



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ  
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών:  
Οργάνωση & Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων  
Κατεύθυνση: Logistics

Πτυχιακή Εργασία

Μοντελοποίηση Δικτύων Εφοδιασμού

Φοιτητής: Πέτρος Γ. Αργίτης

Επιβλέπων Καθηγητής:  
κ. Χρυσολέων Παπαδόπουλος

# РАНЕЕЗНАМО ПЕРПАА

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Κύριος αρωγός μου κατά την εκπόνηση της παρούσης εργασίας στάθηκε ο Καθηγητής κ. Χρυσολέων Παπαδόπουλος ο οποίος και μου συνέστησε την ενασχόληση μου με τον τομέα της μοντελοποίησης Δικτύων Εφοδιασμού. Όχι μόνο στην φάση εντοπισμού του θέματος αλλά και στην διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας αυτής ο κ. Χρυσολέων Παπαδόπουλος στάθηκε δίπλα μου και υποστήριξε τις προσπάθειές μου με θέρμη και περίσσιο ενδιαφέρον. Για το λόγο αυτό θέλω να εκφράσω για ακόμα μια φορά τις ευχαριστίες μου στο πρόσωπό του.

Παράλληλα θέλω να ευχαριστήσω τους καθηγητές του μεταπτυχιακού αυτού προγράμματος και να αφιερώσω την εργασία μου αυτή στη μνήμη του πατέρα μου Γεωργίου Π. Αργίτη.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	5
Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ.....	6
ΣΥΝΟΨΗ .....	7
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ .....	8
1. Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας .....	10
1.1 Η κλαστική Θεωρία.....	10
1.1.1 Η σημασία των Logistics.....	15
1.2 Η Σύγχρονη Προσέγγιση - World Class Supply Chain Management .....	20
1.3 Εφοδιαστικές Αλυσίδες και Δίκτυα.....	22
2. Μαθηματικά Εργαλεία .....	26
2.1 Γραμμικός Προγραμματισμός.....	26
2.2 Τυπική Μορφή Προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού .....	28
2.3 Το πρόβλημα της Μεταφοράς.....	29
2.4 Το πρόβλημα Κατανομής Πόρων.....	31
3. Μοντελοποίηση Δικτύου Εφοδιασμού .....	33
3.1 - 1 <sup>ο</sup> επίπεδο (πρόβλημα μεταφοράς).....	34
3.2 - 2 <sup>ο</sup> επίπεδο :(πρόβλημα κατανομής πόρων).....	36
3.3 - 3 <sup>ο</sup> επίπεδο:(τρισεδιάστατο πρόβλημα μεταφοράς) .....	37
4. Μεικτός Ακέραιος Προγραμματισμός.....	39
4.1 Μοντέλα βελτιστοποίησης Δικτύων Εφοδιασμού.....	39
4.1.1 Μοντέλο Σταθερού Κόστους.....	41
4.1.2 Μοντέλο Οικονομιών Κλίμακας.....	43
4.1.3 Μοντέλο Επαναπρογραμματισμού Παραγωγής .....	44
4.1.4 Το πρόβλημα της Ανάθεσης.....	46
5. Ανάλυση Δικτύου Εφοδιασμού και Στρατηγική.....	48
5.1 Στρατηγικός Σχεδιασμός στην Ajax Computer Company .....	48
5.2 Η κατασκευή ενός Ενιαίου Μοντέλου Δικτύου Εφοδιασμού.....	51
5.2.1 Μοντέλο παραγωγής για το Υπάρχον Εργοστάσιο Συναρμολόγησης.....	53
5.2.2 Μοντέλο παραγωγής για το Νέο Εργοστάσιο Συναρμολόγησης .....	58
5.2.3 Μοντέλο Μεταφοράς από το υπάρχον Εργοστάσιο Συναρμολόγησης προς τις Αγορές.....	62
5.2.4 Μοντέλο Μεταφοράς από το Νέο Εργοστάσιο Συναρμολόγησης προς τις Αγορές.....	64
5.2.5 Μοντέλο Πωλήσεων .....	67
5.2.6 Περιορισμοί επιλογής σε σύνολα επενδυτικών επιλογών.....	68
5.2.7 Συναρτήσεις Καθαρών Κερδών κάθε έτους και Ανηγμένη Συνάρτηση Συνολικού Κέρδους.....	69
5.3 Η επίλυση του Μοντέλου του Δικτύου Εφοδιασμού .....	72
5.3.1 Αποτελέσματα μετά την Βελτιστοποίηση – Στρατηγικές Αποφάσεις.....	76
5.4 Σύνοψη Σεναρίων .....	80
5.5 Συμπεράσματα.....	81
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	82
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	101

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ	ΣΕΛΙΔΑ
1-1 Δίκτυο Εφοδιασμού τριών επιπέδων	24
3-1 Δίκτυο Εφοδιασμού τριών επιπέδων	33
5-1 Το Δίκτυο Εφοδιασμού της Ajax Computer Company	52
5-2 Μοντέλο Στρατηγικού Σχεδιασμού της Ajax Computer Company	53
5-4 Υπολογιστικό φύλλο Excel 1 <sup>ου</sup> έτους	73
5-5 Υπολογιστικό φύλλο Excel 2 <sup>ου</sup> έτους	74
5-6 Υπολογιστικό φύλλο Excel 3 <sup>ου</sup> έτους	75

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ	ΣΕΛΙΔΑ
2-1 Στοιχεία Κόστους Μεταφοράς	29
2-2 Στοιχεία Πόρων του Συστήματος	31
3-1 Μεταφερόμενες Ποσότητες από την πηγή $S_i$ στον προορισμό $M_i$	34
3-2 Στοιχεία Πόρων του Συστήματος	36
3-3 Στοιχεία κόστους μεταφοράς του $k$ προϊόντος	37
4-1 Πίνακας αναγκών δυναμικότητας Μοντέλου Σταθερού Κόστους	41
4-2 Πίνακας αναγκών δυναμικότητας Οικονομιών Κλίμακας	44
4-3 Πίνακας Αναγκών-Δυναμικότητας Μοντέλου Επαναπρογραμματισμού Παραγωγής	44
4-4 Στοιχεία Κόστους Δραστηριοτήτων	46
5-1 Προβλέψεις μέγιστων πωλήσεων 1 <sup>ου</sup> έτους	49
5-2 Προβλέψεις μέγιστων πωλήσεων 2 <sup>ου</sup> έτους	50
5-3 Προβλέψεις μέγιστων πωλήσεων 3 <sup>ου</sup> έτους	50
5-4 Στοιχεία Κόστους Εργασίας στο Υπάρχον Εργοστάσιο	56
5-5 Διαθέσιμοι πόροι στο υπάρχον εργοστάσιο	56
5-6 Στοιχεία Κόστους Εργασίας στο Υπάρχον Εργοστάσιο	60
5-7 Στοιχεία Διαθέσιμων Πόρων Νέου Εργοστασίου	60
5-8 Μεταβλητές Ποσοτήτων Μεταφοράς από το Υπάρχον Εργοστάσιο	62
5-9 Στοιχεία μοναδιαίου Κόστους Μεταφοράς από το Υπάρχον Εργοστάσιο	63
5-10 Μεταβλητές ποσοτήτων μεταφοράς από το Νέο Εργοστάσιο	65
5-11 Στοιχεία μοναδιαίου Κόστους Μεταφοράς από το Νέο Εργοστάσιο	66
5-12 Προβλέψεις μέγιστων πωλήσεων τον 1 <sup>ο</sup> χρόνο	67
5-13 Στοιχεία Κόστους Επενδύσεων	70
5-14 Πίνακας Μοναδιαίων Τιμών Πώλησης	70
5-15 Σύνοψη σεναρίων	81

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έρχεται να ολοκληρώσει τις μεταπτυχιακές μου σπουδές στο επιστημονικό πεδίο των Logistics στο Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης του Πανεπιστημίου του Πειραιά. Εκτείνεται στον χώρο τόσο της Επιχειρησιακής Έρευνας όσο και σε αυτόν της Στρατηγικής Διοίκησης.

Η πρώτη μου επαφή με την Επιχειρησιακά Έρευνα και τον Μαθηματικό Προγραμματισμό έγινε κατά την διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών στη σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του Ε.Μ.Π.. Στην συνέχεια ακολούθησε η εκπόνηση της Διπλωματικής μου εργασίας με θέμα “Logistics: Η μεταφορά και η Διαχείριση των Αποθεμάτων”.

Έχοντας επιτύχει στο σύνολο των μαθημάτων του παρόντος μεταπτυχιακού προγράμματος μου δίνεται η δυνατότητα να συνδυάσω τις γνώσεις που απέκτησα στον χώρο των Logistics με την Επιχειρησιακή Έρευνα και τα σχετικά μαθηματικά εργαλεία. Με τον συγκερασμό αυτών των δύο καθίσταται δυνατό ποιοτικά στοιχεία μιας επιχειρησιακής ανάλυσης να πάρουν ποσοτική μορφή και να απαντήσουν με συγκεκριμένο τρόπο σε συγκεκριμένα ερωτήματα.

Η παρούσα λοιπόν εργασία καλείται να συντελέσει στην επιστημονική μου ολοκλήρωση συνδυάζοντας το προφίλ των προπτυχιακών μου σπουδών, ως Μηχανικού και των μεταπτυχιακών ως Logistician.

## ΣΥΝΟΨΗ

Το αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας εκτείνεται στον χώρο της μοντελοποίησης Δικτύων Εφοδιασμού ενώ παράλληλα αναφέρεται στις επιστημονικές περιοχές της Επιχειρησιακής Έρευνας και των Logistics.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται προσπάθεια ορισμού του αντικειμένου της διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Παρουσιάζεται η κλασική θεωρία με την οποία προσεγγίζεται η Αλυσίδα Εφοδιασμού καθώς και η σημασία της στα πλαίσια μιας επιχείρησης. Εισάγεται επίσης η σύγχρονη αντίληψη της αντιμετώπισης της Αλυσίδας Εφοδιασμού ως Δίκτυο.

Το δεύτερο κεφάλαιο ασχολείται με την θεμελίωση των βασικών αρχών του Μαθηματικού Προγραμματισμού και την παρουσίαση των σχετικών εργαλείων. Επίσης παρατίθενται παραδείγματα χαρακτηριστικών προβλημάτων για την εξοικείωση του αναγνώστη. Παρουσιάζονται τα προβλήματα της Μεταφοράς και του Καταμερισμού των Πόρων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ένα Δίκτυο Εφοδιασμού το οποίο προγραμματίζεται σε τρία επίπεδα. Τα στοιχεία των προβλημάτων σε κάθε επίπεδο προγραμματισμού είναι πλήρως ορισμένα. Με τον τρόπο αυτό ο αναγνώστης έχει στα χέρια του αντιπροσωπευτικά προβλήματα μετάβασης από το ένα επίπεδο του Δικτύου στο άλλο και χρειάζεται, απλά, να τοποθετήσει τα πραγματικά στοιχεία κόστους του δικτύου με το οποίο ασχολείται.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται ο Μεικτός Ακέραιος Προγραμματισμός και παρουσιάζονται τα σχετικά μοντέλα βελτιστοποίησης Δικτύων Εφοδιασμού. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται τα μοντέλα Σταθερού Κόστους (Fixed Costs) και Επαναπρογραμματισμού της Παραγωγής (Production Changeovers). Επίσης παρουσιάζεται και ο τρόπος χρήσης μεταβλητών πολλαπλής επιλογής και μεταβλητών λήψης αποφάσεων.

Στα κεφάλαιο 5 περιγράφεται το μοντέλο Στρατηγικού Σχεδιασμού της επιχείρησης προϊόντων τεχνολογίας, Ajax Computer Company. Το μοντέλο αυτό μορφοποιείται πλήρως μαθηματικά και στην συνέχεια επιλύεται με την βοήθεια του υπολογιστικού φύλλου Excel. Δημιουργούνται επιπλέον υποθετικά σενάρια τα οποία και επιλύονται. Με τον τρόπο αυτό γίνεται και η ανάλυση της ευαισθησίας της Λύσης

του βασικού μοντέλου Στρατηγικού Σχεδιασμού και η Διοίκηση μπορεί να λάβει με μεγαλύτερη σιγουριά την κάθε της απόφαση.

Στο τελευταίο κεφάλαιο αναλύονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν απ την παρούσα εργασία στο πεδίο της Μοντελοποίησης Δικτύων Εφοδιασμού.

## **ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ**

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει συγκεντρωμένα τα συνήθη μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στην Ανάλυση Δικτύων. Η ανάπτυξη τους έχει γίνει με ακριβή μαθηματική γλώσσα και όχι μέσω παραδειγμάτων. Η εργασία αυτή συγκεντρώνει τα βασικότερα προβλήματα που προκύπτουν στην Εφοδιαστική Αλυσίδα, και τα αντίστοιχα μαθηματικά μοντέλα, και παρουσιάζει την αλληλουχία αυτών. Χαρακτηριστικά το Τρίτο Κεφάλαιο παρουσιάζει ένα απλό Δίκτυο Εφοδιασμού. Μέσω αυτής της ανάλυσης γίνεται αντιληπτός ο τρόπος που το ένα μοντέλο διαδέχεται το άλλο κατά την αριστοποίηση ενός Δικτύου Εφοδιασμού. Προκύπτει, λοιπόν, μαθηματικό μοντέλο το οποίο εκτείνεται σε όλο το εύρος του Δικτύου Εφοδιασμού και έχει υποστεί με ενιαίο τρόπο την μαθηματική μορφοποίηση. Ο μελετητής, με τον τρόπο αυτό, είναι ικανός, τοποθετώντας τις αριθμητικές τιμές των δεδομένων που διαθέτει, να λαμβάνει άμεσα το μοντέλο που εκτείνεται στο συγκεκριμένο πεδίο του Δικτύου Εφοδιασμού που τον απασχολεί. Επίσης, η ανάλυση αυτή καθιστά αντιληπτό τον τρόπο και το βαθμό που κάθε επιμέρους μοντέλο συμμετέχει στο σύνολο του Δικτύου Εφοδιασμού.

Η μελέτη αυτή, Κεφάλαιο 5, περιλαμβάνει την ανάλυση του Μοντέλου Στρατηγικού Σχεδιασμού της Ajax Computer Company. Γίνεται άμεση αναφορά στο βιβλίο “Modeling the Supply Chain” του Jeremy F. Shapiro, βλέπε βιβλιογραφία, και συγκεκριμένα στην παράγραφο 4.3 αυτού. Αντλούνται τα απαραίτητα ποσοτικά στοιχεία από την συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης καθώς και οι στόχοι της Διοίκησης, αποτελώντας τη βάση για την επιπλέον μελέτη.

Η παρούσα εργασία, σαν συνέχεια των παραπάνω, παρουσιάζει μορφοποιημένο το Δίκτυο Εφοδιασμού της Ajax Computer Company σε ένα τριετές πλάνο διαχείρισης. Αυτό περιλαμβάνει τόσο τον προγραμματισμό της Παραγωγής όσο και την εξέταση των πιθανών Επενδύσεων. Εν συνεχεία επιλύει το Δίκτυο Εφοδιασμού με στόχο την μεγιστοποίηση των κερδών της επιχείρησης. Με τον τρόπο



αυτό, η μελέτη αποδεικνύει την ιδιαίτερη συμβολή που παρέχει ο Μεικτός Ακέραιος Προγραμματισμός, σε συνδυασμό με κατάλληλο λογισμικό βελτιστοποίησης, για την λήψη στρατηγικών αποφάσεων. Καθιστά σαφή την ευκολία με την οποία μπορεί να προσαρμοστεί η στρατηγική της επιχείρησης μεταβαλλόμενων των εκάστοτε συνθηκών, με την επίλυση επιπρόσθετων σεναρίων. Παράλληλα φανερώνει το ελάχιστο επιπλέον κόστος που απαιτείται ώστε η διοίκηση της επιχείρησης να καταστρώσει σενάρια για την αξιολόγηση καθεμιάς επενδυτικής στρατηγικής.

# 1. Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Στο ακόλουθο κεφάλαιο γίνεται προσπάθεια προσέγγισης της θεωρίας που περιγράφει την Εφοδιαστική Αλυσίδα. Παρουσιάζονται οι βασικές συνιστώσες αυτής καθώς και η σημασία και οι στόχοι των επιμέρους λειτουργιών της. Εν συνεχεία αναλύεται πως η παγκοσμιοποίηση της οικονομίας επιδρά στην διοίκηση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας και τον τρόπο που οι πολύπλοκες σχέσεις εξάρτησης που δημιουργούνται μετασχηματίζουν τις παραδοσιακές Αλυσίδες Εφοδιασμού σε Δίκτυα Εφοδιασμού. Με την ανάλυση αυτή καταδεικνύεται η ανάγκη συμμετοχής των Logistics στον Στρατηγικό Σχεδιασμό της σύγχρονης Διευρυμένης Επιχείρησης.

## 1.1 Η κλασική Θεωρία

Τα Logistics αποτελούν ένα σύνολο από λειτουργικές ενέργειες, όπως η μεταφορά και η αποθήκευση, οι οποίες επαναλαμβάνονται πολλές φορές κατά μήκος του “καναλιού” μέσα στο οποίο οι πρώτες ύλες μετατρέπονται σε τελικά προϊόντα και προσθέτουν αξία στα μάτια των καταναλωτών. Επειδή οι πηγές των πρώτων υλών, τα εργοστάσια και τα σημεία πώλησης δεν βρίσκονται συνήθως στην ίδια περιοχή και το “κανάλι” αποτελείται από πλήθος σταδίων, ενέργειες Logistics επαναλαμβάνονται αρκετές φορές πριν το προϊόν φτάσει στην αγορά. Ακόμα και τότε, όμως, αντίστοιχες ενέργειες λαμβάνουν χώρα ακόμα μια φορά όταν τα χρησιμοποιημένα προϊόντα ανακυκλώνονται με αντίθετη κατεύθυνση στο “κανάλι” της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, Reverse Logistics.

Μια εταιρία, από μόνη της, γενικά δεν είναι εύκολο να ελέγξει τη ροή του προϊόντος της σε όλο το μήκος του καναλιού από την πρώτη ύλη μέχρι και το τελικό προϊόν, παρότι αυτό αποτελεί εξαιρετική πρόκληση. Για πρακτικούς λόγους η διαχείριση του καναλιού μιας συγκεκριμένης επιχείρησης έχει ένα πιο περιορισμένο φάσμα. Συνήθως, μεγαλύτερος έλεγχος επιτυγχάνεται στα κανάλια του φυσικού εφοδιασμού (physical supply channel) και της φυσικής διανομής (physical distribution channel). Το κανάλι φυσικού εφοδιασμού αναφέρεται στον χρόνο και την απόσταση μεταξύ των πρώτων υλών και των σημείων επεξεργασίας. Αντίστοιχα το κανάλι φυσικής διανομής αναφέρεται στον χρόνο και την απόσταση μεταξύ των

σημείων επεξεργασίας και του τελικού καταναλωτή. Εξαιτίας της ομοιότητας των ενεργειών μεταξύ των δύο αυτών καναλιών, το κανάλι φυσικού εφοδιασμού και το κανάλι φυσικής διανομής εμπεριέχουν τις ενέργειες εκείνες που τελικά συγχωνεύονται στην διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Supply Chain Management, SCM). Ένα τυπικό και πλήρες, λοιπόν, κανάλι εφοδιασμού για μια βιομηχανική επιχείρηση περιλαμβάνει τα ακόλουθα διαδοχικά επίπεδα, για την συνοχή μεταξύ των οποίων απαιτείται επιλογή κατάλληλων συστημάτων μεταφοράς:

- α. Προμήθεια πρώτων υλών
- β. Αποθήκευση
- γ. Μεταποίηση
- δ. Αποθήκευση
- ε. Διανομή
- στ. Τελικός Καταναλωτής

Παρότι είναι εύκολο να θεωρήσουμε την Εφοδιαστική σαν μια διαδικασία ελέγχου της ροής των υλικών από τα σημεία προμήθειας των πρώτων υλών μέχρι τον τελικό καταναλωτή, για πολλές εταιρείες υπάρχει και ένα ανάστροφο κανάλι, Reverse Logistics Channel, που πρέπει να διαχειριστεί. Αυτό συμβαίνει διότι τα Logistics δεν θεωρούν ότι η ζωή ενός προϊόντος σταματά όταν αυτό φτάσει στον καταναλωτή. Τα προϊόντα αντικαθίστανται από νέα, καταστρέφονται ή παύουν να λειτουργούν και επιστρέφονται στο σημείο προέλευσης τους για επισκευή ή για απόρριψη. Αρκετές φορές την αντίθετη αυτή πορεία ακολουθούν προϊόντα συσκευασίας είτε εξαιτίας περιβαλλοντικών κανόνων είτε γιατί είναι οικονομικά συμφέρουσα η εκ νέου χρήση τους. Το ανάστροφο αυτό κανάλι μπορεί να χρησιμοποιεί ολόκληρο ή ένα μέρος της Εφ.Α. ή μπορεί να απαιτεί έναν εντελώς νέο και ξεχωριστό σχεδιασμό. Η Εφοδιαστική Αλυσίδα παύει με την επιστροφή ή την απόρριψη του προϊόντος. Επίσης, πρέπει να φροντίσουμε ώστε το ανάστροφο αυτό κανάλι να εντάσσεται στο πλαίσιο του σχεδιασμού και του ελέγχου της Εφοδιαστικής Αλυσίδας.

Οι ενέργειες που απαιτούνται για την διαχείριση της Εφ.Α. διαφέρουν από εταιρία σε εταιρία εξαρτώνται από την οργανωτική δομή κάθε εταιρείας, τις απόψεις της διοίκησης σχετικά με το τι αποτελεί την Εφ.Α. και την σημασία των ανθρώπινων ενεργειών στη λειτουργία κάθε επιχείρησης.

Σύμφωνα λοιπόν και με τον ορισμό του Council of Logistics Management για το τι περιέχει ένα τυπικό σύστημα Logistics διαπιστώνουμε ότι:

*The components of a typical logistics system are: customer service, demand forecasting, distribution communications, inventory control, material handling, order processing, parts and service support, plant and warehouse site selection (location analysis), purchasing, packaging, return goods handling, salvage and scrap disposal, traffic and transportation, and warehousing storage.*<sup>1</sup>

Μετά τον τελευταίο ορισμό μπορούμε να παραθέσουμε μια πιο αναλυτική λίστα ενεργειών που λαμβάνουν χώρα σε ένα κανάλι εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτή η λίστα χωρίζεται επιπλέον σε ενέργειες “κλειδιά “ (δηλ. τις βασικές ενέργειες ) και σε ενέργειες υποστήριξης.

## **ΚΥΡΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ**

### **1. Εξυπηρέτηση πελατών :**

Συνεργασία με το Marketing με στόχο :

- α. τον καθορισμό των αναγκών και των επιθυμιών των πελατών
- β. τον έλεγχο της ανταπόκρισης των πελατών στην υπηρεσία αυτή
- γ. τον ορισμό του επιπέδου εξυπηρέτησης

### **2. Μεταφορές**

- α. επιλογή μέσου και υπηρεσίας μεταφοράς
- β. ενοποίηση φορτίων
- γ. δρομολόγηση μεταφορέα
- δ. οργάνωση οχημάτων (vehicle scheduling)
- ε. επιλογή εξοπλισμού
- ζ. επεξεργασία αιτημάτων (παραγγελιών)
- η. έλεγχος ιεράρχησης (rate auditing)

---

<sup>1</sup> Careers in Logistics (Oak Brook : Council of Logistics Management)

### 3. Διαχείριση αποθεμάτων

- α. πολιτική αποθήκευσης πρώτων υλών και τελικών προϊόντων
- β. βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη πωλήσεων
- γ. ανάμειξη προϊόντων στα σημεία αποθήκευσης
- δ. αριθμός, μέγεθος, και τόπος αποθήκευσης
- ε. Just-In-Time, Push ή Pull προσεγγίσεις

### 4. Ροή πληροφορίας και δρομολόγηση παραγγελίας

- α. επικοινωνία με αποθήκη μετά από sales order
- β. μέθοδοι προώθησης πληροφοριών παραγγελίας
- γ. κανόνες παραγγελίας

## **ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ**

### 1. Αποθήκευση

- α. καθορισμός αποθηκευτικού χώρου
- β. σχεδιασμός – διάταξη αποθήκης
- γ. τοποθέτηση υλικών

### 2. Διαχείριση υλικών

- α. επιλογή εξοπλισμού
- β. πολιτικές ανανέωσης εξοπλισμού
- γ. διαδικασίες picking

### 3. Προμήθειες

- α. επιλογή κατάλληλων προμηθευτών
- β. χρόνος παραγγελίας
- γ. ποσότητα παραγγελίας

### 4. Συσκευασία (σχεδίαση με στόχο: )

- α. ευκολία στον χειρισμό
- β. ευκολία στην αποθήκευση
- γ. προστασία από φθορά ή απώλεια

## 5. Συνεργασία με την Παραγωγή (με στόχο:)

- α. τον καθορισμό τη συνολικής ποσότητας παραγωγής
- β. τον χρονικό προγραμματισμό της παραγωγής
- γ. τον προγραμματισμό των προμηθειών

## 6. Διατήρηση της Πληροφορίας

- α. συλλογή δεδομένων, αποθήκευσή και χρήση τους
- β. Data Analysis
- γ. διαδικασίες ελέγχου

Οι παραπάνω λειτουργίες γενικά λαμβάνουν χώρα σε κάθε κανάλι εφοδιασμού. Οι πρώτες (κύριες λειτουργίες) αποτελούν βάση του καναλιού φυσικής διανομής ενώ οι δεύτερες εξαρτώνται από τις επικρατούσες σε κάθε εταιρεία συνθήκες για την παρουσία τους.

Η εξυπηρέτηση πελατών ορίζει το επίπεδο παραγόμενου προϊόντος και το βαθμό ανταπόκρισης του δικτύου εφοδιασμού. Το κόστος αυξάνεται ανάλογα με το επίπεδο εξυπηρέτησης, το οποίο αν τεθεί πολύ ψηλά μπορεί να οδηγήσει σε εκτίναξη του κόστους σε δυσθεώρητα ύψη.

