

Πανεπιστήμιο Πειραιά

**Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης
Μεταπτυχιακό Τμήμα Συστήματα Εφοδιασμού και
Διανομών**

**Ανάπτυξη Μοντέλου Συστήματος Υποστήριξης
Αποφάσεων για Make to Order Παραγωγή**

Επιβλέπων καθηγητής Δ. Εμίρης

Ελευθερία Αραβανή

Στον Παππού μου,

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	4
Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή στις ΜΤΟ εταιρίες παραγωγής	7
1.1. Ορισμός και Χαρακτηριστικά και λειτουργία των ΜΤΟ εταιριών παραγωγής.....	7
1.2. Τα συνήθη προβλήματα των ΜΤΟ εταιριών	8
1.3. Διαχείριση των απαιτήσεων των πελατών σε επίπεδο προσφοράς.....	10
1.4. Προγραμματισμός και έλεγχος για τις ΜΤΟ παραγωγές .	14
1.5. Μάρκετινγκ και πωλήσεις στις ΜΤΟ εταιρίες και ο προγραμματισμός παραγωγής εργασιών.....	15
1.6. Η πιθανότητα ανάληψης της παραγγελίας ανάλογα με το επιπλέον κόστος και τη αλλαγή του χρόνου παράδοσης.....	17
Κεφάλαιο 2ο: Ανάλυση των βασικών παραγόντων λειτουργίας των ΜΤΟ συστημάτων παραγωγής και μελέτη προσεγγίσεων	21
2.1. Εισαγωγή	21
2.2. Περιγραφή του Σχεδιασμού και Προγραμματισμού παραγωγής (Production Planning and Scheduling).....	23
2.3. Διαχείριση της δυναμικότητας.....	27
2.3.1. Προσεγγίσεις για τη Διαχείριση της Δυναμικότητας	29
2.4. Προγραμματισμός Απαιτήσεων Υλικών	33
2.4.1. Τα στοιχεία υλικού - Bill of Material.....	35
2.4.2. Λειτουργία MRP.....	36
2.5. Κύριος προγραμματισμός Παραγωγής (Master Production Planning and Scheduling).....	38
2.5.1. Προσεγγίσεις Προγραμματισμού παραγωγής στα ΜΤΟ συστήματα παραγωγής	41
2.5.2. Υλοποίηση ενός πλάνου παράγωγής.....	45
2.6. Προσέγγιση Προγραμματισμού Παραγωγής μέσω αρχών Προγραμματισμού έργων.....	46
Κεφάλαιο 3ο: Μοντελοποίηση και σχεδιασμός Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS) ΜΤΟ παραγωγής	50
3.1. Εισαγωγή στην αρχιτεκτονική του DSS.....	50

3.2. Η Ανάπτυξη Μοντέλου Συστήματος υποστήριξης Παραγωγής	53
3.2.1. Εισαγωγή δεδομένων και προέλεγχος των εντολών (Data input and pre-screening)	54
3.2.2. Μοντέλο Προγραμματισμού παραγωγής	57
3.3. Λειτουργικότητα του συστήματος.....	67
3.4. Ανανέωση και ενημέρωση του πλάνου παραγωγής	68
3.5. Έξοδος Συστήματος και αναπαράσταση λύσεων	70
3.6. Λειτουργικότητα του διαγράμματος Gantt - GUI	71
3.6.1. Μέθοδοι και αλγόριθμοι.....	75
3.7. Η σύνδεση του συστήματος με άλλα συστήματα	80
Κεφάλαιο 4 ^ο : Συμπεράσματα.....	82
Βιβλιογραφία	85

Εισαγωγή

Μέσα από αυτή την εργασία σκιαγραφείται ο βασικός σκελετός του μοντέλου ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων (Decision Support System - DSS) που αποσκοπεί στην επίλυση των βασικών προβλημάτων της παραγωγής μιας ΜΤΟ εταιρίας. Σε πρώτη φάση αναζητούνται τα προβλήματα που αντιμετωπίζει η παραγωγή Make to Order και οι απαιτήσεις που καλείται να ικανοποιήσει ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων. Η αναζήτηση λύσεων ξεκινά από τη στιγμή που εισέρχεται στην εταιρία παραγωγής μια εντολή προς συζήτηση και εκτέλεση. Από εκείνη τη στιγμή ξεκινά η αμφίδρομη σχέση πελάτη και εταιρίας παραγωγής όπως αυτή συνεχίζεται μεταξύ εταιρίας και συστήματος. Αρχικά, η εντολή του πελάτη μελετάται ως επικείμενη εργασία, ελέγχοντας δυναμικότητα, διαθεσιμότητα πόρων και χρόνο απόκρισης και εκτιμάται το κόστος, το οποίο εν συνεχεία επιστρέφει στον πελάτη με τη μορφή προσφοράς. Εφόσον και τα δύο μέρη συμφωνήσουν, η εντολή περνά στην επόμενη φάση της δρομολόγησης της σε σχέση με τις υπάρχουσες προς εκτέλεση εντολές. Περισσότερες λεπτομέρειες τόσο για τη λειτουργία των Make to Order εταιριών αποδίδονται στο πρώτο κεφάλαιο. Η συνέχεια δίνεται στο δεύτερο κεφάλαιο, όπου αναφέρονται οι προσεγγίσεις επίλυσης των διαφόρων προβλημάτων της παραγωγής. Η εξέταση της προτεραιότητας των εντολών καθώς και η διαχείριση των απαιτήσεων των εισερχόμενων εντολών αποτελεί αντικείμενο πολλών μελετών της βιβλιογραφίας. Εξετάζονται οι διαφορετικές επιλογές του αποφασίζοντα, που σε κάποιες φορές γνώμονας είναι το κόστος, σε άλλες ο χρόνος, ενώ σε άλλες περιπτώσεις, από τη μεριά της εταιρίας παραγωγής, το άνοιγμα

μιας νέας αγοράς, η δημιουργία ενός μοναδικού προϊόντος και η ευκαιρία για ανάπτυξη.

Στο τρίτο κεφάλαιο ουσιαστικά γίνεται ο σχεδιασμός του ικανού μοντέλου που μπορεί να υποστηρίξει την επίλυση όλων των βασικών προβλημάτων παραγωγής. Οι κύριες άξονες λειτουργίας του προτεινόμενου συστήματος είναι η ακριβής εισαγωγή δεδομένων, η ακριβής απόδοση των προτεινόμενων λύσεων και η ικανοποιητική αλληλεπίδραση με το χρήστη. Επίσης, απαραίτητο στοιχείο του συστήματος είναι η ευκολία στη χρήση του συστήματος ενώ σημαντικός παράγοντας είναι η εύκολη ενοποίηση του με άλλα συστήματα της εταιρίας και η επέκτασή του ανάλογα με τις ανάγκες της εταιρίας παραγωγής.

Τα εργαλεία που περιγράφονται στη λειτουργία του συστήματος είναι, η αξιολόγηση των εισαγόμενων εντολών - παραγγελιών και πρόταση του συστήματος για αποδοχής ή απόρριψη, ενώ η συνέχεια περιέχει την τακτοποίηση της εντολής στο νέο πρόγραμμα παραγωγής. Το νέο πρόγραμμα αντισταθμίζει πόρους και φορτώσεις για την εξαγωγή ενός νέου πλάνου εκτέλεσης όλων των εντολών.

Στα βασικά εργαλεία του συστήματος ανήκουν:

- Προέλεγχος της εισερχόμενης εντολής με στοιχεία απαίτησης από τον πελάτη
 - Είσοδος της εντολής στο πλάνο παραγωγής με
 - έλεγχο διαθεσιμότητας,
 - έλεγχο δυναμικότητας των πόρων και ικανοποίησης του χρόνου παράδοσης,
- ώστε αν ναι είναι εφικτό το πλάνο,
- το πρόγραμμα παραγωγής ανανεώνεται, ελέγχεται και
 - γίνεται νέα ανάθεση των εργασιών στους σταθμούς εργασίας με πιθανή διαφορετική σειρά εκτέλεσης των εντολών.

Όλα τα στάδια του προγραμματισμού παραγωγής και των αντίστοιχων αποτελεσμάτων από τις αλλαγές που κάνει ο χρήστης γίνεται με ένα διάγραμμα εργασιών Gantt, που είναι

από η βασική εικόνα αλληλεπίδρασης χρήστη - συστήματος (GUI), ενώ το σύστημα υποστηρίζει παράπλευρη ενημέρωση για όποια αλλαγή επιλέξει να κάνει ο χρήστης. Επίσης, το σύστημα έχει εργαλεία που επιτρέπουν τη σύγκριση σεναρίων προγραμματισμού παραγωγής.

Επίσης όπως αναφέρεται η ανάπτυξη μηχανισμών διαχείρισης των εντολών γίνεται βάσει των αρχών προγραμματισμού έργων. Γεγονός που ήδη αποτελεί κατευθυντήριο γραμμή στο σχεδιασμό συστημάτων υποστήριξης ΜΤΟ συστημάτων παραγωγής. αυτό γίνεται αντιληπτό καθώς η διαχείριση των εντολών και η σειρά εκτέλεσης τους, αναλαμβάνεται ως έργο καθώς περιέχουν κατανομή πόρων και χρονικό περιορισμό εκτέλεσης.

Κεφάλαιο 1°

Εισαγωγή στις MTO εταιρίες παραγωγής

1.1. Ορισμός και Χαρακτηριστικά και λειτουργία των MTO εταιριών παραγωγής

Οι Make to Order εταιρίες ανήκουν στις επιχειρήσεις που η παροχή προϊόντων έρχεται μετά από εντολή ενός πελάτη. Αυτού του είδους οι εταιρίες μπορούν να κατασκευάζουν μοναδικά προϊόντα ή και κάποια περιορισμένη γκάμα προϊόντων βάσει των προδιαγραφών του πελάτη. Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο το σχεδιασμό και περιγραφή ενός συστήματος που υποστηρίζει παραγωγή εταιριών Make To Order.

Γενικά, η παραγωγικές εταιρίες χωρίζονται σε δύο τύπους, **Make to Stock (MTS)** δηλαδή παραγωγή προσανατολισμένη στο απόθεμα και **Make to Order (MTO)**, δηλαδή παραγωγή βάσει της παραγγελίας του πελάτη. Μια από τις διαφορές μεταξύ των δύο τύπων είναι ο χρόνος ανάληψης της παραγγελίας του πελάτη. Στη περίπτωση του MTS τύπου όλη η διαδικασία της παραγωγής έχει ολοκληρωθεί όταν παραλαμβάνεται η παραγγελία και οι απαιτήσεις του πελάτη καλύπτονται από το απόθεμα. Στην περίπτωση του MTO τύπου παραγωγής, το μεγαλύτερο μέρος της διαδικασίας παραγωγής λαμβάνει χώρα μετά την ανάληψη της παραγγελίας του πελάτη. Έτσι στην περίπτωση του **Make to Order (MTO)** τύπου υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία στην παραμετροποίηση των προϊόντων ώστε να ικανοποιούν τις ξεχωριστές απαιτήσεις των πελατών. Υπάρχουν όμως και οι εταιρίες που λειτουργούν βάσει σχεδιασμού οι λεγόμενες **Engineer To Order (ETO)** όπου η

παραγγελία του πελάτη λαμβάνεται και έπειτα ξεκινά το στάδιο του σχεδιασμού όπου ο πελάτης τυπικά περιγράφει τις λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά που θέλει να έχει το προϊόν. Η ΕΤΟ εταιρία πρέπει να δημιουργήσει και να προτείνει ένα σχέδιο που να συναντά τις προδιαγραφές που έχει δώσει ο πελάτης. Η παραγγελία μπορεί να αφορά μόνο το σχεδιασμό του προϊόντος ή και την κατασκευή του. Τέτοιες εταιρίες κάνουν μόνο ένα είδος για μια φορά προϊόντα.

Πολλές φορές γίνεται συνδυασμός προφίλ εταιριών ΜΤΟ και ΕΤΟ, καθώς οι απαιτήσεις του πελάτη μπορούν να μπουν σε παραγωγή σε για ικανοποιητικό αριθμό ποσότητας ώστε να δικαιολογεί το σχεδιασμό του από άποψη κόστους. Ενώ δεν είναι λίγες οι φορές που ένα καινοτόμο προϊόν αναλαμβάνεται από ΜΤΟ εταιρίες για συγκριμένους πελάτες.

1.2. Τα συνήθη προβλήματα των ΜΤΟ εταιριών

Το κύριο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι ΜΤΟ εταιρίες είναι η σωστή διαχείριση των απαιτήσεων των πελατών. Η έλλειψη συντονισμού μεταξύ των πωλήσεων και την παραγωγής στη φάση εξέτασης της εντολής του πελάτη συχνά οδηγεί σε επιβεβαιωμένες παραγγελίες που παραδίδονται αργότερα από τη την συμφωνηθείσα ημερομηνία ή και σε ελλιπής παραγωγή. Η διαχείριση μιας απαίτησης είναι μια πολυεπίπεδη διαδικασία απόφασης.

Σε πρώτο επίπεδο έρχεται η προετοιμασία μιας προσφοράς για την ανάληψη της εργασίας. Η ΜΤΟ εταιρία έχει την επιλογή να προσβάλλει μεγάλη προσπάθεια στην προετοιμασία μιας ανταγωνιστικής προσφοράς ή να κάνει μια γρήγορη εκτίμηση με υψηλό και ασφαλές περιθώριο κέρδους με την αποδοχή λαθών και απροσδόκητων προβλημάτων αναμένοντας και αργότερη διαπραγμάτευση με τον πελάτη. Επίσης, σε αυτό το επίπεδο μελετάται η μέγιστη πιθανότερη εκτίμηση κόστους που θα

προκύψει, ενώ επίσης πρέπει να εκτιμηθεί και η δυνατότητα παραγωγής της παραγγελίας με το τρέχον φόρτο εργασίας στις διαφορετικές ημερομηνίες παράδοσης με όποιο κόστος συνεπάγεται αυτό.

Τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά των εταιριών παραγωγής ΜΤΟ, όπως περιγράφονται από Kingsman (1996) είναι:

(a) Κάθε παραγγελία τυπικά απαιτεί διαφορετικά ποσά εργασίας στους σταθμούς εργασίας της εταιρίας, τη χρησιμοποίηση ποικίλων ή και σε διαφορετική σειρά των σταθμών εργασιών. Πολλές φορές η μέθοδος παραγωγής που πρέπει να χρησιμοποιηθεί είναι η παραγωγή σε παρτίδες, με αποθέματα σε επεξεργασία μεταξύ των σταθμών εργασίας ενώ η δημιουργία προβλέψεων των φορτώσεων στους διάφορους σταθμούς είναι δύσκολη.

(ii) Οι εταιρίες εμπλέκονται στον ανταγωνισμό απόκτησης παραγγελιών. Όταν ένα πελάτης εξετάζει την παραγωγή ενός προϊόντος σίγουρα θα προσεγγίσει την ίδια στιγμή και άλλους προμηθευτές και θα συγκρίνει τις προσφορές πριν επιλέξει την εταιρία όπου θα τοποθετήσει την παραγγελία του. Η επιτυχία στη πρόκληση αυτών των εταιριών έρχεται όταν η προσφορά ανταποκρίνεται στην απαίτηση του πελάτη σε ρεαλιστικό χρόνο παράδοσης - *delivery date* (DD) και τιμή.

Αυτοί είναι βασικοί παράγοντες για να αποκτηθεί η παραγγελία παρόλο που υπάρχουν άλλες απόψεις όπως η φήμη της εταιρίας για τις τεχνολογικές ικανότητες και η ποιότητα, το οικονομικό πακέτο κ.α. μπορούν να είναι εξίσου σημαντικά. Η υπόσχεση για παράδοση εντός δύο εβδομάδων αλλά στην πραγματικότητα να λαμβάνουν χώρα 10 εβδομάδες, πολύ σύντομα θα γίνει γνωστό και θα οδηγήσει τους πελάτες να απευθυνθούν αλλού. Αν πάντα υπολογίζονται εξευτελιστικά χαμηλές τιμές θα οδηγήσει την εταιρία σε χρεοκοπία. Είναι απαραίτητο στην προσφορά μαζί με την ημερομηνία παράδοσης (DD) και τη τιμή να συνυπολογίζονται τόσο τα σχετικά προβλήματα του προγραμματισμού παραγωγής όσο και οι σχετική πιθανότητα

απόκτησης της παραγγελίας. Έτσι, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι άμεσοι στόχοι της παραγωγής που θέλουν ομαλότερη λειτουργία και οι στόχοι του marketing και των πωλήσεων που επιθυμούν ανταγωνιστικά προϊόντα από τη μια και υψηλές πωλήσεις από την άλλη.

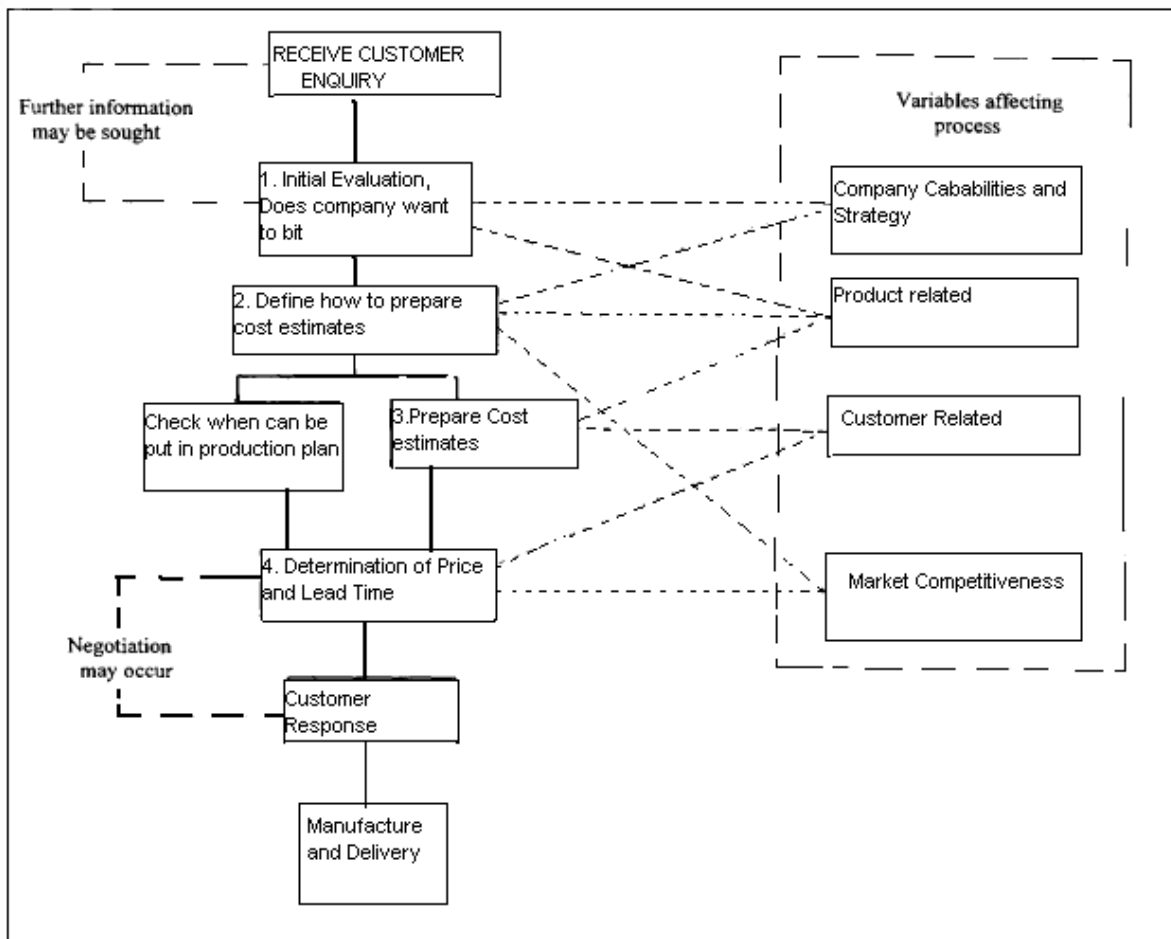
Κάθε τομέας της βιομηχανίας έχει εμπειρία σε διαφορετικά προβλήματα λήψης αποφάσεων σχετικά πάντα με τους τύπους των πελατών που εξυπηρετούν, τις ανάγκες των πελατών και το ανταγωνιστικό περιβάλλον στο οποίο λειτουργούν. Έτσι, απαιτούνται διαφορετικά συστήματα ελέγχου για παραγωγή και marketing όπως για και κάθε τμήμα. Ειδικότερα όμως, το πώς μια ΜΤΟ εταιρία διαχειρίζεται και ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του πελάτη, είναι πιο σημαντική εργασία, μια και αυτό καθορίζει πόση δουλειά θα έχει και την κερδοφόρα επιβίωση της.

1.3. Διαχείριση των απαιτήσεων των πελατών σε επίπεδο προσφοράς

Παρόλο που οι απαιτήσεις – παραγγελίες των πελατών μπορεί να προκύπτουν με διάφορους τρόπους, οι διαχείριση τους είναι μια διαδικασία τεσσάρων βημάτων Kingsman (1996) όπως περιγράφονται και στο Σχέδιο 1.1.

Το πρώτο βήμα είναι μια αρχική αξιολόγηση για να καθοριστεί εάν η εταιρία επιθυμεί να κάνει προσφορά για την εργασία. Το ερώτημα είναι αν είναι ικανή η εταιρία και αν θέλει να κάνει την εργασία που ζητείται. Αρχικά ερευνάται, αν πρόκειται για ένα προϊόν το οποίο έχει παραχθεί στο παρελθόν ή παρόμοιο τότε η απόφαση είναι προφανής. Αν πρόκειται για ένα νέο προϊόν, τότε η εταιρία πρέπει να ελέγξει αν έχει τις ικανότητες και τις υπηρεσίες να το δημιουργήσει ή μπορεί να προσλάβει υπηρεσίες ή να συνεργαστεί εξωτερικά για κάποια κομμάτια της εργασίας που απαιτείται. Σε κάποιες περιπτώσεις ο πελάτης μπορεί να ζητήσει μια συγκεκριμένη ημερομηνία

παράδοσης ή και ένα όριο στην τιμή, οπότε αυτά πρέπει να συνυπολογιστούν όσο και αν υπάρχει η ικανότητα για την πραγματοποίηση της εργασίας που ζητείται. Ένας πρόχειρος έλεγχος που γίνεται συχνά είναι πάνω στην πιθανή κερδοφορία από την πραγματοποίηση της εργασίας. Αν η εταιρία είναι φορτωμένη τη τρέχουσα περίοδο και ο πελάτης απαιτεί μια γρήγορη παράδοση, μπορεί να αποφασίσει να μη δώσει προσφορά ή να δώσει για την πραγματοποίηση μέρους αυτής.



