

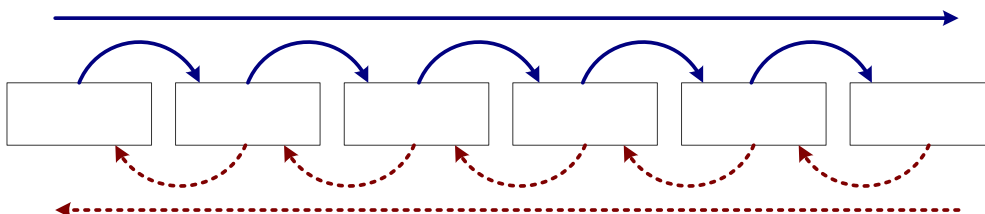


**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

Συνθετική Μεταπτυχιακή Διατριβή με τίτλο:

**«Ανασκόπηση σύγχρονων μοντέλων για την ολοκληρωμένη  
διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας»**



**Ιωάννης Ε. Μουρατίδης**

Επιτροπή αξιολόγησης

Επιβλέπων καθηγητής: Β. Κουϊκόγλου

Μέλος Α' : Α. Μυγδαλάς

Μέλος Β' : Η. Κοσματόπουλος

*Χανιά, Νοέμβριος 2006*

Αντί προλόγου,

Με την εκπόνηση της μεταπτυχιακής διατριβής που ακολουθεί, επισφραγίζεται και τυπικά το πέρας των φοιτητικών μου χρόνων. Η ικανοποίηση για την ολοκλήρωση μιας μακρόχρονης και κατά καιρούς δύσκολης προσπάθειας, επισκιάζεται από την νοσταλγία που ήδη νιώθω για την ελευθερία και την αυθαίρετη δημιουργικότητα της φοιτητικής ζωής.

Είναι χαρά μου να ευχαριστήσω όλους εκείνους τους ανθρώπους στο Πολυτεχνείο Κρήτης και στο τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, που μου προσέφεραν κάτι παραπάνω από απλά επαγγελματικά «εφόδια». Ειδικότερα ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Βασίλη Κουϊκόγλου για την υποστήριξη και την κατανόηση του σε όλη την διάρκεια συγγραφής της εργασίας.

Την εργασία αυτή την αφιερώνω σε όσους κουράστηκαν μαζί μου για την ολοκλήρωση της και στους καλούς φίλους με τους οποίους μοιραστήκαμε τα φοιτητικά χρόνια στα όμορφα Χανιά της Κρήτης.

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>5</b>
<b>1<sup>Ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ .....</b>	<b>9</b>
1.1 ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ (LOGISTICS) .....	9
1.1.1 Στάδια και παράγοντες εξέλιξης της εφοδιαστικής .....	11
1.1.2 Διαχείριση εφοδιαστικής (logistics management) .....	15
1.2 ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ .....	17
1.2.1 Ανάλυση Εφοδιαστικής Αλυσίδας .....	19
1.2.2 Στάδια Εφοδιαστικής αλυσίδας .....	32
1.2.3 Ροές εφοδιαστικής αλυσίδας .....	34
1.2.4 Δραστηριότητες της ΕΑ .....	39
1.2.5 Κύκλοι Διεργασιών .....	45
1.2.6. Περιορισμοί .....	50
1.3 ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ .....	52
1.3.1 Παράγοντες απόδοσης .....	52
1.3.2 Μέτρηση της αποδοτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας .....	54
1.3.3 Στοχοθέτηση καλύτερης πρακτικής (Benchmarking) .....	57
1.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ .....	60
1.4.1 Στρατηγική εφοδιαστικής αλυσίδας .....	60
1.4.2 Δομή συντονισμού .....	65
Κεντροποιημένος έλεγχος .....	66
1.5 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ .....	70
1.5.1 ΔΕΑ και logistics .....	73
1.5.2 Κατηγορίες ΔΕΑ .....	74
<b>2<sup>Ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΩΝ</b>	
<b>ΑΛΥΣΙΔΩΝ .....</b>	<b>77</b>
2.1 ΠΕΛΑΤΟΚΕΝΤΡΙΚΗ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ .....	78
2.1.1 Διαδικασίες εκπλήρωσης παραγγελιών .....	81
2.1.2 Διαθεσιμότητα προϊόντων .....	85
2.1.3 Διαφοροποίηση της ζήτησης – μαζική εξατομίκευση .....	88
2.2 ΣΕΒΑΣΜΟΣ ΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ ΚΑΙ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ .....	96
2.2.1 Εκτεταμένη Εφοδιαστική Αλυσίδα .....	98
2.2.2 Αντίστροφη εφοδιαστική .....	102
2.2.4 Ιχνηλασιμότητα .....	104
2.2.5 Ασφάλεια εφοδιαστικής αλυσίδας .....	109

2.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ .....	109
2.3.1 Προώθηση καινοτομίας .....	110
2.3.2 Σχεδιασμός προϊόντων .....	113
2.3.3 Πληροφορική και τηλεπικοινωνιακή τεχνολογία.....	117
EDI.....	118
Διαδίκτυο .....	118
Ηλεκτρονικό Επιχειρείν (e-business) .....	120
Λογισμικό για την ΕΑ .....	121
Τεχνολογίες για την ΕΑ .....	125
2.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΕΑ .....	129
2.4.1 Πολυπλοκότητα .....	129
2.4.2 Μεταβλητότητα .....	133
2.4.3 Αβεβαιότητα.....	133
<b>3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΑΣ.....</b>	<b>142</b>
3.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	142
3.1.1 Ανταγωνιστική στρατηγική .....	143
3.1.2 Επιχειρησιακή τακτική .....	144
3.1.3 Λειτουργική αποδοτικότητα.....	145
3.1.4. Μεθοδολογίες επίλυσης.....	147
3.2 ΈΡΕΥΝΑ ΑΝΑ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ .....	149
3.2.1 Αιτιοκρατικά μοντέλα προγραμματισμού. ....	150
3.2.2 Στοχαστικά μοντέλα προγραμματισμού. ....	150
3.2.3 Υβριδικά μοντέλα και μοντέλα πληροφορικής τεχνολογίας.....	151
3.3 ΈΡΕΥΝΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΦΟΡΕΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΑ .....	151
3.4 ΈΡΕΥΝΑ ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΕΑ .....	153
3.4.1 Λειτουργικός προγραμματισμός.....	153
3.4.1.1 Συντονισμός αγοραστή-προμηθευτή .....	154
3.4.1.2 Συντονισμός παραγωγής-διανομής.....	157
3.4.1.3 Συντονισμός αποθεμάτων-διανομών .....	161
3.4.2 Στρατηγικός σχεδιασμός.....	165
3.4.2.1 Μοντέλα μικτού αέριου προγραμματισμού.....	166
3.4.2.2 Άλλα μοντέλα στρατηγικού προγραμματισμού.....	170
3.4.3 Περιβαλλοντικά συνειδητή ΔΕΑ .....	174
3.5 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ .....	175
3.5.1 Λειτουργική πληροφορική τεχνολογία .....	176
3.5.2 Αναλυτική πληροφορική τεχνολογία .....	176
3.6 ΈΡΕΥΝΑ ΔΕΑ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ .....	177
3.7 ΈΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΩΝ.....	183
3.8 ΈΡΕΥΝΑ ΣΥΜΒΑΣΕΩΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ .....	184
Κατηγοριοποίηση συμβολαίων .....	185

<b>4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ .....</b>	<b>188</b>
4.1. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ: ΜΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ. ....	188
4.2 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΜΕ ΣΥΜΒΟΛΑΙΑ ΜΕΡΙΔΙΟΥ ΕΣΟΔΩΝ .....	194
4.3 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΤΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ. ....	200
4.4 ΑΝΑΜΟΝΗΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ. .	206
4.5 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ, ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ.....	210
4.6 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ.....	215
4.7 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ .....	221
4.8 ΜΕΣΟΠΡΟΘΕΣΜΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ .....	225
4.9 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ .....	230
4.10 ΑΣΑΦΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ. ....	236
4.11 ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ.	242
4.12 ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ .....	249
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ.....</b>	<b>259</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>	<b>270</b>
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	270

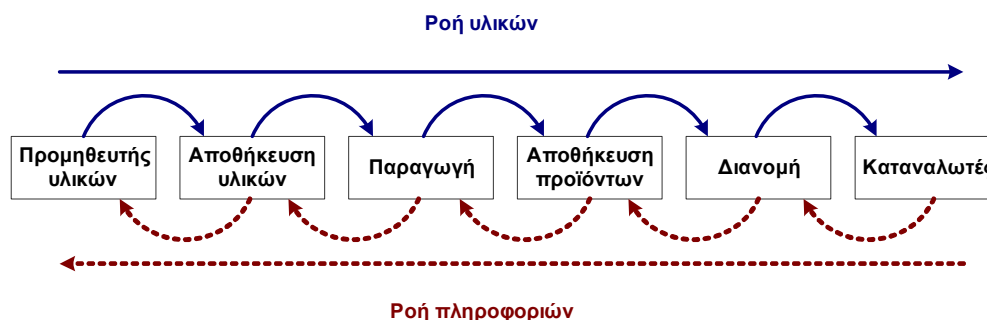
## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αγορά σήμερα έχει μετατραπεί σε ένα ενοποιημένο παγκόσμιο πεδίο ανταγωνισμού, με σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας, υψηλό ρυθμό ανάπτυξης και αυξανόμενες απαιτήσεις σε επίπεδα τιμών, ποιότητας και εξυπηρέτησης πελατών.

Με την συνεχώς αυξανόμενα ανταγωνιστική και μεταβαλλόμενη αγορά, οι εξαρτήσεις και σχέσεις μεταξύ των συστατικών των επιμέρους αγορών καθίστανται ολοένα και πιο σημαντικές. Από τη εποχή, στα μέσα της δεκαετίας του 1980, που οι επιχειρήσεις αντιλήφθηκαν ότι μέσω της συνεργασίας μπορούν να παραμείνουν βιώσιμες και ανταγωνιστικές, προέκυψε η ανάγκη ενοποίησης διαδικασιών με τους βασικούς συνεργάτες τους, δηλαδή με τους προμηθευτές και τους πελάτες τους. Κοινή επιδίωξη έκτοτε αποτελεί ένα ισχυρά ενοποιημένο περιβάλλον, το οποίο υποστηρίζεται από τεχνολογίες που προάγουν τη συνεργασία, συνιστά μία διαμοιραζόμενη αλυσίδα αξιών και παρέχει αυξημένη αποδοτικότητα, μειωμένα κόστη και μεγαλύτερη ικανοποίηση στους πελάτες.

Οι επιχειρήσεις στο παρελθόν, κατά κανόνα επικεντρώνονταν μόνο στην αποτελεσματικότητα της λήψης αποφάσεων στο εσωτερικό ενός τμήματος ή ενός τομέα της εταιρείας, επειδή οι λειτουργίες αυτών μπορούν εύκολα να αποσυνδεθούν και αυτό καθιστά ευκολότερη την ανάλυση. Ωστόσο, η αγνόηση των εξαρτήσεων των συστατικών χάριν απλότητας, επιφέρει κόστος για την εταιρεία και για το σύνολο της αλυσίδας αξιάς στην οποία συμμετέχει. Στην σύγχρονη αγορά υφίστανται και αναδύονται ολοένα και περισσότεροι παράγοντες που επιβραδύνουν την ανάπτυξη των απομονωμένων επιχειρήσεων, όπως για παράδειγμα η έλλειψη προσαρμογής στην πολυπλοκότητα της αγοράς και το υψηλό κόστος απόκτησης και μετάφρασης επιχειρησιακών και μηχανικών δεδομένων.

Ως εφοδιαστική αλυσίδα νοείται το σύνολο των επιχειρηματικών οντοτήτων (προμηθευτές, παραγωγοί, διανομείς και λιανοπωλητές) που συνεργάζονται προκειμένου να διεκπεραιωθούν όλες οι φάσεις μετατροπής των πρώτων υλών σε τελικό προϊόν παραδοτέο στον καταναλωτή.



Εικόνα 1: Η εφοδιαστική αλυσίδα

Με τις επικρατούσες συνθήκες της αγοράς που προαναφέρθηκαν, ολοένα και περισσότερες επιχειρήσεις επιθυμούν και επικεντρώνονται στον σχεδιασμό, έλεγχο και βελτίωση όχι μόνο των εσωτερικών τους διαδικασιών αλλά της εφοδιαστικής αλυσίδας στην οποία συμμετέχουν. Είναι κοινή διαπίστωση ότι στο σύγχρονο επιχειρείν ο ανταγωνισμός έχει μεταφερθεί από το επίπεδο των επιχειρήσεων στο επίπεδο των εφοδιαστικών αλυσίδων.

Η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (ΔΕΑ) είναι μία περιοχή που σχετικά πρόσφατα προσέλκυσε μεγάλο ενδιαφέρον από την επαγγελματική κοινότητα. Στις Η.Π.Α. τα ετήσια έξοδα για την εφοδιαστική, λεγόμενη ως logistics, εκτιμώνται στα \$670 εκ., μεγαλύτερο από το 11% του Εθνικού Ακαθάριστου Προϊόντος. Με το κόστος της εφοδιαστικής να υπερβαίνει το 30% των πωλήσεων, ο πιθανός περιορισμός του μέσω της κατάλληλης διαχείρισης χρίζει έντονου ενδιαφέροντος.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία απόπειρα εποπτικής ανασκόπησης του ευρύτατου, όπως εμφανίζεται στην διεθνή βιβλιογραφία, θέματος της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Η ανασκόπηση έχει σκοπό τον συγκερασμό, ομαδοποίηση και ταξινόμηση εργασιών, οι οποίες προέρχονται από φαινομενικά ετερογενείς ή αποκλίνουσες ερευνητικές κατευθύνσεις. Επίσης στην ανασκόπηση διατηρείται, όσο είναι δυνατόν, η ομαλή ιστορική ροή και η λογική συνέχεια της θεματολογίας.

Στο 1ο κεφάλαιο αρχικά παρατίθεται πληθώρα ορισμών και εννοιών που έχουν κατά καιρούς αποδοθεί στην εφοδιαστική αλυσίδα και παρουσιάζεται η εξέλιξη τους στη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών. Αναλύεται και μελετάται η εφοδιαστική αλυσίδα ως προς τα στάδια στα οποία διακρίνεται, τις δραστηριότητες και τις διεργασίες που συμπεριλαμβάνει καθώς και τις ροές ή περιορισμούς που την διέπουν. Επίσης συζητώνται οι παράγοντες και τα κριτήρια εκτίμησης της απόδοσης της. Σύμφωνα με

την στρατηγική που ακολουθείται στην εφοδιαστική αλυσίδα και τον συντονισμό της, διακρίνονται οι σημαντικότερες κατηγορίες της. Αφού αναλύονται όλες οι προαναφερθείσες παράμετροι της ΕΑ ορίζεται, επεξηγείται και τεκμηριώνεται η έννοια της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας με την σύγχρονη πλέον μορφή της.

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο αποδίδεται συνοπτικά μία εκτίμηση του σύγχρονου επιχειρηματικού περιβάλλοντος, των αναγκών και των απαιτήσεων που δημιουργεί, αλλά και των ευκαιριών και δυνατοτήτων που προσφέρει. Ειδικότερα παρουσιάζονται οι σύγχρονες εξελίξεις στην τεχνολογία (διαδίκτυο, επιχειρησιακές εφαρμογές λογισμικού, τηλεπικοινωνίες κ.τ.λ) στις ανάγκες των καταναλωτών (διαφοροποίηση, μαζική εξατομίκευση, καινοτομία) και στις κοινωνικές επιταγές (ιχνηλασιμότητα, αντίστροφη εφοδιαστική, ασφάλεια) και ο τρόπος που αυτές συνδυάζονται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (σχεδιασμός προϊόντων και διαδικασιών). Αναλύονται τα κίνητρα, τα προβλήματα και η υποστήριξη που παρέχονται από την αγορά, τους φορείς και την επιστήμη για την βέλτιστη οργάνωση και λειτουργία ολοκληρωμένων αλυσίδων επιχειρήσεων προς όφελος των ιδίων αλλά και των τελικών καταναλωτών.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο πραγματοποιείται μία ευρεία ανασκόπηση στην έρευνα για την εφοδιαστική αλυσίδα και την διαχείριση της. Τα αποτελέσματα της προήλθαν τόσο από εξέταση μεμονωμένων εργασιών με αντικείμενο την δημιουργία μοντέλων εφοδιαστικής αλυσίδας, όσο και από προηγούμενες εργασίες ανασκόπησης σχετικών μοντέλων. Παρέχεται με αυτό τον τρόπο ένας συνδυασμός ταξινομήσεων της έρευνας, υπό διάφορες ενδιαφέρουσες οπτικές. Έτσι παρατίθενται ερευνητικές εργασίες που διαφοροποιούνται ως προς το επίπεδο της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας (στρατηγικό, τακτικό, λειτουργικό), ως προς τα χρησιμοποιούμενα μαθηματικά μοντέλα και ως προς τον φερόμενο φορέα της διαχείρισης. Επίσης παρουσιάζονται και άλλες ενδιαφέρουσες ειδικότερες προσεγγίσεις της έρευνας για την ΔΕΑ, όπως για παράδειγμα αυτής που ασχολείται με την ενσωμάτωση σε αυτήν του σχεδιασμού προϊόντος και διαδικασιών, τις προσεγγίσεις πληροφορικής τεχνολογίας καθώς και μία μεγάλη κατηγορία έρευνας της ΔΕΑ που αφορά την επιλογή προμηθευτή και των συναπτόμενων με αυτούς συμβάσεων.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται ορισμένα σύγχρονα μοντέλα για την ΔΕΑ ενδεικτικά για πολλές από τις προαναφερθείσες κατηγορίες, τα οποία και παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Περιλαμβάνονται μοντέλα διαχείρισης αποθέματος, συντονισμού εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω συμβολαίων, σχεδιασμού



της τοπολογίας της εφοδιαστικής αλυσίδας, σχεδιασμού κάτω από αβεβαιότητα, επιλογής οικογένειας προϊόντων για την βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας κ.α. Στα χρησιμοποιούμενα μοντέλα εφαρμόζονται μαθηματικές μέθοδοι όπως γραμμικός προγραμματισμός, μικτός ακέραιος προγραμματισμός, θεωρία ουρών αναμονής, θεωρία ασαφών συνόλων, δυναμικός προγραμματισμός κ.τ.λ.

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο τέλος, εξάγονται και συζητώνται ειδικά και γενικά συμπεράσματα και καταγράφονται ορισμένες χρήσιμες παρατηρήσεις σχετικά με την έρευνα του αντικειμένου της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας και την μελλοντική εξέλιξη της.

## 1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Εφοδιαστική Αλυσίδα

Η πλούσια επιστημονική έρευνα και το αυξανόμενο επιχειρηματικό ενδιαφέρον για την εφοδιαστική αλυσίδα, έχουν συντελέσει στην οικοδόμηση ενός εκτενέστατου όγκου σχετικής με αυτή βιβλιογραφίας. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τον σύγχρονο, δυναμικό χαρακτήρα και την ευρύτητα του φάσματος της εφοδιαστικής αλυσίδας, αποτελούν τις αιτίες για την υφιστάμενη σύγχυση και αλληλοκάλυψη τόσο στην σχετική ορολογία του αντικειμένου, όσο ακόμη και στις βασικές έννοιες του.

Στην παρούσα εργασία λοιπόν, αρχικά αποδίδονται και συζητώνται, κατά το δυνατόν πιο ολοκληρωμένα και ιστορικά ταξινομημένα, οι σημαντικότεροι ορισμοί που έχουν αποδοθεί στις βασικές έννοιες, διαδικασίες και πτυχές της εφοδιαστικής αλυσίδας. Εν συνεχεία αποδίδεται ο ορισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως αυτή υιοθετείται από την πλειοψηφία των σχετικών ερευνητών και όπως επίσης εξετάζεται στην παρούσα βιβλιογραφική επισκόπηση.

### 1.1 Εφοδιαστική (logistics)

Ο όρος logistics, ο οποίος σε ελεύθερη μετάφραση στην Ελληνική γλώσσα αποδίδεται από τον όρο εφοδιαστική, κατά μία γενική έννοια αποδίδει το σύνολο των δραστηριοτήτων που εφαρμόζονται για την ροή πόρων από την πηγή προέλευσης προς την πηγή κατανάλωσης τους, συμπεριλαμβανόμενης της αμφίδρομης ανταλλαγής των σχετικών με αυτούς πληροφοριών.

Κατά μία ερμηνεία η λέξη logistics προέρχεται από τον ελληνικό όρο «λογιστική» που χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά από τον αυτοκράτορα Λέοντα Σοφό με την έννοια της μέριμνας για την εξασφάλιση του στρατού σε πολεμοφόδια, τρόφιμα κλπ. Φυσικά ο όρος «λογιστική» σήμερα αναφέρεται σε άλλη επιστήμη που δεν έχει σχέση με το αντικείμενο των logistics (Σιφινιώτης 1997)<sup>1</sup>. Ωστόσο σύμφωνα με τον David Wilton, η λέξη logistics προέρχεται από την γαλλική λέξη "logistique," η οποία με τη σειρά της παράγεται από το "loger" που σημαίνει στρατώνας. Στην Αγγλική γλώσσα ο όρος εισήχθη κατά τον 19<sup>ο</sup> αιώνα. Κατά τον ίδιο η προέλευση του όρου δεν συνδέεται με τον μαθηματικό όρο logistic, ο οποίος προέρχεται από την ελληνική λέξη λογιστικός, η οποία εισήχθη στην Αγγλική γλώσσα τον 17<sup>ο</sup> αιώνα. Παρατηρείται

---

<sup>1</sup> Το γεγονός αυτό δημιουργεί σχετική σύγχυση στην ελληνική βιβλιογραφία, καθόσον ο όρος εφοδιαστική δεν είναι ακριβής μετάφραση των logistics.

ωστόσο ότι και στις δύο διαφορετικές ερμηνείες η προέλευση της λέξης συνδέεται με την στρατιωτική ορολογία. Εξάλλου χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι στο λεξικό “Oxford English dictionary” τα logistics ορίζονται ως εξής: “Το παρακλάδι της πολεμικής επιστήμης, το οποίο αφορά την προμήθεια, συντήρηση και μεταφορά υλικού, προσωπικού και εγκαταστάσεων.”

Η συσχέτιση της ετυμολογίας του όρου με τις πολεμικές επιχειρήσεις, παρά την σημερινή ευρέως αποδιδόμενη επιχειρηματική τους έννοια, αποκαλύπτει το επί πολλούς αιώνες πεδίο εφαρμογής των logistics. Οι αρχαίοι ηγέτες Hannibal Barca και Αλέξανδρος ο Μέγας, θεωρείται ότι διοίκησαν ιδιοφυώς την εφοδιαστική των στρατευμάτων κατά τις εκστρατείες τους και ότι αυτός ήταν ένας καθοριστικός παράγοντας των μεγάλων επιτευγμάτων τους. Ιστορικά τεκμηριωμένα, η εφαρμογή συστηματικής μέριμνας για την εφοδιαστική ξεκίνησε από τις στρατιωτικές επιχειρήσεις στην εποχή των Ρωμαϊκών χρόνων, όταν η ταχεία ανάπτυξη των λεγεώνων στα διάφορα σημεία των αυτοκρατορικών συνόρων για την αντιμετώπιση βαρβαρικών επιδρομών ήταν αναγκαία και έθετε ιδιαίτερες απαιτήσεις στη ύπαρξη οδών και στην επιτυχή και ταχεία μεταφορά διαταγών, υλικών και ανδρών. Στην πιο σύγχρονη ιστορία η ήττα των Βρετανών στον Αμερικανικό πόλεμο ανεξαρτησίας καθώς και η ήττα του Rommel στον 2<sup>ο</sup> Παγκόσμιο πόλεμο αποδίδονται κατά κύριο λόγο σε αποτυχημένη διοίκηση της εφοδιαστικής.

Δυστυχώς η απαρχή του έντονου πολιτικού ενδιαφέροντος για το αντικείμενο των logistics εγέρθηκε επίσης από σύγχρονες στρατιωτικές επιχειρήσεις. Ο πόλεμος της δεκαετίας του 1990 στο Ιράκ, αποτέλεσε ένα δραματικό παράδειγμα της σημαντικότητας των logistics στην σύγχρονη εποχή. Μία από τις προϋποθέσεις για την επιτυχία της επιθετικής στρατηγικής του στρατού των Η.Π.Α. και των συμμάχων, ήταν η κατάλληλα συντονισμένη και αποτελεσματική μετακίνηση τεράστιας ποσότητας προσωπικού, υλικού και εξοπλισμού σε πολύ μεγάλες αποστάσεις και από διάφορα σημεία εκκίνησης. Στην στρατιωτική εφοδιαστική οι ειδικοί οφείλουν να διαχειρίζονται αποτελεσματικά το πώς και πότε θα μετακινηθούν οι πόροι στις τοποθεσίες όπου απαιτείται. Στις στρατιωτικές επιστήμες, η διατήρηση της γραμμής εφοδιασμού και η ταυτόχρονη ρήξη της γραμμής εφοδιασμού του εχθρού είναι κρίσιμο – ορισμένοι υποστηρίζουν το κρισιμότερο - στοιχείο της πολεμικής στρατηγικής, αφού ένα οπλισμένο στράτευμα χωρίς φαγητό, καύσιμα και πυρομαχικά είναι ουσιαστικά ανυπεράσπιστο.

Στην επιχειρηματική δραστηριότητα η εφοδιαστική, τα αρχικώς καλούμενα business logistics είχαν αρχίσει να εξελίσσονται μετά την δεκαετία του 1950, με βραδείς σχετικά ρυθμούς. Έκτοτε η εφοδιαστική σε ιδιωτικό επιχειρηματικό επίπεδο, άρχισε να αντιμετωπίζεται με συστηματικότερο τρόπο, στο πεδίο των λειτουργικών αλλά και στρατηγικών αποφάσεων που την αφορούν. Ο αυξανόμενος ανταγωνισμός των τελευταίων ετών και η παγκοσμιοποίηση της αγοράς, ώθησαν τις επιχειρήσεις στην ανεύρεση νέων, αποτελεσματικότερων και αποδοτικότερων πρακτικών και μεθόδων λειτουργίας. Η εφοδιαστική αποτέλεσε ένα ευρύ αντικείμενο με μεγάλα περιθώρια βελτίωσης και πληθώρα στρατηγικών επιλογών. Μάλιστα το αυξανόμενο ενδιαφέρον του επιχειρηματικού κόσμου και η εκτενής επιστημονική έρευνα για το αντικείμενο της εφοδιαστικής των επιχειρήσεων, κατέστησαν τον όρο “business” μάλλον περιττό, αφού πλέον η έννοια των logistics ταυτίζεται πρώτιστα με την επιχειρηματική δραστηριότητα, ενώ στις πολεμικές επιχειρήσεις έχει απομονωθεί στο αντικείμενο που καλείται στρατιωτική εφοδιαστική (military logistics).

### **1.1.1 Στάδια και παράγοντες εξέλιξης της εφοδιαστικής**

Όπως προαναφέρθηκε οι έννοιες της εφοδιαστικής, των logistics, της εφοδιαστικής αλυσίδας κ.τ.λ. συχνά συγχέονται. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο γεγονός ότι όλες αυτές οι έννοιες αναπτύχθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν και εν συνεχεία επεκτάθηκαν ή εγκαταλείφθηκαν σε διάφορα στάδια εξέλιξης της έρευνας σχετικά με την ευρύτερη έννοια της εφοδιαστικής.

Την εξέλιξη αυτή ώθησαν η γενικότερη άνθηση της επιχειρησιακής επιστήμης, η ανάπτυξη της τεχνολογίας και κυρίως ο αυξανόμενος ανταγωνισμός των επιχειρήσεων και οι αλλαγές στην λειτουργία τους που αυτός συνεπάγεται.

Η ανάγκη για πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση της εφοδιαστικής διαχείρισης, είχε ήδη συνειδητοποιηθεί από τα τέλη του 1950 και τις αρχές του 1960. Η διαχείριση εφοδιαστικής είναι μία διαδικασία η οποία αποσκοπεί στην βελτιστοποίηση της ροής των υλικών και προμηθειών διαμέσου του οργανισμού στον πελάτη. Εάν κάθε εταιρεία που εμπλέκεται σε μία συγκεκριμένη ΕΑ βελτιστοποιεί τα συστήματα εφοδιαστικής της ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες, η διαχείριση της ροής των προϊόντων διαμέσου ολόκληρης της αλυσίδας, ή του αγωγού (pipeline) όπως καλείται, κατά πάσα πιθανότητα θα είναι υποβέλτιστη.

Οι προσπάθειες να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα κατέληξαν στην σύλληψη της έννοιας της εφοδιαστικής αλυσίδας ως μία οντότητα που χρίζει ολιστική αντιμετώπιση. Ωστόσο κάτι τέτοιο δεν κατέσται δυνατό παρά μόνο όταν, πολύ

αργότερα, η ανάπτυξη των ποσοτικών μεθόδων της επιχειρησιακής έρευνας, η πρόοδος στην τεχνολογία των υπολογιστών και η προηγμένη τεχνολογία επικοινωνιών και πληροφορικής επέτρεψαν την ανάπτυξη σχετικών μεθοδολογιών και εφαρμογών.

Από τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1970, η εφοδιαστική επικεντρώνονταν στην παροχή βασικών μεταφορικών υπηρεσιών. Η μάχη του ανταγωνισμού εντοπίζονταν στην έγκαιρη κάλυψη της ζήτησης, στην απόκτηση των πρώτων υλών και στην κατάληψη νέων αγορών. Στα πρώτα χρόνια της επόμενης δεκαετίας ο ρόλος της εφοδιαστικής αναβαθμίστηκε. Εκφράσεις όπως η Έγκαιρη Παράδοση (just in time)<sup>2</sup> και η Διαχείριση Ολικής Ποιότητας (Total Quality Management) διαδίδονται και φτάνουν ως το σημείο να γίνουν απαραίτητα εργαλεία σ' όλες τις επιχειρήσεις που προσπαθούν να γίνουν πιο ανταγωνιστικές. Στη περίοδο αυτή εταιρείες όπως UPS, Federal Express και άλλοι παροχείς υπηρεσιών μεταφορών και διανομών αποκτούν την τεχνογνωσία και την οργανωτική δομή ώστε να υπόσχονται συγκεκριμένους και αυστηρούς χρόνους παράδοσης.

Στην αρχή της δεκαετίας του 1990 οι επιχειρήσεις δείχνουν ακόμη μεγαλύτερο ενδιαφέρον στο χώρο της εφοδιαστικής. Στην δεκαετία αυτή όλο και περισσότερες επιχειρήσεις παραχωρούν εργολαβικά σε τρίτες εταιρείες (Third Party logistics providers) βασικές υπηρεσίες όπως αποθήκευση, μεταφορές, διανομές κλπ. Η αύξηση της πελατειακής βάσης οδηγούσε σε αύξηση της προστιθέμενης αξίας (χαμηλό κόστος, μικρός χρόνος παράδοσης αξιόπιστες υπηρεσίες). Σήμερα πλέον, εμφανίζονται εταιρείες που προσφέρουν ολοκληρωμένες υπηρεσίες logistics εξυπηρετώντας επιπρόσθετα τις απαιτήσεις πληροφορικής, τηλεπικοινωνιών και διαχείρισης δεδομένων των διαφόρων επιχειρήσεων. Σύγχρονες παρεχόμενες υπηρεσίες είναι η παρακολούθηση της εκτέλεσης των παραγγελιών μέσω του Διαδικτύου, ο ηλεκτρονικός έλεγχος παραλαβής ή μη των προϊόντων, τα κέντρα εξυπηρέτησης πελατών (call centers) τηλεφωνικά ή μέσω Διαδικτύου και προσωποποιημένες υπηρεσίες σχεδιασμένες για την ικανοποίηση των ιδιαίτερων αναγκών κάθε επιχείρησης / οργανισμού.

Μέσα από την πορεία της διεθνούς βιβλιογραφίας επί της εφοδιαστικής, παρατηρείται η εξέλιξη της έρευνας από την απλή διαχείριση υλικών και φυσικής διανομής, στην λειτουργική εφοδιαστική (functional logistics), όπου κάθε λειτουργία διαθέτει

---

<sup>2</sup> Στρατηγική αποθέματος που μειώνει το επίπεδο αποθέματος και το αντίστοιχο κόστος. Η ιδέα της διαδικασίας στοχεύει στην άφιξη των υλικών ακριβώς την στιγμή που πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Μειονέκτημα θεωρείται ότι ο χρόνος παραγγελίας καθορίζεται από τα ιστορικά στοιχεία της ζήτησης.

ξεχωριστό υπεύθυνο, και στην ολοκληρωμένη εφοδιαστική (integrated logistics), όπου υπάρχει ένας υπεύθυνος για όλες τις λειτουργίες της εφοδιαστικής. Τα σημεία σταθμοί στην πορεία της σχετικής βιβλιογραφίας είναι τα ακόλουθα:

- Ο Forrester (1961) δικαιολογεί το πρώτο βήμα πέρα από την λειτουργική εφοδιαστική με τη χρήση μιας προσέγγισης ανάλυσης συστημάτων για να περιγράψει τις δυνάμεις που καθορίζουν την αύξηση, τη διακύμανση, και την πτώση. Ανέπτυξε ένα πλήρες πρότυπο επιχείρησης που περιέγραφε τις ροές των πληροφοριών, των υλικών, του εργατικού δυναμικού, του κεφαλαίου, του εξοπλισμού και των χρημάτων.
- Ο Bowersox (1969) μελετά την εξέλιξη της ολοκληρωμένης εφοδιαστικής (integrated logistics) και αγγίζει αυτό που θα γίνει αργότερο γνωστό ως ΕΑ. Δηλώνει ότι η φυσική διανομή έχει τη δυνατότητα για ολοκλήρωση πέρα από τα όρια της μιας εταιρείας σε ολοκληρωμένα κανάλια διανομής και ότι οι ευθύνες σχετικά με ένα προϊόν σπανίως εκλείπουν, με την αλλαγή ιδιοκτησίας του. Υποστηρίζει ότι οι εταιρίες συνδέονται με κάθετα συστήματα μάρκετινγκ που παρέχουν την συνολική απόδοση του καναλιού.
- Ο Slater (1976) υποστηρίζει ότι μία συνολική προσέγγιση στο κανάλι διανομής της εφοδιαστικής μπορεί να μειώσει το συνολικό κόστος και να βελτιώσει την ολική ποιότητα των λειτουργιών.
- Ο Langley (1992) προτείνει τέσσερα στάδια ανάπτυξης: (i) έλεγχος κόστους, (ii) προσανατολισμός βάσει κέρδους (αναγνωρίζοντας τον θετικό αντίκτυπο στις πωλήσεις) (iii) αντίληψη της εφοδιαστικής ως κλειδί στην διαφοροποίηση των προϊόντων και (iv) ως ένα βασικό στρατηγικό πλεονέκτημα.
- Οι Masters και Pohlen (1994) περιγράφουν την εξέλιξη της εφοδιαστικής σε τρεις φάσεις: (1) λειτουργική εφοδιαστική (1960 - 1970) - οι λειτουργίες όπως η αγορά, η ναυτιλία και η διανομή ρυθμίζονται η κάθε μια χωριστά, (2) εσωτερική ολοκλήρωση (1980s) - η διαχείριση των λειτουργιών των ΕΑ μιας επιχείρησης ενοποιούνται και μετατίθεται η ευθύνη της ανώτερης διαχείρισης τους σε ένα μεμονωμένο άτομο και (3) εξωτερική ολοκλήρωση (1990s) - η διαχείριση των λειτουργιών ολόκληρης της ΕΑ ενοποιείται, απαιτώντας τη συνεργασία και τον συντονισμό μεταξύ των συνδέσεων στην αλυσίδα.
- Ο La Londe (1994) περιγράφει την εξέλιξη της ολοκληρωμένης εφοδιαστικής σε τρεις φάσεις: (1) φυσική διανομή - η διανομή των αγαθών είναι όλα όσα πρέπει να ρυθμιστούν από τον διαχειριστή της εφοδιαστικής, (2) εσωτερικοί σύνδεσμοι - είναι σημαντικό για τον διευθυντή της εφοδιαστικής να ελέγχει

τόσο την φυσική διανομή όσο και τις εσωτερικές διαδικασίες εφοδιασμού, και (3) εξωτερικοί σύνδεσμοι – η διαχείριση της εφοδιαστικής απαιτεί συνεργασία με ανάντις και κατόντις επιχειρήσεις (προμηθευτές, πελάτες) προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη από στο σύνολο της εφοδιαστικής.

Σύμφωνα με το σύνολο των παρατηρήσεων των Bowersox (1969), Slater (1976), Gentry (1996), και Walton (1996) η εφοδιαστική πρωτοπόρησε εξερευνώντας τις ιδέες: (i) της ολοκληρωμένης εφοδιαστικής που τελικά εξελίχθηκε σε αυτό που καλείται Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας και (ii) της συνεργατικής διαχείρισης (partnership building and management). Σταδιακά, ολοένα και εντονότερα η σημασία της εφοδιαστικής επισημαίνεται ως πιθανό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε αντίδραση στον αυξανόμενο ανταγωνισμό και στις απαιτήσεις των πελατών.

Το επιχειρηματικό ενδιαφέρον για την εφοδιαστική, που εκδηλώθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1950, οφείλονταν στο γενικότερο οικονομικό κλίμα το οποίο προέβαλε την σημασία του ελέγχου του κόστους λειτουργίας και της αύξησης της αποδοτικότητας των επιχειρήσεων. Ο Bowersox (1969), διατύπωσε την θέση ότι οι ανησυχίες για τον έλεγχο των δαπανών στη δεκαετία του '50 ενήργησαν ως καταλύτης στο ήδη ανανεωμένο ενδιαφέρον για τη διαχείριση της εφοδιαστικής. Εν συνεχεία η εισαγωγή των ηλεκτρονικών υπολογιστών και η υιοθέτηση πολλών μαθηματικών μοντέλων και άλλων μεθόδων βελτιστοποίησης άσκησαν επίσης μεγάλη επίδραση επάνω στην ανάπτυξη της διαχείρισης εφοδιαστικής. Το γεγονός αυτό μάλιστα προβλέφτηκε από τον Forrester ο οποίος έγραψε ότι η ηλεκτρονική επεξεργασία πληροφοριών, η υποστήριξη αποφάσεων, η προσομοίωση, ο έλεγχος και τα διάφορα συστήματα ανάλυσης θα ήταν “τα εργαλεία της διαδικασίας” που θα επηρέαζαν την μελλοντική κατεύθυνση της διαχείρισης της πληροφορίας που διαπερνάει τις ροές της οικονομικής δραστηριότητας.

Ειδικά μετά την δεκαετία του 1980 η ανάπτυξη του ενδιαφέροντος για την εφοδιαστική έγινε εντονότερη και πιο συστηματική. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που συνέβαλλαν σε αυτή την αναβάθμιση ήταν η επανάσταση της πληροφορικής με την έλευση του μικροϋπολογιστή και το μοντέλο της Αλυσίδας Αξίας (Value Chain) του καθηγητή Porter που συζητάται σε επόμενη παράγραφο, σε συνδυασμό βεβαίως με τον υποσχόμενο χαρακτήρα της εφοδιαστικής που ελάχιστα είχε αξιοποιηθεί μέχρι τότε για τη μείωση του συνολικού κόστους.

Οι αιτίες για την αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος ήταν πολλές, όπως η έμφαση που δίνονταν στην ικανοποίηση των πελατών, η σημαντική ανάπτυξη του διεθνούς εμπορίου, η εκτίμηση ότι οι αποφάσεις για το δίκτυο διανομής είναι στρατηγικής σημασίας για τον οργανισμό, η αλλαγή συμπεριφοράς όσον αφορά τις μεταφορές (π.χ. η αύξηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης), η βελτίωση των τηλεπικοινωνιών και των συστημάτων - κυρίως η ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων, καθώς και η κωδικοποίηση των αντικειμένων και τα ηλεκτρονικά καταστήματα, οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις των πελατών, τα πολλά προϊόντα με μικρό κύκλο ζωής και η γενική τάση που επικρατούσε στην ολοκλήρωση των λειτουργιών, όπως στρατηγικές συμμαχίες, συνεταιρισμοί, συνεργασίες κ.τ.λ.

### 1.1.2 Διαχείριση εφοδιαστικής (logistics management)

Το επιχειρηματικό ενδιαφέρον για την βελτιστοποίηση της λειτουργίας της εφοδιαστικής με την συνεισφορά της επιστημονικής κοινότητας οδήγησε, στην ανάπτυξη και υιοθέτηση μοντέλων, εφαρμογών και πρακτικών οι οποίες συνιστούν τον κλάδο που ονομάστηκε διαχείριση εφοδιαστικής (logistics management).

Το 1986 το Συμβούλιο Διαχείρισης Εφοδιαστικής (**Council of Logistics Management**)<sup>3</sup> όρισε ως διαχείριση εφοδιαστικής τη διαδικασία προγραμματισμού, υλοποίησης και ελέγχου για εφικτή και αποτελεσματική ροή και αποθήκευση αγαθών, υπηρεσιών, και σχετικών πληροφοριών από την πηγή στο σημείο κατανάλωσης με σκοπό την συμμόρφωση με τις απαιτήσεις των πελατών.

Πολλοί ακαδημαϊκοί, σύμβουλοι και επαγγελματίες έχουν χρησιμοποιήσει τους όρους διαχείριση εφοδιαστικής (logistics management) και Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Supply Chain Management) – που θα αναπτυχθεί σε επόμενη παραγράφο - εναλλακτικά, εντείνοντας την σύγχυση μεταξύ των δύο όρων, η οποία οφείλονταν κυρίως στους ορισμούς που τους είχαν αποδοθεί το 1986 από το Council of Logistics Management. Το γεγονός αυτό οδήγησε το CLM το 1998 να εκδώσει έναν αναθεωρημένο ορισμό. Σύμφωνα λοιπόν με τον νέο ορισμό «Διαχείριση εφοδιαστικής είναι το τμήμα εκείνο της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας το οποίο σχεδιάζει, εφαρμόζει και ελέγχει την αποδοτική, αποτελεσματική ευθεία και

---

<sup>3</sup> Το CLM ιδρύθηκε το 1963, είναι παγκόσμιας εμβέλειας επαγγελματικός σύλλογος, του οποίου ο σκοπός είναι η ανάπτυξη και διάδοση της έρευνας και γνώσης της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας. Πρόσφατα μετονομάστηκε σε συμβούλιο επαγγελματιών διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας (Council of Supply Chain Management Professionals)



αντίστροφη ροή και αποθήκευση υλικών, υπηρεσιών και σχετικών με αυτά πληροφοριών, από το σημείο προέλευσης έως το σημείο κατανάλωσης τους, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των πελατών. Σύμφωνα λοιπόν με τον νέο ορισμό τα “logistics” είναι υποσύνολο της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας.

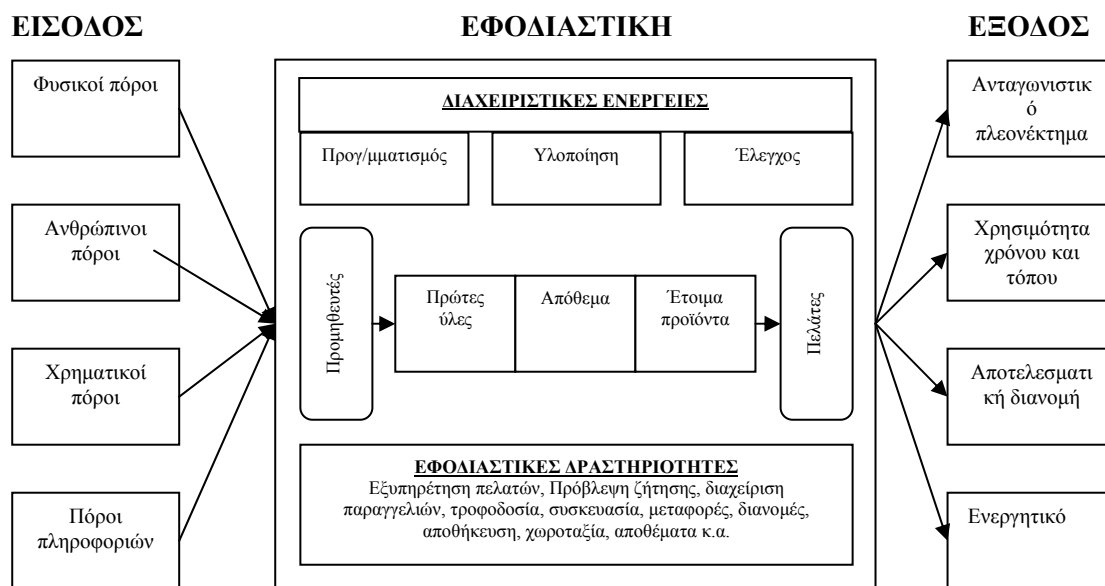
Παρόλα αυτά, ακόμη και ως υποσύνολο της ΔΕΑ, η εφοδιαστική φέρεται (βάσει ορισμού του ίδιου συμβουλίου) να έχει ένα ευρύτατο φάσμα πεδίων εφαρμογής. Συγκεκριμένα οι δραστηριότητες της περιλαμβάνουν την διαχείριση μεταφορών (εντός και εκτός συνόρων), την διαχείριση του στόλου οχημάτων, την αποθήκευση, την διαχείριση υλικού, την εκπλήρωση παραγγελιών, τον σχεδιασμό του δικτύου εφοδιαστικής, την διαχείριση αποθεμάτων, τον σχεδιασμό εφοδιασμού / ζήτησης και την διαχείριση των παρόχων υπηρεσιών third party logistics. Σε κάποιο βαθμό επίσης, η λειτουργία της εφοδιαστικής σχετίζεται και με τον σχεδιασμό και προγραμματισμό προμηθειών και παραγωγής, συναρμολόγησης και συσκευασίας καθώς και εξυπηρέτησης / υποστήριξης των πελατών. Εμπλέκεται σε όλα τα επίπεδα (στρατηγικό, λειτουργικό και τακτικό) σχεδιασμού και εκτέλεσης.

Εξάλλου σύμφωνα με τον Βρετανικό σύλλογο Chartered Institute of Logistics and Transport (CILT)<sup>4</sup>, ο σκοπός των logistics είναι η μεταφορά του σωστού προϊόντος, στην σωστή ποσότητα, στην καλύτερη κατάσταση και σε αποδεκτό κόστος. Είναι μία περιοχή που περιλαμβάνει την διαχείριση προμηθειών και αγορών, την διαχείριση υλικών και παραγωγής, την διαχείριση αποθεμάτων και αποθήκευσης, διανομής, μεταφοράς και εξυπηρέτησης πελατών.

Η εφοδιαστική διαχείριση συνεπώς ασχολείται με την ανάπτυξη και υλοποίηση μιας μεθοδολογίας για ικανοποιητική και κοστολογικά αποτελεσματική επίτευξη των εφοδιαστικών στόχων μιας επιχείρησης, όπου οι στόχοι αυτοί συνοψίζονται στην ρήση «να παραδοθεί η σωστή ποσότητα του σωστού προϊόντος στον σωστό πελάτη στον σωστό τόπο και χρόνο σε σωστή τιμή». Σχηματικά ο ρόλος και τα στοιχεία της Διαχείρισης Εφοδιαστικής βάσει των παραπάνω ορισμών αποδίδονται στο σχήμα 1.1.

---

<sup>4</sup> Επαγγελματικός σύλλογος που εκπροσωπεί τους κλάδους μεταφορών και logistics στο Ηνωμένο Βασίλειο. Σχηματίστηκε από την συγχώνευση του Chartered Institute of Transport (CIT) και του Institute of Logistics and Transport (ILT).



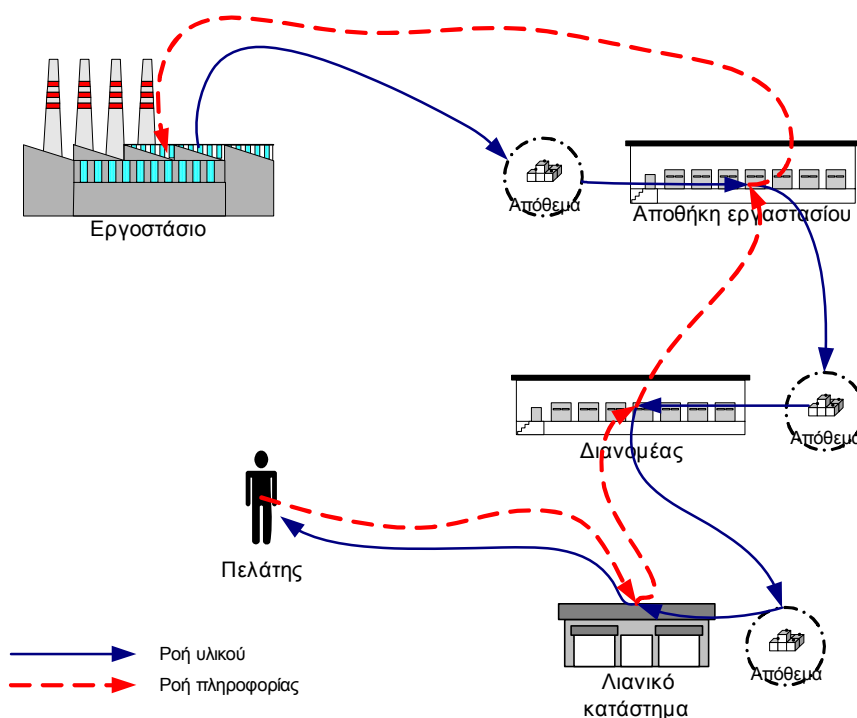
Σχήμα 1.1 Στοιχεία της Διαχείρισης Εφοδιαστικής

## 1.2 Εφοδιαστική αλυσίδα

Η διεθνής βιβλιογραφία παρέχει διάφορες παραπλήσιες εκδοχές στον ορισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ο πιο συνηθισμένος ορισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας (από τους Houlihan (1985), Jones and Riley (1984), Stevens (1989), Scott and Westbrook (1991), Lee and Billington (1993), and Lamming (1996)) είναι ότι αποτελεί ένα σύστημα προμηθευτών, κατασκευαστών, διανομέων, λιανοπωλητών και πελατών, στο οποίο τα υλικά ρέουν από τους προμηθευτές προς τους πελάτες ενώ οι πληροφορίες ρέουν αμφίδρομα.

Ειδικότερα ο Stevens (1989) ορίζει την εφοδιαστική αλυσίδα ως: «...μία συνδεδεμένη σειρά από δραστηριότητες η οποία σχετίζεται με τον σχεδιασμό, τον συντονισμό και τον έλεγχο των υλικών, των ημιέτοιμων και των έτοιμων προϊόντων από τον προμηθευτή στον πελάτη. Σχετίζεται με δύο διαφορετικές ροές (υλικού και πληροφορίας) διαμέσου του οργανισμού» Ο Stevens περιγράφει την εφοδιαστική αλυσίδα ως ένα σύστημα του οποίου τα συστατικά μέρη περιλαμβάνουν τους προμηθευτές των υλικών, τις παραγωγικές εγκαταστάσεις, τις υπηρεσίες διανομής και τους πελάτες συνδεδεμένους με την «προς τα εμπρός» ροή των υλικών και την «προς τα πίσω» ροή των πληροφοριών.

Το Σχήμα 1. 2 δείχνει το κλασσικό μοντέλο εφοδιαστικής αλυσίδας του Forrester.



**Σχήμα 1.2: Η εφοδιαστική αλυσίδα του Forrester. Πηγή: Forrester (1961)**

Οι Sunil και Meindl (2001) έδωσαν τον ορισμό «η εφοδιαστική αλυσίδα είναι δυναμική και περιλαμβάνει την συνεχή ροή πληροφορίας, προϊόντων και κεφαλαίου μεταξύ διαφόρων σταδίων. Κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας εκτελεί διαφορετικές διεργασίες και αλληλεπιδρά με τα υπόλοιπα στάδια της».

Σε στρατηγικό επίπεδο οι Fandel and Stammen (2004) ορίζουν την εφοδιαστική αλυσίδα ως την διαδικασία επανεξέτασης, από μία επιχείρηση (κυρίως διεθνούς εμβέλειας) των σχέσεων της με τους προμηθευτές και τους πελάτες της, με σκοπό την εκκίνηση νέων επιχειρηματικών πεδίων.

Ο Beamon (1996) συνδέει την εφοδιαστική αλυσίδα με την έννοια της ολοκλήρωσης των επιχειρηματικών λειτουργιών. Συγκεκριμένα ορίζει την εφοδιαστική αλυσίδα ως εξής: «Μία ολοκληρωμένη διαδικασία όπου ένα πλήθος ποικίλων επιχειρηματικών οντοτήτων (προμηθευτές, παραγωγοί, διανομείς και λιανοπωλητές), εργάζονται από κοινού προκειμένου: α) να αποκτήσουν πρώτες ύλες και εξαρτήματα, β) να μετατρέψουν αυτά τα υλικά σε συγκεκριμένα τελικά προϊόντα και γ) να παραδώσουν αυτά τα τελικά προϊόντα στους λιανοπωλητές».

Εξάλλου το CLM στον επίσημο ορισμό του για την διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει την συνεργασία και τον συντονισμό των συνεργατών της ΕΑ,

οι οποίοι μπορεί να είναι προμηθευτές, ενδιάμεσοι έμποροι, παροχείς υπηρεσιών logistics και πελάτες.

Ένας διαφοροποιημένος ορισμός της ΕΑ αποδίδεται από τους V.A. Marbert και M.A. Venkataramanan(1998): «Εφοδιαστική αλυσίδα είναι το δίκτυο των εγκαταστάσεων και δραστηριοτήτων το οποίο εκτελεί τις λειτουργίες ανάπτυξης προϊόντος, εφοδιασμού των υλικών από τους προμηθευτές, κίνησης των υλικών ανάμεσα στις εγκαταστάσεις, παραγωγής των προϊόντων, διανομής των τελικών προϊόντων στους πελάτες και υποστήριξης τους μετά την πώληση για την διατήρηση τους.»

Μια πιο στενή οπτική της ΕΑ εστιάζει στην απλούστερη τοπολογία δικτύου, συγκεκριμένα σε μία ροή υλικών με κάθε κόμβο (επιχείρηση) του δικτύου να διαθέτει έναν «πρόγονο» και έναν «απόγονο». Οι πληροφορίες ανταλλάσσονται όχι μόνο ανάμεσα σε δύο διαδοχικούς κόμβους που λειτουργούν ως πωλητής και αγοραστής, αλλά ανάμεσα σε όλους τους κόμβους – μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να αποτελείται είτε από ανεξάρτητες επιχειρήσεις, είτε από μεμονωμένες μονάδες της ίδιας επιχείρησης.

Τέλος ένα ενδεικτικός ορισμός που μετατρέπει τον όρο «αλυσίδα» με την έννοια του δικτύου, (φαινόμενο σύνηθες κατά την πιο σύγχρονη αντίληψη της εφοδιαστικής αλυσίδας) προέρχεται από τους Harland et al. (2001): «Η εφοδιαστική αλυσίδα είναι ένα δίκτυο συνδεδεμένων (με ανάντις και κατάντις συνδέσμους) οντοτήτων, που σχετίζονται με τις διάφορες διαδικασίες και δραστηριότητες που μέσω των προϊόντων ή υπηρεσιών παράγουν αξία για όλους τους ενδιάμεσους και τελικούς καταναλωτές. Οι οντότητες αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν προμηθευτές, μεταφορείς, εγκαταστάσεις παραγωγής, κέντρα διανομής, λιανοπωλητές, πελάτες ή και οντότητες ανακύκλωσης».

### 1.2.1 Ανάλυση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

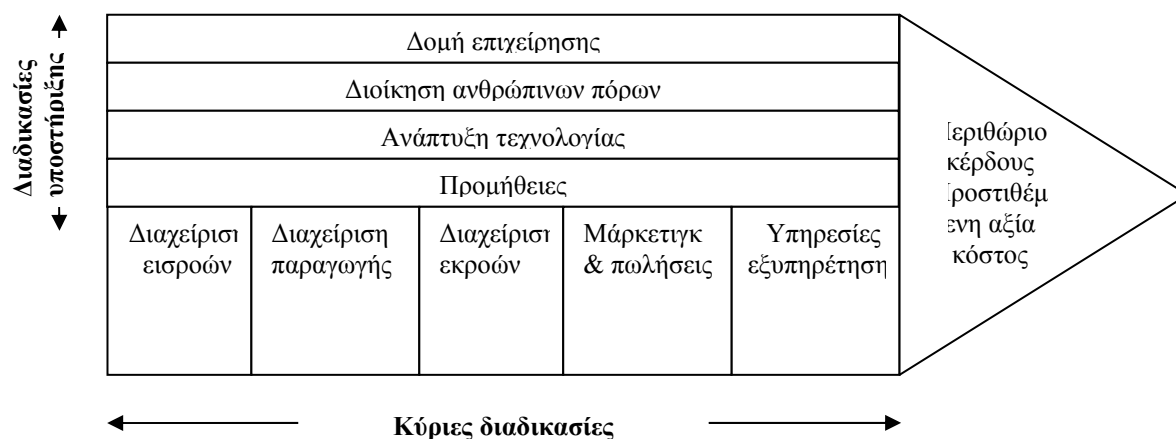
Ο ορισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας όπως έχει αποδοθεί στην διεθνή βιβλιογραφία και παρατέθηκε στις προηγούμενες παραγράφους, παρέχει μία γενική και φωτογραφική εικόνα της αποδιδόμενης έννοιας και του πεδίου δράσης της χωρίς να υπεισέρχεται λεπτομερειακά στην ουσία, στην ακριβή δομή και στην σκοπιμότητα μελέτης της έννοιας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στις επόμενες παραγράφους, καταγράφεται ένα μέρος της ερευνητικής προσπάθειας για την συστηματική ανάλυση των δομικών συστατικών της

εφοδιαστικής αλυσίδας. Ως δομικά συστατικά μπορούν να χαρακτηριστούν οι φορείς, τα επίπεδα, τα στάδια και οι διαδικασίες που συμμετέχουν και συνιστούν μια εφοδιαστική αλυσίδα.

Η ανάλυση αυτών των στοιχείων και κυρίως του τρόπου αλληλεπίδρασης των δεν αποτελεί απλά μία βιβλιογραφική ή εγκυκλοπεδική αναζήτηση, αλλά αποσκοπεί μέσα από την εμπειρική παρατήρηση και την εξειδικευμένη επιστημονική / επαγγελματική γνώση στην δημιουργία ενός πλαισίου ερμηνείας, ποσοτικοποίησης, μέτρησης, μοντελοποίησης και προσομοίωσης της οντότητας που ονομάζεται εφοδιαστική αλυσίδα, με απώτερο στόχο την κατά το δυνατόν καλύτερη διαχείριση της.

### Αλυσίδα αξίας

Το μοντέλο της αλυσίδας αξίας (value chain) αναπτύχθηκε και διαδόθηκε από τον Michael Porter το 1985 στο best-seller «Ανταγωνιστικό πλεονέκτημα: Δημιουργώντας και διατηρώντας απόδοση υπεροχής». Κατά το μοντέλο της αλυσίδας αξίας μία επιχείρηση καθορίζεται από το σύνολο των βηματικών διαδικασιών (ή καλύτερα της αλυσίδας των διαδικασιών) που είναι απαραίτητες για την υλοποίηση των βασικών της λειτουργιών και συγκεκριμένα του σχεδιασμού, της παραγωγής, των αγορών, των πωλήσεων, της διανομής και της εξυπηρέτησης των πελατών της. Οι παραπάνω διαδικασίες θεωρούνται σημαντικοί στρατηγικοί παράγοντες, απαρτίζουν την αλυσίδα αξίας και ονομάζονται διαδικασίες προστιθέμενης αξίας γιατί προσθέτουν αξία στα προς πώληση προϊόντα ή υπηρεσίες. Κατά την εφαρμογή του μοντέλου αναγνωρίζεται τόσο η αξία όσο και το κόστος, κάθε μιας εκ των δραστηριοτήτων.



**Σχήμα 1.3: Αλυσίδα Αξιών**

Όπως διακρίνεται από το σχήμα 1.3 οι διαδικασίες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, στις κύριες και στις διαδικασίες υποστήριξης. Οι κύριες σχετίζονται με τη φυσική δημιουργία του προϊόντος, την πώληση και διανομή του στον τελικό αγοραστή και την εξυπηρέτηση του τελευταίου. Συγκεκριμένα συμπεριλαμβάνουν τα εξής:

- Εσωτερικές διαδικασίες διαχείρισης εισροών, που απαιτούνται για την παραλαβή, αποθήκευση και εσωτερική διανομή των εισαγόμενων –στην επιχείρηση- προϊόντων / υπηρεσιών όπως τη διαχείριση των υλικών, τον έλεγχο αποθεμάτων, την αποθήκευση και την διαχείριση των αποθηκών.
- Λειτουργίες που σχετίζονται με την παραγωγή όπως η επεξεργασία, η κατασκευή, η συναρμολόγηση, ο έλεγχος και η συσκευασία.
- Εξωτερικές διαδικασίες διαχείρισης εκροών, που αφορούν την αποθήκευση και διανομή των προϊόντων / υπηρεσιών προς τους πελάτες, όπως αποθήκευση, παραγγελιοληψία και μεταφορά.
- Πωλήσεις και Μάρκετινγκ, όπως διαφήμιση, πώληση, κοστολόγηση και προώθηση.
- Υπηρεσίες που σχετίζονται με την ευρύτερη εξυπηρέτηση πελατών όπως η εγκατάσταση, η συντήρηση και η εκπαίδευση.

Οι διαδικασίες υποστήριξης υποστηρίζουν τις κύριες, παρέχοντας λειτουργίες προμήθειας υλικών (έτοιμων ή ημιέτοιμων), τεχνολογικούς και ανθρώπινους πόρους καθώς και διάφορες λειτουργίες που αφορούν τη δομή της επιχείρησης. Ειδικότερα περιλαμβάνουν:

- Προμήθειες υλικών που αφορούν όλες τις διαδικασίες προμήθειας πρώτων υλών και εξοπλισμού (εκτός των ανθρώπινων πόρων).
- Διαδικασίες έρευνας / ανάπτυξης νέων προϊόντων και τεχνολογιών και διαχείρισης αυτών.
- Διαδικασίες διαχείρισης ανθρώπινων πόρων, όπως πρόσληψη, εκπαίδευση και επανατοποθέτηση προσωπικού.
- Διαδικασίες που σχετίζονται με τη γενική δομή της επιχείρησης όπως την τμηματοποίηση σε χρηματοδότηση, σχεδιασμό, έλεγχο ποιότητας και την ανάθεση αρμοδιοτήτων σε επιμέρους Διευθύνσεις της επιχείρησης κλπ.

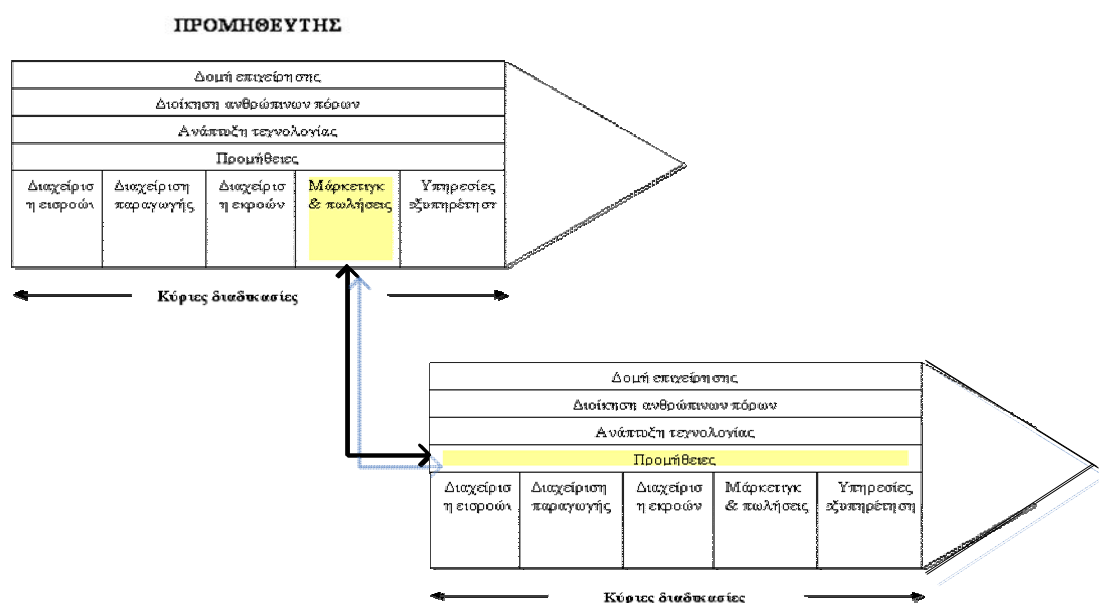
Το πλαίσιο της αλυσίδας αξίας, γρήγορα απέκτησε μεγάλη δημοτικότητα και ευρεία χρήση στην διαχείριση των επιχειρήσεων ως ένα ισχυρό εργαλείο στρατηγικού

σχεδιασμού. Ο σκοπός του είναι η μεγιστοποίηση της προστιθέμενης αξίας με το ταυτόχρονο ελάχιστο κόστος.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι οι επιχειρήσεις δεν είναι αποτελεσματικά ανταγωνιστικές όταν βρίσκονται σε απομόνωση από τους προμηθευτές και όλες τις υπόλοιπες οντότητες της αλυσίδας αξιών. Μία επιχείρηση συνήθως δεν διαθέτει τις απαραίτητες δεξιότητες και τους πόρους για τη διαχείριση και τον έλεγχο της ροής προϊόντων / υπηρεσιών και πληροφοριών από τις αρχικές προμήθειες μέχρι την τελική κατανάλωση (Ballou 1999). Έτσι η ανάγκη για τη δημιουργία συνεργασιών διαφαίνεται όλο και περισσότερο (Meatzer et all. 2001).

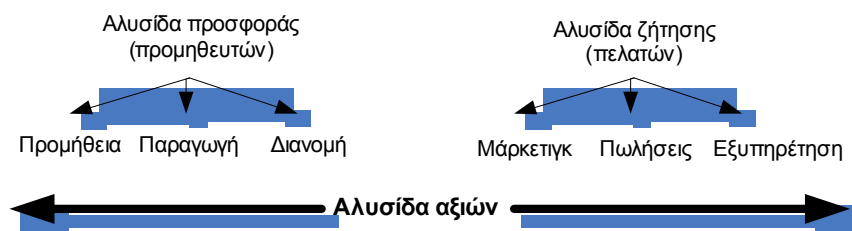
Η ιδέα της αλυσίδας αξίας επεκτάθηκε και πέρα από τις μεμονωμένες επιχειρήσεις και βρήκε εφαρμογή σε ολόκληρα δίκτυα συνεργαζομένων επιχειρήσεων. Η παράδοση ποικιλίας προϊόντων και υπηρεσιών στον τελικό καταναλωτή κινητοποιεί διαφορετικούς φορείς, εκ των οποίων ο καθένας διαχειρίζεται την δική του αλυσίδα αξίας.

Από το μοντέλο αλυσίδας αξίας υποστηρίζεται δηλαδή η υλοποίηση αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διαδικασιών προστιθέμενης αξίας μιας επιχείρησης, (για παράδειγμα των διαδικασιών των προμηθειών ενός πελάτη) και των αντίστοιχων διαδικασιών ενός επιχειρηματικού της συνεργάτη, (για παράδειγμα των διαδικασιών μάρκετινγκ και πωλήσεων ενός προμηθευτή) (Σχήμα 1.4).



**Σχήμα 1.4: Παράδειγμα Αλληλεπίδρασης Αλυσίδων Αξιών Μεταξύ Επιχειρήσεων**

Οι αλληλοσυνδεόμενες διαδικασίες που μία επιχείρηση χρησιμοποιεί για την υλοποίηση των συναλλαγών της (αγορά και πώληση προϊόντων και υπηρεσιών) και που απαρτίζουν την ολοκληρωμένη αλυσίδα αξιών, σχηματικά μπορούν να αποδοθούν ως εξής (Porter) (Σχήμα 1.5):



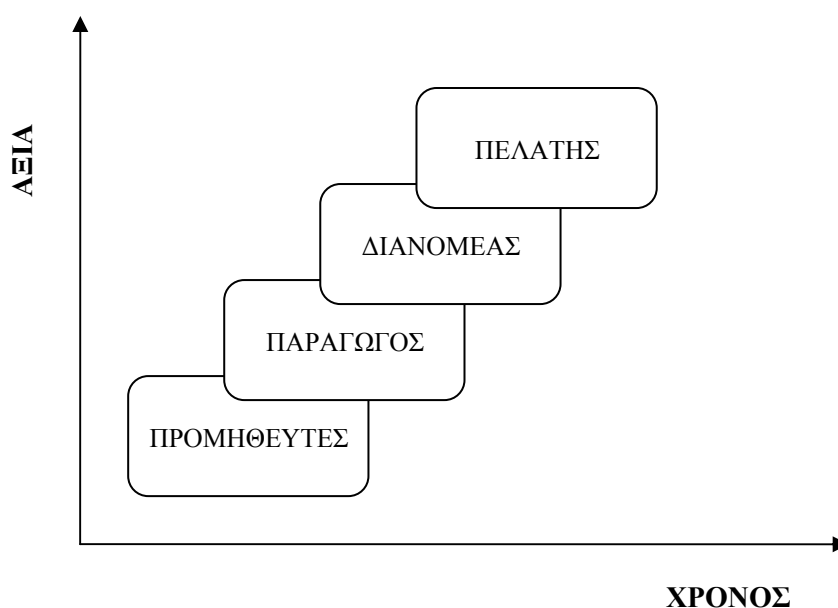
**Σχήμα 1.5 Αλυσίδα αξιών (Porter 1981)**

Οι σημερινές επιχειρήσεις αντιλαμβάνονται σήμερα, περισσότερο από ποτέ, ότι η δραστηριοποίηση και ο διογκούμενος ανταγωνισμός στην παγκόσμια επιχειρηματική σκηνή, επιβάλλουν τη σύναψη δυναμικών δικτύων συνεργασίας με αμοιβαίους στόχους και οφέλη, τα οποία είναι εφικτά μέσα από την πλήρη ενοποίηση διαδικασιών και πληροφοριακών ροών (Simchi-Levi et al. 2000 και Meatzer et al. 2001). Στην βιομηχανία οι συγχρονισμένες αλληλεπιδράσεις των διαφόρων αλυσίδων αξίας δημιουργούν μία εκτεταμένη (ορισμένες φορές σε παγκόσμια κλίμακα) αλυσίδα αξίας. Ο Porter ορίζει αυτό το ευρύτερο διασυνδεδεμένο σύστημα αλυσίδων αξίας ως «σύστημα αξίας». Ένα σύστημα αξίας περιλαμβάνει τις αλυσίδες αξίας των προμηθευτών μιας εταιρίας (και των προμηθευτών αυτών κ.ο.κ.), της ίδιας της εταιρείας, των καναλιών διανομής της εταιρείας και των πελατών της. Βάσει αυτών η σύλληψη της παραγόμενης αξίας κατά μήκος της αλυσίδας είναι πλέον μία αναγκαιότητα.

Η κριτική στο μοντέλο αλυσίδας αξίας του Porter, εστιάζεται στο γεγονός ότι αναγνωρίζει ως κινητήριο δύναμη τον ανταγωνισμό ανάμεσα στις επιχειρήσεις, κάτι που δεν βρίσκει απόλυτη εφαρμογή στην πολυπλοκότητα της σημερινής αγοράς. Η συνεργασία και η διαφοροποίηση είναι οι αξίες όπου σήμερα εστιάζεται το ενδιαφέρον των επιχειρήσεων, καθώς ο ανταγωνισμός έχει μεταφερθεί σε ανώτερο επίπεδο, ανάμεσα δηλαδή σε αλυσίδες επιχειρήσεων. Επιπλέον περιορισμένης αποτελεσματικότητας, θεωρείται σήμερα, η αποκλειστική χρήση των ευμετάβλητων στοιχείων του κόστους λειτουργίας, του καθαρού κέρδους και του περιθωρίου κέρδους που προτείνει ο Porter.

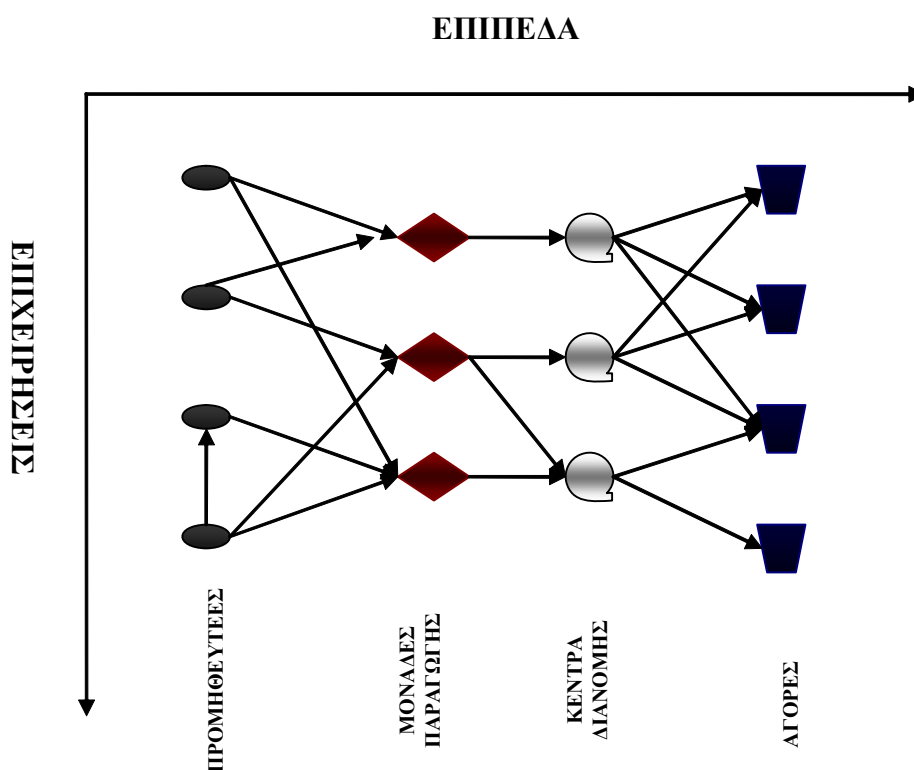


Η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί το γενικά αποδεκτό πλαίσιο του τρόπου δημιουργίας συνεργατικών σχέσεων με άλλες επιχειρήσεις ή και οργανισμούς (προμηθευτές, χονδρέμπορους, λιανέμπορους κλπ). Το πλαίσιο αυτό των επιχειρήσεων που ονομάστηκε επίσης και αλυσίδα ζήτησης (demand chain), ταυτίστηκε όπως αναφέρθηκε με το μοντέλο της αλυσίδας αξιών (value chain) (Lambert et al. 1999). Υλοποιείται όταν δύο ή περισσότερες επιχειρήσεις συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας μία ολόκληρη αλυσίδα επιχειρήσεων, που καθεμία από αυτές προσθέτει αξία στο προϊόν καθώς αυτό μετακινείται κατά μήκος αυτής.



**Σχήμα 1.6: Εφοδιαστική Αλυσίδα Αξιών**

Η εφοδιαστική αλυσίδα προσεγγίσθηκε ως μία αλυσίδα προστιθέμενης αξίας από αρκετούς ερευνητές και συνεχίζεται ακόμη και σήμερα να εξετάζεται υπό αυτό το πρίσμα. Θεωρείται ως το δίκτυο των οργανισμών ή επιχειρήσεων που συμμετέχουν, μέσω συνεχών και αμφίδρομων διασυνδέσεων / αλληλεπιδράσεων, σε διαδικασίες που προσθέτουν αξία στα προϊόντα / υπηρεσίες που παρέχονται στον τελικό πελάτη (Christopher 1992, Meatzer et al. 2001). Σύμφωνα με τους Simchi-Levi et al. 2000 και Shapiro 2001 τα δίκτυα αυτά έχουν συνήθως ένα αυθαίρετο αριθμό επιπέδων και συμμετέχουν σ' αυτά μία ή περισσότερες επιχειρήσεις - κόμβοι. Στο Σχήμα 1.7 διακρίνονταν τέσσερα επίπεδα που συμμετέχουν σ' αυτά μία ή περισσότερες επιχειρήσεις / κόμβοι..



Μία επιχείρηση μπορεί να ανήκει σε πολλά παρόμοια δίκτυα με διαφορετικούς ή ίδιους ρόλους σε καθένα από αυτά. Για παράδειγμα, μία επιχείρηση μπορεί να είναι ταυτόχρονα προμηθευτής σε μία εφοδιαστική αλυσίδα, πελάτης σε μία άλλη και συνεργάτης σε μία τρίτη. Κάθε συμμετέχουσα επιχείρηση είναι πελάτης στο άνω (προηγούμενο από αριστερά) επίπεδο και προμηθευτής στο κατώτερο (επόμενο δεξιά) επίπεδο έως ότου το τελικό προϊόν να φθάσει στον καταναλωτή.

Το παραπάνω δίκτυο έχει τέσσερα επίπεδα. Τα προϊόντα ρέουν από τους προμηθευτές στις μονάδες, από τις μονάδες παραγωγής στα κέντρα διανομής και τελικά από τα κέντρα διανομής στους πελάτες. Γενικά μία εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να διαθέτει αυθαίρετο αριθμό επιπέδων.

Το ενδιαφέρον απέναντι στην έννοια της ΕΑ αυξάνεται σταθερά από την δεκαετία του 1980 όταν οι επιχειρήσεις αντιλήφθηκαν τα πλεονεκτήματα των συνασπισμών συνεργασίας μέσα και πέρα από την εταιρία τους. Μάλιστα, τα τελευταία χρόνια ο όρος συμπεριλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες και διαδικασίες που σχετίζονται με τον σχεδιασμό και την παραγωγή προϊόντων / υπηρεσιών, τη διανομή τους και την εξυπηρέτηση πελατών που εκτελούνται από δύο ή περισσότερες επιχειρήσεις για την

ικανοποίηση των αναγκών των πελατών (Quinn 1997). Σύμφωνα με τους Lee και Billington (1992), η ΕΑ περιγράφει ένα δίκτυο υποστήριξης των λειτουργιών μιας επιχείρησης που σχετίζονται με την αναζήτηση και προμήθεια πρώτων υλών, τον μετασχηματισμό σε έτοιμα ή ημιέτοιμα προϊόντα και τη διανομή των τελικών προϊόντων στους καταναλωτές. Γενικά μπορεί να θεωρηθεί ως ένα δίκτυο αυτόνομων και ημιαυτόνομων επιχειρήσεων που είναι από κοινού υπεύθυνες για το σχεδιασμό του δικτύου τους, τη διαχείριση των πληροφοριακών τους συστημάτων, τις προμήθειες, τον προγραμματισμό παραγωγής, την επεξεργασία των παραγγελιών, τη διαχείριση των αποθεμάτων, την αποθήκευση, τη διαχείριση εισροών και εκροών, τις μεταφορές, την εξυπηρέτηση πελατών και τέλος την απόσυρση μιας ή περισσότερων ομάδων προϊόντων.

Οι επιχειρήσεις αυτές μπορεί να είναι προμηθευτές πρώτων υλών, μεταφορείς, παραγωγοί / κατασκευαστές, κέντρα διανομής, χονδρέμποροι, λιανέμποροι και πελάτες (Lumtus and Alber 1997). Η δομή κάθε εφοδιαστικής αλυσίδας καθορίζεται κύρια από το ρόλο κάθε συμμετέχουσας επιχείρησης. Υπάρχουν αλυσίδες που αποτελούνται από όλα τα στάδια που προαναφέρθηκαν και συμμετέχουν σ' αυτές όλες οι ανωτέρω επιχειρήσεις, αλλά και αλυσίδες στις οποίες παραλείπονται συγκεκριμένα στάδια.

Εφόσον, μία ΕΑ συμπεριλαμβάνει όλες τις διαδικασίες που απαιτούνται για την πώληση ενός προϊόντος ή υπηρεσίας στο πελάτη είναι προφανές ότι δίνεται έμφαση στην ολοκλήρωση της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Επίσης η εφοδιαστική αλυσίδα βασίζεται στην αποτελεσματική ολοκλήρωση όλων των επιπέδων δραστηριοτήτων των επιχειρήσεων, του στρατηγικού, τακτικού και λειτουργικού επιπέδου.

Εξαλλου μία εφοδιαστική αλυσίδα συνήθως αποτελείται από ομάδα γεωγραφικά διασκορπισμένων εγκαταστάσεων όπου οι πρώτες ύλες, τα ενδιάμεσα ή τα τελικά προϊόντα αποκτώνται, μεταποιοούνται, αποθηκεύονται ή πωλούνται (Shapiro, 2001). Αυτές οι εγκαταστάσεις που συνδέονται μέσω των συνδέσμων διαμετακόμισης, μπορεί να χειρίζονται από την ίδια εταιρεία, ή κάποιοι από αυτούς μπορεί να είναι στην ιδιοκτησία και να χειρίζονται από προμηθευτές, πελάτες και εταιρείες 3PL (Third-party Logistics Provider)<sup>5</sup>, ή από άλλες εταιρείες με τις οποίες η εν λόγω εταιρεία έχει συνάψει επιχειρηματική συμφωνία. Για μία εταιρεία κανονικά ο στόχος είναι να προσθέσει αξία στα προϊόντα της καθώς περνούν διαμέσου της εφοδιαστικής

---

<sup>5</sup> Εταιρεία παροχής υπηρεσιών που διαχειρίζεται και εκτελεί λειτουργίες logistics, χρησιμοποιώντας δικές της υποδομές, για λογαριασμό άλλων.

αλυσίδας και να τα μεταφέρει σε γεωγραφικά διασκορπισμένες αγορές στις κατάλληλες ποσότητες, με τα κατάλληλα χαρακτηριστικά, στον σωστό χρόνο και σε ανταγωνιστικό κόστος.

### Δίκτυο αξίας

Ένα νέο μοντέλο που αποπειράται να επεκτείνει την ιδέα της αλυσίδας αξίας, ενσωματώνοντας την αυξανόμενη πολυπλοκότητα της αγοράς είναι το δίκτυο αξίας (value network ή value web). Το δίκτυο αξίας είναι μία πιο σύγχρονη εκδοχή της αλυσίδας αξίας που επεκτείνεται στην έρευνα, στην ανάπτυξη, στον σχεδιασμό προϊόντων, στο marketing, στις πωλήσεις και στην διανομή. Τα συστατικά αυτά λειτουργούν κατ' εναλλαγή για να αυξήσουν την συνολική αξία του προϊόντος. Στο δίκτυο αξίας η πληροφορική τεχνολογία ανάγεται σε μηχανισμό ολοκλήρωσης των επιχειρηματικών λειτουργιών. Σύμφωνα με τους Bovet and Martha (2000), ένα δίκτυο αξίας είναι ένα επιχειρηματικό σχήμα το οποίο χρησιμοποιεί της αρχές της ψηφιακής αλυσίδας προμηθειών για να επιτύχει συγχρόνως τη μέγιστη ικανοποίηση του πελάτη και τη κερδοφορία της εταιρίας. Είναι ένα γρήγορο, ευέλικτο σύστημα που έχει ως οδηγό και είναι ευθυγραμμισμένο σύμφωνα με ένα νέο μηχανισμό επιλογής του πελάτη που ονομάζεται πίνακας επιλογών (choiceboard). Η αξία στο δίκτυο παράγεται από τις σχέσεις ανάμεσα σε κάθε εταιρεία και το φάσμα των προμηθευτών, των ενδιαμέσων (μεταφορείς, εμπόρους λιανικής κ.τ.λ.) και των πελατών της. Δύο είναι οι τύποι των ροών προστιθέμενων αξιών σε ένα δίκτυο, οι απτές και οι άυλες.

Στις απτές περιλαμβάνονται όλες οι ανταλλαγές αγαθών, υπηρεσιών ή χρήματος, συμπεριλαμβανομένων όλων των συναλλαγών. Τα προϊόντα ή οι υπηρεσίες που παράγουν κέρδος ή είναι μέρος της εξυπηρέτησης πελατών συμπεριλαμβάνονται επίσης στις απτές ροές αξίας.

Οι άυλες ροές αξιών διαχωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες: γνώσεις και οφέλη. Η ανταλλαγή γνώσεων αφορά την στρατηγική πληροφόρηση, την γνώση σχεδιασμού, γνώση διαδικασιών, τεχνολογικές γνώσεις, συνεργατική σχεδίαση και ανάπτυξη πολιτικής, οι οποίες υποστηρίζουν το προϊόν και την υλική αλυσίδα αξίας. Τα άυλα οφέλη θεωρούνται επίσης έννοιες που μπορούν να προσφερθούν από ένα άτομο σε άλλο. Για παράδειγμα η τήρηση κοινωνικής πολιτικής ή η συνεργασία με μία αναγνωρισμένη ερευνητική οργάνωση μπορεί να θεωρηθεί ότι προσφέρουν σημαντικά άυλα οφέλη στο επίπεδο γοήτρου και προφίλ.

Τα δίκτυα αξίας είναι ολιστικά στη διασύνδεση τους με τις ανάγκες των πελατών και στην ικανότητα εκπλήρωσης αυτών. Είναι μη γραμμικά συστήματα, πολλές δράσεις λαμβάνουν χώρα συγχρόνως για να ανταποκριθούν στις προτιμήσεις του πελάτη, είναι συνεργατικά και συστημικά, ευκίνητα, γρήγορης ροής και ψηφιακά υποστηριζόμενα. Τα δίκτυα αξίας, οδηγούνται από τέσσερις κανόνες κλειδιά (Bovet and Martha, 1999), οι οποίοι είναι:

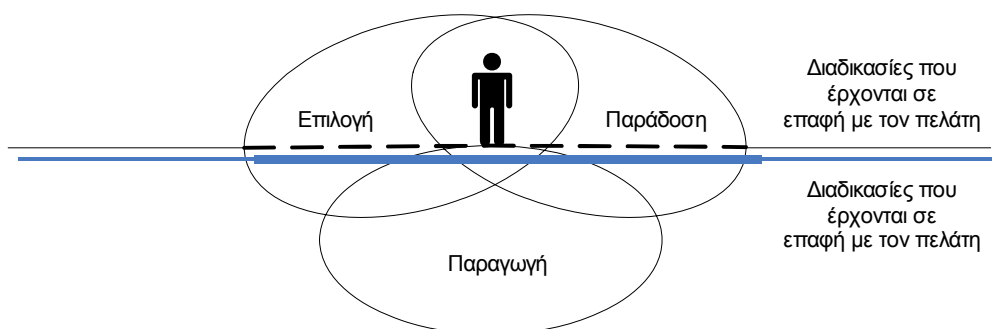
- Απομάκρυνση της αβεβαιότητας. Η καλή πληροφόρηση, που επιτυγχάνεται, αντικαθιστά τα μη επιθυμητά αποθέματα. Η συνεργατική πρόβλεψη, τα σχεδιασμένα από πελάτες προϊόντα και οι ελεγχόμενες διαδικασίες παράδοσης απομακρύνουν την εικασία από το σύστημα. Αυτό μειώνει τα απαιτούμενα αποθέματα μέσα στο κύκλο παραγωγής και επιτρέπει στις εταιρίες να μειώσουν το ενεργητικό τους μειώνοντας το απόθεμα των εξαρτημάτων και των ετοιμών προϊόντων τους,
- Αύξηση της ταχύτητας. Η ταχύτητα είναι βασικό στοιχείο για την άμεση ικανοποίηση της ζήτησης. Επίσης είναι απαραίτητη για τη μείωση του ρίσκου της αχρηστίας των προϊόντων λόγω παλαιότητας σε κατηγορίες προϊόντων με μικρό κύκλο ζωής όπως τα ηλεκτρονικά και για την αποφυγή δέσμευσης κεφαλαίου σε αδιάθετο απόθεμα.
- Αύξηση των εσόδων. Ένα ευέλικτο δίκτυο αξίας προσδίδει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα γιατί αποτελεί τη καλύτερη λύση για την ικανοποίηση της ζήτησης των πελατών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή τιμή ρευστοποίησης για το προϊόν ή την ικανότητα για απευθείας χρέωση των υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας που παρέχονται. Ο πελάτης μπορεί να επιλέξει σχεδιαστικά χαρακτηριστικά, να ορίσει τρόπους παράδοσης, να λάβει πληροφορίες για το προϊόν και να έχει υποστήριξη μετά τη πώληση με τρόπους που πριν λίγα χρόνια ήταν απλά όνειρο.
- Αύξηση της παραγωγικότητας. Τα ανταγωνιστικά δίκτυα αξίας είναι αποδοτικά αλλά όχι σαν το είδος αποδοτικότητας που προκύπτει από τη μαζική παραγωγή<sup>6</sup> η οποία κυριάρχησε στο μεγαλύτερο τμήμα του εικοστού αιώνα. Τα νέα δίκτυα αξίας πολλαπλασιάζουν τη παραγωγικότητα και μειώνουν τα κόστη δραματικά γρήγορα σε αντίθεση με τις μετριοπαθείς

---

<sup>6</sup> Η παραγωγή τεράστιων ποσοτήτων τυποποιημένων προϊόντων σε κατάλληλα σχεδιασμένες γραμμές παραγωγής. Χάρis στους υψηλούς ρυθμούς παραγωγής ανά εργαζόμενο επιτρέπει χαμηλές τιμές προϊόντων. Διαδόθηκε από τον Henry Ford στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα.

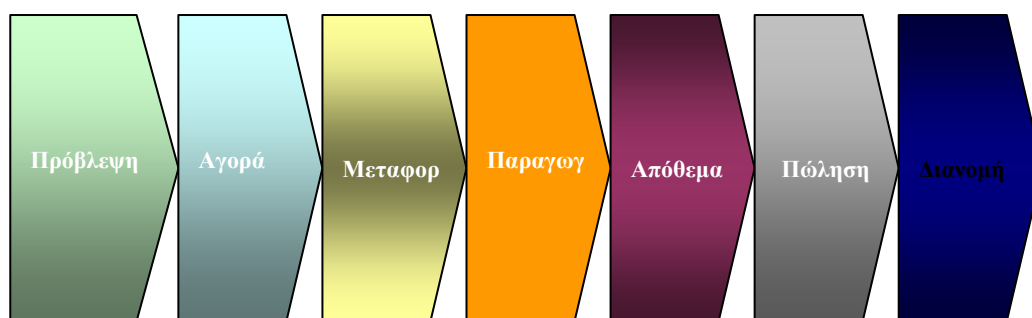
απολαβές που μας παρέχει η βελτιστοποίηση της παραδοσιακής αλυσίδας προμήθειας.

Οι τρεις κατηγορίες δραστηριοτήτων που θα πρέπει να εμπλέκονται στο επιχειρηματικό μοντέλο ενός δικτύου αξίας είναι η επιλογή του πελάτη (με την έννοια του τομέα της αγοράς), η παραγωγή και η παράδοση του προϊόντος (Povet and Martha, 2000). Η σχέση αυτών των δραστηριοτήτων μεταξύ τους και η σχέση του με τον πελάτη φαίνεται στο εικόνα 1.8.

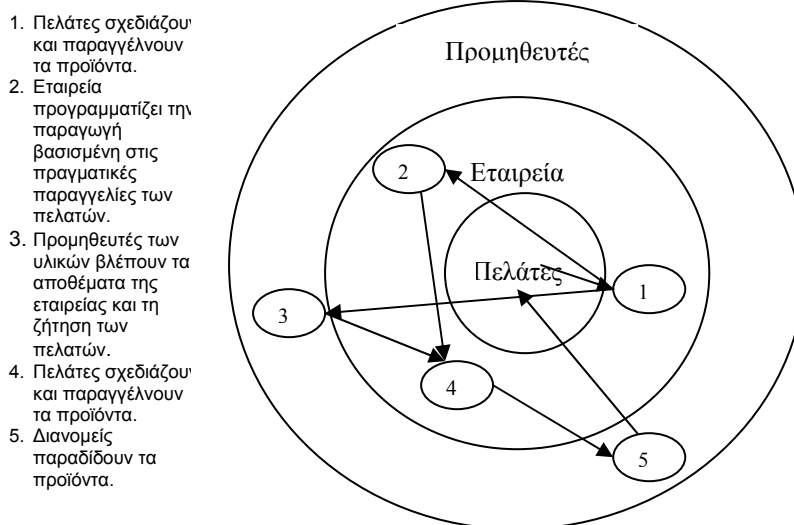


**Εικόνα 1.8 Κατηγορίες δραστηριοτήτων**

Τα δίκτυα αξίας αντιπροσωπεύουν ένα δραστήριο νέο τύπο επιχειρηματικού σχήματος το οποίο προσδιορίζει ολοκληρωτικά την στρατηγική μιας εφοδιαστικής αλυσίδας. Στα σχήματα 1.9 και 1.10 απεικονίζεται η διαφορετικότητα στην αντίληψη της εφοδιαστικής αλυσίδας ως δίκτυο αξίας από ότι ως αλυσίδα αξίας.



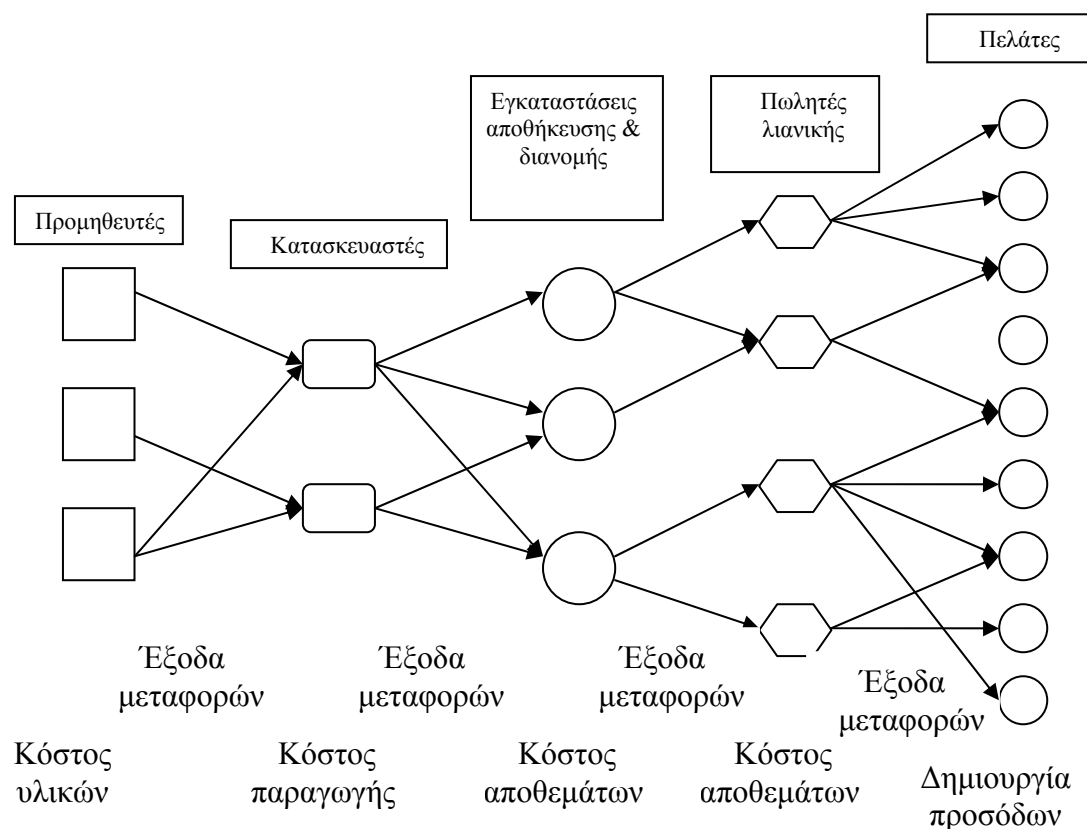
**Σχήμα 1.9 Παραδοσιακή αντίληψη της εφοδιαστικής αλυσίδας**



**Σχήμα 1.10 Εφοδιαστική αλυσίδα ως δίκτυο αξίας**

### Δίκτυο Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Η εφοδιαστική αλυσίδα συχνά αναπαρίσταται ως δίκτυο (σχήμα 1.11). Το δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ένα πρότυπο χρονικών και τοπικών διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα σε κόμβους εγκαταστάσεων, μέσω συνδέσμων διανομής, προσθέτοντας αξία για τους πελάτες. Περιλαμβάνει τη γενική κατάσταση των επιχειρησιακών υποθέσεων, στην οποία όλων των ειδών τα υλικά μετασχηματίζονται και περνούν από σημεία «αύξησης της αξίας». Ο χαρακτηρισμός «δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας» αναφέρεται στο γεγονός ότι πολλές ξεχωριστές επιχειρήσεις εμπλέκονται και πολλές διαφορετικές διαδικασίες και δραστηριότητες ολοκληρώνονται ώστε να βελτιωθεί η αξία των προϊόντων και υπηρεσιών να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις του πελάτη.



**Σχήμα 1.11 Η εφοδιαστική αλυσίδα ως δίκτυο**

Κατά την δημιουργία ενός προϊόντος ο κατασκευαστής προμηθεύεται πρώτες και βοηθητικές ύλες από διάφορους προμηθευτές, ενδιάμεσα προϊόντα από υπεργολάβους και μετά την παραγωγή των τελικών προϊόντος τα παραδίδει μέσω ενός ή συνηθέστερα πολλαπλών διανομέων σε πληθώρα εμπόρων και καταστημάτων λιανικής πώλησης έως τους τελικούς αγοραστές. Κάθε εταιρία ανήκει σε τουλάχιστον μία αλυσίδα αλλά το πιθανότερο είναι να ανήκει σε περισσότερες. Μάλιστα μία εταιρεία μεταποίησης μπορεί να συμμετέχει σε διαφορετικά δίκτυα εφοδιαστικής αλυσίδας με διαφορετικές ιδιότητες (σε κάποιες ως αγοραστής πρώτων υλών και σε κάποιες άλλες ως προμηθευτής ενδιάμεσων προϊόντων). Επίσης κάποια από τα στάδια της μπορεί να παραλείπονται.

Γίνεται αντιληπτό λοιπόν, ότι η δομή των δικτύων εφοδιαστικής αλυσίδας είναι εξαιρετικά μεταβαλλόμενη ως προς την πολυπλοκότητα της, αφού επηρεάζεται άμεσα από τον τύπο των παραγόμενων προϊόντων, τον βαθμό καθετοποίησης των εμπλεκόμενων επιχειρήσεων και τις απαιτήσεις των πελατών.



Εξάλλου, νέες τάσεις της αγοράς και κοινωνικές εξελίξεις, ωθούν προς την ανάπτυξη μοντέλων που θα περιλαμβάνουν πρόσθετες πτυχές της επιχειρησιακής δραστηριότητας, όπως την ανάπτυξη του προϊόντος και την ανακύκλωση (cf. Fleischmann et al., 2000, p. 62 f.). Τα μοντέλα αυτά ανήκουν καλούνται εκτεταμένα δίκτυα εφοδιαστικής αλυσίδας (extended supply chain network).

Αν και τα δίκτυα είναι χρήσιμα πρότυπα απεικόνισης και μελέτης της λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας, αυτός ο τύπος προτύπων παρέχει μόνο υψηλού επιπέδου (στρατηγική) άποψη. Ταυτόχρονα απαιτείται βαθύτερη και πιο λεπτομερειακή ανάλυση στα δομικά στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως τα επιμέρους στάδια, τα επίπεδα, οι διεργασίες, οι φορείς της και ο τρόπος που όλα αυτά συνδέονται μεταξύ τους, ώστε να καταστεί δυνατή η αποτελεσματική παραμετροποίηση και μοντελοποίηση του συνολικού συστήματος.

### 1.2.2 Στάδια Εφοδιαστικής αλυσίδας

Μέχρι τώρα έχει αναπτυχθεί ότι μία εφοδιαστική αλυσίδα ή ένα δίκτυο εφοδιαστικής είναι ένα συντονισμένο σύστημα από οντότητες, δραστηριότητες, πληροφορίες και πόρους που εμπλέκονται στην ανάπτυξη, υλοποίηση και μεταφορά ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας στον πελάτη. Οι οντότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας συνήθως αποτελούνται από παραγωγούς, παροχείς υπηρεσιών υποστήριξης, διανομείς και λιανοπωλητές, ενώ οι δραστηριότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας μετατρέπουν τις πρώτες ύλες και τα εξαρτήματα σε τελικά προϊόντα.

Στην δραστηριότητα λοιπόν της παραδοσιακής εφοδιαστικής αλυσίδας διακρίνονται τρία χαρακτηριστικά στάδια: προμήθεια, παραγωγή και διανομή. Καθένα αυτών των σταδίων μπορεί να λαμβάνει χώρα σε διάφορες εγκαταστάσεις και σε διαφορετικές τοποθεσίες ανά τον κόσμο. Άρα οι εγκαταστάσεις κάθε τοποθεσίας εκτελούν (κατά κανόνα) διαδικασίες, οι οποίες συνθέτουν τα παραπάνω στάδια.

Ένας μηχανισμός παραλαβής υποδέχεται και εισάγει τα υλικά από άλλες ανάντιες εγκαταστάσεις και εν συνεχεία αποθηκεύει αυτά τα υλικά ως απόθεμα. Η παραγωγική διαδικασία (όταν η τοποθεσία αφορά μονάδα παραγωγής) αναλαμβάνει την επεξεργασία των αποθηκευμένων υλικών σε υλικά προς προώθηση με δεδομένη δυναμικότητα. Τα εξερχόμενα υλικά επίσης διατηρούνται σε ένα ποσοστό αποθέματος για να αντιμετωπιστεί ενδεχόμενη έλλειψη εισερχόμενων υλικών.

Επομένως, ολόκληρη η εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα δίκτυο ξεχωριστών περιοχών/εγκαταστάσεων, όπου η κάθε μία διαθέτει ένα σύστημα αποθεματοποίησης με σκοπό να προμηθεύει τις κατάντεις εγκαταστάσεις-μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Αναφορικά με το είδος των συντελούμενων διαδικασιών, τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας διακρίνονται σε εκείνα όπου λαμβάνει χώρα μετασχηματισμός (επεξεργασία/συναρμολόγηση/συσσκευασία) υλικού (πρώτων και βοηθητικών υλών, εξαρτημάτων, ενδιάμεσων ή τελικών προϊόντων) και αυτά κατά τα οποία τα υλικά δεν μετασχηματίζονται με κανένα τρόπο αλλά απλώς αποθηκεύονται, μεταφέρονται ή πωλούνται.

Η αφετηρία των επιχειρησιακών διαδικασιών ενός κύκλου ζωής προϊόντος είναι η διαδικασία της ανάπτυξης. Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη νέων προϊόντων, η δοκιμή της τεχνικής και οικονομικής δυνατότητας πραγματοποίησής τους και η κοστολόγηση πρέπει να πραγματοποιηθούν σε συνεργασία με τους προμηθευτές και τους πελάτες (Thaler, 1999). Απαραίτητα στοιχεία αυτής της επιχειρησιακής διαδικασίας είναι τα έργα ανάπτυξης, από τα οποία δημιουργούνται τα νέα εμπορεύσιμα προϊόντα και τα κέντρα ανάπτυξης στα οποία εκτελούνται τα έργα ανάπτυξης.

Τα υλικά που απαιτούνται για να πραγματοποιήσουν την επόμενη παραγωγική διαδικασία αποκτώνται με τη διαδικασία του εφοδιασμού. Οι προμηθευτές που μπορούν να παρέχουν τα υλικά στον απαραίτητο χρόνο και στην κατάλληλη ποιότητα θεωρούνται ως κεντρικά στοιχεία. Η βάση των σχέσεων με τους προμηθευτές διαμορφώνεται από τις μακροπρόθεσμες συμβάσεις με τους προμηθευτές, ώστε να καθοριστούν οι τιμές των υλικών και οι ελάχιστες και μέγιστες ποσότητες παραγγελίας (Schonsleben, 1998). Υπάρχουν διαθέσιμες διαφορετικές στρατηγικές προμήθειας κατά τον επιλογή των προμηθευτών, με τις οποίες, από στρατηγική σκοπιά, οι στρατηγικές ειδικότερα για τον καθορισμό του αριθμού των επιλογών σε προμηθευτές και της προέλευσης τους είναι πολύ σημαντικές (Kuhl, 1998).

Οι αποθήκες είναι απαραίτητες για να συγχρονίσουν την κατανάλωση και την παραγωγή των υλικών μέσω της συσσώρευσης των αποθεμάτων (Schonsleben, 1998) και της κατάλληλης αποθεματικής πολιτικής.

Στην παραγωγική διαδικασία τα εισερχόμενα υλικά μετατρέπονται ή συνδυάζονται σε προϊόντα. Τα υλικά που αποκτήθηκαν στη διαδικασία προμήθειας χρησιμοποιούνται

για αυτόν το σκοπό και διαμορφώνουν την υλική ροή στην παραγωγική διαδικασία. Τα προϊόντα αντιπροσωπεύουν τη ροή των εξερχόμενων υλικών ή αγαθών. Τα κεντρικά στοιχεία είναι οι εγκαταστάσεις, οι οποίες ανάλογα με τα επίπεδα συγκέντρωσης, μπορεί να είναι πλήρη εργοστάσια ή μικρότεροι τομείς όπως γραμμές παραγωγής (Kasilingam, 1998).

Οι σημαντικότεροι στόχοι στη διαδικασία διανομής είναι ή παραλαβή και η παράδοση των προϊόντων στους πελάτες σύμφωνα με τις απαιτήσεις τους. Μπορούν να τεθούν περιορισμοί σε σχέση με την ποσότητα, το βάρος και τον όγκο των μεμονωμένων προϊόντων, όπως και για την πλήρη ροή υλικού σε ένα κέντρο διανομής. Οι στρατηγικές που είναι γνωστές από τη διαδικασία προμηθειών, διαδραματίζουν έναν σημαντικό ρόλο στην ανάθεση των κέντρων διανομής στους κατάντεις λιανοπωλητές και στις περιοχές πελατών και πωλήσεων. (Ereng et al., 1999)

Το έργο της λιανικής διαδικασίας (retail process) καλύπτει την οργάνωση των περιοχών πωλήσεων, τον σχεδιασμό των κέντρων διανομής στις περιοχές πωλήσεων και την κατάρτιση προβλέψεων πωλήσεων για τα ξεχωριστά προϊόντα. Κεντρικά στοιχεία της λιανικής διαδικασίας είναι τα καταστήματα διάθεσης (retail outlets), είτε υπό μορφή ανεξάρτητων πωλήσεων και υποκαταστημάτων υπηρεσιών (service branches) ή υπό μορφή συνεργασίας με άλλες επιχειρήσεις. Η διαδικασία λιανικής, όπου τα προϊόντα πωλούνται στους τελικούς πελάτες, συνδέεται με τη διαδικασία πωλήσεων. Τα κεντρικά στοιχεία αυτής της επιχειρησιακής διαδικασίας είναι οι πελάτες και οι περιοχές πωλήσεων. Ορισμένοι συγγραφείς δεν συμμερίζονται την ευρέως διαδεδομένη άποψη, ότι η διαδικασία πωλήσεων πρέπει να ειδωθεί ως συστατικό της λιανικής διαδικασίας.

Εάν δεν μπορεί να γίνει περαιτέρω χρήση των προϊόντων, αυτά περνούν στη διαδικασία ανακύκλωσης. Τα απαραίτητα στοιχεία στη διαδικασία ανακύκλωσης, είναι τα κέντρα ανακύκλωσης, στα οποία τα προϊόντα μπορούν να συλλεχθούν, να αξιολογηθούν και να διευθετηθούν με φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους (Thaler, 1999).