Οι μεταφορές και η διαχείριση αποθεμάτων είναι οι βασικές λειτουργίες μέσω των οποίων το σύστημα επιτυγχάνει μείωση του κόστους λειτουργίας του. Τα δυο αυτά κομμάτια της αλυσίδας αντιπροσωπεύουν πάνω από το 50% του συνολικού κόστους λειτουργίας. Οι μεταφορές προσφέρουν “τοπική” αξία στα προϊόντα και τις υπηρεσίες ενώ τα συστήματα αποθήκευσης “χρονική” αξία.

Οι μεταφορές είναι απαραίτητες ώστε κάθε σύγχρονη εταιρεία να μπορεί να εξασφαλίσει και να ελέγχει την διακίνηση των πρώτων υλών αλλά και των τελικών προϊόντων της. Η τήρηση αποθεμάτων είναι απαραίτητη και παρεμβάλλεται μεταξύ παραγωγής και πωλήσεων εξασφαλίζοντας όχι μόνο την διαθεσιμότητα του προϊόντος αλλά και την χρήση αποδοτικών μεθόδων παραγωγής και διανομής.

Η δρομολόγηση των παραγγελιών είναι η τελευταία κύρια λειτουργία. Το κόστος της είναι συνήθως μικρότερο από αυτά της μεταφοράς και της αποθήκευσης. Παρόλα αυτά όμως η προώθηση των παραγγελιών αποτελεί σημαντικό μέρος του χρόνου που μεσολαβεί ώστε ο πελάτης να απολαύσει τα επιθυμητά προϊόντα ή

υπηρεσίες ενώ παράλληλα είναι η διαδικασία που δίνει το έναυσμα για την διακίνηση και παράδοση των παραγόμενων αγαθών.

Οι βοηθητικές λειτουργίες αντιμετωπίζονται σαν επικουρικές της αποστολής των Logistics και δεν λαμβάνουν κατ' ανάγκη χώρα σε κάθε επιχείρηση, παρότι σε συγκεκριμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι εξίσου σημαντικές με τις κύριες λειτουργίες.

Η προστατευτική συσκευασία είναι μια βοηθητική ενέργεια τόσο για την μεταφορά και την διαχείριση των αποθεμάτων όσο και για την αποθήκευση και την διαχείριση των υλικών γιατί συνεισφέρει στην αποτελεσματικότητα αυτών των ενεργειών. Ο εφοδιασμός και η οργάνωση της παραγωγής των προϊόντων, παρότι ίσως αποτελούν μέρος της παραγωγής, επιδρούν θετικά στην διαδικασία των Logistics και ειδικότερα στις μεταφορές και την διαχείριση των αποθεμάτων. Τέλος η διατήρηση της πληροφορίας παρέχει την απαιτούμενη πληροφορία για την σχεδίαση και τον έλεγχο ενός συστήματος Logistics.

### **1.1.1 Η σημασία των Logistics**

Τα Logistics δημιουργούν αξία τόσο για τους πελάτες και τους προμηθευτές μιας επιχείρησης όσο και στους μετόχους αυτής. Η προστιθέμενη αξία εκφράζεται χρονικά και χωρικά. Τα προϊόντα δεν έχουν αξία μέχρι να φτάσουν στην κατοχή του πελάτη την στιγμή και στον τόπο που επιθυμεί να τα καταναλώσει. Για παράδειγμα τα προϊόντα που πωλούνται σε ένα συγκρότημα αθλητικών εγκαταστάσεων δεν έχουν αξία για τους καταναλωτές αν δεν είναι διαθέσιμα όταν ένα αθλητικό γεγονός λαμβάνει χώρα στις εγκαταστάσεις. Η Διοίκηση κάθε επιχείρησης αντιμετωπίζει κάθε στάδιο της Εφοδιαστικής Αλυσίδας σαν μια διαδικασία πρόσθεσης αξίας και αφαιρεί στάδια κατά τα οποία προστίθεται συγκριτικά λίγη επιπλέον αξία. Γενικά θεωρούμε ότι σε ένα προϊόν προστίθεται αξία όταν ο καταναλωτής διατίθεται να πληρώσει περισσότερο για ένα προϊόν ή υπηρεσία από όσο αυτό πραγματικά κοστίζει για να φτάσει στα χέρια του. Στις μέρες μας για τις περισσότερες επιχειρήσεις η διοίκηση της Εφ.Α. (Supply Chain Management) αποτελεί μια εξαιρετικά σημαντική διαδικασία πρόσθεσης αξίας για πλήθος αιτιών όπως αναφέρονται παρακάτω:

## Το κόστος είναι σημαντικό

Τα τελευταία χρόνια πληθώρα μελετών έχουν γίνει με στόχο τον προσδιορισμό του κόστους ενός συστήματος εφοδιασμού τόσο για το σύνολο της Οικονομίας όσο και για κάθε επιχείρηση. Σύμφωνα με το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο (International Monetary Fund), τα Logistics κοστίζουν περίπου όσο το 12% του παγκόσμιου ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος. Έρευνα των Rosalyn Wilson και Robert Delaney για την αμερικάνικη Οικονομία δείχνει ότι το κόστος των Logistics αποτελεί το 9,9 % του Α.Ε.Π. την Η.Π.Α.<sup>2</sup>

Για την επιχείρηση εκτιμήσεις δίνουν ότι το κόστος αποτελεί το 4% έως και πάνω από το 30% των συνολικών πωλήσεων. Το κόστος των Logistics σε μια επιχείρηση υπολείπεται μόνο του κόστους πρώτων υλών και προϊόντων που αποτελούν περίπου το 50 – 60 % του συνόλου των πωλήσεων για την μέση βιομηχανική επιχείρηση. Αξία προστίθεται με την ελαχιστοποίηση αυτών των πηγών κόστους και την απόδοση του κέρδους από την εξοικονόμηση στον καταναλωτή και τους μετόχους.

## Αυξάνονται οι απαιτήσεις για το επίπεδο εξυπηρέτησης

Το διαδίκτυο, οι πρακτικές Just – In – Time και η συνεχής ανανέωση των αποθεμάτων έχουν συντελέσει στην απαίτηση των πελατών για ταχεία εξυπηρέτηση, γρήγορη επεξεργασία των αιτημάτων τους και υψηλό βαθμό διαθεσιμότητας προϊόντων. Σύμφωνα με έρευνα των Davis και Drumm<sup>3</sup> σε εκατοντάδες παγκοσμίως ανταγωνιστικές επιχειρήσεις, ο κύκλος ζωής παραγγελίας (order cycle time) κυμαίνεται μεταξύ των 7 – 8 ημερών. Η LogFac<sup>4</sup> συνοψίζει την απόδοση των Logistics παγκοσμίως σε :

- Λιγότερο από ένα λάθη ανά 1000 εκτελεσθείσες παραγγελίες
- Κόστος Logistics μικρότερο από το 5% των Πωλήσεων

<sup>2</sup> Rosalyn Wilson and Robert V. Delaney, “11<sup>th</sup> Annual State of Logistics Report”, Cass Information Systems and ProLogis (Washington, DC: National Press Club, June 5, 2000)

<sup>3</sup> Herbert W. Davis and William H. Drumm, “Logistics Costs and Service 2001”, Annual Conference Proceedings, (Kansas City, MO: Council of Logistics Management, 2001)

<sup>4</sup> “Logistics Rules of Thumb III”, LogFac, [www.logfac.com](http://www.logfac.com) (2001)



- Γύρισμα αποθέματος Τελικών Προϊόντων 20 ή περισσότερες φορές το χρόνο
- Συνολικός κύκλος ζωής παραγγελίας (Order Cycle Time) μικρότερος από 5 εργάσιμες μέρες
- Κόστος μεταφοράς μικρότερο ή ίσο με το 1% των Πωλήσεων

### Τα κανάλια διανομής επιμηκύνονται και γίνονται πολυπλοκότερα

Κυριαρχεί η τάση προς μία ενοποιημένη παγκόσμια οικονομία. Οι επιχειρήσεις προσπαθούν, ή έχουν ήδη επιτύχει, να σχεδιάζουν προϊόντα που προορίζονται για την παγκόσμια αγορά και τα οποία παράγονται είτε εκεί που μπορούν να βρεθούν φθηνότερες πρώτες ύλες και εργατικό δυναμικό είτε απλά παράγονται τοπικά και πωλούνται διεθνώς. Και στις δύο περιπτώσεις όμως οι γραμμές εφοδιασμού και διανομής επιμηκύνονται σε σχέση με το να παράγει και να πουλά ένας παραγωγός σε τοπικό επίπεδο. Δεν είναι μόνο οι επιχειρήσεις που έχουν την τάση για μείωση του κόστους και διείσδυση σε νέες αγορές αλλά και οι ίδιες οι πολιτικές παρατάξεις που υποστηρίζουν το ελεύθερο εμπόριο ωθούν προς αυτή την κατεύθυνση. Μείζων παράδειγμα αποτελεί η σύσταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η παγκοσμιοποίηση και η διεθνοποίηση των βιομηχανιών εξαρτώνται ισχυρά από την απόδοση και το κόστος των συστημάτων Logistics καθώς οι επιχειρήσεις εξετάζουν τις ενέργειές τους υπό ένα παγκόσμιο πρίσμα. Έτσι τα Logistics παίζουν ολοένα αυξανόμενη σημασία, στο επίπεδο της επιχείρησης, καθώς το κόστος, ιδιαίτερα αυτό των μεταφορών και της διαχείρισης των αποθεμάτων, αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του συνολικού κόστους των παρεχόμενων υπηρεσιών και προϊόντων.

## Η σημασία για την Στρατηγική

Κάθε εταιρία σπαταλά πολύ χρόνο και χρήμα με στόχο να διαφοροποιήσει τα προϊόντα της σε σχέση με τα αντίστοιχα των ανταγωνιστών. Η διοίκηση και συγκεκριμένα το τμήμα Management αντιλαμβάνεται ότι τα Logistics επιδρούν σε ένα σημαντικό μέρος του κόστους της εταιρίας και ότι το αποτέλεσμα αποφάσεων σχετικών με την εφοδιαστική αλυσίδα παράγει αυξημένα επίπεδα υπηρεσιών. Έτσι τα χρησιμοποιεί αποδοτικά εισχωρώντας σε νέες αγορές, αυξάνει το μερίδιό της στην αγορά και τα κέρδη της. Αυτό σημαίνει ότι μία καλή διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας μπορεί να συντελέσει όχι μόνο στην μείωση του κόστους αλλά και στην αύξηση των πωλήσεων.

## Προστίθεται σημαντική αξία στο Προϊόν

Ένα προϊόν έχει μικρή αξία αν δεν είναι στην διάθεση του καταναλωτή στο σωστό τόπο και χρόνο. Ακόμα και όταν μια επιχείρηση μεταφέρει το κόστος μετακίνησης ενός προϊόντος στον καταναλωτή ή μετά από σωστή διαχείριση των αποθεμάτων της έχει το προϊόν της διαθέσιμο στον ζητούμενο χρόνο προστίθεται αξία στο προϊόν. Η αξία αυτή είναι αναμφισβήτητη όπως και η αξία που προστίθεται κατά την παραγωγή ενός ποιοτικού προϊόντος ή ενός προϊόντος χαμηλού κόστους.

Γενικά μιλώντας, οι επιχειρήσεις δημιουργούν τέσσερις τύπους αξίας σε προϊόντα και υπηρεσίες, τις εξής: Αξία Μορφής, Αξία Τόπου, Αξία Χρόνου και Αξία Κατοχής. Αξία Μορφής δημιουργείται κατά την κατασκευή όταν οι πρώτες ύλες μετατρέπονται σε τελικό προϊόν. Τα Logistics ελέγχουν τις Αξίες Τόπου και Χρόνου μέσω του ελέγχου των μεταφορών, της ροής των πληροφοριών και την διαχείριση των αποθεμάτων παρέχοντας το επιθυμητό προϊόν στον τόπο και την στιγμή που ο καταναλωτής το επιθυμεί. Η Αξία Κατοχής θεωρείται ως ευθύνη του Marketing της Τεχνικής Ανάλυσης και της Οικονομικής Επιστήμης η οποία δημιουργείται “βοηθώντας” τον καταναλωτή να αποκτήσει το προϊόν μέσω των μηχανισμών της διαφήμισης και των όρων των πωλήσεων (παροχή πιστοληπτικής ικανότητας).

## Αυξάνεται η επιθυμία των καταναλωτών για γρήγορη και εξατομικευμένη παροχή υπηρεσιών

Τα εστιατόρια τύπου Fast – Food, οι μηχανές αυτόματης απάντησης, οι άμεσες παραδώσεις παραγγελιών εν μία νυκτί και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο μας έχουν οδηγήσει σαν καταναλωτές να προσδοκούμε ότι προϊόντα και υπηρεσίες είναι διαθέσιμα σε εξωφρενικά σύντομο χρόνο. Επίσης, τα βελτιωμένα συστήματα πληροφοριών και η ευελιξία των μεθόδων παραγωγής οδηγούν την αγορά σε “μαζική εξατομίκευση” δηλαδή στο να αισθανόμαστε ότι η υπηρεσία που απολαμβάνουμε είναι προσαρμοσμένη ακριβώς στις δικές μας ανάγκες παρότι αυτή προσφέρεται σε αναρίθμητο πλήθος καταναλωτών.

## **1.2 Η Σύγχρονη Προσέγγιση - World Class Supply Chain Management**

Η φιλοσοφία της Διοίκησης της Εφ.Α. σε παγκόσμιο επίπεδο (world class supply chain management) αντικατοπτρίζει τις ενέργειες και τις αξίες εκείνες που είναι υπεύθυνες για την συνεχή βελτίωση της Σχεδίασης, της Ανάπτυξης και της Διοίκησης των διαδικασιών του συστήματος εφοδιασμού μιας επιχείρησης, με στόχο τόσο την αύξηση της κερδοφορίας της και την εξασφάλιση της βιωσιμότητας της όσο και την αύξηση της κερδοφορίας και την εξασφάλιση της βιωσιμότητας των πελατών της και των προμηθευτών της.

Με την αναφορά στον όρο “σε παγκόσμιο επίπεδο” αναγνωρίζεται ότι οι επιχειρήσεις ανταγωνίζονται σε ένα υπαρκτό ή έστω επικείμενο παγκόσμιο οικονομικό περιβάλλον. Σαν φιλοσοφία το World Class Supply Chain Management (WC-SCM) γεφυρώνει τους λειτουργικούς περιορισμούς και τα όρια των επιχειρήσεων. Η φιλοσοφία αυτή απαιτεί την αλλαγή, εκ μέρους της ανώτερης διοίκησης, των διαδικασιών λήψης απόφασης. Αυτές δεν πρέπει να λαμβάνονται εσωτερικά στα πλαίσια ενός τμήματος της επιχείρησης αλλά πρέπει να εστιάζουν στην αριστοποίηση του συνόλου της Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Μέσω της διαρκούς βελτίωσης, το WC-SCM, είναι ένας αεικίνητος στόχος που εστιάζει στην βελτίωση της διαδικασίας εφοδιασμού. Με τα παραπάνω φαίνεται ότι, ο Logistics Manager δεν πρέπει να στοχεύει στο εσωτερικό της επιχείρησης ή σε ένα τμήμα αυτής αλλά να συγκεντρώνεται και να προενεργεί βελτιώνοντας τις λειτουργίες, έχοντας ως μακροπρόθεσμο στόχο την αναβάθμιση της ανταγωνιστικής ικανότητας της επιχείρησης και της Εφοδιαστικής Αλυσίδας της.

Με στόχο, λοιπόν, να λειτουργήσουν τα συστήματα διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας σε παγκόσμιο – γενικευμένο επίπεδο, η Ανώτερη Διοίκηση πρέπει να αναγνωρίσει την κρίσιμη φύση της Αλυσίδας Εφοδιασμού και να υποστηρίξει τον απαιτούμενο Διοικητικό – Στρατηγικό μετασχηματισμό. Κύριος τρόπος στήριξης του μετασχηματισμού αυτού είναι ο διορισμός του Logistics Manager σε ισότιμο οργανωτικό επίπεδο με αυτό των Διευθυντών Marketing, Engineering και Operations. Ο μετασχηματισμός πρέπει τόσο να σχεδιαστεί όσο και να εφαρμοστεί με προσοχή. Κλειδί για την επιτυχία αποτελεί η αφοσίωση της Ανώτερης Διοίκησης αλλά και η σύμπραξη κάθε μέλους της επιχείρησης.

Οι επιχειρήσεις πρέπει να αντιληφθούν την παρούσα θέση τους σε σχέση με την θέση που επιθυμούν να κατέχουν. Για να εδραιώσουν, λοιπόν, οι επιχειρήσεις την πρόοδό τους στην κατεύθυνση του World Class Supply Chain Management οφείλουν να μετέρχονται τεχνικές Benchmarking, υιοθέτησης βέλτιστων πρακτικών, και να αναπτύξουν τους κατάλληλους δείκτες μέτρησης των επιδόσεών τους. Με τον τρόπο αυτό ο κατάλληλος σχεδιασμός και η χρήση των αντίστοιχων μετρικών θα τους επιτρέπουν να εστιάζουν στο όραμά τους και να αυξάνουν συνεχώς την συνεισφορά τους στα κέρδη της επιχείρησης.

### 1.3 Εφοδιαστικές Αλυσίδες και Δίκτυα

Η Εφοδιαστική Αλυσίδα εκτείνεται από τον τελικό καταναλωτή έως και την “Μητέρα Γη”. Με τον τρόπο αυτό δείχνουμε την εκτεταμένη παρουσία και εμπλοκή της ακόμα και σε ένα επίπεδο πριν από αυτό της εξόρυξης των πρώτων υλών. Η Εφοδιαστική Αλυσίδα λαμβάνεται σαν ένα σύνολο, μια ολότητα και όχι σαν ξεκομμένα τμήματα που το καθένα εκτελεί τις δικές του λειτουργίες. Το χρήμα εισέρχεται στην Αλυσίδα μόνο όταν ο τελικός καταναλωτής αγοράζει ένα προϊόν ή μια υπηρεσία. Οι συναλλαγές εντός της αλυσίδας απλά κατανέμουν το χρήμα μεταξύ των μελών της Αλυσίδας. Το σύστημα εφοδιασμού μιας επιχείρησης περιλαμβάνει όλες τις εσωτερικές λειτουργίες αλλά και τους εξωτερικούς προμηθευτές που εμπλέκονται στον εντοπισμό και την ικανοποίηση των αναγκών για υλικά, εξοπλισμό και υπηρεσίες σε ένα πνεύμα αριστοποίησης. Αυτό το σύστημα Εφοδιασμού είναι εξαιρετικής σημασίας για την ικανοποίηση του ρόλου της επιχείρησης στην εφοδιαστική της αλυσίδα.

Στις μέρες μας η καθολική χρήση του διαδικτύου επιτρέπει στους Διαχειριστές της Εφοδιαστικής Αλυσίδας να διοικούν τις Αλυσίδες σε συνεργασία και να συγχρονίζουν κατάλληλα τις λειτουργίες τους. Σαν αποτέλεσμα έρχεται η μείωση του κόστους, η αποδοτικότερη εκμετάλλευση του χρόνου και η βελτιωμένη ανταγωνιστικότητα και κερδοφορία για όλα τα μέλη της Αλυσίδας. “Στο μέλλον, η επιτυχία ενός οργανισμού θα εξαρτάται από την ικανότητά του να ανταγωνίζεται αποτελεσματικά σαν ένα μέλος που συνεισφέρει σε δυναμικά συνδεδεμένες κοινωνίες Αλυσίδων Εφοδιασμού, και όχι σαν μια απομονωμένη επιχείρηση. Η ικανότητα άμεσης αλληλεπίδρασης με τους πελάτες, τους προμηθευτές και τους λοιπούς συνεργάτες είναι ήδη εξέχουσας σημασίας για την επιβίωση της επιχείρησης. Στο μέλλον, μια άρρηκτα συνδεδεμένη Ηλεκτρονική Αλυσίδα (e-chain) θα γίνει μια αναγκαιότητα.”<sup>5</sup>

Οι αλυσίδες εφοδιασμού είναι σχετικά εύκολο να περιγραφούν και να αποτυπωθούν σχηματικά αλλά η ορολογία που χρησιμοποιείται είναι ήδη απαρχαιωμένη. Παραδοσιακές επιχειρήσεις έχουν ενωθεί ή μία με την άλλη σε απλές γραμμικές αλυσίδες που εκτείνονται από τους προμηθευτές πρώτων υλών μέχρι τους

---

<sup>5</sup> Lisa L. Henriott, “Transforming Supply Chains into e-Chains”, Supply Chain Management Review Global Supplement, Spring 1999, p. 16.

διανομείς και τους λιανοπωλητές. Αλλά η πραγματικότητα είναι ότι οι περισσότερες επιχειρήσεις είναι ήδη μέλη δικτύων εφοδιασμού. Τα δίκτυα αποτελούν ευέλικτα εικονικά συστήματα ενωμένα μεταξύ τους με συστήματα επικοινωνιών και συμμαχιών. Σε αυτά βελτιστοποιείται η ροή των υλικών και υπηρεσιών, της πληροφορίας και του κεφαλαίου και στοχεύουν στον τελικό καταναλωτή. Η σχεδίαση και η διοίκηση τους δεν επιτρέπουν το ένα μέλος να εκμεταλλεύεται την επένδυση – δαπάνη του άλλου. Τα δίκτυα παγκόσμιας εμβέλειας είναι εύκολο να προσαρμοστούν, είναι νεωτεριστικά και εστιάζουν στην ταχύτητα. Έτσι, “τα οργανωτικά σύνορα μεταξύ των εταιρειών εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας θα γίνουν ακόμα πιο ασαφή καθώς κάθε επιχείρηση εξειδικεύεται στην συνεισφορά της στην Εφοδιαστική Αλυσίδα και η επένδυσή της στην επιτυχία της Εφοδιαστικής Αλυσίδας αυξάνεται”.<sup>6</sup>

### **Η ΔΙΕΥΡΥΜΕΝΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ**

Ο Jeffrey Dyer προχωρά την έννοια των δικτύων εφοδιασμού ένα βήμα παρακάτω. Όταν μια ομάδα ή ένα σύνολο επιχειρήσεων συνεργάζονται υπό τύπο συμμαχίας – σύμπραξης, αυτό συχνά αναφέρεται ως Στρατηγικό Δίκτυο (strategic network), Εικονική Επιχείρηση (virtual corporation) ή Διευρυμένη Επιχείρηση (extended enterprise).<sup>7</sup> Έτσι όταν ένα σύνολο επιχειρήσεων αντιμετωπίζει η μία την άλλη σαν συνεργάτες (μέλη μιας συμμαχίας) και συνεργάζονται αποδοτικά για το καλό του ευρύτερου συνόλου τότε αποτελούν μια διευρυμένη επιχείρηση που χαρακτηρίζεται από εικονική ολοκλήρωση.

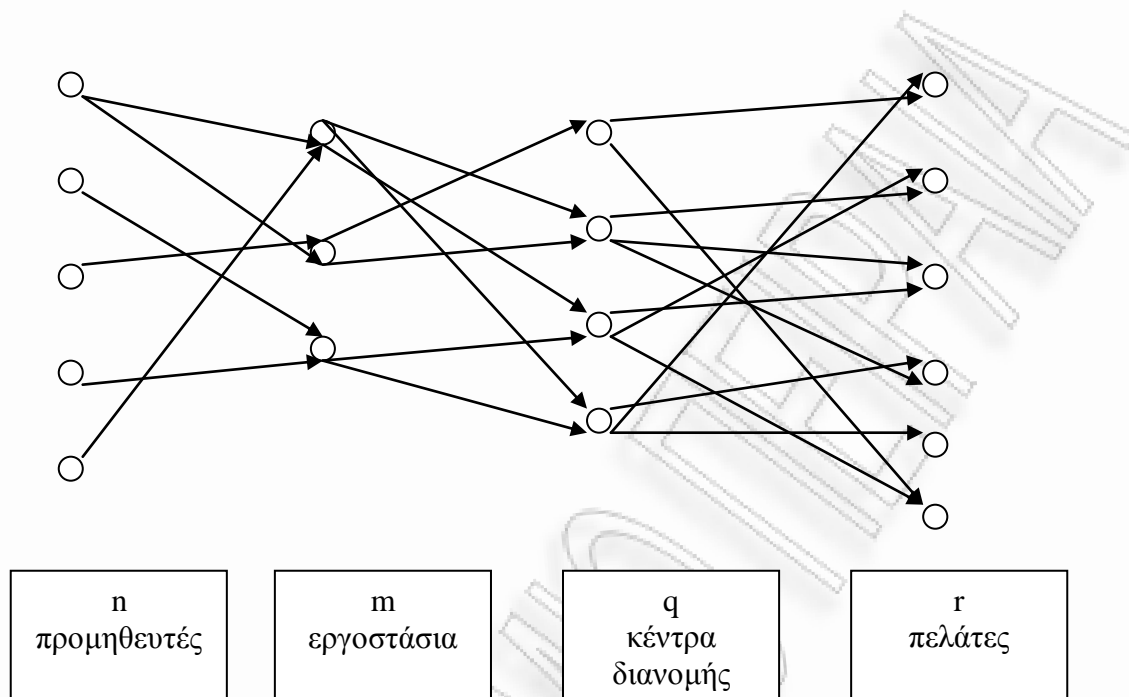
Στον βαθμό που η πολυπλοκότητα του δικτύου εφοδιασμού μιας επιχείρησης αυξάνεται και δεδομένης της δραστηριοποίησης κάθε σύγχρονης επιχείρησης μέσα σε ένα περιβάλλον δικτύου Αλυσίδων Εφοδιασμού οι έννοιες “Δικτύου από Εφοδιαστικές Αλυσίδες” και “Εφοδιαστική Αλυσίδα Δίκτυο” τείνουν να έχουν ταυτόσημη έννοια. Αναλύοντας λοιπόν την Εφοδιαστική Αλυσίδα μιας επιχείρησης και χωρίς να διακρίνουμε τις λειτουργίες που επιτελούνται εσωτερικά με αυτές που εκτελούνται από τρίτους ερχόμαστε αντιμέτωποι με ένα Πλέγμα εφοδιασμού.

---

<sup>6</sup> Robert A. Novack, “Introduction to Supply Chain Management”, The Purchasing Handbook, 6<sup>th</sup> ed. (New York: McGraw-Hill, 2000), p. 165

<sup>7</sup> Jeffrey H. Dyer, Collaborative Advantage: Winning through Extended Enterprise Supplier Networks (Oxford: Oxford University Press, 2000), p. 27.

