



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Πολλαπλές Αποθήκες



ΚΟΜΠΟΤΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

A.M: 2003010029

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΑΡΙΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Χανιά 2013

Αφιερωμένη στην κόρη μου Έλενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, τον αδερφό μου, τη γυναίκα μου, την δυόμιση ετών κόρη μου, τους φίλους και συμφοιτητές μου για τη συμπαράστασή τους όλον αυτό τον καιρό.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</u>	8
<i>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</i>	8
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</u>	11
<i>ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ LOGISTICS</i>	11
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ LOGISTICS	11
2.1.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ LOGISTICS	11
2.1.1.1 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ LOGISTICS	13
2.1.1.2 ΟΦΕΛΗ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΑ LOGISTICS	14
2.1.2 ΡΟΛΟΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ	15
2.1.2.1 ΘΕΣΗ ΤΩΝ LOGISTICS ΣΤΗΝ ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ	15
2.1.3 ΡΟΛΟΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΩΝ LOGISTICS	17
2.1.4 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ LOGISTICS	18
2.1.5 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ LOGISTICS ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	20
2.1.6 ΟΙ ΕΠΤΑ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ	21
2.1.7 ΟΦΕΛΗ ΤΩΝ LOGISTICS ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ	23
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</u>	24
<i>ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ</i>	24
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	24
3.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ	24
3.2.1 ΟΙ ΕΦΤΑ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ	26
3.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ	28
3.3.1 ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΠΕΛΑΤΩΝ	29
3.3.2 ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	29
3.3.3 ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	30

3.3.4 ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ	30
3.3.5 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ.....	30
3.3.6 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΛΙΚΟΥ.....	30
3.3.7 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΗΚΩΝ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΩΝ ΔΙΑΝΟΜΩΝ	30
3.3.8 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΠΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	31
3.3.9 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ	31
3.3.10 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ	32
3.3.11 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	32
3.3.12 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ	32
3.3.13 ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΕΣ	32
3.3.14 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	33
3.3.15 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ.....	33
3.3.16 ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ.....	34
3.3.17 ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΤΡΙΤΟΥ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟΣ ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΜΟΣ	34
3.3.18 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΟΠΟΙΗΣΗ.....	34
3.3.19 ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ(GLOBALLOGISTICS)	35
3.4 ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΕΝΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.....	36
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</u>	37
<i>ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ</i>	37
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	37
4.2 ΜΕ ΤΙ ΑΣΧΟΛΕΙΤΑΙ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	38
4.3 ΣΤΟΧΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ VRP	39
4.4 ΟΡΙΣΜΟΣ VRP	39
4.5 ΤΑ ΒΑΣΙΚΟΤΕΡΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ VRP	41
4.5.1 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	41
4.5.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΧΡΟΝΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ	43
4.5.3 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΑΡΑΛΑΒΕΣ	44
4.5.4 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΑΡΑΛΑΒΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΕΣ	45

4.5.5 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΣ	45
4.6 ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	48
ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VRP).	48
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	48
5.2 ΕΥΡΕΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	48
5.2.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΑΠΛΗΣΤΙΑΣ	49
5.2.2 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ	49
5.2.2.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΕΩΝ ΤΩΝ CLARK&WRIGHT	49
5.2.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΤΟΠΙΚΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ.....	50
5.3 ΜΕΥΘΕΡΕΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	51
5.3.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ(TABUSEARCH)	52
5.3.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΠΟΙΚΙΑΣ ΜΥΡΜΗΓΚΙΩΝ(ANTCOLONYOPTIMIZATION).....	53
5.3.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΕΝΗ ΑΝΟΠΤΗΣΗ(SIMULATEDANNEALING)	54
5.3.4 ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ(GENETICALGORITHMS)	57
5.3.4.1 ΓΕΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	59
5.3.4.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ	59
5.3.4.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	61
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	61
6.1 ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥΣ.....	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	64
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΣ	64
7.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	64
7.2 Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ.....	64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	70
ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	70
8.1 ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	100
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	100
ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	100
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	100

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ιστορικά, ο όρος «Επιχειρησιακή Έρευνα» προέρχεται από την έρευνα (Research) για τη διεξαγωγή με τον βέλτιστο τρόπο των στρατιωτικών επιχειρήσεων (Operations). Με τη λήξη του Β' παγκοσμίου πολέμου, επεκτάθηκε η χρήση μεθόδων Επιχειρησιακής Έρευνας σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Ενδεικτικά μπορεί να αναφέρει κανείς εφαρμογές σε βιομηχανίες, τράπεζες, ασφάλειες, αγροτική παραγωγή, μεταφορές, τηλεπικοινωνίες, διαχείριση αποθεμάτων, επενδύσεις, χρηματοοικονομική διοίκηση, μάρκετινγκ, τεχνικές κατασκευές, συντήρηση εξοπλισμού, κλπ. Η Επιχειρησιακή Έρευνα αποτελεί ένα ευρύ επιστημονικό πεδίο έρευνας, όπου χρησιμοποιούνται τεχνικές βελτιστοποίησης, προσομοίωσης αλλά και στοιχεία πιθανοτήτων και στατιστική.

Η Συνδυαστική Βελτιστοποίηση αποτελεί ένα κλάδο της Βελτιστοποίησης στα Εφαρμοσμένα Μαθηματικά και στην Επιστήμη των Υπολογιστών, ο οποίος συνενώνει πολλά άλλα επιστημονικά πεδία, όπως της Επιχειρησιακής Έρευνας, της Αλγοριθμικής Θεωρίας, της υπολογιστικής πολυπλοκότητας, αλλά και της τεχνητής νοημοσύνης. Αλγόριθμοι Συνδυαστικής Βελτιστοποίησης εφαρμόζονται για την επίλυση προβλημάτων που θεωρούνται αρκετά δύσκολα, λόγω του μεγάλου πλήθους των δυνατών συνδυασμών – λύσεων. Η επίλυση των προβλημάτων Συνδυαστικής Βελτιστοποίησης επιτυγχάνεται με τη μείωση του συνόλου των εφικτών λύσεων, αλλά και με μια περισσότερο αποτελεσματική αναζήτηση. Η επιστημονική περιοχή της Συνδυαστικής Βελτιστοποίησης, ασχολείται κυρίως με την επίλυση προβλημάτων που μοντελοποιούνται με ροές δικτύων. Η θεωρία ροών σε δίκτυα αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς κλάδους των Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και της Επιχειρησιακής Έρευνας. Υπάρχει ένα μεγάλο εύρος καθημερινών εφαρμογών που μοντελοποιούνται με τη βοήθεια προβλημάτων Συνδυαστικής Βελτιστοποίησης. Αυτό άλλωστε καταδεικνύει και τη σημαντική αξία αυτού του επιστημονικού πεδίου. Είναι σημαντικό να αναφερθεί το γεγονός ότι η Συνδυαστική Βελτιστοποίηση ασχολείται με προβλήματα αιτιοκρατικής Επιχειρησιακής Έρευνας και όχι προβλήματα που περιλαμβάνουν στοχαστικές διαδικασίες.

Τα δίκτυα και οι γράφοι, έχουν την ικανότητα να μοντελοποιούν αποτελεσματικά πολλά πρακτικά προβλήματα, πολύ μεγάλης κλίμακας. Η πρόοδος της έρευνας στο πεδίο αυτό, οδήγησε στην ανάπτυξη αποτελεσματικών αλγοριθμικών διαδικασιών για διακριτές μαθηματικές δομές, όπως για παράδειγμα τα δίκτυα. Με άλλα λόγια έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι για γραφήματα, οι οποίοι αξιοποιούν αυτές τις ιδιαίτερες διακριτές δομές δεδομένων. Ως αποτέλεσμα αυτοί

οι αλγόριθμοι έχουν βελτιωμένη τόσο θεωρητική πολυπλοκότητα, αλλά και υπολογιστική συμπεριφορά. Σήμερα τα προβλήματα Επιχειρησιακής Έρευνας (ή αλλιώς και Διοικητικής Επιστήμης) είναι τόσο πολύπλοκα, ώστε είναι απαραίτητη η επίλυση με χρήση μαθηματικών μοντέλων αλλά και σύγχρονων λογισμικών πακέτων Η/Υ. Για παράδειγμα, το πρόβλημα της βέλτιστης γεωγραφικής διανομής αγαθών από κέντρα παραγωγής σε κέντρα κατανάλωσης (Transportation Problem) και η διακίνηση κυκλοφορίας οχημάτων μέσα σε ένα οδικό δίκτυο (Vehicle Routing Problem) αποτελούν κλασικές κατηγορίες προβλημάτων ροής σε δίκτυα. Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων (Π.Δ.Ο. –Vehicle Routing Problem – V.R.P.) είναι ένα από τα πιο σημαντικά και πιο μελετημένα προβλήματα συνδυαστικής βελτιστοποίησης. Στο Π.Δ.Ο. το ζητούμενο είναι ο ορισμός του βέλτιστου συνόλου διαδρομών που πρέπει να εκτελεστούν από ένα στόλο οχημάτων έτσι ώστε να εξυπηρετήσουν ένα σύνολο πελατών.

Για την αποτελεσματικότερη επίλυση αυτών των πρακτικών προβλημάτων αναπτύχθηκε ένας νέος μαθηματικός κλάδος που προέκυψε από τις ιδιότητες των μαθηματικών δομών που χρησιμοποιήθηκαν για να προσομοιώσουν τα πραγματικά προβλήματα. Με τη χρήση διαφόρων τεχνικών, όπως για παράδειγμα η μαθηματική μοντελοποίηση για την ανάλυση πολύπλοκων προβλημάτων, η Επιχειρησιακή Έρευνα δίνει τη δυνατότητα στους διευθύνοντες (managers) να λάβουν αποτελεσματικές αποφάσεις και να γίνουν πιο παραγωγικοί. Για να επιλυθεί ένα πρακτικό πρόβλημα σε κάποιον χώρο όπως η Βιομηχανία, οι Κατασκευές κ.α., πρώτα αναπτύσσεται και εφαρμόζεται κάποιο μοντέλο. Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα από τη χρήση μοντέλων για την επίλυση προβλημάτων. Κάποια από αυτά είναι ο έλεγχος εναλλακτικών σεναρίων, η εξοικονόμηση πόρων, και γενικότερα η ελαχιστοποίηση του κινδύνου.

Κάθε σύγχρονη οικονομική μονάδα επιδιώκει την μεγιστοποίηση της αξίας των αγαθών/υπηρεσιών που προσφέρει στους πελάτες της. Η εφαρμογή των Logistics επιδιώκει να συντονίσει όλες τις προσπάθειες που γίνονται σε κάθε κρίκο της αλυσίδας εφοδιασμού, έτσι ώστε η επιδιωκόμενη αύξηση της αξίας σε μία φάση να μην προκαλεί μείωση της πρότυπης αξίας σε προηγούμενη ή επόμενη φάση. Η λειτουργία των Logistics αποτελεί μία σύνθεση με σκοπό την βελτιστοποίηση των επί μέρους λειτουργιών: management του εφοδιαστικού περιβάλλοντος, διοίκηση μεταφορικής λειτουργίας, αποθήκευση και έλεγχος πρώτων υλών, διοίκηση παραγωγής, προγραμματισμός και προβλέψεις, διανομή προϊόντων, εξυπηρέτηση πελατών και service, διαχείριση υποπροϊόντων και αχρήστων κ.ά.

Η αύξηση της αξίας επιτυγχάνεται μέσω των πέντε στρατηγικών στόχων που προκύπτουν από την εφαρμογή των Logistics:

- Σχεδιασμός, ανάπτυξη, παραγωγή και παράδοση προϊόντων χωρίς ελαττώματα
- Χρήση του χρόνου ως ανταγωνιστικού εργαλείου
- Μείωση του ολικού κόστους και αύξηση της αξιοπιστίας σε όλο το μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού
- Καθιέρωση και συντήρηση τεχνολογικής υπεροχής σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον

- Ελαχιστοποίηση των κινδύνων που προέρχονται από το εξωτερικό εφοδιαστικό περιβάλλον (Από Ε.Β βιβλίο 1, 2)

Στη διπλωματική αυτή εργασία η επίλυση του προβλήματος στηρίχθηκε στις ήδη ανεπτυγμένες μεθόδους και αλγορίθμους της Επιχειρησιακής Έρευνας και του Μαθηματικού προγραμματισμού.

Όλα τα μαθηματικά μοντέλα αποτελούνται από κάποια βασικά στοιχεία. Αυτά είναι οι μεταβλητές απόφασης (decision variables), το κριτήριο απόδοσης (performance measure), η αντικειμενική συνάρτηση (objective function), οι παράμετροι (parameters), οι περιορισμοί (constraints) και η εφεκτικότητα του μοντέλου (feasibleness). Είναι πολύ σημαντικό, ένα μοντέλο να είναι απλό, πλήρες, εύχρηστο αλλά και προσαρμοστικό.

Αναλυτικότερα, τα στάδια που έχουν ακολουθηθεί στην διπλωματική αυτή εργασία είναι συνοπτικά :

- Βιβλιογραφική έρευνα όσον αφορά το αντικείμενο της εφοδιαστικής αλυσίδας και του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων.
- Συλλογή δεδομένων
- Μοντελοποίηση του προβλήματος και επίλυση του

Συγκεκριμένα :

Το **Κεφάλαιο 1** πραγματεύεται γενικά στοιχεία για τις επιστήμες της επιχειρησιακής έρευνας, της συνδυαστικής βελτιστοποίησης και της εφοδιαστικής αλυσίδας, στο πλαίσιο της ένταξης της διπλωματικής εργασίας και της άντλησης γνώσης και διαδικασιών από αυτές.

Το **Κεφάλαιο 2** αναφέρεται στα θέματα με τα οποία ασχολούνται τα Logistics.

Το **Κεφάλαιο 3** αναφέρεται στα θέματα με τα οποία ασχολείται η Εφοδιαστική Αλυσίδα.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζεται το πρόβλημα διανομής και οι προεκτάσεις του.

Στο **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζονται μερικοί ευρετικοί και μεθευρετικοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για την επίλυση των Προβλημάτων Δρομολόγησης.

Στο **Κεφάλαιο 6** παρουσιάζεται η θεωρητική ανάλυση του προβλήματος, τα δεδομένα του προβλήματος και η επεξεργασία τους.

Στο **Κεφάλαιο 7** περιγράφεται ο αλγόριθμος (σε matlab) που χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση του.

Στο **Κεφάλαιο 8** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μετά την εκτέλεση του αλγορίθμου και η ανάλυσή τους.

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ LOGISTICS

2.1 Ορισμός Των Logistics

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

Τα logistics αποσκοπούν στην παραγωγή προϊόντων με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος, στη διατήρηση των προϊόντων με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, στην πλήρη αξιοποίηση των υλικών μέσων της επιχείρησης, στη μεταφορά των προϊόντων με το χαμηλότερο δυνατό κόστος και τις μικρότερες δυνατές καθυστερήσεις και τελικά στην επίτευξη κερδοφορίας και οικονομίας για την επιχείρηση. (Από Ε.Β βιβλίο 2)

2.1.1 Βασικές Αρχές Των Logistics

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

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

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

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

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

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

- **Διαθεσιμότητα** (availability), η οποία περιλαμβάνει τη διάθεση των απαραίτητων αποθεμάτων από την επιχείρηση, έτσι ώστε να μπορεί να καλύπτει ανά πάσα στιγμή της ανάγκες της παραγωγής ή των πελατών.
- **Δυναμικότητα** (capacity), η οποία αναφέρεται στην ταχύτητα εκτέλεσης της παραγγελίας και την επίτευξη αυτής της ταχύτητας καθημερινά.
- **Συνέπεια** (consistency), η οποία αναφέρεται στη συνεχή παράδοση των προϊόντων τα οποία ζητούν οι πελάτες, σε καλή κατάσταση και ποιότητα, χωρίς λάθη και σωστά επισημασμένα, ώστε ο πελάτης να είναι σίγουρος πως έχει στα χέρια του το προϊόν το οποίο παρήγγειλε.

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

- Σωστό προϊόν
- Σωστός τρόπος αποστολής

- Σωστός τόπος προορισμού
- Σωστό χρονοδιάγραμμα
- Σωστή ποσότητα
- Σωστή ποιότητα
- Σωστή τιμή (Από Ε.Β βιβλίο 2)

2.1.1.1 Δραστηριότητες Των Logistics

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

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

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

Αποθέματα: Ο όρος «διαχείριση αποθεμάτων» αναφέρεται στο σωστό επίπεδο προϊόντων που μια επιχείρηση πρέπει να διαθέτει έτσι ώστε να μπορεί να

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

Μεταφορές: οι μεταφορές αναφέρονται στην εύρεση του αποδοτικότερου τρόπου διακίνησης των προϊόντων από και προς την επιχείρηση. Η εύρεση του βέλτιστου τρόπου μεταφοράς, περιλαμβάνει την επιλογή των κατάλληλων μέσων μεταφοράς, αν τα μέσα αυτά θα είναι ιδιόκτητα ή όχι και στην περίπτωση που δεν είναι ποιος είναι ο καταλληλότερος μεταφορέας. Ταυτόχρονα, ένα πολύ σημαντικό κριτήριο για τη σωστή επιλογή του τρόπου μεταφοράς είναι η χρονική διάρκεια, ώστε τα προϊόντα να παραδίδονται ακριβώς στην ώρα που επιθυμεί ο πελάτης, χωρίς καθυστερήσεις.

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

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί πως σημαντικό κομμάτι του συστήματος logistics αποτελεί και η **πληροφόρηση**. Οι τεχνολογικές εξελίξεις, επιτρέπουν τόσο την εύκολη επικοινωνία των απομακρυσμένων εγκαταστάσεων, όσο και τη δημιουργία βάσεων δεδομένων, που επιτρέπουν την καταγραφή και τον έλεγχο των αποθεμάτων και των διανομών. (Από Ε.Β βιβλίο 2)

2.1.1.2 Οφέλη Ενσωμάτωσης Νέων Τεχνολογιών Στα Logistics

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

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

Στο επιχειρηματικό περιβάλλον, όπως αυτό διαμορφώνεται σήμερα, ζητούμενο της διοίκησης δεν είναι ο λεπτομερής έλεγχος κάθε τμήματος της επιχείρησης καθώς κάτι τέτοιο απαιτεί πολλή ενέργεια και χρόνο- αλλά η αυτοματοποίηση διαδικασιών με τη χρήση τεχνολογικών εργαλείων. Οι τεχνολογίες που εξετάσαμε παρέχουν πλήθος πληροφοριών στη διοίκηση και τα στελέχη της επιχείρησης, ώστε να είναι δυνατή η λήψη ορθών και άμεσων αποφάσεων, καθώς και η χάραξη μακρόπνοης αναπτυξιακής στρατηγικής. (Από Ε.Β βιβλίο 2)

2.1.2 Ρόλος Και Χρησιμότητα Σε Επιχειρήσεις

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

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

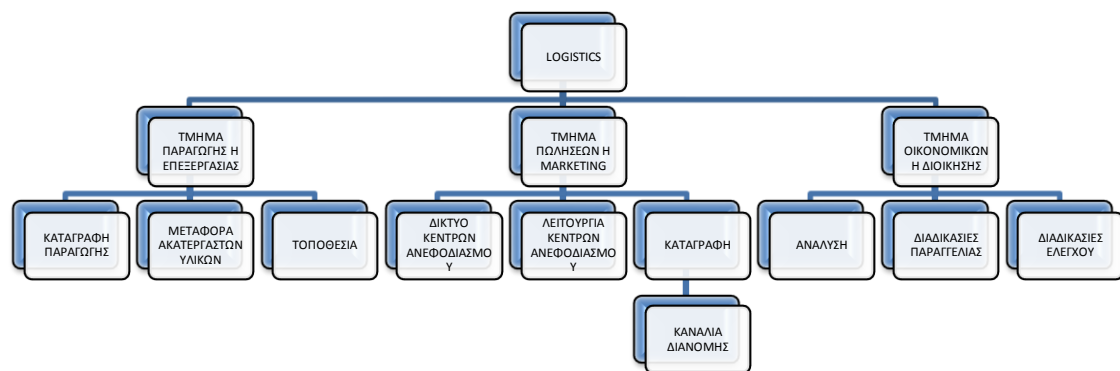
Σε κάθε περίπτωση όμως και σε δεδομένη χρονική στιγμή, κάποιος θα επενδύσει σε σύγχρονες τεχνολογίες στον τομέα των logistics, οι οποίες μπορεί να αφορούν στην κατασκευή νέων εξελιγμένων αποθηκευτικών κέντρων σε ότι αφορά όχι μόνο στον τρόπο αποθήκευσης αλλά και στα μέσα για τη γενικότερη οργάνωση της αποθήκης, σε συστήματα ελέγχου των μεταφορών αλλά και ηλεκτρονικά συστήματα εντοπισμού των φορτίων καθ' οδόν για τον προορισμό τους σε όποιο σημείο και αν βρίσκονται, αλλά και σε συστήματα σήμανσης και αυτοματοποιημένης συλλογής πληροφοριών. (Από Ε.Β βιβλίο 2)

2.1.2.1 Θέση Των Logistics Στην Οργανωτική Δομή Της Επιχείρησης

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

Στην πραγματικότητα τα logistics έχουν ένα πολυδιάστατο ρόλο και αναπτύσσουν διασυνδέσεις με πολλά τμήματα της επιχείρησης σε διαφορετικές φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφερθούμε στις διασυνδέσεις που αναπτύσσει το σύστημα των logistics με το τμήμα παραγωγής και πιο συγκεκριμένα με τον προγραμματισμό και τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας, με το τμήμα marketing και τους τομείς της εξυπηρέτησης πελατών, της συσκευασίας, της διαδικασίας της παραγγελίας και τέλος με το τμήμα των οικονομικών της επιχείρησης μέσω της διατήρησης και του ελέγχου αποθεμάτων, τον έλεγχο του κόστους διανομής των αντικειμένων-προϊόντων και τις δαπάνες εξοπλισμού. Ας μην ξεχνάμε βέβαια ότι αντικειμενικός στόχος κάθε επιχείρησης και άξονας γύρω από τον οποίο αναπτύσσονται όλες οι δραστηριότητες είναι η ικανοποίηση των πελατών, γεγονός που θα οδηγήσει στην δημιουργία και την διεύρυνση του πελατολογίου τους και κατ' επέκταση στην αύξηση της κερδοφορίας τους. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος πολύ σημαντική παράμετρος είναι η ύπαρξη αρμονικής συνεργασίας μεταξύ των τμημάτων της επιχείρησης ή του οργανισμού κατά περίπτωση, αλλά και των αντίστοιχων τμημάτων με τους προμηθευτές και τους πελάτες.