### **1.2.3 Ροές εφοδιαστικής αλυσίδας**

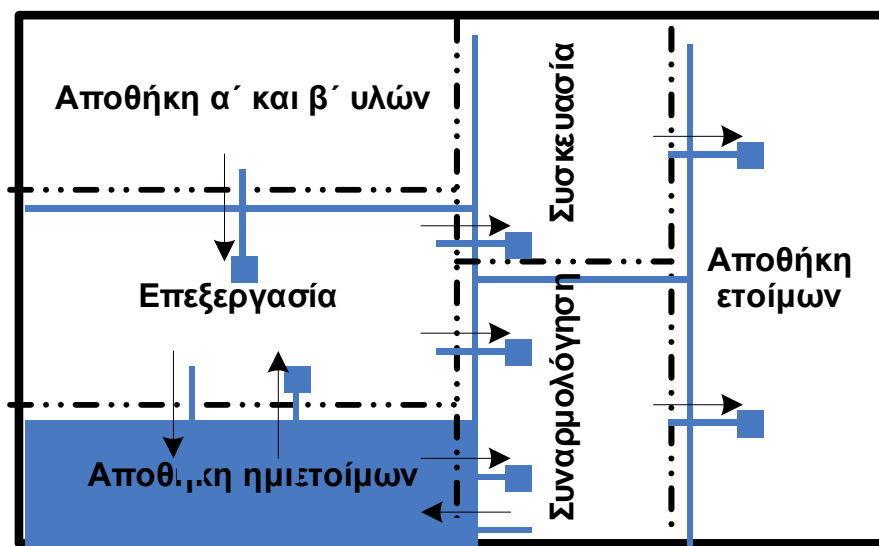
Στην βιβλιογραφία της ΕΑ οι ροές που συντελούνται ανάμεσα στα διάφορα επίπεδα και στάδια της αλυσίδας αντιμετωπίζονται συχνά ως τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά τους. Βάσει των ροών πολλοί ερευνητές προσπάθησαν να ερμηνεύσουν, να

μοντελοποιήσουν ή και να προσομοιώσουν την εν γένει λειτουργία των εφοδιαστικών αλυσίδων.

Οι ροές μιας εφοδιαστικής αλυσίδας μπορούν να διαχωριστούν ως προς το αντικείμενο, το περιβάλλον και την κατεύθυνση τους. Αναφορικά με το αντικείμενο της ροής, υπάρχουν διαφορετικές θεωρήσεις για το πόσες είναι οι ευδιάκριτες ροές σε μία ΕΑ. Οι Lee and S. Ng (1998) δηλώνουν ότι υπάρχουν τουλάχιστον τρία είδη ροών σε μια ΕΑ: ροές υλικών, ροές πληροφορίας και οικονομικές ροές. Αυτές οι τρεις ροές είναι αλληλοεξαρτώμενες και σε μερικές περιπτώσεις, είναι υποκατάστατα η μία της άλλης. Μερικοί συγγραφείς προσθέτουν την ροή εργασίας. Υποστηρίζουν ότι το υλικό, οι πληροφορίες και τα χρήματα δεν μπορούν να κινηθούν, παρά μόνο αν εμπλακεί και η αποτελεσματική ροή εργασίας η οποία μπορεί να τα κάνει να ρέουν αποτελεσματικά. Επίσης μερικοί συντάκτες δηλώνουν ότι εφόσον η εφοδιαστική αλυσίδα είναι μια αλυσίδα προστιθεμένης αξίας, υπάρχει μια άλλης μορφής ροή, η ροή αξίας. Ο Forrester υποστήριζε ότι διακρίνονται πέντε διαφορετικές ροές για οποιαδήποτε επιχειρηματική δραστηριότητα (χρήμα, παραγγελίες, υλικά, προσωπικό και εξοπλισμός) και ότι αυτές συσχετίζονται μέσω ενός δικτύου πληροφοριών, το οποίο δίδει στο ολικό σύστημα τον δικό του χαρακτήρα.

Επιπλέον, βάσει του περιβάλλοντος όπου πραγματοποιούνται, οι ροές της ΕΑ μπορούν να διακριθούν στις εσωτερικές, αυτές δηλαδή που διενεργούνται στα όρια της ίδιας επιχείρησης και στις εξωτερικές, όσες δηλαδή υλοποιούνται ανάμεσα σε μία επιχείρηση και στους προμηθευτές, στους υπερβολάβους ή στους πελάτες της. Οι εξωτερικές ροές μάλιστα διακρίνονται και ως προς το «μήκος» τους, εάν δηλαδή αφορούν μόνο σε «γειτονικές» επιχειρήσεις ή έχουν και ευρύτερη εφαρμογή σε μεγαλύτερο τμήμα της αλυσίδας. Η παράμετρος αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε ότι αφορά την ικανότητα ενοποίησης και συνεργατικής λειτουργίας μιας εφοδιαστικής αλυσίδας.

Τέλος μία άλλη διάκριση των ροών αφορά την κατεύθυνση τους. Υπάρχουν ροές που ρέουν προς μία μόνο κατεύθυνση της αλυσίδας (π.χ από τον προμηθευτή πρώτων υλών προς τον παραγωγό), ροές που κινούνται προς αμφότερες τις δύο γραμμικές κατευθύνσεις (π.χ. πληροφορία ανάμεσα σε παραγωγό και διανομέα), αλλά και οριζόντιες ροές σε επιχειρήσεις του ίδιου επιπέδου (π.χ. δύο μεταφορικές εταιρείες ανταλλάσσουν χρήσιμες πληροφορίες, ή δύο λιανοπωλητές ανταλλάσσουν εμπορεύματα για να καλύψουν τις ελλείψεις τους).



Σχήμα 1.12: Δείγμα της εσωτερικής ροής υλικών σε μία μονάδα

Γενικά μία σειρά από μεθοδολογίες και θεωρητικά πλαίσια για την διαχείριση τμημάτων της εφοδιαστικής αλυσίδας ανάγονται στην μελέτη ροών που ανήκουν στις προαναφερθείσες κατηγορίες. Η διαχείριση υλικού (material handling) αφορά στην ουσία την διαχείριση της εσωτερικής ροής υλικών. Η διαχείριση διανομής αφορά στην εξωτερική ροή υλικών και το ίδιο ισχύει με την διαχείριση των επιστροφών (Return goods handling) με διαφοροποίηση όμως ως προς την κατεύθυνση της ροής. Εξάλλου η αντίστροφη εφοδιαστική (reverse logistics) αφορά την διαχείριση πληροφορίας με αντίθετη κατεύθυνση προς εκείνης των υλικών.

Στην συνέχεια πραγματοποιείται μία συνοπτική περιγραφή των δύο βασικότερων ροών που αναγνωρίζονται και συνήθως χρησιμοποιούνται από τους ερευνητές για την μοντελοποίηση της ΕΑ, της ροής υλικών και της ροής πληροφοριών.

#### Ροή υλικών.

Η διαχείριση της ροής υλικών αφορά όλες τις κινήσεις πρώτων και βοηθητικών υλών, ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων. Επίσης μπορεί να αφορά την προμήθεια εξαρτημάτων και ανταλλακτικών για την αναβάθμιση ή συντήρηση του παραγωγικού εξοπλισμού. Διενεργείται ανάμεσα σε όλα τα επίπεδα της ΕΑ. Επίσης διενεργείται με την έννοια της εσωτερικής ροής στα στάδια της παραγωγής και αποθήκευσης για την αποδοτικότερη λειτουργία της μονάδας και του κέντρου διανομής.

Επιλέγοντας τον κατάλληλο αριθμό και την τοποθεσία μονάδων και εγκαταστάσεων, διαμορφώνοντας το κατάλληλο σύνολο προμηθευτών και στοχοθετώντας

συγκεκριμένες περιοχές προώθησης των πωλήσεων είναι μερικές στρατηγικές αποφάσεις που επηρεάζουν καθοριστικά την αποδοτικότητα ροής των υλικών. Επίσης σε λειτουργικό επίπεδο, η ελαχιστοποίηση των αποστάσεων μετακίνησης των υλικών στις μονάδες παραγωγής, η μείωση των συμφορήσεων και των απωλειών λόγω φθοράς και η εύρυθμη οργάνωση των αποθηκευτικών χώρων συμβάλλουν αποφασιστικά στην βελτίωση της συνολικής λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η ροή των υλικών είναι καθοριστική για το επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών, υπό την έννοια της διαθεσιμότητας, της διατήρησης της ποιότητας των προϊόντων και του χρόνου εκπλήρωσης παραγγελίας. Ταυτόχρονα οι κινήσεις των υλικών δημιουργούν έξοδα χωρίς να προσθέτουν απτή αξία στα προϊόντα, ωθώντας έτσι τους αρμόδιους λειτουργικούς διαχειριστές προς την εξάλειψη τους. Συνεπώς ο ευρύτερος στόχος της διαχείρισης ροής των υλικών, οφείλει να εξισορροπεί τις δύο αντίθετες αυτές παραμέτρους στα πλαίσια μιας ενιαίας στρατηγικής παρεχόμενου επιπέδου εξυπηρέτησης – κόστους λειτουργίας.

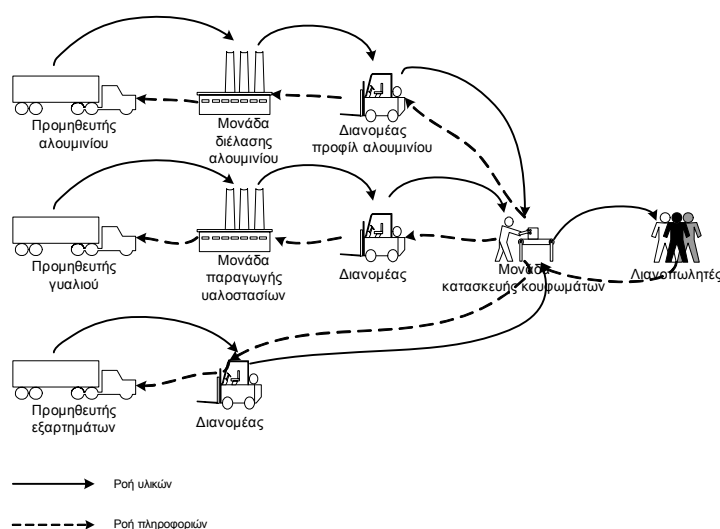
#### Ροή πληροφοριών

Η ροή πληροφοριών εμπλέκεται και επηρεάζει σημαντικά όλες τις πτυχές λειτουργίας μιας επιχείρησης, σε όλους τους τομείς και σε όλες τις βαθμίδες. Σε μία εφοδιαστική λειτουργία με την αυξημένη πολυπλοκότητα και ετερογένεια των εμπλεκόμενων φορέων που την διακρίνει, είναι σαφές ότι η ροή της πληροφορίας διαδραματίζει πολλαπλάσια σημαντικότερο ρόλο. Οι ροές πληροφορίας λειτουργικά έχουν άμεσο αντίκτυπο στον προγραμματισμό παραγωγής, στον έλεγχο αποθέματος, στον σχεδιασμό διανομών κ.τ.λ. Σε τακτικό επίπεδο η ροή της πληροφορίας ανάμεσα στα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας επηρεάζει την συνολική ανταγωνιστικότητα της, ενώ σε στρατηγικό επίπεδο κατευθύνει τις αποφάσεις επενδυτικής δραστηριότητας, τις επιλογές και τον τύπο των συνεργασιών. Πολύ σημαντική συμβολή επίσης έχει η ροή της πληροφορίας στην διαχείριση της γνώσης τόσο στα όρια μιας επιχείρησης, όσο και ανάμεσα στις επιχειρήσεις της ΕΑ. Όλες οι μεθοδολογίες και τα μοντέλα που αναπτύσσονται για την βελτιστοποίηση της λειτουργίας παραμετροποιούνται και εφαρμόζονται στηριζόμενα στην συσσωρευμένη γνώση των εργαζομένων και των διοικούντων. Η ανεπαρκής επικοινωνία ανάμεσα στα τμήματα μιας εταιρείας ή ανάμεσα στις συνεργαζόμενες επιχειρήσεις μιας ΕΑ, εκτός από τα άμεσα προβλήματα λειτουργίας που επιφέρει έχει και ως μακροπρόθεσμη συνέπεια την ελλιπή συγκέντρωση των στοιχείων και γνώσεων που συνεισφέρουν στην αύξηση της εμπειρίας του προσωπικού και της ΕΑ ως οντότητας.

Η σημαντικότερη εφαρμογή από την μελέτη των ροών μιας εφοδιαστικής αλυσίδας, αφορά τα μοντέλα πρόβλεψης της ζήτησης, εκτίμησης των ρυθμών εισροής πρώτων υλών, υπολογισμού των χρόνων μεταφοράς και διανομής και γενικά βελτιστοποίησης της αποθεματικής πολιτικής. Ο έλεγχος της ροής υλικών σχετίζεται με τον έλεγχο των επιπέδων αποθέματος και με το σύστημα προγραμματισμού των δραστηριοτήτων, δεδομένων πάντα των περιορισμών πόρων και χρόνου. Ενοποιώντας αυτόν τον έλεγχο ροής, ένα λειτουργικό σύστημα πρέπει να προσπαθεί να επιτύχει τους ευρύτερους ανταγωνιστικούς και στρατηγικούς στόχους της ποιότητας, ταχύτητας, αξιοπιστίας, ευελιξίας και κόστους (Slack et al., 1995, Gunasekaran et al., 2001, De Toni and Tonchia, 2001).

Πολλοί συγγραφείς αντιμετωπίζουν την ροή της πληροφορίας ως τον μηχανισμό συντονισμού της ΕΑ. Η συστηματική, ταχεία και αξιόπιστη ροή της πληροφορίας καθίσταται πρωτεύων στόχος. Η ανταλλαγή πληροφοριών και ο έλεγχος της παίζουν ένα ζωτικό ρόλο στην ολοκλήρωση των διαφορετικών συστατικών της αλυσίδας και απαιτούν έντονα συντονισμένες προσπάθειες από μηχανικούς και managers (Fisher and Raman, 1996; Lee et al., 1997; Moynzadeh and Aggarwal, 1997; Srinivasan et al., 1994). Η πληροφορική τεχνολογία παρέχει λύσεις που εξελίσσονται συνεχώς και καθώς φαίνεται ο τρόπος λειτουργίας των επιχειρήσεων και των εφοδιαστικών αλυσίδων που σχηματίζουν εξελίσσεται μαζί τους.

Στο επόμενο σχήμα διακρίνεται ένα ενδεικτικό δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας για τα προϊόντα κουφωμάτων αλουμινίου και οι κυριότερες ροές υλικών και πληροφοριών που λαμβάνουν χώρα σε αυτό.



**Σχήμα 1.13 Ροές εφοδιαστικής αλυσίδας**

Ένα από τα πιο έντονα προβλήματα της λειτουργίας μιας εφοδιαστικής αλυσίδας αφορά ακριβώς την ποιότητα και τον τρόπο ροής των πληροφοριών. Το πρόβλημα αυτό είναι γνωστό ως φαινόμενο bullwhip ή φαινόμενο Forrester και αφορά τις υπερβολικές μεταβολές παραγγελιών που προκαλούνται από την διαστρεβλωμένη πληροφορία κατά μήκος της ΕΑ. Το φαινόμενο bullwhip είναι ένα ενδογενές φαινόμενο της εφοδιαστικής αλυσίδας και θέτει σε διερεύνηση θεμελιώδη ερωτήματα για αυτό και εξετάζεται ξεχωριστά σε επόμενη παράγραφο.

#### 1.2.4 Δραστηριότητες της ΕΑ

Μία άλλου τύπου ανάλυση της εφοδιαστικής αλυσίδας, είναι αυτή που παρουσιάζει την πληθώρα των συντελούμενων σε λειτουργικό επίπεδο δραστηριοτήτων. Η μελέτη των δραστηριοτήτων αυτών μεμονωμένα, μπορεί να μην συνάδει με το γενικό χαρακτήρα ολοκλήρωσης της εφοδιαστικής αλυσίδας και να παραπέμπει περισσότερο στην λειτουργική εφοδιαστική (functional logistics), ωστόσο δεν παύει να είναι ένα επιχειρηματικό πεδίο με δυναμικό χαρακτήρα, χάριν του οποίου έχει αναπτυχθεί πληθώρα μεθοδολογιών και το οποίο σαφώς αποτελεί προϋπόθεση για την εν συνεχεία εφαρμογή των μοντέλων ολιστικής αντιμετώπισης της ΕΑ. Η αναφορά και η σύντομη περιγραφή λοιπόν των εν λόγω δραστηριοτήτων και για λόγους πληρότητας της παρουσίασης της ΕΑ κρίνεται πολύ χρήσιμη.

##### Διαχείριση Αποθηκών και Κέντρων Διανομών (Warehousing and storage)

Ιδιαίτερες εγκαταστάσεις πιθανώς να απαιτούνται για την αποθήκευση πρώτων υλών στους προμηθευτές πριν την μεταφορά τους στην παραγωγή, στην επιχείρηση για την αποθήκευση των εισερχομένων πρώτων υλών πριν την παραγωγή, για την αποθήκευση ετοίμων προϊόντων πριν την διανομή, για την αποθήκευση ανταλλακτικών με σκοπό την συντήρηση και επιδιόρθωση μηχανών και συσκευών αναγκαίων στην παραγωγή, για την αποθήκευση ανταλλακτικών με σκοπό την συντήρηση και επιδιόρθωση προϊόντων που έχουν παραδοθεί στον πελάτη, κ.α.

Οι εγκαταστάσεις είναι δυνατόν να ανήκουν στην επιχείρηση ή σε μεσάζοντες. Η διαχείριση αποθηκών αναφέρεται στην διαρρύθμιση και λειτουργία των συγκεκριμένων εγκαταστάσεων. Επηρεάζει άμεσα την στρατηγική διανομών και είναι αλληλένδετη με την στρατηγική αποθεματοποίησης και τις στρατηγικές αποφάσεις για την δομή αλυσίδας. Δύναται να προσφέρει κοστολογικά οφέλη λόγω της



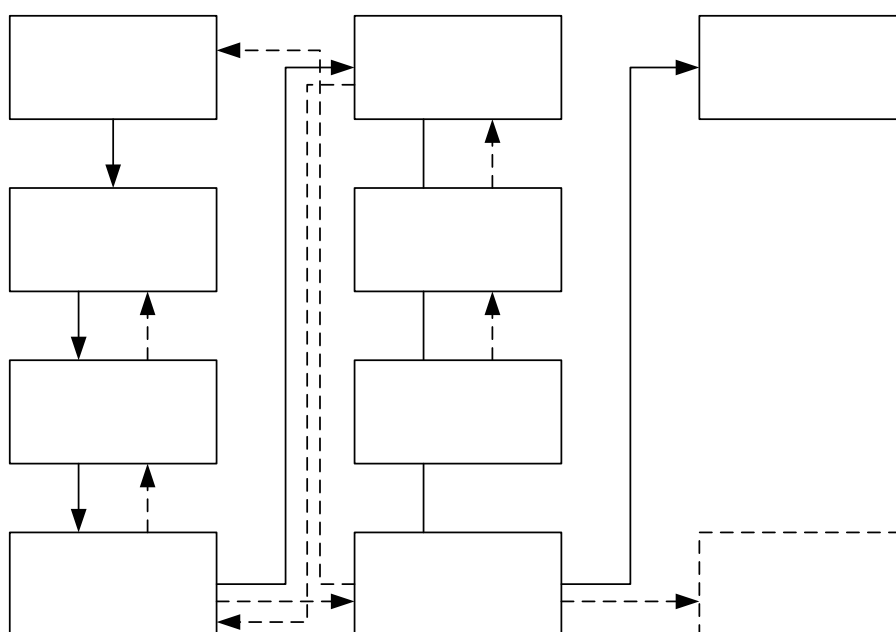
οικονομίας κλίμακας (economy of scale) στην παραγωγή και διευκολύνει την εξυπηρέτηση του πελάτη και την ικανοποίηση της ζήτησης. Η δραστηριότητα αυτή υποστηρίζει άμεσα την χρησιμότητα χρόνου και τόπου καθώς επιτρέπει προϊόντα να παραχθούν και ν' αποθηκευθούν για αργότερα.

Ένας βασικός τρόπος με τον οποίο η εφοδιαστική συνεισφέρει πρόσθετη αξία είναι με την δημιουργία χρησιμότητας ή ωφέλειας. Η ωφέλεια χρόνου είναι η πρόσθετη αξία που προκύπτει από την παραλαβή ενός προϊόντος στην κατάλληλη χρονική στιγμή. Η χρησιμότητα τόπου είναι η αξία που προστίθεται από την διαθεσιμότητα ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας στον κατάλληλο τόπο. Οι δύο αυτές χρησιμότητες είναι προϋποθέσεις για την χρησιμότητα κτήσης (possession utility). Χωρίς τις ωφέλειες τόπου και χρόνου δεν μπορεί να υπάρξει ικανοποίηση του πελάτη.

#### Διαχείριση Υλικού (Material handling)

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

#### Διαχείριση Αποθεμάτων (Inventory management)



**Σχήμα 1.14: Εφοδιαστικές ροές και αποθέματα**

Τα αποθέματα και όλες οι δραστηριότητες που σχετίζονται μ' αυτά αποτελούν ζωτικό τμήμα και κρίσιμο σύνδεσμο της εφοδιαστικής αλυσίδας, καθότι απαιτούνται σε όλες τις φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας και της διακίνησης του προϊόντος προκειμένου να αντιμετωπιστεί η ποικιλομορφία και αβεβαιότητα της ζήτησης. Για παράδειγμα, στο σχήμα 1.14, επειδή οι συμβαλλόμενοι στην εφοδιαστική αλυσίδα βρίσκονται διάσπαρτοι γεωγραφικά, είναι αναγκαία η διατήρηση αποθεμάτων καθ' όλο το μήκος της αλυσίδας για την επίτευξη χρησιμότητας τόπου και χρόνου. Τα μη-διακεκομμένα τόξα αντιστοιχούν σε πρόσω εφοδιαστικές ροές ενώ τα διακεκομμένα στις αντίστροφες ροές μέσω της αλυσίδας. Το κόστος της διατήρησης αποθεμάτων περιλαμβάνει τα δεσμευμένα στο απόθεμα κεφάλαια, το κόστος της αποθήκευσης, και τον κίνδυνο της αχρήστευσης του αποθέματος (π.χ. λόγω παλαίωσης ή αλλοίωσης) και δύναται να ανέλθει σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα (ως και το 50% της αξίας του αποθέματος). Η διαχείριση αποθεμάτων αποσκοπεί γενικώς στην ελαχιστοποίηση των διατηρούμενων αποθεμάτων, ταυτόχρονα με την ικανοποιητική εξυπηρέτηση της ζήτησης.

### Μεταφορές και Διανομές (Transportation and distribution)

Για την μεταφορά υλικών και αγαθών θα πρέπει να πραγματοποιηθούν επιλογές ως προς τον τρόπο (αεροπορικώς, σιδηροδρομικώς, οδικώς, κ.λ.π.) και το μέσο μεταφοράς (επιλογή τύπου οχήματος), τον καθορισμό των διαδρομών και δρομολογήσεων, την ανάθεση σε τρίτους (μεταφορικές, 3PL) κ.α. Τα έξοδα μεταφορών αποτελούν συνήθως το μεγαλύτερο κομμάτι της πίτας εξόδων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Μία επιχείρηση σπανίως βασίζεται αποκλειστικά σε ιδίους πόρους για τις μεταφορές και διανομές της. Συνήθως, το εφοδιαστικό κανάλι μεταφορών συνίσταται από ποικιλία ανεξάρτητων εταιριών που δρουν συντονισμένα για την παράδοση πρώτων υλών στην επιχείρηση και την παράδοση έτοιμων προϊόντων στους πελάτες της. Οι εταιρίες που αποκομίζουν κέρδη από την μεταφορά πρώτων υλών και ετοιμών προϊόντων αναφέρονται συχνά ως ενδιάμεσοι ή μεσάζοντες (intermediaries).

Ένα κανάλι μεταφορών δύναται να αποτελείται από αρκετούς τέτοιους μεσάζοντες, των οποίων τα κέρδη ή οι απώλειες εξαρτώνται από την απόδοση όλου του καναλιού. Η επιλεγμένη στρατηγική διανομών δύναται να επηρεάσει την διαχείριση των αποθεμάτων αλλά και την χωροθέτηση εγκαταστάσεων. Για παράδειγμα η στρατηγική διανομών δύναται να βασισθεί σε «αποβάθρες διασταύρωσης» (cross docking points), σε εγκαταστάσεις δηλαδή που δεν διατηρούν αποθέματα αλλά που

λειτουργούν ως συντονιστές της διαδικασίας προώθησης των προϊόντων και σαν ενδιάμεσοι κόμβοι για εισερχόμενες παραγγελίες. Συνεπώς η επιλογή στρατηγικής για την διανομή είναι αλληλένδετη με την επιλογή του είδους των εγκαταστάσεων. Η διανομή δύναται να βασισθεί σε κλασσικούς χώρους με αποθέματα, σε εγκαταστάσεις τύπου «αποβάθρες διασταύρωσης» ή σε απευθείας μεταφορές. Ακόμη και η χωροθέτηση των εγκαταστάσεων παραγωγής επηρεάζεται από την ύπαρξη ικανοποιητικών και κοστολογικά αποτελεσματικών καναλιών μεταφοράς και διανομής.

Η εφοδιαστική διανομή (distribution logistics) είναι εκείνος ο τομέας της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας ο οποίος είναι υπεύθυνος για την παράδοση των προϊόντων στους πελάτες στον σωστό τόπο, στην σωστή χρονική στιγμή, σε σωστή κατάσταση, και για το σωστό κόστος. Παραδοσιακά, η φυσική διανομή (physical distribution) αποτελεί μόνον μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η διανομή διαχωρίζεται σε δύο διαφορετικές λειτουργίες. Το τμήμα πωλήσεων είναι υπεύθυνο για την ανάθεση σε διανομείς ή μεσάζοντες και για τις συμφωνίες που καθόριζαν τις εμπορικές δραστηριότητες των καναλιών διεκπεραίωσης (transaction channels). Από την άλλη πλευρά, η διαχείριση των φυσικών αποθεμάτων και ροών, τα κανάλια φυσικής διανομής (physical distribution channels), ήταν στην δικαιοδοσία εξειδικευμένων διαχειριστών, π.χ. διαχειριστής αποθηκών, διαχειριστής μεταφορών, κ.λ.π. Αποτελεσματική όμως διαχείριση των διανομών είναι αδύνατη εάν δεν ληφθούν υπόψιν οι ισχυροί δεσμοί με την τροφοδοσία και την παραγωγή, όπως και οι αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ διαδικασιών που ενυπάρχουν στην εφοδιαστική αλυσίδα. Δεν υπάρχουν συνεπώς διαχωριστικές γραμμές μεταξύ της διαχείρισης της εφοδιαστικής γενικώς, της εφοδιαστικής διανομής.

### Συσκευασία

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

### Τροφοδοσία (Procurement)

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

### Τοποθέτηση Εγκαταστάσεων

Η επιλογή τοποθεσίας για τις εγκαταστάσεις των παραγωγικών μονάδων και των κέντρων διανομής μιας εταιρείας είναι στρατηγικής σημασίας, καθώς επηρεάζει τα έξοδα μεταφοράς, τα επίπεδα εξυπηρέτησης των πελατών, την ταχύτητα αντίδρασης κ.α. Εκτός από την επιλογή τόπων για τους χώρους αποθήκευσης, διανομής και για τις μονάδες παραγωγής, μπορεί να αφορά επίσης τις επιλογές δυναμικότητας αυτών των εγκαταστάσεων, τις μεταφορές μεταξύ των εγκαταστάσεων και τις διανομές στους πελάτες.

### Δημοσιεύσεις (Documentation)

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

### Πρόβλεψη Ζήτησης

Στην εφοδιαστική αλυσίδα, η πρόβλεψη αφορά κυρίως την ταχύτητα εκπλήρωσης των παραγγελιών από τους προμηθευτές, την μελλοντική ζήτηση και τις ποσότητες των έτοιμων προϊόντων προς μεταφορά που θα προκύψουν από αυτήν και συχνά το πρόγραμμα παραγωγής.

### Τεχνολογία Επικοινωνίας

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

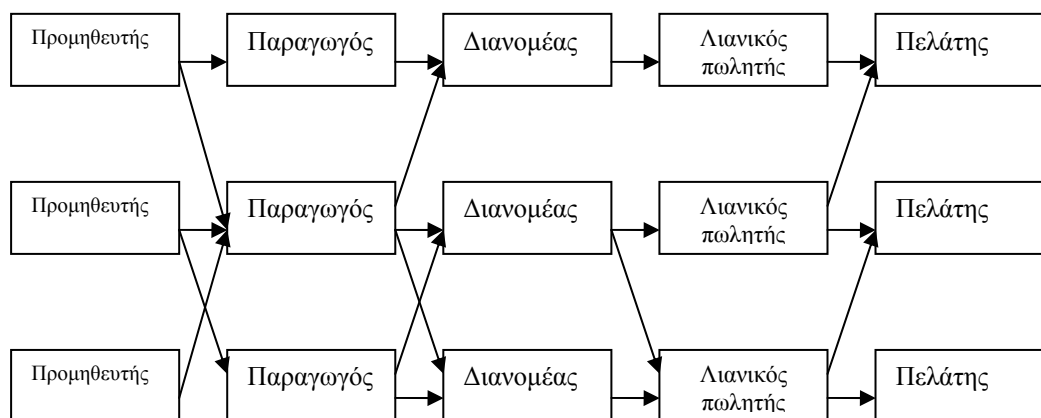
Επεξεργασία Παραγγελιών και Τεχνολογία Πληροφορικής (Order processing and information technology)

Η διαδικασία εκτέλεσης παραγγελιών αποτελεί την βασική και συχνά την μοναδική διεπαφή με τον πελάτη και έχει συνεπώς ρόλο - κλειδί στην δημιουργία εντυπώσεων στον πελάτη σχετικά με τις προσφερόμενες υπηρεσίες και συνεπώς με την τελική του ικανοποίηση. Η διαδικασία αυτή εμπεριέχει την εξέταση του αποθεματικού επιπέδου, την έκδοση τιμολογίων, κ.α. Για παράδειγμα στο σχήμα 1.14, οι ροές της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι το αποτέλεσμα της απόφασης του τελικού πελάτη να προβεί στην αγορά του προϊόντος της εταιρίας. Η όλη διαδικασία εξαρτάται από την ροή πληροφοριών από τον πελάτη προς την εταιρία και από την εταιρία προς τους προμηθευτές της.

Οι επικοινωνίες και οι πληροφορίες είναι αναπόσπαστο μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας διότι δεν είναι δυνατόν να υπάρξει αποτελεσματική ροή προϊόντων χωρίς την ροή πληροφοριών. Για τον λόγο αυτό οι εταιρίες στρέφονται σε ηλεκτρονικά συστήματα όπως την ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων EDI (Electronic Data Interchange), την ηλεκτρονική μεταφορά κεφαλαίων EFT (Electronic Fund Transfer) και το διαδίκτυο (internet). Μεγάλο μέρος του πρόσφατου ενδιαφέροντος για την εφοδιαστική αλυσίδα βασίζεται στις ευκαιρίες που έχει δημιουργήσει η ανάπτυξη της πληροφορικής για την ταχεία μεταφορά και επεξεργασία μεγάλου συνόλου δεδομένων. Η διοίκηση των επιχειρήσεων τίθεται προ κρίσιμων ερωτήσεων που δεν αφορούν πλέον το εάν τα δεδομένα δύνανται να μεταβιβασθούν αλλά την επιλογή αυτών που θα μεταβιβάζονται και του τρόπου μεταβίβασής των, μέσα από ένα ευρύ φάσμα πληροφοριών και λύσεων που προσφέρει το διαδίκτυο και το ηλεκτρονικό εμπόριο.

### 1.2.5 Κύκλοι Διεργασιών

Όπως αναπτύχθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, η αναπαράσταση μιας εφοδιαστικής αλυσίδας με μορφή δικτύου προτιμάται από την γραμμική αναπαράσταση της, μιας και αποδίδει πειστικότερα την λειτουργία και την αλληλεπίδραση των σταδίων / επιπέδων της και τον πολυδιάστατο χαρακτήρα της (Σχ. 1.15). Πολλοί προμηθευτές πρώτων υλών εφοδιάζουν πλήθος παραγωγών, οι οποίοι με την σειρά τους, αναθέτουν σε διάφορους διανομείς την μεταφορά των τελικών προϊόντων, σε πολλά σημεία λιανικής πώλησης κ.ο.κ.



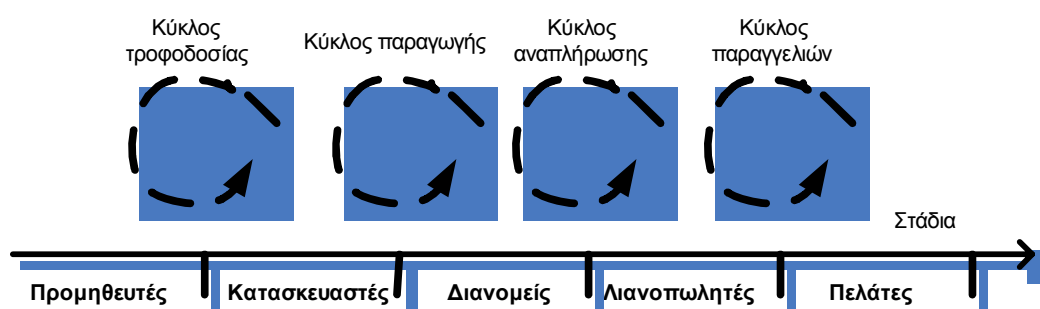
**Σχήμα 1. 15 Πρότυπο δικτύου εφοδιαστικής αλυσίδας**

Με δεδομένα τα 5 επίπεδα εφοδιαστικής αλυσίδας όπως διακρίνονται στο σχήμα 1.15, όλες οι λειτουργίες της αλυσίδας μπορούν να χωριστούν σε 4 κύκλους διεργασιών μεταξύ δύο διαδοχικών επιπέδων / σταδίων της :

1. Κύκλος παραγγελίας του πελάτη: λειτουργίες που σχετίζονται με την παραλαβή και εκπλήρωση της παραγγελίας του πελάτη και αφορούν την αλληλεπίδραση πελάτη - λιανοπωλητή (άφιξη πελάτη, τοποθέτηση παραγγελίας, ικανοποίηση παραγγελίας κ.τ.λ.).
2. Κύκλος ανεφοδιασμού: αφορά την αλληλεπίδραση λιανοπωλητή - διανομέα και περιλαμβάνει όλες τις διεργασίες σχετικές με την αναπλήρωση των αποθεμάτων λιανικής πώλησης στις αποθήκες των λιανοπωλητών με σκοπό την κάλυψη της μελλοντικής ζήτησης

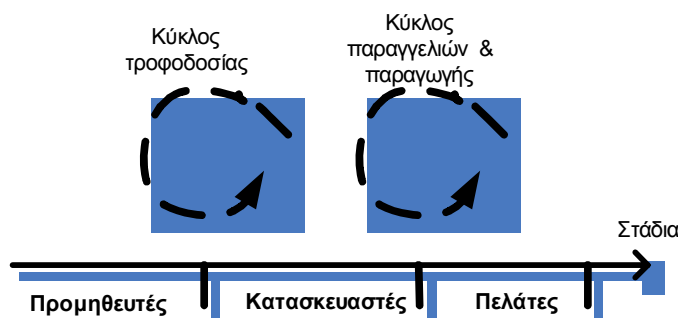
3. Κύκλος παραγωγής: σχετίζεται με την αλληλεπίδραση διανομέα -παραγωγού και περικλείει τις λειτουργίες για τον ανεφοδιασμό της αποθήκης του διανομέα. Ο κατασκευαστικός κύκλος (ή κύκλος παραγωγής) αρχίζει ύστερα από εντολές ανεφοδιασμού από τον διανομέα ή έμπορο ή ύστερα από πρόβλεψη της ζήτησης και πάντα σύμφωνα με δεδομένο την διαθεσιμότητα τελικών προϊόντων στην αποθήκη του παραγωγού. Ο κατασκευαστικός κύκλος μπορεί να διεγείρεται και απευθείας από τις παραγγελίες των τελικών πελατών στην περίπτωση που η προμηθευτική αλυσίδα έχει λιγότερα από 5 στάδια.
4. Κύκλος τροφοδοσίας: αφορά την αλληλεπίδραση παραγωγού - προμηθευτή και περιλαμβάνει τις διεργασίες εκείνες που απαιτούνται για την εξασφάλιση των αναγκαίων πρώτων υλών που απαιτούνται από το πρόγραμμα παραγωγής. Στην διάρκεια του κύκλου αυτού, η παραγωγή θέτει παραγγελίες στους προμηθευτές.

Η αντίληψη της αλυσίδας σε μορφή κύκλων διεργασιών είναι ιδιαίτερως χρήσιμη στην λήψη αποφάσεων σε επιχειρησιακό επίπεδο, διότι ορίζει λεπτομερώς τις ευθύνες κάθε μέλους της αλυσίδας και το επιθυμητό αποτέλεσμα της κάθε διαδικασίας. Επομένως μία εφοδιαστική αλυσίδα 5 επιπέδων διαθέτει 4 κύκλους διεργασιών όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.16 (Chopra and Meindl, 2001).



Σχήμα 1.16: Κύκλοι διεργασιών εφοδιαστικής αλυσίδας 5 επιπέδων

Γίνεται κατανοητό ότι ο αριθμός των κύκλων λειτουργιών θα διαφοροποιηθεί ανάλογα με τη δομή της εφοδιαστικής αλυσίδας, αφού λιγότερα επίπεδα έχουν ως αποτέλεσμα λιγότερους κύκλους διεργασιών (σχήμα 1.17).



Σχήμα 1.17: Κύκλοι διεργασιών εφοδιαστικής αλυσίδας 3 επιπέδων

### Διεργασίες ώθησης και έλξης

Κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας υπάρχουν αποθέματα σε διάφορες μορφές και για διάφορους λόγους. Σε κάθε σημείο παραγωγής μπορεί να υπάρχουν ως πρώτες ύλες, ως εργασία σε εξέλιξη (ενδιάμεσα) ή ως τελικά προϊόντα. Υπάρχουν στα σημεία αποθήκευσης και διανομής και επίσης υπάρχουν στην πορεία μετακίνησης τους (pipeline) σε όλους τους συνδέσμους ανάμεσα στις εγκαταστάσεις αυτές. Όλα αυτά συνδέονται με την έννοια ότι :

- i. Οι κατάντεις εγκαταστάσεις δημιουργούν ζήτηση στα ανάντη αποθέματα.
- ii. Η αβέβαιη ζήτηση, συνδυαζόμενη με αβεβαιότητα στους χρόνους παραγωγής και μεταφοράς, καθορίζουν σημαντικά το απόθεμα σε κάθε τοποθεσία της ΕΑ.

Ο Ballou (1992) εκτιμά ότι η ύπαρξη αυτών των αποθεμάτων μπορεί να κοστίζει από 20% έως 40% της ετήσιας αξίας τους. Παρόλο που η μεταφορά των αποθεμάτων είναι θεμελιώδης στην ενίσχυση της εξυπηρέτησης πελατών και στην μείωση των δαπανών της διανομής (διαμέσου πολλαπλών αποθηκών), η διαχείριση αυτών των αποθεμάτων με επιστημονικό τρόπο, ώστε να διατηρούνται τα ελάχιστα επίπεδα, έχει οικονομικό νόημα.

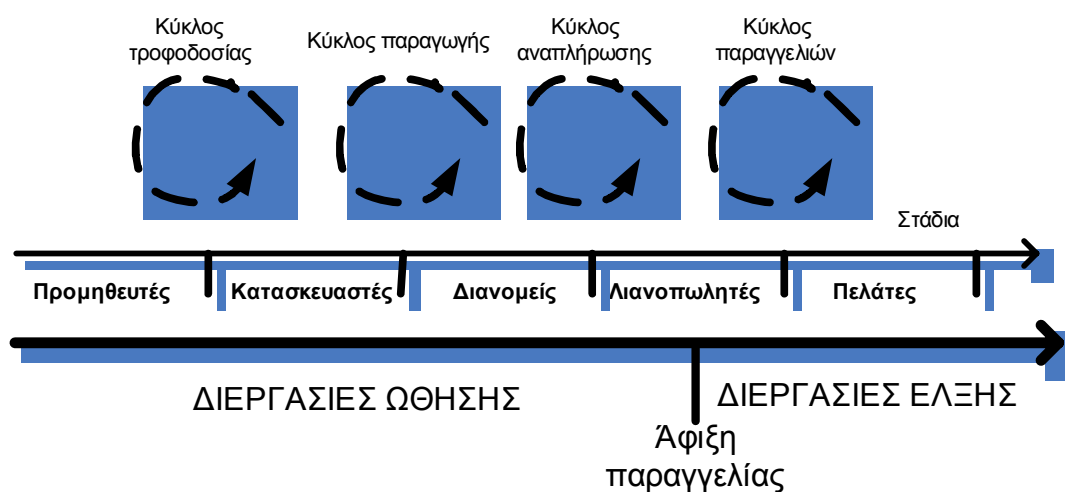
Η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελείται από διάφορα επίπεδα και βαθμίδες, οπότε ανακύπτει ένα σημαντικό ερώτημα το οποίο ανακύπτει είναι ο τρόπος αλληλεπίδρασης των συμμετεχόντων στα διάφορα αυτά επίπεδα. Στην βιβλιογραφία υπάρχουν δύο βασικές και αντικρουόμενες φιλοσοφίες: Οι διεργασίες των οποίων η έναρξη είναι αντίδραση απόκρισης και καλούνται διεργασίες ώθησης (push) και οι προληπτικές διεργασίες που καλούνται διεργασίες έλξης (pull). Σε ένα σύστημα διανομής, η φιλοσοφία ώθησης σημαίνει ότι υπάρχει ένας κεντρικός αποφασίζων,



όπως π.χ. ένας διαχειριστής αποθηκών (warehouse manager) ο οποίος έχει πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με τα επίπεδα αποθέματος σε όλες τις σχετικές τοποθεσίες. Όλες οι αποφάσεις αποθέματος στην συνέχεια πραγματοποιούνται κεντρικά βάσει αυτής της πληροφορίας. Στο σύστημα έλξης, ωστόσο, οι αποφάσεις αποθέματος γίνονται από τοπικούς διαχειριστές βάσει των τοπικών συνθηκών. Τόσο στο σύστημα ώθησης όσο και στο σύστημα έλξης, οι μεταβλητές αποφάσεις (ποσότητες παραγγελιών, σημείο αναπλήρωσης, κ.τ.λ.) καθορίζονται με αντικειμενικό σκοπό την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους του συστήματος.

Μια πολύ σημαντική διαφορά των δύο συστημάτων σχετίζεται με το επίπεδο αβεβαιότητας. Οι διεργασίες έλξης ανταποκρίνονται στην πραγματική παραγγελία των πελατών, ενώ οι διεργασίες ώθησης καταρτίζονται βάσει προβλέψεων από ιστορικά στοιχεία ώστε να ανταποκριθούν στην προσδοκώμενες παραγγελίες. Κατά την εκτέλεση μιας διεργασίας έλξης επομένως η ζήτηση είναι γνωστή με πλήρη βεβαιότητα, ενώ σε μία διεργασία ώθησης υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα (φαινόμενο Bullwhip). Οι διεργασίες ώθησης σε σύγκριση με τις έλξης τείνουν να αυξήσουν την ποσότητα των αποθεμάτων, προκειμένου να αντιμετωπίσουν την αβεβαιότητα. Από την άλλη πλευρά, στην πολιτική των διεργασιών έλξης κατακερματίζεται ο έλεγχος στους τοπικούς διαχειριστές με πιθανές παρενέργειες.

Το όριο ώθησης / έλξης (push/ pull boundary) σε μία εφοδιαστική αλυσίδα διαχωρίζει τα δύο είδη διεργασιών.



Σχήμα 1.18 Διεργασίες ώθησης - έλξης

Για την αλυσίδα, π.χ., του Σχήματος 1.18, όλες οι διαδικασίες του κύκλου παραγγελιών έχουν έναρξη που χρονικά έπεται της τοποθέτησης παραγγελίας από τον πελάτη. Συνεπώς όλες οι διαδικασίες του κύκλου παραγγελιών είναι διαδικασίες έλξης. Από την άλλη πλευρά, οι παραγγελίες εκπληρώνονται από τ' αποθέματα, τα επίπεδα των οποίων βασίζονται στην προσδοκία παραγγελιών και συνεπώς στην πρόβλεψη της ζήτησης των πελατών. Άρα όλες οι διαδικασίες του κύκλου αναπλήρωσης είναι διαδικασίες ώθησης, και το ίδιο ισχύει και για τους κύκλους που προηγούνται, π.χ. οι διαδικασίες του κύκλου παραγωγής έχουν έναρξη που χρονικά προηγείται την τοποθέτηση παραγγελίας από τον πελάτη και βασίζονται στην πρόβλεψη της ζήτησης. Στο σχήμα 1.8 το όριο ώθησης / έλξης είναι μεταξύ του κύκλου παραγγελιών και του κύκλου αναπλήρωσης.

Οι εφοδιαστικές αλυσίδες λειτουργούν ως συστήματα έλξης που οδηγούνται από παραγγελίες ανάμεσα στους κόμβους. Στην συνέχεια παρατίθεται η περιγραφή του Forester (1961) για την λειτουργία των διεργασιών έλξεως της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Όταν ένας πελάτης τοποθετεί μία παραγγελία στο επίπεδο λιανικής πώλησης, η παραγγελία καταγράφεται στην λίστα ανεκτέλεστων παραγγελιών (backlog) ή στο αρχείο παραγγελιών για να για να εκτελεστεί από τον λιανοπωλητή. Εάν το προϊόν είναι διαθέσιμο, αποστέλλεται στον πελάτη και η παραγγελία αφαιρείται από την λίστα των ανεκτέλεστων παραγγελιών. Εάν δεν είναι, ο λιανοπωλητής τοποθετεί μια εντολή αναπλήρωσης στο κόμβο προμήθειας του, π.χ. στο κέντρο διανομής. Όταν το υλικό φθάνει, αποστέλλεται στον πελάτη και η εντολή αφαιρείται από την λίστα των ανεκτέλεστων παραγγελιών. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται σε όλους τους κόμβους της ΕΑ, έως ότου φθάσουν οι παραγγελίες στην μονάδα παραγωγής. Η μονάδα διατηρεί ένα αρχείο όλων των παραγγελιών και εν συνεχεία εξάγει ένα σχέδιο παραγωγής για να τις ικανοποιήσει.

Καθώς η μονάδα τελειώνει με την παραγωγή του προϊόντος, το υλικό στέλνεται στην αποθήκη και οι παραγγελίες που ικανοποιούνται με αυτήν την παρτίδα αφαιρούνται από τον κατάλογο ανεκτέλεστων παραγγελιών της μονάδας.

Το σχέδιο παραγωγής και οι παραγγελίες μεταξύ των κόμβων συμπεριφέρονται ως μοχλοί χειρισμού του συστήματος. Με ένα φτωχό σχέδιο παραγωγής ή με την τοποθέτηση λιγότερων παραγγελιών από τις απαιτούμενες, το σύστημα μπορεί να αντιμετωπίσει ελλείμματα που να επιδράσουν σοβαρά στην ικανότητα της ΕΑ να

ικανοποιήσει τους πελάτες. Από την άλλη πλευρά, παράγοντας περισσότερα ή τοποθετώντας περισσότερες παραγγελίες από τις απαιτούμενες μπορεί να παράγει συσσώρευση των αποθεμάτων, με συνέπεια τις σημαντικές πρόσθετες δαπάνες. Επομένως, για την απόδοση του συστήματος είναι κρίσιμο να λαμβάνονται οι σωστές αποφάσεις στο σωστό χρόνο.

Στην πράξη στις περισσότερες εφοδιαστικές αλυσίδες η πολιτική που εφαρμόζεται δεν είναι απόλυτα καθοδηγούμενη από διεργασίες έλξης. Πάντοτε τα ιστορικά στοιχεία της ζήτησης λαμβάνουν μέρος στην διενέργεια του σχεδίου παραγωγής, λειτουργεί δηλαδή ένα μικτό μοντέλο διεργασιών ώθησης και έλξης. Έτσι ο διαχωρισμός των διεργασιών στις δύο προαναφερθείσες κατηγορίες, είναι ιδιαίτερα χρήσιμος κατά την διαδικασία λήψης στρατηγικών αποφάσεων, που αφορούν τον σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας καθώς η σχέση μεταξύ του πλήθους των διεργασιών έλξης και του πλήθους διεργασιών ώθησης επηρεάζει σημαντικά την απόδοση της αλυσίδας.

#### **1.2.6. Περιορισμοί**

Ο βασικοί περιορισμοί κατά την βελτιστοποίηση ενός μοντέλου εφοδιαστικής αλυσίδας προέρχονται τόσο από το εσωτερικό της εφοδιαστικής αλυσίδας όσο και από το περιβάλλον της. Περιλαμβάνουν περιορισμούς της αγοράς, τεχνικούς περιορισμούς, περιορισμούς ικανότητας αποθεματοποίησης καθώς και περιορισμούς πολιτικών για τις επιχειρήσεις.

Συγκεκριμένα υπάρχουν περιορισμοί για κάθε ένα από τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας (αγορά πρώτων υλών, μεταφορές, αποθεματοποίηση, επεξεργασία και διανομή), οι βασικότεροι εκ των οποίων μπορούν να περιγραφούν ως εξής:

- Περιορισμοί διαθεσιμότητας. Αυτό το είδος περιορισμού αντιμετωπίζεται κυρίως στο στάδιο της αγοράς, ώστε να καθοριστεί το επίπεδο της ποσότητας των πρώτων υλών που μπορεί να προμηθευτεί.
- Τεχνικοί περιορισμοί. Υπάρχουν ορισμένοι ειδικοί περιορισμοί στην λειτουργία μίας μονάδας ή γραμμής παραγωγής, όπως π.χ. συγκεκριμένα όρια και αναλογίες ποσοτήτων πρώτων υλών που απαιτούνται για την έυρυθμη λειτουργία τους.

- Περιορισμοί δυναμικότητας. Ο γενικός όρος δυναμικότητα εξειδικεύεται ως προς το στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας σε ικανότητα μεταφοράς, αποθεματοποίησης και επεξεργασίας.
  - Ικανότητα μεταφοράς. Η ποσότητα κάθε είδους υλικού πρέπει να είναι μικρότερη από την συνολική ικανότητα μεταφοράς όλων διαθέσιμων μεταφορικών μέσων.
  - Ικανότητα αποθεματοποίησης. Η συνολική ποσότητα αποθεμάτων υλικών και προϊόντων περιορίζεται από τον συνολικό διαθέσιμο αποθηκευτικό χώρο. Επίσης η ποσότητα κάθε είδους αποθηκευμένου υλικού ή προϊόντος περιορίζεται από την χωρητικότητα της αποθήκης του είδους του (εφόσον υπάρχει).
  - Ικανότητα επεξεργασίας. Για κάθε είδος προϊόντος ο ρυθμός παραγωγής του είναι (τουλάχιστον) μικρότερος από την παραγωγική δυναμικότητα της σχετικής υπάρχουσας μονάδας.
- Περιορισμοί κόστους. Στην πράξη συνήθως κάθε επιχείρηση διαθέτει έναν συγκεκριμένο όριο προϋπολογισμού ανά τμήμα (στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας).
- Περιορισμοί ισορροπίας υλικών. Λόγω ισορροπίας των υλικών κατά την ροή τους στα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας προκύπτουν περιορισμοί που είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψιν κατά την μοντελοποίηση της.
- Περιορισμοί ποιότητας. Οι περιορισμοί ποιότητας είναι σημαντικός ρυθμιστικός παράγοντας της επιτυχούς λειτουργίας και προσαρμογής μιας εφοδιαστικής αλυσίδας στις σύγχρονες απαιτήσεις. Υφίστανται κυρίως σε δύο φάσεις.
  - Στο στάδιο της προμήθειας των πρώτων υλών, οι οποίες οφείλουν να ικανοποιούν συγκεκριμένες προδιαγραφές ποιότητας.
  - Στα στάδια της διανομής, όπου η αξιοπιστία παράδοσης και ο χρόνος παράδοσης καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών.
- Περιορισμοί πολιτικής. Αφορούν νόμους, κανονισμούς και οδηγίες της πολιτείας, των τοπικών αρχών κ.λ.π και την επίδραση που συχνά έχουν στην λειτουργία όλων των σταδίων της εφοδιαστικής αλυσίδας.

- Ασφάλεια. Δεδομένης της γενικής αβεβαιότητας πρέπει να τηρούνται κάποια επίπεδα αποθέματος υλικών και προϊόντων τα οποία στην ουσία λειτουργούν ως περιορισμοί.

Πολλοί από τους παραπάνω περιορισμούς, αν και χαρακτηρίζονται γενικά ανελαστικοί, συχνά καθορίζονται από τις αποφάσεις των διοικούντων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Συνεπώς δύναται σε ορισμένους τύπους μοντελοποίησης και για ορισμένες εφοδιαστικές αλυσίδες, να εμφανίζονται ως μεταβλητές απόφασης και όχι ως περιορισμοί.

Παρομοίως οι συνήθεις μεταβλητές απόφασης της μοντελοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας (π.χ. επίπεδο διατηρούμενου αποθέματος ασφαλείας) μπορούν να τεθούν σε κάποια διαφορετική θεώρηση ως περιορισμοί.

## **1.3 Απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας**

### **1.3.1 Παράγοντες απόδοσης**

Όπως υπαινίχθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, μέχρι πρόσφατα η αποδοτικότητα στην λειτουργία μιας επιχείρησης και κατ' επέκταση μιας εφοδιαστικής αλυσίδας, συνδέονταν σχεδόν αποκλειστικά με την ικανότητα οικονομικής λειτουργίας, υπό την έννοια του περιορισμού των δαπανών. Εφοδιαστικές δαπάνες δημιουργούνται από τις δραστηριότητες που υποστηρίζουν την εφοδιαστική διαδικασία. Οι δαπάνες προέρχονται από την εξυπηρέτηση του πελάτη, από τις μεταφορές και τις διανομές, από την εκπαίδευση του προσωπικού και τις δημοσιεύσεις, από την διαχείριση των εγκαταστάσεων, την επεξεργασία των παραγγελιών, την επεξεργασία των πληροφοριών, τις επικοινωνίες, και φυσικά την διαχείριση των αποθεμάτων. Υπολογίζεται ότι σε πολλές περιπτώσεις το κόστος της ροής των υλικών μέσω της αλυσίδας πλησιάζει το 75% του ολικού προϋπολογισμού.

Ωστόσο με την συμπίεση του κύκλου ζωής των προϊόντων, την αύξηση της ποικιλίας τους και τις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις των πελατών, ο ανταγωνισμός έχει μεταφερθεί από το απλό επίπεδο της τιμής του προϊόντος στο επίπεδο της ολοκληρωμένης υπηρεσίας. Για τους προμηθευτές, η μεγιστοποίηση της προστιθέμενης αξίας στο προϊόν και η ικανοποίηση των πελατών έχουν γίνει σημαντικότεροι παράμετροι (Anscombe, 1994).

Οι σύγχρονες εφοδιαστικές αλυσίδες οφείλουν να ανταποκρίνονται άμεσα, αποτελεσματικά και αποδοτικά σε αυτές τις αλλαγές της αγοράς (Towill, 1996). Κάποια βασικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της απόδοσης της ΕΑ εκτός της αποδοτικότητας, είναι η ευελιξία, η αξιοπιστία και η αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων.

Οι Li and O Brien (1999) στο άρθρο τους «Integrated decision modelling of supply chain efficiency» επίσης επικεντρώνονται στην βελτίωση της αποδοτικότητας και αποτελεσματικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας σε τέσσερα κριτήρια, κέρδος, leadtime, επίδοση, χρονική αμεσότητα παράδοσης και μείωσης της φύρας, αντί μόνο του κόστους.

Γενικά είναι κοινά αποδεκτό, ότι η αποκλειστική μέριμνα για την ελαχιστοποίηση των δαπανών της ΕΑ δεν συλλαμβάνει την προστιθέμενη αξία των δραστηριοτήτων της και ωθεί τους μεμονωμένους φορείς προς την μερική βελτιστοποίηση τμημάτων της αλυσίδας, προκαλώντας δυσλειτουργίες στην πολύπλοκη δομή της και έλλειψη συνεργασίας.

Στην σύγχρονη αντίληψη το κέρδος της εφοδιαστικής αλυσίδας προκύπτει από τη διαφορά στα συνολικά έσοδα και τα συνολικά έξοδα της όλης αλυσίδας και άρα επιδιώκεται η βελτιστοποίηση της διαφοράς αυτής. Βεβαίως εν συνεχεία τίθεται το σημαντικότερο θέμα του τρόπου (ουσιαστικού και νομικού) διανομής αυτών των κερδών στους ανεξάρτητους φορείς της, το οποίο θα συζητηθεί σε επόμενο κεφάλαιο. Υπό αυτήν την αντίληψη, η πιο ενδιαφέρουσα παρατήρηση που επηρεάζει την στρατηγική κατεύθυνση όλων των σύγχρονων επιχειρήσεων είναι το γεγονός ότι μοναδική πηγή εσόδων για την ΕΑ ως οντότητα είναι ο τελικός καταναλωτής. Κατά συνέπεια η πελατοκεντρική φιλοσοφία τίθεται μάλλον ως προϋπόθεση για την επιτυχημένη λειτουργία μιας ολοκληρωμένης ΕΑ.

Τρία είναι κυρίως τα εν χρήσει κριτήρια για την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας:

- το ολικό κόστος,
- το ολικό κέρδος,
- ο χρονικός κύκλος.

Το κέρδος υποδεικνύεται από την διαφορά μεταξύ της τιμής αγοράς πελατών και των αναμενόμενων συνολικών δαπανών. Η απόδοση χρονικής ανοχής (lead time performance) υποδεικνύεται από τη διαφορά μεταξύ της απαραίτητης χρονικής ανοχής (lead time) που δίνεται από τους πελάτες και της αναμενόμενης. Η συνέπεια παράδοσης περιγράφεται από την διαφορά μεταξύ της απαραίτητης μέγιστης καθυστέρησης παράδοσης και της αναμενόμενης. Ο χρονικός κύκλος είναι ο ολικός χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η διαδικασία από τις πρώτες ύλες στο έτοιμο προϊόν στον πελάτη. Υπολογίζεται ότι γενικά μικρό ποσοστό του κύκλου χρησιμοποιείται για την εκτέλεση της πραγματικής διαδικασίας και το υπόλοιπο αναλώνεται σε διαφόρων ειδών καθυστερήσεις.

### 1.3.2 Μέτρηση της αποδοτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας

Υπάρχει πλήθος εννοιολογικών προσεγγίσεων και πλαισίων σχετικά με τα κατάλληλα μέτρα απόδοσης των ΕΑ στην βιβλιογραφία. Παρόλα αυτά διαπιστώνεται έλλειψη εμπειρικών δεδομένων και εργασιών μελέτης περιπτώσεων πάνω σε μετρικές απόδοσης και μετρήσεις στο περιβάλλον μιας ΕΑ.

Τα κίνητρα για τις επιχειρήσεις, τις βιομηχανίες ή τις κυβερνήσεις για να χρησιμοποιήσουν τις μετρήσεις ή τους δείκτες απόδοσης μπορεί να διαφοροποιούνται σημαντικά. Σύμφωνα με τους υποκείμενους στόχους τους, αλλά ανεξαρτήτως των χρηστών τους, η χρήση των δεικτών απόδοσης μπορεί να εξυπηρετήσει τέσσερις στόχους (BIE 1995, TRILOG consortium 1999a):

1. Μια σημαντική πηγή για την καθιέρωση ολιστικής άποψης του υπό μελέτη συστήματος και την σύλληψη του πως τα διαφορετικά μέρη συνδέονται το ένα με το άλλο.
2. Μια πηγή ανατροφοδότησης, προκειμένου να εκκινήσει ένας νέος και καλύτερος τρόπος διεύθυνσης και αντιμετώπισης του συστήματος μέτρησης.
3. Διευκρίνιση του στόχου και του σκοπού για όλους τους συμμετέχοντες και το προσωπικό, που σημαίνει ότι οι δείκτες απόδοσης πρέπει να αλλάζουν και να εισάγονται νέοι όταν εισάγονται νέοι στόχοι.
4. Η ένδειξη της γενικής ανάπτυξης κατά τη διάρκεια του χρόνου ως πηγή για την κατεύθυνση των πολιτικών ενεργειών στους τομείς σημαντικότητας.

Μια μεμονωμένη επιχείρηση ή πολλαπλές επιχειρήσεις σε συνεργασία μπορούν εύκολα να διαβλέψουν τη σημασία των πρώτων τριών στόχων, ενώ το τελευταίο ήταν

παραδοσιακά ενδιαφέρον για κυβερνήσεις, πολιτικά ιδρύματα, αντιπροσωπείες κ.λ.π. (TRILOG consortium, 1999a).

Ένα σημαντικό πρόβλημα που ανακύπτει συνήθως είναι ότι ο σύνδεσμος μεταξύ των διαφορετικών μετρήσεων και των υποκείμενων στόχων τους σπάνια διευκρινίζεται και γνωστοποιείται σε όλα τα τμήματα μιας επιχείρησης ή σε όλες τις συμμετέχουσες επιχειρήσεις στην ΕΑ. Ακόμα πιο σπάνια είναι η συγκεκριμένη και διάφανη σύνδεσή τους με τους μακροπρόθεσμους στρατηγικούς στόχους. Αυτό παραμελείται συχνά ακόμη και στις οργανώσεις που χρησιμοποιούν τις μετρήσεις ως σημαντικό μέρος της λειτουργικής, τακτικής και στρατηγικής λήψης αποφάσεων τους. Αν και οι συνδέσεις στο στρατηγικό επίπεδο μπορεί να είναι σαφείς, οι δυσκολίες στην γνωστοποίηση αυτού του συνδέσμου, μπορεί να οδηγήσουν στη λανθασμένη ή παραπλανητική χρήση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων στα τακτικά και λειτουργικά επίπεδα.

Επίσης οι σχεδιαστές της στρατηγικής πολιτικής της ΕΑ πρέπει να αναζητήσουν το σύνδεσμο μεταξύ αφ' ενός των επιπέδου μακρο και μέσο δεικτών και αφετέρου των δεικτών ΕΑ, με στόχο να δημιουργήσουν καταστάσεις κέρδους (win-win) για όλες τις συμμετέχουσες επιχειρήσεις. Υπάρχουν τρία βασικά συμπεράσματα που μπορούν να συναχθούν για τους δείκτες ΕΑ.

1. Προκειμένου να ελεγχθεί η απόδοση των ΕΑ οι τρέχοντες δείκτες επιπέδου μακρο και μικρο είναι ανεπαρκείς.
2. Υπάρχει τάση προς ιδιαίτερα σύνθετα δίκτυα εφοδιαστικής η οποία καθιστά την χρήση των κανονικών δεικτών σχεδόν αδύνατη, αφού επιφέρει μεταβολή προς άλλες αξίες.
3. Υπάρχει ανάγκη να αναπτυχθούν δείκτες απόδοσης σε ένα μέσο επίπεδο.

Οι μετρήσεις πρέπει να είναι κατανοητές από όλα τα μέλη της ΕΑ και πρέπει να προσφέρουν όσο το δυνατόν μικρότερη δυνατότητα παραποίησης (Schroeder et al., 1986). Πρέπει να δημιουργηθούν μελέτες και πρότυπα απόδοσης, έτσι ώστε οι οργανωτικοί στόχοι και τα επιτεύγματα αυτών των στόχων να μπορούν να μετρηθούν, επιτρέποντας την μελέτη της αποτελεσματικότητας της στρατηγικής ή των τεχνικών που εφαρμόστηκαν.

Σύμφωνα με τους Kaplan and Norton (1992), ενώ κάποιοι ερευνητές και επιχειρήσεις έχουν επικεντρωθεί στα χρηματοοικονομικά μέτρα απόδοσης της ΕΑ, άλλοι έχουν



επικεντρωθεί στα λειτουργικά. Μια τέτοια διαφοροποίηση δεν οδηγεί σε μετρικά συστήματα που μπορούν να παρουσιάσουν μια σαφή εικόνα της οργανωτικής απόδοσης. Για μια ισορροπημένη προσέγγιση, ο Maskell (1991) προτείνει ότι οι επιχειρήσεις πρέπει να καταλάβουν ότι, ενώ οι χρηματοοικονομικές μετρήσεις της απόδοσης είναι σημαντικές για τις στρατηγικές αποφάσεις και για την εξωτερική αναφορά, ο καθημερινός έλεγχος των παραγωγικών διαδικασιών και των διαδικασιών διανομής, αντιμετωπίζεται συχνά καλύτερα με μη – οικονομικούς δείκτες.

Μια άλλη περιοχή όπου διακρίνεται διαφοροποίηση των μεθόδων είναι το θέμα του αριθμού των δεικτών. Αρκετά συχνά οι επιχειρήσεις έχουν έναν μεγάλο αριθμό δεικτών απόδοσης, στους οποίους μάλιστα συνεχίζουν να προσθέτουν, μετά από προτάσεις υπαλλήλων ή συμβούλων. Αποτυγχάνουν να συνειδητοποιήσουν ότι η αξιολόγηση της απόδοσης μπορεί να εξεταστεί καλύτερα χρησιμοποιώντας ένα τετριμμένο μικρό σύνολο δεικτών.

Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση και τη βελτίωση της απόδοσης, πρέπει να είναι εκείνες που συλλαμβάνουν πραγματικά την ουσία της οργανωτικής απόδοσης. Για την αποτελεσματική μέτρηση και τη βελτίωση της απόδοσης, οι στόχοι των μετρήσεων πρέπει να αντιπροσωπεύσουν τους οργανωτικούς στόχους και οι δείκτες που επιλέγονται πρέπει να απεικονίζουν μια ισορροπία μεταξύ των οικονομικών και μη οικονομικών μέτρων, και να μπορούν να συσχετιστούν με το στρατηγικό, τακτικό και λειτουργικό επίπεδο λήψης αποφάσεων και ελέγχου.

Το (SCC) κατασκεύασε ένα περιγραφικό πλαίσιο αποκαλούμενο SCOR (SCC, 1999). Το SCOR είναι ένα τυποποιημένο πρότυπο αναφοράς διαδικασίας ΕΑ, σχεδιασμένο για να προσαρμόζεται σε όλες τις βιομηχανίες. Το SCOR επιτρέπει στις επιχειρήσεις να επικοινωνούν για τα ζητήματα της ΕΑ, να μετρούν την απόδοσή τους αντικειμενικά, να προσδιορίζουν τους στόχους βελτίωσης απόδοσης και να επηρεάζουν την μελλοντική ανάπτυξη λογισμικού ΔΕΑ. Περιλαμβάνει όλες τις μετρικές που μπορεί να υπάρξουν σε μια ΕΑ, τους τύπους που συνδέονται με τις μετρικές, μια αναφορά στις καλύτερες πρακτικές έναντι των μετρικών και την τεχνολογία που μπορεί να συνεισφέρει στην επίτευξη των καλύτερων πρακτικών.

Η λειτουργία μιας ΕΑ είναι πολύ διαφορετική από την λειτουργία μιας αυτόνομης επιχείρησης και έτσι είναι οι αντίστοιχες μετρικές. Το μοντέλο SCOR επικυρώνει 12 μετρικές απόδοσης, οι οποίες περιέχονται σε τέσσερις καθορισμένες κατηγορίες:

### **1. Αξιοπιστία παράδοσης:**

- 1.1. απόδοση παράδοσης
- 1.2. ρυθμός πλήρωσης
- 1.3. χρονική ανοχή εκπλήρωσης παραγγελίας
- 1.4. τέλεια εκπλήρωση παραγγελίας

### **2. Ευελιξία και ανταπόκριση:**

- 2.1. χρόνος απόκρισης
- 2.2. ευελιξία παραγωγής

### **3. Κόστος:**

- 3.1. συνολικό διοικητικό κόστος εφοδιαστικής
- 3.2. παραγωγικότητα προστιθέμενης αξίας
- 3.3. κόστος εγγύησης ή κόστος διεξαγωγής επιστροφής

### **4. Assets:**

- 4.1. Χρόνος κύκλου ταμείου (cash-to-cash cycle time)<sup>7</sup>
- 4.2. ημέρες εφοδιασμού αποθεμάτων
- 4.3. asset turns<sup>8</sup>

### **1.3.3 Στοχοθέτηση καλύτερης πρακτικής (Benchmarking)**

Το benchmarking (επίσης γνωστό ως «στοχοθέτηση καλύτερης πρακτικής" ή "διαδικασία στοχοθέτησης") είναι μια διαδικασία χρησιμοποιούμενη στην διαχείριση και ιδιαίτερα στην στρατηγική διαχείριση, στην οποία οι επιχειρήσεις αξιολογούν διάφορες πτυχές των διαδικασιών τους σε σχέση με την αντικειμενικά καλύτερη πρακτική που έχει εφαρμοστεί από κάποια άλλη επιχείρηση, συνήθως του ίδιου τομέα. Αυτό επιτρέπει στις επιχειρήσεις να αναπτύξουν σχέδια για το πώς να υιοθετήσουν παρόμοια πρακτική, συνήθως με το στόχο αύξησης κάποιας πτυχής της

---

<sup>7</sup> Η χρονική απόσταση ανάμεσα στις ταμειακές εκροές για την αγορά πρώτων, βοηθητικών και λοιπών υλικών και στις εισροές από την πώληση των προϊόντων.

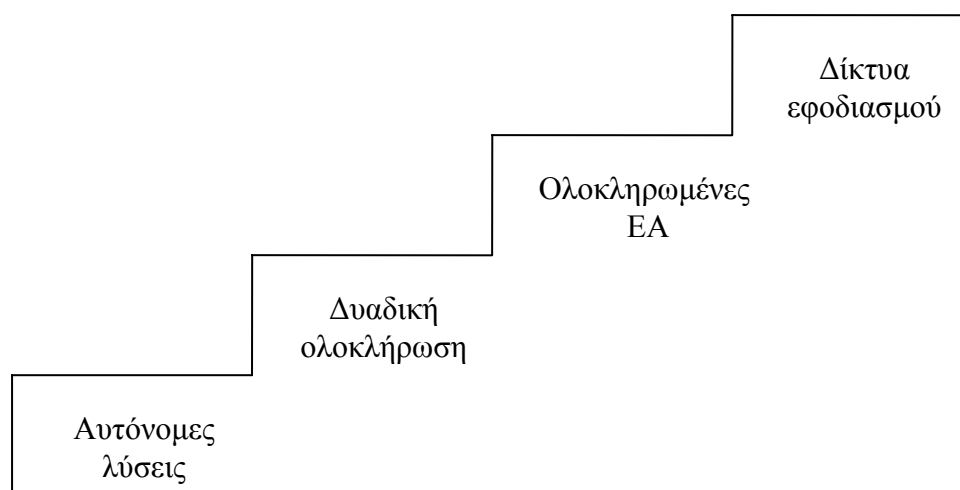
<sup>8</sup> Ο ετήσιος αριθμός αναπληρώσεων του ενεργητικού. Μέτρο της ταχύτητας χρήσης του ενεργητικού για την παραγωγή πωλήσεων.

απόδοσης. Το benchmarking μπορεί να είναι ένα στιγμιαίο γεγονός (σύγκριση των μεγεθών), αλλά συχνά θεωρείται ως μία συνεχής διαδικασία, κατά την οποία οι επιχειρήσεις επιζητούν μονίμως την προσέγγιση των ιδανικών μεγεθών για να επιτύχουν ανταγωνιστικότερες πρακτικές. Παρομοίως το benchmarking της ΕΑ μπορεί να περιγραφεί ως μία συστηματική διαδικασία ανάλυσης και βελτίωσης, προς την κατεύθυνση των προτύπων μιας δεδομένης εφοδιαστικής αλυσίδας που θεωρείται η καλύτερη της κατηγορίας.

Η διαδικασία του benchmarking έχει δεχθεί σημαντική αρνητική κριτική, αφού σε αυτή την μέθοδο δεν υπάρχει θεωρητικό υπόβαθρο, ούτε φυσικά και εγγύηση για την αποτελεσματικότητα της και είναι γεγονός ότι μπορεί εύκολα να έχει τα αντίθετα από τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Ωστόσο ακριβώς λόγω της απλοϊκότητας της μεθόδου, έχει ευρεία πρακτική εφαρμογή και υπό δεδομένες συνθήκες (κατάλληλη επιλογή της εταιρείας προτύπου και πρόσβαση στα «πραγματικά» δεδομένα της) μπορεί να επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις. Σύμφωνα με τον Bagchi (1996) το πλεονέκτημα του benchmarking είναι ότι η προσπάθεια προσέγγισης του τρόπου λειτουργίας του «καλύτερου» προσφέρει σε κάποιον άλλο την γνώση των απαιτούμενων διαδικασιών και δεξιότητες για να το επιτύχει.

Για να επιτευχθούν οι επιθυμητοί στόχοι, το αποτέλεσμα των διαδικασιών της ΕΑ πρέπει να μετρηθεί και να συγκριθεί με την ομάδα προτύπων. Προκειμένου να ελεγχθούν, οι τιμές παραμέτρου της διαδικασίας πρέπει να κρατηθούν μέσα σε καθορισμένα όρια και να παραμείνουν σχετικά σταθερές. Αυτό θα επιτρέψει τη σύγκριση των τιμών των σχεδιασμένων και των πραγματικών παραμέτρων και μόλις γίνει, οι τιμές παραμέτρου μπορούν να επηρεαστούν μέσω διαφόρων μέτρων προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση ή να ευθυγραμμιστεί η εμποτευόμενη αξία με την καθορισμένη.

Στο σχήμα 1.19 παρουσιάζονται τα βασικά βήματα εξέλιξης προς το benchmarking της εφοδιαστικής αλυσίδας.



**Σχήμα 1.19 Η εξέλιξη των λύσεων της εφοδιαστικής**

Στο πρώτο στάδιο των αυτόνομων λύσεων, η επιχείρηση αξιολογεί μόνο την δική της εσωτερική και εξωτερική εφοδιαστική. Συνεπώς, οι χρησιμοποιούμενοι δείκτες προέρχονται από την παραδοσιακή προσέγγιση, δηλαδή τα διαγράμματα DuPont και τα οικονομικά στοιχεία όπως μεταβολή κύκλου εργασιών κ.τ.λ.. Στην φάση αυτή δεν διακρίνεται αλυσίδα εφοδιαστικής.

Στο δεύτερο στάδιο με τις κατά ζεύγη ολοκληρωμένες επιχειρήσεις μπορεί να διακριθεί μια αλληλεπίδραση μεταξύ τουλάχιστον δύο από τους συμμετέχοντες σε μια αλυσίδα. Μοιράζονται την πρόσβαση σε πληροφορίες και τους σχετικούς δείκτες απόδοσης που είναι απαραίτητοι.

Στο τρίτο στάδιο και πιθανό τέταρτο στάδιο, που σχετίζονται με τις ολοκληρωμένες ΕΑ και τα εφοδιαστικά δίκτυα, όλοι οι συμμετέχοντες στην ΕΑ ή το δίκτυο μοιράζονται τις ίδιες αξίες, την ίδια πρόσβαση σε πληροφορίες και τους σχετικούς δείκτες απόδοσης που είναι απαραίτητοι για την διασφάλιση της αποδοτικότητας του συνόλου της ΕΑ ή δικτύου. Αυτό καθιστά δυνατή την εργασία σε ένα πολύπλοκο και ολοκληρωμένο εφοδιαστικό σύστημα. Κάποιες κοινά χρησιμοποιούμενες οπτικές και δείκτες για το benchmarking δίνονται στον πίνακα 1.1

Πίνακας 1.1: Οπτικές στην απόδοση και παραδείγματα από benchmarks

	Εξωτερικοί δείκτες απόδοσης	Εσωτερικοί δείκτες απόδοσης
Επιχειρησιακή οπτική	Χρόνος παράδοσης Έγκαιρη παράδοση Πωλήσεις Τιμή Ικανοποίηση πελατών	Αποτέλεσμα / προϋπολογισμός Αξία αποθέματος Δέσμευση αποθέματος Εξυπηρέτηση πελατών Κύκλος cash -to- cash
Επιχειρησιακή οπτική	Χρόνος παράδοσης Έγκαιρη παράδοση Πωλήσεις Τιμή	Αποτέλεσμα / προϋπολογισμός Αξία αποθέματος Δέσμευση αποθέματος Εξυπηρέτηση πελατών

## 1.4 Κατηγορίες εφοδιαστικής αλυσίδας

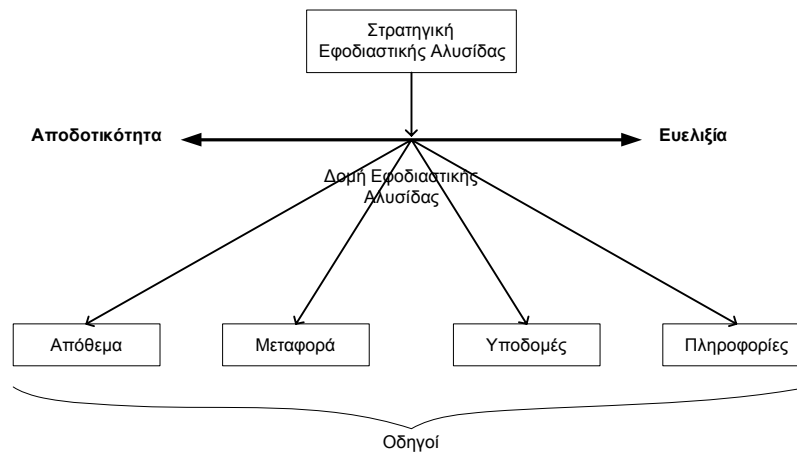
Η ανταγωνιστικότητα μιας σημερινής επιχείρησης συνδέεται άμεσα με την ικανότητα της να παράγει, προϊόντα σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές, στην ποσότητα, ποιότητα και στο χρόνο που επιθυμεί ο πελάτης. Οι παράγοντες ανταγωνιστικότητας των επιχειρήσεων λοιπόν δεν περιορίζονται πλέον μόνο στην επίτευξη χαμηλών σε δεδομένου και περιορισμένου φάσματος προϊόντα, τακτική που αποτέλεσε συνήθη πρακτική του παρελθόντος. Η ποιότητα, η ευελιξία, η διαφοροποίηση και η ταχεία απόκριση στις παραγγελίες, είναι λέξεις κλειδιά στο σύγχρονο ανταγωνιστικό βιομηχανικό περιβάλλον, αφού η αγορά τείνει να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις των πελατών και ταυτόχρονα οι καταναλωτές είναι διατεθειμένοι να επιβραβεύσουν με την προτίμησή τους αυτή την πολιτική.

### 1.4.1 Στρατηγική εφοδιαστικής αλυσίδας

Με βάση τη διαμορφούμενη πραγματικότητα, όπως περιγράφηκε παραπάνω, καθορίζεται η στρατηγική και το είδος της εφοδιαστικής αλυσίδας, η οποία αποτελεί ουσιαστικά ένα μηχανισμό συμβιβασμού-εξισορρόπησης ανάμεσα στην αποδοτική (οικονομική) λειτουργία και στην δυνατότητα γρήγορης απόκρισης στις παραγγελίες, ανάλογα πάντα και με το μερίδιο της αγοράς στο οποίο στοχεύει. Οι τέσσερις βασικοί τομείς λειτουργίας, των οποίων η βαρύτητα καθορίζει την δομή και το είδος μιας ΕΑ είναι οι εξής:

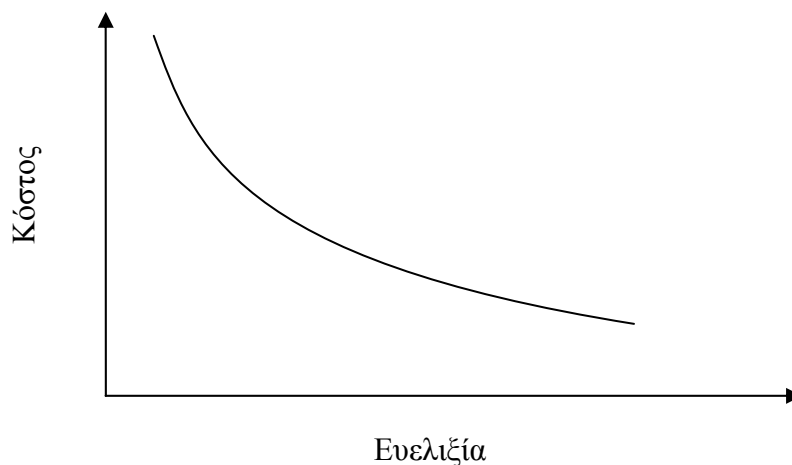
1. Διαχείριση αποθεμάτων-αποθηκών
2. Μεταφορά υλικών και προϊόντων
3. Υποδομή των εγκαταστάσεων
4. Διαχείριση πληροφορίας

Στο σχήμα 1.20 αναπαρίσταται ο τρόπος υλοποίησης της στρατηγικής μέσω της ειδικής βαρύτητας που αποδίδεται στους παραπάνω τομείς.



**Σχήμα 1.20 Στρατηγική εφοδιαστικής αλυσίδας και παράγοντες που την οδηγούν**

Η στρατηγική της εφοδιαστικής αλυσίδας βρίσκεται σε κάποιο σημείο του ευθυγράμμου τμήματος που ορίζει το διπλό βέλος. Η αριστερή πλευρά αντιστοιχεί σε αποδοτική αλυσίδα, με μεγάλο χρόνο απόκρισης και μικρή ευελιξία ενώ η δεξιά παρέχει μεγάλη ευελιξία, μικρό χρόνο απόκρισης στις παραγγελίες του πελάτη με τίμημα το μεγαλύτερο κόστος. Σε οποιοδήποτε άλλο σημείο του τμήματος υφίσταται συμβιβασμός μεταξύ αποδοτικότητας - ευελιξίας. Στην συνέχεια (σχήμα 1.21) αναπαρίσταται γραφικά η εν λόγω σχέση αυτή μεταξύ κόστους και ευελιξίας.



**Σχήμα 1.21 Σχέση κόστους - ευελιξίας**

Σε κάθε περίπτωση η πολιτική επιλέγεται ανάλογα με το μερίδιο της αγοράς που η επιχείρηση θέλει να καλύψει και ακολουθείται μέσω των τεσσάρων παραγόντων που αναφέρθηκαν.

Σύμφωνα με τους Wang et. al. (2004) οι εφοδιαστικές αλυσίδες μπορούν τυπικά να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις περιπτώσεις:

1. Λιτή εφοδιαστική αλυσίδα (**Lean Supply Chain**). Μία LSC χρησιμοποιεί διαδικασίες συνεχούς βελτίωσης για να επικεντρωθεί στην εξάλειψη της αστοχίας της παραγωγής (φύρα) ή των μη σκόπιμων παύσεων κατά μήκος της αλυσίδας. Επιφέρει την μείωση των πάγιων χρόνων προετοιμασίας της παραγωγής, επιτρέποντας την οικονομικότερη παραγωγή παρτίδων μικρής ποσότητας, επιτυγχάνοντας μείωση του κόστους παραγωγής και στοχεύοντας στην ικανοποίηση των απαιτήσεων των πελατών. Η LSC μπορεί να παρέχει υψηλότερα κέρδη και εσωτερική παραγωγική αποδοτικότητα όταν η ζήτηση των προϊόντων είναι σταθερή και μπορεί εύκολα να προβλεφτεί. Όταν χρειάζεται μπορεί να θυσιάσει την ανταπόκριση στις απαιτήσεις των πελατών υπέρ της κοστολογικά συμφέρουσας παραγωγής.
2. Ευκίνητη εφοδιαστική αλυσίδα (**Agile Supply Chain**). Μία ASC βασικά εστιάζει στην ανταπόκριση σε απρόβλεπτες μεταβολές της αγοράς και στην κεφαλαιοποίηση αυτών. Προσπαθεί να επιτύχει ευέλικτη παραγωγή<sup>9</sup> και μείωση του χρόνου διεκπεραίωσης παραγγελιών (lead time). Εφαρμόζει νέες τεχνολογίες και μεθόδους, χρησιμοποιεί πληροφοριακά συστήματα / τεχνολογίες και μηχανισμούς ανταλλαγής δεδομένων, αποδίδει περισσότερη έμφαση σε οργανωτικά ζητήματα και στο οργανωτικό προσωπικό, ολοκληρώνει το σύνολο των επιχειρησιακών διαδικασιών και ενισχύει τις καινοτομίες σε όλα τα πεδία της ΕΑ.
3. Υβριδική εφοδιαστική αλυσίδα (**Hybrid Supply Chain**). Παράλληλα με την λιτή και την ευκίνητη εφοδιαστική αλυσίδα, προτάθηκε μία ενδιάμεση αλυσίδα

---

<sup>9</sup> Ένα ευέλικτο σύστημα παραγωγής επιτρέπει την γρήγορη προσαρμογή στις μεταβολές της ζήτησης, είτε ως προς την ποσότητα της- (πολλές μηχανές μπορούν να συντελέσουν πολλαπλά μέρη προϊόντων) είτε ως προς το είδος της (δυνατότητα εύκολης μετατροπής των μηχανών για παραγωγή νέων τύπων προϊόντων)

γνωστή ως υβριδική εφοδιαστική αλυσίδα. (Huang et al., 2005). Μία HSC γενικά περιλαμβάνει προϊόντα τύπου “συναρμολόγησης κατά παραγγελία (assemble to order)” των οποίων η ζήτηση μπορεί σχετικά εύκολα να προβλεφτεί. Η αλυσίδα βοηθάει στην επίτευξη μαζικής εξατομίκευσης (mass customization) μέσω της αναβολής της διαφοροποίησης των προϊόντων μέχρι την τελική συναρμολόγηση. Τόσο η λιτή τεχνική όσο και η ευκίνητη μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή των ενδιάμεσων συστατικών των προϊόντων. Η διεπιφάνεια (interface) εταιρείας – αγοράς πρέπει να είναι ευκίνητη για να καταλαβαίνει και να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των πελατών όντας ανταποκριτική, προσαρμοστική και καινοτόμα.

Διαφορετικοί τύποι προϊόντος σε διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής μπορεί να χρειάζονται διαφορετικές στρατηγικές ΕΑ. Οι Wang et. al.(2004), στο άρθρο τους «Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision-making methodology» παραθέτουν τους πίνακες 1.2 και 1.3. Ο πίνακας 1.2 συνοψίζει την κατηγοριοποίηση των ΕΑ βάσει τύπου προϊόντος και κύκλου ζωής, ενώ ο πίνακας 1.3 παρέχει μία σύγκριση των διαφορετικών τύπων εφοδιαστικής αλυσίδας.

**Πίνακας 1.2**

<b>Κατηγοριοποίηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας βάσει τύπου και κύκλου ζωής προϊόντος</b>			
Κύκλος ζωής προϊόντος	Τύπος προϊόντος		
	Λειτουργικό	Καινοτόμο	Υβριδικό
Εισαγωγή	Λιτή ΕΑ	Ευκίνητη ΕΑ	Υβριδική ΕΑ
Αύξηση	Λιτή ΕΑ	Ευκίνητη ΕΑ	Υβριδική ΕΑ
Ωριμότητα	Λιτή ΕΑ	Υβριδική/Λιτή ΕΑ	Υβριδική ΕΑ
Πτώση	Λιτή ΕΑ	Υβριδική/Λιτή ΕΑ	Υβριδική ΕΑ



Πίνακας 1.3

Σύγκριση λιτής, υβριδικής και ευκίνητης Εφοδιαστικής Αλυσίδας			
Κατηγορία	Λιτή εφοδιαστική αλυσίδα	Υβριδική εφοδιαστική αλυσίδα	Ευκίνητη εφοδιαστική αλυσίδα
<b>Σκοπός</b>	Εστίαση στη μείωση δαπανών, ευελιξία και «επταυξητικές» βελτιώσεις ήδη διαθέσιμων προϊόντων. Υιοθετεί μια συνεχή διαδικασία βελτίωσης για να εστιάσει στην εξάλειψη της φύρας ή των δραστηριοτήτων μη προστιθέμενης αξίας κατά μήκος της αλυσίδας.	Διαθέτει διεπαφή με την αγορά καταλαβαίνει τις απαιτήσεις πελατών διατηρώντας μελλοντική προσαρμοστικότητα. Προσπαθεί να επιτύχει τη μαζική προσαρμογή μέσω της αναβολής της διαφοροποίησης των προϊόντων και προσθέτει καινοτόμα συστατικά στα ήδη υπάρχοντα προϊόντα.	Προσαρμόζεται στις απαιτήσεις της αγοράς χάρις στη διασύνδεση της με αυτήν και στοχεύει στην παραγωγή οποιουδήποτε όγκου και στην παράδοση μεγάλης ποικιλίας τμημάτων της αγοράς ταυτόχρονα. Παρέχει προσαρμοσμένα προϊόντα σε μικρούς χρόνους με μειωμένο κόστος
<b>Προσέγγιση στην επιλογή των προμηθευτών</b>	Οι ιδιότητες προμηθευτών περιλαμβάνουν το χαμηλό κόστος και την υψηλή ποιότητα	Οι ιδιότητες προμηθευτών περιλαμβάνουν το χαμηλό κόστος την υψηλή ποιότητα, ταυτόχρονα με την ικανότητα ταχύτητας και ευελιξίας, όταν απαιτούνται.	Οι ιδιότητες προμηθευτών περιλαμβάνουν την ταχύτητα, την ευελιξία και την ποιότητα.
<b>Στρατηγική αποθεμάτων</b>	Πολλοί κύκλοι παραγωγής ελαχιστοποίηση του αποθέματος διαμέσου της ΕΑ	Αναβολή της διαφοροποίησης των προϊόντων έως το αργότερο δυνατόν. Ελαχιστοποίηση του αποθέματος λειτουργικών συστατικών.	Επεκτείνει σε σημαντικό βαθμό τα αποθέματα συστατικών για να εξασφαλίσει την ικανοποίηση της απρόβλεπτης ζήτησης.
<b>Εστίαση στο lead time</b>	Μειωμένος lead time μέχρι του σημείου που δεν επιβαρύνεται το κόστος	Παρόμοια με την λιτή επίπεδο συστατικών (Μειωμένος lead time μέχρις αρκεί να μην αυξάνεται το κόστος). Σε επίπεδο προϊόντων, για να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις των πελατών, ακολουθεί την πολιτική μιας ευκίνητης ΕΑ	Επιθετική επένδυση σε τρόπους που μειώνουν το lead time
<b>Εστίαση στην παραγωγή</b>	Διατήρηση υψηλού μέσου βαθμού απασχόλησης	Είναι ένας συνδυασμός λιτής <sup>10</sup> και ευκίνητης παραγωγής, όπου το αρχικό μέρος είναι παρόμοιο με την λιτή και το επακόλουθο με της ευκίνητης	Χρησιμοποιείται επιπλέον buffer για να εξασφαλιστεί ότι τα απαραίτητα συστατικά και πρώτες ύλες είναι διαθέσιμα για την παραγωγή σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες
<b>Στρατηγική σχεδιασμού προϊόντος</b>	Μεγιστοποίηση απόδοσης και ελαχιστοποίηση δαπανών	Τα συστατικά ακολουθούν την λιτή έννοια (ελαχιστοποίηση δαπανών) στην αρχή. Ο μορφοματικός (modular) σχεδιασμός βοηθάει στην διαφοροποίηση του προϊόντος κατά τα τελευταία στάδια.	Χρήση μορφοματικού σχεδιασμού προκειμένου να αναβάλεται η διαφοροποίηση των προϊόντων όσο το δυνατόν περισσότερο

<sup>10</sup> Φιλοσοφία διαχείρισης που εστιάζει στην μείωση των περιττών δαπανών παραγωγής, μεταφορών, αποθέματος, κίνησης και αποβλήτων. Χαρακτηριστικό εργαλείο για την εφαρμογή λιτής διαχείρισης είναι η παραγωγή έλξης (JIT)

### 1.4.2 Δομή συντονισμού

Με την κατηγοριοποίηση που προηγήθηκε, περιγράφηκαν συνοπτικά οι στρατηγικές επιλογές και τα αποτελέσματα τους στην λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η εφαρμογή των στρατηγικών αυτών όμως, προϋποθέτει ότι η εφοδιαστική αλυσίδα ελέγχεται από έναν και μόνο αποφασίζοντα, ο οποίος διαθέτει όλες τις επιμέρους (ανά τοποθεσία, ανά λειτουργία) πληροφορίες, έχει την απόλυτη εξουσία και επιδίωξη του είναι το συνολικό όφελος του συστήματος.

Ωστόσο στην πράξη (με εξαίρεση ορισμένες πλήρως καθετοποιημένες επιχειρήσεις) σπανίως συμβαίνει κάτι τέτοιο α) είτε γιατί τα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι διαφορετικά τμήματα, σε διαφορετικές τοποθεσίες, με σχετική ή και απόλυτη αυτονομία στην λήψη αποφάσεων και στην διαχείριση του προϋπολογισμού τους β) είτε γιατί η εφοδιαστική αλυσίδα είναι ένα (μεταβλητό) σύνολο επιχειρήσεων (προμηθευτές, παραγωγοί, διανομείς, λιανοπωλητές) με σχέσεις συνεργασίας, σύνδεσης αλλά και αντικρουόμενων πολλές φορές συμφερόντων.

Με την πάροδο του χρόνου μία εταιρία συνήθως τείνει να επεκταθεί με διάφορους τρόπους (επέκταση της παραγωγικής δυναμικότητας, δημιουργία νέων μονάδων, εξαγορά άλλων επιχειρήσεων κ.τ.λ.). Το τελικό αποτέλεσμα είναι εγκαταστάσεις διάσπαρτες στην ίδια ή και σε διαφορετικές χώρες, ανομοιογενή και διάσπαρτη διοίκηση με πιθανώς αντικρουόμενους στόχους, ανομοιογενή συστήματα εφοδιαστικής διαχείρισης, κ.α.

Εξάλλου, σύμφωνα με τους Piller and Roder (1999) και Croom et al. (2000): «Λόγω της εστίασης του ενδιαφέροντος κάθε επιχείρησης, αποκλειστικά στα κεντρικά ανταγωνιστικά της χαρακτηριστικά, οι διαδικασίες ανάπτυξης προϊόντος, όπως και οι περισσότερες διαδικασίες προστιθέμενης αξίας, έχουν κατακερματιστεί σε διάφορες επιχειρήσεις και διάφορες ειδικευμένες τοποθεσίες εντός ενός δικτύου επιχειρήσεων, συνοδευόμενες από αύξηση της πολυπλοκότητας των παραγόμενων προϊόντων και των επιχειρησιακών διαδικασιών».

Αν και υπάρχουν ορισμένες ουσιαστικές διαφορές στις παραπάνω περιπτώσεις, ως προς το ιδιοκτησιακό καθεστώς των μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας, τα βασικά προβλήματα που δημιουργούνται είναι κοινά και έχουν να κάνουν με την αδυναμία ενιαίας στρατηγικής. Οι ανεξάρτητες λήψεις αποφάσεων από τα μέλη της ΕΑ μπορούν να δημιουργήσουν καθυστερήσεις, αύξηση τους συνολικού κόστους και επιδείνωση των αβεβαιοτήτων. Οι Lee and Billington (1992) παρατηρούν ότι οι

διαφορετικές τοποθεσίες στην εφοδιαστική αλυσίδα δεν μεγιστοποιούν την αποδοτικότητα της, όταν η κάθε μία επιδιώκει ανεξάρτητους στόχους.

Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορεί να αποτυπωθεί μέσα από την μελέτη της δομής συντονισμού της. Το βασικό ζήτημα σχετικά με το θέμα αυτό είναι το ποια είναι η καλύτερη δομή της ΕΑ για τον αποτελεσματικό συντονισμό των δραστηριοτήτων ανάμεσα στις μονάδες προμήθειας και στις μονάδες ζήτησης. Σύμφωνα με την ευρύτερη αποδεκτή άποψη, η δομή συντονισμού μιας ΕΑ καθορίζεται κατά κύριο λόγο από κοινού από την δομή των δικαιωμάτων απόφασης (π.χ. αν, τότε και πόσο θα παράγουν οι προμηθευτές, η μονάδα μεταποίησης κτλ) και την δομή πληροφοριών (γνώση της τοπικής ζήτησης, των προωθητικών πακέτων, των επιπέδων αποθέματος κ.α).

Η δομή συντονισμού λοιπόν μιας εφοδιαστικής αλυσίδας κατηγοριοποιείται ως δομή **κεντροποιημένου** ελέγχου, **αποκεντρωμένου** ελέγχου και μίας **ενδιάμεσης** (κατανεμημένης) μορφή ελέγχου.

### **Κεντροποιημένος έλεγχος**

Η περίπτωση μιας ΕΑ με διάσπαρτες εγκαταστάσεις, ανομοιογένεια και ανομοιομορφία στόχων μπορεί να αντιμετωπιστεί με την συγκέντρωση της διαχειριστικής λειτουργίας. Έτσι αποφάσεις που αφορούν, για παράδειγμα, την ποικιλία των προϊόντων, τις μεταφορές και τις διανομές, τον τρόπο εκτέλεσης των παραγγελιών στα διάφορα παραρτήματα, κ.λ.π. θα μπορούσαν να λαμβάνονται κεντρικά. Επίσης το σύστημα επικοινωνιών και πληροφοριών θα πρέπει να επανασχεδιασθεί.

Ο διοικητικός συγκεντρωτισμός δύναται να επιτευχθεί πιο εύκολα εάν συνδυασθεί και με την λεγόμενη κεντροποίηση (centralisation), δηλαδή την διαδικασία μέσω της οποίας οι δραστηριότητες ενός οργανισμού, ειδικά αυτές που αφορούν την λήψη αποφάσεων, συγκεντρώνονται σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία. Αυτό θα είχε πιθανώς και θετικό αποτέλεσμα στα έξοδα, π.χ. διότι οι μεταφορές μεταξύ διαφόρων εγκαταστάσεων γίνονται περιττές.

Στο κεντροποιημένο έλεγχο όλες οι προωθητικές ενέργειες πηγάζουν από την μονάδα παραγωγής και άρα η πληροφορία σχετικά με τις προωθητικές ενέργειες είναι διαθέσιμη αρκετά νωρίς. Αυτό σημαίνει ότι ο χρόνος διεκπεραίωσης είναι επίσης υψηλός στον κεντροποιημένο έλεγχο. Η αβεβαιότητα κρύβεται στην γνώση του

αντίκτυπου των προωθητικών ενεργειών, όπως αυτές προσφέρονται από την μονάδα. Οι ποσότητες που πρέπει να διοχετευτούν σε κάθε αγορά αποφασίζονται κεντρικά. Μιας και η γνώση των τοπικών αγορών δεν είναι διαθέσιμη στην μονάδα παραγωγής, οι παραγγελίες από τις αγορές αυτές είναι σημαντικά διαφοροποιημένες από τις προβλέψεις της μονάδας. Έτσι σε ένα κεντροποιημένο σύστημα ελέγχου, παρόλο που οι περισσότερες προωθητικές δράσεις είναι γνωστές, η ακριβής ποσότητα της ζήτησης λόγω αυτών και ο ακριβής χρόνος εμφάνισης των, διακατέχονται από σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας. Επιπλέον οι μεμονωμένες αγορές συχνά δημιουργούν «θόρυβο» στην ΕΑ μέσω της εκτεταμένης κατακράτησης αποθεμάτων, που μειώνει την ακρίβεια των προωθητικών ενεργειών ακόμη περισσότερο. Ο κεντροποιημένος μηχανισμός ελέγχου λοιπόν παρέχει μεγαλύτερα περιθώρια για τους χρόνους διεκπεραίωσης αλλά και απώλειες στην ακρίβεια της πρόβλεψης, ειδικά της ζήτησης λόγω των προωθητικών ενεργειών.

Επίσης ο τύπος αυτός λειτουργίας της ΕΑ, από την μία πλευρά θεωρείται ότι βελτιώνει σημαντικά την παραγωγικότητα, μειώνει το κόστος και αυξάνει την ποιότητα των προϊόντων και υπηρεσιών προς τον πελάτη αλλά από την άλλη, δεν αποδίδει την ευελιξία και τον δυναμικό χαρακτήρα που χρειάζεται στις μέρες μας η ΕΑ, ώστε να προσαρμόζεται άμεσα στις απαιτήσεις των πελατών και τις τάσεις της αγοράς, αφού παγιώνονται τα μέλη της, οι σχέσεις ανάμεσα τους και ο εν γένει τρόπος λειτουργίας της.

### **Αποκεντρωμένος έλεγχος**

Αποκέντρωση είναι η διαδικασία ανακατανομής των λήψεων απόφασης πιο κοντά στα σημεία εξυπηρέτησης ή δράσης. Οι περισσότερες επιχειρήσεις με εγκαταστάσεις σε πολλαπλές τοποθεσίες χρησιμοποιούν το αποκεντρωμένο σύστημα διαχείρισης.

Στην περίπτωση του αποκεντρωμένου ελέγχου της ΕΑ, τα τοπικά μέλη της ΕΑ (π.χ. λιανοπωλητές) δεν έχουν γνώση των περιορισμών δυναμικότητας της μονάδας παραγωγής, ούτε και της ζήτησης των άλλων τοπικών μελών. Η πρόβλεψη αρχικά βασίζεται στην πληροφορία ζήτησης που παρέχεται από τις διάφορες ξεχωριστές αγορές. Το αποτέλεσμα είναι υψηλή ακρίβεια στην πρόβλεψη της ποσότητας ζήτησης λόγω των προωθητικών ενεργειών, όπως και της συγκεκριμένης χρονικής περιόδου εμφάνισης της. Τα τοπικά μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας παραγγέλουν, γνωρίζοντας τόσο τα επίπεδα αποθέματος τους όσο και την τοπική ζήτηση. Ένα

σημαντικό μειονέκτημα της περίπτωσης αυτής βεβαίως είναι ότι δεν παρέχεται αρκετός διαθέσιμος χρόνος για την διεκπεραίωση παραγωγής των παραγγελιών.

### **Κατανεμημένος έλεγχος**

Η δομή συντονισμού της ΕΑ με κατανεμημένο έλεγχο συνεπάγεται ότι εφαρμόζεται ένα ενδιάμεσο σύστημα συγκεντρωτικού και αποκεντρωμένου ελέγχου. Οι ποσότητες καθορίζονται χρησιμοποιώντας τόσο την κεντρική, όσο και την τοπική γνώση της ζήτησης. Για να γίνει αυτό εφαρμόζεται ανταλλαγή πληροφοριών και διαπραγματεύσεις ανάμεσα στα μέλη της ΕΑ.

Ο κατανεμημένος έλεγχος μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματικός, αποκομίζοντας τα οφέλη και των δύο διαφορετικών δομών συντονισμού αλλά και μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά απορυθμιστικός για την λειτουργία της ΕΑ. Η σωστή εφαρμογή του απαιτεί διεξοδική προετοιμασία και μελέτη των σχέσεων που την διέπουν και της δυναμικής που διαθέτει.

### **Επιμερισμός ωφελειών- συμβόλαια**

Οι Thoben, Eschenbacher and Jagdev (2003) τονίζουν ότι προκειμένου να ανταγωνιστούν στην παγκοσμιοποιημένη αγορά, οι παραγωγοί και οι προμηθευτές οφείλουν να βρουν τρόπους να σχηματίσουν συμμαχίες. Επιπλέον αναφέρουν την δυνατότητα παραγωγής προϊόντων με συνεργατικό τρόπο ως μείζον ζήτημα.

Στην περίπτωση όμως που η ΕΑ αφορά δίκτυο ξεχωριστών επιχειρήσεων, το μοντέλο λειτουργίας με αποκεντρωμένο ή κατανεμημένο έλεγχο παρέχει σημαντικό πλεονεκτήμα ευελιξίας και προσαρμοστικότητας στις απαιτήσεις της αγοράς, καθώς τα μέλη του αποτελούν ένα δυναμικό σύστημα από την μία, από την άλλη πλευρά όμως θέτει (ακόμη εντονότερα) σε κίνδυνο την ομαλή λειτουργία της ΕΑ, είτε με την την έλλειψη συνεργατικών σχέσεων, είτε με την σύγκρουση των μεμονομένων στόχων και επιδιώξεων από κάθε ξεχωριστή εταιρεία είτε με την ελλιπή, διαστρεβλωμένη και ετεροχρονισμένη ροή της πληροφορίας. Πολλές περιπτώσεις φαινομένων οφειλόμενων στην κατάσταση αυτή έχουν απασχολήσει την επιχειρηματική και επιστημονική κοινότητα και θα συζητώνται σε επόμενη παράγραφο.

Στις περιπτώσεις αυτές λοιπόν, που αποτελούν την μεγάλη πλειοψηφία των περιπτώσεων εφοδιαστικής αλυσίδας, ο στόχος πρέπει να είναι η υιοθέτηση ενός μηχανισμού συντονισμού που εγγυάται ότι το αποκεντρωμένο σύστημα, είναι εξίσου αποδοτικό με το συγκεντρωτικό και ταυτόχρονα όλα τα μέλη της έχουν μεγαλύτερο όφελος (ή τουλάχιστον καμία ζημία) από αυτό.

Σύμφωνα με τον Wang (2001), οι συμβάσεις (ή συμβόλαια) των εφοδιαστικών αλυσίδων είναι ένας σημαντικός μηχανισμός συντονισμού που παρέχει κίνητρα σε κάθε μέλος της αλυσίδας ώστε να μη συμπεριφέρεται αποκεντρωμένα και συντονίζει τα μέλη που απαρτίζουν την αλυσίδα.

Στην ουσία οι συμβάσεις προμηθευτικών αλυσίδων καθορίζουν τη συμπεριφορά μεταξύ των μελών της αλυσίδας έτσι ώστε το συνολικό κέρδος της να είναι μεγιστοποιημένο και να μοιράζεται σε όλα τα μέλη της. Πρόκειται για συμβάσεις που αφορούν προδιαγραφές της παραγγελίας όπως ποσότητα, τιμή, χρόνος και ποιότητα έτσι ώστε να αντιμετωπιστεί η αβεβαιότητα της ζήτησης και να μοιραστεί το ρίσκο ανάμεσα σε όλα τα μέλη της αλυσίδας.

Το είδος των συμβάσεων εφοδιαστικής αλυσίδας ποικίλει ανάλογα με τις βιομηχανίες. Οι συμβάσεις επιστροφής (returns) επιτρέπουν στον έμπορο λιανικής να επιστρέψει ένα μέρος των απούλητων αγαθών του στον κατασκευαστή για μία μερική πίστωση επιστροφής. Τέτοιες συμβάσεις είναι συχνές στην περίπτωση φθαρτών προϊόντων όπως βιβλία, περιοδικά, εφημερίδες, υλικό και λογισμικό υπολογιστών, φαρμακευτικά είδη κτλ. Οι συμβάσεις ευελιξίας ποσότητας (quantity flexibility contracts) καθορίζουν ότι η τελική ποσότητα που παραγγέλλει ο έμπορος από τον κατασκευαστή μπορεί να αποκλίνει από την αρχική ποσότητα κατά ένα ποσοστό είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω.

Τέτοιου είδους συμβάσεις είναι πολύ κοινές στην ηλεκτρονική βιομηχανία και χρησιμοποιούνταν από τις Sun Microsystems, Solectron, IBM, HP, Compaq και άλλες εταιρίες. Οι συμβάσεις εφεδρείας (backup agreement) έχουν χρησιμοποιηθεί από τις Anne klein, Finitv, DKNY, Liz Clairbone και Catco στη βιομηχανία της ένδυσης. Σύμφωνα με αυτές όταν ο έμπορος παραγγέλλει μια ποσότητα προϊόντων για μία περίοδο, ο κατασκευαστής συγκρατεί ένα μέρος της παραγγελίας (εφεδρεία) και παραδίδει το υπόλοιπο στην αρχή της περιόδου. Ο έμπορος αφού παρατηρήσει τη ζήτηση στην αρχή της περιόδου μπορεί να ζητήσει ή όχι την εφεδρική αυτή ποσότητα. Οι συμβάσεις προστασίας τιμών (price protection) έχουν κατά κόρων

χρησιμοποιηθεί μεταξύ των κατασκευαστών και εμπόρων της βιομηχανίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Σύμφωνα με αυτές ο κατασκευαστής πληρώνει στον έμπορο μία πίστωση για κάθε απούλητο προϊόν όταν η τιμή χονδρικής του προϊόντος πέσει κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος.

Εφόσον με συγκεκριμένες συμβάσεις διασφαλιστεί η διάθεση (το συμφέρον) των μελών της ΕΑ, για συντονισμένη επιδίωξη του συνολικού της οφέλους, αυτό που μένει είναι η εγκατάσταση των κατάλληλων μέσων υλοποίησης ή διευκόλυνσης του συντονισμού, τα οποία εν γένει αφορούν σύγχρονα μέσα πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών που αναλύονται σε επόμενη παράγραφο.