Ένα τέτοιο πλέγμα παρουσιάζεται παρακάτω:



Σχήμα 1-1 Δίκτυο Εφοδιασμού τριών επιπέδων

Το παραπάνω δίκτυο αποτελείται από  $n$  προμηθευτές,  $m$  εργοστάσια παραγωγής,  $q$  κέντρα διανομής και  $r$  τελικούς πελάτες (λιανοπωλητές).

Συχνά, λοιπόν, παριστάνουμε την Εφοδιαστική Αλυσίδα με τον τρόπο που φαίνεται στο Σχήμα 1-1 σε μορφή δικτύου. Αυτό αποτελεί μια ρεαλιστικότερη και πιο σύγχρονη παρουσίαση της δομής της Αλυσίδας, ειδικότερα δε αν αναλογιστούμε το διευρυμένο και σύνθετο οικονομικό περιβάλλον εντός του οποίου επιτελούνται οι λειτουργίες της επιχείρησης. Οι κόμβοι στο συγκεκριμένο Σχήμα αποτελούν λειτουργικές μονάδες της επιχείρησης που συνδέονται με απευθείας επιτρεπτές διαδρομές που ορίζει η εν λόγω επιχείρηση. Παρότι όμως τα δίκτυα αποτελούν χρήσιμα εργαλεία για την παρουσίαση και ανάλυση των μοντέλων, πρέπει να παραδεχτούμε ότι προσφέρουν αφ' υψηλού θέαση της Αλυσίδας Εφοδιασμού. Βαρυσήμαντες και αναλυτικότερες μελέτες απαιτούν πλήθος σημαντικών λεπτομερειών για τις ενέργειες μεταποίησης, τις διαδικασίες, τις πηγές προμήθειας, τις δυναμικότητες και τα κόστη των μονάδων και των επιτρεπτών διαύλων μεταφορών.



Η Εφοδιαστική αλυσίδα του σχήματος έχει τέσσερα επίπεδα λειτουργικών μονάδων, το επίπεδο των προμηθευτών, το επίπεδο της μεταποίησης (Εργοστάσια), το επίπεδο των Κέντρων Διανομής και τους τελικούς πελάτες. Τα υλικά-προϊόντα ρέουν προς τα δεξιά, από το επίπεδο των προμηθευτών προς τους τελικούς πελάτες. Μερικές φορές βέβαια, τα υλικά μπορεί να ρέουν και προς την αντίθετη κατεύθυνση όταν ενδιάμεσα προϊόντα επιστρέφονται στις μονάδες μεταποίησης για επιπλέον επεξεργασία ή όταν προϊόντα που επαναχρησιμοποιούνται επιστρέφουν από τις αγορές στα Κέντρα Διανομής για ανακύκλωση. Γενικά ένα Δίκτυο Εφοδιασμού μπορεί να έχει ένα αυθαίρετο πλήθος επιπέδων. Στα πλαίσια της μελέτης μας και της κάλυψης των στόχων της παρούσας εργασίας η επιλογή των τεσσάρων επιπέδων, ανωτέρω, κρίνεται πλήρης και αντιπροσωπευτική.

Όπως βλέπουμε και από το Σχήμα 1-1, η Εφοδιαστική Αλυσίδα μιας επιχείρησης περιλαμβάνει γεωγραφικά απομονωμένες μονάδες όπου πρώτες ύλες, ενδιάμεσα ή τελικά προϊόντα αγοράζονται, μεταποιούνται, αποθηκεύονται και πωλούνται. Η ροή των υλικών εξασφαλίζεται μέσω ενδιάμεσων φάσεων μεταφοράς. Οι απομονωμένες αυτές μονάδες είτε διοικούνται από την ίδια την επιχείρηση είτε από πωλητές, πελάτες, πάροχους υπηρεσιών third-party ή από άλλες εταιρείες που έχουν εμπορική συμφωνία με την εν λόγω επιχείρηση. Η “προσθήκη αξίας” στο προϊόν της επιχείρησης εξακολουθεί να αποτελεί βασική επιδίωξή της. Επιδιώκεται η “προσθήκη αξίας” στο προϊόν μέσω της διέλευσής του από την Εφ.Α. και την προώθηση του σε γεωγραφικά απομονωμένες αγορές σε κατάλληλες ποσότητες, με τις σωστές προδιαγραφές, στο σωστό χρόνο και σε ανταγωνιστική τιμή.

Διακρίνουμε τα Εργοστάσια, τα οποία αποτελούν μονάδες παραγωγής όπου λαμβάνει χώρα ο φυσικός μετασχηματισμός του προϊόντος, από τα Κέντρα Διανομής, τα οποία αποτελούν μονάδες όπου τα προϊόντα παραλαμβάνονται, ταξινομούνται, τοποθετούνται στην αποθήκη, συλλέγονται (picking) αποστέλλονται στον πελάτη χωρίς να μεταποιηθούν. Βέβαια, είναι πιθανή η ύπαρξη υβριδικών μονάδων οι οποίες είτε είναι Εργοστάσια με ικανότητες διανομής είτε Κέντρα Διανομής με ικανότητες μεταποίησης. Παρόλα αυτά όμως στην μελέτη μας θα δεχτούμε την ανεξαρτησία των λειτουργιών μεταποίησης και διανομής ακόμα και αν αυτές συντελούνται εντός της ίδιας μονάδας. Απλά, το κόστος μεταφοράς από το Εργοστάσιο στο προσκείμενο Κέντρο Διανομής θα είναι ιδιαίτερα μικρό.

## **2. Μαθηματικά Εργαλεία**

Ο γραμμικός προγραμματισμός αποτελεί βασικό εργαλείο για την αριστοποίηση ενός συστήματος λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τους εσωτερικούς ή εξωτερικούς περιορισμούς που επιβάλλονται στο σύστημα αυτό. Με το κεφάλαιο αυτό ο αναγνώστης έρχεται σε μια πρώτη επαφή με τα βασικά εργαλεία “μαθηματικής μορφοποίησης” ενός συστήματος. Αναλύονται προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού που συνηθέστερα απαντούν στην Επιστήμη των Logistics.

Πιο συγκεκριμένα τα προβλήματα αυτά είναι: Το Πρόβλημα της Μεταφοράς στο πλαίσιο της Αλυσίδας εφοδιασμού προκύπτει από την ανάγκη σύνδεσης των σημείων διάθεσης των πρώτων υλών, των σημείων παραγωγής, των κέντρων διανομής και των σημείων τελικής κατανάλωσης. Το Πρόβλημα Κατανομής Πόρων προκύπτει πολύ συχνά κατά τον προγραμματισμό ενός συστήματος. Ο επιστήμονας καλείται να χρησιμοποιήσει με τον αποδοτικότερο τρόπο τους διαθέσιμους πόρους του συστήματος. Το Πρόβλημα της Ανάθεσης προκύπτει από την ανάγκη λήψης αποφάσεων αμοιβαία αποκλειόμενων στρατηγικών. Στο σημείο αυτό ο προγραμματιστής καλείται να εκχωρήσει συγκεκριμένους πόρους σε μία και μόνο δραστηριότητα.

### **2.1. Γραμμικός Προγραμματισμός**

Ο γραμμικός προγραμματισμός είναι μια τεχνική που ασχολείται με το πρόβλημα της κατανομής των περιορισμένων πόρων ενός συστήματος σε ανταγωνιζόμενες δραστηριότητες κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Στις μέρες μας αποτελεί ένα μοντέλο ευρείας χρήσης για καθημερινά ζητήματα μεσαίου και μεγάλου μεγέθους εμπορικών – βιομηχανικών επιχειρήσεων. Ο γραμμικός προγραμματισμός περιγράφει ένα μοντέλο που αφορά τη μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση μιας γραμμικής (ως προς τις μεταβλητές) συνάρτησης κάτω από κάποιους γραμμικούς περιορισμούς. Εντοπίζονται και περιγράφονται οι δραστηριότητες του εν λόγω συστήματος και με την επίλυση του αντίστοιχου προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού προκύπτει το άριστο αποτέλεσμα, το αποτέλεσμα δηλαδή εκείνο,

που μεταξύ όλων των δυνατών εναλλακτικών λύσεων πραγματώνει τον προκαθορισμένο σκοπό κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο.<sup>8</sup>

Το γραμμικό μοντέλο-πρότυπο, όπως και κάθε άλλο μοντέλο Επιχειρησιακής Έρευνας, σχηματίζεται από τα εξής τρία βασικά συστατικά:

1. τις μεταβλητές του προβλήματος
2. έναν αντικειμενικό σκοπό που θα πρέπει να επιτευχθεί, και
3. τους περιορισμούς που θα πρέπει να ενσωματώσουμε στις μεταβλητές ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες του προβλήματος.

Οι μεταβλητές αποτελούν τα δομικά στοιχεία του προβλήματος που μπορεί να επηρεάσει ο αναλυτής. Για το λόγο αυτό συχνά αναφέρονται και ως μεταβλητές ελέγχου ή μεταβλητές απόφασης. Για παράδειγμα, σε ένα εργοστάσιο που ζητείται ο προσδιορισμός της ποσότητας παραγωγής ανά προϊόν, ως μεταβλητές μπορούμε να ορίσουμε τις μεταβλητές  $P_A$ ,  $P_B$ ,  $P_C$  που εκφράζουν την ποσότητα (μονάδες) παραγωγής ανά προϊόν.

Το πρόβλημα βέβαια αφορά τον προσδιορισμό της κατάλληλης τιμής για την κάθε μεταβλητή με σκοπό την επίτευξη του αντικειμενικού στόχου. Ο στόχος αυτός μπορεί να αφορά την μεγιστοποίηση του κέρδους, την καλύτερη αξιοποίηση του εργατικού δυναμικού, την ελαχιστοποίηση του κόστους και άλλα πολλά. Προκύπτει λοιπόν μία αντικειμενική συνάρτηση των μεταβλητών απόφασης. Στην περίπτωση του γραμμικού προγραμματισμού που εξετάζουμε η αντικειμενική συνάρτηση είναι γραμμική ως προς τις μεταβλητές απόφασης. Στο παραπάνω πρόβλημα παραγωγής πιθανόν να απαιτείται να ελαχιστοποιήσουμε το κόστος παραγωγής. Μια πιθανή αντικειμενική συνάρτηση είναι η ακόλουθη:

$$\min Z = 3P_A + 21P_B + 4.8P_C$$

Ο αντικειμενικός στόχος που θα οριστεί πρέπει να επιτευχθεί κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας του συστήματος που μελετάμε. Περιορισμοί μπορεί να είναι οι περιορισμοί πόρων του συστήματος, η απορροφητικότητα της αγοράς, οι συμφωνίες με προμηθευτές και αγοραστές, οι χρόνοι παράδοσης, η δυναμικότητες αποθηκών ή εργοστασίων και άλλοι. Προκύπτουν, εκ νέου, γραμμικές ως προς τις μεταβλητές συναρτήσεις. Πιθανό περιορισμό για το προαναφερθέν σύστημα μπορεί να αποτελεί η εξής:

$$2P_A + 4.2P_B \leq 120$$

---

<sup>8</sup> Ν.Δ. Τσαντάς και Π.Χ.Γ. Βασιλείου, “Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα”, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 2000, σελ. 23, 24

## 2.2 Τυπική Μορφή Προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού

Η Τυπική Μορφή των προβλημάτων αυτών χρησιμοποιείται για λόγους τυποποίησης των προβλημάτων με τα οποία καταπιάνεται ο αναλυτής. Η θέα μιας κοινής μορφής δίνει την δυνατότητα ταυτοποίησης του προβλήματος, δημιουργεί συνειρμούς που οδηγούν στην ευκολότερη επίλυση από τον αναλυτή και συντελεί στην διατήρηση της τάξης στον γραπτό μας λόγο. Η σημαντικότερη όμως συνεισφορά της χρήσης της τυπικής μορφής των προβλημάτων αυτών είναι η δυνατότητα άμεσης εισαγωγής των δεδομένων σε υπολογιστικά πακέτα και προγράμματα επίλυσης προβλημάτων μαθηματικού προγραμματισμού. Στο βαθμό που η πολυπλοκότητα των πραγματικών προβλημάτων αυξάνεται η χρήση υπολογιστικών πακέτων και προγραμμάτων κρίνεται επιτακτική.

Για τον λόγο αυτό φροντίζουμε να μετατρέπουμε τα προβλήματα μας απασχολούν στην τυπική μορφή.

Η παρακάτω μορφή αναφέρεται σε πρόβλημα  $n$  μεταβλητών και  $m$  περιορισμών :

$$\max Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n$$

*s.t.*

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n \leq b_1$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2n} x_n \leq b_2$$

·

·

$$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \dots + a_{mn} x_n \leq b_m$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

### 2.3 Το πρόβλημα της Μεταφοράς

Το πρόβλημα της μεταφοράς αποτελεί μια από τις πιο χαρακτηριστικές εφαρμογές του γραμμικού προγραμματισμού. Ουσιαστικά περιγράφει το πρόβλημα της οικονομικότερης διακίνησης προϊόντος από πηγές προμήθειας ή μονάδες παραγωγής σε σταθμούς – προορισμούς όπως λιμάνια, αποθήκες και καταστήματα.

Έστω λοιπόν,  $A_i$ ,  $i=1..n$  οι πηγές προμήθειας και  $B_j$ ,  $j=1..m$  οι προορισμοί του προϊόντος. Επιδιώκεται οι πηγές  $A_i$  να καλύψουν τις ανάγκες σε προϊόν των προορισμών  $B_j$  με τον οικονομικότερο τρόπο. Δίνεται ο πίνακας μεταφορικού κόστους που περιλαμβάνει όλες τις δυνατές διαδρομές από κάθε πηγή προς κάθε προορισμό. Το κόστος  $c_{ij}$  αναφέρεται στο μοναδιαίο κόστος μεταφοράς από την πηγή  $i$  στον προορισμό  $j$ .

Πίνακας 2-1 Στοιχεία Κόστους Μεταφοράς

	$B_1$	$B_2$	...	$B_m$
$A_1$	$c_{11}$	$c_{12}$	...	$c_{1m}$
$A_2$	$c_{21}$	$c_{22}$	...	$c_{2m}$
...	...	...	...	...
$A_n$	$c_{n1}$	$c_{n2}$	...	$c_{nm}$

Επίσης θεωρούμε ( $A_i$ ),  $i=1..n$  την δυναμικότητα των πηγών προμήθειας και ( $B_j$ ),  $j=1..m$  τις ανάγκες καθενός από τους  $m$  προορισμούς.

Για την επίλυση χρησιμοποιούμε τις μεταβλητές  $x_{ij}$  με  $i=1..n$  και  $j=1..m$  που παριστάνουν την ποσότητα μεταφοράς από την  $i$  πηγή στον  $j$  προορισμό. Σκοπός του προβλήματος είναι η εύρεση των τιμών εκείνων που ελαχιστοποιούν το συνολικό κόστος μεταφοράς καλύπτοντας παράλληλα τις ανάγκες σε προϊόν κάθε σταθμού προορισμού.

**Περιορισμός I:**

πρέπει η συνολική ποσότητα που εγκαταλείπει κάθε πηγή να είναι ίση με την δυναμικότητά της, δηλ:

$$\begin{aligned}x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1m} &= A_1 \\x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2m} &= A_2 \\&\dots \\x_{n1} + x_{n2} + \dots + x_{nm} &= A_n\end{aligned}$$

**Περιορισμός II:**

πρέπει η συνολική ποσότητα που φθάνει σε κάθε σταθμό – προορισμό να είναι ίση με τις ανάγκες του σταθμού αυτού, δηλ:

$$\begin{aligned}x_{11} + x_{21} + \dots + x_{n1} &= B_1 \\x_{12} + x_{22} + \dots + x_{n2} &= B_2 \\&\dots \\x_{1m} + x_{2m} + \dots + x_{nm} &= B_m\end{aligned}$$

**Περιορισμός III (μη αρνητικότητας):**

πρέπει οι μεταφερόμενες ποσότητες να παίρνουν τιμές θετικές ή μηδέν καθώς δεν έχουν λογική σημασία αρνητικές τιμές, δηλ:

$$x_{ij} \geq 0, \forall i, j \in 1, n \times 1, m$$

**Αντικειμενική συνάρτηση:**

πρόκειται για την συνάρτηση συνολικού κόστους που όπως προείπαμε επιδιώκεται η ελαχιστοποίησή της:

$$\min z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \cdot x_{ij}$$

## 2.4 Το πρόβλημα Κατανομής Πόρων

Σε μια βιομηχανική επιχείρηση ή σε ένα δίκτυο εφοδιασμού, πολλές λειτουργίες “ανταγωνίζονται” για την χρήση των διαθέσιμων πόρων, όπως η δυναμικότητα της παραγωγής ή η χωρητικότητα αποθήκευσης τελικών προϊόντων σε ένα κέντρο διανομής. Οι διαθέσιμες ποσότητες μερικών πόρων μπορεί να μην επαρκούν για να καλύψουν την αντίστοιχη ζήτησή τους. Παρόλα αυτά όμως μερικές δραστηριότητες μπορεί να εξακολουθούν να χρησιμοποιούν τέτοιους πόρους για την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Με την βοήθεια του γραμμικού προγραμματισμού είμαστε σε θέση να κατανεύουμε την χρήση των πόρων στο σύνολο του συστήματος και να δείξουμε τον τρόπο με τον οποίο ανεπαρκείς πόροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν άριστα.

Το παρόν πρόβλημα αντιμετωπίζεται με ένα *Μοντέλο Κατανομής Πόρων*. Για την μαθηματική μορφοποίησή του λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω επιδιώξεις της επιχείρησης:

1. Να μην χρησιμοποιείται περισσότερη από την διαθέσιμη δυναμικότητα κάθε πόρου και
2. Να μεγιστοποιείται η συνάρτηση συνολικού κέρδους από την χρήση των πόρων αυτών.

Έστω λοιπόν βιομηχανική επιχείρηση που διαθέτει  $n$  σε πλήθος πόρους με δυναμικότητες  $(A_i)$ ,  $i=1..n$  για κάθε πόρο αντίστοιχα και  $m$  δραστηριότητες που συμβολίζονται με  $B_j$ ,  $j=1..m$ . Για να γίνει ευκολότερα αντιληπτό η δραστηριότητα 1 ( $B_1$ ) μπορεί να αναφέρεται στην παραγωγή του προϊόντος Π. Δίνεται ο πίνακας αναγκών – δυναμικότητας:

**Πίνακας 2-2 Στοιχεία Πόρων του Συστήματος**

<i>Δυναμικότητα/ Μονάδα Δραστηριότητας</i>	$B_1$	...	$B_m$	<i>Δυναμικότητα i πόρου</i>
$A_1$	$C_{11}$	...	$C_{1m}$	$(A_1)$
$A_2$	$C_{21}$	...	$C_{2m}$	$(A_2)$
...	...	...	...	...
$A_n$	$C_{n1}$	...	$C_{nm}$	$(A_n)$
<b>Μοναδιαίο κέρδος</b>	$b_1$		$b_m$	

Συμβολίζουμε  $c_{ij}$  με  $i=1..n$  και  $j=1..m$  την απαιτούμενη δυναμικότητα από τον  $i$  πόρο για μία μονάδα  $j$  δραστηριότητας,  $b_j$  με  $j=1..m$  το μοναδιαίο κέρδος που προκύπτει από μία μονάδα  $j$  δραστηριότητας.

Έστω μεταβλητές απόφασης  $x_j$  με  $j=1..m$  που παριστάνουν τις μονάδες από την  $j$  δραστηριότητα που θα επιλέξουμε να εφαρμόσουμε.

### **Περιορισμός I:**

πρέπει να μην χρησιμοποιείται περισσότερη από την διαθέσιμη δυναμικότητα κάθε πόρου, δηλ:

$$\sum_{j=1}^m c_{ij}x_j \leq (A_i), \forall i = 1..n$$

### **Περιορισμός II (μη αρνητικότητας):**

πρέπει οι μονάδες από κάθε δραστηριότητα να παίρνουν τιμές θετικές ή μηδέν καθώς δεν έχουν λογική σημασία αρνητικές τιμές, δηλ:

$$x_j \geq 0, \forall j \in 1, m$$

### **Αντικειμενική συνάρτηση:**

πρόκειται για την συνάρτηση κέρδους που όπως προείπαμε επιδιώκεται η μεγιστοποίησή της:

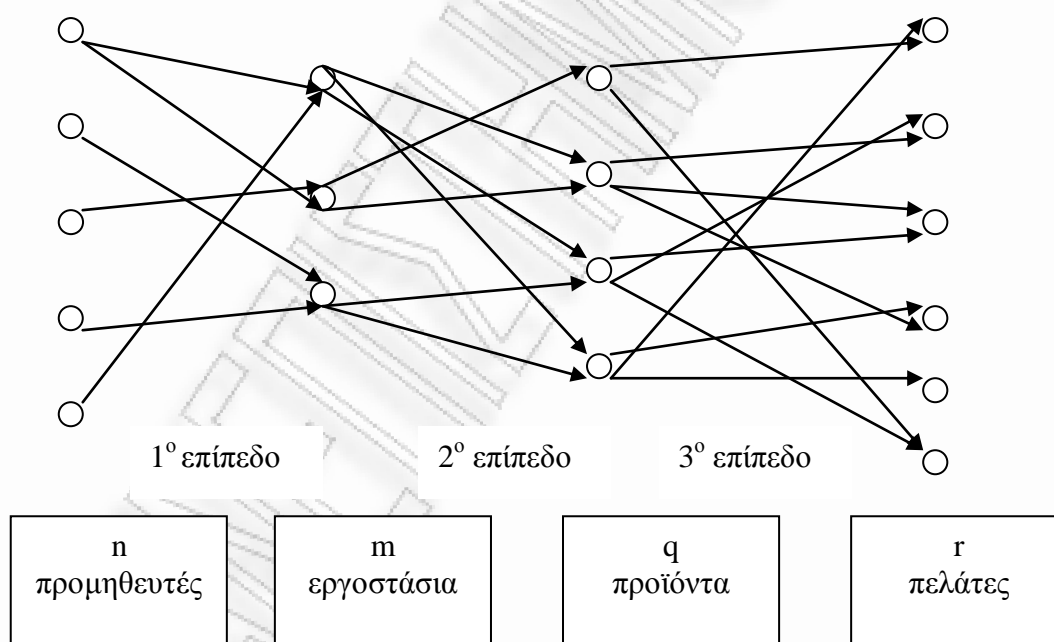
$$\max z = \sum_{j=1}^m b_j x_j$$



### 3. Μοντελοποίηση Δικτύου Εφοδιασμού

Στο σημείο αυτό χτίζεται η γέφυρα που συνδέει τα διαθέσιμα εργαλεία του γραμμικού προγραμματισμού με την Διοίκηση της εφοδιαστικής Αλυσίδας. Για τον λόγο αυτό μοντελοποιείται θεωρητικά ένα Δίκτυο Εφοδιασμού με χρήση των κλασικών μοντέλων που περιγράφηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο. Ο αναγνώστης εξοικειώνεται με τη θεωρία των Δικτύων εφοδιασμού και αντιλαμβάνεται τον τρόπο που ο μαθηματικός προγραμματισμός στην πράξη λαμβάνει μέρος στην Διοίκηση της κοινά λεγόμενης Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Το μοντέλο μορφοποιείται κατά τρόπο ενιαίο ώστε να γίνεται αντιληπτή η μετάβαση από το ένα επίπεδο προγραμματισμού στο άλλο καθώς και οι αντίστοιχες σχέσεις εξάρτησης που δημιουργούνται μεταξύ μεταβλητών και περιορισμών.

Έστω το δίκτυο που περιγράφεται στην παράγραφο 1.3 (Σχήμα 1-1):



Σχήμα 3-1 Δίκτυο Εφοδιασμού τριών επιπέδων

Ακολουθεί η ανάλυση των επιμέρους προβλημάτων στα επίπεδα που προκύπτουν. Θεωρούμε αλλαγή επιπέδου όταν προκύπτει ανάγκη προσδιορισμού της επόμενης ενέργειας. Οι μεταβλητές και οι δυναμικότητες είναι παραμετροποιημένες έτσι ώστε ο αναγνώστης να μπορεί να εφαρμόσει την μέθοδο επίλυσης στα δεδομένα

του προβλήματος με το οποίο κάθε φορά καταπιάνεται: οι συμβολισμοί των μεγεθών σε κάθε επίπεδο.

