



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

**Στοιχεία Θεωρίας Μοντέλων Διαχείρισης Αποθεμάτων με
αριθμητικές εφαρμογές**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ
ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ

ΖΑΡΑΣ ΜΑΤΘΑΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Γεώργιος Ματσόπουλος, καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση της έννοιας διαχείρισης αποθεμάτων και η παρουσίαση των βασικών μοντέλων διαχείρισης που εφαρμόζονται μέχρι σήμερα. Οι βασικές έννοιες που αναλύονται θεωρητικά είναι το απόθεμα, οι τύποι των αποθεμάτων, τα στοιχεία κόστους των αποθεμάτων, η διαδικασία και οι μεθοδολογίες διαχείρισης. Συγκεκριμένα αναλύονται οι μέθοδοι διαχείρισης αποθεμάτων με κριτήρια τη γνώση ή μη της ζήτησης καθώς και το χρονικό ορίζοντα παρακολούθησης των αποθεμάτων. Στα πλαίσια της καλύτερης κατανόησης των θεωρητικών εννοιών που προαναφέρθηκαν, αναπτύσσονται σε πρακτικό επίπεδο αριθμητικά παραδείγματα για κάθε περίπτωση μοντέλου διαχείρισης. Εν συνεχεία παρουσιάζεται μια συγκριτική κατάσταση με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε μιας από τις μεθόδους που αναλύθηκαν. Τέλος, παρουσιάζονται 2 βασικές κατηγορίες πληροφοριακών συστημάτων διαχείρισης αποθεμάτων που χρησιμοποιούνται στην πράξη, αναφέροντας τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα κάθε κατηγορίας.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to analyze both the concept of inventory management and the presentation of the basic management models used today. Initially, the basic concept of inventory is analyzed including the presentation of the inventory types, inventory cost factors, process and inventory management methodologies. Then, the methodologies widely used for inventory management will be presented along with a categorization based on the knowledge or not of demand as well as the time horizon of inventory monitoring. Also, the theoretical representation is validated by the demonstration of practical numerical examples for each inventory management model. In addition, comparative tables with the advantages and disadvantages of each of the methods are presented. Finally, 2 main categories of inventory management systems will be presented along with comparative tables with the benefits and drawbacks of each category.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εκπονήθηκε στη σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου το ακαδημαϊκό έτος 2020 - 2021, στα πλαίσια της ενασχόλησής μου με το μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Τεχνο-οικονομικά Συστήματα». Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γεώργιο Ματσόπουλο, καθηγητή Ε.Μ.Π. για την καθοδήγηση και τη βοήθεια που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της εργασίας μου.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την σύζυγο μου Παναγιώτα για την αμέριστη στήριξη και συμπαράσταση που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και τα παιδιά μου Κατερίνα, Παναγιώτη και Πορφύριο για τις πολλές ώρες ψυχαγωγίας που στερήθηκαν.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2021,

Ματθαίος Ζάρας

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	1
Σκοπός της διπλωματικής εργασίας	1
Διάρθρωση διπλωματικής εργασίας	2
2. Εισαγωγή στην θεωρία των Αποθεμάτων	4
2.1 Ορισμός Αποθέματος	4
2.2 Τύποι Αποθεμάτων.....	6
2.3 Σκοπός Διατήρησης Αποθεμάτων.....	7
2.4 Στοιχεία Κόστους Αποθεμάτων	8
2.5 Συστήματα Ελέγχου Αποθεμάτων	9
3. Βασικά στοιχεία των μοντέλων Διαχείρισης Αποθεμάτων	12
3.1 Διάκριση με Κριτήριο το Χρονικό Ορίζοντα Παρακολούθησης των Αποθεμάτων	12
3.2 Διάκριση με Κριτήριο τη Γνώση ή μη της Ζήτησης.....	14
3.3 Καταλληλότητα Εφαρμογής των Μοντέλων Αποθεμάτων	14
3.4 Διάκριση μεταξύ εξαρτημένης Ζήτησης και Ανεξάρτητης.....	15
4. Αιτιοκρατικά Μοντέλα	16
4.1 Αιτιοκρατικά Μοντέλα συνεχούς επανεξέτασης	16
4.1.1 Το βασικό μοντέλο ΕΟQ.....	17
4.1.2 Το μοντέλο ΕΟQ με προγραμματισμένες ελλείψεις	19
4.1.3 Το μοντέλο ΕΟQ με εκπτώσεις βάσει ποσότητας	23
4.1.4 Παρατηρήσεις σχετικά με τα μοντέλα ΕΟQ	26
4.1.5 Μια ευρύτερη προοπτική του παραδείγματος των μπαταριών αυτοκινήτου.....	27
4.2 Αιτιοκρατικό Μοντέλα περιοδικής επανεξέτασης.....	30
4.2.1 Ένας αλγόριθμος.....	33
4.2.2 Παράδειγμα εφαρμογής του αλγόριθμου	36
5. Στοχαστικά Μοντέλα.....	39
5.1 Στοχαστικό Μοντέλο διαρκούς επανεξέτασης	39
5.1.1 Οι υποθέσεις του μοντέλου	40
5.1.2 Επιλέγοντας την ποσότητα παραγγελίας Q	41
5.1.3 Επιλέγοντας το σημείο αναπαραγγελίας R.....	42
5.2 Στοχαστικό Μοντέλο μονής περιόδου αναλώσιμων προϊόντων.....	46
5.2.1 Το μοντέλο με αρχικό επίπεδο αποθεμάτων	54

5.2.2	Το μοντέλο με μη γραμμικά κόστη.....	57
5.2.3	Μοντέλο μονής περιόδου με κόστος εγκατάστασης.....	58
5.2.4	Επίλυση όταν η κατανομή της ζήτησης είναι εκθετική	61
5.2.5	Το μοντέλο με μη γραμμικό κόστος	62
5.3	Στοχαστικό Μοντέλο περιοδικής αναθεώρησης.....	63
5.3.1	Στοχαστικό μοντέλο δύο περιόδων χωρίς κόστος εγκατάστασης	63
5.3.2	Πολυπερίοδο μοντέλο χωρίς κόστος εγκατάστασης.....	68
5.3.3	Μια παραλλαγή του πολυπεριόδου μοντέλου απογραφής χωρίς κόστος εγκατάστασης.....	69
5.3.4	Πολυπερίοδο μοντέλο με κόστος εγκατάστασης.....	70
5.3.5	Ένα πολυπερίοδο μοντέλο με παραγγελίες παρτίδων και χωρίς κόστος εγκατάστασης.....	71
6.	Σύγκριση Μοντέλων Διαχείρισης Αποθεμάτων	73
7.	Πληροφοριακά Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων.....	77
7.1	Συστήματα προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών (MRP)	79
7.1.1	Αβεβαιότητα στα MRP συστήματα	85
7.1.1.1	Αβεβαιότητα στην ζήτηση	86
7.1.1.2	Αβεβαιότητα στον χρόνο παράδοσης.....	88
7.1.1.3	Αβεβαιότητα και στην ζήτηση και στον χρόνο παράδοσης.....	88
7.2	Προγραμματισμός παραγωγικών πόρων (MRP II).....	89
7.3	Προγραμματισμός επιχειρησιακών πόρων (ERP)	92
7.4	Κριτήρια επιλογής του κατάλληλου λογισμικού	95
7.5	Σύγκριση πληροφοριακών συστημάτων	96
7.6	Λογισμικά πακέτα συστημάτων διαχείρισης αποθεμάτων.....	98
8.	Συμπεράσματα - Προοπτικές	100
8.1	Συμπεράσματα	100
8.2	Μελλοντικές επεκτάσεις.....	102
	Παράρτημα	103
	Βιβλιογραφία	104

1. Εισαγωγή

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Η διαχείριση των αποθεμάτων στις μέρες μας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες, αν όχι τη σημαντικότερη, δραστηριότητα για τη διοίκηση ενός παραγωγικού συστήματος. Όπως αναφέρεται και αναλυτικότερα στην συνέχεια, με τον όρο απόθεμα εννοούμε την ποσότητα οποιουδήποτε οικονομικού αγαθού, υλικού ή όχι, που εισάγεται στο σύστημα και υπερβαίνει την ποσότητα του αγαθού που εξάγεται από το σύστημα. Η δημιουργία αποθεμάτων μπορεί, είτε να είναι σχεδιασμένη με σκοπό να εξομαλύνει τις παρουσιαζόμενες διαφορές μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης του αγαθού, είτε να είναι αποτέλεσμα διαφόρων παραγόντων όπως κακός προγραμματισμός ή έκτακτα φαινόμενα.

Η αναγκαιότητα ύπαρξης του αποθέματος σε μια επιχείρηση οφείλεται κυρίως στην αβεβαιότητα αναφορικά με την προσφορά και τη ζήτηση του αγαθού για την κάλυψη των εκάστοτε αναγκών. Ο έλεγχος των αποθεμάτων (inventory control) είναι μια τεχνική με επιστημονικό υπόβαθρο που σκοπό έχει να παρακολουθεί την αποθηκευμένη ποσότητα του αγαθού και να λαμβάνει αποφάσεις όπως πότε και σε τι ποσότητα θα πρέπει να παραγγελθεί το υλικό. Ένα σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων θεωρείται το σύνολο των κανονισμών και ελέγχων που καθορίζουν το ύψος των αποθεμάτων, το πότε θα πρέπει τα αποθέματα να ανανεώνονται και πόσο μεγάλες θα πρέπει να είναι οι παραγγελίες που πρέπει να παραγγελθούν. Σε ένα παραγωγικό σύστημα, τα αποθέματα διακρίνονται σε πρώτες ύλες, τελικά προϊόντα, ενδιάμεσα προϊόντα και εφόδια. Αποθέματα δημιουργούνται και στις υπηρεσίες με την έννοια των υλικών αγαθών και προμηθειών που υποστηρίζουν την υπηρεσία αυτή. Ο βασικός σκοπός ενός συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων είναι να καθορίζει πρώτον πότε θα πρέπει να παραγγελθούν τα αγαθά και δεύτερον πόσο μεγάλη θα πρέπει να είναι η παραγγελία. Ορισμένες επιχειρήσεις προτιμούν να διατηρούν μακροχρόνιες σχέσεις με τους προμηθευτές τους για την ικανοποίηση των αναγκών τους πέραν του ενός έτους. Στην περίπτωση αυτή ένα σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων θα καθορίζει πότε και τι ποσότητα θα διανέμεται. Ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων, εξοικονομεί πόρους για την επιχείρηση ελαχιστοποιώντας το κόστος. Η έννοια του αποθέματος είναι γενική και δεν περιορίζεται στην περίπτωση των

πρώτων υλών, των προϊόντων και εμπορευμάτων αλλά καλύπτει ένα ευρύ φάσμα οικονομικών φαινομένων.

Σκοπός της εργασίας είναι αρχικά η αποσαφήνιση εννοιών όπως απόθεμα, τύποι αποθέματος, κόστος αποθέματος, και η παρουσίαση των κυριότερων μοντέλων διαχείρισης αποθεμάτων που εφαρμόζονται μέχρι σήμερα. Η μελέτη αυτών των μοντέλων θα γίνει με κριτήριο την γνώση η μη της ζήτησης κατηγοριοποιώντας έτσι τα μοντέλα σε στοχαστικά, στα οποία τόσο η ζήτηση όσο και ο χρόνος εκτέλεσης των εντολών - παραγγελιών παρουσιάζουν διακυμάνσεις και δεν είναι εκ των προτέρων γνωστά, και σε αιτιοκρατικά όπου η ζήτηση θεωρείται προβλέψιμη. Για καθεμία από αυτές τις κατηγορίες μοντέλων διαχείρισης θα προχωρήσουμε σε περαιτέρω ανάλυση τους χρησιμοποιώντας αυτή την φορά ως κριτήριο αναφοράς τον χρονικό ορίζοντα παρακολούθησης των αποθεμάτων, δηλαδή μοντέλα συνεχούς, περιοδικής επανεξέτασης, μονής περιόδου κτλ. Τέλος θα μελετηθούν 2 βασικές κατηγορίες πληροφοριακών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στην διαχείριση αποθεμάτων, αναλύοντας τα χαρακτηριστικά τους καθώς και τα πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα τους.

Μέσα από την ανάλυση των μοντέλων διαχείρισης αποθεμάτων και των συστημάτων απογραφής που χρησιμοποιούνται στην πράξη, στοχεύουμε στην ανάδειξη των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων τους, συμβάλλοντας στην λήψη αποφάσεων από την διοίκηση μιας επιχείρησης για την επιλογή του μοντέλου διαχείρισης που θα ακολουθήσει, αλλά και το αντίστοιχο πληροφοριακό σύστημα που θα χρησιμοποιήσει.

Διάρθρωση διπλωματικής εργασίας

Το 1^ο κεφάλαιο είναι η εισαγωγή. Στο 2^ο κεφάλαιο αποσαφηνίζονται οι όροι που σχετίζονται με την έννοια του αποθέματος, τον τύπο και το κόστος του. Αναφέρεται επίσης ο σκοπός διατήρησης τους και περιγράφονται οι 2 κατηγορίες συστημάτων ελέγχου αποθεμάτων. Στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα βασικά στοιχεία μοντέλων απογραφής, αναπτύσσοντας το θεωρητικό πλαίσιο με βάση το οποίο γίνεται η κατηγοριοποίηση αυτών των μοντέλων. Στο 4^ο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής ανάλυση των αιτιοκρατικών μοντέλων συνεχούς και περιοδικής

επανεξέτασης. Συγκεκριμένα, μελετάται το βασικό μοντέλο ΕΟQ καθώς επίσης και ειδικές περιπτώσεις εφαρμογής αυτού του μοντέλου, παρουσιάζοντας τόσο το μαθηματικό υπόβαθρο όσο και σχετικά αριθμητικά παραδείγματα ανά περίπτωση. Συνεχίζοντας στο 5^ο κεφάλαιο, γίνεται ανάλυση των στοχαστικών μοντέλων συνεχούς και περιοδικής επανεξέτασης καθώς και μονής περιόδου, παρουσιάζοντας την μαθηματική θεώρηση αυτών των μοντέλων συνοδευόμενα από αντίστοιχες αριθμητικές εφαρμογές. Επίσης εξετάζονται ειδικές περιπτώσεις αυτών των μοντέλων που εφαρμόζονται στην πράξη. Στο 6^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται ένας συγκριτικός πίνακας με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του κάθε μοντέλου, ενώ στο 7^ο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενής αναφορά στα πληροφοριακά συστήματα που χρησιμοποιούνται στην πράξη για την διαχείριση των αποθεμάτων. Τέλος στο 8^ο κεφάλαιο γίνεται η εξαγωγή των κατάλληλων συμπερασμάτων με αναφορά στις μελλοντικές τάσεις που υπάρχουν στο τομέα της διαχείρισης αποθεμάτων.

2. Εισαγωγή στην θεωρία των Αποθεμάτων

2.1 Ορισμός Αποθέματος

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση για τον έλεγχο των αποθεμάτων κρίνεται χρήσιμο να γνωρίζουμε τι είναι τα αποθέματα. Ως αποθέματα λοιπόν μπορούν να θεωρηθούν όλα εκείνα τα αγαθά που είναι δυνατόν να αποθηκευτούν για να ικανοποιηθεί κάποια τρέχουσα ή μελλοντική ανάγκη. Πρώτες ύλες, ημι-κατεργασμένα και έτοιμα προϊόντα καθώς επίσης υλικά παραγωγής και αναλώσιμα, ακόμα και ανταλλακτικά του μηχανολογικού εξοπλισμού παραγωγής αποτελούν για παράδειγμα διαφορετικές κατηγορίες αποθεμάτων για κάθε βιομηχανική εταιρεία.

Για μια τράπεζα, τα ταμειακά της διαθέσιμα αποτελούν σημαντική κατηγορία αποθεμάτων, ενώ στον χώρο της παροχής ιατρικής περίθαλψης, για κάποιο εφημερεύον νοσοκομείο οι διαθέσιμες φιάλες αίματος αποτελούν ίσως μία από τις σημαντικότερες κατηγορίες αποθεμάτων. Οι εμπορικές επιχειρήσεις, τέλος, θα πρέπει να διατηρούν αποθέματα εμπορευμάτων για να ικανοποιήσουν τη ζήτηση των πελατών τους.

Όλες οι επιχειρήσεις είναι αναγκασμένες να διατηρούν αποθέματα τα οποία μπορεί να είναι πρώτες ύλες, προϊόντα και άλλα υλικά αγαθά απαραίτητα για τις καθημερινές τους ανάγκες και δραστηριότητες. Ένα μεγάλο ποσοστό, που μπορεί να φτάνει και το 50%, του συνολικού κεφαλαίου της επιχείρησης αποτελούν τα αποθέματά της. Έτσι λοιπόν προκύπτει η ανάγκη για πιο εντατικό έλεγχο και παρακολούθηση των αποθεμάτων αφού φαίνεται να είναι ο τρόπος για την μείωση του λειτουργικού κόστους των επιχειρήσεων, όπου η εφαρμογή αυτών των ελέγχων δεν είναι και τόσο απλή διαδικασία.

Χρειάζεται λοιπόν προσοχή αφού οι ισορροπίες είναι λεπτές, από την μία η μείωση των αποθεμάτων θα έχει ως αποτέλεσμα και μείωση του κόστους, από την άλλη όμως χαμηλότερα αποθέματα σημαίνει χαμηλότερη παραγωγή και ίσως μείωση των πωλήσεων. Επίσης τα χαμηλά αποθέματα μπορεί να σημαίνουν και αύξηση της τιμής του προϊόντος και αυτό γιατί, αν η επιχείρηση διατηρεί πιο λίγα αποθέματα θα αναγκάζεται σε πιο συχνές και μικρότερες παραγγελίες πρώτων υλών με αποτέλεσμα

πιθανότητα να αυξηθεί το κόστος τους συνυπολογίζοντας και την απώλεια πολύτιμου χρόνου.

Κάθε είδος επιχείρησης ή οργανισμού επιβάλλεται να έχει ένα σύστημα προγραμματισμού και ελέγχου των αποθεμάτων του. Οι τράπεζες για παράδειγμα, έχουν μεθόδους για να προγραμματίζουν τα διαθέσιμα χρηματικά αποθέματα ώστε να καλύπτουν τη ζήτηση του χρήματος από τους καταθέτες τους, οι βιομηχανικές εταιρείες ελέγχουν τα διαθέσιμα αποθέματά τους σε πρώτες ύλες, ημι-κατεργασμένα προϊόντα και προγραμματίζουν την παραγωγή των προϊόντων τους και τις αντίστοιχες προμήθειες πρώτων υλών και υλικών. Οι εμπορικές εταιρείες προγραμματίζουν επίσης τις παραγγελίες αγορών και τα αποθέματα των προϊόντων που εμπορεύονται κ.ο.κ.

Ο προγραμματισμός όμως των αποθεμάτων για είναι σωστός και ολοκληρωμένος θα πρέπει οι προτάσεις του να δίνουν λύσεις σε κάποια συγκεκριμένα προβλήματα.

Ένα βασικό πρόβλημα είναι η επιλογή των αποθεμάτων τα οποία θα πρέπει να διατηρηθούν αφού η επιχείρηση είναι λογικό να μην έχει την δυνατότητα να διατηρεί κάθε είδους αποθέματα. Εξαρτάται λοιπόν από το πόσο απαραίτητα είναι αυτά για την επιχείρηση. Σε μια τράπεζα για παράδειγμα τα αναλώσιμα υλικά όπως χαρτιά για αποδείξεις ή για εκτυπωτές είναι απαραίτητα και αναγκάζουν την τράπεζα να διατηρεί πάντα αποθέματα ενώ σε άλλου είδους επιχείρηση αυτά τα υλικά ίσως να μην αποτελούν βασικό συστατικό για την λειτουργία της. Τα χαρακτηριστικά λοιπόν της επιχείρησης και οι δραστηριότητές της καθορίζουν την σπουδαιότητα των αποθεμάτων ώστε να γίνεται συστηματικός έλεγχος.

Ένα δεύτερο βασικό πρόβλημα είναι η επιλογή των προμηθευτών δηλαδή από πού και πώς θα γίνει ο εφοδιασμός των πρώτων υλών. Υπάρχουν ορισμένοι παράγοντες ποιοτικοί όπως η ποιότητα των προϊόντων και η αξιοπιστία του προμηθευτή αλλά και οικονομικοί όπως το κόστος παραγωγής ή το κόστος αγοράς των πρώτων υλών που μπορούν να επηρεάσουν μια επιχείρηση, όσο αφορά στην επιλογή της μεθόδου του εφοδιασμού ή ακόμα και παραγωγή του συγκεκριμένου προϊόντος στην επιχείρηση.

Άλλο ένα πρόβλημα που αποτελεί κι ένα από τα βασικά στοιχεία της πολιτικής ελέγχου των αποθεμάτων είναι ο καθορισμός του σωστού χρόνου, δηλαδή πότε θα γίνει ο εφοδιασμός και αντίστοιχα θα αρχίσει η παραγωγή του προϊόντος. Η πιο δοκιμασμένη λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι ο καθορισμός του σημείου

παραγγελίας. Ως σημείο παραγγελίας εννοείται η ελάχιστη ποσότητα που πρέπει να πέσει το επίπεδο των αποθεμάτων ώστε να γίνει μια νέα παραγγελία ή αντίστοιχα να αρχίσει η παραγωγή μιας νέας παρτίδας προϊόντος.

Τέλος ένα βασικό πρόβλημα του προγραμματισμού των αποθεμάτων αφορά τον καθορισμό της ποσότητας που πρέπει να παραχθεί ή να αγοραστεί για κάθε προϊόν. Η ποσότητα που κάθε φορά θα πρέπει να παραγγελθεί και να παραχθεί είναι αποτέλεσμα της ανάλυσης αρκετών παραγόντων, όπως η ζήτηση που έχει το προϊόν στην αγορά, το κόστος των παραγγελιών, καθώς και το κόστος διατήρησης και ελέγχου των αποθεμάτων.

2.2 Τύποι Αποθεμάτων

Τα αποθέματα ανάλογα με την αιτία δημιουργίας τους ταξινομούνται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Κυκλικά αποθέματα.** Τα αποθέματα αυτά καλύπτουν τη ζήτηση σε συνθήκες βεβαιότητας κατά τις οποίες μπορεί να υπολογιστεί η ζήτηση και ο χρόνος καθυστέρησης, αυτός είναι που δημιουργεί και τα αποθέματα. Δηλαδή αν έχουμε ένα ρυθμό πωλήσεων 20 μονάδες προϊόντος για κάθε ημέρα και ο χρόνος καθυστέρησης είναι 10 μέρες τότε έχοντας σταθερή ζήτηση και χρόνο καθυστέρησης προγραμματίζονται οι παραγγελίες να διανεμηθούν όταν πωληθούν όλες οι μονάδες και η επιχείρηση δεν χρειάζεται άλλο απόθεμα από το κυκλικό.
- **Αποθέματα σε μεταφορά.** Αυτά τα αποθέματα είναι ένα μέρος του κυκλικού αποθέματος παρόλο που δεν είναι διαθέσιμα για πώληση, απλά είναι τα αποθέματα που μεταφέρονται από μία εγκατάσταση σε μία άλλη. Αν θέλουμε να υπολογίσουμε το κόστος διαχείρισης για αυτά τα αποθέματα τότε τα θεωρούμε ως αποθέματα της εγκατάστασης που μεταφέρθηκαν.
- **Αποθέματα ασφαλείας.** Τα αποθέματα αυτά δεν έχουν σχέση με τα κυκλικά αποθέματα αλλά είναι ένα κομμάτι του μέσου αποθέματος που χρησιμεύει για την κάλυψη βραχυχρόνιων, κυρίως, αποκλίσεων της ζήτησης και του χρόνου

καθυστερήσης δηλαδή διατηρείται για περιόδους αβεβαιότητας της ζήτησης και του χρόνου καθυστέρησης. Όπου μέσο απόθεμα ισούται με το απόθεμα ασφαλείας συν τη μισή ποσότητα παραγγελίας. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι τέτοιες συνθήκες βεβαιότητας είναι συχνές και η επιχείρηση καλείται να εκτιμήσει την ζήτηση.

- **Αποθέματα κερδοσκοπίας.** Τα αποθέματα αυτά δεν χρησιμοποιούνται σε κανονικές συνθήκες αλλά υπάρχουν ώστε να μπορεί η επιχείρηση να αγοράσει μεγαλύτερη ποσότητα πρώτων υλών αν πρόκειται να αυξηθούν οι τιμές τους, ώστε να κερδίσει από την τωρινή χαμηλότερη τιμή ή αν έχει πληροφορίες ότι θα υπάρξει έλλειψη.
- **Νεκρά αποθέματα.** Είναι τα αποθέματα τα οποία δεν πρόκειται να γνωρίσουν ζήτηση ποτέ και θα πρέπει να απομακρυνθούν από τους χώρους της επιχείρησης.

2.3 Σκοπός Διατήρησης Αποθεμάτων

Η διαχείριση των αποθεμάτων αποτελεί μια από τις σημαντικές λειτουργίες σε ένα παραγωγικό σύστημα για διάφορους λόγους. Αν η ζήτηση ενός προϊόντος ήταν γνωστή τότε η επιχείρηση θα μπορούσε να παράγει το προϊόν αυτό σε τέτοια ποσότητα έτσι ώστε να αντιστοιχεί ακριβώς στη ζήτηση. Επειδή όμως στην πραγματικότητα η ζήτηση είναι σπάνια γνωστή, με τη διατήρηση τελικών αποθεμάτων δίνεται η δυνατότητα στην επιχείρηση να αποσυνδέσει το παραγωγικό σύστημα από τη ζήτηση και να αντιμετωπίσει τυχόν μεταβολές της.

Συνεπώς, η δημιουργία αποθεμάτων συμβάλλει στην επιτάχυνση και βελτίωση της έγκαιρης παράδοσης των προϊόντων μειώνοντας τις πιθανότητες μη εκπλήρωσης μίας παραγγελίας ή καθυστερημένης παράδοσης. Η ύπαρξη αποθεμάτων πρώτων υλών και ενδιάμεσων προϊόντων εξασφαλίζει τη συνεχή τροφοδοσία του παραγωγικού συστήματος και την ομαλή ροή της παραγωγής, χωρίς να επηρεάζεται από καθυστερήσεις των προμηθευτών. Επίσης εξασφαλίζει την ανεξάρτητη λειτουργία των παραγωγικών σταδίων, την αύξηση του ρυθμού παραγωγής και τη μείωση του

κόστους παραγωγής. Για παράδειγμα, με την διατήρηση αποθεμάτων μειώνεται το κόστος αλλαγής μιας μηχανής από την παραγωγή ενός προϊόντος στην παραγωγή ενός άλλου.

Κάθε καινούργια παραγγελία συνεπάγεται κόστος για την επιχείρηση το οποίο δεν εξαρτάται από την ποσότητα της παραγγελίας. Συνεπώς όσο μεγαλύτερη είναι η παραγγελία, τόσο μικρότερος θα είναι ο συνολικός αριθμός των παραγγελιών και συνεπώς τόσο μικρότερο το κόστος αυτών. Τέλος, μια επιχείρηση με τη διατήρηση αποθεμάτων έχει τη δυνατότητα να μειώσει τις πληρωμές της σε προμηθευτές, κάνοντας μεγαλύτερες παραγγελίες σε περιόδους που οι τιμές των προμηθευτών είναι χαμηλές.

2.4 Στοιχεία Κόστους Αποθεμάτων

Για την λήψη αποφάσεων σχετικά με το ύψος των αποθεμάτων, η επιχείρηση θα πρέπει να λάβει υπ' όψιν τα ακόλουθα κόστη:

α) Κόστος διατήρησης αποθέματος, το οποίο περιλαμβάνει :

- Το κόστος αποθηκευτικού χώρου
- Το κόστος δεσμευμένου κεφαλαίου
- Το κόστος ασφάλισης αποθέματος
- Το κόστος απαρχαίωσης αποθέματος και
- Το κόστος του χειρισμού του κατά την αποθήκευση και τη μεταφορά του.

Ειδικότερα το κόστος δεσμευμένου κεφαλαίου, προκύπτει επειδή η επιχείρηση αναγκάζεται να επενδύσει τα κεφάλαιά της για τη διατήρηση αποθεμάτων έναντι των άλλων εναλλακτικών χρήσεων των κεφαλαίων της. Το κόστος του δεσμευμένου κεφαλαίου είναι πάντα ίσο ή μεγαλύτερο της απόδοσης που θα είχε η επιχείρηση εάν είχε επενδύσει τα κεφάλαιά της σε χρηματοοικονομικά προϊόντα πολύ χαμηλού κινδύνου.

β) Κόστος προμήθειας αποθέματος, το οποίο περιλαμβάνει :

- Το σταθερό κόστος για την τοποθέτηση μιας παραγγελίας στους προμηθευτές της επιχείρησης
- Το κόστος αγοράς του αποθέματος από αυτούς

- Το κόστος προετοιμασίας της παραγωγικής διαδικασίας στην περίπτωση που η επιχείρηση δεν προμηθεύεται τα σχετικά προϊόντα αλλά τα παράγει χρησιμοποιώντας δικές της εγκαταστάσεις
- γ) Κόστος έλλειψης/ μη ικανοποίησης της ζήτησης.
- Αν εξαντληθούν τα αποθέματα ενός προϊόντος, η επιχείρηση είναι υποχρεωμένη να καθυστερήσει ή να ακυρώσει την παραγγελία χάνοντας με τον τρόπο αυτό κέρδος αλλά και φήμη.

2.5 Συστήματα Ελέγχου Αποθεμάτων

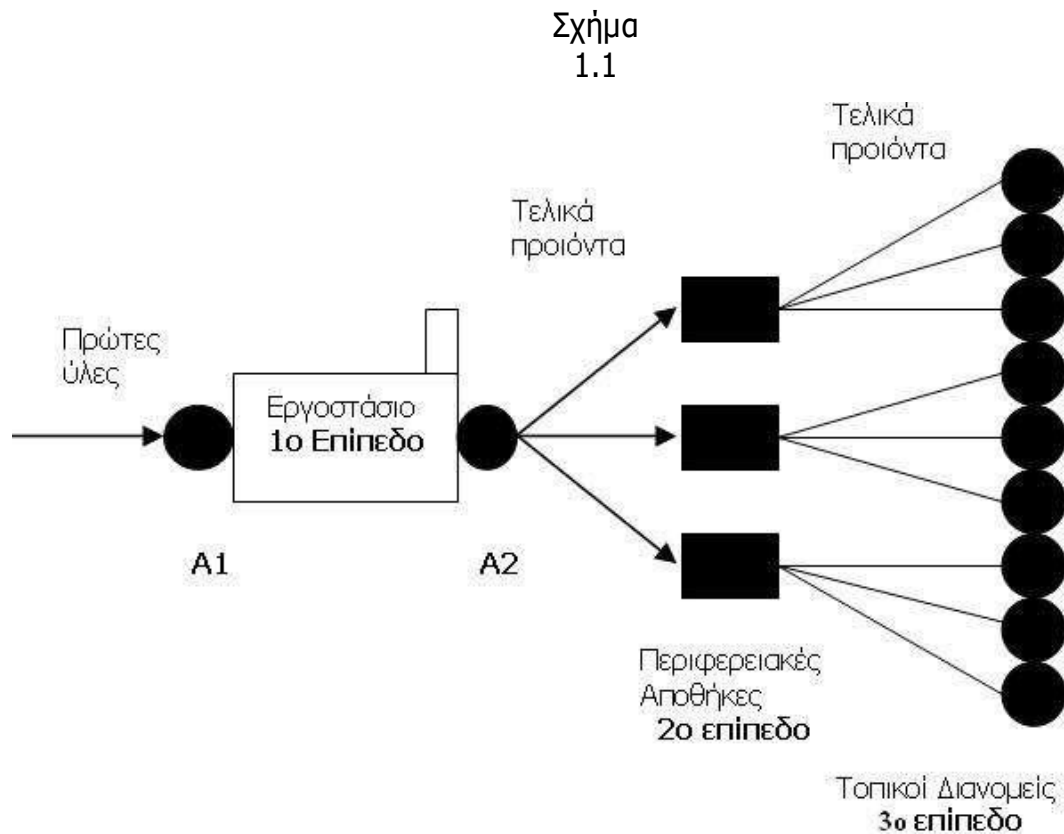
Ανακεφαλαιώνοντας τα παραπάνω, υπάρχουν τρεις βασικοί λόγοι για τους οποίους απαιτείται η αποθεματοποίηση του προϊόντος μιας επιχείρησης:

1. Η ικανοποίηση της ζήτησης σε συνθήκες αβεβαιότητας με το μικρότερο δυνατό κόστος.
2. Η αντιμετώπιση εκτάκτων καταστάσεων.
3. Η κερδοσκοπία (σε περιπτώσεις ελλείψεων ή αύξησης της τιμής πρώτων υλών)

Διακρίνουμε 2 μεγάλες κατηγορίες συστημάτων ελέγχου αποθεμάτων:

- A. Συστήματα διανομής εμπορευμάτων
- B. Συστήματα μεταποιητικών διαδικασιών

Α. Συστήματα διανομής εμπορευμάτων



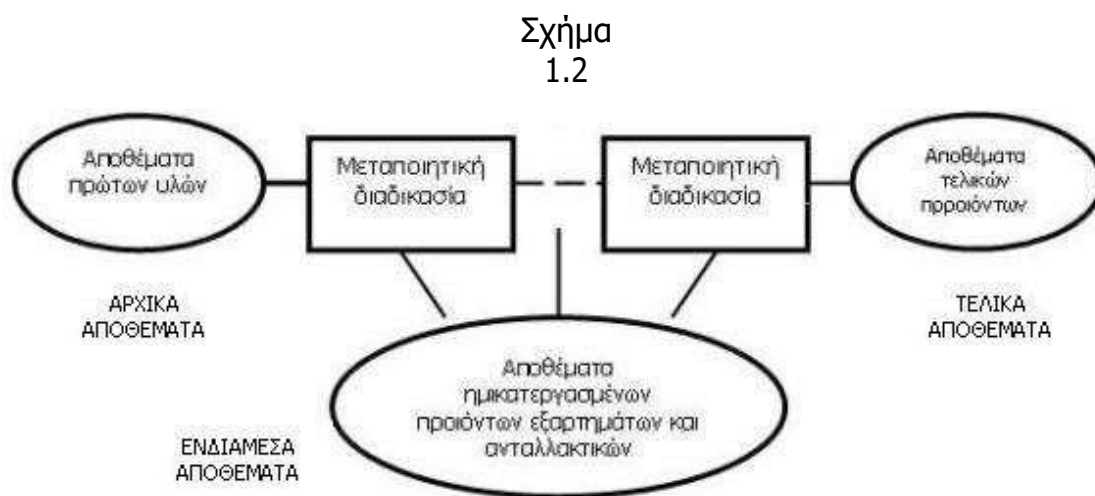
Σε αυτού του είδους τα συστήματα διακρίνουμε συνήθως τρία υποσυστήματα.

1. Το εργοστάσιο που δέχεται ως εισροές πρώτες ύλες και παράγει ως εκροές τελικά προϊόντα.
2. Ένα σύνολο από περιφερειακές αποθήκες οι οποίες δέχονται ως εισροές τα τελικά προϊόντα του εργοστασίου.
3. Ένα σύνολο από τοπικές μονάδες λιανικού εμπορίου οι οποίες δέχονται ως εισροές τελικά προϊόντα από τις περιφερειακές αποθήκες.

Στο πολυεπίπεδο σύστημα διανομής, πέραν των επιπέδων 2 και 3 (σχήμα 1.1) στα οποία οι αποθεματοποιήσεις λαμβάνουν χώρα κυρίως για την ικανοποίηση της ζήτησης, πραγματοποιούνται αποθεματοποιήσεις και στο επίπεδο 1. Αυτές αφορούν είτε την αποθήκευση κατάλληλων ποσοτήτων πρώτων υλών για την αντιμετώπιση ειδικών αναγκών της παραγωγικής διαδικασίας, όπως για παράδειγμα ενεργοποίηση

διαδικασίας παραγωγής ενός νέου προϊόντος ή αλλαγές στην «αλυσίδα» παραγωγής (σημείο A1 στο σχήμα 1) ή στην αποθήκευση αρκετά μεγάλων ποσοτήτων του τελικού προϊόντος (σημείο A2 στο σχήμα 1) σε χώρους του εργοστασίου ώστε να επιτυγχάνονται οικονομίες κλίμακας κατά την μεταφορά του τελικού προϊόντος από το εργοστάσιο στις περιφερειακές αποθήκες

Β. Συστήματα μεταποιητικών διαδικασιών



Στις περισσότερες περιπτώσεις τέτοιων συστημάτων έχουμε τη δημιουργία αποθεμάτων μεταξύ των διαδοχικών επιπέδων (σχήμα 1.2). Κρίνεται λοιπόν αναγκαία η αποθεματοποίηση τόσο πρώτων υλών, όσο και ημι-κατεργασμένων προϊόντων ακόμα και εξαρτημάτων ή ανταλλακτικών που χρησιμοποιούνται στις διάφορες μεταποιητικές διαδικασίες, σε κατάλληλες ποσότητες για τη σωστή λειτουργία και αποδοτικότητα του συστήματος. Το ύψος των αποθεμάτων που δημιουργούνται στα ενδιάμεσα διαδοχικά επίπεδα εξαρτάται από τους ρυθμούς παραγωγής των επιπέδων αυτών και από τις νεκρές τους περιόδους, αν αυτές υπάρχουν.