Γι' αυτούς τους λόγους είναι σημαντικό η συνεργασία ειδικά σε θέματα που αφορούν τις δραστηριότητες των logistics να επιτυγχάνεται ανάμεσα σε όλα σχεδόν τα τμήματα της εταιρίας. Βέβαια αυτό δεν σημαίνει σε καμία περίπτωση πως η ομάδα θα πρέπει να περιλαμβάνει μόνο logisticians, καθώς κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε μη αποτελεσματικές και λανθασμένες ενέργειες. Εδώ δεν θα πρέπει να ξεχνάμε και τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ της επιχείρησης και του πελάτη και θα πρέπει επισημάνουμε την σπουδαιότητα της καθώς σε αυτή βασίζεται μεγάλο μέρος των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στον τομέα των logistics. Είναι στην πραγματικότητα μεγάλο το ποσοστό των δραστηριοτήτων logistics που ολοκληρώνονται εκτός του προστατευμένου και σχετικά ελεγχόμενου χώρου μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού, και εξαρτώνται άμεσα από την ύπαρξη και τη διατήρηση καλών σχέσεων μεταξύ πελατών και επιχείρησης/ οργανισμού. Η επιχείρηση είναι άλλωστε αυτή που στη συνέχεια θα επιλέξει τους πελάτες οι οποίοι θα έχουν σημαντικό ρόλο στην κερδοφορία της και θα εγκαθιδρύσει συνεργασίες μαζί τους σε βάθος χρόνου. (Από Ε.Β βιβλίο 2)



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

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

Όπως είναι προφανές λοιπόν τα ζητήματα που άπτονται της λειτουργίας των logistics σε μια επιχείρηση είναι αρκετά ετερόκλητα, καθώς έχουν να κάνουν με περισσότερους από έναν τομείς της οργάνωσης του εργοστασίου αλλά όλα μαζί συνθέτουν έναν κύκλο ροής του προϊόντος από την παραγωγή του στο εργοστάσιο μέχρι την παράδοση του στα χέρια του καταναλωτή, ο οποίος μπορεί να είναι και μια ολόκληρη επιχείρηση. (Από Ε.Β βιβλίο 2)

2.1.3 Ο Ρόλος Του Ανθρωπίνου Δυναμικού Στη Διοίκηση Των Logistics

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

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

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

Η ύπαρξη προκαθορισμένων στόχων του τμήματος logistics, ήδη από την δημιουργία του αποτελεί στοιχείο κλειδί για την επιτυχία του λειτουργία. Πραγματικά δεν μπορεί κανείς να αξιολογήσει επακριβώς ένα οποιοδήποτε τμήμα μιας επιχείρησης, αν δεν γνωρίζει πρώτα ποιος είναι ο σκοπός ύπαρξης του στον επιχειρησιακό ιστό. Από την άλλη πλευρά ούτε οι ίδιοι οι εργαζόμενοι μπορούν να είναι παραγωγικοί και να δουλέψουν συσπειρωμένοι σαν ομάδα, αν δεν γνωρίζουν πρώτα ποιο είναι το αντικείμενο εργασίας τους και ποιο είναι το επιθυμητό αποτέλεσμα για το οποίο θα εργαστούν. Στην περίπτωση των logistics συνήθως ο κύριος στόχος είναι η ικανοποίηση των πελατών μέσω της ελαχιστοποίησης του κόστους παροχής υπηρεσιών από την πλευρά της επιχείρησης ή του οργανισμού.

Πλήρως συνδεδεμένη με τη λειτουργία και εν γένει τη διοίκηση των logistics είναι η έννοια της ενδυνάμωσης του ανθρώπινου δυναμικού. Ουσιαστικά στοχεύει στην πλήρη και αποτελεσματική αξιοποίηση των ικανοτήτων των εργαζόμενων, έτσι ώστε να αυξηθεί η δυναμική του τμήματος των logistics μέσω της επίτευξης υψηλών επιπέδων απόδοσης και παραγωγικότητας. Σε αυτό θα πρέπει να συμβάλλει και η ύπαρξη ποιοτικού εργασιακού περιβάλλοντος, καθώς και η ύπαρξη αρμονικών σχέσεων μεταξύ των εργαζόμενων ανεξάρτητα από την θέση που καταλαμβάνουν στην ιεραρχία. (Από Ε.Β βιβλίο 2)

2.1.4 Κόστος Και Logistics

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

- Δαπάνες μεταφορών

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

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

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

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

Τέλος αξίζει να τονισθεί ιδιαίτερα η συμβολή του κόστους των μεταφορών στο συνολικό κόστος του συστήματος logistics μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού. Πρόκειται βέβαια για έναν παράγοντα που θα πρέπει να έχει υπολογισθεί με όσο το δυνατόν περισσότερη ακρίβεια, ήδη από το σχεδιασμό του συστήματος logistics. Η μελέτη και η εκτίμηση του κόστους μεταφοράς περιλαμβάνει τόσο τον υπολογισμό των δαπανών για το μεταφορικό στόλο της επιχείρησης, ο οποίος μπορεί να είναι

είτε ιδιόκτητος είτε μισθωμένος εν μέρει, όσο και το χρόνο που πρέπει να δαπανηθεί για να μεταφερθούν τα προϊόντα στον πελάτη στο επιθυμητό και προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Ενδεικτικό για το σημαντικό ρόλο που παίζει ο παράγοντας του μεταφορικού κόστους στο συνολικό κόστος του συστήματος logistics που επιβαρύνει την επιχείρηση, αποτελεί η επιλογή του τύπου παραγωγής των πρώτων υλών που απαιτούνται για την κατασκευή του προϊόντος, ως τύπου εγκατάστασης της επιχείρησης.

Γενικότερα θα πρέπει πάντα να έχουμε κατά νου ότι η ποιότητα αποτελεί καθοριστικό στοιχείο για την επίτευξη χαμηλού κόστους στο logistics management. Όπως ήδη επισημάναμε τα λάθη στη διαδικασία των logistics είναι ιδιαίτερα δαπανηρά, καθώς κοστίζουν τα διπλά στην επιχείρηση, εφόσον υποχρεώνεται στην περίπτωση όπου για παράδειγμα έχει αποστείλει λανθασμένο προϊόν σ' έναν πελάτη να πάρει πίσω το εν λόγω προϊόν, να το μεταφέρει πίσω και να επανατοποθετηθεί στην αποθήκη αλλά και να μεταφέρει στον πελάτη το προϊόν εκείνο που αρχικά είχε παραγγείλει. Σε αυτή την περίπτωση εκτός από την ταλαιπωρία και τη χρονική καθυστέρηση που υπομένει ο πελάτης προκειμένου να πάρει το επιθυμητό προϊόν, η επιχείρηση υφίσταται το αυξημένο μεταφορικό κόστος λόγω των διπλών διαδρομών και της αναστάτωσης στο πρόγραμμα διανομών που πιθανώς να είχε καταρτίσει, αλλά και το αυξημένο κόστος των γραφειοκρατικών διαδικασιών που απαιτούνται για την εκ νέου εισαγωγή του προϊόντος στην αποθήκη.

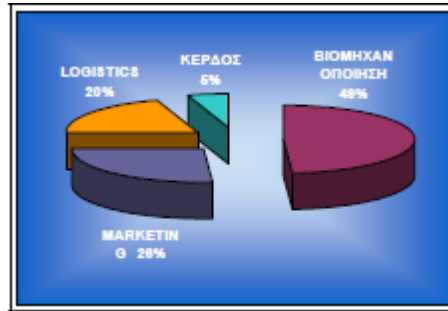
Εν κατακλείδι δεν είναι λίγοι εκείνοι που υποστηρίζουν ότι η καλύτερη μέθοδος ελαχιστοποίησης του κόστους των logistics μιας επιχείρησης, είναι ο σωστός σχεδιασμός του συστήματος εξαρχής και ο καθορισμός των στόχων που πρέπει να επιτευχθούν μέσω αυτού του συστήματος logistics. Η μείωση του κόστους επέρχεται όταν η διοίκηση logistics της επιχείρησης φροντίζει για την ελαχιστοποίηση των αποκλίσεων από τους προκαθορισμένους στόχους του συστήματος. (Από Ε.Β βιβλίο 2)

2.1.5 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 παρακάτω σχήμα.



2.1.6 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 ελαχιστοποίησης 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.

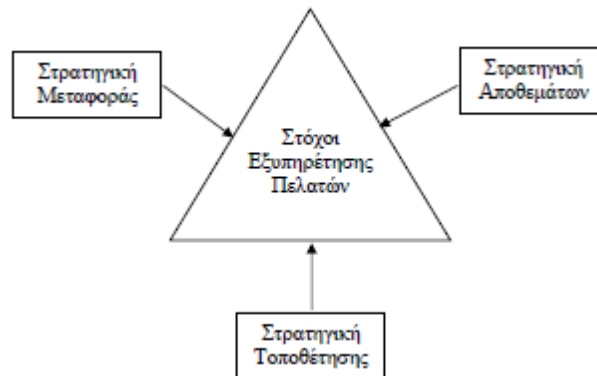
Η μείωση, τώρα, του απασχολούμενου κεφαλαίου είναι στρατηγική που στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του επιπέδου του επενδυμένου κεφαλαίου στο σύστημα των logistics με κίνητρο τη μεγιστοποίηση της απόδοσης, πράγμα το οποίο με διάφορους τρόπους όπως η κατευθείαν αποστολή αποφεύγοντας την αποθήκευση, προτιμώντας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



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 τη 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. (Από Ε.Β βιβλίο 2)

2.1.7 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». (Από Ε.Β βιβλίο 2)

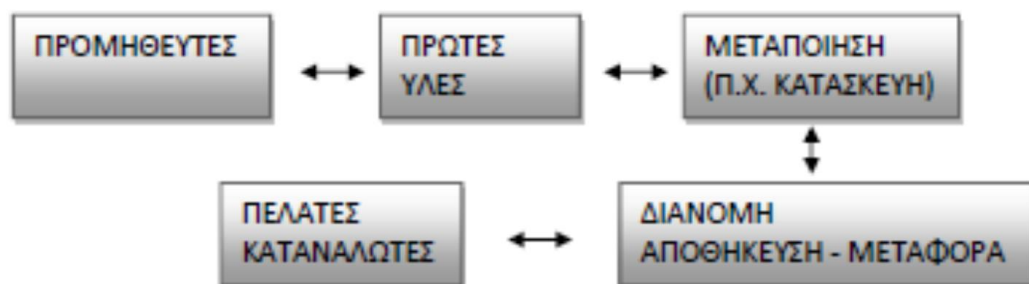
ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

3.1 Εισαγωγή

Ο μεγάλος ανταγωνισμός στις σημερινές παγκόσμιες αγορές, η εισαγωγή των προϊόντων με σύντομους κύκλους ζωής και οι υψηλές προσδοκίες των πελατών έχουν αναγκάσει τις κατασκευαστικές επιχειρήσεις να επενδύσουν και να στρέψουν την προσοχή τους στα συστήματα Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Supply Chain). Αυτό, σε συνδυασμό με τις συνεχόμενες προόδους στις επικοινωνίες και τις τεχνολογίες μεταφορών (π.χ. κινητή επικοινωνία, Διαδίκτυο, και ολονύκτια παράδοση), έχει παρακινήσει τη συνεχή εξέλιξη της διαχείρισης των συστημάτων Εφοδιαστικής Αλυσίδας.

Σε αυτά τα συστήματα, τα προϊόντα παράγονται σε ένα ή περισσότερα εργοστάσια, στέλνονται σε αποθήκες εμπορευμάτων για ενδιάμεση αποθήκευση και έπειτα στους λιανοπωλητές ή τους πελάτες. Συνεπώς, για να μειώσουν το κόστος και να βελτιώσουν τα επίπεδα υπηρεσιών, οι στρατηγικές της Εφοδιαστικής Αλυσίδας πρέπει να λάβουν υπόψη τις αλληλεπιδράσεις αυτών των επιπέδων υπηρεσιών. Αυτό το δίκτυο αποτελείται από τους προμηθευτές, τα κατασκευαστικά κέντρα, τις αποθήκες εμπορευμάτων, τις εξόδους κέντρων διανομής και λιανοπωλητών, καθώς επίσης τις πρώτες ύλες και τα ολοκληρωμένα προϊόντα που ρέουν μεταξύ των εγκαταστάσεων.

Η ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ



Η Εφοδιαστική Αλυσίδα αποτελεί ένα βασικό συντελεστή για την εφαρμογή του μάνατζμεντ. Ασχολείται με τον σχεδιασμό και την υλοποίηση των αποφάσεων και της στρατηγικής ενός οργανισμού, λαμβάνοντας υπόψη μοντέλα και τεχνικές λήψης αποφάσεων, τη σύγχρονη τεχνολογία της πληροφορικής και των επικοινωνιών, και το επιχειρησιακό περιβάλλον. Προϋποθέτει λοιπόν μια σφαιρική αντιμετώπιση όπου, προκειμένου να ληφθεί και να υλοποιηθεί με επιτυχία μια περίπλοκη απόφαση, λαμβάνονται υπόψη και καλλιεργούνται οι αιτούμενες προϋποθέσεις, όπως το οργανωτικό κλίμα, οι ανθρώπινες / διοικητικές ικανότητες, η ύπαρξη και οργάνωση του πληροφοριακού συστήματος και των δεδομένων κ.α.

Η ολοκληρωμένη μεθοδολογία της Εφοδιαστικής Αλυσίδας που ακολουθείται σε κάθε εφαρμογή συμπεριλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα :

Εντοπισμός του προβλήματος και εφαρμογή μεθόδων ανάλυσης για την οριοθέτηση των συστατικών του ή των παραγόντων που το επηρεάζουν και προσδιορισμό των στρατηγικών-επιχειρησιακών στόχων και των περιορισμών που το διέπουν.

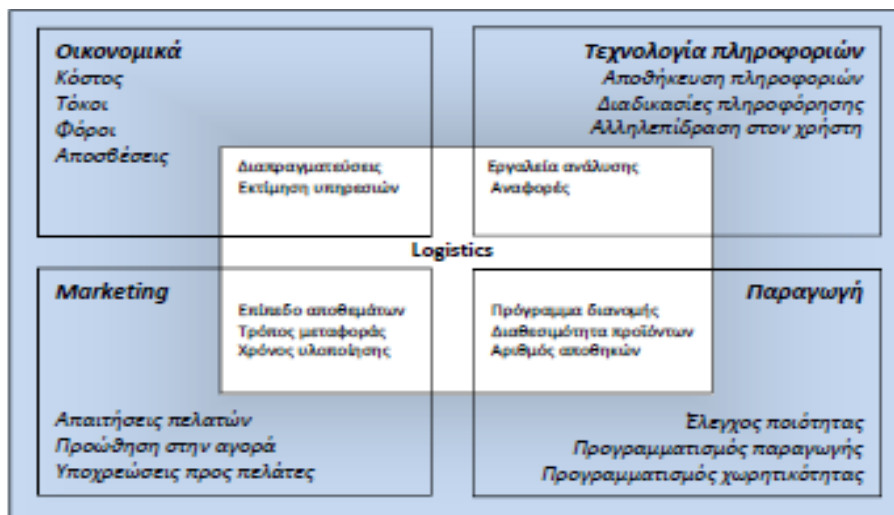
Μαθηματική (π.χ. γραμμικός-ακέραιος προγραμματισμός ή γραμμές αναμονής) ή συστηματική (π.χ. προσομοίωση ή μοντελοποίηση επιχειρησιακών διαδικασιών) προτυποποίηση για τη ορθολογιστική απεικόνιση του προβλήματος.

Ανάπτυξη (ή επιλογή υπαρχόντων) τεχνικών επίλυσης των προβλημάτων μέσω μαθηματικού προγραμματισμού, αλγορίθμων ή άλλων υπολογιστικών μεθόδων ώστε να είναι δυνατή η σύγκλιση σε μια εφικτή ή / και βέλτιστη λύση.

Υλοποίηση των τεχνικών επίλυσης σε κατάλληλη πλατφόρμα που εξαρτάται από την πληροφοριακή υποδομή της αντίστοιχης εταιρείας, την ύπαρξη πακέτων λογισμικού, και τις ανάγκες για αποτελεσματικότητα και ταχύτητα στην εξεύρεση λύσεων.

Σχεδιασμός και σύνθεση των υποστηρικτικών πληροφοριακών συστημάτων που ενσωματώνουν τις τεχνικές επίλυσης και επιτρέπουν τη διεπαφή των μάνατζερ που πρέπει να λαμβάνουν τις αποφάσεις και των συστημάτων που περιέχουν τα δεδομένα και τις αλγοριθμικές προσεγγίσεις.

Τα επιχειρησιακά προβλήματα όπου εφαρμόζονται οι αρχές της Εφοδιαστικής Αλυσίδας καλύπτουν μεγάλο φάσμα δραστηριοτήτων των σύγχρονων εταιριών, π.χ. χρηματοοικονομική διοίκηση, μάρκετινγκ και πωλήσεις, μεταφορές, πληροφορική και ανθρώπινοι πόροι. Στο σχήμα εμφανίζεται η σχέση των Logistics με τις άλλες επιχειρησιακές λειτουργίες. (Από Ε.Β βιβλίο 2)



3.2 Ορισμός Και Σκοπός Εφοδιαστικής Αλυσίδας

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

Ο αντικειμενικός λοιπόν σκοπός της Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας είναι η αύξηση της συνολικής κερδοφορίας κατά μήκος της αλυσίδας που συνεπάγεται την αύξηση της κερδοφορίας όλων των εταίρων της. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατανόηση και ικανοποίηση των πελατειακών αναγκών στον απαιτούμενο χρόνο, και με την προσφορά προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας και ανταγωνιστικού κόστους. Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, απαραίτητα χαρακτηριστικά των εφοδιαστικών αλυσίδων που ανταγωνίζονται μέσα στο σύγχρονο παγκοσμιοποιημένο περιβάλλον είναι η ευελιξία και η ταχεία προσαρμοστικότητα τους στις δυναμικά μεταβαλλόμενες συνθήκες. (Από Ε.Β βιβλίο 2)

3.2.1 Οι Επτά Βασικές Αρχές Της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

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

- 1. Ταξινόμηση πελατών ανάλογα με τις ανάγκες εξυπηρέτησης τους:** Παραδοσιακά, οι εταιρίες ομαδοποιούν τους πελάτες τους κατά επαγγελματικό τομέα, κατά προϊόν ή κατά είδος συναλλαγής και μετά παρέχουν το ίδιο επίπεδο εξυπηρέτησης στα πλαίσια βέβαια συστηματικής ή όχι ταξινόμησης. Η αποδοτική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, σε αντίθεση, ομαδοποιεί τους πελάτες με βάση της ξεχωριστές ανάγκες εξυπηρέτησης τους, ασχέτως του επαγγελματικού τομέα και μετά προσαρμόζει τις παρεχόμενες υπηρεσίες στις ανάγκες τους.
- 2. Παραμετροποίηση του δικτύου της Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας:** Οι απαιτήσεις και η πιθανή κερδοφορία από την εξυπηρέτηση των ξεχωριστών αναγκών των πελατών πρέπει να είναι το σημείο προσοχής των επιχειρήσεων κατά τον σχεδιασμό του δικτύου της Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας τους.
- 3. Εστίαση της προσοχής στα μηνύματα της αγοράς (ζήτηση) και ανάλογος σχεδιασμός:** Για να είναι δυνατή η έγκαιρη διάγνωση αλλαγών στη ζήτηση των προϊόντων και ό,τι αυτό συνεπάγεται θα πρέπει στον σχεδιασμό των ενεργειών και των πωλήσεων να φαίνεται η επίδραση που αυτές έχουν σε όλη την αλυσίδα. Αυτή η σε βάθος προσέγγιση της ζήτησης οδηγεί σε σταθερότερες προβλέψεις και σε μια βέλτιστη διαχείριση της αποθήκης και των διαθέσιμων πηγών και δυναμικού.
- 4. Διαφοροποίηση του προϊόντος φέρνοντας το πιο κοντά στον καταναλωτή:** Επειδή η συσσώρευση αποθεμάτων γίνεται ολοένα και πιο επιζήμια πρέπει η διαφοροποίηση του προϊόντος να συνδεθεί με την παραγωγική διαδικασία για να προσεγγιστεί καλύτερα η ζήτηση του καταναλωτή.
- 5. Στρατηγική διαχείριση των προμηθειών:** Προκειμένου να συνεργάζονται στενά με τους βασικούς προμηθευτές τους και να μειώσουν τα ολικά κόστη απόκτησης πρώτων υλών και υπηρεσιών τους οι εταιρίες πρέπει να διευρύνουν τα σύνορα με τους προμηθευτές τους. Η λήψη προσφοράς από τους προμηθευτές και η επιλογή της μικρότερης τιμής είναι λάθος στρατηγική. Το μοίρασμα των κερδών είναι ο σύγχρονος και αποτελεσματικότερος τρόπος για τη στρατηγική διαχείριση των προμηθειών.
- 6. Ανάπτυξη μιας ευρείας τεχνολογικής στρατηγικής της Εφοδιαστικής Αλυσίδας:** Η ροή πληροφορίας είναι εξίσου σημαντική με την ροή των

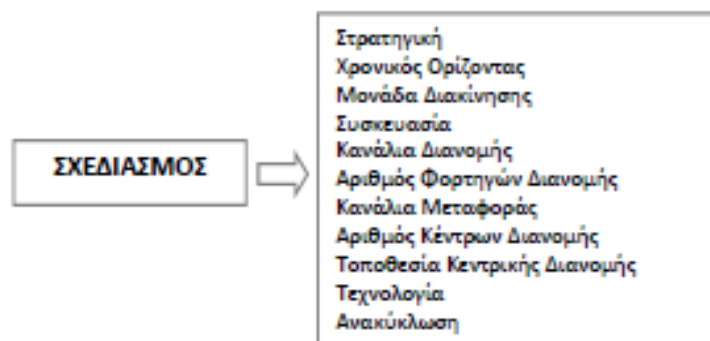
προϊόντων ή των υπηρεσιών και γι' αυτό το λόγο θα πρέπει στα διάφορα επίπεδα λήψης αποφάσεων να υπάρχει υποστήριξη από τη τεχνολογία.

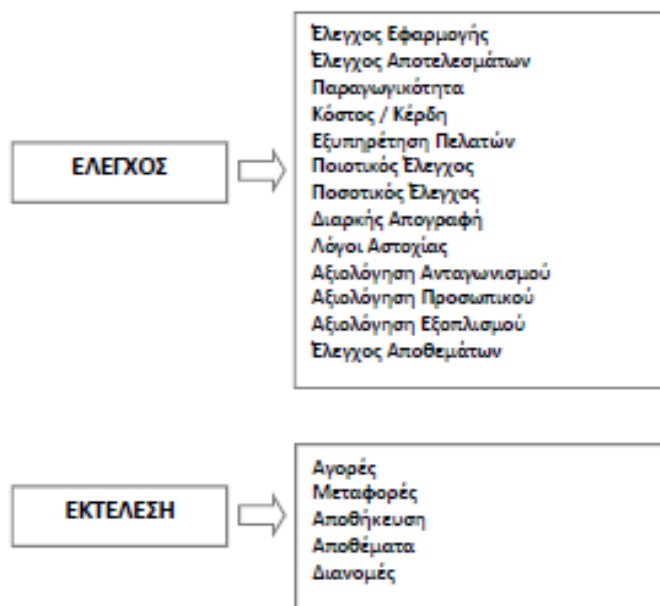
- 7. Υιοθέτηση τρόπων εξάπλωσης μέτρησης της απόδοσης:** Σε κάθε κομμάτι της αλυσίδας θα πρέπει να εφαρμόζονται συστήματα μέτρησης της απόδοσης γιατί έτσι επιτυγχάνεται ο συντονισμός των εσωτερικών λειτουργιών και γιατί μέσω αυτών αποδίδεται μια εικόνα της οικονομικής κατάστασης και της κατάστασης του επιπέδου εξυπηρέτησης των πελατών. (Από Ε.Β βιβλίο 2)

3.3 Διαχείριση Της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Η εφοδιαστική διαχείριση ασχολείται με την ανάπτυξη και υλοποίηση μια μεθοδολογίας για ικανοποιητική και κοστολογικά αποτελεσματική επίτευξη των εφοδιαστικών στόχων μιας επιχείρησης, όπου οι στόχοι αυτοί συνοψίζονται στην ρήση **“να παραδοθεί η σωστή ποσότητα του σωστού προϊόντος στον σωστό πελάτη στον σωστό τόπο και χρόνο σε σωστή τιμή”**. Η εφαρμογή των αρχών της εφοδιαστικής διαχείρισης απαντά συχνά την σύγκρουση συμφερόντων και στόχων μεταξύ διαφόρων τομέων ακόμη και μέσα στην επιχείρηση. Για τον λόγο αυτό, η τάση και η γενική αντίληψη είναι σήμερα η ολοκληρωμένη εφοδιαστική αλυσίδα (integrated logistics management), η οποία αποσκοπεί στην επίλυση αυτών των συγκρούσεων με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ικανοποιητική και κοστολογικά αποτελεσματική για την επιχείρηση σαν σύνολο.