### 3.1 - 1<sup>ο</sup> επίπεδο (πρόβλημα μεταφοράς)

- n πλήθος πηγών προμήθειας  
 $S_i, i=1..n$ , ο συμβολισμός κάθε εργοστασίου  
 $(S_i), i=1..n$  η δυναμικότητα κάθε πηγής
- m πλήθος εργοστασίων παραγωγής  
 (Σημείωση: Τα εργοστάσια προμηθεύονται με ενός είδους πρώτη ύλη, πχ πυρίτιο)  
 $M_j, j=1..m$  ο συμβολισμός κάθε εργοστασίου  
 $(M_j), j=1..m$  οι ανάγκες σε πρώτη ύλη για κάθε εργοστάσιο
- $a_{ij}$  το μοναδιαίο κόστος μεταφοράς από την πηγή i στον προορισμό j  
 (δίνεται ο αντίστοιχος πίνακας 3-1)
- μεταβλητές απόφασης  $x_{ij}, i=1..n, j=1..m$ : η ποσότητα μεταφοράς από την i πηγή στον j προορισμό

Πίνακας 3-1 Μεταφερόμενες Ποσότητες από την πηγή  $S_i$  στον προορισμό  $M_j$

	$M_1$	$M_2$	...	$M_m$
$S_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1m}$
$S_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2m}$
...	...	...	...	...
$S_n$	$a_{n1}$	$a_{n2}$	...	$a_{nm}$

#### **Περιορισμός I:**

πρέπει η συνολική ποσότητα που εγκαταλείπει κάθε πηγή να είναι ίση με την δυναμικότητά της, δηλ:

$$a_{11} + a_{12} + \dots + a_{1m} = (S_1)$$

$$a_{21} + a_{22} + \dots + a_{2m} = (S_2)$$

...

$$a_{n1} + a_{n2} + \dots + a_{nm} = (S_n)$$

**Περιορισμός II:**

πρέπει η συνολική ποσότητα που φθάνει σε κάθε εργοστάσιο να είναι ίση με τις ανάγκες του, δηλ:

$$a_{11} + a_{21} + \dots + a_{n1} = (M_1)$$

$$a_{12} + a_{22} + \dots + a_{n2} = (M_2)$$

...

$$a_{1m} + a_{2m} + \dots + a_{nm} = (M_m)$$

**Περιορισμός III (μη αρνητικότητας):**

πρέπει οι μεταφερόμενες ποσότητες να παίρνουν τιμές θετικές ή μηδέν καθώς δεν έχουν λογική σημασία αρνητικές τιμές, δηλ:

$$x_{ij} \geq 0, \forall i, j \in 1, n \times 1, m$$

**Αντικειμενική συνάρτηση:**

πρόκειται για την συνάρτηση συνολικού κόστους που όπως προείπαμε επιδιώκεται η ελαχιστοποίησή της:

$$\min f_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} x_{ij}$$

### 3.2 - 2<sup>ο</sup> επίπεδο :(πρόβλημα κατανομής πόρων)

- $M_j, j=1..m$  ο συμβολισμός κάθε εργοστασίου  
 $[M_j], j=1..m$  οι διαθέσιμοι πόροι κάθε εργοστασίου
- $q$  πλήθος προϊόντων παραγωγής  
 $E_k, k=1..q$  το μοναδιαίο κέρδος για το  $q$  προϊόν
- $b_{jk}, j=1..m, k=1..q$  η απαιτούμενη δυναμικότητα από τον  $j$  πόρο για την παραγωγή του  $k$  προϊόντος (δίνεται ο αντίστοιχος πίνακας 3-2)
- μεταβλητές απόφασης  $y_k, k=1..q$  η παραγόμενη ποσότητα από το  $k$  προϊόν

Πίνακας 3-2 Στοιχεία Πόρων του Συστήματος

<i>Δυναμικότητα/ Μονάδα Δραστηριότητας</i>	$P_1$	...	$P_q$	<i>Δυναμικότητα i πόρου</i>
$M_1$	$b_{11}$	...	$b_{1q}$	$[M_1]$
$M_2$	$b_{21}$	...	$b_{2q}$	$[M_2]$
...	...	...	...	...
$M_m$	$b_{m1}$	...	$b_{mq}$	$[M_m]$
<b>Μοναδιαίο κέρδος</b>	$E_1$		$E_q$	

#### **Περιορισμός I:**

πρέπει να μην χρησιμοποιείται περισσότερη από την διαθέσιμη δυναμικότητα κάθε πόρου, δηλ:

$$\sum_{k=1}^q b_{jk} y_k \leq [M_j], \forall j = 1..m$$

### Περιορισμός II (μη αρνητικότητα):

πρέπει οι μονάδες από κάθε δραστηριότητα να παίρνουν τιμές θετικές ή μηδέν καθώς δεν έχουν λογική σημασία αρνητικές τιμές, δηλ:

$$y_k \geq 0, \forall k = 1..q$$

### Αντικειμενική συνάρτηση:

πρόκειται για την συνάρτηση κέρδους και επιδιώκεται η μεγιστοποίησή της:

$$\max f_2 = \sum_{k=1}^q E_k y_k$$

### 3.3 - 3<sup>ο</sup> επίπεδο:(τρισδιάστατο πρόβλημα μεταφοράς)

- θεωρούμε ότι τα k προϊόντα μετά την παραγωγή τους κατανέμονται στα εργοστάσια ανάλογα με το τί πόρους απ το καθένα χρησιμοποιούν, δηλ:

$\Pi_{kj}$ ,  $k=1..q$ ,  $j=1..m$  η ποσότητα του k προϊόντος στο j εργοστάσιο με

$$\Pi_{kj} = \frac{b_{jk}}{\sum_{j=1}^m b_{jk}} y_k, \forall k, j$$

- $J_r$ ,  $r=1..t$  ο συμβολισμός καθενός από τους l πελάτες  
( $J_{kr}$ ),  $r=1..t$ ,  $k=1..q$  οι ανάγκες του r πελάτη για το k προϊόν
- $c_{kjr}$ ,  $k=1..q$ ,  $j=1..m$ ,  $r=1..t$  το κόστος μεταφοράς του k προϊόντος από το j εργοστάσιο στον r πελάτη, πρόκειται για τρισδιάστατο πίνακα που για σταθερό k παίρνει την μορφή του πίνακα 3-3 που ακολουθεί
- μεταβλητές απόφασης:  $Z_{kjr}$  η ποσότητα μεταφοράς του k προϊόντος από το j εργοστάσιο στον r πελάτη

Πίνακας 3-3 Στοιχεία κόστους μεταφοράς του k προϊόντος

	$J_{k1}$	$J_{k2}$	...	$J_{kt}$
$\Pi_{k1}$	$c_{k11}$	$c_{k12}$	...	$c_{k1t}$
$\Pi_{k2}$	$c_{k21}$	$c_{k22}$	...	$c_{k2t}$
...	...	...	...	...
$\Pi_{km}$	$c_{km1}$	$c_{km2}$	...	$c_{kmt}$

### **Περιορισμός I:**

πρέπει η συνολική ποσότητα που εγκαταλείπει κάθε πηγή για κάθε προϊόν  $k$  να είναι ίση με την δυναμικότητά της, δηλ:

$$z_{k11} + z_{k12} + \dots + z_{k1t} = \Pi_{k1}$$

$$z_{k21} + z_{k22} + \dots + z_{k2t} = \Pi_{k2}$$

...

$$z_{km1} + z_{km2} + \dots + z_{kmt} = \Pi_{km}$$

$$\forall k = 1..q$$

### **Περιορισμός II:**

πρέπει η συνολική ποσότητα που φθάνει σε κάθε σταθμό – προορισμό να είναι ίση με τις ανάγκες του σταθμού αυτού, δηλ:

$$z_{k11} + z_{k21} + \dots + z_{km1} = (J_{k1})$$

$$z_{k12} + z_{k22} + \dots + z_{km2} = (J_{k2})$$

...

$$z_{k1t} + z_{k2t} + \dots + z_{kmt} = (J_{kt})$$

$$\forall k = 1..q$$

### **Περιορισμός III (μη αρνητικότητας):**

πρέπει οι μεταφερόμενες ποσότητες για κάθε προϊόν  $k$  να παίρνουν τιμές θετικές ή μηδέν καθώς δεν έχουν λογική σημασία αρνητικές τιμές, δηλ:

$$z_{kjr} \geq 0, \forall (k = 1..q, j = 1..m, r = 1..t)$$

### **Αντικειμενική συνάρτηση:**

πρόκειται για την συνάρτηση συνολικού κόστους και επιδιώκεται η ελαχιστοποίησή της:

$$\min f_3 = \sum_{k=1}^q \sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^t c_{kjr} z_{kjr}$$

## 4. Μεικτός Ακέραιος Προγραμματισμός

Έως τώρα έχει γίνει αντιληπτή η συμβολή του γραμμικού προγραμματισμού στην προσπάθεια της Διοίκησης ενός Δικτύου Εφοδιασμού και τη λήψη αποφάσεων. Επί παραδείγματι, έχουν ήδη δοθεί αριθμητικές απαντήσεις για τον τρόπο εκχώρησης πόρων σε δραστηριότητες καθώς επίσης και για τον ακριβή προγραμματισμό των μεταφορών μιας επιχείρησης. Μερικές φορές όμως η Διοίκηση χρειάζεται να πάρει Λογικές Αποφάσεις τύπου ναι ή όχι. Στο σημείο αυτό καλείται η μορφοποίηση ενός προβλήματος να περιλαμβάνει δυαδικές μεταβλητές 0-1 και έτσι προκύπτουν προβλήματα Μεικτού Ακέραιου Προγραμματισμού. Στοιχειώδη λοιπόν προβλήματα τέτοιου είδους παρουσιάζονται στο κεφάλαιο αυτό. Συγκεκριμένα πρόκειται για τα εξής: Μοντέλο Σταθερού Κόστους, Μοντέλο Οικονομίων Κλίμακας και Μοντέλο Επαναπρογραμματισμού Παραγωγής.

### 4.1 Μοντέλα βελτιστοποίησης Δικτύων Εφοδιασμού

Τα προβλήματα Μεικτού Ακέραιου Προγραμματισμού (Μ.Α.Π.) αποτελούν γενικεύσεις των μοντέλων γραμμικού προγραμματισμού στα οποία κάποιες μεταβλητές, οι οποίες καλούνται ακέραιες μεταβλητές, περιορίζονται στον να δέχονται μόνο ακέραιες και μη αρνητικές τιμές. Οι υπόλοιπες μεταβλητές, οι οποίες ονομάζονται συνεχείς μεταβλητές, επιτρέπεται να λαμβάνουν κάθε μη αρνητική τιμή. Οι συχνότερα εμφανιζόμενες όμως ακέραιες μεταβλητές είναι οι 0 – 1, δυαδικές μεταβλητές, που περιορίζονται στο να δέχονται μόνο τις τιμές 0 ή 1. Αυτές οι μεταβλητές συνήθως χρησιμοποιούνται για την περιγραφή σχέσεων κόστους, περιορισμών και λογικών εκφράσεων που δεν μπορούν να περιγραφούν μέσω του γραμμικού προγραμματισμού. Με τον τρόπο αυτό η μορφοποίηση ενός προβλήματος με μεικτό ακέραιο προγραμματισμό μπορεί να ξεπεράσει τους περιορισμούς και τις αδυναμίες του γραμμικού προγραμματισμού.

Οι δυαδικές μεταβλητές χρησιμοποιούνται με διαφορετικό τρόπο σε μοντέλα που καταπιάνονται με προβλήματα της Αλυσίδας Εφοδιασμού σε λειτουργικό, τακτικό ή στρατηγικό επίπεδο. Σε λειτουργικό επίπεδο χρησιμοποιούνται για την λήψη αποφάσεων αλληλουχίας και δρομολόγησης σχετικές με τον προγραμματισμό

μηχανών, οχημάτων ή ανθρώπινου δυναμικού. Σε επίπεδο τακτικής χρησιμοποιούνται σε προβλήματα σταθερού κόστους, οικονομιών κλίμακας αλλά και σε πλήθος μη αριθμητικών, λογικών, περιορισμών πολιτικής – τακτικής όπως για παράδειγμα σε περιπτώσεις αποκλειστικού εφοδιασμού των αγορών. Σε στρατηγικό επίπεδο χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν τον χρόνο, την εξέλιξη, το μέγεθος και τον τόπο των επενδυτικών επιλογών.

Τα μοντέλα Μ.Α.Π. επιτυγχάνουν μια αυστηρή και σχολαστική προσέγγιση στην ανάλυση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Τα μοντέλα αυτά περιγράφουν με ακρίβεια τις επιλογές, τους περιορισμούς και τους στόχους ενός προβλήματος στην Αλυσίδα Εφοδιασμού. Οι μέθοδοι αυτές είναι ικανές να παρέχουν πραγματικά “καλές” λύσεις αλλά και να παράγουν την βέλτιστη με την χρήση κατάλληλων αλγορίθμων.

Ο ρεαλισμός όμως των Μ.Α.Π. δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς το αντίστοιχο κόστος. Για παράδειγμα μπορούμε να θυμηθούμε την μέθοδο **branch-and-bound**, που χρησιμοποιείται για την βελτιστοποίηση Μ.Α.Π.. Η μέθοδος αυτή ουσιαστικά αποτελεί μια ακολουθία από προσεγγίσεις γραμμικού προγραμματισμού. Αυτό το πλήθος των προσεγγίσεων που πρέπει να επιλυθούν για την βελτιστοποίηση του δεδομένου Μ.Α.Π. αυξάνεται εκθετικά με το πλήθος των ακέραιων μεταβλητών του προβλήματος. Για τον λόγο αυτό ο προγραμματιστής οφείλει να χρησιμοποιήσει με σοφία περιορισμούς ακέραιου προγραμματισμού ώστε να ισορροπήσει την ανάγκη και την επιθυμία για ρεαλισμό σε σχέση με την υπολογιστική πολυπλοκότητα.

Οι ερευνητές, όμως, εξακολουθούν να επινοούν νέες και βελτιωμένες τεχνικές για την επίλυση μοντέλων Μ.Α.Π.. Τα τελευταία χρόνια, οι ευρεστικές μέθοδοι που παράγουν “δοκιμαστικές” λύσεις για αυτά τα μοντέλα, ή τα μοντέλα αποφάσεων υπόσχονται την επίλυση κάποιων κατηγοριών μοντέλων και προβλημάτων. Οι ευρεστικές μέθοδοι χρησιμοποιούν διαδικασίες για την εύρεση του συνόλου των εφικτών λύσεων και πιθανόν να έχουν υπερεκτιμηθεί<sup>9</sup>. Σίγουρα όμως εξετάζοντας πιο προσεκτικά τα προσόντα των Ευρεστικών Μεθόδων καταλήγουμε ότι μπορούν άριστα να επιτελέσουν συμπληρωματικό ρόλο στα μοντέλα και στις μεθόδους βελτιστοποίησης προβλημάτων Μεικτού Ακέραιου Προγραμματισμού.

---

<sup>9</sup> Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, page 126. “We believe heuristics have been oversold”



#### 4.1.1 Μοντέλο Σταθερού Κόστους

Πρόκειται για ένα πρόβλημα μεικτού ακέραιου προγραμματισμού, εξέλιξη του μοντέλου κατανομής πόρων που εξετάσαμε στην παράγραφο 2.4. Αντιμετωπίζοντας ένα πρόβλημα κατανομής πόρων αποφασίζουμε για τον τρόπο που θα εκχωρήσουμε τους διαθέσιμους πόρους ( $A_i$ ) στις αντίστοιχες δραστηριότητες ( $B_i$ ) μεγιστοποιώντας την συνάρτηση κέρδους από την εκμετάλλευση των αντίστοιχων δραστηριοτήτων. Εκείνο όμως που δεν λάβαμε υπόψη είναι το σταθερό κόστος (Fixed Cost) που συνεπάγεται η χρήση των πόρων ( $A_i$ ).

Αντίθετα, στο μοντέλο Σταθερού Κόστους λαμβάνεται υπόψη το κόστος χρήσης των πόρων. Κατά συνέπεια η αντικειμενική συνάρτηση Κέρδους που μεγιστοποιείται περιλαμβάνει και το κόστος χρήσης των πόρων. Δίνεται ο πίνακας αναγκών – δυναμικότητας που περιλαμβάνει τις ανάγκες κάθε δραστηριότητας  $B_i$  σε μονάδες από τον πόρο  $A_i$  καθώς και τα σταθερά στοιχεία κόστους που συνεπάγεται η χρήση κάθε πόρου.

Πίνακας 4-1 Πίνακας αναγκών δυναμικότητας Μοντέλου Σταθερού Κόστους

<i>Ανάγκες σε μονάδες πόρων</i>	$B_1$	...	$B_m$	<i>Δυναμικότητα i πόρου</i>	<i>Fixed Costs</i>
$A_1$	$c_{11}$	...	$c_{1m}$	$(A_1)$	$FC_1$
$A_2$	$c_{21}$	...	$c_{2m}$	$(A_2)$	$FC_2$
...	...	...	...	...	...
$A_n$	$c_{n1}$	...	$c_{nm}$	$(A_n)$	$FC_n$
<b>Μοναδιαίο κέρδος</b>	$b_1$		$b_m$		

Για την μαθηματική μορφοποίησή λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

1. Να μην χρησιμοποιείται περισσότερη από την διαθέσιμη δυναμικότητα κάθε πόρου και
2. Να μεγιστοποιείται η συνάρτηση συνολικού κέρδους από την χρήση των πόρων αυτών.

Βασιζόμενοι στον Πίνακα 4-1, συμβολίζουμε  $c_{ij}$  με  $i=1..n$  και  $j=1..m$  την απαιτούμενη δυναμικότητα από τον  $i$  πόρο για μία μονάδα  $j$  δραστηριότητας,  $b_j$  με  $j=1..m$  το μοναδιαίο κέρδος που προκύπτει από μία μονάδα  $j$  δραστηριότητας.

Έστω μεταβλητές απόφασης  $x_j$  με  $j=1..m$  που παριστάνουν τις μονάδες από την  $j$  δραστηριότητα που θα επιλέξουμε να εφαρμόσουμε.

Έστω δυαδικές μεταβλητές  $d_i$ ,  $i=1..n$  έτσι ώστε:

$$d_i = 1, \text{αν } \_ \text{χρησιμοποιείται } \_ \text{ο } \_ i \_ \text{πόρος}$$

$$d_i = 0, \text{διαφορετικά}$$

$$\forall i = 1..n$$

### **Περιορισμός I:**

πρέπει να μην χρησιμοποιείται περισσότερη από την διαθέσιμη δυναμικότητα κάθε πόρου, εφόσον ο πόρος αυτός χρησιμοποιείται (γίνεται χρήση της δυαδικής μεταβλητής  $d_i$ ) δηλ:

$$\sum_{j=1}^m c_{ij} x_j \leq (A_i) d_i, \forall i = 1..n$$

### **Περιορισμός II (μη αρνητικότητα):**

πρέπει οι μονάδες από κάθε δραστηριότητα να παίρνουν τιμές θετικές ή μηδέν καθώς δεν έχουν λογική σημασία αρνητικές τιμές, δηλ:

$$x_j \geq 0, \forall j \in 1, m$$

### **Αντικειμενική συνάρτηση:**

πρόκειται για την συνάρτηση κέρδους που όπως προείπαμε επιδιώκεται η μεγιστοποίησή της:

$$\max z = \sum_{j=1}^m b_j x_j - \sum_{i=1}^n FC_i d_i$$

### 4.1.2 Μοντέλο Οικονομιών Κλίμακας

Για την παρουσίαση του συγκεκριμένου μοντέλου μεικτού αέριου προγραμματισμού χάριν συντομίας βασιζόμαστε στο ήδη μορφοποιημένο στην παράγραφο 4.1.1 Μοντέλο Σταθερού Κόστους.

Έστω ότι οι ανάγκες σε πόρους για την παραγωγή ενός προϊόντος  $B_j$  εξαρτάται από την ποσότητα παραγωγής του προϊόντος  $x_j$ . Θεωρούμε λοιπόν ότι οι πρώτες  $k$  μονάδες του προϊόντος χρειάζονται  $c_a$  μονάδες πόρων και οι επόμενες  $c_b$  μονάδες πόρων. Εισάγουμε την δυαδική μεταβλητή  $d$  έτσι ώστε:

$d=1$ , όταν έχουμε οικονομία κλίμακας

$d=0$ , διαφορετικά

κατά την μορφοποίηση του προβλήματος περιλαμβάνω τις ακόλουθες σχέσεις:

$$x_j = x_\alpha + x_\beta, (i)$$

$$k \geq x_\alpha \geq 0, x_\beta \geq 0 (ii)$$

$$-x_\alpha + kd \leq 0 (iii)$$

$$x_\beta \leq Md, M \gg 0 (iv)$$

Όταν λοιπόν έχω  $d=1$  η σχέση (iii) δίνει  $x_\alpha \geq k$  και δεδομένης της σχέσης (ii) προκύπτει  $x_\alpha = k$ . Επίσης από την σχέση (iv) προκύπτει ότι η  $x_\beta \leq M$  και δεδομένου ότι  $x_\beta \geq 0$  συμπεραίνουμε ότι μπορεί να πάρει θετικές τιμές.

Αντίθετα όταν  $d=0$ , δεν έχω οικονομία κλίμακας, δηλ. η παραγωγή δεν ξεπερνά τις  $k$  μονάδες προϊόντος και οι σχέσεις διαμορφώνονται ως εξής:

$$(ii), (iii) \Rightarrow 0 \leq x_\alpha \leq k$$

$$(ii), (iv) \Rightarrow x_\beta = 0$$

δεδομένου λοιπόν του Πίνακα 4.1, του μοντέλου της παραγράφου 4.1.1. και θεωρώντας ότι η μεταβολή αναγκών λαμβάνει χώρα μόνο για τον τελευταίο πόρο ( $A_n$ ) προκύπτει ο νέος πίνακας αναγκών:

Πίνακας 4-2 Πίνακας αναγκών δυναμικότητας Οικονομίων Κλίμακας

Ανάγκες σε μονάδες πόρων	$B_1$	...	$B_m$	Δυναμικότητα i πόρου	Fixed Costs
$A_1$	$c_{11}$	...	$c_{1m}$	$(A_1)$	$FC_1$
$A_2$	$c_{21}$	...	$c_{2m}$	$(A_2)$	$FC_2$
...	...	...	...	...	
$A_n$	$c_{n1}$	$c_\alpha, c_\beta$	$c_{nm}$	$(A_n)$	$FC_n$
Μοναδιαίο κέρδος	$B_1$	$B_j$	$B_m$		

Αντικαθιστώ στο μοντέλο της 4.1.1. την μεταβλητή  $x_j = x_\alpha + x_\beta$  ενώ στον αντίστοιχο περιορισμό δυναμικότητας για τον  $n$  πόρο αντικαθιστώ τον παράγοντα  $c_{nj}x_j$  με τον  $c_\alpha x_\alpha + c_\beta x_\beta$ . Η αντικειμενική συνάρτηση παραμένει αμετάβλητη.

#### 4.1.3 Μοντέλο Επαναπρογραμματισμού Παραγωγής

Σε πολλές βιομηχανικές επιχειρήσεις προκύπτει το πρόβλημα του επαναπρογραμματισμού μιας γραμμής παραγωγής όταν απαιτείται σε μια χρονική περίοδο να παραχθούν δύο διαφορετικά προϊόντα στην ίδια γραμμή παραγωγής.

Έστω, λοιπόν ότι σε μια χρονική περίοδο παράγονται στην μία και μοναδική γραμμή παραγωγής ενός εργοστασίου τα προϊόντα Alpha και Beta. Στον Πίνακα 4-3 που ακολουθεί περιλαμβάνονται οι ανάγκες σε μονάδες πόρων για την παραγωγή καθενός από τα προϊόντα, η δυναμικότητα της γραμμής παραγωγής.

Πίνακας 4-3 Πίνακας Αναγκών-Δυναμικότητας Μοντέλου Επαναπρογραμματισμού Παραγωγής

	Alpha	Beta	Δυναμικότητα Γραμμής Παραγωγής
Ανάγκες ανά μονάδα προϊόντος	$c_\alpha$	$c_\beta$	$A$

Οι χαμένες μονάδες πόρων από τον επαναπρογραμματισμό της γραμμής παραγωγής θεωρούνται  $b$ .

Για την μορφοποίηση γίνεται χρήση των δυαδικών μεταβλητών  $d_A$ ,  $d_B$  κατά τρόπο τέτοιο ώστε:

$d_A=1$ , όταν παράγεται έστω και μία μονάδα προϊόντος Alpha στην γραμμή παραγωγής, αντίθετα

$d_A=0$ , και

$d_B=1$ , όταν παράγεται έστω και μία μονάδα προϊόντος Beta στην γραμμή παραγωγής, αντίθετα

$d_B=0$ .

Θεωρούμε επίσης την δείκτρια δυαδική μεταβλητή  $D$  η οποία παίρνει την τιμή  $D=1$  όταν και τα δύο προϊόντα παράγονται στην γραμμή παραγωγής, διαφορετικά λαμβάνει την τιμή 0 (μηδέν). Χρησιμοποιείται ο ακόλουθος περιορισμός:

$$D \geq d_A + d_B - 1$$

έστω ότι παράγονται  $x_A$  μονάδες προϊόντος Alpha και  $x_B$  μονάδες προϊόντος Beta. Ο περιορισμός δυναμικότητας για την γραμμή παραγωγής εκφράζεται ως ακολούθως:

**Περιορισμός Δυναμικότητας:**

$$c_a x_a + c_b x_b + b \cdot D \leq A$$

#### 4.1.4 Το πρόβλημα της Ανάθεσης

Το πρόβλημα της ανάθεσης ασχολείται με την απόδοση συγκεκριμένων πόρων σε συγκεκριμένες δραστηριότητες. Αποτελεί πρόβλημα δυαδικού προγραμματισμού.

Έστω ότι έχουμε  $n$  πλήθος πόρους προς ανάθεση και  $n$  πλήθος δραστηριοτήτων. Στόχος μας είναι η κάλυψη όλων των δραστηριοτήτων και η ανάθεση κάθε πόρου σε μία ακριβώς δραστηριότητα, με το μικρότερο δυνατό συνολικό κόστος.

Έστω λοιπόν,  $A_i$ ,  $i=1..n$  οι διαθέσιμοι πόροι και  $B_j$ ,  $j=1..n$  οι εν λόγω δραστηριότητες. Δίνεται ο πίνακας κόστους ανάθεσης του  $i$  πόρου στην  $j$  δραστηριότητα, όπου  $c_{ij}$  τα αντίστοιχα κόστη:

**Πίνακας 4-4 Στοιχεία Κόστους Δραστηριοτήτων**

	$B_1$	$B_2$	...	$B_n$
$A_1$	$c_{11}$	$c_{12}$	...	$c_{1n}$
$A_2$	$c_{21}$	$c_{22}$	...	$c_{2n}$
...	...	...	...	...
$A_n$	$c_{n1}$	$c_{n2}$	...	$c_{nn}$

#### **Μεταβλητές απόφασης:**

Θεωρούμε τις δυαδικές μεταβλητές  $x_{ij}$ , όπου όταν

$x_{ij}=1$ , ο πόρος  $i$  έχει ανατεθεί στην δραστηριότητα  $j$

$x_{ij}=0$ , διαφορετικά

#### **Περιορισμός I:**

πρέπει κάθε πόρος να ανατίθεται σε μία και μόνο δραστηριότητα, δηλ:

$$\sum_i^n x_{ij} = 1, \forall j = 1..n$$

### **Περιορισμός II:**

πρέπει κάθε δραστηριότητα να χρησιμοποιεί έναν και μόνο πόρο, δηλ:

$$\sum_j^n x_{ij} = 1, \forall i = 1..n$$

### **Αντικειμενική συνάρτηση:**

πρόκειται για την συνάρτηση συνολικού κόστους που όπως προείπαμε επιδιώκεται η ελαχιστοποίησή της:

$$\min z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

### **Σημείωση:**

Οι ομοιότητες με το πρόβλημα της μεταφοράς είναι εμφανείς. Ουσιαστικά το Assignment Problem αποτελεί ένα πρόβλημα μεταφοράς με:

1. δυαδικές μεταβλητές απόφασης  $x_{ij}$
2.  $m=n$  (πλήθος πηγών = πλήθος προορισμών)
3.  $(A_i)=(B_j)=1$

## 5. Ανάλυση Δικτύου Εφοδιασμού και Στρατηγική

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει το Στρατηγικό σχεδιασμό της Ajax Computer Company. Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται προέρχονται από την αντίστοιχη μελέτη περίπτωσης που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 4.3 του βιβλίου “Modeling the Supply Chain” του Jeremy F. Shapiro, βλέπε και βιβλιογραφία. Στο παραπάνω βιβλίο δίνονται τμηματικά στοιχεία της μαθηματικής μορφοποίησης του Δικτύου Εφοδιασμού και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την επίλυση αναφορικά με το Προγραμματισμό της Παραγωγής και το Πλάνο των Επενδύσεων. Αυτά αποτελούν τη βάση για την επιπλέον μελέτη της παρούσης εργασίας.