3. Βασικά στοιχεία των μοντέλων Διαχείρισης Αποθεμάτων

3.1 Διάκριση με Κριτήριο το Χρονικό Ορίζοντα Παρακολούθησης των Αποθεμάτων

Ο προσδιορισμός μιας πολιτικής για τη διαχείριση των αποθεμάτων μιας επιχείρησης συνίσταται στον προσδιορισμό του χρόνου τοποθέτησης μιας νέας παραγγελίας, καθώς και της ποσότητας που θα πρέπει να παραγγελθεί κάθε φορά. Η απόφαση που θα παρθεί για μια παραγγελία θα έχει επιπτώσεις σε όλες τις επόμενες παραγγελίες και συνεπώς σε όλη τη διαχείριση αποθέματος από τη στιγμή εκείνη. Επιπρόσθετα κάθε σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους. Για τον προσδιορισμό των βασικών μεγεθών «πότε, πόσο» που καθορίζουν τους βασικούς κανόνες λειτουργίας του συστήματος είναι σημαντική η γνώση των στοιχείων κόστους. Όλα τα μοντέλα χρησιμοποιούν ως αντικειμενική συνάρτηση το συνολικό κόστος αποθέματος μέσα σε μία ορισμένη χρονική περίοδο. Η συνάρτηση αυτή περιλαμβάνει όλες τις δαπάνες που μεταβάλλονται μόλις αλλάξει η πολιτική διαχείρισης που εφαρμόζεται.

Επίσης, τα μοντέλα με τα οποία θα ασχοληθούμε προσπαθούν να δώσουν απάντηση στα εξής ερωτήματα:

- i. Πόση ποσότητα προϊόντος πρέπει να παραγγέλνεται κάθε φορά, ώστε να ανανεώνεται το απόθεμα (πόσο)
- ii. Πότε πρέπει να παραγγέλνεται η παραπάνω ποσότητα (πότε). Το πότε πρέπει να γίνει μία παραγγελία εξαρτάται από τη στάθμη του αποθέματος.

Ο έλεγχος της στάθμης του αποθέματος γίνεται με 2 βασικούς τρόπους:

a) Με συνεχή έλεγχο των αποθεμάτων (continuous inventory models) «**Μοντέλα Συνεχούς Επιθεώρησης**» τα οποία παρουσιάζουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Ο χρόνος θεωρείται συνεχής
- Η χρονική στιγμή στην οποία γίνεται η παραγγελία (σημείο νέας παραγγελίας, reorder point) είναι η στιγμή όπου η στάθμη του

αποθέματος πέφτει σε κάποιο προκαθορισμένο, από την εταιρεία, επίπεδο.

- Οι εντολές παραγγελίας ενεργοποιούνται όταν το απόθεμα φτάσει στο προκαθορισμένο από την εταιρεία επίπεδο, με στόχο την ανανέωση των αποθεμάτων. Το γεγονός αυτό μπορεί να συμβεί οποιαδήποτε στιγμή ανάλογα με τη ζήτηση για το υλικό αυτό.
- Υπάρχει διαρκής καταγραφή του επιπέδου αποθεμάτων.
- Η παραγγελία που δίνεται, ορίζεται για ένα σταθερό ποσό που ελαχιστοποιεί τις συνολικές δαπάνες αποθεμάτων. Αυτό το ποσό καλείται οικονομική ποσότητα παραγγελίας (ΟΠΠ).
- Βασικό πλεονέκτημα ενός συνεχούς συστήματος επιθεώρησης είναι ότι το επίπεδο αποθεμάτων ελέγχεται συνεχώς, και κατά συνέπεια η επιχείρηση γνωρίζει την κατάστασή τους κάθε χρονική στιγμή. Αυτό είναι συμφέρον για τα κρίσιμα προϊόντα όπως τα ανταλλακτικά ή οι πρώτες ύλες και οι προμήθειες (περισσότερα στον Πίνακα 2, κεφάλαιο 7).
- Βασικό μειονέκτημα μπορεί να θεωρηθεί το γεγονός ότι η διατήρηση ενός συνεχούς αρχείου της ποσότητας αποθεμάτων είναι μια δαπανηρή υπόθεση τόσο οικονομικά όσο και χρονικά (περισσότερα στον Πίνακα 2, κεφάλαιο 7).

b) Με έλεγχο των αποθεμάτων ανά τακτά χρονικά διαστήματα (periodic inventory models) - «**Μοντέλα Περιοδικής Επιθεώρησης**» τα οποία παρουσιάζουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

- Ο χρόνος θεωρείται διακριτός
- Η στάθμη του αποθέματος ελέγχεται σε τακτά χρονικά διαστήματα με αποτέλεσμα οι νέες παραγγελίες να γίνονται μόνο είτε στην αρχή είτε στο τέλος αυτών των χρονικών διαστημάτων για παράδειγμα κάθε εβδομάδα ή στο τέλος κάθε μήνα.
- Οι καταμετρήσεις του αποθέματος γίνονται αποκλειστικά σε περιόδους αναθεωρήσεων, εξαλείφοντας με τον τρόπο αυτό την ανάγκη της διαρκούς τήρησης αρχείων αποθεμάτων.

- Βασικό μειονέκτημά τους όμως είναι ο λιγότερο άμεσος έλεγχος και κατά συνέπεια τα συστήματα αυτά διατηρούν συνήθως μεγαλύτερα επίπεδα αποθεμάτων ώστε να προστατευθούν από απροσδόκητες ελλείψεις σε προϊόντα (περισσότερα στον Πίνακα 2, κεφάλαιο 7).
- Το ύψος της παραγγελίας διαφέρει συνήθως κάθε φορά που γίνεται μια περιοδική παραγγελία.

3.2 Διάκριση με Κριτήριο τη Γνώση ή μη της Ζήτησης

Μία άλλη σημαντική παράμετρος που πρέπει να αναφερθεί είναι ο παράγοντας της ζήτησης. Σε κάθε περίπτωση η ακριβής πρόβλεψη – γνώση της ζήτησης αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα για την επίτευξη αποτελεσματικής διαχείρισης των αποθεμάτων. Βάση της ζήτησης τα μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων διακρίνονται σε: αιτιοκρατικά (deterministic) μοντέλα όπου η ζήτηση είναι προβλέψιμη και σε στοχαστικά (stochastic) μοντέλα όπου υπάρχει αβεβαιότητα στη ζήτηση.

Επίσης, τα μοντέλα περιοδικής επιθεώρησης διακρίνονται βάσει της ζήτησης σε μοντέλα αμετάβλητης ζήτησης (δηλαδή μοντέλα όπου η ζήτηση είναι η ίδια για όλες τις περιόδους όπου χωρίζεται ο χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού) και σε μοντέλα μεταβλητής ζήτησης, δηλαδή μοντέλα όπου η ζήτηση μεταβάλλεται στις διάφορες περιόδους.

3.3 Καταλληλότητα Εφαρμογής των Μοντέλων Αποθεμάτων

Τα προαναφερθέντα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων εφαρμόζονται για διαχείριση αποθεμάτων επιχειρήσεων διαφορετικού τύπου. Συγκεκριμένα, τα συστήματα σταθερής ποσότητας παραγγελίας προτιμούνται για πιο ακριβά υλικά που έχουν μικρότερα αποθέματα. Επίσης, είναι πιο κατάλληλα για υλικά σημαντικά στην παραγωγική διαδικασία (π.χ. ανταλλακτικά), καθώς υπόκεινται σε αυστηρό έλεγχο και συνεπώς υπάρχει πιο γρήγορη αντίδραση σε περιπτώσεις εξάντλησης τους. Απαιτούν, ωστόσο, περισσότερο χρόνο για τη συντήρησή τους, καθώς για κάθε προσθήκη ή άντληση αποθέματος θα πρέπει να γίνεται η σχετική ενημέρωση. Από την άλλη πλευρά, τα συστήματα σταθερής περιόδου παραγγελίας διατηρούν

μεγαλύτερα αποθέματα κατά μέσο όρο γιατί θα πρέπει να προλαμβάνουν τυχόν ελλείψεις κατά την περίοδο αναθεώρησης.

3.4 Διάκριση μεταξύ εξαρτημένης Ζήτησης και Ανεξάρτητης

Όπως ήδη προαναφέραμε η ακριβής πρόβλεψη – γνώση της ζήτησης αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα για την επίτευξη αποτελεσματικής διαχείρισης των αποθεμάτων. Για τη διαχείριση αποθεμάτων, είναι σημαντική η κατανόηση της διαφοράς μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητης ζήτησης. Στην περίπτωση της ανεξάρτητης ζήτησης, η ζήτηση για διάφορα προϊόντα είναι ανεξάρτητη η μια με την άλλη. Δηλαδή, μια παραγωγική μονάδα μπορεί να παράγει διάφορα αντικείμενα που δεν σχετίζονται μεταξύ τους αλλά αντιμετωπίζουν κάποια εξωτερική ζήτηση. Στην περίπτωση της εξαρτημένης ζήτησης, η ανάγκη για ένα αντικείμενο είναι αποτέλεσμα της ανάγκης για κάποιο άλλο, συνήθως σε υψηλότερο επίπεδο της παραγωγικής διαδικασίας.

Η εξαρτημένη ζήτηση είναι σχετικά εύκολο να προσδιοριστεί με βάση τη ζητούμενη ποσότητα του αντικειμένου από το οποίο εξαρτάται. Για παράδειγμα, αν μια βιομηχανία αυτοκινήτων σχεδιάζει να παράγει 1000 αυτοκίνητα, είναι φανερό ότι θα χρειαστεί 5000 τροχούς, συμπεριλαμβανομένου και της ρεζέρβας. Η ζήτηση για τροχούς δεν είναι ανεξάρτητη αλλά προσδιορίζεται από το ύψος της παραγωγής αυτοκινήτων. Η ζήτηση όμως για αυτοκίνητα είναι ανεξάρτητη και δε σχετίζεται με τη ζήτηση κάποιου άλλου προϊόντος.

Για τον καθορισμό της ποσότητας παραγωγής ανεξάρτητων αντικειμένων, οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν διάφορες μεθόδους όπως έρευνα αγοράς, μεθόδους προβλέψεις κ.α. Εξαιτίας της αβεβαιότητας της ανεξάρτητης ζήτησης, είναι απαραίτητη η διατήρηση επιπλέον μονάδων αποθέματος στα προϊόντα αυτά.

4. Αιτιοκρατικά Μοντέλα

4.1 Αιτιοκρατικά Μοντέλα συνεχούς επανεξέτασης

Η πιο κοινή κατάσταση απογραφής που αντιμετωπίζουν οι εταιρίες είναι όταν τα επίπεδα των αποθεμάτων εξαντλούνται με την πάροδο του χρόνου και στη συνέχεια ανανεώνονται με την άφιξη νέων μονάδων.

Ένα απλό μοντέλο που αντιπροσωπεύει αυτή την κατάσταση είναι το **μοντέλο οικονομικής ποσότητας παραγγελίας**, ή, για συντομία, **μοντέλο ΕΟQ**.

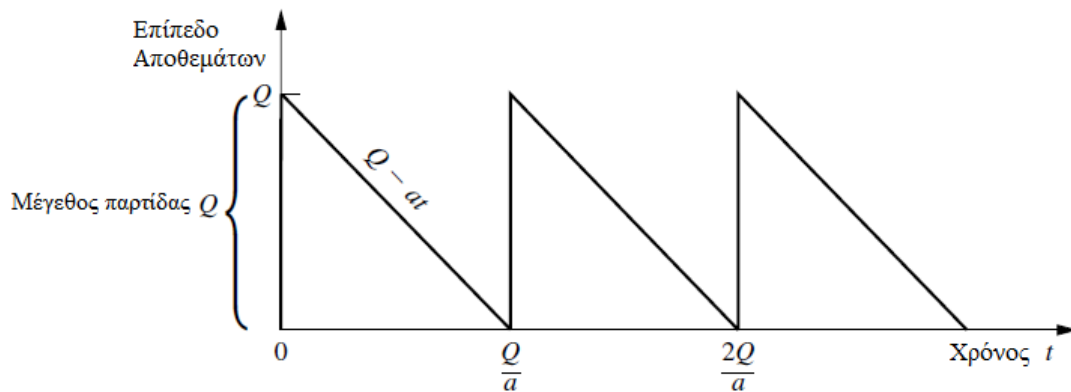
Μονάδες του υπό εξέταση προϊόντος θεωρούνται ότι αποσύρονται από το απόθεμα συνεχώς με ένα γνωστό σταθερό ρυθμό, ο οποίος συμβολίζεται με **a**. Είναι επίσης δεδομένο ότι, τα αποθέματα αναπληρώνονται όταν απαιτείται (είτε μέσω αγοράς ή παραγωγής) με μια παρτίδα σταθερού μεγέθους (**Q**), όπου όλες οι **Q** μονάδες φτάνουν ταυτόχρονα στην επιθυμητή ώρα. Για το βασικό μοντέλο ΕΟQ τα κόστη που λαμβάνονται υπόψη είναι:

- a) **K** = κόστος ρύθμισης για την παραγγελία μιας παρτίδας,
- b) **c** = κόστος ανά μονάδα παραγωγής ή προμήθειας κάθε μονάδας
- c) **h** = κόστος εκμετάλλευσης ανά μονάδα και ανά μονάδα χρόνου που αποθηκεύτηκε.

Στόχος είναι να προσδιοριστεί πότε και κατά πόσο πρέπει να αναπληρωθούν τα αποθέματα ώστε να ελαχιστοποιηθεί το κόστος ανά μονάδα χρόνου.

Υποθέτουμε πως έχουμε συνεχή αναθεώρηση, ώστε τα αποθέματα να ανανεώνονται κάθε φορά που εξαντλούνται. Επίσης θα υποθέσουμε ότι οι ελλείψεις δεν επιτρέπονται. Με τη σταθερή ζήτηση, οι ελλείψεις μπορούν να αποφευχθούν αναπληρώνοντας τα αποθέματα κάθε φορά που το επίπεδο τους πέφτει στο μηδέν, κάτι που θα ελαχιστοποιήσει το κόστος εκμετάλλευσης.

Το σχήμα 1 απεικονίζει τα επίπεδα των αποθεμάτων με την πάροδο του χρόνου, ξεκινώντας σε χρόνο 0 με την παραγγελία της πρώτης παρτίδας **Q** μονάδων προκειμένου να αυξηθεί το αρχικό επίπεδο απογραφής από 0 έως **Q**, και στη συνέχεια, επαναλαμβάνεται αυτή η διαδικασία κάθε φορά που το επίπεδο αποθεμάτων πέφτει κάτω από μηδέν.



Διάγραμμα 1

Επίπεδα αποθεμάτων συναρτήσει του χρόνου για το βασικό μοντέλο ΕΟQ

4.1.1 Το βασικό μοντέλο ΕΟQ

Συνοψίζοντας, επιπλέον στα έξοδα που αναφέρονται παραπάνω, το βασικό μοντέλο ΕΟQ κάνει τις ακόλουθες παραδοχές.

1. Το ποσοστό ζήτησης των μονάδων ανά μονάδα χρόνου είναι σταθερό.
2. Η ποσότητα παραγγελίας (Q) που αναπληρώνει το απόθεμα παραλαμβάνεται μόνο όταν είναι επιθυμητό, δηλαδή όταν είναι 0.
3. Προβλεπόμενες ελλείψεις δεν επιτρέπονται.

Όσον αφορά την υπόθεση 2, υπάρχει συνήθως μια καθυστέρηση όταν πραγματοποιείται μια παραγγελία μέχρι να γίνει η παραλαβή της. Ο χρόνος μεταξύ μιας παραγγελίας και παραλαβή της αναφέρεται ως χρόνος παράδοσης. Το επίπεδο των αποθεμάτων στο οποίο τοποθετείται παραγγελία ονομάζεται σημείο αναπαραγγελίας. Για να ικανοποιηθεί η υπόθεση 2, το σημείο αναπαραγγελίας καθορίζεται από το γινόμενο του ποσοστού ζήτησης και του χρόνου παράδοσης.

Ο χρόνος μεταξύ διαδοχικών ανατροφοδοτήσεων των αποθεμάτων (κάθετες γραμμές στο Διάγραμμα 1) αναφέρεται ως ένας κύκλος. Έτσι για παράδειγμα στην παραγωγή ενός εξαρτήματος αυτοκινήτου, ένας κύκλος μπορεί να θεωρηθεί ως ο χρόνος της περιόδου παραγωγής. Έτσι, εάν 24.000 εξαρτήματα παράγονται σε κάθε περίοδο παραγωγής και χρησιμοποιούνται σε ποσοστό 8.000 ανά μήνα, τότε το μήκος του κύκλου είναι 3 μήνες. Γενικά, το μήκος κύκλου είναι Q/a .

Το συνολικό κόστος ανά μονάδα χρόνου T προκύπτει από τα παρακάτω.

Παραγωγή ή κόστος παραγγελίας ανά κύκλο = $K + cQ$.

Το μέσο επίπεδο των αποθεμάτων κατά τη διάρκεια ενός κύκλου είναι: $(Q + 0)/2 = Q/2$ μονάδες, και το αντίστοιχο κόστος είναι $hQ/2$ ανά μονάδα χρόνου, επειδή το μήκος κύκλου είναι Q/a .

Το κόστος φύλαξης ανά κύκλο είναι: $hQ^2/2a$. Ως εκ τούτου, το συνολικό κόστος ανά κύκλο είναι: $K + cQ + hQ^2/2a$ και το συνολικό κόστος ανά μονάδα χρόνου είναι:

$$T = \frac{K + cQ + (hQ^2/2a)}{Q/a} = \frac{\alpha K}{Q} + \alpha c + \frac{hQ}{2}$$

Η τιμή του Q , δηλαδή Q^* , που ελαχιστοποιεί το T μηδενίζοντας την πρώτη παράγωγο (σημειώνοντας ότι η δεύτερη παράγωγος είναι θετική) είναι:

$$\frac{dT}{dQ} = -\frac{\alpha K}{Q^2} + \frac{h}{2} = 0$$

έτσι ώστε,

$$Q^* = \sqrt{\frac{2\alpha K}{h}} \text{ που είναι η γνωστή εξίσωση ΕΟQ.}$$

Η αντίστοιχη εξίσωση για το χρόνο κύκλου, δηλαδή t^* , είναι:

$$t^* = \frac{Q^*}{\alpha} = \sqrt{\frac{2\alpha K}{\alpha h}}$$

Είναι ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε ότι τα Q^* και t^* αλλάζουν, όταν έχουμε μια αλλαγή σε K , h , ή α . Όσο το κόστος ρύθμισης K αυξάνει, τόσο τα Q^* και t^* αυξάνονται. Όταν η μονάδα του κόστους εκμετάλλευσης h αυξάνει, τόσο Q^* και t^* μειώνονται (μικρότερα επίπεδα αποθέματος). Όταν το ποσοστό της ζήτησης α αυξάνεται, τότε το Q^* αυξάνεται (μεγαλύτερες παρτίδες) αλλά το t^* μειώνεται (πιο συχνές αναπληρώσεις).

Αυτοί οι τύποι για τα Q^* και t^* θα εφαρμοστούν για ένα παράδειγμα παραγωγής μπαταριών αυτοκινήτου από μια αυτοκινητοβιομηχανία. Τα δεδομένα είναι:

$$K=12.000, \quad h=0,30, \quad \alpha=8.000$$

$$\text{Έτσι έχουμε } Q^* = \sqrt{\frac{2(8.000)(12.000)}{0,30}} = 25.298$$

$$\text{και } t^* = \frac{25298}{8000} = 3,2 \text{ μήνες}$$

Ως εκ τούτου, η βέλτιστη λύση είναι να ρυθμιστούν οι εγκαταστάσεις παραγωγής ώστε να παράγουν 25.298 εξαρτήματα κάθε 3,2 μήνες κάθε φορά. (Η καμπύλη του συνολικού κόστους είναι μάλλον επίπεδη κοντά σε αυτή τη βέλτιστη τιμή, οπότε οποιαδήποτε παρόμοια παραγωγή που ίσως είναι πιο βολική, ας πούμε 24.000 εξαρτήματα ανά 3 μήνες, βρίσκεται αρκετά κοντά στο ιδανικό.)

4.1.2 Το μοντέλο ΕΟQ με προγραμματισμένες ελλείψεις

Μία από τις καταστροφές για κάθε διαχειριστή αποθεμάτων είναι η εμφάνιση μιας έλλειψης στο απόθεμα, το οποίο σημαίνει, ότι υπάρχει ζήτηση που δεν μπορεί να ικανοποιηθεί, καθώς το απόθεμα είναι εξαντλημένο. Αυτό προκαλεί μια ποικιλία από προβλήματα, τα οποία συμπεριλαμβάνουν την αντιμετώπιση δυσαρεστημένων πελατών και την τήρηση επιπλέον αρχείου για την εκπλήρωση της ζήτησης, όταν αναπληρωθούν τα αποθέματα. Υποθέτοντας ότι οι προβλεπόμενες ελλείψεις δεν επιτρέπονται, το βασικό μοντέλο ΕΟQ που παρουσιάστηκε ανωτέρω ανταποκρίνεται στην κοινή επιθυμία των διαχειριστών για την αποφυγή ελλείψεων όσο το δυνατόν περισσότερο. (Ωστόσο, απρογραμμάτιστες ελλείψεις μπορεί να υπάρξουν, αν ο ρυθμός ζήτησης και οι παραδόσεις δεν μείνουν στο πρόγραμμα).

Παρόλα αυτά, υπάρχουν περιπτώσεις όπου επιτρέπονται περιορισμένες προγραμματισμένες ελλείψεις που έχουν νόημα από διαχειριστική άποψη. Η πιο σημαντική προϋπόθεση είναι ότι οι πελάτες γενικά είναι ικανοί και πρόθυμοι να αποδεχθούν μια εύλογη καθυστέρηση στην πλήρωση των παραγγελιών τους, αν είναι απαραίτητο. Σε αυτήν την περίπτωση, το κόστος της δημιουργίας ελλειμμάτων (συμπεριλαμβανομένης της απώλειας μελλοντικών συνεργασιών) δεν είναι υπερβολικό. Εάν το κόστος διατήρησης αποθέματος είναι υψηλό σε σχέση με το κόστος έλλειψης αυτών των δαπανών, τότε κατεβάζοντας το μέσο επίπεδο αποθέματος επιτρέπουν τις περιστασιακές σύντομες ελλείψεις, που μπορεί να αποτελεί μια υγιή επιχειρηματική απόφαση.

Το μοντέλο **ΕΟQ με προγραμματισμένες ελλείψεις** αντιμετωπίζει αυτό το είδος της κατάστασης με την αντικατάσταση μόνο της τρίτης υπόθεσης του βασικού μοντέλου ΕΟQ με την ακόλουθη νέα υπόθεση:

Όταν παρουσιάζεται έλλειψη, οι πελάτες που επηρεάζονται θα περιμένουν το προϊόν να γίνει ξανά διαθέσιμο. Οι εκπρόθεσμες παραγγελίες εκπληρώνονται όταν αναπληρώνεται το απόθεμα .

Κάτω από αυτές τις υποθέσεις, το μοτίβο των αποθεμάτων με την πάροδο του χρόνου έχει την όψη του διαγράμματος 2. Παρατηρούμε πως το διάγραμμα 2, έχει την ίδια μορφή με το διάγραμμα 1, μόνο που τώρα τα επίπεδα αποθέματος αποκτούν και αρνητικές τιμές που αντανακλούν τον αριθμό των μονάδων του προϊόντος που αντιστοιχεί σε εκπρόθεσμες παραγγελίες.

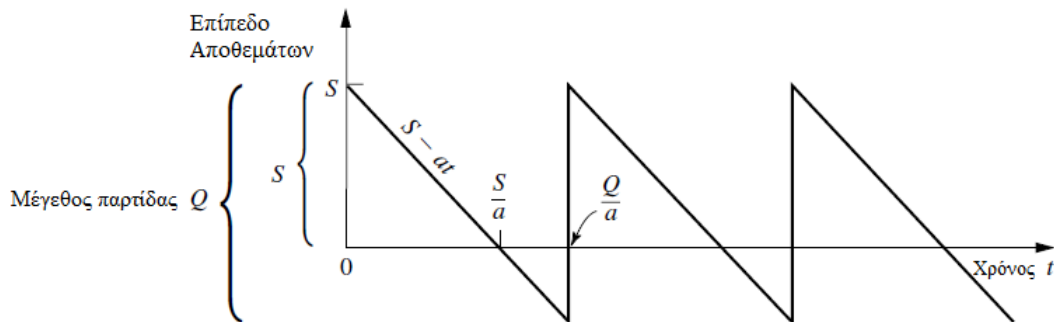
Έτσι λοιπόν έχουμε:

- a) p – κόστος έλλειψης ανά μονάδα έλλειψης ανά μονάδα χρόνου έλλειψης,
- b) S – επίπεδο αποθεμάτων αμέσως μετά την προσθήκη μίας παρτίδας Q μονάδων στο απόθεμα,
- c) $(Q - S)$ – έλλειψη στην απογραφή ακριβώς πριν την προσθήκη μίας παρτίδας Q μονάδων στο απόθεμα.

Οπότε, προκύπτει πως το κόστος παραγωγής ή παραγγελίας ανά κύκλο ισούται με $K + cQ$.

Κατά τη διάρκεια κάθε κύκλου, η απογραφή είναι θετική για μια στιγμή S/a . Το μέσο επίπεδο αποθέματος κατά τη διάρκεια αυτού του χρόνου είναι $(S - 0)/2 = S/2$ μονάδες, και το αντίστοιχο κόστος είναι $hS/2$ ανά μονάδα χρόνου. Ως εκ τούτου, το κόστος φύλαξης ανά κύκλο είναι:

$$\frac{hS}{2} \frac{S}{\alpha} = \frac{hS^2}{2\alpha}$$



Διάγραμμα 2

Επίπεδα αποθεμάτων συναρτήσεως του χρόνου για το μοντέλο EOQ με προγραμματισμένες ελλείψεις

Ομοίως οι ελλείψεις παρατηρούνται και για ένα χρόνο $(Q - S)/\alpha$. Το μέσο ύψος των ελλείψεων κατά τη διάρκεια του χρόνου αυτού είναι $(0 - Q - S)/2 = (Q - S)/2$ μονάδες και το αντίστοιχο κόστος είναι $p(Q - S)/2$ ανά μονάδα χρόνου. Οπότε το κόστος έλλειψης ανά κύκλο είναι :

$$\frac{p(Q - S)}{2} \frac{Q - S}{\alpha} = \frac{p(Q - S)^2}{2\alpha}$$

Έτσι προκύπτει ότι το συνολικό κόστος ανά κύκλο είναι :

$$K + cQ + \frac{hS^2}{2\alpha} + \frac{p(Q - S)^2}{2\alpha}$$

και το συνολικό κόστος ανά μονάδα χρόνου:

$$T = \frac{K + cQ + \frac{hS^2}{2\alpha} + \frac{p(Q - S)^2}{2\alpha}}{Q/\alpha} = \frac{\alpha K}{Q} + \alpha c + \frac{hS^2}{2Q} + \frac{p(Q - S)^2}{2Q}$$

Σε αυτό το μοντέλο, υπάρχουν δύο μεταβλητές (S και Q), οπότε οι βέλτιστες τιμές (S* και Q*) βρίσκονται από τη μερική παράγωγο των $\partial T/\partial S$ και $\partial T/\partial Q$ ίση μηδέν.

Έτσι έχουμε,

$$\frac{\partial T}{\partial S} = \frac{hS}{Q} - \frac{p(Q - S)}{Q} = 0$$

$$\frac{\partial T}{\partial Q} = -\frac{\partial K}{Q^2} - \frac{hS^2}{2Q^2} + \frac{p(Q - S)}{Q} - \frac{p(Q - S)^2}{2Q^2} = 0$$

Επιλύοντας αυτές τις εξισώσεις ταυτόχρονα καταλήγουμε:

$$S^* = \sqrt{\frac{2\alpha K}{h}} \sqrt{\frac{p}{p+h}}, \quad Q^* = \sqrt{\frac{2\alpha K}{h}} \sqrt{\frac{p+h}{p}}$$

Το βέλτιστο μήκος κύκλου t^* δίνεται από:

$$t^* = \frac{Q^*}{\alpha} = \sqrt{\frac{2K}{\alpha h}} \sqrt{\frac{p+h}{p}}$$

Το μέγιστο έλλειμμα είναι:

$$Q^* - S^* = \sqrt{\frac{2\alpha K}{p}} \sqrt{\frac{h}{p+h}}$$

Επιπλέον, από το διάγραμμα 2, το κλάσμα του χρόνου που δεν υπάρχει έλλειψη δίνεται από την εξίσωση:

$$\frac{S^*/\alpha}{Q^*/\alpha} = \frac{p}{p+h},$$

η οποία είναι ανεξάρτητη από το K .

Όταν η τιμή $p \rightarrow \infty$ με το h σταθερό (έτσι, το κόστος έλλειψης κυριαρχεί του κόστους φύλαξης), $Q^* - S^* \rightarrow 0$, ενώ τα Q^* και t^* συγκλίνουν με τις τιμές του βασικού μοντέλου EOQ. Παρόλο που το μοντέλο αυτό επιτρέπει ελλείμματα, με $p \rightarrow \infty$ συνεπάγεται ότι δεν αξίζει τον κόπο να υπάρχουν.

Από την άλλη πλευρά, όταν $h \rightarrow \infty$ με το p σταθερό (έτσι το κόστος εκμετάλλευσης κυριαρχεί του κόστους έλλειψης), τότε $S^* \rightarrow 0$. Έτσι, έχοντας $h \rightarrow \infty$ καθιστά ασύμφορη την ύπαρξη θετικού αποθέματος.

Εάν τα προγραμματισμένα ελλείμματα επιτρέπονται στο παράδειγμα με τις μπαταρίες αυτοκινήτου, το κόστος έλλειψης εκτιμάται ως:

$$p = 1,10$$

Όπως και πριν έχουμε:

$$K = 12.000, \quad h = 0,30, \quad \alpha = 8.000,$$

δηλαδή

$$S^* = \sqrt{\frac{2(8.000)(12.000)}{0,30}} \sqrt{\frac{1,1}{1,1+0,30}} = 22.424,$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(8.000)(12.000)}{0,30}} \sqrt{\frac{1,1+0,30}{1,1}} = 28.540$$

$$\text{και } t^* = \frac{28540}{8000} = 3,6 \text{ μήνες}$$

Κατά συνέπεια, η παραγωγή πρέπει να ρυθμιστεί, ώστε κάθε 3,6 μήνες να παράγονται 28.540 εξαρτήματα. Το μέγιστο έλλειμμα ($Q^* - S^*$) είναι 6.116 εξαρτήματα. Σημειώνεται επίσης ότι τα Q^* και t^* δεν είναι πολύ διαφορετικά από την περίπτωση που θεωρούσαμε ότι δεν επιτρεπόταν η ύπαρξη ελλείμματος και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το p είναι αρκετά μεγαλύτερο από το h .

4.1.3 Το μοντέλο ΕΟQ με εκπτώσεις βάσει ποσότητας

Προσδιορίζοντας τα στοιχεία κόστους, τα προηγούμενα μοντέλα έχουν υποθέσει ότι το κόστος της μονάδας ενός στοιχείου είναι η ίδια, ανεξάρτητα από την ποσότητα της παρτίδας. Στην πραγματικότητα, αυτή η υπόθεση προέρχεται ως αποτέλεσμα βέλτιστων λύσεων, όντας ανεξάρτητη από το κόστος της μονάδας. Το μοντέλο ΕΟQ με εκπτώσεις βάσει ποσότητας αντικαθιστά την προηγούμενη υπόθεση με μία νέα.

Το κατά μονάδα κόστος ενός αντικειμένου εξαρτάται τώρα από την ποσότητα της παρτίδας. Ειδικότερα, δίνεται ένα επιπλέον κίνητρο για την πραγματοποίηση μεγαλύτερων παραγγελιών, με την αντικατάσταση του κόστους της μονάδας για μία μικρή ποσότητα, από ένα χαμηλότερο κόστος της μονάδας για μία μεγαλύτερη παραγγελία.

Κατά τα λοιπά, οι υποθέσεις είναι οι ίδιες όπως και για το βασικό μοντέλο ΕΟQ. Για την ανάδειξη αυτού του μοντέλου, εξετάζεται το παράδειγμα των μπαταριών αυτοκινήτου.

Ας υποθέσουμε ότι το κατά μονάδα κόστος για κάθε μπαταρία είναι $c_1 = 11€$ για λιγότερες από 10.000 μπαταρίες που παράγονται, $c_2 = 10€$ αν η παραγωγή εμπίπτει μεταξύ 10.000 και 80.000 μπαταριών, και $c_3 = 9,50€$, αν η παραγωγή υπερβαίνει τα 80.000 τεμάχια. Ποια είναι η βέλτιστη πολιτική; Η λύση σε αυτό το συγκεκριμένο πρόβλημα θα αποκαλύψει τη γενική μέθοδο.

Από τα αποτελέσματα για το βασικό μοντέλο ΕΟQ, το συνολικό κόστος ανά μονάδα χρόνου T_j , εάν το κόστος της μονάδας είναι c_j δίνεται από:

$$T_j = \frac{\alpha K}{Q} + \alpha c_j + \frac{hQ}{2}, \text{ για } j=1,2,3$$

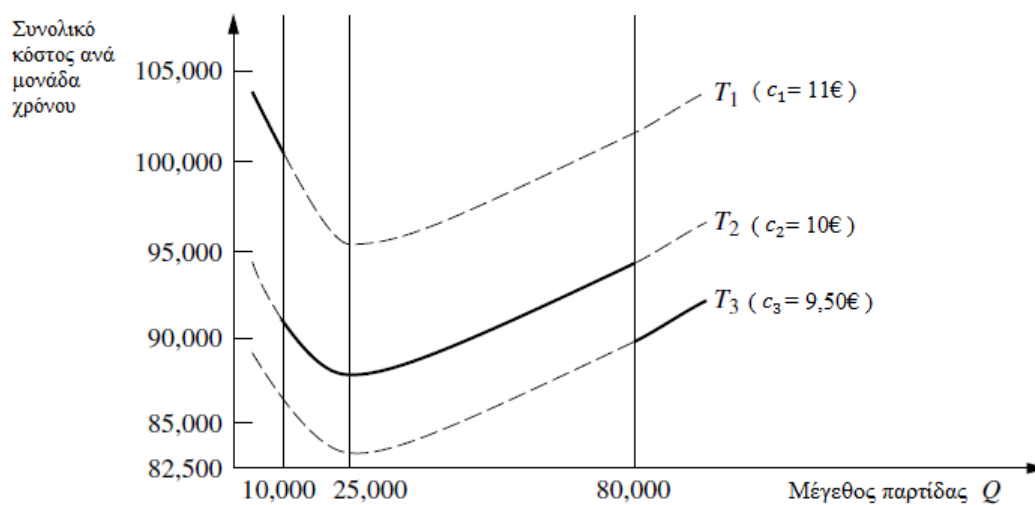
(Η έκφραση αυτή, υποθέτει ότι το h είναι ανεξάρτητο από το κόστος ανά μονάδα των αντικειμένων, αλλά μία μικρή βελτίωση θα ήταν να καταστήσουμε το h

ανάλογα με το κόστος μονάδας, για να αντικατοπτρίζει, το κόστος του κεφαλαίου που είναι δεσμευμένο στην αποθήκευση).

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται ότι, για κάθε καμπύλη, η τιμή της Q που ελαχιστοποιεί το T_j βρίσκεται ακριβώς όπως και στο βασικό μοντέλο ΕΟQ.