Η διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας αφορά τρεις τομείς:





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

Στα επόμενα εξηγούνται κάποιο όροι που αναφέρονται στις δράσεις των τομέων ανάλυσης της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας που εμφανίζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

3.3.1 Εξυπηρέτηση Πελατών

Η έξοδος του εφοδιαστικού συστήματος αναφέρεται στον πελάτη. Το όλο σύστημα αποσκοπεί στην παράδοση του σωστού προϊόντος στον σωστό πελάτη στον σωστό τόπο σε σωστή κατάσταση στην σωστή χρονική στιγμή σε σωστό κόστος. Καλή εξυπηρέτηση πελατών σημαίνει ικανοποίηση πελατών. Υπενθυμίζουμε ότι ο πελάτης είναι ο μόνος δημιουργός προσόδων στην εφοδιαστική αλυσίδα.

3.3.2 Ανταλλακτικά Και Υπηρεσίες

Η δραστηριότητα αυτή αφορά κυρίως την παράδοση ανταλλακτικών, τη διατήρηση αποθηκών με ανταλλακτικά, την παραλαβή ελαττωματικών προϊόντων από τους πελάτες, όπως και την επισκευή προϊόντων στο χώρο του πελάτη. Είναι όμως το ίδιο ουσιαστική στην υποστήριξη της παραγωγής και συναφών δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στο έτοιμο προϊόν. Απαιτεί επένδυση τρεχόντων κεφαλαίων ως ασφάλεια για πιθανές μελλοντικές ανάγκες.

3.3.3 Συσκευασία

Για την εφοδιαστική, η συσκευασία παρέχει προστασία κατά την διαδικασία αποθήκευσης και την μεταφορά, ενώ παρέχει διευκολύνσεις στις διαδικασίες αυτές και δύναται να συμβάλει στην αποτελεσματικότητα αμφοτέρων. Η συσκευασία παίζει επίσης κρίσιμο ρόλο στην προβολή του προϊόντος και στην έλξη πελατών.

3.3.4 Δημοσιεύσεις

Οι δημοσιεύσεις απαιτούνται για την ικανοποιητική και αποτελεσματική υποστήριξη του προϊόντος. Το είδος των δημοσιεύσεων εξαρτάται από το είδος του προϊόντος και μπορεί να είναι από ένα μονοσέλιδο φυλλάδιο έως και πολύτομο τεχνικό εγχειρίδιο. Οι δημοσιεύσεις πιθανώς να είναι παραδοσιακές, τυπωμένες σε χαρτί, ή βασισμένες στην σύγχρονη τεχνολογία των πολυμέσων.

3.3.5 Τροφοδοσία

Η δραστηριότητα αυτή αφορά την αγορά υλικών και υπηρεσιών από πηγές εκτός της εταιρείας με σκοπό την υποστήριξη των διαδικασιών παραγωγής, πωλήσεων, προβολής των προϊόντων κλπ.

3.3.6 Διαχείριση Υλικού

Η διαχείριση υλικού αφορά σχεδόν όλες τις κινήσεις των πρώτων υλών, την τρέχουσα επεξεργασία και τα έτοιμα προϊόντα μέσα στους χώρους παραγωγής ή αποθήκευσης. Επειδή τέτοιες κινήσεις δημιουργούν έξοδα αλλά όχι πρόσθετη αξία, ο αντικειμενικός σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση ή και η εξάλειψη τους, π.χ., ελαχιστοποιώντας αποστάσεις, επιλέγοντας εσωτερικές διαρρυθμίσεις, μειώνοντας τις συμφορήσεις, τις απώλειες λόγω φθοράς, κακομεταχείρισης ή σπατάλης, κ.α..

3.3.7 Διαχείριση Αποθηκών Και Κέντρων Διανομών

Ιδιαίτερες εγκαταστάσεις πιθανώς να απαιτούνται για την αποθήκευση πρώτων υλών στους προμηθευτές πριν την μεταφορά τους στην παραγωγή, στην επιχείρηση για την αποθήκευση των εισερχόμενων πρώτων υλών πριν την παραγωγή, για την αποθήκευση ετοιμών προϊόντων πριν τη διανομή, για την αποθήκευση ανταλλακτικών με σκοπό την συντήρηση και επιδιόρθωση μηχανών και συσκευών αναγκαίων στην παραγωγή, για την αποθήκευση ανταλλακτικών με σκοπό την συντήρηση και επιδιόρθωση προϊόντων που έχουν παραδοθεί στον πελάτη, κ.α.. Οι εγκαταστάσεις είναι δυνατόν να ανήκουν στην επιχείρηση ή στους μεσάζοντες. Η δραστηριότητα αυτή αναφέρεται στη διαρρύθμιση και λειτουργία των συγκεκριμένων εγκαταστάσεων. Επηρεάζει άμεσα την στρατηγική διανομών και είναι αλληλένδετη με την στρατηγική αποθεματοποίησης και τις στρατηγικές αποφάσεις για τη δομή της αλυσίδας. Δύναται να προσφέρει κοστολογικά οφέλη λόγω της οικονομίας κλίμακας στην παραγωγή και να διευκολύνει την εξυπηρέτηση του πελάτη και την ικανοποίηση της ζήτησης. Η δραστηριότητα αυτή υποστηρίζει άμεσα την χρησιμότητα / ωφέλεια χρόνου και τόπου καθώς επιτρέπει προϊόντα να παραχθούν και να αποθηκευθούν για αργότερα. Ένας βασικός τρόπος με τον οποίο η εφοδιαστική συνεισφέρει πρόσθετη αξία είναι με τη δημιουργία χρησιμότητας ή ωφέλειας. Η ωφέλεια χρόνου είναι η πρόσθετη αξία που προκύπτει από την παραλαβή ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας στον κατάλληλο τόπο. Οι δυο αυτές χρησιμότητες είναι προϋποθέσεις για την χρησιμότητα κτήσης. Χωρίς τις ωφέλειες τόπου και χρόνου δεν μπορεί να υπάρξει ικανοποίηση του πελάτη.

3.3.8 Διαχείριση Επιστρεφόμενων Προϊόντων

Επιστροφή προϊόντων μπορεί να λάβει χώρα είτε λόγο της ακαταλληλότητας είτε επειδή ο πελάτης έχει αλλάξει γνώμη εντός του χρονικού διαστήματος που η νομοθεσία για την προστασία του καταναλωτή έχει καθορίσει. Η προώθηση προϊόντων προς τα πίσω, κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας δύναται να δημιουργήσει έξοδα μέχρι και δέκα φορές μεγαλύτερα από την αντίστοιχη προώθηση των προϊόντων προς τον πελάτη.

3.3.9 Αντίστροφη Εφοδιαστική

Η αντίστροφη εφοδιαστική γίνεται συχνά κατανοητή σαν το εφοδιαστικό κανάλι που είναι υπεύθυνο για την φυσική διανομή από τον πελάτη προς την επιχείρηση. Η δραστηριότητα αυτή αφορά την αφαίρεση και απόθεση απορριμμάτων, π.χ., χρησιμοποιηθέντων ηλεκτρικών στηλών, παλαιών ελαστικών, πλαστικών φιαλών, χαρτονιών, γυάλινων δοχείων, κλπ. Εκτός από συλλογή και μεταφορές, η δραστηριότητα αυτή δύναται να απαιτεί πρόσκαιρη αποθήκευση, διαλογή, ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση και εκ νέου επεξεργασία. Η συνειδητοποίηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από τέτοια απορρίμματα αλλά

και η νομοθεσία πολλών Ευρωπαϊκών χωρών καθιστά την δραστηριότητα αυτή ιδιαίτερα κρίσιμη.

3.3.10 Πρόβλεψη Ζήτησης

Στην εφοδιαστική αλυσίδα, η πρόβλεψη αφορά κυρίως τις παραγγελίες από τους προμηθευτές, τις ποσότητες των ετοιμών προϊόντων που θα μεταφερθούν και που είναι συνάρτηση της ζήτησης, και συχνά αλλά όχι πάντοτε το πρόγραμμα παραγωγής.

3.3.11 Χωροθέτηση Εγκαταστάσεων

Η δραστηριότητα αυτή είναι στρατηγικής σημασίας καθώς επηρεάζει τα έξοδα μεταφοράς, τα επίπεδα εξυπηρέτησης των πελατών και την ταχύτητα αντίδρασης. Αφορά την επιλογή τόπων για τους χώρους αποθήκευσης και διανομής, όπως πιθανώς και για τις μονάδες παραγωγής. Αφορά επίσης τις επιλογές δυναμικότητας αυτών των εγκαταστάσεων, τις μεταφορές μεταξύ των εγκαταστάσεων και τις διανομές στους πελάτες.

3.3.12 Διαχείριση Αποθεμάτων

Τα αποθέματα και όλες οι δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτά αποτελούν ζωτικό τμήμα και κρίσιμο σύνδεσμο της εφοδιαστικής αλυσίδας, καθότι αποθέματα είναι δυνατόν να απαιτούνται σε όλες τις φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας και της διακίνησης του προϊόντος.

3.3.13 Μεταφορές Και Διανομές

Η δραστηριότητα αφορά τον τρόπο και τα μέσα για την μεταβίβαση π.χ. του αποθέματος μέσω των φυσικών καναλιών. Για τη μεταφορά υλικών και αγαθών θα πρέπει να γίνει η επιλογή μέσου, π.χ. αεροπορικής, σιδηροδρομικής, οδικής, κλπ, η επιλογή τύπου οχήματος, ο καθορισμός των διαδρομών και των δρομολογήσεων, η επιλογή μεταφορέων, κλπ. Τα έξοδα μεταφορών αποτελούν συνήθως το μεγαλύτερο κομμάτι της πίττας εξόδων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Μια επιχείρηση σπανίως βασίζεται μόνο σε εσωτερικούς πόρους για τις μεταφορές και τις διανομές της. Συχνά το εφοδιαστικό κανάλι μεταφορών συνίσταται από ποικιλία ανεξάρτητων εταιριών που δρουν ενορχηστρωμένα για την παράδοση πρώτων υλών στην επιχείρηση και την παράδοση ετοιμών προϊόντων στους πελάτες της. Η επιλεγμένη στρατηγική διανομών δύναται να επηρεάσει τη διαχείριση των αποθεμάτων αλλά και την χωροθέτηση των εγκαταστάσεων επιλογή στρατηγικής

για τη διανομή είναι αλληλένδετη με την επιλογή του είδους των εγκαταστάσεων. Η διανομή δύναται να βασιστεί σε κλασικούς χώρους με αποθέματα, σε εγκαταστάσεις τύπου σταθμών μεταφόρτωσης και διαμετακόμισης ή σε απ' ευθείας μεταφορές. Ακόμη και η χωροθέτηση των εγκαταστάσεων παράγωγης επηρεάζεται από την ύπαρξη ικανοποιητικών και κοστολογικά αποτελεσματικών καναλιών μεταφοράς και διανομής.

Η εφοδιαστική διανομή είναι εκείνος ο τομέας της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας ο οποίος είναι υπεύθυνος για την παράδοση των προϊόντων στους πελάτες στον σωστό τόπο, στη σωστή χρονική στιγμή, σε σωστή κατάσταση, και για το σωστό κόστος. Παραδοσιακά, φυσική διανομή αποτελεί μόνο μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η διανομή εθεωρείτο σαν δυο διαφορετικές λειτουργίες. Το τμήμα πωλήσεων ήταν υπεύθυνο για την ανάθεση σε διανομείς ή μεσάζοντες και για τις συμφωνίες που καθόριζαν τις εμπορικές δραστηριότητες των καναλιών διεκπεραίωσης. Από την άλλη πλευρά, η διαχείριση των φυσικών αποθεμάτων και πόρων, τα κανάλια φυσικής διανομής, ήταν στην δικαιοδοσία εξειδικευμένων διαχειριστών, π.χ. διαχειριστής αποθηκών, διαχειριστής μεταφορών, κλπ. Αποτελεσματική όμως διαχείριση των διανομών είναι αδύνατη αν δε ληφθούν υπ' όψιν οι ισχυροί δεσμοί με την τροφοδοσία και την παράγωγή, όπως και οι αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ διαδικασιών που ενυπάρχουν στην εφοδιαστική αλυσίδα. Δεν υπάρχουν συνεπώς διαχωριστικές γραμμές μεταξύ της διαχείρισης της εφοδιαστικής γενικώς, της εφοδιαστικής διανομής και της εφοδιαστικής αλυσίδας.

3.3.14 Επικοινωνία Και Τεχνολογία Επικοινωνίας

Οι αλληλεπιδράσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι περιπλοκές και γίνονται συνεχώς πολυπλοκότερες λόγω της παγκοσμιοποίησης της αγοράς. Δημιουργούνται συνεπώς απαιτήσεις για αυτόματες και γρήγορες επικοινωνίες π.χ. μεταξύ της εταιρείας και των προμηθευτών της όπως και των πελατών της αλλά και μεταξύ τμημάτων της ίδιας εταιρείας. Οι επικοινωνίες αυτές αφορούν δραστηριότητες όπως τον συντονισμό των χώρων αποθήκευσης, την τρέχουσα διαδικασία παραγωγής και έτοιμα προϊόντα. Επικοινωνία λαμβάνει όμως χώρα και μεταξύ μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας που δεν συνδέονται άμεσα με την εταιρεία, όπως π.χ. οι δευτερεύοντες προμηθευτές και οι δευτερεύοντες πελάτες. Επειδή οι επικοινωνίες αποτελούν το κλειδί για την εφικτή λειτουργία του συστήματος, η σωστή τους οργάνωση και η σωστή επιλογή τεχνολογίας είναι κρίσιμες αποφάσεις.

3.3.15 Επεξεργασία Παραγγελιών Και Τεχνολογία Πληροφορικής

Η διαδικασία εκτέλεσης παραγγελιών αποτελεί τη βασική και συχνά τη μοναδική διεπαφή με τον πελάτη και έχει συνεπώς ρόλο κλειδί στη δημιουργία εντυπώσεων στον πελάτη σχετικά με τις προσφερόμενες υπηρεσίες και συνεπώς με την τελική του ικανοποίηση. Η διαδικασία αυτή εμπεριέχει την εξέταση του αποθεματικού επιπέδου, την έκδοση τιμολογίων, κ.α. και δύναται συνεπώς να

προβεί χρονοβόρα. Οι εταιρείες στρέφονται σε ηλεκτρονικά συστήματα όπως την ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων EDI, την ηλεκτρονική μεταφορά κεφαλαίων EFT και το διαδίκτυο. Η τεχνολογία της πληροφορικής είναι κρίσιμη για την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης της αλυσίδας σε τέτοιο βαθμό ώστε μεγάλο μέρος του πρόσφατου ενδιαφέροντος για την εφοδιαστική αλυσίδα βασίζεται στις ευκαιρίες που η ανάπτυξη της πληροφορικής έχει δημιουργήσει για την ταχεία μεταφορά μεγάλου συνόλου δεδομένων και την γρήγορη επεξεργασία τους.

3.3.16 Εκπαίδευση Προσωπικού

Το προσωπικό αντιπροσωπεύει συχνά ένα πολύ ακριβό στοιχείο της εφοδιαστικής αλυσίδας, π.χ. όταν η επιχείρηση παράγει προϊόντα υψηλής και περιπλοκής τεχνολογίας. Το κόστος του δύναται να ελαχιστοποιηθεί μέσω προσεκτικής επιλογής του και σωστής και αποτελεσματικής εκπαίδευσης του, έτσι προγραμματισμένη ώστε συνεχώς να υπάρχει πρόσβαση σε πλήρως καταρτισμένο προσωπικό.

3.3.17 Εφοδιαστική Τρίτου Και Στρατηγικός Συνεταιρισμός

Η εφοδιαστική αλυσίδα είναι δυνατόν να μην ελέγχεται από μια μόνο εταιρεία όποτε συγκρουόμενοι αντικειμενικοί στόχοι πιθανώς να υπάρχουν μεταξύ συνεργαζομένων ή μεταξύ εγκαταστάσεων. Οι εταιρείες πρέπει να λάβουν αποφάσεις ως προς το εάν θα διατηρήσουν όλες τις δραστηριότητες που προείπαμε ή αν θα διατηρήσουν μόνο δραστηριότητες κλειδιά και θα αναθέσουν τις υπόλοιπες σε τρίτους. Αποθήκευση και μεταφορές είναι οι κυριότερες εφοδιαστικές δραστηριότητες που συνήθως αναθέτονται σε τρίτους. Αμοιβαία εμπιστοσύνη, σεβασμός και ειλικρίνεια μεταξύ των συμβαλλομένων είναι το κλειδί της επιτυχούς συνεργασίας. Ο στρατηγικός συνεταιρισμός αποσκοπεί στις κατάλληλες συμφωνίες συνεργασίας και στις δραστηριότητες εκείνες που θα οδηγήσουν στην ολοκλήρωση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ο ανταγωνισμός της αγοράς, οι πιέσεις από πελάτες και από συνεταίρους στην αλυσίδα οδηγεί στην ολοκλήρωση της. Ο στρατηγικός συνεταιρισμός προϋποθέτει συμμετοχή σε πληροφόρηση των συνεταίρων και διάχυση πληροφόρησης προς τους συνεταίρους. Εάν τελικά επιτευχθεί η ολοκλήρωση θα εξαρτηθεί από το είδος της πληροφόρησης, από τον τρόπο χρησιμοποίησής της, από το πώς επηρεάζει την εσωτερική επιχειρησιακή δομή των συμμετεχόντων, κ.α. Είναι ένα παίγνιο συμφερόντων.

3.3.18 Συγκέντρωση Και Κεντροποίηση

Έχει ήδη αναφερθεί ότι η εφοδιαστική αλυσίδα είναι δυναμική. Με την πάροδο του χρόνου η εταιρεία πιθανώς να αυξήσει τη δυναμικότητα παραγωγής είτε

εγκαθιστώντας νέες μονάδες σε διάφορους τόπους είτε εξαγοράζοντας μικρότερες, π.χ. οικογενειακές επιχειρήσεις. Το τελικό αποτέλεσμα είναι εγκαταστάσεις διάσπαρτες στη χώρα ή και σε άλλες χώρες, ανομοιογενή και διάσπαρτη διοίκηση πιθανώς με αντικρουόμενους στόχους, ανομοιογενή συστήματα εφοδιαστικής διαχείρισης, κ.α. Σε μια τέτοια περίπτωση, συγκέντρωση της διαχειριστικής λειτουργίας μπορεί να αποτελέσει την διέξοδο που θα οδηγήσει στην αποτελεσματικότητα της αλυσίδας. Έτσι αποφάσεις που αφορούν π.χ. την ποικιλία των προϊόντων, τις μεταφορές και τις διανομές, τον τρόπο εκτέλεσης των παραγγελιών στα διάφορα παραρτήματα, κλπ. θα μπορούσαν να λαμβάνονται κεντρικά. Το σύστημα επικοινωνιών και πληροφοριών θα πρέπει να επανασχεδιασθεί. Η διοικητική συγκέντρωση δύναται να επιτευχθεί πιο εύκολα εάν συνδυαστεί και με κεντροποίηση, δηλαδή με ενοποίηση των διαφόρων τμημάτων της εταιρείας. Αυτό θα είχε πιθανώς και θετικό αποτέλεσμα στα έξοδα, π.χ. διότι οι μεταφορές μεταξύ διαφόρων εγκαταστάσεων γίνεται περιττή.

3.3.19 Παγκοσμιοποιημένη Εφοδιαστική (Global Logistics)

Η πολυπλοκότητα των εφοδιαστικών δικτύων που αντιμετωπίζουν εταιρείες μεεγκαταστάσεις διάσπαρτες σε διαφορετικές χώρες υπερβαίνει κατά πολύ αυτήν των ενδοχώριων εφοδιαστικών αλυσίδων. Καθώς υλικά και προϊόντα διασχίζουν σύνορα χωρών, οι γεωγραφικές αποστάσεις, οι χρονικές διαφοροποιήσεις, οι διαφορετικές γλώσσες, οι συνήθειες και οι πολιτιστικοί παράγοντες, τα χρηματικά συναλλάγματα και ασφαλώς οι αβεβαιότητες στην πρόβλεψη ζήτησης σε ξένες χώρες όλα προσθέτουν στην πολυπλοκότητα της αλυσίδας. Έτσι είναι δυνατόν να παρατηρηθεί αύξηση των αποθεμάτων ασφάλειας, καθυστερημένες διανομές και αύξηση των εξόδων. Αποφάσεις που βελτιώνουν την απόδοση της αλυσίδας και ταυτόχρονα λαμβάνουν υπ' όψιν τους όλους τους παράγοντες που αναφέραμε είναι απαραίτητες.

Οι αποφάσεις που σχετίζονται με τις πιο πάνω δραστηριότητες και στρατηγικές επιλογές δύναται να κατηγοριοποιηθούν με βάση την συχνότητα που λαμβάνονται και το χρονικό πλαίσιο που αφορούν:

- Το **στρατηγικό επίπεδο** εξετάζει τις αποφάσεις που έχουν μακρόχρονη επίδραση στην εταιρεία. Αυτό περιλαμβάνει τις αποφάσεις σχετικά με τον αριθμό, τη θέση και τη δυναμικότητα των αποθηκών και των εργοστασίων, ή τη ροή του υλικού μέσω του δικτύου της εφοδιαστικής.

- Το **τακτικό επίπεδο** περιλαμβάνει τις αποφάσεις που ανανεώνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα (κάθε εβδομάδα, μηνά κλπ.). Οι αποφάσεις αυτές λαμβάνονται με την δομή της αλυσίδας δεδομένη από το προηγούμενο επίπεδο αποφάσεων. Οι αποφάσεις αυτές λαμβάνονται με βάση την πρόβλεψη της ζήτησης για την συγκεκριμένη χρονική περίοδο και αφορούν τις μεταφορές και διανομές, τις πολιτικές αποθεμάτων και αναπλήρωσης τους, τις πολιτικές παράγωγης, τροφοδοσίας και υποσυμβολαίων, τις πολιτικές προβολής των προϊόντων.

- Σε **επιχειρησιακό επίπεδο** οι αποφάσεις λαμβάνονται σε εβδομαδιαία ή ημερήσια βάση και πιθανώς σε ακόμη μικρότερα χρονικά διαστήματα, π.χ. σε λεπτά. Οι αποφάσεις αφορούν κυρίως στην διεκπεραίωση των παραγγελιών.

3.4 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.
- Ο *καταναλωτής*, που είναι αυτός που καταναλώνει το παραγόμενο προϊόν από τον παραγωγό, είτε σαν τελευταίος κρίκος της εφοδιαστικής αλυσίδας είτε σαν ενδιάμεσος κρίκος μετασχηματίζοντας το σε άλλο προϊόν.

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. (Από Ε.Β βιβλίο 1)

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ

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

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

Αρωγός στην αύξηση της χρήσης των παραπάνω μοντέλων, είναι η δημιουργία λογισμικών πακέτων και πληροφοριακών συστημάτων με δυνατότητες επίλυσης 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. (Από Ε.Β βιβλίο 2)

4.2 Με Τι Ασχολείται Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων

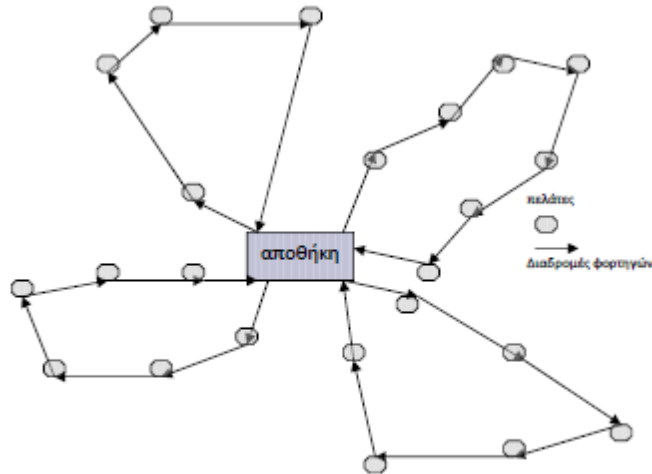
Σκοπός του προβλήματος αυτού είναι να ελαχιστοποιηθεί το κόστος μεταφοράς των προϊόντων ενός συνόλου οχημάτων τα οποία ξεκινούν από μία αποθήκη-αφετηρία και με τη λήξη των δρομολογίων καταλήγουν πάλι στην ίδια αποθήκη-αφετηρία-τέρμα. Για την πραγματοποίηση μίας τέτοιας επίλυσης πρέπει να υπολογισθούν οι βέλτιστες διαδρομές διανομής προϊόντων για την ικανοποίηση της ζήτησης των πελατών. Επικρατεί η παραδοχή ότι το πλήθος των πραγματικών περιπτώσεων με διαφορετικούς κάθε φορά περιορισμούς για ένα τέτοιο πρόβλημα είναι πολύ μεγάλο, και πολλές φορές σχετίζεται με το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή που θα εξεταστεί λεπτομερέστερα παρακάτω.