Το Δίκτυο Εφοδιασμού της επιχείρησης μορφοποιείται σαν ένα πρόβλημα Μεικτού Ακέραιου Προγραμματισμού. Παρουσιάζεται αναλυτικά το σύνολο των 104 μεταβλητών και 87 περιορισμών που απαιτούνται για τον τριετή προγραμματισμό που θα ακολουθήσει. Το πρόβλημα επιλύεται με την βοήθεια λογισμικού βελτιστοποίησης, Microsoft Excel Solver, και τα αποτελέσματα τυπώνονται αναλυτικά στο Παράρτημα. Επιβεβαιώνονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν και στο αντίστοιχο κεφάλαιο της πηγής της εργασίας και προκύπτει το πλάνο παραγωγής και εφοδιασμού για τα επόμενα τρία χρόνια. Προστίθενται επιπλέον σενάρια μεταβάλλοντας είτε το εσωτερικό είτε το εξωτερικό περιβάλλον της επιχείρησης αυτής και διαπιστώνεται η ευαισθησία της λύσης. Προτείνονται στην Διοίκηση εναλλακτικοί τρόποι επενδυτικών επιλογών. Οι παραπάνω προεκτάσεις αποτελούν την ουσιαστική συνεισφορά της εργασίας αυτής.

### 5.1 Στρατηγικός Σχεδιασμός στην Ajax Computer Company<sup>10</sup>

Πρόκειται να κατασκευαστεί ένα μοντέλο Μεικτού Ακέραιου Προγραμματισμού με στόχο να αξιολογηθούν οι δυνατές επιλογές για τον Στρατηγικό Σχεδιασμό της Ajax Computer Company για τα επόμενα 3 χρόνια. Συγκεκριμένα η Διοίκηση της επιχείρησης καλείται να αντιμετωπίσει τις παρακάτω 4 ομάδες αποφάσεων:

---

<sup>10</sup> Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, p. 139 - 151



- Πρέπει η επιχείρηση να επενδύσει σε ένα νέο εργοστάσιο συναρμολόγησης στην Καλιφόρνια, και αν ναι, σε ποιό χρόνο;
- Πρέπει η επιχείρηση να προχωρήσει σε μια μείζονα επέκταση του υφιστάμενου εργοστασίου συναρμολόγησης στο Σικάγο, και αν ναι σε ποιό χρόνο;
- Πρέπει η επιχείρηση να επενδύσει στην ανάπτυξη του προϊόντος Delta, και αν ναι που θα πρέπει αυτό να συναρμολογείται;
- Τι ποσότητα από το κάθε προϊόν πρέπει να συναρμολογείται σε κάθε εργοστάσιο και σε κάθε χρονική περίοδο; Ποιό εργοστάσιο πρέπει να εξυπηρετεί κάθε αγορά σε κάθε χρονική περίοδο;

Ο στρατηγικός λοιπόν σχεδιασμός της επιχείρησης ξεκινά, όπως στις περισσότερες των περιπτώσεων, με την πρόβλεψη των πωλήσεων για τα επόμενα 3 χρόνια. Για λόγους ευκολίας της παρουσίασης, θεωρούμε ότι η στρατηγική ανάλυση πραγματοποιείται 9 μήνες πριν την έλευση του νέου έτους, διάστημα ικανό για την ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος ή για το χτίσιμο ενός νέου εργοστασίου. Οι προβλέψεις αυτές δίνονται στους πίνακες 5-1, 5-2 και 5-3 που ακολουθούν και αναφέρονται στην υπάρχουσα αγορά του Chicago αλλά και στις νέες αγορές που εισέρχεται η Ajax, Northern California και Seattle. Στους πίνακες αυτούς αναγράφονται οι μέγιστες ποσότητες που η επιχείρηση μπορεί να πουλήσει από κάθε προϊόν σε κάθε αγορά και σε κάθε χρόνο. Όμως η Ajax μπορεί να επιλέξει να πουλήσει λιγότερες από αυτές τις ποσότητες με στόχο την μεγιστοποίηση των κερδών της στο χρονικό ορίζοντα των επόμενων 3 χρόνων.

**Πίνακας 5-1 Προβλέψεις μέγιστων πωλήσεων 1<sup>ου</sup> έτους (Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Table 4.2)**

	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>	<i>Delta</i>
<b>Chicago</b>	3000	2000	2000	500
<b>California</b>	1500	1000	500	300
<b>Seattle</b>	1200	1000	750	300
<b>Total</b>	5700	4000	3250	1100

Πίνακας 5-2 Προβλέψεις μέγιστων πωλήσεων 2<sup>ου</sup> έτους (*Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Table 4.2*)

	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>	<i>Delta</i>
<b>Chicago</b>	6000	1000	2000	1000
<b>California</b>	2000	500	1000	600
<b>Seattle</b>	1800	500	1500	600
<b>Total</b>	9800	2000	4500	2200

Πίνακας 5-3 Προβλέψεις μέγιστων πωλήσεων 3<sup>ου</sup> έτους (*Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Table 4.2*)

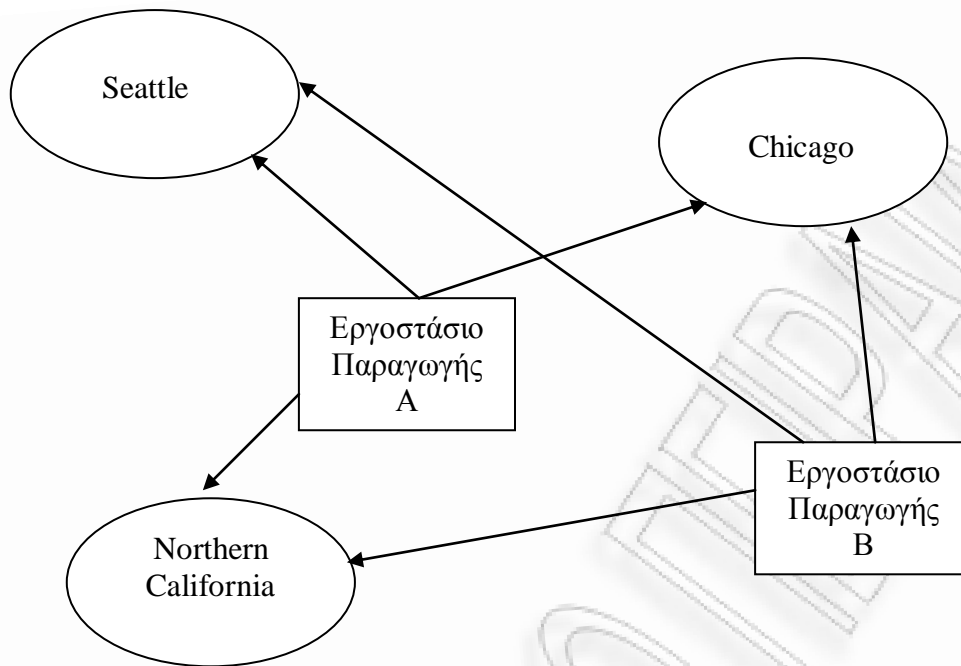
	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>	<i>Delta</i>
<b>Chicago</b>	3000	2500	2000	2000
<b>California</b>	1000	1500	1000	1500
<b>Seattle</b>	1000	1200	1500	1200
<b>Total</b>	5000	5200	4500	4700

Οι προβλέψεις για τον προσωπικό υπολογιστή Alpha αντικατοπτρίζουν ένα “σχήμα” βασισμένο στην εισαγωγή μιας καινούριας έκδοσης τον 2<sup>ο</sup> χρόνο. Οι προβλέψεις για το notebook Beta βασίζονται στο πρότυπο της κατάργησης της υπάρχουσας έκδοσης και της εισαγωγής μιας νέας τον τρίτο χρόνο. Η πρόβλεψη για το τερματικό Gamma βασίζεται σε ένα αμετάβλητο πλαίσιο για τα επόμενα 3 χρόνια για την υπάρχουσα έκδοση, που περιλαμβάνει υψηλότερες πωλήσεις κατά τον 2<sup>ο</sup> και τον 3<sup>ο</sup> χρόνο στις νέες αγορές. Η πρόβλεψη για το τερματικό Delta που αποτελεί νέο προϊόν, βασίζεται στην υπόθεση ότι το προϊόν θα εισαχθεί τον 1<sup>ο</sup> χρόνο και οι πωλήσεις του θα αυξάνονται από εκεί και μετά. Η επιχείρηση όμως έχει την δυνατότητα είτε να αποδεχθεί είτε να απορρίψει την επιλογή της ανάπτυξης του τερματικού Delta.

## 5.2 Η κατασκευή ενός Ενιαίου Μοντέλου Δικτύου Εφοδιασμού

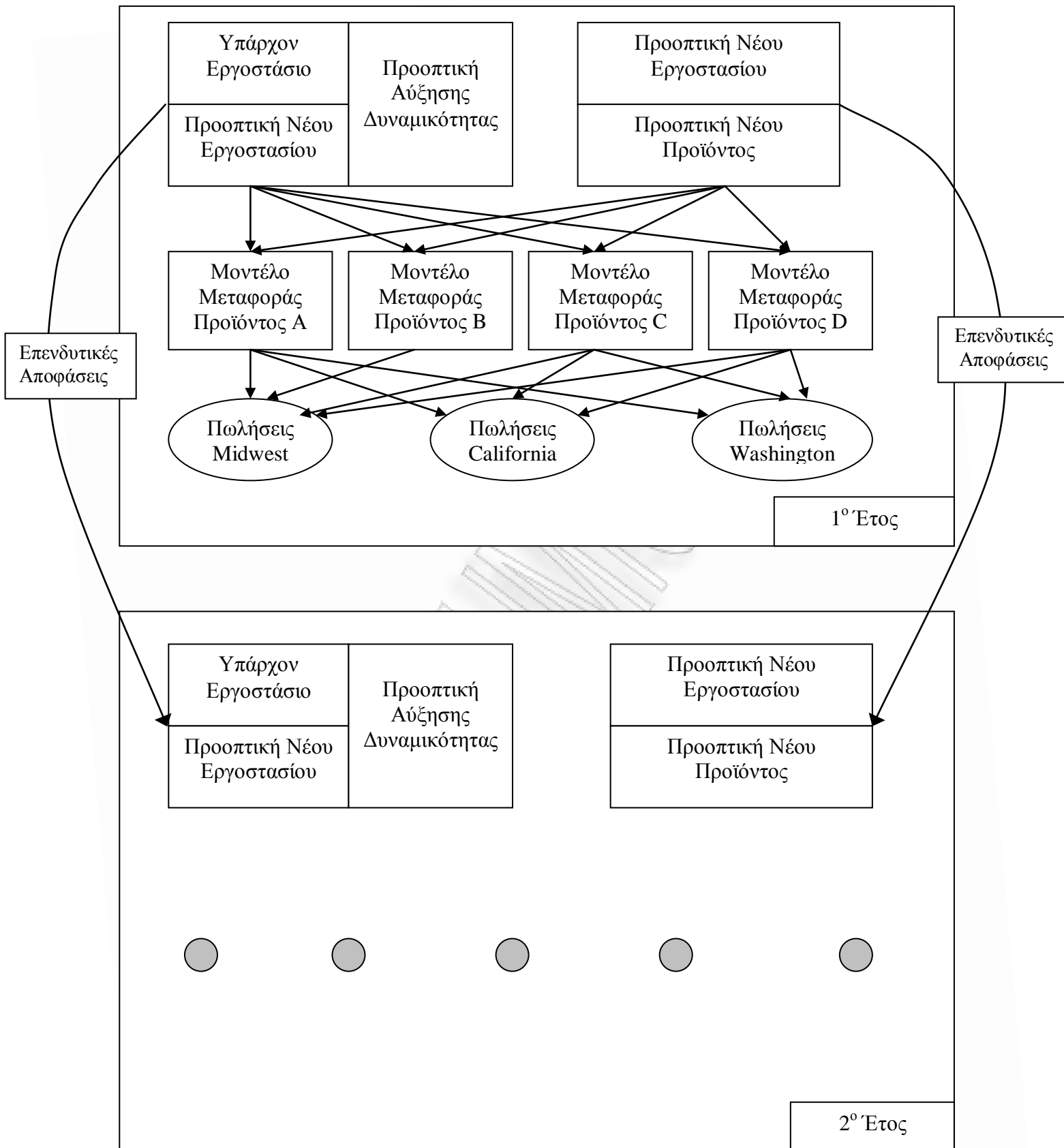
Στο σχήμα 5-1. απεικονίζεται το Δίκτυο Εφοδιασμού της Ajax Computer Company το οποίο εμείς επεκτείνουμε σε ένα κατανοητό μοντέλο που περιλαμβάνει τις επιλογές απόφασης της επιχείρησης, τους περιορισμούς αλλά και τους στόχους της. Επειδή το μοντέλο αυτό καταπιάνεται με πολλούς κρίκους της Εφοδιαστικής Αλυσίδας της Ajax, το στρατηγικό μοντέλο αποφάσεων που θα προκύψει θα είναι αρκετά πολύπλοκο. Στόχος μας λοιπόν είναι να ενοποιήσουμε ένα πλήθος υπό – μοντέλων ως ακολούθως:

- Για κάθε έτος, ένα μοντέλο παραγωγής που θα περιγράφει τις δυνατότητες του υπάρχοντος εργοστασίου συναρμολόγησης στο Chicago με την επιλογή της αύξησης της δυναμικότητάς του για την παραγωγή του νέου προϊόντος Delta
- Για κάθε έτος, ένα μοντέλο παραγωγής που θα περιγράφει τις δυνατότητες του πιθανού νέου εργοστασίου στην Καλιφόρνια με την επιπλέον επιλογή να παραχθεί εκεί τον νέο προϊόν Delta
- Για κάθε έτος και για κάθε προϊόν ένα μοντέλο μεταφοράς που θα περιγράφει την ροή των προϊόντων από τα εργοστάσια παραγωγής προς τις αγορές
- Για κάθε χρόνο και για κάθε προϊόν ένα μοντέλο πωλήσεων που θα περιορίζει τις πωλήσεις σε κάθε αγορά στο μέγιστο όριο πρόβλεψης με βάση τους πίνακες προβλέψεων 5-1 , 5-2 , 5-3.
- Περιορισμούς πολλαπλής επιλογής σε σύνολα επενδυτικών επιλογών που εξασφαλίζουν ότι κάθε επένδυση μπορεί να επιλεγεί το πολύ σε ένα “εναρκτήριο” έτος στον ορίζοντα προγραμματισμού
- Συναρτήσεις κερδών κάθε έτους και ανοιγμένη συνάρτηση κέρδους αθροισμένη σε όλο τον ορίζοντα προγραμματισμού



**Σχήμα 5-1 Το Δίκτυο Εφοδιασμού της Ajax Computer Company** (*Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Figure 4.3*)

Η ενοποίηση αυτών των υπομοντέλων απεικονίζεται στο σχήμα 5-2 που αποτελεί και το Στρατηγικό Μοντέλο του Δίκτυο Εφοδιασμού της Ajax Computer Company.



Σχήμα 5-2 Μοντέλο Στρατηγικού Σχεδιασμού της Ajax Computer Company (Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Figure 4.4)

### **5.2.1 Μοντέλο παραγωγής για το Υπάρχον Εργοστάσιο Συναρμολόγησης**

Παραθέτουμε τις μεταβλητές απόφασης:

$MAXPL_t$ = ο αριθμός των Alpha που συναρμολογούνται στο υπάρχον εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$MBXPL_t$ = ο αριθμός των Beta που συναρμολογούνται στο υπάρχον εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$MCXPL_t$ = ο αριθμός των Gamma που συναρμολογούνται στο υπάρχον εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$MDXPL_t$ = ο αριθμός των Delta που συναρμολογούνται στο υπάρχον εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$XPL_t = 1$ , αν το υπάρχον εργοστάσιο επεκταθεί τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$XPL_t = 0$ , διαφορετικά

$DELTA_X = 1$ , αν αναπτυχθεί το νέο προϊόν στο υπάρχον εργοστάσιο τον 1<sup>ο</sup> χρόνο

$DELTA_X = 0$ , διαφορετικά

$DELTA_N = 1$ , αν αναπτυχθεί το προϊόν στο νέο εργοστάσιο τον 1<sup>ο</sup> χρόνο

$DELTA_N = 0$ , διαφορετικά

#### **Περιορισμός επέκτασης**

$$XPL_1 + XPL_2 + XPL_3 \leq 1$$

Σημαίνει ότι το υπάρχον εργοστάσιο μπορεί να επεκταθεί το πολύ σε ένα από τα τρία χρόνια της περιόδου προγραμματισμού

#### **Περιορισμός ανάπτυξης του νέου Προϊόντος (DELTA)**

Ορίζεται ότι το προϊόν Delta μπορεί να αναπτυχθεί μόνο σε ένα από τα δύο εργοστάσια. Κατά συνέπεια ο περιορισμός που προκύπτει είναι ο ακόλουθος:

$$DELTA_X + DELTA_N \leq 1$$

## Περιορισμός Παραγωγής του νέου Προϊόντος (DELTA)

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει ένας από τους στόχους της συγκεκριμένης μορφοποίησης είναι η λήψη απόφασης για την εξέλιξη ή μη ενός νέου προϊόντος (DELTA) σε ένα από τα δύο εν δυνάμει εργοστάσια της επιχείρησης. Κατά συνέπεια η απόφαση αυτή επηρεάζει την παραγωγή σε μονάδες προϊόντος DELTA. Σε περίπτωση επιλογής εξέλιξης του νέου προϊόντος στο υπάρχον εργοστάσιο,  $DELTA_X=1$  ή  $DELTA_X=0$ , η ποσότητα παραγωγής περιορίζεται από τις προβλέψεις των πωλήσεων, Πίνακας 5.1, Πίνακας 5.2, Πίνακας 5.3. Σε αντίθετη περίπτωση δε, δεν παράγεται καμία μονάδα προϊόντος. Ακολουθούν οι αντίστοιχες εκφράσεις των περιορισμών:

$$MDXPL_1 \leq 1100DELTA_X$$

$$MDXPL_2 \leq 2200DELTA_X$$

$$MDXPL_3 \leq 4700DELTA_X$$

Οι τιμές 1100, 2200, 4700 αντιστοιχούν στο σύνολο των προβλέψεων πωλήσεων για το προϊόν DELTA προς όλες τις αγορές. (Πίνακας 5-1, Πίνακας 5-2, Πίνακας 5-3).

Για παράδειγμα:

αν επιλεχθεί η ανάπτυξη του προϊόντος δηλ.  $DELTA_X=1$ , έχω:

$$MDXPL_1 \leq 1100$$

$$MDXPL_2 \leq 2200$$

$$MDXPL_3 \leq 4700$$

διαφορετικά, με  $DELTA_X=0$ , δεν έχω παραγωγή του DELTA, δηλ:

$$MDXPL_1 \leq 0$$

$$MDXPL_2 \leq 0$$

$$MDXPL_3 \leq 0$$

Κατά την λειτουργία του Υπάρχοντος εργοστασίου η συναρμολόγηση των προϊόντων γίνεται σε δύο διαφορετικές γραμμές, A-Line και C-Line. Κατά τον προγραμματισμό της παραγωγής, λοιπόν προκύπτουν περιορισμοί που αφορούν στους περιορισμένους πόρους εργατικού δυναμικού και στην περιορισμένη δυναμικότητα του υπάρχοντος εργοστασίου. Για τον λόγο αυτό τα απαραίτητα στοιχεία συνοψίζονται στους παρακάτω Πίνακες.

Στον Πίνακα 5-4 αναφέρονται οι ανάγκες σε μονάδες εργασίας και σε ώρες συναρμολόγησης για το κάθε προϊόν καθώς και το μοναδιαίο κόστος παραγωγής καθενός από τα προϊόντα.

Πίνακας 5-4 Στοιχεία Κόστους Εργασίας στο Υπάρχον Εργοστάσιο (*Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Table 4.2*)

	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>	<i>Delta</i>
Unit cost	1000	1175	2250	2100
A-Line test hours	1	1	0	0
C-Line test hours	0	0	1	1
Labor units needs	10	15	20	22

Στον Πίνακα 5-5 αναφέρεται η δυναμικότητα κάθε γραμμής συναρμολόγησης του υπάρχοντος εργοστασίου είτε αυτό επεκταθεί είτε όχι καθώς επίσης και οι διαθέσιμες μονάδες εργασίας.

Πίνακας 5-5 Διαθέσιμοι πόροι στο υπάρχον εργοστάσιο (*Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Table 4.2*)

	<i>Capacity w/o expansion</i>	<i>Capacity with expansion</i>
A-line test	6000	8000
C-line test	2400	3200
Labor	100000	133000

**Περιορισμοί Εργατικού Δυναμικού στο υπάρχον εργοστάσιο (βλέπε Πίνακα 5-4 & Πίνακα 5-5):**

$$10 \text{ MAXPLt} + 15 \text{ MBXPLt} + 20 \text{ MCXPLt} + 22 \text{ MDXPLt} \leq 100000 + 33000 \sum_{n=1}^t \text{XPLn}, \forall t = 1, 2, 3$$

Το δεύτερο μέλος της σχέσης αποδίδει τις διαθέσιμες μονάδες εργασίας και εξαρτάται από το εάν το υπάρχον εργοστάσιο έχει επεκταθεί ή όχι. Για παράδειγμα αν το εργοστάσιο επεκταθεί τον 2<sup>ο</sup> χρόνο θα έχω:

$$\text{για } t=1, \sum_{n=1}^t \text{XPLn} = \text{XPL1} = 0, \text{ άρα } 100000 \text{ μονάδες εργασίας διαθέσιμες.}$$



για  $t=2, \sum_{n=1}^t XPLn = XPL1 + XPL2 = 0 + 1 = 1$ , άρα 133000 μονάδες εργασίας

διαθέσιμες, και

για  $t=3, \sum_{n=1}^t XPLn = XPL1 + XPL2 + XPL3 = 0 + 1 + 0 = 1$ , άρα πάλι 133000 μονάδες

εργασίας διαθέσιμες.

### Περιορισμοί κατά την Συναρμολόγηση στο Υπάρχον Εργοστάσιο

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει η συναρμολόγηση των προϊόντων γίνεται στις γραμμές A-Line και C-Line του υπάρχοντος εργοστασίου. Ακολουθούν οι περιορισμοί που προκύπτουν και για τις δύο γραμμές συναρμολόγησης ως ακολούθως:

α) Περιορισμοί Δυναμικότητας A-Line στο υπάρχον εργοστάσιο (βλέπε Πίνακα 5-4 & Πίνακα 5-5):

$$MAXPLt + MBXPLt \leq 6000 + 2000 \sum_{n=1}^t XPLn, \forall t = 1, 2, 3$$

β) Περιορισμοί Δυναμικότητας C-Line στο υπάρχον εργοστάσιο (βλέπε πίνακα 5-4 & Πίνακα 5-5):

$$MCXPLt + MDXPLt \leq 2400 + 800 \sum_{n=1}^t XPLn, \forall t = 1, 2, 3$$

### Συνάρτηση Κόστους Παραγωγής στο Υπάρχον Εργοστάσιο το έτος t

Στον Πίνακα 5-4 μπορούμε να δούμε το μοναδιαίο κόστος παραγωγής για κάθε προϊόν στο Υπάρχον Εργοστάσιο. Το συνολικό κόστος Παραγωγής προκύπτει πολλαπλασιάζοντας τις ποσότητες παραγωγής επί το μοναδιαίο κόστος και αθροίζοντας για το σύνολο των προϊόντων. Δηλ.

$$TCXPLt = 1000MAXPLt + 1175MBXPLt + 2250MCXPLt + 2100MDXPLt, t = 1, 2, 3(5.2.1.iv)$$

### **5.2.2 Μοντέλο παραγωγής για το Νέο Εργοστάσιο Συναρμολόγησης**

$MANPL_t$ = ο αριθμός των Alpha που συναρμολογούνται στο Νέο εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$MBNPL_t$ = ο αριθμός των Beta που συναρμολογούνται στο Νέο εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$MCNPL_t$ = ο αριθμός των Gamma που συναρμολογούνται στο Νέο εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$MDNPL_t$ = ο αριθμός των Delta που συναρμολογούνται στο Νέο εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$NPL_t = 1$ , αν το Νέο εργοστάσιο ξεκινήσει την λειτουργία του τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$NPL_t = 0$ , διαφορετικά

#### **Περιορισμός έναρξης λειτουργίας Νέου εργοστασίου**

$$NPL_1 + NPL_2 + NPL_3 \leq 1$$

Σημαίνει ότι το Νέο εργοστάσιο μπορεί να ξεκινήσει την λειτουργία του το πολύ σε ένα από τα τρία χρόνια της περιόδου προγραμματισμού

#### **Περιορισμός Παραγωγής του νέου Προϊόντος (DELTA)**

Όπως και το μοντέλο παραγωγής του υπάρχοντος εργοστασίου, έτσι και το μοντέλο παραγωγής του νέου εργοστασίου διαμορφώνεται ανάλογα με την επιλογή ή μη εξέλιξης του προϊόντος DELTA,  $DELTAN=1$  ή  $DELTAN=0$ , επηρεάζει την παραγωγή σε μονάδες προϊόντος DELTA. Σε περίπτωση επιλογής εξέλιξης του νέου προϊόντος, η ποσότητα παραγωγής περιορίζεται από τις προβλέψεις των πωλήσεων, Πίνακας 5-1, Πίνακας 5-2, Πίνακας 5-3. Σε αντίθετη περίπτωση δε, δεν παράγεται καμία μονάδα προϊόντος. Ακολουθούν οι αντίστοιχες εκφράσεις των περιορισμών:

$$MDNPL_1 \leq 1100DELTAN$$

$$MDNPL_2 \leq 2200DELTAN$$

$$MDNPL_3 \leq 4700DELTAN$$

Οι τιμές 1100, 2200, 4700 αντιστοιχούν στο σύνολο των προβλέμεων πωλήσεων για το προϊόν DELTA προς όλες τις αγορές. (Πίνακας 5-1, Πίνακας 5-2, Πίνακας 5-3).