Για $K = 12.000$, $h = 0,30$ και $a = 8.000$, έχουμε:

$$\sqrt{\frac{2(8.000)(12.000)}{0,30}} = 25.298$$



Διάγραμμα 3

Συνολικό κόστος ανά μονάδα χρόνου για το παράδειγμα των μπαταριών αυτοκινήτου με εκπτώσεις βάσει ποσότητας

Αν το h δεν ήταν ανεξάρτητο από το μοναδιαίο κόστος των στοιχείων, τότε η ελαχιστοποίηση της αξίας της Q , θα ήταν λίγο διαφορετική για την κάθε καμπύλη. Η ελαχιστοποίηση της αξίας του Q , είναι μία εφικτή τιμή για το κόστος λειτουργίας T_2 . Για οποιαδήποτε σταθερά Q , $T_2 < T_1$, ώστε το T_1 μπορεί να παραλειφθεί από περαιτέρω εξέταση. Ωστόσο, το T_3 δεν μπορεί να παραμεριστεί άμεσα. Η ελάχιστη εφικτή τιμή (η οποία παρουσιάζεται στο $Q=80.000$) πρέπει να συγκριθεί με το T_2 που εκτιμάται στα 25.298 (το οποίο είναι 87.589€). Επειδή το T_3 εκτιμάται στα 80.000 που ισούται με 89.200€, είναι καλύτερο να παράγουν ποσότητες των 25.298, έτσι ώστε αυτή η ποσότητα να είναι η βέλτιστη στο σύνολο των εκπτώσεων.

Αν η έκπτωση βάσει ποσότητας οδηγούσε σε ένα κόστος μονάδας 9€ (αντί των 9,50€), όταν η παραγωγή ξεπεράσει τις 80.000, τότε το T_3 που εκτιμάται 80.000 θα ισούται με 85.200€, και η βέλτιστη ποσότητα παραγωγής θα γίνονταν 80.000.

Μολονότι η εν λόγω ανάλυση αφορά ένα συγκεκριμένο πρόβλημα, η ίδια προσέγγιση μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε παρόμοιο πρόβλημα. Συνοψίζοντας τη διαδικασία έχουμε :

1. Για κάθε διαθέσιμη μονάδα κόστους c_j , χρησιμοποιείται η EOQ φόρμουλα για το μοντέλο EOQ που υπολογίζει τη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας Q^*_j
2. Για κάθε c_j όπου το Q^*_j είναι εντός του εφικτού εύρους για ποσότητες παραγγελίας για c_j , υπολογίζεται το αντίστοιχο συνολικό κόστος ανά μονάδα χρόνου T_j .
3. Για κάθε c_j όπου το Q^*_j δε βρίσκεται εντός αυτού του εφικτού εύρους, καθορίζεται η ποσότητα παραγγελίας Q_j που βρίσκεται στο τέλος του εφικτού εύρους. Υπολογίζεται το συνολικό κόστος ανά μονάδα χρόνου T_j για Q_j και c_j .
4. Συγκρίνεται το T_j που λαμβάνονται για όλα τα c_j και επιλέγεται το ελάχιστο T_j . Στη συνέχεια, επιλέγεται η ποσότητα παραγγελίας Q_j που βρέθηκε στο βήμα 2 ή 3 που δίνει το ελάχιστο T_j .

Μια παρόμοια ανάλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους τύπους εκπτώσεων βάσει ποσότητας της παραγγελίας, όπως στις σταδιακές εκπτώσεις βάσει ποσότητας, όπου ένα κόστος c_0 παρουσιάζεται για τις πρώτες q_0 μονάδες, c_1 για τις επόμενες q_1 μονάδες, και ούτω καθεξής.

4.1.4 Παρατηρήσεις σχετικά με τα μοντέλα ΕΟQ

1. Αν υποθεθεί ότι το κατά μονάδα κόστος ενός αντικειμένου είναι σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου ανεξάρτητα από το μέγεθος της παρτίδας (όπως και στα δύο πρώτα μοντέλα ΕΟQ), το κόστος ανά μονάδα δεν εμφανίζεται στη βέλτιστη λύση για το μέγεθος της παρτίδας. Αυτό συμβαίνει, διότι σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιείται πολιτική της απογραφής, όπου ο ίδιος αριθμός μονάδων απαιτείται ανά μονάδα χρόνου, έτσι το κόστος ανά μονάδα χρόνου είναι σταθερό.
2. Η ανάλυση των μοντέλων ΕΟQ υπέθεσε ότι το μέγεθος της παρτίδας Q είναι σταθερό από κύκλο σε κύκλο. Για την εύρεση του βέλτιστου μεγέθους παρτίδας Q^* που ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος ανά μονάδα χρόνου για κάθε κύκλο, η ανάλυση δείχνει ότι αυτό το σταθερό μέγεθος της παρτίδας πρέπει να χρησιμοποιείται από κύκλο σε κύκλο ακόμα και αν δεν έχουμε υποθέσει σταθερό μέγεθος.
3. Το βέλτιστο επίπεδο αποθέματος, το οποίο πρέπει να αναπληρώνεται δεν μπορεί ποτέ να είναι μεγαλύτερο από μηδέν σε αυτά τα μοντέλα. Περιμένοντας έως ότου η απογραφή πέφτει στο μηδέν (ή λιγότερο από το μηδέν όταν οι προβλεπόμενες ελλείψεις είναι επιτρεπτές) μειώνει το κόστος φύλαξης και τη συχνότητα του κόστους εγκατάστασης K .
4. Οι βασικές παραδοχές των μοντέλων ΕΟQ είναι αρκετά απαιτητικές. Σπάνια ικανοποιούνται πλήρως στην πράξη. Για παράδειγμα, ακόμα και όταν έχει προγραμματιστεί ένας σταθερός ρυθμός ζήτησης (όπως με τη γραμμή παραγωγής, για τα εξαρτήματα αυτοκινήτου), διακοπές και διακυμάνσεις του ποσοστού ζήτησης εξακολουθούν να είναι πιθανό να συμβούν. Επίσης είναι πολύ δύσκολο να ικανοποιηθεί η παραδοχή ότι, η ποσότητα της παραγγελίας που αναπληρώνει το απόθεμα φτάνει μόνο όταν αυτό είναι επιθυμητό. Ευτυχώς, τα μοντέλα ΕΟQ γενικά παρέχουν σχεδόν άριστα αποτελέσματα ακόμα και όταν οι υποθέσεις τους είναι μόνο προσεγγίσεις της πραγματικότητας. Αυτός είναι ένας βασικός λόγος που αυτά τα μοντέλα είναι τόσο διαδεδομένα. Ωστόσο, στις περιπτώσεις εκείνες που οι παραδοχές παραβιάζονται σε μεγάλο βαθμό, είναι σημαντικό να γίνεται κάποια

προκαταρκτική ανάλυση για την αξιολόγηση της καταλληλότητας των μοντέλων EOQ πριν χρησιμοποιηθούν. Αυτή η προκαταρκτική ανάλυση θα πρέπει να επικεντρωθεί στον υπολογισμό του συνολικού κόστους ανά μονάδα χρόνου που δίνεται από το μοντέλο για διάφορες ποσότητες παραγγελίας και στη συνέχεια, στην αξιολόγηση για το πώς η καμπύλη του κόστους θα αλλάξει στο πλαίσιο πιο ρεαλιστικών υποθέσεων.

4.1.5 Μια ευρύτερη προοπτική του παραδείγματος των μπαταριών αυτοκινήτου

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα η ζήτηση των προϊόντων μπορεί να είναι είτε ανεξάρτητη είτε εξαρτημένη.

Για παράδειγμα η χονδρική διανομή ποδηλάτων επικεντρώνεται στη διαχείριση των αποθεμάτων ενός μοντέλου ποδηλάτου. Η ζήτηση για το προϊόν δημιουργείται από τους πελάτες των χονδρεμπόρων (διάφορα καταστήματα λιανικής πώλησης) που αγοράζουν αυτά τα ποδήλατα για την ανασύσταση των αποθεμάτων τους σύμφωνα με τις δικές τους ανάγκες. Ο χονδρέμπορος δεν έχει κανένα έλεγχο επί αυτής της ζήτησης. Επειδή αυτό το μοντέλο πωλείται ξεχωριστά από τα υπόλοιπα μοντέλα, η ζήτηση δηλαδή, δεν εξαρτάται από τη ζήτηση των άλλων προϊόντων της εταιρίας, ονομάζουμε αυτήν την ζήτηση ανεξάρτητη.

Η κατάσταση είναι διαφορετική αν πάρουμε ως παράδειγμα τις μπαταρίες αυτοκινήτου. Εδώ, το υπό εξέταση προϊόν – μπαταρία αυτοκινήτου- είναι ένα μόνο εξάρτημα που συναρμολογείται στο τελικό προϊόν της εταιρίας - αυτοκίνητα. Κατά συνέπεια, η ζήτηση για τις μπαταρίες εξαρτάται από τη ζήτηση για τα αυτοκίνητα. Το μοτίβο της ζήτησης για τις μπαταρίες καθορίζεται εσωτερικά, από το πρόγραμμα παραγωγής που έχει οριστεί την παραγωγή των αυτοκινήτων, ρυθμίζοντας το ρυθμό παραγωγής για τη γραμμή παραγωγής των αυτοκινήτων. Η ζήτηση αυτή αναφέρεται ως εξαρτώμενη ζήτηση.

Η εταιρεία κατασκευής αυτοκινήτων παράγει ένα μεγάλο αριθμό προϊόντων που χρησιμοποιούνται ως εξαρτήματα των αυτοκινήτων. Τα διάφορα προϊόντα αυτά είναι εξαρτώμενα από τη ζήτηση των αυτοκινήτων.

Λόγω των εξαρτήσεων και αλληλεξαρτήσεων, η διαχείριση των αποθεμάτων αυτών των προϊόντων μπορεί να είναι σημαντικά πιο περίπλοκη από την ανεξάρτητη ζήτηση

προϊόντων. Μια δημοφιλής τεχνική για να βοηθήσει στο έργο αυτό είναι οι **υλικές απαιτήσεις σχεδιασμού (MRP)**. Το MRP, όπως θα δούμε εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο, είναι ένα σύστημα βασισμένο σε υπολογιστές για το σχεδιασμό, τον προγραμματισμό και τον έλεγχο της παραγωγής για τα εξαρτήματα του τελικού προϊόντος. Το σύστημα ξεκινά από την "έκρηξη" του προϊόντος, καθορίζοντας όλα τα υποσύνολα και στη συνέχεια σε όλα τα επιμέρους εξαρτήματα. Έτσι αναπτύσσεται ένα πρόγραμμα παραγωγής, χρησιμοποιώντας τη ζήτηση και το χρόνο για κάθε εξάρτημα που καθορίζουν τη ζήτηση και το χρόνο του υποπροϊόντος κατά τη διαδικασία. Εκτός από το κύριο χρονοδιάγραμμα παραγωγής για το τελικό προϊόν, μια συνολική προσμέτρηση των υλικών παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες για όλα τα στοιχεία του. Η κατάσταση απογραφής καταγράφει τα τρέχοντα επίπεδα αποθεμάτων, τον αριθμό μονάδων σε παραγγελία, κ.λπ., για όλα τα εξαρτήματα. Όταν περισσότερες μονάδες ενός εξαρτήματος πρέπει να παραγγελθούν το σύστημα MRP δημιουργεί αυτόματα είτε μια παραγγελία ή μία εντολή εργασίας στην εσωτερική υπηρεσία που παράγει το εξάρτημα.

Όταν το βασικό μοντέλο EOQ χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του βέλτιστου μεγέθους παραγωγής για το παράδειγμα των μπαταριών αυτοκινήτου, υπολογίστηκε μια πολύ μεγάλη ποσότητα (25.298 μπαταρίες). Αυτό επιτρέπει τη ρύθμιση σπάνιων γραμμών παραγωγής (μόνο μία φορά κάθε 3,2 μήνες). Ωστόσο, προκαλεί επίσης μεγάλα επίπεδα αποθέματος (12.649 μπαταρίες), το οποίο οδηγεί σε ένα μεγάλο συνολικό κόστος φύλαξης (άνω των 45.000€ ανά έτος).

Η βασική αιτία για αυτό το μεγάλο κόστος είναι το υψηλό κόστος εγκατάστασης $K = 12.000€$ για κάθε γραμμή παραγωγής. Το κόστος εγκατάστασης είναι τόσο μεγάλο, διότι οι εγκαταστάσεις παραγωγής πρέπει να ρυθμιστούν από το μηδέν κάθε φορά. Κατά συνέπεια, ακόμη και με λιγότερο από τέσσερις παράγωγες να εκτελούνται ανά έτος, το ετήσιο κόστος ρύθμισης είναι πάνω από 45.000, ακριβώς όπως το ετήσιο κόστος φύλαξης.

Αντί να συνεχίσουμε να ανεχόμαστε ένα κόστος εγκατάστασης ύψους 12.000€ κάθε φορά στο μέλλον, μία διαφορετική επιλογή για την εταιρία είναι να αναζητήσει τρόπους που μειώνουν το κόστος αυτό. Μία δυνατότητα είναι η ανάπτυξη μεθόδων για τη γρήγορη μεταφορά μηχανημάτων από τη μια χρήση στην άλλη.

Υποθέτοντας ότι το κόστος εγκατάστασης θα μπορούσε να μειωθεί δραστικά από 12.000€ έως $K = 120€$. Αυτό θα μειώσει το βέλτιστο μέγεθος παρτίδων παραγωγής από 25.298 μπαταρίες, σε $Q^*=2.530$ μπαταρίες, έτσι η νέα γραμμή παραγωγής, που είναι σύντομη, θα κινηθεί περισσότερο από 3 φορές το μήνα. Αυτό επίσης θα μειώσει το ετήσιο κόστος εγκατάστασης και το ετήσιο κόστος φύλαξης από πάνω από 45.000€, σε μόνο λίγο πάνω από 4.500€ το καθένα. Με τέτοια συχνότητα παραγωγής, οι μπαταρίες θα παράγονται ακριβώς στην ώρα για τη συναρμολόγηση στα αυτοκίνητα.

Η παράδοση των προϊόντων εγκαίρως (**JIT**) είναι στην πραγματικότητα μια καλά αναπτυγμένη φιλοσοφία για τη διαχείριση των αποθεμάτων. Το σύστημα (**JIT**) απογραφής δίνει μεγάλη έμφαση στη μείωση των αποθεμάτων στο ελάχιστο, παρέχοντας έτσι τα στοιχεία μόνο για το διάστημα που απαιτούνται. Αυτή η φιλοσοφία πρώτα αναπτύχθηκε στην Ιαπωνία, αρχίζοντας με την εταιρία Toyota στα τέλη του 1950 και είναι μέρος της αξιοσημείωτης αύξησης στην ιαπωνική παραγωγικότητα στα τέλη του 20ου αιώνα. Η φιλοσοφία έχει επίσης γίνει δημοφιλής σε άλλα μέρη του κόσμου, συμπεριλαμβανομένων των Ηνωμένων Πολιτειών, κατά τα τελευταία έτη.

Μολονότι αυτή η φιλοσοφία παρερμηνεύεται ενίοτε ως ασυμβίβαστη με τη χρήση ενός μοντέλου EOQ (εφόσον η τελευταία δίνει μια μεγάλη ποσότητα παραγγελίας όταν το κόστος εγκατάστασης είναι μεγάλο), στην πραγματικότητα είναι συμπληρωματικές. Το σύστημα απογραφής JIT επικεντρώνεται στην εύρεση τρόπων σημαντικής μείωσης στο κόστος εγκατάστασης έτσι ώστε η ιδανική ποσότητα να είναι μικρή. Ένα τέτοιο σύστημα επιδιώκει επίσης τρόπους για τη μείωση του χρόνου στην παράδοση της παραγγελίας, δεδομένου ότι αυτό μειώνει την αβεβαιότητα σχετικά με τον αριθμό των μονάδων που θα χρειαστούν κατά την παράδοση. Επίσης, έμφαση δίνεται στη βελτίωση της προληπτικής συντήρησης έτσι ώστε οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις παραγωγής να είναι διαθέσιμες για την παραγωγή των μονάδων όταν είναι απαραίτητο. Άλλη μια έμφαση δίνεται στη βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας για την εξασφάλιση καλής ποιότητας. Γενικότερα, η εστίαση στην φιλοσοφία «του ακριβώς τη στιγμή που χρειάζονται» εστιάζει στην αποφυγή άσκοπων εξόδων, όπου ενδέχεται να παρουσιαστούν κατά την παραγωγική διαδικασία. Μία μορφή άσκοπων εξόδων είναι το περιττό απόθεμα καθώς και τα

άσκοπα και μεγάλα έξοδα εγκατάστασης που αποφεύγονται μιας και οι εγκαταστάσεις παραγωγής λειτουργούν μόνο όταν χρειάζονται.

4.2 Αιτιοκρατικό Μοντέλο περιοδικής επανεξέτασης

Στο προηγούμενο κεφάλαιο διερευνήθηκε το βασικό μοντέλο EOQ και κάποιες από τις παραλλαγές του. Τα αποτελέσματα αυτά εξαρτώνται από την υπόθεση του σταθερού ρυθμού ζήτησης. Όταν αυτή η υπόθεση είναι χαλαρή, όπως, όταν τα ποσά που θα πρέπει να αποσυρθούν από το απόθεμα ποικίλλουν από περίοδο σε περίοδο, η φόρμουλα EOQ πλέον δεν εξασφαλίζει μία λύση ελάχιστου κόστους.

Για το μοντέλο περιοδικής αναθεώρησης ο σχεδιασμός πρέπει να γίνει για τις επόμενες n περιόδους, σχετικά με το ποιά ποσότητα προϊόντος πρέπει να παραχθεί ή να παραγγελθεί για την ανασύσταση των αποθεμάτων στην αρχή της καθεμίας περιόδου. (Η παραγγελία για την ανασύσταση της απογραφής μπορεί να αφορά είτε την αγορά των μονάδων ή την παραγωγή τους, αλλά η τελευταία περίπτωση είναι πολύ πιο κοινή στις εφαρμογές αυτού του μοντέλου, έτσι θα χρησιμοποιηθεί κυρίως η ορολογία της παραγωγής των μονάδων.) Οι απαιτήσεις για τις αντίστοιχες περιόδους είναι γνωστές (αλλά όχι οι ίδιες σε κάθε περίοδο) και συμβολίζονται με

$r_i =$ ζήτηση σε περίοδο i , για $i = 1, 2, \dots, n$.

Οι απαιτήσεις αυτές πρέπει να ικανοποιούνται εγκαίρως. Δεν υπάρχει απόθεμα αρχικά, αλλά υπάρχει ακόμη χρόνος για την παράδοση κατά την έναρξη της περιόδου 1.

Οι δαπάνες που περιλαμβάνονται σε αυτό το μοντέλο είναι παρόμοιες με αυτές του βασικού EOQ μοντέλου:

- a) $K =$ το κόστος ρύθμισης για την παραγωγή ή προμήθεια κάθε μονάδες για τη ανασύσταση των αποθεμάτων στην αρχή της περιόδου,
- b) $c =$ το κόστος ανά μονάδα παραγωγής ή προμήθειας κάθε μονάδας,
- c) $h =$ το κόστος φύλαξης για κάθε μονάδα που απομένει στην απογραφή στο τέλος της περιόδου.

Σημειώνεται ότι αυτό το κόστος φύλαξης h εκτιμάται μόνο για τα αποθέματα που περισσεύουν κατά το τέλος της περιόδου. Υπάρχει επίσης κόστος φύλαξης για τις μονάδες που βρίσκονται σε απόθεμα για ένα μέρος της περιόδου πριν αποσυρθούν για την ικανοποίηση της ζήτησης. Ωστόσο, αυτά τα πάγια έξοδα που είναι

ανεξάρτητα από την πολιτική της απογραφής και έτσι δεν είναι κατάλληλα για ανάλυση. Μόνο τα μεταβλητά έξοδα που επηρεάζονται από την οποία πολιτική απογραφής που επιλεγεί, όπως το επιπλέον κόστος φύλαξης που προκύπτει από τη μετάβαση αποθέματος από την μία περίοδο στην άλλη, είναι σχετικά για την επιλογή πολιτικής της απογραφής.

Με το ίδιο σκεπτικό, το ανά μονάδα κόστος c είναι ένα άσχετο σταθερό κόστος, διότι πάνω από όλες τις χρονικές περιόδους, όλες οι πολιτικές απογραφής έχουν τον ίδιο αριθμό μονάδων με το ίδιο κόστος. Συνεπώς, το κόστος c θα πρέπει να πέφτει, σύμφωνα με την ανάλυση που ακολουθεί.

Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους κατά τη διάρκεια n περιόδων. Αυτό επιτυγχάνεται, αγνοώντας το σταθερό κόστος και ελαχιστοποιώντας το συνολικό μεταβλητό κόστος κατά τη διάρκεια n περιόδων, όπως φαίνεται από το παρακάτω παράδειγμα.

Ένας κατασκευαστής αεροπλάνων που ειδικεύεται στην παραγωγή αεροπλάνων, μόλις έλαβε μια σειρά από μεγάλη επιχείρηση για 10 προσαρμοσμένα αεριωθούμενα αεροπλάνα για τις ανάγκες των ανώτερων στελεχών μιας επιχείρησης. Η παραγγελία ζητάει να παραδοθούν τρία αεροπλάνα (και να πληρωθούν) κατά τη διάρκεια των ερχόμενων χειμερινών μηνών (περίοδος 1), τα δύο να παραδοθούν κατά τη διάρκεια της άνοιξης (περίοδος 2), τρία ακόμα κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου (περίοδος 3) και δύο κατά τη διάρκεια του φθινόπωρου (περίοδος 4).

Η ρύθμιση των εγκαταστάσεων παραγωγής για την κάλυψη των προδιαγραφών της εταιρίας, για αυτά τα αεροπλάνα, απαιτεί ένα κόστος εγκατάστασης ύψους 2 εκατομμυρίων ευρώ. Ο κατασκευαστής έχει την ικανότητα να παράγει και τα 10 αεροπλάνα σε δυο μήνες, όταν έρχεται ο χειμώνας. Αυτό, όμως, θα έχει ως αποτέλεσμα να παραμείνουν για αποθήκευση επτά από τα αεροπλάνα, με κόστος 200.000€ ανά αεροπλάνο ανά περίοδο, μέχρι την προγραμματισμένη παράδοση. Για να μειωθούν ή να επαλειφθούν σημαντικά οι δαπάνες αποθήκευσης, μπορεί να είναι χρήσιμο να παράγουν ένα μικρότερο αριθμό αεροπλάνων τώρα και στη συνέχεια να επαναλάβουν την ρύθμιση εγκατάστασης παραγωγής (πάλι να υποστεί το κόστος 2 εκατομμυρίων ευρώ), σε ορισμένες ή όλες τις μεταγενέστερες περιόδους και να παράγουν πρόσθετους μικρούς αριθμούς. Η επιχείρηση θα ήθελε να προσδιορίσει το λιγότερο δαπανηρό χρονοδιάγραμμα για την πλήρωση αυτής της παραγγελίας.

Έτσι χρησιμοποιώντας την σημειογραφία του μοντέλου, η ζήτηση για το συγκεκριμένο αεροπλάνο κατά τη διάρκεια των τεσσάρων επόμενων περιόδων είναι: $r_1 = 3, r_2 = 2, r_3 = 3, r_4 = 2$.

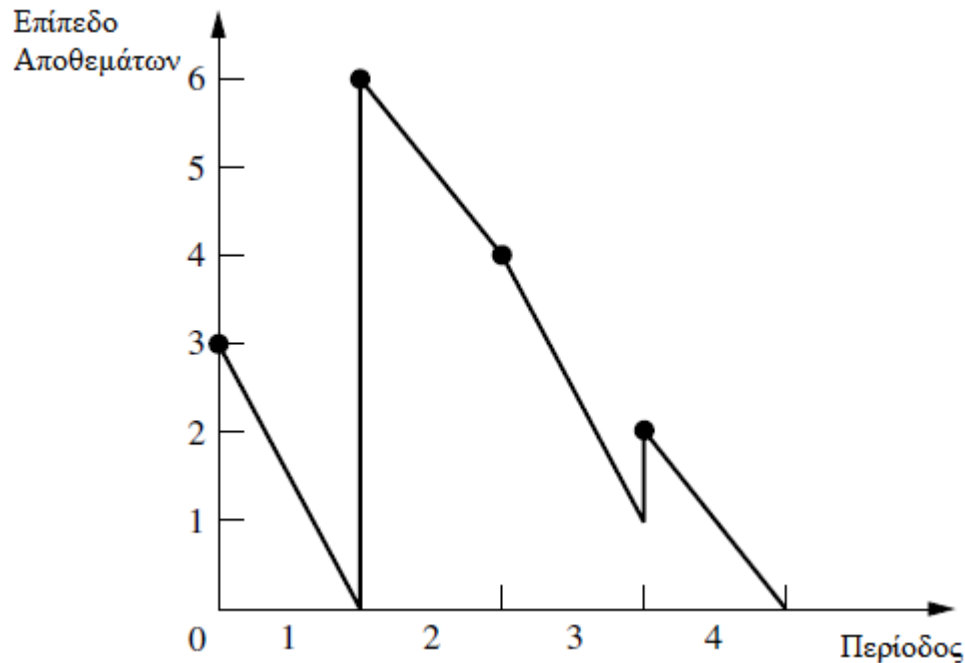
Χρησιμοποιώντας μονάδες για τα εκατομμύρια ευρώ, οι σχετικές δαπάνες είναι : $K=2, h=0.2$

Το πρόβλημα είναι ο προσδιορισμός της ποσότητας αεροπλάνων που πρέπει να παραχθεί κατά την έναρξη καθεμιάς από τις τέσσερις περιόδους προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό μεταβλητό κόστος.

Το υψηλό κόστος ρύθμισης K δίνει ένα ισχυρό κίνητρο για να μην παραχθούν αεροπλάνα σε κάθε περίοδο, και κατά προτίμηση μόνο μία φορά. Ωστόσο, το σημαντικό κόστος φύλαξης h καθιστά ανεπιθύμητο το μεγάλο απόθεμα που προκύπτει από την παραγωγή ολόκληρης της ζήτησης (10 αεροπλάνα) στην αρχή. Ίσως η καλύτερη προσέγγιση θα ήταν μια ενδιάμεση στρατηγική όπου τα αεροπλάνα παράγονται πάνω από μία φορά, αλλά λιγότερο από τέσσερις φορές. Για παράδειγμα, μία τέτοια εφικτή λύση (αλλά όχι βέλτιστη) απεικονίζεται στο Διάγραμμα 4, το οποίο δείχνει την εξέλιξη στο επίπεδο των αποθεμάτων κατά τη διάρκεια του επόμενου έτους που προκύπτει από την παραγωγή τριών αεροπλάνων με την έναρξη της πρώτης περιόδου, έξι αεροπλάνων κατά την έναρξη της δεύτερης περιόδου και ένα αεροπλάνο στην αρχή της τέταρτης περιόδου. Οι κουκίδες δίνουν τα επίπεδα απογραφής μετά από οποιαδήποτε παραγωγή στην αρχή των τεσσάρων περιόδων .

Πώς μπορεί να βρεθεί το βέλτιστο πρόγραμμα παραγωγής; Για το μοντέλο αυτό γενικά, η παραγωγή (ή η αγορά) είναι αυτόματη στην περίοδο 1, αλλά πρέπει να ληφθεί μια απόφαση σχετικά με το κατά πόσο η παραγωγή πρέπει να γίνει για κάθε μία από τις υπόλοιπες $n-1$ περιόδους. Κατά συνέπεια, μία προσέγγιση για την επίλυση του μοντέλου είναι να παραθέσουμε, για καθένα από τους 2^{n-1} συνδυασμούς, τις πιθανές ποσότητες που μπορούν να παραχθούν σε κάθε περίοδο. Αυτή η προσέγγιση είναι μάλλον δύσκολη, ακόμη και για μεσαίου μεγέθους n , οπότε μια πιο αποτελεσματική μέθοδος είναι επιθυμητή. Μια τέτοια μέθοδος περιγράφεται παρακάτω εν συντομία, και στη συνέχεια θα επιστρέψουμε στην εξεύρεση του βέλτιστου χρονοδιαγράμματος παραγωγής για το παράδειγμα. Μολονότι η γενική μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε στην παραγωγή ή στην προμήθεια για την

ανασύσταση των αποθεμάτων, τώρα θα κάνουμε χρήση της ορολογίας « παραγωγή » για ευκολία.



Διάγραμμα 4

Επίπεδα αποθεμάτων για μια παρτίδα παραγωγής για το παράδειγμα των αεροπλάνων

4.2.1 Ένας αλγόριθμος

Το κλειδί για την ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού αλγόριθμου για την εύρεση της βέλτιστης πολιτικής απογραφής (ή ισοδύναμα, το βέλτιστο πρόγραμμα παραγωγής) για το παραπάνω μοντέλο είναι η ακόλουθη οπτική στη φύση μίας βέλτιστης πολιτικής.

Η βέλτιστη πολιτική (πρόγραμμα παραγωγής) παράγει μόνο όταν το επίπεδο αποθεμάτων είναι μηδέν.

Για να δείξουμε γιατί αυτό είναι αλήθεια θεωρούμε την πολιτική που φαίνεται στο Διάγραμμα 4 (έστω πολιτική A). Η πολιτική A παραβιάζει τον παραπάνω χαρακτηρισμό της βέλτιστης πολιτικής, αφού η παραγωγή πραγματοποιείται κατά την έναρξη της περιόδου 4 όταν το επίπεδο των αποθεμάτων είναι μεγαλύτερο από το

μηδέν (δηλαδή, ένα αεροπλάνο). Ωστόσο, η πολιτική αυτή μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί για να πληροί τον ανωτέρω χαρακτηρισμό, παράγοντας απλώς ένα λιγότερο αεροπλάνο στην περίοδο 2 και ένα περισσότερο στην περίοδο 4. Αυτή η προσαρμοσμένη πολιτική (πολική B) εμφανίζεται με τη διακεκομμένη γραμμή στο Διάγραμμα 5 όπου διαφέρει από την A (συνεχής γραμμή). Να σημειωθεί ότι η πολιτική B πρέπει να έχει μικρότερο συνολικό κόστος από την πολιτική A. Το κόστος εγκατάστασης (και το κόστος παραγωγής) είναι ίδιο και για τις δύο πολιτικές. Ωστόσο, το κόστος φύλαξης είναι μικρότερο για την B από την A διότι η B έχει λιγότερο απόθεμα κατά ένα στις περιόδους 2 και 3 (και ίδια αποθέματα στις άλλες χρονικές περιόδους). Ως εκ τούτου, η B πολιτική είναι καλύτερη από την A, έτσι η A δεν μπορεί να είναι η βέλτιστη.

Αυτός ο χαρακτηρισμός των βέλτιστων πολιτικών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση πολιτικών που δεν είναι βέλτιστες. Επιπλέον, επειδή υπονοεί ότι οι μοναδικές επιλογές για το ποσό που παράγεται στην αρχή της i περιόδου είναι: 0, r_i , $r_i + r_{i+1}, \dots$, ή $r_i + r_{i+1} + \dots + r_n$ μπορεί να αξιοποιηθεί για τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού αλγόριθμου που σχετίζεται με την προσέγγιση του αιτιοκρατικού δυναμικού προγραμματισμού.

Ειδικότερα, καθορίζει:

C_i = συνολικό μεταβλητό κόστος μιας βέλτιστης πολιτικής για περιόδους $i, i + 1, \dots, n$, όταν η περίοδος i ξεκινάει με μηδέν απόθεμα (πριν την παραγωγή), για $i = 1, 2, \dots, n$. Χρησιμοποιώντας την προσέγγιση του δυναμικού προγραμματισμού των προβλημάτων αντίστροφα από περίοδο σε περίοδο, οι C_i τιμές μπορούν να βρεθούν από τον υπολογισμό του C_n , ύστερα υπολογίζοντας το C_{n-1} , και ούτω καθεξής. Έτσι, μετά το $C_n, C_{n-1}, \dots, C_{i+1}$, τότε μπορεί να βρεθεί το C_i από την αναδρομική σχέση:

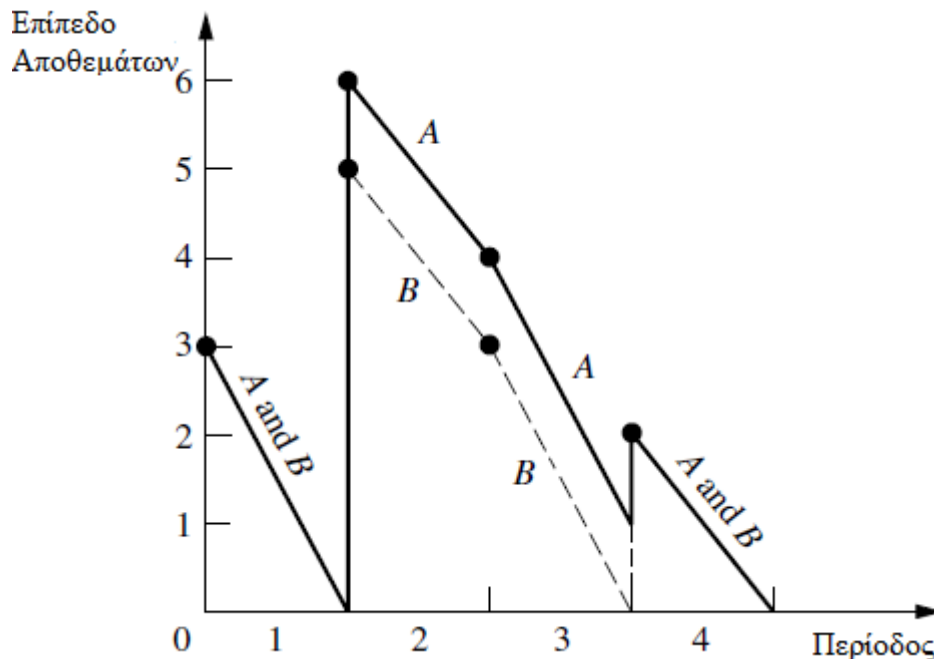
$$C_i = \text{minimum} \{C_{j+1} + K + h[r_{i+1} + 2r_{i+2} + 3r_{i+3} + \dots + (j - i)r_j]\}, j=i, i+1, \dots, n$$

Όπου j μπορεί να θεωρηθεί ως δείκτης που υποδηλώνει την (τελική) περίοδο, όταν η απογραφή φτάνει σε μηδενικό επίπεδο για πρώτη φορά μετά την παραγωγή κατά την έναρξη της περιόδου i . Στο χρονικό διάστημα από την περίοδο i έως την περίοδο j , ο όρος με συντελεστή h αντιπροσωπεύει το συνολικό κόστος φύλαξης κατά το διάστημα αυτό. Όταν $j = n$, ο όρος $C_{n+1} = 0$. Η ελαχιστοποίηση της τιμής του j δείχνει ότι εάν το επίπεδο απογραφής όντως πέφτει στο μηδέν μετά την είσοδο της

περιόδου i , τότε η παραγωγή κατά την περίοδο θα πρέπει να καλύπτει όλες τις ανάγκες από την περίοδο i μέσω αυτής της περιόδου j .

Ο αλγόριθμος για την επίλυση του μοντέλου συνίσταται ουσιαστικά στην επίλυση για C_n, C_{n+1}, \dots, C_1 . Για $i = 1$, η ελαχιστοποίηση της τιμής του j , σημαίνει ότι η παραγωγή της περιόδου 1 πρέπει να καλύπτει τη ζήτηση μέσω της περιόδου j , οπότε η δεύτερη παραγωγή θα είναι σε περίοδο $j + 1$. Για $i = j + 1$, η νέα ελαχιστοποίηση της αξίας του j προσδιορίζει το χρονικό διάστημα που καλύπτεται η δεύτερη παραγωγή, και ούτω καθεξής μέχρι το τέλος. Σκοπός του ακόλουθου παραδείγματος είναι να καταδείξει αυτήν τη προσέγγιση.

Η εφαρμογή του αλγόριθμου αυτού είναι πολύ ταχύτερη από την προσέγγιση του πλήρους δυναμικού προγραμματισμού. Όπως και στο δυναμικό προγραμματισμό, τα C_n, C_{n-1}, \dots, C_2 , πρέπει να βρεθούν πριν το C_1 . Ωστόσο, ο αριθμός των υπολογισμών είναι πολύ μικρότερος και ο αριθμός των πιθανών ποσοτήτων παραγωγής μειώνεται σημαντικά.