Με την εφαρμογή του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων πρέπει να εξυπηρετηθεί ένας συγκεκριμένος αριθμός πελατών, σε δεδομένο χρόνο και από πεπερασμένο αριθμό οχημάτων. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα οχήματα ξεκινούν από την αφετηρία που μπορεί να είναι ένα ή περισσότερα κέντρα διανομής προϊόντων και ακολουθούν ένα συγκεκριμένο οδικό δίκτυο το καθένα.

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 3.2., 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. (Από Ε.Β 2)



Σχήμα 3.2. Πιθανή λύση προβλήματος VRP

4.3 Στόχοι Επίλυσης Του Προβλήματος VRP

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

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικοί από τους πλέον συνήθεις είναι:

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

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

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

Εξισορρόπηση των διαδρομών των οχημάτων με βάση τον χρόνο μετάβασης και το φορτίο μεταφοράς. (Από Ξ.Β 2)

4.4 Ορισμός VRP

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

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

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 $2^V \setminus \{1\}$

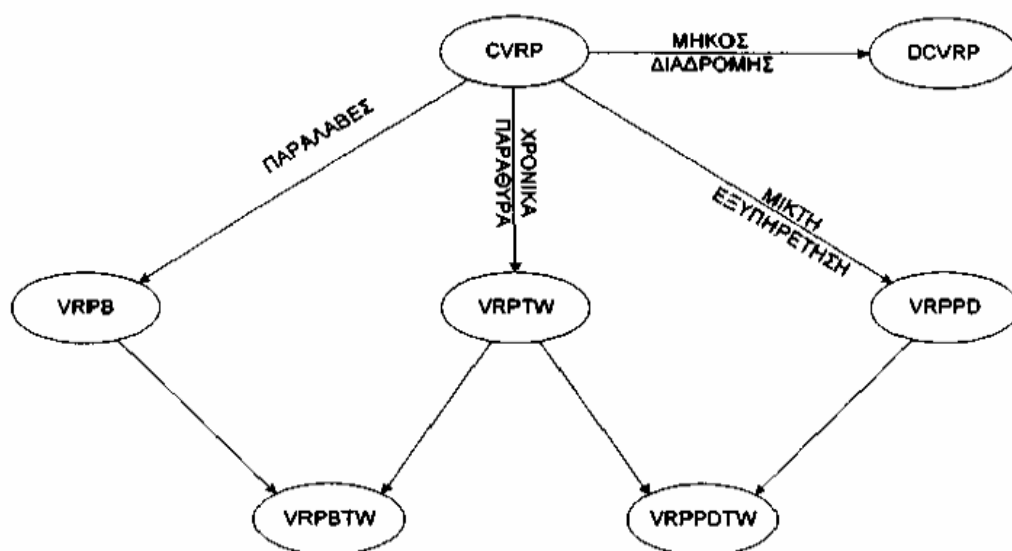
Ο (4) είναι ο περιορισμός χωρητικότητας των οχημάτων

Και ο (7) εκφράζει ότι όλες οι μεταβλητές απόφασης είναι δυαδικές (0 ή 1).

(Από Ξ.Β 2)

4.5 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 τολόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί διαφορετικά είδη VRP που αντιμετωπίζουν αυτές τις περιπτώσεις προβλημάτων δρομολόγησης. Τα σημαντικότερα είδη των V.R.P. αναλύονται στη συνέχεια. Στο σχήμα 3.3.7 αναπαρίστανται τα μοντέλα V.R.P. που θα αναλύσουμε, με τη μεταξύ τους σχέση. (Από Ξ.Β 2)



Σχήμα 3.3.7(23). Σχέση μεταξύ των μοντέλων VRP

4.5.1 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 ($c_{ij} = \infty$) για κάθε $i \in V$. 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 $c_{ij} = c_{ji}$ για κάθε $(i,j) \in A$, 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 , $i=1,...,n$.

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 , $k=1,...,K$. (Από Ξ.Β 2)

4.5.2 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 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 . (Από Ξ.Β 2)

4.5.3 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 KL και KB 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 $K \geq \max \{ KL, KB \}$. Τέλος, το Πρόβλημα του Περιπλανώμενου Πωλητή με Παραλαβές (TSPB) αποτελεί ειδική περίπτωση του VRPB όπου $C \geq \max \{ d(L), d(B) \}$ και $K=1$. (Από Ξ.Β 2)

4.5.4 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 μηαρνητικό 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 . (Από Ξ.Β 2)

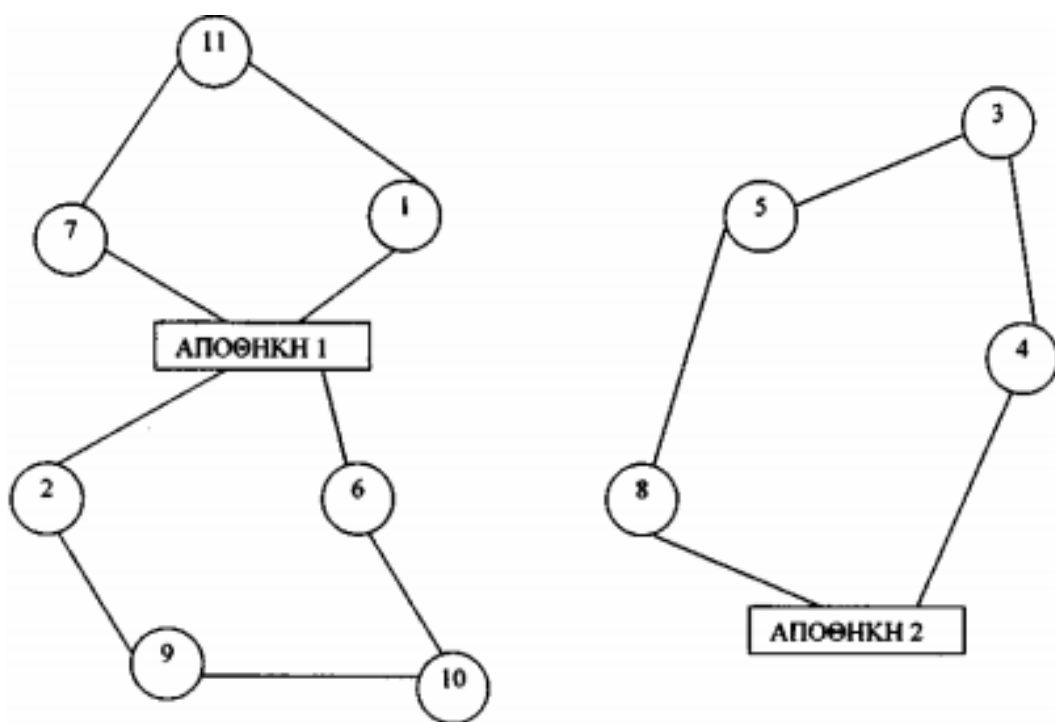
4.5.5 Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων Με Πολλαπλές Αποθήκες (MULTIPLE DEPOTS VRP, MDVRP)

Στο πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με πολλαπλές αποθήκες διακρίνουμε δύο κύριες κατηγορίες, αναλόγως με την κατανομή των οχημάτων και της ζήτησης.

Στην πρώτη κατηγορία, όπου θα αναφερθούμε εκτενέστερα και στο κεφάλαιο 6ο 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 4.5.5 απεικονίζει και τις δύο περιπτώσεις του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων με πολλαπλές αποθήκες.



Σχήμα 4.4.5 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 $d \in V_0$. (Από Ξ.Β 1,2,3)

4.6 Σύνθετα Προβλήματα Δρομολόγησης

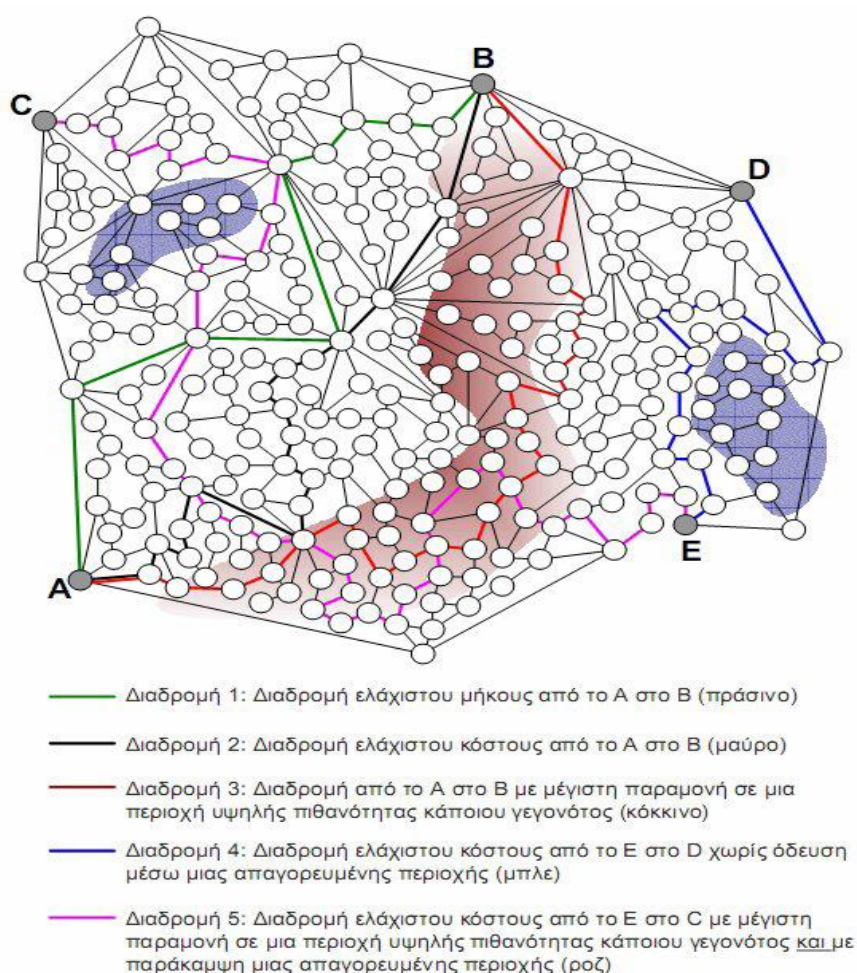
Μια περισσότερο σύνθετη παραλλαγή των εφαρμογών δρομολόγησης είναι αυτή στην οποία η δρομολόγηση καθορίζεται όχι μόνο με στόχο τη διανομή, αλλά και την εξυπηρέτηση αιτήσεων οι οποίες μπορεί να προκύπτουν κατά τη διάρκεια του δρομολογίου.

Τέτοιες είναι οι εφαρμογές τύπου "courier" και οδικής βοήθειας, όπου δεν απασχολεί μόνο η διανομή, αλλά είναι επιδιωκόμενο ο διανομέας να βρίσκεται μέσα σε μια γεωγραφική περιοχή στην οποία υπάρχει υψηλή πιθανότητα να εκδηλωθεί ζήτηση, όπως αντιλαμβανόμαστε εύκολα την κατάσταση στην περίπτωση του courier. Το επιπλέον στοιχείο που είναι αναγκαίο στον ορισμό του εν λόγω προβλήματος είναι η χωρική πυκνότητα της πιθανότητας εκδήλωσης

συμβάντος, ενώ μια πληρέστερη εκδοχή περιλαμβάνει και περιοχές απαγόρευσης όδευσης για οποιοδήποτε λόγο.

Τα προβλήματα αυτά δυσκολεύουν καθώς η κατανομή πιθανότητας που έλκει ή απωθεί τη δρομολόγηση μεταβάλλεται με το χρόνο και μέσα στη διάρκεια του δρομολογίου. Στην περίπτωση αυτή πλέον δεν είναι διακριτά τα όρια (χρονικά και χωρικά) έναρξης και λήξης του δρομολογίου και μιλάμε πλέον για δυναμική δρομολόγηση εξυπηρετητών μεταξύ παρόχων και καταναλωτών, μια πραγματικά καιπλήρως κινητή επιχείρηση.

Η ανάγκη για εξυπηρέτηση των ίδιων των εξυπηρετητών (λ.χ. τροφοδοσία και συντήρηση οχημάτων, εστίαση μεταφορέων κλπ) η οποία δημιουργεί επιχειρηματικό κόστος μπορεί να κάνει ακόμη περισσότερο ενδιαφέροντα και οπωσδήποτε πλήρως κατανεμημένα τα προβλήματα της κατηγορίας αυτής. Στο σχήμα 4.6 φαίνονται τέτοια σενάρια καθώς και κάποιες δρομολογήσεις μεταξύ σημείων λαμβανομένων υπόψη των παραδειγμάτων που αναφέρθηκαν. (Από Ξ.Β 1,2,3)



Σχήμα 4.6 Απεικόνιση σύνθετων προβλημάτων δρομολόγησης

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

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με διάφορες ευρετικές και μεθευρετικές μεθόδους οι οποίες χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων δρομολόγησης οχημάτων (VRP). (Από Ξ.Β 2)

5.2 Ευρετικές Μέθοδοι

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

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

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

- Αλγόριθμοι Απληστίας (Greedy Algorithms)
- Προσεγγιστικοί Αλγόριθμοι (Approximation Algorithms)
- Αλγόριθμοι Τοπικής Αναζήτησης (Local Search Algorithms) (Από Ξ.Β 2)

5.2.1 Αλγόριθμοι Απληστίας

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

5.2.1.1 Αλγόριθμος Του Πλησιέστερου Γείτονα

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

Βήμα 1: Ξεκίνα με οποιοδήποτε κόμβο σαν ξεκίνημα της διαδρομής

Βήμα 2: Βρίσκουμε τον πλησιέστερο κόμβο που δεν συμπεριλαμβάνεται στη διαδρομή και τον προσθέτουμε στο μονοπάτι.

Βήμα 3: Επαναλαμβάνουμε το Βήμα 2 μέχρις ότου όλοι οι κόμβοι ανήκουν στην διαδρομή. (Από Ξ.Β 2)

5.2.2 Προσεγγιστικοί Αλγόριθμοι

Οι προσεγγιστικοί αλγόριθμοι λειτουργούν όπως τους αλγόριθμους απληστίας, μόνο που για να λύσουν το πρόβλημα χρησιμοποιούν επιπλέον πληροφορία. Ο αλγόριθμος των Clark & Wright είναι ένα παράδειγμα. (Από Ξ.Β 2)

5.2.2.1 Αλγόριθμος Των Εξοικονομήσεων Των Clark & Wright

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

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

$$S_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij} \text{ για } i, j = 1, 2, \dots, n \text{ και } i \neq j$$

Βήμα2: Κατατάσσουμε τις εξοικονομήσεις σε φθίνουσα σειρά

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

- Παράλληλη εκδοχή:

Βήμα 3.1.1: Μετά τη δημιουργία ενός δεσμού, αν η διαδρομή που προκύπτει ικανοποιεί τους περιορισμούς του V.R.P, τότε τη δεχόμαστε σαν λύση, αλλιώς την απορρίπτουμε.

Βήμα 3.1.2: Συνεχίζουμε μελετώντας και τους υπόλοιπους δεσμούς στη λίστα και επαναλαμβάνουμε το βήμα 4 μέχρι να μην μπορεί να επιλεγεί άλλος δεσμός.

- Ακολουθητική εκδοχή:

Βήμα 3.2.1: Επιλέγουμε το πρώτο δεσμό στη λίστα τον οποίο θα χρησιμοποιήσουμε για να προεκτείνουμε ένα από τα δύο άκρα της διαδρομής.

Βήμα 3.2.2: Στην περίπτωση που δεν μπορεί να επεκταθεί η διαδρομή παραπάνω, τότε ολοκληρώνουμε τη διαδρομή και επιλέγουμε τον πρώτο εφικτό δεσμό από τη λίστα ώστε να ξεκινήσουμε νέα διαδρομή.

Βήμα 3.2.3: Τα βήματα 4 και 5 επαναλαμβάνονται μέχρι κανένας δεσμός να μην μπορεί να επιλεγεί από τη λίστα.

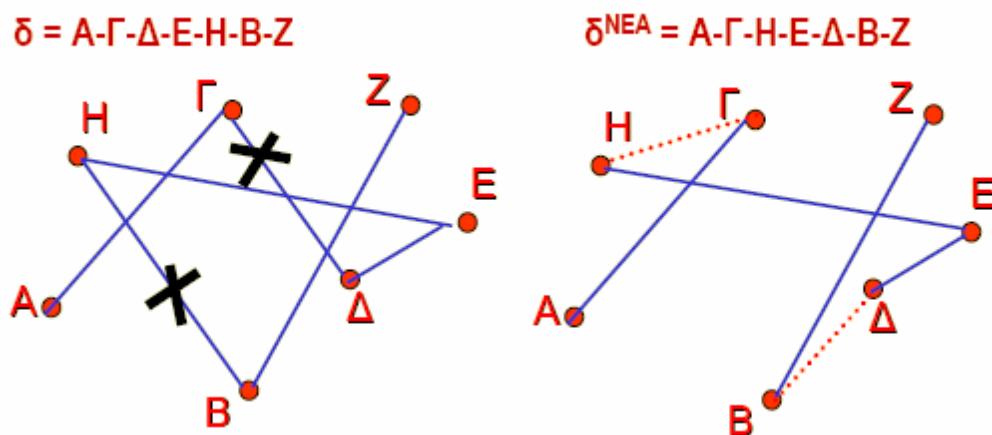
5.2.3 Αλγόριθμοι Τοπικής Αναζήτησης

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

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

1. Κατασκεύασε μια αρχική διαδρομή δ .

2. Εντόπισε τις 2 ακμές στη δ με το μεγαλύτερο κόστος
3. Διέγραψε τις 2 ακμές και πρόσθεσε 2 νέες.
4. Αν η νέα διαδρομή δ^{NEA} που προέκυψε είναι καλύτερη από την δ τότε θέσε $\delta = \delta^{NEA}$ και πήγαινε στο βήμα 2.
5. Επέστρεψε ως λύση τη δ και σταμάτα



Σχήμα: Παράδειγμα TSP με 7 κόμβους

Στο **σχήμα** οι $\Gamma-\Delta$ και $H-B$ είναι οι 2 ακμές που επιλέχθηκαν για διαγραφή και στη θέση τους θα δημιουργηθούν οι ακμές $\Gamma-H$ και $\Delta-B$, μία κίνηση που θα οδηγήσει σε βελτίωση της αρχικής διαδρομής. (Από Ξ.Β 2)

5.3 Μεθευρετικές Μέθοδοι

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

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

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

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

5.3.1 Αλγόριθμος Περιορισμένης Αναζήτησης (Tabu Search)

Ο tabu search αλγόριθμος συνεχίζει την αναζήτηση ακόμα και όταν μία τοπικά βέλτιστη λύση έχει βρεθεί. Συνοπτικά ο tabu search είναι μία διαδικασία διαδοχικών κινήσεων από μία τοπικά βέλτιστη λύση στην επόμενη. Το καλύτερο τοπικό βέλτιστο που θα βρεθεί από αυτήν τη διαδικασία είναι η λύση του αλγορίθμου. Ο TS μπορεί να θεωρηθεί ως επέκταση των αλγορίθμων τοπικής αναζήτησης, επιτρέποντας την αποφυγή παγίδευσης σε τοπικά βέλτιστα (local optima) και προσφέρει περισσότερες ευκαιρίες για την ανακάλυψη καλύτερης ποιότητας λύσεων.

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

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

υποσχόμενη κατεύθυνση. Συνεπώς υπάρχει ένα κριτήριο το οποίο υπό ευνοϊκές συνθήκες επιτρέπει να αγνοηθεί η tabu κατάσταση κάποιας κίνησης. Η διαδικασία αναζήτησης τερματίζει όταν ικανοποιηθεί κάποιο κριτήριο λήξης. (Από Ξ.Β 2)

5.3.2 Αλγόριθμος Βελτιστοποίησης Αποικίας Μυρμηγκιών (Ant Colony Optimization)

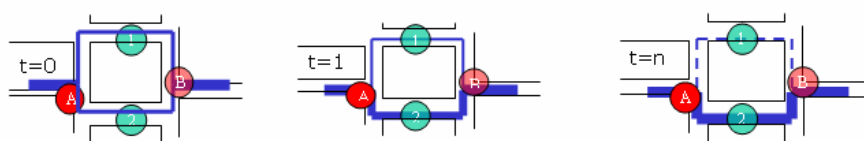
Στο ACO, ένας αριθμός από τεχνητά μυρμήγκια κατασκευάζουν λύσεις σε ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης και ανταλλάσσουν πληροφορία για την ποιότητα αυτών των λύσεων μέσω ενός πλάνου επικοινωνίας που θυμίζει αυτό που χρησιμοποιείται από τα πραγματικά μυρμήγκια. Η συμπεριφορά των τεχνητών μυρμηγκιών βασίζεται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

Συνοπτικά οι αλγόριθμοι ACO βασίζονται στην ακόλουθη ιδέα:

- Κάθε μονοπάτι που ακολουθήθηκε από κάποιο μυρμήγκι σε έναν γράφο καταχωρείται ως μία υποψήφια λύση για το δοσμένο πρόβλημα. Τα μυρμήγκια εκτελούν στοχαστικές βόλτες στο γράφο, αποτελούμενες από μία σειρά στοχαστικών βημάτων μέχρι να φτάσουν στο κριτήριο τερματισμού.
- Όταν ένα μυρμήγκι ακολουθεί ένα μονοπάτι, η ποσότητα της φερεμόνης που εναποθέτεται στο μονοπάτι είναι ανάλογη της ποιότητας της αντίστοιχης υποψήφιας λύσης για το σχετικό πρόβλημα. Περαιτέρω, η τεχνητή εξαέρωση της φερεμόνης χρησιμοποιείται συχνά για την αποφυγή πρώιμης σύγκλησης σε κάποια τοπικά βέλτιστη λύση.
- Όταν ένα μυρμήγκι έχει να επιλέξει ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα μονοπάτια, τα μονοπάτια με μεγαλύτερη ποσότητα φερεμόνης έχουν περισσότερες πιθανότητες να επιλεγούν από το μυρμήγκι. Αυτό που είναι σημαντικό να κατανοηθεί είναι ότι η στοχαστική επιλογή γίνεται βάση της κατανομής πιθανοτήτων. Η δυνατότητα ένα μυρμήγκι να επιλέξει ένα μονοπάτι χαμηλής πιθανότητας είναι αναμφίβολης σημασίας διότι καθιστά δυνατή την ανακάλυψη νέων λύσεων. Ο στοχαστικός κανόνας για τη κατάσταση μετάβασης είναι υπεύθυνος για τον καθορισμό της συμπεριφοράς των διαφόρων τοπικών μεταβλητών, όπως τον βαθμό έμφασης στις τιμές της φερεμόνης ή άλλων τοπικών ευριστικών.