Για παράδειγμα:

αν επιλεχθεί η ανάπτυξη του προϊόντος στο Νέο Εργοστάσιο δηλ. DELTAN=1, έχω:

$$MDNPL_1 \leq 1100$$

$$MDNPL_2 \leq 2200$$

$$MDNPL_3 \leq 4700$$

διαφορετικά, με DELTAN=0, δεν έχω παραγωγή του DELTA, δηλ:

$$MDNPL_1 \leq 0$$

$$MDNPL_2 \leq 0$$

$$MDNPL_3 \leq 0$$

**Περιορισμοί Εργατικού Δυναμικού στο Νέο εργοστάσιο (βλέπε πίνακα 5-9):**

$$9 \text{ MANPL}_t + 14 \text{ MBNPL}_t + 18 \text{ MCNPL}_t + 20 \text{ MDNPL}_t \leq 80000 \sum_{n=1}^t \text{NPL}_n, \forall t = 1, 2, 3$$

Το δεύτερο μέλος της σχέσης αποδίδει τις διαθέσιμες μονάδες εργασίας και εξαρτάται από το εάν το νέο εργοστάσιο έχει αρχίσει να λειτουργεί ή όχι. Για παράδειγμα αν το νέο εργοστάσιο λειτουργήσει για πρώτη φορά τον 2<sup>ο</sup> χρόνο θα έχω:

για  $t=1$ ,  $\sum_{n=1}^t \text{NPL}_n = \text{NPL}_1 = 0$ , άρα 0 μονάδες εργασίας διαθέσιμες, πράγμα που όπως

αναμενότανε σημαίνει ότι δεν θα έχω παραγωγή από το συγκεκριμένο εργοστάσιο τον πρώτο χρόνο

για  $t=2$ ,  $\sum_{n=1}^t \text{NPL}_n = \text{NPL}_1 + \text{NPL}_2 = 0 + 1 = 1$ , άρα 80000 μονάδες εργασίας διαθέσιμες

, και

για  $t=3$ ,  $\sum_{n=1}^t \text{NPL}_n = \text{NPL}_1 + \text{NPL}_2 + \text{NPL}_3 = 0 + 1 + 0 = 1$ , άρα πάλι 80000 μονάδες

εργασίας διαθέσιμες για τον τρίτο χρόνο.

### Περιορισμοί κατά την Συναρμολόγηση στο Νέο Εργοστάσιο

Η συναρμολόγηση των προϊόντων όπως και στο υπάρχον Εργοστάσιο έτσι και στο Νέο γίνεται σε δύο διαφορετικές γραμμές συναρμολόγησης όπως μαρτυρούν και οι ακόλουθοι Πίνακες (Πίνακας 5-6 και Πίνακας 5-7).

Στον Πίνακα 5-6 αναφέρονται οι ανάγκες σε μονάδες εργασίας και σε ώρες συναρμολόγησης για το κάθε προϊόν καθώς και το μοναδιαίο κόστος παραγωγής καθενός από τα προϊόντα στο Νέο Εργοστάσιο.

Πίνακας 5-6 Στοιχεία Κόστους Εργασίας στο Υπάρχον Εργοστάσιο (*Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Table 4.2*)

	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>	<i>Delta</i>
<b>Unit cost</b>	925	1100	2125	1900
<b>A-Line test hours</b>	1	1	0	0
<b>C-Line test hours</b>	0	0	1	1
<b>Labor units needs</b>	9	14	18	20

Στον Πίνακα 5-7 αναφέρεται η δυναμικότητα κάθε γραμμής συναρμολόγησης του Νέου Εργοστασίου καθώς και οι διαθέσιμες μονάδες εργασίας.

Πίνακας 5-7 Στοιχεία Διαθέσιμων Πόρων Νέου Εργοστασίου (*Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Table 4.2*)

	<i>Capacity</i>
<b>A-line test</b>	5000
<b>C-line test</b>	2000
<b>Labor</b>	80000

α) Περιορισμοί Δυναμικότητας A-Line στο Νέο Εργοστάσιο (βλέπε Πίνακα 5-6 & Πίνακα 5-7):

$$MANPL_t + MBNPL_t \leq 5000 \sum_{n=1}^t NPL_t, \forall t = 1, 2, 3$$

το άθροισμα  $\sum_{n=1}^t NPL_t$ , στο δεύτερο μέλος του περιορισμού εξασφαλίζει την ύπαρξη δυναμικότητας εφόσον έχει τεθεί το εργοστάσιο σε λειτουργία.

β) Περιορισμοί Δυναμικότητας C-Line στο Νέο Εργοστάσιο (βλέπε Πίνακα 5-6 & Πίνακα 5-7):

$$MCNPL_t + MDNPL_t \leq 2000 \sum_{n=1}^t NPL_t, t = 1, 2, 3$$

### Συνάρτηση Κόστους Παραγωγής στο Νέο Εργοστάσιο το έτος t

Στον Πίνακα 5-6 μπορούμε να δούμε το μοναδιαίο κόστος παραγωγής για κάθε προϊόν στο Νέο Εργοστάσιο. Το συνολικό κόστος Παραγωγής προκύπτει πολλαπλασιάζοντας τις ποσότητες παραγωγής επί το μοναδιαίο κόστος και αθροίζοντας για το σύνολο των προϊόντων. Δηλ.

$$TCNPL_t = 925MANPL_t + 1100MBNPL_t + 2125MCNPL_t + 1900MDNPL_t, t = 1, 2, 3 \quad (5.2.2.i)$$

### 5.2.3 Μοντέλο Μεταφοράς από το υπάρχον Εργοστάσιο Συναρμολόγησης προς τις Αγορές

Σημείωση: επειδή η επιχείρηση διατηρεί ελάχιστα αποθέματα θεωρούμε το αρχικό συνολικό απόθεμα, πριν την έναρξη του παρόντα προγραμματισμού, μηδενικό. Για τον λόγο αυτό οι ποσότητες που αποστέλλονται θα είναι πάντοτε ίδιες με αυτές που συναρμολογούνται.

#### ΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

$TAXPL_t$ = ο αριθμός των Alpha που εγκαταλείπουν το υπάρχον εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$TBXPL_t$ = ο αριθμός των Beta που εγκαταλείπουν το υπάρχον εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$TCXPL_t$ = ο αριθμός των Gamma που εγκαταλείπουν το υπάρχον εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$TDXPL_t$ = ο αριθμός των Delta που εγκαταλείπουν το υπάρχον εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

Οι μεταβλητές απόφασης είναι αυτές που περιγράφουν την ποσότητα από κάθε προϊόν που εγκαταλείπει το υπάρχον εργοστάσιο προς κάθε αγορά προορισμό και συγκεντρώνονται στον Πίνακα 5-8:

Πίνακας 5-8 Μεταβλητές Ποσοτήτων Μεταφοράς από το Υπάρχον Εργοστάσιο

<i>Προϊόντα</i>				
<i>Αγορές</i>	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>	<i>Delta</i>
<b>Chicago</b>	$TAXPLC_t$	$TBXPLC_t$	$TCXPLC_t$	$TDXPLC_t$
<b>North Calif</b>	$TAXPLN_t$	$TBXPLN_t$	$TCXPLN_t$	$TDXPLN_t$
<b>Seattle</b>	$TAXPLS_t$	$TBXPLS_t$	$TCXPLS_t$	$TDXPLS_t$
<b>Total</b>	$TAXPL_t$	$TBXPL_t$	$TCXPL_t$	$TDXPL_t$

### Περιορισμοί συνέχειας:

Περιγράφουν το ότι η συνολική ποσότητα από ένα προϊόν που εγκαταλείπει το υπάρχον εργοστάσιο ισούται με το άθροισμα των ποσοτήτων από το αυτό προϊόν που διοχετεύονται σε κάθε αγορά

$$TAXPL_t = TAXPLC_t + TAXPLN_t + TAXPLS_t$$

$$TBXPL_t = TBXPLC_t + TBXPLN_t + TBXPLS_t$$

$$TCXPL_t = TCXPLC_t + TCXPLN_t + TCXPLS_t$$

$$TDXPL_t = TDXPLC_t + TDXPLN_t + TDXPLS_t$$

### Περιορισμός συνέχειας: παραγόμενα = απεσταλμένα

Εκχωρούμε τις τιμές των παραγόμενων ποσοτήτων των μοντέλων παραγωγής, που περιγράφονται παραπάνω, στις μεταβλητές που προσδιορίζουν τις ποσότητες αποστολής από τα εργοστάσια.

$$TAXPL_t = MAXPL_t$$

$$TBXPL_t = MBXPL_t$$

$$TCXPL_t = MCXPL_t$$

$$TDXPL_t = MDXPL_t$$

$$\forall t = 1, 2, 3$$

### Συνολικό κόστος μεταφοράς από το υπάρχον εργοστάσιο

Ο Πίνακας 5-9 που ακολουθεί περιλαμβάνει τα στοιχεία μοναδιαίου κόστους μεταφοράς από το Υπάρχον Εργοστάσιο, προς όλες τις αγορές – προορισμούς και για κάθε παραγόμενο προϊόν.

Πίνακας 5-9 Στοιχεία μοναδιαίου Κόστους Μεταφοράς από το Υπάρχον Εργοστάσιο (*Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Table 4.2*)

	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>	<i>Delta</i>
<b>Chicago</b>	22	19	27	27
<b>North. Calif.</b>	52	48	58	58
<b>Seattle</b>	50	46	56	56

Το Συνολικό, λοιπόν κόστος μεταφοράς από το Υπάρχον Εργοστάσιο προκύπτει αν πολλαπλασιάσουμε το μοναδιαίο κόστος σε κάθε διαδρομή επί τον αριθμό των μεταφερόμενων μονάδων και αθροίσουμε τα επιμέρους αυτά στοιχεία κόστους. Λαμβάνοντας υπόψη τον Πίνακα 5-8, που περιέχει τις αντίστοιχες μεταβλητές των μεταφερόμενων ποσοτήτων, και τον Πίνακα 5-9 ουσιαστικά το συνολικό κόστος προκύπτει από ένα κατά σημείο πολλαπλασιασμό, δηλ:

$$\begin{aligned} TCTPXPL_t = & 22 TAXPLC_t + 52 TAXPLN_t + 50 TAXPLSt \\ & 19 TBXPLC_t + 48 TBXPLN_t + 46 TBXPLSt \\ & 27 TCXPLC_t + 58 TCXPLN_t + 56 TCXPLSt \\ & 27 TDXPLC_t + 58 TDXPLN_t + 56 TDXPLSt \quad (5.2.3.1) \end{aligned}$$

#### **5.2.4 Μοντέλο Μεταφοράς από το Νέο Εργοστάσιο Συναρμολόγησης προς τις Αγορές**

Το μοντέλο που προκύπτει είναι αντίστοιχο αυτού που περιγράφεται στην παράγραφο 5.2.3

#### **ΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ**

$TANPL_t$ = ο αριθμός των Alpha που εγκαταλείπουν το Νέο εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$TBNPL_t$ = ο αριθμός των Beta που εγκαταλείπουν το Νέο εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$TCNPL_t$ = ο αριθμός των Gamma που εγκαταλείπουν το Νέο εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

$TDNPL_t$ = ο αριθμός των Delta που εγκαταλείπουν το Νέο εργοστάσιο τον χρόνο  $t$ ,  $t=1, 2, 3$

Οι μεταβλητές απόφασης είναι αυτές που περιγράφουν την ποσότητα από κάθε προϊόν που εγκαταλείπει το Νέο Εργοστάσιο προς κάθε αγορά προορισμό και συγκεντρώνονται στον Πίνακα 5-10:



Πίνακας 5-10 Μεταβλητές ποσοτήτων μεταφοράς από το Νέο Εργοστάσιο

<i>Προϊόντα</i>				
<i>Αγορές</i>	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>	<i>Delta</i>
<b>Chicago</b>	TANPLCt	TBNPLCt	TCNPLCt	TDNPLCt
<b>North Calif</b>	TANPLNt	TBNPLNt	TCNPLNt	TDNPLNt
<b>Seattle</b>	TANPLSt	TBNPLSt	TCNPLSt	TDNPLSt
<b>Total</b>	TANPLt	TBNPLt	TCNPLt	TDNPLt

**Περιορισμοί συνέχειας:**

Περιγράφουν το ότι η συνολική ποσότητα από ένα προϊόν που εγκαταλείπει το Νέο Εργοστάσιο ισούται με το άθροισμα των ποσοτήτων από το αυτό προϊόν που διοχετεύονται σε κάθε αγορά

$$TANPL_t = TANPLC_t + TANPLN_t + TANPLS_t$$

$$TBNPL_t = TBNPLC_t + TBNPLN_t + TBNPLS_t$$

$$TCNPL_t = TCNPLC_t + TCNPLN_t + TCNPLS_t$$

$$TDNPL_t = TDNPLC_t + TDNPLN_t + TDNPLS_t$$

**Περιορισμός συνέχειας: παραγόμενα = απεσταλμένα**

Εκχωρούμε τις τιμές των παραγόμενων ποσοτήτων των μοντέλων παραγωγής, που περιγράφονται παραπάνω, στις μεταβλητές που προσδιορίζουν τις ποσότητες αποστολής από τα εργοστάσια.

$$TANPL_t = MANPL_t$$

$$TBNPL_t = MBNPL_t$$

$$TCNPL_t = MCNPL_t$$

$$TDNPL_t = MDNPL_t$$

$$\forall t = 1, 2, 3$$

### Συνολικό κόστος μεταφοράς από το Νέο Εργοστάσιο

Ο Πίνακας 5-11 που ακολουθεί περιλαμβάνει τα στοιχεία μοναδιαίου κόστους μεταφοράς από το Νέο Εργοστάσιο, προς όλες τις αγορές – προορισμούς και για κάθε παραγόμενο προϊόν.

**Πίνακας 5-11 Στοιχεία μοναδιαίου Κόστους Μεταφοράς από το Νέο Εργοστάσιο (*Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Table 4.2*)**

	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>	<i>Delta</i>
<b>Chicago</b>	72	48	58	58
<b>North. Calif.</b>	20	17	25	25
<b>Seattle</b>	30	26	35	35

Το Συνολικό, λοιπόν κόστος μεταφοράς από το Νέο Εργοστάσιο προκύπτει αν πολλαπλασιάσουμε το μοναδιαίο κόστος σε κάθε διαδρομή επί τον αριθμό των μεταφερόμενων μονάδων και αθροίσουμε τα επιμέρους αυτά στοιχεία κόστους. Λαμβάνοντας υπόψη τον Πίνακα 5-10, που περιέχει τις αντίστοιχες μεταβλητές των μεταφερόμενων ποσοτήτων, και τον Πίνακα 5-11 ουσιαστικά το συνολικό κόστος προκύπτει από ένα κατά σημείο πολλαπλασιασμό, δηλ:

$$\begin{aligned} \text{TCTPNPL}_t = & 22 \text{TANPLC}_t + 52 \text{TANPLN}_t + 50 \text{TANPLSt} \\ & 19 \text{TBNPLC}_t + 48 \text{TBNPLN}_t + 46 \text{TBNPLSt} \\ & 27 \text{TCNPLC}_t + 58 \text{TCNPLN}_t + 56 \text{TCNPLSt} \\ & 27 \text{TDNPLC}_t + 58 \text{TDNPLN}_t + 56 \text{TDNPLSt} \quad (5.2.4.I) \end{aligned}$$

### 5.2.5 Μοντέλο Πωλήσεων

Στο μοντέλο αυτό φροντίζουμε ώστε η συνολική ποσότητα που αποστέλλεται και από τα δύο εργοστάσια να μην ξεπερνά τις προβλέψεις μέγιστων πωλήσεων όπως φαίνονται στον Πίνακα 5-1, Πίνακα 5-2, Πίνακα 5-3 για τα τρία έτη του προγραμματισμού.

Πίνακας 5-12 Προβλέψεις μέγιστων πωλήσεων τον 1<sup>ο</sup> χρόνο (*Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Table 4.2*)

	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>	<i>Delta</i>
<b>Chicago</b>	3000	2000	2000	500
<b>North.</b>				
<b>Calif.</b>	1500	1000	500	300
<b>Seattle</b>	1200	1000	750	300
<b>Total</b>	5700	4000	3250	1100

### Περιορισμοί Πωλήσεων

Για τον 1<sup>ο</sup> χρόνο (t=1) έχουμε:

$$TAXPLC1 + TANPLC1 \leq 3000, (1)$$

$$TAXPLN1 + TANPLN1 \leq 1500, (2)$$

$$TAXPLS1 + TANPLS1 \leq 1200, (3)$$

$$TBXPLC1 + TBNPLC1 \leq 2000, (4)$$

$$TBXPLN1 + TBNPLN1 \leq 1000, (5)$$

$$TBXPLS1 + TBNPLS1 \leq 1000, (6)$$

$$TCXPLC1 + TCNPLC1 \leq 2000, (7)$$

$$TCXPLN1 + TCNPLN1 \leq 500, (8)$$

$$TCXPLS1 + TCNPLS1 \leq 750, (9)$$

$$TDXPLC1 + TSNPLC1 \leq 500, (10)$$

$$TDXPLS1 + TDNPLS1 \leq 300, (11)$$

$$TDXPLS1 + TDNPLS1 \leq 300, (12)$$

Οι εξισώσεις (1), (2), (3) αφορούν τις μεταφερόμενες ποσότητες, για το προϊόν Alpha, και από τα δύο εργοστάσια προς τις 3 αγορές αντίστοιχα.

Οι περιορισμοί για τον 2<sup>ο</sup> και τον 3<sup>ο</sup> χρόνο είναι αντίστοιχοι και για λόγους οικονομίας παρουσιάζονται στο Παράρτημα 5.Α.

### **5.2.6 Περιορισμοί επιλογής σε σύνολα επενδυτικών επιλογών**

Οι περιορισμοί αυτοί ουσιαστικά αποτελούν συστατικά στοιχεία τόσο του Μοντέλου Παραγωγής του Υπάρχοντος Εργοστασίου όσο και του Μοντέλου Παραγωγής του Νέου Εργοστασίου και για τον λόγο αυτό έχουν ήδη αναφερθεί στα αντίστοιχα εδάφια. Στο σημείο αυτό οι εν λόγω περιορισμοί συγκεντρώνονται καθώς αποτελούν το *Στρατηγικό Μοντέλο του Δίκτυο Εφοδιασμού της Ajax Computer Company*. Οι τιμές που θα λάβουν, λοιπόν, οι μεταβλητές που συμμετέχουν στις παρακάτω σχέσεις θα υποδείξουν τις στρατηγικές αποφάσεις που πρέπει η επιχείρηση να λάβει.

#### **Περιορισμός επέκτασης Υπάρχοντος Εργοστασίου**

$$XPL1 + XPL2 + XPL3 \leq 1$$

Σημαίνει ότι το υπάρχον εργοστάσιο μπορεί να επεκταθεί το πολύ σε ένα από τα τρία χρόνια της περιόδου προγραμματισμού

#### **Περιορισμός συναρμολόγησης νέου Προϊόντος (DELTA)**

$$DELTA_X + DELTA_N \leq 1$$

Σημαίνει ότι το νέο προϊόν δεν μπορεί να αναπτυχθεί ταυτόχρονα και στο υπάρχον και στο νέο εργοστάσιο συναρμολόγησης

#### **Περιορισμός έναρξης λειτουργίας Νέου εργοστασίου**

$$NPL1 + NPL2 + NPL3 \leq 1$$

Σημαίνει ότι το Νέο εργοστάσιο μπορεί να ξεκινήσει την λειτουργία του το πολύ σε ένα από τα τρία χρόνια της περιόδου προγραμματισμού

### 5.2.7 Συναρτήσεις Καθαρών Κερδών κάθε έτους και Ανηγμένη Συνάρτηση Συνολικού Κέρδους

Στο εδάφιο αυτό θα προσδιορίσουμε την αντικειμενική συνάρτηση του Ενιαίου Μοντέλου του Δικτύου Εφοδιασμού της Ajax Computer Company. Πρόκειται για την Ανηγμένη Συνάρτηση Συνολικού Κέρδους (Discounted Sum of Net Revenues). Για την κατασκευή της αναγάγουμε τα τρία έτη του ορίζοντα προγραμματισμού στο πρώτο έτος, λαμβάνοντας προεξοφλητικές χρηματικές ροές 10% ετησίως. Συμβολίζουμε:

$Z_t$ ,  $t=1, 2, 3$ , τη Συνάρτηση Καθαρών Κερδών το έτος  $t$

$TP$ , την Ανηγμένη Συνάρτηση Συνολικού Καθαρού Κέρδους στο 1<sup>ο</sup> έτος

Κατά συνέπεια έχουμε:

$$TP = Z_1 + 0.9Z_2 + 0.81Z_3 \quad (5.2.7.i)$$

Έχοντας ορίσει την Συνάρτηση Καθαρών Κερδών το έτος  $t$  ως εξής:

$Z_t =$  μεικτά έσοδα από τις πωλήσεις (5.2.7.iii)

-κόστος παραγωγής και στα δύο εργοστάσια (5.2.1.iv+5.2.2.i)

-κόστος μεταφοράς από τα δύο εργοστάσια προς τις αγορές (5.2.3.I+5.2.4.I)

-κόστος επένδυσης από την επέκταση του υπάρχοντος εργοστασίου, την κατασκευή του νέου εργοστασίου και την ανάπτυξη του νέου προϊόντος(5.2.7.ii)

### Κόστος επένδυσης τον χρόνο t

Με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 5.13 προκύπτει η συνάρτηση του συνολικού κόστους επένδυσης κατά τον χρόνο t (IC<sub>t</sub>), ως ακολούθως:

Πίνακας 5-13 Στοιχεία Κόστους Επενδύσεων (*Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Table 4.2*)

	<i>Year 1</i>	<i>Year 2</i>	<i>Year 3</i>
<b>Expand Existing Plant</b>	834000	834000	834000
<b>Develop new Product at Existing Plant</b>	775000	775000	775000
<b>Open New Plant</b>	2225000	2225000	2225000
<b>Develop New Product at the New Plant</b>	775000	775000	775000

$$IC_t = 834000XPL_t + 2225000NPL_t + 775000DELTA_{Xt} + 775000DELTA_{Nt}, \forall t = 1, 2, 3, (5.2.7.ii)$$

### Μεικτά έσοδα από τις πωλήσεις τον χρόνο t

Για τον υπολογισμό αυτό αρκεί να πολλαπλασιάσουμε τις ποσότητες παραγωγής από κάθε προϊόν επί την τιμή πώλησης της μίας μονάδας και να αθροίσουμε στο σύνολο των προϊόντων. Προσέχουμε ώστε στις ποσότητες παραγωγής να συμπεριλάβουμε τις ποσότητες που παράγονται και από τα δύο εργοστάσια μαζί. Λαμβάνοντας υπόψη τον Πίνακα 5-14 που ακολουθεί προκύπτει η συνάρτηση GRSt (Gross Revenue from Sales):

Πίνακας 5-14 Πίνακας Μοναδιαίων Τιμών Πώλησης (*Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Table 4.2*)

	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>	<i>Delta</i>
<b>Τιμή Πώλησης Ανά μονάδα</b>	1350	1650	3000	2500

$$GRSt = 1350(MAXPL_t + MANPL_t) + 1650(MBXPL_t + MBNPL_t) + \text{_____} + 3000(MCXPL_t + MCNPL_t) + 2500(MDXPL_t + MDNPL_t), \forall t = 1, 2, 3, (5.2.7.iii)$$

**Προκύπτει η ακόλουθη μορφή της Συνάρτησης Καθαρών Κερδών το έτος t:**

$$\begin{aligned} Z_t = & GRSt - TCXPL_t - TCNPL_t - TCTPXPL_t - TCTPNPL_t - IC_t \\ & 1350(MAXPL_t + MANPL_t) + 1650(MBXPL_t + MBNPL_t) + \\ & + 3000(MCXPL_t + MCNPL_t) + 2500(MDXPL_t + MDNPL_t) \\ & - (1000MAXPL_t + 1175MBXPL_t + 2250MCXPL_t + 2100MDXPL_t) \\ & - (925MANPL_t + 1100MBNPL_t + 2125MCNPL_t + 1900MDNPL_t) \\ & - (22 TAXPLC_t + 52 TAXPLN_t + 50 TAXPLS_t + 19 TBXPLC_t + 48 TBXPLN_t + 46 TBXPLS_t) \\ & - (27 TCXPLC_t + 58 TCXPLN_t + 56 TCXPLS_t + 27 TDXPLC_t + 58 TDXPLN_t + 56 TDXPLS_t) \\ & - (22 TANPLC_t + 52 TANPLN_t + 50 TANPLS_t + 19 TBNPLC_t + 48 TBNPLN_t + 46 TBNPLS_t) \\ & - (27 TCNPLC_t + 58 TCNPLN_t + 56 TCNPLS_t + 27 TDNPLC_t + 58 TDNPLN_t + 56 TDNPLS_t) \\ & - (834000XPL_t + 2225000NPL_t + 775000DELTA_{Xt} + 775000DELTA_{Nt}), \forall t = 1, 2, 3 \end{aligned}$$

### 5.3 Η επίλυση του Μοντέλου του Δικτύου Εφοδιασμού

Στο σημείο αυτό, εξετάζουμε συνολικά, το μαθηματικό μοντέλο του Δικτύου Εφοδιασμού της Ajax Computer Company.

Πρόκειται για ένα Γραμμικό Μοντέλο το οποίο χρησιμοποιεί 104 μεταβλητές, εκ των οποίων 96 ακέραιες και 8 δυαδικές, και 87 περιορισμούς. Η αντικειμενική συνάρτηση όπως περιγράφεται στην παράγραφο 5.2.7. υπακούει στην ακόλουθη μορφή:

$$TP = Z_1 + 0.9Z_2 + 0.81Z_3 \quad (5.2.7.i)$$

Το Μοντέλο αυτό παρουσιάζεται, για λόγους οικονομίας, σε πλήρη έκταση στο Παράρτημα. Όπως φαίνεται με την πρώτη ματιά η λύση του δεν είναι εύκολο να γίνει με το χέρι. Για τον λόγο αυτό χρειάστηκε η συνδρομή του λογιστικού φύλλου Excel της Microsoft καθώς και του πρόσθετου εργαλείου επίλυσης Solver.