### **1.5 Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας**

Ο όρος διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας (ΔΕΑ) χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά γύρω στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Από τότε έχουν δοθεί πολλοί ορισμοί κυρίως εξαιτίας του μεγάλου εύρους των δραστηριοτήτων που καλύπτει η ΔΕΑ και των διαφορετικών προσεγγίσεων με τις οποίες εξετάζεται από πολλούς ειδικούς του χώρου. Σύμφωνα με το CSCMP 2004, η ΔΕΑ περιλαμβάνει τον σχεδιασμό και την διοίκηση όλων των δραστηριοτήτων σχετικών με τον εφοδιασμό, την μεταποίηση και τις διανομές.

Η ΔΕΑ γενικά, εμπλέκει όλες τις δραστηριότητες σε όλα τα επιχειρηματικά επίπεδα και όχι μόνο στο βαθμό μιας μόνο επιχειρηματικής μονάδας, αλλά και στους προμηθευτές και τους πελάτες. Έτσι η έννοια του ανταγωνισμού (σύμφωνα με το παραδοσιακό μοντέλο του Porter) επεκτείνεται και ο ανταγωνισμός υλοποιείται σε επίπεδο αλυσίδων δημιουργώντας ένα νέο περιβάλλον ανταγωνισμού. Πολλοί ερευνητές (π.χ Clinton and Closs, 1997, Frohlich and Westbrook, 2001, McGinnis and Kohn, 1993) έχουν επιχειρηματολογήσει για την στρατηγική σημασία της ολοκλήρωσης προμηθευτών, παραγωγών και πελατών μέσω της ΔΕΑ.

Επίσης, λόγω της δραματικής εξέλιξης και της επίδρασης των νέων τεχνολογιών της Πληροφορικής και των Τηλεπικοινωνιών, η ΔΕΑ μπορεί να θεωρηθεί ως ο μηχανισμός μέσω του οποίου διαφορετικές και γεωγραφικά διασκορπισμένες επιχειρήσεις δημιουργούν στρατηγικές συμμαχίες για να αντιμετωπίσουν τη νέα ζήτηση μέσα από το Διαδίκτυο, καθώς. Οι συμμαχίες αυτές αποτελούν δυναμικά δίκτυα που εκμεταλλεύονται τις ιδιαίτερες δεξιότητες και χρησιμοποιούν τους διαθέσιμους πόρους

των εμπλεκόμενων μερών με τελικό στόχο την απόκτηση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος και της ηγετικής θέσης στην αγορά.

Στην περιοχή της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας περιέχεται η αντιμετώπιση ενός μεγάλου συνόλου προβλημάτων των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, όπως προβλήματα φόρτωσης, μεταφορών και χωροθέτησης, προβλήματα σχεδιασμού και προγραμματισμού παραγωγής, προβλήματα παραγγελιοληψίας, καθορισμού διαδρομών και διανομής. Επίσης απαιτεί διαδικασίες πρόβλεψης της ζήτησης και χάραξης κατάλληλης αποθεματικής πολιτικής. Στην συνέχεια στον πίνακα 1.4 αντιστοιχίζονται ενδεικτικά ορισμένες χαρακτηριστικές ενέργειες που συνδέονται με τις βασικές λειτουργίες.

<b>Πίνακας 1.4: Βασικές Λειτουργίες Σχεδιασμού ΔΕΑ</b>	
<b>ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ</b>	<b>ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ</b>
Σχεδιασμός ζήτησης	Η διαδικασία σχεδιασμού πρόβλεψης της ζήτησης των προϊόντων / υπηρεσιών (σύμφωνα με τον προσδιορισμό και εξέταση παλαιότερων τάσεων). Ακριβέστερη πρόβλεψη της ζήτησης των πελατών βελτιώνει την εξυπηρέτηση τους μειώνοντας ταυτόχρονα κόστη της αβεβαιότητας της ζήτησης.
Σχεδιασμός προμηθειών	Η διαδικασία σχεδιασμού για την ικανοποίηση της ζήτησης της αγοράς βάσει των διαθέσιμων πόρων και των επιπέδων αποθεμάτων. Η κάλυψη των απαιτήσεων ανεφοδιασμού εξασφαλίζει ότι τα αποθέματα ασφαλείας βρίσκονται στα κατάλληλα επίπεδα.
Σχεδιασμός παραγωγής	Η διαδικασία σχεδιασμού που εξετάζει τους διαθέσιμους πόρους και καταστρώνει ένα πρόγραμμα βέλτιστης παραγωγής που βασίζεται στους περιορισμούς που επιβάλλονται από τα όρια της πραγματικότητας. Μπορεί να προσαρμόζει αυτόματα τα σχέδια παραγωγής, αν ορισμένοι προμηθευτές δεν έχουν διαθεσιμότητα, ή αν ένα παραγωγικό στοιχείο - είναι εκτός λειτουργίας
Προγραμματισμός μεταφορών	Η διαδικασία σχεδιασμού για την βέλτιστη και οικονομικότερη μέθοδο μεταφορών και διανομών λαμβάνοντας υπόψη περιορισμούς όπως ημερομηνία / ώρα παραλαβής, τύπος μεταφορικού μέσου κλπ.



Με βάση τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι η ΔΕΑ πρακτικά εμπλέκεται σε όλα σχεδόν τα τμήματα μιας επιχείρησης. Οι λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ευθύνη των διευθυντών ή υπευθύνων των τμημάτων αυτών, δηλαδή στελεχών μεσαίων ή χαμηλών βαθμίδων. Η ΔΕΑ λοιπόν μπορεί μεν να διακριθεί σε πολλά συστατικά, ωστόσο δεν μπορεί να αγνοηθεί το γεγονός ότι η λήψη των αποφάσεων για την ΔΕΑ αποτελεί αντικείμενο της ανώτατης διοίκησης, διαφορετικά δεν υπάρχει λόγος να μην περιοριστεί στους λειτουργικούς τομείς διαχείρισης των προαναφερθέντων επιμέρους λειτουργιών.

Σύμφωνα και με τον Houlihan (1985), ο παράγοντας που διαφοροποιεί την ΔΕΑ από την παραδοσιακή ολοκληρωμένη εφοδιαστική διαχείριση είναι η στρατηγική λήψη αποφάσεων που την χαρακτηρίζει. Η ΔΕΑ αναγνωρίζεται ευρέως ως ζωτική πηγή ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος. Ωστόσο, η πολυπλοκότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας και η πληθώρα των δεδομένων που την χαρακτηρίζουν, οδηγούν τις περισσότερες φορές την προσπάθεια διαχείρισης της, σε μελέτη και μοντελοποίηση ενός περιορισμένου μόνο τμήματος της.

Η αποτελεσματική ΔΕΑ είναι το κλειδί για την απόκτηση στρατηγικού ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος. Τα κυριότερα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή της, είναι η βελτίωση επιπέδου εξυπηρέτησης πελατών (σωστό προϊόν, διαθέσιμο όταν αυτό απαιτηθεί, στη σωστή ποιότητα και τιμή), η μείωση του κόστους, η καλύτερη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων - πρώτων υλών - αποθεματικών προϊόντων, ο καλύτερος προγραμματισμός χρονοδιαγράμματος παραγωγής - διανομών και η επαύξηση της αξίας του πελάτη.

Η λέξη κλειδί για την αποτελεσματική εφοδιαστική αλυσίδα προκειμένου η επιχείρηση να ελέγχει πλήρως τις δραστηριότητες της, περιορίζοντας το κόστος και βελτιώνοντας παράλληλα τα επίπεδα εξυπηρέτησης των πελατών είναι η ολοκλήρωση (Shapiro 2001, Handfield 1998, Lambert et al. 1999). Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας βασίζεται λοιπόν σε μία συνολική προσέγγιση του συστήματος και όχι σε ξεχωριστή διαχείριση των επιμέρους στοιχείων του. Η συνολική προσέγγιση του συστήματος προϋποθέτει την κατανόηση της κάθε δραστηριότητας και λειτουργίας που λαμβάνει χώρα στην εφοδιαστική αλυσίδα σε σχέση με την αλληλεπίδραση της με άλλα στοιχεία της αλυσίδας. Η ιδέα βασίζεται στο ότι το αποτέλεσμα μίας σειράς δραστηριοτήτων, όπου οι αλληλεξαρτήσεις και αλληλεπιδράσεις λαμβάνονται υπ' όψιν, είναι καλύτερο από το άθροισμα των ατομικών αποτελεσμάτων των

επιμέρους δραστηριοτήτων. Εάν μόνον οι επιμέρους δραστηριότητες βελτιστοποιούνται ατομικά, το συνολικό αποτέλεσμα είναι υποβέλτιστο. Συνεπώς, ο σκοπός της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας εμπεριέχει την διαχείριση των ροών μεταξύ των σταδίων της εφοδιαστικής αλυσίδας για να μεγιστοποιήσει το ολικό κέρδος.

### 1.5.1 ΔΕΑ και logistics

Μέχρι πρόσφατα οι έννοιες των ΔΕΑ και της εφοδιαστικής (logistics) θεωρούνταν έννοιες ταυτόσημες. Χρειάστηκαν αρκετά χρόνια για να υιοθετηθεί η άποψη ότι η ΔΕΑ είναι κάτι περισσότερο από ένα νέο όνομα ή συνώνυμο για τα logistics. Ότι δηλαδή η ΔΕΑ στοχεύει στην ενοποίηση και διαχείριση των βασικών επιχειρηματικών διαδικασιών κατά μήκος όλης της ΕΑ και όχι στην ενοποίηση των διαδικασιών στα διάφορα στάδια της ΕΑ. Αυτό οδηγούσε αυτόματα σε μία σύγχυση σχετικά με το σαφή καθορισμό τους. Στη πραγματικότητα η σύγχυση αυτή προέκυπτε από το γεγονός ότι κατά πολλούς και οι δύο έννοιες συμπεριλάμβαναν τις ίδιες δραστηριότητες μιας επιχείρησης. Τη σύγχυση αυτή ενίσχυαν και τέσσερις ακόμη λόγοι:

1. Οι διάφοροι αντικρουόμενοι ή επικαλυπτόμενοι τρόπου προσέγγισης από πολλούς ερευνητές του χώρου. Για παράδειγμα το Ινστιτούτο Logistics της Μεγάλης Βρετανίας, όριζε τα logistics ως τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (Institute of Logistics-UK 1985). Οι καθηγητές Bowersox, Closs και Helferich και Pagonis όρισαν τα logistics ως την ολοκλήρωση των διαδικασιών μεταφορών, προμηθειών, αποθήκευσης, συντήρησης, εφοδιασμού, συμφωνιών και αυτοματοποίησης σε μία μόνο διαδικασία, με στόχο όχι την βελτιστοποίηση των επιμέρους διαδικασιών αλλά της συνολικής προσπάθειας (Bowersox et al. 1986, Pagonis 1992). Βάσει του ανωτέρω ορισμού δεν είναι εμφανής η διαφορά μεταξύ των logistics και της ΔΕΑ.
2. Οι περισσότερες εμπορικές εφαρμογές που αναπτύχθηκαν και ακόμη αναπτύσσονται και κυκλοφορούν στην αγορά από διάφορους προμηθευτές αυτοχαρακτηρίζονται ως πληροφοριακά συστήματα ΔΕΑ, ενώ ουσιαστικά παρέχουν τις ίδιες δυνατότητες και εργαλεία με τις αντίστοιχες εφαρμογές των logistics.

3. Επίσης σημαντικός λόγος ενίσχυσης της σύγχυσης είναι το γεγονός ότι η αντίληψη για τη ΔΕΑ προήρθε από τη βιβλιογραφία που αφορούσε τα logistics.
4. Τέλος, η αδυναμία των επιχειρήσεων να εφαρμόσουν συνολική βελτιστοποίηση της ΕΑ μέσω κάποιας συστημικής προσέγγισης και αντ'αυτού η πρακτική τους να βελτιστοποιούν ορισμένες μόνο από τις διαδικασίες logistics όπως αποθήκευση, μεταφορές, προμήθειες κλπ.

Πρόσφατα ωστόσο το CLM τροποποίησε τον αρχικό του ορισμό για τα logistics, από τον οποίο πλάον καθίσταται σαφές ότι η διαχείριση των διαδικασιών logistics αποτελεί ένα υποσύνολο της ΔΕΑ. Ο νέος ορισμός είναι ο ακόλουθος: τα logistics αποτελούν το τμήμα εκείνο της ΔΕΑ που σχεδιάζει, υλοποιεί και ελέγχει την αποτελεσματική και αποδοτική ροή και αποθήκευση προϊόντων, υπηρεσιών και σχετικών πληροφοριών από την αρχική παραγγελία / παραγωγή μέχρι την τελική παράδοση στον τελικό καταναλωτή, με σκοπό την εκπλήρωση των απαιτήσεων του πελάτη ((CLM 1998).

Η ΔΕΑ θεωρείται πλέον συνώνυμη με έναν νέο όρο, την λεγόμενη εξελιγμένη εφοδιαστική (advanced logistics), ο οποίος χρησιμοποιήθηκε σε δύο εκθέσεις της OECD (OECD, 1992; 1996) για να αποδώσει: «...την έννοια του συγχρονισμού των δραστηριοτήτων πολλαπλών οργανισμών της εφοδιαστικής αλυσίδας και την ανάδραση κατάλληλων πληροφοριών στους τομείς παραγωγής ή διανομής των οργανισμών σε πραγματικό χρόνο, με την ολόπλευρη χρήση τεχνολογίας πληροφορίας και τηλεπικοινωνιακών δικτύων». Η δεύτερη έκθεση αναγνωρίζει το γεγονός ότι ο παραπάνω ορισμός επίσης ταυτίζεται με τον όρο διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας (OECD, 1996 p15).

### 1.5.2 Κατηγορίες ΔΕΑ

Ο βαθμός στον οποίο εκτείνεται η διαχείριση σε κάθε εφοδιαστική αλυσίδα ποικίλει σημαντικά. Οι εφοδιαστικές αλυσίδες μπορεί να διαχειρίζονται ως μοναδιαίες οντότητες μέσω ενός επικρατώντος μέλους ή από την άλλη μέσω ενός ευρέος συστήματος συνεργασίας που απαιτεί σχεδιασμένο συντονισμό. Για παράδειγμα οι Cooper, Ellram, Gardner, and Hanks (1997) υποστηρίζουν ότι ο βαθμός διαχείρισης πρέπει να καθορίζεται από την προστιθέμενη αξία κάθε σχέσης στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Με βάση τον τύπο της εφοδιαστικής αλυσίδας και την οπτική υπό την οποία εφαρμόζεται η διαχείριση της, μπορεί κανείς να διακρίνει αρκετούς διαφορετικούς τύπους ΔΕΑ. Οι Cooper, Ellram, Gardner and Hanks(1997) πρότειναν τους ακόλουθους τέσσερις τύπους ΔΕΑ:

**1. Δυναμική διαχείριση.**

Οι οργανισμοί επικεντρώνονται αποκλειστικά στα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας με τα οποία έχουν άμεση επαφή. Παραδείγματα είναι η Honda της America Manufacturing και η Xerox Corporation.

**2. Ολοκλήρωση καναλιού.**

Ο «αρχηγός» της αλυσίδας διαδραματίζει τον κεντρικό ρόλο στην κατάστρωση της στρατηγικής για το κανάλι εφοδιαστικής και στην είσοδο – έξοδο μελών σε αυτό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η Benetton.

**3. Αναλυτική βελτιστοποίηση.**

Ο «αρχηγός του καναλιού» χρησιμοποιεί κάποιου είδους μοντελοποίηση, η οποία υποστηρίζεται και με κατάλληλα μέσα πληροφορικής τεχνολογίας, προκειμένου να προσδιορίζει και να εφαρμόζει – επιβάλλει την καλύτερη δυνατή διάταξη της εφοδιαστικής αλυσίδας. Πολυσυζητημένο παράδειγμα της περίπτωσης αυτής είναι η Hewlett-Packard.

**4. Κάθετη ολοκλήρωση.**

Ο «αρχηγός του καναλιού» έχει μερική ιδιοκτησία των υπολοίπων μελών της αλυσίδας. Παραδείγματα οι Mitsubishi και Toyota.

Τέλος, πολλοί συγγραφείς διαπιστώνουν την εντυπωσιακή ανάπτυξη της έρευνας για την ΔΕΑ κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Επιγραμματικά μπορεί κανείς να υπογραμμίσει ορισμένα σημαντικά βήματα της έρευνας του πρόσφατου παρελθόντος:

- Μελέτη της μετάδοσης της μεταβλητότητας της ζήτησης στα ανάντη στάδια της ΕΑ (π.χ Baganha and Cohen(1998)).
- Βελτιστοποίηση της απόδοσης της ΕΑ με την σύνδεση πρώτων υλών και τελικών προϊόντων (π.χ Bhaskaran(1996)).
- Ανάδειξη μεθόδων για χρονική μετάθεση και προτυποποίηση των παραγωγικών διαδικασιών (π.χ. Ernst and Kamrad (1996)).

- Σύγχρονα εργαλεία βελτιστοποίησης για τον σχεδιασμό συστημάτων διανομής (π.χ. Geoffrion and Powers(1995)).
- Αλλαγή της σκέψης και της αντιμετώπισης των σχέσεων προμηθευτών και πελατών (π.χ Gavirneni, Kapuscinski, and Tayur(1998)).

Περαιτέρω αναλυτική ανασκόπηση της έρευνας πραγματοποιείται στο 3ο κεφάλαιο της παρούσας μελέτης, ενώ στο 4ο κεφάλαιο παρατίθενται ορισμένα σημαντικά σύγχρονα μοντέλα για την διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας.

## 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΩΝ ΑΛΥΣΙΔΩΝ

Στη σημερινή οικονομία, οι εταιρείες αντιμετωπίζουν αυξημένο ανταγωνισμό και υψηλή πίεση κόστους με αποτέλεσμα να αναγκάζονται συνεχώς να προσαρμόζονται στο δυναμικό και ιδιαίτερα ευμετάβλητο περιβάλλον. Όλο και περισσότερο, οι πελάτες αναμένουν τα προϊόντα και υπηρεσίες που λαμβάνουν να απαντούν στις δικές τους ανάγκες. Υψηλή απόδοση τιμής /ποιότητας και υπηρεσίας / παράδοσης αναμένονται από τον προμηθευτή.

Για να αντιμετωπιστεί η πρόκληση της βελτίωσης του επιπέδου εξυπηρέτησης των πελατών και της μείωσης του κόστους του αποθέματος, οι οργανισμοί δεν μπορούν να στηριχθούν απλώς στις μεμονωμένες αλλαγές σε συγκεκριμένα τμήματα της ΕΑ, όπως τους προμηθευτές ή τους διανομείς ή τους λιανοπωλητές, αλλά αντιθέτως εξαρτώνται ισχυρά από τις σχέσεις και αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των διαφορετικών οργανισμών στην ΕΑ.

Η αύξηση και η εξέλιξη της ΔΕΑ δεν οδηγείται μόνο από τα εσωτερικά κίνητρα, αλλά και από διάφορους εξωτερικούς παράγοντες όπως η αυξανόμενη παγκοσμιοποίηση, τα μειωμένα εμπόδια στο διεθνές εμπόριο, βελτιώσεις στη διαθεσιμότητα πληροφοριών και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες.

Το άνοιγμα των συνόρων, η χρήση του διαδικτύου και η επέκταση της δραστηριοποίησης των επιχειρήσεων σε διεθνείς αγορές έχουν αναγάγει την εφοδιαστική και την αποτελεσματικότερη διαχείριση της σε πρωτεύον πεδίο εκδήλωσης του ανταγωνισμού. Χαρακτηριστικά είναι τα ακόλουθα μεγέθη από το CSCMP που περιλαμβάνονται στην ετήσια έκθεση του (Annual State of Logistics Report) για το 2004.

- Το κόστος της εφοδιαστικής στις Η.Π.Α. για το 2004 ήταν \$1,015 τρισεκατομμύρια, ποσοστό 8.6% του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος της χώρας (GDP).
- Οι παγκόσμιες εξαγωγές εμπορευμάτων έχουν ανέλθει από \$157 δισεκατομμύρια το 1963 σε \$8,907 τρισεκατομμύρια το 2004.
- Τα κράτη έθνη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν τις υψηλότερες εξαγωγές εμπορευμάτων, αποτελώντας \$3,714 τρισεκατομμύρια το 2004 και αντιπροσωπεύοντας 42% όλων των παγκόσμιων εξαγωγών εμπορευμάτων.

Οι εξαγωγές των Η.Π.Α. ήταν \$819 δισεκατομμύρια, αντιστοιχώντας σε 9.2% των παγκόσμιων εξαγωγών. Οι εξαγωγές της Κίνας αποτελούμενες από \$593 δισεκατομμύρια, αντιστοιχούν σε 6.7%.

- Σύμφωνα με τον καθηγητή Ju Songdong του Πανεπιστημίου Jiatong του Πεκίνου, οι υπηρεσίες logistics θα πρέπει να αυξηθούν 2,8% για κάθε αύξηση 1% στο ΑΕΠ της Κίνας.

Η εξέλιξη της δομής, της λειτουργίας και της σημασίας της ΕΑ, υπαγορεύεται από τους κανόνες της διεθνούς επιχειρηματικότητας και κατά συνέπεια επηρεάζεται από ένα τεράστιο σύνολο μεταβαλλόμενων παραγόντων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Σε μία προσπάθεια να ομαδοποιηθούν οι σημαντικότεροι παράγοντες θα μπορούσαμε να τους εντάξουμε σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες σύγχρονων τάσεων που διαμόρφωσαν τα τελευταία έτη και συνεχίζουν να διαμορφώνουν την μορφή της ΕΑ, οι οποίες είναι:

- Πελατοκεντρική φιλοσοφία των επιχειρήσεων
- Τεχνολογία πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών
- Προστασία του καταναλωτή και του περιβάλλοντος

Μπορεί βεβαίως κανείς να εντοπίσει πληθώρα κοινών στοιχείων και εξαρτήσεων στις παραπάνω ομάδες σύγχρονων τάσεων, αφού σε πολλές περιπτώσεις μία εξ αυτών τροφοδοτεί και όλες τις άλλες. Η τεχνολογία προωθεί νέες επιλογές προϊόντων και υπηρεσιών ενώ ταυτόχρονα κατευθύνεται από τις επιθυμίες των καταναλωτών. Καινοτόμες τεχνολογίες εφαρμόζονται για να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την παραγωγική διαδικασία και για να ανακυκλωθούν περισσότερα υλικά, η νομοθεσία προσαρμόζεται στις νέες τεχνολογίες, στις εξελίξεις σχετικά με την προστασία των καταναλωτών και του περιβάλλοντος με σκοπό την ρύθμιση τους κ.α.

## **2.1 Πελατοκεντρική φιλοσοφία**

Ο πελατοκεντρικός προσανατολισμός, μία έννοια που εισήχθη από τον κλάδο του marketing σχετικά με την πολιτική των πωλήσεων, αποδίδει έμφαση στην επικοινωνία με τους πελάτες, στις μακρόχρονες συνεργασίες μαζί τους, στην ικανοποίηση των αναγκών τους, στον συνεχή ανασχεδιασμό των διαδικασιών και στην αύξηση της αξίας του προϊόντος ή υπηρεσίας που τους προσφέρεται.

Σύμφωνα με τον P. Drucker ο πελατοκεντρικός προσανατολισμός (Customer orientation) είναι μία ομάδα πεποιθήσεων στις πωλήσεις, που υποστηρίζει ότι οι ανάγκες και η ικανοποίηση των πελατών αποτελούν προτεραιότητα για έναν οργανισμό. Ο πελατοκεντρικός προσανατολισμός επικεντρώνεται στις δυναμικές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στον οργανισμό και στους πελάτες, όπως και στους ανταγωνιστές της αγοράς και στους κατόχους των μεριδίων αγοράς. Περιλαμβάνει επίσης τη συνεχή βελτίωση στις επιχειρησιακές διαδικασίες. Είναι «η επιχείρηση όπως φαίνεται από την άποψη του τελικού αποτελέσματός, δηλαδή από την άποψη του πελάτη.»

Από τα παραπάνω χαρακτηριστικά του πελατοκεντρικού προσανατολισμού στις πωλήσεις, διακρίνεται ότι η πρακτική του συνάδει απόλυτα με την κεντρική ιδέα και φιλοσοφία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Εξάλλου, όπως προαναφέρθηκε, μοναδική πηγή εσόδων για την εφοδιαστική αλυσίδα, όταν αυτή θεωρείται ως μία ενοποιημένη οντότητα, είναι ο τελικός καταναλωτής και επομένως η πελατοκεντρική φιλοσοφία αποτελεί οπωσδήποτε μία από τις σύγχρονες τάσεις που αναγκαστικά την συνοδεύουν και την κατευθύνουν. Οι Pyke et al. (2001, p.27) θεωρούν ότι “η εκπλήρωση μιας παραγγελίας περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες από το σημείο της απόφασης αγορών ενός πελάτη έως ότου παραδίδεται το προϊόν στον πελάτη και είναι πλήρως ικανοποιημένος με την ποιότητα και τη λειτουργία του”. Επίσης σύμφωνα με τους Roberts και Witt στο σημερινό έντονα ανταγωνιστικό περιβάλλον, οι απροετοίμαστες επιχειρήσεις που δεν έχουν διαμορφώσει τις ΕΑ κατάλληλα, αρχίζουν να αισθάνονται την πίεση με τη μορφή περικοπών στα περιθώρια κέρδους, ανεμικού μεριδίου αγοράς και κατακόρυφης πτώσης στην ικανοποίηση των πελατών.

Η σημαντικότερη αρχή της πελατοκεντρικής φιλοσοφίας είναι η διασφάλιση της ικανοποίησης του πελάτη. Ωστόσο η ικανοποίηση των πελατών είναι μια αφηρημένη και συχνά διφορούμενη έννοια. Η κατάσταση της ικανοποίησης εξαρτάται από διάφορες ψυχολογικές και φυσικές μεταβλητές και το επίπεδο ικανοποίησης μπορεί επίσης να ποικίλει ανάλογα με τις άλλες επιλογές που ο έχει πελάτης. Επειδή η ικανοποίηση είναι βασικά ψυχολογική κατάσταση, είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί ή να μετρηθεί.

Το παράδειγμα επιβεβαίωσης/ διάψευσης γίνεται ευρέως αποδεκτό ως οπτική της διαδικασίας μέσω της οποίας οι καταναλωτές αναπτύσσουν τα συναισθήματα της ικανοποίησης ή της δυσαρέσκειας (Cadotte et al., 1987, p. 305). Σύμφωνα με αυτήν



την οπτική, οι πελάτες συγκρίνουν την πραγματική απόδοση με κάποια πρότυπα οδηγούμενοι σε επιβεβαίωση, θετική διάψευση ή αρνητική διάψευση. Η επιβεβαίωση συμβαίνει όταν η απόδοση ταιριάζει με τα πρότυπα και οδηγεί σε ένα ουδέτερο συναίσθημα, θετική διάψευση συμβαίνει όταν η απόδοση υπερβαίνει τα πρότυπα και επιφέρει ικανοποίηση και αρνητική διάψευση εμφανίζεται όταν αποτυγχάνει η απόδοση να ανταποκριθεί στα πρότυπα, επιφέροντας δυσaréσκεια. Σε μια πλειοψηφία των μελετών που υιοθετούν αυτό το παράδειγμα, οι προσδοκίες πελατών χρησιμοποιούνται ως πρότυπα έναντι των οποίων συγκρίνεται η απόδοση. Η αρχική εστίαση της έρευνας για την ικανοποίηση αφορούσε τη σχέση μεταξύ των προσδοκιών απόδοσης και της ικανοποίησης (Voss et Al, 1998, Yi, 1990).

Σύμφωνα με τους Zeithaml et al. (2002), οι προβλεπόμενες προσδοκίες και πεποιθήσεις των πελατών σχετικά με την απόδοση σε κάποιο χρόνο στο μέλλον παίζουν έναν άμεσο ρόλο στην αξιολόγηση της ικανοποίησης. Επιπλέον αναγνωρίζονται παράγοντες που επηρεάζουν τις αναμενόμενες προσδοκίες εξυπηρέτησης από τους πελάτες, όπως οι υπονοούμενες υποσχέσεις υπηρεσιών, η δια στόματος επικοινωνία και η προηγούμενη εμπειρία.

Τα συνηθισμένα εργαλεία μέτρησης της ικανοποίησης πελατών περιλαμβάνουν έρευνες μέσω τεχνικών, όπως η τεχνική Likert, όπου ο πελάτης καλείται να αξιολογήσει κάποιες προεπιλεγμένες δηλώσεις και να επιλέξει έπειτα από μια κλίμακα πόσο συμφωνεί ή διαφωνεί με αυτές. Ειδικά σε αγορές μέσω διαδικτύου, τέτοιες έρευνες είναι εύκολο να εφαρμοστούν και να αποκομίσουν μάλιστα σημαντικά μεγάλο δείγμα αποκρίσεων. Ωστόσο ένας παράγοντας που πρέπει να συνεκτιμάται σε αυτές τις περιπτώσεις είναι οι ιδιαιτερότητες τόσο του δείγματος πληθυσμού, όσο και των ηλεκτρονικών αγορών εν γένει, αφού δεν μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικές και για τις συμβατικές αγορές.

Οι Lee and Billington (1992) και οι van Hoek et al. (2001) υπογραμμίζουν ότι: «για να αξιολογηθεί η απόδοση των ΕΑ, τα μέτρα επίδοσης τους πρέπει να εστιάζουν στην ικανοποίηση των πελατών». Συνεπώς είναι σημαντικό να εντοπιστούν οι παράμετροι που καθιστούν έναν πελάτη ικανοποιημένο ή όχι, ο βαθμός επίδρασης του καθενός και η διαφοροποίηση τους ανάλογα με τα προωθούμενα προϊόντα, το στοχευόμενο πελατολόγιο και τις γενικότερες συνθήκες της αγοράς.

Η τιμή, η ποιότητα και η ποικιλία των προϊόντων, η διαθεσιμότητα τους, η ευκολία κατά την επιλογή και παραγγελία τους, η ταχύτητα και η ακρίβεια της παράδοσης και

τελικά η σωστή υποστήριξη της πώλησης είναι τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που φαίνεται να καθορίζουν τον βαθμό ικανοποίησης κάθε πελάτη. Φυσικά τα δύο πρώτα (τιμή και ποιότητα) και κυρίως η σχέση ανάμεσα τους, αφορούν όλα τα προϊόντα και όλες τις υπηρεσίες και αποτελούν το παραδοσιακό πεδίο ανταγωνισμού όλων των επιχειρήσεων. Δεδομένου λοιπόν ότι κάθε επιχείρηση έχει εξαντλήσει τις όποιες τεχνολογικές, παραγωγικές και οικονομικές δυνατότητες διαθέτει για να καταστεί όσο το δυνατόν ανταγωνιστικότερη σε αυτά τα βασικά χαρακτηριστικά, η προσοχή στρέφεται στα υπόλοιπα, τα οποία μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες, τις διαδικασίες εκπλήρωσης παραγγελιών, την διαθεσιμότητα των προϊόντων και την πολιτική της διαφοροποίησης των προϊόντων.

### **2.1.1 Διαδικασίες εκπλήρωσης παραγγελιών**

Οι διαδικασίες εκπλήρωσης παραγγελιών παραδοσιακά αποτέλεσαν αντικείμενο της φυσικής διανομής (physical distribution). Από το χώρο έρευνας της φυσικής διανομής λοιπόν προέρχονται οι βασικές διαπιστώσεις για τις αρχές που διέπουν τη σχέση των διαδικασιών αυτών με την ικανοποίηση των πελατών.

Ο Newton (2001, p. 24) παρατηρεί ότι: “Είναι η επιτυχής μεταφορά των φυσικών προϊόντων μεταξύ του εμπόρου και του πελάτη που τελικά καθορίζει εάν ο πελάτης θα πραγματοποιήσει άλλη παραγγελία”, ενώ οι Lee and Whang, 2001, ισχυρίζονται ότι «η δυνατότητα να εκπληρωθούν και να παραδοθούν οι διαταγές εγκαίρως καθορίζει την επιτυχία μιας ηλεκτρονικής επιχείρησης». Οι Mentzer et al. (1989) τόνισαν την ανάγκη να εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο τα χαρακτηριστικά της φυσικής διανομής (διαθεσιμότητα, ακρίβεια και ποιότητα) μπορούν να ενσωματωθούν στη γενική εξυπηρέτηση των πελατών, ώστε να επιτευχθούν στο μέγιστο οι προσδοκίες και οι ανάγκες τους.

Σε μια εμπειρική μελέτη των ηλεκτρονικών διαδικασιών «επιχείρησης προς πελάτη» (B2C) των λιανοπωλητών τροφίμων, οι Heim and Sinha (2001) βρίσκουν ότι οι μεταβλητές της διαδικασίας εκπλήρωσης παραγγελίας – όπως η ευκολία της επιστροφής, η διαθεσιμότητα προϊόντων και η ακρίβεια της παράδοσης – παρουσιάζουν μια σημαντική θετική συσχέτιση με την μακροχρόνια σχέση εμπιστοσύνης με τον πελάτη.

Εξάλλου στη μελέτη τους για την ποιότητα υπηρεσιών logistics, οι Mentzer et al. (2001) βρίσκουν ότι σε διαφορετικές κατηγορίες πελατών, οι πελάτες εκτιμούν διαφορετικές πτυχές της ποιότητας των υπηρεσιών αυτών.

Οι Thirumalai και Sinha στο άρθρο τους «Customer satisfaction with order fulfilment in retail supply chains: implications of product type in electronic B2C transactions», μέσα από την μελέτη της βιβλιογραφίας του marketing, συμπεραίνουν ότι οι εκτιμήσεις της ικανοποίησης των πελατών βασίζονται στις προσδοκίες τους σχετικά με τις διαδικασίες εκπλήρωσης των παραγγελιών. Στο συγκεκριμένο άρθρο το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στο επανομαζόμενο «τελευταίο μίλι» της λιανικής εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλ. της παράδοσης προϊόντων στους τελικούς καταναλωτές και υπογραμμίζεται η ανάγκη για αναγνώριση των διαφορών τύπων προϊόντων στην διαμόρφωση των διαδικασιών εκπλήρωσης παραγγελιών στις ηλεκτρονικές συναλλαγές B2C.

Επίσης υποστηρίζεται ότι οι προσδοκίες των πελατών συστηματικά διαφοροποιούνται μεταξύ των τριών τύπων προϊόντων: προϊόντα ευρείας κατανάλωσης (είδη διατροφής, προμήθειες σπιτιού και γραφείου), αγοραία είδη (ready-to-wear, είδη ένδυσης ανδρών, γυναικών και παιδιών) και ειδικά αγαθά (φορητοί και σταθεροί υπολογιστές, νυφικά). Ειδικότερα διατυπώνεται ως κανόνας ότι η ικανοποίηση των πελατών με την εκπλήρωση των παραγγελιών μειώνεται καθώς κινείται από τα προϊόντα ευρείας κατανάλωσης στα ειδικά προϊόντα.

Η εμπειρική ανάλυση για αυτήν την μελέτη βασίζεται σε δεδομένα που έχουν συλλεχθεί σε διαστάσεις της ικανοποίησης των πελατών με την εκπλήρωση παραγγελιών από ένα δείγμα 256 εταιρειών, οι οποίες εμπλέκονται στις B2C ηλεκτρονικές συναλλαγές. Τα στοιχεία για τη μελέτη συλλέχθηκαν από το BizRate.com, μια εταιρία έρευνας αγοράς στο διαδίκτυο, που ερευνά τους πελάτες κατά την πραγματική εμπειρία των αγορών τους. Οι εταιρείες που συμπεριλαμβάνονται στο δείγμα της μελέτης είναι τέτοιες ώστε τα προϊόντα τους μπορούν να ταξινομηθούν μόνο σε μία από τις τρεις κατηγορίες. Στην ουσία, κάθε εταιρεία από το δείγμα της μελέτης, αντιπροσωπεύει μία από τις τρεις κατηγορίες.

Οι πελάτες κλήθηκαν να βαθμολογήσουν το επίπεδο ικανοποίησης τους από τα 10 διαφορετικά χαρακτηριστικά των διαδικασιών εκπλήρωσης της παραγγελίας, σε μία βαθμονομημένη κλίμακα ακεραίων (πίνακας 2.1, όπως παρατίθεται από τους συγγραφείς) από το 1 (χαμηλότερο επίπεδο ικανοποίησης) έως το 10 (υψηλότερο

επίπεδο ικανοποίησης). Η διαδικασία της βαθμολογίας από τους πελάτες πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις, όπου η πρώτη πραγματοποιούνταν αμέσως μετά την τοποθέτηση της παραγγελίας και σε αυτήν βαθμολογούσαν χαρακτηριστικά της διαδικασίας τοποθέτησης της παραγγελίας (επιλογή προϊόντος, διαθέσιμες πληροφορίες, τιμές, επίδοση της ιστοσελίδας, ευκολία τοποθέτησης παραγγελίας, χρεώσεις και επιλογές αποστολής, ενώ η δεύτερη πραγματοποιούνταν μετά την παραλαβή του προϊόντος και βαθμολογούνταν όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά εκπλήρωσης της παραγγελίας.

<b>Πίνακας 2.1</b>										
<b>Στοιχεία και κλίμακες στην online έρευνα πελατών στο BizRate 2002</b>										
Ικανοποίηση πελατών με	Καθόλου		Μικρή		Κάποια		Αρκετή		Υψηλή	
Ευκολία τοποθέτησης παραγγελίας	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Επιλογή προϊόντος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Πληροφορίες προϊόντων	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Τιμές προϊόντων	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Απόδοση ιστοσελίδας	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Χρεώσεις και επιλογές αποστολής και διακίνησης	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ακρίβεια παράδοσης	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Εντοπισμός παραγγελίας / πληροφόρηση κατάστασης	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ικανοποιημένες προσδοκίες από το προϊόν	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Υποστήριξη πελατών	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Στα αποτελέσματα εφαρμόστηκε παραγοντική ανάλυση στις περιγραφικές στατιστικές τεσσάρων από τις μεταβλητές, ενώ στην συνέχεια εφαρμόστηκε η μέθοδος ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τον εντοπισμό των διαφορών των αποτελεσμάτων ανά κατηγορία προϊόντος.

Τα αποτελέσματα όπως αποδόθηκαν από τους συγγραφείς παρατίθενται στον πίνακα στους πίνακες 2.2 και 2.3 αντίστοιχα και υποδεικνύουν ότι, κατά μέσο όρο, οι πελάτες τείνουν να έχουν υψηλότερα επίπεδα ικανοποίησης με την διαδικασία εκπλήρωσης των παραγγελιών τους σε προϊόντα ευρείας κατανάλωσης και αγοραία είδη από ότι σε ειδικά προϊόντα.

Πίνακας 2.2					
Περιγραφικές στατιστικές και συσχετίσεις από τις τέσσερις περιγραφικές στατιστικές των μεταβλητών εκπλήρωσης παραγγελίας					
N		Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Κανονική απόκλιση
Περιγραφικές στατιστικές					
Ακρίβεια παράδοσης	256	1.1	9.8	8.514	1.1462
Υποστήριξη πελατών	256	1.5	9.8	8.073	1.2832
Ικανοποιημένες προσδοκίες από το προϊόν	256	1.3	9.8	8.636	1.0755
Εντοπισμός παραγγελίας	256	1.3	9.6	8.284	1.1767
	Ακρίβεια παράδοσης	Υποστήριξη πελατών	Ικαν. προσδοκίες προϊόντος	Εντοπισμός παραγγελίας	
<b>Συσχετίσεις</b>					
Ακρίβεια παράδοσης	1				
Υποστήριξη πελατών	0.897 **	1			
Ικανοποιημένες προσδοκίες από το προϊόν	0.912 **	0.838 **	1		
Εντοπισμός παραγγελίας	0.930 **	0.873 **	0.867 **	1	
**	Ο συσχετισμός είναι σημαντικός στο 0,01 επίπεδο (two-tailed), N = 256.				

Πίνακας 2.3				
Αποτελέσματα ANOVA εξέτασης της επίδρασης του τύπου προϊόντων στην ικανοποίηση πελατών με την εκπλήρωση παραγγελίας				
Τύποι προϊόντων συγκρινόμενοι	Μέση Διαφορά	(S.E) της διαφοράς	t-Value	P-value
αγοραία είδη - ευρείας κατανάλωσης	0.0428	0.068	0.63	0.8036
ειδικά αγαθά - ευρείας κατανάλωσης	-0.2747	0.107	-2.567	0.0277
ειδικά αγαθά - αγοραία είδη	-0.3175	0.1038	-3.058	0.0063

### 2.1.2 Διαθεσιμότητα προϊόντων

Κατά την μοντελοποίηση της λειτουργίας μιας παραγωγικής μονάδας, μιας αποθηκευτικής μονάδας ή εν γένει οποιασδήποτε επιχειρησιακής λειτουργίας σχετίζεται με παράδοση προϊόντων / υπηρεσιών προς τους πελάτες, η αντικειμενική συνάρτηση προς βελτιστοποίηση περιλαμβάνει ως έναν από τους όρους της, την απώλεια κερδών (ή την ζημία) από την έλλειψη άμεσα παραδοτέων προϊόντων στους πελάτες. Η διαθεσιμότητα δηλαδή των προϊόντων είναι ένας παράγοντας που ανέκαθεν συνυπολογίζονταν στην έρευνα, ειδικά στο πεδίο των αναμονητικών συστημάτων. Ταυτόχρονα βεβαίως ένα κρίσιμο αναπάντητο ερώτημα ήταν η θέσπιση των παραμέτρων του παράγοντα αυτού, το οποίο επαφίονταν χωρίς περαιτέρω ανάλυση στην εμπειρική αντιμετώπιση από τους αποφασίζοντες.

Η έρευνα στα συστήματα διαχείρισης αποθέματος MIS (Management Inventory Systems) κλήθηκε να αντιμετωπίσει και αυτό το ερώτημα. Ωστόσο στην σύγχρονη εποχή με την αναγνωρισμένη αύξηση του ειδικού βάρους του παράγοντα διαθεσιμότητας των προϊόντων και με την πολυπλοκότητα της ΕΑ, τίθεται το θέμα της υποστήριξης των παραπάνω αποφάσεων με περισσότερο τεκμηριωμένες τεχνικές, οι οποίες θα ενσωματώνουν στις αποφάσεις για την διαθεσιμότητα των προϊόντων το κόστος και την αξία για ολόκληρη την ΕΑ.

Από την βιβλιογραφία (όπως και από την κοινή λογική), διαπιστώνεται ότι το επίπεδο διαθεσιμότητας ενός προϊόντος, εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τα διατηρούμενα επίπεδα αποθέματος του. Ωστόσο στην συνήθη περίπτωση όπου αναφέρεται κανείς σε μία ή πολλές οικογένειες προϊόντων και σε ένα ευρύ δίκτυο εγκαταστάσεων (μονάδων παραγωγής, αποθηκευτικών χώρων, λιανικών καταστημάτων κ.τ.λ.) όπου διατηρούνται αποθέματα τους, η κατάσταση σε ότι αφορά την διαθεσιμότητα των διαφόρων παραλλαγών των προϊόντων γίνεται εξαιρετικά πολύπλοκη. Έτσι υπό ορισμένες συνθήκες είναι σύνηθες το φαινόμενο, ακόμη και με υψηλά επίπεδα αποθεμάτων να εμφανίζεται έλλειψη κάποιων συγκεκριμένων παραλλαγών προϊόντων σε κάποιες συγκεκριμένες περιοχές, ενώ ταυτόχρονα παραμένουν αδιάθετες μεγάλες ποσότητες αποθεμάτων άλλων παραλλαγών ή σε άλλες τοποθεσίες.

Οι Gupta, Maranas και McDonald το 2000 στο άρθρο τους “Mid-term supply chain planning under demand uncertainty: Customer demand satisfaction and inventory management” χρησιμοποίησαν ένα πλαίσιο μεσοπρόθεσμου σχεδιασμού της ΕΑ

πολλαπλών τοποθεσιών, για την προφύλαξη έναντι της ανεπαρκούς ποσότητας προϊόντων προς τους πελάτες. Στο πλαίσιο αυτό χρησιμοποιείται μία προσέγγιση προγραμματισμού τυχαίων μεταβλητών σε συνδυασμό με μεθοδολογία στοχαστικού προγραμματισμού δύο φάσεων, για την καταγραφή της σχέσης μεταξύ ικανοποίησης ζήτησης πελατών CDS (Customer Demand Satisfaction) και κόστους παραγωγής. Στο προτεινόμενο μοντέλο (το οποίο παρουσιάζεται σε επόμενο κεφάλαιο), οι αποφάσεις παραγωγής πραγματοποιούνται πριν την γνώση της ζήτησης, ενώ οι αποφάσεις εφοδιαστικής αλυσίδας καθυστερούν.

Η προστασία ενάντια στις απώλειες πωλήσεων λόγω μη διάθεσης προϊόντων, εισάγεται με έναν περιορισμό πιθανότητας, στον οποίο το επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών (CDS) τίθεται να είναι μεγαλύτερο ή ίσο κάποιας πιθανότητας  $a$ . Ο περιορισμός αυτός διασφαλίζει ότι η πιθανότητα λειτουργίας της ΕΑ σε καθεστώς υψηλής ζήτησης είναι μικρότερη του  $1-a$ . Έτσι μεταβάλλοντας την πιθανότητα  $a$  διακρίνονται οι βέλτιστες καμπύλες trade-off ανάμεσα στο συνολικό κόστος και στην συχνότητα απώλειας πωλήσεων.

Με αυτήν την μεθοδολογία οι αρχικά στοχαστικές ιδιότητες του αρχικού προβλήματος, μετασχηματίζονται σε αντίστοιχες αιτιοκρατικές και το πρόβλημα γίνεται ένα κυρτό μη γραμμικό πρόβλημα μικτού ακέραιου προγραμματισμού. (Gupta & Maranas, 2000). Ωστόσο, δεδομένου ότι ο περιορισμός πιθανότητας σχετίζεται μόνο το συνολικά αποθέματα της ΕΑ με το επίπεδο CDS, πρέπει να αντιμετωπιστεί και το θέμα της εμφάνισης υπερβολικά χαμηλών επιπέδων αποθέματος επί μεμονωμένων τοποθεσιών. Για τον σκοπό αυτό αποκομίζονται αναλυτικές εκφράσεις για τη μέση και κανονική απόκλιση του αποθέματος κάθε διαφορετικού προϊόντος σε κάθε μία εκ των τοποθεσιών και χρησιμοποιούνται για την ρύθμιση των κατάλληλων επιπέδων εξυπηρέτησης της ζήτησης CDS της ΕΑ.

Το προτεινόμενο πλαίσιο χρησιμοποιείται από τους συγγραφείς σε ένα παράδειγμα ΕΑ τριών τοποθεσιών και 10 διαφορετικών προϊόντων, για να παρασχεθούν ποσοτικές κατευθύνσεις στην θέσπιση επιπέδων ικανοποίησης πελατών και για να αποκαλυφθούν αποτελεσματικές επιλογές διαχείρισης αποθέματος. Αρχικά το συνολικό κόστος αυξάνει περίπου γραμμικά με το επίπεδο CDS, ωστόσο στην συνέχεια όταν τα επίπεδα CDS κυμαίνονται από 90% έως 97% η σχέση πλέον φαίνεται εκθετική. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι επιτυγχάνεται σημαντική βελτίωση στα εγγυημένα επίπεδα εξυπηρέτησης για μία μικρή αύξηση του συνολικού κόστους.

Εξάλλου οι Bose και Pekny σε άρθρο τους το 2000 με τίτλο “A model predictive framework for planning and scheduling problems: a case study of consumer goods supply chain” παρουσιάζουν μία ιδέα παρόμοια με τον προγνωστικό έλεγχο μοντέλου (Model Predictive Control) για το πρόβλημα σχεδιασμό και προγραμματισμού.

Ο προγνωστικός σχεδιασμός και προγραμματισμός μοντέλου, όπως ονομάζουν το συγκεκριμένο μοντέλο παρέχει ένα πλαίσιο μελέτης των δυναμικών του συστήματος ΕΑ και προϋποθέτει ένα μοντέλο πρόβλεψης και ένα μοντέλο βελτιστοποίησης. Τα δύο αυτά μοντέλα δουλεύουν σε διάταξη σε περιβάλλον προσομοίωσης που ενσωματώνει την αβεβαιότητα. Η ομοιότητα με την προσέγγιση του προγνωστικού ελέγχου μοντέλου, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στον έλεγχο διεργασιών (process-control) είναι ότι σε κάθε περίοδο, το μοντέλο πρόβλεψης υπολογίζει τον στόχο αποθέματος (μεταβλητή ελέγχου) σε μελλοντικές περιόδους. Αυτά τα επίπεδα αποθέματος διασφαλίζουν το επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών, ενώ ελαχιστοποιούν το μέσο απόθεμα. Στην συνέχεια το μοντέλο προγραμματισμού προσπαθεί να επιτύχει αυτούς τους στόχους επιπέδου αποθέματος στις μελλοντικές περιόδους μέσω προγραμματισμού εργασιών (εξαρτημένες μεταβλητές).

Κατά την εφαρμογή του παραπάνω μοντέλου προσομοίωσης, οι συγγραφείς χρησιμοποιούν και μετρούν την σημασία της διαθεσιμότητας των προϊόντων με την έννοια του ποσοστού των πελατών των οποίων η ζήτηση εξυπηρετείται, για να μετρήσουν την αποδοτικότητα της ΕΑ. Αυτό μπορεί να συναχθεί από την ανάλυση ευαισθησίας που παρουσιάζεται στα αποτελέσματα. Τα σχετικά συμπεράσματα των συγγραφέων συνοψίζονται κατωτέρω.

1. Παρατηρείται ότι υπάρχει σταθερή αύξηση στο επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών καθώς ο χρόνος αυξάνεται. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει την ανάγκη για περισσότερες δοκιμές προσομοίωσης με ακόμη υψηλότερους χρόνους lead-time ώστε να παρατηρηθεί το σημείο όπου το επίπεδο εξυπηρέτησης σταματάει να αυξάνεται.
2. Η εξάρτηση του επιπέδου εξυπηρέτησης πελατών με το επίπεδο αποθέματος στο σύστημα είναι πολύ υψηλή. Αυτό το αποτέλεσμα είναι εξάλλου και διαισθητικό. Το ενδιαφέρον γεγονός, εντούτοις, είναι η κλίση της εξάρτησης. Η κλίση είναι πολύ υψηλή σε χαμηλότερα επίπεδα αποθέματος και αλλάζει σε σχεδόν μηδέν σε υψηλά επίπεδα αποθέματος. Αυτό προτείνει ότι η διατήρηση



του μέσου επιπέδου αποθέματος σε περίπου 120–150 τόνους δίνει την καλύτερη απόδοση. Αυτό το επίπεδο αποθέματος είναι περίπου 20% υψηλότερο από την τρέχουσα πρακτική.

3. Επίσης παρατηρείται ότι το επίπεδο εξυπηρέτησης μειώνεται ελαφρώς όταν τα επίπεδα αποθέματος είναι πάρα πολύ υψηλά. Ο λόγος είναι ότι η ώθηση της παραγωγής προς την διατήρηση των υψηλότερων δυνατών επιπέδων αποθέματος, δημιουργεί ελλείψεις σε πολλές από τις εβδομάδες κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης των 52 εβδομάδων. Ως εκ τούτου, μερικά προϊόντα, που έχουν άμεση ζήτηση, δεν παράγονται σε εκείνες τις εβδομάδες, δεδομένου ότι οι εγκαταστάσεις είναι απασχολημένες με άλλα προϊόντα για να διατηρήσουν τους υψηλούς στόχους αποθέματος τους. Αυτό μπορεί να φαίνεται περισσότερο ως πρόβλημα του προγραμματισμού παραγωγής, αλλά τα περισσότερα μοντέλα προγραμματισμού ελαχιστοποιούν την απόκλιση των επιπέδων αποθέματος από τους δεδομένους στόχους.

### **2.1.3 Διαφοροποίηση της ζήτησης – μαζική εξατομίκευση**

Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα στην σημερινή αγορά η ποιότητα ενός προϊόντος δεν εγγυάται αυτόματα και την ανταγωνιστικότητα του. Ο λόγος είναι ότι ολοένα και περισσότερο οι πελάτες, είτε αυτοί είναι ιδιώτες καταναλωτές, είτε ακόμα και επιχειρήσεις, αναμένουν και προτιμούν προϊόντα και υπηρεσίες που θα προσεγγίζουν τις ιδιαιτερότητες τους και θα καλύπτουν συγκεκριμένες ανάγκες τους. Το γεγονός αυτό καθιστά την ζήτηση ευμετάβλητη και με σημαντικές διαφοροποιήσεις.

Θεωρείται πλέον δεδομένο ότι, η επαναλαμβανόμενη αποτυχία καινοτομίας ή εισαγωγής νέων προϊόντων τέτοιων ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των πελατών, μοιραία θα οδηγήσουν μία εταιρεία στην καταστροφή και τον βέβαιο «θάνατο». (Brown and Eisendhardt, 1995)

Ο Fisher (1997) ταξινομεί τα προϊόντα στην βάση της μορφής ζήτησης τους και τα αντιστοιχεί με τις ΕΑ που είναι αποδοτικές και προσαρμοστικές στην αγορά. Οι Randall και Ulrich (2001) αναλύουν τις διαφορές στα προϊόντα στο επίπεδο ιδιοτήτων τους και σημειώνουν ότι οι ιδιότητες των προϊόντων που ελλοχεύουν την ποικιλία τους επηρεάζουν τις δαπάνες παραγωγής και διανομής.

Οι Childerhouse et al. (2002) υιοθετούν την έννοια του χαρακτηρισμού DWV<sup>3</sup> των προϊόντων, δηλαδή αντοχή (Duration) του κύκλου ζωής, παράθυρο (Window) χρόνου για την παράδοση, ποσότητα (Volume), ποικιλία (Variety) και διαφοροποίηση (Variability) και αναπτύσσουν προσεγγίσεις εστιασμένες στην αλυσίδα ζήτησης για την κατηγοριοποίηση των προϊόντων.

Πολλοί ερευνητές και εμπειρικοί συγγραφείς διαπιστώνουν ότι, μεταξύ άλλων, ένας σημαντικός παράγοντας όξυνσης της ανταγωνιστικότητας στην σύγχρονη αγορά είναι η αύξηση της ετερογένειας της ζήτησης. Οι τεράστιες μαζικές αγορές έχουν διασπασθεί σε πλήθος μικρών εξειδικευμένων αγορών που απαιτούν υψηλότερα επίπεδα ποικιλίας προϊόντων. Δικαιολογημένα λοιπόν, οι επιχειρήσεις προκειμένου να ανταποκριθούν στην πίεση της αγοράς, εξετάζουν τις δυνατότητες εξατομίκευσης (customization) των προϊόντων τους, δηλαδή της προσαρμογής τους στις ιδιαίτερες απαιτήσεις των πελατών. Μάλιστα η τάση αυτή έχει εκφραστεί με μία νέα επιχειρηματική φιλοσοφία, την λεγόμενη «μαζική εξατομίκευση».

Οι Tseng και Jiao ορίζουν την μαζική εξατομίκευση ως "παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών με σκοπό την ικανοποίηση των απαιτήσεων των πελατών με σχεδόν μαζική παραγωγική δυναμικότητα. (Source: Tseng, M.M., Jiao, J. (2001): Mass Customization, in: Handbook of Industrial Engineering, Technology and Operation Management, 2001, 3rd. ed., p.685; ISBN 0471330574).

Κατά μία άλλη, περισσότερο πρακτική άποψη, η μαζική εξατομίκευση στο marketing, στην παραγωγή και στην διαχείριση είναι η χρήση ευέλικτων παραγωγικών συστημάτων που υποστηρίζονται από υπολογιστές (computer-aided) για την δημιουργία εξατομικευμένων προϊόντων. Τα συστήματα αυτά συνδυάζουν την χαμηλή τιμή μονάδας των μαζικά παραγόμενων προϊόντων με την ευελιξία των μεμονωμένων εξατομικευμένων προϊόντων.

Ο Joseph Pine στο βιβλίο του «*Mass Customization: The New Frontier in Business Competition*» περιγράφει τέσσερις τύπους μαζικής εξατομίκευσης:

- Συνεργατική εξατομίκευση – οι εταιρείες συνομιλούν με τους πελάτες για να καθορίσουν την ακριβή προσφορά προϊόντος που θα καλύπτει της ανάγκες τους (καλείται και προσωποποιημένο marketing). Οι πληροφορίες που συλλέγονται με

αυτό τον τρόπο χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό και την παραγωγή του συγκεκριμένου προϊόντος που καλύπτει τον πελάτη.

- Προσαρμοστική εξατομίκευση. Οι εταιρείες παράγουν ένα συγκεκριμένο προϊόν το οποίο όμως από την φύση του παρέχει την ιδιότητα μεταβολής και εξατομίκευσης του από τον πελάτη.
- Διαφανής εξατομίκευση. Οι εταιρείες παρέχουν στους πελάτες τους προσφορές για εξατομικευμένα προϊόντα χωρίς να τους το έχουν δηλώσει ρητά για ποικίλους λόγους. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται η επιχείρηση να διαθέτει πρόσβαση στις ανάγκες του πελάτη.
- Διακοσμητική εξατομίκευση. Οι εταιρείες παράγουν ένα συγκεκριμένο τύπο προϊόντος αλλά το προωθούν στους πελάτες με εξατομικευμένους τρόπους.

Βεβαίως από το επίπεδο της ιδέας, έως την υλοποίηση της «μαζικής εξατομίκευσης», υπάρχει μία τεράστια απόσταση να διανυθεί, καθώς αυτή συνεπάγεται αφενός αναθεώρηση των διαδικασιών σχεδιασμού, ανάπτυξης και παραγωγής των προϊόντων και αφετέρου κατάλληλη προσαρμογή του συνόλου των εξωστρεφών διαδικασιών της, δηλαδή των σχέσεων και της επιλογής των προμηθευτών, των διαδικασιών προώθησης και διάθεσης των προϊόντων κ.τ.λ. Εν ολίγοις η μαζική εξατομίκευση απαιτεί έναν συνολικό ανασχεδιασμό όχι μόνο της συγκεκριμένης εταιρείας παραγωγής του προϊόντος αλλά όλου του δικτύου επιχειρήσεων της ΕΑ.

Η σύγκλιση των απαιτήσεων για μεγαλύτερη ποικιλία προϊόντων και μικρότερο κύκλο ζωής προϊόντος υπέβαλλαν στον Fine (1998: p. 12) την άποψη ενάντια στην έννοια του υφιστάμενου ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος και στην υιοθέτηση, αντίθετα, αυτού που αναφέρεται ως τρέχον ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Σε αυτή την εποχή του προσωρινού ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος, αυτό που πρέπει να αναληφθεί, σύμφωνα με τον Fine (1998: p. 124), είναι η τρισδιάστατη παράλληλη μηχανική (three-dimensional concurrent engineering 3-DCE), ο ταυτόχρονος και συντονισμένος σχεδιασμός προϊόντων, διαδικασιών και εφοδιαστικών αλυσίδων. Παρόλο που έχουν αναγνωρισθεί νωρίς από τους Hoekstra and Romme (1992), οι περίπλοκες αλληλεξαρτήσεις ανάμεσα στον σχεδιασμό αποφάσεων προϊόντος, διαδικασιών και διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας, η διορατικότητα αυτή δεν υιοθετήθηκε στην ανταγωνιστική στρατηγική, ούτε απασχόλησε την υψηλόβαθμη διοίκηση μέχρι τον Fine.

Το θέμα του συντονισμού των αποφάσεων σχεδιασμού προϊόντος, διαδικασιών και εφοδιαστικής αλυσίδας, συλλήφθηκε στις αρχές του 2003 και έκτοτε διερευνάται συστηματικά, κυρίως ως προς τα εξής ερωτήματα:

- ✓ Γιατί θα πρέπει οι αποφάσεις σε σχέση με τον σχεδιασμό προϊόντος, τον σχεδιασμό των παραγωγικών διαδικασιών και τον σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας να συντονιστούν.
- ✓ Ποιοι μηχανισμοί επιτρέπουν αυτόν τον συντονισμό.
- ✓ Ποιες θα είναι οι συνέπειες του συντονισμού στην απόδοση.

Σύμφωνα με τους Roder και Tibken (2006) «Η αύξηση της πολυπλοκότητας των προϊόντων και των επιχειρηματικών διαδικασιών δημιουργούν την ανάγκη για νέες μεθοδολογίες και καινοτόμες ιδέες που θα χειρίζονται αποδοτικά αυτή την πολυπλοκότητα και θα ενσωματώνουν στην εφοδιαστική αλυσίδα, ειδικά ανάμεσα στον παραγωγό των πρωτότυπων εξαρτημάτων (Original Equipment Manufacturer) και τους προμηθευτές, όλες τις πληροφορίες σχετικά με το προϊόν και την παραγωγική του διαδικασία».

Οι Lamothe et al. 2005 υποστηρίζουν ότι η αυξανόμενη ζήτηση για εξατομικευμένα προϊόντα ή προϊόντα που επιδέχονται διαμόρφωση, επιφέρει αυξανόμενο αριθμό εκδοχών ενός προϊόντος και αύξηση της πολυπλοκότητας, κατά τον έλεγχο του κόστους και του χρόνου παράδοσης στον πελάτη. Συνεπώς, κατά σχεδιασμό μιας οικογένειας νέων προϊόντων, είναι απαραίτητη μία συστηματική προσέγγιση για τον γρήγορο καθορισμό της ομάδας των εκδοχών του προϊόντος και της αντίστοιχης ΕΑ, ώστε να εξασφαλιστεί η ικανοποίηση του πελάτη και να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό λειτουργικό κόστος της ΕΑ. Οι συγγραφείς κρίνουν απαραίτητη μία προσέγγιση σχεδιασμού που θα επιτρέπει τον ταυτόχρονο καθορισμό μιας οικογένειας προϊόντων και της αντίστοιχης ΕΑ, ενώ θα ικανοποιεί την διαφοροποίηση της ζήτησης.

Όταν σχεδιάζεται μια νέα οικογένεια προϊόντων, οι σχεδιαστές και οι κατασκευαστές πρέπει να ορίσουν την οικογένεια προϊόντων και την εφοδιαστική τους αλυσίδα ταυτόχρονα. Στα πρώτα βήματα της διαδικασίας του σχεδιασμού, οι σχεδιαστές προτείνουν διάφορες λύσεις για την ομάδα των παραλλαγών της οικογένειας προϊόντων και την λίστα υλικών τους (bill of materials). Το δεύτερο βήμα αφορά την επιλογή κάποιων από αυτές τις παραλλαγές ενώ επιλέγεται η αρχιτεκτονική της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Οι Lamothe et al. (2005) στο άρθρο τους “ An optimization model for selecting a product family and designing its supply chain” αναπτύσσουν ένα μικτό μοντέλο γραμμικού ακέραιου προγραμματισμού το οποίο βελτιστοποιεί το λειτουργικό κόστος της εφοδιαστικής αλυσίδας, ενώ επιλέγονται οι παραλλαγές του προϊόντος.

Στην εν λόγω εργασία αναπτύχθηκε μία προσέγγιση δύο βημάτων, με σκοπό τον συνυπολογισμό της διαφοροποίησης της ζήτησης και των προϊόντων. Το πρώτο βήμα αφορά τον σχεδιασμό μιας ομάδας οικογενειών προϊόντων και το δεύτερο τον εντοπισμό μίας οικογένειας προϊόντων και της αντίστοιχης διάταξης ΕΑ που θα ελαχιστοποιούν το κόστος.

Το αποτέλεσμα του πρώτου βήματος μπορεί να μοντελοποιηθεί ως μία γενική λίστα υλικών (generic bill-of-materials GBOM). Σε σύγκριση με την κλασική λίστα υλικών η οποία χρησιμοποιεί μόνο φυσικά αντικείμενα και κόμβους «και», η προτεινόμενη GBOM εισάγει τα «λογικά αντικείμενα» και τους κόσμους «ή», που επιτρέπουν την αναπαράσταση μιας ομάδας οικογενειών προϊόντων που ικανοποιούν την συνολική ζήτηση μεγάλης διαφοροποίησης.

Κατά την ανάπτυξη του μοντέλου η διαφοροποίηση της ζήτησης προσεγγίζεται με τρεις διαφορετικούς τρόπους, την λειτουργική (ή πελατειακή) διαφοροποίηση, την φυσική διαφοροποίηση (ή διαφοροποίηση προϊόντος) και την διαδικαστική διαφοροποίηση (διαφοροποίηση ΕΑ).

#### Λειτουργική διαφοροποίηση

Από τη λειτουργική άποψη, η διαφοροποίηση αναφέρεται στο σύνολο των απαιτήσεων που ένας πελάτης μπορεί να εκφράσει. Κάθε απαίτηση ανάγεται σε μία κατάταξη επιπέδων υπηρεσιών (επίπεδο υπηρεσιών  $1 < \text{επίπεδο υπηρεσιών} < \dots < \text{επίπεδο υπηρεσιών } n$ ). Παραδείγματος χάριν, το επίπεδο υπηρεσιών της λειτουργίας “ανυψωτής παραθύρου αυτοκινήτου” μπορεί να ποικίλει από “χειρωνακτικός ανυψωτής” μέχρι “ηλεκτρικός ανυψωτής με συναγερμό”. Συνεπώς, η διαφοροποίηση των πελατών προέρχεται από τη συνδυαζόμενη συλλογή όλων των επιπέδων υπηρεσιών, σχετικών με τις πολλαπλές απαιτήσεις: η ομάδα {(απαίτηση, επίπεδο υπηρεσιών)} καθορίζει τις ανάγκες αγοράς που πρέπει να καλυφθούν από την οικογένεια των προϊόντων.

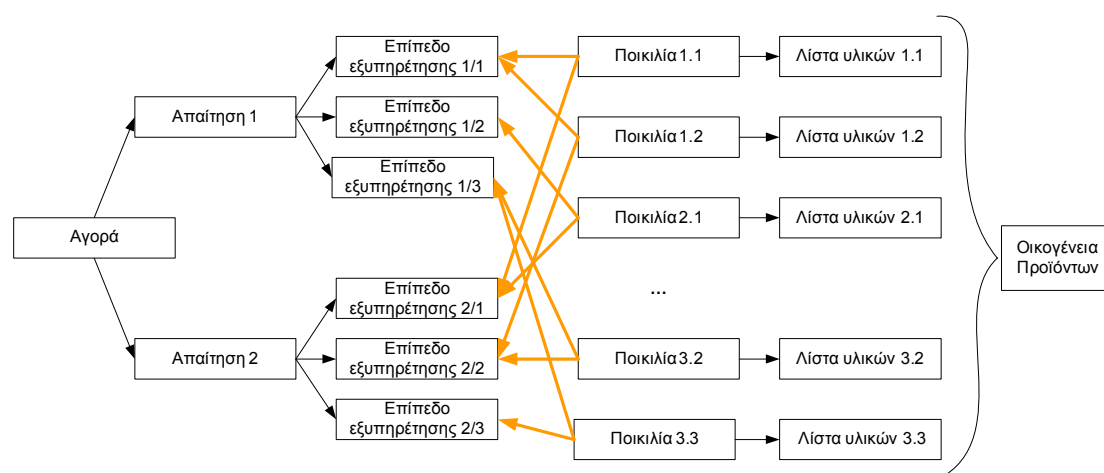
#### Φυσική διαφοροποίηση

Μια οικογένεια προϊόντων είναι ένα σύνολο φυσικών παραλλαγών / εκδοχών προϊόντων και καθορίζεται προκειμένου να εκπληρωθούν οι ανάγκες της αγοράς.

Μια εκδοχή προϊόντος ικανοποιεί όλες τις απαιτήσεις κατά ένα συγκεκριμένο επίπεδο υπηρεσιών. Επιπλέον μία εκδοχή ενός προϊόντος χωρίζεται σε συστατικά βάσει της λίστας υλικών του. Η φυσική διαφοροποίηση συνήθως αναφέρεται στα βασικότερα από τα προϊόντα της οικογένειας ή στην βασικότερη ομάδα συστατικών του προϊόντος. Όπως νοείται η κατάταξη των επιπέδων υπηρεσιών υπάρχει και η αντίστοιχη (μερική τουλάχιστον) κατάταξη των εκδοχών των προϊόντων. Συγκεκριμένα η εκδοχή V1 είναι καλύτερη από την εκδοχή V2, εάν, για κάθε απαίτηση / χαρακτηριστικό, το επίπεδο υπηρεσιών του V1 είναι μεγαλύτερο από το επίπεδο υπηρεσιών του V2.

Μπορεί βεβαίως να μην υπάρχει στην οικογένεια προϊόντων, ένα προϊόν που να ταιριάζει ακριβώς με τα απαιτούμενα επίπεδα υπηρεσιών. Το συμφέρον του παραγωγού είναι βεβαίως να ικανοποιήσει την ζήτηση με το χαμηλότερο δυνατόν κόστος και έτσι όσο το δυνατόν πιο κοντά στο απαιτούμενο επίπεδο υπηρεσιών. Συνεπώς, η παραγγελία θα εκπληρωθεί από τη μικρότερη δυνατή εκδοχή (από την άποψη της κατάταξης των) που υπερκαλύπτει όλα τα απαιτούμενα επίπεδα υπηρεσιών. Μια άλλη συνέπεια είναι ότι μια οικογένεια προϊόντων πρέπει να περιέχει τουλάχιστον μια εκδοχή του προϊόντος που να ταιριάζει ακριβώς με όλες τις λειτουργικές απαιτήσεις στο μέγιστο επίπεδο υπηρεσίας, ώστε κάθε παραγγελία να υπερκαλύπτεται από την εκδοχή αυτή. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητο (ούτε και δυνατό στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων) να παράγει κανείς όλες τις δυνατές εκδοχές ενός προϊόντος. Απλά πρέπει να επιλέξει τις εκδοχές εκείνες που θα υπερκαλύπτουν όλες τις λειτουργικές απαιτήσεις στο ελάχιστο δυνατό κόστος.

Στο σχήμα 2.1 απεικονίζεται η πρόκληση του σχεδιασμού στην περίπτωση 2 απαιτήσεων και τριών επιπέδων ικανοποίησης. Εδώ μπορούν να υπάρξουν 9 εκδοχές. Στην πράξη, όπου οι απαιτήσεις είναι πολύ περισσότερες για την πλειοψηφία των προϊόντων, ο αριθμός των συνδυασμών είναι τεράστιος και απαγορεύει την παραγωγή όλου του φάσματος των δυνατών συνδυασμών.



**Σχήμα 2.1 Η πρόκληση σχεδιασμού.**

Η κατάσταση αυτή ενισχύει τον ανταγωνισμό και τον κατακερματισμό της αγοράς. Οι υποδεέστερες σε μέγεθος ή σε τεχνολογία επιχειρήσεις είναι δυνατό να εντοπίσουν τα «κενά» των υφιστάμενων εκδοχών των προϊόντων και να τοποθετηθούν σε αυτά με ανταγωνιστικές εκδοχές προϊόντων αποσπώντας μερίδια της αγοράς. Έτσι γίνεται κατανοητό ότι σε πολύπλοκα προϊόντα με μεγάλο αριθμό απαιτήσεων χαρακτηριστικών, ο σχεδιασμός και η επιλογή των εκδοχών των προϊόντων είναι μία υπόθεση εξαιρετικά στρατηγικής σημασίας.

Η διαφοροποίηση του σχεδιασμού λοιπόν είναι η διαφοροποίηση των επιλογών προκειμένου να καθοριστεί το σύνολο εκδοχών, τα αντίστοιχα επίπεδα εξυπηρέτησης και η λίστα των υλικών τους. Μία συστηματική προσέγγιση από τους Pahl and Beitz (1996) συνήθως χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό αυτό. Το πρώτο βήμα συνίσταται στην επιλογή των αρχών του σχεδιασμού. Αυτές οι αρχές σχεδιασμού είναι τεχνικές και τεχνολογικές επιλογές και ο καθορισμός της αρχιτεκτονικής της οικογένειας προϊόντων. Η αρχιτεκτονική καθορίζει τους τύπους υπο-συναρμολογήσεων, των τεχνολογιών και των σχέσεών τους. Κατά τον σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής οικογένειας προϊόντων, τρεις είναι οι στρατηγικές. Η προσανατολισμένη στα τμήματα της αγοράς, η μορφοματική (modular) και η μικτή.

Τέλος το μοντέλο αυτό εφαρμόζεται στο πρόβλημα ενός προμηθευτή αυτοκινήτων, ενώ όπως τονίζεται από τους συγγραφείς, αντίστοιχα προβλήματα απαντώνται σε πλήθος άλλων βιομηχανικών πεδίων όπως στις ηλεκτρικές συσκευές, στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, στα ηλεκτρονικά συστήματα κ.τ.λ.

Εξάλλου οι Roder και Tibken το 2005 στο άρθρο τους «A methodology for modeling inter-company supply chains and for evaluating a method of integrated product and

process documentation», εστίασαν σε μια καινοτομική ιδέα, η οποία προκύπτει από τις απαιτήσεις της αυτοκινητοβιομηχανίας. Είναι η μέθοδος της ολοκληρωμένης τεκμηρίωσης προϊόντος και διαδικασιών. Η νέα αυτή μεθοδολογία επιτρέπει στις επιχειρήσεις να παράγουν προϊόντα υψηλής ποικιλομορφίας ώστε να παρέχουν στους προμηθευτές τους πληροφορίες μακροπρόθεσμου και μεσοπρόθεσμου σχεδιασμού με καλύτερη και πιο αξιόπιστη ποιότητα από ό,τι σήμερα. Οι προβλέψεις για προϊόντα μεγάλης ποικιλομορφίας όπως και για προϊόντα που προκύπτουν από τον συνδυασμό διαφορετικών χαρακτηριστικών αυτοκινήτων δεν είναι πολύ αξιόπιστες ως προς την ποσότητα και την ευμεταβλητότητα.

Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι με την ενσωμάτωση των προμηθευτών σε μία κοινή τεκμηρίωση προϊόντος και διαδικασίας, επαρκεί η παροχή των πληροφοριών πρόβλεψης της ζήτησης για συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος (αυτοκινήτου). Βάσει αυτής της πληροφορίας ο προμηθευτής είναι ικανός να σχεδιάσει την δυναμικότητα του, να ξεκινήσει τις διαδικασίες τροφοδοσίας του και να εκτιμήσει τα αποτελέσματα στην παραγωγική του διαδικασία και στα τελικά του προϊόντα για έναν μεσοπρόθεσμο σχεδιασμό, χρησιμοποιώντας την προσέγγιση ολοκληρωμένης τεκμηρίωσης προϊόντων και διαδικασιών.

Προκειμένου να εκτιμηθούν τα πλεονεκτήματα της διεπιχειρησιακής χρήσης αυτής της προσέγγισης τεκμηρίωσης, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο υποστήριξης αποφάσεων βάσει προσομοίωσης, το οποίο χρησιμοποιεί πρότυπα μοντελοποίησης αλυσίδων ενδοεταιρικών και διεταιρικών διαδικασιών. Η ιδέα βασίζεται στο μοντέλο αναφοράς λειτουργιών εφοδιαστικής αλυσίδας (SCOR-model). Η αναπτυσσόμενη ιδέα επιτρέπει την εκτίμηση διαφορετικών διαμορφώσεων αλυσίδων διεργασιών με διαφορετικές ομάδες παραμέτρων να περιγράφουν την παραγωγή και τις διεργασίες αποθεμάτων.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία επιτρέπει στις επιχειρήσεις να αναγνωρίσουν από στρατηγική πλευρά το επιχειρηματικό δίκτυο και την ΕΑ με τα περισσότερα οφέλη. Αυτό σημαίνει να αποφασίσουν ποιες ΕΑ είναι επωφελέστερες για να εφαρμόσουν αυτή την μεθοδολογία. Αυτό το υψηλό επίπεδο προσαρμοστικότητας και ευελιξίας υλοποιείται με την περιγραφή των διαδικασιών προστιθέμενης αξίας που βασίζονται στα λεγόμενα process building blocks. Αυτά τα building blocks των διαδικασιών περιέχουν μία ευρεία ποικιλία διαδικασιών που χρησιμοποιούν μία κοινή ομάδα ορισμών. Το πρώτο σενάριο οικοδομήθηκε εστιασμένο σε εφοδιαστικές αλυσίδες της αυτοκινητοβιομηχανίας με πολλές παραλλαγές και ποικιλία προϊόντων και τα θετικά αποτελέσματα αυτής της ολοκληρωμένης τεκμηρίωσης είναι φανερά.



Σύμφωνα με τους συγγραφείς, η παραπάνω προσέγγιση είναι η μελλοντική βάση για μεθόδους βελτιστοποίησης προερχόμενες από την θεωρία ελέγχου. Η θεωρία ελέγχου είναι συνήθως το πεδίο τεχνικών συστημάτων, ωστόσο σύγχρονες μέθοδοι της θεωρίας ελέγχου, ειδικά ο βέλτιστος έλεγχος και το global optimization μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μη τεχνικούς τομείς, συγκεκριμένα στην προσομοίωση και στην βελτιστοποίηση εφοδιαστικών διαδικασιών (Schroder et al., 2002; Perea et al., 2000). Η διάταξη της ΕΑ έχει πολλά κοινά με προβλήματα από τον χώρο της θεωρίας ελέγχου. Μία αλυσίδα πολλών σταδίων διεργασιών είναι παρόμοια με την διασύνδεση διαφορετικών συστημάτων ελέγχου. Άρα για την λύση συστημάτων ΕΑ μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι περιγραφής, ανάλυσης και βελτιστοποίησης συστημάτων ελέγχου.

## **2.2 Σεβασμός στους καταναλωτές και στο περιβάλλον - νομοθεσία**

Στην παρούσα ενότητα, παρουσιάζονται οι επιδράσεις της περιβαλλοντικής και της κοινωνικής συλλογιστικής όπως επίσης και της σχετικής νομοθεσίας στην δομή και λειτουργία της ΕΑ.

Οι πρόσφατες νομικές και πολιτικές τάσεις δείχνουν ότι η σημασία της περιβαλλοντικά ελεγχόμενης παραγωγής και διανομής θα συνεχίσει να αυξάνεται. Την αρχή αποτέλεσε η οδηγία της ΕΟΚ 75/442/ΕΟΚ για τα στέρεα απόβλητα και οι τροποποιήσεις της. Εισάγονται οι βασικές έννοιες και ορισμοί, και εκφράζονται οι ανησυχίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με βασικό εργαλείο την παλαιότερη αρχή « ο Ρυπαίνων πληρώνει». Ο διεθνής οργανισμός προτύπων ISO (International Organization for Standards) έχει υιοθετήσει από το 1996 το σύστημα ISO 14001<sup>11</sup>, παρέχοντας ένα διεθνές πρότυπο για τα περιβαλλοντικά συστήματα διαχείρισης. Η υιοθέτηση του ISO 14001 έχει οδηγήσει πολλές εταιρείες στο να δώσουν μεγαλύτερη προσοχή στα περιβαλλοντικά ζητήματα κατά τη διαμόρφωση της ΕΑ τους, προκειμένου να αποφύγουν τον αποκλεισμό από αγορές που επιβάλλουν την συμμόρφωση.

Παρά την υιοθέτηση του ISO 14001, καθώς επίσης και διαφόρων άλλων νομοθετικών περιβαλλοντικών πρωτοβουλιών, το μέρος της βιβλιογραφίας που ασχολείται αποκλειστικά με την φιλική περιβαλλοντική ΔΕΑ είναι σπάνιο. Η έρευνα για την

---

<sup>11</sup> Μία σειρά από γενικά περιβαλλοντικά πρότυπα, που παρέχουν δομές και συστήματα διαχείρισης του συνόλου των λειτουργιών μιας επιχείρησης, με τρόπο περιβαλλοντικά συμβατό με τους νομικούς και κανονιστικούς περιορισμούς και απαιτήσεις.

περιβαλλοντική παραγωγή έχει εστιάσει κυρίως στον σχεδιασμό προϊόντος και διαδικασιών, συμπεριλαμβάνοντας ως παράμετρο την ανάλυση του κύκλου ζωής και τον σχεδιασμό για το περιβάλλον (Parker, 1998).

Η ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής συλλογιστικής στη ΔΕΑ είναι ακόμη περιορισμένη και κυρίως παρατηρείται στις στρατηγικές μεγάλων, πολυεθνικών εταιρειών. Σύμφωνα με τον Hall (1999) η περιβαλλοντική δυναμική της ΕΑ εμφανίζεται εάν υπάρχει ένας επικεφαλής με επαρκή εξουσία επί των προμηθευτών, ώστε να ασκεί πίεση επί των τεχνικών ανταγωνιστικών στοιχείων και της περιβαλλοντικής διαχείρισης. Οι εταιρείες των ανεπτυγμένων χωρών ενθαρρύνονται ή αναγκάζονται ολοένα και περισσότερο να κατασκευάζουν προϊόντα «φιλικά» προς το περιβάλλον, προκειμένου να συμμετέχουν στη παγκόσμια προσπάθεια προστασίας του.

Οι εξελίξεις στους σημαντικούς αυτούς παράγοντες αντικατοπτρίζονται τα τελευταία έτη και στην έρευνα την διαχείριση της ΕΑ. Οι Bloemhof-Ruwaard et al. (1995) συζητούν την εφαρμογή μοντέλων επιχειρησιακής έρευνας στα περιβαλλοντικά διαχειριστικά ζητήματα. Η εργασία τους παρακινήθηκε από τις σύγχρονες εξελίξεις στην πολιτική για το περιβάλλον. Οι συντάκτες πραγματοποιούν μία ανασκόπηση των πρώιμων ερευνητικών προσπαθειών που αποπειρώνται να συνδυάσουν την επιχειρησιακή έρευνα και την περιβαλλοντική διαχείριση, κάνοντας αναφορά στην αρθρογραφία και των δύο κλάδων. Καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι στο εγγύς μέλλον, η κοινότητα της επιχειρησιακής έρευνας θα πρέπει να ολοκληρωθεί με σχετικές επιστήμες για να αντιμετωπίσει επαρκώς τα περιβαλλοντικά ζητήματα.

Πλέον η ολοκλήρωση της ΕΑ οφείλει να περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως την διαχείριση των επιστρεφόμενων προϊόντων (ανακύκλωση, ανακατασκευή, απόρριψη, κ.τ.λ.), την μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από την παραγωγική λειτουργία (διαχείριση των απορριμμάτων, μείωση των εκπομπών ρύπων, κ.τ.λ.) και την προστασία των καταναλωτών (ιχνηλασιμότητα των ευπαθών ειδικά προϊόντων, συστήματα διασφάλισης ποιότητας κ.τ.λ.).

Οι παραπάνω αναδυόμενες ανάγκες έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη εννοιών και πρακτικών όπως η ιχνηλασιμότητα των προϊόντων, η αντίστροφη ΕΑ και η εκτεταμένη ΕΑ, οι οποίες θα περιγραφούν στη συνέχεια.

### 2.2.1 Εκτεταμένη Εφοδιαστική Αλυσίδα

Οι σύγχρονες επιχειρήσεις, ειδικά αυτές με παγκοσμία εμβέλεια, επιδεικνύουν αυξανόμενο ενδιαφέρον για την βελτιστοποίηση της ΕΑ από τα στάδια της ανάπτυξης των προϊόντων έως και την ανακύκλωση τους. Ο Mintcheva (2004) διαπιστώνει ότι «με την πρόσφατη ανάπτυξη στην διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας και την ολοκλήρωση των περιβαλλοντικών πολιτικών, καθίσταται προφανές ότι για την επιτυχή αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων είναι απαραίτητη μία ολιστική προσέγγιση». Οι Bloemhof-Ruwaard et al. (1995) υποστηρίζουν ότι η μετατόπιση της εστίασης από τον έλεγχο του τελικού προϊόντος στην πρόληψη και στον έλεγχο αποβλήτων στην πηγή, συνιστά και απαιτεί την διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης, παρόμοια με αυτή της ΔΕΑ.

Οι Fandel και Stammen το 2003 στην εργασία τους με τίτλο "A general model for extended strategic supply chain management with emphasis on product life cycles including development and recycling.", με έρεισμα τις παραπάνω διαπιστώσεις, επεκτείνουν το παραδοσιακό δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας προμηθειών, παραγωγής, διανομής και πωλήσεων σε όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, συμπεριλαμβανομένων των επιχειρησιακών διαδικασιών ανάπτυξης και ανακύκλωσης.

Στην προσέγγιση τους σχεδιάζεται ένα μοντέλο μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραπάνω διαδικασίες σε επίπεδο περιορισμών. Το μοντέλο καθορίζει το βέλτιστο πρόγραμμα προϊόντων και το εκτεταμένο δίκτυο ΕΑ με τους περιοριστικούς πόρους του κύκλου ζωής προϊόντος. Στόχος αυτής της προσέγγισης είναι η βελτιστοποίηση των κερδών μετά φόρων μιας εταιρείας με την ταυτόχρονη ρύθμιση του προγράμματος προϊόντος και του εκτεταμένου δικτύου ΕΑ.

Η κύρια συνεισφορά αυτής της προσέγγισης στρατηγικής ΔΕΑ είναι να εξασφαλίσει αποφάσεις επένδυσης μεταξύ εναλλακτικών προϊόντων και project ανάπτυξης, να συγκρίνει κύκλους ζωής προϊόντος με την ανάπτυξη τους και την στρατηγική ανακύκλωσης τους και να αναλύσει τις επιπτώσεις τους στο δίκτυο ΕΑ.

Οι Beckman et al. (1995) παρουσιάζουν μία ποιοτική διερεύνηση της ευσυνείδητης περιβαλλοντικά ΔΕΑ. Υποδεικνύουν τον παραλληλισμό με της έννοιες της διαχείρισης ολικής ποιότητας (Total Quality Management (TQM)), ειδικά αυτές που αφορούν τις σχέσεις με τους προμηθευτές και τον σχεδιασμό προϊόντος. Οι

συγγραφείς παρατηρούν ότι η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των φυσικών χαρακτηριστικών ενός νέου προϊόντος, είναι από μόνη της ένα πολύ δύσκολο εγχείρημα. Η αξιολόγηση των επιπτώσεων της ροής ενός νέου προϊόντος κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας, απαιτεί την μετατροπή ή την ανάπτυξη του μοντέλου ΕΑ.

Ο Mintcheva (2004) διαπιστώνει έλλειψη επαρκών πληροφοριών επί των περιβαλλοντικών επιδόσεων και ανάληψης των αντίστοιχων μέτρων πολιτικής, κυρίως για την εφοδιαστική αλυσίδα τροφίμων και πραγματοποιεί μία μελέτη για τον σχεδιασμό δεικτών επί αυτών των θεμάτων, τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζει στο άρθρο “Indicators for environmental policy integration in the food supply chain (the case of the tomato ketchup supply chain and the integrated product policy)”.

Ως μία απτή περίπτωση, εξετάστηκε η αλυσίδα της σάλτσας τομάτας και το πλαίσιο ολοκληρωμένης πολιτικής προϊόντος. Μετά την αναγνώριση και ανάλυση των σχετικών πολιτικών μέτρων, προτάθηκε μία ομάδα περιβαλλοντικών δεικτών και εγείρεται συζήτηση σχετικά με την εφαρμοσιμότητα τους και τον ρόλο που παίζουν στην διαμόρφωση της πολιτικής.

Από την πολιτική προοπτική είναι σαφές ότι είναι σημαντική η παροχή συνδυασμού πολιτικών, όχι μόνο στα πλαίσια των διαφορετικών τομέων, αλλά και στην συνολική αλυσίδα τροφίμων. Η μελέτη που διεξήχθη επί της αλυσίδας της σάλτσας ντομάτας, αποτέλεσε μια δοκιμή για την εφαρμογή μιας ολιστικής προσέγγισης στην περιβαλλοντική πολιτική. Επιδεικνύει επίσης τον τρόπο που αυτή η προσέγγιση μπορεί να συμβάλει για τη βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Με βάση την ανάλυση των μέτρων για ολοκληρωμένη πολιτική προϊόντος (Integrated Product Policy) για την αλυσίδα της κέτσαπ ντομάτας και το σύνολο των προτεινόμενων δεικτών, μπορούν να συναχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Το πλαίσιο IPP καλύπτει την συνδυασμένη πολιτική για ολόκληρη την ΕΑ αλλά και ξεχωριστά για κάθε μία από τους μελετούμενες φάσεις της. Τα πολιτικά μέτρα πρέπει να αναλυθούν λόγω της πολυπλοκότητας τους. Η εφαρμογή μιας ολιστικής προσέγγισης στην ολοκληρωμένη περιβαλλοντική πολιτική μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην αποφυγή της παράλειψης σημαντικών περιβαλλοντικών παραμέτρων της αλυσίδας τροφίμων, η οποία συμβαίνει με άλλες σχετικές πολιτικές μέτρων και στην αναγνώριση των

αντιφατικών εξ αυτών. Αυτό μπορεί επίσης να οδηγήσει και στον συνδυασμό διαφορετικών στρατηγικών για EPI (Environmental policy integration).

2. Το πλαίσιο IPP είναι μία καλή βάση για την προώθηση της θεώρησης του κύκλου ζωής προϊόντος στην αλυσίδα τροφίμων επιφέροντας την περιβαλλοντική διαχείριση σε όλες τις φάσεις του προϊόντος. Εντούτοις, η γενική εντύπωση είναι ότι τα εργαλεία που υπάρχουν στο πλαίσιο IPP δεν χρησιμοποιούνται αρκετά ως εργαλεία για την αλυσίδα τροφίμων σε επίπεδο ΕΕ.
3. Μία άλλη σημαντική πλευρά της προσέγγισης που εφαρμόζεται στην ανάλυση της πολιτικής είναι η αποκάλυψη των τάσεων για τη διεθνοποίηση των αλυσίδων τροφίμων. Ένα ουσιαστικό μέρος των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκαλούνται από τις τροφικές αλυσίδες δεν αφορά κάποια συγκεκριμένη περιοχή, αλλά μάλλον εντοπίζονται σε περιφερειακό και διασυνοριακό πεδίο. Η ολιστική προσέγγιση εφιστά την προσοχή των φορέων χάραξης πολιτικής για την εξέταση των περιβαλλοντικών προβλημάτων όταν υπερβαίνουν τα εθνικά όρια. Αυτό απαιτεί την ανάπτυξη και την ενίσχυση των διαφόρων εργαλείων, όπως τη δημιουργία περισσότερων κινήτρων, την προώθηση του αυτό-περιορισμού, τις περιβαλλοντικές αναφορές και την εταιρική κοινωνική ευθύνη.
4. Το πλαίσιο IPP δεν επαρκεί για την εξέταση των περιβαλλοντικών προβλημάτων στην αλυσίδα τροφίμων. Τα εργαλεία του IPP για την ολοκλήρωση της περιβαλλοντικής πολιτικής πρέπει να γίνουν πιο προσανατολισμένα ανά τομέα. (e.g. γεωργία, ενέργεια, μεταφορές). Αναλύοντας τα παραπάνω από την προοπτική της ΕΑ αποκαλύπτεται η ανάγκη για περαιτέρω βελτίωση προς την ολοκλήρωση ανάμεσα στους διαφορετικούς τομείς και η αναζήτηση της επίδρασης της σύμπραξης των πολιτικών μέτρων που εφαρμόζονται.
5. Οι περιβαλλοντικοί δείκτες είναι πρακτικά εργαλεία. Μπορούν να εφαρμοστούν σε πολιτικά μέτρα μέσω του πλαισίου IPP για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων στην αλυσίδα τροφίμων. Μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της διαφάνειας, της υπευθυνότητας και στην διασφάλιση της επιτυχημένης παρακολούθησης, ελέγχου και αξιολόγησης των μέτρων πολιτικής. Αυτό μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αποτελεσματικότητα της εφαρμογής πολιτικής. Ταυτόχρονα μπορούν να συμβάλουν στην ενσωμάτωση της θεώρησης κάποιων θεμάτων όπως τον κύκλο ζωής προϊόντος και τις μεταφορές στο FSC. Ο συνδυασμός των πληροφοριών σχετικά με τις βελτιώσεις που επιτεύχθηκαν στο FSC με

άλλες πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή άλλων περιβαλλοντικών πολιτικών μέτρων θα παρείχε ικανοποιητικό σήμα για τους φορείς χάραξης της πολιτικής σχετικά με την περιοχή όπου απαιτείται ενίσχυση των μέτρων.

Αυτή η έρευνα και η αντίστοιχη μελέτη περιπτώσεων επιβεβαιώνουν ότι για επιτυχή αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων απαιτείται μια ολιστική προσέγγιση. Η ολοκληρωμένη περιβαλλοντική πολιτική υπονοεί ότι για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των τροφικών αλυσίδων, οι πολιτικές για το περιβάλλον πρέπει να εναρμονιστούν με άλλες υπάρχουσες πολιτικές. Επίσης η ολιστική, πολυτμηματική προσέγγιση που εφαρμόζεται εδώ αποκαλύπτει την αναγκαιότητα για ένα περαιτέρω βήμα στην διαδικασία ολοκλήρωσης, κυρίως ανάμεσα στους διαφορετικούς τομείς.

Επίσης οι Hunt, Wall και Jadgev (2004) στο άρθρο τους με τίτλο «Applying the concepts of extended products and extended enterprises to support the activities of dynamic supply networks in the agri-food industry» καταπιάνονται με την ΕΑ τροφίμων και την υποβόσκουσα ΕΑ της ζωοτροφίας. Παρατηρούν ότι κατά την τελευταία δεκαετία το ενδιαφέρον της βιομηχανίας εστιάστηκε στην ανάπτυξη και την ολοκλήρωση των διαδικασιών στο πλαίσιο της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων.

Κατά τους συγγραφείς του άρθρου η εστίαση σύντομα θα μεταφερθεί στην εφοδιαστική αλυσίδα που εφαρμόζεται πριν από την βιομηχανία τροφίμων, δηλαδή στην εφοδιαστική αλυσίδα ζωοτροφίας. Η ιδέα αφορά την ολοκλήρωση όλων των διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας και την ένωση των δύο αλυσίδων (τροφών και ζωοτροφών) με τέτοιο τρόπο ώστε διαδικασίες που είναι διασυννοριακές να ενοποιούνται. Ανταποκρινόμενες οι στρατηγικές των επιχειρήσεων θα κληθούν να επικεντρωθούν όχι μόνο σε παραδοσιακά οικονομικά και τεχνολογικά ενδιαφέροντα, αλλά επίσης σε τοπικά/ επίκαιρα θέματα όπως ασφάλεια των προϊόντων τροφής και ζωοτροφίας, περιβαλλοντικά φιλική τεχνολογία και παράλληλα να συνεχίσουν να προμηθεύουν τους καταναλωτές με ασφαλές, ποιοτικό και φθηνό φαγητό.

Έννοιες όπως εκτεταμένες επιχειρήσεις και εκτεταμένα προϊόντα επιτρέπουν στους συνεργάτες της ΕΑ να επαναπροσδιορίσουν τις εφοδιαστικές ροές, να εισάγουν συνεργατικές συμμαχίες, έτσι ώστε οι ρόλοι και οι υπευθυνότητες των συνεργατών να αλλάζουν βελτιώνοντας την συνολική αποδοτικότητα της ΕΑ και να αυξάνουν τα μακροπρόθεσμα ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα.

### 2.2.2 Αντίστροφη εφοδιαστική

Πολλές φορές η ροή των υλικών σε μία ΕΑ είναι αντίστροφη (προς τα ανάντη επίπεδα). Αυτό μπορεί να συμβαίνει όταν ενδιάμεσα προϊόντα επιστρέφουν για περαιτέρω εργασία σε μονάδα, γραμμή ή τοποθεσία παραγωγής από όπου είχαν περάσει σε προηγούμενη φάση, όταν επιστρέφονται προϊόντα που έμεναν αδιάθετα στα καταστήματα λιανικής ή όταν μεταχειρισμένα υλικά και συστατικά των πωληθέντων προϊόντων επιστρέφουν στα κέντρα ανακύκλωσης.

Γενικά η αντίστροφη εφοδιαστική (Reverse logistics) νοείται ως το εφοδιαστικό κανάλι που είναι υπεύθυνο για την φυσική διανομή από τον πελάτη προς την επιχείρηση. Εκτός από συλλογή και μεταφορά, η δραστηριότητα της αντίστροφης εφοδιαστικής δύναται να απαιτεί αποθήκευση, διαλογή, ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση ή και εκ νέου επεξεργασία. Σύμφωνα με τους Brito & Dekker (2002), η κάθε αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα διαμορφώνεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του επιστρεφόμενου υλικού.

Η συνειδητοποίηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από τέτοια απορρίμματα αλλά και η νομοθεσία πολλών Ευρωπαϊκών χωρών καθιστά την δραστηριότητα αυτή ιδιαίτερα κρίσιμη.

Τα τελευταία 15 χρόνια υπήρξε μια εντυπωσιακή έξαρση της έρευνας γύρω από την επανακατεργασία χρησιμοποιημένων προϊόντων (αναλυτική βιβλιογραφική ανασκόπηση πραγματοποιούν οι Fleischmann, 2001 και Guide, 2000) και πιο πρόσφατα γύρω από τις Αλυσίδες Εφοδιασμού Κλειστού Βρόγχου (A.E.K.B. - closed-loop supply chains).

Ο Pasternack (1985) έδειξε ότι τόσο η πολιτική της απόρριψης επιστροφών των πωλήσεων, όσο και αυτή της αποδοχής όλων των επιστροφών οδηγούν σε υποβέλτιστα αποτελέσματα της ΕΑ. Υποστηρίζει ότι απαιτείται μία ενδιάμεση πολιτική για τον κατάλληλο συντονισμό του καναλιού.

Οι Van Wassenhove και Guide (2002) εστιάζουν το ενδιαφέρον τους σε μια σειρά από θέματα που αφορούν τη δημιουργία και τη διαχείριση αποδοτικών - από άποψη κόστους - A.E.K.B. Προσδιορίζουν τις πιο σημαντικές διαδικασίες που απαιτούνται από κάθε A.E.K.B.: απόκτηση προϊόντων, (αντίστροφος) εφοδιασμός, επιθεώρηση

(που αποτελείται από τον έλεγχο, τη διαλογή και την ταξινόμηση), απόρριψη, επανακατεργασία, διανομή και πώληση.

Η βιβλιογραφική επισκόπηση των Guide, Teunter και Van Wassenhove (2003) αποκαλύπτει ότι υπάρχουν σημαντικά κενά στο δημοσιευμένο έργο της συγκεκριμένης ερευνητικής περιοχής.

Η επιθεώρηση, η απόρριψη, η διανομή και η πώληση επανακατεργασμένων προϊόντων δεν έχει ως τώρα μελετηθεί διεξοδικά από την ακαδημαϊκή κοινότητα. Παράλληλα, η περιοχή της απόκτησης προϊόντων έχει μελετηθεί στοιχειωδώς, όπως διαβεβαιώνουν οι Guide και Van Wassenhove (2001), επιδιώκοντας στην εργασία τους να καλύψουν το σχετικό κενό. Μεγαλύτερη προσοχή έχουν τύχει τα λειτουργικά θέματα της επανακατεργασίας, δεδομένου ότι υπάρχει μεγάλος όγκος δημοσιευμένου υλικού σχετικά με τον προγραμματισμό και τον έλεγχο της παραγωγής (Guide και rivastava, 1998, Guide, 2000, Souza et al., 2002), τον έλεγχο αποθεμάτων (Van der Laan, 1997, Inderfurth, 1997, Van der Laan et al., 1999, Toktay et al., 2000) και τον προγραμματισμό υλικών (Inderfurth και Jensen, 1999, Ferrer και Whybark, 2001).

Τα σημαντικότερα ερευνητικά αποτελέσματα του Ευρωπαϊκού δικτύου “Reverse Logistics and its Effects on Industry” όσον αφορά στην ποσοτική μοντελοποίηση, έχουν συγκεντρωθεί στην έκδοση των Dekker, Fleischmann, Inderfurth και Van Wassenhove (2004). Επίσης, η έκδοση των Guide και Van Wassenhove (2003) μετά το πρώτο εργαστήριο σε σχέση με επιχειρηματικά θέματα των Α.Ε.Κ.Β. (“First Workshop on Business Aspects of Closed-Loop Supply Chains”), περιλαμβάνει μια επισκόπηση και παράθεση απόψεων για καθεμία από τις περιοχές των Α.Ε.Κ.Β.

Επίσης σε ότι αφορά την έρευνα που εστιάζεται κυρίως στο επίπεδο της υποστήριξης αποφάσεων για την αποτελεσματική διαχείριση των αντίστροφων ροών υλικών, οι Clegg et al. (1995) ανέπτυξαν ένα μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού για να καθορίσουν τις ροές υλικών που μεγιστοποιούν το κέρδος τόσο για νέα όσο και ανακτημένα ή ανακυκλωμένα μέρη, σε μία παραγωγική διαδικασία. Τα ανακτημένα μέρη μπορούν ολικά ή μερικά να αποσυναρμολογηθούν. Τα μέρη και τα συστατικά των μερών μπορούν στην συνέχεια να επαναχρησιμοποιηθούν στην παραγωγή ή εναλλακτικά να απορριφθούν (ίσως και να μεταπωληθούν). Οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι η συμβολή του μοντέλου τους δεν είναι ότι μπορεί να καθορίσει τις κατάλληλες ροές υλικών για πραγματική λειτουργία, αλλά μάλλον ότι το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξετάσει την ευαισθησία των παραμέτρων, όπως



όρια αποκομιδής, ικανότητα αποσυναρμολόγησης και διαθεσιμότητα ανακτημένων μερών.

Οι Heese et al. (2003) ορμώμενοι από τον πρόσφατο κανόνα αντι –κοινοπραξίας (anti trust) εναντίον του Hill-Rom, ενός από τους δύο κυρίαρχους Αμερικάνους προμηθευτές των νοσοκομειακών κλινών, ανέπτυξαν ένα μοντέλο για την διερεύνηση των συνεπειών των μεταχειρισμένων προϊόντων που επιστρέφονται, σε εταιρείες, βιομηχανίες και πελάτες. Στο εν λόγω άρθρο τους «Competitive advantage through take-back of used products», τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι μέσω παραλαβής και ανακαίνισης των προϊόντων, ο παραγωγός μπορεί να αυξήσει ταυτόχρονα τα περιθώρια κέρδους και τις πωλήσεις του- σε βάρος ενός μη- εμπλεκόμενου ανταγωνιστή.

Στο συγκεκριμένο μοντέλο οι πελάτες είναι πάντα καλύτερα υπό το καθεστώς επιστροφής προϊόντων, αλλά εξαρτάται από τον βαθμό ανταγωνισμού, αν οι εταιρείες χρησιμοποιούν τα πλεονεκτήματα της επιστροφής πρωτίστως για να αυξήσουν τα περιθώρια κέρδους τους ή για να τα μεταφέρουν στους πελάτες μειώνοντας τις τιμές. Η πρώτη εταιρεία που δέχεται την επιστροφή προϊόντων, σε κάποιες περιπτώσεις, μπορεί να αποτρέψει τους ανταγωνιστές της, ειδικά αν έχει υπαρκτό πλεονέκτημα σε όρους χαμηλότερου κόστους παραγωγής ή υψηλότερου μεριδίου αγοράς. Αντίθετα με τον ισχυρισμό του ανταγωνιστή του Hill-Rom, εντοπίζεται μια «νομική επιχειρηματική δικαίωση» στην μείωση των τιμών των νέων προϊόντων του Hill- Rom.

#### **2.2.4 Ιχνηλασιμότητα**

Ο Διεθνής Οργανισμός Προτύπων ISO υιοθετεί τον ακόλουθο ορισμό (1995): «Ιχνηλασιμότητα είναι η ικανότητα να ανιχνεύεις την ιστορία, εφαρμογή ή τοποθεσία μιας οντότητας (προϊόντος) μέσω καταγεγραμμένων αναγνωριστικών στοιχείων. Αντίστοιχα, η Ευρωπαϊκή Ένωση (EU, 2002) ορίζει την ιχνηλασιμότητα στη βιομηχανία τροφίμων ως την ικανότητα ανίχνευσης και παρακολούθησης μιας τροφής, ενός σπόρου, ενός ζώου παραγωγού τροφής ή ενός συντηρητικού τροφής σε όλα τα στάδια παραγωγής, επεξεργασίας και διανομής τους. Από τον van Dorp (2002) παρέχεται ένας πίνακας ορισμών της ιχνηλασιμότητας, που δείχνει πως η ιχνηλασιμότητα είναι γενική έννοια και ο ορισμός της διαφοροποιείται ανάλογα με τις δραστηριότητες και τον επιχειρηματικό κλάδο εφαρμογής της.

Η ιχνηλασιμότητα προϊόντος προσδιορίζεται επιπλέον, σύμφωνα με την κατεύθυνση ανάκλησης της πληροφορίας από την αλυσίδα, σε: (α) «Προς τα πίσω» ιχνηλασιμότητα ή ανίχνευση (backward / descending traceability or tracing) που είναι η ικανότητα εξακρίβωσης της προέλευσης και των χαρακτηριστικών του προϊόντος σε κάθε σημείο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Χρησιμοποιείται για την εύρεση της πηγής ενός προβλήματος ποιότητας. και (β) Προς τα εμπρός ιχνηλασιμότητα ή εντοπισμός (forward / ascending traceability or tracking) που είναι η ικανότητα εντοπισμού ενός προϊόντος με βάση συγκεκριμένα κριτήρια σε κάθε σημείο της αλυσίδας εφοδιασμού. Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις ανάκλησης προϊόντος.

Ένα αποτελεσματικό σύστημα ιχνηλασιμότητας για ένα από τα δύο είδη δεν είναι απαραίτητα κατάλληλο και για το άλλο είδος (Duruy, 2004). Επίσης, ανάλογα με το εύρος εφαρμογής της, η ιχνηλασιμότητα διακρίνεται σε εσωτερική (internal) μέσα σε ένα από τα στάδια της αλυσίδας (πχ. το στάδιο παραγωγής) και εξωτερική ή ιχνηλασιμότητα στην αλυσίδα (external or chain traceability) σε όλο το μήκος ή τμήμα της εφοδιαστικής αλυσίδας (Moe, 1998).

Όταν εφαρμόζεται ιχνηλασιμότητα στην ΕΑ, αναμένεται να προκύψουν τα παρακάτω οφέλη (Duruy, 2004, Moe, 1998):

- Δημιουργία βάσης για αποτελεσματική ανάκληση προϊόντων, ώστε να μειωθεί το κόστος.
- Χρήση της πληροφορίας προέλευσης των πρώτων υλών για αποτελεσματικότερο έλεγχο ποιότητας.
- Αποφυγή περιττών επαναλήψεων μετρήσεων σε δύο ή περισσότερα διαδοχικά στάδια της αλυσίδας.
- Δυνατότητα ανάκτησης της εμπιστοσύνης του καταναλωτή με χρήση ταμπελών (labels) ποιότητας επάνω στα προϊόντα.
- Δυνατότητα προώθησης ιδιαίτερων (special) πρώτων υλών ή χαρακτηριστικών των προϊόντων.
- Δυνατότητα συμμόρφωσης με τις ισχύουσες ή αναμενόμενες νομικές διατάξεις για την ποιότητα και ασφάλεια των προϊόντων.

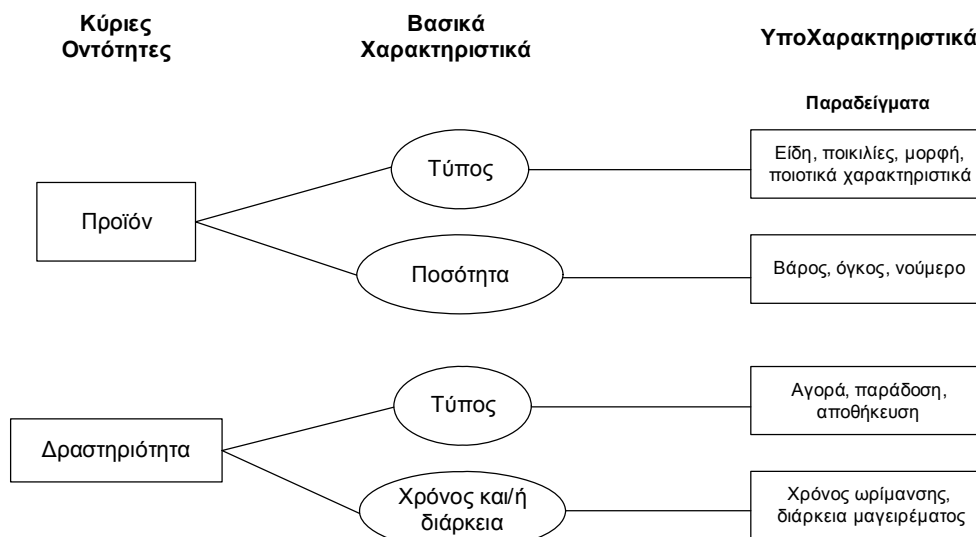
Αντίστοιχα, η εσωτερική ιχνηλασιμότητα στο στάδιο παραγωγής συνοδεύεται από τα κάτωθι πλεονεκτήματα (Moe, 1998):

- Πιθανότητα για βελτιωμένο έλεγχο διαδικασιών.