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

Τη χρονική στιγμή $t=1$, τα μυρμηγκία ξεκινούν ξανά τις διαδρομές τους. Όταν φτάσουν στο σημείο **A**, η συγκέντρωση φερεμόνης στο δεύτερο μονοπάτι θα είναι υψηλότερη από του πρώτου, έτσι περισσότερα μυρμηγκία θα επιλέξουν τη δεύτερη διαδρομή. Μετά από αρκετούς κύκλους ($t=n$) η φερεμόνη στο πρώτο μονοπάτι εξατμίζεται τελείως και όλα τα μυρμηγκία επιλέγουν το δεύτερο μονοπάτι που είναι το συντομότερο. (Από Ξ.Β 2)



Σχήμα: Η διαδικασία του Ant Colony Optimization

5.3.3 Προσομοιωμένη Ανόπτηση (Simulated Annealing)

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

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

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

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

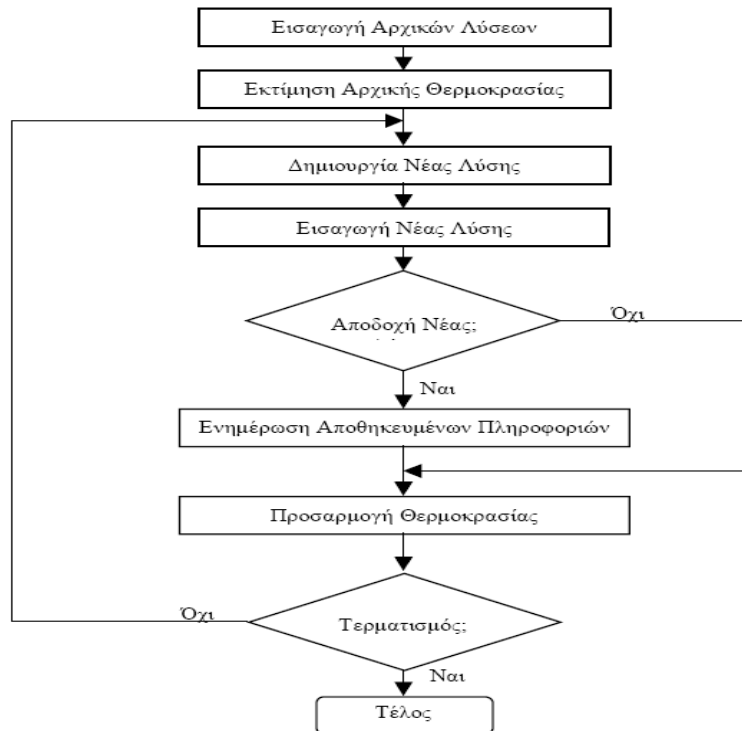
Ο αλγόριθμος είναι βασισμένος σε αυτόν του Metropolis, που προτάθηκε αρχικά ως μέσο εύρεσης της διαμόρφωσης ισορροπίας μιας συλλογής των ατόμων σε μια δεδομένη θερμοκρασία. Η σύνδεση μεταξύ αυτού του αλγορίθμου και της μαθηματικής ελαχιστοποίησης σημειώθηκε αρχικά από τον Pincus, αλλά ήταν ο Kirkpatrick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

Σημαντικό πλεονέκτημα της προσομοιωμένης ανόπτωσης 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 ανόπτωσης είναι εντυπωσιακά εύκολη. Στο σχήμα 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: Η δομή του αλγορίθμου προσομοιωμένης ανόπτησης

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

Κάποια σκέψη πρέπει να δοθεί στο χειρισμό των περιορισμών κατά τη χρησιμοποίηση του αλγορίθμου προσομοιωμένης απόπτησης. 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:

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

5.3.4 Γενετικοί Αλγόριθμοι (Genetic Algorithms)

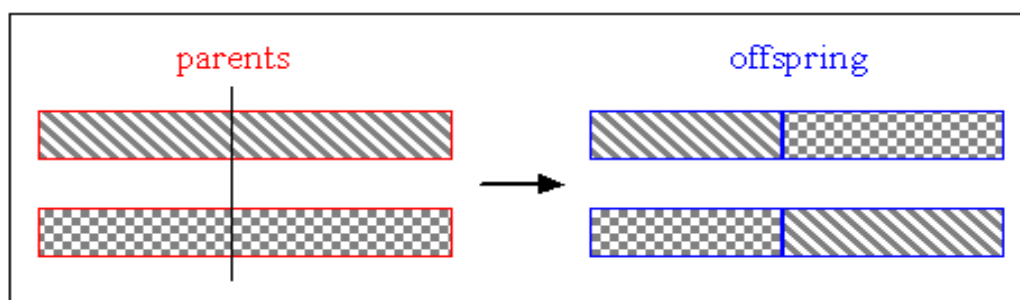
Οι Γενετικοί Αλγόριθμοι (GA) είναι μια γενική μέθοδος αναζήτησης η οποία μιμείται την μέθοδο της βιολογικής εξέλιξης. Η μέθοδος των γενετικών αλγορίθμων εφαρμόζεται σ' ένα πληθυσμό πιθανών λύσεων, εφαρμόζοντας την αρχή της επιβίωσης των «ικανότερων» λύσεων με σκοπό τη δημιουργία λύσεων που προσεγγίζουν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

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

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

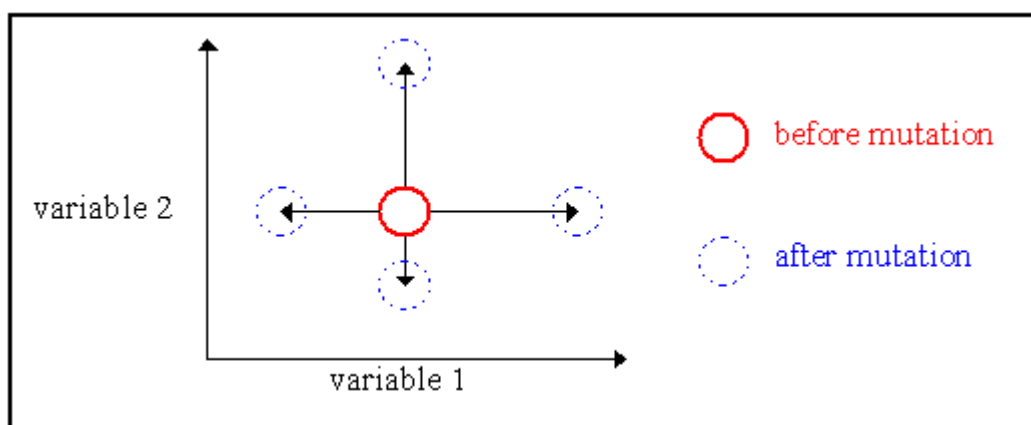
Κατά τη διάρκεια της φάσεως αναπαραγωγής σε κάθε χρωμόσωμα ανατίθεται μια τιμή καταλληλότητας (fitness value) ανάλογα με την τιμή που δίνουν στην αντικειμενική συνάρτηση. Βάσει αυτής της τιμής γίνεται η επιλογή των πιο κατάλληλων για αναπαραγωγή χρωμοσωμάτων. Χρωμοσώματα με υψηλό fitness value, σε σχέση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

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



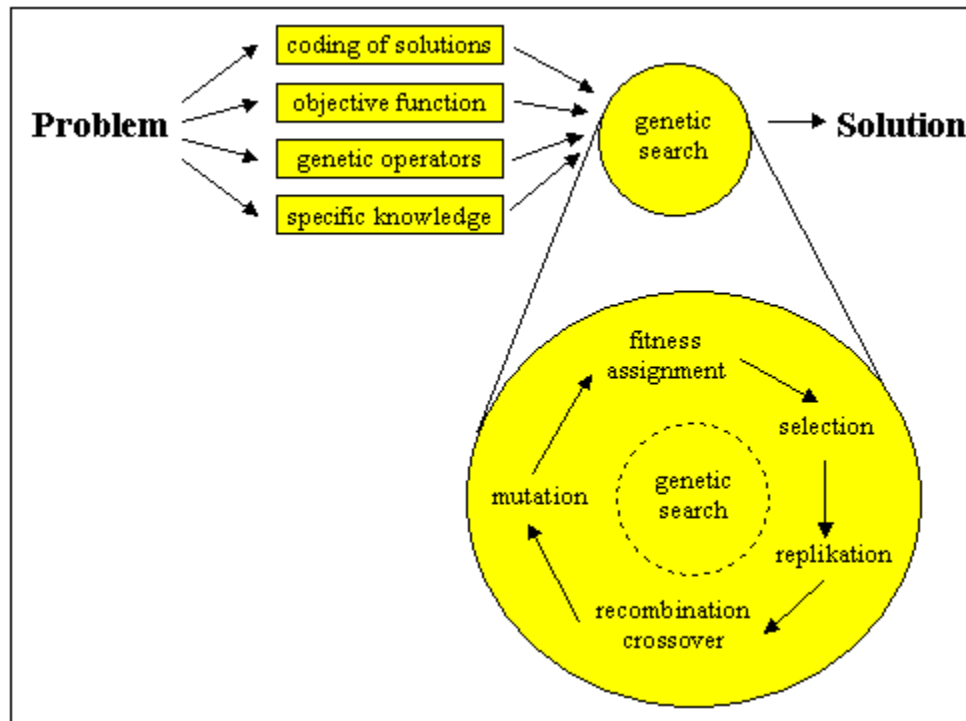
Η διασταύρωση δεν είναι απαραίτητο να εφαρμοστεί σε όλα τα γονίδια του πληθυσμού, αντίθετα εφαρμόζεται με μια πιθανότητα P_x στα γονίδια που έχουν επιλεγεί, από τον συνολικό πληθυσμό, για αναπαραγωγή. Μια άλλη σημαντική διεργασία των Γενετικών Αλγορίθμων είναι η μετάλλαξη (mutation) και αυτή εφαρμόζεται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

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



Μετά την διασταύρωση και τη μετάλλαξη τα χρωμοσώματα αποκωδικοποιούνται και υπολογίζονται οι νέες τιμές των αντικειμενικών συναρτήσεων, αντιστοιχούνται οι νέες τιμές καταλληλότητας και η διαδικασία συνεχίζεται με τις νέες γενεές. Με αυτόν τον τρόπο η μέση τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης μιας γενεάς αυξάνεται αφού οι «καλές» λύσεις έχουν περισσότερες

πιθανότητες να διασταυρωθούν και να δώσουν απογόνους. Η διαδικασία σταματάει όταν φτάσουμε ένα συγκεκριμένο αριθμό γενεών. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει εύστοχα τη διαδικασία που περιγράψαμε, τις πληροφορίες και διαδικασίες που χρειάζεται να κάνει κανείς για να ξεκινήσει και τον κύκλο διασταύρωσης – μετάλλαξης – αξιολόγησης που κάνει ένας Γενετικός Αλγόριθμος. (Από Ε.Β 2)



5.3.4.1 Γενική Μορφή Γενετικού Αλγορίθμου

Δημιούργησε αρχικό πληθυσμό P , με N υποψήφιες λύσεις.

Υπολόγισε την καταλληλότητα κάθε λύσης.

Όσο δεν ισχύει κάποια συνθήκη τερματισμού:

α) Επανάλαβε $N/2$ φορές τα ακόλουθα βήματα:

i) Επέλεξε 2 λύσεις από τον πληθυσμό P .

ii) Συνδύασε τις 2 λύσεις για να βγάλεις απογόνους.

iii) Υπολόγισε την καταλληλότητα των απογόνων.

β) Δημιούργησε το νέο πληθυσμό P' έχοντας υπόψη όλους τους νέους απογόνους που προέκυψαν από το ερώτημα 3α και θέσε $P=P'$.

5.3.4.2 Πλεονεκτήματα Γενετικών Αλγορίθμων

1. Μπορούν να λύσουν δύσκολα προβλήματα γρήγορα
2. Μπορούν εύκολα να συνεργαστούν με τα υπάρχοντα μοντέλα και συστήματα
3. Είναι εύκολα επεκτάσιμοι και εξελίξιμοι
4. Μπορούν να συνεργαστούν με άλλες μεθόδους
5. Εφαρμόζονται σε πολύ περισσότερα πεδία από κάθε άλλη μέθοδο

6. Δεν απαιτούν περιορισμούς στις συναρτήσεις που επεξεργάζονται
7. Δεν ενδιαφέρει η σημασία της υπό εξέταση πληροφορίας
8. Έχουν εκ φύσεως το στοιχείο του παραλληλισμού
9. Είναι η μόνη μέθοδος που κάνει ταυτόχρονα εξερεύνηση του χώρου αναζήτησης και εκμετάλλευση της ήδη επεξεργασμένης πληροφορίας.

5.3.4.3 Προβλήματα Γενετικών Αλγορίθμων

1. Προβλήματα εξοικείωσης με τη Γενετική
2. Το πρόβλημα του χρόνου.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

6.1 Τα Δεδομένα Του Προβλήματος Και Η Επεξεργασία Τους

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

Για το αρχείο p01:

- 2 4 50 4
- 0 80
- 0 80
- 0 80
- 0 80

Όπου **type=2**, **m**(αριθμός οχημάτων)=**4**, **n**(αριθμός πελατών)=**50**, **t**(αποθήκες)=**4**

Οι επόμενες **t** γραμμές περιέχουν για κάθε μέρα (ή τον τύπο αποθηκών ή οχημάτων) τις ακόλουθες πληροφορίες:

D(μέγιστη διάρκεια μιας διαδρομής)=**0** και **Q**(μέγιστο φορτίο ενός οχήματος)=**80**

Οι επόμενες γραμμές περιέχουν για κάθε πελάτη τις ακόλουθες πληροφορίες:

i x y d q f a list e l

Όπου

i=αριθμός πελατών

x=χ συντεταγμένη

y=y συντεταγμένη

d=διάρκεια υπηρεσιών

q=απαίτηση

f=συχνότητα επίσκεψης

a=αριθμός πιθανών συνδυασμών επίσκεψης

list=κατάλογος όλων των πιθανών συνδυασμών επίσκεψης

e=αρχή χρόνου (νωρίτερος χρόνος για την έναρξη υπηρεσίας)

l=τέλος του χρόνου (πιο πρόσφατος χρόνος για το τέλος της υπηρεσίας)

Κάθε συνδυασμός επίσκεψης κωδικοποιείται με το δεκαδικό αντίτιμο της αντίστοιχης δυαδικής σειράς κομματιών. Π.χ. σε μια περίοδο πέντε ημερών ο κώδικας 10 που είναι ισοδύναμος με τη σειρά κομματιών 01010 σημαίνει ότι ένας πελάτης επισκέπτεται τις μέρες 2 και 4 (οι μέρες είναι αριθμημένες από τα αριστερά προς τα δεξιά).

Σημείωση: Στην περίπτωση του MDVRP, οι γραμμές πηγαίνουν από το 1 στο $n+t$ και οι τελευταίες t καταχωρήσεις αντιστοιχούν στις ταποθήκες

- i/x/y/d/g/f/a/list/e/l
- 137 52 0 7 1 4 1 2 4 8
- 2 49 49 0 30 1 4 1 2 4 8
- 3 52 64 0 16 1 4 1 2 4 8
- 4 20 26 0 9 1 4 1 2 4 8
- 5 40 30 0 21 1 4 1 2 4 8
- 6 21 47 0 15 1 4 1 2 4 8
- 7 17 63 0 19 1 4 1 2 4 8
- 8 31 62 0 23 1 4 1 2 4 8
- 9 52 33 0 11 1 4 1 2 4 8
- 10 51 21 0 5 1 4 1 2 4 8
- 11 42 41 0 19 1 4 1 2 4 8
- 12 31 32 0 29 1 4 1 2 4 8
- 13 5 25 0 23 1 4 1 2 4 8
- 14 12 42 0 21 1 4 1 2 4 8
- 15 36 16 0 10 1 4 1 2 4 8
- 16 52 41 0 15 1 4 1 2 4 8
- 17 27 23 0 3 1 4 1 2 4 8
- 18 17 33 0 41 1 4 1 2 4 8
- 19 13 13 0 9 1 4 1 2 4 8
- 20 57 58 0 28 1 4 1 2 4 8
- 21 62 42 0 8 1 4 1 2 4 8
- 22 42 57 0 8 1 4 1 2 4 8
- 23 16 57 0 16 1 4 1 2 4 8
- 24 8 52 0 10 1 4 1 2 4 8
- 25 7 38 0 28 1 4 1 2 4 8
- 26 27 68 0 7 1 4 1 2 4 8
- 27 30 48 0 15 1 4 1 2 4 8
- 28 43 67 0 14 1 4 1 2 4 8
- 29 58 48 0 6 1 4 1 2 4 8
- 30 58 27 0 19 1 4 1 2 4 8
- 31 37 69 0 11 1 4 1 2 4 8
- 32 38 46 0 12 1 4 1 2 4 8
- 33 46 10 0 23 1 4 1 2 4 8
- 34 61 33 0 26 1 4 1 2 4 8
- 35 62 63 0 17 1 4 1 2 4 8
- 36 63 69 0 6 1 4 1 2 4 8
- 37 32 22 0 9 1 4 1 2 4 8
- 38 45 35 0 15 1 4 1 2 4 8
- 39 59 15 0 14 1 4 1 2 4 8
- 40 5 6 0 7 1 4 1 2 4 8
- 41 10 17 0 27 1 4 1 2 4 8
- 42 21 10 0 13 1 4 1 2 4 8
- 43 5 64 0 11 1 4 1 2 4 8
- 44 30 15 0 16 1 4 1 2 4 8
- 45 39 10 0 10 1 4 1 2 4 8

- 46 32 39 0 5 1 4 1 2 4 8
- 47 25 32 0 25 1 4 1 2 4 8
- 48 25 55 0 17 1 4 1 2 4 8
- 49 48 28 0 18 1 4 1 2 4 8
- 50 56 37 0 10 1 4 1 2 4 8

Οι τέσσερις τελευταίες γραμμές που ακολουθούν παρακάτω μας δίνουν πληροφορίες για τις αποθήκες

- i/x/y/d/q/f/a
- 51 20 20 0 0 0 0
- 52 30 40 0 0 0 0
- 53 50 30 0 0 0 0
- 54 60 50 0 0 0 0

Πίνακας 1: Για το p01

2	4	50	4								26	27	68	0	7	1	4	1	2	4	8
0	80										27	30	48	0	15	1	4	1	2	4	8
0	80										28	43	67	0	14	1	4	1	2	4	8
0	80										29	58	48	0	6	1	4	1	2	4	8
0	80										30	58	27	0	19	1	4	1	2	4	8
1	37	52	0	7	1	4	1	2	4	8	31	37	69	0	11	1	4	1	2	4	8
2	49	49	0	30	1	4	1	2	4	8	32	38	46	0	12	1	4	1	2	4	8
3	52	64	0	16	1	4	1	2	4	8	33	46	10	0	23	1	4	1	2	4	8
4	20	26	0	9	1	4	1	2	4	8	34	61	33	0	26	1	4	1	2	4	8
5	40	30	0	21	1	4	1	2	4	8	35	62	63	0	17	1	4	1	2	4	8
6	21	47	0	15	1	4	1	2	4	8	36	63	69	0	6	1	4	1	2	4	8
7	17	63	0	19	1	4	1	2	4	8	37	32	22	0	9	1	4	1	2	4	8
8	31	62	0	23	1	4	1	2	4	8	38	45	35	0	15	1	4	1	2	4	8
9	52	33	0	11	1	4	1	2	4	8	39	59	15	0	14	1	4	1	2	4	8
10	51	21	0	5	1	4	1	2	4	8	40	5	6	0	7	1	4	1	2	4	8
11	42	41	0	19	1	4	1	2	4	8	41	10	17	0	27	1	4	1	2	4	8
12	31	32	0	29	1	4	1	2	4	8	42	21	10	0	13	1	4	1	2	4	8
13	5	25	0	23	1	4	1	2	4	8	43	5	64	0	11	1	4	1	2	4	8
14	12	42	0	21	1	4	1	2	4	8	44	30	15	0	16	1	4	1	2	4	8
15	36	16	0	10	1	4	1	2	4	8	45	39	10	0	10	1	4	1	2	4	8
16	52	41	0	15	1	4	1	2	4	8	46	32	39	0	5	1	4	1	2	4	8
17	27	23	0	3	1	4	1	2	4	8	47	25	32	0	25	1	4	1	2	4	8
18	17	33	0	41	1	4	1	2	4	8	48	25	55	0	17	1	4	1	2	4	8
19	13	13	0	9	1	4	1	2	4	8	49	48	28	0	18	1	4	1	2	4	8
20	57	58	0	28	1	4	1	2	4	8	50	56	37	0	10	1	4	1	2	4	8
21	62	42	0	8	1	4	1	2	4	8	51	20	20	0	0	0	0				
22	42	57	0	8	1	4	1	2	4	8	52	30	40	0	0	0	0				
23	16	57	0	16	1	4	1	2	4	8	53	50	30	0	0	0	0				
24	8	52	0	10	1	4	1	2	4	8	54	60	50	0	0	0	0				
25	7	38	0	28	1	4	1	2	4	8											

Τα επόμενα δεδομένα θα τα αναφέρουμε πιο συνοπτικά μιας και ισχύουν τα ίδια σύμβολα.

Πίνακας δεδομένων	m	n	t	D	Q
p01	4	50	4	0	80
p02	2	50	4	0	160
p03	3	75	5	0	140
p04	8	100	2	0	100
p05	5	100	2	0	200
p06	6	100	3	0	100
p07	4	100	4	0	100
p08	14	249	2	310	500
p09	12	249	3	310	500
p10	8	249	4	310	500
p11	6	249	5	310	500
p12	5	80	2	0	60
p13	5	80	2	200	60
p14	5	80	2	180	60
p15	5	160	4	0	60
p16	5	160	4	200	60
p17	5	160	4	180	60
p18	5	240	6	0	60
p19	5	240	6	200	60
p20	5	240	6	180	60
p21	5	360	9	0	60
p22	5	360	9	200	60
p23	5	360	9	180	60
pr01	1	48	4	500	200
pr02	2	96	4	480	195
pr03	3	144	4	460	190
pr04	4	192	4	440	185
pr05	5	240	4	420	180
pr06	6	288	4	400	175
pr07	1	72	6	500	200
pr08	2	144	6	475	190
pr09	3	216	6	450	180
pr10	4	288	6	425	170

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΣ

7.1 Εφαρμογή Γενετικού Αλγορίθμου

Μια εταιρία μπορεί να έχει πολλαπλές αποθήκες από όπου μπορεί να εξυπηρετεί τους πελάτες της. Αν οι πελάτες οργανωθούν σε ομάδες γύρω από τις αποθήκες, τότε το πρόβλημα μπορεί να ομαδοποιηθεί σαν ξεχωριστά VRP προβλήματα. Αν όμως οι αποθήκες και οι πελάτες βρίσκονται ανάμεικτα στο χώρο, ένα στιγμιότυπο του MDVRP θα πρέπει να λυθεί.

Το Multiple Depot VRP απαιτεί ανάθεση των πελατών στις αποθήκες. Από κάθε αποθήκη ξεκινάει ένας στόλος από οχήματα. Κάθε όχημα ξεκινάει από μια αποθήκη, εξυπηρετεί πελάτες που αντιστοιχούν στην αποθήκη αυτή και επιστρέφει πίσω στην αποθήκη.

Το ζητούμενο είναι να ελαχιστοποιηθεί ο αναγκαίος για την εξυπηρέτηση αριθμός οχημάτων και το άθροισμα του χρόνου που το σύνολο των οχημάτων χρειάζεται να ταξιδέψει. Μια λύση είναι εφικτή αν κάθε δρομολόγιο καλύπτει τους περιορισμούς του βασικού VRP προβλήματος και ξεκινά και τελειώνει στην ίδια αποθήκη.

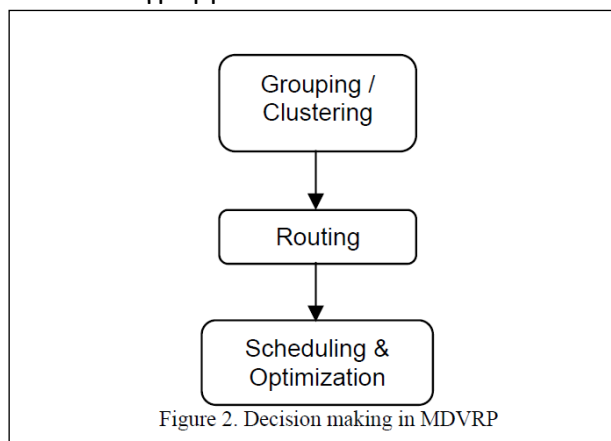
7.2 Ο Αλγόριθμος

Η εργασία αυτή βασίστηκε στην περιγραφή της χρήσης γενετικών αλγορίθμων στην περίπτωση του προβλήματος Multiple Depot VRP – MDVRP από τις επιστημονικές εργασίες:

- Using Genetic Algorithms for Multi-depot Vehicle Routing, *Beatrice Ombuki-Berman and Franklin T. Hanshar*

- Solution To Multi-Depot Vehicle Routing Problem Using Genetic Algorithms, *Surekha P and Dr.S.Sumathi*

Ο κώδικας για την εργασία αυτή γράφτηκε σε MATLAB, έκδοση R2010b. Τα βασικά βήματα τα οποία πρέπει να ακολουθήσει ένας αλγόριθμος για την προετοιμασία της επίλυσης του MDVRP προβλήματος από ένα γενετικό αλγόριθμο φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Στην αρχή υπάρχει μια φάση ομαδοποίησης των πελατών με βάση την αποθήκη στην οποία βρίσκονται πιο κοντά (με όρους ευκλείδειας απόστασης) και ακολουθεί η δρομολόγηση, δηλαδή η χάραξη συγκεκριμένων διαδρομών για τα οχήματα. Τέλος με βάση τις απαιτήσεις σε χρόνο των πελατών γίνεται η κατασκευή του προγράμματος και προχωράμε στη βελτιστοποίηση με χρήση του γενετικού αλγόριθμου. Το συνολικό διάγραμμα ροής φαίνεται στο επόμενο σχήμα:

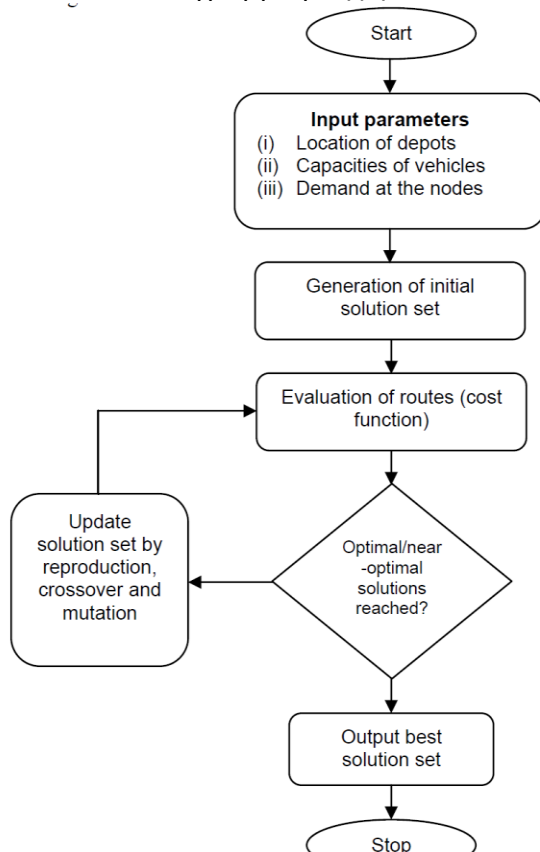


Figure 4. Flowchart of GA for MDVRP

Κώδικας:

Γενετικός Αλγόριθμος – *geneticalg.m*:

```
function[x,fval,exitflag,output,population,score]=geneticalg(nvars,InitialPopulation_Data)

options = gaoptimset;

options = gaoptimset(options,'PopulationType','doubleVector');
options = gaoptimset(options,'InitialPopulation',InitialPopulation_Data);
options = gaoptimset(options,'SelectionFcn',{ @selectiontournament [] });
options = gaoptimset(options,'CrossoverFcn', @crossoverscattered);
options = gaoptimset(options,'MutationFcn', @mutate);
options = gaoptimset(options,'Display','off');
options = gaoptimset(options,'PlotFcns',{ @gaplotchange, @gaplotbestf });
[x,fval,exitflag,output,population,score] = ...
ga(@fitnessFunc,nvars,[],[],[],[],[],[],[],options);
```

Χρησιμοποιούμε προσαρμοσμένη συνάρτηση μετάλλαξης γιατί έχουμε να κάνουμε με χρωμόσωμα που τα γονίδιά του είναι ακέραιοι. Επίσης χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση διάσπαρτης διασταύρωσης (crossoverscattered) που εκτελεί τη διασταύρωση μεταξύ διαφορετικών γενεών σε οποιουδήποτε τύπου χρωμοσώματα.

Συνάρτηση μετάλλαξης – *mutate.m*:

```
FunctionmutationChildren=
mutate(parents,options,GenomeLength,FitnessFcn,state,thisScore,thisPopulation)

shrink = .01;
scale = 1;
scale = scale - shrink * scale * state.Generation/options.Generations;
range = options.PopInitRange;
lower = range(1,:);
upper = range(2,:);
scale = scale * (upper - lower);
mutationPop = length(parents);
% The use of ROUND function will make sure that childrens are integers.
mutationChildren = repmat(lower,mutationPop,1) + ...
    round(repmat(scale,mutationPop,1) .* rand(mutationPop,GenomeLength));
end
```

Βασικό script για την εκτέλεση - MDVRP.m:

```
function MDVRP( filename )
%MDVRP basic function that runs the genetic algorithm on data provided by
%the file denoted by filename

input = textread(filename);

N_vehicles = input(1,2);
N_customers = input(1,3);
N_depots = input(1,4);

% C is an array that stores the coordinates of customers and depots in
% space

for i=1:(N_customers+N_depots)
for j=1:2
    C(i,j) = input((i+N_depots+1),j+1);
end
end

% distanceArr is the distance array: distanceArr(i,j) stores the euclidean
% distance between node i and node j (nodes: customers and depots)

for i=1:(N_customers+N_depots)
for j = 1:(N_customers+N_depots)
    distanceArr(i,j) = sqrt((C(i,1) - C(j,1))^2 + (C(i,2) - C(j,2))^2);
end
end

dlmwrite('temp.txt', distanceArr, ' ');

% Grouping customers to depots

for i=1:N_customers
    [k,j]=find(distanceArr(i,N_customers+1:N_customers+N_depots)==
min(distanceArr(i,N_customers+1:N_customers+N_depots)));
    depot(i) = min(j);
end

% initialize chromosomes - each row is a chromosome

% distribute customers to depots
for i=1:N_customers
    temp(depot(i), i) = i;
end

% each row of chromosomes has in each element the number of customer
```



```

for i=1:N_depots
    k=1;
for j=1:N_customers
if temp(i,j) ~= 0
    chromosomes(i,k) = temp(i,j);
    k=k+1;
end
end
end

[s,t] = size(chromosomes);

for r = 1:s
    chromosomes(r,t+1) = 0;
end

for j = 1:N_depots
    i = 1;

    chromosome = [];
while(chromosomes(j,i) ~= 0)
    chromosome(i) = chromosomes(j,i);
    i = i+1;
end

    population = [];
for l = 1:N_customers
    population(l,:) = randintrlv(chromosome,l);
end

    [m, n] = size(population);
geneticalg(n, population);

end

end

```

Το παραπάνω script καλείται από τη γραμμή εντολών της MATLAB λαμβάνοντας ως είσοδο το όνομα του αρχείου που περιέχει τα στοιχεία για το συγκεκριμένο στιγμιότυπο του MDVRP προβλήματος, π.χ. MDVRP('C:/mdvrp/p01').

Οι βασικές του λειτουργίες είναι οι εξής:

- Διαβάζει από το αρχείο που δόθηκε στην είσοδο τις πληροφορίες του στιγμιότυπου σε ένα πίνακα input
- Ξεχωρίζει σε μεταβλητές και πίνακες τον αριθμό πελατών, τον αριθμό οχημάτων και τον αριθμό αποθηκών, καθώς και τους πελάτες με τις ιδιότητές τους και τις αποθήκες αντίστοιχα.
- Υπολογίζει τις ευκλείδειες αποστάσεις των πελατών και των αποθηκών και τα αποθηκεύει σε ένα πίνακα distanceArr

- Με βάση τον πίνακα distanceArr κατανέμει τους πελάτες στην πιο κοντινή αποθήκη
- Κατασκευάζει τα χρωμοσώματα – κάθε χρωμόσωμα είναι μια τυχαία αναδιάταξη μιας σειράς ακεραίων που αναπαριστούν πελάτες που βρίσκονται πάνω σε μια διαδρομή
- Εκτελεί τον γενετικό αλγόριθμο καλώντας την geneticalg.m

Συνάρτηση προσαρμογής – fitnessFunc.m:

```
function F = fitnessFunc(chromosome)

a = 100;
b = 0.001;

distanceArr = textread('temp.txt');

Vd = 0;

for i=1:length(chromosome)
for j=1:length(chromosome)
if (chromosome(i)~=0 && chromosome(j)~=0)
    Vd = Vd + distanceArr(chromosome(i), chromosome(j));
end
end
end

F = a*length(chromosome) + b*Vd;

end
```

Για τη συνάρτηση προσαρμογής χρησιμοποιήσαμε την πρόταση της εργασίας Using Genetic Algorithms for Multi-depot Vehicle Routing.

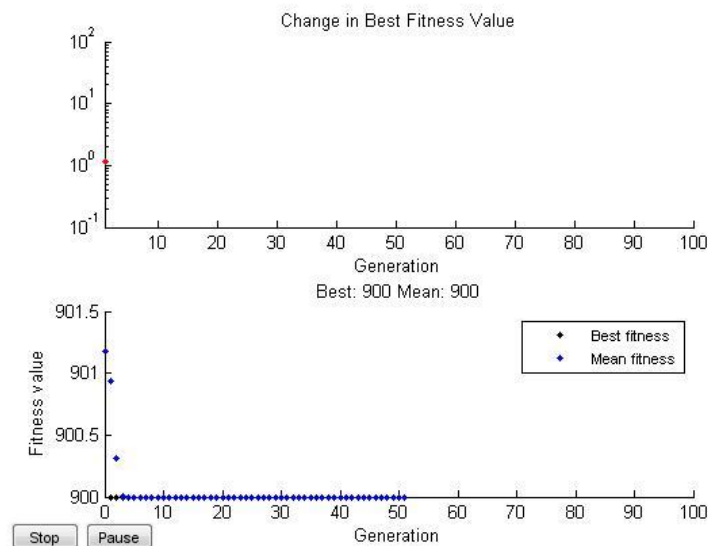
ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

8.1 Τα Αποτελέσματα Της Εκτέλεσης Του Αλγορίθμου

Με την εκτέλεση του αλγορίθμου, τα αποτελέσματα τα οποία εξήχθησαν φαίνονται παρακάτω:

Για το p01: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



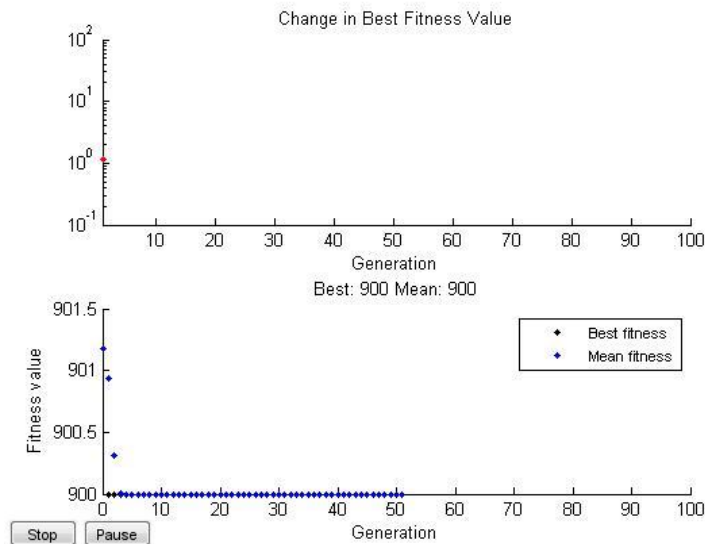
Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 4x21 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

4	13	15	17	18	19	25	37	40	41	42	44	45	0	0	0	0	0	0	0	0
1	6	7	8	11	12	14	23	24	26	27	31	32	43	46	47	48	0	0	0	0
5	9	10	16	30	33	34	38	39	49	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	20	21	22	28	29	35	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Για το p02: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



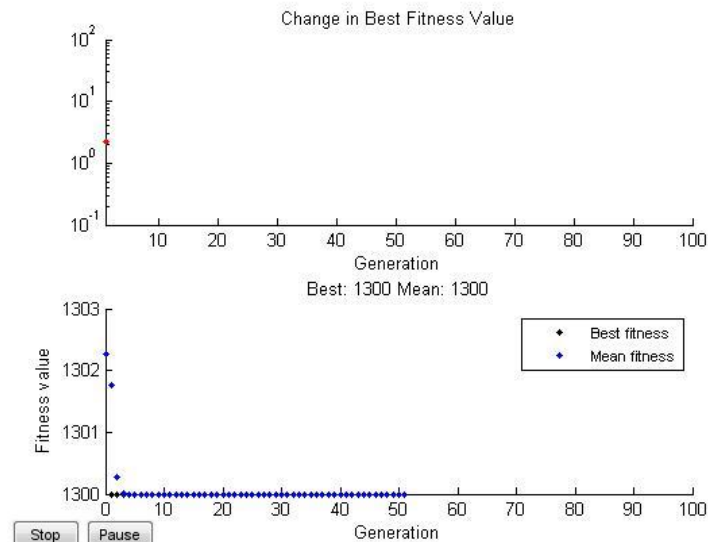
Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 4x18 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

4	13	15	17	18	19	25	37	40	41	42	44	45	0	0	0	0	0
1	6	7	8	11	12	14	23	24	26	27	31	32	43	46	47	48	0
5	9	10	16	30	33	34	38	39	49	50	0	0	0	0	0	0	0
2	3	20	21	22	28	29	35	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Για το p03: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



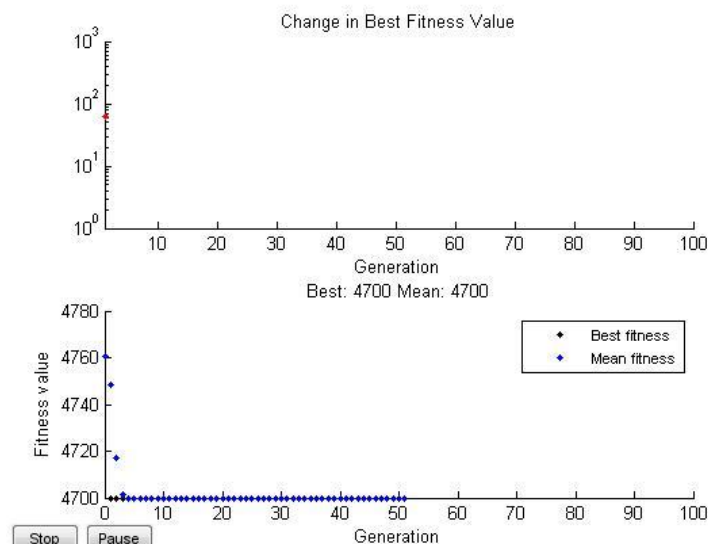
Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 5x21 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

2	4	6	17	26	34	46	52	67	68	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	15	20	21	27	29	30	36	37	45	47	48	57	60	61	69	70	71	74
7	8	10	11	14	19	35	38	53	54	58	59	65	66	0	0	0	0	0	0
3	9	12	16	18	24	25	31	32	39	40	44	49	50	51	55	72	0	0	0
1	22	23	28	33	41	42	43	56	62	63	64	73	0	0	0	0	0	0	0

Για το p04: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



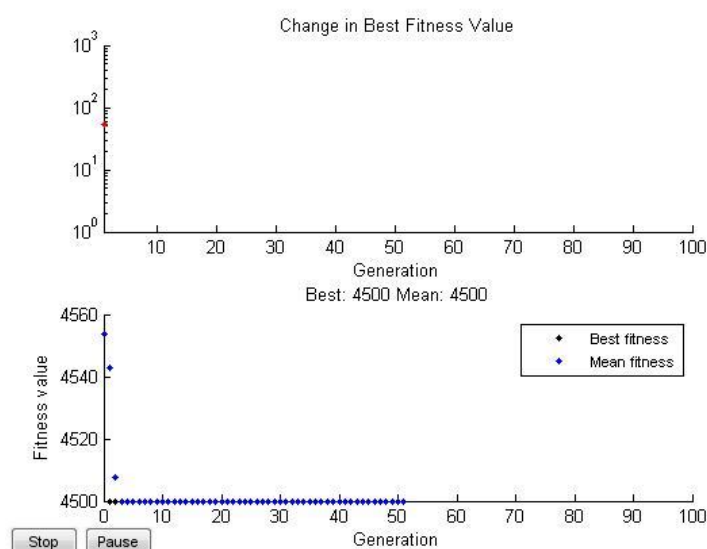
Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 2x54 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν. Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

2	4	5	6	12	13	14	15	16	17	21	22	23	24	25	26	37	38	39	40	41	42	43	44	53	54	55
1	3	7	8	9	10	11	18	19	20	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	45	46	47	48	49	50	51

56	57	58	59	60	61	67	72	73	74	75	84	85	86	87	89	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	0
52	62	63	64	65	66	68	69	70	71	76	77	78	79	80	81	82	83	88	90	0	0	0	0	0	0	0

Για το p05: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 2x56 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

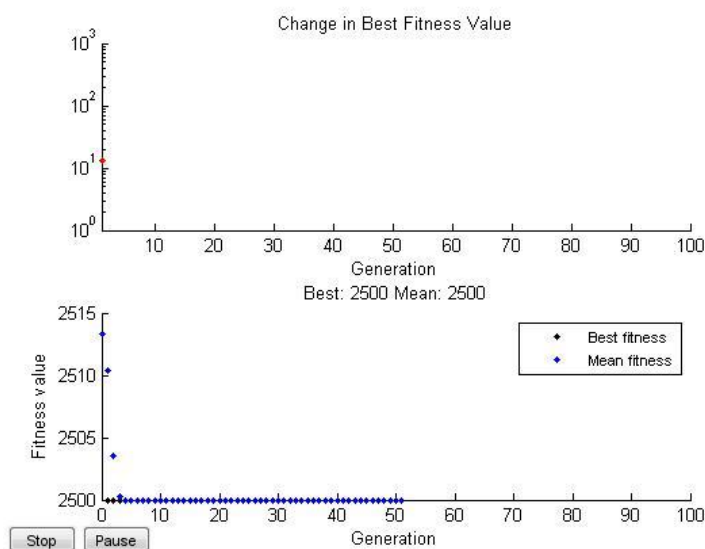
Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

2	5	6	7	8	10	11	13	14	15	16	17	18	19	27	31	32	36	37	38	42	43	44	45	46	47	48	49
1	3	4	9	12	20	21	22	23	24	25	26	28	29	30	33	34	35	39	40	41	50	51	53	54	55	56	58

52	57	59	60	61	62	63	64	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	0
65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Για το p06: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 3x39 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

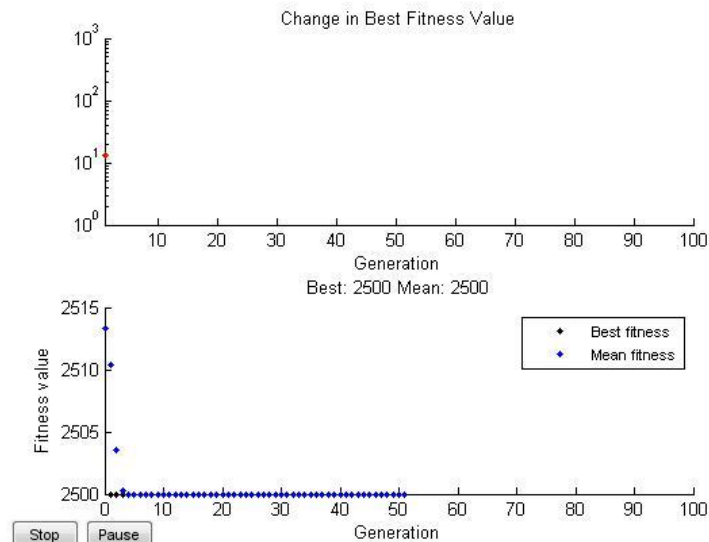
Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

5	6	8	13	14	15	16	17	18	37	38	42	43	44	45	46	57	59	60
2	4	12	21	22	23	24	25	26	29	39	40	41	53	54	55	56	58	67
1	3	7	9	10	11	19	20	27	28	30	31	32	33	34	35	36	47	48

61	83	84	85	86	87	89	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	0	0	0
68	72	73	74	75	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	50	51	52	62	63	64	65	66	69	70	71	76	77	78	79	81	82	88	90

Για το p07: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



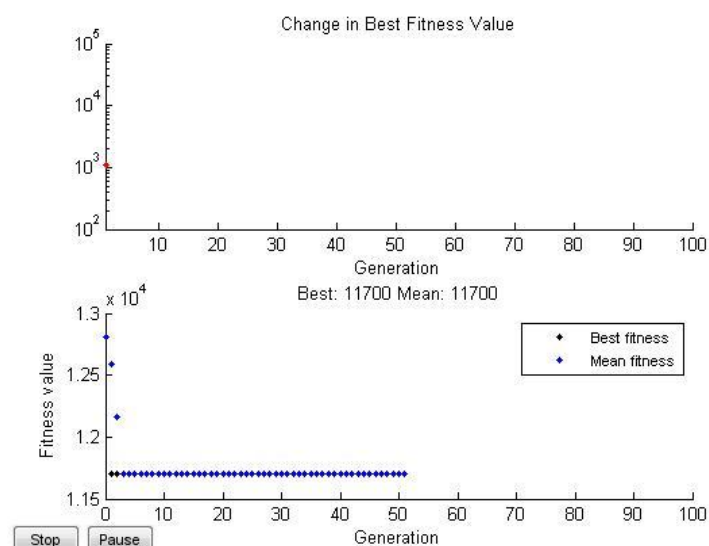
Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 4x27 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

5	6	8	16	17	18	36	38	44	45	46	47	48	59	60	61	82	83	84	85	86	89	91	93	96	98	99
3	4	12	24	25	26	28	29	33	34	35	39	54	55	67	68	76	77	78	79	80	81	0	0	0	0	0
2	13	14	15	21	22	23	37	40	41	42	43	53	56	57	58	72	73	74	75	87	92	94	95	97	100	0
1	7	9	10	11	19	20	27	30	31	32	49	50	51	52	62	63	64	65	66	69	70	71	88	90	0	0

Για το p08: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 2x132 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

1	2	3	5	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	24	26	27	30	31	32	33	36	38	39	40	42	43	47	49
4	6	7	14	20	21	22	23	25	28	29	34	35	37	41	44	45	46	48	50	51	60	63	67	68	70	74	76	77	81

52	53	54	55	56	57	58	59	61	62	64	65	66	69	71	72	73	75	78	79	80	82	83	84	89	90	96
85	86	87	88	91	92	93	94	95	97	98	99	100	104	105	107	108	109	110	111	115	116	117	119	120	126	128

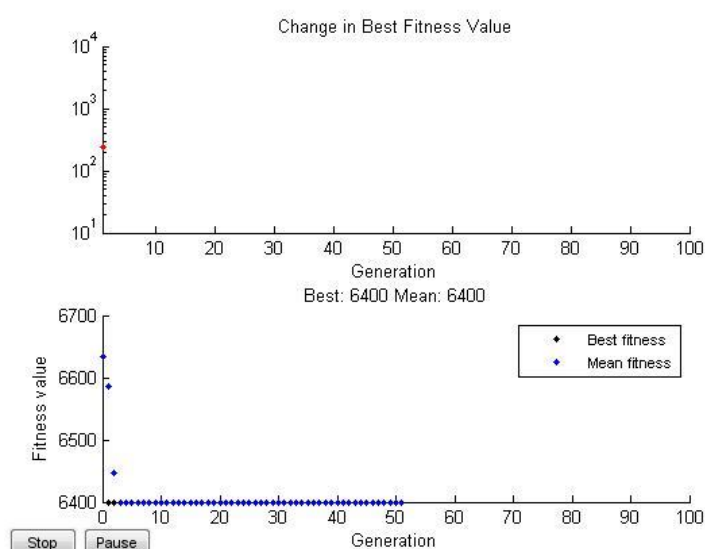
101	102	103	106	112	113	114	118	121	122	123	124	125	127	129	130	131	133	135	136	137	146	147	148	150
132	134	138	139	140	141	142	143	144	145	149	151	152	154	155	156	158	159	160	161	164	165	169	171	172