Διάγραμμα 5

Σύγκριση δύο πολιτικών απογραφής (προγράμματα παραγωγής) για το παράδειγμα των αεροπλάνων

4.2.2 Παράδειγμα εφαρμογής του αλγόριθμου

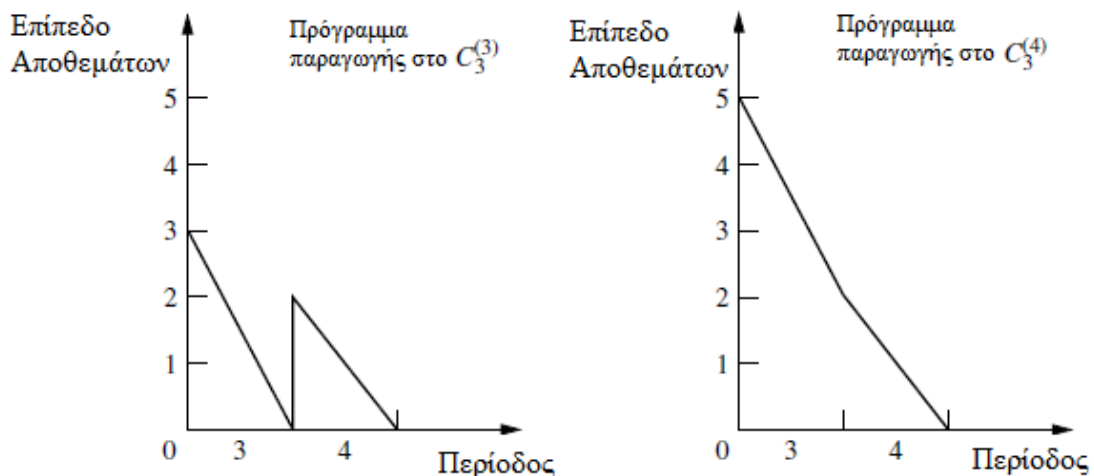
Επιστρέφοντας στο παράδειγμα του αεροπλάνου, αρχικά υπολογίζουμε το C_4 , το κόστος της βέλτιστης πολιτικής από την αρχή της περιόδου 4 μέχρι το τέλος του προγραμματισμού:

$$C_4 = C_5 + 2 = 0 + 2 = 2.$$

Για τον υπολογισμό του C_3 , θα πρέπει να εξετάσουμε δύο περιπτώσεις. Την πρώτη φορά μετά την περίοδο 3 όπου η απογραφή φτάνει σε μηδενικό επίπεδο παρουσιάζεται (1) στο τέλος της τρίτης περιόδου ή (2) στο τέλος της τέταρτης περιόδου. Στην αναδρομική σχέση για το C_3 , οι δύο αυτές περιπτώσεις αντιστοιχούν σε (1) $j = 3$ και (2). $i = 4$. Ξεχωρίζουμε τις δύο περιπτώσεις σε $C_3^{(3)}$ και σε $C_3^{(4)}$ αντίστοιχα. Η πολιτική που σχετίζεται με το $C_3^{(3)}$ είναι για παραγωγή μόνο στην περίοδο 3 και στην συνέχεια ακολουθεί η βέλτιστη πολιτική για την περίοδο 4, ενώ η πολιτική που σχετίζεται με το $C_3^{(4)}$ είναι για την παραγωγή στις περιόδους 3 και 4. Τότε το κόστος είναι το ελάχιστο από τα $C_3^{(3)}$ και $C_3^{(4)}$. Οι περιπτώσεις αυτές παρουσιάζονται στο διάγραμμα 6.

$$C_3^{(3)} = C_4 + 2 = 2 + 2 = 4, \quad C_3^{(4)} = C_5 + 2 + 0.2(2) = 0 + 2 + 0.4 = 2.4$$

$$C_3 = \min\{4, 2.4\} = 2.4$$



Διάγραμμα 6

Εναλλακτικά προγράμματα παραγωγής όταν απαιτείται παραγωγή στην αρχή της περιόδου 3 για το παράδειγμα των αεροπλάνων

Επομένως, ακόμα και αν η απογραφή πέφτει στο μηδέν κατά την είσοδο της περιόδου 3, η παραγωγή στην περίοδο 3 πρέπει να καλύπτει τη ζήτηση για τις περιόδους 3 και 4.

Για τον υπολογισμό του C_2 , πρέπει να εξεταστούν τρεις περιπτώσεις, δηλαδή την πρώτη φορά μετά την περίοδο 2 όταν η απογραφή φτάνει σε μηδενικό επίπεδο παρουσιάζεται στο (1) στο τέλος της δεύτερης περιόδου, (2) στο τέλος της τρίτης περιόδου, ή (3) στο τέλος της τέταρτης περιόδου. Στην αναδρομική σχέση για το C_2 , αυτές οι περιπτώσεις αντιστοιχούν σε (1) $j=2$, (2) $j=3$, και (3) $j=4$, με τα αντίστοιχα κόστη $C_2^{(2)}$, $C_2^{(3)}$, $C_2^{(4)}$. Το κόστος C_2 υπολογίζεται από το ελάχιστο των $C_2^{(2)}$, $C_2^{(3)}$, $C_2^{(4)}$

$$C_2^{(2)} = C_3 + 2 = 2.4 + 2 = 4.4$$

$$C_2^{(3)} = C_4 + 2 + 0.2(3) = 2 + 2 + 0.6 = 4.6$$

$$C_2^{(4)} = C_5 + 2 + 0.2[3 + 2(2)] = 0 + 2 + 1.4 = 3.4$$

$$C_2 = \min\{4.4, 4.6, 3.4\} = 3.4$$

Συνεπώς, εάν η παραγωγή πραγματοποιείται στην περίοδο 2 (διότι η απογραφή πέφτει στο μηδέν), αυτή η παραγωγή θα πρέπει να καλύψει τη ζήτηση για όλες τις υπόλοιπες περιόδους.

Τέλος, για τον υπολογισμό του C_1 , θα πρέπει να εξετάσουμε τις τέσσερις περιπτώσεις, δηλαδή την πρώτη φορά μετά την περίοδο 1 όταν η απογραφή φτάνει το μηδέν για το τέλος (1) της πρώτης περιόδου, (2) της δεύτερης περιόδου, (3) της τρίτης περιόδου, ή (4) της τέταρτης περιόδου. Οι περιπτώσεις αυτές αντιστοιχούν σε $j = 1, 2, 3, 4$, και τα κόστη $C_1^{(1)}, C_1^{(2)}, C_1^{(3)}, C_1^{(4)}$, 1, 1, 1 αντίστοιχα. Το κόστος C_1 είναι το ελάχιστο των $C_1^{(1)}, C_1^{(2)}, C_1^{(3)}, C_1^{(4)}$.

$$C_1^{(1)} = C_2 + 2 = 3.4 + 2 = 5.4$$

$$C_1^{(2)} = C_3 + 2 + 0.2(2) = 2.4 + 2 + 0.4 = 4.8$$

$$C_1^{(3)} = C_4 + 2 + 0.2[2 + 2(3)] = 2 + 2 + 1.6 = 5.6$$

$$C_1^{(4)} = C_5 + 2 + 0.2[2 + 2(3) + 3(2)] = 0 + 2 + 2.8 = 4.8$$

$$C_1 = \min\{5.4, 4.8, 5.6, 4.8\} = 4.8$$

Σημειώνεται ότι τα $C_1^{(2)}$ και $C_1^{(4)}$ είναι το ίδιο ελάχιστο και δίνουν το C_1 . Αυτό σημαίνει ότι οι πολιτικές που αντιστοιχούν για τα $C_1^{(2)}$ και $C_1^{(4)}$ είναι και οι

βέλτιστες. Η πολιτική $C_1^{(4)}$ δηλώνει ότι η παραγωγή στην περίοδο 1 είναι αρκετή για να καλύψει τις ανάγκες και των τεσσάρων περιόδων. Η πολιτική $C_1^{(2)}$ καλύπτει τη ζήτηση μόνο κατά τη διάρκεια της περιόδου 2. Εφόσον η τελευταία πολιτική, έχει το επίπεδο των αποθεμάτων στο μηδέν στο τέλος της περιόδου 2, χρησιμοποιείται το αποτέλεσμα C_3 , που παράγει αρκετά για την περίοδο 3 για να καλύψει τη ζήτηση των περιόδων 3 και 4. Συνοπτικά τα αποτελέσματα των προγραμμάτων παραγωγής συνοψίζονται:

Βέλτιστα προγράμματα παραγωγής:

1. Παραγωγή 10 αεροπλάνων στην περίοδο 1.
Συνολικό μεταβλητό κόστος = €4.8 εκατομμύρια.
2. Παραγωγή 5 αεροπλάνων στην περίοδο 1 και 5 αεροπλάνων στην περίοδο 3.
Συνολικό μεταβλητό κόστος = €4.8 εκατομμύρια.

5. Στοχαστικά Μοντέλα

5.1 Στοχαστικό Μοντέλο διαρκούς επανεξέτασης

Τα στοχαστικά μοντέλα απογραφής, είναι σχεδιασμένα για την ανάλυση των συστημάτων απογραφής όπου υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα για τις μελλοντικές απαιτήσεις. Το κεφάλαιο αυτό, ασχολείται με τη συνεχή αναθεώρηση του συστήματος απογραφής. Έτσι, το επίπεδο των αποθεμάτων παρακολουθείται σε συνεχή βάση, ώστε η νέα παραγγελία να τοποθετείται το συντομότερο όταν το επίπεδο της απογραφής πέφτει στο σημείο αναπαραγγελίας.

Η παραδοσιακή μέθοδος της εφαρμογής μιας συνεχούς επανεξέτασης του συστήματος απογραφής, ήταν η χρήση του συστήματος διπλής αποθήκευσης (two-bin system). Όλες οι μονάδες για ένα συγκεκριμένο προϊόν, φυλάσσονται σε δύο αποθήκες. Η χωρητικότητα της μίας αποθήκης είναι ίση με το σημείο αναπαραγγελίας. Οι μονάδες θα πρέπει πρώτα να εξαντληθούν από την άλλη αποθήκη. Επομένως η εκκένωση της δεύτερης αποθήκης θα ξεκινήσει με την τοποθέτηση νέας παραγγελίας. Κατά τη διάρκεια του χρόνου μέχρι την παραλαβή της παραγγελίας, οι μονάδες θα πρέπει να έχουν αποσυρθεί από την πρώτη αποθήκη.

Τα τελευταία χρόνια, το παραπάνω σύστημα έχει αντικατασταθεί, κατά μεγάλο βαθμό από τα συστήματα απογραφής μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Κάθε προσθήκη στην απογραφή και κάθε πώληση, καταγράφονται ηλεκτρονικά, έτσι ώστε τα τρέχοντα επίπεδα αποθέματος είναι πάντα αποθηκευμένα στον υπολογιστή. (Για παράδειγμα, οι σύγχρονες συσκευές σάρωσης στα καταστήματα λιανικής πώλησης, μπορούν τόσο να καταγράψουν τις αγορές όσο και τις πωλήσεις των σταθερών προϊόντων με σκοπό την προσαρμογή των τρεχόντων αποθεμάτων.) Επομένως, ο υπολογιστής θα δώσει το έναυσμα για μια νέα παραγγελία μόλις το επίπεδο των αποθεμάτων πέσει στο σημείο αναπαραγγελίας.

Λόγω της εκτεταμένης χρήσης των υπολογιστών για τη σύγχρονη διαχείριση αποθεμάτων, η συνεχής αναθεώρηση των συστημάτων απογραφής γίνονται ολοένα και πιο διαδεδομένη για τα προϊόντα που είναι αρκετά σημαντικά για να εγγυηθούν την τυπική πολιτική της απογραφής.

Ένα σύστημα συνεχούς αναθεώρησης της απογραφής για ένα συγκεκριμένο προϊόν συνήθως βασίζεται σε δύο κρίσιμους αριθμούς:

R = σημείο αναπαραγγελίας.

Q = ποσότητα παραγγελίας.

Για έναν κατασκευαστή που διαχειρίζεται τα τελικά προϊόντα της απογραφής, η παραγγελία για μία γραμμή παραγωγής θα έχει μέγεθος Q . Για έναν έμπορο χονδρικής ή λιανικής πώλησης (ή ένας κατασκευαστής που αναπληρώνει τις πρώτες ύλες της απογραφής του από έναν προμηθευτή), η παραγγελία θα είναι μία αγορά παραγγελίας για Q μονάδες προϊόντος.

Μια πολιτική της απογραφής που βασίζεται σε αυτούς τους δύο κρίσιμους αριθμούς είναι απλή.

Όταν το επίπεδο των αποθεμάτων του προϊόντος πέφτει στις R μονάδες, τοποθετείται μια παραγγελία για Q περισσότερες μονάδες που αναπληρώνουν το απόθεμα.

Μια τέτοια πολιτική συχνά ονομάζεται σημείο αναπαραγγελίας ή πολιτική ποσότητας παραγγελίας, ή (R, Q) πολιτική. (Συνεπώς, το συνολικό μοντέλο μπορεί να αναφέρεται ως (R, Q) μοντέλο. Άλλες παραλλαγές αυτών των ονομάτων, όπως (Q, R) πολιτική, (Q, R) μοντέλο, κ.λπ. χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά).

Μετά από συνοπτική παρουσίαση των υποθέσεων του μοντέλου, θα περιγράψουν πώς μπορούν να προσδιοριστούν τα R και Q .

5.1.1 Οι υποθέσεις του μοντέλου

1. Κάθε εφαρμογή αφορά ένα και μοναδικό προϊόν.
2. Το επίπεδο των αποθεμάτων βρίσκεται υπό συνεχή αναθεώρηση, ώστε το τρέχον υπόλοιπο να είναι πάντα γνωστό.
3. Μια (R, Q) πολιτική χρησιμοποιείται, ώστε οι αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν, να επιλέγονται μόνο R και Q .
4. Υπάρχει ένα χρονικό διάστημα μεταξύ της παραγγελίας και τη λήψη της. Το χρονικό διάστημα αυτό μπορεί να είναι είτε σταθερό ή μεταβλητό.
5. Η ζήτηση για απόσυρση μονάδων που προορίζονται για πώληση (ή για οποιοδήποτε άλλο σκοπό) κατά τη διάρκεια αυτού του χρόνου είναι αβέβαιη.

- Ωστόσο, η κατανομή της πιθανότητας της ζήτησης είναι γνωστή (ή τουλάχιστον εκτιμάται).
6. Εάν παρουσιαστεί εξάντληση των αποθεμάτων πριν από την παραλαβή, η πλεονάζουσα ζήτηση είναι καθυστερημένη, έτσι εκπρόθεσμες παραγγελίες πραγματοποιούνται με την παραλαβή των νέων αποθεμάτων.
 7. Ένα σταθερό κόστος εγκατάστασης (υποδεικνύεται με K) προκύπτει με κάθε παραγγελία.
 8. Εκτός από αυτό κόστος εγκατάστασης, το κόστος της παραγγελίας είναι ανάλογο με την ποσότητα της παραγγελίας Q .
 9. Ένα ορισμένο κόστος φύλαξης (υποδεικνύεται με h) προκύπτει για κάθε μονάδα στην απογραφή ανά μονάδα χρόνου.
 10. Όταν παρουσιαστεί εξάντληση των αποθεμάτων, ένα συγκεκριμένο κόστος έλλειψης (συμβολίζεται με p) προκύπτει για κάθε μονάδα που καθυστέρησε ανά μονάδα χρόνου.

Το μοντέλο αυτό είναι στενά συνδεδεμένο με το μοντέλο EOQ με προγραμματισμένες ελλείψεις (Κεφ.4.1.2). Στην πραγματικότητα, όλες αυτές οι υποθέσεις είναι επίσης συνεπείς με αυτό το μοντέλο, εκτός της υπόθεσης 5. Παρά την αβέβαιη ζήτηση, αυτό το μοντέλο υποθέτει ότι η ζήτηση είναι γνωστή με σταθερό ρυθμό.

Λόγω της στενής σχέσης μεταξύ αυτών των δύο μοντέλων, τα αποτελέσματα πρέπει να είναι αρκετά όμοια. Η κύρια διαφορά είναι ότι, λόγω της αβέβαιης ζήτησης για το τρέχον μοντέλο, ορισμένα αποθέματα ασφαλείας πρέπει να προστεθούν όταν ρυθμίζεται το σημείο αναπαραγγελίας, έτσι ώστε να υπάρχει μία δικλείδα ασφαλείας, σε περιπτώσεις που η ζήτηση είναι αρκετά πάνω από το αναμενόμενο μέχρι τον χρόνο παράδοσης. Κατά τα λοιπά, οι υπόλοιποι παράγοντες είναι οι ίδιοι, οπότε οι ποσότητες παραγγελιών των δύο μοντέλων θα πρέπει να είναι όμοιες .

5.1.2 Επιλέγοντας την ποσότητα παραγγελίας Q

Η πιο απλή προσέγγιση στην επιλογή Q για το τρέχον μοντέλο είναι η χρησιμοποίηση του τύπου που δίδεται στο Κεφ.4 για το μοντέλο EOQ με προγραμματισμένες ελλείψεις. Αυτή η φόρμουλα είναι:

$$Q = \sqrt{\frac{2AK}{h}} \sqrt{\frac{p+h}{p}}$$

Όπου πλέον A είναι η μέση ζήτηση ανά μονάδα χρόνου, και K , h και p ορίζονται στις υποθέσεις 7, 9 και 10, αντιστοίχως. Αυτό το Q θα είναι μόνο μια προσέγγιση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας για το τρέχον μοντέλο. Ωστόσο, δεν υπάρχει κάποια φόρμουλα για την ακριβή τιμή της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας, έτσι, μία προσέγγιση είναι απαραίτητη. Η προσέγγιση που δίνεται παραπάνω είναι ένα αρκετά καλή.

5.1.3 Επιλέγοντας το σημείο αναπαραγγελίας R

Μια κοινή προσέγγιση για την επιλογή του σημείου αναπαραγγελίας R είναι η διάθεση της κάθε επιχείρησης για την ικανοποίηση των πελατών. Έτσι, το σημείο εκκίνησης για την απόκτηση μίας διαχειριστικής απόφασης, στηρίζεται στο επίπεδο των υπηρεσιών.

Επίπεδο υπηρεσιών μπορεί να οριστεί με διάφορους τρόπους, όπως αναφέρεται στο παρακάτω πλαίσιο:

Εναλλακτικά μέτρα του επιπέδου εξυπηρέτησης:

1. Η πιθανότητα ότι δεν θα προκύψει έλλειψη προϊόντων μεταξύ του χρόνου που πραγματοποιείται μια παραγγελία και την παραλαβή της.
2. Ο μέσος αριθμός έλλειψης προϊόντων ανά έτος.
3. Το μέσο ποσοστό της ετήσιας ζήτησης που μπορεί να ικανοποιηθεί αμέσως.
4. Η μέση καθυστέρηση πλήρωσης των καθυστερημένων παραγγελιών όταν παρουσιαστεί έλλειψη προϊόντων.
5. Η συνολική μέση καθυστέρηση στην εκτέλεση των παραγγελιών (όπου η καθυστέρηση χωρίς ελλείψεις είναι 0).

Τα μέτρα 1 και 2 συνδέονται στενά. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι η παραγγελία ποσότητας Q έχει οριστεί ως το 10% της ετήσιας ζήτησης, έτσι υπάρχει ένας μέσος όρος 10 παραγγελιών ανά έτος. Αν η πιθανότητα να παρουσιαστεί έλλειψη είναι 0,2 κατά τη διάρκεια του χρόνου έως ότου γίνει η παραλαβή μίας παραγγελίας, τότε ο μέσος αριθμός των ελλείψεων ανά έτος θα είναι $10(0,2) = 2$.

Τα μέτρα 2 και 3 σχετίζονται. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι παρουσιάζεται ένας μέσος όρος 2 ελλείψεων προϊόντων ανά έτος και η μέση διάρκεια είναι 9 ημέρες. Έτσι, έχουμε $2(9)=18$ ημέρες ελλείψεων ανά έτος που αντιστοιχεί ουσιαστικά σε 5% το χρόνο και το μέσο ποσοστό της ετήσιας ζήτησης που μπορεί να ικανοποιηθεί άμεσα είναι 95%.

Επιπλέον, τα μέτρα 3, 4 και 5, συνδέονται. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι το μέσο ποσοστό της ετήσιας ζήτησης που μπορεί να ικανοποιηθεί αμέσως είναι 95% και ο μέσος όρος καθυστέρησης στην πλήρωση των καθυστερημένων παραγγελιών όταν παρουσιαστεί έλλειψη είναι 5 ημέρες. Δεδομένου ότι μόνο το 5% των πελατών υπομένουν αυτήν την καθυστέρηση, η συνολική μέση καθυστέρηση στην εκτέλεση των παραγγελιών θα είναι $0,05(5)=0,25$ την ημέρα ανά παραγγελία.

Γι' αυτό το λόγο, πρέπει να ληφθεί μία διαχειριστική απόφαση για την επιθυμητή τιμή σε τουλάχιστον μία από αυτές τις τιμές, βάσει του επιπέδου εξυπηρέτησης. Αφού επιλεγεί ένα από αυτά τα μέτρα, στο οποίο, θα δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, είναι χρήσιμο να εξερευνηθούν οι συνέπειες των διαφόρων εναλλακτικών τιμών του πριν την επιλογή των βέλτιστων εναλλακτικών.

Το μέτρο 1 ίσως είναι το πιο βολικό για χρήση ως πρωτογενές μέτρο. Το επιθυμητό επίπεδο των υπηρεσιών για αυτό το μέτρο καλείται L. Έτσι,

L = η επιθυμητή πιθανότητα της διαχείρισης ότι δεν θα προκύψει έλλειψη κατά τη διάρκεια του χρόνου παραγγελίας και παράδοσης

Με τη χρήση του μέτρου 1 συνεπάγεται η εργασία με την εκτιμώμενη κατανομή της πιθανότητας της παρακάτω τυχαίας μεταβλητής.

D = η ζήτηση κατά τη διάρκεια του χρόνου πλήρωσης μιας παραγγελίας.

Για παράδειγμα, με ομοιόμορφη κατανομή, η φόρμουλα για την επιλογή του σημείου αναπαραγγελίας R , είναι απλή.

Εάν η κατανομή της πιθανότητας D είναι ομοιόμορφη κατανομή κατά το διάστημα από το a στο b , έχουμε :

$$R = a + L(b - a),$$

Διότι τότε,

$$P(D \leq R) = L.$$

Δεδομένου ότι η μέση τιμή αυτής της διανομής, είναι:

$$E(D) \frac{a+b}{2}$$

Το ποσό αποθέματος ασφαλείας (το αναμενόμενο επίπεδο της απογραφής ακριβώς πριν ληφθεί η ποσότητα της παραγγελίας) παρέχεται από το σημείο αναπαραγγελίας R .

$$\text{Αποθέματα ασφαλείας} = R - E(D) = a + L(b - a) - \frac{a+b}{2} = (L - \frac{1}{2})(b - a)$$

Όταν η ζήτηση διανομής είναι κάτι άλλο από ομοιόμορφη κατανομή, η διαδικασία για την επιλογή του R είναι παρόμοια.

Γενική διαδικασία για επιλογή R στο επίπεδο εξυπηρέτησης του μέτρου 1.

1. Επιλογή L
2. Επίλυση για R ώστε $P(D \leq R) = L$

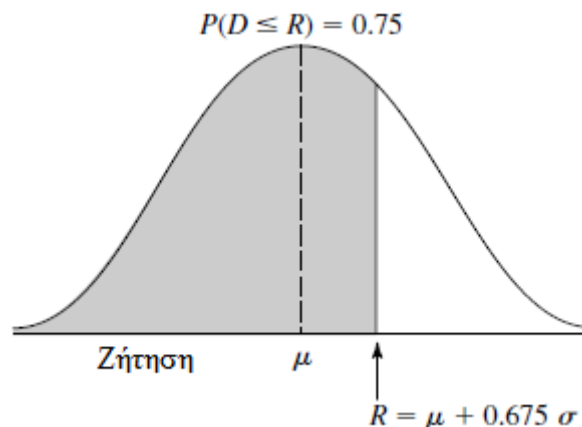
Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι το D έχει κανονική κατανομή με μέσο μ και διακύμανση σ^2 , όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 7. Με δεδομένη την τιμή του L , ο πίνακας για την κανονική κατανομή (παράρτημα 1) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό της αξίας των R . Ειδικότερα, χρειάζεται απλά να βρεθεί η τιμή του K_{1-L} σε αυτόν τον πίνακα και στη συνέχεια χρησιμοποιείται ο ακόλουθος τύπος για τον υπολογισμό του R .

$$R = \mu + K_{1-L}\sigma$$

Το προκύπτον ποσό του αποθέματος ασφαλείας είναι: $R - \mu = K_{1-L}\sigma$

Για παράδειγμα, αν $L = 0,75$, τότε $K_{1-L} = 0.675$, $R = \mu + 0.675\sigma$

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 7, αυτό παρέχει αποθέματα ασφαλείας $= 0.675\sigma$



Διάγραμμα 7

Υπολογισμός του σημείου αναπαραγγελίας R για το στοχαστικό μοντέλο συνεχούς αναθεώρησης

Ανατρέχοντας και πάλι το παράδειγμα της κατασκευής μπαταριών αυτοκινήτου γνωρίζουμε ότι το κόστος εγκατάστασης για την παραγωγή των μπαταριών είναι: $K = 12.000\text{€}$, το κόστος φύλαξης είναι $h = 0,30\text{€}$ ανά μπαταρία ανά μήνα, και το κόστος έλλειψης είναι $p = 1.10\text{€}$ ανά μπαταρία ανά μήνα.

Αρχικά, υπήρχε ένα πάγιο αίτημα 8.000 μπαταριών ανά μήνα για να συναρμολογηθούν σε αυτοκίνητα που παράγονται σε μια γραμμή παραγωγής με σταθερό ρυθμό. Ωστόσο, οι πωλήσεις των αυτοκινήτων είναι αρκετά μεταβλητές, έτσι ώστε το επίπεδο αποθεμάτων των έτοιμων συνόλων να έχει μεγάλη διακύμανση. Για να μειωθεί το απόθεμα κρατώντας το κόστος των τελικών συνόλων, η διοίκηση αποφάσισε να προσαρμόσει το ρυθμό παραγωγής των αυτοκινήτων σε καθημερινή βάση, ώστε να ταιριάζει καλύτερα με τις εισερχόμενες παραγγελίες.

Κατά συνέπεια, η ζήτηση για τις μπαταρίες είναι τώρα αρκετά μεταβλητή. Υπάρχει ένας χρόνος ενός μήνα μεταξύ της παραγγελίας παραγωγής μπαταριών και την παροχή τους για τη συναρμολόγηση σε αυτοκίνητα. Η ζήτηση για τις μπαταρίες κατά τη διάρκεια αυτού του χρόνου είναι μία τυχαία μεταβλητή D που έχει κανονική κατανομή με μέσο 8.000 και μία σταθερή απόκλιση 2.000. Για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος διατάραξης της γραμμής παραγωγής για την παραγωγή των αυτοκινήτων, η διοίκηση αποφάσισε ότι το απόθεμα ασφαλείας για τις μπαταρίες πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο, ώστε να αποφευχθούν οι ελλείψεις για τη διάρκεια αυτού του χρόνου κατά 95%.

Για την εφαρμογή του μοντέλου, η ποσότητα της παραγγελίας για κάθε γραμμή παραγωγής μπαταριών πρέπει να είναι:

$$Q = \sqrt{\frac{2AK}{h}} \sqrt{\frac{p+h}{p}} = \sqrt{\frac{2(8000)(12000)}{0.3}} \sqrt{\frac{1.1+0.3}{1.1}} = 28540$$

Αυτή είναι η ίδια ποσότητα που διαπιστώθηκε από το μοντέλο EOQ με προγραμματισμένες ελλείψεις για την προηγούμενη εκδοχή αυτού του παραδείγματος όπου υπήρχε ένα σταθερό (αντί για μέσο όρο) ποσοστό ζήτησης για 8.000 μπαταρίες ανά μήνα. Ωστόσο, η κύρια διαφορά από πριν, είναι ότι, πρέπει να παρέχεται απόθεμα ασφαλείας που εξουδετερώνει τη μεταβλητή ζήτηση. Η διοίκηση έχει επιλέξει ένα επίπεδο εξυπηρέτησης $L = 0.95$, οπότε ο κανονικός πίνακας στο

παράρτημα δίνει $K_{1-L} = 1.645$. Επομένως, το σημείο αναπαραγγελίας πρέπει να είναι:

$$R = \mu + K_{1-L}\sigma = 8000 + 1.645(2000) = 11290$$

Το ποσό του αποθέματος ασφαλείας που προκύπτει είναι:

$$R - \mu = 11290 - 8000 = 3290$$

5.2 Στοχαστικό Μοντέλο μονής περιόδου αναλώσιμων προϊόντων

Κατά την επιλογή ενός πρότυπου απογραφής για ένα συγκεκριμένο προϊόν, θα πρέπει να γίνει μια διάκριση μεταξύ δύο τύπων προϊόντων. Ένας τύπος είναι το σταθερό προϊόν, που παραμένει διαθέσιμο προπώληση επ' άπειρον οπότε δεν υπάρχει προθεσμία λήξης στην αποθήκευση. Αυτό είναι το είδος του προϊόντος που χρησιμοποιήθηκε στις προηγούμενες ενότητες. Ο άλλος τύπος, αντίθετα, είναι τα ευπαθή προϊόντα, τα οποία μπορούν να διατηρούνται σε αποθήκευση για ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα, ώστε να μην μπορούν πλέον να πωληθούν. Αυτό είναι το είδος του προϊόντος για το οποίο παρουσιάζεται το μοντέλο μονής περιόδου (και οι παραλλαγές του).

Ένα παράδειγμα αλλοιώσιμων προϊόντων είναι μια καθημερινή εφημερίδα που πωλείται στο περίπτερο. Η εφημερίδα μίας συγκριμένης ημέρας μπορεί να μεταφέρεται σε αποθήκευση για μόνο μία ημέρα πριν γίνει ξεπερασμένη και πρέπει να αντικατασταθεί από την εφημερίδα της επόμενης ημέρας. Όταν η ζήτηση για την εφημερίδα είναι μια τυχαία μεταβλητή (όπως υποτίθεται σε αυτό το κεφάλαιο), ο ιδιοκτήτης του περίπτερου θα πρέπει να επιλέξει μια καθημερινή ποσότητα παραγγελίας, που δημιουργεί ένα εύλογο δίλημμα μεταξύ του πιθανού κόστους υπερβάλλουσας παραγγελίας, καθώς και το δυνητικό κόστος μίας μικρότερης παραγγελίας. Το μοντέλο που αναπτύσσεται σε αυτό το κεφάλαιο επιτρέπει την επίλυση του προβλήματος αυτού, δηλαδή βελτιώνει την ποσότητα παραγγελίας για τη μεγιστοποίηση του κέρδους.

Επειδή στο γενικό πρόβλημα που αναλύεται ταιριάζει πολύ καλά αυτό το παράδειγμα, χαρακτηρίζεται παραδοσιακά ως το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη. Ωστόσο, ανέκαθεν αναγνωρίζεται ότι το μοντέλο αυτό είναι το ίδιο και για άλλα ευπαθή προϊόντα. Στην πραγματικότητα, οι περισσότερες εφαρμογές του

παρουσιάζονται σε άλλα ευπαθή προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των παραδειγμάτων που ακολουθούνται.

Ορισμένα είδη ευπαθών προϊόντων

Στην παρακάτω λίστα παρουσιάζονται ευπαθή προϊόντα, που δεν είναι δυνατόν να πωληθούν μετά την πάροδο μίας συγκριμένης περιόδου. Η μοναδική διαφορά τους είναι χρόνος διάρκειας τους, που μπορεί να είναι από μία εβδομάδα, έως και μερικούς μήνες.

1. Περιοδικά και εφημερίδες.
2. Λουλούδια που πωλούνται από ένα ανθοπωλείο.
3. Νωπά τρόφιμα.
4. Παραγωγή, φρέσκων φρούτων και λαχανικών, που πωλούνται σε σούπερ μάρκετ.
5. Χριστουγεννιάτικα δέντρα.
6. Εποχιακά ενδύματα, όπως το χειμερινό παλτό, όπου κάθε εμπόρευμα που απομένει στο τέλος της σεζόν πρέπει να πωλείται σε πολύ μειωμένες τιμές για τη δημιουργία κενού χώρου για την επόμενη σεζόν.
7. Εποχιακές ευχετήριες κάρτες.
8. Εμπορεύματα που σχετίζονται με τη μόδα.
9. Νέα αυτοκίνητα.
10. Κάθε προϊόν που θα ξεπεραστεί σύντομα.
11. Ζωτικά ανταλλακτικά που πρέπει να παράγονται κατά την τελευταία παραγωγή ορισμένων μοντέλων ενός προϊόντος (π.χ., ένα αεροπλάνο) για χρήση όπως καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του μοντέλου.
12. Κρατήσεις που παρέχονται από μια αεροπορική εταιρεία για μια συγκεκριμένη πτήση. Οι κρατήσεις που γίνονται με υπέρβαση του αριθμού των διαθέσιμων θέσεων (overbooking) μπορεί να θεωρηθούν ως η απογραφή ενός αναλώσιμου προϊόντος (δεν πωλούνται αφού έχει πραγματοποιηθεί η πτήση).

Το τελευταίο αυτό είδος είναι μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα περίπτωση, διότι οι μεγάλες αεροπορικές εταιρείες (και διάφορες άλλες εταιρείες που ασχολούνται με τη μεταφορά επιβατών), κάνουν εκτεταμένη χρήση του μοντέλου αυτού και αναλύουν πόσες διπλοκρατήσεις μπορούν να πραγματοποιήσουν. Για παράδειγμα, ένα άρθρο

στο Interfaces τον Ιανουάριο - Φεβρουάριο του 1992, περιγράφει πώς η American Airlines ασχολείται με τις υπεράριθμες κρατήσεις κατ' αυτόν τον τρόπο. Επιπλέον, το άρθρο περιγράφει πώς η εταιρεία ασχολείται επίσης, με δραστηριότητες έρευνας σε ορισμένα συναφή ζητήματα (όπως τη διάρθρωση των ναύλων). Οι συγκεκριμένες OR εφαρμογές (κοινώς αποκαλούμενες διαχείριση εσόδων) πιστώνεται στην αμερικανική εταιρεία που βελτίωσε τα ετήσια έσοδα της πάνω από 500 εκατομμύρια δολάρια. Η συνολική επίπτωση στα ετήσια κέρδη της βιομηχανίας μεταφοράς επιβατών θα μπορούσε να επιφέρει δισεκατομμύρια δολάρια επιπλέον κέρδους.

Όταν γίνεται διαχείριση των αποθεμάτων αυτών των διαφόρων τύπων των αναλώσιμων προϊόντων, είναι απαραίτητο να ασχοληθούμε με ορισμένες εκτιμήσεις πέραν εκείνων που θα συζητηθούν σε αυτό το κεφάλαιο. Έχει πραγματοποιηθεί μια εκτεταμένη έρευνα για την επέκταση αυτού του μοντέλου, που έχει ενσωματώσει αυτές τις σκέψεις και έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος.

Ας πάρουμε για παράδειγμα τη χονδρική διανομή ενός συγκεκριμένου μοντέλου ποδήλατου (ένα μικρό κοριτσίστικο ποδήλατο μίας σκάλας). Σε αυτό το μοντέλο υπάρχει πλέον μια νέα εξέλιξη. Ο κατασκευαστής ενημέρωσε τον διανομέα ότι σταματάει η παραγωγή αυτού του μοντέλου. Για να το αποσύρει από το απόθεμα, ο κατασκευαστής προσφέρει, στο διανομέα του, μία ευκαιρία να κάνει μια τελική αγορά με αρκετά ευνοϊκούς όρους, πιο συγκεκριμένα του προσφέρει το κόστος μονάδας μόνο 20€ ανά ποδήλατο. Με αυτές τις ειδικές ρυθμίσεις, ο διανομέας δεν θα επιβαρυνθεί με το κόστος εγκατάστασης για αυτήν την παραγγελία. Ο διανομέας, θεωρεί ότι αυτή η προσφορά παρέχει μια ιδανική ευκαιρία για να κάνει έναν τελικό γύρο πωλήσεων στους πελάτες του για την επερχόμενη σεζόν των Χριστουγέννων με μια μειωμένη τιμή, μόνο 45€ ανά ποδήλατο, καθιστώντας έτσι ένα κέρδος 25€ ανά ποδήλατο. Αυτή η πώληση θα πραγματοποιηθεί μόνο μία φορά καθώς το μοντέλο αυτό σύντομα θα αντικατασταθεί από ένα νέο. Επομένως, οποιοδήποτε ποδήλατο δεν πουληθεί κατά την πώληση αυτή θα καταστεί σχεδόν άχρηστο. Ωστόσο, ο διανομέας πιστεύει ότι θα μπορέσει να διαθέσει οποιαδήποτε ποδήλατα του απομείνουν μετά τα Χριστούγεννα, πουλώντας τα για την ονομαστική τιμή των 10€ το καθένα (αξία εκποίησης), με αποτέλεσμα να ανακτήσει το ήμισυ του κόστους αγοράς.