- Ενδείξεις αιτίας και αποτελέσματος (cause-and-effect), όταν το προϊόν δεν ακολουθεί τα πρότυπα ποιότητας.
- Πιθανότητα συσχετισμού δεδομένων του προϊόντος με χαρακτηριστικά των πρώτων υλών και επεξεργασία των δεδομένων.
- Καλύτερος σχεδιασμός για βελτιστοποίηση της χρήσης της πρώτης ύλης για κάθε τύπο προϊόντος.
- Αποφυγή οικονομικά ασύμφορης μίξης πρώτων υλών χαμηλής και υψηλής ποιότητας.
- Ευκολία ανάκτησης πληροφορίας σε περίπτωση διοικητικών ποιοτικών ελέγχων.
- Καλύτερη βάση για υλοποίηση λύσεων τεχνολογίας πληροφορικής (IT), όπως Computer based Quality Management Systems, Laboratory Information Management Systems (LIMS), Manufacturing Execution Systems (MES), κ.α.

Σε ότι αφορά την δομή και τις απαιτήσεις ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας, αυτό υλοποιείται με την εγκατάσταση ενός συστήματος, το οποίο παρακολουθεί και κρατάει την πορεία προϊόντων και επιλεγμένων δεδομένων. Ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας δομείται (Σχήμα 2.2) από δύο κύριες οντότητες: προϊόντα και δραστηριότητες (π.χ. προμήθεια, πώληση, μεταφορά) που περιγράφουν τη διαδρομή του προϊόντος. Για κάθε κύρια οντότητα ορίζεται ένα σύνολο από βασικά χαρακτηριστικά, όπως τύπος, ποσότητα, διάρκεια, και κάθε χαρακτηριστικό περιγράφεται από ένα πλήθος υποχαρακτηριστικών (Moe, 1998).

Επίσης, ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας χαρακτηρίζεται από δύο βασικά στοιχεία: τις διαδρομές (routes) των προϊόντων και το εύρος (extent) της ιχνηλασιμότητας. Οι διαδρομές περιγράφουν το μονοπάτι και το μέσο, με τα οποία τα προϊόντα αναγνωρίζονται κατά μήκος των σταδίων παραγωγής, διανομής και λιανεμπορίου της αλυσίδας. Το εύρος της ιχνηλασιμότητας καθορίζεται από την επιλογή και το πλήθος των υποχαρακτηριστικών των οντοτήτων (Moe, 1998).



Σχήμα 2.2

Κάθε σύστημα ιχνηλασιμότητας πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω απαιτήσεις :

1. Αναγνώριση προϊόντος. Όλα τα ανιχνεύσιμα προϊόντα στην εφοδιαστική αλυσίδα πρέπει να αναγνωρίζονται μονοσήμαντα. Η αναγνώριση προϊόντος πρέπει να είναι ομοιόμορφη για όλους τους εταίρους της αλυσίδας. Σε αντίθετη περίπτωση, ο συγχρονισμός των δεδομένων θα ήταν απαραίτητος, πράγμα που θα σήμαινε σημαντική αύξηση του κόστους και χαμηλή ποιότητα δεδομένων. Το επίπεδο αναγνώρισης καθορίζει την ακρίβεια και την ανάλυση της ιχνηλασιμότητας (Kelepouris, Pramataris, 2005). Το υψηλότερο δυνατό επίπεδο ανάλυσης στην αλυσίδα είναι αυτό της αναγνώρισης σε επίπεδο τεμαχίου προϊόντος, παρόλο που αυξάνεται το κόστος και η πολυπλοκότητα διαχείρισης της πληροφορίας. Επίσης, η αναγνώριση μπορεί να λάβει μέρος σε επίπεδο κιβωτίου, παλέτας ή παρτίδας, με την ανάλυση του κιβωτίου ή της παλέτας να είναι η πιο συμφέρουσα οικονομικά.
2. Παρτίδες Παραγωγής – Μετασχηματισμός. Όσον αφορά στο μετασχηματισμό προϊόντος, υπάρχουν δύο τύποι σταδίων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Τα στάδια στα οποία μετασχηματίζονται οι πρώτες ύλες σε τελικό προϊόν ανήκουν στον πρώτο τύπο. Ο δεύτερος τύπος αναφέρεται στα στάδια εκείνα στα οποία το προϊόν δε μετασχηματίζεται, δηλαδή στο διανομέα ή το λιανέμπορο. Στον πρώτο τύπο σταδίων, οι παρτίδες παραγωγής πρέπει να καταχωρηθούν, ώστε να υποστηρίζεται πλήρης ιχνηλασιμότητα. Ύστερα, η κατανομή των παρτίδων παραγωγής σε τεμάχια, κιβώτια ή παλέτες πρέπει επίσης να

αποθηκευθεί. Αυτή η καταχώρηση είναι το κρίσιμο σημείο της ιχνηλασιμότητας κατά μήκος της αλυσίδας, αφού αν λείπει η πληροφορία για την παρτίδα παραγωγής στην οποία ανήκει κάθε παλέτα, τότε όλη η σχετική πληροφορία είναι άχρηστη. Αντίστοιχα, ο δεύτερος τύπος σταδίων δεν απαιτεί αποθήκευση παρτίδων παραγωγής, αφού δε συμβαίνει μετασχηματισμός. Ωστόσο, η διατήρηση της κατανομής των παρτίδων σε τεμάχια, κιβώτια ή παλέτες είναι απαραίτητη, ώστε να επιτευχθεί διαφανής ιχνηλασιμότητα.

3. Λειτουργίες και Μονάδες Παραγωγής. Η διαδικασία παραγωγής είναι ένα δίκτυο από βήματα κατασκευής, τα οποία συγκεντρώνονται σε λειτουργίες για διευκόλυνση του ελέγχου κατασκευής (Bertrand et al. 1990). Οι λειτουργίες πραγματοποιούνται σε πραγματικές μονάδες παραγωγής (capacity units) και περιλαμβάνουν συγκεκριμένες μεταβλητές που επηρεάζουν την ποιότητα του αποτελέσματος της λειτουργίας. Η ιχνηλασιμότητα απαιτεί τόσο την καταγραφή των μεταβλητών και των τιμών τους για κάθε λειτουργία, όσο και της μονάδας παραγωγής στην οποία πραγματοποιήθηκε η λειτουργία. Για παράδειγμα, στη βιομηχανία τροφίμων οι μεταβλητές λειτουργίας μπορεί να περιλαμβάνουν συνθήκες θερμοκρασίας, φάρμακα ή πληροφορία τροφής του ζώου. Σε αυτή την περίπτωση, οι μονάδες παραγωγής πρέπει να καταχωρούνται, γιατί μια τροφική κρίση μπορεί να συνδέεται με τις συνθήκες της μονάδας, όπως ένα χημικό υποκατάστατο στο χύμα της φάρμας ή στο νερό του ιχθυοτροφείου.
4. Παρατήρηση θέσης προϊόντος. Η ιχνηλασιμότητα απαιτεί, πέρα από την καταγραφή της σύνθεσης, και καταχώρηση της θέσης του προϊόντος κατά μήκος της αλυσίδας. Είναι σημαντικό να είναι γνωστή η ακριβής διαδρομή του προϊόντος, ή του κιβωτίου / παλέτας μέχρι να πωληθεί στο κατάστημα του λιανέμπορου. Με αυτό τον τρόπο υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία για τις μονάδες παραγωγής (πχ. αποθήκες) στις οποίες έχει κρατηθεί το προϊόν στη διάρκεια του κύκλου ζωής του, καθώς και για τις συνθήκες / λειτουργίες που έχει υποστεί. Αυτή η πληροφορία εξασφαλίζεται με την καταγραφή των παρατηρήσεων του προϊόντος σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Κάθε παρατήρηση αντιστοιχίζεται σε μια τριπλέτα της μορφής: θέση, χρονική στιγμή και ταυτότητα προϊόντος (Harrison, 2003).

### 2.2.5 Ασφάλεια εφοδιαστικής αλυσίδας

Τα τελευταία έτη αναπτύσσονται συγκροτημένες προσπάθειες για την ενίσχυση της ασφάλειας της ΕΑ και ειδικότερα των συστημάτων μεταφορών και εφοδιαστικής των διεθνών φορτίων. Η ασφάλεια της ΕΑ συνδυάζει τις παραδοσιακές πρακτικές της ΔΕΑ με τις απαιτήσεις ασφάλειας, οι οποίες κινητοποιούνται από απειλές όπως η τρομοκρατία, η πειρατεία, και η κλοπή. Οι τυπικές δραστηριότητες ασφάλειας της ΕΑ περιλαμβάνουν:

- Διαπίστευση των συμμετεχόντων στην ΕΑ.
- Προσεκτικός έλεγχος και επικύρωση του περιεχομένου των προς μεταφορά φορτίων.
- Έγκαιρη ενημέρωση των περιεχομένων στην χώρα αποστολής.
- Ασφάλιση των φορτίων κατά την μεταφορά με την χρήση μέσω της χρήσης των κλειδαριών και σφραγίδων.
- Επιθεώρηση των πλοίων κατά την είσοδο.

## 2.3 Τεχνολογία

Στην διεθνή βιβλιογραφία συχνά παρατηρείται ότι, κατά την αναφορά ορισμένων διοικητικών στελεχών, στις έννοιες όπως ανάπτυξη της τεχνολογίας, εξέλιξη των πληροφοριακών εφαρμογών, τηλεπικοινωνίες κ.τ.λ., εκτός από την θετική συνεισφορά τους, αποδίδονται κατά μία στενή διαχειριστική αντίληψη, οι νέες ανάγκες και απαιτήσεις των σύγχρονων επιχειρήσεων και κατά συνέπεια των ΕΑ τους. Κατατάσσονται δηλαδή οι νέες τεχνολογίες εν μέρει, στα αναδυόμενα προβλήματα, παρά στις λύσεις τους. Αυτό ίσως συμβαίνει λόγω της ταυτόχρονης εμφάνισης και των δύο ή ακόμη περισσότερο επειδή σε κάποιες περιπτώσεις η αναπτυσσόμενη τεχνολογία είναι προληπτική ενός προβλήματος, μιας ανάγκης ή μιας απαίτησης και έτσι ψυχολογικά της αποδίδεται περισσότερο το ίδιο το πρόβλημα, παρά η λύση του.

Γεγονός πάντως είναι ότι σε καμία περίπτωση οι νέες τεχνολογίες δεν «επινοούν» επιπρόσθετες απαιτήσεις στις επιχειρήσεις ή ελλείψεις στους καταναλωτές αλλά αντιθέτως παρέχουν συνεχώς νέες δυνατότητες, βελτιωμένες τεχνικές, πρακτικές και διεξόδους είτε σε υπαρκτά είτε σε αναδυόμενα προβλήματα, ανάγκες και επιθυμίες.

Οι νέες παρεχόμενες από την εξέλιξη της τεχνολογίας δυνατότητες, εφαρμόζονται αφενός στο επίπεδο των παραγόμενων προϊόντων / υπηρεσιών των επιχειρήσεων

(καινοτομία, ταχεία ανάπτυξη, πρωτοποριακός σχεδιασμός, ποικιλομορφία προϊόντων, ευελιξία και δυναμικότητα παραγωγής) και αφετέρου στο επίπεδο της επικοινωνίας επιχείρησης προς επιχείρηση (B2B) και επιχείρησης προς πελάτη (B2C).

Βεβαίως, όπως συμβαίνει σε κάθε πεδίο της ανθρώπινης δραστηριότητας όπου η επιτάχυνση της αναπτυξιακής πορείας τείνει να ωθήσει στο περιθώριο τους μη έγκαιρα συμμετέχοντες, ακόμη εντονότερα στον ανταγωνιστικό επιχειρηματικό κόσμο, η εφαρμογή νέων τεχνολογιών που επιφέρουν την πρόοδο των επιχειρησιακών διαδικασιών, ασκεί σημαντική πίεση σε όλες τις επιχειρήσεις να την ασπαστούν προκειμένου να παραμείνουν βιώσιμες. Με αυτή την έννοια δικαιολογείται ίσως και η προαναφερθείσα αντιμετώπιση της τεχνολογίας από ορισμένους διαχειριστές ως θέμα που χρίζει αντιμετώπιση και όχι ως πεδίο ευκαιριών.

### **2.3.1 Προώθηση καινοτομίας**

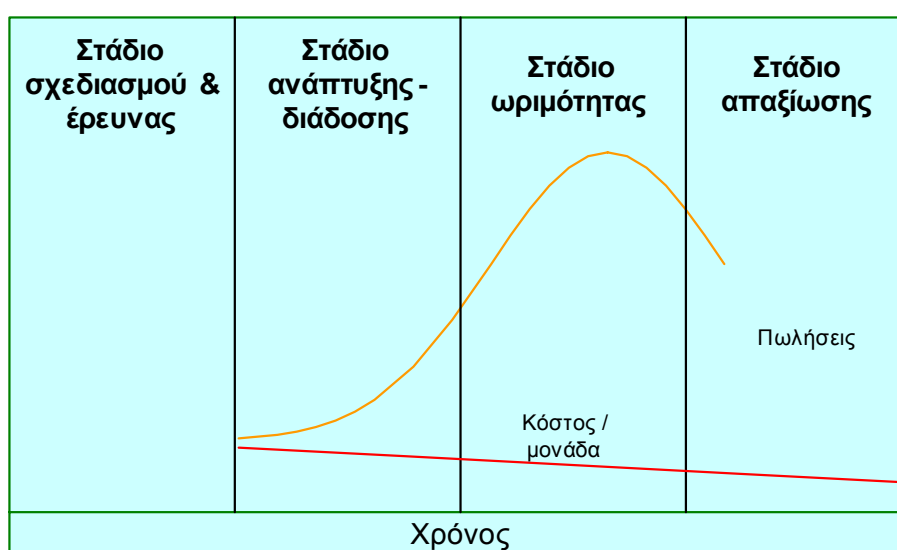
Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε ένα προϊόν ή σε μία κατηγορία προϊόντων κατά κανόνα διανύει τα στάδια όπου αναπτύσσεται, εισάγεται σε προϊόντα, ωριμάζει και αντικαθίσταται όταν καταστεί παρωχημένη. Αυτή η διαδικασία αναφέρεται συνήθως ως τεχνολογικός κύκλος ζωής. Ο τεχνολογικός κύκλος ζωής, ειδικά λόγω της ηλεκτρονικής και της πληροφορικής τεχνολογίας, συνεχώς μειώνεται. Σύμφωνα με τον Singh (2002), «Η ισχυρή θέληση για πελατειακό προσανατολισμό απαιτεί μηχανισμούς και μεθόδους που θα ανταποκρίνονται άμεσα στις αλλαγές των προϊόντων που επιθυμεί ο πελάτης. Αυτό απαιτεί ειδικά μία ισχυρή αλληλεπίδραση ανάμεσα στην ανάπτυξη και την παραγωγή του προϊόντος.»

Ο κύκλος ζωής μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας, κατά πολλούς, επεκτείνεται και στα προϊόντα όπου εφαρμόζεται. Ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος αναπαρίσταται ως μία καμπύλη των πωλήσεων του στον χρόνο (Wiersema, 1982). Ο τυπικός κύκλος ζωής ενός προϊόντος περιλαμβάνει τα εξής 5 στάδια (σχήμα 2.1):

1. Στάδιο ανάπτυξης νέων προϊόντων. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιούνται οι σημαντικότερες δαπάνες για την έρευνα και την ανάπτυξη του νέου προϊόντος, κατά συνέπεια είναι αρκετά δαπανηρό ενώ παράλληλα δεν υπάρχουν έσοδα από πωλήσεις του νέου προϊόντος.
2. Στάδιο εισαγωγής στην αγορά. Κατά την περίοδο εισαγωγής του νέου προϊόντος στην αγορά πραγματοποιούνται ακόμη σημαντικές δαπάνες για

την προώθηση του, οι πωλήσεις και τα αντίστοιχα έσοδα έχουν ξεκινήσει αλλά βρίσκονται σε χαμηλό επίπεδο. Επίσης χαμηλό αν όχι ανύπαρκτο είναι το επίπεδο του ανταγωνισμού.

3. Στάδιο επέκτασης. Στο στάδιο επέκτασης ή μεγέθυνσης οι το κόστος παραγωγής και προώθησης έχουν σχετικά μειωθεί από την προηγούμενη φάση λόγω των οικονομιών κλίμακας. Ο όγκος πωλήσεων αυξάνεται σημαντικά και το ίδιο η κερδοφορία από αυτές. Το νέο προϊόν έχει αποκτήσει αναγνωρισιμότητα και ο ανταγωνισμός αρχίζει να αυξάνεται με εισαγωγή μερικών νέων παικτών στην αγορά.
4. Στάδιο ωριμότητας. Οι δαπάνες είναι πολύ χαμηλές αφού το προϊόν έχει καταξιωθεί στην αγορά και δεν έχει ανάγκες προώθησης. Ο όγκος των πωλήσεων αγγίζει τα μέγιστα όρια του. Ο ανταγωνισμός εντείνεται και ασκείται πίεση στην τιμή του προϊόντος. Παράλληλα εμφανίζονται ποικίλες διαφοροποιήσεις και προσφορές του προϊόντος από ανταγωνιστές. Η κερδοφορία είναι υψηλή.
5. Στάδιο απόρριψης ή σταθερότητας. Το τελικό στάδιο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος θα είναι είτε η σταθεροποίηση του όγκου των πωλήσεων (σε κάποιο μέσο επίπεδο), είτε η (σταδιακή ή απότομη) αντικατάσταση του από κάποιο νέο, με ενσωματωμένη προηγμένη τεχνολογία, βελτιωμένες προδιαγραφές, δυνατότητες και καλύτερη σχέση τιμής ποιότητας. Κατά το τελικό στάδιο οι τιμές του προϊόντος μειώνονται και η μεγιστοποίηση του κέρδους επιδιώκεται με την αποδοτικότερη λειτουργία των παραγωγικών διαδικασιών και των διαδικασιών ΕΑ.



Σχήμα 2.3 Ο όγκος πωλήσεων και το κόστος ανά μονάδα στον κύκλο ζωής προϊόντος



Η θεώρηση του κύκλου ζωής προϊόντος έχει δεχτεί κριτική, ειδικά ως προς την πρακτική της χρησιμότητα. Οι σημαντικότερες κριτικές αφορούν το γεγονός ότι ακόμη και στις κατηγορίες προϊόντων που μπορεί με βεβαιότητα να θεωρηθεί ότι ισχύει, δεν μπορεί να εφαρμοστεί ως πρόγνωση, αλλά μόνο ως περιγραφή.

Ο παραπάνω ισχυρισμός οφείλεται σε δύο λόγους. Κατά πρώτον, η διάρκεια του κύκλου ζωής είναι σημαντικά μεγαλύτερη από το χρονικό εύρος που αφορούν οι αποφάσεις των διαχειριστών μιας επιχείρησης και κατά συνέπεια αυτοί δεν μπορούν να διακρίνουν την καμπύλη των πωλήσεων. Κατά δεύτερον, η μορφή αυτής της καμπύλης θεωρείται ελεγχόμενη. Οι Dhalla και Yusreh δηλώνουν: "...είναι ξεκάθαρο, ότι ο κύκλος ζωής προϊόντος είναι μία εξαρτημένη μεταβλητή η οποία καθορίζεται από τις ενέργειες της αγοράς, δεν είναι μία ανεξάρτητη μεταβλητή επί της οποίας μπορούν οι επιχειρήσεις να προσαρμόσουν το πρόγραμμα τους. Η διαχείριση του marketing από μόνη της μπορεί να μεταβάλει το σχήμα και την διάρκεια του κύκλου ζωής μιας μάρκας προϊόντος."

Σε μία σύγχρονη προσπάθεια να περιορισθεί η προαναφερθείσα γενικευμένη θεώρηση των προϊόντων με βάση τον κύκλο ζωής τους, αναπτύχθηκε από τους Huang et al (2002) μία διάκριση των προϊόντων σε τρεις τύπους, τα λειτουργικά, τα καινοτόμα και τα υβριδικά. Η ζήτηση των λειτουργικών προϊόντων μπορεί να προβλεφθεί με ικανοποιητική ακρίβεια, ενώ τα μερίδια αγοράς τους παραμένουν σταθερά. Διαθέτουν μεγάλο κύκλο ζωής ενώ με επιφανειακές μετατροπές τους δημιουργούνται νέοι τύποι. Τα καινοτόμα προϊόντα είναι νέα προϊόντα που αναπτύσσονται από τις επιχειρήσεις για να αποσπάσουν ένα ευρύτερο μερίδιο της αγοράς. Είναι σημαντικά διαφοροποιημένα από τους διαθέσιμους τύπους προϊόντων και προσαρμόζονται περισσότερο στις απαιτήσεις πελατών (μαζική προσαρμογή). Κατά περιπτώσεις μπορεί να αντιπροσωπεύουν κάποια σημαντική πρωτοπορία στον σχεδιασμό προϊόντων. Τα καινοτόμα προϊόντα είναι το αποτέλεσμα των σχεδίων πελατών, οι οποίοι υποδεικνύουν τις συνεχώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις τους. Τα υβριδικά προϊόντα μπορούν να αποτελούνται από είτε (α) διαφορετικούς συνδυασμούς λειτουργικών συστατικών είτε από (β) μίγμα από λειτουργικά και καινοτόμα συστατικά.

Τα καινοτόμα προϊόντα μπορούν να καταστήσουν μία εταιρεία ικανή να επιτύχει υψηλότερα περιθώρια κέρδους, έχουν ταυτόχρονα όμως απρόβλεπτες απαιτήσεις, αφού δεν υπάρχουν για αυτά διαθέσιμα ιστορικά στοιχεία. Εξάλλου τα υψηλά περιθώρια κέρδους και η σημασία των πρόωρων πωλήσεων στην καθιέρωση του

μεριδίου αγοράς επί των νέων προϊόντων, καθιστούν το κόστος απώλειας πωλήσεων ακόμη μεγαλύτερο.

Επιπλέον η τεχνολογική καινοτομία και ο έντονος ανταγωνισμός στην αγορά προωθούν την ταχεία παλαίωση των σχετικών υφιστάμενων προϊόντων. Όταν μια επιχείρηση πετυχαίνει την ανάπτυξη μιας νέας κατηγορίας προϊόντων, ανταγωνιστές μπορούν σύντομα να ανακύψουν στην κατηγορία αυτή των προϊόντων. Ο συνεχώς μειωμένος χρόνος κύκλου ζωής των προϊόντων και οι αυξανόμενες απαιτήσεις των πελατών έχουν επίσης καταστήσει την διοίκηση της ΕΑ ακόμη μεγαλύτερη πρόκληση, ειδικά για καινοτομικά προϊόντα.

### **2.3.2 Σχεδιασμός προϊόντων**

Η ταχεία ανάπτυξη νέων προϊόντων δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί σε τέτοιο βαθμό από τις επιχειρήσεις, όσο και αν το επέβαλαν οι ανάγκες των καταναλωτών, εάν δεν συνέδραμε η τεχνολογία, παρά μόνο με ασύμφορα μεγάλο οικονομικό κόστος. Οι νέες τεχνολογίες όπως αναφέρθηκε διευκολύνουν την ανάπτυξη, τον σχεδιασμό και την διάδοση νέων προϊόντων.

Ήδη από την δεκετία του 1980, στα νέα προϊόντα, σύμφωνα με έρευνα του Fortune 1000 firms, αντιστοιχούσε προσεγγιστικά το ένα τρίτο των συνολικών εταιρικών κερδών που παρήχθησαν σε διάστημα μεγαλύτερο της πενταετίας (Booz and Hamilton, 1982).

Για πολλές μεταποιητικές επιχειρήσεις, ο αυξανόμενος ανταγωνισμός των δεκαετιών του 1980 και 1990 έφερε στο προσκήνιο την αξία της θεώρησης των παραγωγικών διαδικασιών κατά τον σχεδιασμό των προϊόντων, εγκαταλείποντας την προηγούμενη σειριακή διαδικασία σχεδιασμού. Η διαδικασία αυτή σχεδιασμού και ανάπτυξης ενός προϊόντος ονομάστηκε παράλληλη μηχανική (Concurrent Engineering) και αποτέλεσε σημαντικό πεδίο ενδιαφέροντος τόσο από την βιομηχανία όσο και από ακαδημαϊκούς (Fleischer and Liker, 1997, Nevins and Whitney, 1989).

Κατά τις δύο τελευταίες δεκαετίες έχουν διερευνηθεί πολλές εκφάνσεις της προσέγγισης αυτής, από τον αντίκτυπο του σχεδιασμού στην διευκόλυνση των διαδικασιών παραγωγής και συναρμολόγησης (Boothroyd et al., 2002; Rusinko, 1999; Whitney, 1988), μέχρι την επιρροή στην μείωση του χρόνου διεκπεραίωσης λόγω των ταυτόχρονων διεργασιών ανάπτυξης της παράλληλης μηχανικής (Haddad, 1996, Koufteros et al., 2001, Roemer et al., 2000, Terwiesch et al., 2002).

Όπως προαναφέρθηκε, πολλές εταιρίες έχουν θέσει στο κεντρο της προσοχής τους την εξατομίκευση των μαζικών προϊόντων. Εξάλλου σήμερα πολλά προϊόντα ανταγωνίζονται επιπρόσθετα της ποιότητας, ποικιλίας και τιμής, στο επίπεδο διαθεσιμότητας τους. Σύμφωνα με την ιδέα της παράλληλης μηχανικής, οι εξελίξεις αυτές επιβάλλουν την ανάγκη προσθήκης της θεώρησης των διαδικασιών εφοδιαστικής αλυσίδας, σε εκείνες που πρέπει να αντιμετωπιστούν παράλληλα. Ο Fine (1998) ονόμασε την επέκταση αυτή “τρισδιάσταση παράλληλη μηχανική (3D CE)”. Υποστηρίζει ότι κάθε μία από τις τρεις περιοχές (προϊόν, παραγωγικές διαδικασίες και εφοδιαστική αλυσίδα) κατέχει μία αρχιτεκτονική και ότι το ταίριασμα αυτών των αρχιτεκτονικών είναι το κλειδί για την επιτυχία της 3D-CE. Ο Fixson (2005) επίσης επισημαίνει σχετικά με την αρχιτεκτονική προϊόντος, ότι όταν καθορίζεται κατάλληλα, μπορεί να εξυπηρετήσει ως ένας μηχανισμός συντονισμού.

Η αρχιτεκτονική προϊόντος μπορεί να οριστεί ως η αναλυτική περιγραφή της δέσμης των χαρακτηριστικών του προϊόντος, συμπεριλαμβανομένου του αριθμού και τύπου συστατικών, του αριθμού και τύπου στοιχείων αλληλεπίδρασης μεταξύ των συστατικών αυτών και ως τέτοια αναπαριστά την θεμελιώδη δομή του προϊόντος. Ο Ulrich (1995) ορίζει την αρχιτεκτονική προϊόντος ως «το σχήμα μέσω του οποίου η λειτουργίες ενός προϊόντος ανταποκρίνονται στα φυσικά του χαρακτηριστικά”.

Σύμφωνα λοιπόν με τον Fine, όταν οι εταιρείες δεν αναγνωρίζουν ρητά και δεν διαχειρίζονται τον σχεδιασμό της εφοδιαστικής τους αλυσίδας, ως μία δραστηριότητα παράλληλη με τον σχεδιασμό του προϊόντος και των διαδικασιών, συχνά αντιμετωπίζουν προβλήματα σε προχωρημένα στάδια της ανάπτυξης προϊόντος, ή ακόμη και με την είσοδο του προϊόντος στην αγορά, σε σχέση με την υποστήριξη των logistics, τον έλεγχο ποιότητας και το κόστος παραγωγής.

Άλλοι έχουν εισάγει τον όρο “παράλληλο επιχειρείν” για να περιγράψουν την μελλοντική κατεύθυνση της μαζικής εξατομίκευσης. Το περιγράφουν ως «μία προσέγγιση για την επίτευξη συμμαχιών πελατών, προϊόντων, διαδικασιών και εφοδιαστικής με την έννοια της παραλληλίας, της ολοκλήρωσης, της τυποποίησης, της ομαδικής δουλειάς και πολλών άλλων, για την παράδοση αυξημένης ποικιλίας προϊόντων προς ικανοποίηση των ιδιαίτερων αναγκών των πελατών, ενώ ταυτόχρονα διατηρείται σχεδόν μαζική παραγωγική δυναμικότητα» (Jiao et al., 2004).

Πρόσφατα λοιπόν οι ερευνητές ξεκίνησαν να συνειδητοποιούν ότι η διαδικασία αποφάσεων και ολοκλήρωσης στον σχεδιασμό της ΕΑ θα πρέπει να καθοδηγηθεί από το προϊόν του παραγωγού, συγκεκριμένα, από τα χαρακτηριστικά και τον κύκλο ζωής του προϊόντος.

Εξάλλου όταν σχεδιάζεται μια νέα οικογένεια προϊόντων, οι σχεδιαστές και οι κατασκευαστές πρέπει να ορίσουν την οικογένεια προϊόντων και την εφοδιαστική τους αλυσίδα ταυτόχρονα. Στα πρώτα βήματα της διαδικασίας του σχεδιασμού, οι σχεδιαστές προτείνουν διάφορες λύσεις για την ομάδα των παραλλαγών της οικογένειας προϊόντων και την λίστα υλικών τους (bill of materials) . Το δεύτερο βήμα αφορά την επιλογή κάποιων από αυτές τις παραλλαγές ενώ επιλέγεται η αρχιτεκτονική της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι Lamming et al. (2000) αναγνωρίζουν δύο ευδιάκριτους τύπους δικτύων ΕΑ, αυτούς για καινοτόμα-πρωτοποριακά προϊόντα και αυτούς για λειτουργικά προϊόντα.

Οι Fandel και Stammen (2003) αναπτύσσουν μία προσέγγιση της ΕΑ όπου το παραδοσιακό δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας προμηθειών, παραγωγής, διανομής και πωλήσεων επεκτείνεται σε όλο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, συμπεριλαμβανομένων των επιχειρησιακών διαδικασιών ανάπτυξης και ανακύκλωσης. Στο σχετικό άρθρο τους "A general model for extended strategic supply chain management with emphasis on product life cycles including development and recycling", σχεδιάζεται ένα μοντέλο μικτού αέριου προγραμματισμού που λαμβάνει υπόψη όλες τις παραπάνω διαδικασίες. Ο στόχος του άρθρου αυτού είναι η εισαγωγή μιας νέας αντίληψης στον στρατηγικό σχεδιασμό, της στρατηγικής διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας.

Το μοντέλο καθορίζει το βέλτιστο πρόγραμμα προϊόντων και το εκτεταμένο δίκτυο ΕΑ με τους περιοριστικούς πόρους του κύκλου ζωής προϊόντος. Επιπλέον, μπορούν να προσδιοριστούν οι ελάχιστοι όγκοι πωλήσεων για το επιλεγμένο πρόγραμμα προϊόντων. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να ενσωματωθεί στα συστήματα λογισμικού όπως στα συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών πόρων και σε ειδικά πληροφοριακά συστήματα ΔΕΑ.

Η κύρια συνεισφορά αυτής της προσέγγισης στρατηγικής ΔΕΑ είναι να εξασφαλίσει αποφάσεις επένδυσης μεταξύ εναλλακτικών προϊόντων και έργων ανάπτυξης, να συγκρίνει κύκλους ζωής προϊόντος με την ανάπτυξη τους και την στρατηγική ανακύκλωσης τους και να αναλύσει τις επιπτώσεις τους στο δίκτυο ΕΑ.

Επίσης στο άρθρο τους «Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision-making methodology», οι Wang, Huang και Dismukes (2003) σχετίζουν τα χαρακτηριστικά των προϊόντων με την στρατηγική ΕΑ και υιοθετούν τα μέτρα επίδοσης επιπέδου Ι του μοντέλου supply chain operations reference (SCOR) ως τα κριτήρια απόφασης. Με βάση τα χαρακτηριστικά των προϊόντων και των αντίστοιχων στρατηγικών ΕΑ, η σχετική βαρύτητα των κριτηρίων και των υποκριτηρίων (δείκτες επίδοσης) καθορίζεται από έμπειρους διαχειριστές (managers).

Εξάλλου οι Higuchi και Troutt (2004) επιχειρηματολογούν για το ότι λόγω του μικρού χρόνου ζωής ενός προϊόντος ο αρχικός καθορισμός των προδιαγραφών του και της ΕΑ είναι πιο σημαντική διαδικασία από την μετέπειτα βελτίωση τους. Στο σχετικό άρθρο τους «Dynamic simulation of the supply chain for a short life cycle product- Lessons from the Tamagotchi case», οι συγγραφείς αναπτύσσουν ένα μοντέλο προσομοίωσης που σκοπό έχει να συνεισφέρει στην λήψη αποφάσεων, όπως της παραγωγικής δυναμικότητας και της διαφήμισης, όπως επίσης και για τον χρόνο εισόδου σε ξένες αγορές. Στο εν λόγω άρθρο εξάγεται το συμπέρασμα ότι η ταχύτατη διάδοση ενός προϊόντος βραχυπρόθεσμου κύκλου ζωής δεν ωφελεί πάντα, καθώς στην περίπτωση όπου η έντονη ζήτηση δεν μπορεί να καλυφθεί απόλυτα άμεσα, η κατάσταση οδηγεί σε απώλειες κερδών, όπως επίσης έδειξαν οι Paich and Sterman (1993).

Στην πράξη η αξία του παραπάνω μοντέλου είναι ότι επιτρέπει την ανάλυση περιπτώσεων στους σχεδιαστές που είναι αβέβαιοι για τις επιλογές των παραμέτρων που θα χρησιμοποιήσουν. Με την παρακολούθηση ενός μεγάλου αριθμού σεναρίων, μπορούν αν ληφθούν πιο καλά πληροφορημένες αποφάσεις στο επίπεδο των αλληλεπιδράσεων των παραμέτρων.

Γενικά παρατηρείται ότι υπάρχει έντονη τάση από επιχειρήσεις και ερευνητές να συσχετιστεί και να αντιμετωπιστεί ταυτόχρονα με τον σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας και ο σχεδιασμός του προϊόντος και κατά συνέπεια των παραγωγικών διαδικασιών. Τεκμηριώνεται από το σύνολο των συγγραφέων που προαναφέρθηκαν αλλά και από πολλούς ακόμη, ότι αυτού του είδους η ολοκλήρωση των επιχειρησιακών διαδικασιών μπορεί να αποδόσει σημαντικά αναταγωνιστικά πλεονεκτήματα σε μία μεταποιητική επιχείρηση αλλά και στα υπόλοιπα μέλη της

εφοδιαστικής αλυσίδας, από τους προμηθευτές μέχρι τον τελικό καταναλωτή, αποδίδοντας προστιθέμενη αξία στο τελικό προϊόν.

### **2.3.3 Πληροφορική και τηλεπικοινωνιακή τεχνολογία**

Οι αλληλεπιδράσεις στην ΕΑ διακρίνονται από έντονη και αυξανόμενη πολυπλοκότητα, την οποία καλείται να ρυθμίσει η αποτελεσματική, αξιόπιστη και ταχεία ροή της πληροφορίας. Δημιουργούνται συνεπώς απαιτήσεις για αυτόματες και γρήγορες επικοινωνίες π.χ. μεταξύ της εταιρίας και των προμηθευτών της, των πελατών της αλλά και μεταξύ τμημάτων της ίδιας της εταιρίας. Οι επικοινωνίες αυτές αφορούν δραστηριότητες όπως τον συντονισμό των χώρων αποθήκευσης, την τρέχουσα διαδικασία παραγωγής και τα έτοιμα προϊόντα. Επικοινωνία λαμβάνει όμως χώρα και μεταξύ μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας που δεν συνδέονται άμεσα με την εταιρία, όπως για παράδειγμα οι δευτερεύοντες προμηθευτές και οι δευτερεύοντες πελάτες. Επειδή οι επικοινωνίες αποτελούν το κλειδί για την εφικτή λειτουργία του συστήματος, η σωστή τους οργάνωση και η σωστή επιλογή τεχνολογίας είναι κρίσιμες αποφάσεις.

Εξάλλου δεν αρκεί απλώς να ικανοποιηθούν οι δεδομένες γενικές ανάγκες των πελατών, αλλά πρέπει να τους παρέχεται και η δυνατότητα να διαφοροποιούν το προϊόν. Κάτω από αυτές τις συνθήκες και σε συνδυασμό με την εξέλιξη και τις απαιτήσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας δημιουργούνται συνεχώς νέες ανάγκες και προκύπτουν απαιτήσεις για νέα εξελιγμένα και διαλειτουργικά συστήματα πληροφορικής.

Για την ελαχιστοποίηση των αβεβαιοτήτων απαιτούνται βάσεις δεδομένων σε όλες τις λειτουργούσες μονάδες που πρέπει να συνδεθούν, έτσι ώστε οι διαχειριστές από οποιοδήποτε σημείο της αλυσίδας να μπορούν να ανακαλέσουν επιλεγμένες πληροφορίες γρήγορα και αξιόπιστα. Οι λειτουργίες αυτές επίσης απαιτούν υποδομή σε σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα. Με επαρκή συστήματα πληροφοριών είναι δυνατόν να συλλέγονται αξιόπιστα στοιχεία όσον αφορά τις προμήθειες, τη διαχείριση, τις ανάγκες κλπ. και να δημιουργείται καλύτερη βάση για την διαχείριση με διαφάνεια. Αυτά τα στοιχεία θα αξιοποιηθούν σαν μέσον για σχεδίαση, εκτέλεση και μέτρηση των συναλλαγών μιας ολόκληρης επιχείρησης συμπεριλαμβανομένων της πρόβλεψης, της σχεδίασης δυναμικού και της σχεδίασης απαιτήσεων διανομής.

Η τεχνολογία επικοινωνίας και πληροφορικής (ICT) έχει διαμορφώσει και συνεχίζει να διαμορφώνει την εφοδιαστική αλυσίδα. Οι εταιρίες στρέφονται σε ηλεκτρονικά συστήματα όπως την ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων EDI, την ηλεκτρονική μεταφορά κεφαλαίων EIT, και το διαδίκτυο.

## **EDI**

Το σύστημα ηλεκτρονικής ανταλλαγής δεδομένων EDI (electronic data interchange), είναι ένα επικοινωνιακό και πληροφορικό σύστημα που ενσωματώνει τις συνθήκες παραγγελίας και εφοδιασμού όλων των μελών του καναλιού. Αρχικά θεωρήθηκε ιδανικό για την υποστήριξη ενός JIT επιχειρησιακού κύκλου. Η τεχνολογία EDI φέρει εις πέρας ακριβή και έγκαιρη πληροφόρηση, η οποία βοηθάει στον συντονισμό της ροής των υλικών και οδηγεί σε καλύτερες επιδόσεις μεταφορών. Συνήθως οι παραγγελίες από τα καταστήματα λιανικής αποστέλλονται στο κέντρο διανομής, ή στον παραγωγό (DC) μέσω ενός συστήματος EDI. Γενικά τα τοπικά συστήματα που συνδέονται με EDI, υποστηρίζουν σημαντικά την ευελιξία για τους δικτυωμένους οργανισμούς.

Στα αρνητικά σημεία του EDI συγκαταλέγεται η υψηλή τιμή και η έλλειψη προσαρμοστικότητας του. Οι δύο αυτοί λόγοι, οδήγησαν σε έναν περιορισμένο βαθμό εφαρμογής, δεδομένου ότι μόνο οι μεγάλες εταιρίες μπόρεσαν να αντέξουν οικονομικά να επενδύσουν σε αυτά τα συστήματα. Επίσης σε ότι αφορά την χρήση του για την ολοκλήρωση και τον συντονισμό της ΕΑ, παρόλο που παρέχει την απαραίτητη βάση επικοινωνίας για όλα τα μέλη της ΕΑ, εστιάζει αποκλειστικά στην ανταλλαγή δεδομένων και δεν δίνει την δυνατότητα παρέμβασης στους κανόνες λήψης των αποφάσεων για την ΕΑ.

## **Διαδίκτυο**

Το World Wide Web, το παγκόσμιο υπολογιστικό δίκτυο βάσεων δεδομένων πληροφοριών, έχει σημειώσει φαινομενική αύξηση τόσο σε ποσότητα διαθέσιμων πληροφοριών, όσο και σε συνολικό αριθμό χρηστών με πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες.

Το internet σε σχέση με την επιχειρηματικότητα μπορεί να ιδωθεί ως πλατφόρμα εμπορικών συναλλαγών, καθώς επίσης και ως βάση για την ΕΑ. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο μεταφοράς των μηνυμάτων μεταξύ των εταίρων

αντικαθιστώντας το χαρτί στις συναλλαγές, όπως και το EDI και έτσι να επιταχύνει τις εμπορικές πράξεις. Πλεονεκτεί έναντι του EDI γιατί μπορεί να μεταφέρει μεγαλύτερη ποσότητα πληροφορίας και προσφέρει μεγαλύτερη διαφάνεια. Ωστόσο υπάρχουν κάποιες επιφυλάξεις ως προς τους τομείς της ασφάλειας και της αξιοπιστίας.

Οι Boughton και Kehoe διενήργησαν έρευνα σχετικά με την διαχείριση της ΕΑ μέσω του διαδικτύου και παρουσίασαν μία ιεραρχία των εφαρμογών ΕΑ στο διαδίκτυο. Αυτή η ιεραρχία περιλαμβάνει τέσσερα στάδια: (i) εσωτερικές εφαρμογές, που αφορούν την χρήση ενός intranet μέσα σε μια εταιρία, (ii) δυαδικές εφαρμογές, δηλαδή την χρήση του Διαδικτύου μεταξύ ενός ζεύγους προμηθευτή-πελάτη (iii) εξωτερικές, όπως η χρήση του Διαδικτύου κατά μήκος μιας γραμμικής εφοδιαστικής αλυσίδας και (iv) δίκτυο, δηλαδή την χρήση του Διαδικτύου σε μια συστάδα προμηθευτών και πελατών.

Μέχρι σήμερα, οι κύριες εξελίξεις αφορούν στον τομέα των ιστοσελίδων των επιχειρήσεων (δηλαδή διαδικτυακές εφαρμογές για πωλήσεις και επαφή με το προσωπικό της εταιρείας) και τα δυαδικά δίκτυα. Λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία της διαφάνειας των διαδικασιών σε όλες τις εταιρίες μιας ΕΑ, προκειμένου να βελτιωθεί η γενική απόδοσή της, αναμένεται να αυξηθεί η χρήση της διαχείρισης της ΕΑ με βάση το διαδίκτυο και ειδικά οι εξωτερικές εφαρμογές και οι εφαρμογές δικτύων.

Οι περισσότερες έννοιες για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της ΕΑ βασίζονται στη διανομή των πληροφοριών σε όλη την ΕΑ προκειμένου να βελτιωθεί η διαφάνεια και για να εξαλειφθούν η διαστρέβλωση των πληροφοριών και οι αβεβαιότητες. Σε πολλές περιπτώσεις, ενώ από λειτουργική προοπτική είναι σαφές ότι υπάρχουν οφέλη στην ΕΑ συνολικά, η διανομή των ωφελειών παραμένει ένας δύσκολος στόχος. Πολλές επιχειρήσεις αρχίζουν με τη βελτιστοποίηση των εσωτερικών διαδικασιών τους προτού να δώσουν προσοχή στις εξωτερικές σχέσεις τους. Η υποβελτιστοποίηση είναι ένας κίνδυνος που συχνά εμφανίζεται. Η εστίαση στις εσωτερικές διαδικασίες εξηγεί επίσης γιατί οι επιχειρήσεις διστάζουν να επενδύσουν στις ICT σε επίπεδο ΕΑ. Μια σημαντική συνέπεια των ICT είναι ότι αλλάζουν τη δομή των ΕΑ. Αυτό προκαλείται από το γεγονός ότι οι ροές πληροφορίας και υλικών μπορούν να αποσυνδεθούν. Κατά συνέπεια, οι διαδικασίες γίνονται πιο εύκαμπτες ή και ευκίνητες και οι επιχειρήσεις μπορούν να λειτουργήσουν με μεγαλύτερη ελευθερία



κινήσεων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε γρήγορες αλλαγές στη διαμόρφωση μιας ΕΑ, των οποίων οι αρνητικές επιπτώσεις ίσως δεν λαμβάνονται υπόψη.

### **Ηλεκτρονικό Επιχειρείν (e-business)**

Όταν θεωρούμε το διαδίκτυο ως πλατφόρμα εμπορικών συναλλαγών, τα χαρακτηριστικά γνωρίσματά του μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις νέες μορφές εμπορίου, οι οποίες συνήθως καλούνται γενικά ως ηλεκτρονικό εμπόριο. Το ηλεκτρονικό εμπόριο ποικίλει από μία απλή διαφήμιση στο διαδίκτυο, έως μια ολοκληρωμένη αλληλεπιδραστική ιστοσελίδα όπου οι πελάτες μπορούν να ψωνίσουν στα εικονικά εμπορικά κέντρα ή να κάνουν προφορές σε εικονικές δημοπρασίες. Το Ηλεκτρονικό Επιχειρείν (ΗΕπ) αποτελεί σήμερα μια πραγματικότητα στο διεθνές επιχειρηματικό περιβάλλον. Η ανάπτυξη του τα τελευταία χρόνια είναι εντυπωσιακή. Με έναν συνδυασμό πρωτοβουλιών e-business και στρατηγικών ΕΑ, οι προσδοκίες για τους τρόπους οργάνωσης των επιχειρήσεων αλλάζουν ριζικά.

Το δίκτυο είναι ένα ισχυρό εργαλείο συγκέντρωσης και σύγκλισης προσφοράς και ζήτησης σε διεθνές επίπεδο. Οι επιχειρήσεις μπορούν να το χρησιμοποιήσουν για να ξεφορτωθούν εύκολα τα υπερβολικά αποθέματα, ενώ άλλοι (μικρότεροι παράγοντες) μπορούν να ωφεληθούν από αυτό, με τη λήψη των απαραίτητων προϊόντων σε τιμές προσφοράς. Το ηλεκτρονικό εμπόριο εγείρει και αναβαθμίζει τον ρόλο των μεταφορών και αλλάζει τις σχέσεις και τις δομές μεταξύ των επιχειρήσεων στις ΕΑ.

Το Διαδίκτυο και το ηλεκτρονικό εμπόριο πρόσφεραν αρχικά ένα πεδίο δραστηριότητας ίσων ευκαιριών για τις μεγάλες και τις μικρομεσαίες εταιρείες, εφόσον όλοι απέκτησαν εύκολη πρόσβαση σε παγκόσμιες αγορές. Ωστόσο, ο γρήγορος ρυθμός εξέλιξης της ICT, καθιστά πολύ δύσκολο για τις ΜΜΕ να ακολουθήσουν τον ανταγωνισμό. Ένας ελκυστικός ιστοχώρος ηλεκτρονικού εμπορίου, απαιτεί μεγάλες επενδύσεις, καθώς επίσης και ενισχυτικές λειτουργίες εφοδιαστικής.

Για να αντιμετωπιστούν τα εμπόδια στο παγκόσμιο ηλεκτρονικό εμπόριο, ο OECD έδειξε ήδη διάφορες ενέργειες που μπορούν να ληφθούν (από τους φορείς χάραξης πολιτικής):

- Εξασφάλιση πρόσβασης στην υποδομή πληροφοριών
- Οικοδόμηση εμπιστοσύνης χρηστών και καταναλωτών στα συστήματα πληροφοριών και στις ηλεκτρονικές συναλλαγές

- Ελαχιστοποίηση της νομικής αβεβαιότητας στο νέο ηλεκτρονικό περιβάλλον
- Διευκόλυνση των προβλημάτων σχετικά με τις πληρωμές και τις παραδόσεις.

Τέλος, επειδή η ICT, το ηλεκτρονικό εμπόριο και το πεδίο δράσης πολλών προηγμένων επιχειρήσεων είναι όλο και εντονότερα παγκόσμιου επιπέδου, οι πολιτικές ενέργειες πρέπει επίσης να ενσωματωθούν και να εναρμονιστούν σε μια παγκόσμια κλίμακα.

## Λογισμικό για την ΕΑ

Η ανάδειξη του διαδικτύου ως πεδίο λειτουργίας, ανταγωνισμού, συνεργασίας και ανάπτυξης των σύγχρονων επιχειρήσεων και η συνεπαγόμενη εκρηκτική αύξηση της σχετικής διαθέσιμης πληροφορίας σε ηλεκτρονική μορφή, έχουν δημιουργήσει πολλαπλές ανάγκες για κατάλληλα πληροφοριακά συστήματα, με τα οποία θα είναι δυνατή η δομημένη καταχώριση, η εξειδικευμένη επεξεργασία και το αποτελεσματικό φιλτράρισμα του συνόλου των πληροφοριών. Η ανάπτυξη εξεζητημένου πληροφοριακού λογισμικού για τις ανάγκες των επιχειρήσεων, η οποία έχει εδώ και πολλά έτη καθιερωθεί και συνεχώς αναπτύσσεται, αφορά από γενικά «πακέτα» επιχειρησιακών λύσεων, έως και ειδικές εφαρμογές λογισμικού σχεδιασμένες για συγκεκριμένο κλάδο ή ακόμη και για συγκεκριμένη εταιρεία. Επίσης ιδιαίτερα αναπτυσσόμενη είναι η τάση των επιχειρήσεων ανάπτυξης λογισμικού να παρέχουν στις εταιρείες λύσεις Application Service Provider<sup>12</sup> όπου οι ίδιες «τρέχουν» το λογισμικό για λογαριασμό των πελατών τους.

Οι επιχειρήσεις σταδιακά αναδιοργανώνουν την παραγωγή τους και μετακινούνται από τη προτυποποίηση στην παραμετροποίηση και την μαζική εξατομίκευση. Η συγκεκριμένη τάση οδηγεί σε αύξηση του πλήθους και κατά επέκταση, του κόστους των συναλλαγών, λόγω της διαφοροποίησης των απαιτήσεων και στην υιοθέτηση της πρακτικής άμεσης παραγωγής (Just In Time). Οι πελάτες επιθυμούν την ικανοποίηση των αναγκών τους όταν, όπου και όπως ταιριάζει καλύτερα σε αυτούς. Άρα, η ευρωστία των επιχειρήσεων εξαρτάται και από την βελτίωση της επικοινωνίας με τους πελάτες, του χρόνου απόκρισης και της ποιότητας των προϊόντων. Επίσης η ΔΕΑ μπορεί να αυξήσει την παραγωγικότητα ως αποτέλεσμα βελτιωμένου συντονισμού των διαφόρων οργανισμών της. Οι δικτυωμένοι οργανισμοί μπορούν να

---

<sup>12</sup> Τα ASP παρέχουν την δυνατότητα ενοικίασης αντί αγοράς εφαρμογών λογισμικού. Κατά κανόνα αποτελούν οικονομικότερες λύσεις και οι επιχειρήσεις – πελάτες αποκτούν πρόσβαση σε αυτές μέσω διαδικτύου

παρέχουν μεγαλύτερη ποικιλία προϊόντων ως αποτέλεσμα της υψηλότερης ευελιξίας της ΕΑ τους.

Η επιτυχία της υιοθέτησης του νέου τρόπου δραστηριοποίησης των εταιριών έγκειται στη σωστή αξιοποίηση των πόρων που προσφέρονται με ταυτόχρονη μείωση του κόστους. Ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε αυτή την προσπάθεια της κάθε επιχείρησης αποτελεί η ηλεκτρονική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας με την αξιοποίηση των τεχνολογιών πληροφορικής. Στις δυναμικές ΕΑ υπάρχει η ανάγκη για πληροφοριακά συστήματα που να υποστηρίζουν το συντονισμό και την ευελιξία συγχρόνως και οι επιχειρήσεις ανάπτυξης επιχειρησιακού λογισμικού τα τελευταία χρόνια αναπτύσσουν νέα συστήματα προς την κατεύθυνση αυτή, παρέχοντας συνεχώς βελτιωμένες λύσεις.

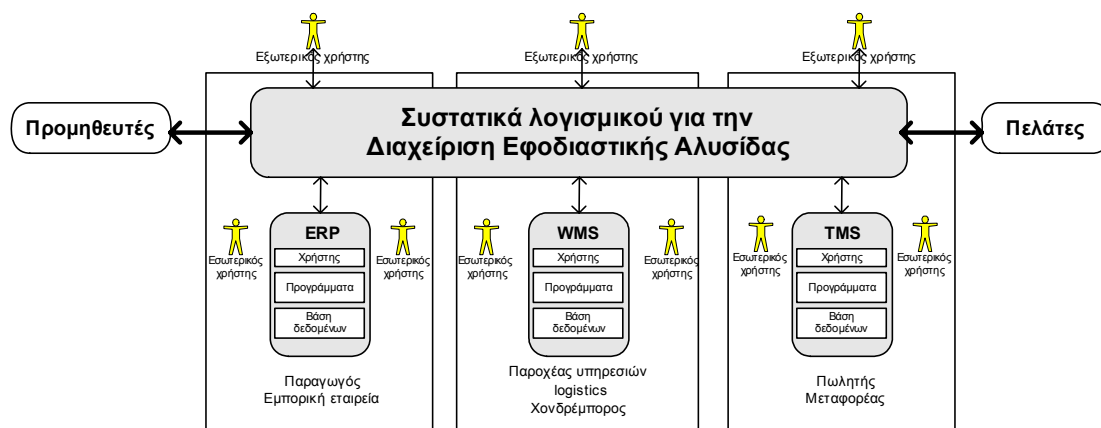
Σύμφωνα με το περιοδικό Reliable Plant news wires, η αγορά στα συστήματα Σχεδιασμού ΕΑ (SCP) έχει σταθεροποιηθεί. Η παγκόσμια αγορά για τον προγραμματισμό της ΕΑ αναμένεται να αυξάνεται με ένα ετήσιο ποσοστό αύξησης 2,4% κατά τη διάρκεια των επόμενων πέντε ετών (Η σχετική ελληνική αγορά βρίσκεται σε «βρεφική» ηλικία). Η αγορά ήταν \$1,05 δισεκατομμύρια το 2005 και προβλέπεται να είναι πάνω από \$1,18 δισεκατομμύρια το 2010, σύμφωνα με τη μελέτη της συμβουλευτικής ομάδας ARC, "Supply Chain Planning Worldwide Outlook: Market Forecast and Analysis Through 2010."

Η βάση της αρχιτεκτονικής συστημάτων για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελείται από συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών πόρων ERP, συστήματα διαχείρισης αποθηκών WMS και TMS. Αυτά τα πληροφοριακά συστήματα μπορεί να είναι είτε πακέτα τυποποιημένου λογισμικού με παραμέτρους προς διαμόρφωση, είτε προγράμματα λογισμικού κατάλληλα προσαρμοσμένα στις συγκεκριμένες ανάγκες της επιχείρησης. Τα βασικά συστήματα σε μια ΕΑ παρέχουν συγκεκριμένες λειτουργίες για χαρακτηριστικούς χρήστες:

- Σύστημα διαχείρισης επιχειρησιακών πόρων (ERP):
  - λειτουργίες: αγορά, διαχείριση υλικών και πωλήσεις,
  - χρήστες: παραγωγοί και εμπορικές εταιρείες.
- Σύστημα διαχείρισης αποθήκης (WMS):
  - λειτουργίες: κατάργηση χρήσης αποδείξεων, bin management και επιλογή παραγγελίας,
  - χρήστες: φορείς παροχής υπηρεσιών 3PL και χονδρέμποροι.

- Σύστημα διαχείρισης μεταφορών (TMS):
  - ο λειτουργίες: καταχώρηση μεταφορών, προγραμματισμός και έλεγχος,
  - ο χρήστες: αποστολείς και μεταφορείς.

Ένα σύστημα όπως ERP, TMS και WMS έχει τη δύναμή του στη συνεπή διαχείριση των στοιχειωδών επιχειρησιακών στοιχείων, όπως: πελάτες και εντολές πωλήσεων, στοιχεία και τιμές, αποθήκες εμπορευμάτων και bins, πόροι και οδηγίες εργασίας, προμηθευτές και εντολές προμήθειας.



**Σχήμα 2.4: Τα συστήματα ERP, WMS και TMS στην αρχιτεκτονική ΕΑ**

Τα συστήματα ERP, WMS και TMS εστιάζουν στον συντονισμό των διαδικασιών εντός μιας επιχείρησης. Οι βάσεις δεδομένων τους αποθηκεύουν τα εσωτερικά στοιχεία, τα προγράμματα παρέχουν τεχνητή νοημοσύνη για τον εσωτερικό συντονισμό και το διαδραστικό περιβάλλον τους δίνει πρόσβαση στον εσωτερικό χρήστη. Έτσι, αυτά τα παραδοσιακά συστήματα είναι κατάλληλα για την διαχείριση της εσωτερικής εφοδιαστικής, αλλά αποτυγχάνουν να συντονίσουν τη διαχείριση μιας δυναμικής ΕΑ. Από την άλλη πλευρά το διαδραστικό περιβάλλον EDI μεταξύ των τοπικών συστημάτων επιτρέπει την ανταλλαγή των πληροφοριών, αλλά δεν διαθέτει την απαραίτητη ευφυΐα για τη διαχείριση της ΕΑ.

Ο Verwijmeren (2004) με το άρθρο του Software «Component architecture in supply chain management» παρουσιάζει μία αρχιτεκτονική λογισμικού για την διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας διαμέσου δυναμικών επιχειρησιακών δικτύων.

Η αρχιτεκτονική αυτή, αποτελείται από τα υπάρχοντα, προαναφερθέντα συστήματα που συμπληρώνονται με νέα τμήματα λογισμικού. Συγκεκριμένα η τοπική διαχείριση στην αρχιτεκτονική γίνεται από συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών πόρων ERP,

συστήματα διαχείρισης αποθηκών WMS και συστήματα διαχείρισης μεταφορών TMS, ενώ η διαχείριση ολοκλήρωσης στην αρχιτεκτονική επιτελείται από μηχανές εφοδιαστικής αλυσίδας (SCE).

Τα συστατικά λογισμικού συγκροτούν ένα στρώμα συστημάτων ώστε η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας να «τρέχει» πάνω από τα συστήματα ERP, WMS, και TMS. Τα SCE παρέχουν ταυτόχρονα την ευφυΐα και την ευελιξία που απαιτείται για την αρτιότητα της διαχείρισης. Οι μηχανές EA (SCE) μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες:

1. Μηχανές επικοινωνίας. Η λειτουργία τους αφορά την βασική επικοινωνία ανάμεσα στα συστήματα (και τους χρήστες) της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για παράδειγμα υποστηρίζουν τη ανταλλαγή μηνυμάτων ανάμεσα σε συστήματα που χρησιμοποιούν πρωτόκολλο SMTP (ηλεκτρονικό ταχυδρομείο), FTP (μεταφορά αρχείων) ή HTTP (πρωτόκολλο web). Μία τέτοια μηχανή εγκαθίσταται σε κάθε ένα από τους προς σύνδεση ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Στην συνέχεια τα τοπικά συστήματα μπορούν να ανταλλάσσουν μηνύματα μέσω των τοπικών μηχανών, οι οποίες συμπιέζουν, αποστέλλουν, μεταφέρουν, λαμβάνουν και αποσυμπιέζουν τα μηνύματα αυτά.

2. Πληροφοριακές μηχανές. Η λειτουργία τους αφορά την επίτευξη διαφάνειας των πληροφοριών διαμέσου των συστημάτων (και χρηστών) της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για παράδειγμα οι μηχανές διαφάνειας του αποθέματος μπορούν να παρουσιάσουν τα δεδομένα αποθέματος από διαφορετικά τοπικά συστήματα. Οι εξωτερικοί χρήστες μπορούν να καθορίσουν οποιοδήποτε ερώτημα τους μέσω ενός browser διαδικτύου. Οι μηχανές ανασύρουν τις πληροφορίες των επιπέδων αποθέματος από τα τοπικά συστήματα και τις ολοκληρώνουν ανάλογα με το ερώτημα. Το αποτέλεσμα μπορεί να επιδειχθεί στον εξωτερικό χρήστη, ή μπορεί να εισαχθεί σε άλλο σύστημα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

3. Διαχειριστικές μηχανές. Η λειτουργία τους αφορά την διαχείριση διαμεσου των συστημάτων (και χρηστών) στην εφοδιαστική αλυσίδα. Διαθέτουν ανόνες τεχνητής νοημοσύνης είτε για απόλυτα αυτόματα λήψη αποφάσεων, είτε για ημιαυτόματη υποστήριξη τους. Για παράδειγμα οι μηχανές διαχείρισης διανομών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ολοκληρωμένη διαχείριση των υπηρεσιών διανομής που παρέχονται από ανεξάρτητους οργανισμούς σε ένα δίκτυο φυσικής διανομής. Επίσης ο συγγραφέας στο άρθρο εξηγεί τον σχεδιασμό και επιδεικνύει την εφαρμογή μιας μηχανής διαχείρισης αποθέματος στην αρχιτεκτονική του λογισμικού συστατικών.

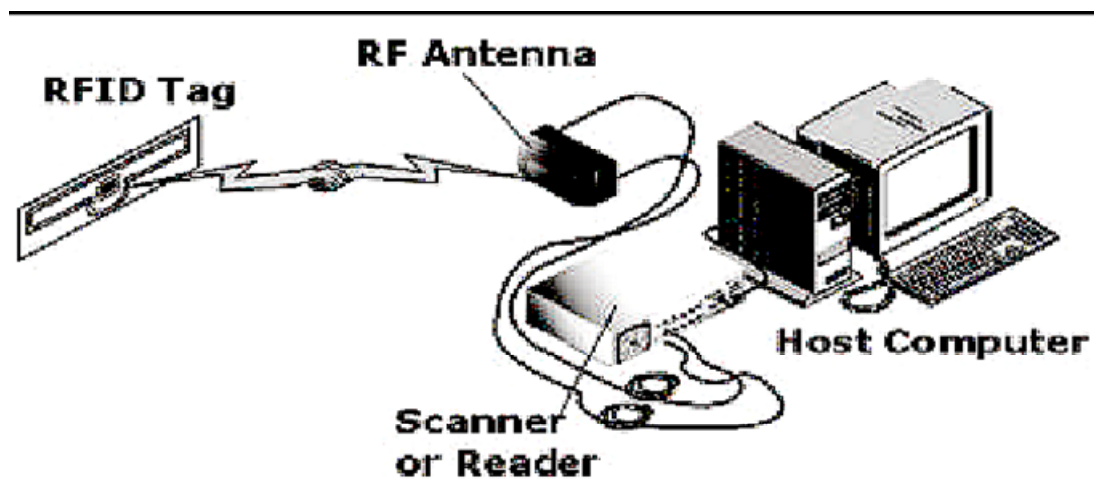
Οι μηχανές διαχείρισης αποθέματος (IME) μπορούν να δημιουργήσουν ένα «στρώμα» για την ολοκληρωμένη διαχείριση αποθέματος, χρησιμοποιώντας τους αλγόριθμους BSC, MRP or LRP και παρέχοντας ευελιξία στην επιλογή αλγορίθμου, στην διαμόρφωση του δικτύου και στον χρόνο επισκόπησης του αποθέματος. Οι IMEs έχουν αντικειμενοστραφή σχεδιασμό, με τις κατηγορίες που εδρεύουν στις οντότητες του περιβάλλοντος να διαχειρίζονται από το σύστημα.

Σύμφωνα με τον Verwijmeren η αρχιτεκτονική συστατικών λογισμικού μπορεί να εφαρμοστεί με τεχνολογία για συστατικά, περιβάλλοντα (interfaces) και υπηρεσίες όπως είναι διαθέσιμες στα Java Enterprise, CORBA και Web Services. Παραδείγματα υπηρεσιών που παρέχονται είναι υπηρεσίες ονομασίας, συναλλαγών, μηνυμάτων κ.τ.λ.

Η πλατφόρμα Java κάνει χρήση των RMI-interfaces, του JRMP ή IIOP πρωτοκόλλου και παρέχει την υπηρεσία ονομασίας JNDI και την υπηρεσία συναλλαγών Jini. Η λύση του CORBA βασίζεται σε IDL interfaces, στο IIOP πρωτόκολλο και στις υπηρεσίες ονομασίας και συναλλαγών CORBA. Η αρχιτεκτονική υπηρεσιών Web εφαρμόζει WSDL (XML) interfaces, επικοινωνεί με το SOAP πρωτόκολλο και χρησιμοποιεί DNS και UDDI ως υπηρεσίες ονομασίας και συναλλαγών.

## **Τεχνολογίες για την ΕΑ**

Η τεχνολογία της ραδιοσυχνικής αναγνώρισης (Radio Frequency Identification/RFID), όπως και ο γραμμωτός κώδικας (barcode), ανήκουν στις τεχνολογίες αυτόματης αναγνώρισης (Automatic Identification/Auto-ID). Η τεχνολογία RFID χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για αυτόματη αναγνώριση αντικειμένων. Η αναγνώριση γίνεται με την αποθήκευση ενός σειριακού αριθμού (ταυτότητα αντικειμένου), ίσως και άλλων πληροφοριών, σε ένα μικροτσιπ (RFID tag/ετικέτα) που προσαρτάται σε μια κεραία. Οι πληροφορίες της ετικέτας μεταφέρονται με ραδιοκύματα, μέσω της κεραίας, σε ένα δέκτη/αναγνώστη (RFID scanner/reader). Ο αναγνώστης μετατρέπει τα ραδιοκύματα σε ψηφιακή πληροφορία, η οποία μπορεί στη συνέχεια να αποθηκευθεί σε ένα πληροφοριακό σύστημα.



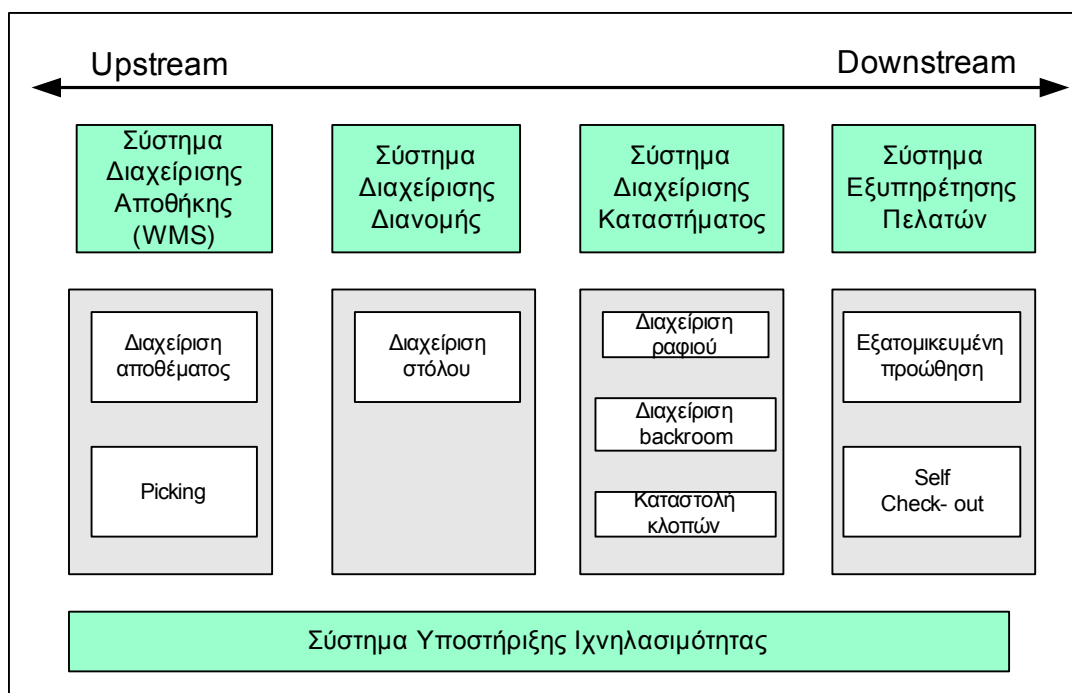
Σχήμα 2.5

Η τεχνολογία RFID, σε σύγκριση με το γραμμωτό κώδικα, προσφέρει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Αποθήκευση μεγαλύτερου όγκου πληροφορίας. Για παράδειγμα, μια ετικέτα RFID μπορεί να πληροφορεί τόσο για το είδος του προϊόντος, όσο και για την προέλευση και το χρόνο κατασκευής του (Prater et al. 2005).
- Διάβασμα της ετικέτας RFID από απόσταση, χωρίς να απαιτεί οπτική επαφή με τον αναγνώστη (Prater et al. 2005).
- Δυνατότητα μοναδικής αναγνώρισης κάθε μονάδας (προϊόν, κιβώτιο ή παλέτα) που διακινείται μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα. Αντίθετα, ο γραμμωτός κώδικας επιτρέπει την αναγνώριση μόνο ανά είδος προϊόντος (Kelepouris, Pramataris, 2005 ).

Η δυνατότητα του RFID για μοναδική αναγνώριση κάθε μονάδας (προϊόν, κιβώτιο ή παλέτα) που διακινείται μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα, το καθιστά ικανό να υποστηρίξει βασικές εφαρμογές διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού και ζήτησης. Αυτές οι εφαρμογές είτε αφορούν τον προμηθευτή και τους διανομείς (upstream side), όπως διαχείριση αποθέματος και στόλου, είτε απευθύνονται στο κατάστημα και τελικά τον καταναλωτή (downstream side), όπως self-check out και εξατομικευμένη προώθηση ή πρόκειται για εφαρμογή ιχνηλασιμότητας κατά μήκος όλης της αλυσίδας. Όσο πιο κατάντεϊς (downstream) πάνω στην αλυσίδα βρίσκονται οι εφαρμογές, τόσο απαιτούν χρήση της ετικέτας RFID σε επίπεδο τεμαχίου προϊόντος. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις, η τεχνολογία RFID μπορεί να εφαρμοστεί σε επίπεδο τεμαχίου, κιβωτίου ή παλέτας. Η εφαρμογή του RFID σε επίπεδο τεμαχίου είναι προς το παρόν ασύμφορη οικονομικά. Ωστόσο, τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση του RFID στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι μεταξύ άλλων [17]:

- Επίκαιρα στοιχεία επιπέδου αποθεμάτων, οπότε και σωστή διαχείριση αποθεμάτων,
- Εντοπισμός και μείωση του φαινομένου έλλειψης αποθέματος (out of stock),
- Μείωση εργατικού και μεταφορικού κόστους,
- Αποτελεσματικότερη διαχείριση κλοπών και ανακλήσεων προϊόντων,
- Αποδοτικότερη πρόβλεψη ζήτησης και
- Αποτελεσματικότερη διαχείριση προωθητικών ενεργειών.



**Σχήμα 2.6: Εφαρμογές του RFID στην αλυσίδα εφοδιασμού και ζήτησης**

Η τεχνολογία της ραδιοσυχνικής αναγνώρισης θα προτιμηθεί στην υλοποίηση ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας για τους παρακάτω λόγους (Kelepouris, Pramataris, 2005 ):

- Παρέχει τη δυνατότητα μοναδικής αναγνώρισης προϊόντων, όχι μόνο σε επίπεδο παρτίδας παραγωγής αλλά και ανά τεμάχιο προϊόντος. Τα υπάρχοντα συστήματα ιχνηλασιμότητας υλοποιούν την αναγνώριση προϊόντων σε επίπεδο παλέτας ή παρτίδας παραγωγής. Όμως αυτό δημιουργεί την ανάγκη για συγχρονισμό των δεδομένων κάθε εταίρου της εφοδιαστικής αλυσίδας, ώστε αυτά να είναι συμβατά με τον τρόπο αναγνώρισης που χρησιμοποιεί ο παραγωγός των παρτίδων. Η ιχνηλασιμότητα είναι δυνατή, μόνο όταν όλοι οι εμπλεκόμενοι στην αλυσίδα συγχρονίζουν τα δεδομένα τους. Η χρήση ετικετών RFID λύνει αυτό το



πρόβλημα, καθώς η αναγνώριση προϊόντος θα είναι είναι ομοιόμορφη για όλους τους εταίρους της αλυσίδας.

- Προσφέρει ακριβέστερη και καλύτερης ποιότητας ιχνηλασιμότητα. Δίνει τη δυνατότητα για (α) αποθήκευση μεγαλύτερου όγκου πληροφορίας για κάθε προϊόν, (β) πρόσβαση στα δεδομένα του προϊόντος χωρίς την ανάγκη οπτικής επαφής, και (γ) παρακολούθηση θέσης και συνθηκών συντήρησης των προϊόντων (π.χ. θερμοκρασίας) σε κάθε στάδιο παραγωγής και διανομής τους.
- Παρέχει αυτοματοποιημένη ενημέρωση της πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο, χωρίς τα κόστη και τα λάθη ανθρώπινης παρέμβασης.
- Υποστηρίζει αποτελεσματική ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των εμπορικών εταίρων για υποστήριξη ιχνηλασιμότητας σε όλο το μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού.

Τέλος παρατίθεται ενδεικτικά ο πίνακας 2.4, όπου αντιστοιχίζονται διάφορες νέες χρησιμοποιούμενες τεχνολογικές λύσεις (hardware και software) σε κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως προκύπτει εμπειρικά από την πρακτική χρήση τους μέχρι σήμερα.

Πίνακας 2.4: Τεχνολογικές λύσεις για τα στάδια της ΕΑ

	Προμηθευτής	Κατασκευαστής	Λιανοπωλητής	Καταναλωτής
Διαχείριση πελατών		ERP, WAP, Bar-coding	WAP, Bar-coding	CRM
Διαχείριση αποθεμάτων	MRP,MRP II, Bar-coding, Indoor GPS, RF-ID	ERP, Bar-coding, Indoor GPS,RF-ID	Bar-coding, Sales Force Automation, Indoor GPS, RF-ID	
Online παραγγελία	EDI	EDI, Sales Force Automation, WAP	EDI, Sales Force Automation, WAP	EDI, WAP
Διαχείριση παραγγελιών	ERP	ERP, EDI	EDI	
Τροφοδοσία	MRP, MRPII, EDI	MRP,MRP II, EDI, Sales Force Automation, RF-ID	MRP,MRP II, EDI, Sales Force Automation, RF-ID	
Ανταλλαγή δεδομένων	EDI, Bar-coding	ERP, MRP II, EDI, Bar-coding, Sales Force Automation, Bluetooth, WLAN	EDI, Bar-coding, Sales Force Automation, Bluetooth	EDI
Επιστροφές		MRP II, EDI, Sales Force Automation	EDI, Sales Force Automation	

## 2.4 Προβλήματα και αβεβαιότητες της ΕΑ

Τα σημαντικότερα προβλήματα και εμπόδια στην αποτελεσματική λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας, οφείλονται στην πολυπλοκότητα και στην μεταβλητότητα που την χαρακτηρίζουν.

### 2.4.1 Πολυπλοκότητα

Όπως ήδη αναλύθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, πολλές ξεχωριστές επιχειρήσεις εμπλέκονται και πολλές διαφορετικές διαδικασίες και δραστηριότητες συνδυάζονται προκειμένου να μετασχηματιστούν οι πρώτες ύλες σε τελικά προϊόντα παραδοτέα στους καταναλωτές. Τα πολυάριθμα μέλη της ΕΑ μπορούν να είναι είτε μεμονωμένοι κρίκοι της αλυσίδας, είτε καθιετοποιημένες επιχειρήσεις που εμπλέκονται σε

παραπάνω από ένα επίπεδα της. Επιπλέον κάθε μία επιχείρηση μπορεί να συμμετέχει σε παραπάνω περισσότερες από μία ΕΑ.

Οι Kerbache και Smith (2003) διαπιστώνουν ότι για τις μεταποιητικές εταιρείες, οι οποίες συνδέουν τις εσωτερικές τους διαδικασίες με εξωτερικούς προμηθευτές και πελάτες, η προκύπτουσα ΕΑ αποτελεί συχνά ένα πού μεγάλο δίκτυο δραστηριοτήτων και πηγών και ότι η μοντελοποίηση και βελτιστοποίηση τέτοιων πολύπλοκων συστημάτων είναι μία περιοχή έρευνας για την οποία ακριβή αναλυτικά αποτελέσματα είναι πολύ δύσκολα, αν όχι αδύνατα. Η ανάλυση της ΕΑ απαιτεί την προσθήκη των ιδιαίτερων λεπτομερειών σχετικά με τις δραστηριότητες και τις διαδικασίες μετασχηματισμού, τους πόρους, δυνατότητες και τα κόστη που περιγράφουν τις εγκαταστάσεις και τα μέσα διακίνησης. Κατά μία παρόμοια οπτική: «Λόγω της εστίασης των επιχειρήσεων στις βασικές τους ικανότητες, η διαδικασία ανάπτυξης προϊόντος όπως και οι διαδικασίες προστιθέμενης αξίας χωρίστηκαν ανάμεσα σε διάφορες επιχειρήσεις και τοποθεσίες στα πλαίσια ενός δικτύου ΕΑ με συνεπακόλουθο την αύξηση της πολυπλοκότητας στα προϊόντα και στις επιχειρησιακές διαδικασίες» (Piller and Roder, 1999; Croonmet al., 2000).

Γενικά, ένα δίκτυο ΕΑ μπορεί να έχει αυθαίρετο αριθμό επιπέδων. Επιπλέον, τα προϊόντα μπορούν μερικές φορές να ρέουν προς τα ανάντη επίπεδα όταν επιστρέφονται τα ενδιάμεσα προϊόντα για εκ νέου επεξεργασία ή τα επαναχρησιμοποιήσιμα προϊόντα επιστρέφονται για ανακύκλωση.

Οι Kerbache και Smith (2003) στο άρθρο τους «Queueing networks and the topological design of supply» ανέπτυξαν μια νέα μεθοδολογία μοντελοποίησης και ανάλυσης της ΕΑ, βασισμένη σε αναλυτικά αναμονητικά δίκτυα. Συγκεκριμένα χρησιμοποίησαν κλειστά αναμονητικά δίκτυα, συσχετισμένα με μη γραμμική βελτιστοποίηση, για τον σχεδιασμό της τοπολογίας της εφοδιαστικής αλυσίδας και για την εκτίμηση των μέτρων απόδοσης της.

Μία άλλη παράμετρος αύξησης της πολυπλοκότητας της ΕΑ, είναι τα διαφορετικά είδη σχέσεων ανάμεσα στους φορείς της ΕΑ, αφού υπάρχουν διάφοροι τρόποι αλληλεπίδρασης και συνεργασίας ανάμεσα στις επιχειρήσεις που μετέχουν σε μία ΕΑ. Συγκεκριμένα αυτές μπορεί να καθορίζονται από απλές προφορικές συμφωνίες, συμβόλαια και συμβάσεις διαφόρων τύπων έως και συμμετοχή κάποιας στο μετοχικό κεφάλαιο κάποιας άλλης. Νομικά ο ορισμός των σχέσεων ανάμεσα στις επιχειρήσεις της Ε.Ε. ορίζεται από κοινοτική οδηγία, σύμφωνα με την οποία δύο εταιρείες

θεωρούνται συνεργαζόμενες όταν η μία (ή οι ιδιοκτήτες της) διαθέτουν ποσοστό μεγαλύτερο ή ίσο με το 25% και μικρότερο ή ίσο με το 50% της άλλης. Όταν η συμμετοχή της μητρικής εταιρείας ξεπερνάει το 50% της θυγατρικής τότε οι εταιρείες θεωρούνται συνδεδεμένες. Μία εταιρεία θεωρείται ανεξάρτητη μόνο στην περίπτωση όπου, καμία άλλη (ή ιδιοκτήτες άλλης) δεν μετέχει στο κεφάλαιο της σε ποσοστό μεγαλύτερο του 25%.

Επιπροσθέτως οι καινοτομίες, η ποικιλομορφία και η εξατομίκευση των προϊόντων απαιτούν και πολυπλοκότερες δομές για κάθε ΕΑ, με την συμμετοχή περισσότερων και πιο εξειδικευμένων προμηθευτών, περισσότερων υλικών, εξαρτημάτων και σαφώς πιο εξεζητημένων παραγωγικών διεργασιών.

Οι επιτυχημένες επιχειρήσεις ανάπτυξης προϊόντων είναι αυτές που αποδεικνύονται ικανές να καινοτομούν και να εισάγουν νέα προϊόντα σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από τους ανταγωνιστές τους, χρησιμοποιώντας την ικανότητα τους αυτή για να αντιδρούν πιο γρήγορα και αποτελεσματικά σε αναδυόμενες τεχνολογίες και καταναλωτικές προτιμήσεις. (Abegglen and Stalk, 1986).

Ωστόσο, η ικανότητα της συνεχούς σχεδίασης νέων προϊόντων, σε αντιστοιχία με τις τάσεις της τεχνολογίας ή της αγοράς, από μόνη της, δεν είναι ικανή συνθήκη για να εγγυηθεί την βιωσιμότητα της εταιρείας. Συγκεκριμένα, αυτό που μπορεί να σχεδιαστεί, δεν δύναται αυτομάτως να δημιουργηθεί (δηλ. μεταποιηθεί, παραχθεί, κατασκευαστεί, συναρμολογηθεί κ.τ.λ.) με έναν οικονομικά συμφέρον τρόπο. Κατά συνέπεια, ο σχεδιασμός ενός προϊόντος και της παραγωγικής του διαδικασίας πρέπει να συντονιστούν, παρά να θεωρούνται ξεχωριστά σύνολα αποφάσεων και δραστηριοτήτων, με χρονική αλληλουχία. Για την ακρίβεια η σοφία αυτού του συντονισμού «σχεδιασμού προϊόντος-σχεδιασμού παραγωγικής διαδικασίας» έχει προειπωθεί από τους Hayes and Wheelwright (1979a,b) σε αρθρογραφία τους σχετικά με τον πίνακα Προϊόντος – Διαδικασίας και θεωρείται πλέον ένα βέβαιο συμπέρασμα το οποίο ασπάζεται η αγορά ευρέως.

Η αναγνώριση της κρισιμότητας του συντονισμού σχεδιασμού προϊόντος και παραγωγικών διαδικασιών, έχει οδηγήσει όχι μόνο στην υπεροχή των διαφόρων προσεγγίσεων τύπου «σχεδιασμός για Χ» όπου το Χ είναι η γενική ταμπέλα που αντιστοιχεί σε κάποιον από τους όρους: «συναρμολόγηση», «κατασκευασσιμότητα», «λειτουργικότητα», «ποιότητα», «κοινωνική ευθύνη» κ.τ.λ., αλλά και στην ανάπτυξη μεθοδολογιών όπως το «Σπίτι της Ποιότητας» (Hauser and Clausing, 1988).

Παρόλο που οι πηγές των προσεγγίσεων και μεθοδολογιών αυτών, ανήκουν σε διάφορες επιστήμες / αρχές, μπορούν όλες να συναθροιστούν υπό την ομπρέλα της παράλληλης μηχανικής (concurrent engineering) (Ho et al., 1991), η οποία έχει ορισθεί ως «Η συστηματική προσέγγιση στον ολοκληρωμένο, σύγχρονο σχεδιασμό των προϊόντων και των σχετικών με αυτά διαδικασιών, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής και της υποστήριξης πελατών» (Winner et al., 1998 as cited in Sprague et al., 1991: p. 7).

Πέρα από την παράλληλη μηχανική, υπήρξε ταυτόχρονα αυξανόμενη έμφαση στον συγχρονισμό των αποφάσεων διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας με τις αποφάσεις σχεδιασμού προϊόντος, ή αλλιώς η προσέγγιση «σχεδιασμός για την εφοδιαστική αλυσίδα» (Hull and Swan, 2003; Joglekar and Rosenthal, 2003; Lee and Sasser, 1995).

Το κίνητρο για την έμφαση σε αυτή την κατεύθυνση ήταν η ανερχόμενη αναγνώριση πολλών διαδραστικών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένης της στρατηγικής φύσης των αγορών / προμηθειών (Kraljic, 1983), της συνεχιζόμενης τάσης προς την ανάθεση σε εξωτερικούς εταίρους (outsourcing) τόσο παραγωγικών όσο και σχεδιαστικών δραστηριοτήτων (Caputo and Zirpoli, 2002; McCarthy and Anagnostou, 2004), και της σημασίας της εμπλοκής των προμηθευτών σε προσπάθειες ανάπτυξης νέων προϊόντων (McIvor and Humphreys, 2004; Wasti and Liker, 1999).

Με το κόστος αγοράς των προμηθευόμενων υλικών, για τις περισσότερες εταιρείες, να φθάνει το 60-80% των πωλήσεων, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι η προσοχή των επιχειρήσεων έχει αποσπασθεί από το μέλημα για world-class παραγωγή παγκόσμιας τάξης και στρέφεται ολοένα και περισσότερο στην ανάπτυξη παγκόσμιας τάξης προμηθευτών (Keough, 1993).

Εξάλλου σύμφωνα με τον Stock et al. (2000): «Η πολυπλοκότητα της εφοδιαστικής έχει αυξηθεί καθώς οι επιχειρήσεις μεταβλήθηκαν από συγκεντρωμένες, κάθετα ολοκληρωμένες και με εγκαταστάσεις μίας τοποθεσίας, σε γεωγραφικά διασκορπισμένα δίκτυα πόρων». Ταυτόχρονα ωστόσο όπως παρατηρεί ο Towill (1996), οι σύγχρονες ΕΑ αναμένεται να αντιδρούν με ταχύτητα, αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα σε αυτές στις μεταβολές της αγοράς.

Παρά την πολυπλοκότητα της ΕΑ που δημιουργείται και ενισχύεται από τις σύγχρονες συνθήκες, λίγα άρθρα έχουν εμφανιστεί μέχρι τώρα στη βιβλιογραφία που να εξετάζουν τη βελτιστοποίηση της προκύπτουσας ΕΑ. Σύμφωνα με τους Croom et al. (2000), μόνο το 6% των δημοσιευμένων άρθρων σχετικά με την ΕΑ, μελετούν την βελτιστοποίηση της, ενώ τα υπόλοιπα είναι κυρίως εμπειρικές μελέτες.

### **2.4.2 Μεταβλητότητα**

Η εφοδιαστική αλυσίδα είναι ένα δυναμικό σύστημα που μεταβάλλεται συνεχώς. Τόσο οι ανάγκες των πελατών όσο και η απόδοση της ΕΑ μπορεί να διαφοροποιούνται με τον χρόνο. Οι σημερινοί πιο απαιτητικοί πελάτες, η ταχεία ανάπτυξη των νέων προϊόντων και η αυξανόμενη ανταγωνιστικότητα των φορέων της αγοράς έχουν μετατρέψει την αγορά σε ένα ιδιαίτερα δυναμικό περιβάλλον. Έτσι η ζήτηση των πελατών, η τροφοδοσία από τους προμηθευτές και οι παραγωγικές ικανότητες υπόκεινται σε διακυμάνσεις. Ακόμη σημαντικότερα, οι σχέσεις που καθορίζουν την δομή της ΕΑ αλυσίδας αλλάζουν δυναμικά. Σύμφωνα με τους Pekny και Bose (2000) «Η συνεχιζόμενη ανταγωνιστικότητα ενός οργανισμού συνδέεται με την δυναμική των ΕΑ στις οποίες συμμετέχει και η αναγνώριση αυτού του γεγονότος οδηγεί σε σημαντικές αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρά με τα άλλα μέλη της ΕΑ. Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στα μέλη της ΕΑ μπορεί να αποτυπωθεί με την μελέτη της δομής της ΕΑ.»

Το 1958 ο Forrester δημοσίευσε το άρθρο «Industrial Dynamics: A major breakthrough for decision makers. (Forrester 1958)», όπου για πρώτη φορά εφαρμόζεται η μοντελοποίηση δυναμικών συστημάτων για την διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το 1961 επέκτεινε το αρχικό μοντέλο με πιο λεπτομερή ανάλυση.

Οι Sunil and Meindl (2001) έδωσαν τον εξής ορισμό: “μία εφοδιαστική αλυσίδα είναι δυναμική και περιλαμβάνει την συνεχή ροή πληροφορίας, προϊόντων και κεφαλαίων ανάμεσα σε διαφορετικά στάδια. Κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας εκτελεί διαφορετικές διεργασίες και αλληλεπιδρά με τα άλλα στάδια της.”

### **2.4.3 Αβεβαιότητα**

Οι συσχετιζόμενοι παράγοντες πολυπλοκότητας και μεταβλητότητας στην δομή και λειτουργία της ΕΑ, ενισχύονται και ταυτόχρονα αναπαράγουν σημαντικές αβεβαιότητες. Κατά συνέπεια η λήψη αποφάσεων για την αποτελεσματική

διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας καθίσταται ένα δύσκολο και ριψοκίνδυνο εγχείρημα. Η πρόβλεψη που προϋποθέτει η συστημική λήψη αποφάσεων αφορά κυρίως τις παραγγελίες από τους προμηθευτές, τις ποσότητες των έτοιμων προϊόντων που θα μεταφερθούν και που είναι συνάρτηση της ζήτησης, και συχνά αλλά όχι πάντοτε το πρόγραμμα παραγωγής. Κατά συνέπεια οι αβεβαιότητες που περιβάλλουν κάθε ΕΑ και έχουν άμεσο αντίκτυπο στην απόδοση της, διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

1. Αβεβαιότητα της επίδοσης των προμηθευτών. Ο μεγάλος αριθμός των προμηθευόμενων πρώτων και βοηθητικών υλών, συστατικών ή εξαρτημάτων και η επιθυμία για όσο το δυνατόν μικρότερα αποθέματα όλων αυτών, καθιστούν την ακρίβεια παράδοσης τους κυρίαρχο θέμα. Οι καταστάσεις αναξιοπιστίας στους χρόνους παράδοσης από τους προμηθευτές, που είναι ένα σύνηθες φαινόμενο, πλήττουν την εύρυθμη και αποδοτική λειτουργία των παραγωγικών μονάδων και είτε δημιουργούν αυξημένο κόστος λόγω διατήρησης σημαντικού αποθέματος, είτε ανικανοποίητη ζήτηση, με ότι αυτό συνεπάγεται.

Επίσης η σταθερότητα στην ποιότητα των προαναφερθέντων υλικών εξασφαλίζει την αρτιότητα των τελικών προϊόντων, την αποδοτική παραγωγική λειτουργία και αποτρέπει τις ασύμφορες και για τις δύο πλευρές διαδικασίες επιστροφών. Η αβέβαιη ποιότητα αναγκάζει τους αγοραστές να απασχολούν πόρους της επιχείρησης για τον έλεγχο ΕΑ των προμηθευόμενων υλικών. Τέλος οι ευκαιριακές και απρόβλεπτες τιμολογιακές πολιτικές των προμηθευτών και η ακαμψία στον διακανονισμό των πληρωμών (παρατηρείται στις περιπτώσεις μεγάλου πλήθους προμηθευτών όπου δεν υπάρχουν σχέσεις εμπιστοσύνης και διάθεσης συνεργασίας) μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα ρευστότητας.

Γενικά οι αβεβαιότητες της επίδοσης των προμηθευτών έχουν ορατές επιπτώσεις στους αμέσως κατόντες αγοραστές, ωστόσο το κόστος μιας κακής συνεργασίας ουσιαστικά μετακυλύεται σε όλα τα επίπεδα της ΕΑ.

Η επιλογή προμηθευτών είναι ένα ουσιαστικό βήμα στον σχεδιασμό της ΕΑ. Τυπικά περιλαμβάνει πολλαπλά κριτήρια και συνήθως είναι πολύ δύσκολο να εντοπιστεί μία βέλτιστη λύση. Οι παραδοσιακές τεχνικές της επιχειρησιακής έρευνας για την επιλογή των προμηθευτών μεταχειρίζονται ποσοτικά μέτρα, ενώ η ασάφεια και η αβεβαιότητα των επιδόσεων τους περιγράφεται περισσότερο με ποιοτικά κριτήρια. Αυτό το πρόβλημα αναγνωρίστηκε από

τους Ghodsypour and O'Brien (1998), οι οποίοι πρότειναν μία ολοκληρωμένη μέθοδο που χρησιμοποιούσε την διαδικασία αναλυτικής ιεραρχίας ΑΗΡ<sup>13</sup> και γραμμικό προγραμματισμό για να συμπεριλάβει ταυτόχρονα τα ποσοτικά και τα ποιοτικά κριτήρια. Οι Wang et al (2003) χρησιμοποίησαν την ίδια φιλοσοφία με την διαφορά ότι στο δικό τους μοντέλο ο σχεδιασμός της ΕΑ κατευθύνεται από το προϊόν και τα χαρακτηριστικά του.

2. Αβεβαιότητες των εσωτερικών διαδικασιών. Επίσης υφίστανται πολλές αβεβαιότητες όσον αφορά την παραγωγική διαδικασία. Καίριοι συντελεστές της αξιοπιστίας παραγωγής είναι η αποδοτικότητα της παραγωγής, η συχνότητα βλαβών του μηχανολογικού εξοπλισμού, ο χρόνος επισκευής και ο ρυθμός ελαττωματικής παραγωγής. Οι Magee et al. (1985) δηλώνουν ότι «οι διακυμάνσεις στην παραγωγή είναι πολύ πιο σφοδρές από τις διακυμάνσεις στην ζήτηση και όσο περισσότερα επίπεδα και στάδια παραγωγής υπάρχουν, τόσο πιο επιζήμιες είναι οι μεταβολές στα επίπεδα παραγωγής».

Η μεταφορά υλικού και έτοιμων προϊόντων είναι μια άλλη πηγή αβεβαιότητας. Πολλοί προμηθευτές στέλνουν στις μονάδες παραγωγής με διαφορετική ακρίβεια ο καθένας και μέσω ενός αριθμού διαφορετικών μέσων μεταφοράς. Σε μια απλή βιομηχανία, οι αβεβαιότητες εύκολα ξεπερνιούνται. Όσον αφορά όμως τα πολύπλοκα δίκτυα ΕΑ, οι αβεβαιότητες διαδίδονται σε ολόκληρο το φάσμα του δικτύου επηρεάζοντας τους κόμβους του.

3. Αβεβαιότητα ζήτησης. Η τρίτη και σπουδαιότερη πηγή αβεβαιότητας είναι το απρόβλεπτο της ζήτησης των πελατών σε όγκο και είδος προϊόντων. Ακυρώσεις παραγγελιών, ακανόνιστες αγορές και ασυνεπείς παραγγελίες από βιομηχανικούς πελάτες, επηρεάζουν ισχυρά την όλη απόδοση της αλυσίδας και προκαλούν αύξηση αποθεμάτων ασφαλείας ή ανικανοποίητους πελάτες. Το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας για την ανάπτυξη των στρατηγικών αποθέματος της ΕΑ μοντελοποιεί την αβεβαιότητα της ΕΑ (π.χ αβέβαιη ζήτηση) με κατανομές πιθανότητας που συνήθως καταρτίζονται από τα διαθέσιμα ιστορικά στοιχεία. Εντούτοις, συχνά τα στατιστικά στοιχεία είναι αναξιόπιστα ή ακόμα και δεν είναι διαθέσιμα. Η αποτυχία συνυπολογισμού των σημαντικών μεταβολών της

---

<sup>13</sup> Analytic Hierarchy Process, μαθηματική τεχνική υποστήριξης λήψης αποφάσεων που επιτρέπει την συνεκτίμηση ποσοτικών και ποιοτικών κριτηρίων. Μειώνει τις πολύπλοκες αποφάσεις σε σειρά διαδοχικών συγκρίσεων και καταλήγει σε σύνθεση των αποτελεσμάτων. Αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1970 τον Thomas Saaty.



ζήτησης των προϊόντων σε μεσοπρόθεσμο επίπεδο (1–2 έτη) από αιτιοκρατικά μοντέλα μπορεί είτε να οδηγήσει σε υπερβολικά αποθέματα και αντίστοιχες δαπάνες ή σε ανικανοποίητους πελάτες και απώλειες μεριδίου της αγοράς. Η αναγνώριση του γεγονότος αυτού έχει κινητοποιήσει σημαντική δουλειά με στόχο την μελέτη του σχεδιασμού διαδικασιών και του προγραμματισμού υπό αβεβαιότητα.

Εξάλλου σύμφωνα με τους Tibken και Roder (2005) είναι αδύνατο να προβλεφθεί η ζήτηση κάθε παραλλαγής της υψηλής ποικιλίας προϊόντων, που θα είναι απαραίτητο για υψηλής ποιότητας προγραμματισμό των προμηθευτών. Είναι ήδη δύσκολο να υπολογιστεί ο όγκος αγοράς και παραγωγής ολόκληρων σειρών προϊόντων και για να προβλεφθεί η ζήτηση για τα ενιαία χαρακτηριστικά των προϊόντων. Τα γεγονότα αυτά υποδεικνύουν την αυξανόμενη πολυπλοκότητα των διαδικασιών ως αποτέλεσμα της πολυπλοκότητας των προϊόντων.

Σύμφωνα με τους Bose και Pekny (2000) «...η δυσκολία στον έλεγχο της ΕΑ για ταχέως κινούμενα καταναλωτικά αγαθά ανακύπτει από την σημαντικά αβέβαιη φύση του μέρους της προωθητικής ζήτησης. Είναι γεγονός ότι η παραδοσιακή προσέγγιση της χρήσης των ιστορικών στοιχείων για την εκτίμηση της ζήτησης, έχει περιορισμένη χρησιμότητα στα προϊόντα μικρού κύκλου ζωής. Σε αυτήν υπάρχουν τρία κύρια προβλήματα.

Το πρώτο αφορά την εκτίμηση της τυπικής απόκλισης της ζήτησης. Ο υπολογισμός της τυπικής απόκλισης είναι δύσκολος ελλείψει των ιστορικών στοιχείων. Το 1982 οι Alpert and Raiffa υποστήριζαν ότι οι τεχνικές που στηρίζονται στους εμπειρογνώμονες για να υπολογίσουν την τυπική απόκλιση της ζήτησης αντιμετωπίζουν δυσκολία διότι οι εμπειρογνώμονες δεν έχουν σωστά μέτρα. Αντίθετα αρκετά χρόνια μετά (1998) οι Raman and Fisher παρατηρούν επιτυχία στην εκτίμηση της τυπικής απόκλισης από τις προβλέψεις των εμπειρογνομώνων.

Το δεύτερο πρόβλημα αφορά την εκτίμηση της μέσης τιμής της ζήτησης μέσω των πωλήσεων. Ο υπολογισμός της μέσης ζήτησης είναι σύνθετος, διότι οι λιανοπωλητές συνήθως δεν έχουν την ικανότητα να εκτιμήσουν σωστά την ζήτηση μέσω των πωλήσεων και να μεταδώσουν την πληροφορία αυτή στις ανάντις επιχειρήσεις (προμηθευτές, χονδρέμπορους, παραγωγούς κ.τ.λ.). Οι

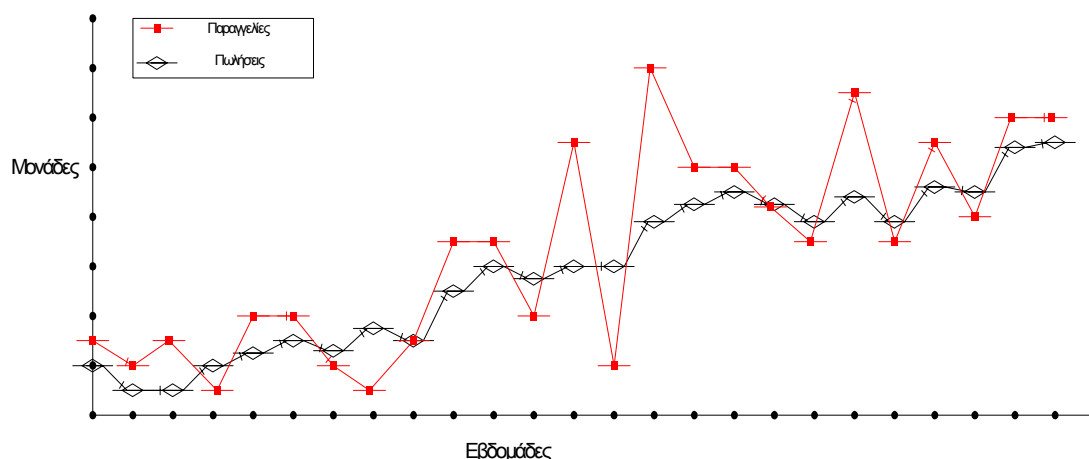
Wecker (1976), Nahmias (1994), και Agrawal and Smith (1996) ασχολήθηκαν με την εκτίμηση της ζήτησης από τις πωλήσεις και τα δεδομένα των αποθεμάτων.

Το τρίτο και τελευταίο πρόβλημα αφορά την έγκαιρη ενημέρωση των προβλέψεων από τις πρόσφατες πωλήσεις. Οι Murray and Silver (1966), Chang and Fyffe (1971), και Guerrero and Elizonda (1997) είναι κάποιοι από τους πολλούς συγγραφείς που πρότειναν διαδικασίες έγκαιρης ενημέρωσης των προβλέψεων.

Η εστίαση της προσοχής στις αβεβαιότητες της ΕΑ και η προσπάθεια για εξάλειψή τους, εκδηλώθηκε μετά την παρατήρηση κάποιων ιδιαίτερα επιζήμιων φαινομένων κατά την λειτουργία της. Τα χαρακτηριστικότερα από αυτά είναι η διαστρέβλωση της πληροφορίας, το φαινόμενο bullwhip και το φαινόμενο boom and bust. Στην συνέχεια πραγματοποιείται μία σύντομη παρουσίαση των φαινομένων αυτών και της σημασίας τους για την ΕΑ.

Σε μία αλυσίδα από εταιρείες, όπου κάθε μία εκ των οποίων παραγγέλλει από την αμέσως ανάντη, οι εσωτερικές (inbound) παραγγελίες από ένα κατάντη μέλος, χρησιμοποιούνται ως πολύτιμη είσοδος πληροφορίας σε ανάντις αποφάσεις παραγωγής και αποθέματος. Η ροή της πληροφορίας ουσιαστικά χρησιμοποιείται στην ΕΑ ως μηχανισμός συντονισμού των μελών της και έχει άμεσες επιπτώσεις στον προγραμματισμό παραγωγής, στην διαχείριση των αποθεμάτων και στον σχεδιασμό διανομών.

Η πληροφορία που μεταφέρεται σε μορφή παραγγελιών ωστόσο τείνει να παραμορφώνεται και μπορεί να παραπλανήσει τα ανάντη μέλη στις αποφάσεις παραγωγής και αποθέματος τους. Στο άρθρο “Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect” των Lee, Padmanabhan και Whang, το φαινόμενο της μεγαλύτερης διακύμανσης των παραγγελιών από την διακύμανση των πωλήσεων (σχήμα 2.7) και της αναπαραγωγής και μεγέθυνσης της παραμόρφωσης αυτής κατά την κίνηση προς τις ανάντις επιχειρήσεις καλείται φαινόμενο bullwhip ή whiplash.



**Σχήμα 2.7 Παραγγελίες - Πωλήσεις**

Το φαινόμενο αυτό έχει αναγνωριστεί σε πολλές διαφορετικές αγορές και δεν είναι νέο. Οι εμπορικές εκτιμήσεις αξιολογούν ότι αυτό το φαινόμενο μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των δαπανών σε ποσοστό μεταξύ 12,5% και 25% (Kurt Salmon Associates 1993).

Οι ερευνητές στην διοίκηση επιχειρήσεων ασχολούνται με αυτό εδώ και πολλά χρόνια. Ο Forrester πρώτος (1961) επεξηγεί την επίδραση του σε μία σειρά μελετών περιπτώσεων μελετών και επισημαίνει ότι είναι μια συνέπεια από της δυναμικής της βιομηχανίας ή της μεταβολής της συμπεριφοράς των βιομηχανικών οργανισμών.

Ο Sterman (1989) σε ένα πείραμα για την διαχείριση αποθέματος, αναφέρει στοιχεία του φαινομένου bullwhip στο «παίγνιο διανομής μπίρας». Στο πείραμα αυτό τέσσερις παίκτες μιας ΕΑ που κάνουν ανεξάρτητες αποφάσεις αποθέματος χωρίς να συμβουλευονται τα υπόλοιπα μέλη, βασίζονται αποκλειστικά στις παραγγελίες που δέχονται από τον κατάντη παίκτη. Με την παραδοχή γραμμικής συνάρτησης κόστους το πείραμα δείχνει ότι η διακύμανση των παραγγελιών οξύνεται καθώς «ανεβαίνει» στην ΕΑ, επιβεβαιώνοντας το φαινόμενο bullwhip. Ο Sterman (1989) ερμηνεύει το φαινόμενο ως συνέπεια της συστηματικής παράλογης συμπεριφοράς των παικτών ή των εσφαλμένων εκτιμήσεων της ανατροφοδότησης.

Διάφοροι οικονομολόγοι (π.χ. οι Holt et al 1960, ο Blinder 1982 και ο Blanchard 1983) συνεισέφεραν σημαντικά στην κατανόηση του φαινομένου bullwhip. Τόνισαν το γεγονός ότι τα αποθέματα χρησιμοποιούνται για να αμβλύνουν τις μεταβολές των ρυθμών στην παραγωγική διαδικασία σε σχέση με την ζήτηση και να μειώσουν το κόστος λειτουργίας. Ωστόσο, μέσα από εμπειρικές μελέτες, βασισμένες σε

μακροοικονομικά στοιχεία (π.χ. Blanchard 1983), παρατηρήθηκε ότι στην πράξη ισχύει το αντίθετο.

Για την ερμηνεία του φαινομένου οι Carlin (1985) and Blinder (1982, 1986) έδειξαν ότι η χρήση της αποθεματικής πολιτικής τύπου (s, S) από τους λιανοπωλητές έχει ως αποτέλεσμα η διακύμανση των παραγγελιών αναπλήρωσης να υπερβαίνει αυτή της ζήτησης. Ο Kahn (1987) έδειξε ότι η θετική συσχέτιση στην ζήτηση και το μέγεθος της λίστας ανικανοποίητων παραγγελιών (backlogging) επίσης επιφέρει το φαινόμενο bullwhip.

Οι Lee, Padmanabhan και Whang συμπληρώνουν τις παραπάνω εργασίες για το θέμα, προσεγγίζοντας το, όμως από διαχειριστική άποψη και όχι μακροοικονομική. Αντίθετα με τον Forrester (1961) ή τον Sterman (1989), αναπτύσσουν ένα απλό μαθηματικό μοντέλο ΕΑ που συλλαμβάνει τις βασικές πτυχές της δομής της και τις συμπεριφορές βελτιστοποίησης των μελών της. Μέσω του μοντέλου αυτού φαίνεται ότι το φαινόμενο bullwhip είναι αποτέλεσμα της στρατηγικής αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε λογικά σκεπτόμενα μέλη της ΕΑ.

Το άρθρο αυτό αναλύει τέσσερις πηγές του φαινομένου: Επεξεργασία σήματος ζήτησης, παίγνιο εκλογίκευσης (rationing game), ομαδοποίηση παραγγελιών (order batching) και διακύμανση τιμών. Επίσης συζητώνται ενέργειες που μπορούν να ληφθούν για την άμβλυνση του επιζήμιου αντίκτυπου αυτής της διαταραχής, όπως ο συνδυασμός πωλήσεων μέσω δεδομένων, η ανταλλαγή των πληροφοριών επιπέδων αποθέματος, ο συγχρονισμός των παραγγελιών και οι απλοποιημένες τιμολογήσεις.

Παραδοσιακά τα δεδομένα των πωλήσεων και της κατάστασης του αποθέματος θεωρούνταν να ανήκουν στην αποκλειστική αρμοδιότητα των λιανικών καταστημάτων χωρίς κάποιο λόγο ή υποχρέωση να τα μοιραστούν με άλλους. Ωστόσο η συνταγή για την αντιμετώπιση του φαινομένου bullwhip απαιτεί ο παραγωγός να έχει πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα.

Το άρθρο αυτό υποστηρίζει ότι η αλλαγή αυτή της συμπεριφοράς είναι επιθυμητή από τον παραγωγό, ωστόσο δεν ασχολείται με το γιατί ο λιανικός πωλητής να παρέχει τις πληροφορίες που χρειάζεται ο παραγωγός. Θεωρητικά το καθαρό κέρδος που αποκομίζεται από την διαδικασία αυτή μπορεί να αναδιανεμηθεί σε όλα τα μέλη της ΕΑ. Όπως αναγνωρίζουν οι συγγραφείς το αντικείμενο του πώς να

διανεμηθούν το κέρδος και το κόστος της διαδικασίας αυτής, χρίζουν ιδιαίτερου ενδιαφέροντος και απαιτείται επέκταση της έρευνας και προς αυτή την κατεύθυνση.