Η επίλυση λαμβάνει χώρα σε ένα φιλικό περιβάλλον για τον χρήστη το οποίο επιτρέπει την άμεση και συνολική θέαση του δεδομένου “Προβλήματος”. Δημιουργούνται πίνακες που περιλαμβάνουν το σύνολο των στοιχείων που περιέχονται στους Πίνακες της Παραγράφου 5-2. Με τον τρόπο αυτό κάθε αριθμητική αλλαγή στα δεδομένα της μελέτης μπορεί άμεσα να εισαχθεί στο στάδιο αυτό στο μοντέλο και δεν χρειάζεται να επανέλθουμε στις πολύπλοκες σχέσεις των περιορισμών. Ο Πίνακας 5-14 που ακολουθεί αποτελεί και την οθόνη αλληλεπίδρασης μεταξύ του χρήστη και του λογισμικού.



Σχήμα 5-4 Υπολογιστικό φύλλο Excel 1<sup>ο</sup> έτους

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Year 1																	
2	Max Disc																	
3	Net Revenues																	
4																		
5																		
6																		
7	Year One																	
8	Net Revenues																	
9																		
10																		
11	GRSt																	
12	24,045,000 €																	
13	Prod Costs																	
14	17,187,839 €																	
15	Transp Costs																	
16	314,708 €																	
17	Invest Costs																	
18	2,225,000 €																	
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		
32																		
33																		
34																		
35																		
36																		
37																		
38																		
39																		
40																		
41																		
42																		
43																		
44																		

Σχήμα 5-5 Υπολογιστικό φύλλο Excel 2<sup>ο</sup> έτους

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
45	<b>Year 2</b>												
46													
47													
48													
49													
50													
51													
52													
53													
54													
55													
56													
57													
58													
59													
60													
61													
62													
63													
64													
65													
66													
67													
68													
69													
70													
71													
72													
73													
74													
75													
76													
77													
78													
79													
80													
81													
82													
83													
84													
85													
86													
87													
88													

Σχήμα 5-6 Υπολογιστικό φύλλο Excel 3<sup>ο</sup> έτους

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
89	<b>Year 3</b>												
90													
91													
92													
93													
94													
95													
96													
97													
98													
99													
100													
101													
102													
103													
104													
105													
106													
107													
108													
109													
110													
111													
112													
113													
114													
115													
116													
117													
118													
119													
120													
121													
122													
123													
124													
125													
126													
127													
128													
129													
130													
131													
132													
133													
134													

Στον Πίνακα 5-14 τα δεδομένα οργανώνονται σε ετήσια βάση κατά τέτοιον τρόπο ώστε να αναγνωρίζονται οι μεταβλητές και οι περιορισμοί των υπομοντέλων. Δεδομένα όπως στοιχεία κόστους, προβλέψεις πωλήσεων και οι αντίστοιχες δυναμικότητες είναι συγκεντρωμένα εδώ και μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποδοτικά και αποτελεσματικά.

Παρατηρούμε στα κελιά D9:G9 τις ποσότητες παραγωγής ανά προϊόν στο υπάρχον Εργοστάσιο, ενώ στα κελιά D14:G16 το αποτέλεσμα του αντίστοιχου προβλήματος μεταφοράς. Όμοια παρουσιάζονται τα στοιχεία και για το Νέο Εργοστάσιο σε όλο τον ορίζοντα προγραμματισμού.

Στο κομμάτι με τίτλο Investments at Existing Plant τοποθετούνται οι δυαδικές μεταβλητές απόφασης για την επέκταση του υπάρχοντος εργοστασίου (κελιά O8:Q8) και για την ανάπτυξη ή όχι του νέου προϊόντος DELTA σε αυτό. Με το κελί P9 περιορίζεται η επέκταση του Εργοστασίου σε ένα το πολύ από τα τρία ακόλουθα έτη.

### **5.3.1 Αποτελέσματα μετά την Βελτιστοποίηση – Στρατηγικές Αποφάσεις.**

Στον Πίνακα 5-14 αποτυπώνονται οι τιμές που λαμβάνουν οι μεταβλητές απόφασης μετά την βελτιστοποίηση του Μοντέλου. Συγκεκριμένα προκύπτουν:

- Η επέκταση του Υπάρχοντος Εργοστασίου τον δεύτερο χρόνο του πλάνου προγραμματισμού.
- Η άμεση λειτουργία του νέου Νέου Εργοστασίου από τον πρώτο χρόνο του πλάνου προγραμματισμού
- Η απόρριψη της ανάπτυξης του νέου προϊόντος DELTA
- Οι ποσότητες παραγωγής κάθε προϊόντος σε κάθε εργοστάσιο, και
- Οι ποσότητες κάθε προϊόντος που μεταφέρονται προς κάθε αγορά.

Παρατηρούμε ότι οι συνολικές ποσότητες παραγωγής καλύπτουν διαχρονικά τις προβλέψεις των πωλήσεων και ουσιαστικά το πλάνο παραγωγής αφορά τον επιμερισμό της παραγωγής μεταξύ των δύο εργοστασίων. Επαληθεύεται, λοιπόν, ότι οι προβλέψεις κατέχουν σημαίνοντα ρόλο στην βελτιστοποίηση του Δικτύου.

Στο σημείο αυτό καλούμαστε να αξιολογήσουμε και να “μεταφράσουμε” τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης αυτής. Έχοντας καταστρώσει το πρόβλημα θα προχωρήσουμε στην ανάπτυξη και εκ νέου επίλυση υποθετικών σεναρίων που πιθανόν να επηρεάσουν την στρατηγική της επιχείρησης. Σε κάθε νέο σενάριο θα μεταβάλουμε είτε το εσωτερικό είτε το εξωτερικό περιβάλλον της επιχείρησης και θα σχολιάζουμε την μεταβολή της βέλτιστης λύσης και κατά συνέπεια την μεταβολή των στρατηγικών αποφάσεων.

### Σενάριο 1

*Αναβολή της κατασκευής του Νέου Εργοστασίου για την 2<sup>ο</sup> ή 3<sup>ο</sup> χρόνο <sup>11</sup>*

Μετασχηματίζουμε το Κύριο Μαθηματικό μοντέλο ως εξής:

Εκχωρούμε την τιμή 0 (μηδέν) στην μεταβλητή απόφασης για την ανέγερση του Νέου Εργοστασίου τον πρώτο χρόνο, δηλ:

$NPL_1 = 0$ , και βελτιστοποιούμε εκ νέου.

Στο σενάριο αυτό λαμβάνουμε εκ νέου την απόφαση για επέκταση του υπάρχοντος Εργοστασίου τον δεύτερο χρόνο και αποφασίζεται η κατασκευή του Νέου Εργοστασίου ώστε να λειτουργήσει τον 2<sup>ο</sup> χρόνο. Επίσης απορρίπτεται εκ νέου η ιδέα της ανάπτυξης του νέου προϊόντος. Προκύπτουν βεβαίως και αντίστοιχα αποτελέσματα των υπομοντέλων όπως το πλάνο παραγωγής και ο προγραμματισμός της μεταφοράς των προϊόντων προς τις αγορές.

---

<sup>11</sup> Βλέπε Παράρτημα Πίνακες Π1 έως Π3

## Σενάριο 2

*Αύξηση της ζήτησης κατά 20% τον 2<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> χρόνο<sup>12</sup>*

Στο σενάριο αυτό προσαρμόζουμε τις προβλέψεις των δύο τελευταίων χρόνων και επιλύουμε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως στο βασικό Μοντέλο της ανάλυσης μας.

Τα αποτελέσματα δεν παρεκκλίνουν από το βασικό μας μοντέλο. Συστήνεται επέκταση του υπάρχοντος εργοστασίου τον 2<sup>ο</sup> χρόνο, κατασκευή του Νέου εργοστασίου και λειτουργία του τον πρώτο χρόνο ενώ απορρίπτεται εκ νέου η ανάπτυξη του νέου προϊόντος. Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης αυξάνεται όπως ήταν αναμενόμενο καθώς τα έξοδα επένδυσης δεν μεταβάλλονται.

Η συμπεριφορά αυτή της λύσης δείχνει ότι λαμβάνοντας τις στρατηγικές αποφάσεις του βασικού μας σεναρίου μπορούμε να καλύψουμε χωρίς κανένα πρόβλημα ενδεχόμενη αύξηση της ζήτησης έως και 20% των δύο τελευταίων χρόνων.

## Σενάριο 3

*Μείωση της ζήτησης κατά 20% τον 2<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> χρόνο<sup>13</sup>*

Όπως στο προηγούμενο σενάριο προσαρμόζουμε τις προβλέψεις των δύο τελευταίων χρόνων και επιλύουμε όμοια με το βασικό Μοντέλο της ανάλυσης μας.

Σαν αποτέλεσμα έχουμε την απόφαση για επίσπευση της επέκτασης του Υπάρχοντος Εργοστασίου από τον πρώτο χρόνο, την διατήρηση της απόφασης για δημιουργία του Νέου Εργοστασίου τον 1<sup>ο</sup> χρόνο όμως προτείνεται η εισαγωγή του Νέου Προϊόντος στο Νέο Εργοστάσιο. Τα καθαρά ανηγμένα κέρδη μειώνονται.

Φαινομενικά, η απόφαση για ανάπτυξη του Νέου Προϊόντος ενώ προβλέπεται πτώση της ζήτησης είναι παράδοξη. Αυτό εξηγείται ως ακολούθως: η μείωση της ζήτησης έχει σαν συνέπεια την μείωση της ποσότητας παραγωγής. Σαν συνέπεια, παραμένουν αδιάθετες τόσο μονάδες εργασίας όσο και δυναμικότητα της παραγωγής οι οποίες εκμεταλλεύονται με την εισαγωγή νέου προϊόντος. Εν συνεχεία προκύπτει κέρδος από την πώληση μονάδων προϊόντος DELTA που έως τώρα δεν πωλούνταν.

<sup>12</sup> Βλέπε Παράρτημα Πίνακες Π4 έως Π6

<sup>13</sup> Βλέπε Παράρτημα Πίνακες Π7 έως Π9

Ουσιαστικά δεν αντισταθμιζόταν το κόστος της επένδυσης για το νέο προϊόν με το κέρδος που προέκυπτε από την πώληση.

Δηλαδή εφόσον υπάρχει ικανή ζήτηση κρίνεται πιο συμφέρουσα η παραγωγή των τριών βασικών προϊόντων της επιχείρησης. Αντίθετα μειωμένη ζήτηση επιβάλλει την εισαγωγή του Νέου Μοντέλου και την εισχώρηση σε νέα τμήματα της αγοράς. Το Σενάριο λοιπόν αυτό μπορεί να αποδειχθεί πολύ χρήσιμο στην προσπάθεια διαφυγής από την Οικονομική Ύφεση των ημερών μας.

#### **Σενάριο 4**

##### *Απαίτηση για την ανάπτυξη του Νέου Προϊόντος<sup>14</sup>*

Μετασχηματίζουμε το Κύριο Μαθηματικό μοντέλο ως εξής:

Θέτουμε το άθροισμα των μεταβλητών απόφασης για την ανάπτυξη του Νέου Προϊόντος ίσο με ένα, δηλ:  $DELTA_X + DELTA_N = 1$ .

Ο περιορισμός αυτός εντοπίζεται στο κελί P10 όπως φαίνεται στον Πίνακα Π10. Εν συνεχεία βελτιστοποιούμε με την βοήθεια του πρόσθετου SOLVER.

Το Σενάριο αυτό συστήνει τόσο την επέκταση του Υπάρχοντος Εργοστασίου όσο και την δημιουργία του νέου εργοστασίου από τον πρώτο χρόνο. Επιλέγεται το νέο εργοστάσιο για την ανάπτυξη του προϊόντος DELTA.

Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα κρίνεται φυσιολογικό καθώς επιβάλλοντας στο μοντέλο την εισαγωγή του νέου προϊόντος προκύπτει σημαντικό κόστος επένδυσης. Έτσι επισπεύδεται η διαδικασία επέκτασης του υπάρχοντος εργοστασίου για την επίτευξη της πλήρους εκμετάλλευσης της επένδυσης αυτής στον τριετή χρονικό ορίζοντα προγραμματισμού.

---

<sup>14</sup> Βλέπε Παράρτημα Πίνακες Π10 έως Π12



## 5.4 Σύνοψη Σεναρίων

Ο Πίνακας 5-15 συγκεντρώνει τα αποτελέσματα της επίλυσης του Βασικού Μοντέλου και αυτά της επίλυσης του μοντέλου υπό τους νέους περιορισμούς των υποθετικών σεναρίων. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι οι αλλαγές στους περιορισμούς των σεναρίων δεν λειτουργούν αθροιστικά, δηλ. κάθε νέο σενάριο προκύπτει ως εξέλιξη του Βασικού Μοντέλου και όχι ως εξέλιξη του αμέσως προηγούμενου σεναρίου.

Πίνακας 5-15 Σύνοψη σεναρίων

		<i>Σενάριο 1: Αναβολή κατασκευής Νέου Εργοστασίου</i>	<i>Σενάριο 2: Αύξηση Ζήτησης 20% τον 2<sup>ο</sup> &amp; 3<sup>ο</sup> χρόνο</i>	<i>Σενάριο 3: Μείωση Ζήτησης 20% τον 2<sup>ο</sup> &amp; 3<sup>ο</sup> χρόνο</i>	<i>Σενάριο 4: Απαίτηση ανάπτυξης Νέου Προϊόντος</i>
<b>Επέκταση</b>					
<b>Υπάρχοντος</b>	2 <sup>ος</sup> χρόνος	2 <sup>ος</sup> χρόνος	2 <sup>ος</sup> χρόνος	1 <sup>ος</sup> χρόνος	1 <sup>ος</sup> χρόνος
<b>Εργοστασίου</b>					
<b>Δημιουργία</b>					
<b>Νέου</b>	1 <sup>ος</sup> χρόνος	2 <sup>ος</sup> χρόνος	1 <sup>ος</sup> χρόνος	1 <sup>ος</sup> χρόνος	1 <sup>ος</sup> χρόνος
<b>Εργοστασίου</b>					
<b>Ανάπτυξη</b>					
<b>Νέου</b>	Απορρίπτεται	Απορρίπτεται	Απορρίπτεται	Στο Νέο Εργοστάσιο	Στο Νέο Εργοστάσιο
<b>Προϊόντος</b>					
<b>Συνολικά</b>					
<b>ανηγμένα</b>	17.003.991€	15.024.335 €	17.418.146 €	15.199.404 €	16.716.828 €
<b>Κέρδη</b>					



## 5.5 Συμπεράσματα

Η ανάλυση μέσω των σεναρίων και η σύγκριση των αποτελεσμάτων τους με αυτά του Βασικού μοντέλου καταδεικνύει ότι η Βασική Στρατηγική που προέκυψε από την βελτιστοποίηση του βασικού μοντέλου είναι αξιόπιστη και μη ευαίσθητη σε σχετικά μικρές μεταβολές στις επικρατούσες συνθήκες.

Το πρώτο σενάριο δείχνει ότι η αναβολή κατασκευής του νέου εργοστασίου κοστίζει πολύ σε χρήμα για την επιχείρηση.

Το δεύτερο σενάριο δείχνει για άλλη μια φορά την σταθερότητα της αρχικής μας λύσης καθώς η στρατηγική δεν μεταβάλλεται. Αναμενόμενα η αύξηση της ζήτησης οδηγεί σε αύξηση των κερδών της επιχείρησης.

Φαίνεται όμως η επιχείρηση να πλησιάζει το μέγιστο της δυναμικότητάς σε μια ενδεχόμενη αύξηση των πωλήσεων της κατά 20%. Αυτό ίσως να πρέπει να οδηγήσει την διοίκηση στην εξέταση ενδεχόμενων νέων επενδύσεων που θα αυξήσουν ακόμα περισσότερο την δυναμικότητά της.

Το τρίτο σενάριο υποδεικνύει σαν τρόπο αντιμετώπισης ενδεχόμενης πτώσης των πωλήσεων της επιχείρησης την ανάπτυξη του Νέου Προϊόντος Delta.

Με την βελτιστοποίηση υπό το τέταρτο σενάριο, της απαίτησης για ανάπτυξη του Νέου Προϊόντος, φαίνεται για ακόμα μια φορά η σταθερότητα του μοντέλου καθώς λαμβάνονται οι ίδιες αποφάσεις με αυτές του τρίτου Σεναρίου.

Σαν αποτέλεσμα της ανάλυσης του Δικτύου Εφοδιασμού της Ajax Computer Company προτείνονται οι ακόλουθες ενέργειες στην Διοίκηση στο πλαίσιο του Στρατηγικού Σχεδιασμού της για τα επόμενα 3 χρόνια:

1. Να κατασκευαστεί το Νέο Εργοστάσιο ώστε να Λειτουργήσει από τον 1<sup>ο</sup> χρόνο του πλάνου προγραμματισμού
2. Να αναπτυχθεί το Νέο Προϊόν στο Νέο Εργοστάσιο ώστε να προστατευθεί η επιχείρηση από ενδεχόμενη μείωση της ζήτησης κατά τον 2<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> χρόνο του πλάνου προγραμματισμού
3. Να προγραμματιστεί η επέκταση του Υπάρχοντος Εργοστασίου το 2<sup>ο</sup> έτος
4. Να γίνει εκ νέου Πρόβλεψη της Ζήτησης στο μέσο του 1<sup>ου</sup> χρόνου για το 2<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> έτος ώστε αν διαπιστωθεί αν υπάρχει τάση αύξησης της ζήτησης που θα οδηγήσει την επιχείρηση σε κάλυψη της δυναμικότητάς της, και
5. Να εξεταστούν νέες προοπτικές επενδύσεων για την αύξηση της δυναμικότητας της επιχείρησης.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

#### 5.2.5 Μοντέλο πωλήσεων (2<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> έτος)

Περιορισμοί Πωλήσεων για τον 2<sup>ο</sup> χρόνο (t=2)

Βασιζόμαστε στις προβλέψεις του πίνακα 5.2. που ακολουθεί:

Πίνακας 5-2 Προβλέψεις μέγιστων πωλήσεων τον 2<sup>ο</sup> χρόνο (*Modeling the Supply Chain, Jeremy F. Shapiro, Duxbury, 2001, chapter 4.3, Table 4.2*)

	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>	<i>Delta</i>
<b>Chicago</b>	6000	1000	2000	1000
<b>North.</b>				
<b>Calif.</b>	2000	500	1000	600
<b>Seattle</b>	1800	500	1500	600
<b>Total</b>	9800	2000	4500	2200

$$TAXPLC2 + TANPLC2 \leq 6000, (2.1)$$

$$TAXPLN2 + TANPLN2 \leq 2000, (2.2)$$

$$TAXPLS2 + TANPLS2 \leq 1800, (2.3)$$

$$TBXPLC2 + TBNPLC2 \leq 1000, (2.4)$$

$$TBXPLN2 + TBNPLN2 \leq 500, (2.5)$$

$$TBXPLS2 + TBNPLS2 \leq 500, (2.6)$$

$$TCXPLC2 + TCNPLC2 \leq 2000, (2.7)$$

$$TCXPLN2 + TCNPLN2 \leq 1000, (2.8)$$

$$TCXPLS2 + TCNPLS2 \leq 1500, (2.9)$$

$$TDXPLC2 + TSNPLC2 \leq 1000, (2.10)$$

$$TDXPLS2 + TDNPLS2 \leq 600, (2.11)$$

$$TDXPLS2 + TDNPLS2 \leq 600, (2.12)$$

Περιορισμοί Πωλήσεων για τον 3<sup>ο</sup> χρόνο (t=3)

Βασιζόμαστε στις προβλέψεις του πίνακα 5.3. που ακολουθεί:

Πίνακας 5-3 Προβλέψεις μέγιστων πωλήσεων τον 3<sup>ο</sup> χρόνο

	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>	<i>Delta</i>
<b>Chicago</b>	3000	2500	2000	2000
<b>North. Calif.</b>	1000	1500	1000	1500
<b>Seattle</b>	1000	1200	1500	1200
<b>Total</b>	5000	5200	4500	4700

$$TAXPLC3 + TANPLC3 \leq 3000, (3.1)$$

$$TAXPLN3 + TANPLN3 \leq 1000, (3.2)$$

$$TAXPLS3 + TANPLS3 \leq 1000, (3.3)$$

$$TBXPLC3 + TBNPLC3 \leq 2500, (3.4)$$

$$TBXPLN3 + TBNPLN3 \leq 1500, (3.5)$$

$$TBXPLS3 + TBNPLS3 \leq 1200, (3.6)$$

$$TCXPLC3 + TCNPLC3 \leq 2000, (3.7)$$

$$TCXPLN3 + TCNPLN3 \leq 1000, (3.8)$$

$$TCXPLS3 + TCNPLS3 \leq 1500, (3.9)$$

$$TDXPLC3 + TSNPLC3 \leq 2000, (3.10)$$

$$TDXPLS3 + TDNPLS3 \leq 1500, (3.11)$$

$$TDXPLS3 + TDNPLS3 \leq 1200, (3.12)$$

### 5.3 Η επίλυση του μοντέλου Δικτύου εφοδιασμού

Περιγραφή γραμμικού μοντέλου

Ακολουθεί το σύνολο των σχέσεων που περιγράφουν το μοντέλο της παραγράφου 5.3. Χρησιμοποιούνται 104 μεταβλητές και 87 Περιορισμοί. Παρακάτω παρουσιάζεται συνοπτικά η σημασία κάθε μεταβλητής. Σκοπός του Παραρτήματος αυτού είναι η απόδειξη της γραμμικότητας του μοντέλου η οποία γίνεται φανερή, τελικά, με την πρώτη ματιά.

#### Μεταβλητές(integer)

##### Έτος: 1

Παραγωγή στο Υπάρχον Εργοστάσιο

$X_1 X_2 X_3 X_4$

Αποστολές από το Υπάρχον Εργοστάσιο

$X_5 X_6 X_7 X_8$

$X_9 X_{10} X_{11} X_{12}$

$X_{13} X_{14} X_{15} X_{16}$

Παραγωγή στο Νέο Εργοστάσιο

$X_{17} X_{18} X_{19} X_{20}$

Αποστολές από το Νέο Εργοστάσιο

$X_{21} X_{22} X_{23} X_{24}$

$X_{25} X_{26} X_{27} X_{28}$

$X_{29} X_{30} X_{31} X_{32}$

##### Έτος: 2

Παραγωγή στο Υπάρχον Εργοστάσιο

$X_{33} X_{34} X_{35} X_{36}$

Αποστολές από το Υπάρχον Εργοστάσιο

$X_{37} X_{38} X_{39} X_{40}$

$X_{41} X_{42} X_{43} X_{44}$

$X_{45} X_{46} X_{47} X_{48}$

Παραγωγή στο Νέο Εργοστάσιο

$X_{49} X_{50} X_{51} X_{52}$

Αποστολές από το Νέο Εργοστάσιο

$X_{53} X_{54} X_{55} X_{56}$

X57 X58 X59 X60

X61 X62 X63 X64

### Έτος: 3

Παραγωγή στο Υπάρχον Εργοστάσιο

X65 X66 X67 X68

Αποστολές από το Υπάρχον Εργοστάσιο

X69 X70 X71 X72

X73 X74 X75 X76

X77 X78 X79 X80

Παραγωγή στο Νέο Εργοστάσιο

X81 X82 X83 X84

Αποστολές από το Νέο Εργοστάσιο

X85 X86 X87 X88

X89 X90 X91 X92

X93 X94 X95 X96

### Μεταβλητές(binary)

Επέκταση Υπάρχοντος Εργοστασίου

X97 X98 X99

Ανάπτυξη Νέου Εργοστασίου

X100 X101 X102

Ανάπτυξη Νέου Προϊόντος

X103 X104

### Περιορισμοί

Περιορισμός 1:  $x_1 + x_2 - 2000x_{97} \leq 6000$

Περιορισμός 2:  $x_3 + x_4 - 800x_{97} \leq 2400$

Περιορισμός 3:  $10x_1 + 15x_2 + 20x_3 + 22x_4 - 33000x_{97} \leq 100000$

Περιορισμός 4:  $x_4 - 1100x_{103} \leq 0$

Περιορισμός 5:  $x_5 + x_9 + x_{13} - x_1 \leq 0$

Περιορισμός 6:  $x_6 + x_{10} + x_{14} - x_2 \leq 0$

Περιορισμός 7:  $x_7 + x_{11} + x_{15} - x_3 \leq 0$

Περιορισμός 8:  $x_8 + x_{12} + x_{16} - x_4 \leq 0$

- Περιορισμός 9:  $x_{21}+x_{25}+x_{29}-x_{17}\leq 0$
- Περιορισμός 10:  $x_{22}+x_{26}+x_{30}-x_{18}\leq 0$
- Περιορισμός 11:  $x_{23}+x_{27}+x_{31}=x_{19}\leq 0$
- Περιορισμός 12:  $x_{24}+x_{28}+x_{32}-x_{20}\leq 0$
- Περιορισμός 13:  $x_{17}+x_{18}-5000x_{100}\leq 0$
- Περιορισμός 14:  $x_{19}+x_{20}-2000x_{100}\leq 0$
- Περιορισμός 15:  $9x_{17}+14x_{18}+18x_{19}+20x_{20}-80000x_{100}\leq 0$
- Περιορισμός 16:  $x_{20}-1100x_{104}\leq 0$
- Περιορισμός 17:  $x_{33}+x_{34}-2000x_{97}-2000x_{98}\leq 6000$
- Περιορισμός 18:  $x_{35}+x_{36}-800x_{97}-800x_{98}\leq 2400$
- Περιορισμός 19:  $10x_{33}+15x_{34}+20x_{35}+22x_{36}-33000x_{97}-33000x_{98}\leq 100000$
- Περιορισμός 20:  $x_{36}-2200x_{103}\leq 0$
- Περιορισμός 21:  $x_{37}+x_{41}+x_{45}-x_{33}\leq 0$
- Περιορισμός 22:  $x_{38}+x_{42}+x_{46}-x_{34}\leq 0$
- Περιορισμός 23:  $x_{39}+x_{43}+x_{47}-x_{35}\leq 0$
- Περιορισμός 24:  $x_{40}+x_{44}+x_{48}-x_{36}\leq 0$
- Περιορισμός 25:  $x_{53}+x_{57}+x_{61}-x_{49}\leq 0$
- Περιορισμός 26:  $x_{54}+x_{58}+x_{62}-x_{50}\leq 0$
- Περιορισμός 27:  $x_{55}+x_{59}+x_{63}-x_{51}\leq 0$
- Περιορισμός 28:  $x_{56}+x_{60}+x_{64}-x_{52}\leq 0$
- Περιορισμός 29:  $x_{49}+x_{50}-5000x_{100}-5000x_{101}\leq 0$
- Περιορισμός 30:  $x_{51}+x_{52}-2000x_{100}-2000x_{101}\leq 0$
- Περιορισμός 31:  $9x_{49}+14x_{50}+18x_{51}+20x_{52}-80000x_{100}-80000x_{101}\leq 0$
- Περιορισμός 32:  $x_{52}-2200x_{104}\leq 0$
- Περιορισμός 33:  $x_{65}+x_{66}-2000x_{97}-2000x_{98}-2000x_{99}\leq 6000$
- Περιορισμός 34:  $x_{67}+x_{68}-800x_{97}-800x_{98}-800x_{99}\leq 2400$
- Περιορισμός 35:  $10x_{65}+15x_{66}+20x_{67}+22x_{68}-33000x_{97}-33000x_{98}-33000x_{99}\leq 100000$
- Περιορισμός 36:  $x_{68}-4700x_{103}\leq 0$
- Περιορισμός 37:  $x_{69}+x_{73}+x_{77}-x_{65}\leq 0$
- Περιορισμός 38:  $x_{70}+x_{74}+x_{78}-x_{66}\leq 0$
- Περιορισμός 39:  $x_{71}+x_{75}+x_{79}-x_{67}\leq 0$
- Περιορισμός 40:  $x_{72}+x_{76}+x_{80}-x_{68}\leq 0$
- Περιορισμός 41:  $x_{85}+x_{89}+x_{93}-x_{81}\leq 0$
- Περιορισμός 42:  $x_{86}+x_{90}+x_{94}-x_{82}\leq 0$