Εκτιμώντας την απώλεια αν παραγγείλει περισσότερο από ότι μπορεί να πουλήσει, καθώς και την απώλεια κέρδους αν παραγγείλει λιγότερα από αυτά μπορούν να

πωληθούν, ο διανομέας πρέπει να αποφασίσει τι ποσότητα παραγγελίας θα υποβάλει στον κατασκευαστή.

Άλλο ένα σχετικό κόστος, είναι το κόστος της διατήρησης των απούλητων ποδήλατων στην απογραφή μέχρι να διατεθούν μετά τα Χριστούγεννα. Συνδυάζοντας το κόστος του δεσμευμένου κεφαλαίου και άλλα έξοδα αποθήκευσης, το κόστος της απογραφής υπολογίζεται σε 1€ ανά ποδήλατο που απομένει μετά τα Χριστούγεννα.

Έτσι, θεωρώντας ως αξία εκποίησης τα 10€, το κόστος αποθήκευσης ανά μονάδα είναι το κόστος 9€ ανά ποδήλατο που απομένει στο τέλος.

Δύο παραπάνω συνιστώσες του κόστους που απαιτούν ακόμη συζήτηση, είναι το κόστος έλλειψης και τα έσοδα. Εάν η ζήτηση υπερβαίνει την προσφορά, οι πελάτες, οι οποίοι αποτυγχάνουν να αγοράσουν ένα ποδήλατο μπορεί να είναι κακοπροαίρετοι, πράγμα που οδηγεί σε ένα "κόστος" για το διανομέα. Αυτό το κόστος είναι η ανά είδος ποσοτικοποίηση της απώλειας θέλησης επί την ανικανοποίητη ζήτηση όποτε παρουσιάζεται έλλειμμα. Ο διανομέας θεωρεί ότι αυτό το κόστος είναι αμελητέο.

Αν υιοθετηθεί το κριτήριο για τη μεγιστοποίηση του κέρδους, θα πρέπει να συμπεριληφθούν τα έσοδα στο μοντέλο. Πράγματι, το συνολικό κέρδος είναι ίσο με το σύνολο των εσόδων μείον το κόστος (παραγγελία, αποθήκευση και κόστος έλλειψης). Υποθέτοντας ότι δεν υπάρχει αρχική απογραφή, αυτό το κέρδος για το διανομέα είναι:

Κέρδος = 45€ x αριθμός που πωλούνται από διανομέα - 20€ x αριθμός που αγοράζονται από το διανομέα + 9€ x αριθμός απούλητων που διατίθενται για τη διάσωσή της αξίας τους.

Έστω y = αριθμός που αγοράζονται από το διανομέα και D = ζήτηση από καταστήματα ποδηλάτων (τυχαία μεταβλητή) έτσι ώστε,

$$\min\{D, y\} = \text{αριθμός πωληθέντων,}$$

$$\max\{0, y - D\} = \text{αριθμός απούλητων}$$

Οπότε,

$$\text{Κέρδος} = 45 \min\{D, y\} - 20y + 9 \max\{0, y - D\}$$

Ο πρώτος όρος μπορεί επίσης να γραφτεί ως

$$45 \min\{D, y\} = 45D - 45 \max\{0, D - y\}$$

Ο όρος $45 \max\{0, D - y\}$ αντιπροσωπεύει την απώλεια εσόδων από την ανικανοποίητη ζήτηση. Αυτή η απώλεια εσόδων, συν το κόστος της απώλειας πελατείας εξαιτίας της μη ικανοποιηθείσας ζήτησης (θεωρείται αμελητέα σε αυτό το παράδειγμα), θα πρέπει να ερμηνεύεται ως κόστος έλλειψης σε όλο αυτό το κεφάλαιο.

Σημειώνεται ότι, το $45D$ είναι ανεξάρτητο από την πολιτική της απογραφής (η τιμή του y που επιλέγεται), έτσι μπορεί να διαγραφεί από την εξίσωση και οδηγούμαστε στο:

$$\text{Σχετικό Κέρδος} = -45 \max\{0, D - y\} - 20y + 9 \max\{0, y - D\}$$

Όλοι οι όροι στα δεξιά είναι τα αρνητικά του κόστους, όπου οι δαπάνες αυτές είναι το κόστος έλλειψης, το κόστος παραγγελίας, καθώς και το κόστος αποθήκευσης (το οποίο έχει αρνητική τιμή εδώ), αντίστοιχα. Αντί να μεγιστοποιήσουμε την αρνητική τιμή του συνολικού κόστους, θα υπολογίσουμε το ισοδύναμο της ελαχιστοποίησης:

$$\text{Συνολικό Κόστος} = 45 \max\{0, D - y\} + 20y - 9 \max\{0, y - D\}.$$

Πιο συγκεκριμένα, εφόσον το συνολικό κόστος είναι μια τυχαία μεταβλητή (επειδή το D είναι μια τυχαία μεταβλητή), ο στόχος που καθορίστηκε για το μοντέλο είναι να ελαχιστοποιήσει το αναμενόμενο συνολικό κόστος.

Κατά τη συζήτηση σχετικά με την ερμηνεία του κόστους έλλειψης, υποθέτουμε ότι η ανικανοποίητη ζήτηση είχε χαθεί. Εάν η ανικανοποίητη ζήτηση μπορούσε να καλυφθεί κατά προτεραιότητα αποστολής, ισχύει παρόμοια συλλογιστική.

Τα έσοδα του καθαρού εισοδήματος θα ήταν η τιμή πώλησης των ποδηλάτων (45€) επί τη ζήτηση, μείον το κόστος της μονάδας της προτεραιότητας παραγγελιών επί την ανικανοποίητη ζήτηση, όποτε παρουσιαστεί έλλειψη. Αν ο διανομέας χονδρικής πώλησης αναγκαστεί να αντιμετωπίσει την ανικανοποίητη ζήτηση αγοράζοντας ποδήλατα από τον κατασκευαστή για 35€ το καθένα συν το ναύλο διακίνησης, ας πούμε, 2€ το καθένα, τότε το κατάλληλο κόστος έλλειψης θα είναι 37€ ανά ποδήλατο. (Αν υπήρχαν δαπάνες από την απώλεια καλής θέλησης, θα πρέπει να προστεθεί στο ποσό αυτό).

Ο διανομέας δε γνωρίζει ποια θα είναι η ζήτηση για αυτά τα ποδήλατα δηλαδή, η ζήτηση D είναι μια τυχαία μεταβλητή. Ωστόσο, η βέλτιστη πολιτική της απογραφής μπορεί να επιτευχθεί, εάν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με την κατανομή της πιθανότητας D .

$$P_D(d) = P\{D = d\}$$

Θεωρείται ότι το $P_D(d)$ είναι γνωστό για όλες τις τιμές του d .

Συνοψίζοντας το μοντέλο σε γενικές γραμμές έχουμε τις παρακάτω υποθέσεις:

1. Κάθε εφαρμογή περιλαμβάνει ένα αναλώσιμο προϊόν.
2. Κάθε εφαρμογή περιλαμβάνει μία χρονική περίοδο, διότι το προϊόν δεν μπορεί να πωληθεί αργότερα.
3. Ωστόσο, είναι δυνατόν να προωθηθούν τυχόν μονάδες του προϊόντος που απομένουν στο τέλος της περιόδου, ίσως ακόμη και να λαμβάνεται μια αξία εκποίησης για τις μονάδες αυτές.
4. Δεν υπάρχει διαθέσιμο απόθεμα στην αρχή.
5. Η μόνη απόφαση που πρέπει να ληφθεί είναι η τιμή του y , ο αριθμός δηλαδή των μονάδων για παραγγελία (είτε μέσω της αγοράς ή παραγωγής), ώστε να καταστούν διαθέσιμες στην αρχή της περιόδου.
6. Η ζήτηση για απόσυρση μονάδων ώστε να πωληθούν (ή για οποιοδήποτε άλλο σκοπό) κατά τη διάρκεια της περιόδου είναι μια τυχαία μεταβλητή D . Ωστόσο, η πιθανότητα κατανομής του D είναι γνωστή (ή τουλάχιστον εκτιμάται).
7. Μετά τη διαγραφή των εσόδων, εάν η ζήτηση έχει ικανοποιηθεί (εφόσον αυτή είναι ανεξάρτητη της απόφασης y), ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί το αναμενόμενο συνολικό κόστος.

Η απόφαση για την τιμή του y , το ποσό του εμπορεύματος που πρέπει να αποκτηθεί, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την κατανομή της πιθανότητας της ζήτησης D . Χρειάζεται λοιπόν, να γίνει ένας συμβιβασμός μεταξύ (1) του κινδύνου έλλειψης (προκαλώντας κόστος έλλειψης) και (2) του κινδύνου πλεονασματικών αποθεμάτων που προκαλούν περίσσιο κόστος (εφόσον δεν μπορούν να πωληθούν) και δημιουργούν προβλήματα στην αποθήκευση. Αυτός ο συμβιβασμός, επιτυγχάνεται ελαχιστοποιώντας την προσδοκώμενη τιμή (με τη στατιστική έννοια) των αθροισμάτων των δαπανών αυτών. Το ποσό που πωλείται δίνεται από:

$$\min\{D, y\} = \begin{cases} D & \text{αν } D < y \\ y & \text{αν } D \geq y \end{cases}$$

Συνεπώς, το κόστος που προκύπτει αν η ζήτηση είναι D και y είναι η προμήθεια δίνεται από:

$$C(D, y) = cy + p \max\{0, D - y\} + h \max\{0, y - D\}$$

Επειδή η ζήτηση είναι μια τυχαία μεταβλητή (με πιθανότητα κατανομής $P_D(d)$), αυτό το κόστος είναι επίσης μία τυχαία μεταβλητή. Το αναμενόμενο κόστος δίνεται από το $C(y)$, όπου:

$$C(y) = E[C(D, y)] = \sum_{d=0}^{\infty} (cy + p \max\{0, d - y\} + h \max\{0, y - d\}) P_D(d) =$$

$$cy + \sum_{d=y}^{\infty} p(d - y) P_D(d) + \sum_{d=0}^{y-1} h(y - d)P_D(d)$$

Η συνάρτηση $C(y)$ εξαρτάται από την κατανομή της πιθανότητας του D . Συχνά, είναι δύσκολη η εύρεση αυτής της πιθανότητας διανομής, ιδιαίτερα όταν το εύρος της ζήτησης εκτείνεται σε μεγάλο αριθμό πιθανών τιμών. Συνεπώς, αυτή η διακριτή τυχαία μεταβλητή προσεγγίζεται συχνά από μια συνεχή τυχαία μεταβλητή.

Επιπλέον, όταν η ζήτηση εκτείνεται σε μεγάλο αριθμό πιθανών τιμών, η προσέγγιση αυτή, θα αποδώσει μία αρκετά ακριβή τιμή για τη βέλτιστη ποσότητα προμήθειας. Επιπλέον, όταν χρησιμοποιείται διακριτή ζήτηση, οι προκύπτουσες εκφράσεις μπορεί να καταστούν δύσκολες ως προς την αναλυτική τους επίλυση. Συνεπώς, θεωρούμε πως υπάρχει συνεχής ζήτηση.

Για την διαρκώς τυχαία μεταβλητή D , έχουμε:

$$\varphi_D(\xi) = \text{πυκνότητα πιθανότητας συναρτήσεως του } D$$

$$\text{και } \Phi(\alpha) = \text{αθροιστική κατανομή (CDF) συναρτήσεως του } D$$

Έτσι,

$$\Phi(\alpha) = \int_0^{\alpha} \varphi_D(\xi) d\xi$$

Όταν επιλέγεται μια ποσότητα παραγγελίας y , η CDF $\Phi(y)$ γίνεται η πιθανότητα έλλειψης που δεν θα παρουσιαστεί πριν τη λήξη της περιόδου. Όπως και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η πιθανότητα αυτή καλείται ως το επίπεδο υπηρεσιών που παρέχεται από την ποσότητα της παραγγελίας. Το αντίστοιχο αναμενόμενο κόστος $C(y)$ εκφράζεται ως:

$$C(y) = E[C(D, y)] = \int_0^{\infty} C(\xi, y) \varphi_D(\xi) d\xi$$

$$= \int_0^{\infty} (cy + p \max\{0, \xi - y\} + h \max\{0, y - \xi\}) \varphi_D(\xi) d\xi$$

$$= cy + \int_y^{\infty} p(\xi - y) \varphi_D(\xi) d\xi + \int_0^y h(y - \xi) \varphi_D(\xi) d\xi$$

$$= cy + L(y)$$

Όπου $L(y)$ συχνά ονομάζεται η αναμενόμενη ανεπάρκεια συν το κόστος φύλαξης. Στη συνέχεια, είναι απαραίτητο να βρεθεί η τιμή του y , δηλαδή y^0 , η οποία ελαχιστοποιεί το $C(y)$.

Η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας είναι η τιμή που ικανοποιεί τη σχέση:

$$\Phi(y^0) = \frac{p - c}{p + h}$$

Έτσι, το $\Phi(y^0)$ είναι το βέλτιστο επίπεδο εξυπηρέτησης και η αντίστοιχη ποσότητα της παραγγελίας y^0 μπορεί να υπολογιστεί είτε αλγεβρικά, από την επίλυση της εξίσωσης αυτής, ή γραφικά, σχεδιάζοντας το CDF όπου φαίνεται το y^0 . Τα υπόλοιπα στοιχεία της εξίσωσης αναγνωρίζονται ως:

$p - c$ = το κόστος της μονάδας για ελλειπή παραγγελία.

Ομοίως ,

$p + h$ = το κόστος της μονάδας για υπερπαραγγελία .

Ως εκ τούτου, τα παραπάνω κόστη λαμβάνονται υπόψη ως C_{under} και C_{over} αντίστοιχα και η εξίσωση αυτή εκφράζεται ως:

$$\text{Βέλτιστο επίπεδο υπηρεσιών} = \frac{C_{\text{under}}}{C_{\text{under}} + C_{\text{over}}}$$

Αν θεωρηθεί ότι το D είναι μία διακριτή τυχαία μεταβλητή έχοντας CDF, τότε με:

$$F_D(b) = \sum_{d=0}^{\infty} P_D(d)$$

αποκτάται ένα όμοιο αποτέλεσμα για τη βέλτιστη ποσότητα της παραγγελίας. Ειδικότερα, η βέλτιστη ποσότητα για παραγγελία y^0 είναι ο μικρότερος ακέραιος, τέτοιος ώστε:

$$F_D(y^0) \geq \frac{p - c}{p + h}$$

Εφαρμογή σε παράδειγμα

Επιστρέφοντας στο παράδειγμα των ποδηλάτων που περιγράφεται στην αρχή, υποθέτουμε ότι η ζήτηση έχει εκθετική κατανομή με μέσο 10000, έτσι ώστε:

$$\varphi_D(\xi) = \begin{cases} \frac{1}{10000} e^{-\xi/10000} & \text{για } \xi \geq 0 \\ 0 & \text{για } \xi < 0 \end{cases}$$

και το CDF είναι,

$$\Phi(\alpha) = \int_0^{\alpha} \frac{1}{10000} e^{-\xi/10000} d\xi = 1 - e^{-\alpha/10000}$$

Ως δεδομένα έχουμε,

$$c = 20, p = 45, h = -9.$$

Κατά συνέπεια, η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας y^0 είναι η τιμή που ικανοποιεί τη σχέση:

$$1 - e^{-y^0/10000} = \frac{45-20}{45-9} = 0.694444$$

Με τη βοήθεια του φυσικού λογαρίθμου (υποδεικνύεται από \ln), η εξίσωση αυτή μπορεί να επιλυθεί ως εξής:

$$e^{-y^0/10000} = 0.30556 \Rightarrow$$

$$\ln e^{-y^0/10000} = \ln 0.30556 \Rightarrow$$

$$\frac{-y^0}{10000} = -1.1856 \Rightarrow$$

$$y^0 = 11856$$

Επομένως, ο διανομέας πρέπει να εφοδιαστεί 11856 ποδήλατα για τη Χριστουγεννιάτικη περίοδο. Σημειώνεται ότι, ο αριθμός αυτός είναι ελαφρώς μεγαλύτερος από την αναμενόμενη ζήτηση των 10000.

Όταν η ζήτηση είναι εκθετική, με προσδοκία λ , τότε το y^0 λαμβάνεται από τη σχέση:

$$y^0 = -\lambda \ln \frac{c+h}{p+h}$$

5.2.1 Το μοντέλο με αρχικό επίπεδο αποθεμάτων

Στο παραπάνω μοντέλο υποθέσαμε ότι δεν υπάρχει αρχικό απόθεμα. Ως μια μικρή αλλαγή, υποθέτουμε ότι ο διανομέας τώρα, ξεκινά με 500 ποδήλατα. Πώς επηρεάζει αυτή η αλλαγή τη βέλτιστη πολιτική της απογραφής;

Γενικά, ας υποθέσουμε ότι το αρχικό επίπεδο αποθέματος, δίνεται από το x και η απόφαση που πρέπει να ληφθεί, είναι η τιμή του y , δηλαδή το επίπεδο αποθέματος μετά από ανασύσταση μέσω παραγγελίας (ή παραγωγής) πρόσθετων μονάδων. Έτσι, $y-x$ είναι η παραγγελία, ώστε:

Διαθέσιμο ποσό (y) = αρχικό απόθεμα (x) + παραγγελθείσα ποσότητα ($y - x$).

Η εξίσωση του κόστους που παρουσιάστηκε νωρίτερα παραμένει ίδια, εκτός από το διάστημα που ήταν προηγουμένως cy . Ο όρος αυτός γίνεται τώρα $c(y - x)$, έτσι το ελάχιστο αναμενόμενο κόστος δίνεται από:

$$\min_{y \geq x} \left[c(y - x) + \int_y^{\infty} p(\xi - y)\varphi_D(\xi)d\xi + \int_0^y h(y - \xi)\varphi_D(\xi)d\xi \right]$$

Η σταθερά $y \geq x$ πρέπει να προστεθεί, επειδή το επίπεδο των αποθεμάτων y μετά από ανεφοδιασμό, δεν μπορεί να είναι κατώτερο από το αρχικό επίπεδο αποθέματος x .

Η βέλτιστη πολιτική της απογραφής είναι η ακόλουθη:

$$\text{Αν } x = \begin{cases} < y^0, & \text{πραγματοποιείται παραγγελία } y^0 - x \\ \geq y^0, & \text{δεν πραγματοποιείται παραγγελία} \end{cases}$$

όπου το y^0 ικανοποιεί τη σχέση :

$$\Phi(y^0) \geq \frac{p - c}{p + h}$$

Έτσι λοιπόν, στο παράδειγμα των ποδηλάτων, εάν υπάρχουν 500 ποδήλατα, η βέλτιστη πολιτική είναι η αναπλήρωση του αποθέματος κατά 11356 ποδήλατα (έως ότου φτάσει τα 11856 ποδήλατα). Από την άλλη πλευρά, αν υπήρχαν 12000 ποδήλατα ήδη διαθέσιμα, η βέλτιστη πολιτική θα ήταν να μην πραγματοποιηθεί παραγγελία.

Για τον προσδιορισμό της βέλτιστης πολιτικής ξεκινάμε από την υπόθεση ότι το αρχικό επίπεδο αποθέματος είναι μηδέν.

Για κάθε θετική σταθερά c_1 και c_2 , ορίζεται $g(\xi, y)$,

$$g(\xi, y) = \begin{cases} c_1(y - \xi), & y < \xi \\ c_2(\xi - y), & y \geq \xi \end{cases}$$

όπου $c > 0$. Το $G(y)$ ελαχιστοποιείται για $y = y^0$, όπου y^0 είναι η λύση στο:

$$\Phi(y^0) = \frac{c_2 - c}{c_2 + c_1}$$

Για να δούμε, γιατί αυτή η τιμή του y^0 ελαχιστοποιεί το $G(y)$,

$$G(y) = c_2 \int_y^{\infty} (\xi - y)\varphi_D(\xi) d\xi + c_1 \int_0^y (y - \xi)\varphi_D(\xi)d\xi + cy$$

λαμβάνοντας την παράγωγο και θέτοντας τη ίση με μηδέν, οδηγεί στο:

$$\frac{dG(y)}{dy} = c_1 \int_0^y \varphi_D(\xi)d\xi - c_2 \int_y^{\infty} \varphi_D(\xi) d\xi + c = 0$$

που συνεπάγεται ότι:

$$c_1 \Phi(y^0) - c_2 [1 - \Phi(y^0)] + c = 0$$

$$\text{επειδή } \int_0^{\infty} \varphi_D(\xi) d\xi = 1$$

Η επίλυση αυτής καταλήγει στο:

$$\Phi(y^0) = \frac{c_2 - c}{c_2 + c_1}$$

Η λύση αυτής της εξίσωσης ελαχιστοποιεί το $G(y)$, διότι

$$\frac{d^2 G(y)}{dy^2} = (c_1 + c_2) \varphi_D(y) \geq 0 \text{ για όλα τα } y.$$

Για την εφαρμογή αυτού του αποτελέσματος, αρκεί να δείξουμε ότι το

$$C(y) = \int_y^{\infty} p(\xi - y) \varphi_D(\xi) d\xi + \int_0^y h(y - \xi) \varphi_D(\xi) d\xi + cy$$

έχει τη μορφή του $G(y)$. Προφανώς, $c_1 = h$, $c_2 = p$, και $c = c$, έτσι ώστε η βέλτιστη ποσότητα y^0 είναι η τιμή που ικανοποιεί τη σχέση:

$$\Phi(y^0) = \frac{p - c}{p + h}$$

Για να αποκομίσουμε τα αποτελέσματα για την περίπτωση που το αρχικό επίπεδο αποθέματος είναι $x > 0$, κρίνεται απαραίτητη η λύση της σχέσης:

$$\min_{y \geq x} \left\{ -cx + \left[\int_y^{\infty} p(\xi - y) \varphi_D(\xi) d\xi + \int_0^y h(y - \xi) \varphi_D(\xi) d\xi + cy \right] \right\}$$

Σημειώνεται ότι η έκφραση εντός της παρένθεσης έχει τη μορφή $G(y)$, με $c_1 = h$, $c_2 = p$, και $c = c$. Συνεπώς, η εξίσωση του κόστους για να ελαχιστοποιηθεί μπορεί να γραφτεί ως:

$$\min_{y \geq x} \{ -cy + G(y) \}$$

Είναι σαφές ότι το $-cx$ είναι μία σταθερά, έτσι αρκεί να βρεθεί το y που ικανοποιεί το: $\min_{y \geq x} G(y)$.

Συνεπώς, η τιμή του y^0 που ελαχιστοποιεί το $G(y)$ ικανοποιεί το:

$$\Phi(y^0) = \frac{p - c}{p + h}$$

Επιπλέον, η $G(y)$ πρέπει να είναι κυρτή συνάρτηση, διότι

$$\frac{d^2G(y)}{dy^2} \geq 0$$

Επίσης,

$$\lim_{y \rightarrow 0} \frac{dG(y)}{dy} = c - p$$

που είναι αρνητικό και

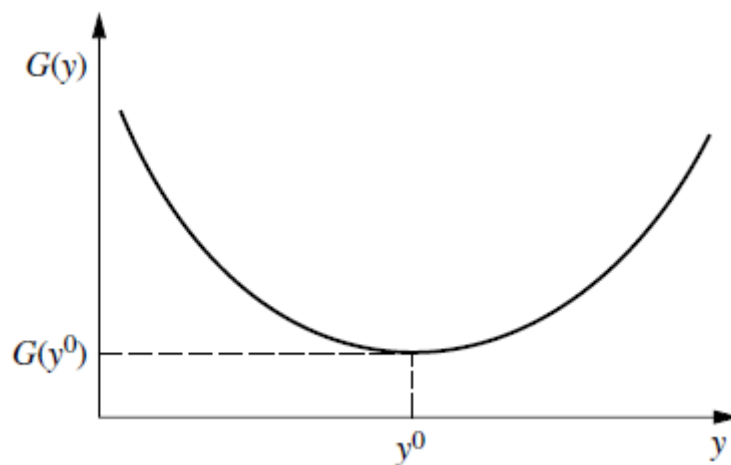
$$\lim_{y \rightarrow \infty} \frac{dG(y)}{dy} = h + c$$

που είναι θετικό. Συνεπώς, το $G(y)$ πρέπει να είναι όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 8.

Έτσι, η βέλτιστη πολιτική δίνεται από:

Αν $x < y^0$, πραγματοποιείται παραγγελία $y^0 - x$, ώστε το απόθεμα να καταλήξει σε y^0 , διότι το y^0 μπορεί να επιτευχθεί μαζί με την ελάχιστη τιμή του $G(y^0)$. Αν $x \geq y^0$, δεν πραγματοποιείται παραγγελία, διότι κάθε $G(y)$, με $y > x$, υπερβαίνει το $G(x)$.

Ένα παρόμοιο επιχείρημα μπορεί να δημιουργηθεί για την επίτευξη της βέλτιστης πολιτικής για το παρακάτω μοντέλο με μη γραμμικά κόστη.



Διάγραμμα 8

Διάγραμμα $G(y)$ για το στοχαστικό μοντέλο
μονής περιόδου

5.2.2 Το μοντέλο με μη γραμμικά κόστη

Παρόμοια αποτελέσματα για τα μοντέλα αυτά μπορεί να αποκτηθούν για μη γραμμικά κόστη φύλαξης και έλλειψης. Το κόστος φύλαξης δηλώνεται ως:

$$h[y - D], \text{ αν } y \geq D$$

$$0, \text{ αν } y < D$$

Όπου $h[\bullet]$ είναι μια μαθηματική συνάρτηση, όχι κατ' ανάγκη γραμμική.

Ομοίως, το κόστος έλλειψης δηλώνεται ως:

$$p[y - D], \text{ αν } D \geq y$$

$$0, \text{ αν } D < y$$

Όπου $p[\bullet]$ είναι επίσης μια συνάρτηση, όχι κατ' ανάγκη γραμμική.

Έτσι, το συνολικό προβλεπόμενο κόστος δίνεται από:

$$c(y - x) + \int_y^{\infty} p[\xi - y] \varphi_D(\xi) d\xi + \int_0^y h[y - \xi] \varphi_D(\xi) d\xi$$

με το x να είναι η αρχική ποσότητα.

Αν το $L(y)$ ορίζεται ως η αναμενόμενη ανεπάρκεια, συν το κόστος φύλαξης,

$$L(y) = \int_y^{\infty} p[\xi - y] \varphi_D(\xi) d\xi + \int_0^y h[y - \xi] \varphi_D(\xi) d\xi$$

τότε, το συνολικό προβλεπόμενο κόστος μπορεί να γραφτεί ως:

$$c(y - x) + L(y).$$

Η βέλτιστη πολιτική προκύπτει από την ελαχιστοποίηση αυτής της έκφρασης, υπό τον περιορισμό ότι $y \geq x$, δηλαδή,

$$\min_{y \geq x} \{c(y - x) + L(y)\}$$

Αν $L(y)$ είναι αυστηρά κυρτή (επαρκή προϋπόθεση είναι, τα κόστη έλλειψης και φύλαξης να είναι κυρτά και $\varphi_D(\xi) > 0$), τότε η βέλτιστη πολιτική είναι:

$$\text{Αν } x \begin{cases} < y^0, & \text{πραγματοποιείται παραγγελία } y^0 - x \\ \geq y^0, & \text{δεν πραγματοποιείται παραγγελία} \end{cases}$$

Όπου y^0 είναι η τιμή του y που ικανοποιεί την εξίσωση:

$$\frac{dL(y)}{dy} + c = 0$$

5.2.3 Μοντέλο μόνης περιόδου με κόστος εγκατάστασης

Στο παράδειγμα των ποδηλάτων προηγουμένως σε αυτή την ενότητα, υποθέσαμε ότι δεν υπήρχε κόστος εγκατάστασης στην παραγγελία των ποδηλάτων για τη

Χριστουγεννιάτικη περίοδο. Ας υποθέσουμε τώρα, ότι το κόστος της ειδικής αυτής παραγγελίας είναι 800€, έτσι ώστε αυτό το κόστος να πρέπει να συμπεριληφθεί στην ανάλυση του μοντέλου. Στην πραγματικότητα, η αλλαγή αυτή μπορεί, γενικά να προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στα αποτελέσματα.

Γενικά, το κόστος εγκατάστασης υποδεικνύεται με K . Ξεκινώντας, τα κόστη έλλειψης και φύλαξης πρέπει να θεωρηθούν ότι είναι γραμμικά. Το αποτέλεσμα που προκύπτει δίνεται από το $L(y)$, όπου

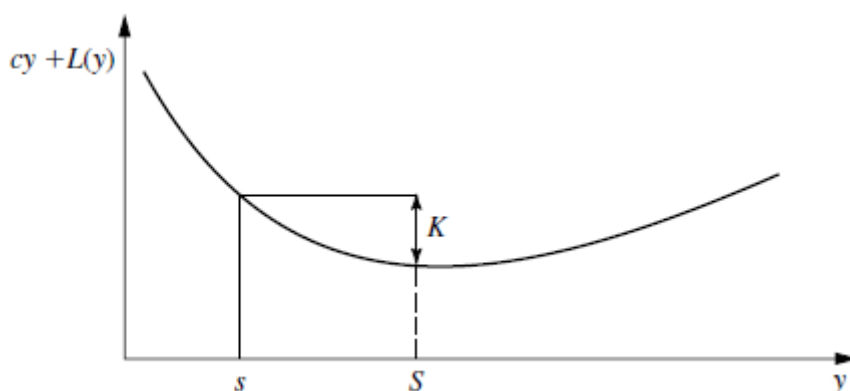
$$L(y) = p \int_y^{\infty} (\xi - y) \varphi_D(\xi) d\xi + h \int_0^y (y - \xi) \varphi_D(\xi) d\xi$$

Έτσι, το συνολικό προβλεπόμενο κόστος, προκύπτει φέρνοντας το επίπεδο της απογραφής στο επίπεδο y που δίνεται από:

$$K + c(y - x) + L(y) \quad \text{αν } y > x$$

$$L(x) \quad \text{αν } y = x$$

Σημειώνεται ότι το $cy + L(y)$ είναι το ίδιο το αναμενόμενο κόστος που θεωρήθηκε νωρίτερα, όταν το κόστος ρύθμισης παραλείφθηκε. Αν σχεδιαστεί το $cy + L(y)$ ως συνάρτηση του y , θα εμφανιστεί όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 9, θέτοντας S ως την τιμή του y που ελαχιστοποιεί το $cy + L(y)$ και θέτοντας s ως η μικρότερη τιμή του y για το οποίο $cs + L(s) = K + cS + L(S)$. Από το Διάγραμμα 9, φαίνεται ότι:



Διάγραμμα 9

Διάγραμμα $cy + L(y)$ για το στοχαστικό μοντέλο μονής περιόδου με κόστος εγκατάστασης

Αν $x > S$, τότε $K + cy + L(y) > cx + L(x)$, για όλα τα $y > x$,

$$\text{ή } K + c(y-x) + L(y) > L(x)$$

Το αριστερό μέρος της τελευταίας ανισότητας, αντιπροσωπεύει το αναμενόμενο συνολικό κόστος παραγγελίας $y - x$ που φέρνει το απόθεμα στο επίπεδο y και η δεξιά πλευρά της ανισότητας αντιπροσωπεύει το αναμενόμενο συνολικό κόστος αν δεν προκύψει παραγγελία. Συνεπώς, η βέλτιστη πολιτική δείχνει ότι αν $x > S$, δεν πραγματοποιείται παραγγελία.

Αν $s \leq x \leq S$, όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 9

$$K + cy + L(y) \geq cx + L(x), \text{ για όλα τα } y > x,$$

$$\text{ή } K + c(y-x) + L(y) \geq L(x)$$

Και πάλι, το να μην πραγματοποιηθεί παραγγελία είναι λιγότερο ακριβό από το να πραγματοποιηθεί.

Τέλος, αν $x < S$, συνάγεται από το Διάγραμμα 9 ότι:

$$\min_{y \geq x} \{K + cy + L(y)\} = K + cS + L(S) < cx + L(x)$$

$$\min_{y \geq x} \{K + c(y - x) + L(y)\} = K + c(S - x) + L(S) < L(x)$$

Το ελάχιστο κόστος προκύπτει 'φέρνοντας' το επίπεδο των αποθεμάτων ως S .

Η βέλτιστη πολιτική απογραφής σε αυτήν την περίπτωση είναι:

$$\text{Αν } x \begin{cases} < s, & \text{πραγματοποιείται παραγγελία } S - x \\ \geq s, & \text{δεν πραγματοποιείται παραγγελία} \end{cases}$$

Η τιμή του S λαμβάνεται από:

$$\Phi(s) = \frac{p - c}{p + h}$$

και s είναι η μικρότερη τιμή που ανταποκρίνεται στο:

$$cs + L(S) = K + cS + L(S).$$

Αυτού του είδους η πολιτική αναφέρεται ως (s, S) πολιτική και έχει εκτεταμένη χρήση στη βιομηχανία.

Παράδειγμα

Στο παράδειγμα των ποδηλάτων, έχει βρεθεί νωρίτερα ότι: $y^0 = S = 11856$.

Αν $K = 800$, $c = 20$, $p = 45$ και $h = -9$, τότε s δίνεται από:

$$20s + 45 \int_s^{\infty} (\xi - s) \frac{1}{10000} e^{-\xi/10000} d\xi - 9 \int_0^s (s - \xi) \frac{1}{10000} e^{-\xi/10000} d\xi$$

$$= 800 + 20(11856) + 45 \int_s^{\infty} (\xi - 11856) \frac{1}{10000} e^{-\xi/10000} d\xi$$

$$-9 \int_0^s (11856 - \xi) \frac{1}{10000} e^{-\xi/10000} d\xi$$

που οδηγεί σε $s = 10674$.

Συνεπώς, η βέλτιστη πολιτική, που πρέπει να ακολουθηθεί, είναι η αναπλήρωση των αποθεμάτων ως $S = 11856$ ποδήλατα, αν το διαθέσιμο ποσό είναι μικρότερο από το $s = 10674$. Διαφορετικά, δεν πραγματοποιείται καμία παραγγελία.

5.2.4 Επίλυση όταν η κατανομή της ζήτησης είναι εκθετική

Θα εξεταστεί η ιδιαίτερη περίπτωση όπου, η κατανομή της ζήτησης D είναι εκθετική, δηλαδή,

$$\varphi_D(\xi) = \alpha e^{-\alpha\xi}, \text{ για } \xi \geq 0$$

Από τα αποτελέσματα χωρίς κόστος εγκατάστασης,

$$1 - e^{-\alpha\xi} = \frac{p - c}{p + h}$$

οπότε,

$$S = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{h + p}{h + c}$$

Για κάθε y ,

$$\begin{aligned} cy + L(y) &= cy + p \int_y^\infty (\xi - y) \alpha e^{-\alpha\xi} d\xi + h \int_0^y (y - \xi) \alpha e^{-\alpha\xi} d\xi \\ &= (c + h)y + \frac{1}{\alpha} (h + p) e^{-\alpha y} - \frac{h}{\alpha} \end{aligned}$$

Αξιολογώντας το $cy + L(y)$ στα σημεία $y = s$ και $y = S$ οδηγούμαστε στο:

$$(c + h)s + \frac{1}{\alpha} (h + p) e^{-\alpha s} - \frac{h}{\alpha} = K + (c + h)S + \frac{1}{\alpha} (h + p) e^{-\alpha S} - \frac{h}{\alpha}$$

ή

$$(c + h)s + \frac{1}{\alpha} (h + p) e^{-\alpha s} = K + (c + h)S + \frac{1}{\alpha} (c + h)$$

Μολονότι αυτή η τελευταία εξίσωση δεν έχει λύση κλειστής μορφής, μπορεί να επιλυθεί αριθμητικά αρκετά εύκολα. Μία προσεγγιστικά αναλυτική λύση μπορεί να επιτευχθεί ως εξής. Θέτοντας:

$$\Delta = S - s$$

Η τελευταία εξίσωση αποδίδεται ως:

$$e^{\alpha\Delta} = \frac{\alpha K}{c+h} + \alpha\Delta + 1$$

Εάν το $\alpha\Delta$ είναι κοντά στο μηδέν, το $e^{\alpha\Delta}$ μπορεί να αναπτυχθεί με σειρά Taylor γύρω από το μηδέν. Εάν οι όροι πέραν των δευτεροβάθμιων όρων αγνοηθούν, το αποτέλεσμα γίνεται:

$$1 + \alpha\Delta + \frac{\alpha^2\Delta^2}{2} \cong \frac{\alpha K}{c+h} + \alpha\Delta + 1$$

έτσι,

$$\Delta = \sqrt{\frac{2\alpha K}{\alpha(c+h)}}$$

Χρησιμοποιώντας αυτή την προσέγγιση στο παράδειγμα των ποδηλάτων καταλήγει σε:

$$\Delta = \sqrt{\frac{2(10000)(800)}{20-9}} = 1206$$

η οποία είναι αρκετά κοντά στην τιμή $\Delta = 1182$.