Εξάλλου οι Paich and Sterman (1993) προσομοίωσαν την διαδικασία εξάπλωσης ενός νέου προϊόντος και ανέλυσαν το φαινόμενο. Κατά το φαινόμενο αυτό ένα νέο καινοτόμο προϊόν διαδίδεται με τεράστια ταχύτητα και ενδεχομένως επεκτείνεται σε πληθώρα αγορών και με εξίσου απότομο τρόπο φθάνει στο τέλος του κύκλου ζωής του και αποσύρεται. Το φαινόμενο “boom and bust” εμφανίζεται υπό κάποιες ιδιαίτερες συνθήκες. Κατ' αρχάς, ο τύπος προδιαθέτει για μικρό κύκλο ζωής. Δεύτερον, υπάρχει χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στην επέκταση των εγκαταστάσεων παραγωγής του και την διαγνωσμένη ζήτηση. Τέλος, οι λιανοπωλητές, οι χονδρέμποροι και οι κατασκευαστές τείνουν να υπερεκτιμούν την ζήτηση όταν αυτή αυξάνεται γρήγορα, ενώ η συμπεριφορά των πελατών είναι πολύ δύσκολο να προβλεφτεί.

Τα φαινόμενα bullwhip και boom & bust έχουν μελετηθεί διεξοδικά. Ωστόσο, η αλληλεπίδραση τους με άλλους παράγοντες δεν έχει επεξεργαστεί λεπτομερώς. Στο άρθρο “Dynamic simulation of the supply chain for a short life cycle product—Lessons from the Tamagotchi case” από τους Higuchi και Troutt, 2004, γίνεται μία τέτοια απόπειρα, αφού χρησιμοποιείται δυναμική προσομοίωση βάσει σεναρίων για να μελετηθεί η περίπτωση του βραχυπρόθεσμου κύκλου ζωής προϊόντος, βασισμένη στο Tamagotchi, το πρώτο από τα ψηφιακά ζώακια-παιγνίδια.

Το μοντέλο έχει τρία συστατικά, αγορά, λιανική και εργοστάσιο. Για να προσομοιωθεί η δυναμική της ΕΑ, όλα τα μέρη που αποτελούνται από σενάρια βασιζόμενα στην περίπτωση Tamagotchi ολοκληρώνονται σε ένα δυναμικό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό εκτιμάται ότι βοηθάει τους αποφασίζοντες και τους σχεδιαστές οι οποίοι αντιμετωπίζουν παρόμοιες εισαγωγές προϊόντων μικρού κύκλου ζωής. Εξάγονται οι ακόλουθες υποδείξεις:

- Έλεγχος της ταχύτητας διάδοσης: Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης στο μοντέλο, υποδεικνύεται ότι η ταχύτερη διάδοση ενός προϊόντος δεν ωφελεί πάντα. Στην περίπτωση των προϊόντων βραχυπρόθεσμου κύκλου ζωής η γρήγορη διάδοση τους οξύνει ακόμη περισσότερο την ένταση και μειώνει την διάρκεια της περιόδου αιχμής της ζήτησης. Στην «αναμενόμενη περίπτωση» όπου η έντονη ζήτηση δεν μπορεί να καλυφθεί απόλυτα άμεσα,

η κατάσταση οδηγεί σε απώλειες κερδών, όπως έδειξαν οι Paich and Sterman.

- Η σημασία των επαναλαμβανόμενων πωλήσεων: Ανάλογη αρνητική επίδραση εμφανίζεται να επιφέρει ένας υψηλός ρυθμός επανάληψης των πωλήσεων. Παρόλο που η σημασία των επαναλαμβανόμενων πωλήσεων αναγνωρίζεται σε κάθε πεδίο επιχειρηματικότητας, στην περίπτωση του προϊόντος βραχυπρόθεσμου κύκλου ζωής τα θετικά της στοιχεία αντισταθμίζονται από την αρνητική επίδραση της όξυνσης που επιφέρει στην περίοδο της μέγιστης ζήτησης, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση.
- Αναγνώριση της ανυπόστατης ζήτησης: Η ανυπόστατη ζήτηση οξύνει επίσης την ένταση της μέγιστης ζήτησης. Επιπλέον εάν δεν αναγνωριστεί σύντομα συνήθως επαναλαμβάνεται. Οπότε οι εταιρείες, πέρα από τον αποτελεσματικό έλεγχο διάδοσης των προϊόντων τους, οφείλουν να αναγνωρίζουν έγκαιρα την διαφαινόμενη ζήτηση που δεν έχει πραγματική υπόσταση. Η διαστρέβλωση της πληροφορίας στις εφοδιαστικές αλυσίδες είναι μία από τις βασικές πηγές των φαινομένων «boom and bust» και «bullwhip effect». Άρα η ανυπόστατη ζήτηση όταν δεν αναγνωρίζεται, μεταφέρεται στα επόμενα στάδια της ΕΑ και επίσης χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της ζήτησης, επιβαρύνοντας τα παραπάνω φαινόμενα με την αύξηση της διακύμανσης της ζήτησης. Οι Corbett and Groote (1997) καταλήγουν ότι μέσω της πιο ανοιχτής, συχνής και ακριβούς ανταλλαγής πληροφοριών, οι εταιρείες μπορούν να εξαλείψουν το φαινόμενο bullwhip effect και να διασφαλίσουν την συνεχόμενη βελτίωση. Πολλοί ερευνητές αναπαράστησαν την επίδραση της ανταλλαγής πληροφοριών με μοντέλα προσομοίωσης.

Στην πράξη η αξία του παραπάνω μοντέλου είναι ότι επιτρέπει την ανάλυση περιπτώσεων στους σχεδιαστές που είναι αβέβαιοι για τις επιλογές των παραμέτρων που θα χρησιμοποιήσουν. Με την παρακολούθηση ενός μεγάλου αριθμού σεναρίων, μπορούν αν εκληφθούν πιο καλά πληροφορημένες αποφάσεις στο επίπεδο των αλληλεπιδράσεων των παραμέτρων.

### 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Ανασκόπηση έρευνας

Όπως έχει αναφερθεί και προηγούμενα η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας επεκτείνεται σε ένα ευρύ φάσμα δραστηριότητας των σύγχρονων επιχειρήσεων και όπως είναι εύλογο εξίσου εκτεταμένη είναι και η σχετική έρευνα για την ΔΕΑ. Η έρευνα αυτή προέρχεται βασικά από ερευνητές της επιχειρησιακής έρευνας, της επιστήμης της διοίκησης και της εφαρμοσμένης πληροφορικής, οι οποίοι έχουν αντιμετωπίσει το αντικείμενο της ΔΕΑ από διαφορετική οπτική και με ποικίλες μεθοδολογίες.

Για αυτόν τον λόγο πολλοί συγγραφείς και ερευνητές της ΕΑ αναλώθηκαν πρωτίστως στην κατηγοριοποίηση και ταξινόμηση της βιβλιογραφίας που σχετίζεται με την ΔΕΑ, υποδεικνύοντας την ετερογένειά της και αποκαλύπτοντας ουσιαστικά τους λόγους της ασάφειας σχετικά με τον ορισμό και την οριοθέτηση της. Στην συνέχεια του τρίτου κεφαλαίου παρουσιάζονται οι σημαντικότερες κατηγορίες προσεγγίσεων για την ΔΕΑ, καταδεικνύονται τα επίπεδα στα οποία έχει διαχωριστεί και οι μεθοδολογίες που έχουν εφαρμοστεί, όπως παρουσιάζονται στο μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας και σε σχετικές επισκοπικές εργασίες. Τέλος περιγράφονται συνοπτικά και συζητώνται μερικά από τα πιο ενδιαφέροντα σύγχρονα μοντέλα της.

#### **3.1 Ταξινόμηση επιπέδων έρευνας**

Οι Ram Ganeshan, Eric Jack, M.J. Magazine, and Paul Stephens (2000) με το άρθρο τους “A taxonomic review of supply chain management research” προσφέρουν μία επισκόπηση της έρευνας για την ΔΕΑ, κατηγοριοποιώντας την ταυτόχρονα τόσο ως προς το επίπεδο της ΔΕΑ που αντιμετωπίζεται σε κάθε περίπτωση, όσο και ως προς την μεθοδολογία μοντελοποίησης που εφαρμόζεται από κάθε ερευνητή.

Συγκεκριμένα στην εν λόγω επισκόπηση, η έρευνα για την ΔΕΑ ταξινομείται ως προς τρεις ευρείες οπτικές: την ανταγωνιστική στρατηγική, την εταιρική τακτική και την αποδοτικότητα των λειτουργιών. Τα θέματα ανταγωνιστικής στρατηγικής έχουν σημαντική μακροπρόθεσμη επίδραση στην εταιρεία, τα θέματα τακτικής έχουν μικρότερο χρονικό πλαίσιο και η αποδοτικότητα των λειτουργιών συνήθως αφορά αποφάσεις ημερών που μπορούν εύκολα να μετατραπούν.

### 3.1.1 Ανταγωνιστική στρατηγική

Οι ανταγωνιστικές αποφάσεις λαμβάνονται μέσα σε πολλαπλούς ορίζοντες προγραμματισμού, συνήθως μηνιαία, ετησίως, ή και μέσα σε πολυετείς ορίζοντες προγραμματισμού, προκειμένου να επιτευχθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι ευρύτεροι επιχειρησιακοί στόχοι ή οι ευρύτεροι στόχοι της ΕΑ. Οι στόχοι αυτοί αντικατοπτρίζουν τους σφαιρικούς στόχους που συνδιαμορφώνονται βάσει των απαιτήσεων σε τακτικό και λειτουργικό επίπεδο. Παραδείγματα των αποφάσεων ανταγωνιστικής στρατηγικής είναι η επιλογή τοποθεσίας των εγκαταστάσεων, η εισαγωγή νέων προϊόντων, οι αποφάσεις σχετικά με επιλογές πόρων της ΕΑ ή τοποθέτησης στην αγορά, όπως και ο συνολικός συντονισμός της εταιρείας/ της ΕΑ και των ευρύτερων αντικειμενικών της στόχων.

Η έρευνα που εξετάζει τη στρατηγική της επιχείρησης: (1) πρέπει να αναπτύξει στόχους και πολιτικές για ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα και να αναλύει σαφώς τον τρόπο που αυτές υποστηρίζουν τις ανάγκες της εταιρίας, (2) πρέπει να καθορίζει τη μορφή της ΕΑ από την άποψη σχεδιασμού και (3) πρέπει να εξετάζει τον τρόπο που η ΔΕΑ ενισχύει την ανταγωνιστικότητα της εταιρίας.

Οι συγγραφείς κατηγοριοποιούν τα ερευνητικά άρθρα σχετικά με τα θέματα ανταγωνιστικής στρατηγικής στις εξής υποκατηγορίες:

- Αντικειμενικοί στόχοι. Κατανόηση των δυναμικών της ΕΑ και ανάπτυξη των αντικειμενικών στόχων για ολόκληρη την ΕΑ, συμπεριλαμβανομένης της ανάλυσης του τρόπου υποστήριξης των αναγκών της εταιρείας από τους στόχους αυτούς. Περιλαμβάνει επίσης την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων εφοδιαστικών αλυσίδων. Τα άρθρα που εντάσσονται από τους Ganeshan et al. στην υποκατηγορία των αντικειμενικών στόχων της ανταγωνιστικής στρατηγικής είναι τα εξής: Beamon (1996), Bloemhof-Ruwaard, et al. (1995), Davis (1993), Ernst and Kamrad (1996), Fisher (1997), Forrester (1958), Forrester (1961), Fuller, et al. (1993), Gopal (1992), Oliver and Webber (1992), Shapiro (1984), Slater (1976).
- Σχεδιασμός. Περιλαμβάνει το σχεδιασμό της ΕΑ ή των αποφάσεων χωροθέτησης. Χρειάζεται να εστιάσει στους αντικειμενικούς στόχους του σχεδιασμού και όχι μόνο στη ανάπτυξη ενός εργαλείου για την λήψη αποφάσεων. Στην υποκατηγορία αυτή οι συγγραφείς εντάσσουν τα εξής:



Arntzen et al (1995), Berry and Nairn (1996), Camm et al (1997), Mourits and Evers (1995), Revelle and Laporte (1996), Towill et al (1992).

- Ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Ο τρόπος που η ΔΕΑ μπορεί να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα της εταιρίας. Περιλαμβάνει εργαλεία στρατηγικού σχεδιασμού και τα σχετικά άρθρα είναι: Cohen and Mallik (1997), Copacino & Rosenfield (1992), Heskett (1977), Houlihan (1985), Jones and Riley (1984), McMullan (1996), Roberts (1990), Scott and Westbrook (1991), Stevens (1989), Towill (1997).
- Ιστορική οπτική. Η οπτική της ιστορικής εξέλιξης της ΔΕΑ, η οποία αποδίδει την στρατηγική της σημασία. Η σχετική βιβλιογραφία που παραθέτουν οι συγγραφείς είναι: Bowersox (1969), Carter & Narasimhan (1996), LaLonde (1993), Langley (1992), Lee and Billington (1995), Masters and Pohlen (1994), Thomas and Griffin (1996).

### 3.1.2 Επιχειρησιακή τακτική

Σύμφωνα με τους Ganeshan et al., ο τακτικός προγραμματισμός απεικονίζει τις αποφάσεις για τις ερχόμενες ημέρες, εβδομάδες ή μήνες. Οι αποφάσεις υψηλότερου επιπέδου και οι δια-λειτουργικοί αντικειμενικοί στόχοι – μέτρα επίδοσης έχουν καθοριστεί ήδη στο στρατηγικό επίπεδο. Ωστόσο η ακριβής ζήτηση μπορεί να διαφοροποιείται από τον σχεδιασμό. Οι τοπικές ευκαιρίες μπορεί να απαιτούν πιο λεπτομερείς λύσεις σχεδιασμού για την περιοχή του τοπικού προβλήματος. Αυτό χρειάζεται για να ρυθμιστεί η διαθεσιμότητα ανθρώπων, υλικών και άλλων πόρων ώστε να ικανοποιηθεί η πραγματική ζήτηση και να ευθυγραμμισθεί με τους στόχους της επιχείρησης.

Οι Ganeshan et al. πιστεύουν ότι η έρευνα που αφορά την τακτική μιας εταιρείας πρέπει να: (1) εστιάζει στην εφαρμογή των στρατηγικών αποφάσεων (2) είναι λειτουργικής φύσης και αφορά μόνο μερικούς από τους φορείς της ΕΑ (3) αφορά συστήματα (MRP, DRP, JIT, κ.τ.λ.) απαραίτητα για την ΔΕΑ. Όπως και στην περίπτωση του στρατηγικού επιπέδου, έτσι και στο τακτικό οι συγγραφείς προχωρούν σε περαιτέρω κατηγοριοποίηση. Οι 4 υποκατηγορίες της έρευνας για την επιχειρησιακή τακτική ορίζονται με βάση τον τρόπο με τον οποίο οι ΕΑ

επιτυγχάνουν τους υψηλότερους στρατηγικούς στόχους. Οι υποκατηγορίες αυτές είναι:

- Ανάπτυξη σχέσεων. Αφορά δηλαδή την ανάπτυξη σχέσεων με τις ανάντις και τις κατάντις επιχειρήσεις, θέματα εργολαβιών κ.τ.λ. Τα άρθρα των Choi and Hartley (1996), Gentry (1996), Henig et al (1997), Holmlund and Kock (1996), Prida and Gutierrez (1996), Tagaras and Lee (1996), Walton (1996) εντάσσονται στην υποκατηγορία αυτή.
- Ενσωματωμένες / ολοκληρωμένες λειτουργίες. Η αντιμετώπιση ολοκληρωμένης διαχείρισης των λειτουργιών της εταιρείας, επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα αποδοτικότητα στη διαχείριση των διαδικασιών αυτών, όπως της εφαρμοσμένης μηχανικής, της κατασκευής, της αγοράς κ.τ.λ. Επίσης μπορεί να συμπεριλαμβάνει τις άμεσα συνδεδεμένες με την εταιρεία ανάντις ή κατάντις επιχειρήσεις στην ΕΑ. Τα άρθρα που εντάσσονται από τους Ganeshan et al. στην κατηγορία αυτή είναι των Cohen and Lee (1988), Lamming (1996), Leenders et al. (1994), Roy and Potter (1996), Viswanathan and Mathur (1997).
- Μεταφορά και διανομή. Η επίτευξη αποδοτικότητας στη διαχείριση των μεταφορών και της φυσικής διανομής και η αντιμετώπιση τους ως ενιαίο σύστημα. Οι Anupindi & Bassok (1996), Bowersox (1972), Caputo and Mininno (1996), Geoffrion and Graves (1974), Geoffrion and Powers (1995), Min (1996), Robinson et al (1993), Satterfield and Robinson (1996) παρέχουν σύμφωνα με τους Ganeshan et al. έρευνες σχετικές με τα παραπάνω αντικείμενα.
- Συστήματα. Η ανάπτυξη λειτουργικών και πληροφοριακών συστημάτων ή η χρήση των πληροφοριών με σκοπό την επίτευξη των στρατηγικών στόχων. Bhaskaran (1996); Bowersox & Morash (1989); Hammel & Korczak (1993); Verwijmeren et al (1996)

### **3.1.3 Λειτουργική αποδοτικότητα.**

Συνήθως, οι λειτουργικές αποφάσεις αφορούν τις καθημερινές διαδικασίες έως και των δύο επόμενων εβδομάδων. Ερευνάται δηλαδή η καθημερινή λειτουργία μιας εγκατάστασης όπως εργοστάσιο ή κέντρο διανομής, ώστε να διασφαλιστεί ότι

συστηματοποιείται και εφαρμόζεται ο αποδοτικότερος και πιο επικερδής τρόπος ικανοποίηση της ζήτησης.

Η έρευνα που εξετάζει τη λειτουργική οπτική: (1) ενδιαφέρεται για την αποδοτική λειτουργία της επιχείρησης μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα (2) εστιάζεται στον έλεγχο και τα μέτρα επίδοσης όπως επένδυση σε απόθεμα, επίπεδο εξυπηρέτησης, αποδοτικότητα ρυθμού παραγωγής, απόδοση και κόστος προμηθευτών κ.α. Η κατηγοριοποίηση των προβλημάτων λειτουργικού τύπου πραγματοποιείται ως εξής:

- Διαχείριση και έλεγχος αποθέματος. Ο προσδιορισμός και η μέτρηση της απόδοσης του αποθέματος με όρους αποδοτικότητας της λειτουργίας της ΕΑ. Επίσης περιλαμβάνει την επένδυση σε απόθεμα, τα επίπεδα εξυπηρέτησης, τα σχέδια κατανομής του αποθέματος και την θεωρία πολυεπίπεδων αποθεμάτων. Τα σχετικά άρθρα που παραθέτουν σε αυτή την κατηγορία οι συγγραφείς είναι των Alderson (1957), Anupindi and Akella (1993), Cachon and Fisher (1997), Clark (1972), Clark and Scarf (1960), Garg and Tang (1997), Lee and Billington (1993), Stenger (1994), Stenger (1996), Zinn and Levy (1988), Zinn and Bowersox (1988).;
- Παραγωγή, προγραμματισμός και σχεδιασμός. Η αξιολόγηση και η μέτρηση της απόδοσης της παραγωγής, του προγραμματισμού και του σχεδιασμού, με σκοπό την αποδοτική λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι εργασίες των Graves et al. (1998), Kruger (1997), Lederer and Li (1997), Levy (1997), O'Brien and Head (1995) αναφέρονται στην υποκατηγορία αυτή.
- Διανομή πληροφοριών, συντονισμός, και έλεγχος. Διευκρινίζει τα σχήματα για το συντονισμό και τον έλεγχο της διανομής των πληροφοριών που απαιτούνται στην λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σχετικά άρθρα είναι των Fisher and Raman (1996), Gavirneni et al (1998), Lee et al (1997), Moynadeh and Aggarwal (1997), Srinivasan et al (1994).
- Λειτουργικά εργαλεία. Ανάπτυξη των εργαλείων που βοηθούν στην αποδοτική λειτουργία της ΕΑ. Ως τέτοια αναφέρονται τα άρθρα των Bagahana and Cohen (1998), Slat et al. (1995).

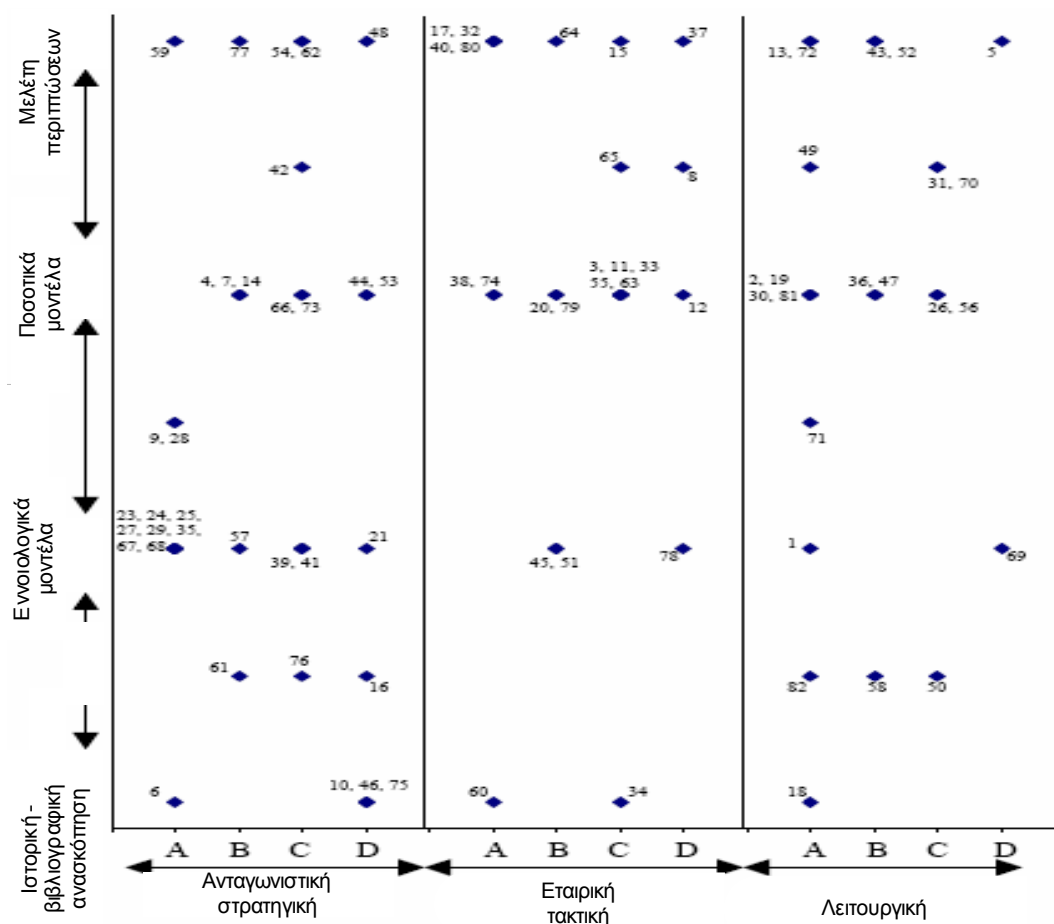
### 3.1.4. Μεθοδολογίες επίλυσης

Τέλος οι Ganeshan et al. για κάθε ερευνητική εργασία, ταξινόμησαν τη μεθοδολογία επίλυσης που χρησιμοποιήθηκε από κάθε συγγραφέα για να εξετάσει τις συγκεκριμένες περιοχές της ΔΕΑ. Προέκυψαν οι ακόλουθες κατηγορίες μεθοδολογιών:

1. Εννοιολογικά μη-ποσοτικά μοντέλα. Έρευνα που αναλύει την ΕΑ με σκοπό να καθορίσει, να περιγράψει και να αναπτύξει μεθόδους για την διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας χωρίς την χρήση ποσοτικών μοντέλων. Alderson (1957); Beamon (1996); Bowersox (1969); Forrester (1958, 1961); Gopal (1992); Heskett (1977); Houlihan (1985); Lamming (1996); Lee et al (1997); Lenders et al (1993); Min (1996); Scott and Westbrook (1991); Slats et al (1995); Towill (1997); Verwijmeren et al (1996);
2. Εμπειρική μελέτη και περιπτωσιολογία. Έρευνα που διεξάγεται σε συγκεκριμένες εταιρείες ή βιομηχανίες και χρησιμοποιεί τα συλλεχθέντα, από τον ερευνητή ή άλλη έγκυρη πηγή, στοιχεία για να βοηθήσει στη ΔΕΑ. Bagahana and Cohen (1998); Cachon and Fisher (1997); Caputo and Mininno (1996); Carter and Narasimhan (1996); Choi and Hartley (1996); Davis (1993); Fuller et al (1993); Hammel and Kopczak (1993); Holmlund and Kock (1996); Jones and Riley (1984); Lee and Billington (1995); Levy (1997); McMullan (1996); O'Brien and Head (1995); Oliver and Webber (1992); Revelle and Laporte (1996); Roberts (1990); Roy and Potter (1996); Srinivasan et al (1994); Stenger (1996); Walton (1996);
3. Πλαίσια, ταξινόμηση και ανασκόπηση. Έρευνα που κατηγοριοποιεί τις πτυχές της ΔΕΑ, ως μία προσπάθεια να κατανοηθεί σε βάθος κα σε εύρος η έννοια της. Bloemhof-Ruwaard et al (1995); Clark (1972); Cohen and Mallik (1997); Copacino and Rosenfield (1992); Ernst and Kamrad (1996); Fisher (1997); Geoffrion and Powers (1995); La Londe (1994); Langley (1992); Masters and Pohlen (1994); Mourits and Evers (1995); Prida and Gutierrez (1996); Shapiro (1984); Slater (1976); Stenger (1994); Stevens (1989); Thomas and Griffin (1996); Zinn and Levy (1988).
4. Ποσοτικά πρότυπα. Μοντέλα βελτιστοποίησης, προσομοίωσης, στοχαστικά μοντέλα και ευρετικές μέθοδοι. Έρευνα που προσπαθεί να αναπτύξει μεθόδους για την ΔΕΑ με την βοήθεια ποσοτικοποιημένων μοντέλων. Anupindi and Akella (1993); Anupindi and Bassok (1996); Arntzen et al (1995); Berry and Nairn (1996); Bhaskaran (1996); Bowersox (1972); Bowersox et al (1989); Camm et al (1997); Clark and Scarf (1960); Cohen and Lee (1988); Fisher and Raman (1996); Garg and Tang (1997); Gavimani et

al (1998); Gentry (1996); Geoffrion and Graves (1974); Graves et al (1998); Henig et al (1997); Kruger (1997); Lederer and Li (1997); Lee and Billington (1993); Moinszadeh and Aggarwal (1997); Robinson et al (1993); Satterfield and Robinson (1996); Tagaras and Lee (1996); Towill et al (1992); Viswanathan and Mathur (1997); Zinn and Bowersox (1988)

Στο σχήμα 3.1 παρουσιάζεται η σύγκριση ανάμεσα σε ερευνητικές μεθοδολογίες σε σχέση το αντικείμενο του προβλήματος της ΔΕΑ που αντιμετωπίζεται. Όπως είναι αναμενόμενο, το μεγαλύτερο μέρος της στρατηγικής εργασίας είναι εννοιολογικής φύσης ενώ τα ποσοτικά μοντέλα συνήθως αφορούν τα λειτουργικά και τακτικά ζητήματα.



Σχήμα 3.1 Κατανομή μεθοδολογιών. Πηγή: Ganeshan et al. 2000.

Τέλος οι συγγραφείς αναγνωρίζουν ότι πολλά από άρθρα εντάσσονται σε πολλαπλές κατηγορίες. Ωστόσο επέλεξαν να τοποθετήσουν κάθε ένα σε μία μόνο

βάσει της κύριας εστίασης του. Ταυτόχρονα αναγνωρίζουν ότι η τοποθέτηση των άρθρων αυτών σε πολλαπλές κατηγορίες έχει να προσφέρει και αποτελεί μία πιθανή μελλοντική εργασία.

### **3.2 Έρευνα ανά κατεύθυνση της εφοδιαστικής αλυσίδας**

Εξάλλου σε μία διαφορετική προσέγγιση, οι Kerbache και Smith (2003) θεωρούν ότι η έρευνα για την ΔΕΑ, χωρίζεται ως προς την κατεύθυνση της ροής της εφοδιαστικής αλυσίδας σε δύο κατηγορίες, στην οπτική των αγορών και προμηθειών και την οπτική των μεταφορών και των logistics. Στην πρώτη το ενδιαφέρον στρέφεται προς τα ανάντη στάδια της ΕΑ και περιλαμβάνει το εσωτερικό σύστημα logistics. Σε αυτήν την κατεύθυνση οι συγγραφείς τοποθετούν ως χαρακτηριστικές τις δουλειές των Tan et al. (1999), Lamming (1996), Ellram and Pearson (1994) και Harwick (1997), στις οποίες συγκεκριμένα μελετάται η «ολοκλήρωση» των προμηθευτών όπως και η σχέση αγοραστή – προμηθευτή.

Στη δεύτερη περίπτωση, το ενδιαφέρον έχει να κάνει με τις κατάντεις επιχειρήσεις της ΕΑ και τις εξωτερικές διαδικασίες logistics. Για την περίπτωση αυτή οι συγγραφείς παραπέμπουν στις εργασίες των Christopher et al. (1998), Shapiro (2001), Fisher (1997), Lambert et al. (1998), Fernie (1995), Huiskonen and Pirttila (2002), κ.α.

Εξάλλου οι συγγραφείς διαπιστώνουν ότι παρά την πολυπλοκότητα των προβλημάτων της ΕΑ, πολύ λίγοι ερευνητές έχουν ασχοληθεί με την επίλυση των σχετικών μοντέλων που την περιγράφουν. Σύμφωνα μάλιστα και με τους Croom et al. (2000), μόλις το 6% των δημοσιευμένων άρθρων σχετικά με την εφοδιαστική αλυσίδα, αναφέρονται στην βελτιστοποίηση της, ενώ τα υπόλοιπα κυρίως είναι εμπειρικές μελέτες.

Εστιάζοντας λοιπόν στην βελτιστοποίηση των πολύπλοκων προβλημάτων λήψης αποφάσεων της ΕΑ, σημειώνουν ότι τα μοντέλα του μαθηματικού προγραμματισμού έχουν αποδειχθεί πολύ χρήσιμα. Τα μοντέλα αυτά τα διαχωρίζουν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες, στα αιτιοκρατικά, στα στοχαστικά, στα υβριδικά μοντέλα και στα μοντέλα πληροφορικής τεχνολογίας.

### 3.2.1 Αιτιοκρατικά μοντέλα προγραμματισμού.

Σύμφωνα με τους Kerbache και Smith (2003), τα μοντέλα της κατηγορίας αυτής που βρίσκουν εφαρμογές στην ΔΕΑ, είναι τα μοντέλα γραμμικού προγραμματισμού και μικτού ακεραίου προγραμματισμού. Παραδείγματος χάριν, σε ένα δίκτυο ΕΑ, πολλές δραστηριότητες ανταγωνίζονται για τους πόρους, όπως η παραγωγικότητα των μηχανών σε μία μονάδα ή το απόθεμα των τελικών προϊόντων σε ένα κέντρο διανομής. Οι διαθέσιμες ποσότητες μερικών πόρων συνήθως είναι ανεπαρκείς να ικανοποιήσουν όλες τις απαιτήσεις. Επιπλέον, πολλές δραστηριότητες καταναλώνουν διάφορους πόρους για την παραγωγή των επιθυμητών αποτελεσμάτων.

Οι συγγραφείς αναφέρουν μερικές από τις κύριες συνεισφορές στην κατηγορία αυτή της έρευνας: Οι Cohen et al. (1989) εξετάζουν τη βέλτιστη επιλογή προμηθευτών, εγκαταστάσεων και αγορών για μια παγκόσμια ΕΑ. Αναφέρεται επίσης ένα ακόμη πιο σχετικό μοντέλο των Arntzen et al. (1995) ως εφαρμογή στην Digital Equipment Corporation (DEC). Οι Lakhal et al. (2001) αντιμετωπίζουν το στρατηγικό ζήτημα της βελτιστοποίησης της δομής της ΕΑ και οι Dhaenens-Flipo (2000) ασχολούνται με την βελτιστοποίηση ενός συστήματος παραγωγής και διανομής πολλαπλών τοποθεσιών με διασκορπισμένους πελάτες.

### 3.2.2 Στοχαστικά μοντέλα προγραμματισμού.

Τα στοχαστικά μοντέλα προγραμματισμού σύμφωνα πάντα με τους Kerbache και Smith (2003), αποτελούν ελκυστικές επιλογές για τον στρατηγικό προγραμματισμό, επειδή επιτρέπουν στον αποφασίζοντα να αναλύει ρητά τις αβεβαιότητες και τους κινδύνους. Τέτοια μοντέλα εφαρμόστηκαν στα δίκτυα ΕΑ.

Παραδείγματος χάριν, οι Vidal and Goetschalckx (2000) εξέτασαν μερικές πιθανολογικές πτυχές του προβλήματος DEC το οποίο συζητήθηκε από τους Arntzen et al. (1995). Τα στοχαστικά μοντέλα προγραμματισμού κατά τους συγγραφείς είναι επίσης διαθέσιμα και για τον τακτικό προγραμματισμό αλλά με περιορισμένες εφαρμογές (Shapiro, 2001). Όσον αφορά στο λειτουργικό προγραμματισμό, πολυάριθμα άρθρα είναι διαθέσιμα στη βιβλιογραφία τα οποία εξετάζουν τις λειτουργίες προγραμματισμού, τα οχήματα, τις παραγγελίες κ.τ.λ. Παραδείγματος χάριν, ο σχεδιασμός των παραγωγικών διαδικασιών συχνά έχει ως αποτέλεσμα μη - βέλτιστες πολιτικές που είναι συνήθως βασισμένες σε ευρετικές

μεθόδους (Souza et al., 2001). Οι Xu et al. (2001) συνδέουν την βελτιστοποίηση της ΕΑ με το κρίσιμο πρόβλημα της πρόβλεψης ζήτησης.

Επίσης μία άλλη αρχή που συνδέεται στενά με το στοχαστικό προγραμματισμό και δεν έχει ακόμη ερευνηθεί στην μοντελοποίηση της ΕΑ αφορά στην περιοχή των αναμονητικών δικτύων. Οι συγγραφείς θυμίζουν ότι τα αναμονητικά δίκτυα έχουν αποδειχθεί χρήσιμα στη διαμόρφωση των στοχαστικών συστημάτων όπως δίκτυα υπολογιστών και τηλεπικοινωνιών, συστήματα παραγωγής, έλεγχος της κυκλοφορίας, μεταφορές, σχεδιασμός εγκαταστάσεων, προβλήματα εκκένωσης και πολλά άλλα.

### **3.2.3 Υβριδικά μοντέλα και μοντέλα πληροφορικής τεχνολογίας.**

Οι δύο αυτές κατηγορίες διακρίθηκαν πρώτιστα από τους Min and Zhou (2002). Τα υβριδικά μοντέλα είναι μοντέλα που στηρίζονται στην θεωρία αποθεμάτων και σε προσομοίωση και συνήθως είναι ανεπτυγμένα και προσαρμοσμένα βάσει συγκεκριμένων προβλημάτων. Έτσι, όπως είναι αναμενόμενο, έχουν κατά κανόνα σημαντική αποτελεσματικότητα και ακρίβεια αλλά μικρό εύρος εφαρμογών, αφού δύσκολα προσαρμόζονται σε διαφορετικές περιπτώσεις από αυτές για τις οποίες αναπτύχθηκαν .

Η τελευταία κατηγορία των πληροφοριακών μοντέλων, η οποία άρχισε να αναπτύσσεται τα τελευταία έτη, διαθέτει όμως ιδιαίτερα σημαντική δυναμική, αναφέρεται από τους παραπάνω συγγραφείς με την σημείωση ότι απεικονίζει την τρέχουσα πρόοδο στην τεχνολογία πληροφορικής. Σε αμφότερες τις δύο τελευταίες κατηγορίες οι συγγραφείς δεν αναφέρουν ενδεικτικά κάποια σχετική βιβλιογραφία αλλά παραπέμπουν για τον σκοπό αυτό στο σχετικό άρθρο των Min and Zhou (2002).

### **3.3 Έρευνα ως προς τον φορέα διαχείρισης της ΕΑ**

Ο Zimmer (2001) χωρίζει την βιβλιογραφία της ΔΕΑ σε δύο κλάσεις. Στην πρώτη, η ΕΑ θεωρείται από την σκοπιά ενός αποφασίζοντα και καθορίζονται οι αποφάσεις που ελαχιστοποιούν το συνολικό κόστος. Στις προσεγγίσεις αυτές η ΕΑ ουσιαστικά λογίζεται σαν μία πλήρως καθετοποιημένη επιχείρηση, στην οποία όλες οι πληροφορίες διαμοιράζονται σε όλο το μήκος της και η ροή των υλικών ελέγχεται από έναν αποφασίζοντα. Ο συγγραφέας παραπέμπει στα άρθρα των Christopher



(1998), Arntzen et. al. (1995), Breitman and Lucas (1987), Brown et. al. (1987) και Cohen and Moon (1991) ως αντιπροσωπευτικά αυτής της κατηγορίας.

Η δεύτερη κλάση θεωρεί την εφοδιαστική αλυσίδα ως δίκτυο (ή αλυσίδα) ανταγωνιστικά συμπεριφερόμενων εταιρειών και αναλύει τις επιπτώσεις των διαφόρων μορφών συμβάσεων. Σύμφωνα με τον Zimmer (2001) τα μοντέλα που εφαρμόζονται στις περιπτώσεις αυτές περιγράφουν την εφοδιαστική αλυσίδα σε ένα ιδιαίτερα συγκεντρωτικό επίπεδο και συχνά εξετάζουν μόνο δύο υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων, τον αγοραστή και τον προμηθευτή.

Μια από τις πρώτες μελέτες σε αυτήν την περιοχή είναι του Monahan (1984), όπου ερευνώνται τα αποτελέσματα των εκπτώσεων ποσότητας, αφενός στην ποσότητα παραγγελίας του αγοραστή και αφετέρου στο κέρδος του προμηθευτή. Ο Monahan δείχνει ότι ένας προμηθευτής είναι σε θέση να αυξήσει το κέρδος του με την προσφορά των εκπτώσεων ποσότητας. Οι Banerjee (1986) και Corbett and Groote (1997) επεκτείνουν και δείχνουν ότι τα συμβόλαια είναι επίσης βέλτιστα από την οπτική ολόκληρης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Εξάλλου οι Gurnani (1998), Gerchak and Wang (1999) και Gurnani and Gerchak (1999) εξετάζουν μια εφοδιαστική αλυσίδα που αποτελείται από έναν παραγωγό και δύο προμηθευτές, όπου οι προμηθευτές μπορεί λόγω απωλειών στις παρτίδες παραγωγής, να παραδίδουν μόνο ένα τυχαίο μέρος της ποσότητας παραγγελίας. Ο Gurnani (1998) δείχνει ότι οι παράπλευρες πληρωμές (side payments) μεταξύ των προμηθευτών ασκούν άμεση επίδραση στη βέλτιστη πολιτική των προμηθευτών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αυξηθούν οι προσπάθειές τους.

Ωστόσο ο Zimmer (2001) τονίζει ότι συνήθως δεν γίνεται προσπάθεια να αναλυθεί το εάν η σύμβαση επιτρέπει στο αποκεντρωμένο σύστημα να αποδίδει εξ ίσου καλά όπως το συγκεντρωτικό ή / και δεν εξακριβώνεται η βέλτιστη αξία των side-payments.

Αντίθετα σημειώνει ότι, οι Gurnani and Gerchak (1999) υπολογίζουν τις βέλτιστες ρήτρες ποινής και αναλύουν τις περιπτώσεις στις οποίες η εφαρμογή αυτών των ποινών επιτυγχάνουν την ίδια απόδοση με ένα συγκεντρωτικό σύστημα. Εντούτοις, σύμφωνα με τον συγγραφέα ένα μειονέκτημα, όλων αυτών των προσεγγίσεων, είναι ότι οδηγούν μόνο σε μια συγκεκριμένη κατανομή δαπανών μεταξύ παραγωγού και προμηθευτή. Αυτό σημαίνει ότι αν και το συνολικό κόστος της εφοδιαστικής

αλυσίδας ελαχιστοποιείται, μια κατάσταση μπορεί να εμφανιστεί στην οποία το κόστος ενός αποφασίζοντος μειώνεται ενώ το κόστος του άλλου αυξάνεται.

Στο άρθρο του ο Zimmer (2001) διαφοροποιείται από την υπάρχουσα βιβλιογραφία κατά την παραπάνω έννοια, αφού όχι μόνο επιχειρεί να εντοπίσει τις παραμέτρους που επιτρέπουν στο αποκεντρωμένο σύστημα να αποδώσει εξίσου καλά με ένα συγκεντρωτικό, αλλά επίσης ερευνά γενικότερους μηχανισμούς συντονισμού οι όποιοι δίδουν υψηλότερη ευελιξία στον καταμερισμό του κόστους. Επιπλέον, στο άρθρο αυτό εξετάζεται όχι μόνο η εσπίδραση των κινήτρων αλλά και ο αντίκτυπος των αποφάσεων παραγγελίας στις προσπάθειες του προμηθευτή.

### **3.4 Έρευνα ανά τομέα της ΕΑ**

Οι Thomas and Griffin το 1995 με το άρθρο τους «Coordinated supply chain management» πραγματοποίησαν μία ευρεία επισκόπηση στην έρευνα για την συντονισμένη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, συμπεριλαμβανομένων και μοντέλων που απευθύνονται σε συγκεκριμένες περιοχές της ΕΑ, καθώς όπως σημειώνουν και οι συγγραφείς τα μοντέλα αυτά κατέχουν το συντριπτικά μεγαλύτερο μερίδιο της βιβλιογραφίας της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Στην συγκεκριμένη επισκόπηση παρουσιάζεται η βιβλιογραφία για την ΔΕΑ σε τρία επίπεδα τα οποία διαχωρίζονται βασικά ως προς το αντικείμενο της έρευνας. Συγκεκριμένα στο πρώτο επίπεδο παρουσιάζεται η έρευνα που ασχολείται με θέματα λειτουργικού προγραμματισμού, στο δεύτερο η έρευνα επί στρατηγικών αποφάσεων και επιλογών και στο τρίτο η έρευνα που άπτεται της ενσωμάτωσης περιβαλλοντικών θεμάτων στην ΔΕΑ.

#### **3.4.1 Λειτουργικός προγραμματισμός**

Στο επίπεδο λειτουργικού προγραμματισμού τα μοντέλα της επισκόπησης του άρθρου έχουν ως αντικείμενα θέματα όπως επιλογή του μεγέθους παρτίδας, επιλογή του τρόπου μεταφορών, επιλογή της ποσότητας παραγωγής κ.α. Οι συγγραφείς ορίζουν τρεις υποκατηγορίες στην υφιστάμενη σχετική βιβλιογραφία, οι οποίες αφορούν τον συντονισμό αγοραστή-προμηθευτή, τον συντονισμό παραγωγής – διανομής και τον συντονισμό αποθεματοποίησης - διανομής. Ο πίνακας 3.1 δείχνει την διάκριση των άρθρων του λειτουργικού προγραμματισμού σε αυτές τις υποκατηγορίες.

Πίνακας 3.1 Λειτουργικά μοντέλα

Συντονισμός αγοραστή-προμηθευτή	Συντονισμός παραγωγής – διανομής	Συντονισμός αποθεματοποίησης - διανομής
Monahan (1984)	Williams (1981)	Clark and Scarf (1960)
Lee and Rosenblatt (1986)	Ishii, Takahashi and Muramatsu (1988)	Muckstadt and Thomas (1980)
Banerjee (1986)	Haq, Vrat and Kanda (1991)	Erkip, Hausman and Nahmias (1990)
Benjamin (1990)	Pyke and Cohen (1993, 1994)	Svoronos and Zipkin (1991)
Goyal (1988)	Chien (1993)	Rogers and Tsubakitani (1991)
Anupindi and Akella (1993)	Chandra and Fisher (1994)	Ernst and Pyke (1993)
Kohli and Park (1994)		Muckstadt and Roundy (1993)
Lau and Lau (1994)		Van Eijs (1994)

#### 3.4.1.1 Συντονισμός αγοραστή-προμηθευτή

Η εφοδιαστική αλυσίδα αρχίζει με την προμήθεια των πρώτων υλών ή των εξαρτημάτων, το κόστος των οποίων όπως σημειώνουν οι συγγραφείς μπορεί να ξεπερνάει και το 50% του κόστους πωληθέντων. Κατά συνέπεια ο συντονισμός αγοραστή – προμηθευτών είναι κρίσιμος για την συνολική αποδοτικότητα της ΕΑ.

Οι Thomas and Griffin στην κατηγορία αυτή των προβλημάτων αναγνωρίζουν ότι τα παραδοσιακά μοντέλα επικεντρώνονται βασικά στον εντοπισμό της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας μόνο για τον αγοραστή. Υποστηρίζουν ταυτόχρονα ότι η μεθοδολογία αυτή μπορεί να οδηγήσει σε υποβέλτιστες λύσεις για το συνολικό κόστος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στην συνέχεια λοιπόν εξετάζουν κάποιες νέες προσεγγίσεις που αναζητούν την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας για το σύστημα αγοραστή – προμηθευτή, οι οποίες σε συνδυασμό με μία μεθοδολογία κατάλληλου επιμερισμού του κόστους θα είναι επωφελής και για τις δύο πλευρές.

Οι Lee and Rosenblatt (1968) αναπτύσσουν έναν αλγόριθμο για να καθορίσουν ένα πρόγραμμα βελτιστοποίησης του κέρδους μέσω εκπτώσεων ποσότητας, για ένα μοντέλο ενιαίου προϊόντος και ενός αγοραστή. Το μοντέλο τους βασίζεται στην παρατήρηση ότι όταν ένας αγοραστής υιοθετεί την πολιτική ΕΟQ και τα κόστη παραγγελίας και δέσμευσης κεφαλαίων είναι γνωστά, μια ορισμένη ποσότητα παραγγελίας μπορεί να προσδιοριστεί από ένα κατάλληλο πρόγραμμα τιμολόγησης έκπτωσης ποσότητας.

Επεκτείνουν την προηγούμενη εργασία του Monahan [1984] με την απαίτηση ενός ελάχιστου περιθωρίου κέρδους και επιτρέποντας στον προμηθευτή να αγοράσει σε οποιαδήποτε ποσότητα αντί για την lot-for-lot. Χωρίς αυτές τις προσθήκες, ο Monahan δείχνει ότι ο παράγοντας από τον οποίο η βέλτιστη ποσότητα διαταγής πρέπει να αυξηθεί είναι ο:

$$K^* = \sqrt{(S_2 / S_1) + 1}$$

όπου  $S_1$  και  $S_2$  είναι τα κόστη παραγγελίας για τον αγοραστή και τον προμηθευτή αντίστοιχα. Οι συγγραφείς σημειώνουν ότι αυτή η έκφραση είναι ανεξάρτητη από τα κόστη δέσμευσης κεφαλαίων του αγοραστή και του προμηθευτή.

Οι Lee and Rosenblatt αναπτύσσουν ένα πιο ρεαλιστικό μοντέλο και έναν αλγόριθμο για τον ταυτόχρονο εντοπισμό του βέλτιστου παράγοντα αύξησης της ποσότητας παραγγελίας  $K$  και της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας για τον προμηθευτή. Δείχνουν ότι η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας για τον προμηθευτή είναι ένας ακέραιος πολλαπλάσιος  $k$  της ποσότητας του αγοραστή. Χρησιμοποιώντας το γεγονός αυτό, παρουσιάζουν έναν αλγόριθμο για την εύρεση των βέλτιστων τιμών για το  $k$  και το  $K$ .

Ο Banerjee (1986) αναπτύσσει ένα κοινό οικονομικό μοντέλο μεγέθους παρτίδας (lot size model) για ένα σύστημα ενός αγοραστή και ενός προμηθευτή, όπου ο προμηθευτής έχει πεπερασμένο ρυθμό παραγωγής. Με την παραδοχή ότι είναι απαραίτητη η προετοιμασία της παραγωγής κάθε φορά που τοποθετείται μια παραγγελία, δείχνει ότι η βέλτιστη κοινή ποσότητα παραγωγής ή παραγγελίας είναι:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D(S_1 + S_2)}{r(C_v(D/P) + C_o)}}$$

όπου το  $D$  είναι η ετήσια ζήτηση,  $P$  είναι ο ετήσιος ρυθμός παραγωγής,  $r$  είναι το κόστος ανά μονάδα μεταφοράς και  $C_v$ ,  $C_o$  είναι το κόστος ανά μονάδα παραγωγής και κόστος ανά μονάδα αγοράς, αντίστοιχα.

Ο Goyal (1988) επεκτείνει το μοντέλο του Banerjee καθιστώντας πιο ελαστικές παραδοχές για την παραγωγή lot-for-lot. Υποστηρίζει ότι η οικονομική ποσότητα παραγγελίας θα είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της ποσότητας αγοράς του αγοραστή. Για δεδομένο ακέραιο πολλαπλάσιο  $n$ , η οικονομική ποσότητα παραγγελίας του αγοραστή αποδεικνύεται ότι είναι:

$$Q(n) = \sqrt{\frac{2D(S_1 + S_2/n)}{r(C_Q - C_V + nC_V(1 + D/P))}}$$

Η βέλτιστη τιμή του  $n$  ικανοποιεί την ανισότητα:

$$n^*(n^* + 1) \geq \frac{S_2(C_Q - C_V)}{S_1 C_V(1 + D/P)} \geq n^*(n^* - 1)$$

Οι Anupindi and Akella (1993) αναπτύσσουν βέλτιστες πολιτικές παραγγελίας για έναν αγοραστή με πολλαπλούς προμηθευτές. Τρία μοντέλα παρουσιάζονται. Στο πρώτο μοντέλο, όλα τα αγαθά που παραγγέλλονται από τον προμηθευτή  $i$  φθάνουν στην τρέχουσα περίοδο με πιθανότητα  $\beta_i$  και στην επόμενη περίοδο με πιθανότητα  $1 - \beta_i$ . Στο δεύτερο μοντέλο, παραδίδεται ένα τυχαίο μέρος της ζήτησης στην τρέχουσα περίοδο και το υπόλοιπο ακυρώνεται. Το τρίτο μοντέλο είναι παρόμοιο με το δεύτερο, με τη διαφορά το ότι το υπόλοιπο παραδίδεται στην επόμενη περίοδο. Για κάθε μοντέλο παρουσιάζεται μια βέλτιστη πολιτική παραγγελίας βάσει της οποίας δεν παραγγέλλεται τίποτα, όταν το επίπεδο αποθέματος υπερβαίνει το άνω όριο, πραγματοποιείται παραγγελία από έναν προμηθευτή όταν το επίπεδο αποθέματος είναι ανάμεσα στα όρια και πραγματοποιούνται παραγγελίες από αμφότερους τους προμηθευτές όταν το επίπεδο αποθέματος είναι υπολείπεται του κάτω ορίου.

Οι Kohli and Park (1994) ερευνούν τις πολιτικές κοινών παραγγελιών ως μέθοδο για την μείωση των δαπανών στις συναλλαγές μεταξύ ενός προμηθευτή και μιας ομοιογενούς ομάδας αγοραστών. Παρουσιάζουν εκφράσεις για τις βέλτιστες κοινές ποσότητες παραγγελιών, υποθέτοντας ότι όλα τα προϊόντα περιέχονται σε κάθε κοινή παραγγελία.

Το μοντέλο τους υπολογίζει την εξοικονόμηση στις σταθερές δαπάνες παραγγελίας, αλλά δεν μοντελοποιεί τις δαπάνες μεταφορών. Στην πραγματικότητα, ο διαμοιρασμός των παραγγελιών σε πολλαπλούς προμηθευτές, οδηγεί σε μικρότερες μεταφερόμενες ποσότητες. Μικρότερες μεταφερόμενες ποσότητες πιθανότατα επιφέρουν μεγαλύτερες δαπάνες ανά μεταφερόμενη μονάδα. Επιπλέον, η απαίτηση ότι κάθε προϊόν συμπεριλαμβάνεται σε κάθε παραγγελία είναι περιοριστική. Οι συντάκτες παραδέχονται αυτή την αδυναμία και επισημαίνουν ότι η χαλάρωση

αυτής της παραδοχής έχει ως αποτέλεσμα ένα πρόβλημα διαχωρισμού ομάδας (set-partitioning), το οποίο είναι NP- πλήρες.

Οι Lau and Lau (1994) καθορίζουν τη βέλτιστη πολιτική παραγγελίας για έναν αγοραστή χρησιμοποιώντας ένα (Q-R) συνεχές σύστημα ανασκόπησης, με δύο προμηθευτές. Ο ένας προμηθευτής έχει χαμηλότερη τιμή αλλά χειρότερη απόδοση χρόνου διεκπεραίωσης. Θεωρείται ότι ισχύει σύστημα πλήρους αποδοχής παραγγελιών (full backordering). Η ζήτηση είναι αιτιοκρατική και οι χρόνοι διεκπεραίωσης παράδοσης είναι στοχαστικοί, με γνωστές κατανομές. Οι συντάκτες αναπτύσσουν μια έκφραση του συνολικού κόστους ως συνάρτηση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας  $Q^*$ , του βέλτιστου σημείου αναπλήρωσης  $R^*$  και του βέλτιστου ποσοστού ποσότητας παραγγελίας από τον δεύτερο προμηθευτή  $r_2$  ( $r_1=1-r_2$ ). Το μέσο απόθεμα για την περίπτωση των δύο προμηθευτών αποδεικνύεται για να είναι:

$$R - \mu_1 d + \frac{1}{2} Q - r_2 d (\mu_1 - \mu_2)$$

όπου  $\mu_1$  και  $\mu_2$  είναι οι μέσοι χρόνοι ανοχής (γίνεται η υπόθεση ότι  $\mu_1 > \mu_2$ ) και  $d$  είναι η ζήτηση. Στην περίπτωση του ενός προμηθευτή, το μέσο απόθεμα είναι:

$$R - \mu_1 d + \frac{1}{2} Q$$

υπονοώντας μια μείωση στο απόθεμα κατά  $r_2 d (\mu_1 - \mu_2)$ , όταν χρησιμοποιούνται και οι δύο προμηθευτές. Παρουσιάζονται αριθμητικά παραδείγματα, όπου οι εξισώσεις κόστους ελαχιστοποιούνται χρησιμοποιώντας την IMSL αριθμητική υπορουτίνα BCPOL.

#### 3.4.1.2 Συντονισμός παραγωγής-διανομής

Η σύνδεση παραγωγής-διανομής στην εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να λάβει πολλές μορφές. Τα προϊόντα μπορούν να κατασκευαστούν και να αποσταλούν στα κέντρα διανομής, στους λιανοπωλητές ή σε άλλες μονάδες. Οι Thomas and Griffin παρατηρούν ότι ενώ η βιβλιογραφία για τον προγραμματισμό παραγωγής και για τον προγραμματισμό των διανομών είναι πλούσια, τα μοντέλα που αποπειρώνται να αντιμετωπίσουν τις δύο αυτές κατηγορίες προβλημάτων ταυτόχρονα, είναι λίγα.

Οι λόγοι που θεωρούν οι συγγραφείς ότι συμβαίνει αυτό, αφορούν καταρχήν στην δυσκολία επίλυσης των προβλημάτων αυτών, αφού ακόμη και όταν αντιμετωπίζονται απομονωμένα τα προβλήματα προγραμματισμού παραγωγής και δρομολόγησης οχημάτων είναι εξαιρετικά πολύπλοκα. Δεύτερον στην πράξη τα

προβλήματα αυτά χωρίζονται και αποσυνδέονται λόγω των αποθεμάτων και τέλος, συνήθως υπάρχουν υπεύθυνα διαφορετικά τμήματα για αυτές τις δραστηριότητες σε μία εταιρεία.

Ο Williams (1981) μελετά ευρετικές μεθόδους βάσει δυναμικού προγραμματισμού, που ελαχιστοποιούν το κόστος παραγωγής και διανομής σε ένα δίκτυο παραγωγής-συναρμολόγησης και σε ένα δενδροειδές δίκτυο διανομής με σταθερή ζήτηση για άπειρο χρονικό ορίζοντα. Ο αλγόριθμος συνδέει τα δίκτυα παραγωγής και διανομής σε ένα εικονικό κόμβο. Οι αλγόριθμοι δυναμικού προγραμματισμού εφαρμόζονται τόσο στις πλευρές παραγωγής και όσο και διανομής του δικτύου, ενεργώντας σε αντίθετες κατευθύνσεις, και οι δύο κινούμενοι προς τον εικονικό κόμβο. Το τελικό βήμα συνδυάζει τα δύο αποτελέσματα μέσω της ελαχιστοποίησης του κόστους των συστημάτων σε όλα τα πιθανά μεγέθη παρτίδων για τον εικονικό κόμβο.

Ο αλγόριθμος που παρουσιάζεται μπορεί να είναι υπολογιστικά δαπανηρός δεδομένου ότι στηρίζεται σε δυναμικό προγραμματισμό. Το πρόβλημα που εξετάζεται είναι βασικά το ίδιο με αυτό που εξετάζεται από τους Muckstadt and Roundy (1993), που συζητάται κατωτέρω. Τα κύρια πλεονεκτήματα του δυναμικού προγραμματισμού είναι διπλά. Καταρχήν, βρίσκονται οι βέλτιστες λύσεις και όχι οι σχεδόν βέλτιστες λύσεις. Δεύτερον, η διαμόρφωση του δυναμικού προγραμματισμού επιτρέπει γενικές συναρτήσεις για κάθε στάδιο στο δίκτυο. Αυτά τα κόστη λειτουργίας μπορούν ακόμα και να μην είναι αλγεβρικά αλλά να αναπαριστώνται σε μορφή πίνακα.

Ο Ishii et al. (1988) αντιμετωπίζουν το θέμα της πεπερασμένης ζωής προϊόντος σε ένα άρθρο το οποίο αναπτύσσει ένα μοντέλο για τον καθορισμό των ελάχιστων επιπέδων αποθέματος και του χρόνου ανοχής, ώστε να ελαχιστοποιείται το αδιάθετο απόθεμα των ξεπερασμένων προϊόντων με ρητά ορισμένο κύκλο ζωής. Οι συντάκτες εξετάζουν ένα σύστημα έλξης τριών σταδίων με παραγωγό, χονδρέμπορο και λιανοπωλητή. Ο χρόνος που αναλώνει ένα προϊόν σε ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να είναι αρκετά μεγάλος. Οι συγγραφείς σημειώνουν ότι στις βιομηχανίες όπου οι κύκλοι της ζωής προϊόντων είναι σύντομοι, όπως τα ηλεκτρονικά είδη, το «νεκρό» απόθεμα αποτελεί μια σοβαρή ανησυχία.

Ο Benjamin (1990) εξετάζει την επιλογή του τρόπου μεταφορών σε ένα δίκτυο παραγωγής-διανομής με πολλαπλά σημεία τροφοδοσίας και ζήτησης και για μία κατηγορία προϊόντων. Εξετάζονται τα κόστη προετοιμασίας της παραγωγής,

παραγγελίας και αποθέματος όπως και τα γραμμικά ή κοίλα κόστη μεταφορών. Το πρόβλημα διατυπώνεται ως μη γραμμικό μοντέλο και παρουσιάζεται μια ευρετική διαδικασία επίλυσης, μαζί με μια διαδικασία για τον υπολογισμό του κατώτερου ορίου στο συνολικό ελάχιστο. Η διαδικασία επίλυσης χρησιμοποιεί μια μορφή της αποσύνθεσης Bender με τον καθορισμό των ποσοτήτων παραγγελίας για την προέλευση, τον προορισμό και τη μέθοδο και λύνοντας έπειτα την υποπρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, ώστε να καθοριστούν οι ποσότητες αποστολής.

Αυτό το πρότυπο έχει μια σημαντική συμβολή στην προσπάθειά για μοντελοποίηση του κόστους των μεταφορών για πολλαπλές επιλογές μεθόδου. Αν και οι μη γραμμικές δαπάνες μεταφορών καθιστούν το μοντέλο δυσκολότερο, τα μοντέλα με γραμμικά έξοδα μεταφοράς έχουν πολύ περιορισμένη εφαρμογή στην πράξη.

Οι Haq et al. (1991) αναπτύσσουν ένα πρόγραμμα μικτών ακεραίων για να καθορίσουν τα μεγέθη παρτίδων της παραγωγής και της διανομής που ελαχιστοποιούν το κόστος του συστήματος σε ένα πολύ επίπεδο σύστημα παραγωγής- αποθέματος- διανομής. Το κόστος του συστήματος περιλαμβάνει το μοναδιαίο κόστος παραγωγής, το κόστος προετοιμασίας, το κόστος μεταφοράς και αποστολής. Όλα τα κόστη είναι είτε ορισμένα είτε γραμμικά.

Οι Pyke and Cohen (1993) παρουσιάζουν ένα μοντέλο αλυσίδας Markov για μία εφοδιαστική αλυσίδα τριών επιπέδων και ενός προϊόντος., αποτελούμενη από ένα εργοστάσιο, μία αποθήκη τελικών προϊόντων και έναν λιανοπωλητή. Η απόδοση αυτού του συστήματος αξιολογείται, με εστίαση στον κύκλο αναπλήρωσης των τελικών αγαθών. Παρουσιάζονται σχεδόν βέλτιστοι αλγόριθμοι για την καθορισμό του μεγέθους παρτίδας, της τυπικής ποσότητας παρτίδας αναπλήρωσης, του τυπικού σημείου αναπλήρωσης, του σημείου επίσπευσης της αναπλήρωσης και των επιπέδων αποθέματος στον λιανοπωλητή. Ένα μοντέλο προσομοίωσης πολλαπλών προϊόντων χρησιμοποιείται για να εξετάσει την ακρίβεια της προσέγγισης του ενός προϊόντος.

Οι συντάκτες διαπιστώνουν ότι η προσέγγιση του ενός προϊόντος λειτουργεί καλά όταν η χρησιμοποίηση δεν είναι πολύ υψηλή και ο αριθμός των κύκλων που περιέχουν επίσπευση της παραγγελίας είναι σχετικά μικρός. Αυτό ισχύει διότι η ενιαία προσέγγιση προϊόντων δεν υπολογίζει τους πρόσθετους χρόνους προετοιμασίας και την καθυστέρηση στην αναμονή που μπορούν να προκύψουν υπό τις παραπάνω συνθήκες.



Σε ένα συμπληρωματικό άρθρο οι Pyke and Cohen (1994), παρουσιάζουν επέκταση του προηγούμενου μοντέλου σε πολλαπλά προϊόντα. Ένας αλγόριθμος παρουσιάζεται για να καθορίσει την κατά προσέγγιση κατανομή στην μόνιμη κατάσταση ορισμένων τυχαίων μεταβλητών, όπως του αριθμού των περιόδων ανάμεσα στις παρτίδες αναπλήρωσης, του αριθμού των περιόδων ανάμεσα στις εσπευσμένες παρτίδες και το επίπεδο του αποθέματος κατά την έναρξη του κύκλου. Αυτός ο αλγόριθμος αποδεικνύεται ότι να συγκλίνει. Διάφορες περιπτώσεις δοκιμάζονται και οι συγγραφείς παρέχουν ενδοσκόπηση στις αλληλεπιδράσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας που δημιουργούνται από συγκεκριμένες αποφάσεις. Ειδικότερα, σημειώνουν ότι με μικρά μεγέθη παρτίδων αναπλήρωσης, μειώνεται σημαντικά η παραγωγική δυναμικότητα (λόγω περισσότερων προετοιμασιών), αυξάνοντας κατά συνέπεια τους χρόνους ανοχής της παραγωγής. Η αύξηση αυτή ωθεί προς μεγαλύτερα αποθέματα στα κατάντη επίπεδα.

Ο Chien (1993) εξετάζει το πρόβλημα εύρεσης των ποσοτήτων παραγωγής και αποστολής ενός προϊόντος που να μεγιστοποιούν το κέρδος. Οι εβδομαδιαία ζήτηση υποτίθεται ότι είναι ανεξάρτητη και στάσιμη και ακολουθεί μια γνωστή κατανομή πιθανότητας. Οι δαπάνες μεταφορών μοντελοποιούνται με μια σταθερή δαπάνη ανά φορτηγό και χωρίς κανένα μεταβλητό κόστος. Εκφράσεις για το κόστος παραγωγής, το κόστος μεταφορών, το κόστος ρήτρας ποινής λόγω έλλειψης, το κόστος μεταφοράς αποθεμάτων, το κανονικό εισόδημα και το εισόδημα διάσωσης (των απούλητων μονάδων) αναπτύσσονται ως συναρτήσεις της συνάρτησης πυκνότητας της ζήτησης. Μια επαναληπτική διαδικασία παρουσιάζεται και χρησιμοποιείται για την εύρεση των σχεδόν βέλτιστων λύσεων, στις περιπτώσεις δοκιμής που υποθέεται ομοιόμορφη κατανομή ζήτησης. Το χάσμα των σχεδόν βέλτιστων λύσεων προσδιορίστηκε πειραματικά ότι είναι μεταξύ 0.2% to 3.8%.

Οι Chandra and Fisher (1994) παρουσιάζουν ένα μοντέλο μιας μονάδας, πολλαπλών πελτών και πολλαπλών μοντέλων, το οποίο επιδιώκει να συνδυάσει ένα πρόβλημα προγραμματισμού παραγωγής με ένα πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων. Παρουσιάζονται δύο διαδικασίες επίλυσης: η «ασυντόνιστη» και η «συντονισμένη». Στην ασυντόνιστη προσέγγιση, το πρόβλημα προγραμματισμού παραγωγής λύνεται με βελτιστοποίηση και το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων για κάθε περίοδο επιλύεται ευρετικά. Η διαδικασία εν συνεχεία αποσκοπεί στην βελτίωση της λύσης με τον συνδυασμό της αποστολής σε ένα συγκεκριμένο πελάτη

με την αποστολή σε εκείνο τον πελάτη σε προηγούμενη περίοδο, ενώ παρατηρείται η ισορροπία του αποθέματος και περιορισμοί χωρητικότητας των οχημάτων. Η συντονισμένη διαδικασία λαμβάνει τη λύση από την ασυντόνιστη προσέγγιση και αποσκοπεί στην σταθεροποίηση των μεταβολών που μπορούν να γίνουν όταν το πρόγραμμα παραγωγής μπορεί να αλλάξει.

Αμφότερες οι δύο διαδικασίες εξετάστηκαν εκτενώς σε υποθετικά στοιχεία. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η αξία του συντονισμού της παραγωγής και της διανομής αυξάνεται καθώς η παραγωγική ικανότητα γίνεται λιγότερο περιορισμένη, ο χρονικός ορίζοντας αυξάνεται, τα κόστη δέσμευσης κεφαλαίων μειώνονται και τα κόστη προετοιμασίας επίσης μειώνονται.

### **3.4.1.3 Συντονισμός αποθεμάτων-διανομών**

Ο πρώτος τομέας της έρευνας που εξέτασε το συντονισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας ήταν τα πολυεπίπεδα συστήματα αποθέματος. Οι Thomas and Griffin υπογραμμίζουν ότι οι αυξανόμενες απαιτήσεις εξυπηρέτησης των πελατών, καθιστούν κρίσιμη την αποτελεσματική διαχείριση αυτού του μέρους της ΕΑ.

Οι Clark and Scarf (1960) παρείχαν μια από τις πιο πρώιμες προσπάθειες σε αυτήν την περιοχή. Παρουσιάζουν μια επαναλαμβανόμενη προσέγγιση αποσύνθεσης, ώστε να καθορίσουν τις βέλτιστες πολιτικές για γραμμικές πολυεπίπεδες δομές. Οι Silver and Peterson (1985) παρέχουν ένα σχηματισμό και μελέτη επί απλών συστημάτων αποθέματος δύο επιπέδων.

Οι Muckstadt and Thomas (1980) ερευνούν τη δυνατότητα εφαρμογής των μεθόδων πολυ-επίπεδων μεθόδων σε συστήματα μικρής ζήτησης. Δύο προσεγγίσεις παρουσιάζονται για τον καθορισμό των επιπέδων αποθεμάτων σε ένα σύστημα δύο επιπέδων, η αποσύνθεση στοιχείων και η αποσύνθεση επιπέδων. Η αποσύνθεση επιπέδων θέτει έναν συνολικό στόχο στάθμης εξυπηρέτησης για κάθε επίπεδο. Η αποσύνθεση στοιχείων καθορίζει τη στάθμη των αποθεμάτων για κάθε στοιχείο σε κάθε επίπεδο. Αμφότερες οι δύο προσεγγίσεις χρησιμοποιούν μια lagrangian τεχνική χαλάρωσης που οδηγεί σε ξεχωριστά προβλήματα που μπορούν να επιλυθούν εύκολα. Παρουσιάζονται πραγματικά στοιχεία από ένα μεγάλο βιομηχανικό σύστημα διανομής ανταλλακτικών. Η αποσύνθεση στοιχείων ξεπερνά την αποσύνθεση επιπέδων σε αυτήν την περίπτωση και το συμπέρασμα είναι ότι ο ρόλος των υψηλότερων επιπέδων είναι να υποστηρίξουν τα χαμηλότερα επίπεδα

και ότι η αξιολόγηση της απόδοσης του πιο υψηλού επιπέδου βάσει του ρυθμού fill μπορεί να οδηγήσει σε κακή απόδοση.

Οι Erkip et al. (1990) παρουσιάζουν μια προσέγγιση προσδιορισμού των βέλτιστων πολιτικών παραγγελίας, στην περίπτωση ενός κεντρικού σταθμού από τον οποίο πραγματοποιούνται διανομές σε πολλαπλές αποθήκες με συσχετισμένη ζήτηση. Καθορίζεται μία βέλτιστη παραγγελία, μέχρι πλήρωσης ενός επιπέδου (order-up-to level) όταν υπάρχει υψηλή συσχέτιση στην ζήτηση σε διαδοχικές περιόδους, όπως και όταν υπάρχει υψηλή συσχέτιση στην ζήτηση για το ίδιο αντικείμενο σε διαφορετικές τοποθεσίες. Η αποτελεσματική τυπική απόκλιση υπολογίζεται ως ποσοστό του συντελεστή συσχέτισης. Οι συντελεστές συσχέτισης που παρατηρούνται από τους συγγραφείς ανάμεσα σε έναν παραγωγό καταναλωτικών προϊόντων και τον διανομέα, αύξησε την τυπική απόκλιση σημαντικά, έχοντας ως αποτέλεσμα αρκετά υψηλότερα επίπεδα αποθέματος ασφαλείας.

Οι Svoronos and Zipkin (1991) αξιολογούν την απόδοση των δενδροειδών συστημάτων αποθέματος / διανομής με ανεξάρτητη ζήτηση Poisson στο χαμηλότερο κλιμάκιο / επίπεδο, υποθέτοντας στοχαστικούς χρόνους διέλευσης και πολιτική αναπλήρωσης «ένα - για – ένα». Οι συντάκτες αναπτύσσουν μια προσέγγιση για τη χρησιμοποίηση δύο στιγμών του χρόνου διέλευσης ώστε να προσεγγίσουν τις συναρτήσεις πυκνότητας για το απόθεμα και τις ανικανοποίητες παραγγελίες στο ίδιο στάδιο, δεδομένου του ελάχιστου επιθυμητού αποθέματος. Η προσέγγιση μπορεί να εφαρμοστεί κατ' επανάληψη ώστε να αναπτυχθούν πυκνότητες για κάθε στάδιο στο πολυεπίπεδο σύστημα. Οι κατά προσέγγιση πυκνότητες που αναπτύχθηκαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να σχηματίσουν ένα συνολικό μοντέλο βελτιστοποίησης κόστους ώστε να καθοριστούν τα ελάχιστα επίπεδα αποθέματος.

Οι Rogers and Tsubakitani (1991) αναπτύσσουν τις απαραίτητες συνθήκες για τα βέλτιστα επίπεδα αποθέματος, ενός συστατικού που χρησιμοποιείται σε πολλαπλάσια τελικά προϊόντα (δηλ. σε πολλαπλές τοποθεσίες), υποκείμενο σε ένα συνολικό περιορισμό επενδύσεων. Οι βέλτιστες συνθήκες παίρνουν τη μορφή ενός κρίσιμου λόγου παρόμοιου με τον κρίσιμο λόγο στο κλασσικό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη:

$$F(Z^*) = p_u / (p_u + p_o)$$

όπου  $F(\cdot)$  είναι συνάρτηση αθροιστικής κατανομής της ζήτησης,  $Z^*$  είναι η βέλτιστη ποσότητα αποθέματος, ενώ  $p_u$  και  $p_o$ , είναι τα κόστη υπο-αποθέματος και υπέρ-αποθέματος.

Η κρίσιμη αναλογία για τα επίπεδα αποθέματος των τελικών προϊόντων λαμβάνει ακριβώς τη μορφή της αναλογίας στην περίπτωση του εφημεριδοπώλη, δηλαδή, το αναμενόμενο κόστος υπο- αποθέματος στον αριθμητή και το αναμενόμενο κόστος υπο- αποθέματος συν το αναμενόμενο κόστος υπέρ- αποθέματος στον παρανομαστή. Η μόνη διαφορά είναι αυτή του αναμενόμενου κόστους υπέρ-αποθέματος που είναι συνάρτηση του βέλτιστου πολλαπλασιαστή Lagrange. Η αναλογία για το απόθεμα των συστατικών δεν είναι τόσο απλή, αφού το κόστος του υπο- αποθέματος είναι μια περίπλοκη συνάρτηση των επιπέδων αποθέματος των τελικών προϊόντων.

Αυτά τα αποτελέσματα παρέχουν μόνο τους απαραίτητους όρους, δεδομένου ότι οι κρίσιμες αναλογίες είναι συναρτήσεις ενός πολλαπλασιαστή lagrange που αναπαριστά τον δυαδικό περιορισμό του προϋπολογισμού. Κάποια αριθμητική τεχνική βελτιστοποίησης απαιτείται για να βρεθεί ο βέλτιστος πολλαπλασιαστής. Κάποια αριθμητική τεχνική βελτιστοποίησης απαιτείται για να βρει το βέλτιστο πολλαπλασιαστή.

Οι Ernst and Pyke (1993) μελετούν ένα δισδιάστατο σύστημα αποτελούμενο από μία αποθήκη και έναν λιανοπωλητή, με την τυχαία εμφάνιση ζήτησης μόνο στον λιανοπωλητή. Τόσο οι λιανοπωλητές όσο και η αποθήκη λειτουργούν κάτω από μία πολιτική ελάχιστου αποθέματος. Υποτίθεται ότι η αποθήκη έχει έναν στόλο οχημάτων ή ισοδύναμα μια μακροπρόθεσμη συμφωνία για συγκεκριμένες δυνατότητες σε ποσότητα οχημάτων. Οι κοινές αποστολές μεταφορέων χρησιμοποιούνται όταν ο κανονικός στόλος δεν είναι επαρκής. Η βέλτιστη ικανότητα οχημάτων, οι περίοδοι επιθεώρησης και οι πολιτικές ελάχιστων αποθεμάτων αναπτύσσονται για διάφορες περιπτώσεις δοκιμών, με την υπόθεση ζήτησης κανονικής κατανομής.

Με το γραμμικό κόστος η βέλτιστη ικανότητα των οχημάτων είναι μηδέν σε πολλές περιπτώσεις, με ζήτηση μεγαλύτερη από την μέση σε μερικές περιπτώσεις και μικρότερη σε άλλες. Γενικά, καθώς η μεταβλητότητα της ζήτησης αυξάνεται, η ικανότητα των οχημάτων σε σχέση με την μέση ζήτηση επίσης αυξάνεται. Τα

αποτελέσματα με κοίλες δαπάνες είναι παρόμοια, αν και η βέλτιστη ικανότητα των οχημάτων τείνει να είναι υψηλότερη, δεδομένου ότι το επαυξητικό κόστος της ικανότητας των οχημάτων είναι λιγότερο απ' ό,τι στη γραμμική περίπτωση. Οι δαπάνες δέσμευσης κεφαλαίων δεν έχουν καμία επίδραση στα αποτελέσματα, μιας και υποθέτεται ότι οι κανονικές αποστολές και οι κοινές αποστολές μεταφορέων φθάνουν στο λιανοπωλητή περίπου συγχρόνως.

Οι Muckstadt and Roundy (1993) παρουσιάζουν αποδοτικούς αλγόριθμους για την εξεύρεση σχεδόν βέλτιστων λύσεων σε πολυεπίπεδα δίκτυα παραγωγής ή διανομής. Οι συγγραφείς εξετάζουν πολιτικές φωλιασμένων δυνάμεων του δύο όπου κάθε στάδιο πρέπει να παραγάγει ένα πολλαπλάσιο δύο (δηλ. 1, 2, 4, ...,  $2^k$ ) φορές συχνότερα από ότι κάθε στάδιο προγόνου. Αποδεικνύεται ότι για τα σειριακά συστήματα και για τα δένδροειδή συστήματα συναρμολόγησης, οι φωλιασμένες (nested) πολιτικές είναι βέλτιστες και οι πολιτικές φωλιασμένων δυνάμεων του δύο μπορούν να παρεκκλίνουν από την βέλτιστη φωλιασμένη πολιτική το πολύ κατά 6%, με μια σταθερή περίοδο προγραμματισμού και 2% εάν η περίοδος προγραμματισμού είναι μεταβλητή. Παρουσιάζονται πολύ γρήγοροι αλγόριθμοι ( $O(n \log n)$ ) όπου  $n$  είναι ο αριθμός των σταδίων. Αυτοί οι αλγόριθμοι είναι βασισμένοι σε ταξινόμηση των σταδίων με βάση την αναλογία του κόστους προετοιμασίας προς το κόστος δέσμευσης κεφαλαίων και την συγκέντρωση σταδίων που θα χρησιμοποιήσουν το ίδιο διάστημα αναπλήρωσης. Ο αλγόριθμος επεκτείνεται στα δένδροειδή δίκτυα διανομής, όπου και πάλι η βέλτιστη πολιτική φωλιασμένων δυνάμεων του δύο παρεκκλίνει από την βέλτιστη πολιτική κατά 6% και 2% όπως παραπάνω. Σε αυτήν την περίπτωση, ωστόσο, μια φωλιασμένη πολιτική δεν είναι εγγυημένα βέλτιστη και μπορεί στην πραγματικότητα να είναι ιδιαίτερα κακή.

Παρουσιάζεται ένας  $O(n^4)$  αλγόριθμος για την επίλυση γενικών, άκυκλων δικτύων παραγωγής - διανομής. Ο αλγόριθμος επιλύει διάφορα προβλήματα μέγιστης ροής, για να εντοπίσει μία βέλτιστη συγκέντρωση σταδίων (στάδια που θα χρησιμοποιήσουν το ίδιο διάστημα αναπλήρωσης). Ξανά, αυτός ο αλγόριθμος παράγει λύσεις που είναι ανάμεσα στο 6% και 2% μιας βέλτιστης φωλιασμένης πολιτικής. Ένας αλγόριθμος για να επιλυθεί μια έκδοση περιορισμένων πόρων του προβλήματος επίσης παρουσιάζεται. Μια lagrangian προσέγγιση χαλάρωσης χρησιμοποιείται, όποιος δεν είναι εγγυημένο ότι συγκλίνει, παρόλο που λειτούργησε καλά στην πρακτική εφαρμογή (βλ. Jackson et al. (1988)).

Παρουσιάζεται ένας γρήγορος αλγόριθμος ( $O(NI \log NI)$ ,  $N$  σταδίων  $I$  προϊόντων) για τον υπολογισμό μη φωλιασμένων δυνάμεων του δύο πολιτικών για συστήματα μίας αποθήκης, πολλαπλών λιανοπωλητών, πολλαπλών προϊόντων. Τα αποτελέσματα αποδεικνύεται ότι είναι μέσα στο 6% και 2% του βέλτιστου, όπως ανωτέρω.

Ο Van Eijs (1994) παρουσιάζει μία ευρετική διαδικασία για την μείωση του κόστους μεταφορών για ένα αγοραστή  $N$  αντικειμένων, υιοθετώντας ένα συντονισμένο σύστημα  $(R, S)$  περιοδικής αναθεώρησης. Η ζήτηση για κάθε στοιχείο υποτίθεται ότι είναι ανεξάρτητη και διανέμεται πανομοιότυπα για κάθε περίοδο. Τα κόστη μεταφορών υποτίθεται ότι είναι γραμμική συνάρτηση του μεγέθους παραγγελίας μέχρι ενός σημείου, με μηδέν επιπρόσθετο κόστος για κάποια πεπερασμένη ποσότητα προϊόντος μετά το σημείο αυτό. Η χρονική ανοχή υποτίθεται ότι είναι σταθερή. Αυτή η δομή κόστους είναι συνεπής με τα ποσοστά φόρτωσης (less than truckload (LTL) versus full-truckload (TL)), εντούτοις, η χρονική ανοχή είναι συχνά μεγαλύτερη για τη φόρτωση LTL και αυτό δεν λαμβάνεται υπόψιν.

Σε κάθε περίοδο αναθεώρησης, η ευρετική μέθοδος υπολογίζει την αναμενόμενη μείωση στο κόστος μεταφορών και αναμενόμενη αύξηση στο κόστος αποθέματος που σχετίζεται με την αύξηση του μεγέθους μιας παραγγελίας. Παρουσιάζονται αριθμητικά παραδείγματα, παρουσιάζοντας σημαντική αποταμίευση (μέχρι 20%) όταν εφαρμόζεται η ευρετική μέθοδος.

### 3.4.2 Στρατηγικός σχεδιασμός

Σε αυτή την ενότητα οι Thomas and Griffin επισκοπούν τα μοντέλα εφοδιαστικής αλυσίδας που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη της στρατηγικής λήψης αποφάσεων. Η στρατηγική λήψη αποφάσεων μπορεί να περιλαμβάνει: το άνοιγμα ή το κλείσιμο μονάδων ή κέντρων αποθήκευσης, επιλογή μονάδας για την εγκατάσταση εξοπλισμού, επιλογή μιας θέσης ή των θέσεων για την παραγωγή ενός νέου προϊόντος ή αξιολόγηση των αλλαγών στη ροή ενός συγκεκριμένου προϊόντος διαμέσου της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Οι συγγραφείς εστιάζουν σε αναλυτικά μοντέλα που εμφανίζονται στην ερευνητική βιβλιογραφία, σημειώνοντας ότι πολλές από τις αρχές στις οποίες στηρίζονται τα μοντέλα αυτά συζητώνται στην επιχειρησιακή βιβλιογραφία. Σημειώνουν ότι συγγραφείς όπως οι Hammer and Champy (1993) και Porter (1985) έχουν καταστήσει δημοφιλής έννοιες όπως το Business Process Re-engineering (BPR).

Επίσης υποστηρίζουν ότι ως φιλοσοφίες management, τα BPR και ΔΕΑ έχουν πολλά κοινά και ότι αμφότερες οι δύο προσεγγίσεις αναλύουν τις επιπτώσεις της προστιθεμένης αξίας όλων των δραστηριοτήτων σχετικών με μια επιχείρηση. Οι Evans et al. (1995) παρουσιάζουν τις ομοιότητες μεταξύ BPR και ΔΕΑ.

Οι O'Sullivan and Geringer (1993) παρουσιάζουν μια σημαντική έννοια στην ΔΕΑ ή αλλιώς ένα πλαίσιο re-engineering, την έννοια μιας φυσικής έναντι μιας εφαρμοσμένης αλυσίδας αξίας. Η φυσική αλυσίδα αξίας είναι το εννοιολογικό ιδανικό των απαραίτητων δραστηριοτήτων της αλυσίδας αξίας, ενώ η εφαρμοσμένη είναι μια ατελής υλοποίηση της. Οι συγγραφείς υπογραμμίζουν μία προσέγγιση για τον καθορισμό της φυσικής αλυσίδας αξίας και τονίζουν τη σημασία της διατήρησης αυτής της φυσικής αλυσίδας υπόψιν ενόσω ανασκευάζεται η πραγματική εφαρμοσμένη αλυσίδα.

Ένας μεγάλος αριθμός των στρατηγικών μοντέλων της ανασκόπησης, που παραθέτουν οι συγγραφείς, ανήκουν στον μικτό ακέραιο προγραμματισμό. Στον πίνακα 3.2 ταξινομούνται τα στρατηγικά μοντέλα σαν μεθοδολογική εργασία, περιπτώσιολογικές μελέτες ή συζήτηση των στρατηγικών ζητημάτων.

Πίνακας 3.2 Στρατηγικά μοντέλα		
Μεθοδολογίες	Περιπτώσιολογικές μελέτες	Συζήτηση
Geoffrion and Graves (1974)	Kleutghen and McGee (1985)	Lee and Billington (1992)
Burns, Hall, Blumenfeld and Daganzo (1985)	Larson (1988)	Novack, Rinehart and Fawcett (1993)
Brown, Graves and Honczarenko (1987)	Van Roy (1989)	Gelders, Mannaerts and Maes (1994)
Cohen and Lee (1988, 1989)	Martin, Dent and Eckhart (1993)	Fawcett (1995)
Wikner, Towill and Nairn (1991)	Davis (1993)	Benjamin and Wigand (1995)
Lee and Billington (1993)	Pooley (1994)	Geoffrion and Powers (1995)
Bitran and Sarkar (1994)	Ashayeri, Westerhof and Van Alst (1994)	O'Sullivan and Geringer (1993)
	Arntzen, Brown, Hamson and Trafton (1995)	
	Cohen and Lee (1989)	
	Berrv, Nairn and Towill (1995)	

#### 3.4.2.1 Μοντέλα μικτού ακέραιου προγραμματισμού

Η πλειοψηφία των μοντέλων στρατηγικού προγραμματισμού ανήκουν στον μικτό ακέραιο προγραμματισμό. Σε ένα από τα πρώτα άρθρα που εξέτασε το σχεδιασμό συστημάτων διανομής, οι Geoffrion and Graves [32] παρουσίασαν ένα σχηματισμό μικτού ακέραιου προγραμματισμού από multi-commodity σχεδιασμό συστήματος

διανομής. Ένα υποσύνολο από κέντρα διανομής επιλέγεται από μία λίστα με πιθανές τοποθεσίες. Οι ζώνες πελατών με γνωστή ζήτηση πρέπει να ανατίθενται αποκλειστικά σε ένα κέντρο διανομής. Για κάθε κέντρο διανομής που ανοίγεται, υπάρχει ένας ελάχιστος και ένας μέγιστος ρυθμός λειτουργίας. Αυτό επιτρέπει την μοντελοποίηση του μη γραμμικού κόστους στο κέντρο διανομής ως συνάρτηση του ρυθμού λειτουργίας του. Οι περιορισμοί εφοδιασμού διατυπώνονται για κάθε συνδυασμό εγκατάστασης-προϊόντος, καθορίζοντας αποτελεσματικά το μίγμα παραγωγής κάθε εγκατάστασης. Παρουσιάζεται μια διαδικασία επίλυσης βασισμένη στην αποσύνθεση του Bender. Αυτή η αποσύνθεση χωρίζει το πρόβλημα σε κάθε επανάληψη σε διάφορα εύκολα επιλύσιμα LPs (ένας για κάθε προϊόν). Τα υπολογιστικά αποτελέσματα δείχνουν ότι η αποσύνθεση του Bender αποδίδει εντυπωσιακά καλά σε αυτήν την κατηγορία προβλημάτων.

Πιο πρόσφατα, οι Geoffrion and Powers (1994) συζητούν την εξέλιξη του στρατηγικού σχεδιασμού συστημάτων διανομής στα είκοσι έτη από το άρθρο των Geoffrion and Graves (1974). Σημειώνουν μερικές σημαντικές αλλαγές στους αλγόριθμους, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης ειδικευμένων εργαλείων επίλυσης της ροής δικτύων. Εντούτοις, οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι οι τεχνολογικές αλλαγές και οι αλλαγές στην εταιρική φιλοσοφία, έχουν ασκήσει πολύ μεγαλύτερη επίδραση στο σχεδιασμό συστημάτων διανομής. Ειδικότερα, υποστηρίζουν ότι η άνοδος των logistics ως εταιρική λειτουργία και η εξέλιξη των ισχυρών υπολογιστών γραφείου και της αρχιτεκτονικής client- εξυπηρετητών έχουν επηρεάσει το σχεδιασμό διανομής κατά τρόπο απρόβλεπτο από την ερευνητική κοινότητα. Το πληροφοριακό λογισμικό και το λογισμικό logistics επιτρέπει στους διαχειριστές να αξιολογούν διαφορετικές στρατηγικές και σενάρια.

Οι Cohen and Lee (1989) παρουσιάζουν ένα μοντέλο ακέραιου προγραμματισμού σχεδιασμένο να υποστηρίξει την στρατηγική λήψη απόφασης ανάθεσης των πόρων σε ένα παγκόσμιο δίκτυο παραγωγής και διανομής. Οι συγγραφείς περιγράφουν διαφορετικές στρατηγικές ανάθεσης των πόρων για κάθε ένα από τα βασικά στάδια ΕΑ. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας απόφασης θα ήταν η επιλογή ανάμεσα σε μια περιφερειακή στρατηγικής εγκαταστάσεων, όπου κάθε εργοστάσιο του δικτύου θα παράγει μια πλήρη γραμμή προϊόντων και εξυπηρετεί πλήρως μια περιοχή πελατών και μια παγιωμένη στρατηγική, όπου η παραγωγή είναι κεντρική. Σαφώς, η απόφαση επέκτασης εγκαταστάσεων έχει σημαντικές επιπτώσεις στις απαιτήσεις του συστήματος διανομής.



Ο στόχος του μοντέλου ακέрайου προγραμματισμού είναι να μεγιστοποιήσει τα κέρδη μετά φόρων, ωστόσο, ο τεράστιος αριθμός από 0-1 μεταβλητές καθιστά απαραίτητο το μοντέλο να επιλυθεί με ιεραρχικό τρόπο. Αυτό σημαίνει, ότι το μοντέλο χρησιμοποιείται για να καθορίσει την ανάθεση των πόρων, λαμβάνοντας υπόψη μια δομή logistics. Στην πράξη, ένα τέτοιο εργαλείο είναι χρήσιμο για την εκτίμηση και την υποστήριξη της στρατηγικής λήψη απόφασης. Επιπλέον, οι εταιρίες που θα χρησιμοποιούσαν ένα τέτοιο μοντέλο θα είχαν πιθανότατα μια υπάρχουσα δομή logistics, το οποίο καθιστά κατάλληλο τον καθορισμό των μεταβλητών.

Οι Brown et al. (1987) παρουσιάζουν ένα ακέрайο μικτό σχηματισμό για ένα multi-commodity σύστημα παραγωγής-διανομής. Ο σχηματισμός αντιμετωπίζει τα ανοίγματα και κλεισίματα των μονάδων, την ανάθεση του εξοπλισμού στις εγκαταστάσεις και την παράδοση πολλαπλών προϊόντων άμεσα από τις εγκαταστάσεις στις ζώνες πελατών. Παρουσιάζεται μια πρωταρχικής σπουδαιότητας μέθοδος αποσύνθεσης στόχου, με βάση την παρατήρηση ότι ο καθορισμός του ανοίγματος εγκαταστάσεων, η ανάθεση του εξοπλισμού σε εκείνες τις εγκαταστάσεις και η παραγωγή σε κάθε εγκατάσταση έχει ως αποτέλεσμα καθαρά υποπροβλήματα δικτύων, ένα για κάθε commodity.

Το κύριο πρόβλημα περιλαμβάνει ένα σύνολο στόχων παραγωγής που μπορούν να παραβιαστούν με γραμμικό κόστος ποινής. Τα κόστη ποινής καθορίζονται από μία ευρετική μέθοδο, η οποία εξετάζει τις ελλείψεις και τις περισσειες στην παραγωγή στα διαδοχικά κύρια προβλήματα. Αναπτύχθηκε ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για να χρησιμοποιηθεί στην Nabisco Foods, Inc. Αναφέρονται τα υπολογιστικά αποτελέσματα για τα μεγάλα, πρακτικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν στρατηγικές αποφάσεις όπως roll-out νέων προϊόντων και κλεισίματα εγκαταστάσεων. Οι συγγραφείς προτείνουν ότι αυτό το είδος της αποσύνθεσης παρέχει μια σημαντική βελτίωση σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους αποσύνθεσης.

Ο Van Roy (1989) αναπτύσσει ένα μοντέλο βελτιστοποίησης για το δίκτυο παραγωγής και διανομής για μια πετροχημική εταιρεία, με διάφορα επίπεδα διανομής (2 commodities, 2 εγκαταστάσεις καθαρισμού, 10 εγκαταστάσεις εμφιάλωσης, 40 πιθανά κέντρα αποθήκευσης, 40 breakpoints και 200 τοποθεσίες

πελατών). Το πρότυπο χρησιμοποιείται για να εντοπίσει μια βέλτιστη ισορροπία ανάμεσα στα κόστη μεταφοράς, εμφιάλωσης και δέσμευσης. Οι δαπάνες εμφιάλωσης μπορούν να μειωθούν με την συγκέντρωση των εγκαταστάσεων εμφιάλωσης (στις εγκαταστάσεις καθαρισμού), αλλά αυτό οδηγεί σε αυξανόμενες δαπάνες μεταφορών, δεδομένου ότι η μαζική μεταφορά είναι φτηνότερη από το μεταφορά σε μπουκάλια. Μία προσέγγιση branch-and-cut εφαρμόστηκε, χρησιμοποιώντας MPSARX, ένα μαθηματικό σύστημα προγραμματισμού. Το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε για στρατηγικό σχεδιασμό, αντιμετωπίζοντας ζητήματα όπως η αλλαγή του μεγέθους και του τύπου στόλου οχημάτων και σταθεροποίηση ή αποκεντροποίηση της εμφιάλωσης.

Οι Arntzen et al. (1995) περιγράφουν την ανάπτυξη μιας μεγάλης διατύπωσης μικτού ακεραίου προγραμματισμού για την μοντελοποίηση των αποφάσεων ΕΑ στην Digital Equipment Corporation. Το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε για να αξιολογήσει διάφορες σφαιρικές αποφάσεις ΕΑ στην Digital. Μια σημαντική συμβολή αυτής της διατύπωσης είναι η μοντελοποίηση των ευκαιριών του να αποφευχθούν οι φόροι εισαγωγών ή τα εμπόδια δασμών. Η επιστροφή δασμών μπορεί να απαιτηθεί εάν ένα προϊόν επανεξάγεται στην ίδια κατάσταση, επανεξαγμένο σε διαφορετική κατάσταση (δηλ. ενσωματωμένο σε ένα υποσύστημα) ή επανεισάγεται σε διαφορετική κατάσταση. Μεγάλα προβλήματα σε λογικά πλαίσια (2000 γραμμές με 14000 στήλες) λύνονται με ένα σφάλμα 0.0005 %, χρησιμοποιώντας το X-System από την Insight, Inc.

Οι Martin et al. (1993) αναπτύσσουν ένα μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού για το τμήμα προϊόντος flat glass της Libbey-Owens-Ford. Η παραγωγή του Flat glass υπόκειται σε πολύ μεγάλους και διαδοχικούς χρόνους προετοιμασίας, λόγω των διαφορετικών αποχρώσεων. Το γραμμικό μοντέλο αρχικά σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί ως τακτικό ή επιχειρησιακό μοντέλο αλλά έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για να αντιμετωπίσει στρατηγικά θέματα όπως την επιλογή τοποθεσίας νέων εγκαταστάσεων και την εισαγωγή νέων προϊόντων.

Οι Ashayeri et al. [4] περιγράφουν την ανάπτυξη και χρήση ενός μεγάλου προγράμματος μικτών ακεραίων στην Netherlands Car BV (στο παρελθόν γνωστή ως Volvo Car BV). Η Netherlands Car BV παράγει αυτοκίνητα για τρίτους, όπως την Volvo και την Mitsubishi. Το κόστος αγοράς υπο-συναρμολόγησης περιλαμβάνει το 80% του συνολικού κόστους, καθιστώντας τη διαχείριση αποθέματος και logistics

πολύ σημαντική. Οι συγγραφείς απλοποιούν το μοντέλο με τη χρήση κάποιων προσεγγίσεων. Ειδικότερα, χρησιμοποιούν μια προσέγγιση που αναπτύχθηκε από τον Daganzo (1994), για τον υπολογισμό της απόστασης τοπικών παραδόσεων βάσει της πυκνότητας πελατών. Λαμβάνουν επίσης μερικές αποφάσεις συσκευασίας εξωγενώς, ώστε να μειωθεί ο αριθμός των μεταβλητών απόφασης. Το απλουστευμένο πρόγραμμα επιλύεται με την χρήση της παραδοσιακής μεθόδου διακλάδωσης και φράγματος.

Ο Pooley (1994) περιγράφει τον σχεδιασμό των εγκαταστάσεων σε ένα τμήμα της Ault Foods. Η έρευνα οδήγησε σε μια πολύ βαθύτερη κατανόηση της δομής κόστους (ποια κόστη ήταν σταθερά και ποια μεταβλητά). Ένα πρόγραμμα μικτών ακεραίων αναπτύχθηκε και λύθηκε αρκετές φορές, αξιολογώντας τα διαφορετικά σενάρια.

#### **3.4.2.2 Άλλα μοντέλα στρατηγικού προγραμματισμού**

Διάφοροι ερευνητές έχουν αντιμετωπίσει τα ζητήματα του στρατηγικού προγραμματισμού χωρίς τη διαμόρφωση του προβλήματος ως μοντέλο μικτού ακέραιου προγραμματισμού.

Οι Cohen and Lee (1988) αναπτύσσουν ένα στοχαστικό μοντέλο εφοδιαστικής αλυσίδας για την παραγωγή διακριτών μερών και με δένδροειδή δίκτυα διανομής. Η εφοδιαστική αλυσίδα αποσυντίθεται σε τέσσερα υπο-μοντέλα, έλεγχος υλικού, παραγωγή, κατάλογος αποθεμάτων και διανομή. Ερευνάται η σχέση μεταξύ των τοπικών πολιτικών ελέγχου σε αυτά τα υπο-μοντέλα και της γενικής απόδοσης του συστήματος. Πραγματοποιούνται μερικές απλοποιημένες υποθέσεις προκειμένου να επιτευχθεί η ιχνηλασιμότητα. Η ζήτηση υλικού διαμορφώνεται ως ένωση Poisson διαδικασιών, με βάση το γενικό ρυθμό άφιξης και το μέσο μίγμα των υλικών με βάση την ζήτηση. Μία σειριακή διαδικασία πολλών σταδίων και πολλών γραμμών χρησιμοποιείται στο υπό-μοντέλο παραγωγής. Κάθε τερματικός σταθμός αντιμετωπίζεται ως ένα αναμονητικό σύστημα M/G/1 παρόλο που η διαδικασία εξόδου ενός τέτοιου συστήματος δεν είναι απαραίτητως Poisson.

Υπό αυτές τις παραδοχές, κάθε υπο-μοντέλο μπορεί να βελτιστοποιηθεί ως προς το κόστος, δεδομένου ενός απαιτούμενου επιπέδου εξυπηρέτησης. Το επίπεδο εξυπηρέτησης κάθε υπο-μοντέλου θα έχει επίδραση στα κατάντη υπο-μοντέλα. Μιας και το γενικό μοντέλο βελτιστοποίησης είναι ένα περιορισμένο μη γραμμικό πρόβλημα που δεν είναι ιχνηλάσιμο, η προσέγγιση χρησιμοποιείται για να

επιλεχθούν τα επίπεδα εξυπηρέτησης για τα υπο-μοντέλα που παρέχουν καλή εξυπηρέτηση πελατών και χαμηλός κόστος. Αναπτύχθηκε λογισμικό που καθορίζει την απόδοση και το κόστος συστημάτων βάσει των επιλεγμένων επιπέδων εξυπηρέτησης. Σε ένα υποθετικό παράδειγμα, αναπτύσσονται τα tradeoffs μεταξύ της επένδυσης στα διαφορετικά στάδια και επιδεικνύεται ο τύπος στρατηγικής ανάλυσης για τον οποίο οι συντάκτες ανέπτυξαν αυτό το μοντέλο.

Οι Burns et al. (1985) αναπτύσσουν αναλυτικές μεθόδους για το συνολικό κόστος αποθεμάτων και διανομής υπό γνωστή ζήτηση. Οι συντάκτες συγκρίνουν δύο στρατηγικές, την άμεση αποστολή σε κάθε πελάτη και την λιανική διοχέτευση με την αποστολή ενός οχήματος σε πολλαπλούς πελάτες. Οι δαπάνες μεταφορών υπολογίζονται βάσει ενός σταθερού κόστους αποστολής, ενός σταθερού κόστους για κάθε παράδοση / στάση και του μεταβλητού κόστους ανά μίλι. Χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο που παρουσιάζεται από τον Daganzo (1984), προσεγγίζεται η απόσταση παράδοσης στους τυχαία τοποθετημένους πελάτες, επιτρέποντας κατά συνέπεια την ανάπτυξη κλειστής μορφής αναλυτικών αποτελεσμάτων. Αυτά τα αποτελέσματα επιτρέπουν την εύκολη εκτίμηση του κόστους των δύο στρατηγικών με βάση τις εκτιμήσεις μερικών παραμέτρων. Γενικά, η λιανική διοχέτευση είναι η μέθοδος επιλογής όταν η πυκνότητα πελατών είναι υψηλή, το κόστος δέσμευσης είναι υψηλό ή οι πελάτες είναι πού μακριά.

Οι Wikner et al. (1991) εξετάζουν διάφορες τεχνικές αντιμετώπισης της διόγκωσης της ζήτησης σε ένα σύστημα παραγωγής- διανομής τριών επιπέδων. Υποστηρίζουν ότι η φτωχή ροή πληροφοριών μεταξύ των επιπέδων οδηγεί σε εναλλασσόμενες περιόδους έλλειψης αποθέματος και πλεονάσματος λόγω των υπερβολικών αντιδράσεων στα μεμονωμένα στάδια της ΕΑ. Η συμπεριφορά είναι αντίστοιχη με την "νευρικότητα" στα MRP. Αξιολογείται η αποτελεσματικότητα διαφόρων στρατηγικών χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο προσομοίωσης. Συμπεραίνουν ότι από τις στρατηγικές που δοκιμάστηκαν, η βελτιωμένη ροή πληροφοριών μεταξύ των επιπέδων είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος να μετριαστεί η διόγκωση της ζήτησης.

Οι Lee and Billington (1992) παρέχουν μια άριστη συζήτηση των κινδύνων των κακώς διαχειριζόμενων αποθεμάτων εφοδιαστικών αλυσίδων. Συγκεκριμένα, υποδεικνύουν ότι τι κόστος εκ νέου επεξεργασίας αποθηκευμένων συστατικών λόγω των αλλαγών στην μηχανική και ο κίνδυνος παλαίωσης τους μπορούν να

διογκώσουν τα ποσοστά δαπανών δέσμευσης προς τα ανάντη επίπεδα κατά 40%. Η μη εξέταση τέτοιων παραγόντων θα μπορούσε να οδηγήσει σε ακατάλληλες επιλογές. Δηλαδή ένας γρηγορότερος, ακριβότερος τρόπος αποστολής μπορεί να σώσει αρκετά στην επένδυση αποθεμάτων και να δικαιολογήσει κάποια αύξηση στα έξοδα αποστολής, αλλά μόνο εάν τα ποσοστά δαπανών αποθέματος είναι κατάλληλα.

Οι ίδιοι συγγραφείς περιγράφουν την εμπειρία τους στην ανάλυση της ροής υλικών για την HP DeskJet σε μία αποκεντρωμένη παγκόσμια εφοδιαστική αλυσίδα (1993). Ειδικότερα, εξετάζουν ένα παγκόσμιο μοντέλο εφοδιαστικής αλυσίδας το οποίο επιτρέπει αποκεντρωμένο έλεγχο, το οποίο σημαίνει, ότι κάθε μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας λαμβάνει αποφάσεις βασισμένες σε τοπικές πληροφορίες. Το παγκόσμιο μοντέλο των συγγραφέων εξετάζει τον επανεντοπισμό των δραστηριοτήτων προστιθεμένης αξίας, υπό τον όρο ότι ο αποκεντρωμένος έλεγχος μπορεί να εμφανιστεί μετά την εκ νέου ανάθεση τέτοιων δραστηριοτήτων.

Αναλύουν ένα σενάριο όπου οι γενικοί εκτυπωτές αποστέλλονται στα κέντρα διανομής όπου πραγματοποιείται η τοπική διαμόρφωση τους, η οποία περιλαμβάνει την σύνταξη του εγχειριδίου οδηγιών στην κατάλληλη γλώσσα και την προσθήκη του κατάλληλου τροφοδοτικού ρεύματος. Η αναβολή της διαφοροποίησης των προϊόντων επιτρέπει χαμηλότερα επίπεδα αποθεμάτων καθώς επίσης και μειωμένες επενδύσεις σε ευελιξία παραγωγής.

Οι Kleutghen and McGee (1985) περιγράφουν το κίνητρο και την επακόλουθη ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων στην Pfizer Pharmaceuticals. Η Pfizer δημιούργησε μια κεντρική λειτουργία διαχείρισης αποθεμάτων και ανέπτυξε ποσοτικά μοντέλα για να διαχειριστεί τα αποθέματα. Πολλά από αυτά τα μοντέλα αυτά εφαρμόστηκαν σε ένα υπολογιστικό φύλλο (spreadsheet). Ενημερώθηκε η λογιστική για να εντοπιστούν οι διαφορετικές κατηγορίες αποθέματος ακριβέστερα και δόθηκε έμφαση στην καλύτερη πρόβλεψη του αποθέματος. Το πρόγραμμα οδήγησε σε μείωση \$23.9 εκατομμυρίων στην επένδυση σε απόθεμα και σε ετήσια αποταμίευση σχεδόν \$8 εκατομμυρίων. Κατά τρόπο παρόμοιο με τους Lee and Billington (1992), στο παραπάνω άρθρο επιδεικνύεται η σημασία που τα συστήματα λογιστικής και οι δομές κόστους μπορούν να παίξουν στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας.

Ο Larson (1988) περιγράφει την ανάπτυξη ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων για τη δημοτική μεταφορά διάθεσης των λυμάτων στην πόλη της Νέας Υόρκης. Ένα νέο πρότυπο έπρεπε να αναπτυχθεί δεδομένου ότι το EPA υπέδειξε μια νέα τοποθεσία απόθεσης 106 παράκτιων μιλίων, αντικαθιστώντας την προηγούμενη τοποθεσία η οποία ήταν μόνο 12 μίλια παράκτια. Ο στόχος ήταν να ελαχιστοποιηθούν τα κόστη, παρέχοντας κατάλληλες υπηρεσίες στις μονάδες. Οι κατάλληλες υπηρεσίες ορίζονται ως η αποτροπή της κάλυψης όλου του όγκου των δεξαμενών. Παρουσιάζεται μια ευρετική μέθοδος η οποία αναπτύσσει τις διαδρομές των σκαφών. Αναπτύχθηκε λογισμικό για να αξιολογήσει τις διαφορετικές στρατηγικές, επιτρέποντας στους διαχειριστές να εξεταστούν διαφορετικά σενάρια, όπως τα πολλαπλά σημεία μεταφόρτωσης και τα διαφορετικά μεγέθη πλοίων.

Ο Davis (1993) περιγράφει την ανάπτυξη και εφαρμογή ενός συνολικού μοντέλου εφοδιαστικής αλυσίδας στην Hewlett-Packard. Περιγράφει μια περιπτωσιολογική μελέτη όπου αξιολογείται η κατασκευή και η διανομή του εκτυπωτή HP Desk Jet. Η HP ήταν σε θέση να μειώσει κατά πολύ τις επενδύσεις σε αποθέματα στην Ευρώπη με τον εξοπλισμό των κέντρων διανομής ώστε να προετοιμάζουν τους γενικούς εκτυπωτές για την τελική τους αγορά.

Οι Bitran and Sarkar (1994) παρουσιάζουν μαθηματικά μοντέλα που επιτρέπουν την αποτελεσματική μέτρηση του αντίκτυπου της μείωσης της διακύμανσης και των βελτιώσεων στην χωρητικότητα. Με την μοντελοποίηση ενός γενικού δικτύου παραγωγής με έναν Μαρκοβιανό πίνακα δρομολόγησης και με μια σειρά από GI/G/1 αναμονητικά συστήματα, οι συγγραφείς αναπτύσσουν ένα μοντέλο που αξιολογεί τα αναμενόμενα επίπεδα αποθέματος της υπό εξέλιξη εργασίας (WIP) στο σύστημα, δεδομένων διαφορετικών επιπέδων επενδύσεων. Τα κόστη για την μείωση της μεταβλητότητας και την βελτίωση της χωρητικότητας μοντελοποιούνται με κυρτές συναρτήσεις, αντιπροσωπευτικές του αυξανόμενου περιθωρίου κέρδους μέσω της βελτίωσης που είναι πιθανό να εμφανιστεί στην πράξη.

Η εκτίμηση του αντίκτυπου της επένδυσης στην διαδικασία και στην μεταβλητότητα του WIP είναι πολύ σημαντική υπό το πρίσμα μοντελοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας.

### 3.4.3 Περιβαλλοντικά συνειδητή ΔΕΑ

Σύμφωνα με τους συγγραφείς η έρευνα που εξετάζει την περιβαλλοντικά συνειδητή διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι φτωχή. Η έρευνα για την περιβαλλοντική παραγωγή έχει εστιάσει πρώτιστα στο σχεδιασμό προϊόντος και διαδικασίας, συμπεριλαμβανομένων εννοιών όπως Σχεδιασμός για το περιβάλλον DEE (Design for the Environment) και ανάλυση κύκλου ζωής LCA (Life Cycle Analysis) (1995).

Οι Bloemhof-Ruwaard et al. (1995) συζητούν την εφαρμογή μοντέλων επιχειρησιακής έρευνας στα περιβαλλοντικά διαχειριστικά ζητήματα. Η εργασία τους παρακινήθηκε από τις σύγχρονες εξελίξεις στην πολιτική για το περιβάλλον. Οι συντάκτες πραγματοποιούν μία ανασκόπηση των πρώιμων ερευνητικών προσπαθειών που αποπειρώνται να συνδυάσουν την επιχειρησιακή έρευνα και την περιβαλλοντική διαχείριση, κάνοντας αναφορά στην αρθρογραφία και των δύο κλάδων. Καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι στο εγγύς μέλλον, η κοινότητα της επιχειρησιακής έρευνας θα πρέπει να ολοκληρωθεί με σχετικές επιστήμες για να αντιμετωπίσει επαρκώς τα περιβαλλοντικά ζητήματα.

Οι Beckman et al. (1995) παρουσιάζουν μία ποιοτική διερεύνηση της ευσυνειδητής περιβαλλοντικά ΔΕΑ. Υποδεικνύουν τον παραλληλισμό με της έννοιες της διαχείρισης ολικής ποιότητας (Total Quality Management (TQM)), ειδικά αυτές που αφορούν τις σχέσεις με τους προμηθευτές και τον σχεδιασμό προϊόντος. Οι συγγραφείς παρατηρούν ότι η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των φυσικών χαρακτηριστικών ενός νέου προϊόντος, είναι από μόνη της ένα πολύ δύσκολο εγχείρημα. Η αξιολόγηση των επιπτώσεων της ροής ενός νέου προϊόντος κατά μήκος της ΕΑ, απαιτεί την μετατροπή ή την ανάπτυξη του μοντέλου ΕΑ.

Οι Clegg et al. (1995) ανέπτυξαν ένα μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού για να καθορίσουν τις ροές υλικών που μεγιστοποιούν το κέρδος τόσο για νέα όσο και ανακτημένα ή ανακυκλωμένα μέρη, σε μία παραγωγική διαδικασία. Τα ανακτημένα μέρη μπορούν ολικά ή μερικά να αποσυναρμολογηθούν. Τα μέρη και τα συστατικά των μερών μπορούν στην συνέχεια να επαναχρησιμοποιηθούν στην παραγωγή ή εναλλακτικά να ξεκαθαριστούν (ίσως και να πωληθούν). Οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι η συμβολή του μοντέλου τους δεν είναι ότι μπορεί να καθορίσει τις κατάλληλες ροές υλικών για πραγματική λειτουργία, αλλά μάλλον ότι το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξετάσει την ευαισθησία των παραμέτρων, όπως όρια αποκομιδής, ικανότητα αποσυναρμολόγησης και διαθεσιμότητα ανακτημένων μερών.

### **3.5 Προσεγγίσεις πληροφορικής τεχνολογίας**

Ο Shapiro (1999) στο άρθρο του "Bottom-up vs. Top-down approaches to supply chain modeling" υποστηρίζει ότι οι πρακτικές βελτιώσεις στην ΔΕΑ οφείλονται κυρίως στην ανάπτυξη της πληροφορικής τεχνολογίας (π.χ. τα συστήματα ERP ενισχύουν την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας). Ωστόσο σύμφωνα με τον συγγραφέα πρέπει να γίνει διαχωρισμός ανάμεσα στη μορφή και την χρήση της λειτουργικής τεχνολογίας πληροφορικής (ΤΟ) και της αναλυτικής προκειμένου να εφαρμοστεί αποτελεσματικά η τεχνολογία πληροφορικής στην εφοδιαστική αλυσίδα. Η λειτουργική ΤΠ αναφέρεται στη διαδικασία της συλλογής, της επεξεργασίας, της επικοινωνίας και της συνάθροισης των ακατέργαστων δεδομένων σχετικά με τις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η αναλυτική ΤΠ αξιολογεί τις αποφάσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας με την χρήση των μοντέλων που κατασκευάζονται από τις βάσεις δεδομένων απόφασης της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Τα μαθηματικά μοντέλα προγραμματισμού είναι κρίσιμα στοιχεία της αναλυτικής ΤΠ (π.χ. τα γραμμικά μοντέλα και τα μοντέλα μικτού ακέραιου προγραμματισμού χρησιμοποιούνται κατά κόρον για την ΔΕΑ.) Ο συγγραφέας αναφέρεται στα συστήματα χρησιμοποιώντας μαθηματικά μοντέλα ως συστήματα βελτιστοποίησης.

Στην συνέχεια παρατίθεται η ιεραρχία των συστημάτων βελτιστοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Περιλαμβάνει έξι συστήματα βελτιστοποίησης που ανήκουν στην αναλυτική ΤΠ και άλλα τέσσερα συστήματα που ανήκουν στην λειτουργική ΤΠ.

Η ιεραρχία των μοντέλων βελτιστοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει τρεις τύπους αναλυτικών πληροφοριακών συστημάτων που είναι συνδεδεμένα έτσι ώστε να υπερκαλύπτουν τις βάσεις δεδομένων των αποφάσεων εφοδιαστικής αλυσίδας, που δημιουργούνται κατά το μεγαλύτερο μέρος από δεδομένα που παρέχουν τα λειτουργικά συστήματα βελτιστοποίησης.

Τα συστήματα σχεδιασμού και τα λειτουργικά συστήματα στην ιεραρχία των συστημάτων αντιπροσωπεύουν τον τύπο ώθησης από κάτω προς τα πάνω στην ΔΕΑ, αφού οι εξελίξεις στην πληροφορική τεχνολογία αποτελούν μέσω αυτών την κατευθυντήρια δύναμη για την καινοτομία. Τα στρατηγικά συστήματα βελτιστοποίησης από την άλλη πλευρά απεικονίζουν στην ιεραρχία συστημάτων την από πάνω προς τα κάτω προσέγγιση στην ΔΕΑ μιας και η κατευθυντήρια δύναμη είναι οι ανάγκες της ανώτερης διοίκησης για στρατηγική ανάλυση.



### 3.5.1 Λειτουργική πληροφορική τεχνολογία

- ERP σύστημα. Διαχειρίζεται τα στοιχεία συναλλαγών της επιχείρησης (εισαγωγή παραγγελίας, οικονομική λογιστική, αγορές, κ.λ.π.) στην βάση συνεχούς, πραγματικού χρόνου.
- MRP σύστημα. Αρχίζει με το MPS. Χρησιμοποιώντας αυτά τα στοιχεία, μαζί με την ισορροπία στα έτοιμα αποθέματα, και μία BOM, το σύστημα MRP αναπτύσσει τις καθαρές απαιτήσεις.
- DRP σύστημα. Αρχίζει με προβλέψεις, μια ισορροπία σε ετοιμότητα και δεδομένα διαχείρισης αποθέματος. Κατόπιν το DRP σχεδιάζει εσωτερικά, inter-facility, και τις εξερχόμενες αποστολές μέσω του δικτύου διανομής της επιχείρησης, λαμβάνοντας υπόψη ένα ευρύ φάσμα παραγόντων των μεταφορών
- Σύστημα πρόβλεψης ζήτησης και διαχείρισης παραγγελίας. Το σύστημα αυτό συνδυάζει στοιχεία για τις τρέχουσες παραγγελίες με τα ιστορικά στοιχεία, προκειμένου να παράγει τις απαιτήσεις για τα τελικά προϊόντα που πρέπει να επιτευχθούν από τον λειτουργικό, τακτικό και στρατηγικό σχεδιασμό. Θα μπορούσε να ενταχθεί και στην κατηγορία των αναλυτικών συστημάτων. Στην ουσία πρόκειται για υβριδικό μοντέλο με αναλυτικές ικανότητες για την πρόβλεψη της ζήτησης και λειτουργικές ικανότητες για την διαχείριση των παραγγελιών των πελατών

### 3.5.2 Αναλυτική πληροφορική τεχνολογία

- Σύστημα βελτιστοποίησης προγραμματισμού παραγωγής. Είναι συστήματα μοντελοποίησης τοποθετημένα σε κάθε εγκατάσταση στην εφοδιαστική αλυσίδα της επιχείρησης που αντιμετωπίζουν τις λειτουργικές αποφάσεις.
- Σύστημα βελτιστοποίησης προγραμματισμού διανομής. Μια επιχείρηση παραγωγής και διανομής αντιμετωπίζει ποικιλία σχεδιασμού οχημάτων και άλλων παραγόντων καθώς και προβλήματα λειτουργικού σχεδιασμού.
- Σύστημα βελτιστοποίησης σχεδιασμού παραγωγής. Κάθε μονάδα χρησιμοποιεί την εκδοχή αυτού του συστήματός για να καθορίσει ένα κύριο σχέδιο παραγωγής για το επόμενο τρίμηνο για κάθε στάδιο της παραγωγής, μαζί με τα επίπεδα των πόρων και την κατανομή τους για κάθε κατάσταση, που ελαχιστοποιεί το αποφευκτό κόστος παραγωγής. Καθορίζει επίσης τα αποθέματα των τρέχουσων εργασιών και τις σημαντικές μεταστροφές των μηχανών.

- Σύστημα βελτιστοποίησης Logistics. Αυτό το σύστημα καθορίζει ένα κύριο σχέδιο logistics για ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα που αναλύει το πώς οι απαιτήσεις για όλα τα ολοκληρωμένα προϊόντα σε όλες τις αγορές θα υλοποιηθούν κατά τη διάρκεια του επόμενου τριμήνου.
- Σύστημα τακτικής βελτιστοποίησης. Αυτό το σύστημα καθορίζει ένα ολοκληρωμένο σχέδιο εφοδιασμού/παραγωγής/διανομής/αποθέματος για ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα της εταιρείας για τους επόμενους 12 μήνες.
- Σύστημα στρατηγικής βελτιστοποίησης. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται για να αναλυθεί η ανάκτηση πόρων και άλλες στρατηγικές αποφάσεις που αντιμετωπίζονται από την επιχείρηση.

### **3.6 Έρευνα ΔΕΑ – Σχεδιασμού προϊόντων**

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστεί η επισκόπηση μιας σειράς σύγχρονων άρθρων που ως αντικείμενο έχουν την ολοκληρωμένη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας συμπεριλαμβανομένης της επίδρασης που έχουν σε αυτήν ο σχεδιασμός του προϊόντος και των διαδικασιών παραγωγής του. Η επισκόπηση αυτή πραγματοποιήθηκε από τους Rungtusanatham and Forza (2005) σε δύο άρθρα με τίτλο «Coordinating product design, process design and supply chain design decisions». Εν συνεχεία θα εξεταστούν αναλυτικά κάποια από τα αναλυτικά μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν στα παρουσιαζόμενα άρθρα.

Το πρώτο άρθρο που παρουσιάζεται έχει τίτλο «Towards integrated optimal configurations of platform products, manufacturing processes, and supply chains», από τους Huang, Zhang and Liang (2005). Στο άρθρο αυτό, οι συγγραφείς προτείνουν και εφαρμόζουν ένα μοντέλο βελτιστοποίησης, προκειμένου να κατανοηθεί το αντίκτυπο των προϊόντων πλατφόρμας, με και χωρίς κοινά στοιχεία, σε αποφάσεις που σχετίζονται με την διαμόρφωση της εφοδιαστικής αλυσίδας και με την επακόλουθη απόδοση της διαμορφωμένης ΕΑ.

Το άρθρο καθορίζει τον σκοπό της διαμόρφωσης των αποφάσεων της ΕΑ, έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνει την επιλογή προμηθευτών, την επιλογή των μεθόδων μεταφορών και παραδόσεων, τον καθορισμό των επιπέδων αποθεμάτων και των σημείων συγκέντρωσης, των χρησιμοποιούμενων παραγωγικών διαδικασιών, του χρόνου παραγωγής κ.τ.λ. Το προτεινόμενο μοντέλο βελτιστοποίησης επιλύεται

ευρετικά με χρήση γενετικού αλγόριθμου και εν συνεχεία εφαρμόζεται σε δύο σενάρια, που αφορούν την περίπτωση οικογένειας προϊόντων αποτελούμενης από δύο μοντέλα υπολογιστών notebook. Στο πρώτο σενάριο τα δύο μοντέλα μοιράζονται κοινά στοιχεία και η διαμόρφωση της ΕΑ τους προσδιορίζεται από κοινού. Στο δεύτερο σενάριο τα δύο μοντέλα δεν έχουν κοινά στοιχεία, οι αποφάσεις διαμόρφωσης των ΕΑ τους προσδιορίζονται ξεχωριστά.

Συγκρίνοντας την διαμόρφωση ΕΑ και τα αποτελέσματα στην απόδοση μεταξύ των δύο σεναρίων, το άρθρο ποσοτικοποιεί τα πλεονεκτήματα κόστους της ΕΑ λόγω των κοινών στοιχείων των προϊόντων πλατφόρμας. Αναγνωρίζει τις επιπτώσεις στα επίπεδα αποθέματος σε διάφορα στάδια της ΕΑ, καθορίζει τις απαιτήσεις ικανοτήτων στα στάδια προμηθειών, συναρμολόγησης και ζήτησης της ΕΑ. Τέλος επιδεικνύει, στην συγκεκριμένη περίπτωση, την αμελητέα επιβάρυνση στον χρόνο εισόδου του προϊόντος στην αγορά από την εφαρμογή της κοινοτυπίας στον σχεδιασμό προϊόντων πλατφόρμας.

Το δεύτερο άρθρο προέρχεται από τους Thirumalai and Sinha (2005) και έχει τίτλο Customer Satisfaction with Order Fulfilment in Retail Supply Chains: Implications of Product Type in Electronic B2C Transactions». Το άρθρο αυτό εδράζεται στο περιεχόμενο της εφοδιαστικής αλυσίδας λιανικής πώλησης και σχετίζει τον τύπο του προϊόντος (δηλ. καταναλωτικά αγαθά, ψώνια, ειδικά προϊόντα) που αγοράζεται ηλεκτρονικά, με τις προσδοκίες των πελατών και την ικανοποίησή τους από τη διαδικασία εκπλήρωσης της παραγγελίας.

Αναλύοντας τα στοιχεία από το BizRate, την μεγαλύτερη μηχανή αναζήτησης αγορών στο διαδίκτυο, το άρθρο αναφέρει ότι η ικανοποίηση των πελατών, σχετίζεται πολύ λιγότερο με την διαδικασία ικανοποίησης της παραγγελίας στα ειδικά αγαθά, από ότι στα καταναλωτικά αγαθά ή στα ψώνια. Ανάμεσα στα καταναλωτικά αγαθά και τα ψώνια, το επίπεδο της ικανοποίησης πελατών σε σχέση με την διαδικασία εκπλήρωσης παραγγελιών, δεν έχουν στατιστικές διαφορές. Περιγράφοντας αυτά τα εμπειρικά ευρήματα, το άρθρο καταλήγει ότι στον τομέα της λιανικής πώλησης, όπως και στον τομέα της μεταποίησης, ο σχεδιασμός για το " τελευταίο μίλι " της εφοδιαστικής αλυσίδας πρέπει να συντονίζεται με το είδος του προϊόντος που πωλείται online.

Επιπλέον το άρθρο αναγνωρίζει τον σχεδιασμό της διαδικασίας εκπλήρωσης παραγγελίας, για τα ειδικά αγαθά, ως αντικείμενο που αξίζει μεγαλύτερης προσοχής

και περισσότερων πόρων, ούτως ώστε ένα κατάστημα λιανικής πώλησης στο internet να μην αντιμετωπίσει δυσαρεστημένη πελατεία.

Το τρίτο άρθρο έχει τίτλο "Evaluation of Postponement Structures to Accommodate Mass Customization". Συγγραφείς του άρθρου είναι οι Su, Chang, and Ferguson (2005). Το άρθρο αυτό εφαρμόζει τη θεωρία των αναμονητικών συστημάτων για την εκτίμηση δύο μοντέλων εφοδιαστικής αλυσίδας-Χρονικής μετάθεσης και Δομικής μετάθεσης- που μπορούν να εφαρμοστούν ως ανταπόκριση στην επιβεβλημένη ανάγκη για μεγαλύτερη ποικιλία προϊόντων. Ενώ το μοντέλο ΕΑ Χρονικής μετάθεσης προσδιορίζεται σε ένα περιβάλλον «Παραγωγή προς παραγγελία (Make to order)», το μοντέλο ΕΑ δομικής μετάθεσης προσδιορίζεται σε ένα υβριδικό περιβάλλον «Παραγωγή προς αποθεματοποίηση (Make to stock)» - «Παραγωγή προς παραγγελία (Make to order)».

Σε αυτό το υβριδικό περιβάλλον, το στάδιο "Make-to-Stock" είναι διατεταγμένο στην παραγωγή κοινών εξαρτημάτων και προηγείται του σταδίου "Make-to-Order", το οποίο ασχολείται με την προσφορά των διαφοροποιημένων εξαρτημάτων (εξαρτημάτων διαφοροποίησης) ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις ζήτησης.

Η απόδοση αυτών των δύο μοντέλων ΕΑ (που εκφράζεται με το συνολικό κόστος ΕΑ και τον χρόνο αναμονής πελατών) συγκρίνεται και αντιπαρατίθεται υπό διάφορους σχεδιασμούς προϊόντος (βαθμός πολλαπλότητας προϊόντος) και υπό ποικίλες συνθήκες παραγωγικών διαδικασιών (μεταβολή χρόνου εκτέλεσης διεργασιών, ποσοστό κάλυψης γενικών εξαρτημάτων, βαθμός απασχόλησης του συστήματος). Βάσει αυτών των συγκριτικών αποτελεσμάτων, το άρθρο παρέχει καθοδήγηση ως προς το ποιο από τα μοντέλα ΕΑ πρέπει να εφαρμοστεί με δεδομένες συνθήκες προϊόντων και παραγωγικών διαδικασιών.

Τα υπόλοιπα άρθρα παρουσιάζουν προσεγγίσεις στον συντονισμό αποφάσεων διαμέσου των πεδίων σχεδιασμού προϊόντος, σχεδιασμού παραγωγικών διαδικασιών και σχεδιασμού εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι διάφοροι μηχανισμοί συντονισμού ποικίλουν από μία προσέγγιση μοντέλου βάσει δικτύου έως μία μέθοδο εκτίμησης αρχιτεκτονικής προϊόντος, έως την ολοκλήρωση των σχετικών προμηθευτών στην ανάπτυξη νέου προϊόντος (NPD) και έως μία προσέγγιση μοντέλου προγραμματισμού στόχων.

Το πρώτο από αυτή την ομάδα άρθρων έχει τίτλο «PCDM: a decision support modeling methodology for supply chain, product and process design decisions». Στο άρθρο αυτό οι Blackhurst, Wu και O'Grady (2005) χρησιμοποιούν μία προσέγγιση βάσει δικτύου (network-based) για να αναπτύξουν και να μορφοποιήσουν το μοντέλο απόφασης αλυσίδας προϊόντος (PCDM), μία υψηλού επιπέδου (high-level) μεθοδολογία μοντελοποίησης για την περιγραφή της λειτουργίας μιας ΕΑ, ενώ ταυτόχρονα λαμβάνονται υπόψη οι αποφάσεις που σχετίζονται με τον σχεδιασμό προϊόντος και των παραγωγικών διαδικασιών και ο αντίκτυπος αυτών των αποφάσεων στην ΕΑ.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία αναπαριστά την λειτουργία και τον σχεδιασμό μιας ΕΑ ως ένα ανοπτημένο δίκτυο (abstracted network), το οποίο συμπεριλαμβάνει χαρακτηριστικά κρίσιμα για ανάλυση και κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της ΕΑ. Το PCDM, διαθέτει την ικανότητα να χειρίζεται μεγάλη ποικιλία μεταβλητών που υπεισέρχονται στο παιχνίδι όταν λαμβάνονται υπόψη συγχρόνως προσομοιώσεις σχεδιασμού προϊόντος, παραγωγικών διαδικασιών και εφοδιαστικής αλυσίδας. Επιπλέον το PCDM, χάρη στην χρήση των μαθηματικών εργαλείων επί των χαρακτηριστικών που περιγράφουν τον σχεδιασμό και την λειτουργία της ΕΑ που επιτρέπει, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο υποστήριξης στην λήψη αποφάσεων από τα διοικητικά στελέχη, διενεργώντας αναλύσεις τύπου «what if», πριν να δεσμευτούν σημαντικοί πόροι σε οποιαδήποτε διαμόρφωση προϊόντος-παραγωγικής διαδικασίας- ΕΑ. Η χρησιμότητα του PCDM στον συντονισμό των αποφάσεων επιδεικνύεται περαιτέρω από τους συγγραφείς, μέσω ενός λεπτομερούς παραδείγματος εφαρμογής σε δεδομένα που παρέχονται από την Rockwell Collins για συναρμολόγηση ενός σασί οχήματος.

Το δεύτερο άρθρο από τον Fixson (2005) έχει τίτλο «Product architecture assessment: a tool to link product, process, and supply chain design decisions». Εδώ τοποθετείται η αρχιτεκτονική προϊόντος ως ο μηχανισμός συντονισμού των αποφάσεων διαμέσου των τριών περιοχών (προϊόντος, διαδικασίας και ΕΑ) και προτείνεται ένα πλαίσιο πολυδιάστατης αποτίμησης για την «λειτουργικοποίηση» της αρχιτεκτονικής προϊόντος για διακριτά προϊόντα. Το προτεινόμενο πλαίσιο αρχιτεκτονικής προϊόντος μπορεί να εφαρμοστεί για να προσδιορίσει λειτουργικά οποιαδήποτε δεδομένη αρχιτεκτονική, αναφορικά με τις λειτουργίες της, τα συστατικά της και το περιβάλλον επικοινωνίας της.

Ως αποτέλεσμα αυτό το πλαίσιο αποτίμησης μπορεί να διευκολύνει την σύγκριση των αρχιτεκτονικών προϊόντων με την έννοια μιας ομάδας δεικτών, συμπεριλαμβανομένων

(1) του συνολικού αριθμού λειτουργιών που παρέχονται από ένα συστατικό, (2) του αριθμού των συστατικών / εξαρτημάτων που συμμετέχουν σε μία λειτουργία, (3) της προσπάθειας και τους βάθους αναστρεψιμότητας των interfaces, (4) η έκταση κανονικοποίησης (standardization) του interface.

Επιπλέον, από τις εφαρμογές του, το πλαίσιο αρχιτεκτονικής προϊόντος μπορεί να βοηθήσει στην αναγνώριση των επιπτώσεων των χαρακτηριστικών σχεδιασμού των προϊόντων τόσο την παραγωγική διαδικασία όσο και την ΕΑ. Για την παρουσίαση της χρησιμότητας του υπό αυτή την έννοια, το άρθρο συγκρίνει και αντιπαραθέτει δύο εναλλακτικές αρχιτεκτονικές προϊόντος για την πόρτα ενός αυτοκινήτου, χρησιμοποιώντας αυτή την συγκριτική κατανόηση για να εξάγει συμπεράσματα για την αλληλουχία διεργασιών στην συναρμολόγηση, για το κόστος αποθέματος, για επιλογές συνδυασμού του ρίσκου στην ΕΑ και για επιλογή προμηθευτών.

Στο τρίτο άρθρο «Supplier integration into new product development: coordinating product, process, and supply chain design», οι Petersen, Handfield, and Ragatz (2005) υποστηρίζουν ότι η ενσωμάτωση των προμηθευτών στην διαδικασία ανάπτυξης νέων προϊόντων έχει άμεση επίπτωση στις αποφάσεις σχεδιασμού των παραγωγικών διαδικασιών και στις αποφάσεις διαμόρφωσης της ΕΑ. Βάσει αυτού του συλλογισμού, προτείνεται ένα θεωρητικό μοντέλο στο οποίο οι συγγραφείς διατυπώνουν ως δεδομένο ότι μπορεί να επιτευχθεί υψηλότερη αποτελεσματικότητα στην ομάδα ανάπτυξης προϊόντος (α) με την προσεκτική επιλογή προμηθευτών και τον συγχρονισμό της ανάπτυξης τους στην διαδικασία NPD, (b) με την εμπλοκή των επιλεχθέντων προμηθευτών στην εγκατάσταση τεχνικών μέτρων απόδοσης και στόχων που μπορούν να επηρεάσουν τον σχεδιασμό της παραγωγικής διαδικασίας, και (γ) με την εμπλοκή των προμηθευτών στην αποτίμηση των επιχειρηματικών στόχων απόδοσης. Η αποτελεσματικότητα της ομάδας ανάπτυξης με τη σειρά της θα μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερα οικονομικά και σχεδιαστικά αποτελέσματα.

Ένα δείγμα 134 εταιρειών σε 18 χώρες παρείχε τα δεδομένα για την δοκιμή των σχετικών υποθέσεων μέσω πολλαπλών αναλύσεων παλινδρόμησης. Τα στατιστικά αποτελέσματα παρείχαν υποστήριξη για το θεωρητικό μοντέλο και πρότειναν ότι ο σχεδιασμός των αποφάσεων προϊόντος, παραγωγικών διαδικασιών και ΕΑ μπορεί να συντονιστεί με την πρακτική της ενσωμάτωσης των προμηθευτών στην NPD διαδικασία.

Συγκεκριμένα η ενσωμάτωση, προσεκτικά επιλεχθέντων προμηθευτών, προκειμένου να επιτευχθούν οι αντικειμενικοί στόχοι της τεχνικής και επιχειρηματικής απόδοσης, ως

μέρος της διαδικασίας NPD μπορεί να παρέχει ευκαιρίες για κοινή ευθυγράμμιση των αποφάσεων σχεδιασμού διαμέσου του προϊόντος, της παραγωγικής διαδικασίας και της ΕΑ.

Το τελευταίο άρθρο από τους Fine, Golany, and Naseraldin (2004) έχει τίτλο «Modeling trade-offs in 3-dimensional concurrent engineering: a goal programming approach." Το άρθρο αυτό προσφέρει έναν ποσοτικοποιημένο σχηματισμό σε προβλήματα της 3-διάστατης παράλληλης μηχανικής (3D-CE), μέσω τεχνικής προγραμματισμού σταθμισμένων στόχων η οποία αποδίδει την αποτίμηση των tradeoffs ανάμεσα σε πιθανά αντικρουόμενους αντικειμενικούς στόχους.

Η τεχνική σταθμισμένου προγραμματισμού στόχων, υπό αυτή την έννοια, προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τις παρεκκλίσεις από συγκεκριμένα προσδοκώμενα αποτελέσματα διαφόρων αντικειμενικών στόχων (π.χ. πιστότητα, κόστος, χρόνος εισόδου στην αγορά, συνεργασίες και εξάρτηση), οι οποίοι θεωρείται ότι σχετίζονται στρατηγικά με τον σχεδιασμό του προϊόντος, τον σχεδιασμό της παραγωγικής διαδικασίας και τον σχεδιασμό της ΕΑ. Η αντικειμενική συνάρτηση ελαχιστοποιείται με την επιλογή της κατάλληλης διαμόρφωσης  $j$  από μία ομάδα υποψήφιων διαμορφώσεων  $J$ , με κάθε μία διαμόρφωση να αναπαρίσταται από μία τριπλέτα εκδοχής προϊόντος, σχεδιασμού προϊόντος και ακολουθίας συναρμολόγησης και να περιλαμβάνει ομάδα 7 συστατικών συμμετεχόντων στην διαμόρφωση και ομάδα  $S$  προμηθευτών οι οποίοι μπορούν να παρέχουν αυτά τα συστατικά.

Προκειμένου να αναπαρασταθεί η χρησιμότητα αυτής της μεθοδολογικής προσέγγισης, το άρθρο ερευνά το θέμα της ολοκλήρωσης απέναντι στην προτυποποίηση (modularity) στον σχεδιασμό προϊόντων και ΕΑ. Συγκεκριμένα διερευνάται το ερώτημα εάν ο ολοκληρωμένος (προτυποποιημένος) σχεδιασμός προϊόντος, πρέπει να συνοδεύεται από ολοκληρωμένο (προτυποποιημένο) σχεδιασμό ΕΑ.

Το θέμα αυτό εξετάζεται επίσημα μέσω ενός συγκεκριμενοποιημένου αριθμητικού παραδείγματος που περιλαμβάνει τρεις εκδοχές προϊόντος, κάθε μία εκ των οποίων έχει τρεις πιθανούς σχεδιασμούς προϊόντος και πέντε πιθανές ακολουθίες συναρμολόγησης. Τα συστατικά που συμμετέχουν στις διαμορφώσεις είναι είτε κατασκευασμένα από την ίδια την εταιρεία (in-house) είτε προέρχονται από κάποιον από τους τέσσερις εξωτερικούς προμηθευτές με τα χαρακτηριστικά των προμηθευτών να ποικίλουν. Η τεχνική σταθμισμένου προγραμματισμού στόχων, που εφαρμόζεται στο αριθμητικό παράδειγμα, υπογραμμίζει τα tradeoffs ανάμεσα στους διάφορους

αντικειμενικούς στόχους (π.χ. πιστότητα προς κόστος αγοράς) και επιλέγει τις διαμορφώσεις που είναι είτε προτυποποιημένες – προτυποποιημένες, είτε ολοκληρωμένες – ολοκληρωμένες σε σχέση με τον σχεδιασμό προϊόντος και ΕΑ.

### 3.7 Έρευνα για την επιλογή προμηθευτών

Το πρόβλημα της επιλογής προμηθευτών δεν είναι νέο, αλλά υπήρχε και αντιμετωπιζόνταν πριν την ανάδειξη της έννοιας της ΕΑ<sup>14</sup>. Σε ότι αφορά την επιλογή προμηθευτών οι Wang et al. (2004) σημειώνουν ότι οι πρώτες δημοσιεύσεις μπορούν να παρατηρηθούν στις αρχές της δεκαετίας του '60. Αυτές οι πρώιμες ερευνητικές δραστηριότητες, σύμφωνα με τους συγγραφείς, συνοψίζονται σε μία βιβλιογραφική έρευνα από τους Weber et al. (1991). Επίσης σημειώνουν ότι οι Ghodsypour and O'Brien (1998) παρείχαν μία σύντομη αλλά διορατική επισκόπηση της έρευνας για την επιλογή προμηθευτών. Η έρευνα για την επιλογή προμηθευτών κατατάσσεται από τους Wang et al. (2004) σε τρεις μεγάλες κατηγορίες και παρατίθενται για κάθε μία εξ αυτών ορισμένα ενδεικτικά άρθρα, όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα.

Έρευνα επιλογής προμηθευτών		
Κατηγορία		Συγγραφείς
Κριτήρια	Αναγνώριση	Stamm and Golhar (1993), Ellram (1990), Roa and Kiser (1980)
	Ανάλυση	Choi and Hartley (1996)
Στρατηγική	Μοντέλο τριών σταδίων	Davidrajuh (2003)
	Μοντέλο βάσει προϊόντος	Huang et al. (2002), Fisher (1997)
Βελτιστοποίηση	Γραμμικός προγραμματισμός	Pan (1989), Kingsman (1986), Anthony and Buffa (1977), Moore and Fearon (1973)
	Μικτός ακέραιος προγραμματισμός	Rosenthal et al. (1995), Chaudhry et al. (1993), Turner (1988), Narasimhan and Stoyanoff (1986), Bender et al. (1985), Gaballa (1974)
	Προγραμματισμός στόχων	Sharma et al. (1989), Buffa and Jackson (1983)
	Πολυ κριτήριος προγραμματισμός	Liu et al. (2000), Weber and Current (1993)
	Μη γραμμικός προγραμματισμός	Hong and Hayya (1992), Benton (1991)

Οι συγγραφείς επίσης τονίζουν ότι είναι λίγοι οι ερευνητές που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα επιλογής προμηθευτών ως ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης, το οποίο απαιτεί τον σχηματισμό αντικειμενικής συνάρτησης. Αυτό σε ένα σημαντικό βαθμό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι τα κριτήρια επιλογής δεν είναι στο σύνολο τους

<sup>14</sup> Το πρόβλημα επιλογής προμηθευτών εξακολουθεί να συναντάται συχνά στην βιβλιογραφία με την παλαιότερη ονομασία του ως «vendor selection»



ποσοτικά. Το πρόβλημα αυτό αναγνωρίστηκε και από τους Ghodsyrou and O'Brien (1998), που πρότειναν μία ολοκληρωμένη μέθοδο που κάνει χρήση του AHP και του γραμμικού προγραμματισμού προκειμένου να συμπεριλάβει τόσο τα ποσοτικά όσο και τα ποιοτικά κριτήρια. Οι Wang et al. ακολουθούθησαν την ίδια φιλοσοφία αλλά διαθέτουν στο μοντέλο τους ένα νέο χαρακτηριστικό που είναι η προσέγγιση σχεδιασμού της εφοδιαστικής αλυσίδας βάσει του προϊόντος.

### **3.8 Έρευνα συμβάσεων εφοδιαστικής αλυσίδας**

Η έρευνα για τα συμβόλαια ανάμεσα σε προμηθευτές και πελάτες είναι ιδιαίτερα εκτεταμένη όχι μόνο στον χώρο της επιχειρησιακής έρευνας αλλά και των νομικών και οικονομικών επιστημών. Από την οπτική που αφορά την παρούσα εργασία, η σημασία των συμβάσεων της εφοδιαστικής αλυσίδας έγκειται στην θεώρηση των παραμέτρων της σύμβασης (τιμές, χρόνος παραδοσης, μέγεθος παραγγελιών κ.τ.λ.) ως μεταβλητές ενός προβλήματος βελτιστοποίησης ή συγχρονισμού. Η σκοπιμότητα των συμβάσεων εφοδιαστικής αλυσίδας έχει συζητηθεί από πολλούς ερευνητές και αναλύεται σε τέσσερις βασικούς άξονες:

- ✓ **Διαμοιρασμός κινδύνου** – Ο πωλητής και ο αγοραστής μοιράζονται το ρίσκο που πηγάζει από τις ποικίλων μορφών αβεβαιότητες. (ζήτηση, τιμές, ποιότητα προϊόντων, χρόνος παράδοσης κ.τ.λ.). Οι συμφωνίες ελάχιστης αγοράς ή ποινών για επιστροφές συχνά συμπεριλαμβάνονται στα συμβόλαια για να προστατευτεί ο παραγωγός από τους παράγοντες αυτούς.
- ✓ **Συντονισμός συστήματος** – βελτίωση απόδοσης- αναγνωρίζεται η αιτία αναποτελεσματικότητας στην εφοδιαστική αλυσίδα και μέσω των συμβολαίων τροποποιείται ανάλογα η δομή των σχέσεων της.
- ✓ **Μακροπρόθεσμες σχέσεις** – Καθορίζονται οι κοινές παραχωρήσεις όπως και οι ποινές για την μη συνεργατική συμπεριφορά.
- ✓ **Συγκεκριμενοποίηση των σχέσεων** - οι παράμετροι της συνεργασίας οριοθετούνται και συμφωνούνται σε ένα κοινά αποδεκτό και συγκεκριμένο πλαίσιο.

Στην συνέχεια της παρούσας ενότητας καταγράφονται και επεξηγούνται οι βασικότερες κατηγορίες συμβολαίων, για κάθε μία εκ των οποίων αποδίδεται ένας πίνακας ανασκόπησης και ταξινόμησης της σχετικής έρευνας, όπως διαχωρίστηκε από τους Wang et al. (2004).

## Κατηγοριοποίηση συμβολαίων

### i. Καθορισμός δικαιωμάτων απόφασης (Specification of decision rights):

Επιτυγχάνονται αντικειμενικοί στόχοι με την ανάθεση του ελέγχου των μεταβλητών απόφασης.

Συγγραφείς	Προβλήματα
Lee and Whang(1997)	Συντονισμός μιας αποκεντρωμένης έκδοχής του σειριακού συστήματος των Clark-Scarf
Blair and Lewis(1994)	Σχεδιασμός αποτελεσματικών συμβολαίων για σύστημα ενός παραγωγού και ενός λιανοπωλητή όπου ο παραγωγός δεν μπορεί να παρατηρήσει την ζήτηση στον λιανοπωλητή
Ha(1997a)	Αντιμετώπιση της ασύμμετρης πληροφόρησης σχετικά με το κόστος παραγωγής στα κατάντη μέλη της ΕΑ σε περιβάλλον αβεβαιότητας ζήτησης
Narayanan and Raman(1997)	Αναντιστοιχία στην αντίληψη των επιπτώσεων έλλειψης αποθέματος του λιανοπωλητή, από τον λιανοπωλητή και τον παραγωγό.
Agrawal and Tsay(1998)	Οι επιπτώσεις των ετερογενών δι-επιχειρησιακών στόχων των στην αποτελεσματικότητα των συμβολαίων

### ii. Τιμολόγηση (Pricing): Υφίστανται διάφοροι τύποι συμβολαίων ως προς τον καθορισμό της τιμής των πωληθέντων προϊόντων (αναλογική τιμολόγηση, τιμολόγηση δύο μερών, έκπτωση ποσότητας κ.α).

Συγγραφείς	Προβλήματα
Monahan(1984)	Οι ενδείξεις της προσφοράς συμβολαίων έκπτωσης ποσότητας από την πλευρά του προμηθευτή
Jeuland and Shugan(1983)	Συμβόλαια για αλυσίδα δύο μελών σε περιβάλλον αιτιοκρατικής ζήτησης, ως συνάρτηση της τιμής πώλησης και του παρεχόμενου βαθμού εξυπηρέτησης του λιανοπωλητή.
Weng(1995)	Η σχέση ανάμεσα στο κέρδος και στις λειτουργικές αποφάσεις για πωλητή και πελάτη και οι προκύπτουσες πολιτικές τιμών
Weng(1997a)	Ένα μοντέλο εφημεριδοπώλη στο οποίο ο σκοπός είναι ο συντονισμός των αποφάσεων του παραγωγού και του λιανοπωλητή μέσω της πολιτικής τιμών

### iii. Δέσμευση ελάχιστης αγοράς (Minimum purchase commitments): Ο αγοραστής συμφωνεί εκ των προτέρων να αποδεχτεί παραγγελίες τουλάχιστον κάποιας συγκεκριμένης ποσότητας.

Συγγραφείς	Προβλήματα
Anupindi and Akella(1993)	Ο αγοραστής συμφωνεί να δέχεται παράδοση δεδομένης ποσότητας προϊόντων σε κάθε περίοδο
Moinzadeh and Nahmias(1997)	Παρομοίως με το παραπάνω πρόβλημα, αλλά με προσθήκη πάγιων και αναλογικών ποινών για ρυθμίσεις μεταβολών ποσότητας
Bassok and Anupindi(1997a)	Συμβόλαιο για συνολικά πωληθείσα ποσότητα σε ορίζοντα N περιόδων

- iv. **Ευελιξία ποσότητας** (quantity flexibility): Η ποσότητα αγοράς μπορεί να διαφοροποιείται ελαφρά από μία σχεδιασμένα προγενέστερη εκτίμηση.

Συγγραφείς	Προβλήματα
Erpen and Iyer(1997)	Συμφωνίες εφεδρείας στην βιομηχανίας μόδας
Anupindi and Bassok(1995)	Ο λιανοπωλητής αγοράζει τουλάχιστον μία δεδομένη ποσότητα σε ορισμένη χρονική περίοδο, επιπλέον ποσότητα μέχρι ενός σημείου αγοράζεται στην ίδια τιμή και πέραν του σημείου αυτού χρεώνεται μεγαλύτερη τιμή.
Bassok and Anupindi(1995)	Ο αγοραστής he buyer initially forecasts its period-by-period purchases over a T-period horizon, then may revise each period's purchase one time within specified percentage bounds.
Milner and Rosenblatt(1997)	Ο αγοραστής τοποθετεί παραγγελίες για δύο περιόδους και στην συνέχεια μπορεί να ρυθμίσει την δεύτερη παραγγελία αφού παρατηρεί την ζήτηση της πρώτης περιόδου
Li and Kouvelis(1997)	Συμβόλαια ευέλικτα ως προς τον χρόνο και συμβόλαια ευέλικτα ως προς την ποσότητα
Tsay(1996)	Συμβόλαια με τα οποία ο αγοραστής αρχικά εκτιμά μία ποσότητα αγοράς για δεδομένη περίοδο, ο προμηθευτής δεσμεύεται να παράγει και τελικά ο αγοραστής πραγματοποιεί την αγορά υπό το φως πιο πρόσφατων δεδομένων (με συνεπαγόμενο κόστος)
Bassok and Anupindi(1997b)	Ανάλυση της πλευράς του αγοραστή στα συμβόλαια ποσοστιαίας ευελιξίας όπως μελετήθηκαν από τον Tsay(1996)

- v. **Πολιτικές επιστροφών** (Buyback or Returns Policies): Ο λιανοπωλητής μπορεί να επιστρέψει κάποια ή ολόκληρη την ποσότητα των αδιάθετων προϊόντων στον παραγωγό, πιθανώς για μέρος της αξίας τους.

Συγγραφείς	Προβλήματα
Pasternack(1985)	Συντονισμός ενός καναλιού παραγωγού – λιανοπωλητή μέσω πλήρους αγοράς επιστροφών με κατάλληλο καθορισμό της τιμής αγοράς των επιστροφών
Kandel(1996)	Μοντελοποίηση ευαισθησίας τιμών στον τελικό πελάτη

	και διαμόρφωση δύο διακανονισμών με τις οποίες επιτυγχάνεται συντονισμός
Donohue(1996)	Συβόλαιο αγοράς επιστροφών σε δύο διαφορετικά περιβάλλοντα δύο σταδίων παραγωγής

- vi. **Κανόνες τοποθέτησης** (Allocation Rules): Ο τρόπος κατανομής των διαθέσιμων ποσοτήτων προϊόντων σε πολλαπλούς λιανοπωλητές, όταν υπάρχει έλλειψη αποθεμάτων και υπερβάλουσα ζήτηση.

Συγγραφείς	Προβλήματα
Cachon and Lariviere(1996)	Εφοδιαστική αλυσίδα μιας περιόδου, ενός προμηθευτή, πολλαπλών λιανοπωλητών, όπου η παραγωγική δυναμικότητα του προμηθευτή είναι περιορισμένη και το επίπεδο αποθέματος κάθε λιανοπωλητή είναι απόρρητο
Cachon and Lariviere(1997b)	Εφοδιαστική αλυσίδα ενός προμηθευτή, δύο λιανοπωλητών σε επίπεδο δύο περιόδων

- vii. **Χρόνοι διεκπεραίωσης** (Lead Times): Ρύθμιση του χρόνου διεκπεραίωσης των παραγγελιών με ρητή συμφωνία μέσω συμβολαίου.

Συγγραφείς	Προβλήματα
Barnes-Schuster et al(1997)	Σύστημα αποτελούμενο από προμηθευτή και έναν ή περισσότερους αγοραστές στο οποίο ο προμηθευτής αντιμετωπίζει γνωστό χρόνο διεκπεραίωσης παραγωγή (Ip), ενώ ο χρόνος διεκπεραίωσης παράδοσης (Id) είναι μεταβλητή απόφασης
Grout and Christy(1993)	Τα κίνητρα που αντιμετωπίζει ένας προμηθευτής για την προσφορά χρόνου παράδοσης σε αγοραστή και τα αποτελέσματα της πιθανότητας έγκαιρης παράδοσης

- viii. **Ποιότητα** (Quality): Η έννοια και ο βαθμός της ποιότητας των παραδιδόμενων προϊόντων ορίζονται μέσω συμβολαίων.

Συγγραφείς	Προβλήματα
Reyniers and Tapiero(1995)	Εξέταση των επιπτώσεων της δομής των συμβολαίων στην ποιότητα του προμηθευτή, στις πρακτικές ελέγχου του παραγωγού και στην ποιότητα του τελικού προϊόντος
Tagaras and Lee(1996)	Παραγωγός που έχει την επιλογή να αυξήσει την ποιότητα μιας πρώτης ύλης με αύξηση της τιμής αγοράς του
Starbird(1997b)	Εξετάζεται η συμπεριφορά προμηθευτή αγοραστή σε μοντέλο που σταθμίζει το κόστος της ποιότητας

## 4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Σύγχρονα μοντέλα Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας

### 4.1. Διαχείριση αποθέματος: Μία προσέγγιση ενισχυμένης μάθησης.

Οι Giannoccaro και Pontrandolfo (2000) με το άρθρο τους «Inventory management in supply chains: a reinforcement learning approach» παρουσιάζουν μία προσέγγιση για την διαχείριση των αποφάσεων αποθεματοποίησης σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας με έναν ολοκληρωμένο τρόπο. Χάρης στην προσέγγιση αυτή επιτρέπεται να καθορισθεί η πολιτική παραγγελιών αποθέματος, που στοχεύει στην βελτιστοποίηση της απόδοσης ολόκληρης της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η προσέγγιση αποτελείται από τρεις τεχνικές: α) Διαδικασία αποφάσεων Markov, (MDP) βάσει της οποίας μοντελοποιείται το πρόβλημα αποθέματος β) Αλγόριθμο ενισχυμένης μάθησης (RL) για την επίλυση του MDP δηλαδή για τον καθορισμό μιας σχεδόν βέλτιστης πολιτικής αποθεματοποίησης, κάτω από ένα κριτήριο μέσης ανταμοιβής, ο οποίος βασίζεται σε γ) ένα μοντέλο προσομοίωσης.

#### α) Μοντελοποίηση του προβλήματος ως MDP

Ένα μοντέλο MDP (Markov Decision Process) καθιστά δυνατή την μοντελοποίηση προβλημάτων σειριακής λήψης αποφάσεων υπό αβεβαιότητα. Η διαδικασία αποφάσεων Markov είναι μία στοχαστική διαδικασία σειριακής λήψης αποφάσεων η οποία χαρακτηρίζεται από πέντε στοιχεία: εποχές απόφασης, καταστάσεις, ενέργειες, πιθανότητες μετάβασης και ανταμοιβές.

Σε δεδομένες στιγμές στον χρόνο του συστήματος (εποχές απόφασης) ένας πράκτορας (αποφασίζων) παρεμβαίνει και λαμβάνει αποφάσεις (ενέργειες) που επηρεάζουν την μελλοντική πορεία του συστήματος. Σε κάθε εποχή απόφασης το σύστημα περιγράφεται από μία κατάσταση, η οποία μπορεί να αντικατοπτρίζεται ως ένα διάνυσμα (π.χ το απόθεμα σε κάθε στάδιο μιας εφοδιαστικής αλυσίδας). Ως αποτέλεσμα της λήψης μιας απόφασης, ο αποφασίζων λαμβάνει μία ανταμοιβή και το σύστημα μεταβαίνει σε επόμενη κατάσταση με ορισμένη πιθανότητα μετάβασης. Ως κανόνας απόφασης ορίζεται μια συνάρτηση με βάση την οποία λαμβάνονται οι αποφάσεις, ενώ ως πολιτική το σύνολο αυτών των κανόνων απόφασης σε όλο το διάστημα της κατάστασης. Η εφαρμογή μιας πολιτικής συνεπώς παράγει ακολουθία

ανταμοιβών και το πρόβλημα MDP αφορά την βελτιστοποίηση τους μέσω της κατάλληλης επιλογής πολιτικής.

Στο μοντέλο που ανέπτυξαν οι συγγραφείς χρησιμοποιείται η πολιτική κριτηρίου μέσης ανταμοιβής (average reward criterion). Το κριτήριο μέσης ανταμοιβής μιας στατικής πολιτικής  $\pi$ , ξεκινώντας με την κατάσταση  $X_1 = i$  και συνεχίζοντας με την πολιτική  $\pi$ , καθορίζεται ως εξής:

$$g^\pi(i) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_i^\pi \left\{ \sum_{t=1}^N r(X_t, Y_t) \right\},$$

όπου  $r(X_t, Y_t)$  αναπαριστά την ανταμοιβή που λαμβάνεται όταν χρησιμοποιείται η ενέργεια  $Y_t$  στην κατάσταση  $X_t$ , και  $\pi$  την πολιτική που υιοθετείται, ήτοι το σύνολο των ενεργειών ( $Y_1, Y_2, \dots, Y_N$ ). Η βέλτιστη πολιτική είναι εκείνη που επιτυγχάνει μέγιστο ρυθμό κέρδους ήτοι  $\max_\pi g^\pi(i)$ .

Μεγαλύτερη ευελιξία και ευρύτερη εφαρμογή από το MDP, παρουσιάζει ένα Semi Markov Decision Process (SMDP), όπου ο αποφασίζων μπορεί να επιλέξει μια ενέργεια οποτεδήποτε αλλάζει η κατάσταση του συστήματος. Η επιλογή ενέργειας δεν καθορίζει μόνο την κοινή κατανομή πιθανότητας της επακόλουθης κατάστασης, αλλά επίσης από τον χρόνο ανάμεσα στις εποχές απόφασης. Διακρίνονται δύο διαδικασίες: (1) Η semi-Markov decision process αναπαριστά την εξέλιξη της κατάστασης του συστήματος στις εποχές απόφασης και (2) η φυσική διαδικασία περιγράφει την εξέλιξη της κατάστασης του συστήματος σε όλο το χρόνο (οι δύο διαδικασίες συμπίπτουν στις εποχές απόφασης).

Ας υποθέσουμε ότι το σύστημα βρίσκεται στην κατάσταση  $i_k$  τη στιγμή  $t_k$ . Το  $k$  συμβολίζει τις τον αύξοντα αριθμό μεταβάσεων από μία κατάσταση προς την επόμενη. Στην κατάσταση  $i_k$ , ο αποφασίζων επιλέγει κάποιον έλεγχο ή ενέργεια  $\mu_k$  από ένα σύνολο ελέγχων που είναι επιτρεπτοί στην κατάσταση  $i_k$ . Τρία πράγματα συμβαίνουν τότε:

- 1) Το σύστημα θα μεταβεί σε μία κατάσταση  $i_{k+1}$  με πιθανότητα  $P(i_{k+1}|i_k, \mu_k)$ , όπου το " $|\cdot$ " συμβολίζει πιθανότητα υπό συνθήκη.
- 2) Ο συνολικός χρόνος που παραμένει το σύστημα στην  $i_k$  πριν μεταβεί στην επόμενη κατάσταση  $i_{k+1}$  είναι τυχαίος και η κατανομή του εξαρτάται από τα  $i_k, i_{k+1}$ , και  $\mu_k$ . Συμβολίζουμε το χρόνο παραμονής  $t(i_k, i_{k+1}, \mu_k)$ .
- 3) Το σύστημα λαμβάνει μία απολαβή (κέρδος). Αυτό το κέρδος εξαρτάται επίσης από τα  $i_k, i_{k+1}$ , και  $\mu_k$  και συμβολίζεται  $r(i_k, i_{k+1}, \mu_k)$ .

Παρατηρούμε ότι αν τα  $i_k$  και  $\mu_k$  είναι δεδομένα τότε μπορούμε χρησιμοποιώντας τις πιθανότητες  $P(i_{k+1}|i_k, \mu_k)$  να βρούμε τη μέση τιμή  $E[t(i_k, i_{k+1}, \mu_k)]$ . Αν οι ενέργειες  $\mu_0, \mu_1, \dots$  είναι προκαθορισμένες τότε η μέση τιμή του  $t$  για δεδομένη αρχική κατάσταση  $i_0$  μπορεί επίσης να υπολογισθεί και συμβολίζεται  $E[t(i_k, i_{k+1}, \mu_k)|i_0]$ . Ομοίως, χρησιμοποιώντας τις πιθανότητες  $P(i_{k+1}|i_k, \mu_k)$  υπολογίζει κανείς τη μέση τιμή του  $r$  για δεδομένη αρχική κατάσταση  $i_0$ , η οποία συμβολίζεται  $E[r(i_k, i_{k+1}, \mu_k)|i_0]$ .

Συμβολίζουμε π την πολιτική που επιλέγει την ενέργεια  $\mu_0$  τη στιγμή 0, και ακολούθως διαδοχικά τις ενέργειες  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_{N-1}$  με τις οποίες το σύστημα μεταβαίνει τελικά στην κατάσταση  $i_N$ . Τότε η μέση ανταπόδοση ενός SMDP που ξεκινάει από την κατάσταση  $i$  και συνεχίζει με την πολιτική π μπορεί να δοθεί ως

$$g^\pi(i) = \frac{\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{E\left\{\sum_{k=0}^{N-1} r(i_k, i_{k+1}, \mu_k \mid i_0 = i)\right\}}{N}}{\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{E\left\{\sum_{k=0}^{N-1} t(i_k, i_{k+1}, \mu_k \mid i_0 = i)\right\}}{N}}$$

Η μοντελοποίηση προβλημάτων ελέγχου αποθέματος μέσω των SMDP αντί για MDP παρουσιάζει σύμφωνα με τους συγγραφείς αρκετά πλεονεκτήματα. Επιτρέπει μη σταθερούς χρόνους αναθεώρησης των αποθεμάτων και επίσης δίνει την δυνατότητα υπολογισμού της ανταπόδοσης ή του κόστους ανάμεσα στις εποχές, ανάλογα με την φυσική διαδικασία (το κόστος δέσμευσης αποθέματος και το κόστος του υπό εξέλιξη αποθέματος είναι τέτοια παραδείγματα).

### **β) Επίλυση του μοντέλου με αλγόριθμο RL**

Η RL είναι μία στοχαστική τεχνική που αποδεικνύεται πολύ αποτελεσματική, ειδικά όταν το μέγεθος του MDP είναι πολύ μεγάλο και σε συνδυασμό με προσομοίωση επιτρέπει την επίλυση του MDP σε ένα ευρύ φάσμα περιπτώσεων, μεγαλύτερο από ότι οι παραδοσιακές μέθοδοι, όπως δυναμικός και γραμμικός προγραμματισμός. Το RL μοντέλο ουσιαστικά είναι η τεχνική για την εκμάθηση της βέλτιστης πολιτικής από τους πράκτορες. Βασίζεται στην αλληλεπίδραση δύο συστατικών, του πράκτορα μάθησης και του περιβάλλοντος και δύο μηχανισμών, της αξιοποίησης και της εξερεύνησης.

Επιλέγονται οι ενέργειες με την μέθοδο της δοκιμής και σφάλματος και με βάση την γνώση των πρακτόρων για το περιβάλλον της απόφασης. Το περιβάλλον αντιδρά αποδίδοντας μία άμεση ανταμοιβή (σήμα ενίσχυσης) και παράλληλα εξελίσσεται σε μία νέα κατάσταση η οποία αποδίδει την έμμεση ανταμοιβή.

Ο πράκτορας χρησιμοποιεί τις παραπάνω πληροφορίες άμεσης και έμμεσης ανταμοιβής και επιλέγει την νέα ενέργεια. Η γνώση του πράκτορα εμπεριέχει την λεγόμενη R- αξία για κάθε ζεύγος κατάστασης – ενέργειας η οποία ενημερώνεται σε κάθε σχετική απόφαση του, δηλ. αυξάνεται όταν το αποτέλεσμα της ενέργειας είναι θετικό (ως προς την ανταμοιβή) και μειώνεται όταν είναι αρνητικό. Συνεπώς όταν το σύστημα επισκέπτεται μία κατάσταση επιλέγει την ενέργεια με την μεγαλύτερη R-αξία. Ωστόσο υπό κάποιες συνθήκες η ενέργεια που επιλέγεται είναι τυχαία (εξερεύνηση).

Ο αλγόριθμος ανανέωσης (updating) βασίζεται σε επανάληψη και τελικά προκύπτει μία βέλτιστη ενέργεια για κάθε κατάσταση. Το διάνυσμα των παραπάνω ενεργειών αντιπροσωπεύει την βέλτιστη πολιτική.

Η τεχνική Semi-Markov average reward technique (SMART) μπορεί να εφαρμοστεί με ένα προσομοιωτή του συστήματος. Η αντίδραση του περιβάλλοντος για κάθε ενέργεια αποτυπώνεται μέσω της προσομοίωσης του συστήματος με διαφορετικές ενέργειες σε κάθε κατάσταση. Η ανανέωση της γνωσιακής βάσης (που προκύπτει από την άμεση και έμμεση ανταμοιβή), η οποία πρέπει να συντελεστεί όταν το σύστημα κινείται από μία κατάσταση απόφασης στην επόμενη, σημαίνει ότι πρέπει να αλλάξει η αξία της ενέργειας που λήφθηκε στην παλιά κατάσταση. Η διαδικασία αυτή καλείται μάθηση.

Για την εφαρμογή αυτής της αλλαγής, εκτός από την αντίδραση του συστήματος, χρησιμοποιείται μία μεταβλητή καλούμενη ρυθμός μάθησης, η οποία σταδιακά τείνει στο 0 καθώς προοδεύει η μάθηση, έτσι η πιθανότητα εξερεύνησης παρομοίως τείνει στο 0. Το σχήμα «αποσύνθεσης» μπορεί να έχει την ακόλουθη μορφή:

$\alpha_m = M / m$ , όπου  $\alpha_m$  είναι η τιμή της μεταβλητής (ρυθμός μάθησης ή πιθανότητα εξερεύνησης) στην  $m$  επανάληψη και  $M$  είναι μία προκαθορισμένη σταθερά. Τυπικά το  $M$  είναι περίπου 0.1 για πιθανότητα εξερεύνησης και 0.01 για ρυθμούς μάθησης. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα βήματα του υιοθετούμενου αλγορίθμου μάθησης.



1. Θέσε χρονικό βήμα  $m=0$ . Μεταβλητές ενέργειας  $R(i,a)=0$  για όλα τα  $i \in S$  και  $a \in A_i$ . Θέσε την αθροιστική ανταμοιβή  $C=0$ , τον συνολικό χρόνο  $T=0$  και τον ρυθμό ανταμοιβής  $G=0$ . Ξεκίνησε την προσομοίωση του συστήματος.
2. While  $m < \text{MAX\_STEPS}$  do
 

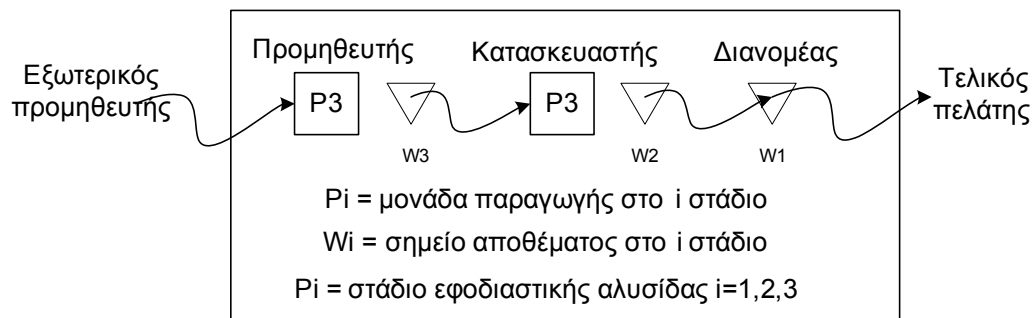
Αν η κατάσταση του συστήματος στο χρονικό βήμα  $m$  είναι  $i \in S$ ,

  - a. Μείωσε  $\alpha_m$  και  $p_m$  σύμφωνα με κάποιο σχήμα.
  - b. Με πιθανότητα  $1-p_m$ , διάλεξε μια ενέργεια  $a \in A_i$  που μεγιστοποιεί  $R(i, a)$ , αλλιώς διάλεξε μία τυχαία (εξερευνητική) ενέργεια από το σύνολο  $\{A_i, \lambda\}$ .
  - c. Προσομοίωση της επιλεγθείσας ενέργειας. Θέσε την κατάσταση του συστήματος στην επόμενη εποχή απόφασης να είναι  $j$ . Επίσης θέσε  $t(i, j, a)$  τον χρόνο μεταφοράς και  $r(i, j, a)$  την άμεση ανταπόδοση λόγω της ενέργειας  $a$  στην κατάσταση  $i$ .
  - d. Άλλαξε το  $R(i, a)$  χρησιμοποιώντας:
 
$$R(i, a) \leftarrow (1 - \alpha_m) \cdot R(i, a) + \alpha_m \cdot \{r(i, j, a) - G \cdot t(i, j, a) + \max_b R(j, b)\}$$
  - e. Σε περίπτωση που επιλέχθηκε μία μη εξερευνητική ενέργεια στο βήμα 2.b
    - i. Ενημέρωσε τη συνολική ανταμοιβή  $C \leftarrow C + r(i, j, a)$
    - ii. Ενημέρωσε τον συνολικό χρόνο  $T \leftarrow T + t(i, j, a)$
    - iii. Ενημέρωσε την μέση ανταμοιβή  $G \leftarrow C / T$
 Διαφορετικά, πήγαινε στο βήμα f
  - f. Θέσε την παρούσα κατάσταση  $i$  στην νέα κατάσταση  $j$  και  $m \leftarrow m + 1$

### Εφαρμογή του μοντέλου στην εφοδιαστική αλυσίδα

Το μοντέλο εφοδιαστικής αλυσίδας στο οποίο εφαρμόζεται η παραπάνω μεθοδολογία από τους συγγραφείς αποτελείται από τρία στάδια, προμήθεια, παραγωγή και διανομή (Σχήμα. 2). Σε δεδομένες στιγμές (εποχές απόφασης) ο πράκτορας σε κάθε στάδιο επιθεωρεί τα αποθέματα του (κατάσταση κάθε σταδίου). Κάθε ένας μπορεί να κάνει μία ενέργεια που ποικίλει από το να μην παραγγείλει καθόλου έως να παραγγείλει την μέγιστη ποσότητα (μέγιστη χωρητικότητα + παραγγελίες στην λίστα

αναμονής + αναμενόμενη κατανάλωση μέχρι την άφιξη των παραγγελιών - τρέχων απόθεμα).



**Σχήμα 4.1**

Η συνάρτηση μέσης ανταμοιβής που χρησιμοποιήθηκε έχει ως εξής:

$$\rho = (\text{Συνολική ανταμοιβή}) / (\text{Συνολικός χρόνος}),$$

όπου:

$$\text{Συνολική ανταμοιβή} = \text{Συνολικές πωλήσεις} - \text{Συνολικό Κόστος},$$

$$\text{Συνολικές πωλήσεις} = \text{προϊόντα πωληθέντα σε όλο τον χρόνο},$$

$$\text{Συνολικό Κόστος} = \text{συνολικό κόστος σε όλο τον χρόνο}.$$

Οι παραπάνω μεταβλητές καθορίζονται από παραμέτρους όπως η τιμή πώλησης και το κόστος παραγγελίας ανά μονάδα προϊόντος, το κόστος διατήρησης αποθέματος και μεταφοράς (ανά μονάδα και ανά χρόνο) καθώς και το κόστος ποινής για καθυστερημένη παράδοση παραγγελίας.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση του αποθέματος της εφοδιαστικής αλυσίδας επιβάλλει οι τρεις πράκτορες να μοιράζονται την συνάρτηση ανταμοιβής. Έτσι η κατάσταση του συστήματος δίδεται από το ακόλουθο διάνυσμα:

$$(IP_1, IP_2, IP_3),$$

Το οποίο περιγράφει την συνολική θέση του αποθέματος της εφοδιαστικής αλυσίδας ανά στάδιο. Το απόθεμα σε κάθε στάδιο εξαρτάται από προγραμματισμένες παραγγελίες ( $SR_i$ ), τρέχων απόθεμα ( $OH_i$ ) και παραγγελίες στην λίστα αναμονής ( $BO_i$ ):

$$IP_i = OH_i + SR_i - BO_i.$$

Από την εξίσωση αυτή συνάγεται ότι το  $IP_i$  δεν είναι δεσμευμένο, που θα προσέδιδε άπειρο μέγεθος στο πρόβλημα MDP. Συνεπώς κάθε,  $IP_i$  έχει κωδικοποιηθεί ώστε να υποθέτεται ένας περιορισμένος αριθμός αξιών.

**Πίνακας 2. Πηγή: Giannoccaro και Pontrandolfo (2000).**

Πραγματικά και κωδικοποιημένα σημεία αποθέματος (IP)										
Πραγματικό $IP_i$	< -8	-8; -6	-6; -4	-4; -2	-2; 0	0; 2	2; 4	4; 6	6; 8	> 8
Κωδικοποιημένο $IP_i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### Αποτελέσματα

Όπως δείχνουν οι συγγραφείς, η ολοκληρωμένη πολιτική αποθέματος που καθορίστηκε μέσω της προτεινόμενης προσέγγισης (πολιτική SMART) αποδίδει καλύτερα από μία συγκεντρωτική πολιτική περιοδικών παραγγελιών, που χρησιμοποιήθηκε ως benchmark. Επίσης, η πολιτική SMART αποδείχθηκε αρκετά εύρωστη σε σχέση με μικρές μεταβολές στην ζήτηση. Αναμένεται η υπεροχή της πολιτικής SMART να αποδειχθεί ακόμη μεγαλύτερη σε περισσότερο πολύπλοκες περιπτώσεις. Αυτό εξαρτάται κατά βάση από (i) την ικανότητα της προσομοίωσης να αποτυπώσει λεπτομερή χαρακτηριστικά του συστήματος, όπως και (ii) από την ικανότητα του MDP να περιγράψει τις χρονικές εξαρτήσεις ανάμεσα στις αποφάσεις.

## **4. 2 Συντονισμός εφοδιαστικής αλυσίδας με συμβόλαιο μεριδίου εσόδων**

Με ένα συμβόλαιο μεριδίου εσόδων, ο λιανοπωλητής πληρώνει τον προμηθευτή μία τιμή για κάθε μονάδα που αγόρασε συν ένα ποσοστό των εσόδων που αποκομίζει. Τέτοια συμβόλαια έχουν επικρατήσει κυρίως στον χώρο της βιομηχανίας ενοικίασης κασετών, έναντι των συμβατικών συμβολαίων.

Στο άρθρο «Supply Chain Coordination with Revenue-Sharing Contracts: Strengths and Limitations» οι Cachon and Lariviere (2002) μελετούν τα συμβόλαια μεριδίου εσόδων σε ένα γενικό μοντέλο διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας, με μερίδια που καθορίζονται από της ποσότητες και τις τιμές αγορών κάθε λιανοπωλητή.

**Σύστημα προμηθευτή-λιανοπωλητή**

Θεωρείται ένα απλό σύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας με δύο εταιρείες, την προμηθεύτρια εταιρεία και την εταιρεία λιανικής πώλησης, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως ουδέτερου ρίσκου. Η περίοδος αγορών θεωρείται εξωγενώς καθοριζόμενη. Επιπλέον δεν λαμβάνεται υπόψη κόστος μακροπρόθεσμης δυσαρέσκειας των πελατών.

Οι παράμετροι προς συμφωνία από τα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι:

$w$ : τιμή πώλησης ανά μονάδα προϊόντος από τον προμηθευτή στον λιανοπωλητή

$\Phi$ : το ποσοστό του εσόδων που λαμβάνει ο λιανοπωλητής από τις πωλήσεις των προϊόντων, οπότε και

$1 - \Phi$ : το ποσοστό του παραγόμενου κέρδους που λαμβάνει ο προμηθευτής

Ο λιανοπωλητής είναι το μόνο από τα μέλη που λειτουργεί ως πηγή εσόδων για την εφοδιαστική αλυσίδα, αποφέροντας για ποσότητα  $q$  πωληθέντων προϊόντων  $R(q, p) + vq$  συνολικά έσοδα, με  $R(q, p)$  τα έσοδα που αποδίδονται άμεσα στα πωληθέντα προϊόντα (αναμενόμενα), ενώ ο όρος  $vq$  (μπορεί να λάβει και αρνητικές τιμές) είναι η υπολειμματική αξία των πωλήσεων και αποδίδει μεγαλύτερη γενικότητα στις εφαρμογές του μοντέλου.

Το κέρδος του λιανοπωλητή  $\pi_r(q, p)$ , του προμηθευτή  $\pi_s(q, p)$  και της εφοδιαστικής αλυσίδας συνολικά  $\Pi(q, p)$  για μία περίοδο πωλήσεων, δίνονται από τις επόμενες εξισώσεις:

$$\pi_r(q, p) = \phi R(q, p) - (c_r + w - \phi v)q$$

$$\pi_s(q, p) = (1 - \phi)R(q, p) - (c_s - w - (1 - \phi)v)q$$

$$\Pi(q, p) = \pi_r(q, p) + \pi_s(q, p) = R(q, p) - (c - v)q$$

όπου:

$C_r$ : κόστος παραγωγής ανά μονάδα προϊόντος για τον προμηθευτή

$C_s$ : κόστος πώλησης ανά μονάδα προϊόντος για τον λιανοπωλητή

$C = C_r + C_s$ : μεταβλητό κόστος ανά μονάδα προϊόντος για την εφοδιαστική αλυσίδα.

Όπως φαίνεται από τις παραπάνω εξισώσεις τα έσοδα που δεν αποδίδονται άμεσα στα πωληθέντα προϊόντα (υπολειμματικά έσοδα), επίσης διαμοιράζονται ανάμεσα στα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτό απαιτείται σύμφωνα με τους συγγραφείς ώστε να είναι δυνατός ο συντονισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας, ειδικά για την περίπτωση όπου η τιμή πώλησης  $p$  των προϊόντων δεν είναι σταθερή.

Η ζήτηση μπορεί να είναι αιτιοκρατική ή στοχαστική και το κέρδος παράγεται είτε από ενοικιάσεις είτε από πωλήσεις. Ο όρος  $S(q,p)$  είναι η ποσότητα των αναμενόμενων πωλήσεων (ή ενοικιάσεων) και προσδιορίζεται από την συνάρτηση ζήτησης  $D(p)$ , η οποία όταν θεωρείται στοχαστική (περίπτωση εφημεριδοπώλη) με συνάρτηση κατανομής:

$$F(x, p) = \Pr(D(p) \leq x)$$

τότε ισχύει:

$$S(x, p) = E[(D(p) - x)^+] = x - \int_0^x F(x, p) dx$$

Συνεπώς με βάση την σχέση  $R(q, p) = (p-u) S(q, p)$ , μπορούν να συσχετιστούν τα αναμενόμενα έσοδα με την ζήτηση (αιτιοκρατική ή στοχαστική).

### Συντονισμός συστήματος

Έστω  $\{q^0, p^0\}$  το ζεύγος ποσότητας – τιμής με το οποίο μεγιστοποιείται το  $\Pi(q, p)$ . Ο συντονισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας επιτυγχάνεται όταν η συνάρτηση κέρδους του λιανοπωλητή είναι ένας σχετικός μετασχηματισμός της συνάρτησης κέρδους της εφοδιαστικής αλυσίδας. Δηλαδή όταν σε κάθε περίπτωση το  $\{q^0, p^0\}$  μεγιστοποιεί αμφότερες τις συναρτήσεις κέρδους. Σχετικά με το ζητούμενο αυτό οι συγγραφείς διατυπώνουν και αποδεικνύουν το ακόλουθο θεώρημα:

#### *Θεώρημα 1*

Θέτοντας στο μοντέλο εφοδιαστικής αλυσίδας που περιγράφηκε προηγούμενα

$$\omega = \phi c - c_r$$

οι συναρτήσεις κέρδους των μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι

$$\pi_r(q, p) = f\Pi(q, p)$$

για τον λιανοπωλητή και

$$\pi_s(q, p) = (1 - \phi)\Pi(q, p)$$

για τον προμηθευτή και η λύση  $\{q^0, p^0\}$  είναι ταυτόχρονα βέλτιστη και για τον λιανοπωλητή, άρα το σύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας συντονίζεται με αυτό το Συμβόλαιο Μεριδίου Εσόδων.

Εξάλλου με τα Συμβόλαια Αγοράς Επιστροφών (buy back contracts), ο προμηθευτής πωλεί τα προϊόντα στον λιανοπωλητή με τιμή  $w_b$  και αγοράζει τις επιστροφές προϊόντων από εκείνον σε τιμή  $b$ . (Ο Pasternack (1985) ήταν ο πρώτος που αναγνώρισε ότι τα συμβόλαια αυτά συντονίζουν την περίπτωση του εφημεριδοπώλη με σταθερή τιμή πώλησης).

Η συνάρτηση κέρδους του λιανοπωλητή δίδεται από την εξίσωση:

$$\begin{aligned}\pi_r(q, p, b, \omega_b) &= \frac{p}{p-v} R(q, p) + (b+v) \left( q - \frac{R(q, p)}{p-v} \right) - (c_r + \omega_b)q \\ &= \left( 1 - \frac{b}{p-v} \right) R(q, p) - (c_r + \omega_b - b - v)q\end{aligned}$$

και του προμηθευτή από την ακόλουθη:

$$\pi_s(q, p, b, \omega_b) = \frac{b}{p-v} R(q, p) - (c_s - \omega_b + b)q$$

Βρίσκεται ότι τα συμβόλαια μεριδίου εσόδων είναι ισάξια με τα συμβόλαια αγοράς επιστροφών στην περίπτωση του εφημεριδοπώλη. Συγκεκριμένα διατυπώνεται τα ακόλουθο θεώρημα:

### Θεώρημα 2

Στην διαμόρφωση του εφημεριδοπώλη, με σταθερές τιμές πώλησης λιανικής πώλησης, για κάθε ΣΜΕ  $\{\Phi, w\}$  υπάρχει ένα ΣΑΕ που παράγει ακριβώς το ίδιο κέρδος για κάθε μέλος της εφοδιαστικής αλυσίδας, με οποιαδήποτε ζήτηση. Το ΣΑΕ αυτό έχει:

$$\begin{aligned}b &= (1-\phi)(p-v) \\ \omega_b &= (1-\phi)p + \phi c - c_r\end{aligned}$$

Επίσης βρίσκεται ότι τα συμβόλαια μεριδίου εσόδων είναι ισάξια με τα συμβόλαια έκπτωσης στην περίπτωση του εφημεριδοπώλη με ρυθμιζόμενες τιμές. Ακολουθεί σύγκριση των ΣΜΕ και με άλλα συμβόλαια εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως συμβόλαια ευελιξίας ποσότητας, συμβόλαια επιστροφής πωλήσεων, συμβόλαια franchise και συμβόλαια έκπτωσης ποσότητας, με αρκετά ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

### Πολλοί λιανοπωλητές

Στην συνέχεια τα ΣΜΕ χρησιμοποιούνται για να συντονίσουν την εφοδιαστική αλυσίδα με πολλούς λιανοπωλητές που ανταγωνίζονται σε ποσότητες. Γίνεται η

υπόθεση ότι υπάρχουν  $n$  ανταγωνιστικοί λιανοπωλητές και ότι τα έσοδα για κάθε έναν εξαρτώνται αποκλειστικά από την ποσότητα αποθέματος του  $q_i$ . Έστω  $\bar{q} = \{q_1, \dots, q_n\}$  το διάνυσμα των επιπέδων διατηρούμενου αποθέματος. Τα αναμενόμενα έσοδα για τον λιανοπωλητή  $i$  συμβολίζονται με  $R_i(\bar{q})$ . Η υπολειμματική αξία  $vq$  είναι ενσωματωμένη στο  $R_i(\bar{q})$ . Γίνεται επίσης η υπόθεση ότι το  $R_i(\bar{q})$  είναι παραγωγίσιμο και ότι ισχύει  $R_i^i(\bar{q}) < 0$ , όπου  $R_j^i(\bar{q}) = \partial R_j(\bar{q}) / \partial q_i$ .

Δηλαδή τα έσοδα του κάθε λιανοπωλητή μειώνονται όσο αυξάνεται το επίπεδο αποθέματος που διατηρεί. Επιπλέον όμως ισχύει  $\partial^2 R_i / \partial q_i \partial q_j \leq 0$  για όλα τα  $j \neq i$ ,

δηλαδή, όσο μεγαλύτερο είναι το απόθεμα των ανταγωνιστών τόσο μικρότερη είναι η μείωση εσόδων στην οποία υπόκειται ο κάθε λιανοπωλητής από το υψηλό επίπεδο των ιδίων αποθεμάτων. Τέλος υπάρχει ένα πεπερασμένο  $q_i^\varepsilon$ , τέτοιο ώστε  $R_i^i(\bar{q}_i) < \varepsilon$ , για όλα τα  $q_i \geq q_i^\varepsilon$ , δηλαδή το περιθώριο κέρδους είναι αρνητικό για τον λιανοπωλητή  $i$  πέρα από αυτό το επίπεδο αποθέματος ( $q_i^\varepsilon$ ), οποιαδήποτε και αν είναι τα αποθέματα των ανταγωνιστών.

Το κέρδος της εφοδιαστικής αλυσίδας στο  $i$  είναι:  $\Pi_i(\bar{q}) = R_i(\bar{q}) - c_i q_i$ , όπου  $c_s$  είναι το κόστος παραγωγής του προμηθευτή,  $c_{ri}$  το πρόσθετο κόστος του λιανοπωλητή και  $c_i = c_s + c_{ri}$ . Ενώ το συνολικό κέρδος είναι:  $\Pi(\bar{q}) = \sum_{i=1}^n \Pi_i(\bar{q})$ . Το διάνυσμα των

βέλτιστων ποσοτήτων αποθέματος  $\bar{q}^0 = \{q_1^0, \dots, q_n^0\}$  θα ικανοποιεί το ακόλουθο σύστημα συνθηκών α' τάξης:

$$R_i^i(\bar{q}) + \sum_{j \neq i} R_j^i(\bar{q}) = c_i \quad i = 1, \dots, n$$

Στο αποκεντρωμένο σύστημα ο προμηθευτής προσφέρει στον λιανοπωλητή ένα ΣΜΕ  $\{\Phi, w\}$  και ο λιανοπωλητής διαλέγει το  $q_i$  για το οποίο μεγιστοποιείται η δική του συνάρτηση κέρδους. Χωρίς απώλεια της (λογικής) γενικότητας θεωρείται ότι ο λιανοπωλητής επιλέγει από το πεδίο τιμών  $[0, q_i^{\varepsilon_i}]$  με  $\varepsilon_i = c_i$ .

**Θεώρημα 3**

Διατυπώνεται ότι ο συντονισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι δυνατός μέσω ενός ΣΜΕ, όπου:

$$\omega_i = \phi_i (c_i - \xi_i^0) - c_{ri}$$

$$\text{όπου } \xi_i^0 = \xi_i(\bar{q}^0)$$

$$\xi_i(\bar{q}) = \sum_{j \neq i}^n R_j^i(\bar{q})$$

και

$$0 < \phi_i \leq \frac{\Pi_i(\bar{q}^0)}{\Pi_i(\bar{q}^0) + q^0 \xi_i^0} \quad \text{για } i = 1, \dots, n$$

Τα βέλτιστα κέρδη των επιχειρήσεων είναι:

$$\pi_i(\bar{q}^0) = \phi_i (\Pi_i(\bar{q}^0) + q_i^0 \xi_i^0)$$

$$\pi_s(\bar{q}^0) = \sum_{i=1}^n (1 - \phi_i) (\Pi_i(\bar{q}^0) + q_i^0 \xi_i^0) - q_i^0 \xi_i^0$$

Παρά τα πολλά πλεονεκτήματα αναγνωρίζονται και πολλοί περιορισμοί των συμβολαίων μεριδίου εσόδων, οι οποίοι (τουλάχιστον μερικώς) εξηγούν γιατί δεν έχουν επικρατήσει σε όλες τις βιομηχανίες. Συγκεκριμένα περιγράφονται περιπτώσεις στις οποίες το μερίδιο κέρδους παρέχει μόνο μικρή βελτίωση επί του διοικητικά φθηνότερου κλασικού συμβολαίου (wholesale price contract). Επιπροσθέτως το μερίδιο κέρδους δεν συντονίζει την εφοδιαστικής αλυσίδας με ζήτηση που εξαρτάται από δαπανηρή λιανική πώληση. Αναπτύσσεται μία παραλλαγή για το μερίδιο κέρδους αυτής της περίπτωσης.

Υποστηρίζεται τέλος ότι για διάφορους λόγους η βιομηχανία ενοικίασης ταινιών είναι απόλυτα κατάλληλη για την εφαρμογή των συμβολαίων μεριδίου εσόδων και ότι παρόλο που υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί στα συμβόλαια αυτά, πολλές ακόμη βιομηχανίες είναι πιθανόν να εντοπίσουν τα οφέλη τους και να τα υιοθετήσουν στο μέλλον (βλ. Cachon and Lariviere, 2001).



### **4. 3 Ολοκληρωμένη μοντελοποίηση αποφάσεων της αποτελεσματικότητας εφοδιαστικής αλυσίδας.**

Σε ένα μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας για την ΔΕΑ, τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν αφορούσαν την βελτιστοποίηση του κόστους της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στο άρθρο των Li and O'Brien (1999) «Integrated decision modelling of supply chain efficiency» η μοντελοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας επικεντρώνεται στην βελτίωση της αποδοτικότητας και αποτελεσματικότητας της σε τέσσερα κριτήρια, κέρδος, lead time, επίδοση, χρονική αμεσότητα παράδοσης και εξάλειψη περιττού αποθέματος, αντί μόνο της ελαχιστοποίησης του κόστους.

Το μοντέλο που εφαρμόζεται στο άρθρο αυτό αναλύει την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας σε δύο επίπεδα, στο επίπεδο της αλυσίδας και στο λειτουργικό επίπεδο. Το μοντέλο διευκολύνει τους διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας να είναι ενεργοί κατά τη λήψη αποφάσεων και να εισάγουν την υποκειμενική τους κρίση στο μοντέλο. Επιπλέον η έρευνα μπορεί να αναλύσει την επιρροή των βαρών των διαφορετικών λειτουργικών κριτηρίων στην απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

#### **Μεθοδολογία μοντελοποίησης**

**Κριτήρια:** Τέσσερα κριτήρια, όπως αναφέρθηκε χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας στο άρθρο: Κέρδος, χρόνος διεκπεραίωσης (lead time), αξιοπιστία παράδοσης και εξάλειψη περιττού αποθέματος.

**Ιεραρχική διαδικασία απόφασης:** Στο επίπεδο αλυσίδας τίθενται στόχοι με δεδομένα βάρη για κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας και επιλέγονται οι καλύτεροι συνεργάτες. Για την λήψη των αποφάσεων χρησιμοποιείται δυναμικός προγραμματισμός. Ο αντικειμενικός προγραμματισμός φαίνεται κατά τους συγγραφείς να είναι η καταλληλότερη μέθοδος για τις αποφάσεις σε λειτουργικό επίπεδο.

**Επιχειρησιακή στρατηγική:** Το μοντέλο επιτρέπει σε κάθε μέλος της εφοδιαστικής αλυσίδας να εκτιμήσει την απόδοση του υπό δεδομένους στόχους και μέσω τριών

στρατηγικών i) Παραγωγή κατά παραγγελία -make to order MTO),ii) παραγωγή από απόθεμα (make from stock MFS) και iii) παραγωγή για αποθεματοποίηση (make to stock MTS).

**Μέτρηση βάσει χρόνου:** Το μοντέλο χρησιμοποιεί τον χρόνο ως μέτρηση του επιπέδου αποθέματος, ώστε ο χρόνος κύκλου να μπορεί να συνδεθεί με τα αποθέματα.

### Δομή μοντέλου

Στην συνέχεια παρατίθενται οι παραδοχές της μοντελοποίησης αναλυτικά σε σχέση με τα κριτήρια, την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας, και τις παραμέτρους που ορίζονται.

#### 1. Παραδοχές κριτηρίων.

- *Δείκτης κέρδους.* Η διαφορά της μέσης τιμής πώλησης (**R1**) με το αναμενόμενο συνολικό κόστος (**ETC**).
- *Δείκτης επίδοσης χρόνου διεκπεραίωσης.* Η διαφορά του απαιτούμενου χρόνου διεκπεραίωσης (**R2**) με τον αναμενόμενο χρόνο διεκπεραίωσης (**ELT**).
- *Δείκτης αξιοπιστίας παράδοσης.* Η διαφορά ανάμεσα στην απαιτούμενη μέγιστη καθυστέρηση παράδοσης(**R3**) και την αναμενόμενη to expected καθυστέρηση παράδοσης (**EDD**).
- *Δείκτης εξάλειψης περιττού αποθέματος.* Η διαφορά ανάμεσα στο επιθυμητό (μηδενικό) κόστος αποθέματος της εφοδιαστικής αλυσίδας (**R4**), και στο αναμενόμενο κόστος αποθέματος (**ESC**).

#### 2. Παραδοχές επίδοσης

- Επίπεδο δυσaréσκειας (**DL**). Το σταθμισμένο άθροισμα των διαφορών ανάμεσα στις απαιτούμενες και στις πραγματικές αξίες των κριτηρίων επίδοσης.
- Τα κόστη που σχετίζονται με την αμεσότητα: (**EFC**)=(κόστος χρόνου διεκπεραίωσης) + (κόστος δέσμευσης αποθέματος), και με την αξιοπιστία παράδοσης: (**ERC**)= (κόστος προστίμου καθυστέρηση) + (ποινή καθυστέρησης).
- Σταθερά κόστη (**FC**): Το κόστος που σχετίζεται με δεδομένους λειτουργικούς περιορισμούς όπως τεχνολογίες παραγωγής,

εργατικό δυναμικό, υποδομές κτλ. Οι περιορισμοί αυτοί καθορίζουν τον τυπικό χρόνο παραγωγής, τον τυπικό χρόνο παράδοσης κτλ.

- ο Χρόνος δέσμευσης αποθέματος για πρώτες ύλες (**ET**) και για τελικά προϊόντα (**FT**). Πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος με τον χρόνο προμήθειας πλέον του αναμενόμενου χρόνου καθυστέρησης.
- ο Καθυστερήσεις προμήθειας από αποθέματα υλικών (**ED**) και προϊόντων (**FD**).

### 3. Παραδοχές παραμέτρων

- ο Πιθανότητες αποτυχίας στρατηγικών δέσμευσης αποθέματος υλικών ( $e_m$ ) και προϊόντων ( $e_f$ ). Οι πιθανότητες δηλαδή τα αποθέματα να μην ικανοποιούν τις απαιτήσεις των πελατών σε προδιαγραφές, σε ένα στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας. (Θεωρείται ότι  $e_{m, k+1} = e_{f, k}$ , όπου  $k$  στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας).
- ο Κόστη crashing (παραβίασης;) των χρόνων διεκπεραίωσης παραγωγής ( $C_{fp}$ ), διεκπεραίωσης μεταφοράς ( $C_{ft}$ ), καθυστέρησης της παραγωγής ( $C_{rp}$ ) και καθυστέρησης της μεταφοράς ( $C_{rt}$ ).

**Στο επίπεδο αλυσίδας** οι αντικειμενικοί στόχοι που συνδέονται με τα κριτήρια τίθενται για κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας, έτσι ώστε η απόδοση της να επιτυγχάνει το στοχευόμενο επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών και να επιλέγεται η καλύτερη στρατηγική ΔΕΑ. Εφαρμόζεται ένα ολοκληρωμένο μοντέλο υποστήριξης αποφάσεων για την αξιολόγηση των πιθανών μελών σε μία εφοδιαστική αλυσίδα. Δεδομένου ότι οι συνεργάτες σε μία εφοδιαστική αλυσίδα λειτουργούν αμφίδρομα, κάποια μαθηματικά μοντέλα της βιβλιογραφίας που εξετάζουν μόνο το κόστος, δεν φαίνονται ικανά να αποδώσουν κάποια κεντρικά χαρακτηριστικά. Όταν ο χρόνος τοποθετείται ως βασικός παράγοντας στη διαδικασία απόφασης, η επιρροή της ικανότητας απόκρισης των προμηθευτών στη ευρεία απόδοση θα μπορούσε να σκιαγραφηθεί σαφώς καλύτερα από το συγκεκριμένο μοντέλο.

Οι συγγραφείς διαπιστώνουν, ότι ο αλληλεπιδραστικός χαρακτήρας της εφοδιαστικής αλυσίδας, την καθιστά ένα τυπικό πρόβλημα δυναμικού συστήματος πολλαπλών σταδίων, το οποίο μπορεί να επιλυθεί από την επόμενη εξίσωση.

$$\mathbf{TDL}_k(\mathbf{S}_k) = \text{Min}\{\mathbf{DL}_k(\mathbf{W}_k, \mathbf{G}_k, \mathbf{S}_k) + \mathbf{TDL}_{k-1}(\mathbf{S}_{k-1})\}$$

υπό τους περιορισμούς

$$\mathbf{N}_k \in \mathbf{D}_k(\mathbf{S}_k),$$

$$\mathbf{S}_{k-1} = \mathbf{N}_k(\mathbf{S}_k)$$

και  $\mathbf{G}_k$  και  $\mathbf{W}_k$  τα διανύσματα των αποκλίσεων και βαρών στο στάδιο k με:

$$\mathbf{G}_k = \{G_{1,k}, G_{2,k}, G_{3,k}, G_{4,k}\}$$

$$\mathbf{W}_k = \{W_{1,k}, W_{2,k}, W_{3,k}, W_{4,k}\}$$

$\mathbf{S}_k$  το διάνυσμα κατάστασης της θέσης στο στάδιο k,

$\mathbf{N}_k(\mathbf{S}_k)$  το διάνυσμα μεταβλητών αποφάσεων της θέσης προς επιλογή στο στάδιο k+1,

από την τρέχουσα θέση  $\mathbf{S}_k$  στο στάδιο k,

$\mathbf{D}_k(\mathbf{S}_k)$  ο χώρος των πιθανών αποφάσεων στο στάδιο k,

$\mathbf{DL}_k$  το διάνυσμα που επιδεικνύει τα επίπεδα απόδοσης των πιθανών συνεργατών στο k στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Στην συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία αξιολόγησης των πιθανών συνεργατών-μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το διάνυσμα  $\mathbf{N}_k$  αναπαριστά τις προτιμώμενες θέσεις των κόμβων στο στάδιο k και k+1. Η διαδικασία επιλογής έχει ως εξής:

1. Ορισμός εφοδιαστικής αλυσίδας.
2. Καθορισμός διανυσμάτων αντικειμενικών στόχων και βαρών  $\mathbf{R}_k$ ,  $\mathbf{W}_k$ , για  $k=1,2,\dots,m$ .
3. Εκκίνηση της αξιολόγησης των συνεργατών από  $k=1$ , με  $\mathbf{W}_k$  δεδομένο,  $\mathbf{TLL}_0=0$ . Το  $\mathbf{DL}_k$  αποσπάται από το μοντέλο απόφασης λειτουργιών για κάθε πιθανό μέλος.
4. Εύρεση του βέλτιστου  $\mathbf{TDL}_k^*$ ,  $\mathbf{N}_k^*$ ,  $\mathbf{S}_k^*$ . Πήγαινε στο  $k=k+1$ .
5. Αξιολόγηση συνεργατών στο στάδιο και απόσπαση νέας ενδιάμεσης απόφασης στο στάδιο όπως στο (4). Πήγαινε σε κατάντη στάδιο μέχρις ότου  $k=m$ .
6. Το  $\mathbf{TDM}_m$  θα είναι το ολικό ελάχιστο επίπεδο δυσaréσκειας σε σχέση με τις απαιτήσεις των πελατών. Από το  $\mathbf{N}_m^*$  και το  $\mathbf{S}_{k+1} = \mathbf{N}_k(\mathbf{S}_k)$ , η επιθυμητή ολική απόφαση μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της αντίστροφης ανίχνευσης στα ανάντη στάδια. Ως αποτέλεσμα σε κάθε στάδιο επιλέγεται ένας συνεργάτης.

Όταν απαιτούνται περισσότεροι συνεργάτες του ενός σε κάποιο στάδιο, οι αποφάσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν με επιλογή επιπλέον των υπο-βέλτιστων κόμβων του σταδίου και εν συνεχεία με υπολογισμό του σταθμισμένου (βάσει ποσοστού

προμήθειας) μέσου της απόδοσης τους. Για κάθε προμηθευτή υπάρχουν τρεις στρατηγικές παραγωγής που μπορούν να εφαρμοστούν, οι MTO, MFS και MTS. Κάθε πιθανός συνδυασμός στρατηγικών πρέπει να αναλυθεί στην διαδικασία προγραμματισμού.

Στο επίπεδο λειτουργιών, βελτιστοποιούνται οι παραγωγικές δραστηριότητες και οι δραστηριότητες logistics υπό δεδομένους στόχους που έχουν τεθεί από το επίπεδο εφοδιαστικής αλυσίδας. Στο άρθρο αναλύεται η απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας με έναν ιεραρχικό τρόπο έτσι ώστε να μπορούν να ισορροπηθούν τα οφέλη ολοκλήρωσης της εφοδιαστικής αλυσίδας αλλά και των μεμονωμένων επιχειρήσεων.

Η ολοκλήρωση του μοντέλου περιλαμβάνει την υποστήριξη των αποφάσεων σε λειτουργικό επίπεδο. Όσο μεγαλύτερο είναι το DL τόσο φτωχότερη είναι η απόδοση του μέλους. Οι παραγωγοί επιθυμούν να μειώσουν το συνολικό κόστος λειτουργίας ενώ παράλληλα προσπαθούν να ικανοποιήσουν τους στόχους σε χρόνο διεκπεραίωσης και αξιοπιστία παράδοσης. Αυτό είναι μία διαδικασία trade off για τους διαφορετικούς δείκτες επίδοσης ETC, ELT, EDD και ESC. Οι συναρτήσεις κόστους έχουν ως εξής:

$$ETC = EFC + ERC + FC$$

$$EFC = \text{Leadtime crashing cost} + \text{Inventory holding cost}$$

$$= C_{fp} \cdot (NPL - PL) + C_{ft} \cdot (NTL - TL) + q_{sh} \cdot H_s \cdot ET + H_p \cdot PL + q_{fh} \cdot H_f \cdot FT + H_t \cdot TL$$

$$ERC = \text{Delay crashing cost} + \text{Delay penalty}$$

$$= C_{rp} \cdot (NPD - PD) + C_{rt} \cdot (NTD - TD) + q_{sp} \cdot P_s \cdot ED + q_{mp} \cdot P_m \cdot PD + q_{fp} \cdot P_f \cdot FD + P_t \cdot TD$$

$$FC = C_s + C_p + C_T,$$

όπου

$$ET = SL + SD, \quad FT = PL + PD,$$

$$ED = q \cdot SD + (1 - q) \cdot SL, \quad FD = PL$$

όπου:

<b>SL, SD</b>	Αναμενόμενος χρόνος leadtime και καθυστέρηση του προμηθευτή. $q=1$ όταν εφαρμόζεται η πολιτική MTO, διαφορετικά $q=0$ .
<b><math>C_{fp}</math>, <math>C_{ft}</math></b>	κόστη crashing ανά μονάδα για leadtime χρόνους παραγωγής και μεταφοράς αντίστοιχα (\$/μονάδα χρόνου)
<b><math>H_s</math>, <math>H_p</math>, <math>H_f</math>, <math>H_t</math></b>	Κόστος ανά μονάδα μεταφοράς αποθέματος υλικών, WIP, τελικών προϊόντων και μεταφερόμενων προϊόντων (\$/μονάδα χρόνου)
<b>NPL, NTL</b>	Τυπικός χρόνος διεκπεραίωσης παραγωγής και μεταφοράς (μονάδες

	χρόνου)
<b>PL, TL</b>	Μεταβλητές απόφασης, σχεδιαζόμενος χρόνος διεκπεραίωσης παραγωγής και μεταφοράς (μονάδες χρόνου)
<b>ET, FT</b>	Αναμενόμενο επίπεδο αποθέματος υλικών και τελικών προϊόντων στον χρόνο (μονάδες χρόνου)
<b>ED, FD</b>	Αναμενόμενη καθυστέρηση προμήθειας υλικών και τελικών προϊόντων (μονάδες χρόνου)
<b>C<sub>rp</sub>, C<sub>rt</sub></b>	Κόστος crashing μονάδας για την καθυστέρηση παραγωγής και μεταφοράς (\$/μονάδα χρόνου)
<b>NPD, NTD</b>	Τυπική μέση καθυστέρηση παραγωγής και μεταφοράς (μονάδες χρόνου)
<b>PD, TD</b>	Μεταβλητές απόφασης, καθυστέρηση παραγωγής και μεταφοράς (μονάδα χρόνου)
<b>P<sub>s</sub>, P<sub>m</sub>, P<sub>f</sub>, P<sub>t</sub></b>	Ποινή καθυστέρησης μονάδας τροφοδότησης υλικού, παραγωγής, τροφοδότησης τελικού προϊόντος και μεταφοράς (μονάδα χρόνου)
<b>C<sub>s</sub>, C<sub>p</sub>, C<sub>t</sub></b>	Τα σταθερά κόστη τροφοδοσίας υλικού, παραγωγής και παράδοσης δεδομένων των υποδομών (\$)
<b>q<sub>sh</sub>, q<sub>fh</sub>, q<sub>sp</sub>, q<sub>fph</sub>, q<sub>mh</sub></b>	Παράμετροι σχετικοί με τις στρατηγικές MTO, MFS, MTS
<b>MTO</b> : $q_{fd} = 0; q_{sl}, q_{pl}, q_{sd}, q_{pd} = 1$	
<b>MFS</b> : $q_{sl}, q_{sd} = e_m, q_{pl}, q_{pd} = 1, q_{fd} = 0$	
<b>MTS</b> : $q_{sl}, q_{sd} = e_m, q_{pl}, q_{pd}, q_{fd} = e_f$	

Με βάση τα χαρακτηριστικά των προκαθορισμένων πολλαπλών στόχων το υπό-μοντέλο έχει ως εξής:

$$\text{Min } DL = \sum_{l \in C} W_l \cdot G_l$$

υπό του περιορισμούς

$$ETC - G_1 = R_1$$

$$ELYT - G_2 = R_2$$

$$EDD - G_3 = R_3$$

$$ESC - G_4 = R_4$$

$$PL \in S_{PL}, \quad TL \in S_{TL},$$

$$PD \in S_{PD}, \quad TD \in S_{TD},$$

$$C = \{1, 2, 3, 4\}$$

όπου

$$ELT = q_{sl} \cdot SL + q_{pl} \cdot PL + TL,$$

$$EDD = q_{sd} \cdot ED + q_{pd} \cdot PD + q_{fd} \cdot FD + TD,$$

$$ESC = q_{sh} \cdot H_s \cdot ET + H_p \cdot PK + q_{fh} \cdot H_f \cdot FT + H_t \cdot TL$$

$q_{sl}, q_{pl}, q_{sd}, q_{pd}, q_{fd}$ , είναι οι παράμετροι που σχετίζονται

με τις στρατηγικές MTO, MFS, MTS:

$G_W, W_l$  : Η διαφορά για του  $l^{th}$  κριτηρίου και το βάρος του και

$S_{PL}, S_{TL}, S_{PD}, S_{TD}$ , οι χώροι μεταβλητών πεδίων των PL, TL, PD, TD αντίστοιχα.

#### **4.4 Αναμονητικά δίκτυα και σχεδιασμός τοπολογίας εφοδιαστικής αλυσίδας.**

Η μοντελοποίηση και η βελτιστοποίηση πολύπλοκων συστημάτων όπως είναι τα δίκτυα εφοδιαστικής αποτελεί μία νέα περιοχή έρευνας για την οποία ακριβή αναλυτικά αποτελέσματα είναι προφανώς πολύ δύσκολα, αν όχι αδύνατα.

Στο άρθρο τους με τίτλο «Queueing networks and the topological design of supply chain systems» οι Kerbache and Smith (2003) αναπτύσσουν μια νέα μεθοδολογία μοντελοποίησης και ανάλυσης της εφοδιαστικής αλυσίδας, βασισμένη σε αναλυτικά αναμονητικά δίκτυα. Συγκεκριμένα στο χρησιμοποιούμενο μοντέλο χρησιμοποιούνται κλειστά αναμονητικά συστήματα, συσχετισμένα με μη γραμμική βελτιστοποίηση για τον σχεδιασμό τοπολογιών εφοδιαστικής αλυσίδας και για την εκτίμηση των μέτρων απόδοσης της. Η μεθοδολογία αυτή είναι κατάλληλη ειδικά όταν τα μέτρα επίδοσης είναι το throughput, ο κύκλος ζωής και το Work In Process (WIP).

##### Παρουσίαση του μοντέλου

Οι υποθέσεις και παραδοχές σχετικά με το προς μοντελοποίηση σύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας έχουν ως εξής:

- Το δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελείται από N κέντρα εξυπηρέτησης, όπου η εξυπηρέτηση μπορεί να αφορά δραστηριότητες όπως αποθήκευση, παραγωγή, διαχείριση υλικών, συσκευασία, μεταφορά κτλ. Κάθε ένα από τα κέντρα εξυπηρέτησης μοντελοποιείται ως ένα αναμονητικό σύστημα στο οποίο λειτουργούν ένας ή και περισσότεροι εξυπηρετητές.
- Υπάρχουν διάφοροι τύποι προϊόντων που ρέουν στο δίκτυο μέσω διαφορετικών διαδρομών (αλυσίδων). Κάθε αλυσίδα  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, A$ ) περιέχει  $W_k$  προϊόντα και  $T_k$  τύπους προϊόντος. Μία αλυσίδα μπορεί να περιέχει προϊόντα που να ανήκουν σε παραπάνω από έναν τύπους. Ως προϊόν  $(k, t)$  συμβολίζεται το προϊόν τύπου  $t$  στην αλυσίδα  $k$ .

- Τα αναμονητικά συστήματα ακολουθούν κάποια από τις ακόλουθες πολιτικές:
  - Τα προϊόντα εξυπηρετούνται κατά σειρά άφιξης (FCFS). Σε κάθε αναμονητικό σύστημα  $l$  λειτουργούν  $\tau_l$  όμοιοι εξυπηρετητές στους οποίους ο χρόνος εξυπηρέτησης ακολουθεί εκθετική κατανομή με μέση τιμή  $\tau_{lkt} = t_l$  για το προϊόν  $(k, t)$ . Εισάγεται η μεταβλητή  $\mu(i) = \min(i, M_l)$ . Τα συστήματα αυτά είναι αναμονητικά συστήματα  $M / M / C$ , με  $C = M_l$ .
  - Στο σύστημα υπάρχουν άπειροι εξυπηρετητές. Ο χρόνος εξυπηρέτησης κάθε προϊόντος είναι ανεξάρτητος των υπολοίπων και ορίζεται από αυθαίρετη κατανομή. Ισχύει  $\mu(i) = i$ . Το σύστημα είναι τύπου  $M / G / \infty$ .
- Αφότου το προϊόν  $(k, t)$  δέχεται την εξυπηρέτηση στο σύστημα  $l$  κατευθύνεται στο σύστημα  $m$  και μετατρέπεται σε προϊόν  $(k, s)$  με πιθανότητα  $p(l, m, t, s, k)$ .

#### Αποτελέσματα διαδικασίας Markov

Η δρομολόγηση των προϊόντων της αλυσίδας  $k$  με το προτεινόμενο μοντέλο περιγράφεται ως διαδικασία διακριτού χρόνου Markov. Συνεπώς με βάση τα θεωρήματα της σχετικής θεωρίας, οι συγγραφείς επιδεικνύουν ότι για τον μέσο όρο επισκέψεων ενός προϊόντος  $(k, t)$  στο σύστημα  $m$  αμέσως μετά από επίσκεψη στο σύστημα  $l$ ,  $y(l, t, k)$  ισχύει:

$$y(l, t, k) = \sum_{s=1}^{T_k} \sum_{m=1}^A y(m, s, k) p(m, l, s, t, k)$$

με

$$t = 1, \dots, T_k, \quad l = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, A, \\ y(1, 1, k) = 1, \quad k = 1, \dots, A.$$

Έστω  $(X_1, X_2, \dots, X_N)$  το διάνυσμα κατάστασης του δικτύου εφοδιαστικής αλυσίδας, όπου για τα  $X_i$  ισχύει:



$X_i = m_{i1}, \dots, m_{i1t}, m_{i21}, \dots, m_{iAT_A}$ , όπου  $m_{ikt}$  ο αριθμός των προϊόντων (k, t) στο αναμονητικό σύστημα i. Ισχύει ο περιορισμός  $\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^{T_k} m_{ikt} = W_k$ .

Η πιθανότητα το σύστημα σε ισορροπία να βρίσκεται στην κατάσταση  $(X_1, X_2, \dots, X_N)$  δίνεται από τον τύπο:  $\Pi_1(X_1) \dots \Pi_N(X_N) / G$ , όπου:

$$\Pi_i(X_i) = a_i(m_i) m_i! \prod_{k=1}^A \prod_{t=1}^{T_k} [y(i, t, k) \tau_{ikt}] \frac{m_{ikt}}{m_{ikt}!},$$

$$\alpha_i(m_i) = \prod_{j=1}^{m_i} \frac{1}{\mu_i(j)}, \quad m_i = \sum_{k=1}^A \sum_{t=1}^{T_k} m_{ikt}$$

και G σταθερά κανονικοποίησης. Λόγω της παρουσίας της σταθεράς, αναπτύχθηκε ο αλγόριθμος μέσης ανάλυσης αξίας (**Mean Value Analysis**) μιας και αποφεύγει τον άμεσο υπολογισμό της. Ο αλγόριθμος MVA έχει ως εξής:

$\mathbf{i} := \mathbf{i} = (i_1, i_2, \dots, i_A)$  το διάνυσμα του πλήθους των αλυσίδων,

Για κάθε i:

$$w_{ikt} = \tau_{ikt} [1 + n_l(i - e_k)]$$

$$\lambda_{ikt}(i) = i_k / \left[ \sum_{l=1}^N \sum_{t=1}^{T_k} w_{lkt}(i) y_{lkt}(i) \right]$$

$$n_l(i) = \sum_{k=1}^A \sum_{t=1}^{T_k} \lambda_{lkt}(i) w_{lkt}(i)$$

Η εξ. (1) δίνει τις αναμενόμενες καθυστερήσεις των προϊόντων τύπου (k, t), στην ουρά l, η εξ. (2) είναι το throughput των προϊόντων τύπου (k, t), στην ουρά l και η εξ. (3) είναι το αναμενόμενο μήκος της ουράς l. Τα μέτρα επίδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας (χρόνος throughput, βαθμός χρήσης των πόρων και μήκος ουράς αναμονής) σχετίζονται με τα παραπάνω υπολογιζόμενα μέτρα.

Τέλος, η γενική μαθηματική διατύπωση με την οποία βελτιστοποιείται το δίκτυο της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει ως εξής:

Μεγιστοποίηση της  $Z = c_0 \lambda(N; \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n) - \sum c_i \mu_i$

υπό τους περιορισμούς  $\lambda(N; \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n) \geq \theta_t$ ,  
 $W \leq W_t$   
 $\mu_i^L \leq \mu_i \leq \mu_i^U, \forall i$

Όπου:

$c_0$  το κέρδος ανά μονάδα throughput,

$c_i$  κόστος ανά παρεχόμενη μονάδα εξυπηρέτησης στον κόμβο  $i$ ,

$\lambda(N; \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$  το throughput ως συνάρτηση του πληθυσμού του δικτύου,

$\mu_i$ , ο ρυθμός εξυπηρέτησης του κόμβου  $i$  στο δίκτυο,

$\theta_t$ , το κατώφλι throughput,

$w_t$ , το κατώφλι του κύκλου χρόνου,

$\mu_i^L$ , το κάτω όριο του ρυθμού εξυπηρέτησης στον κόμβο  $i$ ,

$\mu_i^U$ , το άνω όριο του ρυθμού εξυπηρέτησης στον κόμβο  $i$ .

Το σύστημα αυτό επιλύεται με την αριθμητική μέθοδο SQP, η οποία βασίζεται στον προαναφερθέντα αλγόριθμο MVA για τον υπολογισμό των μέτρων επίδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας δεδομένης της τοπολογίας της.

Η βέλτιστη διαμόρφωση μέσω της παραπάνω προσέγγισης εξαρτάται από τους περιορισμούς του μοντέλου και από το διάνυσμα κόστους της αντικειμενικής συνάρτησης. Αυτές οι ελεγχόμενες παράμετροι αντιπροσωπεύουν τις αποφάσεις που πρέπει κανείς να λάβει κατά τον σχεδιασμό συστημάτων εφοδιαστικής αλυσίδας. Ο συνδυασμός της προσέγγισης MVA την τεχνική βελτιστοποίησης βάσει τετραγωνικού προγραμματισμού φαίνεται να είναι πολύ ενδιαφέρουσα κατεύθυνση για την ανάλυση τέτοιων πολύπλοκων συστημάτων εφοδιαστικής αλυσίδας.

Τα αποτελέσματα που αποσπώνται σύμφωνα με τους συγγραφείς από την συγκεκριμένη περίπτωση που εξετάζεται στο άρθρο, επιδεικνύουν ότι η συγκεκριμένη

προσέγγιση είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την ανάλυση προβλημάτων συμφόρησης και για την εκτίμηση της επίδοσης της τοπολογίας δικτύου. Τα αποτελέσματα κρίνονται ικανοποιητικά για μικρά αλλά και για μεγάλα δίκτυα, όπως επιβεβαιώνεται με την προσομοίωση παρόλο που η υπόθεση του άπειρου μεγέθους λίστας ανικανοποίητων παραγγελιών μπορεί να γίνει πιο ελαστική (περιορισμένου μεγέθους ουρές). Αυτό είναι μέρος της έρευνας που διεξάγεται όπως και τα θέματα των πολλαπλών κατηγοριών προϊόντων και των διαφορετικών κατανομών χρόνων άφιξης και εξυπηρέτησης παραγγελιών.

#### **4. 5 Ολοκληρωμένη βέλτιστη διαμόρφωση προϊόντων πλατφόρμας, διεργασιών παραγωγής και εφοδιαστικής αλυσίδας**

Οι Huang and Liang (2004) στο άρθρο «Towards integrated optimal configuration of platform products, manufacturing processes, and supply chains» προσπαθούν να επιληφθούν την πρόκληση του σχεδιασμού αποτελεσματικού συστήματος εφοδιαστικής αλυσίδας, η οποία να ολοκληρώνει τις αποφάσεις προϊόντων πλατφόρμας, τις αποφάσεις παραγωγικών διαδικασιών και τις αποφάσεις εφοδιασμού. Συγκεκριμένα το εν λόγω άρθρο μελετά το σενάριο της βελτιστοποίησης της διαμόρφωσης του συστήματος εφοδιαστικής αλυσίδας, δεδομένης της κοινοτυπίας μεταξύ των προϊόντων πλατφόρμας.

Στο άρθρο χρησιμοποιείται και επεκτείνεται η ιδέα του Generic Bills of Materials (GBOM) μιας οικογένειας προϊόντων, ως ένα ενοποιημένο πλαίσιο για την ποιοτική καταγραφή και αναπαράσταση της δομής της εφοδιαστικής του αλυσίδας. Αυτό το μοντέλο ποιοτικής ανάλυσης στην συνέχεια ενισχύεται από ένα μαθηματικό μοντέλο ανεπτυγμένο έτσι ώστε να ποσοτικοποιεί τις σχέσεις μεταξύ των ποικίλων αποφάσεων σχεδιασμού.

##### Μαθηματικό Μοντέλο

Αναπτύσσεται ένα μαθηματικό μοντέλο για την ποσοτικοποίηση της σχέσης ανάμεσα στις αποφάσεις προϊόντων πλατφόρμας (δηλ. την κοινοτυπία προϊόντων) και στις αποφάσεις εφοδιαστικής αλυσίδας.

Οι παραδοχές του μοντέλου είναι οι εξής:

1. Οι αφικνούμενες παραγγελίες προωθούνται άμεσα.

2. Το μέσο πλήθος ανικανοποίητων παραγγελιών θεωρείται ότι διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα, οπότε και το αντίστοιχο κόστος είναι αμελητέο.
3. Δεν διακρίνονται περιορισμοί χωρητικότητας ανά στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Όλες οι λειτουργίες διενεργούνται στα εξής στάδια:

- Στάδια τροφοδοσίας R: Οι πρώτες ύλες αγοράζονται από τους εξωτερικούς προμηθευτές.
- Στάδια συναρμολόγησης (παραγωγής) P: Οι πρώτες ύλες μετατρέπονται σε ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα.
- Στάδια ζήτησης E: Τα προϊόντα μεταφέρονται σε τοπικά κέντρα αποθήκευσης και διανομής ή στους πελάτες προκειμένου να ικανοποιηθεί η ζήτηση.

Σε όλα τα παραπάνω στάδια εκτός από τις προαναφερθείσες λειτουργίες, συντελείται ταυτόχρονα διατήρηση αποθεμάτων, η ποσότητα των οποίων θα καθορισθεί από την επίλυση του μοντέλου βελτιστοποίησης.

Η ζήτηση σε κάθε στάδιο E ακολουθεί κανονική κατανομή και είναι ασυσχέτιστη ως προς τον χρόνο:  $z_i \sim N(\mu_i, \sigma_i)$ ,  $i \in E$ .

Η συσχέτιση ανάμεσα στην ζήτηση των πελατών επιτρέπεται και δηλώνεται από τον συντελεστή συσχέτισης  $\rho_{ij}$  ( $i, j \in E, i \neq j$ ).

Ακολουθείται η πολιτική περιοδικής επιθεώρησης αποθέματος.

Στην συνέχεια ορίζονται οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για το μαθηματικό μοντέλο.

$n_{ij}$ : ο αριθμός μονάδων προϊόντων του σταδίου  $i$  που απαιτούνται για την παραγωγή μιας μονάδας προϊόντος στο στάδιο  $j$ .

$E(i)$ : Το σύνολο των σταδίων ζήτησης που χρειάζονται το προϊόν του σταδίου  $i$ .

Για το άναρτες στάδιο  $i \in R \cup P$  η ζήτηση θα έχει επίσης κανονική κατανομή με

$$\mu_i = \sum_{e \in E(i)} n_{ie} \mu_e \text{ και } \sigma_i^2 = \sum_{e \in E(i)} n_{ie}^2 \sigma_e^2 + \sum_{e \in E(i)} \sum_{j \in E(i), j \neq e} n_{ie} n_{ij} \sigma_e \sigma_j \rho_{ej}.$$

Κάθε στάδιο  $i \in R \cup P$  εγγυάται έναν χρόνο εξυπηρέτησης  $S_i$  (μεταβλητή απόφασης) προς τα κατάντη στάδια. Κάθε στάδιο  $i \in E$  έχει χρόνο εξυπηρέτησης που καθορίζεται από τους πελάτες. Επίσης σε κάθε στάδιο υπάρχει ένας χρόνος εξυπηρέτησης input  $S_{v(i)}$ . Ο χρόνος αυτός είναι ουσιαστικά η περίοδος που απαιτείται για την ικανοποίηση όλων των παραγγελιών που τοποθετήθηκαν από το στάδιο  $i$  προς τους ανάντις μπορούν να ικανοποιηθούν. Στα στάδια τροφοδοσίας ο χρόνος εξυπηρέτησης input θεωρείται μηδενικός  $S_{v(i)} = 0$ ,  $i \in R$ . Παράλληλα γίνεται η παραδοχή ότι σε κάθε στάδιο δεν μπορεί να εκκινήσει η επεξεργασία αν δεν είναι διαθέσιμα όλα τα inputs. Συνεπώς ισχύει:  $S_{v(i)} = \max\{S_j\}$  για  $i \in P \cup E$ ,  $j \in v(i)$ .

Μία άλλη μεταβλητή απόφασης είναι η επιλογή, η οποία εν γένει αφορά αποφάσεις επιλογής διαμόρφωσης του συνόλου των προμηθευτών πρώτων υλών, επιλογής μεθόδου για την παράδοση τελικών προϊόντων και επιλογής διαδικασιών παραγωγής. Στο μοντέλο αναγνωρίζονται με τον ίδιο τρόπο οι διαφορετικοί τύποι επιλογών μέσω του κόστους επεξεργασίας και του χρόνου διεκπεραίωσης και μπορούν έτσι να αντιμετωπιστούν ως ένα είδος απόφασης.

Κάθε στάδιο  $i$  διαθέτει εναλλακτικές επιλογές (σύνολο  $S(i)$ ). Σε κάθε εναλλακτική αντιστοιχεί ένα αιτιοκρατικό κόστος επεξεργασίας  $C_{iO_i}$  με  $O_i \in S(i)$  και χρόνος διεκπεραίωσης  $T_{iO_i}$ . Επίσης ορίζονται οι μεταβλητές  $C_i$  κόστους επεξεργασίας στο στάδιο  $i$  και  $T_i$  χρόνου διεκπεραίωσης στο στάδιο  $i$ , για τις οποίες μετά την επιλογή ισχύει:  $C_{iO_i} = C_i$  και  $T_{iO_i} = T_i$ . Εν συνεχεία καταγράφονται οι παράμετροι κόστους του μοντέλου και οι τύποι όπου καθορίζονται.

Παράμετρος κόστους	Ερμηνεία	Τύπος
Χρόνος διεκπεραίωσης αναπλήρωσης $L_i$	Ο χρόνος που απαιτείται για την αναπλήρωση του αποθέματος στο σημείο $i$	$L_i = S_{v(i)} + T_i$ , $i \in N$
Χρόνος κάλυψης αποθέματος $U_i$	Το ΑΟΗ απόθεμα πρέπει να καλύπτει την ζήτηση για το διάστημα	$U_i = \begin{cases} L_i - S_i, i \in R \cup P \\ L_i + \lambda, i \in E \end{cases}$

	αυτό. Στα στάδια ζήτησης πρέπει επίσης να καλύπτει την περίοδο επιθεώρησης.	
Βασικό απόθεμα $B_i$	Το ελάχιστο απόθεμα που πρέπει να διατηρείται σε κάθε σημείο, κατά την περιοδική επιθεώρηση.	$B_i = \mu_i U_i + a_i \sigma_i \sqrt{U_i}$
Απόθεμα ανά χείρας $AOH_i$	Το απόθεμα στο σημείο $i$	$AOH_i = \begin{cases} \frac{1}{2} \lambda \mu_i + a_i \sigma_i \sqrt{U_i}, i \in E \\ a_i \sigma_i \sqrt{U_i}, i \in R \cup P \end{cases}$
Απόθεμα εν εξελίξει $WIP_i$	Το απόθεμα που υπόκειται σε επεξεργασία στο σημείο $i$ .	$WIP_i = \mu_i T_i, i \in N$
Σωρευτικό κόστος σταδίου $C_i$	Το άθροισμα κόστους μέχρις ότου το προϊόν φθάσει και στο σημείο $i$ .	$C_i = \begin{cases} c_i, i \in R \\ c_i + \sum_{j \in v(i)} c_j, i \in P \cup E \end{cases}$
Σωρευτικό κόστος σταδίου επεξεργασίας $C_i$		$C_i = \begin{cases} c_i, i \in R \\ \frac{1}{2} c_i + \sum_{j \in v(i)} c_j, i \in P \cup E \end{cases}$

Με βάση τα παραπάνω υπολογίζονται τα διακεκριμένα κόστη στο σημείο  $i$ :

$$(\text{Κόστος αποθέματος})_i = h_i (C_i \times AOH_i \times W_i \times WIP_i), i \in N$$

$$(\text{Κόστος παραγωγής / κόστος προμήθειας / κόστος μεταφοράς})_i = H c_i \mu_i, i \in N.$$

Όπου  $H$  ορίζεται το χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος του παραγωγού.

Έτσι λοιπόν το κόστος στο στάδιο  $i$  έχει ως εξής:

$$SCC_i = (\text{κόστος αποθεμάτων})_i + (\text{κόστος παραγωγής} \mid \text{κόστος προμηθειών} \mid \text{κόστος μεταφορών})_i = h_i (C_i \times AOH_i + W_i \times WIP_i) + H c_i \mu_i \text{ για } i \in N$$

$$\text{Ενώ το συνολικό κόστος στην εφοδιαστική αλυσίδα: } SCC_T = \sum_{i \in N} SCC_i$$

$$SCC_T = \sum_{i \in N} [h_i(C_i \times AOH_i + W_i \times WIP_i) + Hc_i \mu_i] \quad \text{για } i \in N$$

Ο σκοπός, επομένως, είναι να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος SCC,  $SCC_T$ , δηλαδή το μοντέλο προς βελτιστοποίηση έχει ως εξής:

### SCCP

$$\text{Min} \sum_{i \in N} [h_i(C_i \times AOH_i + W_i \times WIP_i) + Hc_i \mu_i] \quad \text{για } i \in N$$

$$\begin{aligned} \text{Min} \left\{ \sum_{i \in R} h_i c_i (\alpha_i \sigma_i \sqrt{T_i - S_i} + \mu_i T_i) \right. \\ + \sum_{i \in P} h_i \left[ \left( c_i + \sum_{j \in v(i)} C_j \right) \right. \\ \times \alpha_i \sigma_i \sqrt{S_{v(i)} + T_i - S_i} \\ + \left. \left( \frac{1}{2} c_i + \sum_{j \in v(i)} C_j \right) \times \mu_i T_i \right] \\ + \sum_{i \in E} h_i \left[ \left( c_i + \sum_{j \in v(i)} C_j \right) \right. \\ \times \left( \frac{\lambda \mu_i}{2} + \alpha_i \sigma_i \sqrt{S_{v(i)} + T_i + \lambda} \right) \\ + \left. \left( \frac{1}{2} c_i + \sum_{j \in v(i)} C_j \right) \times \mu_i T_i \right] + \left. \sum_{i \in N} Hc_i \mu_i \right\} \end{aligned}$$

υπό του περιορισούς

$$\sum_{O_i \in S(i)} T_{iO_i} y_{iO_i} - T_i = 0 \quad \text{για } i \in N \quad (8)$$

$$\sum_{O_i \in S(i)} T_{iO_i} y_{iO_i} - c_i = 0 \quad \text{για } i \in N \quad (9)$$

$$y_{iO_i} = \begin{cases} 1 & \text{εάν επιλεγεί το } O_i \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases} \quad \kappa \kappa \alpha \sum_{O_i \in S(i)} y_{iO_i} = 1 \quad (10)$$

$$O_i, S_i \geq 0 \text{ κκακέραιοι} \quad \text{γγι } i \in N \quad (11)$$

$$S_{v(i)} + T_i - S_i \geq 0 \quad \gamma \quad i \in P \quad (12)$$

$$T_i - S_i \geq 0 \quad \gamma \quad i \in R \quad (13)$$

Προκειμένου να επιλυθεί το μαθηματικό μοντέλο πιο αποτελεσματικά, από τους συγγραφείς προτείνεται μία ευρετική μέθοδος με χρήση γενετικών αλγορίθμων (GA). Παρόλο που οι GA γενικά δεν εγγυώνται την βέλτιστη λύση, η καλύτερη ευρετική λύση που αποσπάσθηκε από την συγκεκριμένη εργασία ήταν συνεπής με την

βέλτιστη λύση με χρήση δυναμικού προγραμματισμού. Το προκύπτον μαθηματικό μοντέλο και ο αλγόριθμος επίλυσης στην συνέχεια χρησιμοποιούνται για την περαιτέρω διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στις αποφάσεις σχεδιασμού των προϊόντων πλατφόρμας και των διαδικασιών στην εφοδιαστική αλυσίδα, μέσω ανάλυσης ευαισθησίας. Τέλος παράγονται και συζητώνται αρκετές χρήσιμες διοικητικές «εσωτερικές ματιές» (insights).

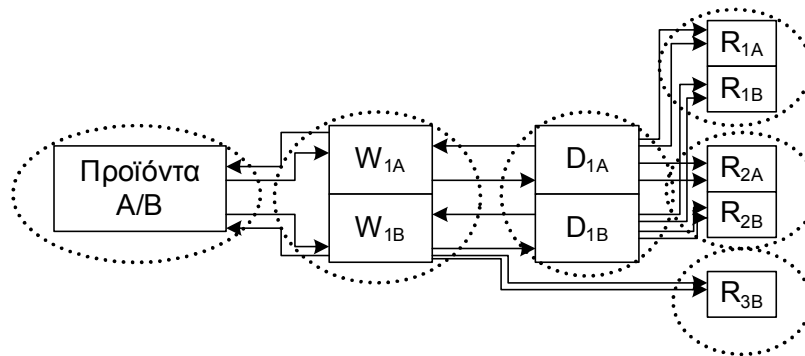
#### **4. 6 Δυναμική μοντελοποίηση διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας.**

Μία σημαντική προσέγγιση για την Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας είναι αυτή της δυναμικής μοντελοποίησης. Οι Perea et al. στο σχετικά πρόσφατο (2000) άρθρο τους με τίτλο «Dynamic modelling and classical control theory for supply chain» προτείνουν μία πρωτότυπη προσέγγιση για την ΔΕΑ, βασισμένη στην ανάπτυξη ενός δυναμικού πλαισίου μοντελοποίησης και στην εφαρμογή ιδεών από δυναμικές διαδικασίες και συστήματα ελέγχου για την διαχείριση του πλαισίου αυτού. Αυτό το πρωτότυπο πλαίσιο μοντελοποιεί την ροή της πληροφορίας και των υλικών μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα και τα χρησιμοποιεί για να καταγράψει την δυναμική τους συμπεριφορά. Η χρήση ιδεών από τον δυναμικό προγραμματισμό και τον έλεγχο (dynamics and control) επιτρέπει τον σχεδιασμό συστηματικών διαδικασιών λήψης αποφάσεων για την εφοδιαστική αλυσίδα, σαν να επρόκειτο για κανόνες του ελέγχου για δυναμικά συστήματα.

##### Περιγραφή του μοντέλου

Το μοντέλο πραγματοποιεί τις ακόλουθες παραδοχές, (1) σε κάθε τοποθεσία του δικτύου διανομής αντιστοιχεί ένα κόμβος (2) κάθε κόμβος μπορεί να χειρίζεται οποιονδήποτε αριθμό προϊόντων, (3) προκειμένου να υπάρχει δομή πολλαπλών προϊόντων, κάθε κόμβος διαθέτει κόμβους προϊόντων ισάριθμους με τα προϊόντα που χειρίζεται, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, (4) κάθε κόμβος προϊόντος χειρίζεται ένα μόνο προϊόν, (5) κάθε κόμβος προϊόντος μπορεί να τροφοδοτεί πλήθος από κατάντης κόμβους προϊόντων, αλλά τοποθετεί παραγγελίες μόνο στον ανάντη κόμβο του.





**Σχήμα 4.2: Συνδεσιμότητα ανάμεσα στους κόμβους προϊόντων**

#### Δίκτυο διανομής

Μοντελοποιείται η δυναμική συμπεριφορά μεταβολής των επιπέδων υλικού και παραγγελιών σε κάθε κόμβο ως εξής:

Ισορροπία αποθέματος (επίπεδο υλικών):

$$\dot{I}_k = \begin{cases} y_{k'k} - \sum_{k''} y_{k'k''}, & \forall k \in (C_D \cup C_R), k' \in UN_k, k'' \in DN_k \\ up_k^5 - \sum_{k''} y_{kk''}, & \forall k \in C_W, k'' \in DN_k \end{cases}$$

$$y_k = \sum_{k''} y_{kk''} \quad \forall k, k'' \in DN_k, DC_k$$

Ισορροπία παραγγελιών (επίπεδο παραγγελιών):

$$\dot{O}_{kk''} = \begin{cases} u_{kk''} - y_{kk''}, & \forall k \in (C_W \cup C_D), \forall k'' \in DN_k \\ d_{kk''} - y_{kk''}, & \forall k \in C_R, \forall k'' \in DC_k \end{cases}$$

Μεταβλητές:

$I_k$ , απόθεμα στον κόμβο-προϊόντος  $k$ ,

$O_{kk''}$ , παραγγελίες για εξυπηρέτηση στον κόμβο-προϊόντος  $k$ , για παράδοση στον κόμβο –προϊόντος  $k''$ ,

$k, k', k''$ , κόμβοι προϊόντος,

$y_{k'k}$ , ρυθμός παράδοσης υλικών στο  $k$  από τον κόμβο προμήθειας του  $k'$ ,

$y_k$ , συνολικός ρυθμός παράδοσης υλικών από το  $k$ ,

$up_k^k$ , ρυθμός παράδοσης υλικών στο  $k$  από την μονάδα παραγωγής,

$u_{kk''}$ , ρυθμός παραγγελιών στο  $k$  από τον κατάντη κόμβο  $k''$ ,

$d_{kk''}$ , ρυθμός παραγγελιών στο  $k$  από έναν εκ των πελατών  $k''$ ,

$C$ , σύνολο όλων των κόμβων προϊόντων,  $C = C_W \cup C_D \cup C_R$ ,

$C_W$ , κόμβοι προϊόντων σε επίπεδο αποθήκης μονάδας,  $\{W_{ji}, j \in \{1, 2, \dots, NW\}, i \in \{1, 2, \dots, NP(j)\}\}$ ,

$C_D$ , κόμβοι προϊόντων σε επίπεδο κέντρου διανομής,  $\{D_{lk}, l \in \{1,2, \dots, ND\}, k \in \{1,2, \dots, NP(l)\}$ ,

$C_R$ , σύνολο των κόμβων προϊόντων για τους λιανοπωλητές  $\{R_{nm}, n \in \{1,2, \dots, NR\}, m \in \{1,2, \dots, NP(n)\}$ ,

$NW$ , αριθμός αποθηκών μονάδων,

$ND$ , αριθμός κέντρων διανομής,

$NR$ , αριθμός λιανοπωλητών,

$i$ , προϊόντα  $i$  που χειρίζονται στην αποθήκη  $j$ ,

$k$ , προϊόντα  $k$  που χειρίζονται σε επίπεδο κέντρου διανομής  $l$ ,

$m$ , προϊόντα  $m$  που χειρίζονται σε επίπεδο λιανοπωλητών  $n$ ,

$NP(j)$ , συνολικός αριθμός προϊόντων που χειρίζονται στην αποθήκη  $j$ ,

$NP(l)$ , συνολικός αριθμός προϊόντων που χειρίζονται στο κέντρο διανομής  $l$ ,

$NP(n)$ , συνολικός αριθμός προϊόντων που χειρίζονται σε επίπεδο λιανοπωλητών  $n$ ,

$DN_k$ , σύνολο από κατάντεις κόμβους προϊόντων συνδεδεμένους στο  $k$ ,

$UN_k$ , ανάντης κόμβοι προϊόντων στους οποίους το  $k$  είναι συνδεδεμένο,

$DC_k$ , σύνολο από κατάντεις πελάτες συνδεδεμένους στο  $k$ .

Συνολικός ρυθμός αποστολής υλικού από τον κόμβο  $k$ :

$$y_k = \begin{cases} \left( MT_k + \frac{I_k^*}{I_k} ST_k \right)^{-1}, & \text{έαν κάποιο } O_{kk''} > 0 \\ 0, & \text{έαν κάποιο } O_{kk''} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

όπου:

$MT_k$ , ελάχιστος χρόνος παράδοσης παραγγελίας στο  $k$ ,

$Ik^*$ , απόθεμα ασφαλείας στον κόμβο προϊόντος  $k$ ;  $ST_k$ , χρόνος παράδοσης μιας παραγγελίας στο  $k$ .

Για τον καθορισμό των αποστολών προς τους κατάντεις κόμβους, η κύρια ροή χωρίζεται στα δύο ως εξής:

$$y_{kk''} = y_k \eta_{kk''}$$

$$\eta_{kk''} = \begin{cases} \frac{O_{kk''}}{\sum_{k''} O_{kk''}} & \forall k \in C, \forall k'' \in DN_k, k''' \in DN_k, \text{ \acute{e}\acute{a}\nu \sum_{k''} O_{kk''} > 0} \\ 0 & \forall k \in C, \forall k'' \in DN_k, k''' \in DN_k, \text{ \acute{e}\acute{a}\nu \sum_{k''} O_{kk''} = 0} \end{cases}$$

όπου:

$\eta_{kk''}$ , ποσοστό των αποστολών από το k στο k'' ως προς τις συνολικές αποστολές από το k.

Οι φυσικοί περιορισμοί για τα υλικά και τις παραγγελίες έχουν ως εξής:

$$\begin{aligned} I_k &\geq 0 \\ O_{kk''} &\geq 0 \quad \forall k \in C, k'' \in DN_k, DC_k \\ (6) \\ I_k &\leq I_{\max k} \quad \forall k \in C, k'' \in DN_k, DC_k \\ (7) \end{aligned}$$

όπου

$I_{\max k}$ , το άνω όριο για τα I στον κόμβο προϊόντος k.

Αρχικές συνθήκες:

$$\begin{aligned} I_k(0) &= I_k^* \\ O_{kk''}(0) &= O_{kk''}^* \quad \forall k \in C, k'' \in DN_k, DC_k \end{aligned} \quad (8)$$

όπου  $I_k^*$ , initial inventory at product-node k;  $O_{kk''}^*$ , initial orders at k for delivery at k''.

Οι εξισώσεις (1)–(8) συνιστούν το βασικό μοντέλο για τους κόμβους προϊόντος, βάσει του οποίου οικοδομείται το μοντέλο για τα κανάλια διανομής. Το σχήμα 4.3 απεικονίζει την προτεινόμενη δομή για τα κανάλια διανομής.

Η απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στους κανόνες ελέγχου που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία της. Οι συγγραφείς δοκιμάζουν αρκετούς ευρετικούς κανόνες ελέγχου για το μοντέλο και αναλύουν τον αντίκτυπο τους στην συμπεριφορά της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα trade-offs που βρέθηκαν ανάμεσα σε τρεις διαφορετικές πολιτικές ελέγχου, υποδεικνύουν ότι ο σχεδιασμός τους πρέπει να είναι το αποτέλεσμα βελτιστοποίησης της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πολιτική 1: Έλεγχος ρύθμισης αποθέματος:

$$u_{k'k} = \lambda_k^1 (I_k^* - I_k) \quad \forall k \in C, k' \in UN_k \quad (9)$$

όπου  $\lambda_k$ , το αναλογικό κέρδος από τον κόμβο προϊόντος  $k$ , με  $Ik^*$  το σημείο έναρξης αποθέματος (αρχικό απόθεμα) στον κόμβο προϊόντος  $k$ .

Με αυτήν την πολιτική, κάθε κόμβος προϊόντος τοποθετεί παραγγελίες στον προμηθευτή του σε ρυθμό ανάλογο της διαφοράς ανάμεσα στο απόθεμα και στο σημείο έναρξης.

Πολιτική 2 : Απόθεμα στα επίπεδα παραγγελιών:

$$u_{k'k} = \lambda_k^2 \left( \sum_{k''} O_{kk''} - I_k \right) \quad \forall k \in C, \quad k'' \in DN_k, \quad DC_k \quad (10)$$

όπου  $\lambda_k^2$ , το αναλογικό κέρδος από τον κόμβο προϊόντος  $k$

Ο αντικειμενικός στόχος είναι να διασφαλιστεί ότι ο κόμβος προϊόντος διαθέτει επαρκή υλικά για να ικανοποιήσει τις υπάρχουσες παραγγελίες.

Πολιτική 3 :Χρήση των αρχικών σημάτων παραγγελιών:

$$u_{k'k} = \lambda_k^3 \left( \sum_m d_{km} + \sum_n d_{kn} \right) + \lambda_k^2 \left( \sum_{k''} O_{kk''} - I_k \right) \quad (11)$$

$$\forall k, k' \in UN_k, \quad k'' \in DN_k$$

$$m \in EC_k, \quad n \in DC_m$$

όπου  $\lambda_k^3$ , το αναλογικό κέρδος από τον κόμβο προϊόντος  $k$ ;  $EC_k$ , το σύνολο των κόμβων προϊόντων στο επίπεδο λιανικής που μέσω της αλυσίδας παραλαμβάνουν υλικά από τον κόμβο  $k$ .

Αυτή η πολιτική δεν λαμβάνει υπόψη την υπόθεση ότι οι κόμβοι δεν έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες που προέρχονται από τον πελάτη, και τροφοδοτούν με αυτή την πληροφορία απευθείας σε κάθε κόμβο. Αυτή η πολιτική εφαρμόζει έναν προς τα εμπρός έλεγχο στο σύστημα, επειδή επιτρέπει στους κόμβους να βλέπουν άμεσα τις διαταραχές και να αντιδρούν εγκαίρως.

Τέλος πρέπει να καθοριστεί το πρόγραμμα παραγωγής. Χρησιμοποιείται από τους συγγραφείς μία πολιτική βασισμένη στην δουλειά των Perkins and Kumar (1989).

Ο κανόνας ελέγχου μεταστρέφει το σύστημα μεταξύ των καταστάσεων καθώς αλλάζει από το ένα προϊόν στο άλλο. Η συνθήκη αυτή καθορίζει τον χαρακτήρα του μοντέλου ως υβριδικό. Η μαθηματική του αναπαράσταση έχει ως εξής:

$$S_s^j = \begin{cases} t^s = t - t_o^s \\ \text{έαν } s = 0 & up_k^s = 0 & \forall k \in C_w \\ \text{έαν } s \neq 0 & \begin{cases} up_k^s = u_k^* \cdot \delta(t^s / T^s) \\ up_k^s = 0 \end{cases} & \begin{matrix} , k = W_{js} \\ \forall k \neq W_{js} \end{matrix} \\ L_{s'}^s : & (t^s = T^s) \wedge \left( \sum_{k''} O_{W_{js}, k''} > \sum_{k'''} O_{W_{js}, k'''} \right) & \forall s'' \neq s', k'' \in DN_{W_{js}}, k''' \in DN_{W_{js}} \\ L_o^s : & O_{W_{ji}} = 0 & \forall i \\ L_s^o : & O_{W_{ji}} > 0 & \text{για οποιοδήποτε } i \end{cases}$$

(12)

όπου  $s, s'$ , οι καταστάσεις από τις οποίες περνάει το σύστημα,  $\{0$  (όταν η μονάδα δεν λειτουργεί),  $1, 2, \dots$ , αριθμός προϊόντων},  $t$ , πραγματικός χρόνος,  $t_o^s$  χρόνος στον οποίο το σύστημα αλλάζει στην κατάσταση  $s$ ;  $t^s$  χρόνος κατά τον οποίο το σύστημα λειτουργεί υπό την κατάσταση  $s$ ;  $T^s$  χρόνος παραγωγής για το προϊόν  $i=s$ ;  $\delta(t^s / T^s)$ : 1 όταν η παρτίδα έχει τελειώσει, δηλ. όταν  $t^s=T^s$ , και 0 αλλιώς;  $S_s^j$ , σύνολο καταστάσεων για την αποθήκη (της μονάδας)  $j$ ;  $L_s^s$  συνθήκη για την αλλαγή από την κατάσταση  $s$  στην κατάσταση  $s'$ ,  $u_s^*$  μέγεθος παρτίδας για την κατάσταση ή το προϊόν  $s$ .

Τέλος προκειμένου να αναλυθεί η συμπεριφορά της εφοδιαστικής αλυσίδας υπό την επιρροή των παραπάνω κανόνων ελέγχου, οι συγγραφείς εφάρμοσαν βηματική αλλαγή και περιοδική τροφοδοσία στο σύστημα, προσομοιώνοντας την άφιξη των απροσδόκητων παραγγελιών ή της εποχιακής ζήτησης. Για να συγκριθεί η απόδοση κάθε κανόνα ελέγχου ή διαδικασίας λήψης απόφασης, ορίζονται δείκτες ικανοποίησης των πελατών, συνολικού κόστους και διακύμανσης του αποθέματος.

#### **4. 7 Βελτιστοποίηση στρατηγικής τοποθέτησης αποθέματος ασφαλείας**

Στις πολύπλοκες εφοδιαστικές αλυσίδες δεν είναι πάντα προφανές το που πρέπει να διατηρηθεί το απόθεμα ασφαλείας, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το κόστος αποθέματος και να παρέχεται ταυτόχρονα υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης στους τελικούς καταναλωτές. Στο άρθρο τους «Optimizing Strategic Safety Stock Placement in Supply Chains» οι Graves και Willems (1999) αναπτύσσουν ένα πλαίσιο για την μοντελοποίηση της στρατηγικής τοποθέτησης αποθέματος ασφαλείας σε εφοδιαστική αλυσίδα με αβεβαιότητα στην ζήτηση ανάμεσα στα στάδια της.

Οι κεντρικές υποθέσεις είναι ότι η εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να μοντελοποιηθεί ως ένα δίκτυο, όπου κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας λειτουργεί με μία πολιτική περιοδικού ελέγχου του βασικού αποθέματος, ότι η ζήτηση είναι περιορισμένη και ότι υπάρχει ένα εγγυημένο περιθώριο χρόνου εξυπηρέτησης μεταξύ κάθε σταδίου και των πελατών του. Πέραν αυτών πραγματοποιούνται συγκεκριμένες παραδοχές οι οποίες απλοποιούν το μοντέλο περιορίζοντας ταυτόχρονα ωστόσο και τις δυνατότητες εφαρμογής του. Οι παραδοχές αυτές έχουν ως εξής:

- Σε κάθε στάδιο αποδίδεται ένας γνωστός, αιτιοκρατικός χρόνος διεκπεραίωσης (lead time).
- Γίνεται η υπόθεση ότι οι διαδικασίες ζήτησης των τελικών προϊόντων είναι αμετάβλητες. Στην πράξη κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας χρησιμοποιείται το μοντέλο υπό διαφορετικά σενάρια ζήτησης για να ελεγχθεί η ευαισθησία του αποθέματος ασφαλείας ως προς την ζήτηση (Coughlin 1998). Οι συγγραφείς ανακάλυψαν εμπειρικά ότι τα σημεία τοποθέτησης του αποθέματος ασφαλείας δεν είναι καθόλου ευαίσθητα ως προς τη ζήτηση.
- Κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας θεωρείται ότι λειτουργεί με πολιτική περιοδικής επισκόπησης του βασικού αποθέματος με κοινή περίοδο επισκόπησης για όλα τα στάδια.
- Οι περιορισμοί χωρητικότητας-δυναμικότητας αγνοούνται.
- Ο χρόνος διεκπεραίωσης της παραγωγής θεωρείται ότι δεν επηρεάζεται από το μέγεθος της παραγγελίας.
- Δεν υπάρχει καθυστέρηση κατά την αναμετάδοση των παραγγελιών από στάδιο σε στάδιο.
- Προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθοδολογίας είναι η εφοδιαστική αλυσίδα να μπορεί να μοντελοποιηθεί ως δένδρο spanning. Στο άρθρο των Graves and

Willems (1998) περιγράφεται η επέκταση του αλγορίθμου σε δίκτυα γενικής μορφής, η οποία δεν έχει εφαρμοστεί στην παρούσα εργασία.

Ο τρόπος εκτίμησης των απαιτήσεων κάθε σταδίου σε απόθεμα υποδεικνύεται ότι πρέπει να είναι ως συνάρτηση των χρόνων εξυπηρέτησης. Αναπτύσσεται ένας αλγόριθμος βελτιστοποίησης που βρίσκει τους χρόνους εξυπηρέτησης με τους οποίους ελαχιστοποιείται το κόστος δέσμευσης αποθέματος ασφαλείας στην εφοδιαστική αλυσίδα. Με βάση και τις παραπάνω υποθέσεις αποτυπώνεται η στοχαστική φύση του προβλήματος και μορφοποιείται ως αιτιοκρατική βελτιστοποίηση.

Αρχικά διατυπώνεται το μοντέλο σε **ένα στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας**. Το μοντέλο σχετικά με το απόθεμα τελικών προϊόντων στο στάδιο  $j$  κατά τον χρόνο  $t$ ,  $I_j(t)$  έχει ως εξής:

$$I_j(t) = B_j - d_j(t - SI_j - T_j, t - S_j), \quad (1) \text{ όπου:}$$

$B_j = I_j(0)$ , το βασικό απόθεμα

$d_j(a,b)$ , η ζήτηση στο  $j$  κατά τον χρόνο από  $a$  έως  $b$

$SI_j$ : ο εσωτερικός χρόνος εξυπηρέτησης για το  $j$  (χρόνος για να παραλάβει τις προμήθειες και να εκκινήσει την παραγωγή)

$T_j$ : ο χρόνος διεκπεραίωσης της παραγωγής στο  $j$  (χρ. αναμονή + χρ. επεξεργασίας + χρ. μεταφοράς στο απόθεμα)

$S_j$ : Ο εγγυημένος χρόνος εκπλήρωσης της παραγγελίας στο  $j$ .

Κατά την περίοδο  $t$  το στάδιο  $j$  θέτει παραγγελίες  $\Phi_{ij} d_j(t)$  σε κάθε στάδιο  $i$  για το οποίο  $\Phi_{ij} > 0$ . Το  $j$  δεν μπορεί να ξεκινήσει την παραγωγή για την αναπλήρωση της ποσότητας  $d_j(t)$  αν δεν λάβει πρώτα όλες τις παραγγελίες που έχει θέσει,

$$\text{δηλ. } SI_j \geq \max S_i | i : (i, j) \in A |$$

Στην συνέχεια πρέπει να προσδιοριστεί το βασικό απόθεμα. Η παροχή εξυπηρέτησης κατά 100% των παραγγελιών των πελατών στον στάδιο  $j$ , εκφράζεται ως εξής:

$$I_j(t) \geq 0 \Rightarrow B_j \geq d_j(t - SI_j - T_j, t - S_j).$$

Εξάλλου ο περιορισμός της ζήτησης εκφράζεται με την συνάρτηση  $D_j(\tau)$ , για  $\tau=1,2,3, \dots$  η οποία τίθεται ως άνω όριο της ζήτησης στο στάδιο  $j$ .

Έτσι η προηγούμενη συνθήκη ικανοποίησης της ζήτησης πραγματοποιείται με το λιγότερο δυνατόν απόθεμα θέτοντας  $B_j = D_j(\tau)$ , (2) όπου  $\tau = SI_j + T_j - S_j$  (καθαρός χρόνος αναπλήρωσης).

Στην συνέχεια για να προσδιοριστεί το αναμενόμενο επίπεδο αποθέματος  $E[I_j]$ , το οποίο εκφράζεται ως απόθεμα ασφαλείας, χρησιμοποιούνται οι (1) και (2). Προκύπτει:

$$E[I_j] = B_j - E[d_j(t - SI_j - T_j, t - S_j)] = D_j(SI_j + T_j - S_j)\mu_j \quad (3).$$

Επιπροσθέτως του αποθέματος ασφαλείας, μπορεί να επιθυμείται η προσμέτρηση του υπό εξέλιξη διακίνησης αποθέματος στο στάδιο. Ακολουθώντας την ανάπτυξη της (3), παρατηρείται ότι το υπό εξέλιξη απόθεμα στον χρόνο  $t$  δίδεται από:

$$W_j(t) = d_j(t - SI_j - T_j, t - SI_j)$$

Η αναμενόμενη εργασία υπό εξέλιξη εξαρτάται μόνο από τον χρόνο διεκπεραίωσης στο στάδιο  $j$  και δεν είναι συνάρτηση των χρόνων εξυπηρέτησης:

$$E[W_j] = T_j \mu_j.$$

Γίνεται η υπόθεση ότι ο χρόνος διεκπεραίωσης σε ένα στάδιο, όπως και ο ρυθμός ζήτησης, είναι παράμετροι εισόδου και έτσι το απόθεμα εν εξελίξει είναι προκαθορισμένο, δηλαδή αγνοείται το απόθεμα εν εξελίξει και μοντελοποιείται μόνο το απόθεμα ασφαλείας.

Στην συνέχεια διατυπώνεται το **μοντέλο πολλών σταδίων**. Για την μοντελοποίηση του, χρησιμοποιείται η (3) για κάθε στάδιο, με τη διαφορά ότι ο εσωτερικός χρόνος εξυπηρέτησης είναι συνάρτηση των εξωτερικών χρόνων εξυπηρέτησης για τα ανάντη στάδια. Το μοντέλο για το στάδιο  $j$  είναι

$$E[I_j] = D_j(SI_j + T_j - S_j) - (SI_j + T_j - S_j) \mu_j \quad (4)$$

$$SI_j + T_j - S_j \geq 0 \quad (5)$$

$$SI_j - S_i \geq 0 \text{ for all } (i, j) \in A \quad (6)$$

Η εξίσωση (6) εκφράζει το αναμενόμενο απόθεμα ασφαλείας ως συνάρτηση του καθαρού χρόνου αναπλήρωσης. Η εξίσωση (5) βεβαιώνει ότι ο καθαρός χρόνος αναπλήρωσης είναι μη αρνητικός. Η εξίσωση (6) περιορίζει τον εσωτερικό χρόνο



εξυπηρέτησης ώστε να ισοδυναμεί ή να υπερβαίνει τον χρόνο εξυπηρέτησης για τα ανάντη στάδια.

Γίνεται η υπόθεση ότι οι χρόνοι διεκπεραίωσης της παραγωγής, οι μέσοι και τα όρια της ζήτησης και οι μέγιστοι χρόνοι εξυπηρέτησης είναι γνωστές είσοδοι παραμέτρων. Προτείνεται λοιπόν το ακόλουθο πρόβλημα P βελτιστοποίησης των χρόνων εξυπηρέτησης:

$$P \min \sum_{j=1}^N h_j \{D_j(SI_j + T_j - S_j) - (SI_j + T_j - S_j)\mu_j\}$$

υ.π.

$$S_j - SI_j \leq T_j, \text{ για } j=1,2,\dots,N$$

$$SI_j - S_i \geq 0, \text{ για όλα τα } (i, j) \in A$$

$$S_j \leq s_j, \text{ για όλους τους κόμβους ζήτησης } j$$

$$S_j, SI_j \geq 0 \text{ και ακέραιος για } j=1,2,\dots,N$$

όπου,

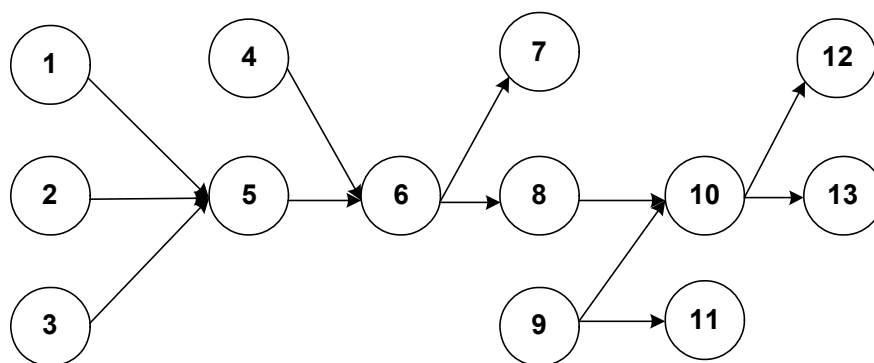
$h_j$ : κόστος δέσμευσης ανά μονάδα αποθέματος στο στάδιο j

$s_j$ : μέγιστος χρόνος εξυπηρέτησης για τον κόμβο ζήτησης j.

Οι περιορισμοί διασφαλίζουν ότι οι καθαροί χρόνοι αναπλήρωσης είναι μη μηδενικοί, ο εσωτερικός χρόνος εξυπηρέτησης ισοδυναμεί με τον μέγιστο χρόνο εξυπηρέτησης των προμηθευτών, και τα στάδια των τελικών προϊόντων εγγυώνται την εξυπηρέτηση. Οι μεταβλητές απόφασης είναι οι χρόνοι εξυπηρέτησης.

Το πρόβλημα P είναι η ελαχιστοποίηση μιας κοίλης συνάρτησης σε ένα κλειστό, οριοθετημένο σύνολο. Το βέλτιστο για τέτοια προβλήματα βρίσκεται σε μία οριακή θέση της περιοχής των εφικτών λύσεων. (e.g., Luenberger, 1973).

Τέλος οι συγγραφείς επιδεικνύουν την επίλυση του προβλήματος P μέσω αλγόριθμου δυναμικού προγραμματισμού. Ο αλγόριθμος αυτός εφαρμόζεται αποκλειστικά στην περίπτωση όπου το δίκτυο είναι ένα δένδρο spanning, όπως στο σχήμα παρακάτω:



Σχήμα 4.4: Δένδρο spanning

Το πρόβλημα επιλύεται μέσω της αποσύνθεσης του δένδρου σε στάδια όσα και ο αριθμός των κόμβων. Αποδίδονται ετικέτες στους κόμβους του δένδρου για τις ανάγκες της επανάληψης του αλγορίθμου ενώ η μεταβλητή απόφασης για τον δυναμικό πρόγραμμα θα είναι είτε ο χρόνος εσωτερικής εξυπηρέτησης σε ένα στάδιο είτε ο εξωτερικός του χρόνος εξυπηρέτησης.

Τέλος ως μερική επικύρωση του μοντέλου, περιγράφεται η επιτυχής εφαρμογή του από ομάδες ροής προϊόντος στην Eastman Kodak. Συζητείται πως αυτές οι ομάδες χρησιμοποίησαν το μοντέλο για να μειώσουν το απόθεμα τελικών προϊόντων, να στοχοθετήσουν τις προσπάθειες μείωσης του cycle time και να καθορίσουν τα απαραίτητα αποθέματα σε συστατικά των προϊόντων. Η επεξεργασία των παρατηρήσεων αυτών κατέληξε σε με μία λίστα αναγκών για την ενίσχυση της χρησιμότητας του μοντέλου.

#### **4. 8 Μεσοπρόθεσμος σχεδιασμός εφοδιαστικής αλυσίδας κάτω από αβεβαιότητα**

Οι Gupta, Maranas and McDonald (2000) στο άρθρο τους με τίτλο «Mid-term supply chain planning under demand uncertainty: customer demand satisfaction and inventory management», αναπτύσσουν ένα πλαίσιο μεσοπρόθεσμου σχεδιασμού της ΕΑ πολλαπλών τοποθεσιών υπό αβεβαιότητα ζήτησης. Η σκοπιμότητα της μεθοδολογίας σχετίζεται με την προφύλαξη έναντι της εξάντλησης αποθεμάτων στους χώρους παραγωγής και την επακόλουθη ανεπάρκεια κάλυψης της ζήτησης.

Χρησιμοποιείται μια προσέγγιση προγραμματισμού τυχαίων μεταβλητών σε συνδυασμό με μία μεθοδολογία στοχαστικού προγραμματισμού δύο φάσεων, για την

καταγραφή της σχέσης μεταξύ ικανοποίησης της ζήτησης των πελατών (CDS) και κόστους παραγωγής.

### Μαθηματικό Μοντέλο

Οι μεταβλητές του μοντέλου χωρίζονται σε δυο κατηγορίες με βάση το αν οι αντίστοιχες διαδικασίες εκτελούνται πριν (παραγωγικές διαδικασίες) ή μετά (διαδικασίες εφοδιαστικής) την γνώση της ζήτησης. Η κατηγοριοποίηση των μεταβλητών επεκτείνεται και στους περιορισμούς του προβλήματος (Gurta & Maranas, 2000) και έχει ως αποτέλεσμα την ακόλουθη διατύπωση ενός μοντέλου δύο σταδίων.

$$\begin{aligned}
 & \min_{\substack{P_{ijs}, RL_{ijs}, FRL_{ffs} \\ P_{ijs}, RL_{ijs}, FRL_{ffs} \\ Y_{ffs} \in \{0,1\}}} \left\{ \sum_{f,j,s} FC_{fs} Y_{ffs} + \sum_{i,j,s} v_{ijs} P_{ijs} + \sum_{i,s} p_{is} C_{is} + \sum_{i,s,s'} t_{iss'} W_{iss'} + Q \right\} \\
 & Q = E_{\theta_t} \left[ \min_{S_{is}, I_{is}, I_{is}^{\Delta}, I_{is}^{-} \geq 0} \left\{ \sum_{f,j,s} t_{is} S_{is} + \sum_{i,j,s} h_{is} I_{is} + \sum_{i,s} \zeta_{is} I_{is}^{\Delta} + \sum_t \mu_t I_t^{-} \right\} \right. \\
 & \quad \left. \begin{aligned} & \sum_s S_{is} \leq \theta_i \\ & I_{is} = A_{is} - S_{is} \\ & \theta_i - \sum_s S_{is} \leq I_i^{-} \leq \theta_i \\ & I_{is}^L - I_{is} \leq I_{is}^{\Delta} \leq I_{is}^L \end{aligned} \right]
 \end{aligned}$$

υπό τους περιορισμούς

$$P_{ijs} = R_{ijs} RL_{ijs}$$

$$C_{is} = \sum_i \beta_{i'is} \sum_j P_{i'js} = \sum_{s'} W_{is's}$$

$$A_{isis} = I_{is}^O + \sum_j P_{ijs} - \sum_{s'} W_{iss'}$$

$$\sum_f \sum_{i:\lambda_{if}=1} RL_{ijs} \leq H_{ffs}$$

$$MRL_{ffs} Y_{ffs} \leq \sum_{i:\lambda_{if}=1} RL_{ijs} \leq H_{ffs} Y_{ffs}$$

όπου  $i$ : προϊόντα,  $f$ : οικογένειες προϊόντων,  $j$ : εξοπλισμός επεξεργασίας και  $s$ : τοποθεσίες παραγωγής.

Οι διάφορες **παράμετροι κόστους** είναι οι  $FC_{fis}$ : κόστος προετοιμασίας οικογένειας προϊόντων σε κάθε τοποθεσία,  $v_{ijs}$ : μεταβλητό κόστος παραγωγής,  $p_{is}$ : κόστος πρώτων υλών κάθε τοποθεσίας,  $t_{iss}$ : κόστος μεταφοράς ανάμεσα σε τοποθεσίες,  $t_{is}$ : κόστος μεταφοράς ανάμεσα σε τοποθεσία και πελάτη,  $h_{is}$ : κόστος δέσμευσης αποθέματος,  $\zeta_{is}$ : ποινή παραβίασης αποθέματος ασφαλείας και  $\mu_i$ : κόστος απώλειας κερδών.

Επίσης  $H_{fjs}$  είναι ο συνολικά διαθέσιμος χρόνος επεξεργασίας,  $b_{fjis}$  είναι ο συντελεστής ισορροπίας των υλικών,  $I_{is}^0$  το αρχικό απόθεμα,  $I_{is}^L$  το επίπεδο ασφαλείας του αποθέματος και  $\theta_i$  η αβέβαιη ζήτηση.

Στην ανωτέρω διατύπωση του μοντέλου, ο **πρώτος όρος** αντιπροσωπεύει το **κόστος παραγωγής**. Οι μεταβλητές του σταδίου αυτού είναι οι  $A_{is}$  (διαθεσιμότητα),  $P_{ijs}$  (ποσότητα παραγωγής),  $RL_{ijs}$  (runlength),  $C_{is}$  (κατανάλωση πρώτων υλών),  $W_{is's}$  (εσωτερική διακίνηση) και  $Y_{fjs}$  (προετοιμασία).

Ο **δεύτερος όρος Q** αποκτάται με την εφαρμογή του τελεστή προσδοκίας ( $E_{\theta t}$ ) στην βέλτιστη τιμή ενός ενσωματωμένου προβλήματος βελτιστοποίησης. Οι περιορισμοί του εσωτερικού αυτού προβλήματος αναγωγής είναι οι περιορισμοί της EA και οι μεταβλητές του εσωτερικού σταδίου,  $S_{is}$  (τροφοδοσία),  $I_{is}$  (απόθεμα),  $I_{is}^{\Delta}$  (έλλειμμα αποθέματος ασφαλείας) και  $I_{is}$  (έλλειμμα πελατών), είναι επίσης οι μεταβλητές της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η βασική ιδέα της προτεινόμενης μεθοδολογίας αφορά την δημιουργία μιας closed-form αναλυτικής έκφρασης για το Q συναρτήσει των μεταβλητών παραγωγής του πρώτου σταδίου (ειδικά της  $A_{is}$ ). Αυτό επιτυγχάνεται με την αρχική επίλυση του εσωτερικού προβλήματος βελτιστοποίησης (με χρήση γραμμικού δυϊκού προγραμματισμού) και την εν συνεχεία αναλυτική αξιολόγηση εκτίμησης (analytical expectation evaluation) (Gupta & Maranas, 2000).

#### Βέλτιστες πολιτικές αποθέματος

Το εσωτερικό πρόβλημα της εφοδιαστικής αλυσίδας επιλύεται με την χρήση του ισχυρού θεωρήματος του δυϊκού γραμμικού προγραμματισμού. Για τον σκοπό αυτό οι τοποθεσίες παραγωγής ταξινομούνται είτε ως εσωτερικά επαρκής (IS) είτε ως εσωτερικά ανεπαρκής (ID) ως εξής:

$$IS = \{s \in S \mid A_{is} - I_{is}^L \geq 0\} \quad \text{και} \quad ID = \{s \in S \mid A_{is} - I_{is}^L \leq 0\}$$

Επιπλέον εισάγονται δύο παράμετροι κόστους, το κόστος υπέρ-ασφαλούς προμήθειας αποθέματος ( $\gamma_{is}$ ) και το κόστος υπό-ασφαλούς προμήθειας αποθέματος

$$(\omega_{is}): \gamma_{is} = t_{is} - h_{is} \quad \text{και} \quad \omega_{is} = t_{is} - h_{is} + \zeta_{is}$$

Οι παραπάνω εξισώσεις αναπαριστούν το κόστος ανά μονάδα αποστολής ενός προϊόντος παραπάνω ( $\gamma_{is}$ ) ή παρακάτω ( $\omega_{is}$ ) από το επίπεδο ασφαλείας του αποθέματος.

Η ταξινόμηση των τοποθεσιών ως IS ή/και ID στην βάση των παραπάνω παραμέτρων κόστους, αποτελεί την βασικότερη αρχή της προτεινόμενης μεθοδολογίας.

Εμφανίζονται τρία διαφορετικά καθεστώτα ζήτησης στην βέλτιστη λύση, τα καθεστώτα χαμηλής, ενδιάμεσης και υψηλής ζήτησης. Μετά την αναλυτική επίλυση του εσωτερικού προβλήματος, η συνάρτηση αναγωγής  $Q$  υπολογίζεται μέσω ολοκλήρωσης της βέλτιστης αντικειμενικής τιμής για κάθε δυνατή ζήτηση. Αυτό μεταφράζεται στον υπολογισμό τριών υπό συνθήκη πιθανοτήτων, μία για κάθε καθεστώς ζήτησης. Με την υπόθεση της κανονικότητας για την ζήτηση των προϊόντων και εν συνεχεία με αναλυτική ολοκλήρωση, προκύπτει η ακόλουθη μορφή για την συνάρτηση αναγωγής (για λεπτομέρειες βλ. Gupta & Maranas, 2000).

$$Q = \sum_{i,s} \alpha_{is} K_{is} + \sum_{is} b_{is} \sigma_i [K_{is} \Phi(K_{is}) + f(K_{is})]$$

όπου  $\alpha_{is}$ ,  $b_{is}$ , είναι συνεχείς μεταβλητές που προκύπτουν ως συναρτήσεις των παραμέτρων κόστους του δεύτερου σταδίου,  $\sigma_i$  είναι η τυπική απόκλιση της ζήτησης,  $f$  και  $\Phi$  είναι οι συναρτήσεις κανονικής πυκνότητας και αθροιστικής κατανομής, αντίστοιχα, και

$$K_{is} = \frac{(A_{is} - \theta_i^m)}{\sigma_i}, \text{ με } \theta_i^m \text{ η μέση ζήτηση.}$$

#### Ικανοποίηση πελατών

Προκειμένου να προληφθεί η περίπτωση των χαμένων πωλήσεων σε ένα πιθανολογικό πλαίσιο, εισάγεται ο ακόλουθος περιορισμός πιθανοτήτων.

$$\Pr \left[ \theta \leq \Theta_i^{I \rightarrow H} = \sum_s A_{is} \right] \geq \alpha$$

όπου  $\alpha$  είναι το στοχευόμενο επίπεδο CDS. Η αιτιοκρατική ισοδύναμη μορφή για τον περιορισμό πιθανότητας αποκτάται ως εξής

$$\sum_s A_{is} \geq \theta_i^m + \sigma_i \Phi^{-1}(\alpha)$$

όπου  $\Phi^{-1}$  είναι η ανάστροφη κανονική αθροιστική συνάρτηση κατανομής.

### Έλεγχος αποθέματος

Εφαρμόζοντας τον τελεστή προσδοκίας στον περιορισμό ισορροπίας του αποθέματος, το μέσο απόθεμα μπορεί να συσχετιστεί με την αναμενόμενη προμήθεια ως εξής:

$$E_{\theta_i} [I_{is}] = A_{is} - E_{\theta_i} [S_{is}]$$

$$\begin{aligned} E_{\theta_i} [I_{is}] &= \sigma_i [K1_{i,s=r_s^L} \Phi(K1_{i,s=r_s^L}) + f(K1_{i,s=r_s^L})] \\ &+ \sigma_i [K2_{i,s=r_s^I} \Phi(K2_{i,s=r_s^I}) + f(K2_{i,s=r_s^I})] \\ &- \sigma_i [K1_{i,s=r_s^L-1} \Phi(K1_{i,s=r_s^L-1}) + f(K1_{i,s=r_s^L-1})] \\ &- \sigma_i [K2_{i,s=r_s^I-1} \Phi(K2_{i,s=r_s^I-1}) + f(K2_{i,s=r_s^I-1})] \end{aligned}$$

όπου

$$K1_{is} = \frac{\sum_{\substack{s=1 \\ s \in IS}} (A_{is} - I_{is}^L) - \theta_i^m}{\sigma_i}$$

$$K2_{is} = \frac{\theta_i^{L \rightarrow I} + \sum_{\substack{s=1 \\ s \in ID}}^{s_i^*} A_{is} + \sum_{\substack{s=1 \\ s \in IS}}^{s_i^*} I_{is}^L - \theta_i^m}{\sigma_i}$$

ενώ  $r_s^L$  και  $r_s^S$  είναι οι κατατάξεις των τοποθεσιών  $s$  στα καθεστώτα χαμηλής και μέσης ζήτησης αντίστοιχα.

Η τυπική απόκλιση δίδεται από  $[I_{is}] = \sqrt{Var[I_{is}]} = \sqrt{E_{\theta_i}[I_{is}^2] - E_{\theta_i}[I_{is}]^2}$ ,

όπου:

$$\begin{aligned} E_{\theta_i}[I_{is}^2] &= \Phi(K1_{i,s=r_s^L-1})A_{is}^2 + [\Phi(K1_{i,s=r_s^L}) - \Phi(K1_{i,s=r_s^L-1})] \times [A_{is} + \sigma_i(K1_{i,s=r_s^L-1})^2 + \sigma_i^2] \\ &- \sigma_i^2[K1_{i,s=r_s^L}f(K1_{i,s=r_s^L}) - K1_{i,s=r_s^L-1}f(K1_{i,s=r_s^L-1})] \\ &+ 2\sigma_i[A_{is} + \sigma_i K1_{i,s=r_s^L-1}][f(K1_{i,s=r_s^L}) - f(K1_{i,s=r_s^L-1})] + [\Phi(K2_{i,s=r_s^L-1}) - \Phi(K1_{i,s=r_s^L-1})](I_{is}^L)^2 \\ &+ [\Phi(K2_{i,s=r_s^L}) - \Phi(K1_{i,s=r_s^L-1})][I_{is}^L + \sigma_i(K2_{i,s=r_s^L-1})^2 + \sigma_i^2] \\ &- \sigma_i^2[K2_{i,s=r_s^L}f(K2_{i,s=r_s^L}) - K2_{i,s=r_s^L-1}f(K2_{i,s=r_s^L-1})] \\ &+ 2\sigma_i[I_{is}^L + \sigma_i K2_{i,s=r_s^L-1}][f(K2_{i,s=r_s^L}) - f(K2_{i,s=r_s^L-1})] \end{aligned}$$

Το παραπάνω αποτέλεσμα βασίζεται στα ακόλουθα υπό όρους προσδοκώμενα (conditional expectation) αποτελέσματα:

$$\begin{aligned} E_z[z^2 | z \leq K1] &= 1 - K1 \frac{f(K1)}{\Phi(K1)} \\ E_z[z^2 | K1 \leq z \leq K2] &= 1 - \frac{(K2f(K2) - K1f(K1))}{(\Phi(K2) - \Phi(K1))} \end{aligned}$$

όπου το z ακολουθεί την κανονική κατανομή N(0,1).

Τέλος από τους συγγραφείς υπό το προτεινόμενο πλαίσιο μελετάται ένα παράδειγμα εφοδιαστικής αλυσίδας τριών τοποθεσιών, ώστε να παρασχεθούν ποσοτικές κατευθύνσεις για την θέσπιση επιπέδων ικανοποίησης πελατών και για την αποκάλυψη αποτελεσματικών επιλογών διαχείρισης αποθέματος. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι επιτυγχάνεται σημαντική βελτίωση στα εγγυημένα επίπεδα εξυπηρέτησης για σχετικά μικρή αύξηση του συνολικού κόστους.

#### 4. 9 Διαχείριση των αποθεμάτων εφοδιαστικής αλυσίδας

Στο άρθρο «Managing supply chain inventories: A multiple retailer, one warehouse, multiple supplier model» ο Ganeshan (1999) παρουσιάζει την μεθοδολογία για την εύρεση μιας σχεδόν βέλτιστης πολιτικής αποθέματος τύπου (s, Q), για ένα δίκτυο παραγωγής-διανομής με πολλαπλούς προμηθευτές οι οποίοι τροφοδοτούν μία κεντρική αποθήκη, η οποία με την σειρά της διανέμει σε ένα μεγάλο αριθμό λιανοπωλητών. Το μοντέλο αποτελεί μία σύνθεση τριών συστατικών: i) της ανάλυσης

αποθέματος των λιανοπωλητών ii) της διαδικασίας ζήτησης στην αποθήκη και iii) της ανάλυσης αποθέματος στην αποθήκη.

#### Μαθηματικό Μοντέλο

Για τις ανάγκες μοντελοποίησης υποθέτεται ότι ένα προϊόν, με σταθερή τιμή πώλησης μονάδας  $u$ , το οποίο ζυγίζει 1 round (για ευκολία υπολογισμών) ρέει και αποθηκεύεται σε ένα σύστημα αποτελούμενο από  $N_r$  πανομοιότυπους λιανικούς πωλητές, ένα κέντρο διανομής και  $n$  πανομοιότυπους προμηθευτές. Η καθημερινή ζήτηση στους λιανοπωλητές  $r$  ( $r=1,2,\dots,N_r$ ), θεωρείται στοχαστική (Poisson-μέση τιμή  $\lambda_r$ ). Όταν το επίπεδο αποθέματος μειώνεται στο επίπεδο  $s_r$ , ο λιανοπωλητής τοποθετεί μία παραγγελία  $Q_r$  στην αποθήκη.

Ο χρόνος διεκπεραίωσης για κάθε λιανοπωλητή λογίζεται ως άθροισμα ενός σταθερού χρόνου επεξεργασίας της παραγγελίας, του χρόνου αναμονής στην αποθήκη στην περίπτωση έλλειψης αποθέματος και του χρόνου μεταφοράς από την αποθήκη στον λιανοπωλητή, ο οποίος τίθεται ως μία τυχαία μεταβλητή με δεδομένη συνάρτηση κατανομής πιθανότητας.

Η ανικανοποίητη ζήτηση στην αποθήκη τίθεται σε λίστα αναμονής. Όταν το απόθεμα της αποθήκης πέφτει κάτω από το επίπεδο  $s_w$ , πραγματοποιείται παραγγελία  $Q_w/n$  ταυτόχρονα σε κάθε έναν από τους  $n$  προμηθευτές (ο απαιτούμενος χρόνος για την τοποθέτηση των παραγγελιών θεωρείται σταθερός). Αντίθετα ο χρόνος μεταφοράς από κάθε προμηθευτή είναι τυχαία μεταβλητή με δεδομένη συνάρτηση κατανομής. Η αποθήκη δεν τοποθετεί νέες παραγγελίες μέχρι να παραληφθούν όλες οι προηγούμενες από τους προμηθευτές. Επίσης δεν γίνεται διαίρεση των παραγγελιών, αν δηλαδή η παραγγελία είναι μεγαλύτερη από το διαθέσιμο απόθεμα δεν αποστέλλεται ένα μόνο μέρος της, αλλά αυτούσια τίθεται στην λίστα αναμονής (συνεπώς ο  $Q_w$  είναι ακέραιος πολλαπλάσιος του  $Q_r$ ). Ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος αποθέματος-διανομής υπό τους περιορισμούς εξυπηρέτησης των πελατών.

Στην συνέχεια παρατίθενται συμβολισμοί του μοντέλου. Οι δείκτες  $r$  και  $w$  χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν λιανοπωλητές και αποθήκη αντίστοιχα.

$N_r$  = ο αριθμός των λιανοπωλητών,

$n$  = ο αριθμός των προμηθευτών,

$s_r, s_w$  = σημείο αναπλήρωσης σε λιανοπωλητές και σε αποθήκη,

$Q_r, Q_w$  = ποσότητα παραγγελίας σε κάθε λιανοπωλητή και στην αποθήκη,



$D_r, D_w$  = ημερήσια ζήτηση σε κάθε λιανοπωλητή (με μέσο  $\mu_{D_r}$ ) και στην αποθήκη (με μέσο  $\mu_{D_w}$ ),

$R_r, R_w$  = αναμενόμενη ετήσια ζήτηση σε κάθε λιανοπωλητή και στην αποθήκη, με  $R_i = 360\mu_{D_i}, i = r, w$ ,

$T_r, T_w$  = ο χρόνος διεκπεραίωσης για τον λιανοπωλητή και ο «πρώτος χρόνος διεκπεραίωσης» της αποθήκης,

$L_r, L_w$  = οι χρόνοι μεταφοράς από την αποθήκη στον λιανοπωλητή και από κάθε προμηθευτή στην αποθήκη με μέσους  $\mu_{L_i}$  και  $\mu_{L_w}$ .

$Y_r, Y_w$  = η ζήτηση κατά την διάρκεια του χρόνου διεκπεραίωσης σε κάθε λιανοπωλητή (με μέσο  $\mu_{Y_r}$ ) και στην αποθήκη (με μέσο  $\mu_{Y_w}$ ),

$\rho_r, \rho_w$  = οι ρυθμοί εκπλήρωσης παραγγελίας (fill rates) σε κάθε λιανοπωλητή και στην αποθήκη.

#### Ανάλυση αποθέματος του λιανοπωλητή.

Όταν το επίπεδο αποθέματος ενός λιανοπωλητή μειώνεται στο σημείο  $s_r$ , τότε γίνεται παραγγελία  $Q_r$  μονάδων από την αποθήκη. Η αποθήκη του αποστέλλει την παραγγελία, σε χρόνο  $L_r$  περιόδων (διακριτή τυχαία μεταβλητή). Σε περίπτωση έλλειψης αποθέματος, ο λιανοπωλητής περιμένει επιπλέον χρόνο,  $W_r$ . (Τυχαίος χρόνος που στοιχειοθετεί την εξάρτηση ανάμεσα στην συμπεριφορά των λιανοπωλητών). Όπως η προσέγγιση METRIC, το μοντέλο προσεγγίζει το  $W_r$  από την αναμενόμενη τιμή του. Έτσι ο συνολικός χρόνος διεκπεραίωσης παραγγελίας στον λιανοπωλητή είναι:

$$T_r = \gamma_r + L_r + W_r$$

όπου  $\gamma_r$  είναι ο σταθερός χρόνος προώθησης της παραγγελίας. Μιας και οι όροι  $\gamma_r$  και  $W_r$  είναι σταθερές, το  $T_r$  θα έχει σ.π.π παρόμοιο με του  $L_r$ .

Έστω  $ES_r$  η εκτίμηση του ελλείμματος μονάδων ανά κύκλο αναπλήρωσης. Ο στόχος εξυπηρέτησης, για δεδομένες αξίες των  $Q_r$  και  $\rho_r$  είναι να βρεθεί  $s_r$  τέτοιο ώστε:

$$ES_r \leq (1 - \rho_r)Q_r$$

Έστω ότι ο χρόνος διεκπεραίωσης έχει σ.π.π  $P(T_r = t_r) = P_{t_r}$ . Η υπό όρους κατανομή της ζήτησης δεδομένου  $T_r = t_r$ , for  $t_r = 1, 2, \dots, m$ , είναι τότε Poisson ( $\lambda_r t_r$ ). Οι αναμενόμενες μονάδες έλλειψης ανά κύκλο αναπλήρωσης για κάθε υπό όρους κατανομή (conditional distribution) είναι:

$$ES_{t_r}(s_r) = \sum_{i=s_r}^{\infty} (i - s_r) e^{-\lambda_r t_r} (\lambda_r t_r)^i / i! \quad (1)$$

Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να υπολογιστεί ως

$$\lambda_r t_r (1 - F_{\lambda_r t_r}(s_r - 1) - s_r (1 - F_{\lambda_r t_r}(s_r))), \quad (2)$$

όπου  $F_{\lambda_r t_r}(\cdot)$  είναι η σ.π.π της κατανομής Poisson με μέσο  $\lambda_r t_r$ .

Μία αυτονόητη παραδοχή είναι ότι οι μέσες παραγγελίες στην λίστα αναμονής είναι λίγες σε σχέση με το μέσο απόθεμα. Χρησιμοποιώντας τις εξ. (1) και (2), οι αναμενόμενες ελλείψεις μονάδων στον λιανοπωλητή σε όλη την διάρκεια του στοχαστικού χρόνου διεκπεραίωσης μπορούν εύκολα να υπολογιστούν ως:

$$ES_r = \sum_{t_r}^m ES_{t_r}(s_r) P_{t_r}$$

#### Διαδικασία ζήτησης στην αποθήκη

Το μέγεθος της ζήτησης στην αποθήκη είναι σταθερό ( $Q_r$ ), ο ενδιαμέσος χρόνος ανάμεσα σε οποιοσδήποτε δύο παραγγελίες είναι στοχαστικός και εξαρτάται από το  $Q_r$ . Έστω  $N_r(t)$  οι παραγγελίες που τοποθετούνται από τον λιανοπωλητή  $r$  έως τον χρόνο  $t$ . Οι χρόνοι ανάμεσα στις παραγγελίες θα έχουν την κατανομή Erlang- $Q_r$  με μέσο  $Q_r/\lambda_r$ . Έστω  $N_w(t)$  ο αριθμός των παραγγελιών στην αποθήκη στον χρόνο  $[0, t]$ , τότε

$$N_w(t) = \sum_{r=1}^{N_r} N_r(t),$$

Σε δύο περιπτώσεις το  $N_w(t)$  είναι δυνατό να προσδιοριστεί: α) όταν  $Q_r=1$ , το  $N_w(t)$  θα είναι Poisson και 2<sup>ov</sup> όταν το  $N_r$  και το  $t$  είναι αρκετά μεγάλα ( $N_r \geq 20$ ), τότε το  $N_w(t)$  θα είναι σχεδόν Poisson. Από τους συγγραφείς λοιπόν τεκμηριώθηκε ότι όταν το  $N_r$  είναι μεγάλο, οι παραγγελίες, κάθε μία μεγέθους  $Q_r$ , αφικνούνται προσεγγιστικά σύμφωνα με την διαδικασία Poisson και με βάση την παραδοχή αυτή πραγματοποιείται η ανάλυση του αποθέματος στην αποθήκη.

#### Ανάλυση αποθέματος στην αποθήκη

Για δεδομένο ρυθμό πλήρωσης παραγγελίας  $\rho_w$ , ο αριθμός ανικανοποίητων παραγγελιών είναι:

$$Q_w(1 - \rho_w) / Q_r,$$

Έστω  $ES_w$  αναπαριστά τις αναμενόμενες ανικανοποίητες παραγγελίες. Όπως και προηγουμένως, για δεδομένη αξία των  $Q_w$ , πρέπει να βρεθούν  $s_w$  τέτοια ώστε:

$$ES_w \leq Q_w(1 - \rho_w) / Q_r.$$

Η επιλογή του  $Q_w$  και του  $s_w$ , εξαρτάται από την ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης κόστους. Ο χρόνος διεκπεραίωσης για την αποθήκης μπορεί να γραφεί ως:  $T_w = \text{Min}(T_w^1, \dots, T_w^n) + \gamma_w$ ,

Έστω  $H(t)$  η σ.π.π από κάθε  $T_w^i$ . Η συνάρτηση κατανομής των  $T_w$  και  $I(t, n)$ , μπορεί να αναπαρασταθεί ως  $P(T_w \leq t)$ , το οποίο στην συνέχεια μειώνεται σε  $I(t, n) = 1 - [1 - H(t)]^n$ .

Έστω  $ES_{t_w}$  αναπαριστά τις αναμενόμενες ελλείψεις για δεδομένο αποτελεσματικό χρόνο διεκπεραίωσης  $t_w$ . Όπως και προηγουμένως αυτό μπορεί να αναπαρασταθεί:

$$ES_{t_w}(s_w) = \sum_{i=s_w}^{\infty} (i - s_w) e^{-\lambda_w t_w} (\lambda_w t_w)^i / i!.$$

Η έκφραση αυτή μειώνεται σε:

$$ES_{t_w}(s_w, Q_r) = \lambda_w t_w (1 - F_{\lambda_w t_w}(s_w / Q_r - 1) - s_w / Q_r (1 - F_{\lambda_w t_w}(s_w / Q_r))),$$

όπου  $F_{\lambda_w t_w}(\cdot)$  είναι η cdf της κατανομής Poisson με μέσο  $\lambda_w t_w$ . Οπότε, το  $ES_w$  μπορεί να υπολογιστεί εύκολα για όλο τον στοχαστικό χρόνο διεκπεραίωσης ως εξής:

$$ES_w = \sum_{t_w}^l ES_{t_w}(s_w, Q_r) P_{t_w},$$

Όπου  $P_{t_w}$  είναι η πιθανότητα ώστε  $T_w = t_w$ ,  $t_w = 1, \dots, l$ .

### Σύνθεση μοντέλου

Παρουσιάζεται το μοντέλο που ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος. Η μέση καθυστέρηση,  $E(W_r)$ , εκφράζεται ως:

$$Q_w(1 - \rho_w) / (Q_r \lambda_w).$$

Το αναμενόμενο συνολικό ετήσιο κόστος για το σύστημα ETAC, εκφράζεται ως:

$$ETAC(Q_w, s_w, Q_r, s_r) = c_o + c_h + c_s,$$

όπου  $c_o$  είναι το κόστος παραγγελίας,  $c_h$  το κόστος δέσμευσης και  $c_s$  το κόστος μεταφοράς.

Το συνολικό κόστος παραγγελίας είναι:

$c_o = (a + bn)R_w / Q_w + R_r N_r A_r / Q_r$ , όπου  $a$  και  $b$  είναι παράμετροι κόστους προετοιμασίας στην αποθήκη και  $A_r$  είναι το κόστος παραγγελίας στον λιανοπωλητή.

Το κόστος δέσμευσης είναι:

$$c_h = (\mu_{L_w} \mu_{D_w} + Q_w / 2 + s_w - \mu_{Y_w}) v h + (\mu_{L_r} \mu_{D_r} + Q_r / 2 + s_r - \mu_{Y_r}) v h N_r,$$

όπου  $\mu_{L_i} \mu_{D_i}$ ,  $Q_i / 2$ , και  $s_i - \mu_{Y_i}$ ,  $i = w, r$ , αναπαριστούν τα αποθέματα κατά την μεταφορά, κύκλου και ασφαλείας αντίστοιχα στην αποθήκη και σε καθένα από τους λιανοπωλητές. Το σύμβολο  $h$  είναι το κόστος της δέσμευσης μίας μονάδας για ένα χρόνο.

Το κόστος μεταφοράς είναι:  $c_s = g(Q_w / n) R_w + g(Q_r) N_r R_r$ ,

όπου  $g(\cdot)$  αναπαριστά την λειτουργική σχέση ανάμεσα στον ρυθμό μεταφοράς και στο μέγεθος παρτίδας (ή βάρους κάθε παρτίδας).

Το συνολικό κόστος μεταφοράς είναι το σύνολο των αποστολών  $R_w$  μονάδων από τους προμηθευτές προς την αποθήκη και  $R_r$  μονάδων  $N_r$  λιανοπωλητών. Οπότε το πρόβλημα είναι να βρεθούν τα  $Q_w$ ,  $s_w$ ,  $Q_r$ ,  $s_r$  που ελαχιστοποιούν το ETAC υποκείμενο στο:

$$ES_w \leq Q_w (1 - \rho_w) / Q_r, \quad (3)$$

$$ES_r \leq Q_r (1 - \rho_r), \quad (4)$$

$$Q_w = k Q_r, \quad (5)$$

$$Q_w \geq B \mu_{D_w}, \quad (6)$$

$$s_w, s_r \geq 1, \quad (7)$$

Οι εξ. (3) και (4) αναπαριστούν τους περιορισμούς εξυπηρέτησης των πελατών (ενότητες 4.2 και 4.4). Ο περιορισμός (5) υποθέτει ότι το  $Q_w$  είναι ακέραιος πολλαπλάσιος του  $Q_r$ , με  $k$  να είναι οποιοσδήποτε θετικός ακέραιος. Αυτό διασφαλίζει ότι η μεθοδολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τα κέντρα διανομής επίσης. Ο περιορισμός (6) διασφαλίζει ότι οι παραγγελίες της αποθήκης στους προμηθευτές δεν διασταυρώνονται με πιθανότητα  $q$ . Η εξ. (4) μπορεί να βελτιστοποιηθεί με την χρήση αριθμητικών τεχνικών αναζήτησης όπως Newton ή την μέθοδο conjugate gradient.

Η εγκυρότητα του προσεγγιστικού μοντέλου ελέγχθηκε από τον συγγραφέα με την χρήση προσομοίωσης. Η προσομοίωση έδειξε ότι το αναλυτικό μοντέλο ήταν αρκετά καλό, υπολογίζοντας τα backorders των λιανοπωλητών στο 3.59% και τα επίπεδα

backorder της αποθήκης στο 1.12% κατά μέσο όρο (διεξήχθησαν πάνω από 32 δοκιμές προσομοίωσης). Κάποια από τα συμπεράσματα του συγγραφέα σε σχέση με το μοντέλο είναι:

- Το αναλυτικό μοντέλο είναι εύλογα ακριβές στη επίτευξη επιπέδων εξυπηρέτησης κατά 3,59% στο επίπεδο λιανοπωλητών και 1.12% στην αποθήκη (το αναλυτικό μοντέλο υποτιμά τα backorders τόσο στο επίπεδο του λιανοπωλητή όσο και στο επίπεδο της αποθήκης). Συνεπώς η διαχείριση μπορεί να αξιολογήσει τα επίπεδα αποθεμάτων της με βάσει τα πρότυπα αποτελέσματα. Αυτό θα παρέχει μία πιο ξεκάθαρη εικόνα για την ποσότητα του αποθέματος ασφάλειας που χρειάζεται να διατηρηθεί σε κάθε τοποθεσία διατήρησης αποθέματος.
- Το μοντέλο είναι ευέλικτο ώστε να περιλαμβάνει αλλαγές στον αριθμό των προμηθευτών, λιανοπωλητών και των χρόνων ή των κόμβων μεταφοράς. Παρόμοια ανάλυση είναι επίσης χρήσιμη για μελλοντικό σχεδιασμό.

Παρόλα αυτά το μοντέλο έχει και σημαντικούς περιορισμούς, όπως ότι περιορίζεται σε δύο επίπεδα και υποθέτει ότι οι προμηθευτές έχουν πάντα απόθεμα, ή ότι υποθέτει πανομοιότυπους προμηθευτές και λιανοπωλητές χάριν απλότητας. Επίσης αναγνωρίζεται η ανάγκη για μοντελοποίηση της τυχαιάς καθυστέρησης στην αποθήκη με ένα καλύτερο τρόπο. Τέλος στο τρέχον μοντέλο, ο μέσος χρόνος υποτιμάται, οδηγώντας κατά συνέπεια σε υψηλότερα επίπεδα ανικανοποίητων παραγγελιών.

#### **4.10 Ασαφής μοντελοποίηση αποφάσεων στην διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας.**

Οι Wang και Shu (2005) ανέπτυξαν μία μεθοδολογία ασαφών αποφάσεων, η οποία παρέχει ένα εναλλακτικό πλαίσιο χειρισμού των αβεβαιοτήτων της ΕΑ και καθορισμού της στρατηγικής αποθεμάτων, ενώ υπάρχει έλλειψη βεβαιότητας στα δεδομένα ή έστω έλλειψη των απαραίτητων ιστορικών στοιχείων. Στο άρθρο τους με τίτλο «Fuzzy decision modeling for supply chain management» η θεωρία ασαφών συνόλων χρησιμοποιείται καταρχήν για να μοντελοποιηθεί η αβεβαιότητα της ΕΑ.

Οι αβέβαιες παράμετροι (ζήτηση πελατών, καθυστέρηση προμηθευτών, χρόνος μεταφοράς υλικών και χρόνος παραγωγής), παρουσιάζονται με κατανομές πιθανότητας οι οποίες τυποποιούνται ως ασαφής αριθμοί (κανονικοποιημένα κυρτά

ασαφή σύνολα). Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται ασαφής αριθμοί 6 σημείων για να βελτιωθεί η προσέγγιση σε συνδυασμό με την υπολογιστική οικονομία.

Για παράδειγμα η αβέβαιη ζήτηση ενός προϊόντος μπορεί να περιγραφεί από έναν ασαφή αριθμό έξι σημείων  $\tilde{d}$ . Η συνάρτηση συμμετοχής  $\mu_{\tilde{d}}(x)$  αναπαριστά τον βαθμό πιθανότητας ώστε η ζήτηση να υλοποιηθεί στο  $x$ . Οι τιμές ανάμεσα στο πεδίο  $[\underline{d}^{(1)}, \bar{d}^{(1)}]$  είναι η πιο σίγουρη ζήτηση και οι τιμές εκτός του πεδίου  $[\underline{d}^{(e)}, \bar{d}^{(e)}]$  η λιγότερο πιθανή. Οι τιμές ανάμεσα στα  $[\underline{d}^{(r)}, \underline{d}^{(1)}]$  και  $[\bar{d}^{(1)}, \bar{d}^{(r)}]$  έχουν καλές πιθανότητες να πραγματοποιηθούν.

Η ΕΑ αντιμετωπίζεται ως ένα γενικό δίκτυο, αποτελούμενο από διάφορες εγκαταστάσεις-τοποθεσίες στις οποίες συντελούνται οι προμήθειες των υλικών, ο μετασχηματισμός τους σε ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα και η διανομή των τελικών προϊόντων στους πελάτες. Κάθε τοποθεσία διαθέτει ένα σύστημα αποθεματοποίησης για να εξυπηρετεί τις κατάντιες τοποθεσίες ή τους πελάτες. Όταν μία παραγγελιά υπερβαίνει το διαθέσιμο απόθεμα σε μία τοποθεσία, εκτελείται μερικώς και η υπολειπόμενη ποσότητα παραδίδεται όταν είναι διαθέσιμη. Επίσης θεωρείται ότι τα αποθέματα σε όλες τις τοποθεσίες ελέγχονται μέσω της πολιτικής περιοδικής επιθεώρησης.

Τα μέτρα απόδοσης της ΕΑ είναι το κόστος αποθέματος ασφαλείας και ο ρυθμός πλήρωσης του τελικού προϊόντος. Ο ρυθμός πλήρωσης, που χρησιμοποιείται συχνά ως μέτρο της εξυπηρέτησης των πελατών, ορίζεται ως το ποσοστό της ζήτησης που εξυπηρετείται απευθείας από το απόθεμα προς την ζήτηση χωρίς καθυστέρηση. Με τις παραδοχές αυτές αναπτύχθηκε ένα ασαφές μοντέλο, βασισμένο στην θεωρία πιθανοτήτων, για την εκτίμηση των επιδόσεων της ΕΑ.

Το προτεινόμενο μοντέλο αποτελείται από δύο υπο-διαδικασίες. Η διαδικασία μετάδοσης της ζήτησης μεταδίδει την ζήτηση τελικών προϊόντων του πελάτη από τις κατάντιες τοποθεσίες στις ανάντιες. Η διαδικασία διαθεσιμότητας μεταφοράς υπολογίζει τον χρόνο διεκπεραίωσης της αναπλήρωσης σε κάθε SKU (stock keeping unit) από τις ανάντιες στις κατάντιες τοποθεσίες. Το βασικό μοντέλο για μία τοποθεσία παρουσιάζεται στην συνέχεια.

Ο σκοπός του μοντέλου ενός σταδίου είναι ο καθορισμός του αποδιδόμενου επιπέδου εξυπηρέτησης και κόστους αποθέματος για ένα SKU, σύμφωνα με την

ζήτηση του SKU από τα κατάντη στάδια ή πελάτες και με τους χρόνους απόκρισης υλικού από τους ανάντη στάδια. Ο χρόνος απόκρισης σε ένα SKU ορίζεται ως ο χρόνος αναμονής μέχρι να ικανοποιηθεί μία παραγγελία καθώς το SKU δεν έχει απόθεμα.

Έστω ότι μία τοποθεσία  $g$  παράγει ένα υποπροϊόν  $j$  (που αποθηκεύεται ως SKU  $j$ ) το οποίο απαιτείται από μία ομάδα  $H_{gj}$  από κατάντες τοποθεσίες. Έστω ότι  $\tilde{d}_{ri}$  είναι η ασαφής ζήτηση ανά εβδομάδα για τα SKU  $i$  σε μία κατάντη τοποθεσία  $r \in H_{gj}$ . Τότε η συνολική ζήτηση για το υποπροϊόν  $j$  (επίσης καλούμενη SKU  $j$ ) στην τοποθεσία  $g$  είναι:

$$\tilde{d}_{gj} = \sum_{r \in H_{gj}} \sum_i \tilde{d}_{ri} \otimes b_{ij} \otimes P_{grj} \quad (1)$$

όπου  $b_{ij}$  είναι ο αριθμός των μονάδων του μέρους  $j$  που χρειάζονται σε μία μονάδα SKU  $i$  και  $p_{grj}$  το τμήμα του μέρους  $j$  που προμηθεύεται από την κατάντη τοποθεσία  $r$  στην ανάντη τοποθεσία  $g$ . Σύμφωνα με την εξίσωση (1), η ζήτηση σε κάθε SKU σε κάθε τοποθεσία μπορεί να υπολογιστεί από τις κατάντες τοποθεσίες στις ανάντες.

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο ασαφής χρόνος διεκπεραίωσης της αναπλήρωσης των SKU  $j$  σε κάθε τοποθεσία  $g$ . Ο ασαφής χρόνος διεκπεραίωσης των υλικών  $M_j$  των SKU  $j$  καθορίζεται ως ο μέγιστος από τους χρόνους διεκπεραίωσης για την μεταφορά υλικών από τις ανάντες τοποθεσίες στην παρούσα τοποθεσία:

$$\tilde{M}_j = \underset{q \in G_{gj}}{\text{Max}} \{ \tilde{m}_q \} \quad (2)$$

όπου  $\tilde{m}_q$  δηλώνει τον ασαφή χρόνο διεκπεραίωσης των υλικών από μία ανάντη τοποθεσία  $q \in G_{gj}$  που προμηθεύει τα απαιτούμενα υλικά για SKU  $j$  στην τοποθεσία  $g$ .

Ο χρόνος καθυστέρησης υλικών της SKU  $j$  καθορίζεται ως ο μέγιστος από τους ασαφείς χρόνους αντίδρασης των μερών που προμηθεύονται από τις ανάντες τοποθεσίες:

$$\tilde{\Gamma}_j = \underset{q \in G_{gj}}{\text{Max}} (\tilde{\tau}_q) \quad (3)$$

όπου  $\tilde{\tau}_q$  δηλώνει τον ασαφή χρόνο αντίδρασης υλικών από μία ανάντη τοποθεσία  $q \in G_{gj}$  που προμηθεύει υλικά για την παραγωγή SKU  $j$  σε μία τοποθεσία, όταν η τοποθεσία  $q$  έχει μείνει από απόθεμα.

Δεδομένου ενός επιπέδου order-up-to  $S_k$ , ο βαθμός συμμετοχής του χρόνου αντίδρασης υλικών που είναι ίσος με  $\lambda$  περιόδους επιθεώρησης μπορεί να καθοριστεί από την πιθανότητα ή αναγκαιότητα της ζήτησης κατά την διάρκεια των περιόδων  $\tilde{L}_k \oplus (1-\lambda)R_k$  που είναι μεγαλύτεροι από  $S_k$  και μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$\begin{aligned}\bar{\mu}_{\tilde{\tau}_k}(\lambda R_k) &= \Pi(D_k(\tilde{L}_k \oplus (1-\lambda)R_k) > S_k) \\ &= \Pi(D_k(\tilde{L}_k \oplus (1-\lambda)R_k) \geq S_k + 1), \quad \lambda \geq 0,\end{aligned}\quad (4)$$

$$\begin{aligned}\underline{\mu}_{\tilde{\tau}_k}(\lambda R_k) &= N(D_k(\tilde{L}_k \oplus (1-\lambda)R_k) > S_k) \\ &= N(D_k(\tilde{L}_k \oplus (1-\lambda)R_k) \geq S_k + 1), \quad \lambda \geq 0,\end{aligned}\quad (5)$$

όπου  $D_k(\tilde{T})$  είναι συνάρτηση για τον υπολογισμό της ζήτησης σε μία περίοδο  $\tilde{T}$  για SKU  $k$  και  $D_k(\tilde{T}) = \tilde{T} \otimes \tilde{d}_k$ .

Δηλαδή οι εξισώσεις (4) και (5) υπολογίζουν τον βαθμό πιθανότητας και αναγκαιότητας αντίστοιχα των παραγγελιών των πελατών που πρέπει να τεθούν στην αναμονή για  $\lambda$  περιόδους επιθεώρησης, μέχρι να ικανοποιηθούν σύμφωνα με το  $S_k$ . Μιας και ο ασαφής χρόνος απόκρισης των υλικών που αποσπάται από τις εξ. (4) και (5) ενδέχεται να μην είναι ασαφής αριθμός, αναπτύσσεται μία προσεγγιστική μέθοδος για να υπολογιστεί ο ασαφής χρόνος απόκρισης υλικών ως ένας ασαφής αριθμός έξι σημείων για υπολογιστική ευκολία.

Η κατανομή πιθανότητας του χρόνου απόκρισης υλικών είναι μη αύξουσα συνάρτηση. Επιπρόσθετα, ο χρόνος απόκρισης υλικών ενός SKU πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος από το μηδέν. Για λόγους απλότητας, ο απαισιόδοξος και ο αισιόδοξος χρόνος απόκρισης υλικών μπορούν να προσεγγιστούν από ασαφείς αριθμούς 6 σημείων. Έστω:

$$\tilde{d}_k = (\underline{d}_k^{(\varepsilon)}, \underline{d}_k^{(\gamma)}, \underline{d}_k^{(1)}, \bar{d}_k^{(1)}, \bar{d}_k^{(\gamma)}, \bar{d}_k^{(\varepsilon)}) \text{ και } \underline{L}_k^{(\varepsilon)}, \underline{L}_k^{(\gamma)}, \underline{L}_k^{(1)}, \bar{L}_k^{(1)}, \bar{L}_k^{(\gamma)}, \bar{L}_k^{(\varepsilon)} \quad (6)$$



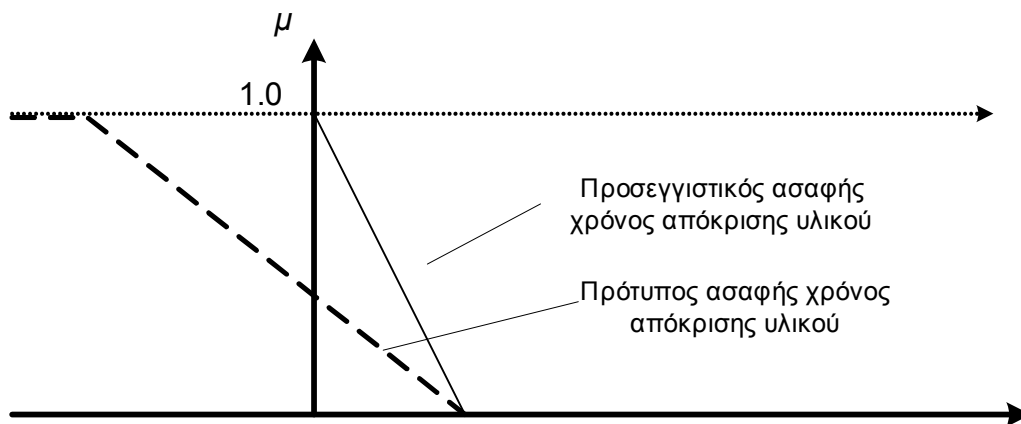
η ασαφής ζήτηση και ο ασαφής χρόνος διεκπεραίωσης της  $SKU_k$ . Η συνάρτηση συμμετοχής του απαισιόδοξου χρόνου απόκρισης  $\tilde{\tau}_k$  μπορεί να προσεγγιστεί από έναν ασαφή αριθμό έξι σημείων  $(0, 0, 0, \bar{\tau}_k^{(1)}, \bar{\tau}_k^{(\gamma)}, \bar{\tau}_k^{(\varepsilon)})$ , όπου:

$$\begin{aligned} \bar{\tau}_k^{(\varepsilon)} = & \text{Max}\{0, \text{Min}\{\lambda | \Pi(D_k(\tilde{L}_k \oplus (1-\lambda)R_k) \geq S_k + 1) = \varepsilon\}\} = \\ & \text{Max}\{0, \frac{\bar{d}_k^{(\varepsilon)} \bar{L}_k^{(\varepsilon)} + \bar{d}_k^{(\varepsilon)} R_k - S_k - 1}{\bar{d}_k^{\varepsilon} R_k}\}, \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \bar{\tau}_k^{(\gamma)} = & \text{Max}\{0, \text{Min}\{\lambda | \Pi(D_k(\tilde{L}_k \oplus (1-\lambda)R_k) \geq S_k + 1) = \gamma\}\} = \\ & \text{Max}\{0, \frac{\bar{d}_k^{(\gamma)} \bar{L}_k^{(\gamma)} + \bar{d}_k^{(\gamma)} R_k - S_k - 1}{\bar{d}_k^{\gamma} R_k}\}, \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \bar{\tau}_k^{(1)} = & \text{Max}\{0, \text{Min}\{\lambda | \Pi(D_k(\tilde{L}_k \oplus (1-\lambda)R_k) \geq S_k + 1) = 1\}\} = \\ & \text{Max}\{0, \frac{\bar{d}_k^{(1)} \bar{L}_k^{(1)} + \bar{d}_k^{(1)} R_k - S_k - 1}{\bar{d}_k^1 R_k}\}, \end{aligned} \quad (9)$$

Εξάλλου οι τιμές που αποσπώνται για τον ασαφή χρόνο απόκρισης υλικών μπορεί να είναι μικρότερες του μηδενός, το οποίο απαγορεύεται (βλ. σχήμα 4.5).



Σχήμα 4.5

Επιπλέον, ο ασαφής χρόνος απόκρισης υλικών που αποσπάται μπορεί να μην είναι ασαφής αριθμός. Οπότε για να αντιμετωπιστεί αυτό, χρησιμοποιείται ο μέγιστος τελεστής στην εξίσωση (7)–(9). Παρομοίως, καθώς χρησιμοποιείται η βέλτιστη στρατηγική απόφασης, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες εξισώσεις:

$$\begin{aligned}\bar{\tau}_k^{(\varepsilon)} &= \text{Max}\{0, \text{Min}\{\lambda | N(D_k(\tilde{L}_k \oplus (1-\lambda)R_k) \geq S_k + 1) = \varepsilon\}\} = \\ &\text{Max}\{0, \frac{\bar{d}_k^{(\varepsilon)}\bar{L}_k^{(\varepsilon)} + \bar{d}_k^{(\varepsilon)}R_k - S_j - 1}{\bar{d}_k^{\varepsilon}R_k}\},\end{aligned}\quad (10)$$

$$\begin{aligned}\bar{\tau}_k^{(\gamma)} &= \text{Max}\{0, \text{Min}\{\lambda | N(D_k(\tilde{L}_k \oplus (1-\lambda)R_k) \geq S_k + 1) = \gamma\}\} = \\ &\text{Max}\{0, \frac{\bar{d}_k^{(\gamma)}\bar{L}_k^{(\gamma)} + \bar{d}_k^{(\gamma)}R_k - S_j - 1}{\bar{d}_k^{\gamma}R_k}\},\end{aligned}\quad (11)$$

$$\begin{aligned}\bar{\tau}_k^{(1)} &= \text{Max}\{0, \text{Min}\{\lambda | N(D_k(\tilde{L}_k \oplus (1-\lambda)R_k) \geq S_k + 1) = 1\}\} = \\ &\text{Max}\{0, \frac{\bar{d}_k^{(1)}\bar{L}_k^{(1)} + \bar{d}_k^{(1)}R_k - S_j - 1}{\bar{d}_k^1R_k}\},\end{aligned}\quad (12)$$

Ο χρόνος παραγωγής του SKU  $j$  ορίζεται ως ο ασαφής σταθερός χρόνος παραγωγής συν τον ασαφή χρόνο διακοπής και εν συνεχεία διαιρεμένος με την παραγωγική δυναμικότητα της SKU. Ο ασαφής χρόνος διακοπής  $\tilde{z}_j$  μπορεί να εκτιμηθεί από το αριθμό εμφάνισης των γεγονότων βλάβης των μηχανών και από την πιθανή διάρκεια του χρόνου διακοπής για την γραμμή παραγωγής της SKU  $j$ :

$$\tilde{z}_j = (\tilde{d}_j \otimes R_j) \otimes \tilde{x}_j \otimes (\tilde{n}_j \otimes \tilde{u}_j) \quad (13)$$

όπου  $\tilde{d}_j$  είναι η ασαφής ζήτηση ανά εβδομάδα για το SKU  $j$ ,  $R_j$  η περίοδος επιθεώρησης (σε εβδομάδες) για την SKU  $j$ ,  $\tilde{x}_j$  ο ασαφής χρόνος κύκλου (σε ώρες) για την SKU  $j$ ,  $\tilde{n}_j$  ο εκτιμώμενος αριθμός εμφανίσεων (ανά ώρα) του χρόνου διακοπής στην γραμμή παραγωγής για την SKU  $j$  και  $\tilde{u}_j$  η ασαφής διάρκεια του χρόνου διακοπής (σε ώρες) στην γραμμή παραγωγής για την SKU  $j$ .

Έστω  $C_j$  η παραγωγική δυναμικότητα (σε ώρες ανά εβδομάδα) για την SKU  $j$ . Ο χρόνος παραγωγής της SKU  $j$  μπορεί να οριστεί ως:

$$\begin{aligned}\tilde{P}_j &= ((\tilde{d}_j \otimes R_j) \otimes \tilde{x}_j \otimes \tilde{z}_j)(\div)C_j, \\ \tilde{P}_j &= ((\tilde{d}_j \otimes R_j) \otimes \tilde{x}_j \otimes (1 \oplus \tilde{n}_j \otimes \tilde{u}_j))(\div)C_j\end{aligned}\quad (14)$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο χρόνος διεκπεραίωσης της αναπλήρωσης της SKU  $j$  μπορεί να γραφεί ως:

$$\tilde{L}_j = \underset{q \in G(g,j)}{\text{Max}} \{\tilde{m}_q\} \oplus \underset{q \in G(g,j)}{\text{Max}} \{\tilde{\tau}_q\} \oplus (((\tilde{d}_j \otimes R_j) \otimes \tilde{x}_j \otimes (1 \oplus \tilde{n}_j \otimes \tilde{u}_j))(\div) C_j) \quad (15).$$

Τέλος γίνεται η υπόθεση ότι οι χρόνοι απόκρισης των υλικών για τους εξωτερικούς προμηθευτές μπορούν να αποκτηθούν ως δεδομένα εισόδου της απόδοσης των προμηθευτών. Έτσι, ο χρόνος απόκρισης υλικών και ο χρόνος διεκπεραίωσης της αναπλήρωσης για κάθε SKU σε κάθε στάδιο μπορεί να υπολογιστεί από τα ανάντη στάδια προς τα κατόντη.

Για την επίλυση του ασαφούς μοντέλου EA, αναπτύχθηκε ένας γενετικός αλγόριθμος για τον καθορισμό των order-up-to επιπέδων των μονάδων διατήρησης αποθέματος (SKU), ώστε να ελαχιστοποιηθεί το κόστος αποθεματοποίησης, δεδομένου του περιορισμού επίτευξης του στοχευόμενου ρυθμού πλήρωσης του τελικού προϊόντος.

Αντίθετα με προηγούμενη έρευνα, το ασαφές μοντέλο EA που αναπτύσσεται μπορεί να εκτιμήσει την απόδοση ολόκληρης της EA. Στους αποφασίζοντες επιτρέπεται να εκφράσουν την συμπεριφορά τους (από συντηρητική έως ριψοκίνδυνη) και να αναλύσουν τα trade offs ανάμεσα στο επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών και την επένδυση σε απόθεμα στην EA, επιτυγχάνοντας καλύτερες στρατηγικές αποθέματος.

#### **4.11 Επιλογή οικογένειας προϊόντων σχεδιασμού της εφοδιαστικής αλυσίδας.**

Όταν σχεδιάζεται μια νέα οικογένεια προϊόντων, οι σχεδιαστές και οι κατασκευαστές πρέπει να ορίσουν την οικογένεια προϊόντων και την εφοδιαστική τους αλυσίδα ταυτόχρονα. Στο πρώτο βήμα της διαδικασίας του σχεδιασμού, οι σχεδιαστές προτείνουν διάφορες λύσεις για την ομάδα των παραλλαγών της οικογένειας προϊόντων και την λίστα υλικών τους (bill of materials). Το δεύτερο βήμα αφορά την επιλογή κάποιων από αυτές τις παραλλαγές ενώ επιλέγεται η αρχιτεκτονική της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Στο άρθρο «An optimization model for selecting a product family and designing its supply chain» οι Lamothe et al. (2005) ερευνούν ένα μικτό μοντέλο γραμμικού ακέραιου προγραμματισμού, το οποίο βελτιστοποιεί το λειτουργικό κόστος της εφοδιαστικής αλυσίδας, ενώ επιλέγονται οι παραλλαγές του προϊόντος.

Με σκοπό τον συνυπολογισμό της διαφοροποίησης της ζήτησης και των προϊόντων, αναπτύχθηκε μία προσέγγιση δύο βημάτων. Στο πρώτο βήμα καθορίζεται η λίστα υλικών για μία ομάδα προκαθορισμένων απαιτήσεων των πελατών. Παράγονται πολλές παραλλαγές προϊόντων έτσι ώστε στο δεύτερο βήμα να γίνεται η επιλογή. Το αποτέλεσμα του πρώτου βήματος μπορεί να μοντελοποιηθεί ως μία γενική λίστα υλικών generic bill-of-materials (GBOM).

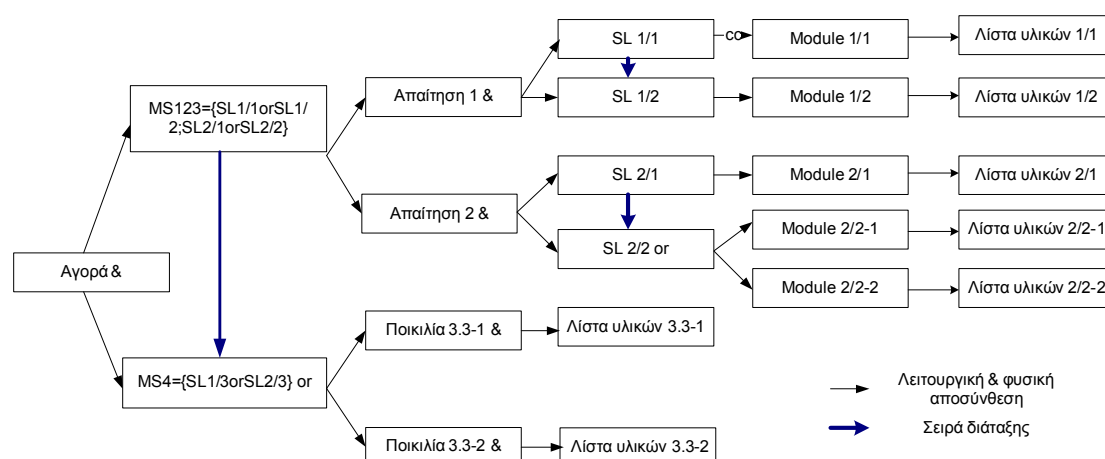
Στο δεύτερο βήμα εισάγεται ένα μοντέλο μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού (MILP) το οποίο επιτρέπει ταυτόχρονα τον εντοπισμό της κατάλληλης οικογένειας προϊόντων και της αντίστοιχης εφοδιαστικής αλυσίδας (τοποθεσίες παραγωγής, συναρμολόγησης και αποθήκευσης) που βελτιστοποιούν την αναλογία “over equipment cost/references management cost”.

Ο σκοπός των συγγραφέων δεν είναι να εξηγήσουν πώς να χειριστούν το πρώτο βήμα, οπότε παραθέτουν ένα παράδειγμα εργαλείου για την υποστήριξη της δημιουργίας της λίστας υλικών και εστιάζουν στο δεύτερο βήμα όπου πρέπει να καθοριστούν:

1. Πώς να απεικονιστεί, μέσω του GBOM, η ποικιλομορφία των προϊόντων που προκύπτει από το πρώτο βήμα.
2. Το μοντέλο που υποστηρίζει τις διάφορες επιλογές.

### 1. Απεικόνιση της ποικιλομορφίας των προϊόντων.

Οι στρατηγικές μορφωματικού (modular) σχεδιασμού και σχεδιασμού τμηματοποίησης αγοράς μπορούν να συνδυαστούν προκειμένου να γίνει συμβιβασμός ανάμεσα στα κόστη over-equipment, over-satisfaction και στα διαχειριστικά κόστη. Το σχήμα 4.6 είναι ένα παράδειγμα.

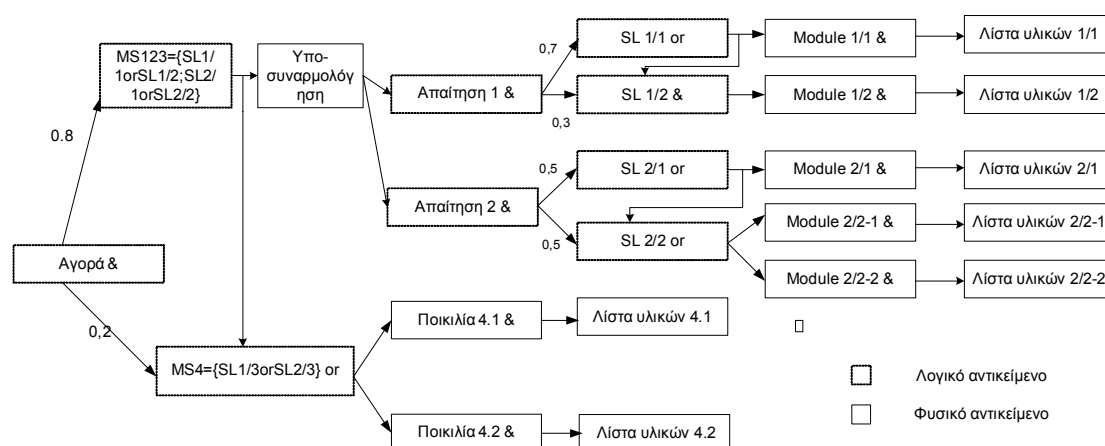


**Σχήμα 4.6: Παράδειγμα μιας μεικτής στρατηγικής σχεδιασμού**

Απομένουν λοιπόν δύο κατασκευαστικές αποφάσεις να ληφθούν:

- i. Χρησιμοποιώντας την σχέση κατάταξης ανάμεσα στους τομείς της αγοράς ή στα επίπεδα εξυπηρέτησης, πρέπει να γίνει η επιλογή του αν κάποια και ποια θα υπερ-ικανοποιηθούν και κατά συνέπεια αν οι αντίστοιχες εκδοχές ή μορφώματα των προϊόντων θα παραχθούν.
- ii. Όταν έχουν εφαρμοστεί αρκετές αρχές σχεδιασμού, πρέπει να επιλεγθεί μία από τις προκύπτουσες λίστες υλικών.

Το σχήμα 4.7 δείχνει το GBOM που αντιστοιχεί στο αποτέλεσμα της διαδικασίας σχεδιασμού προϊόντος του σχ. 4.6.



**Σχήμα 4.7: Η Γενική λίστα υλικών (GBOM)**

Οι τιμές στα βέλη ανάμεσα στην «αγορά» και στα αντικείμενα των τομέων της αγοράς (“MS123” or “MS4”) εκφράζει ένα εκτιμώμενο μερίδιο αγοράς ανάμεσα στους τομείς. (80% - 20%). Οι τιμές ανάμεσα στα απαιτούμενα αντικείμενα (π.χ. “Req1”) και στα αντικείμενα επιπέδου εξυπηρέτησης (“SL1/1” or “SL1/2”) εκφράζουν την εκτιμώμενη διάσπαση της ζήτησης στα επίπεδα εξυπηρέτησης. Συνεπώς όταν γίνουν οι “ή” επιλογές μπορεί να εκφραστεί ο τρόπος που η ένταση της αγοράς παρασύρει τις καθαρές απαιτήσεις στις επιλεγθείσες BOM αρθρώσεις.

## 2. Βελτιστοποίηση εφοδιαστικής αλυσίδας και οικογένειας προϊόντων

Ο στόχος είναι να πραγματοποιηθούν οι «ή» επιλογές καθώς σχεδιάζεται μία εφοδιαστική αλυσίδα. Ορίζεται ένα μοντέλο MILP το οποίο βελτιστοποιεί τον σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας, επεξεργάζεται μία G-BOM και συνεπώς

αναγνωρίζει την οικογένεια προϊόντων. Ορίζεται δηλαδή ένα εργαλείο που υποστηρίζει το 2<sup>ο</sup> βήμα της ολιστικής προσέγγισης.

Η επίλυση θα παρέχει (i) την επιλεχθείσα οικογένεια προϊόντων (ii) την λίστα με τις λειτουργούσες εγκαταστάσεις και τις ροές πόρων και (iii) το βέλτιστο κόστος λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για την αναπαράσταση του GBOM, προστίθενται:

- Δυαδικές μεταβλητές: μία για κάθε αντικείμενο του G-BOM που περιγράφουν αν το αντικείμενο υπάρχει ή όχι, μία για κάθε G-BOM σύνδεσμο “γονέας (ή) → απόγονος” (που εμφανίζονται μόνο στους κόμβους «ή») περιγράφοντας αν το αντικείμενο γονέας απαιτεί ή όχι το αντικείμενο απόγονος.
- Περιορισμοί ανάμεσα στις παραπάνω δυαδικές μεταβλητές.

Παραδοχές: (i) Ένα μοναδικό κανάλι μεταφοράς είναι διαθέσιμο ανάμεσα σε οποιοσδήποτε εγκαταστάσεις (ii) Οι δραστηριότητες παραγωγής ή μεταφοράς έχουν πολύ μικρότερους χρόνους διεκπεραίωσης από την χρονική περίοδο και έτσι θεωρούνται συνεχής. Το πρόβλημα βελτιστοποίησης είναι το εξής:

Ελαχιστοποίηση: Συνολικό κόστος = (σταθερό κόστος σχετικό με τα αντικείμενα (1.1))+ (κόστος ύπαρξης εγκατάστασης, γραμμής πόρων, καναλιού διανομής) (1.2) + (μεταβλητό κόστος παραγωγής, αποθέματος και διανομής (2)).

$$\begin{aligned} & \sum_p^{\Phi} ECF_p \cdot \lambda_p, \\ & + \sum_u^U UCFO_u \cdot X_u + \sum_u^U \sum_v^{U \cup C} MCF_{uv} \cdot Z_{uv} + \sum_r^R \sum_u^U UCFO_{ru} \cdot LPO_{ru}, \\ & + \sum_{\rho}^{\Phi} \sum_u^U \sum_t^T \left[ UCVP_{pu} \cdot X_{put} + SCVP_{pu} \cdot Y_{put} + \sum_{v \neq u}^{U \cup C} MCV_{puv} \cdot Z_{puvt} \right]. \end{aligned}$$

Υπό τους περιορισμούς:

- **Γενικοί περιορισμοί λίστας υλικών (περιορισμοί (3)-(9))**

Για οποιοδήποτε είδος κόμβου.

$$X_{put} \leq M_{\infty} \cdot \lambda_p \text{ και } X_{put} \leq M_{\infty} \cdot X_u \quad \forall p \in P, u \in U \cup C, t \in T, \quad (3)$$

$$\lambda_p \leq \sum_q^{BOM_p^{-1} \cap P^A} \lambda_q + \sum_q^{BOM_p^{-1} \cap P^V} \lambda_{pq} \quad \forall p \in P - P_c. \quad (4)$$

Για κόμβους τύπου “ή”.

$$\lambda_{pq} \leq \lambda_q \quad \text{και} \quad \lambda_{pq} \leq \lambda_p \quad \forall q \in P, \quad p \in BOM_q,$$

$$\sum_p^{BOM_q} \lambda_{pq} = \lambda_q \quad \forall q \in P^V,$$

$$\sum_p^{BOM_q} X_{pqut} = X_{qut} \quad \forall q \in P^V, \quad u \in U, \quad t \in T.$$

$$X_{pqut} \leq M_\infty \cdot \lambda_{pq} \quad \forall q \in P^V, \quad p \in BOM_q, \quad u \in U, \quad t \in T.$$

Οι περιορισμοί (5)-(8), όλοι μαζί, υπονοούν ότι:

$$X_{pqut} = X_{qut} \iff \lambda_{pq} = 1 \quad \forall q \in P^V, \quad p \in BOM_q, \quad u \in U, \quad t \in T.$$

Για κόμβους τύπου “και”.

$$\lambda_p \geq \lambda_q \quad \forall q \in P^\Lambda, \quad p \in BOM_q. \quad (9)$$

• **Περιορισμοί συντήρησης ροής αντικειμένων (περιορισμοί (10)–(13)).**

Περιορισμοί (10): φυσικοί περιορισμοί στις εγκαταστάσεις παραγωγής

$$\forall p \in \Phi, \quad u \in U, \quad t \in T$$

$$Y_{put} - Y_{put-1} = X_{put} + \sum_{v \neq u}^U Z_{pvut} - \sum_{v \neq u}^{U \cup C} Z_{pvut} - \sum_q^{P^V \cap BOM_p^{-1}} \alpha_{pq} \cdot X_{pqut} - \sum_q^{P^\Lambda \cap BOM_p^{-1}} \alpha_{pq} \cdot X_{qut}. \quad (10)$$

Περιορισμοί (11): λογικά αντικείμενα στις εγκαταστάσεις παραγωγής

$$\forall p \in \Phi, \quad u \in U, \quad t \in T$$

$$0 = X_{pu} - \sum_q^{P^V \cap BOM_p^{-1}} \alpha_{pq} \cdot X_{pqut} - \sum_q^{P^\Lambda \cap BOM_p^{-1}} \alpha_{pq} \cdot X_{qut}. \quad (11)$$

Περιορισμοί (12): φυσικά αντικείμενα στην τοποθεσία πελάτη

$$\forall p \in \Phi, \quad c \in C, \quad t \in T$$

$$Dem_{pct} = \sum_v^U Z_{pvct} - \sum_q^{P^V \cap BOM_p^{-1}} \alpha_{pq} \cdot X_{pqut} - \sum_q^{P^\Lambda \cap BOM_p^{-1}} \alpha_{pq} \cdot X_{qut}. \quad (12)$$

Περιορισμοί (13): λογικά αντικείμενα στην τοποθεσία πελάτη

$$\forall p \in \Phi, \quad c \in C, \quad t \in T$$

$$Dem_{pct} = X_{pct} - \sum_q^{P^V \cap BOM_p^{-1}} \alpha_{pq} \cdot X_{pqut} - \sum_q^{P^\Lambda \cap BOM_p^{-1}} \alpha_{pq} \cdot X_{qut}. \quad (13)$$

• Περιορισμοί διανομής (περιορισμοί (14) και (15)).

$$Z_{uv} \leq X_u \text{ και } Z_{uv} \leq X_v \quad \forall u \in U, v \in U - \{u\} \cup C, \quad (14)$$

$$0 \leq Z_{put} \leq M_\infty \cdot Z_{uv} \text{ και } Z_{put} \leq M_\infty \cdot \lambda_p \quad \forall u \in U, v \in U - \{u\} \cup C, t \in T. \quad (15)$$

•Περιορισμοί αποθεμάτων (περιορισμοί (16) και (17)).

$$Y_{put} \leq M_\infty \cdot X_u \text{ και } Y_{put} \leq M_\infty \cdot \lambda_p \quad \forall p \in \Phi, u \in U, t \in T. \quad (16)$$

$$Y_{put} \geq Cov_{pu} \cdot \left( Cf_{pu} \cdot X_{put} + \sum_{v \neq u}^U Ct_{pvu} \cdot Z_{pvt} + \sum_c^C Ct_{pvc} \cdot Z_{pvt} \right) \quad \forall p \in \Phi, u \in U, t \in T. \quad (17)$$

•Περιορισμός χωρητικότητας (περιορισμός (18)).

$$\sum_p^{P_r} X_{put} URes_{rp} \leq D \cdot LPO_{ru} \leq D \cdot MaxLP_{ru} \cdot X_u \quad \forall r \in R, u \in U, t \in T. \quad (18)$$

• Περιορισμοί συγκερασμού (περιορισμοί (19)).

$$X_u, Z_{uv}, \lambda_p \in \{0, 1\}, LPO_{ru} \in N \quad \forall u \in U, v \in U \cup C, \forall p \in P \quad (19)$$

$$\text{και } \lambda_{pq} \in \{0, 1\} \quad \forall q \in P^V, p \in BOM_q.$$

#### Συμβολισμοί σε σύνολα, κόστη και παραμέτρους

Τα διάφορα σύνολα που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο: P είναι το σύνολο στοιχείων του GBOM, με δείκτη p ή q, Φ το σύνολο των φυσικών αντικειμένων, με δείκτη p ή q,  $\overline{\Phi}$  το σύνολο των λογικών αντικειμένων, με δείκτη p ή q, BOM<sub>p</sub> το σύνολο των αντικειμένων-απόγονων του αντικειμένου p (με “και” ή “ή” κόμβο), BOM<sub>p</sub><sup>-1</sup> το σύνολο των αντικειμένων – γονέων του αντικειμένου p, P<sub>c</sub> το υποσύνολο των αντικειμένων με εξωτερική ζήτηση σχετική με τον πελάτη c, με δείκτη p ή q, P<sup>^</sup> το σύνολο των αντικειμένων με έναν “και” κόμβο, με δείκτη p ή q, P<sub>v</sub> το σύνολο των αντικειμένων με έναν “ή” κόμβο, με δείκτη p ή q, T το σύνολο των χρονικών περιόδων, με δείκτη t, C το σύνολο των πελατών, με δείκτη c, U το σύνολο των εγκαταστάσεων παραγωγής / αποθέματος, με δείκτες u ή v, R το σύνολο των τύπων παραγωγικών πόρων, με δείκτη r, P<sub>r</sub> is το σύνολο των φυσικών αντικειμένων παραγόμενων από τον τύπο πόρου r, με δείκτη p ή q.

Τα σταθερά και μεταβλητά **κόστη** αντικειμένων, εγκαταστάσεων και καναλιών διανομής: **ECF<sub>p</sub>** είναι το σταθερό κόστος ύπαρξης ενός αντικειμένου p, UCFO<sub>u</sub> το



σταθερό κόστος ανοίγματος της εγκατάστασης  $u \in U$ ,  $\mathbf{UCFO}_{ru}$  το σταθερό κόστος ανοίγματος της γραμμής  $r$  στην τοποθεσία  $u \in U$ ,  $\mathbf{MCF}_{uv}$  το σταθερό κόστος ενός καναλιού διανομής από την τοποθεσία  $u \in U$  στην τοποθεσία  $u \in U \cup C$ ,  $\mathbf{UCV}_{pu}$  είναι το μεταβλητό κόστος παραγωγής ενός αντικειμένου  $p$  στην τοποθεσία  $u \in U$ ,  $\mathbf{MCV}_{puv}$  το μεταβλητό κόστος της αποστολής ενός αντικειμένου  $p$  ανάμεσα στις τοποθεσίες  $u \in U$  και  $u \in U \cup C$ .

Επίσης οι διάφοροι χρησιμοποιούμενοι **παράμετροι** συμβολίζονται ως εξής:  $D$  είναι η διάρκεια μιας χρονικής περιόδου,  $M_{oo}$  ο μέγιστος αριθμός αντικειμένων προς παραγωγή, αποθήκευση ή αποστολή σε μία χρονική περίοδο,  $Dem_{pct}$  η ζήτηση για το αντικείμενο  $p$  από την τοποθεσία πελάτη  $c$  κατά την περίοδο  $t$ ,  $a_{pq}$  η ποσότητα των αντικειμένων – απογόνων  $p$  που απαιτούνται για την παραγωγής μιας μονάδας αντικειμένου γονέα  $q$ ,  $\mathbf{MaxLP}_{ru}$  ο μέγιστος αριθμός γραμμών πόρων τύπου  $r$  στην τοποθεσία  $u$ ,  $\mathbf{URes}_{rp}$  ο απαραίτητος χρόνος μιας γραμμής πόρων  $r$  ανά προϊόν  $p \in P_r$ ,  $\mathbf{Cf}_{pu}$  παραγωγικός χρόνος διεκπεραίωσης του προϊόντος  $p$  στην τοποθεσία  $u \in U$  οριζόμενος ως ποσοστό του  $D$ ,  $\mathbf{Cov}_{pu}$  το ποσοστό των χρόνων διεκπεραίωσης παραγωγής και διανομής του προϊόντος  $p$  ώστε να βρεθεί στην τοποθεσία  $u \in U$  ως απόθεμα ασφαλείας.

#### Διαδικές / συνεχής μεταβλητές απόφασης

Οι χρησιμοποιούμενες **δυναμικές μεταβλητές** στο μοντέλο είναι οι εξής:  $\lambda_p = 1$  αν το αντικείμενο  $p$  υπάρχει, διαφορετικά 0,  $\mathbf{X}_u = 1$  αν η εγκατάσταση  $u$  είναι ανοιχτή, διαφορετικά 0,  $\lambda_{pq} = 1$  αν το αντικείμενο  $q \in P^v$  απαιτεί το αντικείμενο  $p$  ως απόγονο, διαφορετικά 0. Αυτή η δυναμική μεταβλητή επιλέγει σύνδεσμο λίστας υλικών για το αντικείμενο  $q$  με έναν “ή” κόμβο.  $\mathbf{Z}_{uv} = 1$  αν το κανάλι διανομής ανάμεσα στις τοποθεσίες  $u$  και  $v$  υπάρχει, διαφορετικά 0,  $\mathbf{LPO}_{ru} \in N$  είναι ο ακέραιος αριθμός των γραμμών πόρων τύπου  $r$  ανοιχτών στην τοποθεσία  $u$ .

Τέλος οι συνεχείς μεταβλητές είναι:  $\mathbf{X}_{put}$  είναι η ποσότητα των καθαρών απαιτήσεων σχετικά με ένα αντικείμενο  $p$  (φυσικό ή λογικό) στην τοποθεσία  $u$  κατά την διάρκεια της περιόδου  $t$ . Για ένα φυσικό αντικείμενο, αυτό η καθαρή απαίτηση είναι επίσης η παραγόμενη ποσότητα.  $\mathbf{X}_{pqu}$  είναι η ποσότητα της καθαρής απαίτησης που σχετίζει ένα αντικείμενο γονέα  $q$  με έναν κόμβο “ή” χρησιμοποιώντας ένα αντικείμενο απόγονο  $p$  στην τοποθεσία  $u$  κατά την περίοδο  $t$ , αν ο σύνδεσμος  $q \rightarrow p$  υπάρχει

( $\lambda_{pq} = 1$ ),  $Y_{put}$  είναι η ποσότητα ενός φυσικού αντικειμένου  $p$  αποθηκευμένου στην τοποθεσία  $u$  στο τέλος της περιόδου  $t$ ,  $Z_{put}$  είναι η ποσότητα των φυσικών αντικειμένων  $p$  που αποστέλλονται από την τοποθεσία  $u$  στην τοποθεσία  $v$  κατά την διάρκεια της περιόδου  $t$ .

Οι προτεινόμενοι περιορισμοί και οι εξισώσεις των ροών επιτρέπουν τον συνυπολογισμό του G-BOM. Μερικά πειράματα έδειξαν ότι είναι δυνατή η επίλυση του μοντέλου σε εύλογο χρονικό διάστημα.

Η παραπάνω μεθοδολογία εφαρμόζεται στο πρόβλημα ενός προμηθευτή αυτοκινήτων. Παρόλα αυτά οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι αντίστοιχα προβλήματα απαντώνται σε πλήθος άλλων βιομηχανικών πεδίων όπως στις ηλεκτρικές συσκευές, στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, στα ηλεκτρονικά συστήματα κ.τ.λ.

#### **4.12 Γενικευμένο μοντέλο εκτεταμένης στρατηγικής διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας**

Οι σύγχρονες επιχειρήσεις, ειδικά οι διεθνούς εμβέλειας, επιδεικνύουν αυξανόμενο ενδιαφέρον για την βελτιστοποίηση της ΕΑ από τα στάδια της ανάπτυξης του προϊόντος έως και την ανακύκλωση τους.

Στο άρθρο «A general model for extended strategic supply chain management with emphasis on product life cycles including development and recycling» οι Fandel and Stammen (2004) προσεγγίζουν το παραδοσιακό δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας προμηθειών, παραγωγής, διανομής και πωλήσεων, επεκτείνοντας το ταυτόχρονα σε όλο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, συμπεριλαμβανομένων των επιχειρησιακών διαδικασιών ανάπτυξης και ανακύκλωσης. Σχεδιάζεται ένα μοντέλο μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού (mixed integer), λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραπάνω διαδικασίες. Στόχος αυτής της προσέγγισης είναι η βελτιστοποίηση των κερδών μετά φόρων μιας εταιρείας και η ρύθμιση του προγράμματος προϊόντος και του εκτεταμένου δικτύου ΕΑ.

##### **Περιγραφή μοντέλου**

Στα μοντέλα βελτιστοποίησης της στρατηγικής διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως τα εξεταζόμενο, διάφορες παραδοχές είναι απαραίτητες προκειμένου να μειωθεί η πολυπλοκότητα:

1. Από στρατηγική προοπτική, οι επιχειρησιακές διαδικασίες προγραμματίζονται κεντρικά από μια επιχείρηση.
2. Στόχος του μοντέλου είναι να μεγιστοποιηθεί το λειτουργικό αποτέλεσμα ταυτόχρονα με τον καθορισμό των σχετικών ενεργών και ανενεργών αγαθών και στοιχείων.
3. Οι καθαρές τιμές που αναμένονται ως έσοδα από πωλήσεις και διαδικασίες ανακύκλωσης και όλες οι τιμές μεταφοράς έχουν προκαθορισθεί. Εδώ υποθέτουμε ότι οι πελάτες πρέπει να καταβάλουν μια αμοιβή ανακύκλωσης στα κέντρα ανακύκλωσης.
4. Τα μεταβλητά κόστη ανά μονάδα καθορίζονται για κάθε αγαθό και κέντρο ανάπτυξης, προμηθευτές, μονάδες, κέντρα διανομής, σημεία λιανικής πώλησης και κέντρα ανακύκλωσης. Τα σταθερά κόστη εμφανίζονται με την λειτουργία μιας εγκατάστασης.
5. Στο παρόν μοντέλο όλοι οι φόροι απλοποιούνται σε μία μεταβλητή που σχετίζεται με το στοιχείο ή την χώρα.
6. Οι περιορισμοί ροών υλικών νοούνται για κάθε επιχειρηματική μονάδα ως περιορισμοί λίστας υλικών, περιορισμοί ποσότητας και περιορισμοί χωρητικότητας.
7. Ο χρονικός ορίζοντας χωρίζεται σε δύο δομές, τις μακρο περιόδους (χρόνια) και τις μικρο περιόδους (τρίμηνα, μήνες).
8. Τα υλικά χωρίς περαιτέρω χρήση καταστρέφονται στο κέντρο ανακύκλωσης και το κόστος καταστροφής περιλαμβάνεται στο κόστος ανακύκλωσης.
9. Οι τιμές και τα κόστη πρέπει να κανονικοποιηθούν σε μία κοινή βάση ή νόμισμα μέσω ενός παράγοντα ισοτιμίας συναλλάγματος. Επίσης οι τελωνειακοί δασμοί πρέπει να συμπεριληφθούν στο κόστος μεταφοράς.

### Διαμόρφωση του μοντέλου

Η διαμόρφωση του μοντέλου έχει ως εξής:

Αντικειμενική συνάρτηση:

Μεγιστοποίηση του συνόλου των κερδών μετά φόρων, για όλες τις χρονικές περιόδους, σε ένα κανονικοποιημένο νόμισμα (1-9),

$$z = \max \sum_{n \in N} \sum_{t \in T} e_{n0,t} (\text{INet}_{n,t} - \text{Taxes}_{n,t})$$

(3.1)

$$\text{Profit}_{n,t} - \text{Loss}_{n,t} = \text{INet}_{n,t} \quad n \in N, \quad t \in T$$

(3.2)

$$\text{Tax}_{n,t} = \text{tax}_{n,t} \text{Profit}_{n,t} \quad n \in N, \quad t \in T$$

(3.3)

$$\text{INet}_{n,t} = \text{INet}_{E,n,t} + \text{INet}_{P,n,t} + \text{INet}_{D,n,t} + \text{INet}_{V,n,t} + \text{INet}_{R,n,t} \quad n \in N, \quad t \in T$$

(3.4)

$$\text{INet}_{E,n,t} = \sum_{e \in E_n} \sum_{i \in J_e} (-K_{ie,t} y_{ie,t} - K_{e,t} y_e) \quad n \in N, \quad t \in T \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned} \text{INet}_{P,n,t} = & \sum_{p \in P_n} \left( -K_{p,t} y_p + \sum_{i \in J_p} \sum_{f_i \in F_t} (-k_{ip,t} x_{ipp,,f_i} - h_{ip,t} M_{ip,t} x_{ip,,f_i} + M_{ip,t} \right. \\ & \times \left( \sum_{q \in P, q \neq p} x_{ipq,,f_i} + \sum_{d \in D} x_{ipd,,f_i} \right) \Big) - \sum_{i \in (J \cap J_t)} \sum_{q \in P, q \neq p} x_{ipq,,f_i} \left( (e_{qp,t} (1 + \text{dut}_{qp,t}) M_{iq,t} + t_{iqp,t}) \sum_{f_i \in F_t} x_{iqp,,f_i} \right) \\ & - \sum_{s \in S} \sum_{i \in J_s} \left( (e_{sp,t} (1 + \text{dut}_{sp,t}) k_{is,t} + m_{p,t} K_{s,t} + t_{isp,t}) \sum_{f_i \in F_t} x_{isp,,f_i} \right) \\ & \left. - \sum_{r \in R} \sum_{i \in J_r} \left( (e_{rp,t} (1 + \text{dut}_{rp,t}) M_{ir,t} + t_{irp,t}) \sum_{f_i \in F_t} x_{irp,,f_i} \right) \right) \quad n \in N, \quad t \in T \quad (3.6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{INet}_{D,n,t} = & \sum_{d \in D_n} \left( -K_{d,t} y_d + \sum_{i \in J_c} \left( \sum_{f_i \in F_t} (-h_{id,t} x_{id,f} M_{id,t} + \sum_{v \in V} (M_{id,t} - k_{id,t}) x_{idv,,f_i} \right) \right. \\ & \left. - \sum_{p \in P} (e_{pd,t} (1 + \text{dut}_{pd,t}) M_{ip,t} + t_{ipd,t}) \sum_{f_i \in F_t} x_{ipd,,f_i} \right) \Big) \quad n \in N, \quad t \in T \quad (3.7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{INet}_{V,n,t} = & \sum_{v \in V_n} \left( -K_{v,t} y_v + \sum_{i \in J_c} \left( \sum_{c \in C} (e_{cv,t} (1 + \text{dut}_{vc,t}) \sum_{f_i \in F_t} x_{ivc,,f_i} p_{ic,f_i} \right. \right. \\ & \left. \left. - \sum_{f_i \in F_t} (k_{iv,t} x_{ivc,,f_i} + h_{iv,t} x_{iv,f_i} M_{iv,t}) - \sum_{d \in D} (e_{dv,t} (1 + \text{dut}_{dv,t}) M_{id,t} + t_{idv,t}) \sum_{f_i \in F_t} x_{idv,,f_i} \right) \right) \Big) \\ & n \in N, \quad t \in T \quad (3.8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{INet}_{R,n,t} = & \sum_{r \in R_n} \left( -K_{r,t} y_r + \sum_{i \in J} \left( \sum_{c \in C} (e_{cr,t} (1 + \text{dut}_{cr,t}) \sum_{f_i \in F_t} x_{icr,,f_i} p_{ir,f_i} + \sum_{p \in P} M_{ir,t} x_{irp,,f_i} \right. \right. \\ & \left. \left. - \sum_{f_i \in F_t} (k_{ir,t} x_{irr,,f_i} + h_{ir,t} x_{ir,f_i} M_{ir,t}) - t_{icr,t} \sum_{f_i \in F_t} x_{icr,,f_i} \right) \right) \Big) \quad n \in N, \quad t \in T \quad (3.9) \end{aligned}$$

υπό τους περιορισμούς:

- Περιορισμοί ανάπτυξης σε δυνατότητες κέντρων ανάπτυξης και έργων ανάπτυξης (10–14)

$$\underline{C}_{e,t} y_e \leq \sum_{i \in J_e} b_{ei} y_{ei,t} \leq \overline{C}_{e,t} y_e, \quad e \in E, \quad t \in T \quad (3.10)$$

$$(1 + B y_{i,t+1}) \underline{C}_i \geq \sum_{e \in E} b_{ei} \sum_{\tilde{t} \in (1 \dots t)} y_{ie,\tilde{t}}, \quad i \in J_e, \quad t \in T \quad (3.11)$$

$$(1 - \overline{y}_{i,t}) \underline{C}_i \geq \sum_{e \in E} b_{ei} \sum_{\tilde{t} \in (1 \dots t)} y_{ie,\tilde{t}}, \quad i \in J_e, \quad t \in T \quad (3.12)$$

$$\overline{y}_{i,t} + y_{i,t} = 1, \quad i \in J_s, \quad t \in T \quad (3.13)$$

$$\sum_{e \in E} y_{ie,t} = e_i, \quad i \in J_s, \quad t \in T \quad (3.14)$$

- Περιορισμοί παραγωγής σε μία πηγή, περιορισμοί ποσότητας για προμηθευτές και μονάδες, λίστα υλικών και συντήρηση ροής υλικών (15 –20),

$$\underline{D}_{is,f_t} y_s \leq \sum_{p \in P} x_{isp,f_t} \leq \overline{D}_{is,f_t} y_s, \quad i \in J_s, \quad s \in S, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.15)$$

$$\sum_{f_t \in F_t} x_{isp,f_t} = z_{isp} \sum_{f_t \in F_t} x_{isp,f_t}, \quad i \in J_s, \quad s \in S, \quad p \in P \quad (3.16)$$

$$\sum_{s \in S} z_{isp} \geq \underline{s}_i, \quad i \in J_s, \quad p \in P \quad (3.17)$$

$$\underline{D}_{ip,f_t} y_p \leq x_{ipp,f_t} \leq \overline{D}_{ip,f_t} y_p, \quad i \in J_p, \quad p \in P, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.18)$$

$$\underline{C}_{p,f_t} y_p \leq \sum_{i \in J_p} b_{pi} x_{ipp,f_t} \leq \overline{C}_{p,f_t} y_p, \quad p \in P, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.19)$$

$$\sum_{i \in \text{Pre}(j)} \frac{1}{a_{ij}} \left( \sum_{s \in S} x_{isp,f_t} + \sum_{q \in P, q \neq p} x_{iqp,f_t} + \sum_{r \in R} x_{irp,f_t} \right) = x_{jrp,f_t}, \quad j \in J_p, \quad p \in P, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.20)$$

- Περιορισμοί διανομής σε μία πηγή, περιορισμοί ποσότητας, περιορισμοί χωρητικότητας και συντήρησης ροής υλικών (21–26),

$$x_{ip,f_t-1} + x_{ipp,f_t} = \sum_{d \in D} x_{ipd,f_t} + \sum_{q \in P, q \neq p} x_{ipq,f_t} + x_{ip,f_t} \quad j \in J_p, \quad p \in P, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.21)$$

$$\underline{D}_{id,f_t} y_d \leq \sum_{v \in V} x_{idv,f_t} \leq \overline{D}_{id,f_t} y_d, \quad i \in J_c, \quad d \in D, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.22)$$

$$\underline{C_{d,f_t}} y_d \leq \sum_{i \in J_c} \sum_{v \in V} b_{di} x_{idv,f_t} \leq \overline{C_{d,f_t}} y_d, \quad d \in D, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.23)$$

$$\sum_{f_t \in F_t} x_{idv,f_t} = z_{dv} \sum_{f_t \in F_t} x_{idv,f_t}, \quad i \in J_c, \quad d \in D, \quad v \in V \quad (3.24)$$

$$\sum_{d \in D} z_{dv} = 1, \quad v \in V \quad (3.25)$$

$$x_{id,f_t-1} + \sum_{p \in P} x_{ipd,f_t} = \sum_{p \in P} x_{idv,f_t} + x_{id,f_t}, \quad i \in J_c, \quad d \in D, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.26)$$

- Περιορισμοί λιανικής και πωλήσεων σε ποσότητες, περιορισμοί ικανοποίησης πελατών για κάθε διαφορετική κατηγορία πελατών για καθιερωμένα και νέα αναπτυσσόμενα προϊόντα, περιορισμοί συντήρησης ροής υλικών και μοναδικής πηγής (27–32),

$$\underline{D_{iv,f_t}} y_v \leq \sum_{c \in C} x_{ivc,f_t} \leq \overline{D_{iv,f_t}} y_v, \quad i \in J_c, \quad v \in V, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.27)$$

$$\underline{D_{ic,f_t}} y_{i,t} \leq \sum_{v \in V} x_{ivc,f_t} \leq \overline{D_{ic,f_t}} y_{i,t}, \quad i \in J_c, \quad c \in C, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.28)$$

$$\underline{D_{ic,f_t}} \leq \sum_{v \in V} x_{ivc,f_t} \leq \overline{D_{ip,f_t}}, \quad i \in (J_c \cap J_e), \quad c \in C, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.29)$$

$$x_{id,f_t-1} + \sum_{d \in D} x_{idv,f_t} = \sum_{c \in C} x_{ivc,f_t} + x_{iv,f_t}, \quad i \in J_c, \quad v \in V, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.30)$$

$$\sum_{f_t \in F_t} x_{ivc,f_t} = \tilde{z}_{dv} \sum_{f_t \in F_t} x_{ivc,f_t}, \quad i \in J_c, \quad v \in V, \quad c \in C \quad (3.31)$$

$$\sum_{v \in V} \tilde{z}_{dv} = 1, \quad c \in C \quad (3.32)$$

- Περιορισμοί ανακύκλωσης στα κέντρα ανακύκλωσης, περιορισμοί ποσότητας, περιορισμοί χωρητικότητας και αντίστροφης λίστας υλικών (33–38),

$$\sum_{f_t \in F_t} \sum_{v \in V} \text{avr}_{i,f_t} \tilde{x}_{ivc,f_t} + \sum_{f_t \in F_t} \sum_{v \in V} \text{avr}_{i,f_t} x_{ivc,f_t} = x_{icr,f_t}, \quad i \in J_c, \quad c \in C, \quad r \in R \quad (3.33)$$

$$x_{ir,f_t-1} + \sum_{d \in D} x_{icr,f_t} = x_{irr,f_t} + x_{ir,f_t}, \quad i \in J_c, \quad r \in R \quad (3.34)$$

$$\underline{C_{r,f_t}} y_r \leq \sum_{i \in J_r} b_{ri} x_{irr,f_t} \leq \overline{C_{r,f_t}} y_r, \quad r \in R, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.35)$$

$$\underline{D_{ir,f_t}} y_r \leq x_{irr,f_t} \leq \overline{D_{ir,f_t}} y_r, \quad i \in J_r, \quad r \in R, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.36)$$

$$\sum_{i \in \text{Post}(j)} \frac{re_i}{a_{ij}} x_{irr,f_t}, \quad i \in J, \quad r \in R, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.37)$$

$$x_{ir,f_t-1} + x_{irr,f_t} = \sum_{p \in P} x_{irp,f_t} + x_{ir,f_t}, \quad i \in J_r, \quad r \in R, \quad t \in T, \quad f_t \in F_t \quad (3.38)$$

- Όρια στις μεταβλητές απόφασης (39–46),

$$x_{ilm,f_t}, x_{il,f_t} \geq 0, \quad i \in J, \quad l, m \in O, \quad f_t \in F_t \quad (3.39)$$

$$x_{ipp,f_t}, x_{irr,f_t} \geq 0, \quad i \in J, \quad p \in P, \quad r \in R, \quad f_t \in F_t \quad (3.40)$$

$$\text{Loss}_{n,t}, \text{Taxes}_{n,t}, \text{Profit}_{n,t} \geq 0 = \quad n \in N, \quad t \in T \quad (3.41)$$

$$y_i, y_e, y_s, y_p, y_d, y_v, y_r \in \{0, 1\}, \quad p \in P, \quad d \in D, \quad v \in V, \quad r \in R, \quad i \in J, \quad e \in E, \quad s \in S \quad (3.42)$$

$$\overline{y_{i,t}}, y_{i,t}, y_{ie,t} \in \{0, 1\}, \quad i \in J_e, \quad e \in E, \quad t \in T \quad (3.43)$$

$$z_{isp} \in \{0, 1\} \quad i \in J_s, \quad s \in S, \quad p \in P \quad (3.44)$$

$$\overset{\Lambda}{z_{dv}} \in \{0, 1\} \quad d \in D, \quad v \in V \quad (3.45)$$

$$\tilde{z}_{vc} \in \{0, 1\}, \quad v \in V, \quad c \in C \quad (3.46)$$

Οι δείκτες, οι ποσότητες, οι παράμετροι και οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται παρατίθενται στον επόμενο πίνακα:.

#### Δείκτες

$c$	Περιοχή πωλήσεων, $c \in C$
$d$	Κέντρο διανομής, $d \in D$
$e$	Κέντρο ανάπτυξης, $e \in E$
$f_t$	Μίκρο περίοδος σε μάκρο περίοδο $t$ , $f_t \in F_t$
$i, j$	Υλικά $i, j \in J$
$n$	Κράτος, $n \in N$
$p, q$	Μονάδες $p, q \in P$
$r$	Κέντρο ανακύκλωσης, $r \in R$
$s$	Προμηθευτής, $s \in S$
$t, \tilde{t}$	Μάκρο περίοδοι, $t, \tilde{t} \in T$
$v$	Σημείο λιανικής πώλησης, $v \in V$

#### Σύνολα

$C$	Σύνολο περιοχών πωλήσεων ή πελατών
-----	------------------------------------

$C_n$	Σύνολο περιοχών πωλήσεων ή πελατών στο κράτος n, $C_n \subset C$
$D$	Σύνολο κέντρων διανομής
$D_n$	Σύνολο κέντρων διανομής στο κράτος n, $D_n \subset D$
$E$	Σύνολο κέντρων ανάπτυξης
$E_n$	Σύνολο κέντρων ανάπτυξης στο κράτος n; $E_n \subset E$
$F_t$	Σύνολο μικρό περιόδων στην μάκρο περίοδο t
$F_t$	Σύνολο μικρό περιόδων στις ιστορικές μάκρο περιόδους t
$J$	Σύνολο υλικών
$J_c$	Σύνολο αγοραίων προϊόντων και υπηρεσιών, $J_p \subset J$
$J_e$	Σύνολο προϊόντων που δημιουργούνται από projects ανάπτυξης, $J_e \subset J_c$
$J_p$	Σύνολο αγαθών παραγόμενων στην μονάδα p, $J_p \subset J$
$J_r$	Σύνολο προϊόντων ανακυκλούμενων στο κέντρο ανακύκλωσης r, $J_r \subset J$
$J_s$	Σύνολο διαφορετικών υλικών διαθέσιμων από τους προμηθευτές s, $J_s \subset J$
$O$	Ένωση συνόλων όλων των συστατικών της εφοδιαστικής αλυσίδας $O = \{E \cup S \cup P \cup D \cup V \cup C \cup R\}$
$P$	Σύνολο μονάδων
$P_n$	Σύνολο μονάδων του κράτους n, $P_n \subset P$
$Pre(j)$	Σύνολο υλικών απαραίτητων για την κατασκευή του προϊόντος j
$Post(j)$	Σύνολο αγαθών από τα οποία μπορεί να εξαχθεί με ανακύκλωση το υλικό j
$R$	Σύνολο κέντρων ανακύκλωσης
$R_n$	Σύνολο κέντρων ανακύκλωσης κράτος n, $R_n \subset R$
$S$	Σύνολο προμηθευτών
$S_n$	Σύνολο προμηθευτών στο κράτος n, $S_n \subset S$
$N$	Σύνολο κρατών
$V$	Σύνολο σημείων λιανικής πώλησης
$V_n$	Σύνολο σημείων λιανικής πώλησης στο κράτος n, $V_n \subset V$
$T$	Σύνολο μάκρο περιόδων

### Παράμετροι διοικητικής μέριμνας

$avr_{it}$	Συντελεστής ανακύκλωσης που αποδίδει το μέσο ποσοστό μονάδων του αντικειμένου i το οποίο παραδόθηκε στο κέντρο ανακύκλωσης στην μάκρο περίοδο t
$a_{ij}$	Συντελεστής παραγωγής που υποδεικνύει τις μονάδες του αντικειμένου i που είναι απαραίτητες για την παραγωγή μιας μονάδας του αντικειμένου j
$B$	Μεγάλος αριθμός
$b_{di}$	Συντελεστής κατανομής που υποδεικνύει πόσες μονάδες χρόνου απαιτούνται στο κέντρο διανομής d για την διανομή μίας μονάδας ποσότητας του προϊόντος i
$b_{ei}$	Συντελεστής ανάπτυξης που υποδεικνύει πόσες μονάδες χρόνου απαιτούνται στον κέντρο ανάπτυξης e για να αναπτυχθεί μία περιορισμένη ποσότητα του προϊόντος i
$b_{pi}$	Συντελεστής παραγωγής που υποδεικνύει πόσες μονάδες χρόνου απαιτούνται στην μονάδα παραγωγής p για μία μονάδα ποσότητας του αντικειμένου i
$b_{ri}$	Συντελεστής ανακύκλωσης που υποδεικνύει πόσες μονάδες χρόνου απαιτούνται



	στο κέντρο ανακύκλωσης $r$ για την ανακύκλωση μιας μονάδας ποσότητας αντικειμένου $i$
$\underline{C}_i$	Ελάχιστη ικανότητα για την ανάπτυξη του προϊόντος $i$
$\underline{C}_{L,f_t}$	Ελάχιστη ποσότητα του στοιχείου $l \in O$ (σε μονάδες χρόνου) σε μικρό περιόδους $f_t$ της μάκρο περιόδου $t$
$\overline{C}_{L,f_t}$	Μέγιστη ποσότητα του στοιχείου $l \in O$ (σε μονάδες χρόνου) σε μικρό περιόδους $f_t$ της μάκρο περιόδου $t$
$\underline{D}_{il,f}$	Ελάχιστο throughput (της ζήτησης) του αντικειμένου $i$ στο στοιχείο $l \in O$ (σε μονάδες ποσότητας) σε μικρό περιόδους $f_t$ της μάκρο περιόδου $t$
$\overline{D}_{il,f}$	Μέγιστο throughput (της ζήτησης) του αντικειμένου $i$ στο στοιχείο $l \in O$ (σε μονάδες ποσότητας) σε μικρό περιόδους $f_t$ της μάκρο περιόδου $t$
$\underline{e}_i$	Παράμετρος ανάπτυξης που υποδεικνύει αν ένα έργο ανάπτυξης υλοποιείται σε ένα κέντρο ανάπτυξης ( $\underline{e}_i = 1$ ) ή σε περισσότερα ( $\underline{e}_i > 1$ )
$rec_i$	Παράμετρος ανακύκλωσης που υποδεικνύει αν ένα προϊόν $i$ μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί στην παραγωγική διαδικασία $rec_i=1$ ή όχι $rec_i=0$
$\underline{s}_i$	Ο ελάχιστος αριθμός των προμηθευτών για το προϊόν $i$
$\underline{x}_{ivc,f_t}$	Ποσότητα του αντικειμένου $i$ που πωλήθηκε από το σημείο λιανικής πώλησης $u \in V$ στον πελάτη $c \in C$ στην μικρό περίοδο $f_t$ της μάκρο περιόδου $t$

#### Κόστη, τιμές και άλλες οικονομικές παράμετροι

$du_{lmt}$	Αύξηση για τους δασμούς εισαγωγών και εξαγωγών που πρέπει να πληρωθούν για την μεταφορά των προϊόντων από το στοιχείο $l \in O$ στο $m \in O$ , $m \neq l$ , στην μάκρο περίοδο $t$
$e_{n0,t}$	Παράγοντας συναλλαγματικής ισοτιμίας για την μετατροπή κόστους και τιμών στο κράτος $n$ στο αντίστοιχο νόμισμα στην μάκρο περίοδο $t$
$e_{lm,t}$	Παράγοντας συναλλαγματικής ισοτιμίας για την μετατροπή κόστους και τιμών του στοιχείου $l \in O$ στο στοιχείο $m \in O$ , $m \neq l$ , στην μάκρο περίοδο $t$
$h_{il,t}$	Παράγοντας κόστους αποθήκευσης για το προϊόν $i$ στο στοιχείο $l \in O$ στην μάκρο περίοδο $t$
$k_{il,t}$	Μεταβλητό κόστος μονάδας για το προϊόν $i$ στο στοιχείο $l \in O$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$K_{ie,t}$	Σταθερό κόστος ανάπτυξης για το προϊόν $i$ στο κέντρο ανάπτυξης $e$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$K_{l,t}$	Σταθερό κόστος λειτουργίας στο στοιχείο $l \in O$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$M_{id,t}$	Τιμή μεταφοράς του προϊόντος $i$ για την διανομή του στο κέντρο διανομής $d$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$M_{ip,t}$	Τιμή μεταφοράς του προϊόντος $i$ κατασκευασμένου στη μονάδα $p$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$M_{ir,t}$	Τιμή μεταφοράς του προϊόντος $i$ ανακυκλωμένου στο κέντρο ανακύκλωσης $r$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$M_{iv,t}$	Τιμή μεταφοράς του προϊόντος $i$ αποθηκευμένου στο σημείο λιανικής πώλησης $v$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$m_{p,t}$	Μερίδιο από το σταθερό κόστος προμηθειών στην μονάδα $p$ στην μάκρο περίοδο $t$
$P_{ic,ft}$	Τιμή πωλήσεων για το προϊόν $i$ στην περιοχή πωλήσεων $c$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$p_{ir,ft}$	Τιμή για την ανακύκλωση προϊόντων $i$ στο κέντρο ανακύκλωσης $r$ (σε νομισματικές

$tax_{n,t}$	μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$ Ποσοστό φορολόγησης εταιρειών στο κράτος $n$ στην μάκρο περίοδο $t$
$t_{ilm,t}$	Μεταβλητό κόστος μεταφορά μονάδων για την μεταφορά του αντικειμένου $i$ από το στοιχείο $l \in O$ στο στοιχείο $m \in O$ , $m \neq l$ , (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$

Μεταβλητές

$INet_{n,t}$	Αποτελέσματα λειτουργίας προ φόρων στο κράτος $n$ $m \neq l$ , (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$INet_{D,n,t}$	Αποτελέσματα λειτουργίας προ φόρων της διαδικασίας διανομής στο κράτος $n$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$INet_{R,n,t}$	Αποτελέσματα λειτουργίας προ φόρων της διαδικασίας ανακύκλωσης στο κράτος $n$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$INet_{P,n,t}$	Αποτελέσματα λειτουργίας προ φόρων της παραγωγικής διαδικασίας στο κράτος $n$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$INet_{V,n,t}$	Αποτελέσματα λειτουργίας προ φόρων της διαδικασίας λιανικής πώλησης στο κράτος $n$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$INet_{E,n,t}$	Αποτελέσματα λειτουργίας προ φόρων της διαδικασίας ανάπτυξης στο κράτος $n$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$Loss_{n,t}$	Ζημίες προ φόρων στο κράτος $n$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$Profit_{n,t}$	Κέρδη προ φόρων στο κράτος $n$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$Taxes_{n,t}$	Φόρος επί των κερδών στο κράτος $n$ (σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα) στην μάκρο περίοδο $t$
$x_{ilm,f_t}$	Ποσότητα του αντικειμένου $i$ το οποίο μεταφέρεται από το στοιχείο $l \in O$ στο στοιχείο $m \in O$ , $m \neq l$ , στην μικρο περίοδο $f_t$ της μάκρο περιόδου $t$
$x_{il,f_t}$	Ποσότητα του αντικειμένου $i$ που αποθηκεύεται στο στοιχείο $l \in O$ στην μικρο περίοδο $f_t$ της μάκρο περιόδου $t$
$x_{ipp,f_t}$	Ποσότητα του αντικειμένου $i$ που παράγεται στην μονάδα $p \in P$ στην μικρο περίοδο $f_t$ της μάκρο περιόδου $t$
$x_{irr,f_t}$	Ποσότητα του αντικειμένου $i$ που ανακυκλώνεται στο κέντρο ανακύκλωσης $r \in R$ στην μικρο περίοδο $f_t$ της μάκρο περιόδου $t$
$y_l$	Διαδική μεταβλητή που αναπαριστά το ενεργό ( $y_l = 1$ ) και ανενεργό ( $y_l = 0$ ) στοιχείο $l$
$y_{it}$	Διαδική μεταβλητή που αναπαριστά το ενεργό ( $y_{it} = 1$ ) και ανενεργό ( $y_{it} = 0$ ) προϊόν ανάπτυξης σε κέντρο ανάπτυξης στην μάκρο περίοδο $t$
$\overline{y_{it}}$	Διαδική μεταβλητή που αναπαριστά την ενεργή ( $\overline{y_{it}} = 1$ ) και ανενεργή ( $\overline{y_{it}} = 0$ ) κατάσταση ενός έργου ανάπτυξης στην μάκρο περίοδο $t$
$y_{iet}$	Διαδική μεταβλητή που αναπαριστά το γεγονός ότι το προϊόν $i$

	αναπτύσσεται ( $y_{iet}=1$ ) ή δεν αναπτύσσεται ( $y_{iet}=0$ ) στο κέντρο ανάπτυξης $e$ στην μακρο περίοδο $t$
$z_{isp}$	Δυαδική μεταβλητή που δηλώνει ότι ο προμηθευτής $s$ προμηθεύει την μονάδα $p$ με το προϊόν $i$ ή όχι
$\tilde{z}_{dv}$	Δυαδική μεταβλητή που δηλώνει ότι το κέντρο διανομής $d$ προμηθεύει το λιανικό κατάστημα $v$ ή όχι
$\tilde{z}_{vc}$	Δυαδική μεταβλητή που δηλώνει ότι το λιανικό κατάστημα $v$ προμηθεύει την περιοχή πωλήσεων $c$ ή όχι

Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι αυτή η μεθοδολογία βελτιστοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας, μπορεί να ενσωματωθεί στα συστήματα λογισμικού όπως ERP-συστήματα και ειδικά πληροφοριακά συστήματα ΔΕΑ. Προκειμένου να στηθεί το μοντέλο, είναι απαραίτητο ένα ευρύ φάσμα στοιχείων εφοδιαστικής και στοιχείων των δαπανών της επιχείρησης, ενώ για την επίλυση του τεραστίων διαστάσεων προβλήματος απαιτούνται αλγόριθμοι επιχειρησιακής ερευνάς. Μέχρι τώρα μόνο τα μικρά προβλήματα αυτού του τύπου έχουν επιλυθεί, ενώ η εφαρμογή των μεγάλων και πολύ μεγάλων προβλημάτων είναι υπό έρευνα.

Η κύρια συνεισφορά αυτής της προσέγγισης στρατηγικής ΔΕΑ είναι να εξασφαλίσει αποφάσεις επένδυσης μεταξύ εναλλακτικών προϊόντων και project ανάπτυξης, να συγκρίνει κύκλους ζωής προϊόντος με την ανάπτυξη τους και την στρατηγική ανακύκλωσης τους και να αναλύσει τις επιπτώσεις τους στο δίκτυο ΕΑ. Οι εφαρμογές αυτού του πρότυπου πλαισίου είναι πάρα πολλές, ταυτόχρονα όμως δημιουργούνται και πληθώρα πιθανών επεκτάσεων και βελτιώσεων του, εκ των οποίων σημαντικότερες διαφαίνονται η ενσωμάτωση σε αυτό στοχαστικών μεταβλητών για την εκτίμηση της ζήτησης και της ισοτιμίας συναλλάγματος.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο πιο συνηθισμένος **ορισμός** της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ότι αποτελεί ένα σύστημα προμηθευτών, κατασκευαστών, διανομέων, λιανοπωλητών και πελατών, στο οποίο τα υλικά ρέουν από τους προμηθευτές προς τους πελάτες ενώ οι πληροφορίες ρέουν αμφίδρομα.

Στην επιχειρηματική δραστηριότητα η εφοδιαστική είχε αρχίσει να **εξελισσεται** μετά την δεκαετία του 1950, με σχετικά βραδείς ρυθμούς. Η ανάγκη για ολοκληρωμένη προσέγγιση της εφοδιαστικής διαχείρισης, είχε ήδη συνειδητοποιηθεί από τις αρχές του 1960 και έκτοτε ο ρόλος της συνεχώς αναβαθμίζεται.

Οι **παράγοντες** που ώθησαν την διέγερση του ρόλου και την ενίσχυση της σημασίας της εφοδιαστικής αλυσίδας διαχρονικά, ήταν η άνθηση της επιχειρησιακής έρευνας με την ανάπτυξη των ποσοτικών μεθόδων, η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας με την πρόοδο στην τεχνολογία των υπολογιστών και την τεχνολογία επικοινωνιών και πληροφορικής και ο αυξανόμενος και διευρυνόμενος γεωγραφικά ανταγωνισμός.

Στο **1<sup>ο</sup> κεφάλαιο** της μελέτης παρουσιάστηκε ότι προκειμένου να αντιμετωπιστεί τεκμηριωμένα και μεθοδευμένα η εφοδιαστική αλυσίδα, από πολλούς ερευνητές και επαγγελματίες έχει διεξαχθεί εκτενής ανάλυση και μελέτη της **δομής** της.

Μία συνήθης διάκριση στην μελέτη αυτή της δομής αφορά τα βασικά είδη **ροών** σε μια εφοδιαστική αλυσίδας, που είναι η ροή υλικού και η ροή πληροφορίας. Ο στόχος της διαχείρισης ροής των υλικών, είναι να εξισορροπεί δύο κατεξοχήν αντίθετες μεταβλητές, την ικανοποίηση των πελατών και το αντίστοιχο κόστος. Στην προσπάθεια αυτή πολλοί ερευνητές αντιμετωπίζουν την ροή της πληροφορίας ως τον μηχανισμό συντονισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας. Επειδή όμως μία μεμονωμένη επιχείρηση κατά κανόνα δεν διαθέτει τις απαραίτητες δεξιότητες και τους πόρους για τη διαχείριση και τον έλεγχο της ροής υλικών και πληροφοριών από τις αρχικές προμήθειες μέχρι την τελική κατανάλωση, υποστηρίζεται η υλοποίηση αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διαδικασιών προστιθέμενης αξίας μιας επιχείρησης και των αντίστοιχων διαδικασιών των συνεργατών της.

Μία άλλου τύπου ανάλυση της εφοδιαστικής αλυσίδας, είναι αυτή που παρουσιάζει την πληθώρα των συντελούμενων σε λειτουργικό επίπεδο δραστηριοτήτων. Οι **λειτουργίες** λοιπόν, που εντάσσονται από τον επιχειρηματικό κόσμο αλλά και πολλούς ερευνητές, ως λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας επιγραμματικά είναι οι εξής:

- ✓ Διαχείριση Αποθηκών και Κέντρων Διανομών (Warehousing and storage)
- ✓ Διαχείριση Υλικού (Material handling)
- ✓ Μεταφορές και Διανομές (Transportation and distribution)
- ✓ Τροφοδοσία (Procurement)
- ✓ Πρόβλεψη Ζήτησης (Demand forecasting)
- ✓ Επικοινωνία (Communications)
- ✓ Επεξεργασία Παραγγελιών (Order processing)

Επίσης η εφοδιαστική αλυσίδα χωρίζεται σε τρία χαρακτηριστικά **στάδια**, την προμήθεια, την παραγωγή και την διανομή. Καθένα αυτών των σταδίων μπορεί να λαμβάνει χώρα σε διάφορες εγκαταστάσεις, σε διαφορετικές τοποθεσίες ανά τον κόσμο και από διαφορετικούς φορείς. Στην αντίληψη της εφοδιαστικής αλυσίδας επίσης διακρίνονται **επίπεδα** φορέων, δηλαδή των προμηθευτών πρώτων υλών, των παραγωγών (μεταποιητές, κατασκευαστές, συναρμολογητές), των διανομέων, των λιανοπωλητές και των τελικών καταναλωτών. Η διάκριση σε στάδια ή επίπεδα της αλυσίδας διαφοροποιείται ανάλογα με τον ερευνητή, αφού πολλοί τα διακρίνουν βάσει της συντελούμενης διαδικασίας και άλλοι βάσει των επιπέδων των φορέων των διαδικασιών αυτών.

Κατά μία πιο σύγχρονη οπτική, οι λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας χωρίζονται σε **κύκλους διεργασιών** (παραγγελίας, ανεφοδιασμού, παραγωγής και τροφοδοσίας) μεταξύ των διαδοχικών επιπέδων. Η αντίληψη της αλυσίδας σε μορφή κύκλων διεργασιών είναι ιδιαίτερος χρήσιμη στην λήψη αποφάσεων σε επιχειρησιακό επίπεδο, διότι ορίζει λεπτομερώς τις ευθύνες κάθε μέλους της αλυσίδας και το επιθυμητό αποτέλεσμα της κάθε διαδικασίας. Στην βιβλιογραφία και στην πράξη υπάρχουν δύο φιλοσοφίες διεργασιών, οι διεργασίες ώθησης όπου υπάρχει ένας κεντρικός αποφασίζων ο οποίος τις κινεί και οι διεργασίες έλξης όπου οι αποφάσεις γίνονται από τοπικούς διαχειριστές. Κατά την εκτέλεση διεργασιών έλξης επομένως η ζήτηση είναι γνωστή με πλήρη βεβαιότητα, ενώ σε μία διεργασία ώθησης υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα. Στην πράξη σε καμία σχεδόν εφοδιαστική

αλυσίδα δεν εφαρμόζεται απόλυτα η πολιτική των διεργασιών έλξης. Πάντοτε τα ιστορικά στοιχεία λαμβάνονται λίγο ή πολύ υπόψιν και άρα η αβεβαιότητα ζήτησης είναι πάντοτε σημαντική.

Επιπλέον κρίσιμος θεωρείται ο ρόλος των διαφόρων **μέτρων απόδοσης** και **περιορισμών** που υφίστανται σε κάθε ένα από τα στάδια αλλά και στο σύνολο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ως περιορισμοί αναφέρονται οι περιορισμοί διαθεσιμότητας, οι τεχνικοί περιορισμοί, οι περιορισμοί κόστους, ισορροπίας υλικών, ποιότητας κ.α. Από την άλλη κάποια κοινά χρησιμοποιούμενα μέτρα απόδοσης είναι η αξιοπιστία και ο χρόνος παράδοσης, η ευελιξία, η ικανοποίηση πελατών και φυσικά το κόστος.

Εξάλλου η **στρατηγική** της εφοδιαστικής αλυσίδας, αποτελεί έναν μηχανισμό εξισορρόπησης ανάμεσα στην αποδοτική (οικονομική) λειτουργία και στην δυνατότητα γρήγορης απόκρισης στις απαιτήσεις των πελατών. Τρεις διαφορετικοί τύποι προκύπτουν ανάλογα με την στρατηγική, η λιτή, η ευκίνητη και η υβριδική εφοδιαστική αλυσίδα.

Στην πράξη είναι δύσκολο να αποφασιστεί και να εφαρμοστεί ολοκληρωμένα μία από τις παραπάνω στρατηγικές. Οι ανεξάρτητες λήψεις αποφάσεων από τα μέλη της ΕΑ συνήθως δημιουργούν καθυστερήσεις, αύξηση τους συνολικού κόστους και επιδείνωση των αβεβαιοτήτων. Γενικά η αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας δεν μεγιστοποιείται, όταν το κάθε μέλος της επιδιώκει ανεξάρτητους στόχους.

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων οι εφοδιαστικές αλυσίδες είναι αποκεντρωμένες, οπότε επιδιώκεται η υιοθέτηση ενός μηχανισμού **συντονισμού** που να εγγυάται ότι το αποκεντρωμένο σύστημα, είναι εξίσου αποδοτικό με το συγκεντρωτικό και ταυτόχρονα όλα τα μέλη της αλυσίδας έχουν μεγαλύτερο όφελος από αυτό. Οι συμβάσεις εφοδιαστικών αλυσίδων (π.χ. συμβάσεις επιστροφής, συμβάσεις ευελιξίας ποσότητας, συμβάσεις εφεδρείας) είναι ένας τέτοιος μηχανισμός συντονισμού, ενώ σημαντική υποστήριξη του συντονισμού σε λειτουργικό επίπεδο παρέχουν τα σύγχρονα συστήματα μηχανογραφικού εξοπλισμού και τηλεπικοινωνιών.

Η μελέτη και ανάλυση της δομής της εφοδιαστικής αλυσίδας οδηγεί σε ορισμένα σημαντικά συμπεράσματα σε σχέση με την Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας.

1. Η αποτελεσματική ΔΕΑ είναι το κλειδί για την απόκτηση στρατηγικού ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος.
2. Οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή της, είναι η βελτίωση επιπέδου εξυπηρέτησης πελατών, η μείωση του κόστους, η αποτελεσματικότερη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων, ο καλύτερος προγραμματισμός κ.α.
3. Η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας εμπλέκεται σε όλες τις δραστηριότητες και σε όλα τα επιχειρηματικά επίπεδα και όχι μόνο στο βαθμό μιας επιχειρηματικής μονάδας, αλλά και στους προμηθευτές και τους πελάτες.
4. Η ΔΕΑ μπορεί μεν να διακριθεί σε πολλά συστατικά, ωστόσο δεν μπορεί να αγνοηθεί το γεγονός ότι η λήψη των αποφάσεων για την ΔΕΑ αποτελεί αντικείμενο της ανώτατης διοίκησης, διαφορετικά δεν υπάρχει λόγος να μην περιοριστεί στους λειτουργικούς τομείς διαχείρισης των προαναφερθέντων επιμέρους λειτουργιών.
5. Η λέξη κλειδί για την αποτελεσματική ΕΑ η ολοκλήρωση. Η ιδέα βασίζεται στο ότι το αποτέλεσμα μίας σειράς δραστηριοτήτων, όπου οι αλληλεξαρτήσεις και αλληλεπιδράσεις λαμβάνονται υπόψιν, είναι καλύτερο από το άθροισμα των ατομικών αποτελεσμάτων των επιμέρους δραστηριοτήτων.
6. Επίσης η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας θεωρείται ως ο μηχανισμός μέσω του οποίου διαφορετικές και γεωγραφικά διασκορπισμένες επιχειρήσεις δημιουργούν στρατηγικές συμμαχίες για να αντιμετωπίσουν τη νέα ζήτηση μέσα από το Διαδίκτυο.
7. Η ΔΕΑ επιφέρει συγχρονισμό των δραστηριοτήτων πολλαπλών οργανισμών και την ανάδραση κατάλληλων πληροφοριών στους διάφορους τομείς των οργανισμών σε πραγματικό χρόνο, με την ολόπλευρη χρήση τεχνολογίας πληροφορίας και τηλεπικοινωνιακών δικτύων

Όπως προαναφέρθηκε, ο χαρακτήρας και η εξέλιξη της εφοδιαστικής αλυσίδας συναρτώνται από το παγκόσμιο περιβάλλον της αγοράς. Στο **2<sup>ο</sup> κεφάλαιο** της μελέτης συζητήθηκαν οι σημαντικότερες σύγχρονες πτυχές του περιβάλλοντος αυτού, όπως οι ανάγκες των καταναλωτών, η τεχνολογία και οι κοινωνικές επιταγές και διερευνήθηκε ο τρόπος αλληλεπίδρασης τους με την μορφή, δομή και λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Οι σημαντικότερες παρατηρήσεις σχετικά με την επιρροή της επικρατούσας **πελατοκεντρικής** φιλοσοφίας στην διαμόρφωση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι οι εξής:

- Σημαντικός παράγοντας όξυνσης της ανταγωνιστικότητας στην σύγχρονη αγορά είναι η αύξηση της ετερογένειας της ζήτησης.
- Η σμίκρυνση του κύκλου ζωής των τεχνολογιών και των παραγόμενων προϊόντων δημιουργεί απαιτήσεις για ευελιξία παραγωγής και για μικρά επίπεδα διατηρούμενων αποθεμάτων.
- Η ποιότητα απλώς ενός προϊόντος δεν εγγυάται αυτόματα και την ανταγωνιστικότητα του, καθώς η διαθεσιμότητα των προϊόντων έχει καταστεί καθοριστικός παράγοντας ικανοποίησης των καταναλωτών. Ενδεικτικό είναι ότι πολλοί συγγραφείς χρησιμοποιούν ως μέτρο της διαθεσιμότητας το επίπεδο άμεσης εξυπηρέτησης των πελατών.
- Η ποικιλομοφία της ζήτησης έχει οδηγήσει στην επιχειρηματική φιλοσοφία, της λεγόμενης «μαζικής εξατομίκευσης», δηλαδή στην παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών με σκοπό την ικανοποίηση πολλαπλών απαιτήσεων των πελατών με σχεδόν μαζική παραγωγική δυναμικότητα.
- Η μαζική εξατομίκευση συνεπάγεται αφενός την αναθεώρηση των διαδικασιών σχεδιασμού, ανάπτυξης και παραγωγής των προϊόντων και αφετέρου την κατάλληλη προσαρμογή του συνόλου των εξωστρεφών διαδικασιών της.
- Ακόμη και όταν διατηρούνται υψηλά επίπεδα αποθεμάτων είναι σύνηθες το φαινόμενο έλλειψης συγκεκριμένων παραλλαγών προϊόντων σε συγκεκριμένες περιοχές, ενώ ταυτόχρονα παραμένουν αδιάθετες μεγάλες ποσότητες αποθεμάτων άλλων παραλλαγών ή σε άλλες τοποθεσίες.
- Έτσι κρίνεται απαραίτητη μία προσέγγιση παράλληλου σχεδιασμού της οικογένειας προϊόντων, των παραγωγικών διαδικασιών και της εφοδιαστικής αλυσίδας, ώστε να καλύπτεται η ζήτηση σε ποικιλία, ποιότητα και χρόνους παράδοσης.

Επιπλέον οι νομικές και πολιτικές τάσεις δείχνουν ότι η σημασία της ελεγχόμενης παραγωγής και διανομής για **περιβαλλοντικούς** λόγους και για λόγους **προστασίας των καταναλωτών** θα συνεχίσει να εντείνεται. Συγκεκριμένα:

- Κατά την τελευταία δεκαετία το ενδιαφέρον της βιομηχανίας εστιάστηκε στην ανάπτυξη και την ολοκλήρωση των διαδικασιών στο πλαίσιο της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων.
- Η μετατόπιση της εστίασης του ελέγχου από το τελικό προϊόν, στην πρόληψη και στον έλεγχο αποβλήτων από την πηγή, συνιστά και απαιτεί την



διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης, παρόμοια με αυτήν της ΔΕΑ.

- Η ολοκλήρωση της εφοδιαστικής αλυσίδας οφείλει να περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως διαχείριση των επιστρεφθέντων προϊόντων (ανακύκλωση, ανακατασκευή, απόρριψη, κ.τ.λ.), μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από την παραγωγική λειτουργία (διαχείριση των απορριμμάτων, μείωση των εκπομπών ρύπων, κ.τ.λ.) και προστασία των καταναλωτών (ιχνηλασιμότητα των ευπαθών ειδικά προϊόντων, συστήματα διασφάλισης ποιότητας κ.α).

Εξάλλου μέσα από την βιβλιογραφία και κυρίως από την επιχειρηματική πρακτική, διαπιστώνονται αναδυόμενες **τεχνολογίες** οι οποίες παρέχουν συνεχώς νέες λύσεις στα παραπάνω προβλήματα, ικανοποιώντας σε σημαντικό βαθμό τις ανάγκες και επιθυμίες επιχειρήσεων και καταναλωτών. Τα σημαντικότερα συμπεράσματα από την μέχρι σήμερα χρήση των τεχνολογιών στην διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι τα εξής:

- Οι νέες τεχνολογίες διευκολύνουν την ανάπτυξη, τον σχεδιασμό και την διάδοση νέων προϊόντων. Οι νέες παρεχόμενες δυνατότητες (RFID, Bar-coding, WAP, GPS, Bluetooth, WLAN κ.α) εφαρμόζονται αφενός στο επίπεδο των παραγόμενων προϊόντων / υπηρεσιών των επιχειρήσεων και αφετέρου στο επίπεδο της επικοινωνίας επιχείρησης προς επιχείρηση και επιχείρησης προς πελάτη.
- Οι αλληλεπιδράσεις στην ΕΑ διακρίνονται από έντονη και αυξανόμενη πολυπλοκότητα, την οποία καλείται να ρυθμίσει η αποτελεσματική, αξιόπιστη και ταχεία ροή της πληροφορίας. Έτσι, ειδικά η τεχνολογία επικοινωνίας και πληροφορικής (ICT) έχει διαμορφώσει και συνεχίζει να διαμορφώνει ριζικά την εφοδιαστική αλυσίδα. Οι εταιρίες έχουν στραφεί σε ηλεκτρονικά συστήματα όπως την ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων EDI, την ηλεκτρονική μεταφορά κεφαλαίων EIT και φυσικά το διαδίκτυο.
- Το Ηλεκτρονικό Επιχειρείν αποτελεί σήμερα μια πραγματικότητα στο παγκόσμιο επιχειρηματικό περιβάλλον. Το ηλεκτρονικό εμπόριο εγείρει και αναβαθμίζει τον ρόλο των μεταφορών και αλλάζει τις σχέσεις και τις δομές μεταξύ επιχειρήσεων και καταναλωτών στις εφοδιαστικές αλυσίδες.
- Η ανάπτυξη εξεζητημένου πληροφοριακού λογισμικού για τις ανάγκες των επιχειρήσεων, η οποία έχει εδώ και πολλά έτη καθιερωθεί και συνεχώς αναπτύσσεται, αφορά από γενικά «πακέτα» επιχειρησιακών λύσεων, έως και

ειδικές εφαρμογές λογισμικού σχεδιασμένες για συγκεκριμένο κλάδο ή ακόμη και για συγκεκριμένες εταιρείες.

- Τα συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών πόρων (ERP) είναι κατάλληλα για την διαχείριση της εσωτερικής εφοδιαστικής, αλλά αποτυγχάνουν να συντονίσουν τη διαχείριση μιας δυναμικής εφοδιαστικής αλυσίδας. Από την άλλη πλευρά το διαδραστικό περιβάλλον EDI μεταξύ των τοπικών συστημάτων επιτρέπει την ανταλλαγή των πληροφοριών, αλλά δεν διαθέτει την απαραίτητη ευφυΐα για τη διαχείριση της ΕΑ.
- Το Διαδίκτυο και το ηλεκτρονικό εμπόριο προσέφεραν αρχικά ένα πεδίο δραστηριότητας ίσων ευκαιριών για τις μεγάλες και τις μικρομεσαίες εταιρείες, αφού όλοι απέκτησαν εύκολη πρόσβαση σε παγκόσμιες αγορές. Ωστόσο, ο γρήγορος ρυθμός εξέλιξης της ICT, καθιστά πολύ δύσκολο για τις ΜΜΕ να ακολουθήσουν τον ανταγωνισμό με αξιώσεις.
- Γενικά για πολλές μικρές επιχειρήσεις που δεν έχουν προσαρμοστεί στις νέες συνθήκες, η ταχεία εξέλιξη της τεχνολογίας και ότι αυτή συνεπάγεται (μικρός χρόνος ζωής, πολυπλοκότητα σχεδιασμού και προϊόντων, ένταση ανταγωνισμού) καθίσταται πηγή αβεβαιότητας και κινδύνου για την βιωσιμότητα τους.

Με βάσει τις παραπάνω συνθήκες του σύγχρονου περιβάλλοντος, τα κεντρικά προβλήματα που εγείρονται στην προσπάθεια εφαρμογής ολοκληρωμένης και αποτελεσματικής διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας, συνοψίζονται στους εξής άξονες:

- Πολυπλοκότητα, των επιχειρηματικών λειτουργιών, των σχέσεων ανάμεσα τους και των σχέσεων των μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Μεταβλητότητα, που χαρακτηρίζει το περιβάλλον αλλά και την δομή της εφοδιαστικής αλυσίδας και εκφράζεται κυρίως με τον δυναμικό χαρακτήρα των ροών της.
- Αβεβαιότητα, η οποία αναπαράγεται και ενισχύεται από αμφότερους τους παραπάνω παράγοντες. Η εστίαση της προσοχής στις αβεβαιότητες της ΕΑ και η προσπάθεια για εξάλειψή τους, εκδηλώθηκε μετά την παρατήρηση κάποιων ιδιαίτερα επιζήμιων φαινομένων κατά την λειτουργία της (διαστρέβλωση της πληροφορίας, bullwhip, boom and bust). Γενικά οι αβεβαιότητες έχουν επιπτώσεις διαδοχικά σε όλα τα στάδια της αλυσίδας και κατά κανόνα επιδεινώνονται κατά την μετάδοσή τους από το ένα στάδιο στο

επόμενο. Απομονωμένες οι αβεβαιότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας διακρίνονται στις εξής:

- Αβεβαιότητα ζήτησης
- Αβεβαιότητα απόδοσης λειτουργικών διαδικασιών (παραγωγή, αποθήκευση, διακίνηση κ.τ.λ.)
- Αβεβαιότητα της επίδοσης των προμηθευτών
- Αβεβαιότητα εξωγενών παραγόντων (διεθνείς οικονομικές συνθήκες, νομοθεσία, φυσικές μεταβολές, φορολογία, τεχνολογικές εξελίξεις κ.α.)

Στο **3<sup>ο</sup> κεφάλαιο** της μελέτης πραγματοποιήθηκε μία ευρεία ανασκόπηση στην έρευνα για την διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας. Συγκεκριμένα παρατέθηκε πληθώρα ερευνητικών προσπαθειών οι οποίες διαφοροποιούνται ως προς το επίπεδο της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας (στρατηγικό, τακτικό, λειτουργικό), ως προς τα χρησιμοποιούμενα μαθηματικά μοντέλα ή και ως προς τον φερόμενο φορέα της διαχείρισης. Επίσης παρουσιάστηκαν ειδικότερες προσεγγίσεις της έρευνας για την ΔΕΑ, όπως για παράδειγμα αυτής που ασχολείται με την ενσωμάτωση σε αυτήν του σχεδιασμού προϊόντος και διαδικασιών, τις προσεγγίσεις πληροφορικής τεχνολογίας καθώς και μία μεγάλη κατηγορία έρευνας της ΔΕΑ που αφορά την επιλογή προμηθευτή και των συναπτώμενων με αυτούς συμβάσεων. Στο **4<sup>ο</sup> κεφάλαιο** εξετάστηκαν αναλυτικά ορισμένα σύγχρονα μοντέλα για την ΔΕΑ ενδεικτικά για πολλές από τις προαναφερθείσες κατηγορίες. Από την ανασκόπηση αλλά και από την αναλυτική μελέτη των μοντέλων ΔΕΑ, προέκυψαν πλούσια συμπεράσματα σε σχέση με το επίπεδο της σχετικής έρευνας, την πρακτική τους εφαρμογή και τις απαιτήσεις για την μελλοντική τους εξέλιξη.

- Όλο το σώμα των ερευνητών αναγνωρίζει την σημαντική ανάπτυξη του πεδίου της ΔΕΑ κατά την τελευταία δεκαετία και την αποδίδουν κατά κύριο λόγο στην ώθηση που δέχτηκε από τους εξωτερικούς παράγοντες. Το ενδιαφέρον σήμερα για την ΔΕΑ εξακολουθεί να εντείνεται.
- Η ΕΑ στην πλειψηφία των περιπτώσεων αντιμετωπίζεται ως ένα γενικό δίκτυο, αποτελούμενο από διάφορες εγκαταστάσεις-τοποθεσίες στις οποίες συντελούνται οι προμήθειες των υλικών, ο μετασχηματισμός τους σε ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα και η διανομή των τελικών προϊόντων στους πελάτες.

- Η βελτιστοποίηση στον σχεδιασμό συστημάτων διανομής κατέστη τεχνικά δυνατή, περίπου εδώ και δύο δεκαετίες και η εξέλιξη τους έκτοτε είναι ραγδαία. Η τάση αυτή θα συνεχιστεί χάρις στην διαδεδομένη χρήση και εξέλιξη των εργαλείων που προσφέρουν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές.
- Τα στρατηγικά μοντέλα που βασίζονται στις μελέτες περιπτώσεων είναι δημοφιλή και η πλειοψηφία τους βασίζεται σε πολύπλοκα προγράμματα ακεραίων. Η επίλυση τέτοιων μοντέλων επίσης βασίζεται στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και σε αναπτυσσόμενους αλγόριθμους επίλυσης.
- Η μοντελοποίηση και η βελτιστοποίηση πολύπλοκων συστημάτων όπως είναι τα δίκτυα εφοδιαστικής αποτελεί μία νέα περιοχή έρευνας για την οποία ακριβή αναλυτικά αποτελέσματα είναι προφανώς πολύ δύσκολα, αν όχι αδύνατα.
- Οι ιδέες την αναβολής διαφοροποίησης και του μορφωματικού σχεδιασμού στον σχεδιασμό των προϊόντων, έχουν ήδη δεχτεί σημαντικό ενδιαφέρον.
- Η ανάθεση πολλών παραμέτρων στους αποφασίζοντες, καθιστά την μοντελοποίηση πολύ ευκολότερη.
- Η μεθοδολογία βελτιστοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας, μπορεί να ενσωματωθεί στα συστήματα λογισμικού όπως ERP-συστήματα και ειδικά πληροφοριακά συστήματα ΔΕΑ. Προκειμένου να στηθεί το μοντέλο, είναι απαραίτητο ένα ευρύ φάσμα στοιχείων εφοδιαστικής και στοιχείων των δαπανών της επιχείρησης, ενώ για την επίλυση του τεραστίων διαστάσεων προβλήματος απαιτούνται αλγόριθμοι επιχειρησιακής ερευνάς. Μέχρι τώρα μόνο τα μικρά προβλήματα αυτού του τύπου έχουν επιλυθεί, ενώ η εφαρμογή των μεγάλων και πολύ μεγάλων προβλημάτων είναι υπό έρευνα.
- Οι σύγχρονες επιχειρήσεις, ειδικά οι διεθνούς εμβέλειας, επιδεικνύουν αυξανόμενο ενδιαφέρον για την βελτιστοποίηση της ΕΑ από τα στάδια της ανάπτυξης του προϊόντος έως και την ανακύκλωση τους.
- Η ανάθεση καθορισμού πολλών παραμέτρων στους αποφασίζοντες, καθιστά την μοντελοποίηση ευκολότερη, δημιουργώντας ταυτόχρονα μεγαλύτερες απαιτήσεις γνώσεων, ικανοτήτων και διαθέσιμου χρόνου από τους χρήστες των μοντέλων.
- Η βέλτιστη διαμόρφωση μέσω των προσεγγίσεων πολλών μοντέλων εξαρτάται από τους περιορισμούς του μοντέλου και από το διάνυσμα κόστους της αντικειμενικής συνάρτησης. Αυτές οι ελεγχόμενες παράμετροι αντιπροσωπεύουν τις αποφάσεις που πρέπει κανείς να ληφθούν κατά τον σχεδιασμό συστημάτων εφοδιαστικής αλυσίδας.

Παρά την εκτεταμένη έρευνα για την ΔΕΑ, δεν αναφέρεται εξίσου πλούσια εφαρμογή εξεζητημένων μαθηματικών μοντέλων ΔΕΑ στην επιχειρηματική **πρακτική** μέχρι σήμερα. Αυτό οφείλεται σε διάφορους λόγους:

- Πολλά από αυτά που έχουν γραφτεί για την ΕΑ είναι καθαρά εννοιολογικά και σε κάποιο βαθμό μη πρακτικά. Επίσης έχουν διατυπωθεί διαισθητικές παραδοχές, χωρίς σαφή τεκμηρίωση ή χωρίς δυνατότητα γενικής εφαρμογής τους μιας και είναι βασισμένες σε συγκεκριμένες περιπτώσεις εφοδιαστικών αλυσίδων.
- Συνήθεις υπεραπλουστεύσεις των μοντέλων χάριν ευκολίας επίλυσης, είναι ο περιορισμός τους σε μερικά μόνο επίπεδα, η υπόθεση ότι οι προμηθευτές έχουν πάντα απόθεμα, η υπόθεση πανομοιότυπων (σε ποιότητα, τιμές και συμπεριφορά) προμηθευτών και λιανοπωλητών και η υπόθεση άπειρου μεγέθους λίστας ανικανοποίητων παραγγελιών. Επίσης χρησιμοποιούνται αιτιοκρατικά μοντέλα σε διαδικασίες που εμπεριέχουν μεγάλα ποσοστά τυχαιότητας.
- Στην πράξη η εφαρμογή ενός συστήματος ΔΕΑ απαιτεί ολοκλήρωση, συντονισμό και συνεργασία μεταξύ των μελών της, στοιχεία που προϋποθέτουν αλλαγή επιχειρηματικής κουλτούρας.
- Παρόλο που πολλές επιχειρήσεις ανήκουν σε πολλαπλές ΕΑ, λίγοι συγγραφείς έχουν ασχοληθεί με το θέμα αυτό των πολλαπλών σχέσεων.
- Πολλά μοντέλα εξακολουθούν να είναι δυσεπίλυτα ακόμη και με τα σύγχρονα εργαλεία.
- Το μεγαλύτερο συστατικό του κόστους της εφοδιαστικής είναι το κόστος μεταφοράς. Πολλά μοντέλα στην βιβλιογραφία χρησιμοποιούν γραμμική συνάρτηση για το κόστος μεταφορικών που δεν είναι ρεαλιστική.
- Τα μαθηματικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν από ένα μεγάλο μέρος ερευνητών και αφορούσαν την βελτιστοποίηση μόνο του κόστους της εφοδιαστικής αλυσίδας, δεν φαίνονται ικανά να αποδώσουν κάποια άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά της.
- Οι τεχνικές ΔΕΑ, ειδικά στην περιοχή της διαχείρισης αποθεμάτων, είναι πολύ δύσκολο να τεθούν σε εφαρμογή, δεδομένης της ανάγκης για υψηλού επιπέδου μεταφορά και επεξεργασία πληροφοριών. Προς την κατεύθυνση αυτή έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για τον σχεδιασμό κατάλληλων networked inventory management information systems (NIMISs).

Εξάλλου για την μη εφαρμοσιμότητα των μοντέλων αιτία είναι και μία σειρά ελλείψεων των μέχρι σήμερα προσπαθειών. Όπως αναγνωρίζουν οι ερευνητές του χώρου υπάρχουν ακόμη αρκετά σημαντικά στοιχεία που πρέπει να αντιμετωπιστούν στο **άμεσο μέλλον**:

- Η γνώση των δραστηριοτήτων προστιθέμενης αξίας στην ΕΑ είναι πολύ σημαντική για την συντονισμένη μοντελοποίηση. Ο ανασχεδιασμός των δραστηριοτήτων αυτών μπορεί να παρέχει άριστες ευκαιρίες για βελτίωση.
- Είναι κρίσιμο να αναγνωριστούν τα μέτρα επίδοσης που είναι συνεπή με τους στόχους του εκάστοτε μοντέλου.
- Ο παράγοντας του κύκλου ζωής των προϊόντων πρέπει επίσης να συμπεριληφθεί στα αναπτυσσόμενα μοντέλα ΕΑ.
- Οι δασμοί των εισαγωγών προϊόντων, η φορολογία και οι σχετικές νομοθεσίες των κρατών είναι επίσης παράγοντες που έχουν αρχίσει να θεωρούνται πολύτιμοι σε μοντέλα «παγκόσμιας» ΔΕΑ.
- Στην βιβλιογραφία διακρίνεται μία έλλειψη μοντέλων σχετικά με τον συντονισμό των ξεχωριστών λειτουργιών της ΕΑ.
- Σημαντικά προβλέπεται ότι θα καταστούν σε λίγα χρόνια, τα μοντέλα με τα οποία θα μπορεί να εκτιμάται η συνέπεια της παραγωγής και της διανομής σε σχέση με τις περιβαλλοντικές μεταβλητές.
- Τα θέματα των πολλαπλών κατηγοριών προϊόντων, των διαφορετικών κατανομών χρόνων άφιξης και εξυπηρέτησης παραγγελιών πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη σε πιο ολοκληρωμένα μοντέλα στο μέλλον.
- Τα μοντέλα υποστήριξης αποφάσεων απαιτούν επέκταση στην περίπτωση που οι προμηθευτές αντιμετωπίζονται επίσης ως παραγωγοί.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### **Βιβλιογραφία**

1. Abegglen, J.C., Stalk, G., *The Japanese corporation as competitor. California Management Review* 28 (3), 9–27, 1986.
2. Anscombe, J., *The fourth wave of logistics improvement, Logistics Focus, (Suppl.)* 36-40, 1994.
3. Applequist, G.E., Pekny, J.F., Reklaitis, G.V., *Risk and uncertainty in managing chemical manufacturing supply chains. Computers and Chemical Engineering* 24, 2211–2222, 2000.
4. Ballou RH. *Business logistics management. New Jersey: Prentice-Hall, p. 443, 1992.*
5. Ballou, R.H., *Business Logistic Management, 4th Edition, New Jersey, 1999.*
6. Beamon, B.M. *Performing Measures in Supply Chain Management. From Rensselaer Polytechnic University conference on agile manufacturing, Albany, New York, October 2-3, 1996.*
7. Beckman, S., Worhach, P., and Sheng. P.S., "Environmentally conscious supply chain management". *Proceedings of the IEEE International Symposium on Electronics and the Environment. 235-239, 1995.*
8. Bertrand, J. W. M., Wortmann, J. C., & Wijngaard, J., *Production Control: a structural and design oriented approach: Eindhoven University of Technology, 1990.*
9. Bloemhof-Ruwaard, J.M., van Beek, P., Hordijk. L., and Van Wassenhove, L.N., "Interactions between operational research and environmental management", *European Journal of Operational Research* 85, 229-243, 1995.
10. Boothroyd, G., Dewhurst, P., Knight, W.A., *Product Design for Manufacture and Assembly. Marcel Dekker, New York, 2002.*

11. Booz, Allen, Hamilton, *New Products Management for the 1980s*. Booz, Allen, & Hamilton, New York, NY, 1982.
12. Bose, S., Pekny, J.F., *A model predictive framework for planning and scheduling problems: a case study of consumer goods supply chain*. *Computers and Chemical Engineering* 24, 329–335, 2000.
13. Bovet D, Martha J. *Value Nets. Breaking the Supply Chain to Unlock Hidden Profits*. New York: Wiley, 2000.
14. Bowersox, D.J. *Readings in Physical Distribution Management: The Logistics of Marketing*. Eds. Bowersox, D.J. , LaLonde, B.J., and Smykay, E.W., New York: MacMillan, 1969.
15. Marisa B., Dekker, R., *Reverse Logistics \_a framework*, *Econometric Institute Report EI 2002-38*, 2002.
16. Brown, S., Eisendhardt, K., *Product development: past research, present findings, and future directions*. *Academy of Management Review* 20 (2), 343–378, 1995.
17. Cachon, G., Lariviere, M., *Supply Chain Coordination with Revenue-Sharing Contracts: Strengths and Limitations*, 2002.
18. Caputo, M., Zirpoli, F., *Supplier involvement in automotive component design: outsourcing strategies and supply chain management*. *International Journal of Technology Management* 23 (1–3), 129–154, 2002.
19. Childerhouse, P., Aitken, J., Towill, D.R., *Analysis and design of focused demand chains*. *Journal of Operations Management* 20 (6), 675–689, 2002.
20. Chopra, S., & Meindl, P., *Supply chain management: Strategy, planning, and operations*, New Jersey: Prentice-Hall, 2001.
21. Christopher, M., *Logistics and Supply Chain Management*. Pearson Education, London, 1992.



22. Clegg, A.J., Williams, D.J., Uzsoy, R., "Production planning for companies with remanufacturing capabilities", *Proceedings of the IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*. 186-19, 1995.
23. Clinton, SR and Closs, DJ., *Logistics strategy: does it exist?* *Journal of Business Logistics* 18:19–44, 1997.
24. Cooper, M.C., Ellram, L.M., Gardner, J.T., and Hanks, A.M. *Meshing Multiple Alliances*. *Journal of Business Logistics*, 18:67-89, 1997.
25. Croom, S., Romano, P., Giannakis, M., *Supply Chain Management—an analytical framework for critical literature review*. *European Journal of Purchasing and Supply Chain Management* 6 (6), 67–83, 2000.
26. De Toni, A., Tonchia, S., *Performance measurement systems: Models, characteristics and measures*. *International Journal of Operations & Production Management* 21 (1/2), 46–70, 2001.
27. Dekker, R., Fleischmann, M., Inderfurth, K., and Van Wassenhove, L.N., eds, *Reverse Logistics: Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains*, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2004.
28. Dupuy, C., Botta-Genoulaz, V., & Guinet, A., *Batch Dispersion model to optimise traceability in food industry*. *Journal of Food Engineering*, Article in Press, 2004.
29. Ereng, P., Simpson, N.C., Vakharia, A.J., *Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review*. *European Journal of Operational Research* 115, 219–236, 1999.
30. European Standard, {EN ISO 8402:1995, Point 3.16}, *European Committee for Standardization (CEN)*, 1995.
31. Fandel, G., Stammen, M., *A general model for extended strategic supply chain management with emphasis on product life cycles including development and recycling*. *Int. J. Production Economics* 89, 293–308, 2004.

32. Ferrer, G., Whybark, C., "Material planning for a remanufacturing facility," *Production and Operations Management*, vol. 18, 112-124, 2001.
33. Fine, C.H., *Clockspeed: Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage*. Perseus Books, Reading, MA, 1998.
34. Fisher, M.L., Raman, A., *Reducing the Cost of Demand Uncertainty through Accurate Response to Early Sales*. *Operations Research* 44:87-99, 1996.
35. Fisher, M.L. *What is the right supply chain for your product?* *Harvard Business Review* 75:105-116, 1997.
36. Fleischer, M., Liker, J.K., *Concurrent Engineering Effectiveness-Integrating Product Development Across Organizations*. Hanser Gardner Publications, Cincinnati, 1997.
37. Fleischmann, B., Meyr, H., Wagner, M., *Advanced planning*. In: Stadtler, H., Kilger, C. (Ed.), *Supply Chain Management and Advanced Planning—Concepts, Models, Software and Case Studies*. Berlin, pp. 57–71, 2000.
38. Forrester, J. *Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers*. *Harvard Business Review* 36:37-66. Forrester, J. *Industrial Dynamics*. MIT Press, 1961.
39. Forza, C., Salvador, F., Rungtusanatham, M., *Coordinating product design, process design, and supply chain design decisions Part B. Coordinating approaches, tradeoffs, and future research directions*. *Journal of Operations Management* 23, 319–324, 2005.
40. Frohlick, M.T., Westbrook, R., *Arcs of integration: An international study of supply chain strategies*. *Journal of Operations Management* 19, 185–200, 2001.
41. Ganeshan, R., Jack, E., M.J., Magazine and Stephens P., *A taxonomic review of supply chain management research*, QOAM Department. The University of Cincinnati, 2000.

42. Ganeshan, R., *Managing supply chain inventories: A multiple retailer, one warehouse, multiple supplier model*. *Int. J. Production Economics* 59, 341-354, 1999.
43. Garcia-Flores, R., Wang X.Z., Goltz, G.E., *Agent-based information flow for process industries' supply chain modelling*. *Computers and Chemical Engineering* 24, 1135–1141, 2000.
44. Gentry, J.J., *The role of carriers in buyer-supplier strategic partnerships: A supply chain management approach*. *Journal of Business Logistics* 17:33-55, 1996.
45. Gérard P., Cachon., *Department of Industrial Engineering and Engineering Management, Stanford University, Stanford, California 94305*, 1997.
46. Ghodsypour, S.H., O'Brien, C., *Decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming*. *International Journal of Production Economics* 56–57, 199–212, 1998.
47. Guide Jr., V.D.R., Teunter, R.H., Van Wassenhove, L.N., *"Matching Demand and Supply to Maximize Profits from Remanufacturing," Manufacturing & Service Operations Management*, vol. 5, no. 4, 303-316, 2003.
48. Guide Jr., V.D.R., Van Wassenhove, L.N., *"Closed - loop supply chains"*. Ayers, R., Ayers, L., editors, *A Handbook of Industrial Ecology*, Edward Elgar, Northampton, MA, 497-509, 2002.
49. Guide Jr., V.D.R., Van Wassenhove, L.N., *"Managing product returns for remanufacturing," Production and Operations Management*, vol. 10, no 2, 142-155, 2001.
50. Guide Jr., V.D.R., Van Wassenhove, L.N., *Business aspects of Closed - Loop Supply Chains*, Carnegie Mellon University Press, Pittsburg, PA, 2003.
51. Guide Jr., V.D.R., Van Wassenhove, L.N., *"The reverse supply chain"*, *Harvard Business Review*, Vol. 80 No. 2, pp. 25-6, 2003.

52. Guide, Jr. V.D.R., Srivastava, R., "Inventory buffers in recoverable manufacturing," *Journal of Operations Management*, vol. 16, 551-568, 1998.
53. Guide, V.D.R., *Production planning and control for remanufacturing: Industry practice and research needs. Journal of Operations Management* 18 (4), 467–483, 2000.
54. Gunasekaran, A., Patel, C., McGaughey, R., A framework for supply chain performance measurement. *Int. J. Production Economics* 87, 333–347, 2004.
55. Gunasekaran, A., Patel, C., Tirtiroglu, E., *Performance measure and metrics in a supply chain environment*, 2001.
56. Gupta, A., Maranas, C., McDonald, C., Mid-term supply chain planning under demand uncertainty: customer demand satisfaction and inventory management. *Computers and Chemical Engineering* 24, 2613–2621, 2000.
57. Haddad, C.J., Operationalizing the concept of concurrent engineering: a case study from the U.S. auto industry. *IEEE Transactions on Engineering Management* 43 (2), 124–132, 1996.
58. Hall, Upper Saddle River, NJ. Rusinko, C.A., Exploring the use of design-manufacturing integration (DMI) to facilitate product development: a test of some practices. *IEEE Transactions on Engineering Management* 46 (1), 56–71, 1999.
59. Harland C.M., Lamming R.C., Zheng J., Johnsen T.E., A Taxonomy of Supply Networks, *J. of Supply Chain Management*, Fall, pp.21-27, 2001.
60. Harrison, M., *EPC Information Service - Data Model and Queries: University of Cambridge*, 2003.
61. Hauser, J.R., Clausing, D., The house of quality. *Harvard Business Review* 63–73, 1988.
62. Hayes, R.H., Wheelwright, S.C., Link manufacturing process and product life cycles. *Harvard Business Review* 2–9, 1979a.

63. Hayes, R.H., Wheelwright, S.C., *The dynamics of process– product life cycles*. *Harvard Business Review* 127–136, 1979b.
64. Heese, H., Cattani, K., Ferrer, G., Gilland, W., Aleda V., *Competitive advantage through take-back of used products*. *European Journal of Operational Research* 164, 143–157, 2005.
65. Higuchi, T., Troutt, M., *Dynamic simulation of the supply chain for a short life cycle product—Lessons from the Tamagotchi case*. *Computers & Operations Research* 31, 1097–1114, 2004.
66. Ho, H.H., Parsael, H.R., Wong, J.P., *Concurrent engineering: the manufacturing philosophy for the 90's*. *Computers & Industrial Engineering* 21 (1–4), 35–39, 1991.
67. Hoekstra, S.J., Romme, J.M., *Integral Logistic Structures: Developing Customer-Oriented Goods Flow*. *Industrial Press, New York, NY*, 1992.
68. Houlihan, J.B. *International Supply Chain Management*. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management* 15:22-38, 1985.
69. Huang, G., Zhang, X.Y., Liang, L., *Towards integrated optimal configuration of platform products, manufacturing processes, and supply chains*. *Journal of Operations Management* 23, 267–290, 2005.
70. Huang, G., *Design for X: Concurrent Engineering Imperatives*. *Chapman & Hall, London, UK*, 1996.
71. Huang, S.H., Uppal, M., Shi, J., *A product driven approach to manufacturing supply chain deflection*. *Supply Chain Management: An International Journal* 7 (3/4), 189–199, 2002.
72. Hult, G.T.M., Swan, K.S., *A research agenda for the nexus of product development and supply chain management processes*, 2003.
73. Hunt, I., Wall, B., Jadgev, H., *Applying the concepts of extended products and extended enterprises to support the activities of dynamic supply networks in the agri-food industry*. *Journal of Food Engineering* 70, 393–402, 2005.

74. Inderfurth, K., Jensen, T., "Analysis of MRP policies with recovery options," U. Leopold-Wildburger et al., eds. *Modeling and Decisions in Economics, Physica, Heidelberg, Germany*, 189-228, 1999.
75. Inderfurth, K., "Simple optimal replenishment and disposal policies for product recovery systems with leadtimes," *OR Spektrum*, vol. 19, 111-122, 1997.
76. Jiao, R.J., Huang, G.G.Q., Tseng, M.M., *Concurrent enterprising for mass customization. Concurrent Engineering: Research and Application* 12 (2), 83–88, 2004.
77. Joglekar, N., Rosenthal, R., *Coordination of design supply chains for bundling physical and software products. Journal of Product Innovation Management* 20 (5), 374–390, 2003.
78. Jones, T.C. and Riley, D.W. *Using Inventory for Competitive Advantage through Supply Chain Management. International Journal of Physical Distribution and Materials Management* 15:16-26, 1984.
79. Kaplan, R.S., Norton, P.D., *The balanced scoreboard measures that drives performance. Harvard Business Review* 70 (1), 71–79, 1992.
80. Kasilingam, R.G., *Logistics and Transportation—Design and Planning. Dordrecht*, 1998.
81. Kelepouris, T., Pramataris, K., *An Information Infrastructure for RFID Enabled Traceability in the Supply Chain. Eltrun Working Paper Series (www.eltrun.gr)*, 2005.
82. Keough, M., *Buying your way to the top. The McKinsey Quarterly* 3, 41–62, 1993.
83. Kerbache, L., Smith, J- M, *Queuing networks and the topological design of supply chain systems. Int. J. Production Economics* 91, 251–272, 2004.
84. Koufteros, X., Vonderembse, M., Doll, W., *Concurrent engineering and its consequences. Journal of Operations Management* 19 (1), 97–115, 2001.

85. Kraljic, P., *Purchasing must become supply management*. *Harvard Business Review* 61 (5), 109–117, 1983.
86. Kuhl, M., *Wettbewerbsvorteile durch kundenorientiertes. Supply Management*. *Deutscher Universitätsverlag Wiesbaden*, 1998.
87. La Londe, B.J. and Masters, J.M. *Emerging logistics strategies : Blueprints for the next century*. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 24:35-47, 1994.
88. La Londe, B.J. *Evolution of the Integrated Logistics Concept, from: The Logistics Handbook*. Eds. Roberson, Capcino & Howe, Free Press: New York, 1994.
89. Lambert, D.M, M.A Emmelhainz, and J.T Gardner, "Building successful logistics partnerships", *Journal of Business Logistics*, 20 (1), 165-81, 1999.
90. Lambert, D.M., Stock, J.R., Ellram, L.M., *Fundamentals*, 1998.
91. Lamming, R., Johnsen, T., Zheng, J., Harland, C., *An initial classification of supply networks*. *International Journal of Operations and Productions Management* 20 (5/6), 675–691, 2000.
92. Lamming, R., *Squaring lean supply with supply chain management* *International Journal of Operations and Production Management* 16 (2), 183–196, 1996.
93. Langley, C.J. *The Evolution of the Logistics Concept, from Logistics: The Strategic Issues*, edited by Christopher, M. 1992.
94. Lee HL, Padmanabhan V., Whang S., *Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect*. *Management Science* 43(4):546–58, 1997a.
95. Lee, H., Padmanabhan, V., Whang, S., *Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect*.
96. Lee, H., and Billington. C, "Managing supply chain inventory: Pitfalls and opportunities". *Shim Management Review*, 65-73, Spring 1992.

97. Lee, H., and C. Billington, "Material management in decentralized supply chains". *Operations Research* 41/5, 835-847, 1993.
98. Lee, H.L., Billington, C., *Managing supply chain inventory: Pitfalls and opportunities*. *Sloan Management Review* 33 (3), 65–73, 1992.
99. Lee, H.L., Padmanabhan, V., and Whang, S. *Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect*. *Management Science* 43:546-558, 1997.
100. Lee, H.L., Sasser, M.M., *Product universality and design for supply chain management*. *Production Planning & Control* 6 (3), 270–277, 1995.
101. Lee, H.L., Whang, S., *Winning the last mile of e-commerce*. *Sloan Management Review* 42 (4), 54–62, 2001.
102. Li, D., O'Brien, C., *Integrated decision modelling of supply chain efficiency*. *Int. J. Production Economics* 59, 147D157, 1999.
103. Lohtia, R., Xie, F., Subramaniam, R., *Efficient consumer response in Japan Industry concerns, current status, benefits, and barriers to implementation*. *Journal of Business Research* 57, 306– 311, 2004.
104. Magee JF, Copacino WC, Rosenfeld DB. *Modern logistics management: integrating marketing, manufacturing, and physical distribution*. New York: Wiley, 1985. pp. 42.
105. Maskell, B.H., *Performance Measurement for World Class Manufacturing*. Productivity Press, Inc., Portland, 1991.
106. Masters, J.M., Pohlen, T.L., *Evolution of the Logistics Profession, from The Logistics Handbook*. Eds. Roberson, Capcino & Howe, Free Press: New York, 1994.
107. McCarthy, I., Anagnostou, A., *The impact of outsourcing on the transaction costs and boundaries of manufacturing*. *International Journal of Production Economics* 88 (1), 61–71, 2004.
108. McGinnis, MA and Kohn, JW., *Logistics strategy, organizational environment and time competitiveness*. *Journal of Business Logistics* 14: 1–3, 1993.



109. McIvor, R., Humphreys, P., *Early supplier involvement in the design process: lessons from the Electronics Industry. OMEGA* 32 (3), 179–199, 2004.
110. Mentzer, J.T., Gomes, R., Krapfel Jr., R.E., *Physical distribution service: a fundamental marketing concept? Journal of the Academy of Marketing Science* 17 (1), 53–62, 1989.
111. Mintcheva, V., *Indicators for environmental policy integration in the food supply chain (the case of the tomato ketchup supply chain and the integrated product policy). Journal of Cleaner Production* 13, 717e731, 2005.
112. Moe, T., *Perspectives on traceability in food manufacture. Trends in Food Science and Technology*, 9, 211-214, 1998.
113. Moinszadeh, K. and Aggarwal, P.K. *An Information Based Multi-Echelon Inventory System with Emergency Orders. Operations Research* 45:694-701, 1997.
114. Nevins, J.L., Whitney, D.E., *Concurrent Design of Products and Processes: A Strategy for the Next Generation in Manufacturing. McGraw-Hill, New York*, 1989.
115. Newton, C.J., *Home delivery can make or break a B2C. Supply Chain Management Review* 5 (1), 21–24, 2001.
116. Pahl, G., Beitz, W., *Engineering Design—A Systematic Approach. Springer, London*, 1996.
117. Paich M, Sterman JD. *Boom, bust and failures to learn in experimental markets. Management Science* 1439–58, 1993.
118. Parker Th. *Total cost indicators - operational performance indicators for managing environmental efficiency. IIIIEE, Lund University*, 1998. p. 87.
119. Pasternack, B. A., *Optimal pricing and return policies for perishable commodities. Marketing Sci.* 4(2) 166-176, 1985.

120. Perea, E., Grossmann, I., Ydstie, E., Tahmassebi, T., *Dynamic modeling and classical control theory for supply chain management. Computers and Chemical Engineering* 24, 1143–1149, 2000.
121. Pillep, R., Roder, A., *Zusammenfassung der Systeminformation und Ausblick auf die weitere Entwicklung. In: Luczak, H., Eversheim, W., Stich, V. (Eds.), Marktspiegel— Supply Chain Management Software. Forschungsinstitut fur Rationalisierung, Aachen, pp. 37–50, 1999.*
122. Pine, B.J., *Mass Customization: The New Frontier in Business Competition. Harvard Business School Press, Boston, MA, 1992.*
123. Porter, M.E., *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance, Collier Macmillan, New York, 1985.*
124. Prater E., Frazier V. G. & Reyes M. P., *Future Impacts of RFID on e-supply chains in grocery retailing. Supply Chain Management: An International Journal*, 10(2), 134-142, 2005.
125. Pyke. D.F, and Cohen, M.A., "Performance characteristics of stochastic integrated production-distribution systems", *European Journal of Operational Research* 68, 23-48, 1993.
126. Randall, T., Ulrich, K., *Product variety, supply chain structure, and firm performance: analysis of the U.S. bicycle industry. Management Science* 47 (12), 1588–1604, 2001.
127. Roberts-Witt, S., *Re-inventing the supply chain. CRM Magazine*, 1–8. Cadotte, E.R., Woodruff, R.E., Jenkins, R.L., 1987. *Expectations and norms in models of consumer satisfaction. Journal of Marketing Research* 24, 305–14, 2002.
128. Roder, A., Tibken, B., *A methodology for modeling inter-company supply chains and for evaluating a method of integrated product and process documentation. European Journal of Operational Research* 169, 1010–1029, 2006.

129. Roemer, T.A., Ahmadi, R., Wang, R.H., *Time-cost trade-offs in overlapped product development. Operations Research* 48 (6), 858–865, 2000.
130. Rungtusanatham, M., Forza, C., *Coordinating product design, process design, and supply chain design decisions Part A: Topic motivation, performance implications, and article review process. Journal of Operations Management* 23, 257–265, 2005.
131. Rusinko, C.A., *Exploring the use of design-manufacturing integration (DMI) to facilitate product development: a test of some practices. IEEE Transactions on Engineering Management* 46 (1), 56–71, 1999.
132. Schroeder, R.G., John, C.A, Scudder, G.D., *White collar productivity measurement. Management Decision* 24 (5), 3–7, 1986.
133. Scott, C. and Westbrook, R. *New Strategic Tools for Supply Chain Management. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 21:22-33, 1991.
134. Simchi-Levi, D., Kaminski, P., Simchi-Levi, E., *Designing and Managing the Supply Chain. Irwin McGraw-Hill*, 2000.
135. Singh, N., *Integrated product and process design: A multi-objective modeling framework. Robotics and Computer Integrated Manufacturing* 18, 157–168, 2002.
136. Slack, N., Chambers, S., Harland, C., Harrison, A., Johnston, R., *Operations Management. Pitman Publishing, London*, 1995.
137. Slater, A. *The Significance of Industrial Logistics. International Journal of Physical Distribution* 1':70-112, 1976.
138. Smith, M., Lancioni, R., Oliva, T., *The effects of management inertia on the supply chain performance of produce-to-stock firms. Industrial Marketing Management* 34, 614– 628, 2005.

139. Srinivasan, K., Kekre, S., Mukhopadhyay, T., *Impact of electronic data interchange technology on JIT shipments. Management Science* 40:1291-1304, 1994.
140. Stevens, G.C. *Integrating the Supply Chain. International Journal of Physical Distribution & Materials Management* 19:3-8, 1989.
141. Stock, G.N., Greis, N.P., Kasarda, J.D., *Enterprise logistics and supply chain structure: The role of fit. Journal of Operations Management* 18, 531–547, 2000.
142. Sunil C, Meindl P. *Supply chain management. New Jersey: Prentice-Hall, 2001. p. 4.*
143. Tan, KC, Kannan, VR and Handfield, R., *Supply chain management: Supplier performance and firm performance. International Journal of Purchasing and Materials Management* 34: 2–9, 1998.
144. Terwiesch, C., Loch, C.H., De Meyer, A., *Exchanging preliminary information in concurrent engineering: alternative coordination strategies. Organization Science* 13 (4), 402– 419, 2002.
145. Thirumalai, S., Kingshuk K. Sinha. *Customer satisfaction with order fulfilment in retail supply chains: implications of product type in electronic B2C transactions. Journal of Operations Management* 23, 291–303, 2005.
146. Thoben, K. D., Eschenbacher, J., & Jagdev, H., *Emerging concepts in eBusiness and extended products. In J. Gasos & K.-D. Thoben (Eds.), eBusiness applications, technologies for tomorrows solutions (pp. 17–36). Springer, 2003.*
147. Thomas, D., Griffin, P., *Coordinated supply chain management. European Journal of Operational Research* 94, 1-15, 1996.
148. Toktay, B., L. Wein, Stefanos, Z., *“Inventory management of remanufacturable products,” Management Science, vol. 46, 1412-1426, 2000.*

149. Towill, D.R., *Time compression and supply chain management—a guided tour. Supply Chain Management* 1 (1), 15–27, 1996.
150. Ulrich, K.T., *The role of product architecture in the manufacturing firm. Research Policy* 24, 419–440, 1995.
151. Van der Laan, E., “The effects of remanufacturing on inventory control,” *Ph.D. Series in General Management* 28, Rotterdam School of Management, Erasmus University Rotterdam, The Netherlands, 1997.
152. Van der Laan, E., Salomon, M., Dekker, R., Van Wassenhove, L.N., “Inventory control in hybrid systems with remanufacturing,” *Management Science*, vol. 45, 733-747, 1999.
153. Van Dorp, K. J., *Tracking and Tracing: a structure for development and contemporary practices. Logistics Information Management*, 15(1), 24-33, 2002.
154. Verwijmeren, M., *Software component architecture in supply chain management. Computers in Industry* 53, 165–178, 2004.
155. Voss, G.B., Parasuraman, A., Grewal, D., *The roles of price, performance, and expectations in determining satisfaction in service exchanges. Journal of Marketing* 62, 46–61, 1998.
156. Walton, L.W. *Partnership Satisfaction: Using the underlying dimensions of supply chain partnership to measure current and expected levels of satisfaction. Journal of Business Logistics* 17:57-75, 1996.
157. Wang D, Ip W-H and Yung K-L., *A heuristic genetic algorithm for subcontractor selection in a global manufacturing environment. IEEE Trans Syst Man Cybern C* 31: 189–198, 2001.
158. Wang, G., Huang, S., Dismukes, J., *Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision-making methodology. Int. J. Production Economics* 91, 1–15, 2004.

159. Wang, J., Shu, Y-F., *Fuzzy decision modelling for supply chain management. Fuzzy Sets and Systems* 150, 107–127, 2005.
160. Wasti, S.N., Liker, J.K., *Collaborating with suppliers in product development: a U.S. and Japan comparative study. IEEE Transactions on Engineering Management* 46 (4), 444–461, 1999.
161. Whitney, D.E., *Manufacturing design. Harvard Business Review* 66, 83–91, 1988.
162. Winner, R.I., Pennell, J.P., Bertend, H.E., Slusarczunk, M.M.G., *The Role of Concurrent Engineering in Weapon System Acquisition. IDA Report R-338. Institute for Defence Systems Analysis, Alexandria, VA, 1998.*
163. Zeithaml, V.A., Parasuraman, A., Malhotra, A., *Service quality delivery through web sites: a critical review of extant knowledge. Journal of the Academy of Marketing Science* 30 (4), 362–375, 2002.
164. Zhou, Z., S., Cheng, Hu, B., *Supply chain optimization of continuous process industries with sustainability considerations. Computers and Chemical Engineering* 24, 1151–1158, 2000.