153	157	162	163	166	167	168	170	173	175	176	177	183	185	189	190	191	193	194	195	197	198	201	203	204
174	178	179	180	181	182	184	186	187	188	192	196	199	200	202	208	209	210	212	215	216	218	222	227	231

205	206	207	211	213	214	217	219	220	221	223	224	225	226	228	229	230	233	235	237	238	241	242	248	249
232	234	236	239	240	243	244	245	246	247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Για το p09: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 3x98 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

6	14	15	16	20	22	23	24	25	29	32	37	40	41	44	45	46	48	50	51	52	59	60	63	67	75	77
2	3	8	9	10	11	13	17	18	26	27	36	38	39	42	43	47	53	54	55	56	57	58	62	64	65	66
1	4	5	7	12	19	21	28	30	31	33	34	35	49	61	68	70	71	72	74	76	79	81	87	90	95	99

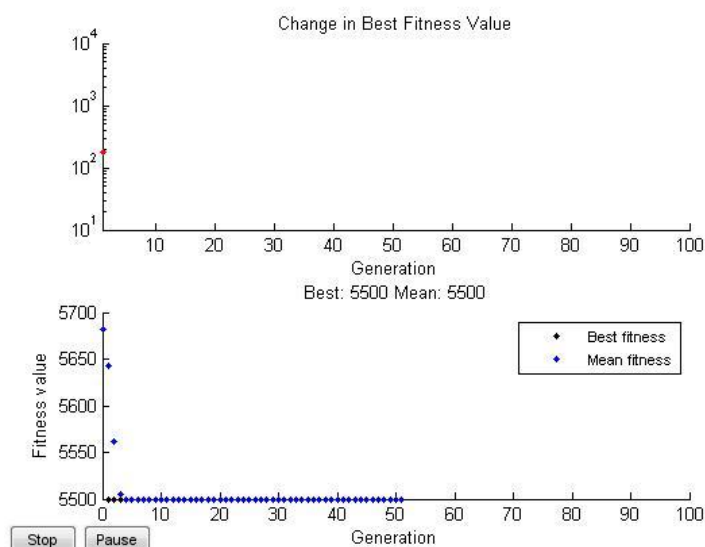
78	85	86	88	91	92	93	94	97	98	102	105	107	109	110	111	116	117	119	120	126	127	128	132
69	73	80	82	83	84	89	96	101	103	106	112	113	114	118	121	122	123	125	131	135	137	146	148
100	104	108	115	124	129	130	133	138	139	140	142	145	154	155	160	164	166	172	182	185	186	188	191

134	136	141	143	144	147	149	151	152	156	158	159	161	162	165	169	171	174	176	178	179	180	181	184
150	153	157	163	167	168	170	173	175	177	183	189	190	193	194	195	197	198	203	204	206	214	217	220
202	205	207	209	211	213	215	221	229	231	232	234	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

187	192	196	199	200	201	208	210	212	216	218	219	222	226	227	233	236	239	240	243	245	246	247
223	224	225	228	230	235	237	238	241	242	248	249	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Για το p10: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 4x78 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

6	14	20	22	23	29	37	41	44	45	46	48	50	51	60	63	67	77	85	88	91
3	9	10	11	13	15	16	17	24	26	32	38	39	40	42	43	47	52	55	56	57
1	2	5	8	12	18	19	27	30	31	33	36	49	53	54	58	61	65	71	72	73
4	7	21	25	28	34	35	68	70	74	76	81	86	87	94	95	99	100	104	108	115

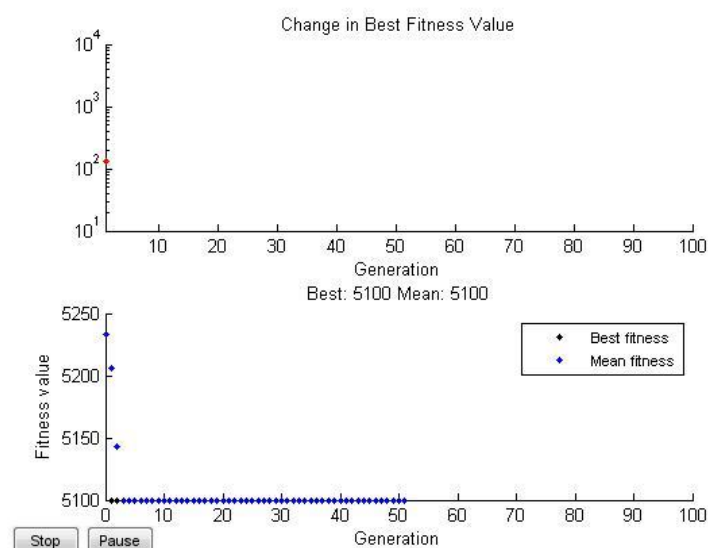
92	93	97	98	105	107	109	110	111	116	117	120	126	128	132	134	143	158	159	161
59	62	64	66	69	75	78	80	82	84	89	101	102	103	113	114	118	121	122	123
79	83	90	96	106	112	124	129	130	133	137	150	166	170	173	183	185	189	191	195
119	138	139	140	141	142	144	145	149	151	152	154	155	156	160	164	172	182	184	186

165	169	171	174	178	179	180	181	187	196	199	200	210	212	216	222	227	236	240	243
125	127	131	135	136	146	147	148	153	157	162	163	167	168	175	176	177	190	193	194
198	204	205	206	207	211	213	217	220	221	228	229	230	0	0	0	0	0	0	0
188	192	202	208	209	215	218	231	232	234	239	244	245	246	0	0	0	0	0	0

247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
197	201	203	214	219	223	224	225	226	233	235	237	238	241	242	248	249	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Για το p11: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 5x59 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

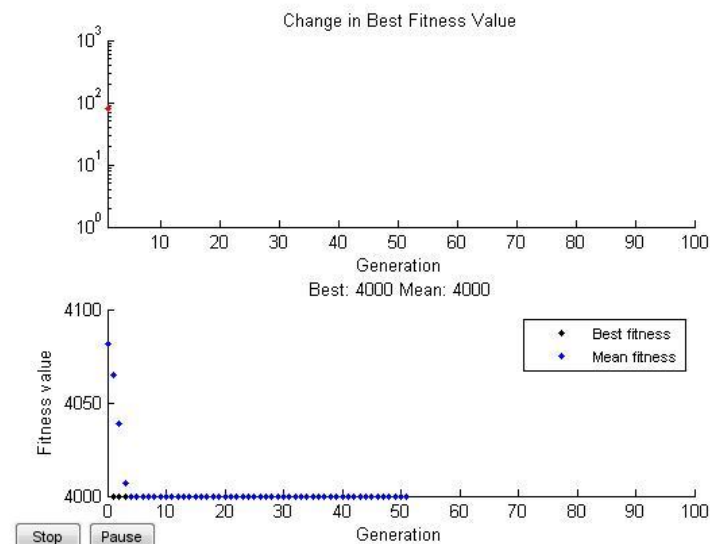
6	14	16	20	22	23	25	29	37	41	44	45	48	60	85	92	97	98	105	107
10	11	15	17	24	32	38	39	40	42	43	47	51	52	55	56	59	66	67	75
4	7	28	34	35	46	50	63	76	77	86	87	88	91	93	94	95	119	144	149
2	3	8	9	13	18	26	27	36	53	54	57	58	62	64	65	69	73	82	83
1	5	12	19	21	30	31	33	49	61	68	70	71	72	74	79	81	90	99	100

109	110	111	116	117	120	126	128	132	141	143	158	161	165	169	171	174	178	179	181
78	80	84	102	103	113	122	127	131	134	136	146	147	159	162	168	175	176	194	197
151	152	154	156	160	164	180	182	184	187	188	192	208	216	218	239	245	246	247	0
89	96	101	106	112	114	118	121	123	125	135	137	148	150	153	157	163	167	170	173
104	108	115	124	129	130	133	138	139	140	142	145	155	166	172	185	186	191	202	205

196	199	200	210	212	222	227	236	240	243	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
201	214	219	223	225	226	233	238	241	242	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
177	183	189	190	193	195	198	203	204	206	217	220	224	228	230	235	237	248	249	
207	209	211	213	215	221	229	231	232	234	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Για το p12: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 2x40 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

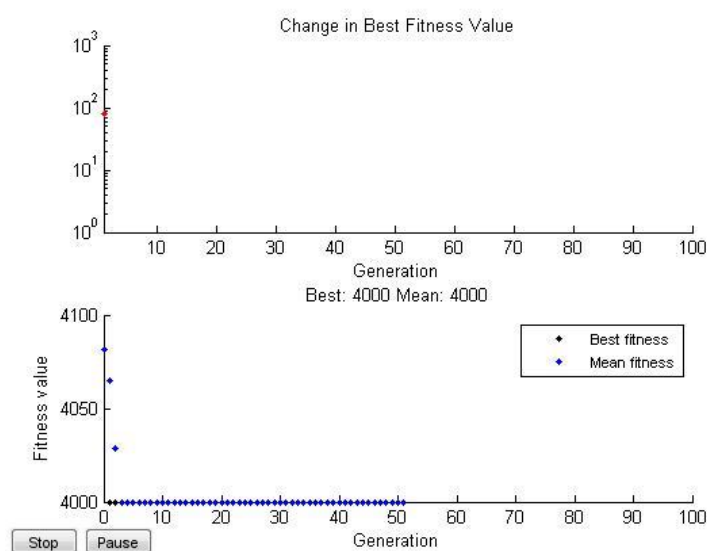
Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

Για το p13: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 2x40 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

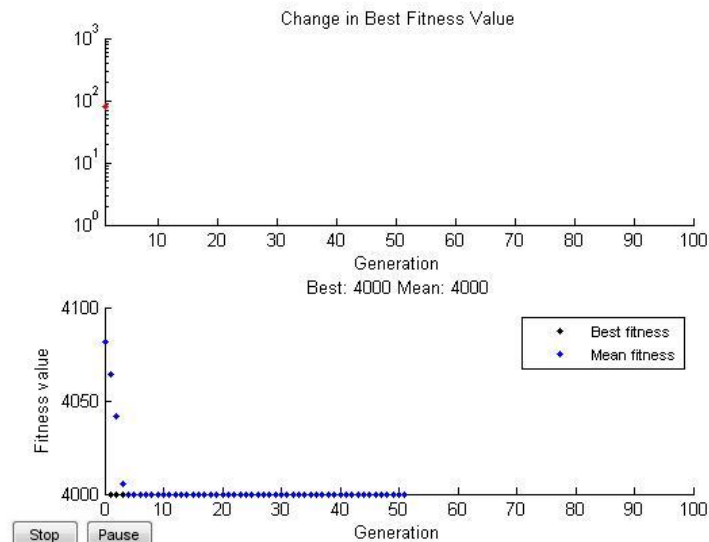
Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

Για το p14: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 2x40 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

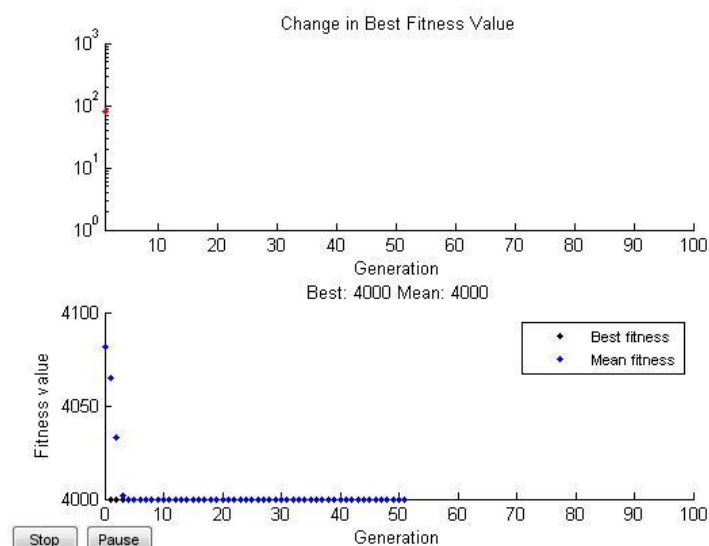
Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

Για το p15: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 4x40 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

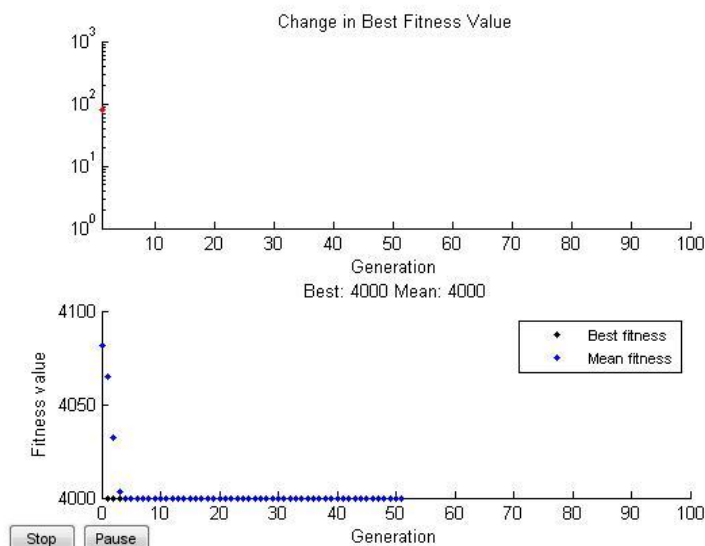
Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160

Για το p16: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 4x40 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

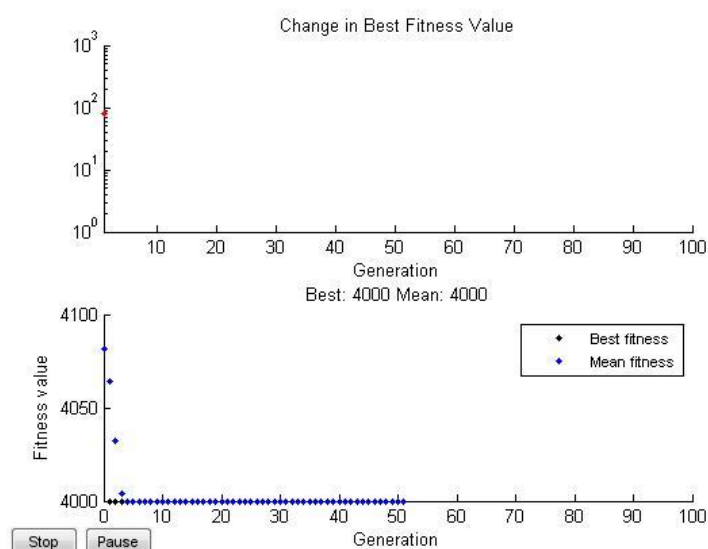
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160

Για το p17: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 4x40 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

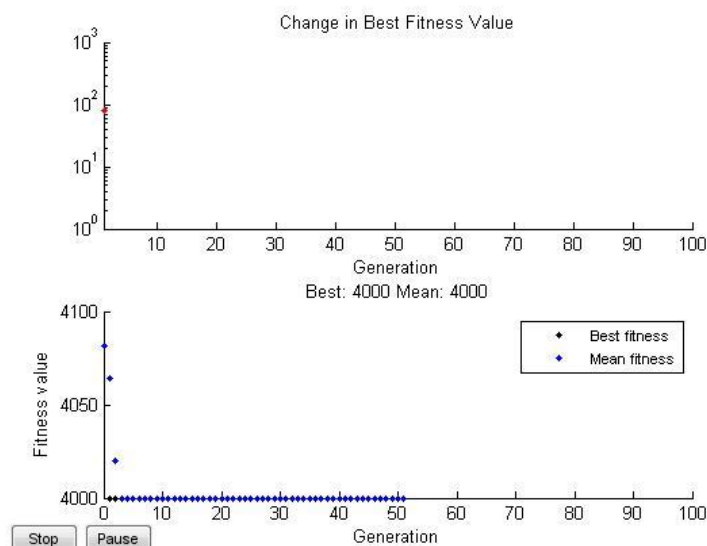
Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160

Για το p18: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 6x40 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

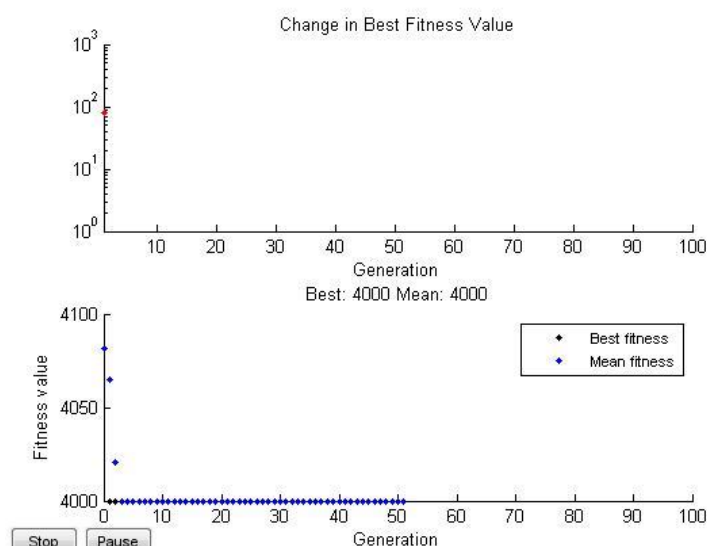
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240

Για το p19: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις

επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 6x40 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

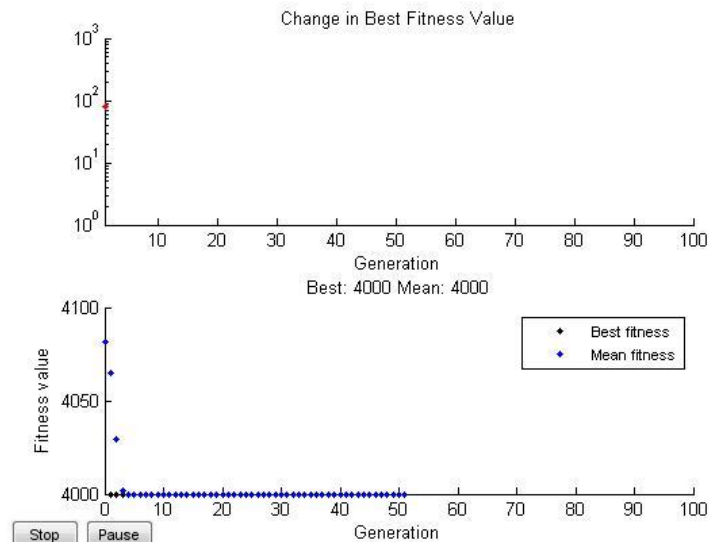
Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240

Για το p20: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 6x40 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

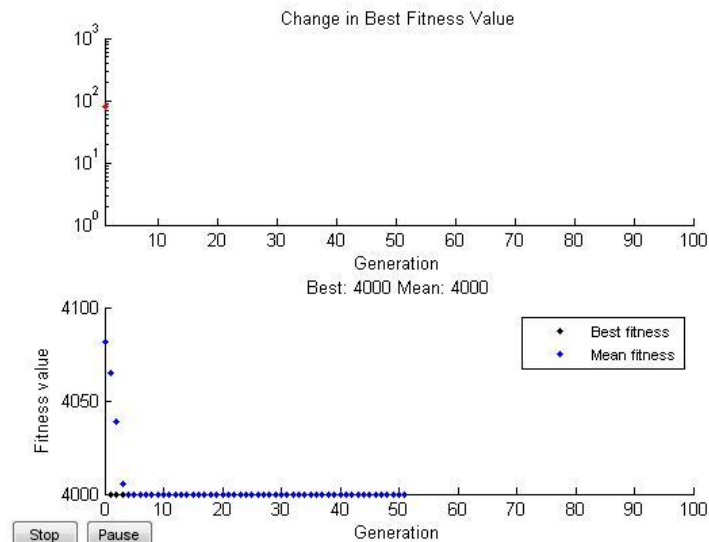
Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240

Για το p21: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 9x40 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

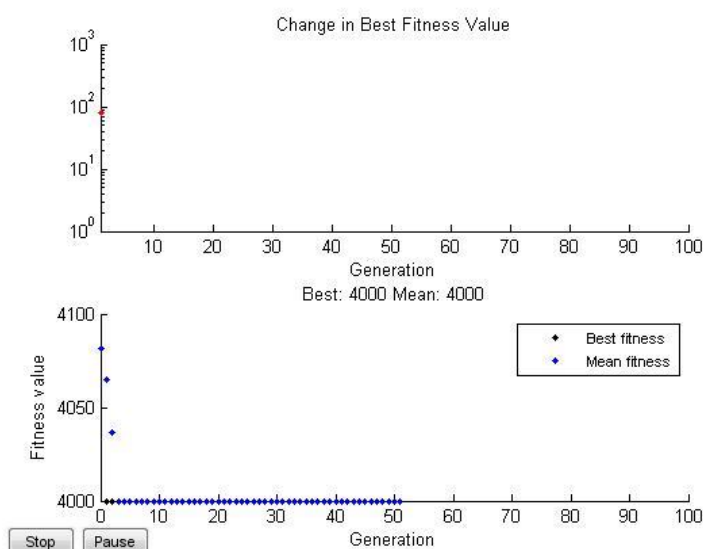
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360

Για το p22: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις

επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 9x40 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

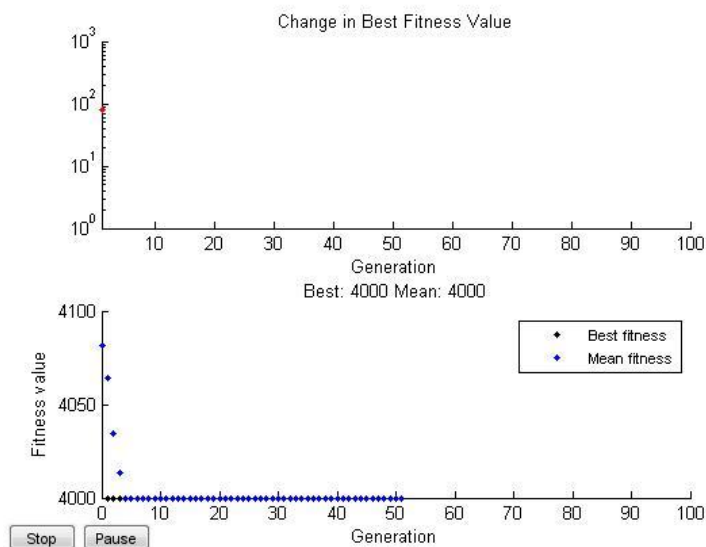
Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360

Για το p23: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 9x40 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

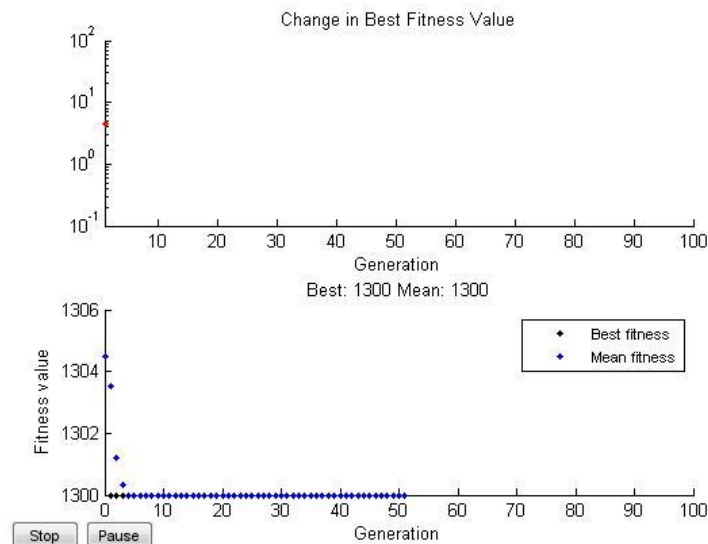
Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360