5.2.5 Το μοντέλο με μη γραμμικό κόστος

Τα αποτελέσματα αυτά, μπορούν να επεκταθούν και στην περίπτωση που η αναμενόμενη ανεπάρκεια και το κόστος φύλαξης $L(y)$ είναι αυστηρά κυρτή συνάρτηση. Η επέκταση αυτών καταλήγει σε μία αυστηρά κυρτή $cy + L(y)$, παρόμοιο με το Διάγραμμα 9.

Για το μοντέλο αυτό, η βέλτιστη πολιτική καταγραφής έχει την ακόλουθη μορφή :

$$A \vee x \begin{cases} < s, & \text{πραγματοποιείται παραγγελία } S - x \\ \geq s, & \text{δεν πραγματοποιείται παραγγελία} \end{cases}$$

όπου το S είναι η τιμή του y που ικανοποιεί τη σχέση :

$$\frac{dL(y)}{dy} + c = 0$$

και το s είναι η μικρότερη τιμή που ανταποκρίνεται στην έκφραση

$$cs + L(s) = K + cS + L(S)$$

5.3 Στοχαστικό Μοντέλο περιοδικής αναθεώρησης

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκε ένα στοχαστικό πρότυπο μονού διαστήματος που έχει σχεδιαστεί για την αντιμετώπιση ευπαθών προϊόντων. Τώρα, θα εξεταστούν τα σταθερά προϊόντα που παραμένουν ικανά για πώληση επ' αόριστον. Γίνεται και πάλι, η υπόθεση ότι, η ζήτηση είναι αβέβαιη, που είναι απαραίτητο στα στοχαστικά υποδείγματα. Ωστόσο, σε αντίθεση με τη συνεχή αναθεώρηση του συστήματος απογραφής, μπορούμε τώρα να υποθέσουμε ότι το σύστημα παρακολουθείται μόνο περιοδικά. Στο τέλος κάθε περιόδου, όταν καθορίζεται το τρέχον επίπεδο αποθέματος, μια απόφαση σχετικά με το κατά πόσο θα πραγματοποιηθεί παραγγελία (αν υπάρχει) που θα τροφοδοτηθεί για την επόμενη περίοδο. Καθεμία από τις αποφάσεις αυτές, λαμβάνεται υπόψη για το σχεδιασμό για πολλαπλές περιόδους στο μέλλον.

Θα ξεκινήσουμε την αναφορά μας στα μοντέλα αυτής της κατηγορίας με την απλούστερη περίπτωση, όπου ο προγραμματισμός είναι μόνο για τις επόμενες δύο περιόδους και δεν υπάρχει κόστος εγκατάστασης που προκύπτει κατά την τοποθέτηση μιας παραγγελίας .

5.3.1 Στοχαστικό μοντέλο δύο περιόδων χωρίς κόστος εγκατάστασης

Μια επιλογή σε ένα στοχαστικό μοντέλο με περιοδικές αναθεωρήσεις στο σύστημα απογραφής, είναι ο προγραμματισμός μόνο μίας περιόδου, χρησιμοποιώντας το υπόδειγμα του προηγούμενου κεφαλαίου. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση θα παρέχει μόνο σχετικά ακατέργαστες προσεγγίσεις. Εάν η κατανομή της πιθανότητας της ζήτησης, σε κάθε περίοδο, μπορεί να προβλεφθεί για πολλαπλές περιόδους στο μέλλον, μπορούν να ληφθούν καλύτερες αποφάσεις, συντονίζοντας τα προγράμματα για όλες αυτές τις περιόδους. Αυτό μπορεί να είναι αρκετά δύσκολο για πολλές περιόδους, αλλά είναι σαφώς λιγότερο δύσκολο όταν εξετάζονται μόνο δύο περίοδοι κάθε φορά.

Ακόμη και για τον προγραμματισμό δύο περιόδων, χρησιμοποιώντας τη βέλτιστη λύση για μία περίοδο δύο φορές, δεν είναι γενικά η βέλτιστη πολιτική για αυτό το διάστημα. Μπορούν να επιτευχθούν μικρότερα κόστη με την επίλυση του προβλήματος με χρήση μίας διπλής περιόδου και στη συνέχεια, να γίνει η χρήση των μεθόδων του πιθανολογικού δυναμικού προγραμματισμού, ώστε να αποκτηθεί η βέλτιστη πολιτική απογραφής.

Αν εξαιρέσουμε το γεγονός ότι έχουμε δύο περιόδους, οι υποθέσεις για το συγκεκριμένο μοντέλο είναι οι ίδιες με το μοντέλο που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

1. Κάθε εφαρμογή περιλαμβάνει ένα σταθερό προϊόν.
2. Ο σχεδιασμός γίνεται για δύο περιόδους, όπου ανικανοποίητη ζήτηση της περιόδου 1 καλύπτεται καθυστερημένα στην περίοδο 2. Δεν υπάρχει ανικανοποίητη ζήτηση στην περίοδο 2.
3. Οι ζητήσεις D_1 και D_2 για τις περιόδους 1 και 2 είναι ανεξάρτητες και πανομοιότυπα κατανεμημένες τυχαίες μεταβλητές. Η κοινή τους πιθανότητα διανομής έχει πυκνότητα πιθανότητας $f_D(x)$ και αθροιστική κατανομή $F(x)$.
4. Το αρχικό επίπεδο των αποθεμάτων (πριν ανεφοδιαστούν) κατά την έναρξη της περιόδου 1 είναι x_1 ($x_1 \geq 0$).
5. Οι αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν είναι y_1 και y_2 , και σχετίζονται κατά το πόσο θα αναπληρωθούν τα επίπεδα των αποθεμάτων (αν χρειάζεται), κατά την έναρξη της περιόδου 1 και περίοδο 2, αντίστοιχα.
6. Ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί η αναμενόμενη συνολική δαπάνη και για τις δύο περιόδους, όπου τα στοιχεία του κόστους για κάθε περίοδο είναι:
 - c = η μονάδα κόστους για την αγορά ή την παραγωγή κάθε μονάδας,
 - h = το κόστος φύλαξης ανά μονάδα που απομένει στο τέλος της κάθε περιόδου,
 - p = το κόστος έλλειψης ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης στο τέλος της κάθε περιόδου.

Για να ξεκινήσει η ανάλυση, θέτουμε :

y_i^0 = βέλτιστη τιμή του y_i , για $i = 1, 2$,

$C_1(x_1)$ = το αναμενόμενο συνολικό κόστος και για τις δύο περιόδους, όταν ακολουθείται μια βέλτιστη πολιτική, δεδομένου ότι x_1 είναι το αρχικό επίπεδο της απογραφής (πριν ανεφοδιασθεί) στην αρχή της περιόδου 1.

$C_2(x_2)$ = το αναμενόμενο συνολικό κόστος μόνο για την περίοδο 2 όταν ακολουθείται μια βέλτιστη πολιτική, δεδομένου ότι x_2 είναι το αρχικό επίπεδο της απογραφής (πριν ανεφοδιασθεί) στην αρχή της περιόδου 2.

Για τη χρησιμοποίηση της προσέγγισης του δυναμικού προγραμματισμού, να αρχίσουμε από την εύρεση του $C_2(x_2)$ και του y_2^0 . Έτσι θα χρησιμοποιήσουμε τα αποτελέσματα αυτά για την εύρεση του $C_1(x_1)$ και του y_1^0 .

Από τα αποτελέσματα του μοντέλου της μίας περιόδου, το y_2^0 υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\Phi(y_2^0) = \frac{p - c}{p + h}$$

Δεδομένου του x_2 , η βέλτιστη πολιτική τότε είναι η ακόλουθη:

$$\text{Αν } x_2 \begin{cases} < y_2^0, & \text{πραγματοποιείται παραγγελία } y_2^0 - x_2 \\ \geq y_2^0, & \text{δεν πραγματοποιείται παραγγελία} \end{cases}$$

Το κόστος αυτής της βέλτιστης πολιτικής μπορεί να εκφραστεί ως:

$$\text{Αν } C_2(x_2) \begin{cases} < L(x_2), & \text{αν } x_2 \geq y_2^0 \\ \geq c(y_2^0 - x_2) + L(y_2^0), & \text{αν } x_2 < y_2^0 \end{cases}$$

Όπου $L(z)$ είναι η αναμενόμενη ανεπάρκεια συν το κόστος φύλαξης για μία περίοδο όταν το επίπεδο της απογραφής (μετά την ανανέωση) είναι z . Το $L(z)$ μπορεί να εκφραστεί ως:

$$L(z) = \int_z^\infty p(\xi - y)\varphi_D(\xi)d\xi + \int_0^z h(y - \xi)\varphi_D(\xi)d\xi$$

Όταν οι περίοδοι 1 και 2 λαμβάνονται υπόψη, τα έξοδα που προκύπτουν αποτελούνται από το κόστος παραγγελίας $c(y_1 - x_1)$, το αναμενόμενο έλλειμμα συν το κόστος φύλαξης $L(y_1)$ και τα κόστη της δεύτερης περιόδου. Έτσι, το αναμενόμενο κόστος της βέλτιστης πολιτικής για δύο περιόδους δίνεται από:

$$C_1(x_1) = \min_{y_1 \geq x_1} \{c(y_1 - x_1) + L(y_1) + E[C_2(x_2)]\}$$

όπου $E[C_2(x_2)]$ υπολογίζεται στην συνέχεια. Να σημειωθεί ότι :

$$x_2 = y_1 - D_1$$

Έτσι, το x_2 είναι μια τυχαία μεταβλητή κατά την έναρξη της περιόδου 1. Οπότε ,

$$C_2(x_2) = C_2(y_1 - D_1) = \begin{cases} L(y_1 - D_1), & \text{αν } y_1 - D_1 \geq y_2^0 \\ c(y_2^0 - y_1 + D_1) + L(y_2^0), & \text{αν } y_1 - D_1 < y_2^0 \end{cases}$$

Συνεπώς, το $C_2(x_2)$ είναι μια τυχαία μεταβλητή, και η αναμενόμενη τιμή της δίνεται από

$$E[C_2(x_2)] = \int_0^{\infty} C_2(y_1 - \xi) \varphi_D(\xi) d\xi = \int_0^{y_1 - y_2^0} L(y_1 - \xi) \varphi_D(\xi) d\xi + \int_{y_1 - y_2^0}^{\infty} [c(y_2^0 - y_1 + \xi) + L(y_2^0)] \varphi_D(\xi) d\xi$$

Ως εκ τούτου,

$$C_1(x_1) = \min_{y_1 \geq x_1} \{c(y_1 - x_1) + L(y_1) + \int_0^{y_1 - y_2^0} L(y_1 - \xi) \varphi_D(\xi) d\xi + \int_{y_1 - y_2^0}^{\infty} [c(y_2^0 - y_1 + \xi) + L(y_2^0)] \varphi_D(\xi) d\xi\}$$

Μπορεί να αποδειχθεί ότι το $C_1(x_1)$ έχει ένα μοναδικό ελάχιστο και ότι η βέλτιστη τιμή του y_1 , που συμβολίζεται ως y_1^0 , ικανοποιεί την εξίσωση:

$$-p + (p + h)\Phi(y_1^0) + (c - p)\Phi(y_1^0 - y_2^0) + (p + h) \int_0^{y_1^0 - y_2^0} \Phi(y_1^0 - \xi) \varphi_D(\xi) d\xi = 0$$

Η προκύπτουσα βέλτιστη πολιτική για την περίοδο 1, είναι:

$$\text{Αν } x_1 \begin{cases} < y_1^0, & \text{πραγματοποιείται παραγγελία } y_1^0 - x_1 \\ \geq y_1^0, & \text{δεν πραγματοποιείται παραγγελία} \end{cases}$$

Η διαδικασία εξεύρεσης του y_1^0 μειώνεται σε ένα απλό αποτέλεσμα για ορισμένες κατανομές ζήτησης. Ακολουθεί η παράθεση δύο τέτοιων περιπτώσεων.

Υποθέστε ότι η ζήτηση σε κάθε περίοδο έχει ομοιόμορφη κατανομή στο εύρος 0 έως t , δηλαδή,

$$\varphi_D(\xi) \begin{cases} \frac{1}{t}, & \text{για } 0 \leq \xi \leq t \\ 0, & \text{σε κάθε άλλη περίπτωση} \end{cases}$$

Τότε το y_1^0 προέρχεται από την σχέση:

$$y_1^0 = \sqrt{(y_2^0)^2 + \frac{2t(c-p)}{p+h}y_2^0 + \frac{t^2[2p(p+h) + (h+c)^2]}{(p+h)^2}} - \frac{t(h+c)}{p+h}$$

Υποθέτουμε τώρα ότι η ζήτηση σε κάθε περίοδο έχει εκθετική κατανομή, δηλαδή,

$$\varphi_D(\xi) = a e^{-a\xi}, \text{ για } \xi \geq 0$$

Τότε το y_1^0 ικανοποιεί τη σχέση:

$$(h+c)e^{-a(y_1^0 - y_2^0)} + (p+h)e^{-ay_1^0} + a(p+h)(y_1^0 - y_2^0)e^{-ay_1^0} = 2h+c$$

Ένας εναλλακτικός τρόπος για την εξεύρεση του y_1^0 , είναι να θέσουμε ως z^0 το $a(y_1^0 - y_2^0)$. Τότε το z^0 ικανοποιεί τη σχέση:

$$e^{-z^0}[(h+c) + (p+h)e^{-ay_2^0} + z^0(p+h)e^{-ay_2^0}] = 2h+c$$

$$\text{και } y_1^0 = \frac{1}{a}z^0 + y_2^0$$

Στη συνέχεια θεωρούμε ένα πρόβλημα δύο περιόδων όπου:

$$c = 10, h = 10, p = 15,$$

και η συνάρτηση της πιθανότητας της πυκνότητας συνάρτησης της ζήτησης σε κάθε περίοδο δίνεται από:

$$\varphi_D(\xi) \begin{cases} \frac{1}{10}, & \text{για } 0 \leq \xi \leq 10 \\ 0, & \text{σε κάθε άλλη περίπτωση} \end{cases}$$

έτσι ώστε η αθροιστική κατανομή της ζήτησης είναι:

$$\Phi(\xi) \begin{cases} 0, & \text{για } \xi < 0 \\ \frac{\xi}{10}, & \text{για } 0 \leq \xi \leq 10 \\ 1, & \text{για } \xi > 10 \end{cases}$$

Υπολογίζουμε το y_2^0 από την εξίσωση:

$$\Phi(y_2^0) = \frac{p-c}{p+h} = \frac{15-10}{15+10} = \frac{1}{5}$$

$$\text{Άρα, } y_2^0 = 2.$$

Για τον υπολογισμό του y_1^0 , εφαρμόζουμε τον τύπο για την περίπτωση ομοιόμορφης κατανομής ζήτησης. Έτσι, έχουμε:

$$y_1^0 = \sqrt{2^2 + \frac{2(10)(10-15)}{15+10} \cdot 2 + \frac{10^2[2(15)(15+10) + (10+10)^2]}{(15+10)^2}} - \frac{10(10+10)}{10+10} = \sqrt{4 - 8 + 184} - 8 = 13.42 - 8 = 5.42$$

Αντικαθιστώντας με $y_1^0 = 5$ και $y_1^0 = 6$ στην εξίσωση του $C_1(x_1)$ οδηγούμαστε στο ότι η μικρότερη τιμή δίνεται από το $y_1^0 = 5$. Οπότε, η βέλτιστη πολιτική περιγράφεται:

Αν $x_1 < 5$, πραγματοποιείται παραγγελία $5-x_1$, μέχρι επίπεδο αποθέματος 5

Αν $x_1 \geq 5$, δεν πραγματοποιείται παραγγελία για την περίοδο 1

Αν $x_2 < 2$, πραγματοποιείται παραγγελία $2-x_2$, μέχρι επίπεδο αποθέματος 2

Αν $x_2 \geq 2$, δεν πραγματοποιείται παραγγελία για την περίοδο 2

Εφόσον η ανικανοποίητη ζήτηση στην περίοδο 1, καθυστερείται ώστε να πληρωθεί στην περίοδο 2, το $x_2 = 5 - D$ μπορεί να πάρει τόσο θετικές, αλλά και αρνητικές τιμές.

Το μοντέλο των δύο χρονικών περιόδων, μπορεί να επεκταθεί σε περισσότερες περιόδους, ή ακόμα, σε απεριόριστο αριθμό περιόδων. Οι επόμενες υποενότητες παρουσιάζουν μια σύνοψη των πολυπεριόδων αποτελεσμάτων που έχουν πρακτική σημασία.

5.3.2 Πολυπερίοδο μοντέλο χωρίς κόστος εγκατάστασης.

Η μόνη διαφορά αυτού του μοντέλου είναι ο συντελεστής προεξόφλησης α (περιγράφεται στο Κεφ. 3), με $0 < \alpha < 1$, που θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της προβλεπόμενης συνολικής δαπάνης για n χρονικές περιόδους ($n > 2$). Το πρόβλημα εξακολουθεί να παραμένει ο υπολογισμός των κρίσιμων $y_1^0, y_2^0, \dots, y_n^0$ που περιγράφουν τη βέλτιστη πολιτική απογραφής. Όπως και στο μοντέλο δύο περιόδων, οι τιμές αυτές είναι δύσκολο να αποκτηθούν αριθμητικά, αλλά η βέλτιστη πολιτική μπορεί να παρουσιαστεί με την ακόλουθη μορφή:

Για κάθε περίοδο i ($i = 1, 2, \dots, n$) και με x_i ως το επίπεδο της απογραφής στην αρχή της εκάστοτε περιόδου (πριν γίνει ο ανεφοδιασμός) έχουμε τα εξής:

$$\text{Αν } x_i \begin{cases} < y_i^0, & \text{πραγματοποιείται παραγγελία } y_i^0 - x_i \\ \geq y_i^0, & \text{δεν πραγματοποιείται παραγγελία} \end{cases}$$

Επιπλέον,

$$y_n^0 \leq y_{n-1}^0, \dots, \leq y_2^0 \leq y_1^0$$

Για την άπειρη περίοδο ($n = \infty$), όλα τα $y_1^0, y_2^0, \dots, y_n^0$ είναι ίσα. Έστω λοιπόν, ότι y_0 χαρακτηρίζει τη σταθερή αυτή τιμή. Μπορεί να αποδειχθεί ότι, το y_0 ικανοποιεί την εξίσωση.

$$\Phi(y^0) = \frac{p - c(1 - \alpha)}{p + h}$$

5.3.3 Μια παραλλαγή του πολυπεριόδου μοντέλου απογραφής χωρίς κόστος εγκατάστασης.

Τα αποτελέσματα για την περίπτωση των άπειρων περιόδων (όλοι οι κρίσιμοι αριθμοί ισούνται με την ίδια τιμή y^0 που ικανοποιεί την παραπάνω εξίσωση) εφαρμόζονται επίσης όταν το n είναι πεπερασμένο με τη χρήση δύο νέων υποθέσεων για το τι συμβαίνει στο τέλος της τελευταίας περιόδου. Μία νέα υπόθεση είναι ότι κάθε μονάδα που απομένει στο τέλος της τελευταίας περιόδου μπορεί να εκποιηθεί με την επιστροφή της αρχικής αγοράς (κόστος c). Ομοίως, εάν υπάρχει έλλειψη σε αυτόν τον χρόνο, υποθέτουμε ότι το έλλειμμα, ικανοποιήθηκε με μία έκτακτη παραγγελία, ίδια με τη μονάδα κόστους αγοράς c .

Ανατρέχοντας και πάλι στο παράδειγμα των ποδηλάτων, οι εκτιμήσεις του κόστους συνεπάγονται :

$$c=35, h = 1, p = 15.$$

Ας υποθέσουμε τώρα ότι ο διανομέας πραγματοποιεί μία παραγγελία στον κατασκευαστή για διάφορα μοντέλα ποδηλάτων, κατά την πρώτη εργάσιμη ημέρα κάθε μήνα. Λόγω αυτής της ρουτίνας, είναι πρόθυμος να υποθέσει ότι το οριακό κόστος εγκατάστασης είναι μηδέν, συμπεριλαμβανομένου του υπό εξέταση μοντέλου ποδηλάτου. Ο κατάλληλος συντελεστής προεξόφλησης είναι $\alpha = 0.995$. Από το παρελθόν, η κατανομή της ζήτησης μπορεί να προσεγγιστεί από μια ομοιόμορφη κατανομή με την συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας:

$$\varphi_D(\xi) \begin{cases} \frac{1}{800}, & \text{για } 0 \leq \xi \leq 800 \\ 0, & \text{σε κάθε άλλη περίπτωση} \end{cases}$$

Έτσι, η αθροιστική κατανομή σε αυτό το χρονικό διάστημα είναι:

$$\Phi(\xi) = \frac{1}{800} \xi, \text{ αν } 0 \leq \xi \leq 800$$

Ο διανομέας αναμένει να προμηθεύεται το μοντέλο αυτό επ' αόριστον, έτσι το μοντέλο άπειρων περιόδων χωρίς κόστος εγκατάστασης, είναι κατάλληλο.

Για το μοντέλο αυτό, ο κρίσιμος αριθμός y^0 για κάθε περίοδο ικανοποιεί την εξίσωση:

$$\Phi(y^0) = \frac{p - c(1 - \alpha)}{p + h}$$

$$\text{Δηλαδή, } \frac{y^0}{800} = \frac{15 - 35(1 - 0.995)}{15 + 1} = 0.9266$$

$$\text{Οπότε, } y^0 = 741$$

Έτσι, εάν ο αριθμός των ποδηλάτων που προϋπάρχουν (x) την πρώτη ημέρα κάθε μήνα είναι λιγότερα από 741, η βέλτιστη πολιτική ορίζει παραγγελία που αναπληρώνει το απόθεμα στα 741 ποδήλατα (παραγγελία $741 - x$ ποδήλατα). Διαφορετικά, δεν πραγματοποιείται καμία παραγγελία.

5.3.4 Πολυπερίοδο μοντέλο με κόστος εγκατάστασης

Η καθιέρωση ενός σταθερού κόστους εγκατάστασης K που παρουσιάζεται, όταν πραγματοποιείται μία παραγγελία (είτε μέσω αγοράς ή παραγωγής), καθιστά αυτό το μοντέλο πιο ρεαλιστικό. Στο μοντέλο μονής περιόδου με κόστος εγκατάστασης, που περιγράφεται στο προηγούμενο κεφάλαιο, βρέθηκε ότι η (s, S) πολιτική είναι η βέλτιστη. Οι δύο κρίσιμοι αριθμοί s και S δείχνουν το πότε και το πόσο θα πραγματοποιηθεί παραγγελία. Στην περίπτωση των πολλαπλών περιόδων, η (s, S) πολιτική είναι και πάλι η βέλτιστη, αλλά η αξία του κάθε κρίσιμου σημείου μπορεί να διαφέρει στις διάφορες περιόδους. Έτσι, τα s_i και S_i υποδηλώνουν τους κρίσιμους αυτούς αριθμούς για κάθε περίοδο i .

Η βέλτιστη πολιτική είναι πραγματοποίηση των παρακάτω στην αρχή κάθε περιόδου i ($i = 1, 2, \dots, n$):

$$\text{Αν } x_i \begin{cases} < s_i, & \text{πραγματοποιείται παραγγελία } S_i - x_i \\ \geq s_i, & \text{δεν πραγματοποιείται παραγγελία στην περίοδο } i \end{cases}$$

Δυστυχώς, ο υπολογισμός των τιμών των s_i και S_i είναι εξαιρετικά δύσκολος.

5.3.5 Ένα πολυπερίοδο μοντέλο με παραγγελίες παρτίδων και χωρίς κόστος εγκατάστασης

Στο προηγούμενα μοντέλα, μπορούσε να πραγματοποιηθεί παραγγελία για οποιαδήποτε ποσότητα στην αρχή της κάθε περιόδου. Ωστόσο, σε ορισμένες εφαρμογές, το προϊόν μπορεί να έρθει σε ένα συγκεκριμένο μέγεθος παρτίδας. Έτσι, θέτουμε Q ως τον αριθμό των μονάδων κάθε παρτίδας.

Το μοντέλο αυτό, πραγματοποιεί τις ίδιες υποθέσεις σχετικά με το τι συμβαίνει στο τέλος της τελευταίας περιόδου. Έτσι, θεωρούμε ότι κάθε μονάδα στο τέλος της τελευταίας περιόδου μπορεί να εκποιηθεί, ώστε να επιστρέφεται το αρχικό κόστος αγοράς c . Ομοίως, εάν υπάρχει έλλειψη σε αυτό το χρονικό διάστημα, υποθέτουμε ότι το έλλειμμα καλύφθηκε με μία επείγουσα παραγγελία με την ίδια μονάδα αγοράς κόστους c .

Κατά τα λοιπά, οι υποθέσεις είναι οι ίδιες όπως και για το κανονικό πολυπερίοδο μοντέλο χωρίς κόστος εγκατάστασης.

Η βέλτιστη πολιτική για το μοντέλο αυτό είναι γνωστή ως (k, Q) πολιτική, διότι χρησιμοποιεί τους κρίσιμους αριθμούς k και την ποσότητα Q όπως περιγράφεται παρακάτω.

Αν κατά την έναρξη της περιόδου το επίπεδο της απογραφής είναι λιγότερο από k , θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μια παραγγελία για το μικρότερο ακέραιο πολλαπλάσιο του Q που θα επιστρέψει την απογραφή μέχρι τουλάχιστον k . Διαφορετικά, δεν πρέπει να πραγματοποιηθεί παραγγελία. Ο ίδιος κρίσιμος αριθμός k χρησιμοποιείται σε κάθε περίοδο.

Ο κρίσιμος αριθμός k επιλέγεται ως εξής.

$$G(y) = (1 - a)cy + p \int_y^{\infty} (\xi - y)\varphi_D(\xi)d\xi + h \int_0^y (y - \xi)\varphi_D(\xi)d\xi$$

Η συνάρτηση αυτή έχει το, κατ' ανάγκην, κυρτό σχήμα. Όπως και πριν, η ελαχιστοποίηση της τιμής του y^0 ικανοποιεί την εξίσωση.

$$\Phi(y^0) = \frac{p - c(1 - a)}{p + h}$$

Τα αποτελέσματα είναι ανεξάρτητα από το εάν ο αριθμός των περιόδων n είναι πεπερασμένος και άπειρος .

6. Σύγκριση Μοντέλων Διαχείρισης Αποθεμάτων

Συνοψίζοντας όλα όσα περιγράφηκαν παραπάνω για τα μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων παρατίθεται στη συνέχεια ένας πίνακας που περιλαμβάνει τα κυριότερα μειονεκτήματα/πλεονεκτήματα καθεμιάς μεθόδου όπως αυτές κατηγοριοποιήθηκαν (i) με βάση την γνώση ή όχι της ζήτησης και (ii) τον χρονικό ορίζοντα παρακολούθησης. Σκοπός αυτής της σύγκρισης είναι να αναδειχθούν τα κυριότερα χαρακτηριστικά αυτών των μοντέλων τα οποία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη από την διοίκηση μιας επιχείρησης προκειμένου να διαμορφώσει την πολιτική της διαχείρισης των αποθεμάτων της.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1		
Σύγκριση μοντέλων διαχείρισης αποθεμάτων με κριτήριο την γνώση της ζήτησης ή όχι		
	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Αιτιοκρατικά	1. Παρουσιάζουν μεγαλύτερη απλότητα στην διαδικασία υπολογισμού του βέλτιστου σημείου παραγγελίας και της ποσότητα παραγγελίας μιας και ισχύουν οι παρακάτω υποθέσεις: a. Η ζήτηση είναι γνωστή και σταθερή b. Ο χρόνος παράδοσης είναι γνωστός	1. Δεν προτιμούνται στην πράξη λόγω του γεγονότος ότι οι υποθέσεις που λαμβάνονται ως σταθερές δεν ισχύουν στην πραγματικότητα όπου οι συνθήκες μεταβάλλονται συνεχώς με αποτέλεσμα να δίνουν αποτέλεσμα κατά εκτίμηση, με πιθανότητα μεγάλης απόκλισης από την πραγματική κατάσταση
Στοχαστικά	1. Περιγράφει καλύτερα τις πραγματικές συνθήκες όπου υπάρχουν στην διαχείριση των αποθεμάτων, κάνοντας την διαδικασία υπολογισμού του αποθέματος πιο ευέλικτη, αξιόπιστη και προσαρμοσμένη στις εξωτερικές αλλαγές	1. Για τον προσδιορισμό της βέλτιστης πολιτικής για τον προσδιορισμό του σημείου και της ποσότητας παραγγελίας απαιτούνται πιο σύνθετοι μαθηματικοί υπολογισμοί που οφείλονται στην ύπαρξη της αβεβαιότητας

ΠΙΝΑΚΑΣ 2		
Σύγκριση μοντέλων διαχείρισης αποθεμάτων με κριτήριο τον χρονικό ορίζοντα παρακολούθησης		
	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Συνεχούς Επιθεώρησης	<p>1. Το επίπεδο αποθεμάτων ελέγχεται συνεχώς, και κατά συνέπεια η επιχείρηση γνωρίζει την κατάστασή τους κάθε χρονική στιγμή. Αυτό είναι συμφέρον για τα κρίσιμα προϊόντα όπως τα ανταλλακτικά ή οι πρώτες ύλες και οι προμήθειες.</p> <p>2. Η προμήθεια κάθε υλικού μπορεί να γίνει με την πιο οικονομική ποσότητα.</p> <p>3. Οι άνθρωποι που αγοράζουν και ελέγχουν το απόθεμα δίνουν αυτόματα την προσοχή τους σε εκείνα τα στοιχεία που απαιτούνται μόνο όταν είναι απαραίτητα.</p> <p>4. Ο θετικός έλεγχος μπορεί εύκολα να αντιμετωπιστεί για να διατηρηθεί η επένδυση αποθέματος στο επιθυμητό επίπεδο μόνο υπολογίζοντας τις προκαθορισμένες μέγιστες και ελάχιστες τιμές.</p>	<p>1. Η διατήρηση ενός συνεχούς αρχείου της ποσότητας αποθεμάτων είναι μια δαπανηρή υπόθεση τόσο οικονομικά όσο και χρονικά.</p> <p>2. Η χρήση αυτού του μοντέλου έχει μεγαλύτερο κόστος για τις επιχειρήσεις μιας και γίνονται περισσότερες παραγγελίες μέσα σε ένα χρονικό διάστημα</p> <p>3. Μερικές φορές, οι παραγγελίες πραγματοποιούνται σε ασυνήθιστες χρονικές περιόδους που μπορεί να μην είναι βολικές για τους παραγωγούς ή τους προμηθευτές των υλικών</p> <p>4. Τα απαραίτητα αποθέματα δεν μπορούν να ομαδοποιηθούν και να ταξινομηθούν ταυτόχρονα, καθώς τα σημεία αναδιάταξης εμφανίζονται ακανόνιστα.</p> <p>5. Σε περίπτωση που ο χρόνος τοποθέτησης παραγγελιών είναι πολύ υψηλός, θα εκκρεμούν δύο έως τρεις παραγγελίες στον προμηθευτή κάθε φορά και υπάρχει πιθανότητα να παρέχει όλες τις παραγγελίες ταυτόχρονα.</p> <p>6. Το μοντέλο δουλεύει ικανοποιητικά όταν υποθέτουμε σταθερή χρήση και καθορισμένο χρόνο παράδοσης, δηλ. στα αιτιοκρατικά μοντέλα. Όταν αυτές οι αλλαγές αλλάξουν σημαντικά, όπως γίνεται στα</p>

		στοχαστικά μοντέλα, θα πρέπει να καθοριστεί μια νέα ποσότητα παραγγελίας και ένα νέο σημείο παραγγελίας, κάτι που κάνει την διαδικασία αρκετά δυσκίνητη και κοστοβόρα.
Μονής Περιόδου	1. Κατάλληλο για διαχείριση ευπαθών προϊόντων και εποχιακών ειδών (π.χ. εφημερίδες, νωπά προϊόντα, χριστουγεννιάτικα είδη κτλ)	1. Η ζήτηση είναι άγνωστη για αυτό και εφαρμόζεται μόνο σε στοχαστικά μοντέλα 2. Εάν η ζήτηση της περιόδου υπερβεί την ποσότητα παραγγελίας, η ζήτηση δεν παραγγέλλεται εκ νέου και τα έσοδα (κέρδος) θα χαθούν. 3. Εάν η ζήτηση είναι μικρότερη από την ποσότητα παραγγελίας, το πλεόνασμα αποθεμάτων πωλείται στο τέλος της περιόδου (συνήθως για λιγότερο από την αρχική τιμή αγοράς) ή είναι πλέον ακατάλληλο για πώληση.
Περιοδικής Επιθεώρησης	1. Το κόστος παραγγελίας και αποθέματος είναι χαμηλό. Το κόστος παραγγελίας μειώνεται σημαντικά, αν και μπορεί να χρειαστεί παρακολούθηση για κάθε παράδοση. 2. Οι προμηθευτές προσφέρουν επίσης ελκυστικές εκπτώσεις καθώς οι πωλήσεις είναι εγγυημένες. 3. Το σύστημα λειτουργεί καλά για τα προϊόντα που παρουσιάζουν ακανόνιστη	1. Λιγότερο άμεσος έλεγχος και κατά συνέπεια τα συστήματα αυτά διατηρούν συνήθως μεγαλύτερα επίπεδα αποθεμάτων ώστε να προστατευθούν από απροσδόκητες ελλείψεις σε προϊόντα (απόθεμα ασφαλείας) 2. Το περιοδικό σύστημα επιθεώρησης τείνει να κορυφώνει τις εργασίες αγοράς γύρω από τις ημερομηνίες αναθεώρησης.

	<p>χρήση και των οποίων οι αγορές πρέπει να προγραμματιστούν εκ των προτέρων βάσει των εκτιμήσεων πωλήσεων.</p> <p>4.Ιδανικό για μικρά καταστήματα λιανικής πώλησης (π.χ. φαρμακεία, γραφεία κτλ)</p>	<p>3.Το σύστημα απαιτεί τον καθορισμό μη ευέλικτων ποσοτήτων παραγγελίας προς όφελος της αποτελεσματικότητας της διαχείρισης των αποθεμάτων</p> <p>4.Επιβάλλει μια περιοδική αναθεώρηση όλων των ειδών. Αυτό καθιστά το σύστημα κάπως αναποτελεσματικό.</p> <p>5.Κίνδυνος έλλειψης αποθέματος μεταξύ διαστημάτων παραγγελίας</p> <p>6.Ύπαρξη κόστους λόγω των περιοδικών αναθεωρήσεων</p>
--	---	---

7. Πληροφοριακά Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων

Μετά την αναφορά μας στο θεωρητικό υπόβαθρο των μοντέλων διαχείρισης αποθεμάτων, αναλύοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε μοντέλου, στο κεφάλαιο αυτό θα συνεχίσουμε με την λεπτομερή περιγραφή των πληροφοριακών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στην πράξη για την διαχείριση αποθεμάτων και τα οποία στηρίζουν τους υπολογισμούς τους για το απαιτούμενο απόθεμα σε αυτά τα μοντέλα. Στόχος είναι αυτή η ανάλυση να διευκολύνει την διοίκηση της επιχείρησης που θέλει να εγκαταστήσει ένα τέτοιο σύστημα, στην λήψη της σωστής απόφασης λαμβάνοντας υπόψη το συμφέρον της επιχείρησης.

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό με το πέρασμα των χρόνων, οι σύγχρονες επιχειρήσεις εξαρτώνται ολοένα και περισσότερο από τις τεχνολογικές εξελίξεις. Η χρήση κάθε νέας τεχνολογίας τους προσφέρει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, ενώ σε αντίθετη περίπτωση η έλλειψη εφαρμογής νέων τεχνολογιών μπορεί να τους προκαλέσει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις.

Έτσι λοιπόν όλες οι επιχειρήσεις, μικρού, μεσαίου και μεγάλου βεληνεκούς, τείνουν να επενδύουν αξιόλογα ποσά κεφαλαίου σε Πληροφοριακά Συστήματα, τα οποία τις βοηθάνε σε κάθε τομέα τους, από την παραγωγή μέχρι και τη διοίκηση. Γίνεται, συνεπώς, αντιληπτό πως και ο κλάδος της διαχείρισης αποθεμάτων που μελετάται στην παρούσα εργασία, ευνοείται από τη χρήση τέτοιων συστημάτων.

Τα πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων μπορούν να οριστούν ως «Μία βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και τη διαχείριση όλων των τύπων δεδομένων που απαιτούνται για την αποτελεσματική και ακριβή διαχείριση των αποθεμάτων αποθήκης. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει ενότητες ή πεδία για την παρακολούθηση όλων των στοιχείων και θέσεων, των απαιτήσεων, των εντολών επιστροφής, των απαιτούμενων επιπέδων έτοιμων αποθεμάτων, των σημείων αναπαραγγελίας, των χρόνων παράδοσης, της ανίχνευσης σφαλμάτων απογραφής και άλλων. Ο συγκεκριμένος τύπος συστήματος μπορεί να διασυνδέεται με ένα σύστημα ERP και με άλλες εφαρμογές.»

Τα πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων αποτελούν το θεμελιώδες εργαλείο των επιχειρήσεων, σε ότι αφορά την παρακολούθηση των αποθεμάτων τους.

Όπως κάθε πληροφοριακό σύστημα, τα πληροφοριακά συστήματα αποθεμάτων ενέχουν υψηλό κόστος και απαιτούν διαχείριση από άτομα με συγκεκριμένες δεξιότητες και γνώσεις. Παρόλα αυτά, η σωστή χρήση ενός τέτοιου λογισμικού μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του κόστους μεταφοράς και αποθήκευσης των αποθεμάτων. Τα πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς, όπως:

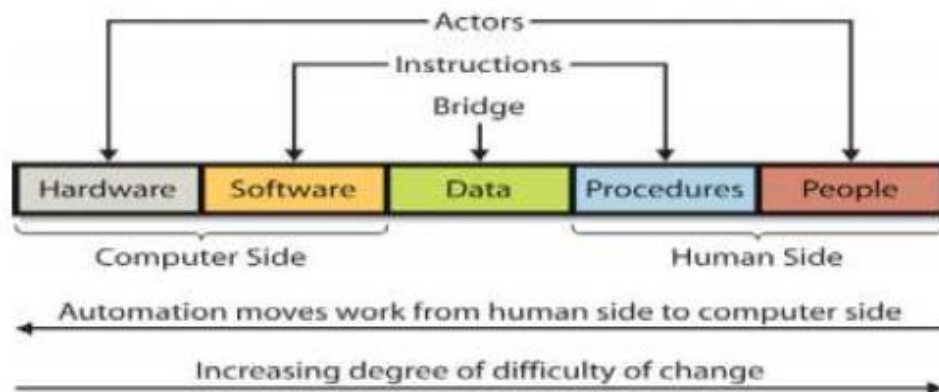
- Διατήρηση ισορροπίας μεταξύ υπερβολικού και ελάχιστου αποθέματος
- Παρακολούθηση απογραφής
- Συλλογή, συσκευασία και αποστολή αντικειμένων από μια αποθήκη
- Αποφυγή απωλειών αποθεμάτων
- Περιορισμός της απαξίωσης και της αλλοίωσης των προϊόντων

Συνεπώς, αντιλαμβανόμαστε πως ένα τέτοιου είδους σύστημα είναι κατάλληλο για μεγάλες επιχειρήσεις που διαθέτουν τεράστιο εύρος και ύψος αποθεμάτων, και έρχονται αντιμέτωπες με τη διαχείριση της αβεβαιότητας και των προβλέψεων, καλούμενες να βρουν την χρυσή τομή μεταξύ των χρόνων παραγγελίας και αναπαραγγελίας, όπως επίσης και να επιτύχουν την επίτευξη οικονομιών κλίμακας.

Επιπρόσθετα, η χρήση ενός πληροφοριακού συστήματος, τύπου «cloud» μπορεί να προσφέρει επιπλέον οφέλη στις επιχειρήσεις. Το σημαντικότερο εξ αυτών είναι η παρακολούθηση των αποθεμάτων σε πραγματικό χρόνο. Οι ιδιοκτήτες επιχειρήσεων και οι επιχειρηματίες, έχουν τη δυνατότητα παράλληλα, να έχουν πρόσβαση από ένα ευρύ φάσμα συσκευών (smartphone, tablet, laptop, PC) σε δεδομένα αποθέματος αλλά και να συντάσσουν αναφορές, χωρίς απαραίτητα να βρίσκονται μέσα στους χώρους της επιχείρησης. Επίσης, ένα σύστημα τύπου «cloud» είναι αρκετά εύκολο να ενσωματωθεί στο ήδη υπάρχον σύστημα της κάθε επιχείρησης. Η αύξηση της δημοτικότητας των αγορών όπως το Amazon, το eBay κλπ ώθησε τις εταιρείες διαχείρισης αποθεμάτων να βασιστούν σε ένα σύστημα τύπου «cloud» και να ενσωματώσουν τέτοιους ιστότοπους με την υπόλοιπη επιχειρηματική δραστηριότητα, επιτρέποντας έτσι στον ιδιοκτήτη της επιχείρησης να παρακολουθεί και να ελέγχει τα αποθέματα σε όλα τα κανάλια.

Δεδομένου ότι πρόκειται για ένα πληροφοριακό σύστημα, οι παράγοντες επιτυχίας του δεν διαφοροποιούνται από οποιουδήποτε άλλου πληροφοριακού συστήματος, και

φυσικά δεν είναι άλλοι από: το λογισμικό, τις πληροφορίες, τις διαδικασίες και το ανθρώπινο δυναμικό.



Εικόνα 1. Βασικά στοιχεία ενός συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων

Στις επόμενες ενότητες θα αναλυθούν λεπτομερώς 2 βασικές κατηγορίες πληροφοριακών συστημάτων που χρησιμοποιούνται για την διαχείριση των αποθεμάτων.

7.1 Συστήματα προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών (MRP)

Ο προγραμματισμός απαιτούμενων υλικών είναι μία τεχνική προγραμματισμού βάσει χρονικής προτεραιότητας, που υπολογίζει τις απαιτήσεις υλικών και προγραμματίζει τις προμήθειες, ώστε να καλύπτεται η ζήτηση, για όλα τα προϊόντα και τα ανταλλακτικά μιας επιχείρησης σε ένα ή και περισσότερα εργοστάσια. Σύμφωνα με τον οργανισμό APICS, το σύστημα MRP ορίζεται ως μία σειρά τεχνικών που χρησιμοποιεί καταλόγους υλικών, δεδομένα απογραφής αποθεμάτων, όπως επίσης και το κύριο πρόγραμμα παραγωγής για να υπολογίσει τις ανάγκες για υλικά, ενώ παράλληλα παρέχει χρονοδιαγράμματα για παραγγελίες υλικών, για τα οποία απαιτείται ανεφοδιασμός.

Ουσιαστικά, τα συστήματα MRP αφορούν τη διαχείριση ημιτέτοιμων υλικών, τα οποία αποτελούν τμήματα ή εξαρτήματα των τελικών προϊόντων ενός παραγωγικού

συστήματος μιας επιχείρησης. Συνεπώς, ο προγραμματισμός απαιτήσεων σε υλικά αποτελεί ένα σύστημα ελέγχου ροής, με σκοπό να διασφαλίζεται ότι τα απαραίτητα υλικά και οι πρώτες ύλες, που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενός τελικού προϊόντος, θα είναι διαθέσιμα την χρονική στιγμή που απαιτούνται, ώστε η παραγωγή να είναι ομαλή και απρόσκοπτη, ενώ τον υπόλοιπο χρόνο υπάρχουν σε μηδενική ή πολύ μικρή ποσότητα.

Τα συστήματα MRP αποτελούν πολύτιμο εργαλείο βελτιστοποίησης των αποθεμάτων, με σημαντικό πλεονέκτημα την ικανότητα επαναπρογραμματισμού σε περιπτώσεις απρόβλεπτων καταστάσεων.

Ο ρόλος που διαδραματίζει η πληροφορική κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός συστήματος προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών, είναι ιδιαίτερα σημαντικός, καθώς παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με την ζήτηση των πελατών και το επίπεδο των αποθεμάτων.

Πιο συγκεκριμένα, ο σκοπός ενός συστήματος MRP είναι να παρέχει σε μία επιχείρηση τις παρακάτω λειτουργίες:

- Να προσδιορίζει τον αριθμό των εξαρτημάτων και των υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή κάθε τελικού προϊόντος.
- Να προσδιορίζει τις προτεραιότητες της παραγωγής
- Να προσδιορίζει το σωστό εξάρτημα, στη σωστή ποσότητα και στον σωστό χρόνο στον οποίο θα πρέπει να τίθενται οι παραγγελίες. Να παρέχει χρονοδιαγράμματα για τις παραγγελίες υλικών και εξαρτημάτων.
- Να διατηρεί έναν κατάλογο υλικών με την αλληλουχία των απαραίτητων μερών του τελικού προϊόντος(σχήμα, δέντρο δομής)

Με πρωταρχικές επιδιώξεις:

- Να βελτιώσει την εξυπηρέτηση των πελατών
- Να ελαχιστοποιήσει την επένδυση σε αποθέματα
- Να μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα της παραγωγικής λειτουργίας

Σύμφωνα με την θεμελιώδη φιλοσοφία πάνω στην οποία βασίζονται τα συστήματα προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών η παραγγελία των υλικών θα πρέπει να επιταχυνθεί όταν η έλλειψή τους θα επιφέρει καθυστερήσεις στο χρονοδιάγραμμα της

συνολικής παραγωγής, ενώ θα πρέπει να καθυστερήσει την παραγγελία τους όταν η παραγωγή μένει πίσω, αναβάλλοντας την.

Η σωστή χρήση ενός συστήματος προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών, συνεπάγεται για την επιχείρηση μία σειρά από οφέλη. Σε πρώτο βαθμό, επιτρέπει στην επιχείρηση να παρέχει ανταγωνιστικότερες τιμές, να μειώσει την τιμή πώλησης, όπως επίσης και το επίπεδο των αποθεμάτων. Επιπλέον, δίνει την δυνατότητα για πιο ακριβή και έγκαιρη πληροφόρηση, για καλύτερη ανταπόκριση στις απαιτήσεις της αγοράς, με επακόλουθο την καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών. Τέλος, η χρησιμοποίηση ενός τέτοιου συστήματος επιτρέπει την τροποποίηση του κύριου προγράμματος παραγωγής, τη μείωση του χρόνου αδράνειας, καθώς και τη μείωση του κόστους εγκατάστασης.

Πέρα από τα παραπάνω πλεονεκτήματα, τα συστήματα MRP, προειδοποιούν τους διαχειριστές, να δουν το χρονοδιάγραμμα των παραγγελιών πριν εκτελεσθούν οι προγραμματισμένες εντολές, καθυστερούν ή ακυρώνουν παραγγελίες, αλλάζουν τις ποσότητες, όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο, και γενικότερα συμβάλλουν στον δυναμικό προγραμματισμό.

Τέλος, στοχεύουν στην ταύτιση της ημερομηνίας ολοκλήρωσης και της ημερομηνίας απαίτησης της παραγγελίας, ώστε η παραγωγική λειτουργία να είναι σε θέση να προχωράει όπως ακριβώς προγραμματίστηκε.

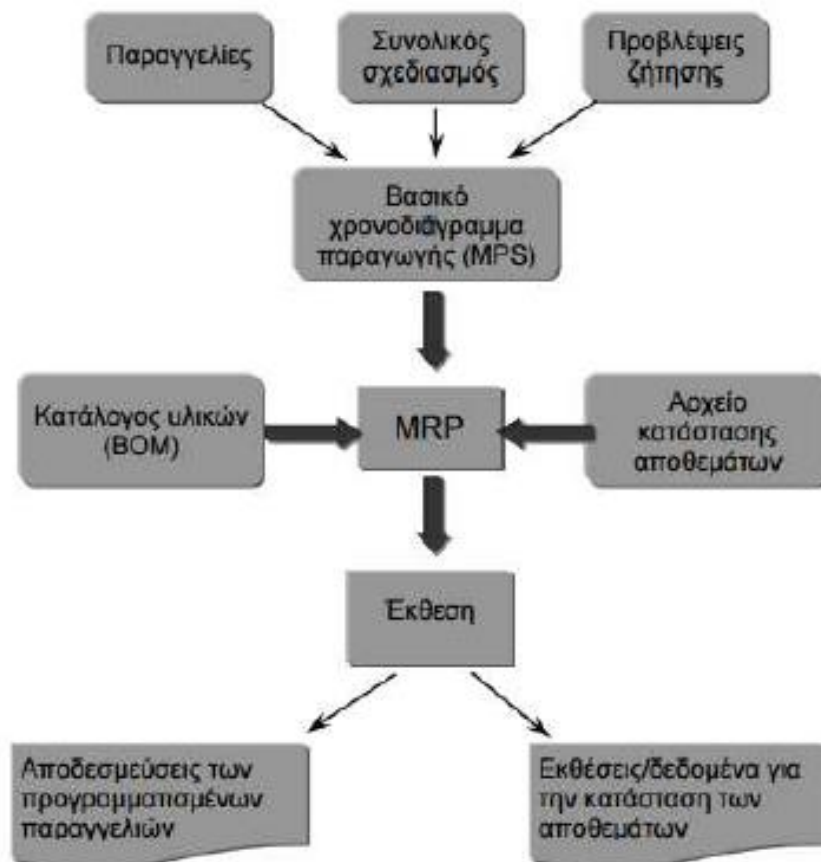
Ανάλογα με το είδος της βιομηχανίας, τα οφέλη από την χρησιμοποίηση του συστήματος MRP μεγιστοποιούνται ή ελαχιστοποιούνται. Το MRP είναι άκρως ωφέλιμο σε βιομηχανίες που ασχολούνται με εργασίες συναρμολόγησης, σε αντίθεση με τον κατασκευαστικό τομέα, όπου τα οφέλη που παρέχει είναι ελάχιστα.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται ανά τύπο βιομηχανίας τα αναμενόμενα οφέλη:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 Βιομηχανικές Εφαρμογές και Αναμενόμενα Οφέλη από το MRP		
Τύπος Βιομηχανίας	Παραδείγματα	Αναμενόμενα Οφέλη
Συναρμολόγηση- προς- αποθήκευση	Συνδυάζει πολλαπλά μέρη εξαρτημάτων σε ένα τελικό προϊόν, το οποίο εισάγεται στη συνέχεια στα αποθεματικά προς ανταπόκριση στη ζήτηση του πελάτη. Παραδείγματα: ρολόγια, εργαλεία, συσκευές.	Υψηλά

Κατασκευή-προς-αποθήκευση	Τα είδη κατασκευάζονται από μηχανές παρά συναρμολογούνται από διάφορα μέρη. Πρόκειται για πρότυπα αντικείμενα αποθήκης που παράγονται εν αναμονή πελατειακής ζήτησης. Παραδείγματα: δακτύλιοι εμβόλων, ηλεκτρικοί διακόπτες.	Χαμηλά
Συναρμολόγηση-προς-παραγγελία	Πραγματοποιείται μία τελική συναρμολόγηση βάσει συγκεκριμένων επιλογών, τα οποία επιλέγει ο πελάτης. Παραδείγματα: οχήματα-ρυμουλκά, γεννήτριες, κινητήρες	Υψηλά
Κατασκευή-προς-παραγγελία	Είδη που κατασκευάζονται από μηχανές κατά παραγγελία του πελάτη. Γενικά, πρόκειται για βιομηχανικές παραγγελίες. Παραδείγματα: ρουλεμάν, ντίζες, προσδέσεις	Χαμηλά
Παραγωγή-προς-παραγγελία	Είδη που παράγονται ή συναρμολογούνται αποκλειστικά από εργαλειομηχανές του πελάτη. Παραδείγματα: γεννήτριες τουρμπίνων, εργαλειομηχανές βαρέων χρήσεων.	Υψηλά
Κατεργασία	Βιομηχανίες, όπως χυτήρια, ελαστικά και πλαστικά, βιομηχανίες ειδικού χαρτιού, χημικών, χρωστικών, φαρμάκων, τροφίμων, μεταποιητών, κ.ά.	Μεσαία

Η μεθοδολογία ενός συστήματος MRP παρουσιάζεται στην εικόνα 2. Όπως βλέπουμε, τα συστήματα MRP χρησιμοποιούν για την λειτουργία τους, το αρχείο κατάστασης αποθεμάτων, το οποίο γνωστοποιεί την ποσότητα των αποθεμάτων για τα τελικά προϊόντα, αλλά και για κάθε υποσύνολο και εξάρτημα που απαιτείται, όπως επίσης και τις πιθανές παραγγελίες αυτών. Συνδυάζοντας, το αρχείο κατάστασης αποθεμάτων και τον κατάλογο των υλικών (Bill Of Materials), ο οποίος περιγράφει τον ακριβή αριθμό των απαιτούμενων τμημάτων του τελικού προϊόντος, υπολογίζεται η απαιτούμενη ποσότητα κάθε υποσυνόλου και εξαρτήματος, ώστε να καλυφθεί η ζήτηση του τελικού προϊόντος. Από το βασικό χρονοδιάγραμμα παραγωγής προκύπτει ο αριθμός των τελικών προϊόντων, που πρέπει να παραχθούν στις διάφορες χρονικές περιόδους.



Εικόνα 2. Ροή Πληροφοριών Συστήματος MRP

Για να υπολογιστεί η καθαρή απαίτηση κάθε υλικού, το σύστημα MRP κάνει χρήση δεδομένων που αφορούν την ανεξάρτητη ζήτηση για το τελικό προϊόν και δημιουργεί τις απαιτήσεις ανά χρονικές περιόδους. Ο προσδιορισμός της ανεξάρτητης ζήτησης προσδιορίζεται στο βασικό διάγραμμα ενώ για να υπολογιστούν οι απαιτήσεις για τα διάφορα εξαρτήματα χρησιμοποιείται η κατάσταση των υλικών αντισταθμισμένη από τους ανεκτούς χρόνους παράδοσης. Η καθαρή απαίτηση λοιπόν υπολογίζεται από της εξής σχέση :

Καθαρή απαίτηση υλικών = Μικτή απαίτηση υλικών – Διαθέσιμα αποθέματα (διαθέσιμα στην αρχή της περιόδου) – Σχεδιαζόμενες παραλαβές παραγγελιών (ή προγραμματισμένες παραλαβές)(Σχέση 1)

Οι σχεδιαζόμενες παραλαβές είναι οι παραλαβές εκείνες που δεν έχουν δοθεί ακόμα στο εργοστάσιο προς εκτέλεση, ενώ οι προγραμματισμένες, εκείνες που έχουν δοθεί αλλά δεν έχουν εκτελεστεί ακόμα και ουσιαστικά δηλώνουν την ποσότητα που πρέπει

να παραγγελθεί/παραχθεί ώστε να είναι άμεσα διαθέσιμη. Το προγραμματιζόμενο διαθέσιμο υπόλοιπο, μέσω του σωστού προγραμματισμού παραλαβής αυτών των νέων παραγγελιών, δεν πέφτει ποτέ κάτω από το επιθυμητό επίπεδο, που ονομάζεται απόθεμα ασφαλείας το οποίο είναι απαγορευτικό να χρησιμοποιηθεί για τρέχουσα χρήση. Ολόκληρη η διαδικασία αυτή οδηγεί σε εξαγωγή δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την ενημέρωση του αρχείου κατάστασης αποθεμάτων.

Τέλος, το αρχικό διαθέσιμο απόθεμα και το διαθέσιμο απόθεμα σε κάθε επόμενη περίοδο δίνονται από τις σχέσεις 2 και 3:

Διαθέσιμο Απόθεμα (διαθέσιμο στην αρχή της επόμενης περιόδου) = Εσωτερικό απόθεμα – Απόθεμα ασφαλείας – Αποθέματα που κατανέμονται σε άλλες χρήσεις (Σχέση 2)

Διαθέσιμο Απόθεμα = Διαθέσιμο Απόθεμα-1 – Προγραμματισμένες παραλαβές + Προγραμματισμένες παραλαβές παραγγελιών – Μικτές απαιτήσεις (Σχέση 3)

Για τις Προγραμματισμένες παραλαβές παραγγελιών, απαιτείται υπολογισμός των απαιτούμενων υλικών και του ανεκτού χρόνου παράδοσής τους.

Ωστόσο, για την υλοποίηση του τελευταίου βήματος στον αλγόριθμο του προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών, που είναι ο υπολογισμός της παρτίδας παραγγελίας, ανάλογα με τη στρατηγική παραγωγής που ενστερνίζεται η κάθε επιχείρηση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι διαχείρισης αποθεμάτων, που έχουν αναλυθεί σε προηγούμενα κεφάλαια. Μερικές από αυτές είναι:

- Η μέθοδος παρτίδα-προς-παρτίδα (lot-for-lot), που μεταφράζεται σε παραγγελία προς παραγγελία, δηλαδή οι απαιτήσεις σε ποσότητα γίνονται παραγγελία.
- Η σταθερή ποσότητα παραγγελίας, σύμφωνα με την οποία οι απαιτήσεις συγκρίνονται με το επιβεβλημένο μέγεθος παρτίδας
- Η μέθοδος σταθερής περιόδου παραγγελίας, που θέτει ένα σταθερό χρονικό διάστημα μεταξύ των παραγγελιών και το μέγεθος της παραγγελίας είναι ίσο με την προβλεπόμενη ζήτηση στο προαναφερθέν χρονικό διάστημα

- Η μέθοδος οικονομικής ποσότητας παραγγελίας, η οποία χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις μεγάλων παρτίδων οι οποίες έχουν μεγάλο κόστος διατήρησης αποθεμάτων και σε περιπτώσεις μικρών παρτίδων που σχετίζονται με μεγάλα κόστη παραγγελίας

Όσον αφορά τις εκροές που μας δίνει το MRP είναι οι εξής:

- Πληροφορίες για το προϊόν, δρομολογημένες παραλαβές, το τρέχον απόθεμα, και τις σχεδιασμένες παραγγελίες ανά περίοδο
- Ανάδρομη αναφορά (Pegging Report) , η οποία υποδεικνύει την πηγή των απαιτήσεων, πάνω στην οποία βασίζονται οι παραγγελίες
- Αναφορές αποκλίσεων (π.χ. αναφορά σφαλμάτων και καταστάσεων εκτός ορίων)
- Αναφορές απόδοσης (π.χ. γυρίσματα αποθεμάτων)

Ωστόσο, η χρησιμοποίηση ενός συστήματος προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών πέραν των πολλών πλεονεκτημάτων που προσφέρει απορρέει και ορισμένα μειονεκτήματα. Το κυριότερο εξ' αυτών είναι , το αυξημένο κόστος παραγγελίας και μεταφοράς, λόγω των συχνών παραγγελιών μικρών ποσοτήτων, που πραγματοποιούνται για να διατηρούν τα συστήματα MRP χαμηλό το επίπεδο των αποθεμάτων. Επιπλέον, για την εύρυθμη λειτουργία του, τα αρχεία κατάστασης των αποθεμάτων, υλικών, και βασικού χρονοδιαγράμματος παραγωγής, πρέπει να υπόκεινται σε διαρκή ενημέρωση, ώστε να αποφευχθούν λανθασμένα αποτελέσματα από το σύστημα.

7.1.1 Αβεβαιότητα στα MRP συστήματα

Οι βασικοί κανόνες ενός MRP συστήματος λειτουργούν καλά για ένα αιτιοκρατικό (deterministic) περιβάλλον. Για να ανταποκριθεί το σύστημα σε ένα αβέβαιο περιβάλλον που μπορεί να προκαλέσει τυχαίες αποκλίσεις από τον προγραμματισμό, ορισμένες παράμετροι του συστήματος πρέπει να προσαρμοστούν κατάλληλα.

Παράμετροι που θα μπορούσαν να μειώσουν τις επιπτώσεις αυτών των αβεβαιοτήτων και να αυξήσουν την αποδοτικότητα του συστήματος είναι οι ακόλουθες:

- απόθεμα ασφαλείας
- χρόνος παράδοσης ασφαλείας / προγραμματισμένος χρόνος παράδοσης

- κανόνες lot-sizing (μέθοδοι παραγγελίας επιθυμητής ποσότητα υλικών/αποθεμάτων για την ελαχιστοποίηση του κόστους, π.χ. EOQ, σταθερής ποσότητας κτλ.)
- «πάγωμα» του MPS
- ορίζοντας προγραμματισμού

Το κύριο πρόβλημα που προκύπτει συχνά στα συστήματα MRP προέρχεται από τις αβεβαιότητες δεδομένων εισόδου, ειδικά από αβεβαιότητα στον χρόνο και την ποσότητα. Στη βιβλιογραφία, συχνά λαμβάνεται υπόψη μόνο η αβεβαιότητα ζήτησης (ποσότητα) και η αβεβαιότητα χρόνου παράδοσης (χρόνος) (Nahmias, 1997; Vollmann et al., 1997). Το πρώτο σημαίνει ότι η ζήτηση δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων και έτσι, οι προβλεπόμενες ποσότητες για μια περίοδο μπορεί να διαφέρουν από την πραγματική ζήτηση για αυτήν την περίοδο. Το δεύτερο σημαίνει ότι ο πραγματικός χρόνος παράδοσης μπορεί να διαφέρει από τον προγραμματισμένο χρόνο παράδοσης, οπότε η προγραμματισμένη προμήθεια για μια περίοδο ενδέχεται να μην φτάσει στον κατάλληλο χρόνο. Υπό αυτές τις αβεβαιότητες, το MPS (Βασικό Χρονοδιάγραμμα Παραγωγής, εικόνα 2) κάθε επιπέδου πρέπει να ενημερώνεται αρκετά συχνά. Οι συνεχείς αλλαγές στις απαιτήσεις είναι πιθανό να προκαλέσουν την ανάγκη για ισοδύναμες συνεχείς προσαρμογές στα προγραμματισμένα σχέδια. Η ενημέρωση όλων των δεδομένων συχνά, όπως απαιτείται, προκαλεί την κατάσταση συνεχών αλλαγών στο σχέδιο, που αναφέρεται ως νευρικότητα (Blackburn et al., 1986). Επιπλέον, οι επανυπολογισμοί είναι χρονοβόροι ενώ εμφανίζεται και κόστος που σχετίζεται με την προγραμματισμένη προσαρμογή παραγγελιών (προγραμματισμός προσωπικού, μηχανική φόρτωση, κτλ.).

7.1.1.1 Αβεβαιότητα στην ζήτηση

Αυτού του είδους η αβεβαιότητα εμφανίζεται όταν οι ανάγκες για τελικά προϊόντα διαφέρουν από προηγούμενες προβλέψεις. Το κυριότερο πρόβλημα που εμφανίζεται με αυτό το είδος αβεβαιότητας αφορά τα αποθέματα. Συγκεκριμένα, μπορεί να εμφανιστεί κάποια έλλειψη ή κάποιο πλεόνασμα, και αυτό αυξάνει το κόστος. Έτσι, είναι απαραίτητο να παραμετροποιηθούν τα συστήματα MRP προκειμένου να μειωθούν αυτά τα φαινόμενα. Υπό αυτές τις συνθήκες αβεβαιότητας το μοντέλο που χρησιμοποιείται στον αλγόριθμο του συστήματος είναι του εφημεριδοπώλη

(Newsboy model), δηλαδή το μοντέλο μονής περιόδου που παρουσιάστηκε στην ενότητα 5.2. Όπως έχουμε δει στόχος του μοντέλου αυτού είναι ο καθορισμός του μεγέθους παραγγελίας μαζικών προϊόντων υψηλής ποιότητας και τεχνολογίας, μέσω των μοντέλων μιας περιόδου. Η ζήτηση είναι στοχαστική και ακολουθεί κανονική κατανομή πιθανοτήτων με μέση τιμή μ και τυπική απόκλιση σ . Βασική προϋπόθεση του μοντέλου είναι ο προσδιορισμός της ποσότητας παραγγελίας πριν την έναρξη της περιόδου. Τέλος, εξαιτίας της άγνωστης και στοχαστικής ζήτησης, απορρέουν κόστη από πλεονάζουσες και ελλιπείς παραγγελίες.

Επιπλέον ένα πιο γενικευμένο Newsboy μοντέλο έχει προταθεί (Dolgui & Louly, 2002). Το προτεινόμενο μοντέλο και οι αλγόριθμοι του ελαχιστοποιούν το άθροισμα του μέσου κόστους διατήρησης, του κόστους καθυστέρησης και του κόστους εγκατάστασης. Αυτό το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές βιομηχανικές επιχειρήσεις. Για παράδειγμα, χρησιμοποιούνται συντελεστές ασφαλείας για τον υπολογισμό του προγραμματισμένου χρόνου παράδοσης σε περίπτωση αναξιόπιστων προμηθευτών. Σε αυτήν την περίπτωση, ο προγραμματισμένος χρόνος παράδοσης είναι ίσος με τον συμβατικό (ή προβλεπόμενο) χρόνο παράδοσης πολλαπλασιασμένος με τον συντελεστή ασφαλείας. Αυτός ο συντελεστής είναι εμπειρικός αλλά προβλέπει την καθυστέρηση δημιουργώντας χρόνο παράδοσης ασφαλείας. Όσο πιο αναξιόπιστος είναι ένας προμηθευτής, τόσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής του.

Το μοντέλο και οι αλγόριθμοι που προτείνονται σε αυτή την περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιούνται για την καλύτερη εκτίμηση αυτών των συντελεστών με βάση τις στατιστικές σχετικά με τις προθεσμίες προμήθειας για κάθε προμηθευτή και λαμβάνοντας υπόψη το κόστος αναμονής, καθυστέρησης και εγκατάστασης. Η χρήση αυτής της τεχνικής δίνει τη βέλτιστη λύση υπό την προϋπόθεση ότι οι χρόνοι παράδοσης των διαφόρων τύπου συστατικών ακολουθούν την ίδια πιθανότητα κατανομής και το κόστος διατήρησης της μονάδας είναι ίδιο.

Μια άλλη προσέγγιση είναι ο προσδιορισμός των παραμέτρων MPS χρησιμοποιώντας «πάγωμα» του MPS ή επαναπρογραμματισμό. Οι Yeung et al. (1998) αναφέρουν ότι το πάγωμα μπορεί να υπολογιστεί είτε με αριθμό παραγγελιών (βάσει παραγγελίας) είτε με αριθμό περιόδους (βάσει περιόδου). Το πρώτο μειώνει καλύτερα το συνολικό κόστος με ένα προϊόν πολλαπλών επιπέδων, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη όμως το κόστος καθυστέρησης στο τελικό αγαθό.

Ωστόσο, ορισμένοι συγγραφείς πιστεύουν ότι αυτές οι αβεβαιότητες δεν είναι πάντα κακό πράγμα: προκαλούν αληθινά σφάλματα πρόβλεψης, αλλά εάν η προκατάληψη είναι θετική, τότε αυτό δημιουργεί επιπλέον απόθεμα που θα μπορούσε να λειτουργήσει ως δίκτυ ασφαλείας σε περίπτωση μη προγραμματισμένων αιτημάτων.

7.1.1.2 Αβεβαιότητα στον χρόνο παράδοσης

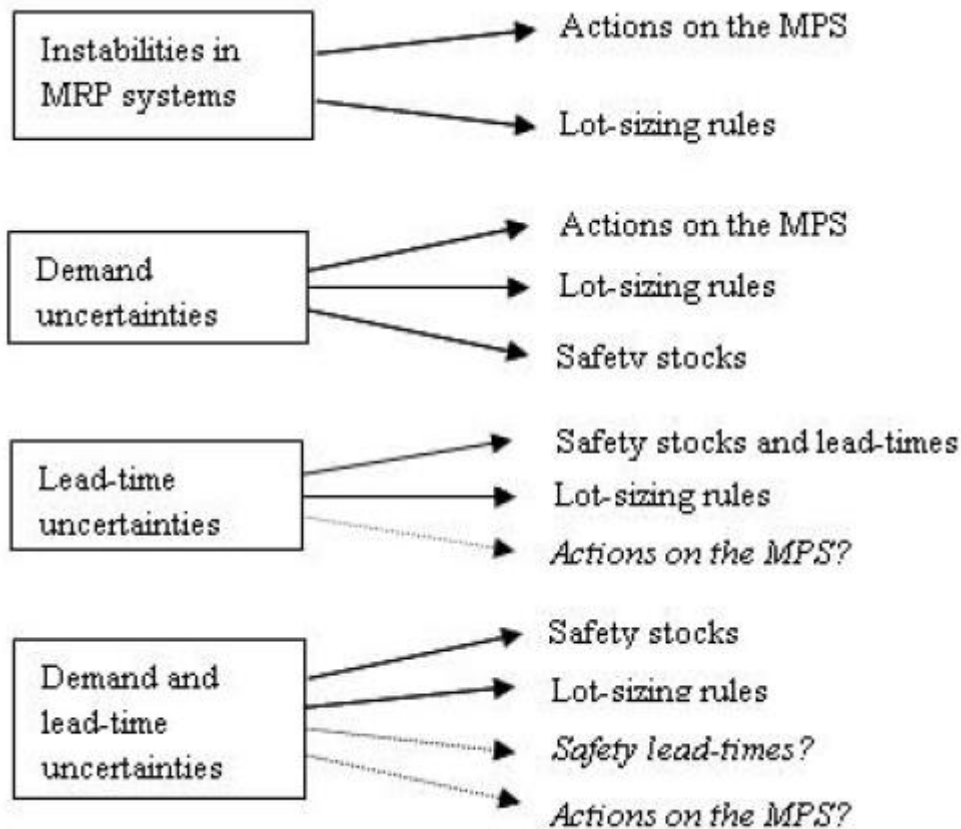
Αβεβαιότητα στον χρόνο παράδοσης σημαίνει ότι ο χρόνος που απαιτείται για την παραλαβή ενός στοιχείου να διαφέρει από τον προβλεπόμενο. Όπως και με την τυχαία ζήτηση, οι αβεβαιότητες του χρόνου παράδοσης μπορεί να προκαλέσουν κάποιες ελλείψεις ή πλεόνασμα σε αποθέματα. Αυτές οι αβεβαιότητες έχουν παραμεληθεί εδώ και πολύ καιρό υπέρ της μελέτης της αβεβαιότητας της ζήτησης. Ωστόσο, στον βιομηχανικό κόσμο, συχνά διαπιστώνεται ότι τα προβλήματα αβεβαιότητας δεν περιορίζονται μόνο στην αβεβαιότητα του επιπέδου ζήτησης, αλλά και στις διακυμάνσεις των χρόνων παράδοσης. Γι' αυτό, σήμερα, αυτό το κενό στην ερευνητική δραστηριότητα αρχίζει να καλύπτεται για να ανταποκριθεί σε εταιρείες που έχουν μη ντετερμινιστικά όρια χρόνων παράδοσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι παράμετροι που παραμετροποιούνται για να μειωθούν οι επιπτώσεις είναι οι χρόνος παράδοσης ασφαλείας και κανόνες lot –sizing. Πιο συγκεκριμένα εάν ο πραγματικός χρόνος παράδοσης είναι αβέβαιος, ο προγραμματισμένος χρόνος παράδοσης μπορεί να περιέχει χρόνο παράδοσης ασφαλείας, δηλαδή ο προγραμματισμένος χρόνος παράδοσης να υπολογίζεται ως το άθροισμα του προβλεπόμενου χρόνου και του χρόνου παράδοσης ασφαλείας, λαμβάνοντας υπόψη την πιθανότητα υπεραποθεματοποίησης ή έλλειψης αποθέματος, με το σχετικό κόστος. Η αναζήτηση βέλτιστης τιμής χρόνου παράδοσης ασφαλείας και, κατά συνέπεια, προγραμματισμένου χρόνου παράδοσης, είναι ένα κρίσιμο ζήτημα στη διαχείριση αλυσίδας εφοδιασμού με προσέγγιση MRP.

7.1.1.3 Αβεβαιότητα και στην ζήτηση και στον χρόνο παράδοσης

Τέλος, υπάρχει περίπτωση για ταυτόχρονη τυχαία ζήτηση και τυχαίο χρόνο παράδοσης. Στις περισσότερες των περιπτώσεων οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται είναι οι κανόνες lot –sizing, χρόνος παράδοσης ασφαλείας και

απόθεμα ασφαλείας. Παρόλα αυτά υπάρχει ακόμη μεγάλο πεδίο έρευνας για αυτή την περίπτωση.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση των αβεβαιοτήτων στα MRP συστήματα.



Εικόνα 3. Τεχνικές αντιμετώπισης αβεβαιότητας στα MRP συστήματα

7.2 Προγραμματισμός παραγωγικών πόρων (MRP II)

Η εμφάνιση των συστημάτων MRP II έγινε στις αρχές του 1980, καθώς τα συστήματα MRP εξελίχθηκαν και ενσωμάτωσαν όλους τους πόρους μιας βιομηχανικής επιχείρησης.

Τα συστήματα MRP II, γνωστά και ως προγραμματισμός παραγωγικών πόρων, αποτελούν ολοκληρωμένα πληροφοριακά συστήματα, των οποίων η εμβέλεια ξεπερνά τα κλασσικά συστήματα MRP, δεδομένου ότι δύναται να συγχρονίζουν όλες τις δραστηριότητες μιας επιχείρησης, κι όχι μόνο της παραγωγής. Συνεπώς, η έννοια

του Προγραμματισμού των Απαιτούμενων Υλικών, ξεφεύγει από τα όρια της απλής αντιμετώπισης των προβλημάτων παραγωγής, τα οποία δημιουργεί η εξαρτημένη ζήτηση για υλικά, και επεκτείνεται στο σύνθετο πρόβλημα οργάνωσης, προγραμματισμού και ελέγχου της επιχείρησης ως παραγωγικού συστήματος.

Όπως ορίζεται κι από τον οργανισμό APICS, ο προγραμματισμός παραγωγικών πόρων, είναι μία μέθοδος για τον αποτελεσματικό σχεδιασμό όλων των πόρων μιας κατασκευαστικής εταιρείας. Στην ιδανική περίπτωση, παρέχει επιχειρησιακό σχεδιασμό στις οικονομικές μονάδες, οικονομικό προγραμματισμό, κι επίσης έχει την ικανότητα μέσω προσομοιώσεων να απαντά σε ερωτήσεις του τύπου «τι-αν», επεκτείνοντας με αυτό τον τρόπο τον κλειστό βρόχο MRP.

Τα MRP II χρησιμοποιούν μία ενιαία βάση δεδομένων, η οποία μπορεί να είναι είτε συγκεντρωτική ή αποκεντρωμένη, ώστε να συντονίζουν την παραγωγή, τις πωλήσεις, τις αγορές, τα οικονομικά και τις τεχνικές μελέτες, με στόχο την υιοθέτηση και εφαρμογή ενός γενικού επιχειρηματικού σχεδίου, και την δημιουργία μιας ενιαίας οντότητας Προγραμματισμού και Ελέγχου. Τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται περιλαμβάνουν:

- Πληροφορίες για τη δομή των προϊόντων και τους χρόνους υστέρησης
- Πληροφορίες για το επίπεδο των αποθεμάτων
- Λίστες υλικών
- Φασεολόγια-συνταγές
- Πληροφορίες για τους σταθμούς εργασίας
- Πληροφορίες για τα εργαλεία

Επιπλέον, τα συστήματα MRP II καθορίζουν τα κόστη των εξαρτημάτων και την αντίστοιχη ρευστότητα που απαιτείται για την απόκτησή τους, ενώ υπολογίζουν και τα επιμέρους κόστη, όπως το κόστος εργασίας, επισκευής εξοπλισμού και ενέργειας.

Είναι αντιληπτό, λοιπόν πως τα συστήματα αυτού του είδους δεν είναι μόνο μία απλή λειτουργία λογισμικού, αλλά πρόκειται για έναν συγκερασμό ανθρώπινων δεξιοτήτων, ακρίβειας βάσης δεδομένων και πληροφορικής. Είναι μία φιλοσοφία συνολικής διαχείρισης της επιχείρησης, με σκοπό την βέλτιστη διαχείριση των ανθρώπινων πόρων.

Η δομή του συστήματος MRP II, παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Εικόνα 4. Σύστημα MRP II

Όσον αφορά, τα οφέλη που αποκομίζουν οι επιχειρήσεις από την υιοθέτηση τέτοιων συστημάτων, οι γνώμες είναι αντικρουόμενες. Πάρα πολλές επιχειρήσεις επωφελήθηκαν από το συγκεκριμένο σύστημα διοίκησης, σε αντίθεση με άλλες που η υιοθέτησή του, δεν είχε παρόμοιες επιπτώσεις.

Σύμφωνα με τον Wight (1989), υπάρχουν 4 κατηγορίες με διαβάθμιση από το Α έως το D, όπου το Α είναι το βέλτιστο επίπεδο, στις οποίες κατατάσσονται οι επιχειρήσεις, ανάλογα με τον βαθμό ολοκλήρωσής και χρησιμοποίησης του MRP II. Η κατάταξη συντελείται μέσω της αξιολόγησης και του ελέγχου της επιχείρησης σε 35 σημεία, τα οποία σχετίζονται με την ακρίβεια των δεδομένων που χρησιμοποιούνται, τις τεχνικές δυνατότητες του συστήματος, το επίπεδο εκπαίδευσης του ανθρώπινου δυναμικού, και φυσικά τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του συστήματος στην επιχείρηση. Τα κυριότερα κριτήρια, βάσει των οποίων πραγματοποιείται η αξιολόγηση είναι:

- Οι χρονικοί περίοδοι πρέπει να είναι μικρότεροι ή ίσοι της εβδομάδας
- Η συχνότητα ολικού προγραμματισμού είναι το λιγότερο μία φορά την εβδομάδα
- Η ανταπόκριση στις απαιτήσεις πρέπει να ξεπερνά το 95%.

- Η απόδοση των αποθεμάτων, της παραγωγικότητας ή της εξυπηρέτησης των πελατών βρίσκεται στο επιθυμητό επίπεδο

7.3 Προγραμματισμός επιχειρησιακών πόρων (ERP)

Τη δεκαετία του 1990, η συνεχής εξέλιξη των συστημάτων MRP II, οδηγεί σταδιακά στα σημερινά **ολοκληρωμένα συστήματα επιχειρησιακής οργάνωσης (ERP Enterprise Resource Planning)**, με πρωτοπόρο στο είδος την εταιρεία SAP και το σύστημα SAP R/3. Μάλιστα, η ταχύτητα με την οποία υιοθετήθηκαν από τις επιχειρήσεις, τα συστήματα αυτά, τα τελευταία χρόνια, αποτελεί φαινόμενο με αποτέλεσμα τα συστήματα ERP να θεωρούνται από πολλούς ερευνητές και επαγγελματίες, από τις πιο καινοτόμες εξελίξεις στον τομέα της πληροφορικής.

Οι κυριότεροι λόγοι που οδήγησαν στην εξάπλωση τους είναι οι εξής:

- Οι πολυεθνικές επιχειρήσεις, που λειτουργούσαν τμήματα, θυγατρικές και εργοστάσια σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, αντιμετώπιζαν προβλήματα με τα διαφορετικά πληροφοριακά συστήματα, με αποτέλεσμα να υπάρχουν καθυστερήσεις, διπλές εγγραφές και δεδομένα σε ασύμβατες μορφές. Συνεπώς, η ύπαρξη μίας ολιστικής κοινής βάσης ήταν επιβεβλημένη.
- Η άνθιση και η εξάπλωση νέων ιδεών και διαδικασιών για την οργάνωση και την λειτουργία της σύγχρονης επιχείρησης, απαιτούσαν συστήματα ικανά να τις υποστηρίξουν.
- Η ανάγκη των επιχειρήσεων για δημιουργία και διατήρηση στενότερων σχέσεων με τους πελάτες, τους προμηθευτές, όπως επίσης και τους ανταγωνιστές, επέβαλλε την ύπαρξη συστημάτων, τα οποία θα είχαν την ικανότητα να υποστηρίξουν την νέα διευρυμένη επιχείρηση.
- Η διάδοση των πρότυπων αρχιτεκτονικών client-server των πληροφοριακών συστημάτων, εναρμονίζεται πλήρως με τη δομή του συστήματος ERP και την οργανωτική δομή της διευρυμένης επιχείρησης.

Ο προγραμματισμός επιχειρησιακών πόρων, του οποίου η σωστή εφαρμογή εγγυάται σημαντικά πλεονεκτήματα, σχεδιάστηκε για να δώσει λύση στο πρόβλημα του

κατακερματισμού της πληροφόρησης σε μεγάλες επιχειρήσεις και οργανισμούς, υποσχόμενος την απρόσκοπτη ροή των πληροφοριών σε όλη την επιχείρηση. Μέσω της ολοκλήρωσης των επιμέρους συστημάτων και βάσεων δεδομένων, επιτυγχάνεται η διαχείριση της πληροφορίας σε όλες τις λειτουργίες της επιχείρησης, σε πραγματικό χρόνο και από οποιονδήποτε χρήστη.

Ο Slater (1998) ορίζει τα συστήματα ERP ως « συστήματα που ενσωματώνουν τις κύριες διαδικασίες διαχείρισης των επιχειρήσεων και παρέχουν μία συνολική εικόνα για την οργάνωση της επιχείρησης, παρέχοντας λειτουργίες που επιτρέπουν την αποτελεσματική ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα στην παραγωγική διαδικασία με τις αντίστοιχες οργανωτικές και διοικητικές λειτουργίες σε μια επιχείρηση»

Το σύστημα E.R.P είναι ένα λογισμικό, το οποίο αποτελείται από επιμέρους υλοποιήσιμα πακέτα εφαρμογών, που αφενός δύναται να καλύψουν όλες τις λειτουργίες της επιχείρησης, και αφετέρου διαθέτουν την ευελιξία που απαιτείται, ώστε να προσαρμόζονται δυναμικά στις μεταβολές και να ενσωματώνουν τις νέες απαιτήσεις. Ως αποτέλεσμα, η επιχείρηση λειτουργεί ως ένα ενιαίο σύνολο, καθοδηγούμενη από τις πληροφορίες και τις επιρροές που δέχεται από το περιβάλλον, γεγονός που συνεπάγεται την δυνατότητα επίτευξης αποδοτικότερης και αποτελεσματικότερης διαχείρισης των πόρων. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι το λογισμικό που χρησιμοποιεί για την διαχείριση των αποθεμάτων είναι παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιούν τα συστήματα MRP , με τις αρχές λειτουργίας τους και τα χαρακτηριστικά τους να έχουν περιγραφεί νωρίτερα.

Τα υποσυστήματα ενός ολοκληρωμένου πακέτου λογισμικού ERP αντιστοιχούν στις βασικές επιχειρησιακές λειτουργίες και υποστηρίζονται από μία κοινή βάση δεδομένων, η οποία αποτελεί την «καρδιά» του συστήματος, με αποτέλεσμα τα δεδομένα που εισάγονται σε ένα υποσύστημα να είναι ορατά και διαθέσιμα από τα υπόλοιπα υποσυστήματα ανά πάσα στιγμή. Παράλληλα, ενισχύεται τόσο η ανταλλαγή όσο και η ποιότητα των πληροφοριών, όχι μόνο μεταξύ των διαφόρων τμημάτων της εταιρείας αλλά και μεταξύ των προμηθευτών, πελατών και άλλων συνεργατών της επιχείρησης, με αποτέλεσμα την ενίσχυση της συνολικής επιχειρηματικής απόδοσης. Τα βασικότερα υποσυστήματα παρουσιάζονται στην εικόνα 4.



Εικόνα 5. Εφαρμογές ενός συστήματος ERP

Προτού η επιχείρηση να προχωρήσει στην εγκατάσταση ενός ERP συστήματος πρέπει να παρθούν κρίσιμες αποφάσεις.

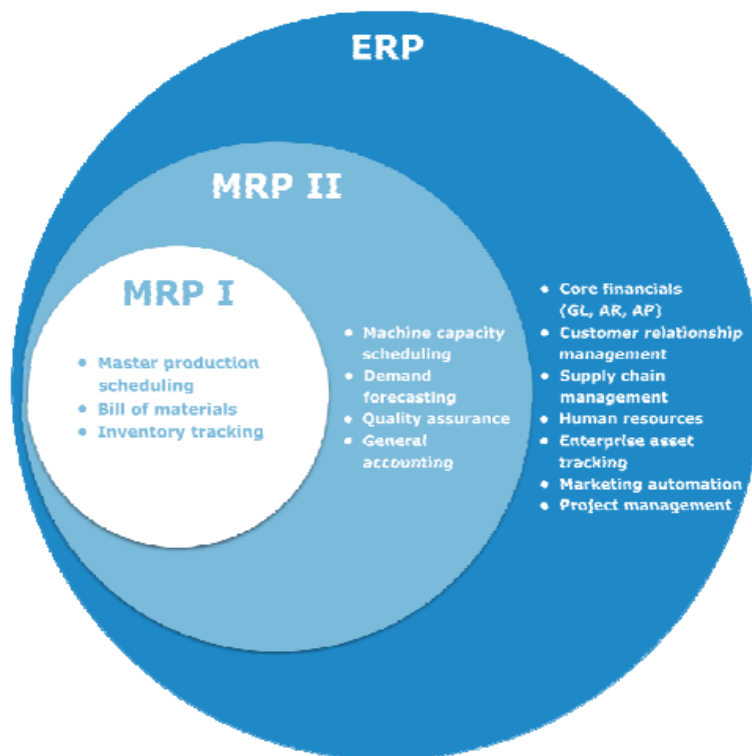
Συγκεκριμένα η επιχείρηση θα πρέπει να έχει απαντήσεις για τα παρακάτω:

- Η εταιρεία απαιτεί ERP;
- Είναι η οργάνωση της εταιρίας έτοιμη για ERP;
- Τι πακέτα λογισμικού;
- Λύση all-in-one;
- Προσαρμοσμένη λύση;
- Ποια εταιρεία πρέπει να εμπιστευτεί;
- Τι υλικό πρόκειται να χρησιμοποιηθεί;
- Ποια προσέγγιση πρέπει να ακολουθηθεί;

Επιπλέον τα ERP απαιτούν αρκετά περίπλοκη τεχνολογική υποδομή, η οποία εξαρτάται βέβαια και από το είδος της επιχείρησης. Για να μπορέσουν να οργανώσουν αποτελεσματικά όλα τα μέρη μιας επιχείρησης θα πρέπει να γίνουν

σωστά οι καταχωρήσεις και η προσαρμογή του προγράμματος στην τεχνική υποδομή της επιχείρησης.

Συνοψίζοντας, στην εικόνα 6 παρουσιάζεται η εξέλιξη των πληροφοριακών συστημάτων διαχείρισης αποθεμάτων με τα βασικά χαρακτηριστικά τους



Εικόνα 6. Η εξέλιξη των Πληροφοριακών Συστημάτων

7.4 Κριτήρια επιλογής του κατάλληλου λογισμικού

Όσον αφορά την επιλογή μιας επιχείρησης σε λογισμικό για αυτοματοποίηση της διαχείρισης των αποθεμάτων της, η διοίκηση λαμβάνει υπόψη της ορισμένους βασικούς παράγοντες:

Ανάγκες Επιχείρησης: Όπως αναφέραμε και παραπάνω προτού η επιχείρηση επιλέξει το κατάλληλο λογισμικό, πρέπει να προσδιορίσει τις πραγματικές ανάγκες τις με βάση τον τρόπο λειτουργίας της, την οργάνωση της και το τομέα δράσης της. Ένα MRP είναι πιθανό να είναι το καταλληλότερο εάν η εταιρεία χρειάζεται μια λύση για να βοηθήσει στη διαχείριση των διαδικασιών κατασκευής της. Αυτές οι διαδικασίες μπορούν να περιλαμβάνουν απογραφή, παραγωγή και προγραμματισμό. Στην πραγματικότητα, ένα σύστημα MRP θα προσφέρει το πρόσθετο πλεονέκτημα

ότι είναι φθηνότερο από ένα ERP. Ωστόσο, εάν η εταιρεία χρειάζεται ένα σύστημα που θα παρέχει μια συνολική εικόνα όλων των συστημάτων και διαδικασιών εντός του οργανισμού, ένα σύστημα ERP είναι πιθανώς αυτό που χρειάζεται.

Κόστος: Εξετάζεται η τιμή αγοράς του λογισμικού, το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης καθώς και οι δαπάνες εκπαίδευσης του προσωπικού στον χειρισμό του.

Κατά την μελέτη του κόστους του λογισμικού συνυπολογίζεται και η εγγύηση που προσφέρεται σε περιπτώσεις βλαβών ή καταστροφής.

Τεχνικά χαρακτηριστικά: Εξετάζεται αρχικά η συμβατότητα του με το λειτουργικό σύστημα των υπολογιστών της επιχείρησης, η ποιότητα σχεδίασης, οι δυνατότητες τροποποίησης και μετατροπής των παραμέτρων του ανάλογα με τις ανάγκες της επιχείρησης, καθώς και το πλήθος των εφαρμογών του.

Χαρακτηριστικά Προμηθευτή: Εξετάζεται η αξιοπιστία του προμηθευτή και η φερεγγυότητα του σε πιθανές προηγούμενες αγορές και, εάν αυτό δεν είναι εφικτό, τότε μελετάται η φήμη του μέσω στατιστικών στοιχείων από αναφορές άλλων επιχειρήσεων που αγόρασαν από το συγκεκριμένο προμηθευτή.

7.5 Σύγκριση πληροφοριακών συστημάτων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των MRP (I και II) και των ERP πληροφοριακών συστημάτων, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση από την πλευρά της διοίκησης των ωφελειών αλλά και των μειονεκτημάτων που προκύπτουν από την χρήση καθεμιάς κατηγορίας, που θα βοηθήσει στην επιλογή του κατάλληλου πληροφοριακού συστήματος, όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4		
Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα συστημάτων διαχείρισης αποθεμάτων		
Σύστημα	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
MRP και MRP II	<ol style="list-style-type: none"> 1. Έγκαιρη διαθεσιμότητα υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή 2. Μειωμένα επίπεδα υπερβάλλοντος αποθέματος 3. Οι χρόνοι παράδοσης ενισχύονται σημαντικά 4. Βέλτιστη αξιοποίηση των πόρων κατασκευής 5. Συλλογή επιχειρηματικών δεδομένων για ανάλυση και βελτιστοποιημένο σχεδιασμό 6. Μικρότερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης σε σχέση με τα ERP 7. Βελτίωση του επιπέδου εξυπηρέτησης των πελατών 8. Μικρότερη πολυπλοκότητα υλοποίησης 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ενώ το MRP είναι επωφελές για όλους τους κατασκευαστές, είναι πιο κατάλληλο για κατασκευαστές κατηγορίας Συναρμολόγηση-προς- αποθήκευση 2. Το MRP απαιτεί καθαρές εγγραφές και ακριβή εισαγωγή δεδομένων 3. Ενώ οι κατασκευαστές τύπου Συναρμολόγηση-προς- παραγγελία επωφελούνται από αυτό το λογισμικό, τους ωφελεί μόνο στο βαθμό που οι παρτίδες παραγωγής τους είναι μεσαίες έως μεγάλες και το προϊόν δεν ποικίλλει πολύ 4. Έχουν σημαντικό πρόβλημα αποτελεσματικότητας. Δεν μπορούν να οργανώσουν μια ιδιαιτερότητα μιας επιχείρησης, αλλά ούτε ένα πλάνο με βραχυπρόθεσμο σχεδιασμό 5. Για να επιτευχθούν τα παραπάνω αποτελέσματα, όπως η μείωση του κόστους λειτουργίας θα πρέπει να γίνεται σωστός υπολογισμός του κόστους των πόρων και της λειτουργίας της επιχείρησης, που κατά κοινή ομολογία δεν καταφέρνουν τα συγκεκριμένα συστήματα 6. Αν η επιχείρηση δεν έχει επιπλέον τρόπους ενίσχυσης της αποτελεσματικότητας της το πρόγραμμα δεν έχει κάτι επιπλέον να προσφέρει

ERP	<ol style="list-style-type: none"> 1. Βελτιστοποίηση επιχειρηματικών διαδικασιών 2. Ακριβής και έγκαιρη πρόσβαση σε αξιόπιστες πληροφορίες 3. Η ικανότητα ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ όλων των συστατικών του οργανισμού 4. Εξάλειψη περιττών λειτουργιών και δεδομένων 5. Αποφυγή διπλών εγγραφών ή λειτουργιών πλεονασμού 6. Η απόδοση όλων των μονάδων εργασίας που απαρτίζουν την επιχείρησή βελτιώνεται 7. Βελτίωση του επιπέδου εξυπηρέτησης των πελατών 8. Όταν μια εταιρεία διαθέτει σύστημα ERP είναι πιο ανταγωνιστικό στο περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί 9. Προσφέρουν μια πολύ ευρύτερη κάλυψη της λειτουργίας μιας εταιρείας πέρα από τις λειτουργίες παραγωγής (π.χ. CRM, HCM) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Η εγκατάσταση του συστήματος ERP είναι δαπανηρή και πολύπλοκη 2. Η επιτυχία εξαρτάται από τις δεξιότητες και την εμπειρία του εργατικού δυναμικού, συμπεριλαμβανομένης της εκπαίδευσης και του τρόπου με τον οποίο το σύστημα λειτουργεί σωστά 3. Η αντίσταση στην κοινή χρήση εσωτερικών πληροφοριών μεταξύ τμημάτων μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα του λογισμικού 4. Το σύστημα μπορεί να είναι δύσκολο στη χρήση 5. Η ύπαρξη συστήματος ERP δεν εγγυάται από μόνο του την απόλυτη επιτυχία της εταιρείας, αλλά απαιτείται η αλλαγή κουλτούρας και διαδικασιών εντός της επιχείρησης 6. Τα οφέλη από την ύπαρξη συστήματος ERP δεν παρουσιάζονται αμέσως με την εφαρμογή του λογισμικού, θα είναι εμφανή πολύ μετά την εκτέλεση του συστήματος 7. Το αποκορύφωμα της εφαρμογής εξαρτάται από την ικανότητα του εργατικού δυναμικού, και περιλαμβάνει επίσης εκπαίδευση και κατάρτιση, για να κάνει το σύστημα να εφαρμοστεί σωστά.
-----	--	---

7.6 Λογισμικά πακέτα συστημάτων διαχείρισης αποθεμάτων

Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται ενδεικτικά κάποια πακέτα συστημάτων διαχείρισης αποθεμάτων ανοικτού κώδικα (Open Source) με μια σύντομη περιγραφή τους, μέσα από μια πλειάδα εφαρμογών (ανοικτού και μη ανοικτού κώδικα) που υπάρχει στην αγορά πληροφοριακών συστημάτων διαχείρισης αποθεμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5	
Πακέτα λογισμικού διαχείρισης αποθεμάτων ανοικτού κώδικα	
Όνομα	Περιγραφή
ERP5	Ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα, εξειδικευμένο σε πολλές επιχειρησιακές λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης αποθεμάτων, συνδυάζει τις παροχές των CRM, MRP σχετικά με την αποθήκευση και ταξινόμηση κάθε είδους αποθέματος (πρώτες ύλες, προϊόντα, δεδομένα κλπ) σε μια αποθήκη.

Katana	Φιλικό προς τον χρήστη λογισμικό MRP προσαρμοσμένο για κατασκευαστές που χρησιμοποιούν Xero ή QuickBooks και κάνουν πωλήσεις μέσω ηλεκτρονικού εμπορίου (Shopify, WooCommerce). Διευκολύνει τη διαχείριση παραγωγής και τον έλεγχο αποθέματος για διαδικτυακούς εμπόρους και είναι κατάλληλο για επιχειρήσεις που επιθυμούν να οργανώσουν αποτελεσματικά τις καθημερινές τους δραστηριότητες. Περιλαμβάνεται διαχείριση αποθέματος πρώτων υλών, λογαριασμός υλικών και παρακολούθηση παρτίδας. Απρόσκοπτη ενοποίηση με Xero, QuickBooks, Shopify και WooCommerce
Smart IP&O	Ολοκληρωμένο σύνολο native εφαρμογών ιστού για βελτιστοποίηση αποθέματος, MRP και αναλυτικά στοιχεία αλυσίδας εφοδιασμού. Παρέχει ένα ενιαίο, εύκολο στη χρήση, εύκολο στη ενοποίηση περιβάλλον με ισχυρή απογραφή και μοντελοποίηση προβλέψεων. Η εφαρμογή που είναι εύκολα επεκτάσιμη, μπορεί να προσαρμοστεί στις εκάστοτε ανάγκες του πελάτη
Odoo	Πλήρως ολοκληρωμένη, προσαρμόσιμη και ανοιχτή πηγή επιχειρηματικών εφαρμογών. Η πλειονότητα των επιχειρηματικών αναγκών, όπως CRM, Πωλήσεις, Project Management, Κατασκευή, Απόθεμα και Λογιστική καλύπτονται μέσω αυτής της λύσης λογισμικού all-in-one. Το Odoo έχει σχεδιαστεί για να καλύπτει τις ανάγκες των εταιρειών ανεξάρτητα από το μέγεθος και τον προϋπολογισμό

8. Συμπεράσματα - Προοπτικές

8.1 Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η διαχείριση αποθεμάτων στις επιχειρήσεις περιγράφοντας τα βασικότερα μοντέλα διαχείρισης των αποθεμάτων που χρησιμοποιούνται. Επιπλέον, και με τη χρήση αριθμητικών παραδειγμάτων, παρουσιάστηκαν αρκετά ακριβείς αναπαραστάσεις, πραγματικών καταστάσεων απογραφής. Για παράδειγμα, είδαμε ότι τα μοντέλα EOQ είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα. Τα μοντέλα αυτά, μπορούν να τροποποιηθούν ώστε να περιλαμβάνουν κάποιους τύπους στοχαστικής ζήτησης, όπως το στοχαστικό μοντέλο συνεχούς επανεξέτασης. Τα στοχαστικά μοντέλα μονού διαστήματος, χρησιμεύουν στη διαχείριση των ευπαθών προϊόντων ενώ χρησιμοποιούνται από τα MRP συστήματα για να μειώσουν τις συνέπειες της αβεβαιότητας της ζήτησης. Τα στοχαστικά μοντέλα πολλών περιόδων παίζουν σημαντικό ρόλο στο χαρακτηρισμό των ειδών και των πολιτικών που μπορούν να ακολουθηθούν. Από τα χαρακτηριστικά του κάθε μοντέλου και την μεταξύ τους σύγκριση, συμπεράναμε ότι η επιλογή του κατάλληλου μοντέλου από μια επιχείρηση γίνεται με βάση τις ανάγκες της, το πεδίο της δραστηριότητας της, το είδος των προϊόντων που είναι απαραίτητα για την εύρυθμη λειτουργία της, τις σχέσεις τις με τις προμηθευτές της, την αντιμετώπιση εκτάκτων καταστάσεων (π.χ. πανδημία, φυσικές καταστροφές κτλ) και την πολιτική που ακολουθεί στην απόκτηση και διατήρηση αποθεμάτων. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες συνυπολογίζονται έχοντας ως απώτερο σκοπό το ελάχιστο δυνατό κόστος που απαιτείται για την διαχείριση αυτών των αποθεμάτων που συνεπάγεται μεγαλύτερη κερδοφορία για την επιχείρηση.

Ο έλεγχος και η διαχείριση αποθεμάτων λοιπόν, είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με την παραγωγική ικανότητα των επιχειρήσεων, μιας και η έλλειψη αποθεμάτων οδηγεί με βεβαιότητα σε μείωση της παραγωγής ή σε σημαντικές καθυστερήσεις. Η εξοικονόμηση πόρων, η μείωση του επιχειρηματικού κινδύνου καθώς και η βελτίωση της παραγωγικής ροής και των χρόνων παράδοσης των παραγγελιών, που πηγάζουν

από μια άρτια και συστηματική διαχείριση αποθεμάτων εξασφαλίζουν την ικανοποίηση των απαιτήσεων τόσο των πελατών της εκάστοτε επιχείρησης όσο και των επιχειρηματιών/μετόχων.

Για να επιτευχθεί ωστόσο, η άρτια και συστηματική διαχείριση αποθεμάτων, οι βιομηχανίες καλούνται να αντιμετωπίσουν αρκετά προβλήματα με σημαντικότερο εξ αυτών να είναι ο προσδιορισμός του βέλτιστου επιπέδου αποθεμάτων (ούτε έλλειμμα, ούτε πλεόνασμα), η χάραξη της πολιτικής αποθεματοποίησης (προσδιορισμός μεγέθους αποθεμάτων και χρονοδιάγραμμα παράδοσης παραγγελίας) και τέλος η ανάπτυξη της ικανότητας να προβλέπει και να ικανοποιεί τις ανάγκες των πελατών.

Η απάντηση λοιπόν στα παραπάνω προβλήματα δόθηκε μέσω των πληροφοριακών συστημάτων, τα οποία διαδραματίζουν καταλυτικό ρόλο στη διαχείριση αποθεμάτων. Μελετώντας 2 βασικές κατηγορίες πληροφοριακών συστημάτων (MRP (I και II), ERP), με αντίστοιχα πακέτα λογισμικού, διαπιστώσαμε ότι τα αυτοματοποιημένα υπολογιστικά συστήματα, που χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο στη σύγχρονη βιομηχανία, συλλέγουν, επεξεργάζονται και αναλύουν μεγάλο όγκο πληροφοριών και δεδομένων με τελικό σκοπό την επίτευξη ομαλής συνεργασίας δεδομένων, διεργασιών και τεχνολογιών πληροφορίας. Τα πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων οδήγησαν τις βιομηχανίες σε ουσιαστική ελάττωση του κόστους παραγωγής, σε μεγαλύτερη ευελιξία και δυνατότητα προσαρμογής, σε αύξηση της παραγωγικότητας και επιπλέον έγινε πιο ομαλή και εύκολη η αντιμετώπιση προβλημάτων λόγω του έγκαιρου εντοπισμού αυτών.

Ωστόσο, τα πληροφοριακά συστήματα ακολουθούνται πάντα από υψηλό κόστος εγκατάστασης καθώς και ταυτόχρονη εκπαίδευση προσωπικού αλλά τα παραπάνω πλεονεκτήματα αντισταθμίζουν πλήρως αυτό το κόστος και εν τέλει το κόστος της μη εφαρμογής τους είναι πολύ μεγαλύτερο για τις βιομηχανίες.

Επίσης συμπεράναμε ότι δεν κάνουν όλα τα πληροφοριακά συστήματα για όλες τις εταιρίες αλλά η επιλογή ενός πληροφοριακού συστήματος από την πλευρά της εταιρίας -πέρα από τα υπόλοιπα κριτήρια- γίνεται με βάση τις ανάγκες της.

8.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Κλείνοντας την παρούσα εργασία θα κάνουμε μια αναφορά στις μελλοντικές προοπτικές που αναμένονται να επηρεάσουν τον τομέα της διαχείρισης αποθεμάτων. Συγκεκριμένα, η τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση θα επηρεάσει, με τα τεχνολογικά της επιτεύγματα, τον τρόπο όπου θα γίνεται η διαχείριση των αποθεμάτων. Η τεχνητή νοημοσύνη θα βοηθήσει στην λήψη αποφάσεων με ακρίβεια και με λιγότερο κόστος, η ρομποτική θα συμβάλλει στην κατασκευή προϊόντων με λιγότερη ανθρώπινη παρέμβαση, το Blockchain θα παρέχει ασφάλεια, ταχύτητα και ποιότητα στην πληροφορία των οικονομικών συναλλαγών που σχετίζονται (και) με την διαχείριση αποθεμάτων.

Οι επιτυχημένες εταιρείες θα δουν την διαχείριση αποθεμάτων ως στρατηγικό περιουσιακό στοιχείο, παρά ως επιβαρυντικό κόστος ή αναγκαίο κακό. Η συνεργασία με εταίρους της εφοδιαστικής αλυσίδας, σε συνδυασμό με μια ολιστική προσέγγιση για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, θα είναι το κλειδί για την αποτελεσματική διαχείριση των αποθεμάτων.

Η αυξημένη εστίαση στην ασφάλεια της εφοδιαστικής αλυσίδας, και οι ανησυχίες για την ποιότητα του ίδιου του αποθέματος, θα είναι τα κύρια κίνητρα για την αλλαγή της αλυσίδας εφοδιασμού και της στρατηγικής αποθέματος. Καθώς οι επιχειρήσεις επιδιώκουν ένα πιο οριζόντιο, ολοκληρωμένο, επιχειρηματικό μοντέλο, με εξωτερική ανάθεση για παραγωγή και διανομή, το προφίλ κινδύνου των αλυσίδων εφοδιασμού άλλαξε δραματικά.

Συνοπτικά, οι επιτυχημένες εταιρείες θα αγκαλιάσουν τις προκλήσεις της διαχείρισης αποθεμάτων στον 21ο αιώνα, αξιοποιώντας την τεχνολογία που προσφέρεται μέσω της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης. Το πιο σημαντικό, οι εταιρείες θα εξετάσουν το απόθεμα ως στρατηγικό πλεονέκτημα, το οποίο όταν αναπτυχθεί σωστά θα προσφέρει αυξημένη αξία και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Η αποτελεσματική συνεργασία μεταξύ των εταίρων της αλυσίδας εφοδιασμού θα αποκτήσει μεγαλύτερη σημασία. Οι εντεινόμενοι κίνδυνοι που ενέχει η παγκόσμια προμήθεια σε συνδυασμό με την καλύτερη εκτίμηση του TCO (Total Cost of Ownership) θα παρακινήσουν τις εταιρείες να επανεξετάσουν τις παγκόσμιες στρατηγικές αποθέματος.

Παράρτημα

TABLE A5.1 Areas under the normal curve from K_α to ∞

$$P(\text{standard normal} > K_\alpha) = \int_{K_\alpha}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} dx = \alpha$$

K_α	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641
0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
0.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
2.3	.0107	.0104	.0102	.00990	.00964	.00939	.00914	.00889	.00866	.00842
2.4	.00820	.00798	.00776	.00755	.00734	.00714	.00695	.00676	.00657	.00639
2.5	.00621	.00604	.00587	.00570	.00554	.00539	.00523	.00508	.00494	.00480
2.6	.00466	.00453	.00440	.00427	.00415	.00402	.00391	.00379	.00368	.00357
2.7	.00347	.00336	.00326	.00317	.00307	.00298	.00289	.00280	.00272	.00264
2.8	.00256	.00248	.00240	.00233	.00226	.00219	.00212	.00205	.00199	.00193
2.9	.00187	.00181	.00175	.00169	.00164	.00159	.00154	.00149	.00144	.00139

Βιβλιογραφία

- [1] Introduction to Operations Research- Hiller & Lieberman (7th edition).
- [2] Bell, P.C., C.K.Anderson and S.P. Kaiser: Strategic Operations Research and the Edelman Prize Finalist Applications 1989- 1998 Operations Research.
- [3] Horner P.: Special Issue: Executive's Guide to Operations Research.
- [4] Gass, S.I., and C.M. Harris (eds): Encyclopedia of Operations Research
- [5] Υψηλάντης, Γ.Π., Επιχειρησιακή Έρευνα – Λήψη Επιχειρηματικών Αποφάσεων, 2η έκδοση, Εκδόσεις Έλλην, 2002.
- [6] Κυριαζόπουλος, Π.Γ. (1999), Διοίκηση Logistics. Β' Έκδοση. Εκδόσεις "Σύγχρονη Εκδοτική" Αθήνα.
- [7]<https://www.ukessays.com/essays/management/approaches-to-inventory-management-and-re-ordering.php>
- [8] <https://bizfluent.com/info-8628296-single-period-inventory-model.html>
- [9]<https://smallbusiness.chron.com/advantages-disadvantages-economic-order-quantity-eoq-35025.html>
- [10] <https://softwareconnect.com/mrp/>
- [11] Louly M.A. and Dolgui A., 2002. Newsboy model for supply planning of assembly systems. International Journal of Production Research,
- [12] Molinder A. 1997. Joint optimisation of lot-sizes, safety stocks and safety lead times in an MRP system. International Journal of Production Research,
- [13] Sidney Browne, P. Z. (1991). Inventory Models With Continuous Stochastic Demands. The Annals of Applied Probability
- [14] Somers, T. M. & Nelson, K. G., 2001. Organizations and ERP Systems: Conceptualizing Fit. Orlando Fl. , Twelfth Annual Conference of the Production and Operations
- [15] Orlicky, J., 1975. Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management. New York: McGraw-Hill.