Περιορισμός 43:  $x_{87}+x_{91}+x_{95}-x_{83}\leq 0$

Περιορισμός 44:  $x_{88}+x_{92}+x_{96}-x_{84}\leq 0$

Περιορισμός 45:  $x_{81}+x_{82}-5000x_{100}-5000x_{101}-5000x_{102}\leq 0$

Περιορισμός 46:  $x_{83}+x_{84}-2000x_{100}-2000x_{101}-2000x_{102}\leq 0$

Περιορισμός 47:  $9x_{81}+14x_{82}+18x_{83}+20x_{84}-80000x_{100}-80000x_{101}-80000x_{102}\leq 0$

Περιορισμός 48:  $x_{84}-4700x_{104}\leq 0$

Περιορισμός 49:  $x_{97}+x_{98}+x_{99}\leq 1$

Περιορισμός 50:  $x_{103}+x_{104}\leq 1$

Περιορισμός 51:  $x_{100}+x_{101}+x_{102}\leq 1$

Περιορισμός 52:  $x_5+x_{21}\leq 3000$

Περιορισμός 53:  $x_6+x_{22}\leq 2000$

Περιορισμός 54:  $x_7+x_{23}\leq 2000$

Περιορισμός 55:  $x_8+x_{24}\leq 500$

Περιορισμός 56:  $x_9+x_{25}\leq 1500$

Περιορισμός 57:  $x_{10}+x_{26}\leq 1000$

Περιορισμός 58:  $x_{11}+x_{27}\leq 500$

Περιορισμός 59:  $x_{12}+x_{28}\leq 300$

Περιορισμός 60:  $x_{13}+x_{29}\leq 1200$

Περιορισμός 61:  $x_{14}+x_{30}\leq 1000$

Περιορισμός 62:  $x_{15}+x_{31}\leq 750$

Περιορισμός 63:  $x_{16}+x_{32}\leq 300$

Περιορισμός 64:  $x_{37}+x_{53}\leq 6000$

Περιορισμός 65:  $x_{38}+x_{54}\leq 1000$

Περιορισμός 66:  $x_{39}+x_{55}\leq 2000$

Περιορισμός 67:  $x_{40}+x_{56}\leq 1000$

Περιορισμός 68:  $x_{41}+x_{57}\leq 2000$

Περιορισμός 69:  $x_{42}+x_{58}\leq 500$

Περιορισμός 70:  $x_{43}+x_{59}\leq 1000$

Περιορισμός 71:  $x_{44}+x_{60}\leq 600$

Περιορισμός 72:  $x_{45}+x_{61}\leq 1800$

Περιορισμός 73:  $x_{46}+x_{62}\leq 500$

Περιορισμός 74:  $x_{47}+x_{63}\leq 1500$

Περιορισμός 75:  $x_{48}+x_{64}\leq 600$

Περιορισμός 76:  $x_{69}+x_{85}\leq 3000$

Περιορισμός 77:  $x_{70} + x_{86} \leq 2500$

Περιορισμός 78:  $x_{71} + x_{87} \leq 2000$

Περιορισμός 79:  $x_{72} + x_{88} \leq 2000$

Περιορισμός 80:  $x_{73} + x_{89} \leq 1000$

Περιορισμός 81:  $x_{74} + x_{90} \leq 1500$

Περιορισμός 82:  $x_{75} + x_{91} \leq 1000$

Περιορισμός 83:  $x_{76} + x_{92} \leq 1500$

Περιορισμός 84:  $x_{77} + x_{93} \leq 1000$

Περιορισμός 85:  $x_{78} + x_{94} \leq 1200$

Περιορισμός 86:  $x_{79} + x_{95} \leq 1500$

Περιορισμός 87:  $x_{80} + x_{96} \leq 1200$

### Αντικειμενική Συνάρτηση

$$\begin{aligned} \max Z = & 350x_1 + 475x_2 + 750x_3 + 400x_4 - 22x_5 - 19x_6 - 27x_7 - 27x_8 - 52x_9 - 48x_{10} - 58x_{11} - 58x_{12} - \\ & 50x_{13} - 46x_{14} - 56x_{15} - 56x_{16} + 425x_{17} + 550x_{18} + 875x_{19} + 600x_{20} - 72x_{21} - 48x_{22} - 58x_{23} - \\ & 58x_{24} - 20x_{25} - 17x_{26} - 25x_{27} - 25x_{28} - 30x_{29} - 26x_{30} - 35x_{31} - 35x_{32} + 315x_{33} + 427,5x_{34} + \\ & 675x_{35} + 360x_{36} - 19,8x_{37} - 17,1x_{38} - 24,3x_{39} - 24,3x_{40} - 46,8x_{41} - 43,2x_{42} - 52,2x_{43} - 52,2x_{44} - \\ & 45x_{45} - 41,4x_{46} - 50,4x_{47} - 50,4x_{48} + 382,5x_{49} + 490x_{50} + 787,5x_{51} + 540x_{52} - 64,8x_{53} - \\ & 43,2x_{54} - 52,2x_{55} - 52,2x_{56} - 18x_{57} - 15,3x_{58} - 22,5x_{59} - 22,5x_{60} - 27x_{61} - 23,4x_{62} - 31,5x_{63} - \\ & 31,5x_{64} + 283,5x_{65} + 384,75x_{66} + 607,5x_{67} + 324x_{68} - 17,82x_{69} - 15,39x_{70} - 21,87x_{71} - \\ & 21,87x_{72} - 42,12x_{73} - 38,88x_{74} - 46,98x_{75} - 46,98x_{76} - 40,5x_{77} - 37,26x_{78} - 45,36x_{79} - \\ & 45,36x_{80} + 344,25x_{81} + 445,5x_{82} + 708,75x_{83} + 486x_{84} - 58,32x_{85} - 38,88x_{86} - 46,98x_{87} - \\ & 46,98x_{88} - 16,2x_{89} - 13,77x_{90} - 20,25x_{91} - 20,25x_{92} - 24,3x_{93} - 21,06x_{94} - 28,35x_{95} - \\ & 28,35x_{96} - 834000x_{97} - 834000x_{98} - 834000x_{99} - 2225000x_{100} - 2225000x_{101} - 2225000x_{102} \end{aligned}$$



Πίνακας Π1- Σενάριο 1 - 1<sup>ο</sup> έτος

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1										Year 1								
2	Max Disc							Capacity										
3	Net Revenues							W/O Exp										
4	15.024.335 €		Products	Alpha	Beta	Gamma	Delta	3900	<=	8000	8000	A-line Test			Expand	Expand	Develop	
5				1	1	1	1	2400	<=	2400	3200	B-line Test			Existing PI	Existing PI	New Prod	
6				10	15	20	22	1000000	<=	1000000	133000	Labor			Year 2	Year 3	Existing PI	
7	Year One		Unit Cost	1000	1175	2250	2100								834.000 €	834.000 €	775.000 €	
8	Net Revenues		Qty Made	3900	2000	3200	0								0	0	0	
9	3.609.900 €														<=	<=		
10															<=	<=		
11	GRSt																	
12	18.165.000 €																	
13	Prod Costs																	
14	13.450.000 €		To	Alpha	Beta	Gamma	Delta											
15	Transp Costs		Chicago	3000	2000	2000	0		Chicago	22	19	27	27					
16	271.100 €		North Cali	0	0	450	0		North Cali	52	48	58	58					
17	Invest Costs		Seattle	900	0	750	0		Seattle	50	46	56	56					
18	834.000 €		Total	3900	2000	3200	0											
19				100 μ€	100 μ€	100 μ€	100 μ€											
20				3900	2000	3200	0											
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		
32																		
33																		
34																		
35																		
36																		
37																		
38																		
39																		
40																		
41																		
42																		
43																		

Πίνακας Π2 – Σενάριο 1 – 2<sup>ο</sup> έτος

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
45									Year 2			
46												
47												
48												
49												
50												
51	Year Two											
52	Net Revenues											
53	5.703.000 €											
54												
55	GRSt											
56	30.030.000 €											
57	Prod Costs											
58	21.687.500 €											
59	Transp Costs											
60	414.500 €											
61	Invest Costs											
62	2.225.000 €											
63												
64												
65												
66												
67												
68												
69												
70												
71												
72												
73												
74												
75												
76												
77												
78												
79												
80												
81												
82												
83												
84												
85												
86												
87												

Transportation Costs from Existing Plant to Markets												
To	Alpha	Beta	Gamma	Delta	Alpha	Beta	Gamma	Delta	Alpha	Beta	Gamma	Delta
Chicago	22	19	27	27	22	19	27	27	22	19	27	27
North Calif	52	48	58	58	52	48	58	58	52	48	58	58
Seattle	50	46	56	56	50	46	56	56	50	46	56	56

Transportation Costs from New Plant to Markets												
To	Alpha	Beta	Gamma	Delta	Alpha	Beta	Gamma	Delta	Alpha	Beta	Gamma	Delta
Chicago	72	48	58	58	72	48	58	58	72	48	58	58
North Calif	20	17	25	25	20	17	25	25	20	17	25	25
Seattle	30	26	35	35	30	26	35	35	30	26	35	35

Forecasts of Maximal Sales												
Alpha	Beta	Gamma	Delta	Alpha	Beta	Gamma	Delta	Alpha	Beta	Gamma	Delta	Total
6000	1000	2000	1000	6000	1000	2000	1000	6000	1000	2000	1000	1000
2000	500	1000	600	2000	500	1000	600	2000	500	1000	600	600
1800	500	1500	600	1800	500	1500	600	1800	500	1500	600	600
9800	2000	4500	2200	9800	2000	4500	2200	9800	2000	4500	2200	2200

Πίνακας Π3 – Σενάριο 1 – 3<sup>ο</sup> έτος

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
89										Year 3			
90										Capacity	Capacity		
91										W/O Exp	With Exp		
92										6000	8000	A-line Test	
93										2400	3200	B-line Test	
94										100000	133000	Labor	
95													
96													
97													
98													
99													
100													
101													
102													
103													
104													
105													
106													
107													
108													
109													
110													
111													
112													
113													
114													
115													
116													
117													
118													
119													
120													
121													
122													
123													
124													
125													
126													
127													
128													
129													
130													
131													
132													
133													
134													

Production at Existing Plant													
Products	Alpha	Beta	Gamma	Delta									
1	1	1	1	1									
Unit Cost	1000	1175	2250	2050									
Qty Made	3000	3343	2500	0									
GRSt													
28.830.000 €													
Shipments from Existing Plant													
To	Alpha	Beta	Gamma	Delta									
Chicago	3000	2500	2000	0									
North Calif	0	0	0	0									
Seattle	0	843	500	0									
Total	3000	3343	2500	0									
100 μ€	100 μ€	100 μ€	100 μ€	100 μ€									
3000	3343	2500	0										
Production at New Plant													
Products	Alpha	Beta	Gamma	Delta									
1	1	1	1	1									
9	14	18	20	1									
Unit Cost	925	1100	2125	1850									
Qty Made	2000	1857	2000	0									
Shipments from New Plant													
To	Alpha	Beta	Gamma	Delta									
Chicago	0	0	0	0									
North Calif	1000	1500	1000	0									
Seattle	1000	357	1000	0									
Total	2000	1857	2000	0									
100 μ€	100 μ€	100 μ€	100 μ€	100 μ€									
2000	1857	2000	0										
Sales													
Alpha	Beta	Gamma	Delta										
3000	2500	2000	0										
Chicago	1000	1500	1000	0									
North Calif	1000	357	1000	0									
Seattle	1000	1200	1500	0									
Total	5000	5200	4500	0									
Unit Rev	1350	1650	3000	2500									

Transportation Costs from Existing Plant to Markets													
To	Alpha	Beta	Gamma	Delta									
Chicago	22	19	27	27									
North Calif	52	48	58	58									
Seattle	50	46	56	56									
Real Capacity													
Capacity	5000	5000	5000	5000									
Used	3857	2000	2000	80000									
W/O Exp	2000	2000	2000	80000									
With Exp	80000	80000	80000	80000									
Transportation Costs from New Plant to Markets													
To	Alpha	Beta	Gamma	Delta									
Chicago	72	48	58	58									
North Calif	20	17	25	25									
Seattle	30	26	35	35									
Forecasts of Maximal Sales													
Alpha	Beta	Gamma	Delta										
3000	2500	2000	2000										
Chicago	1000	1500	1000	1500									
North Calif	1000	357	1000	1200									
Seattle	1000	1200	1500	1500									
Total	5000	5200	4500	4700									
Unit Rev	1350	1650	3000	2500									

Πίνακας Π4 – Σενάριο 2 – 1<sup>ο</sup> έτος

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
										Year 1								
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		
32																		
33																		
34																		
35																		
36																		
37																		
38																		
39																		
40																		
41																		
42																		
43																		
44																		
45																		

Πίνακας Π5 – Σενάριο 2 – 2<sup>ο</sup> έτος

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
45										Year 2			
46										Capacity	Capacity		
47										W/O Exp	With Exp		
48			Products	Alpha	Beta	Gamma	Delta	Capacity Used	<=	6000	8000	A-line Test	
49				1	1	1	1	4900	<=	2400	3200	B-line Test	
50				10	15	20	22	100000	<=	100000	133000	Labor	
51	Year Two		Unit Cost	1000	1175	2250	2050						
52	Net Revenues		Qty Made	6900	0	3200	0						
53	7.352.599 €												
54	GRSt												
55	31.506.643 €												
56	Prod Costs												
57	22.865.929 €		To	Alpha	Beta	Gamma	Delta						
58	Transp Costs		Chicago	6900	0	2400	0		Chicago	22	19	27	27
59	454.116 €		North Cali	0	0	0	0		North Cali	52	48	58	58
60	Invest Costs		Seattle	0	0	800	0		Seattle	50	46	56	56
61	834.000 €		Total	6900	0	3200	0						
62			φο με	φο με	φο με	φο με	φο με						
63			6900	0	3200	0							
64													
65													
66			Production at New Plant	Alpha	Beta	Gamma	Delta	Capacity Used		Real Capacity	Capacity		
67			1	1	1	1	1	4879	<=	5000	5000	A-line Test	
68			9	14	18	20	20	80000	<=	2000	2000	B-line Test	
69			Unit Cost	925	1100	2125	1900		<=	80000	80000	Labor	
70			Qty Made	4860	19	2000	0						
71													
72													
73			Shipments from New Plant	Alpha	Beta	Gamma	Delta						
74			To	Chicago	300	0	0		Chicago	72	48	58	58
75			North Cali	2400	19	1200	0		North Cali	20	17	25	25
76			Seattle	2160	0	800	0		Seattle	30	26	35	35
77			Total	4860	19	2000	0						
78			φο με	φο με	φο με	φο με	φο με						
79			4860	19	2000	0							
80													
81													
82			Sales	Alpha	Beta	Gamma	Delta						
83			Chicago	7200	0	2400	0		Alpha	1200	2400	1200	1200
84			North Cali	2400	19	1200	0		Gamma	600	1200	720	720
85			Seattle	2160	0	1600	0		Delta	2160	1800	720	720
86			Total	11760	19	5200	0			11760	5400	2640	2640
87			Unit Rev	1350	1650	3000	2500			2400	5400	2640	Total
88													
89													

Πίνακας Π6 – Σενάριο 2 – 3<sup>ο</sup> έτος

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
89										Year 3			
90										Capacity W/O Exp	Capacity With Exp		
91										6000	8000		
92										2400	3200	A-line Test	
93										100000	133000	B-line Test	
94												Labor	
95	Year Three												
96	Net Revenues												
97	7.979.200 €												
98													
99	GRSt												
100	29.970.000 €												
101	Prod Costs												
102	21.615.000 €												
103	Transp Costs												
104	375.800 €												
105	Invest Costs												
106	- €												
107													
108													
109													
110													
111													
112													
113													
114													
115													
116													
117													
118													
119													
120													
121													
122													
123													
124													
125													
126													
127													
128													
129													
130													
131													
132													
133													
134													

Transportation Costs from Existing Plant to Markets			
To	Alpha	Beta	Delta
Chicago	22	19	27
North Cali	52	48	58
Seattle	50	46	56

Transportation Costs from New Plant to Markets			
To	Alpha	Beta	Delta
Chicago	72	48	58
North Cali	20	17	25
Seattle	30	26	35

Forecasts of Maximal Sales			
Alpha	Beta	Gamma	Delta
3600	3000	2400	2400
1200	1800	1200	1800
1200	1440	1800	1440
6000	6240	5400	5640
Total			



Πίνακας Π7 – Σενάριο 3 – 1<sup>ο</sup> έτος

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
										Year 1								
1																		
2	Max Disc																	
3	Net Revenues																	
4	15,199,404 €																	
5																		
6																		
7	Year One																	
8	Net Revenues																	
9	3,192,150 €																	
10																		
11	GRSt																	
12	26,795,000 €																	
13	Prod Costs																	
14	19,393,750 €																	
15	Transp Costs																	
16	375,100 €																	
17	Invest Costs																	
18	3,834,000 €																	
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		
32																		
33																		
34																		
35																		
36																		
37																		
38																		
39																		
40																		
41																		
42																		
43																		
44																		
45																		

Πίνακας Π8 – Σενάριο 3 – 2<sup>ο</sup> έτος

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
45									Year 2				
46									Capacity W/O Exp	Capacity With Exp			
47									8000	8000			
48									2400	3200	A-line Test		
49									100000	133000	B-line Test		
50											Labor		
51	Year Two												
52	Net Revenues												
53	7.088.640 €												
54	GRSt												
55	28.024.000 €												
56	Prod Costs												
57	20.510.000 €												
58	Transp Costs												
59	427.360 €												
60	Invest Costs												
61	- €												
62													
63													
64													
65													
66													
67													
68													
69													
70													
71													
72													
73													
74													
75													
76													
77													
78													
79													
80													
81													
82													
83													
84													
85													
86													
87													
88													
89													
90													

Transportation Costs from Existing Plant to Markets												
To	Alpha	Beta	Gamma	Delta								
Chicago	22	19	27	27								
North Cali	52	48	58	58								
Seattle	50	46	56	56								

Transportation Costs from New Plant to Markets												
To	Alpha	Beta	Gamma	Delta								
Chicago	72	48	58	58								
North Cali	20	17	25	25								
Seattle	30	26	35	35								

Forecasts of Maximal Sales												
Alpha	Beta	Gamma	Delta									
4800	800	1600	800									
1600	400	800	480									
1440	400	1200	480									
7840	1600	3600	1760									
Total	1600	3600	1760									



Πίνακας Π9 – Σενάριο 3 – 3<sup>ο</sup> έτος

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
89									Year 3				
90									Capacity	Capacity			
91									W/O Exp	With Exp			
92									8000	8000			
93									2400	3200	A-line Test		
94									1000000	133000	B-line Test		
95											Labor		
96													
97													
98													
99													
100													
101													
102													
103													
104													
105													
106													
107													
108													
109													
110													
111													
112													
113													
114													
115													
116													
117													
118													
119													
120													
121													
122													
123													
124													
125													
126													
127													
128													
129													
130													
131													
132													
133													
134													

Πίνακας Π10 – Σενάριο 4 – 1<sup>ο</sup> έτος

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1										Year 1								
2	Max Disc										Capacity							
3	Net Revenues									W/O Exp	With Exp							
4	16.716.828 €									8000	8000	A-line Test						
5										2400	3200	B-line Test						
6										1000000	133000	Labor						
7	Year One																	
8	Net Revenues																	
9	3.192.150 €																	
10																		
11	GRSt																	
12	26.795.000 €																	
13	Prod Costs																	
14	19.393.750 €																	
15	Transp Costs																	
16	375.100 €																	
17	Invest Costs																	
18	3.834.000 €																	
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		
32																		
33																		
34																		
35																		
36																		
37																		
38																		
39																		
40																		
41																		
42																		
43																		
44																		
45																		

Πίνακας Π11 – Σενάριο 4 – 2<sup>ο</sup> έτος

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
										Year 2				
45														
46														
47														
48														
49														
50														
51														
52														
53														
54														
55														
56														
57														
58														
59														
60														
61														
62														
63														
64														
65														
66														
67														
68														
69														
70														
71														
72														
73														
74														
75														
76														
77														
78														
79														
80														
81														
82														
83														
84														
85														
86														
87														
88														
89														
90														

Πίνακας Π12 – Σενάριο 4 – 3<sup>ο</sup> έτος

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
89										Year 3				
90														
91														
92			Products	Alpha	Beta	Gamma	Delta	Capacity Used		Capacity W/O Exp	Capacity With Exp			
93				1	1			4361	<=	8000	8000	A-line Test		
94								1829	<=	2400	3200	B-line Test		
95		Year Three		10	15	20	22	1000000	<=	1000000	1330000	Labor		
96		Net Revenues	Unit Cost	1000	1175	2250	2050							
97		7.815.284 €	Qty Made	3000	3361	2629	0							
98														
99		GRSt												
100		29.152.581 €												
101		Prod Costs												
102		20.951.935 €	To	Alpha	Beta	Gamma	Delta							
103		Transp Costs	Chicago	3000	2500	2000	0		Chicago	22	19	27		
104		385.361 €	North Cali	0	0	0	0		North Cali	52	48	58		
105		Invest Costs	Seattle	0	861	629	0		Seattle	50	46	56		
106		- €	Total	3000	3361	2629	0							
107			foo.µε	foo.µε	foo.µε	foo.µε	foo.µε							
108			3000	3361	2629	0								
109														
110			Production at New Plant	Alpha	Beta	Gamma	Delta	Capacity Used		Real Capacity				
111				1	1			3839		5000	5000	A-line Test		
112								2000		2000	2000	B-line Test		
113				9	14	18	20	800000		800000	800000	Labor		
114			Unit Cost	925	1100	2125	1850							
115			Qty Made	2000	1839	1871	129							
116														
117														
118			Shipments from New Plant	Alpha	Beta	Gamma	Delta							
119			Chicago	0	0	0	0		Chicago	72	48	58		
120			North Cali	1000	1500	1000	129		North Cali	20	17	25		
121			Seattle	1000	339	871	0		Seattle	30	26	35		
122			Total	2000	1839	1871	129							
123			foo.µε	foo.µε	foo.µε	foo.µε	foo.µε							
124			2000	1839	1871	129								
125														
126			Sales	Beta	Gamma	Delta								
127			Alpha	3000	2000	2000	0		Alpha	3000	2500	2000		
128			Chicago	1000	1500	1000	129		Chicago	1000	1500	1000		
129			North Cali	1000	339	871	0		North Cali	1000	1000	1500		
130			Seattle	1000	1200	1500	0		Seattle	1000	1200	1500		
131			Total	5000	5200	4500	129		Total	5000	4500	4700		
132			Unit Rev	1350	1650	3000	2500							
133														
134														

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**Κολέτσος Ι.** - Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα, σημειώσεις μαθήματος, ΕΜΠ, Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών

**Σοφianoπούλου Σ.** - Αναλυτικές Μέθοδοι, σημειώσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πειραιά, ΜΠΣ Logistics

**Τσαντάς Ν. & Βασιλείου Π.** - Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα, Εκδόσεις Ζήτη, 2000

**Ballou R.** - Business Logistics/Supply Chain Management, Prentice Hall, 2004

**Chopra S. & Meindl P.** - Supply Chain Management, Strategy, Planning & Operation, Prentice Hall, 2007

**Council of Logistics Management** - Careers in Logistics (Oak Brook)

**Davis H. & Drumm W.** - Logistics Costs and Service 2001, Annual Conference Proceedings, (Kansas City, MO: Council of Logistics Management, 2001)

**Dobler, Burt & Starling** - World Class Supply Chain Management, McGraw Hill, 2003

**Dyer J.** - Collaborative Advantage: Winning through Extended Enterprise Supplier Networks (Oxford: Oxford University Press, 2000), p. 27.

**Henriott L.** - Transforming Supply Chains into e-Chains, Supply Chain Management Review Global Supplement, Spring 1999, p. 16.

**Novack R.** - Introduction to Supply Chain Management, The Purchasing Handbook, 6<sup>th</sup> ed. (New York: McGraw-Hill, 2000), p. 165

**Shapiro J.** - Modeling the Supply Chain, Duxbury, 2001

**Taha H.** - Operations Research, Prentice Hall

**Wilson R. & Delaney R.** - 11th Annual State of Logistics Report, Cass Information Systems and ProLogis (Washington, DC: National Press Club, June 5, 2000)

**www.logfac.com** - Logistics Rules of Thumb III, LogFac, (2001)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΠΑ