70000	0.000000
6	17.90000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	20.40000	0.000000
9	1.900000	0.000000
10	7.600000	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	1.900000	0.000000
15	7.600000	0.000000
16	4.900000	0.000000
17	0.000000	0.000000

18	0.000000	0.000000
19	0.000000	0.000000
20	0.000000	0.000000
21	0.000000	0.000000
22	0.000000	0.000000
23	7.000000	0.000000
24	17.50000	0.000000
25	0.000000	0.000000
26	0.000000	0.000000
27	7.600000	0.000000
28	2.800000	0.000000
29	0.000000	0.000000
30	0.000000	0.000000
31	0.000000	0.000000
32	0.000000	0.000000
33	20.00000	0.000000
34	0.000000	0.000000
35	17.70000	0.000000
36	4.900000	0.000000
37	5.100000	0.000000
38	0.000000	0.000000
39	0.000000	0.000000
40	0.000000	0.000000
41	4.700000	0.000000
42	0.000000	0.000000
43	0.000000	0.000000
44	7.700000	0.000000
45	10.10000	0.000000
46	0.000000	0.000000
47	0.000000	0.000000
48	0.000000	0.000000
49	0.000000	0.000000

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- (1) *Γαληνός Δημήτρης*: "Βελτιστοποίηση Διανομής Προϊόντων & Χωροθέτηση Αποθηκών για την εταιρία ΒΑΛΚΑΝ ΕΞΠΟΡΤ Α.Ε " (ΔΙΠ 1089), Πολυτεχνείο Κρήτης, Φεβρουάριος, 2003
- (2) *Γιαννάτος Γιώργος-Ανδριανόπουλος Σταμάτης*: "Logistics, Μεταφορές-Διανομή", Συνεργασία Ι. Κονταράτος
- (3) *Κόμης Εμμανουήλ*: "Βέλτιστη Οργάνωση Δρομολογίων των Οχημάτων Διανομής της εταιρίας Βαθυπέτρου Α.Ε" (ΔΙΠ 918), Πολυτεχνείο Κρήτης, 2001
- (4) *Κουλούμπης Βίκτωρ*: "Εφαρμογή της διοίκησης των Logistics στην ΜΑΡΚΟ" (ΔΙΠ1058), Πολυτεχνείο Κρήτης, Οκτώβριος, 2002
- (5) *Μάντζαρης Αναστάσιος*: "Βελτιστοποίηση Διανομής & Χωροθέτηση Εγκαταστάσεων" (ΔΙΠ 1176), Πολυτεχνείο Κρήτης, Σεπτέμβριος, 2003
- (6) *Μαρεντάκης Χάρης*: "Ολοκληρωμένη εφοδιαστική (Integrated Logistics) και συστήματα διανομής προϊόντων: Σχεδιασμός ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων για τη διανομή έτοιμου σκυροδέματος" (ΔΙΠ 488), Πολυτεχνείο Κρήτης, 1996
- (7) *Μυγδαλάς Αθανάσιος, Ιωάννης Μαρινάκης*: " Συνδυαστική Βελτιστοποίηση", Πολυτεχνείο Κρήτης, 2004
- (8) *Μυγδαλάς Αθανάσιος, Ιωάννης Μαρινάκης*: "Εισαγωγή στο LINGO", Πολυτεχνείο Κρήτης, 2004
- (9) *Σίσκος Ιωάννης*: "Γραμμικός Προγραμματισμός", Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 2000

B. ΞΕΝΗ

- (10) *Ronald H. Ballou*: "Business Logistics Management", Planning, Organizing and Controlling the Supply Chain, 1992
- (11) *Raja G. Kasilingam*: "Logistics and Transportation", Design and Planning
- (12) *W.M. Garvin, H.W.Crandal, J.B. John, & R.A. Spellman*: "Applications of linear programming in oil industry", *Management Science*, 3:407-430,1957
- (13) *B.Gavish & S.Graves*: "The traveling salesman problem & related problems", Working paper 7905, Graduate School of Management, University of Rochester, Rochester NY, 1979
- (14) *Deneubourg J.-L., S.Aron, S.Goss and J.M. Pasteels*,"The self-organizing exploratory pattern of the Argentine ant", *Journal of Insect Behavior* 3, 1990
- (15) *Paolo Toth, Daniele Vigo*:" *An Overview of Vehicle Routing Problems*", in *P. Toth, D.Vigo "The Vehicle Routing Problem"*, pp 1--26, 2002
- (16) *Bruce L. Golden and Arjang A. Assad* : " *Vehicle Routing: Methods and Studies*" ,College of Business and Management University of Maryland

Γ. Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

- (17) <http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP/index.html?VRP-Intro.html>
- (18) <http://www.sintef.no/static/am/opti/projects/top/vrp/bibliography.html>
- (19) <http://osiris.tuwien.ac.at/~wgarn/VehicleRouting/GECCO02VRPCoEvo.pdf>
- (20) <http://www.idsia.ch/~monaldo/vrp.html>
- (21) <http://eden.dei.uc.pt/~jast/vrp>
- (22) <http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP/index.html?bibliography.html>
- (23) <http://www.lindo.com/cgi/model/cgi?VROUTE.txt;LINGO>
- (24) <http://www.fcc.gov/fcc-bin/convertDMS>