Για το pr01: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



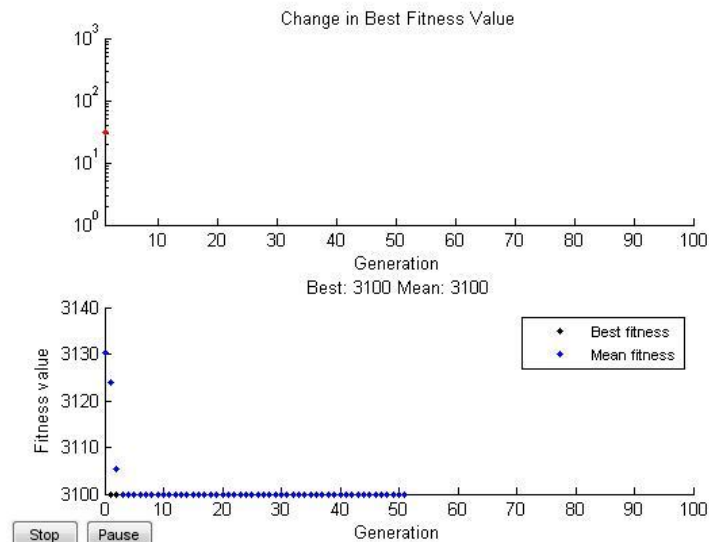
Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 4x16 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

7	9	31	32	35	37	41	42	44	46	0	0	0	0	0
3	6	10	11	22	27	34	45	48	0	0	0	0	0	0
1	4	5	8	13	14	16	17	18	19	20	26	28	29	33
2	12	15	21	23	24	25	30	38	39	40	43	47	0	0

Για το pr02: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



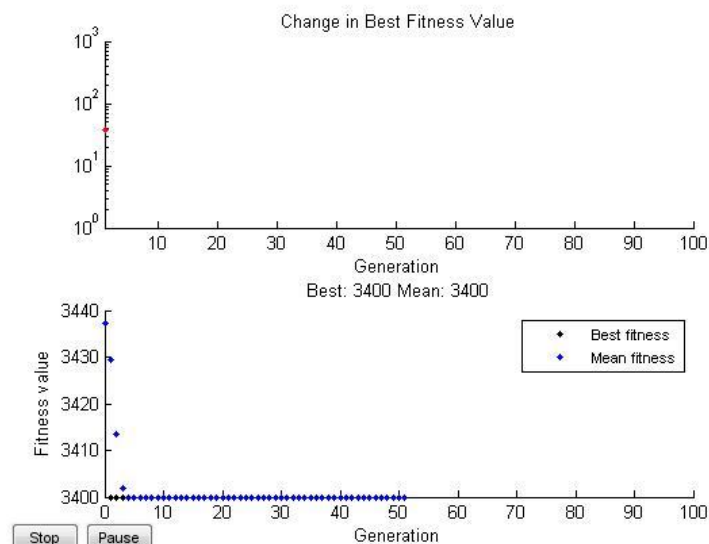
Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 4x31 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

8	9	13	16	17	19	20	25	27	37	38	39	41	43	44	55	59	60	62	64	68	69	70	72	73	74	81	84	86	92	93
1	5	7	32	33	42	47	65	78	87	88	94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	6	10	12	14	18	22	24	36	48	50	51	53	56	66	67	71	76	80	85	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	11	15	21	23	26	28	29	30	31	34	35	40	45	46	49	52	54	57	58	61	63	75	77	79	82	83	89	90	91	95

Για το pr03: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 4x31 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

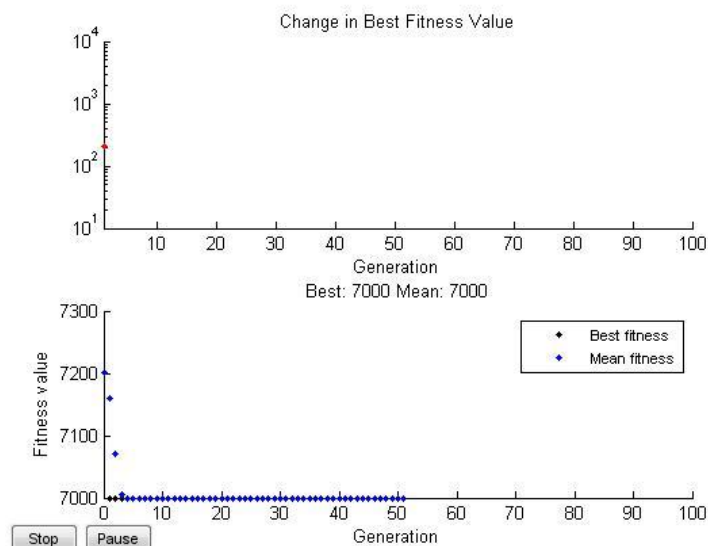
Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

1	3	10	11	12	13	14	17	26	27	35	39	40	45	50	52	62	69	71
4	6	8	19	24	34	36	37	46	49	51	54	55	56	57	61	67	68	70
2	7	9	20	23	30	31	32	38	42	44	47	48	60	64	77	81	89	94
5	15	16	18	21	22	25	28	29	33	41	43	53	58	59	63	65	66	76

73	78	80	87	88	91	95	107	109	110	112	114	119	121	127	129	132	133	139
72	74	75	79	83	85	98	100	101	105	108	111	115	117	125	126	135	141	0
97	99	102	103	113	118	122	124	130	131	134	136	137	140	142	144	0	0	0
82	84	86	90	92	93	96	104	106	116	120	123	128	138	143	0	0	0	0

Για το pr04: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 4x70 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

5	9	12	13	15	18	21	32	35	42	50	56	65	67	68	70	71	76	80	82	89	95	104	115	117	121
2	3	7	11	25	30	38	46	57	58	59	60	72	73	74	79	81	97	107	108	110	111	116	122	123	125

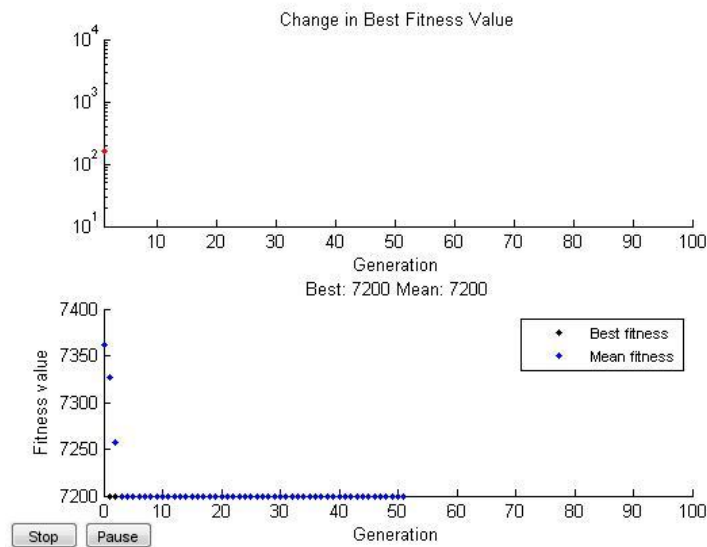
10	14	16	19	22	24	27	34	36	39	47	52	53	55	62	64	66	69	77	85	91	93	98	106	109	113
1	4	6	8	17	20	23	26	28	29	31	33	37	40	41	43	44	45	48	49	51	54	61	63	75	78

131	138	141	148	152	154	161	165	174	176	177	180	181	189	192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
128	129	133	137	142	145	149	150	155	157	172	173	178	183	188	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
127	130	132	134	135	139	159	160	162	167	168	186	187	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	84	86	87	88	90	92	94	96	99	100	101	102	103	105	112	114	118	119	120	124	126			

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
136	140	143	144	146	147	151	153	156	158	163	164	166	169	170	171	175	179	182	184	185	191			

Για το pr05: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τρεις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 4x72 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

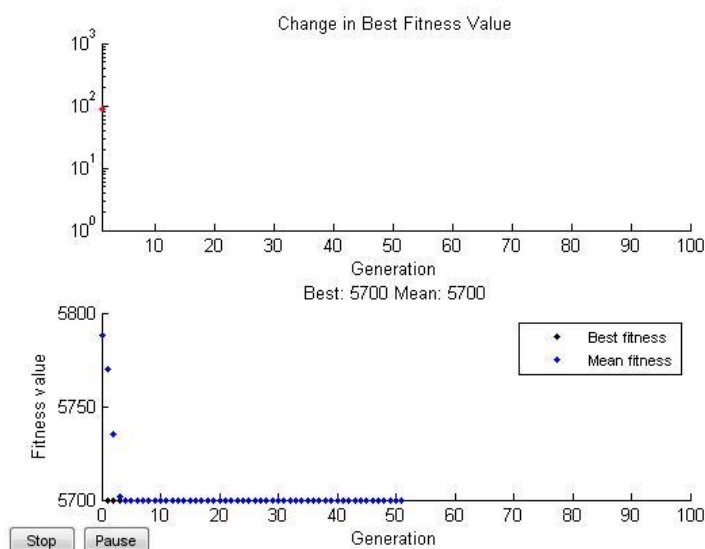
1	4	11	15	16	19	20	21	22	29	33	39	44	48	51	55	57	60	61	75	78	80	81	84
30	35	49	59	64	69	77	79	85	87	97	100	101	105	106	113	121	128	132	136	137	141	148	162
3	5	6	8	9	10	12	13	24	25	28	31	32	37	38	41	42	45	53	62	66	73	74	82
2	7	14	17	18	23	26	27	34	36	40	43	46	47	50	52	54	56	58	63	65	67	68	70

90	91	94	96	102	104	114	117	124	125	129	131	133	135	142	149	150	151	154	157	158	160	161	168
174	182	188	198	202	207	208	212	213	225	227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	89	93	103	107	108	111	112	116	118	120	126	138	139	140	145	146	152	156	166	167	169	170	171
71	72	76	86	88	92	95	98	99	109	110	115	119	122	123	127	130	134	143	144	147	153	155	159

177	180	183	184	187	189	193	194	197	200	203	209	211	214	217	223	224	226	231	235	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
172	175	181	185	186	190	191	192	195	199	205	206	219	222	230	234	236	0	0	0	0	0	0	0
163	164	165	173	176	178	179	196	201	204	210	215	216	218	220	221	228	229	232	233	237	238	239	240

Για το pr06: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 4x93 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

8	11	20	25	28	39	41	44	59	60	69	72	77	86	90	104	105	110	112	117	118	119	120	125
3	4	5	10	15	17	24	27	31	32	35	38	43	48	49	51	53	54	56	61	66	67	70	71
1	6	9	12	14	19	21	22	26	29	30	33	34	36	37	42	45	46	47	52	55	68	74	76
2	7	13	16	18	23	40	50	57	58	62	63	64	65	73	82	83	94	95	96	97	99	107	113

131	136	140	142	147	150	160	169	172	176	180	185	186	190	194	200	213	218	220	224	243	248
75	79	85	89	92	100	101	109	111	114	115	135	144	146	148	152	153	156	157	158	165	171
78	80	81	84	87	88	91	93	98	102	103	106	108	116	121	122	123	124	128	129	130	132

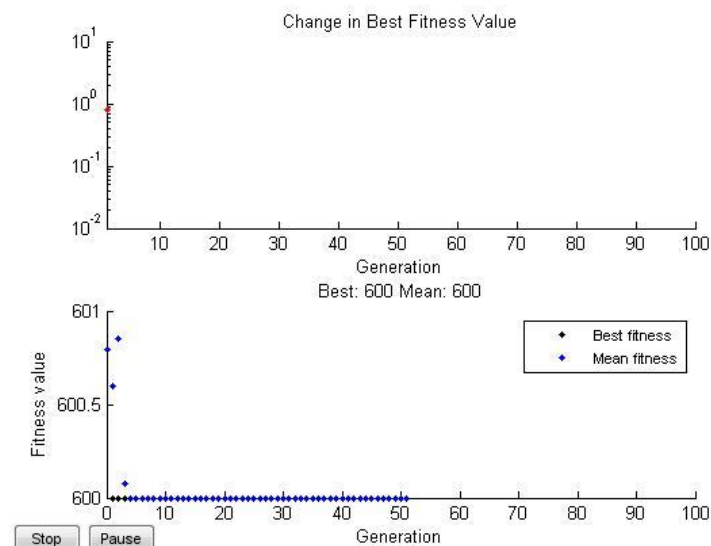
126	127	133	134	145	151	155	168	170	174	178	181	183	188	191	203	206	207	208	209	211	223
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

251	253	256	258	263	264	265	266	273	275	276	277	281	285	0	0	0	0	0	0	0	0
173	177	179	184	187	193	198	202	204	217	221	222	226	231	233	235	240	242	245	247	254	255
137	138	139	141	143	149	154	159	161	162	163	164	166	167	175	182	189	192	195	196	197	199
227	232	234	236	237	239	244	249	250	268	274	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
257	260	262	269	272	280	282	283	284	288	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
201	205	210	212	214	215	216	219	225	228	229	230	238	241	246	252	259	261	267	270	271	278	279	286	287
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Για το pr07: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



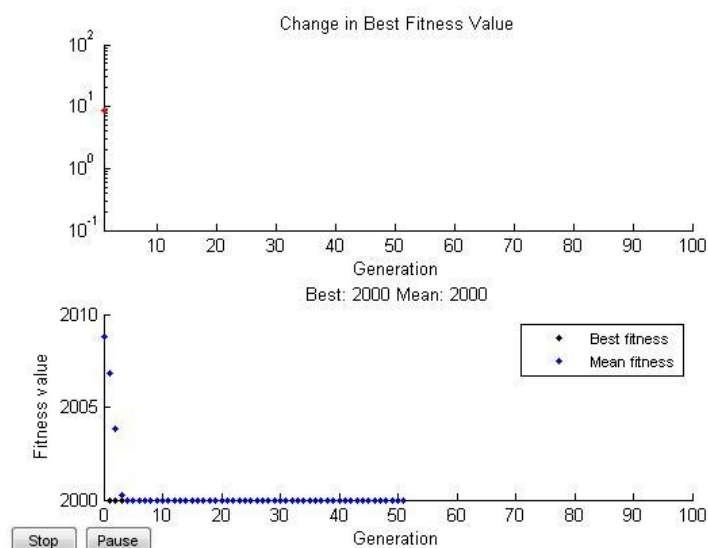
Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 6x17 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

10	18	20	27	31	33	36	60	65	71	0	0	0	0	0	0	0
1	7	12	17	23	26	37	41	43	47	49	50	51	59	61	64	68
3	8	15	16	22	34	44	45	54	56	62	69	0	0	0	0	0
4	5	13	24	28	29	46	52	53	55	57	63	72	0	0	0	0
6	9	11	14	19	21	30	40	42	48	58	66	67	70	0	0	0
2	25	32	35	38	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Για το pr08: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 6x33 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

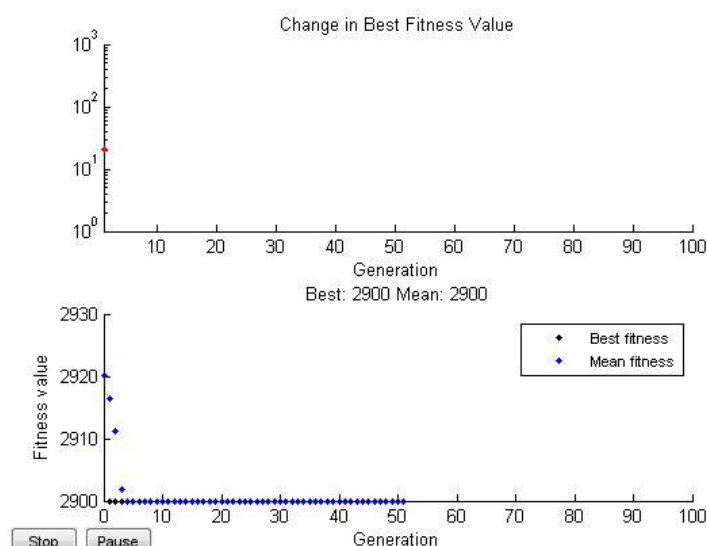
7	11	25	27	28	29	34	39	40	47	53	57	63	66	73	80	82	84
4	8	10	16	18	22	23	35	38	42	50	51	61	74	90	97	103	104
15	24	32	33	37	41	45	46	56	62	68	88	91	92	108	119	121	125
3	5	9	12	19	26	49	65	69	77	110	120	132	134	139	142	143	0
1	2	6	14	21	30	31	36	48	52	58	60	64	67	70	76	79	83
13	17	20	43	44	54	55	59	71	72	75	78	81	98	99	111	115	123

93	96	101	102	109	114	116	122	129	141	0	0	0	0	0
106	113	118	127	128	133	140	0	0	0	0	0	0	0	0
126	135	136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	86	87	89	94	95	100	105	107	112	117	124	131	137	138
130	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Για το pr09: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις

επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 6x45 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

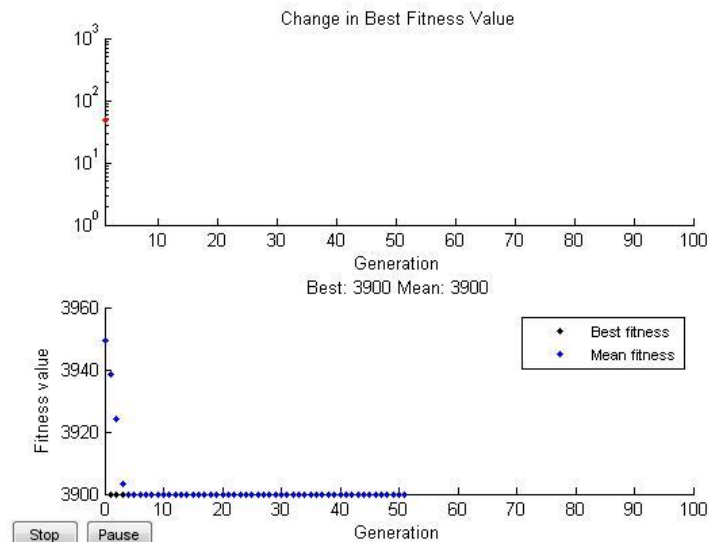
Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

2	3	15	23	29	30	36	39	42	47	56	58	59	60	64	67	78	79	86	101	103	105	110
5	7	16	21	31	35	69	73	76	84	85	102	108	109	118	121	122	127	128	131	148	156	182
1	4	6	11	12	14	18	20	26	32	41	43	45	52	68	77	80	82	88	94	95	104	106
10	13	27	28	37	38	40	55	62	63	66	70	83	90	91	98	99	100	112	126	129	133	139
8	17	22	24	34	44	48	49	50	51	57	61	71	74	75	93	96	97	107	114	116	132	134
9	19	25	33	46	53	54	65	72	81	87	89	92	111	113	125	138	154	164	166	173	176	179

117	120	123	140	150	153	167	172	180	190	214	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
189	197	207	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
115	119	124	130	135	137	141	143	147	149	152	162	163	168	171	177	186	194	199	202	205	209	
142	144	146	151	157	158	159	161	169	174	178	184	191	192	193	198	210	213	216	0	0	0	
136	145	155	160	165	170	175	181	183	185	195	196	200	201	208	212	215	0	0	0	0	0	
187	188	203	204	206	211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Για το pr10: Τρέχοντας το πρόγραμμά μας έχουμε την εμφάνιση του γραφήματος για το πώς μειώνεται η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης, όπου βλέπουμε 50 generations στις οποίες οι τέσσερις πρώτες δεν είναι καλές, αλλά στις επόμενες που ακολουθούν παρατηρούμε σταθεροποίηση βλέποντας ότι στη fitness value η mean fitness συμπίπτει με την best value.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα:



Στην συνέχεια στον πίνακα chromosomes που είναι 6x61 καταλήγουμε στο διαχωρισμό των πελατών με τις αποθήκες που ανήκουν όπως επίσης και το βέλτιστο δρομολόγιο για την εξυπηρέτησή τους. Συγκεκριμένα σε κάθε μία γραμμή που αντιστοιχεί μία αποθήκη βλέπουμε τους πελάτες που τους ανήκουν.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας:

14	24	26	30	33	40	47	50	51	52	53	54	55	58	62	64	67	80	82	83	86
10	17	18	22	32	92	100	108	118	122	126	129	157	160	166	179	192	201	233	244	251
11	13	15	20	23	28	29	34	35	36	39	42	43	49	57	69	87	91	94	106	130
3	5	8	12	25	31	37	45	61	66	73	76	97	114	119	120	124	125	127	133	136
1	2	6	7	16	21	27	38	41	44	46	56	59	63	68	71	72	74	78	79	81
4	9	19	48	60	65	70	75	77	84	85	93	103	112	116	117	143	144	149	165	171

95	96	98	104	107	113	123	135	138	146	164	175	187	195	197	206	210	217	229	234
261	263	265	274	276	277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
134	139	141	142	145	147	151	154	156	161	162	170	178	191	196	199	204	205	211	212
137	140	153	159	163	167	168	172	176	180	181	183	186	194	198	202	213	214	216	218
88	89	90	99	101	102	105	109	110	111	115	121	128	131	132	148	150	152	155	158
173	177	182	184	188	189	190	193	207	209	223	238	260	266	278	279	280	281	0	0

235	236	246	256	268	272	288	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
220	224	232	239	240	241	245	249	254	262	275	282	285	0	0	0	0	0	0	0
219	221	225	226	227	228	231	247	252	257	259	264	267	269	270	271	273	283	284	287
169	174	185	200	203	208	215	222	230	237	242	243	248	250	253	255	258	286	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ιωάννης Μαρινάκης - Μυγδαλάς Αθανάσιος: "Συνδυαστική Βελτιστοποίηση", Πολυτεχνείο Κρήτης, 2004
2. Ιωάννης Μαρινάκης - Μυγδαλάς Αθανάσιος: "Σχεδιασμός Και Βελτιστοποίηση Της Εφοδιαστικής Αλυσίδας", Εκδόσεις σοφία, 2008

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Gianpaolo Ghiani, Gilbert Laporte, Roberto Musmanno: "Introduction To Logistics Systems Planning And Control".John Wiley & Sons, 2004.
2. Using Genetic Algorithms for Multi-depot Vehicle Routing, *Beatrice Ombuki-Berman and Franklin T. Hanshar*, ([Bio-inspired Algorithms for the Vehicle Routing Problem Studies in Computational Intelligence](#) Volume 161, 2009, pp 77-99)
3. Solution To Multi-Depot Vehicle Routing Problem Using Genetic Algorithms, *Surekha P and Dr.S.Sumath*, (*World Applied Programming, Vol (1), No (3), August 2011. 118-131*)
4. David Simchi-Levi,Xin Chen,Julien Bramel: "The Logic Of Logistics" Theory, Algorithms and Applications for Logistics and Supply Chain Management, second edition. Springer, 2005.
5. Solving Min-Max Multi-Depot Vehicle Routing Problem, John Carlsson– Dongdong Ge- Arjun Subramaniam - Amy Wu - and Yinyu Ye, 13th February 2007

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

1. http://www.acronymgeek.com/MDVRP/Multiple_Depot_Vehicle_Routing_Problem
2. <http://publications.lib.chalmers.se/cpl/record/index.xsql?pubid=19823>

3. <http://www.learnartificialneuralnetworks.com/geneticalg.htm>
4. http://www.icsd.aegean.gr/lecturers/kavallieratou/NN&EP_files/ci_2.pdf
5. <http://www.bma.upatras.gr/new/Courses%20Material/%28Mathima1%29VRPs.pdf>
6. http://users.ntua.gr/vosniak/teaching/man_sys/14a.pdf
7. <http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP/index.html?VRP-Intro.html>