Σχέδιο 1.1: Αξιολόγηση της εργασίας [*πηγή σχεδίου:[1]]

Επίσης, συχνά συνυπολογίζονται στρατηγικά θέματα, όπως η εισχώρηση της εταιρίας σε μια νέα αγορά, οπότε η προθυμία προς την ανάληψη αυτής της εργασίας, είναι η ευκαιρία

ανάπτυξης νέων ικανοτήτων για την εταιρία, ή η ανάγκη να κρατηθεί ένα πελάτης ικανοποιημένος, ακόμη και αν ο τύπος του προϊόντος που ζητήθηκε διαφέρει από το συνηθισμένο τύπο παραγγελίας.

Τα αποτελέσματα από αυτό το στάδιο (tendering phase) είναι:

- απόφαση για την προετοιμασία μιας προσφοράς
- απόφαση να μην δοθεί προσφορά
- να αντλήσει περισσότερες λεπτομέρειες για την εργασία.

Σε επόμενη φάση είναι πως θα πραγματοποιηθεί η εκτίμηση του κόστους. Αυτό σημαίνει να αποσαφηνιστεί πόσος χρόνος πρέπει να αφιερωθεί στη διαδικασία αυτής της εκτίμησης. Τις περισσότερες φορές η εταιρία πρέπει να ανταποκριθεί στην απαίτηση του πελάτη σε περιορισμένο χρόνο. Η γενική εικόνα που εκφράζεται από τις εταιρίες είναι ότι, αυτός ο περιορισμένος χρόνος προσθέτοντας τα κόστη της προσέγγισης και έχοντας να δώσει προσφορά για πολλές εργασίες από αυτές που θα αναληφθούν, σημαίνει ότι σπάνια μπορεί να περιγραφεί λεπτομερώς η προδιαγραφή και να υπολογιστούν επακριβώς όλα τα εξαρτήματα για όλες τις εργασίες. Θεωρητικά, το στάδιο εκτίμησης του κόστους θα πρέπει να είναι ανεξάρτητο από το στάδιο της τιμολόγησης.

Παρόλα αυτά, εξαιτίας πρακτικών περιορισμών, αυτό όπως περιγράφεται δεν είναι δυνατό. Έτσι, η πιθανότητα να αναλάβει η εταιρία την εργασία, η τρέχουσα κατάσταση ανταγωνισμού, η σχέση της εταιρίας με τον πελάτη, ή η δυνατότητα αναθεώρησης των λεπτομερειών της εργασίας, όλα παίζουν ένα ρόλο στη διαμόρφωση της απόφασης στο παρόν στάδιο.

Το τρίτο στάδιο είναι η διαδικασία προετοιμασίας των αναμενόμενων ποσών κόστους. Αυτό περιλαμβάνει τις προδιαγραφές και τη διαμόρφωση της εργασίας επακριβώς, τι υλικά να χρησιμοποιηθούν και ποιες διαδικασίες θα απαιτηθούν σε ποια σειρά και σε ποιες ποσότητες (Rough Cut Planning). Η εργασία μπορεί να απαιτεί μηχανολογικό και ηλεκτρικό

σχεδιασμό, μηχανές, σχεδιασμό και συναρμολόγηση, ανάπτυξη και εγκατάσταση λογισμικού στο χώρο του πελάτη. Η γενική προσέγγιση που ακολουθείται από τις ΜΤΟ εταιρίες είναι να βασίζονται τα κόστη στις εκτιμώμενες ώρες εργασίας, ικανότητα που απαιτείται και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν.

Το τελικό στάδιο είναι η τιμολόγηση και η προθεσμία εκτέλεσης και παράδοσης της εργασίας στην προσφορά. Εδώ η ερώτηση που τίθεται είναι τι περιθώριο κέρδους προστίθεται στον υπολογισμό του κόστους. Αν η παραμετροποίηση και η εκτίμηση κόστους δοθούν σε λογικό χρόνο και με προσοχή, τότε το περιθώριο κέρδους μπορεί ελάχιστα να αυξήσει την πιθανότητα της ανάληψης της εργασίας. Για σημαντικά μεγάλα έργα αυτό το στάδιο το αναλαμβάνει επιτροπή που απαρτίζεται από όλα τα τμήματα της εταιρίας, πωλήσεις, παραγωγή, τεχνικά τμήμα κ.α. αυτή η επιτροπή μπορεί να καθορίσει τι τιμή και χρόνο παράδοσης να δοθεί στον πελάτη ή να αποφασίσει να αναζητήσει περισσότερες πληροφορίες για το πελάτη ή τις συνθήκες της αγοράς ή να ζητήσει την επαναπροσέγγιση κάποιων κομματιών σε περισσότερη λεπτομέρεια.

Η πρόταση λοιπόν θα τεθεί στον πελάτη, ο οποίος μπορεί να τη δεχτεί, να την απορρίψει ή να ζητήσει επαναδιαπραγμάτευση. Οι επαναδιαπραγματεύσεις μπορεί να αφορούν το χαμήλωμα της τιμής ή την από κοινού αναζήτηση νέων τρόπων μείωσης του κόστους. Μια άλλη περίπτωση που συναντάται είναι ο πελάτης να ζητά νέα τιμή για συγκεκριμένη ημερομηνία παράδοσης από την ΜΤΟ εταιρία.

Έτσι, προκύπτει η ανάγκη υποστήριξης απόφασης από ένα σύστημα που να μπορεί να αποδώσει ένα πρώτο έλεγχο της πιθανώς εισερχόμενης εντολής για παραγωγή. Η υποστήριξη του χρήστη κρίνεται απαραίτητη τόσο για την εκτίμηση της παραγγελίας σε όλο το εύρος της αλλά και στην εκτίμηση του κόστους μια και αυτό είναι που απαιτεί μεγάλο συνδυασμό δεδομένων και εκτιμήσεων μέσα από σενάρια που θα αναπτύξει το ίδιο το σύστημα.

1.4. Προγραμματισμός και έλεγχος για τις MTO παραγωγές

Στο περιβάλλον των MTO εταιριών, η ημερομηνία παράδοσης είναι σημαντική από δύο απόψεις. Αρχικά, γιατί έτσι υπάρχει η δυνατότητα να προσφέρει ανταγωνιστικούς χρόνους παράδοσης του προϊόντος και δεύτερον, δίνοντας ανταγωνιστικού χρόνους είναι ουσιώδες να βεβαιωθεί ότι οι υποσχόμενες ημερομηνίες παράδοσης θα κρατηθούν. Πολλές εταιρίες ανακάλυψαν ότι η αποτυχία στο να κρατήσουν τις υποσχόμενες ημερομηνίες παράδοσης είχε ως αποτέλεσμα το χάσιμο κέρδους και μεριδίου αγοράς.

Ο χρόνος παράδοσης της παραγωγής για μια παραγγελία (Manufacturing Lead Time - MLT) για μια MTO παραγωγική εταιρία είναι ο χρόνος μεταξύ της άφιξης των υλικών που απαιτούνται και του χρόνου επεξεργασίας για την ολοκλήρωσή της. Ο συνολικός χρόνος παράδοσης (Delivery Lead Time - DLT) για μια παραγγελία είναι ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που ανατίθεται μια παραγγελία μέχρι τη στιγμή που ολοκληρώνεται. Αυτός ο χρόνος είναι ο MLT συν το χρόνο στον οποίο ο πελάτης επιβεβαιώνει την παραγγελία συν το χρόνο που απαιτούν τα υλικά για να αφιχθούν. Οι δυο τελευταίοι χρόνοι δεν περιλαμβάνονται στους χρόνους του άμεσου ελέγχου της παραγωγής και οι δυο αυτοί χρόνοι πρέπει να ελέγχονται εάν η εταιρία θέλει να έχει μια καλή εικόνα για την αξιοπιστία της.

Όταν μια εταιρία ακολουθεί πολιτική FIFO (First In -First Out) δηλαδή, όποια παραγγελία παραλαμβάνεται πρώτη, επεξεργάζεται και πρώτη, μέσα από τις διάφορες μηχανές της MTO εταιρίας, τότε ο χρόνος παραγωγής (MLT) για μια νέα παραγγελία, είναι ο χρόνος επεξεργασίας όλων των άλλων εργασιών που βρίσκονται σε αναμονή στην εταιρία. Έτσι ο έλεγχος των εν αναμονή εργασιών όλες τις στιγμές είναι ένα αναγκαίο κομμάτι για την επίτευξη αξιοπιστίας στη διατήρηση του χρόνου παράδοσης. Αντίστοιχα, όμως όπως ελέγχονται οι

εισερχόμενες εργασίες, έτσι πρέπει να ελέγχεται και η δυναμικότητα του συστήματος. Εάν αυξάνεται το ποσό της εργασίας που εισάγεται τότε ο χρόνος παραγωγής (MLT) θα πρέπει να αυξάνεται, ή εναλλακτικά η δυναμικότητα ως προς τον αριθμό των εργασιών που επεξεργάζονται την ημέρα θα πρέπει να μεγαλώνει, όπως για παράδειγμα με τη χρήση υπερωριών ή ανάθεση λειτουργιών εξωτερικά. Είτε με τη μια είτε με την άλλη εναλλακτική το κόστος παραγωγής μιας νέας παραγγελίας αυξάνεται.

Είναι ξεκάθαρό ότι παρόμοια προβλήματα προγραμματισμού παραγωγής ποικίλουν για τις MTO εταιρίες σε σχέση με τις MTS εταιρίες. Ενώ δεν είναι δυνατό να προσαρμοστεί ένα σύστημα σχεδιασμένο για MTS στις ανάγκες του MTO, αντίθετα θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα νέο.

1.5. Μάρκετινγκ και πωλήσεις στις MTO εταιρίες και ο προγραμματισμός παραγωγής εργασιών

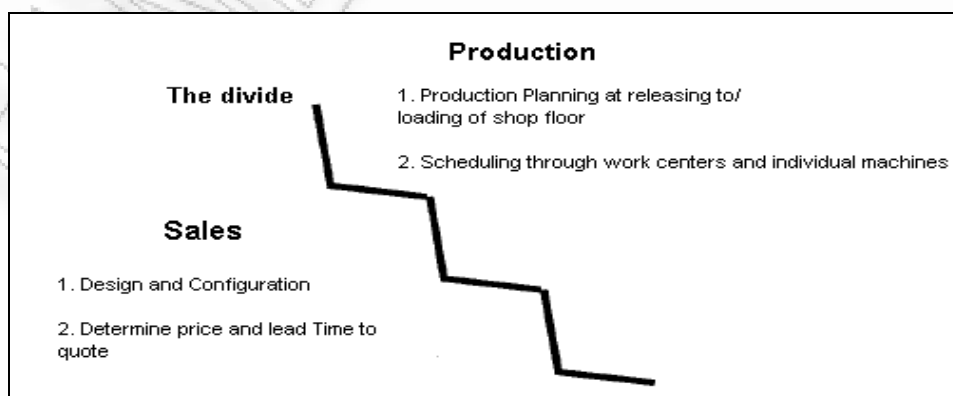
Ένα σύνηθες πρόβλημα είναι ότι το Μάρκετινγκ, οι πωλήσεις και η παραγωγή έχουν διαφορετικούς στόχους. Οι πωλήσεις τείνουν να ηγούνται του αριθμού των παραγγελιών που κερδίζουν για λογαριασμό της εταιρίας, ενώ το μέτρο απόδοσης που χρησιμοποιείται είναι κυρίως ο αριθμός των παραγγελιών παρά το πιθανό συνολικό κέρδος. Οι πωλήσεις θέλουν μια γρήγορη ανταπόκριση για να αλλάζουν την ζήτηση της αγοράς. Με το στόχο να κερδίζεται η κάθε παραγγελία, υπάρχει σοβαρή πιθανότητα υποχώρησης της εταιρίας ως προς τη είτε με μείωση της τιμής ή του χρόνου παράδοσης. Η παραγωγή προτιμά ένα σχετικά ομαλό φόρτο είτε με χρήση υπερωριών με σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους του προϊόντος και των υπέρογκων δαπανών εξαιτίας αποθέματος και άλλων.

Οι απότομες αλλαγές στο πρόγραμμα παραγωγής προκαλεί αύξηση του κόστους μέσα από υπερωρίες και πιθανόν επιπλέον εξόδων για την επίτευξη άμεσων παραδόσεων των υλικών από τους

εξωτερικούς προμηθευτές. Η παραγωγή επιθυμεί να έχει μεγάλο αριθμό παραγγελιών σε αναμονή το οποίο μεταφράζεται σε μεγάλους χρόνους παράδοσης. Αυτό γίνεται επειδή είναι πιο εύκολη η ομαδοποίηση των παραγγελιών με σκοπό να γίνεται αποτελεσματικότερη η χρήση της δυναμικότητας της κάθε μηχανής και να επιτυγχάνεται υψηλό ποσοστό χρήση της δυναμικότητας σε όλους τους χρόνους. Πολλές φορές ακούγεται από την παραγωγή η αδυναμία του ότι δεν είναι δυνατό να παραχθεί αυτή η παραγγελία στο χρόνο που οι πωλήσεις υποσχέθηκαν και στην τιμή που έχουν δεσμευθεί. Την ίδια στιγμή, από τη μεριά των πωλήσεων έρχεται η απαίτηση προς τη παραγωγή να παράγει την παραγγελία στο συμφωνηθέντα χρόνο και τιμή.

Ο τομέας της παραγωγής αντιμετωπίζει πρόβλημα στη συνεχή μεταβολή του λεπτομερούς πλάνου παραγωγής λόγω των συνεχών αλλαγών των προτεραιοτήτων που έρχονται από τη μεριά των πωλήσεων ή επειδή συμφωνούνται ανέφικτοι χρόνοι παράδοσης.

Αυτές οι διαφορές προκύπτουν επειδή σε πολλές εταιρίες, λόγω των συγκρουόμενων απόψεων και σκοπών υπάρχει μεγάλη απόσταση μεταξύ των πωλήσεων και της παραγωγής, έτσι ώστε κάθε τομέας λειτουργεί ανεξάρτητα. Συνήθως οι λειτουργίες οργανώνονται όπως φαίνεται στο σχέδιο 1.2. Στο στάδιο που λαμβάνονται τα αιτήματα από τους πελάτες συνήθως καθορίζονται ο σχεδιασμός και οι προδιαγραφές ανοιχτά, με σκοπό τον υπολογισμό του κόστους της παραγγελίας.



Σχέδιο 1.2. Διαφορά μεταξύ Πωλήσεων και Παραγωγής [*πηγή γραφήματος [7]]

Συχνά υπάρχει ένας σημαντικό αριθμός επιπλέον λεπτομερειών στο αρχικό σχεδιασμό που πρέπει να γίνει αφότου επικυρωθεί η παραγγελία από τη ΜΤΟ εταιρία. Από τη πλευρά της παραγωγής θα ήταν προτιμότερο να διατηρείται η συνεχής ροή με ένα ευέλικτο κόστος που δεν επηρεάζει την υπάρχουσα ροή παραγγελιών. Όμως, μια οποιαδήποτε εταιρία παραγωγής δε μπορεί παρά να αναζητά την ευελιξία όταν εισέρχεται μια νέα εντολή, χωρίς να αναζητά απλά τα κενά της υπάρχουσας παραγωγής και την εκτίμηση του κόστους προς αυτή τη παραγγελία με τον απολογισμό του επιπλέον κόστους που θα προκύψει και τις καθυστερήσεις που θα υπάρξουν. Η τιμή υπολογίζεται, λαμβάνοντας υπόψη τόσο την ημερομηνία παράδοσης όσο και το τι θα τι αντιπαραθέσουν οι ανταγωνίστριες ΜΤΟ εταιρίες.

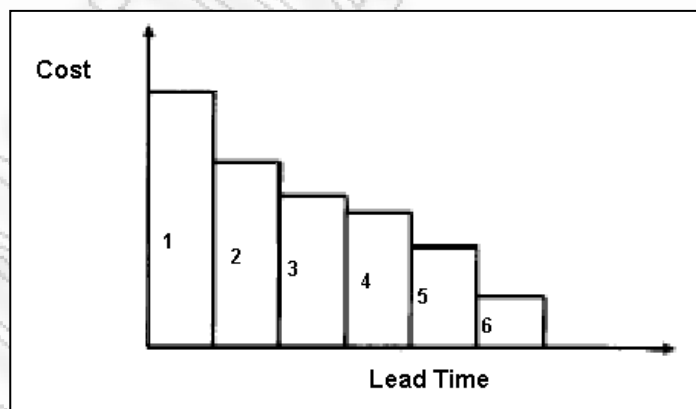
Παράλληλα θα πρέπει να εκτιμάται η όποια αμφιβολία για το αν οι πωλήσεις έχουν επαρκή γνώση και το πώς προκύπτει η τιμή στην παραγγελία ώστε να δίνουν την καλύτερη επιστροφή κέρδους στην εταιρία. Γενικά, το κίνητρο των πωλήσεων είναι η αποδοχή όσο περισσότερων παραγγελιών. Έτσι, συχνά υπάρχει πίεση για την ελάττωση των τιμών και των χρόνων παράδοσης. Βέβαια ο βασικός στόχος είναι να διατηρείται γεμάτη η λίστα των αναλαμβανόμενων παραγγελιών.

1.6. Η πιθανότητα ανάληψης της παραγγελίας ανάλογα με το επιπλέον κόστος και τη αλλαγή του χρόνου παράδοσης (strike rate matrix)

Ο κύριος στόχος σε αυτή τη παράγραφο είναι ο υπολογισμός των πιθανοτήτων ανάληψης μιας παραγγελίας μέσω προσφοράς με διαφοροποίηση τόσο της τιμής όσο και της ημερομηνίας παράδοσης σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Για την εκτίμηση και εξαγωγή μιας πρώτης προσφοράς η εταιρία στοχεύει αρχικά στην μεγιστοποίηση του ποσοστού κέρδους ή την γρηγορότερη

επιστροφή της επένδυσης ή των υπολογισμό άλλων παρόμοιων δεικτών ώστε να υπολογίσει την πιθανότητα ανάληψης της εργασίας. Οι όποιες πιθανότητες καθορίζονται από τις απαιτήσεις της εταιρίας λαμβάνοντας υπόψη τις προσφορές άλλων ανταγωνιστριών εταιριών, οι οποίες προσφορές εξαρτώνται από τις πολιτικές των άλλων εταιριών. Συνεπώς η εταιρία πρέπει να προσπαθήσει να αξιολογήσει τις πολιτικές των άλλων εταιριών ποσοτικά και να προσελκύσει μέσω των προσφορών εκείνες τις εργασίες που είναι πιο ενδιαφέρουσες για την εταιρία και λιγότερο για τους ανταγωνιστές της.

Για τις περισσότερες, πιθανώς, αγορές στις οποίες δραστηριοποιούνται οι MTO εταιρίες οι πελάτες δεν επιβραβεύουν συμβόλαια που αποκλειστικά δίνουν χαμηλή τιμή, καθώς άλλοι παράγοντες κάνουν την προσφορά μη ενδιαφέρουσα, όπως είναι οι μεγάλοι χρόνοι παράδοσης. Μια απλή ανάλυση ενός πίνακα εκτίμησης της προσφοράς (strike rate matrix) δίνει την πιθανότητα ανάληψης της εργασίας ως μια αύξηση του κόστους (mark up) στην παραγωγή της παραγγελίας σε σχέση με την παράγωγή της παραγγελίας υπό κανονικές συνθήκες και με το σχετιζόμενο χρόνο παράδοσης, Kingsman (1993).



Σχέδιο 1.3. Απόδοση Κόστους σε σχέση με την ημερομηνία παράδοσης

[*πηγή γραφήματος[7]]

Αυτός ο πίνακας θα ήταν κατάλληλος για την MTO εταιρία η οποία ανταγωνίζεται ένα μεγάλο αριθμό εταιριών με συγκρίσιμες

παραγωγικές διαδικασίες όπου η ταυτότητα της νικήτριας δεν είναι γνωστή. Γενικά, κάποιος θα περίμενε το κόστος να είναι χονδρικά το ίδιο για τις περισσότερες ανταγωνίστριες εταιρίες παραγωγής. Όμως, το κόστος παραγωγής μιας παραγγελίας υπό κανονικές συνθήκες εξαρτάται από το μέγεθος της παραγγελίας. Έτσι, λαμβάνοντας το αναλογικό επιπλέον (mark up) κόστος υπό κανονικές συνθήκες ενδιαφέροντος για την εταιρία, κανονικοποιεί έτσι όλες τις παραγγελίες.

Η διαδικασία για την αντιμετώπιση των απαιτήσεων των πελατών με την προϋπόθεση να προσελκύεται επαρκής φόρτος επικερδούς εργασίας στην υψηλά ανταγωνιστική αγορά είναι ένα βασικό πρόβλημα για τις MTO εταιρίες παραγωγής. Ενώ η διαδικασία διαχείρισης των εργασιών είναι ένα σύνθετο πρόβλημα. Είναι γνωστό ότι υπάρχει αρκετές διαθέσιμες πληροφορίες και ότι πολλές από αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να αποφευχθούν πολλά από τα προβλήματα είτε αφορούν την παραγωγή της παραγγελίας ή την παράδοση της. Ενώ επίσης σε αυτές περιλαμβάνεται και η απώλεια μιας εργασίας λόγω της κακής πρόβλεψης των υπερφορτώσεων του εργοστασίου ή λόγω αργότερης παράδοσης από τη την συμφωνηθείσα με αποτέλεσμα να επηρεάζονται οι μελλοντικές εργασίες από τον συγκεκριμένο πελάτη.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η χρήση ενός συστήματος υποστήριξης απόφασης μπορεί να βοηθήσει τις MTO εταιρίες να επιτύχουν καλύτερο προγραμματισμό σε επίπεδο απόδοσης προσφορών, έλεγχο και ενδυνάμωση των διαδικασιών τους για πιο κερδοφόρες επιχειρήσεις.

Η λειτουργία μιας εταιρίας MTO, πέρα από τη απόδοση της προσφοράς, έχει αντίστοιχη λειτουργία και δυσκολία στον παραγραμματισμό της παραγωγής. Στα επόμενα κεφάλαια αναπτύσσονται περισσότερο η λειτουργίες που έπονται της ανάληψης μιας εργασίας και πως εισέρχεται αυτή στο υπάρχον πλάνο παραγωγής. Βασικά ερωτήματα του τι πρόκειται να

παραχθεί, πότε και πως αναζητούνται μέσα από την ανάπτυξη των διαδικασιών υποστήριξης ενός συστήματος.

Στο επόμενο κεφάλαιο, αναλύονται οι μεθοδολογίες που αποδίδουν λύσεις στο πρόβλημα διαχείρισης των εργασιών τόσο κατά την εισαγωγή τους στην παραγωγή, όσο και στη διαχείριση των λειτουργιών της παραγωγής με την θεμελίωση κανόνων προτεραιοτήτων εργασιών και λειτουργιών.

Στο κεφάλαιο αυτό γνωστοποιείτε το γενικό φάσμα των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι ΜΤΟ εταιρίες, ενώ είναι εμφανής η ανάγκη υποστήριξης αποφάσεων μέσα από ένα σύστημα. Βασικό χαρακτηριστικό όπως προκύπτει συμπερασματικά είναι η διαχείριση των βάσεων δεδομένων και ενοποίηση του με τα άλλα συστήματα της εταιρίας για την ακριβέστερη πρόβλεψη διαδικασιών και κόστους.

Κεφάλαιο 2°

Ανάλυση των βασικών παραγόντων λειτουργίας των ΜΤΟ συστημάτων παραγωγής και μελέτη προσεγγίσεων

2.1. Εισαγωγή

Αν θέλαμε να σκιαγραφήσουμε το περιβάλλον των Make to Order εταιριών συνοπτικά θα λέγαμε ότι είναι οι εταιρίες που δίνουν μερικά τυπικά προϊόντα, οι πόροι τους αφορούν πολλαπλής χρησιμότητας μηχανές και ευέλικτο δυναμικό, η ζήτηση του προϊόντος είναι ασταθής και σπάνια μπορεί να προβλεφθεί. Επίσης, ο προγραμματισμός της δυναμικότητας βασίζεται στην αναλαμβανόμενη παραγγελία του πελάτη και δεν μπορεί να προγραμματιστεί εκ των προτέρων, οι χρόνοι παράδοσης του προϊόντος συνήθως είναι κρίσιμοι για την ικανοποίηση του πελάτη για αυτό και βρίσκονται στη συμφωνία με τον πελάτη και όσον αφορά την τιμή, σίγουρα συμφωνείται με τον πελάτη πριν την έναρξη της οποιας εργασίας.

Όπως γίνεται αντιληπτό τα βασικά κομμάτια που εστιάζουν οι εταιρίες παραγωγής ΜΤΟ είναι η ικανοποίηση του πελάτη τόσο με την παράδοση του σωστού προϊόντος όσο και με την παράδοση στο σωστό χρόνο. Ο στόχος αυτός που προέρχεται από το τμήμα των πωλήσεων ή του μάρκετινγκ δεν λαμβάνει υπόψη του το κομμάτι της καθαρής παραγωγής, για αυτό και τις περισσότερες φορές ανακύπτει πρόβλημα στην συγκράτηση του προκαθορισμένου χρόνου παράδοσης. Έτσι, η λύση προκύπτει με την τοποθέτηση υπερωριών

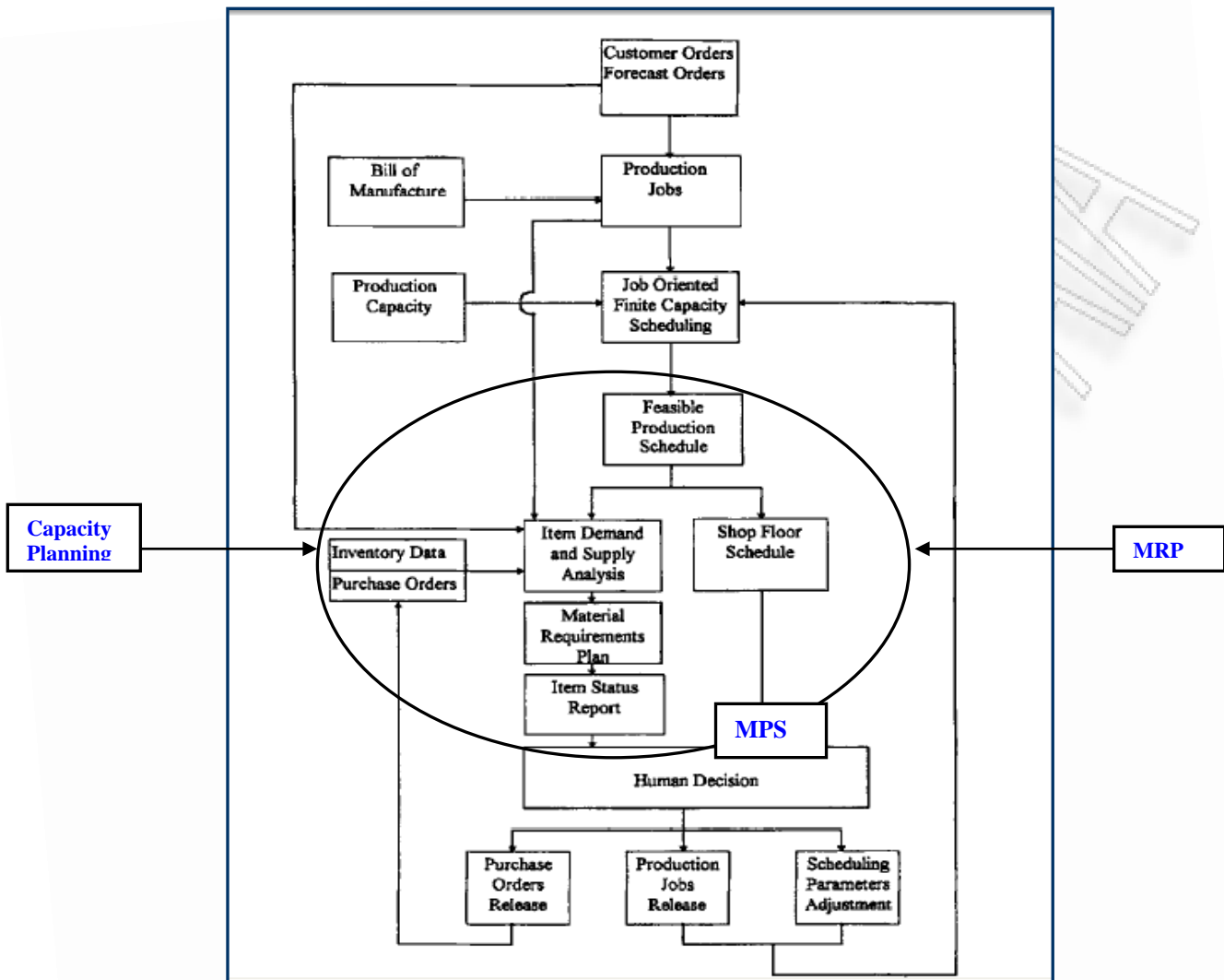
και επιπλέον βαρδιών των μηχανών αυξάνοντας κατά πολύ το προϋπολογιζόμενο κόστος παραγωγής.

Το παρόν κεφάλαιο εστιάζει στη λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας δίνοντας τα προβλήματα και τις προσεγγίσεις επίλυσής τους από την στιγμή που αναλαμβάνεται μια εργασία μέχρι τη περάτωση της. Τόσο η ροή των πληροφοριών όσο και η ρύθμιση των κύριων παραγόντων της παραγωγής καθορίζουν την ομαλή λειτουργία του συστήματος και στην απόδοση των σωστών χρόνων και αποδεκτού κόστους.

Ανάλογα τη φύση της εταιρίας δίνεται και η αντίστοιχη βαρύτητα στις λειτουργίες της παραγωγής όπως, την παράδοση σε συγκεκριμένο χρόνο. Παρόλα αυτά, ο βασικός στόχος είναι η καλύτερη εκμετάλλευση της παραγωγικής δυναμικότητας, με τους λιγότερους χαμένους χρόνους, την ελάχιστη συγκράτηση αποθέματος και ακριβέστερη προσέγγιση των προδιαγραφών του τελικού προϊόντος.

Βασικός συντελεστής στη παραγωγική διαδικασία είναι η φύση του προϊόντος. Αν το προϊόν είναι η πρώτη φορά που κατασκευάζεται, τότε απαιτεί αρχικό σχεδιασμό και την έναρξη νέων διαδικασιών προμηθειών και προγραμματισμού για την ολοκλήρωση της σύνθεσης του. Η σύνθεση του υλικού, όπως αλλιώς αποκαλείται το Bill of Material- BOM είναι από τα βασικά δεδομένα που απαιτεί η ΜΤΟ παραγωγή. Βάση της δομής του υλικού δίνεται η εκκίνηση της έναρξης των λειτουργιών της παραγωγής, π.χ. αναζήτηση πόρων πρώτων υλών, παραγωγή ή προμήθεια πρώτων υλών και πρόβλεψη του χρόνου συναρμολογήσεων.

Οι λειτουργίες της παραγωγικής διαδικασίας παρουσιάζονται αναλυτικά στο σχέδιο 2.1, όπου και στη συνέχεια περιγράφονται με περισσότερη λεπτομέρεια.



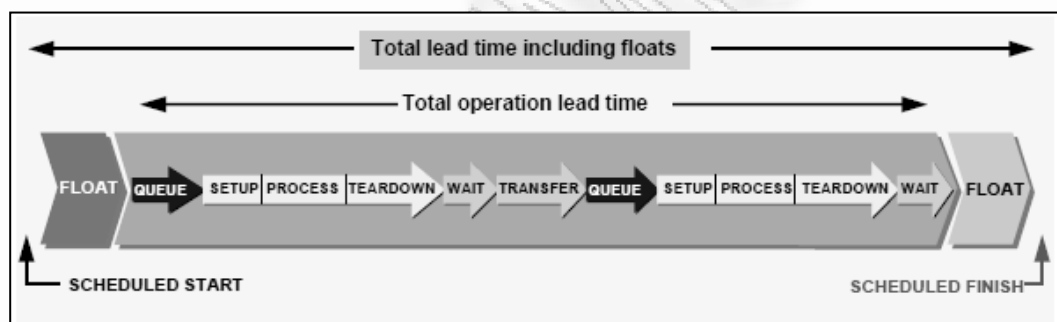
Σχήμα 2.1. Η λογική ανάπτυξης πλάνου παραγωγής (SBP) σε ένα πλαίσιο χονδρικού προγραμματισμού (rough-cut planning)[*πηγή γραφήματος[4]]

2.2. Περιγραφή του Σχεδιασμού και Προγραμματισμού παραγωγής (Production Planning and Scheduling)

Ο στόχος ενός συστήματος σχεδιασμού και προγραμματισμού είναι η δημιουργία ενός λεπτομερέστατου προγράμματος παραγωγής σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Ένα πλάνο παραγωγής καθορίζει την εκτέλεση της κάθε παραγγελίας στο προγραμματισμένο χρόνο, τη στιγμή έναρξης και περάτωσης βάσει των απαιτούμενων πόρων

για την επεξεργασία. Δηλαδή, ένα πρόγραμμα παραγωγής καθορίζει επίσης τη σειρά των εργασιών σε ένα δοσμένο πόρο. Ένα πλάνο παραγωγής εύκολα αποδίδεται και από ένα διάγραμμα Gantt.

Το διάστημα σχεδιασμού και προγραμματισμού ποικίλει από μια μέρα μέχρι μερικές εβδομάδες ενώ εξαρτάται από το βιομηχανικό τομέα στον οποίο ανήκει. Δηλαδή, από τη μια το διάστημα προγραμματισμού εξαρτάται από το μέγιστο χρόνο παραγωγής μιας παραγγελίας στη μονάδα παραγωγής. Από την άλλη, περιορίζεται η διαθεσιμότητα από τις ήδη γνωστές παραγγελίες των πελατών ή από αξιόπιστα πλάνα πρόβλεψης. Όπως φαίνεται και στο σχέδιο 2.1, στο τελικό χρόνο ολοκλήρωσης μιας παραγγελίας, αθροίζονται πολλοί χρόνοι σε όλη τη διάρκεια και τα στάδια παραγωγής.



Σχέδιο 2.1. Τελικός Χρόνος ολοκλήρωσης μιας εργασίας[*πηγή γραφήματος:18]]

Η γενική διαδικασία που οδηγεί στην ανάλυση του προγραμματισμού παραγωγής από το επίπεδο του σταθμού εργασίας μέχρι τον ολοκληρωτικό Προγραμματισμό εργασιών προγραμματισμού περιγράφεται συνοπτικά από τα παρακάτω βήματα και παράγοντες μοντελοποίησης του προγραμματισμού παραγωγής βασιζόμενοι στις προσεγγίσεις της βιβλιογραφίας:

Βήμα 1: Παραλαβή και απελευθέρωση των παραγγελιών στη παραγωγή και καθορισμός του χρόνου παράδοσης

Ο μηχανισμός απελευθέρωση των παραγγελιών παίζει ένα ρόλο κλειδί στην επίτευξη του έμμεσου στόχου. Δηλαδή τη σωστή ροή

των εργασιών για την επεξεργασία της παραγγελίας. Κρατώντας τις παραγγελίες σε μια "δεξαμενή" πριν την απελευθέρωσή τους στο επίπεδο εργασιών (shopfloor), είναι πιθανή η μείωση του αποθέματος. Λιγότερες παραγγελίες στο επίπεδο εργασιών σημαίνει ότι είναι πιο εύκολο να φανεί μια επείγουσα παραγγελία και να αντιμετωπιστεί αντίστοιχα. Στις ΜΤΟ εταιρίες η περίπτωση του προγραμματισμού της παραγωγής και ελέγχου είναι πιο σύνθετη εξαιτίας των παραμέτρων που εμπλέκονται. Υπάρχει συχνά ένα υψηλό επίπεδο μεταβλητότητας σε σχέση με τις φάσεις και τους χρόνους επεξεργασίας, έτσι είναι δύσκολο να μαντέψει κανείς πως θα μοιραστεί η εργασία στην κάθε ομάδα μηχανών στο εργοστάσιο ανά πάσα στιγμή. Οι Shimoyashiro et al. (1984) ερεύνησαν τη σχέση μεταξύ της "εργασίας σε εξέλιξη"- (work in progress - WIP), του μέσου χρόνου ροής εργασιών (job flow time) και ρυθμούς παραγωγής. αποδείχθηκε ότι καθώς η εργασία σε εξέλιξη (WIP) φτάνει ένα ορισμένο σημείο, ο βαθμός παραγωγής τείνει να αυξάνεται καθώς ο μέσος χρόνος ροής συνεχίζει να αυξάνεται.

Μέσα από μελέτες αποδεικνύεται ότι η καθυστέρηση των εργασιών σε μια "δεξαμενή" εργασιών δεν προκαλεί καθυστέρηση στο συνολικό χρόνο παραγωγής. Ο χρόνος που καταναλώνεται όσο μια εργασία βρίσκεται σε αναμονή σε μια "δεξαμενή" εργασιών θα καταναλώνονταν ούτως ή άλλως καθώς θα η εργασία βρισκόταν σε αναμονή πριν την εισαγωγή της στο σταθμό εργασίας. Παρόλα αυτά η έρευνα των Melnyk and Ragatz (1989), αποδεικνύει ότι δεν πάντα έτσι. Αυτοί έλεγξαν δύο κανόνες απελευθέρωσης εντολών σε συνδυασμό με διάφορους κανόνες του αντίστοιχου επιπέδου εργασιών χρησιμοποιώντας προσομοίωση για τη σύγκριση των δύο αυτών τεχνικών. Χρησιμοποίησαν ένα σύστημα στο οποίο όλες οι εργασίες απελευθερώνονταν μόλις εισέρχονταν στη "δεξαμενή" και εντόπισαν ότι παρόλο που ελαττώνονταν ο χρόνος που ξοδεύονταν στο επίπεδο εργασιών (shopfloor), ο συνολικός χρόνος που παρέμεναν στο σύστημα δεν ελαττώνονταν πάντα με την συγκράτηση εργασιών σε δεξαμενή εργασιών. Ίσως αυτό να

λειτουργούσε για εργασίες με μεγάλο χρόνο επεξεργασίας. Βάσει αυτών των μελετών, συμπεραίνεται ότι, τα δυνατά πλεονεκτήματα της συγκράτησης μιας εργασίας σε "δεξαμενή" εργασιών, θα ήταν πιο σίγουρα μόνο αν συνδυάζονταν με ένα μηχανισμό απελευθέρωσης εργασιών ο οποίος μπορεί να ελέγχει τις εισόδους των εργασιών στα επίπεδα σταθμού εργασίας και να προλαμβάνει τις εργασίες που μπορούν να γίνουν πολύ αργές.

Στις ΜΤΟ παραγωγές η αναζήτηση του χρόνου παράδοσης υπολογίζεται από την προς τα πίσω(backwards) στρατηγική υπολογισμού του χρόνου εργασιών προεργασίας του προϊόντος. Ο συνολικός χρόνος που απαιτείται από τη στιγμή που παραλαμβάνεται η εργασία μέχρι τη στιγμή της παράδοσης αποδίδεται με τη σύνθεση ξεχωριστών χρόνων σε κάθε φάση παραγωγής του προϊόντος.

Ο λειτουργικός χρόνος είναι το άθροισμα των χρόνων προετοιμασίας, της κύριας επεξεργασίας, μεταφοράς και αναμονής στην ουρά πριν τον κάθε σταθμό εργασίας. Ο χρόνος παραγωγής σε ένα επίπεδο εργασίας(throughput time) είναι ο χρόνος μεταξύ απελευθέρωσης μιας εργασίας στο επίπεδο εργασιών και της ολοκλήρωσής της. Επίσης, είναι το άθροισμα όλων των χρόνων λειτουργίας σε όλους τους σταθμούς εργασίας που πρέπει να επεξεργαστεί μια εντολή συμπεριλαμβάνοντας τον κάθε χρόνο που ξοδεύεται για την απελευθέρωση των εντολών στους σταθμούς εργασίας.

Επίσης, διάφορα υπολογιστικά εργαλεία και πλάνα διαδικασιών πρέπει να είναι έτοιμα καθώς και ο υπολογισμός του κόστους, πριν την έναρξη της παραγωγικής διαδικασίας. Έπειτα, τοποθετούνται παραγγελίες προμηθειών, για τις πρώτες ύλες ή τα ημι-έτοιμα υλικά που κατασκευάζεται εξωτερικά. Έτσι, σε αυτή τη περίπτωση ο συνολικός χρόνος παράδοσης είναι το άθροισμα των χρόνων, αποστολή εντολής προμήθειας, σχεδιασμού, χρόνου άφιξης υλικών και του χρόνου κατασκευής.

2.2. Διαχείριση της δυναμικότητας

Οι Γ.Γεωργάτος, Δ.Εμίρης, Χ.Μαρεντάκης, (2009) υποστηρίζουν ότι η διοίκηση και διαχείριση της δυναμικότητας (Capacity Management) των συντελεστών παραγωγής είναι μια εξαιρετικά κρίσιμη διαδικασία για την επιτυχία μιας επιχείρησης και την ανάπτυξη του ανταγωνιστικού της πλεονεκτήματος. Ο όρος "δυναμικότητα" δε χρησιμοποιείται μόνο στην παραγωγική διαδικασία αλλά και σε ολόκληρο το εύρος της εφοδιαστικής αλυσίδας ως δυναμικότητα διανομής και δυναμικότητα αποθήκευσης. Σε μια σύγχρονη αλυσίδα εφοδιασμού η κάθε συνιστώσα της αλυσίδας και ο τρόπος λειτουργίας αυτής επηρεάζει άμεσα το επόμενο στοιχείο της εφοδιαστικής. Ειδικότερα σε επιχειρήσεις ΜΤΟ, όπου ο προγραμματισμός παραγωγής στοχεύει στην έγκαιρη διάθεση των προϊόντων με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση ή απαλοιφή του χρόνου αποθήκευσης, η στρατηγική και η διαχείριση της δυναμικότητας παραγωγής και διανομής αποτελούν σημαντικές και κρίσιμες στρατηγικές διαδικασίες.

Ο όρος "δυναμικότητα" μεταφράζεται σαν χωρητικότητα - ικανότητα-δυναμικότητα. Στη διοίκηση της παραγωγής όμως ο όρος έχει πιο σύνθετη έννοια και αποτυπώνεται ως «το ποσό της εργασίας που ένας οργανισμός - σύστημα είναι ικανό να ολοκληρώσει σε μια δεδομένη χρονική περίοδο» σε απλή μορφή μπορεί να υπολογιστεί ως (Russel and Taylor, 2003):

$$C = (N_{\text{machine}} + N_{\text{labor}}) \times N_{\text{shifts}} \times U_f \times E_f$$

Όπου: C (Δυναμικότητα), N_{machine} (αριθμός μηχανών), N_{labor} (αριθμός των εργαζομένων), U_f (συντελεστής αξιοποίησης) και E_f (συντελεστής αποδοτικότητας), και:

Συντελεστής αξιοποίησης = χρόνος φόρτισης/διαθέσιμος χρόνος

Συντελεστής αποδοτικότητας = παραγωγικός χρόνος/ χρόνος φόρτισης

Η δυναμικότητα μπορεί να προσδιοριστεί σε διαφορετικά επίπεδα: Εγκατάσταση - εργοστάσιο, Τμήμα και Κέντρο εργασίας. Συμφωνά με τους Ashayeri and Selen (2005) για να είναι επιτυχημένη η λειτουργία της επιχείρησης έχοντας ως γνώμονα τη δημιουργία αξίας και την ικανοποίηση του πελάτη, η διαχείριση δυναμικότητας πρέπει να εφαρμόζεται στη στρατηγική της εταιρίας για την αγορά στην οποία προσανατολίζεται, έτσι ώστε να παρέχει στην επιχείρηση αυτές τις ικανότητες που απαιτούνται για να είναι ανταγωνιστική. Η διοίκηση στηρίζεται στις διαστάσεις της ταχύτητας και της ευελιξίας συνυπολογίζοντας πάντα το κόστος. Το A.P.I.C.S. ορίζει ότι η διαχείριση της δυναμικότητας μπορεί να προγραμματιστεί και να εκτελεστεί σε τέσσερα επίπεδα:

- Resource Requirement Planning (Προγραμματισμός Απαιτήσεων Συντελεστών Παραγωγής)
- Rough-Cut Capacity Planning (Χονδρικός Προγραμματισμός Δυναμικότητας)
- Capacity Requirements Planning (Προγραμματισμός Απαιτήσεων Δυναμικότητας)
- Input/output Control (Έλεγχος Εισόδων/ Εξόδων)

Ως λειτουργία προγραμματισμού και σχεδιασμού, η διαθέσιμη δυναμικότητα και η απαιτούμενη δυναμικότητα μπορούν να μετρηθούν χρονικά σε βραχυπρόθεσμο (CRP- Capacity Requirements Planning), μεσοπρόθεσμο (Rough-Cut Capacity Planning) και μακροπρόθεσμο πλαίσιο (Resource Requirements Plan). Οι Olhager et al., (2001) υποστηρίζουν ότι «Η διοίκηση και Διαχείριση Δυναμικότητας σε μια παραγωγική επιχείρηση διαιρείται συχνά σε τρία ή τέσσερα στάδια, που κυμαίνονται από το μακροπρόθεσμο προγραμματισμό δυναμικότητας ως το βραχυπρόθεσμο έλεγχο και την εκτέλεση της. Η ενδιάμεση διαχείριση δυναμικότητας σχετίζεται με το Rough-Cut Capacity Plan που συνδέεται με το κύριο πρόγραμμα παραγωγής και τον

προγραμματισμό απαιτήσεων δυναμικότητας υλικών που προγραμματίζονται». Οι Ashayeri and Selen (2005) αναφέρουν ορισμένα στοιχεία που επηρεάζουν τη Διοίκηση και Διαχείριση Δυναμικότητας:

- Μέγεθος παρτίδων παραγωγής (lot sizes)
- Επίπεδα αποθεμάτων (inventory levels)
- Χρόνοι επεξεργασίας (throughput time)

2.3.1. Προσεγγίσεις για τη Διαχείριση της Δυναμικότητας

Σύμφωνα με τους Hendry and Kingsman, (1993) ιδιαίτερα κρίσιμη είναι η φάση υποβολής προσφορών (tendering phase) κατά την οποία η εταιρία που έχει στρατηγική παραγωγής MTO πρέπει να προτείνει μια αξιόπιστη προβλεπόμενη ημερομηνία παράδοσης στον πελάτη.

Οι Moses et al. (2004) και Ragatz and Mabert (1984) διαπιστώνουν ότι σε μια εταιρία με MTO στρατηγική παραγωγής, η καθιέρωση σωστών και αξιόπιστων οφειλόμενων χρόνων παράδοσης, είναι κρίσιμο ζήτημα. Υπάρχουν τρεις συνήθως αναγνωρισμένες στρατηγικές δυναμικότητας ως προς το χρόνο εφαρμογής τους, αναφερόμενες ως Lead, Lag και Track. Οι Olhager et al., (2001) αναφέρουν ότι, «ο στόχος της στρατηγικής Lead είναι να διατηρηθεί ένα "μαξιλάρι" δυναμικότητας που π.χ. μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει την ευελιξία των όγκων παραγωγής και την αξιοπιστία των χρόνων παράδοσης. Ο στόχος της στρατηγικής Lag είναι η υψηλή χρησιμοποίηση των πόρων. Η βασική αρχή είναι να παραχθούν όσο το δυνατό περισσότερα προϊόντα και να διατηρηθεί η πλήρης χρησιμοποίηση της δυναμικότητας. Ο στόχος στη στρατηγική Track είναι να ακολουθηθεί η ζήτηση όσο το δυνατό πιο κοντά, ως εκ τούτου δίνοντας περισσότερη έμφαση στο πρόβλημα ταξινόμησης και μεγέθους των αλλαγών δυναμικότητας (Sizing problem)».

Οι δύο μέθοδοι, του προγραμματισμού της δυναμικότητας της πιο ευρύτερα συζητημένης βιβλιογραφίας είναι οι "πεπερασμένος" (finite) και ο "απεριόριστος" (infinite) φόρτος των μηχανών. Η πρώτη τεχνική στοχεύει στην φόρτωση των μηχανών με προγραμματισμένες εργασίες σύμφωνα με τη διαθέσιμη δυναμικότητα τους. Η δεύτερη τεχνική δίνει το φόρτο των εργασιών χωρίς να λαμβάνει υπόψη του τη διαθέσιμη δυναμικότητα. Τα συγκριτικά πλεονεκτήματα των δύο προσεγγίσεων έχουν συζητηθεί από πολλούς συγγραφείς. Οι Plossl and Wight (1973) επονόμασαν την προσέγγιση αυτή ως Capacity Requirements Planning (CRP) επειδή η πραγματική λειτουργία της είναι να δώσει στο προγραμματιστή μια καθαρή εικόνα πόση δυναμικότητα χρειάζεται σε κάθε περίοδο χρόνου. Αυτή η πληροφορία δείχνει τις υπερφορτώσεις (bottlenecks) υποδηλώνοντας σε ποιους σταθμούς εργασίας απαιτείται ειδική δράση, όπως ορισμός υπερωριών.

Η χρήση πεπερασμένων φορτίσεων είναι μια επαναληπτική προσέγγιση που απαιτεί αρκετό υπολογιστικό χρόνο. Η συγκεκριμένη έχει μια μη ευέλικτη συμπεριφορά απέναντι στην διαθέσιμη δυναμικότητα -ή οποία μπορεί να ρυθμιστεί να εξυπηρετεί μέχρι ένα επίπεδο, είτε να ρυθμιστεί στο μέγιστο επίπεδο. Πριν την έναρξη φόρτωσης των μηχανών πρέπει να τεθούν προτεραιότητες στις εισερχόμενες εργασίες. Αυτό είναι απαραίτητο γιατί η τελευταία εργασία που θα αφιχθεί, η οποία θα ξεπεράσει τη διαθέσιμη δυναμικότητα, είναι και η εργασία που θα καθυστερήσει. Ο προκαθορισμός των προτεραιοτήτων δεν είναι εφικτός στις MTO παραγωγές εάν η δυναμικότητα προγραμματίζεται στο στάδιο που εισέρχεται η εντολή του πελάτη, καθώς οι απαιτήσεις των πελατών δε λαμβάνονται με βαθμό σημαντικότητας. Θα ήταν απαραίτητο λοιπόν, να αναπρογραμματιστούν όλες οι εργασίες κάθε φορά που καταφθάνει μια απαίτηση με υψηλή προτεραιότητα και η οποία θα ξεπεράσει τη προγραμματισμένη δυναμικότητα. Αυτό βέβαια θα προκαλούσε μη αποδεκτές καθυστερήσεις σε άλλες εργασίες πελατών.

Οι Adam and Surkis (1977) επικρίνουν τις προσεγγίσεις των “περιορισμένων” και “απεριόριστων” φορτώσεων γιατί δείχνουν την εργασία σε κάθε στάδιο στατική. Επίσης, αυτές καθορίζουν το χρόνο στο οποίο μια εργασία θα φτάσει σε κάποιο σταθμό εργασίας (work centre) χωρίς να λαμβάνονται οι καθυστερήσεις προκαλούμενες από την υπερφόρτωση του συγκεκριμένου σταθμού. Συγκρίνοντας αυτές τις προσεγγίσεις με μια εναλλακτική η οποία αναπτύχθηκε από τον Holstein(1968) and Reiter (1966) ο οποίος δείχνει την εργασία σε κάθε σταθμό δυναμική, προβλέπονται οι χρόνοι αναμονής σε κάθε σταθμό εργασίας. Η εναλλακτική αυτή προσέγγιση αναφέρθηκε ότι παράγει καλύτερα αποτελέσματα στις περιόδους καθυστέρησης των εργασιών και σε καλύτερο υπολογιστικό CPU χρόνο. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι προκαλεί αρκετές πρόωρες εργασίες, γεγονός που οδηγεί στην αύξηση τους κόστους αποθέματος τελικών προϊόντων. Το βασικό μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι, όταν εφαρμόζεται σε MTO παραγωγή, περισσότερο προβλέπει παρά ελέγχει τους χρόνους απόκρισης (lead times).

Όλες οι παραπάνω προσεγγίσεις τροφοδοσίας των μηχανών βασίζονται στο προγραμματισμό της δυναμικότητας στον κύριο προγραμματισμό παραγωγής (master schedule). Αυτό είναι το πλάνο παραγωγής για προϊόντα που παράγονται πάνω σε δοσμένο χρονικό ορίζοντα, βασιζόμενα στη πρόβλεψη της ζήτησης διαφόρων κύριων προϊόντων. Το κομμάτι της πρόβλεψης της ζήτησης είναι πιο δύσκολο για τις MTO εταιρίες εξαιτίας τις μεγάλης διαφορετικότητας των προϊόντων που παράγουν. Σε μερικές περιπτώσεις είναι απαραίτητο να γίνεται προσπάθεια πρόβλεψης ζήτησης για συγκεκριμένους πόρους με σκοπό να γίνεται ένας μακροπρόθεσμος προγραμματισμός.

Ο Bellofatto (1974) δηλώνει ότι η προσοχή που δίνεται στη φόρτωση των μηχανών είναι εσφαλμένη. Είναι σημαντικότερο να αναζητηθεί τι προκαλεί την υπερφόρτωση (bottleneck) από το απλά να αναζητηθεί μία λύση. Η απάντηση λοιπόν που δίνει είναι οι “φτωχοί” προγραμματισμοί παραγωγής που δεν

συνυπολογίζουν τη διαθέσιμη δυναμικότητα και τους μεγάλους και μη εύκολα ελέγξιμους χρόνους παράδοσης. Απαραίτητο λοιπόν, είναι η ταυτόχρονη διαχείριση της δυναμικότητας και ο προγραμματισμός της παραγωγής παρά να γίνεται πρώτα ο προγραμματισμός και μετά να μελετάται η διαθεσιμότητα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση συστημάτων **Έλεγχου Εισόδου /Εξόδου (Input/Output Control)-(IOC)** τα οποία είναι ικανά να διαχειριστούν και τους χρόνους παράδοσης. Αυτά τα συστήματα είναι περισσότερο κατάλληλα για τα MTO συστήματα παραγωγής. Οι Plossl and Wight (1973) αναγνώρισαν την ικανότητα αυτών των συστημάτων να ελέγχουν τους χρόνους παράδοσης, και οι οποίοι δηλώνουν ότι ο χρόνος παράδοσης είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με τις εργασίες σε αναμονή (backlog) ενώ και οι εργασίες εν αναμονή είναι μια λειτουργία σχέσης εισόδου/ εξόδου. Παρόμοια, οι Tatsiopoulos and Kingsman (1983) συμφωνούν ότι οι χρόνοι παράδοσης καθορίζονται από τις εργασίες σε αναμονή (backlogs) ως είσοδο και από τη δυναμικότητα ως έξοδο.

Η προσέγγιση της εισόδου/ εξόδου συστήματος ελέγχου **(IOC)**, προτάθηκε αρχικά από τους Wight (1970) και από τότε έχει υποστηριχθεί από πολλούς συγγραφείς συμπεριλαμβανομένων τους Belt (1976 και 1978), Karni (1981a, 1981b, 1982), και Onur και Fabrycky (1987). Η βασική αρχή είναι ο ταυτόχρονος έλεγχος της εισόδου, ως προς των προγραμματισμένων εργασιών και της εξόδου ως προς τη δυναμικότητα. Οι προγραμματισμένες εργασίες της εισόδου πρέπει να είναι λιγότερες ή ίδιες της εξόδου ώστε να επιτυγχάνεται ο έλεγχος.

Όπως διαπιστώνουν και οι Γ.Γεωργάτος Δ.Εμίρης και Χ.Μαρεντάκης η χρήση στρατηγικών ιεραρχίας των εισερχόμενων εντολών παραγωγής σε υλοποιημένο σε σύστημα SAP R/3 δύναται να βελτιστοποιείται η διαχείριση της δυναμικότητας της παραγωγής αλλά και του επίπεδου εξυπηρέτησης. Χρησιμοποιώντας πέντε μοντέλα απελευθέρωσης εργασιών ο προγραμματιστής της παραγωγής (production planner) μπορεί να βελτιστοποιήσει το ρυθμό εργασίας της γραμμής παραγωγής του, να αυξήσει τους

χρόνους λειτουργίας και εργασίας της γραμμής παραγωγής, να προγραμματίσει, να σχεδιάσει και να προετοιμάσει τη παραγωγή έτσι ώστε να ελαχιστοποιήσει τα κόστη αεργίας της γραμμής. Η χρήση του εργαλείου και μοντέλου αυτού, μπορεί να υποστηρίξει προγραμματισμό παραγωγής με σχετική ακρίβεια για το μέλλον μέσω πρόβλεψης και σωστού προγραμματισμού, γνωστοποιώντας άμεσα και με μικρό περιθώριο λάθους τι έχει και τι μπορεί να παράγει για ένα χρονικό διάστημα στο μέλλον η εταιρία.

2.4. Προγραμματισμός Απαιτήσεων Υλικών

Ο προγραμματισμός Απαιτήσεων Υλικών (MRP) μεταφράζει τις απαιτήσεις των τελικών προϊόντων του κύριου προγραμματισμού παραγωγής σε απαιτήσεις πρώτων υλών, εξαρτημάτων και υποπροϊόντων. Οι κύριοι στόχοι είναι η έγκαιρη περάτωση κατεργασιών - συναρμολογήσεων, η έκδοση εντολών για παραγγελίες πρώτων υλών και τη διατήρηση χαμηλών αποθεμάτων. Για τον υπολογισμό όλων των πληροφοριών, ο προγραμματιστής των απαιτήσεων θα πρέπει έχει πρόσβαση σε δεδομένα όπως κίνηση αποθέματος, φάσεις της παραγωγής και προγραμματισμένες παραγγελίες. Αν οι υπολογιζόμενες απαιτήσεις δεν μπορέσουν να συνδυαστούν με την παραγωγή ενός "οικονομικού μεγέθους παρτίδας", το βέλτιστο μέγεθος παρτίδας των εντολών παραγωγής υπολογίζεται για τα υποπροϊόντα που θα παραχθούν από την ίδια εταιρία. Τότε, οι εντολές παραγωγής μεταφράζονται σε εντολές αγοράς σε φάση προγραμματισμού των διαδικασιών εφοδιασμού της παραγωγής (χρονικό προγραμματισμό, διαχείριση δυναμικότητας και αποστολής εντολών αγοράς υλικών).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία προσδιορισμού των απαιτήσεων είναι η σύνθεση του υλικού, ο τύπος της παραγωγής (MTS ή MTO). Συχνά τίθεται το ερώτημα ποια από τις συνηθισμένες μεθόδους προγραμματισμού MRP - προγραμματισμός

βάσει ανάλωσης ή προγραμματισμού βάσει απαιτήσεων πρέπει να χρησιμοποιείται. Ο προγραμματισμός βάσει αναλώσεων MTS - εξαγεί την νέα απαίτηση από ιστορικά δεδομένα αναλώσεων. Ένα πλάνο ανα-παραγγελίας ενεργοποιεί μια πρόταση αγοράς μόλις το επίπεδο αποθέματος πέσει κάτω από μια καθορισμένη ποσότητα. Εν αντίθεση, ο προγραμματισμός απαιτήσεων υλικών MTO βασίζεται σε προγραμματισμένες ανεξάρτητες απαιτήσεις ή σε ειδικές απαιτήσεις πελατών. Η βάση για τον προσδιορισμό των απαιτήσεων στα τελευταία επίπεδα κωδικών είναι η συνταγή του κωδικού (Bill of Material- BOM). Ο προγραμματισμός απαιτήσεων υλικών MTO στηρίζεται σε ακριβή υπάρχουσες απαιτήσεις και την παραγωγή ποσοτήτων που έχουν ημερομηνία αναφοράς στο μέλλον.

Ο Προγραμματισμός απαιτήσεων υλικών σχεδιάζεται να παρέχει απαντήσεις στις ερωτήσεις: (i) ποια υλικά και εξαρτήματα χρειάζονται και (ii) πότε και πόσοι χρειάζονται για να επιτευχθεί μια απαίτηση. Ο Προγραμματισμός απαιτήσεων υλικών παρέχει μια ορθή διαδικασία προγραμματισμού, μια στρατηγική αποτελεσματικής διαχείρισης υλικών και ένα μηχανισμό επανα-προγραμματισμού.

Τα εισαγόμενα και τα εξαγόμενα στοιχεία ενός συστήματος MRP είναι τα παρακάτω:

Εισαγόμενα: τρεις βασικοί είσοδοι:

- Ο Κύριος Προγραμματισμός Παραγωγής (Master Production Schedule MPS)
- Τα αρχεία της δομής του υλικού (product structure records)
- Οι εγγραφές της κατάστασης των αποθεμάτων (inventory status records)

Στην αρχή του προγραμματισμού οι ποσότητες υλικών (τελικού και χαμηλότερου επιπέδου) που έχουν διαθέσιμο απόθεμα προς χρήση αναφέρονται ως "υπάρχον απόθεμα"(on- hand inventory). Οι αναφορές της κατάστασης των αποθεμάτων περιέχει την κατάσταση του διαθέσιμου αποθέματος και του αναμενόμενου αποθέματος το οποίο βρίσκεται σε παραγγελία.

Η έξοδος ενός συστήματος MRP είναι η αποδέσμευση των προγραμματισμένων παραγγελιών, οι οποίες παρέχουν πληροφορίες για τις περιόδους χρόνου και των εισαγόμενων ποσοτήτων των υλικών, κομματιών και εξαρτημάτων προς εντολή αγοράς ή εργασίας για τους σταθμούς εργασίας (job shop). Χρησιμοποιώντας την έξοδο του MRP συστήματος καθορίζονται οι απαιτήσεις της δυναμικότητας της παραγωγής. Η έξοδος του συστήματος MRP, επίσης επιτρέπει τον υπολογισμό ενός προσεγγιστικού κόστους των τελικών προϊόντων για την επεξεργασία εσωτερικά (work in process) και του κόστους αποθέματος των πρώτων υλών, συστατικών εξαρτημάτων και υποσυναρμολογήσεων χρησιμοποιώντας συναρτήσεις κόστους. Αυτό το κομμάτι είναι απαραίτητο για τη βελτιστοποίηση της οικονομικής απόδοσης της διαδικασίας παραγωγής. Η έξοδος του MRP απαιτείται στην τροφοδότηση στοιχείων συστήματος για την υποστήριξη λεπτομερούς προγράμματος παραγωγής.

2.4.1. Τα στοιχεία υλικού - Bill of Material

Ο κατάλογος υλικού (Bill of Material)- BOM, γνωστό και ως "δομή υλικού" είναι μια λίστα από διαφορετικά υλικά και εξαρτήματα στοιχεία που απαιτούνται για τη δημιουργία μια μονάδας τελικού προϊόντος. Περιέχει πληροφορίες για τις σχέσεις των κομματιών, των εξαρτημάτων και όλων των συστατικών μερών καθώς και των συναρμολογήσεων αυτών ενώ δείχνει την ποσότητα του καθενός και την αλληλουχία τους ώστε να συνθέτουν μια μονάδα τελικού προϊόντος.

Οι μηχανικοί που σχεδιάζουν την κατασκευή του υλικού, συνήθως έχουν να κάνουν με μεγάλα γενικά σχεδιαγράμματα των MTO εταιριών, προσαρμόζοντας τις λειτουργίες του υλικού στις λεπτομερείς προδιαγραφές των απαιτήσεων του πελάτη. Για αυτό συχνά δημιουργείται μια πληθώρα από προσαρμοσμένα σχεδιαγράμματα ή ποικίλα συστατικά - εξαρτήματα τα οποία κατατάσσονται σε λίστες απεικονίζοντας αριθμημένο σύνολο

εναλλακτικών παρόμοιων εργαλείων σε μια καινή ομάδα υλικών. Ο σχεδιαστής, παρόλα αυτά μελετά κατά περιόδους το κάθε συστατικό του γενικού σχεδιαγράμματος ξεχωριστά, έχοντας στο μυαλό του πως και πότε χρησιμοποιείται καθώς και τη σχέση του κάθε συστατικού με τα υπόλοιπα μέρη της οικογένειας εναλλακτικών υλικών. Αυτή η σχέση γενικά έχει να κάνει με συγκεκριμένες εναλλακτικές λειτουργικές, συμπεριφορά ή χαρακτηριστικό της ομάδας του υλικού. Η ιδέα του δένδρου υλικών -BOM σημειώνεται ως η καταλληλότερη και αποτελεσματικότερη τεχνική για να εκφραστούν καλύτερα οι σχέσεις και η δομή του προϊόντος.

2.4.2. Λειτουργία MRP

Ο Προγραμματισμός Απαιτήσεων υλικών θεωρείται ως το βασική μηχανή ενός συνολικού συστήματος ERP ή μια από τις βασικές εισόδους συστήματος DSS υποστήριξης της παραγωγής. το MRP υπολογίζει χρονικά τις δευτερεύουσες απαιτήσεις των συστατικών μερών ή εξαρτημάτων των τελικών προϊόντων και βασιζόμενο σε μια χρονική σειρά των πρωτευσουσών απαιτήσεων (πατέρα) που αφορούν το τελικό προϊόν. Η χρονική σειρά των δευτερευουσών απαιτήσεων (υιού) είναι αναγκαία προϋπόθεση για τη δημιουργία εντολών παραγωγής και ανεφοδιασμού με σκοπό η ζήτηση των τελικών προϊόντων να καλυφθεί εντός του προβλεπόμενου χρόνου με τις λιγότερες εργασίες εν αναμονή και τα χαμηλότερα δυνατά αποθέματα.

Όταν η αναζήτηση των συστατικών μερών και εξαρτημάτων γίνεται είτε εξωτερικά είτε από εντολές παραγωγής το σίγουρο είναι ότι το σημείο εκκίνησης είναι ο Κύριος Προγραμματισμός (Master Planning). Οι απαιτήσεις του συνόλου των υλικών αναλύονται και τοποθετούνται στις επιμέρους απαιτήσεις αυτών. Για την τοποθέτηση των εντολών προμηθειών ή παραγωγής οι βασικές πηγές πληροφοριών είναι ο προγραμματισμός παραγωγής και χρονικός προγραμματισμός (scheduling). Όταν επιλεγεί ο

προγραμματισμός παραγωγής ως μηχανισμός εκκίνησης, τότε καθορίζεται η απαίτηση ανά χρονικό περιθώριο (time bucket) ενώ ο χρονικός προγραμματισμός (scheduling) θα δώσει τον ακριβή χρόνο που πρέπει να δοθούν οι εντολές παραγωγής. Τα επιπλέον στοιχεία που χρειάζονται είναι:

- Η δομή του υλικού υποδεικνύοντας για κάθε αριθμό κομματιού, ποια άλλα κομμάτια απαιτούνται ως άμεσοι είσοδοι.
- Συντελεστές παραγωγής, υποδηλώνοντας τις ποσότητες του κάθε κομματιού άμεσης εισόδου που απαιτείται για μια μονάδα ενός δοσμένου κομματιού,
- χρόνοι απόκρισης, αναπαριστώντας ένα σχετικό ενδιάμεσο χρόνο μεταξύ απελευθέρωσης μιας παραγγελίας για ένα κομμάτι και τις διαθεσιμότητας του,
- η κατάσταση του αποθέματος, προσδιορίζοντας για κάθε αριθμό κομματιού το φυσικό απόθεμα, αναμενόμενες παραγγελίες και αποθέματα ασφαλείας (κάποιων κωδικών) και
- αριθμοί κομματιών χαμηλού επιπέδου (low level codes-numbers).

Ο κωδικός χαμηλού επιπέδου είναι ένας αριθμός κομματιού που αντιστοιχεί στο μακρύτερο μονοπάτι στη δομή του υλικού αρχίζοντας από ένα τελικό προϊόν και καταλήγοντας στο σχετικό αριθμό κομματιού. Όλα τα κομμάτια που επισκέπτονται κατά το μονοπάτι υπολογίζονται αποδίδοντας εν τέλει το κωδικό επιπέδου. Το γεγονός ότι ένας αριθμός κομματιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικές δομές υλικών, για αυτό πρέπει να λαμβάνετε το μέγιστο για τον καθορισμό του κωδικού χαμηλού επιπέδου. Ο ορισμός του χαμηλού επιπέδου "0" κωδικού αποδίδεται στο τελικό προϊόν.

Σαν εργαλείο προγραμματισμού παραγωγής το MRP επικεντρώνεται στη διοίκηση των αποφάσεων με αναφορά στο Κύριο Προγραμματισμό Παραγωγής (MPS) καθώς αποτελεί την

κατευθυντήριο γραμμή στο σύστημα MRP. Με τη πραγματοποίηση αυτού, το σύστημα MRP μετατρέπει το MPS σε λεπτομερή πλάνα τα οποία δείχνουν τις απαιτήσεις σε χρόνο και ποσότητες για αγορές και παραγωγές των εξαρτημάτων, ικανά να τροφοδοτήσουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης της παραγωγής.

2.5. Κύριος προγραμματισμός Παραγωγής (Master Production Planning and Scheduling)

Ο κύριος προγραμματισμός παραγωγής (MPS) θέτει τις βάσεις για τη διαπραγμάτευση των χρόνων παράδοσης προϊόντων στους πελάτες, την αποτελεσματική χρήση της δυναμικότητας του εργοστασίου και την εναρμόνιση της καθημερινής παραγωγής με τους στρατηγικούς στόχους της επιχείρησης. Ο MPS επίσης, διατηρεί τις ισορροπίες μεταξύ της παραγωγής και της προώθησης των πωλήσεων: όταν οι παραγγελίες συσσωρεύονται και το δυναμικό του εργοστασίου δε μπορεί να ανταποκριθεί στις προθεσμίες, το πρόγραμμα παραγωγής αναπροσαρμόζεται ώστε να αντισταθμίσει τις απώλειες.

Το κύριο πρόγραμμα της παραγωγής για ένα τύπο προϊόντος προκύπτει βάσει των παραγγελιών τις οποίες το εργοστάσιο έχει αναλάβει να εκτελέσει. Συνήθως η παραγωγή γίνεται κατά παρτίδες σταθερού μεγέθους. Αυτό συμβαίνει σε συστήματα παραγωγής για αναπλήρωση αποθέματος (Make to stock) και συστήματα συναρμολόγησης κατά παραγγελία (Make to Assembly). Το κύριο πρόγραμμα παραγωγής αναπροσαρμόζει το μέγεθος των παρτίδων παραγωγής ανάλογα ώστε να μην παρατηρούνται ελλείψεις και μεγάλα αποθέματα. Το μέγεθος παρτίδας εξαρτάται από τρέχοντα και προβλεπόμενα επίπεδα ζήτησης και τις διάρκειες εκτέλεσης των κατεργασιών. Επομένως, για την ανάπτυξή του απαιτούνται πληροφορίες σχετικές με τις διάρκειες παραγωγής κάθε ανειλημμένης παραγγελίας. Οι διάρκειες αυτές ονομάζονται και χρόνοι υστέρησης και

προκύπτουν από την επεξεργασία στοιχείων τα οποία βρίσκονται στο BOM του υλικού και κυρίως από τους πρότυπους χρόνους εκτέλεσης κάθε εργασίας.

Στόχος του MPS είναι η βέλτιστη χρήση των πόρων για να αποφευχθεί η συσσώρευση παραγγελιών (bottlenecks). Τα υλικά που επιδέχονται κύριο προγραμματισμό είναι οι πρώτες ύλες, εξαρτήματα (ημιτελή προϊόντα) ή τελικά προϊόντα ενός BOM προϊόντος ή οποίο έχει μεγάλη επιρροή στην αλυσίδα εφοδιασμού ή απασχολεί κρίσιμους πόρους παραγωγής. Τα προϊόντα του κύριου σχεδιασμού έχουν υψηλή προστιθέμενη αξία και συνεπώς δεσμεύουν ένα σημαντικό μέρος κεφαλαίου.

Για την μείωση της δέσμευσης κεφαλαίου που προκαλείται από την κράτηση αποθέματος και για την αύξηση της σταθερότητας του προγραμματισμού, ο προγραμματισμός συγκεκριμένων προϊόντων και κύριων εξαρτημάτων πρέπει να είναι το δυνατό περισσότερο εναρμονισμένος. Το πλάνο παραγωγής αυτών των προϊόντων έχει ισχυρή επίδραση στη συνολική διαδικασία προγραμματισμού παραγωγής. Ο προσεκτικός προγραμματισμός αυτών των συγκεκριμένων κομματιών οδηγεί στη μείωση αποθέματος και την ίδια στιγμή αύξηση της απόδοσης στις έγκαιρες παραδόσεις όσο και σε επίπεδο εξυπηρέτησης. Περιορίζοντας τη διαδικασία προγραμματισμού σε κύριου προγραμματισμού παραγωγής υλικών ο προγραμματιστής μπορεί να εξάγει γρήγορο προγραμματισμό και έτσι να δημιουργεί εναλλακτικά πλάνα παραγωγής με σκοπό τη σύγκρισή τους και την προσαρμογή τους σε ποσότητα, ημερομηνία παράδοσης και χρόνο εκτέλεσης.

Ο προγραμματικός παραγωγής παρέχει μια βάση για την απόδοση της ζήτησης ενός υλικού και ανάλυσης του εφοδιασμού για τα υλικά για τις φάσεις κατασκευής τους. Αυτή η ανάλυση εφαρμόζεται και για τα δύο είδη υλικών, προμηθευόμενα υλικά (πρώτες ύλες), και παραγόμενα υλικά, ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα. Οι απαιτήσεις των υλικών που καθορίζονται κατά την έναρξη της κάθε εργασίας στο συγκεκριμένο στάδιο αποτελούν

και τη βάση του BOM που είναι συνδεδεμένο με αυτή τη λειτουργία. Έτσι τα υλικά, προσδιορίζονται σε ποσότητα και χρόνο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα ενοποιημένο πρόγραμμα διαχείρισης απαιτήσεων και προγραμματισμού παραγωγής. Με επιπλέον ενσωμάτωση της τρέχουσας κατάστασης του διαθέσιμου αποθέματος, εργασιών σε επεξεργασία (WIP) παραγγελίες πελατών, εντολές αγορών σε ολοκληρωμένη ανάλυση, δημιουργείται μια αναφορά κατάστασης υλικού. Αυτή η αναφορά δείχνει την κίνηση αποθέματος και την πρόοδο του κάθε υλικού στο χρονικό ορίζοντα. Εντοπίζονται έκτακτες καταστάσεις όπως εμφάνιση ελλείψεων και έτσι αναλαμβάνονται δράσεις όπως προσαρμογή του πλάνου προγραμματισμού, δημιουργία νέων εργασιών (παραγωγής) ή δημιουργία εντολών αγοράς, για τη διασφάλιση ότι όλα τα υλικά που απαιτούνται για την εκτέλεση του προγράμματος παραγωγής είναι διαθέσιμα σε ένα ικανοποιητικό αλλά όχι υπερβολικό βαθμό. Στις ΜΤΟ εταιρίες η δυνατότητα συγκράτησης αποθέματος είναι μάλλον δύσκολη καθώς αυτές οι παραγωγές έχουν ευμετάβλητη ζήτηση ενώ οι προδιαγραφές του προϊόντος μπορούν να αλλάζουν πολύ ή λίγο. Ο κύριος προγραμματισμός (master Plan) δίνει το προσχέδιο πάνω στο οποίο ο Προγραμματισμός παραγωγής και χρονικού προγραμματισμού καθορίζονται οι αποφάσεις σε πιο κάτω επίπεδα, όπως:

- οι ποσότητες των υπερωριών ή των επιπλέον βαρδιών που θα χρησιμοποιηθούν,
- η διαθεσιμότητα των υλικών από τα υλικά σε όλα τα προς τα πάνω επίπεδα της αλυσίδας εφοδιασμού σε διαφορετικά σημεία στο χρόνο,
- συμφωνίες αγορών οι οποίες αφορούν εισερχόμενα υλικά από προμηθευτές (πρώτες ύλες)

Επιπλέον, στη συνέχεια δίνονται οδηγίες από το Κύριο προγραμματισμό εξαιτίας του εύρους τόσο σε αλυσίδα εφοδιασμού όσο και μακροπρόθεσμο εσωτερικό προγραμματισμό. Ως κατευθυντήριες οδηγίες μπορεί να είναι:

- το ποσό του εποχιακού αποθέματος σε διάφορα προϊόντα που πρέπει να δημιουργηθεί εφόσον για το υλικό αυτό ακολουθεί Make to stock πολιτική.
- Δίνονται οι χρόνοι παράδοσης των παραγγελιών που πρέπει να παραδοθούν για τα μετέπειτα στάδια στην αλυσίδα (ίσως υποπροϊόντα, εξαρτήματα).

2.5.1. Προσεγγίσεις Προγραμματισμού παραγωγής στα ΜΤΟ συστήματα παραγωγής

Ο προγραμματισμός παραγωγής όπως δίνεται από τον Baker (1974) ορίζεται "ο καταμερισμός των πόρων στο χρόνο για την διεκπεραίωση μιας συλλογής αποστολών". Αφού προσδιοριστούν οι εργασίες πρέπει να παραχθούν, έτσι είναι απαραίτητο να αποφασισθεί πότε πρέπει να εκτελεστεί η κάθε λειτουργία της εργασίας. Ο Eilon (1979) περιγράφει αυτό το πρόβλημα ως ένα πρόβλημα διαχείρισης ουρών αναμονής. Ο προγραμματισμός παραγωγής (production scheduling) τράβηξε αρκετή προσοχή στη βιβλιογραφία και πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις προτάθηκαν, αυτές κατηγοριοποιούνται σε τρεις κύριες περιοχές:

- (1) Βέλτιστες προσεγγίσεις (optimal approaches)
- (2) Μέθοδοι επίλυσης / κανόνες απελευθέρωσης των εντολών (heuristics)
- (3) Εφαρμογές τεχνητής Νοημοσύνης

Οι έρευνες πάνω στις βέλτιστες προσεγγίσεις (optimal approaches) για το πρόβλημα του προγραμματισμού παραγωγής έγιναν από τους King and Spachis (1980) καθώς και από τους Baker (1974) και Rinnooy Kan (1976). Το μεγαλύτερο εύρος της δουλειάς που έχει γίνει ήταν θεωρητικής φύσεως και συχνά αναφερόμενη σε συστήματα εργασιών μιας μόνο μηχανής. Ακόμα και για αυτή την απλή περίπτωση, συχνά ήταν απαραίτητο να γίνονται απλοποιήσεις όπως: κανένα ενδεχόμενο βλάβης των

μηχανών ή επιδιόρθωσης οι διαδικασίες των λειτουργιών χρειάζονται υποστήριξη μια εργασία δεν διακόπτεται εφόσον έχει αρχίσει την επεξεργασία. Αυτές είναι μόνο λίγες από τις συνηθισμένες υποθέσεις.

Επίσης, αλγόριθμοι που έχουν χρησιμοποιηθεί περιλαμβάνουν διακλαδισμένες και οριοθετημένες αναζητήσεις δένδρων (branch and bound tree searches), δυναμικό προγραμματισμό και ακέραιο προγραμματισμό. Συχνά οι φόρμουλες που εξάγονταν δε μπορούσαν να επιλυθούν ή ακόμη και αν μπορούσαν ήταν ασύμφορα λόγω του υπολογιστικού χρόνου. Ο Rinnooy Kan (1976) αξιολόγησε αυτή τη δουλειά για τη παροχή πιθανών μεθόδων *heuristics*, όμως λίγες από αυτές τις μεθόδους θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στη πραγματική παραγωγή. Οι μέθοδοι *heuristics* παρέχουν μόνο την πρακτική λύση του προβλήματος.

Οι προσπάθειες που έχουν γίνει ήταν για την ελαστικοποίηση μερικών περιορισμών της "ευνοϊκότερης φόρμουλας" με σκοπό να βρεθεί μια λύση. Οι Bestwick and Lockyer (1979) ανέπτυξαν έναν αλγόριθμο με διακλαδώσεις και περιορισμούς με περιορισμένη αναζήτηση. Αυτό ελαχιστοποιούσε το απαιτούμενο υπολογιστικό χρόνο και παρείχε ευνοϊκά αποτελέσματα σε κάποιες, όχι όλες, τις περιπτώσεις. Αυτοί υποστηρίζουν ότι η δικής τους προσέγγιση που ονομάζονταν "γενικευμένος προγραμματισμός παραγγελιών" (generalized order schedule), παρήγαγε καλύτερα αποτελέσματα από πολλούς άλλους γνωστούς κανόνες. Παρόλα αυτά, το μοναδικό κριτήριο για τη σύγκριση των τεχνικών ήταν το χρονικό διάστημα της εργασίας (makespan). Η δυνατότητα για την επίτευξη της υποσχόμενης ημερομηνίας παράδοσης παραλείπονταν. Σημειώνεται ότι, παρόλο που ο υπολογιστικός χρόνος ελαττώνονταν παρέμενε μη αποδεκτή στο δυναμικό περιβάλλον εργασιών.

Οι κανόνες απελευθέρωσης εργασιών δεν παρέχουν κάποιο πρόγραμμα εργασιών παραγωγής εντός των σταθμών της παραγωγής. Αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για να επιλεχθεί ποια εργασία θα επεξεργαστεί επόμενη από την ουρά αναμονής

των εργασιών πριν το σταθμό εργασίας. Μια έρευνα εκτέλεσης κανόνων παρουσιάστηκε από τους Blackstone et al. (1982) οι οποίοι κατηγοριοποίησαν τους κανόνες σε τέσσερις τύπους:

(1) Κανόνες που περιέχουν το χρόνο επεξεργασίας, π.χ. SI (shortest imminent processing time), εισαγωγής πρώτης της εργασίας με το μικρότερο άμεσο χρόνο επεξεργασίας.

(2) Κανόνες που περιλαμβάνουν τους χρόνους απόκρισης π.χ., εισαγωγή πρώτης της εργασίας με το μικρότερο ενδιάμεσο χρόνο (smallest slack time) για την αναμενόμενη επεξεργασία.

(3) Κανόνες που περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά της εργασίας και σταθμού εργασίας, όπως FIFO π.χ. εισαγωγή της εργασίας που θα αφιχθεί στο σταθμό εργασίας πρώτη.

(4) Συνδυασμός των δύο ή περισσότερων από τους κανόνες από τις τρεις πρώτες κατηγορίες, π.χ., εισαγωγή της εργασίας για την οποία το μέσο άθροισμα του ενδιάμεσου χρόνου ανά επεξεργασία και χρόνου επεξεργασίας είναι μικρότερος.

Αυτοί οι κανόνες έχουν δοκιμαστεί και συγκριθεί χρησιμοποιώντας διάφορα κριτήρια όπως, ροή χρόνου (flowtime), μέση καθυστέρηση της εργασίας (job lateness) καθώς και η μέση βραδύτητα της εργασίας (job tardiness).

Συγκεκριμένα, η μέθοδος η οποία χρησιμοποιεί μια εταιρία για να καθορίσει το την ημερομηνία παράδοσης (DD) έγινε αντικείμενο μελέτης των Baker and Bertrand (1981). Σε μια εταιρία MTO αυτή η απόφαση σχηματίζεται κατά τη διαδικασία λήψης μιας παραγγελίας πελάτη. Μπορεί να είναι δοσμένη από τον πελάτη ή από τον πωλητή και μπορεί να μην έχει καμία σχέση με το χρόνο επεξεργασίας της. Εναλλακτικά μπορεί να καθοριστεί σε συνεργασία με τους προγραμματιστές παραγωγής βασιζόμενοι στο συνολικό χρόνο που απαιτείται η παραγγελία. Στις MTO εταιρίες είναι δυνατό να εφαρμοστούν κανόνες προγραμματισμού των απελευθερώσεων των παραγγελιών. Οι Adshed and Price (1988), δε συμφωνούν και θεωρούν ότι οι κανόνες αυτοί ταιριάζουν περισσότερο σε MTS εταιρίες γιατί αυτές υποστηρίζουν ότι η ημερομηνία παράδοσης είναι σταθερή. Αυτή η

υπόθεση είναι απαραίτητη για τις ΜΤΟ παραγωγικές εταιρίες αν η παραγγελία του πελάτη πρέπει να παραδοθεί στην ώρα της. Σε αντίθεση βέβαια, πολλές φορές πρέπει να προσαρμοστεί η επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης.

Αν όλοι αυτοί οι κανόνες χρησιμοποιούνταν ξεχωριστά θα έδειχναν υπεραπλουστευμένοι και πολύ διαφορετικοί από αυτούς που χρησιμοποιούνται από έναν υπεύθυνο παραγωγής.

Μερικές μέθοδοι heuristics απελευθέρωσης των εργασιών έχουν αναπτυχθεί και λαμβάνουν υπόψη το πότε οι κανόνες αυτοί μπορούν να παραβιαστούν. Παρόλα αυτά η χρήση αυτών των μεθόδων heuristics οδηγεί στο ερώτημα, κατά πόσον ο υπεύθυνος παραγωγής παράγει προγράμματα τα οποία είναι το ίδιο καλά, αν όχι καλύτερα από αυτά που παράγονται από τους κανόνες απελευθέρωσης εργασιών. Ο υπεύθυνος παραγωγής μπορεί να διαλέξει μεταξύ εναλλακτικών κανόνων χρησιμοποιώντας το πιο εφαρμόσιμο για το συγκεκριμένο φόρτο εργασιών ή να παραβιάσει ένα κανόνα εντελώς όταν το κρίνει απαραίτητο. Ο Grant (1986) κατέληξε σε προγραμματισμό εργασιών συντήρησης στη αεροπορική μοίρα της Μεγάλης Βρετανίας, ότι συχνά είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται μέθοδοι heuristics βάσει της ανθρώπινης εμπειρίας καλύτερα από το να υποθέσετε ότι το μοντέλο μιας έρευνας παράγει καλύτερα αποτελέσματα. Αυτή η ιδεολογία έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη κάποιων συστημάτων τεχνίτης νοημοσύνης για το πρόβλημα της παραγωγής.

Το πιο σύνηθες σύστημα από την τεχνητή νοημοσύνη που χρησιμοποιείται είναι ένα έμπειρο σύστημα. Οι Kanet and Adelsberger (1987), και Kusiak και Chen (1988) έκαναν μια επισκόπηση μερικών από των πιο σημαντικών συστημάτων που έχουν αναπτυχθεί. Αυτά περιλαμβάνουν ISA το οποίο προγραμματίζει τις παραγγελίες των πελατών, ISIS το οποίο προγραμματίζει εργασίες σε μεγάλης κλίμακας σταθμούς εργασιών (job shops) και το SCORE το οποίο εργάζεται παράλληλα με σύστημα Προγραμματισμού Απαιτήσεων Υλικών (MRP) αναθεωρώντας το πλάνο παραγωγής όταν προκαλείται κάποια διαταραχή - για

παράδειγμα βλάβη μηχανής ή συστημικό πρόβλημα (Chiodini, 1986).

2.5.2. Υλοποίηση ενός πλάνου παραγωγής

Η δημιουργία ενός αρχικού μοντέλου ως αρχικό βήμα δίνει την έναρξη του σχεδίου παραγωγής. Ένα μοντέλο παραγωγής σε ένα στάδιο εργασιών περιέχει συγκεκριμένες ιδιότητες της διαδικασίας παραγωγής ενώ ανταποκρίνεται στην διαχείριση της ροής υλικών σε λεπτομέρεια δίνοντας έτσι πλάνα παραγωγής με το ελάχιστο κόστος. Η διαχείριση μερικών πόρων, ίσως θα ήταν απαραίτητη σε κάποια επίπεδα εργασιών, κυρίως αυτών που ευθύνονται για τη δημιουργία υπερφορτώσεων (bottlenecks) σε κάποιες φάσεις παραγωγής.

Επόμενο βήμα, η διάθεση απαραίτητων δεδομένων τα οποία παρέχονται από συστήματα διαχείρισης τύπου ERP, του κύριου προγραμματισμού (MPS).

Στη συνέχεια, ο συνδυασμός των παραπάνω δεδομένων με τη εκτίμηση του υπευθύνου παραγωγής για τις μελλοντικές καταναλώσεις για επιπλέον καταναλώσεις, είτε σε επίπεδο εγκατάστασης ή μονάδας παραγωγής, δίνουν την εικόνα της δυναμικότητας και των εναλλακτικών επιλογών που έχει (π.χ. ευελιξία βαρδιών, κ.α.). ταυτόχρονα, ο υπεύθυνος παραγωγής μπορεί να αλλάζει ή να μορφοποιήσει το αρχικό σενάριο παραγωγής. Το αρχικό σενάριο παραγωγής, μπορεί να δημιουργηθεί είτε ακολουθώντας ένα δοσμένο σενάριο ή ένα σενάριο ιεραρχίας ανάλογα το τη διαδικασία παραγωγής.

Μια παραγωγική διαδικασία μπορεί να περιέχει πλάνα παραγωγής ενός επιπέδου ή δυο επιπέδων βάσει ιεραρχίας. (two - level planning hierarchy). Οι Drexl et al. (1994) υποστήριξαν ότι η ερώτηση για την ανάλυση του προγραμματισμού παραγωγής και του χρονικού προγραμματισμού εργασιών εξαρτάται από τον τύπο παραγωγής της εταιρίας η οποία καθορίζεται από την παραγωγική

διαδικασία και την επανάληψη των λειτουργιών της. Υπάρχουν πολλές μονάδες παραγωγής σε μια εγκατάσταση οι οποίες ανταποκρίνονται σε ένα συγκεκριμένο τύπο παραγωγής ώστε να εξυπηρετεί και τις ανάγκες της αλυσίδας εφοδιασμού.

Το πρόβλημα που πολύ συχνά είναι στην έναρξη των διαδικασιών του συστήματος προγραμματισμού παραγωγής είναι ο υπολογιστικός χρόνος που απαιτείται. Υπάρχουν αμέτρητες εναλλακτικές στη δρομολόγηση των εντολών σε ένα σταθμό, από τις οποίες μόνο μερικές είναι δυνατές. Θεωρητικά, υπολογίζονται $n!$ διαφορετικές αλληλουχίες των n εντολών για να δρομολογηθούν σε ένα πόρο. Ενώ αυτό μπορεί να εκτελεστεί για πέντε εντολές γρήγορα από τον υπολογισμό (πχ. $5! = 120$), για 10 εντολές απαιτείται περισσότερος χρόνος ($10! > 3.6 \cdot 10^6$) και φυσικά ο χρόνος δεν είναι αποδεκτός όταν έχουμε 20 εντολές.

Ο ανα-σχεδιασμός του πλάνου παραγωγής έρχεται σαν αποτέλεσμα των συσσωρευμένων εργασιών, η ανάγκη δημιουργίας προτεραιοτήτων ή η αντιμετώπιση προβλημάτων όπως τη βλάβη μιας μηχανής ή την είσοδο νέων εντολών και κατά συνέπεια την ανάγκη εισαγωγής περισσότερων μηχανών στο σύστημα κ.α. όταν υπάρχει δυνατότητα αλλαγής του πλάνου παραγωγής ελέγχεται τότε εκτιμάται ο χρόνος εκτέλεσης και έτσι προσδιορίζεται ίσως μια νέα ημερομηνία παράδοσης για την παραγγελία. Στόχος πάντα παραμένει η ελαχιστοποίηση του χαμένου χρόνου και φυσικά του κόστους για όποια αναθεώρηση ή προσαρμογή του πλάνου παραγωγής.

2.6. Προσέγγιση Προγραμματισμού Παραγωγής μέσω αρχών Προγραμματισμού έργων

Ο προγραμματισμός έργου διαφοροποιείται από τον προγραμματισμό της παραγωγής αρχικά από τη μη επαναληπτική φύση της εργασίας. Ο προγραμματισμός έργου έχει όλους του πόρους για τη διεκπεραίωση της δοσμένης εργασίας, ενώ ο

προγραμματισμός παραγωγής έχει περιορισμένους πόρους για την απόδοση πολλών ποικίλων εργασιών. Ένα "project" συνήθως μα όχι πάντα αποτελεί έργο μιας μοναδικής προσπάθειας. Παρόλο που μπορεί να έχει ξαναγίνει παρόμοια εργασία - project δε θα επαναληφθεί με τον ίδιο τρόπο, όπως σε ένα περιβάλλον παραγωγής. Συνεπώς, για να πραγματοποιηθεί το έργο επιτυχώς, ο διαχειριστής έργου πρέπει να προγραμματίσει σε εύρος βάσει της εμπειρίας του σε παρόμοια έργα. Όσον αφορά το σχεδιασμό και προγραμματισμό πολύ βασικός παράγοντας είναι ο υπολογισμός του ανθρώπινου δυναμικού, τις υπηρεσίες και άλλων πόρων που απαιτούνται για τη διεκπεραίωση του έργου σε όλη τη διάρκεια. Ο προγραμματισμός των λειτουργιών περιλαμβάνει την κατανομή των περιορισμένων πόρων, διαθέσιμων σε διάφορες δραστηριότητες στο χρόνο. Ο στόχος είναι ο σχεδιασμός και η εκτέλεση του έργου, όπου το κόστος και ο χρόνος που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του έργου πρέπει να είναι σωστά ισορροπημένα.

Στα πολυδιάστατου τύπου συστήματα διαχείρισης, αναλαμβάνονται πολλών τύπων έργα ταυτόχρονα. Σε αυτού του τύπου τις περιπτώσεις οι υπεύθυνοι αποφάσεων αντιμετωπίζουν διάφορα θέματα στην κατανομή των περιορισμένων πόρων σε μια προσπάθεια να βελτιστοποιήσουν την συνολική δυναμικότητα της εταιρίας. Στη διαχείριση πολύπλοκων συστημάτων, ενώ γίνεται η κατανομή των περιορισμένων πόρων, προκύπτουν συγκρούσεις προγραμματισμού, π.χ., δύο ή περισσότερες εργασίες του ίδιου ή διαφορετικών έργων συχνά απαιτούν παρόμοιους ή τους ίδιους σπάνιους πόρους. Σαν μια συστημική προσέγγιση, ένα πολυδιάστατο σχεδιαστικό σύστημα αποτελείται από μια σειρά από διαδικασίες για την κατανομή των σπάνιων πόρων στις εργασίες στο κατάλληλο χρονικό σημείο ώστε να ολοκληρωθούν μέχρι την ημερομηνία παράδοσης τους.

Ένα τέτοιο πολυδιάστατο σύστημα προγραμματισμού είναι πολύ κοντά στο προγραμματισμό για MTO περιβάλλον παραγωγής, ειδικά όταν έχουν μεγάλο χρόνο παράδοσης. Η μόνη διαφορά είναι ότι

ποσότητα και η ποικιλία των διαθέσιμων πόρων στην περίπτωση προγραμματισμού μεγάλου κύκλου εργασιών (όπως είναι το περιβάλλον παραγωγής) είναι κάτι σταθερό. Στα πολυδιάστατα συστήματα προγραμματισμού, σε οποιοδήποτε στάδιο υπάρχει αναζήτηση της κατάλληλης κατανομής των περιορισμένων πόρων στα διάφορα έργα στο σύστημα. Στο προγραμματισμό μιας μεγάλης κύκλου εργασίας, αν θεωρήσουμε κάθε εισερχόμενη εργασία ως ένα έργο και τις διάφορες λειτουργίες διαθέσιμες σαν πόρους. Τότε το σύστημα θα είναι όπως ένα πολυδιάστατο σύστημα προγραμματισμού γιατί στα συστήματα παραγωγής μεγάλου χρόνου παράδοσης, κάθε χρονική στιγμή υπάρχουν διαφορετικές εργασίες που πρέπει να προγραμματιστούν. Αυτές οι εργασίες χρησιμοποιούν τους περιορισμένους διαθέσιμους πόρους με σκοπό να εκπληρώσουν τους στόχους της εταιρίας με την αντίστοιχη

- ελαχιστοποίηση των χρόνου απόκλισης από την ημέρα παράδοσης,
- ελαχιστοποίηση του σε επεξεργασία αποθέματος και αύξησης της εκμετάλλευσης των πόρων.

Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες από πολλούς ερευνητές να χρησιμοποιήσουν την ιδέα του προγραμματισμού έργων στο περιβάλλον του MTO. Η ομοιότητα μεταξύ των συστημάτων MRP-προγραμματισμού απαιτήσεων υλικών και συστημάτων προγραμματισμού έργων έχει παρουσιαστεί από πολλούς. Το στατικό συστατικό του MRP είναι ο κατάλογος υλικού-BOM και εξυπηρετεί στην απάντηση της ερώτησης του τι θα παραχθεί. Το δυναμικό συστατικό του MRP περιλαμβάνει την προς τα πίσω (backwards) χρονική ανάλυση και προμήθεια των πόρων μέσω διαχείρισης του αποθέματος, εντολών προμηθειών και παραγωγής. Ενώ απάντια στο "πότε" και "πως" θα επιτευχθούν τα ξεχωριστά έργα. Έτσι και τα δύο παραπάνω συστήματα έχουν ομοιότητες στο σχεδιασμό και προγραμματισμό. Το πρόβλημα περιορισμένων πόρων του προγραμματισμού προκύπτει να είναι ένα πρόβλημα δικτύων NP-Hard. Θα ήταν επιθυμητό να υπάρχει μια διαδικασία προγραμματισμού που να λαμβάνει υπόψη ταυτοχρόνως όλα τα έργα

που διεξάγονται από την εταιρία και να προγραμματίζει κάθε εργασία έτσι ώστε κάθε στόχος να επιτυγχάνεται. Αυτοί οι στόχοι μπορεί να είναι:

- Η ολοκλήρωση του έργου στη απαιτούμενη ημερομηνία με τις μικρότερες καθυστερήσεις
- Οι απαιτούμενοι πόροι να μην ξεπερνούν της υπάρχουσες διαθεσιμότητες.
- Ελαχιστοποίηση των άεργων πόρων.

Υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις για την επίλυση αυτού του προβλήματος στη βιβλιογραφία.

Κεφάλαιο 3°

Μοντελοποίηση και σχεδιασμός Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS) ΜΤΟ παραγωγής

3.1. Εισαγωγή στην αρχιτεκτονική του DSS

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η αρχιτεκτονική και το βασικό πλάνο ανάπτυξης ενός Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support System-DSS), στο οποίο αναλύονται και μοντελοποιούνται οι βασικοί παράμετροι του μοντέλου. Οι παράμετροι αυτοί προέρχονται από την περιγραφή των βασικών προβλημάτων των ΜΤΟ παραγωγικών εταιριών και προσανατολίζουν τα διάφορα εργαλεία μέσα στο σύστημα.

Αρχικά, είναι απαραίτητο να δοθεί η δυναμική του σχεδιαζόμενου DSS σε σχέση με τα άλλα συστήματα που χρησιμοποιούνται. Ποιες είναι βασικές είσοδοι και έξοδοι του συστήματος και ποιος είναι ο κύριος σκοπός λειτουργίας του.

Ο προσανατολισμός για την ανάπτυξη ενός συστήματος DSS αλλά και η επέκταση που μπορεί να δοθεί στη συνέχεια, έγκειται στις ανάγκες και των χαρακτηριστικών των εταιριών.

Έτσι όπως υποστηρίζει ο Boar (1984,) υπάρχουν κάποια βήματα για την ανάπτυξη ενός ικανοποιητικού μοντέλου:

1. Αναγνώριση των βασικών αναγκών. Προσδιορισμός των θεμελιωδών στόχων και σκοπών της εφαρμογής, των

μεγαλύτερων προς επίλυση προβλημάτων από το σύστημα, των δεδομένων στοιχείων, των σχέσεων των αρχείων και των προς διεκπεραίωση λειτουργιών.

2. Ανάπτυξη του προς λειτουργία μοντέλου. Γρήγορη λειτουργία που θα παραδίδει τα είδη-κλειδιά που αναγνωρίζονται στο α' βήμα. Εφοδιασμός των αιτημάτων του χρήστη με σωστές πρακτικές της κατασκευής του συστήματος.
3. Επίδειξη των απαιτήσεων και παρουσίαση του μοντέλου. Προσπάθεια μίμησης της αποδοτικότητας του συστήματος για την ανακάλυψη πιθανών αποτελεσμάτων και προεκτάσεων. Διερεύνηση του συστήματος μέσω «τι εάν» ερωτημάτων.
4. Όταν πλέον είναι έτοιμο το πρότυπο, συνεχίζεται η επανάληψη μέχρι να φθάσει σε ικανοποιητικό επίπεδο η λειτουργικότητα του συστήματος.

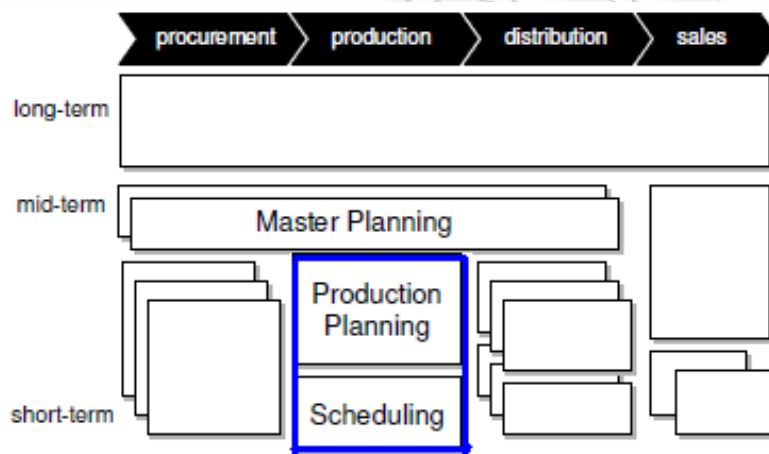
Συνεπώς, απαντώντας στα παραπάνω βήματα, δίνεται η δυνατότητα σχεδιασμού ενός συστήματος για οποιαδήποτε μικρή ή μεγάλη εταιρία. βάσει των παραπάνω, το σύστημα που περιγράφεται αναζητείται να έχει τις εξής βασικές λειτουργίες:

1. Πρόταση αποδοχής ή απόρριψης της εισερχόμενης στο σύστημα εντολής πελάτη, εκτίμηση του πρώτου κόστους της εργασίας
2. Προγραμματισμός παραγωγής και χρήση μεθόδων ιεραρχίας εντολών, τοποθέτηση εργασιών σε σταθμούς εργασίας
3. Δρομολόγηση εργασιών και απόδοση αυτών μέσω διαγράμματος εργασιών και γραφήματος
4. Ανανέωση του προγράμματος παραγωγής και απόδοση νέων λύσεων
5. Σύνδεση του συστήματος με άλλα συστήματα της εταιρίας.

Πίσω από την κάθε λειτουργία του συστήματος τρέχουν πολλές άλλες υπο-εργασίες ορίζοντας ένα επόμενο στάδιο ανάπτυξης και απόδοσης του συστήματος, ενώ για την κάθε λειτουργία και υπο-

εργασία χρησιμοποιείται ένας μεγάλος αριθμός πληροφοριών, που είτε εισάγονται εξ αρχής στο σύστημα είτε από κάποια εργασία στο σύστημα.

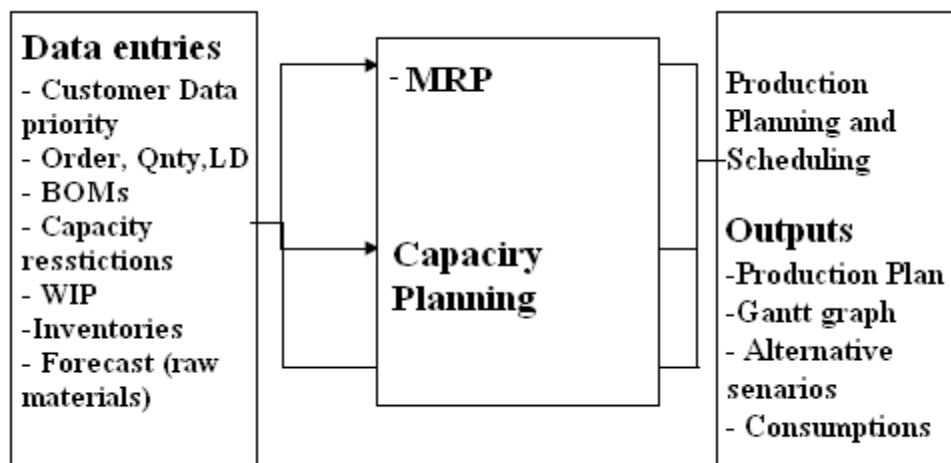
Η διάχυση της πληροφορίας είναι απαραίτητη είτε το παρόν σύστημα προγραμματισμού παραγωγής είναι αυτόνομο ή αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων (ERP). Συνεπώς το σύστημα που περιγράφεται παρότι αφορά τον προγραμματισμό παραγωγής, σίγουρα είναι ένα ανοιχτό σύστημα, δηλαδή επιδέχεται την ενοποίηση του με άλλα συστήματα καθώς και την επέκτασή του σε μεγαλύτερο φάσμα λειτουργιών της εταιρίας παραγωγής, σχέδιο 3.1.



Σχέδιο 3.1. Αρχιτεκτονική ενός Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων [*πηγή σχεδίου [13]]

Η αρχιτεκτονική ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων περιλαμβάνει ένα μεγάλο σύνολο ελέγχων και άρα ένα μεγάλο αριθμό επαναλήψεων. Η συνεχής αλληλεπίδραση συστήματος – χρήστη είναι το βασικό χαρακτηριστικό κάθε συστήματος. Αυτή η συνεχής τροφοδότηση πληροφοριών του συστήματος έχει ως σκοπό τον εντοπισμό και συγκεκριμενοποίηση των αναγκών του χρήστη, έτσι πολλές φορές ένα σύστημα φέρει μεγάλο υπολογιστικό φόρτο με αποτέλεσμα να γίνεται αργό. Σημειώνεται επίσης, ότι η λειτουργικότητα και η ταχύτητα ενός συστήματος εξαρτάται άμεσα σε ένα σημαντικό μέρος από τη δομή του.

Η αρχιτεκτονική ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων παραγωγής, όπως αναλύεται και στη συνέχεια και στο σχέδιο 3.2, περιέχει σε πρώτη φάση την εισαγωγή όλων των απαραίτητων στοιχείων, όπως στοιχεία πελάτη, η εντολή του πελάτη, βασικά στοιχεία υλικών (master data υλικών) κ.α. στη συνέχεια ελέγχεται η δυναμικότητα της παραγωγής ώστε να εξαχθεί το λεπτομερές πρόγραμμα παραγωγής καθώς και εναλλακτικές που διευκολύνουν το χρήστη.



Σχέδιο 3.2 Αρχιτεκτονική Συστήματος Υποστήριξης Παραγωγής

Στη συνέχεια αναλύονται τα βήματα μέσα από τα οποία ένα σύστημα υποστήριξης προγραμματισμού παραγωγής αποδίδει τις απαιτούμενες απαντήσεις στο χρήστη.

3.2. Η Ανάπτυξη Μοντέλου Συστήματος υποστήριξης Παραγωγής

Ένας από τους βασικούς στόχους για τις μικρές και μεσαίες εταιρίες, είναι η δυνατότητα να αποτιμούν τις εισερχόμενες εντολές, όσον αφορά την κερδοφορία τους και να επιλέγουν τις καλύτερες εντολές που μπορούν να αποδεχτούν. Η αποδοχή των εντολών προς παραγωγή είναι ένα σημαντικό θέμα ιδίως όταν η ζήτηση υπερβαίνει της δυναμικότητας. Τόσο η αποδοχή ή μη της εντολής όσο και η διαχείριση της σε σχέση με άλλες εντολές

θέτοντας το θέμα προτεραιότητας αλλά και κατανομής των πόρων της επιχείρησης, αποτελούν βασικές απαντήσεις αλλά και κομμάτια ελέγχου στο σύστημα.

Οπότε, ως αρχική λειτουργία και πρώτη απάντηση του συστήματος είναι η επιβεβαίωση ή μη της επικερδούς ανάληψης της εισερχόμενης εργασίας στο σύστημα. Σε αυτή τη φάση γίνεται ένας προέλεγχος και ένας πρώτος προγραμματισμός παραγωγής και κόστους για την υποστήριξη του αποφασίζοντα.

3.2.1. Εισαγωγή δεδομένων και προέλεγχος των εντολών (Data input and pre-screening)

Τα βασικά στοιχεία που απαιτούνται για την αρχικό στήσιμο του συστήματος αλλά και για την συλλογή των επαναλήψεων για την τοποθέτηση τους στη βάση δεδομένων (**Data Base**) είναι δεδομένα για να αρχίσει η μοντελοποίηση του συστήματος:

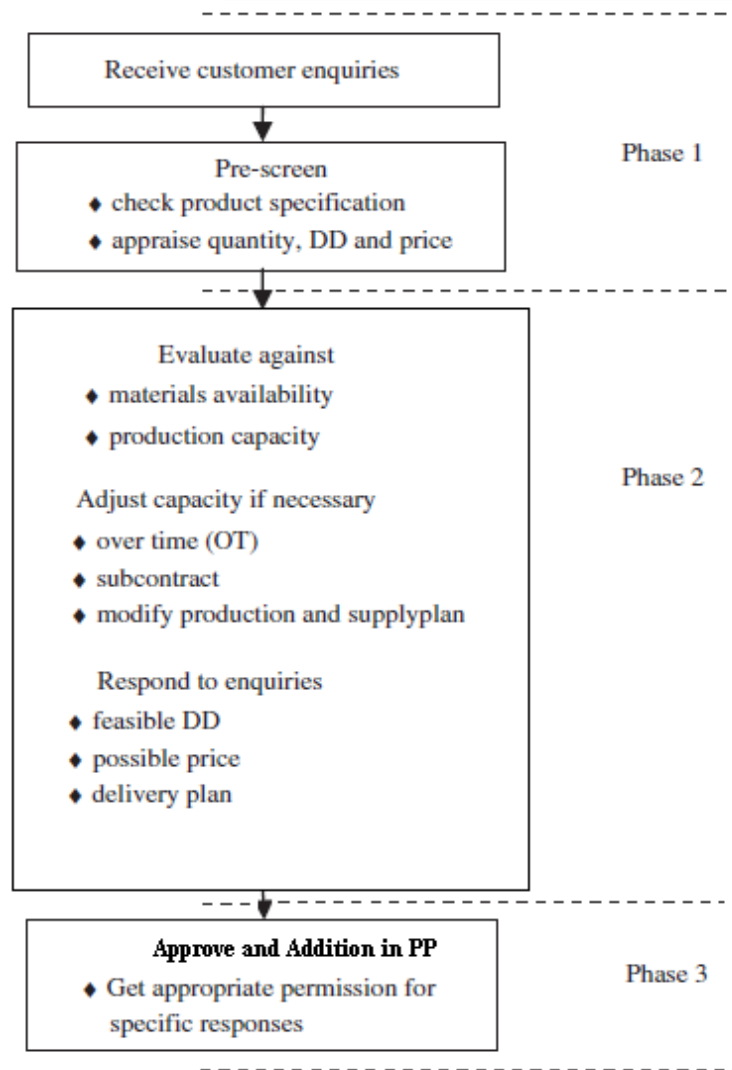
- 1.** Λεπτομέρειες σχετικά με την εντολή του πελάτη, δηλώνοντας αν οι τιμές και οι ημερομηνίες είναι δεδομένες (πρέπει να κλειδώσουν στο πλάνο) ή διαπραγματεύσιμες.
- 2.** Πληροφορίες για τη διαχείριση της δυναμικότητας, περιλαμβάνοντας λεπτομέρειες για τη τυπική και μέγιστη δυναμικότητα των σταθμών εργασίας. Επίσης, δίνεται ο αναμενόμενος φόρτος που υπολογίζεται από ήδη επιβεβαιωμένες εργασίες ή για τις οποίες έχει γίνει αναληφθεί.
- 3.** Στοιχεία από την ανάλυση του Μάρκετινγκ. Απαιτούνται πληροφορίες σχετικές με παλαιότερες απαιτήσεις του πελάτη.
- 4.** Τελικά, εισάγονται οι πληροφορίες για την εκτίμηση του κόστους και τον προγραμματισμό υλικών.

Τα περισσότερα από αυτά τα δεδομένα μπορεί να έχουν συλλεχθεί καθώς και συγκεκριμένα δεδομένα παραγωγής τα οποία θα χρειαστούν για βραχυπρόθεσμο προγραμματισμό παραγωγής, όπως φόρτωση των σταθμών όπως γίνεται για ένα MRP σύστημα. Τα στοιχεία του μάρκετινγκ και η ανάλυση της εκτιμώμενης επεξεργασίας είναι νέα στοιχεία.

Παρόλο που οι απαιτήσεις των πελατών διαφέρουν, η γενική δομή για τη επεξεργασία των αιτημάτων στο στάδιο επεξεργασίας της απαίτησης των πελατών παρουσιάζεται στο σχέδιο 3.3. Υπάρχουν τρεις φάσεις που δίνουν τη δομή εργασιών.

Στη φάση 1, οι εισερχόμενες απαιτήσεις υποβάλλονται σε ένα προ έλεγχο όπου ελέγχεται η προδιαγραφή του υλικού και αξιολογούνται η παραδομένη ποσότητα, ο χρόνος παράδοσης και η τιμή πώλησης του προϊόντος. Ο στόχος ενός τέτοιου σταδίου είναι να απορριφθούν εκείνες οι απαιτήσεις οι οποίες είναι ξεκάθαρα ακατάλληλες για να παραχθούν στην εταιρία. Οι αναμενόμενες απαιτήσεις θα επανεξεταστούν βάσει της περιορισμένης διαθέσιμης δυναμικότητας στη φάση 2.

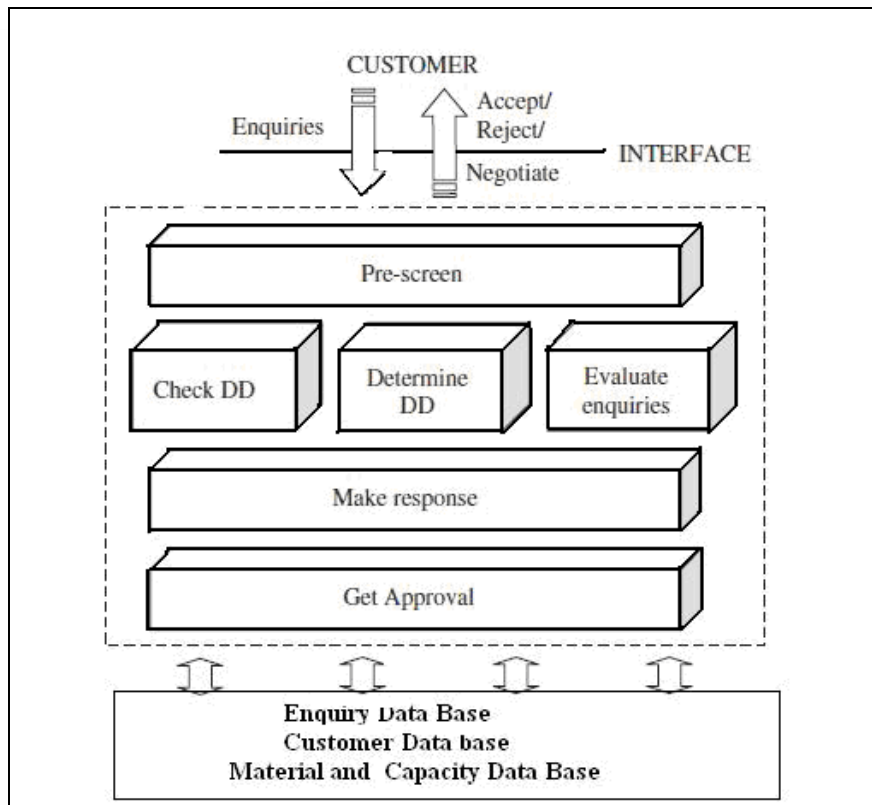
Στη δεύτερη φάση, συνυπολογίζονται δύο τύποι δυναμικότητας, αυτής της διαθεσιμότητας των υλικών και της δυναμικότητας παραγωγής οι οποίοι αντιλαμβάνονται στο σύστημα ως περιορισμοί. Για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις της παραγωγής ίσως χρειαστεί η δυναμικότητα να προσαρμοστεί από το προγραμματισμό υπερωριών (overtime) ή και υπεργολαβίες υλικών όπως και από τη διαφοροποίηση της παραγωγής ή το πλάνο εφοδιασμού υλικών. Επίσης, γίνεται έλεγχος της ημερομηνίας παράδοσης, συγκεκριμένης τιμής κόστους και πλάνου του παραδόσεων βάσει της εντολής του πελάτη.



Σχέδιο 3.3 Η δομή ενός συστήματος αρχικής επεξεργασίας των εντολών του πελάτη[*πηγή γραφήματος[10]]

Κατά την φάση 3, εγκρίνεται το τελικό εκτιμώμενο κόστος οπότε και στη συνέχεια αποστέλλεται η προσφορά προς τον πελάτη για την επιβεβαίωση της τιμής ή προτίθεται άμεσα στις εργασίες που ήδη επεξεργάζονται.

Η γενική εικόνα λειτουργίας ενός DSS και η αλληλεπίδρασή του με το χρήστη για την αξιολόγηση των αιτημάτων ενός πελάτη φαίνεται στο σχέδιο 3.4.



Σχέδιο 3.4. Αλληλεπίδραση DSS με χρήστη για την αρχικό έλεγχο και αποδοχή της εντολής[*πηγή γραφήματος[10]]

Όταν το αποτέλεσμα του παραπάνω πρώτου ελέγχου είναι η αποδοχή της εντολής του πελάτη τότε η εντολή εισάγεται στη σειρά εργασιών που αναμένουν προς υλοποίηση. Φυσικά, ενώ αρχικά υπάρχει ένα πλάνο παραγωγής αυτό μπορεί να αλλάξει εφόσον στο σύστημα εισέλθουν νέες παραγγελίες.

3.2.2. Μοντέλο Προγραμματισμού παραγωγής

Η συνέχεια της παραπάνω αρχικής διαδικασίας είναι η ανάπτυξη ενός λεπτομερούς πλάνου εργασιών σε όλες τις φάσεις της παραγωγής της εταιρίας.

Στόχος του προγραμματισμού παραγωγής είναι η δημιουργία ενός λεπτομερούς πλάνου παραγωγής σε μικρό χρονικό διάστημα. Ένα πλάνο παραγωγής κατευθύνει την εκτέλεση της κάθε παραγγελίας από την έναρξή της μέχρι την ολοκλήρωσή της λαμβάνοντας υπόψη τους πόρους και τη δυναμικότητα της παραγωγής.

Έτσι το πρόγραμμα της παραγωγής διαμορφώνει τη σειρά εκτέλεσης των παραγγελιών για δεδομένους πόρους. Εν τέλει το συνολικό πρόγραμμα παραγωγής μπορεί να απεικονίζεται σε ένα γράφημα Gantt. Το χρονικό πλάνο προγραμματισμού ποικίλει, από μια ημέρα έως κάποιες εβδομάδες, παράγοντας που εξαρτάται τη φύση της εταιρία. Το «βέλτιστο» μήκος χρόνου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες: από τη μια πρέπει να καλύπτει ένα εύρος χρόνου που να ανταποκρίνεται στο μεγαλύτερο χρόνο επεξεργασίας μιας εντολής παραγωγής για μια μονάδα παραγωγής, ενώ από την άλλη ο χρονικός ορίζοντας προγραμματισμού είναι περιορισμένος από τη διαθεσιμότητα ήδη γνωστών εντολών πελατών ή αξιόπιστων προβλέψεων, παρότι η πρόβλεψη για τις MTO εταιρίες δε συμβαίνει συχνά παρά μόνο για κάποια υλικά.

Ο προγραμματισμός των διαφόρων μερών γίνεται αποκεντρωτικά, χρησιμοποιώντας την εμπειρία του προσωπικού σε κάθε χώρο εργασίας και την υπάρχουσα γνώση στο κάθε τμήμα του επιπέδου εργασίας.

Ο Κύριος Προγραμματισμός δίνει το πλαίσιο μέσα από το οποίο μπορεί να εκτελεστεί ο Προγραμματισμός παραγωγής για τις ποσότητες που θα παραχθούν. Συνήθεις "οδηγίες" αφορούν:

- Το σύνολο των υπερωριών ή των επιπλέον βαρδιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν,
- Η διαθεσιμότητα των υλικών ελέγχοντας προς τα πίσω (upstream) στην αλυσίδα εφοδιασμού σε διαφορετικά σημεία στο χρόνο,
- Συμφωνίες προμηθειών συνυπολογίζοντας εισερχόμενα υλικά από τους προμηθευτές.
- Η ποσότητα εποχικού αποθέματος διαφορετικών προϊόντων που πρέπει να παραχθούν μέχρι ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα (αφορά είτε υλικά που απαιτούνται κατά διαστήματα για τις MTO παραγωγές,
- Η καταχώρηση των ακριβών ημερομηνιών παράδοσης των παραγγελιών στο επόμενο επίπεδο της εφοδιαστικής

αλυσίδας (το οποίο μπορεί να είναι το επόμενο στάδιο παραγωγής, ή αποστολή στον τελικό πελάτη).

Η διαδοχή των παραγγελιών σε ανεξάρτητους πόρους είναι χρήσιμη όταν τα πλάνα παραγωγής δεν είναι ευμετάβλητα λόγω των συχνών αλλαγών, όπως στις παραγόμενες ποσότητες ή στο φόρτο των μηχανών.

Η μεθοδολογία που περιγράφει την ανάπτυξη και λειτουργία του μοντέλου περιγράφεται από τα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1: Ανάπτυξη μοντέλου προγραμματισμού σε επίπεδο εργασιών

Για την ανάπτυξη μοντέλου προγραμματισμού σε επίπεδο εργασιών (shop floor) θα πρέπει να εντοπιστούν οι απαραίτητες ιδιότητες της παραγωγικής διαδικασίας και των ροών υλικών σε αρκετή λεπτομέρεια ώστε να επιτρέψει την ανάπτυξη εφικτών πλάνων παραγωγής στο ελάχιστο κόστος.

Μόνο ένα μέρος των υπάρχοντων πόρων στο επίπεδο παραγωγής – ονομαστικά εκείνοι που τείνουν πιθανότερα να υπερφορτωθούν (φαινόμενο bottleneck) – θα πρέπει να μοντελοποιηθούν με περισσότερη λεπτομέρεια, αφού η παραγωγή περιορίζεται λόγω αυτών των υπερφορτώσεων.

Στοιχεία ανάπτυξης μοντέλου βήματος 1

Επιπλέον λεπτομέρειες δίνονται σχετικά τους χρόνους μεταξύ των λειτουργιών του κάθε σταθμού εργασίας, καθώς στο παρόν σύστημα λαμβάνεται ο χρόνος προγραμματισμού (δυναμικός) και όχι προκαθορισμένος.

Το μοντέλο καθορίζεται από πολλές πληροφορίες και στοιχεία που υπάρχουν ή εισέρχονται κάθε φορά στο σύστημα με την είσοδο μιας εντολής, τέτοια είναι, κάποια δομικά:

- Τοποθεσίες (χώρων αποθήκης υλικών, πρώτων υλών, τελικών προϊόντων, παραγωγής)
- Σύσταση υλικών (BOM)
- Στοιχεία διαχείρισης εργασιών (routing) και οι σχετικές οδηγίες λειτουργίας

- Πόροι (παραγωγής)
- Στοιχεία προμηθευτών
- Στοιχεία για την προετοιμασία
- Χρονοδιαγράμματα εργασιών (calendar)

Ο κατάλογος του υλικού (BOM) συνήθως δηλώνεται στην καρτέλα του υλικού και έτσι ορίζονται και οι συνδέσεις μεταξύ των υλικών. Η καλύτερη αναπαράσταση της συνταγής ενός υλικού είναι μέσω ενός δέντρου. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται οι αναλώσεις των υλικών προς την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Το σύστημα μεταφράζει την αρχική τοποθέτηση της εντολής σε αναλώσεις πρώτων μέσω αλγορίθμων που τρέχουν κάθε φορά που τοποθετείται εντολή σε τελικό ή ενδιάμεσο προϊόν. Η ανάλυση των πόρων ανά υλικό μπορεί εξαρτάται τον ορισμό των δρομολογήσεων των εργασιών (routings) καθώς και από τις οδηγίες λειτουργίας σε κάθε σταθμό εργασίας. Έτσι, προκύπτουν τα διάφορα μοντέλα παραγωγής (Production Process Model). Σε ένα μοντέλο παραγωγής, χαρακτηρίζονται οι λειτουργίες της παραγωγής, οι πόροι και τα προϊόντα που αναλώνουν τους πόρους. Ιεραρχικά, κάτω από τις λειτουργίες (operations) υπάρχουν δραστηριότητες που ορίζουν μια δευτερευούσης σημασίας πόρους όπως συναρμολόγηση. Κάθε λειτουργία στην παραγωγή παίρνει μια είσοδο και αποδίδει αποτελέσματα-προϊόντα στην έξοδο. Ο τρόπος που συνδέονται οι πόροι με τις εργασίες μπορούν να αποδοθούν με διανύσματα που δίνουν την εξέλιξη των εργασιών. Οι σχέσεις των βελών (εργαλείο προγραμματικού εργασιών) είναι:

- Σχέσεις αρχή - τέλους, τέλους - τέλους, αρχή - αρχή, μαζί με
- Μέγιστες και ελάχιστες χρονικές αποστάσεις.

Επίσης, τα στοιχεία των αναλώσεων των πόρων ανά υλικό προκύπτει από τις δρομολογήσεις εργασιών (routings) και τις οδηγίες λειτουργίας σε κάθε σταθμό εργασίας. Έτσι τόσο ο αριθμός των υλικών ανά εντολή όσο και η ανάλυση του πόρου ανά

υλικό απαιτούνται στο προγραμματισμό της διαδοχής των εντολών αλλά και του προγραμματισμού των εργασιών.

Βήμα 2: Αντληση των απαραίτητων στοιχείων

Ο προγραμματισμός παραγωγής αντλεί στοιχεία από τις βασικές περιοχές πληροφοριών, που είναι τα άλλα εργαλεία του συστήματος ή οι έξοδοι από διαδικασίες αυτών:

- Το ERP σύστημα, (inventory handling, supplies, sales, and financial management)
- Κύριο Πλάνο παραγωγής (Master Production schedule) και
- Προγραμματισμός ζήτησης (Demand Planning) σε μεγαλύτερο εύρος όταν πρόκειται για MTS)

Μόνο ένα μέρος των διαθέσιμων δεδομένων αυτών των εργαλείων θα χρησιμοποιηθεί στον Προγραμματισμό Παραγωγής. Παρόλα αυτά, είναι απαραίτητο να συγκεκριμενοποιηθούν ποια δεδομένα απαιτούνται για τη μοντελοποίηση μιας δοσμένης μονάδας παραγωγής.

Βήμα 3: Δημιουργία σεναρίων πλάνων παραγωγής

Βασικό χαρακτηριστικό του συστήματος είναι η εύκολη προσαρμογή των δεδομένων της παραγωγής προς τη δημιουργία σεναρίων και εναλλακτικών, τροποποιώντας τη δυναμικότητα της παραγωγής (π.χ. διαμορφώνοντας τις βάρδιες).

Εκτός από τα στοιχεία που λαμβάνονται από το ERP σύστημα ή το Κύριο Πλάνο παραγωγής, το σύστημα επιτρέπει την επέμβαση του χρήστη για την επίλυση κρίσιμων προβλημάτων, που δεν υποστηρίζονται από τα εργαλεία του παρόν συστήματος (software modules) βάσει της εμπειρίας του στα προβλήματα της επιχείρησης.

Βήμα 4: Δημιουργώντας αρχικού προγράμματος παραγωγής

Μετά τη δημιουργία σεναρίων είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου προγράμματος παραγωγής. Ένα πρόγραμμα παραγωγής έχει εναρκτήριο ένα αρχικό σενάριο. Σε πρώτη φάση,

δημιουργείται το πλάνο παραγωγής (production order) και έπειτα πάνω σε αυτό δίνονται οι απαραίτητες λεπτομέρειες και δρομολογήσεις για την εξαγωγή ενός ολοκληρωμένου προγράμματος παραγωγής (scheduling).

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο ο τρόπος που συνδέονται οι πόροι με τις εργασίες μπορούν να αποδοθούν με διανύσματα που δίνουν την εξέλιξη αυτών εργασιών. Οι απαιτήσεις σε χρόνο, πόρο και υλικά μιας εντολής προς παραγωγή θεωρούμε ότι απεικονίζονται με βέλη-διανύσματα. Αντίστοιχα, όπως σε ένα πρόβλημα χρονικού προγραμματισμού η εισαγωγή του υλικού προς επεξεργασία ορίζεται ως εναρκτήριο κόμβος και στο τέλος ο κόμβος που καταλήγει η ροή εργασιών να αποδίδεται το τελικό προϊόν, το οποίο είναι και η έξοδος στο σύστημα. Συνεπώς, αναλύοντας μια παραγγελία - εντολή του αντίστοιχου μοντέλου παραγωγής ξεκινώντας από το τελευταίο στάδιο παραγωγής αποδίδονται πληροφορίες για τους πόρους και την ανάλωση του υλικού μέσα στα αντίστοιχα παράθυρα χρόνου.

Τα χρονοδιαγράμματα που αποτελούν μια είσοδο στο σύστημα, βρίσκονται στο σύστημα σαν ένα εργαλείο δίνοντας ευελιξία με το να παρέχουν επιπλέον πληροφορίες και να εφοδιάζονται με νέα στοιχεία. Στο ημερολόγιο του εργοστάσιου περιέχονται βλάβες και άλλες διακοπές στο χρόνο εργασίας των πόρων. Επίσης περιέχεται πότε μια εγκατάσταση, ή πόρος λειτουργεί με μια, δύο ή τρεις βάρδιες, κ.α.

Υπάρχουν εξαρτώμενα στοιχεία τα οποία διαφέρουν ανάλογα την τρέχουσα κατάσταση του σταθμού εργασίας, αυτά μπορεί να είναι:

- Αρχικά αποθέματα, συμπεριλαμβανομένης της εργασίας σε διαδικασία (WIP)
- Κατάσταση εγκατάστασης των πόρων και
- Ομάδα εντολών για επεξεργασία μέσα σε ένα δεδομένο αντίστοιχο χρόνο.

Κάποιες λειτουργικές διαδικασίες διαμορφώνονται από το χρήστη και αφορούν:

- Κανόνες μεγέθους παρτίδων
- Κανόνες προτεραιοτήτων
- Εναλλακτικές προγραμματισμού εκτέλεσης εργασιών (routings).

Παρόλο που οι κανόνες για τη δημιουργία των παρτίδων θα πρέπει να βασίζονται στην κατάσταση της παραγωγής – όπως εκμετάλλευση των πόρων και των αντίστοιχων ποσών κόστους, το παρόν σύστημα δίνει τη δυνατότητα να ρυθμιστούν κάποιων κανόνων από την αρχή στη είσοδο των στοιχείων. Τέτοιοι κανόνες μπορεί να είναι μια ρύθμιση μεγέθους παρτίδας (fixed LS), ελάχιστο μέγεθος παρτίδας ή ένα μέγεθος παρτίδας για δεδομένο χρόνο μεταξύ εντολών παραγωγής. Επίσης, η χρήση κανόνων χρησιμοποιείται και στη ιεραρχία των εντολών προς εκτέλεση.

Αν υπάρχουν διαφορετικοί τύποι προγραμματισμού (routings) για την απόδοση της εντολής παραγωγής τότε η επιλογή του καταλληλότερου γίνεται αρχικά σαν πρόταση από το σύστημα, ενώ την επιλογή των εναλλακτικών την κάνει ο χρήστης. Η επιλογή ενός άλλου δεύτερου πλάνου προγραμματισμού γίνεται από το χρήστη μέσα από ένα πίνακα εναλλακτικών εφόσον το πρώτο πλάνο φαίνεται μη επιτεύξιμο.

Βήμα 5: Ανάλυση του πλάνου Παραγωγής και τροποποιήσεις αλληλεπίδρασης

Σε αυτό το βήμα γίνεται η ανάλυση του πρώτου πλάνου παραγωγής και ελέγχονται οι βασικοί παράμετροι του προγραμματισμού παραγωγής όπως είναι ο **έλεγχος δυναμικότητας** και να γίνουν όλες οι πρώτες επεμβάσεις στο μοντέλο παραγωγής ώστε να αποδίδει τον απαιτούμενο φόρτο ικανοποιώντας όλους τους περιορισμούς.

Μέσα από αυτό το βήμα ελέγχονται οι σταθμοί εργασιών όσον αφορά τη δυναμικότητα κάθε σταθμού. Εάν το πρόγραμμα παραγωγής είναι μη εφικτό, δηλαδή δημιουργεί φαινόμενα υπερφορτώσεων, ο χρήστης μπορεί να υποδείξει κάποια γραμμή

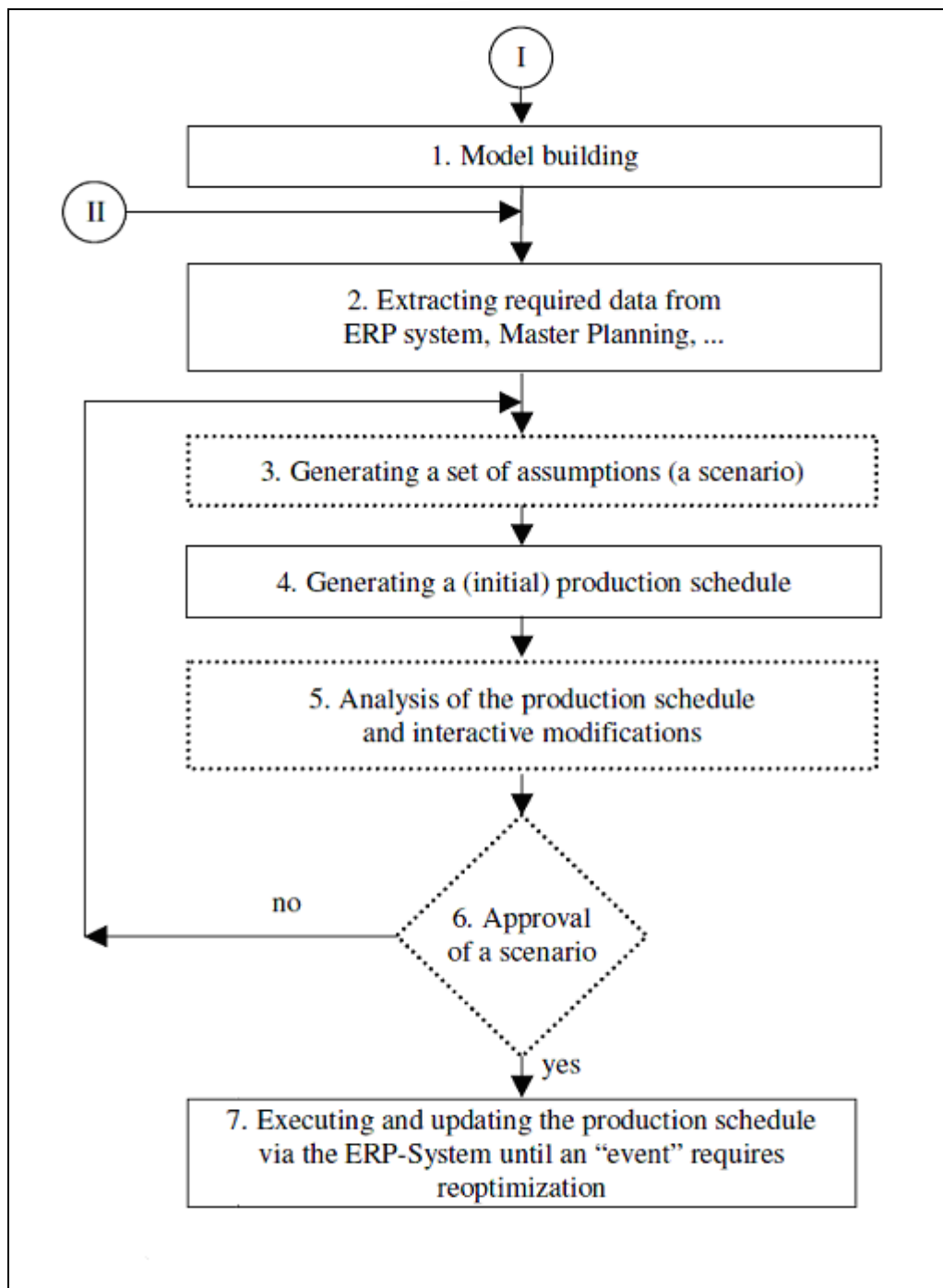
ενεργειών αλληλεπίδρασης ώστε να εξισορροπήσει τις δυναμικότητες, όπως την εισαγωγή υπερωριών ή τον προσδιορισμό ενός διαφορετικού routing - δρομολόγηση εργασιών. Η επέμβαση του χρήστη, μπορεί να είναι και σε επίπεδο πόρου, όχι μόνο επίπεδου εργασιών όπως για παράδειγμα, τη τοποθέτηση επιπλέον προσωπικού ή βαρδιών.

Επίσης, ο χρήστης μπορεί να μετατοπίσει τη ημερομηνία παράδοσης λαμβάνοντας υπόψη την διαθεσιμότητα πόρων. Αυτό φυσικά σαν πληροφορία επιστρέφει στο ERP όπου ενημερώνει τα δεδομένα της παραγγελίας για περαιτέρω ενέργειες από άλλα εργαλεία λογισμικού.

Ωστόσο, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι ο αριθμός των απαραίτητων τροποποιήσεων πρέπει να είναι περιορισμένος, ώστε να αποφεύγεται και ο υπέρογκος υπολογιστικός φόρτος.

Βήμα 6: Η έγκριση ενός σεναρίου

Όταν ο χρήστης έχει αξιολογήσει όλες τις διαθέσιμες εναλλακτικές στα προτεινόμενα προγράμματα παραγωγής με όλες τις διαθέσιμες επιλογές τότε επιλέγετε το τελικό πρόγραμμα που θα υπόσχεται τα περισσότερα στην υλοποίηση του σεναρίου.



Σχέδιο 3.6. Βασικό Μοντέλο DSS Προγραμματισμού Παραγωγής [*πηγή γραφήματος: [10]]

Βήμα 7: Εκτέλεση και ανα-διαμόρφωση ενός σεναρίου

Το βήμα αυτό είναι το τελευταίο στη δομή του DSS και μέσα από αυτό κατοχυρώνεται από το χρήστη το μοντέλου πάνω στο οποίο θα λειτουργήσει η παραγωγή.

Το Πρόγραμμα παραγωγής που θα επιλεχτεί θα μεταφερθεί:

- Στο εργαλείο **MRP** (Προγραμματισμού Απαιτήσεων Υλικών) για την επέκταση του προγράμματος σε εκτέλεση εντολών προμήθειας και ανάλυση αναγκών σε υποπροϊόντα.
- Στο σύστημα **ERP** για την εκτέλεση του πλάνου κατ' επέκταση και
- Στο εργαλείο Προγραμματισμού μεταφορών για την εκτίμηση των φορτώσεων των οχημάτων εφόσον ολοκληρωθεί μια παραγγελία ενός πελάτη.

Το εργαλείο **MRP** εκτελεί την επέκταση όλων των προγραμματισμένων εργασιών των πόρων (υπερφορτώσεων) σε εκείνα τα υλικά που είναι παραγόμενα σε μη υπερφορτωμένους πόρους ή εκείνων που πρέπει να αγοραστούν από τους προμηθευτές. Επιπλέον, κάποια απαιτούμενα υλικά θα πρέπει να κρατηθούν για συγκεκριμένες εντολές.

Το πρόγραμμα θα εκτελεστεί μέχρι ένα σημείο σε χρόνο όπου ένα γεγονός σηματοδοτεί την προτεινόμενη αναδιαμόρφωση του προγράμματος παραγωγής. Το γεγονός μπορεί να είναι η εισαγωγή μιας νέας, ίσως επείγουσας παραγγελίας, ή η βλάβη μιας μηχανής ή αν δίνεται η ολοκλήρωση ενός μέρους του προγράμματος.

Η αλλαγή του μοντέλου της εγκατάστασης είναι λιγότερο συχνή.

Οι κύριοι τομείς που απαιτούν λεπτομερή σχεδιασμό είναι η ανάλυση του προγράμματος παραγωγής και η επανάληψη – υπολογισμός ενός νέου προγράμματος που να ικανοποιεί περισσότερο σε σύγκριση με το προηγούμενο. Αυτά τα δύο βήματα είναι που δίνουν μεν την πρώτη απάντηση σε αυτό που ζητά ο χρήστης, δηλαδή ένα πρώτο πλάνο παραγωγής και δεύτερον την ευελιξία να αλλάξει και να τροποποιήσει το υπάρχον πλάνο για τη δημιουργία ενός καλύτερο και πιο ενημερωμένου πλάνου.

3.3. Λειτουργικότητα του συστήματος

Οι στόχοι για τη λειτουργικότητα του συστήματος ορίζονται από τους αρχικούς σχεδιαστές βάσει των αναγκών των χρηστών του. Οπότε η μοντελοποίηση του συστήματος δίνει και τον προσανατολισμό που επιθυμεί να έχει η εταιρία παραγωγής αυξάνοντας τη λειτουργικότητά του. Υπάρχουν κάποιες "βασικές οδηγίες" που βοηθούν στην αναζήτηση της βέλτιστης λύσης.

Οι "οδηγίες" αυτές δίνουν τις γραμμές μέσα από τις οποίες η παραγωγή θα λειτουργήσει καλύτερα και ο χρήστης θα λάβει την καλύτερη λύση. Τέτοιες οδηγίες προσανατολίζονται σε:

- ελαχιστοποίηση του άχρηστου ενδιάμεσου χρόνου (makespan)
- ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των καθυστερήσεων (sum of lateness)
- το μέγιστο χρόνο καθυστέρησης (maximum lateness)
- ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των χρόνων επεξεργασίας (sum of throughput times)
- ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των χρόνων προετοιμασίας (set up times).

Επίσης, μπορούν να θεωρηθούν κάποιοι αντικειμενικοί στόχοι που το κόστος, τέτοιοι είναι η ελαχιστοποίηση:

- απρόβλεπτα κόστη παραγωγής,
- κόστη προετοιμασίας (set up costs) και
- ποινικές ρήτρες (penalty costs) αν υπάρχουν.

Παρόλο που είναι περιορισμένος ο βαθμός που μπορεί να επηρεαστεί το κόστος στο επίπεδο του προγραμματισμού, παρόλα αυτά κάποιος μπορεί να θεωρήσει ότι η επιλογή διαφορετικής δρομολόγησης εργασιών (routing) π.χ. το ορισμό μιας παραγγελίας ως επείγουσα ή κανονική, μπορεί να εκτιμηθεί πιο κερδοφόρα.

Το παρόν σύστημα έχει τη δυνατότητα της εκτίμησης κόστους ορίζοντας της παραπάνω οδηγίες ως πιο αυστηρές ή πιο

ελαστικές με μια βαρύτητα που να επηρεάζει το πλάνο σχεδιασμού και λειτουργίας του προγραμματισμού παραγωγής. Η κάθε παραπάνω οδηγία συνδέεται με μια συνάρτηση, γι' αυτό και δεν υπάρχει η ιδανική λύση που να ικανοποιεί όλες τις συναρτήσεις. Η λύση που αναζητείται είναι μια συμβιβαστική λύση που χτίζεται με το άθροισμα των βαρών των παραπάνω συναρτήσεων, ορίζοντας μια νέα συνάρτηση με ένα νέο αντικείμενο στόχο.

3.4. Ανανέωση και ενημέρωση του πλάνου παραγωγής

Στον προγραμματισμό παραγωγής υπάρχει η υπόθεση ότι όλα τα δεδομένα είναι γνωστά και έτσι η κατάσταση απόφασης είναι αιτιοκρατική. Αν και για την απόφαση υπάρχει η υπόθεση ότι είναι ιδανική τότε αυτή μπορεί να αιτιολογηθεί για μια συγκεκριμένη περίοδο χρόνου. Υπάρχει όμως αβεβαιότητα όπως μη προγραμματισμένες αλλαγές στους ρυθμούς παραγωγής, ή απρόσμενο σταμάτημα - τελείωμα των πόρων, που είναι εφικτό να εντοπίσουν τα λογισμικά εργαλεία του συστήματος καθώς ελέγχουν για διαφορές μεταξύ αρχικού πλάνου και του εκτελούμενου πλάνου στο επίπεδο της παραγωγής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ενημέρωση των χρόνων που αναμένεται να ολοκληρωθεί μια εντολή.

Στην περίπτωση που αλλαγές είναι πολύ μεγάλες τότε ο η ανανέωση και προσδιορισμός του προγράμματος παραγωγής γίνεται με την επέμβαση του χρήστη. Για τη διευκόλυνση του χρήστη, στο σύστημα υπάρχουν εργαλεία που παρέχουν διεξοδικά εναλλακτικά σενάρια, τα λεγόμενα σενάρια προσομοίωσης, πριν την παραδοθεί το τελικό στο επίπεδο παραγωγής.

Η ανάγκη του επαναπρογραμματισμού της παραγωγής, γίνεται πιο επιτακτική όταν μια νέα εντολή παραγωγής εισέρχεται στο σύστημα. Η εισαγωγή νέας εντολής έχει ως αποτέλεσμα τη συμπίεση του χρονικού ορίζοντα προγραμματισμού καθώς θα εισέλθει στη σειρά των εντολών προς εκτέλεση και θα

καταναλώσει τους πόρους που έχουν αρχικά εκτιμηθεί. Το πρώτο βήμα σε αυτή τη φάση, είναι να αναζητηθούν τα περιθώρια χρόνου (ανεκμετάλλευτα), ώστε να γίνουν μόνο κάποιες μικρές προσαρμογές. Αν μετά από τις πρώτες προσαρμογές επιτυγχάνεται η λειτουργικότητα του συστήματος τότε εξάγεται η ημερομηνία παράδοσης της εντολής, οπότε και μπορεί να αποσταλεί στον πελάτη.

Από τη στιγμή που το πρωταρχικό πλάνο μπορεί να ενημερωθεί θέτοντας διαφορετική σειρά στις εντολές, η βελτιστοποίηση του μπορεί να γίνεται κάθε στιγμή στοχεύοντας στη δημιουργία μιας νέας σειρά εντολών μειώνοντας συνεχώς τα κόστη.

Ενώ στο σύστημα οι χρόνοι προετοιμασίας ορίζονται στα βασικά δεδομένα λειτουργίας των πόρων, η διαφορετική δρομολόγηση των εργασιών έχει ως αποτέλεσμα τη εξαγωγή διαφορετικού κόστους.

Για παράδειγμα, έστω ότι υπάρχει μια μηχανή με δοσμένες τέσσερις εντολές, A, B, C, και D και ο αντικείμενος στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου προετοιμασίας. Τότε η βέλτιστη σειρά των εντολών θα είναι A-B-C-D, εφόσον οι χρόνοι ολοκλήρωσης είναι από το μικρότερο στο μεγαλύτερο.

Στην περίπτωση που εισάγεται μια νέα εντολή προς επεξεργασία εξετάζονται οι εξαρτώμενοι χρόνοι προετοιμασίας της σειράς των εντολών. Το ελάχιστο άθροισμα των χρόνων προετοιμασίας για την κάθε οριζόμενη σειρά εντολών, δίνει τη βέλτιστη εναλλακτική σειρά εντολών.

Η δημιουργία πολλών εναλλακτικών σεναρίων διαδοχής των εντολών είναι χρονοβόρα αλλά έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία "νευρικότητας". Νευρικότητα στο σύστημα δημιουργείται όταν απαιτούνται αλλαγές στους χρόνους έναρξης εργασιών ή στις ποσότητες που πρέπει να παραχθούν συγκρίνοντας το αρχικό πλάνο με το τρέχον. Η νευρικότητα οδηγεί σε επιπλέον έλεγχο προγραμματισμού στο επίπεδο εργασίας (shop floor), όπως για παράδειγμα πρόωρη παράδοση πρώτων υλών, απαίτηση που μπορεί να απαιτεί ικανοποίηση από τους προμηθευτές. Για την μείωση της νευρικότητας στο σύστημα, δίνεται η δυνατότητα να

“παγώνει” ένα μέρος του ορίζοντα παραγραμματισμού για την ασφάλεια του συστήματος και όποιες εντολές έχουν χρόνο έναρξης μέσα σε αυτό να μην μπορούν να αλλάξουν και οι όποιες αλλαγές προκύπτουν να εκτελούνται στη συνέχεια του χρονικού ορίζοντα.

3.5. Έξοδος Συστήματος και αναπαράσταση λύσεων

Υπάρχουν ποικίλες επιλογές για την αναπαράσταση ενός μοντέλου παραγωγής ή καλύτερα του λεπτομερούς προγράμματος παραγωγής. Η πιο απλή μορφή αναπαράστασης είναι η σειρά των εντολών που θα εκτελεστούν συνοδευόμενη με τους πόρους που αντιστοιχούν, τους χρόνους έναρξης και περάτωσης των εντολών.

Το παρόν σύστημα αναπαριστά του λεπτομερούς προγράμματος παραγωγής σε ένα διάγραμμα Gantt. Μέσα από το διάγραμμα Gantt αναπαρίστανται όλες οι εντολές και όλοι οι πόροι της εγκατάστασης σε μια περίοδο χρόνου, ενώ μέσω αυτού είναι ευκολότερο ο χρήστης να επικεντρωθεί στην εκτέλεση μιας εντολής μέσα στα στάδια παραγωγής. Αντίστοιχα ο χρήστης μπορεί να επικεντρωθεί περισσότερο στην ανάλυση του πόρου.

Μέσα από το διάγραμμα ο χρήστης μπορεί να έχει εικόνα των αλλαγών που κάνει, δηλαδή ποιες εντολές και ποιοι πόροι επηρεάζονται μετά τον επαναπρογραμματισμό του πλάνου παραγωγής.

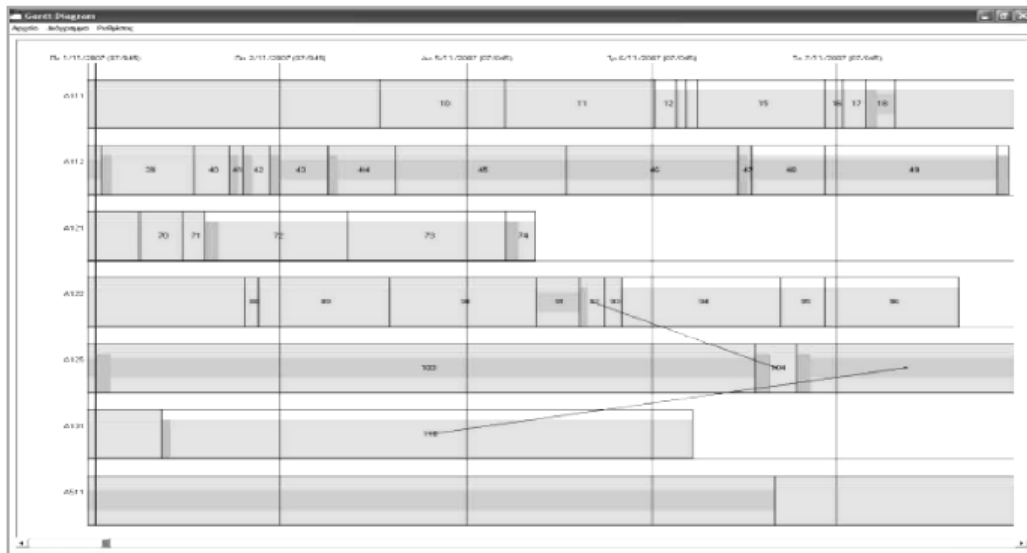
Στο σύστημα, ο χρήστης να μπορεί να αλλάζει το πρόγραμμα παραγωγής απλά μετακινώντας μια εργασία σε ένα άλλο πόρο. Σε ένα διάγραμμα Gantt είναι το πιο κατάλληλο περιβάλλον καθώς μπορεί να έχει όλους τους πόρους παράλληλα.

Συνδυάζοντας όλα τα παραπάνω με την ευελιξία που μπορεί να προσφέρει το αναλυτικό διάγραμμα Gantt, μπορούν να γίνουν πολλές αλλαγές και το κυριότερο αρκετοί έλεγχοι.

3.6. Λειτουργικότητα του διαγράμματος Gantt - GUI

Βασικός στόχος του Συστήματος είναι η επίτευξη ενός εφικτού λειτουργικού προγράμματος παραγωγής. Το πρώτο βήμα είναι η άντληση των απαραίτητων στοιχείων από τη βάση δεδομένων του συστήματος, όσον αφορά στοιχεία της εντολής (χρόνοι παράδοσης, κωδικοί εκτέλεσης, ποσότητα εντολής, σταθμούς εργασίας εκτέλεσης και διάρκεια, μονάδες μέτρησης, επίπεδο προτεραιότητας, κ.α.) και στοιχεία σχετικά με τους σταθμούς εργασίας (κωδικός, ομάδα παραγωγής - πόροι (μηχανές), δυναμικότητα, αποδοτικότητα, χρόνοι προετοιμασίας, βάρδιες ανά ημέρα, παράλληλες μηχανές, αριθμός χειριστών κ.α.). Επόμενο βήμα η επιλογή της ομάδας εντολών παραγωγής που επιθυμεί να προγραμματίσει ο χρήστης.

Έπειτα στο διάγραμμα δίνεται το πλάνο παραγωγής, δηλαδή η απεικόνιση των εργασιών που επιλέγει ο χρήστης να εκτελέσει, με την αντίστοιχη φόρτωση των σταθμών εργασίας. Οι επιλογές που έχει ο χρήστης είναι να αποκλείσει όλες τις εντολές χαμηλής προτεραιότητας για την αποφυγή υπερφόρτωσης των σταθμών εργασίας. Επίσης η απελευθέρωση των εντολών προς εκτέλεση μπορεί να γίνει αυτόματα ή με την επιλογή του χρήστη.



Σχέδιο 3.7 Παράδειγμα απεικόνισης της πρότασης του συστήματος μέσω γραφήματος Gantt[*πηγή γραφήματος: [15]]

Το γράφημα 3.5. είναι ένα παράδειγμα απεικόνισης των εντολών παραγωγής με το μήκος τους να δηλώνει τη διάρκεια επεξεργασίας τους μέσα στο χρονικό πλάνο προγραμματισμού.

Στο γράφημα οι εντολές απεικονίζονται ανάλογα με την κατάσταση τους με διαφορετικά χρώματα. Διαφορετικό χρώμα παίρνουν οι εντολές αν:

- Βρίσκονται σε φάση προετοιμασίας
- Βρίσκονται σε φάση επεξεργασίας
- Έχουν καθυστερήσει
- Αναμένουν την άφιξη υλικών για την περαιτέρω εκτέλεση τους

Επίσης χρησιμοποιείται διαφορετικός χρωματισμός ή κάποια σημείωση στο διάγραμμα για την ένδειξη λεπτομερειών της εκτέλεσης της εντολής, όπως αν για το αν απαιτεί επιπλέον βάρδιες για την έγκαιρη ολοκλήρωση.

Εν τέλει, οι σχέσεις υλικών μέσω των BOM (παιδιού – πατέρα) που προετοιμάζονται μπορούν να απεικονίζονται με διανύσματα βέλη με κατεύθυνση από το παιδί προς τον πατέρα, δείχνοντας την εξέλιξη της εντολής.

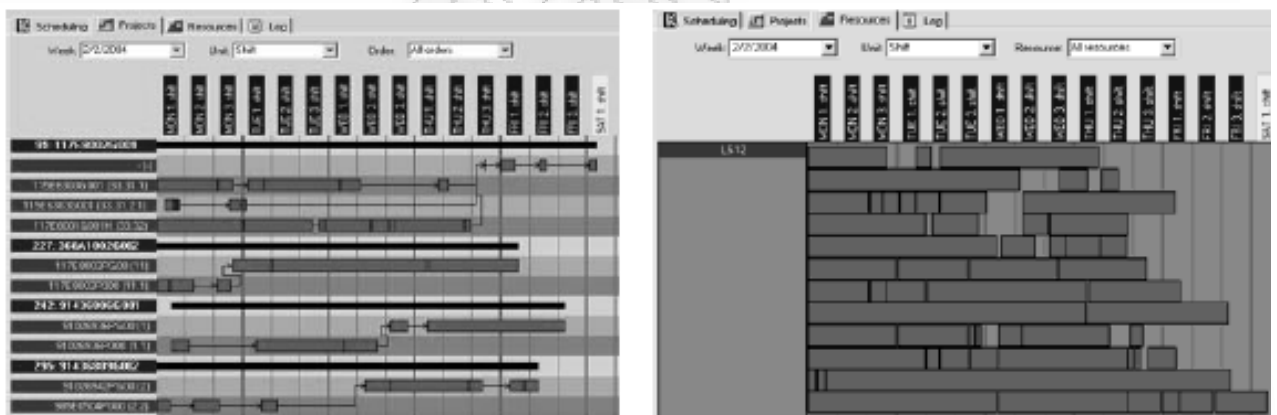
Έτσι, ο προγραμματιστής δύναται να επιθεωρήσει την κατάσταση των εντολών, τη δυναμικότητα των σταθμών εργασίας και τις περιπτώσεις υπερφορτώσεων και να ενεργήσει αντίστοιχα. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα, έχοντας εικόνα των εντολών που ήδη βρίσκονται σε επεξεργασία να "τραβήξει" και να μεταφέρει μια εντολή από μια περίοδο προγραμματισμού σε κάποια άλλη φορτώνοντας εναλλακτικούς σταθμούς εργασίας. Με αυτό τον τρόπο, ο προγραμματιστής ελέγχει τη διαθέσιμη δυναμικότητα, ελαττώνοντας τις αργοπορημένες εργασίες, ελαχιστοποιώντας τους χρόνους προετοιμασίας και ικανοποιώντας τους περιορισμούς σειράς προετοιμασίας υλικών - BOM. Επίσης, ο προγραμματιστής, έχει την εναλλακτική να ελαχιστοποιήσει τις παραβιάσεις των σχέσεων υλικών - BOM, ορίζοντας βαθμούς βαρύτητας σε αλγορίθμους ή κανόνες προτεραιοτήτων που βρίσκονται στην ευχέρεια του.

Όταν ο προγραμματιστής κάνει μια αλλαγή μπορεί να δει τον αντίκτυπο της αλλαγής στο φόρτο των σταθμών αλλά και να δει πληροφορίες για την εντολή που εκτελείται. Παρόλο που το σύστημα απαιτεί χειρωνακτική επέμβαση του προγραμματιστή, η γραφική απεικόνιση των λύσεων (Graphical User Interface) μέσω του διαγράμματος Gantt, παρέχει την επιπλέον λειτουργικότητα με το να αποδίδει την οικειοποίηση των ενεργειών, όπως:

- μια εντολή να χωριστεί σε δύο μέρη έτσι η παραγωγή αυτού του κομματιού να ολοκληρωθεί σε μια επόμενη χρονική στιγμή. Αυτή η λειτουργία μπορεί να αποδοθεί αυτόματα μέσω ενός αλγορίθμου, ή χειρωνακτικά από τον προγραμματιστή με σκοπό να δημιουργηθεί μια σειρά ποσοτήτων που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια από άλλες εντολές.
- η απόδοση των διαθεσιμότητας των εξαρτημάτων για την παραγωγή των τελικών προϊόντων. Αν και μια τέτοια λειτουργία είναι περισσότερο χρήσιμη για μια Make to Stock παραγωγή, εντούτοις, η πολιτική της ικανοποίησης των περιορισμών των BOM με μια δυνατότητα υπολογιστικής

δυναμικότητας είναι κοινή. Η διαθεσιμότητα του εξαρτήματος - παιδιού, ελέγχεται από έναν αλγόριθμο (Available to Manufacture) και η διαθεσιμότητα ή μη διακρίνεται με ένα πράσινο ή κόκκινο χρώμα αντίστοιχα.

Η ανανέωση του προγράμματος παραγωγής (rescheduling) ενισχύεται επιπλέον από την χρήση εναλλακτικών σεναρίων, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο ως βασικό στάδιο του προγραμματισμού παραγωγής. Ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει το πρόγραμμα παραγωγής που δουλεύει στη παρούσα φάση και να προσπαθήσει να δομήσει άλλα πλάνα είτε στο ίδιο group εντολών παραγωγής είτε σε άλλο, χρησιμοποιώντας διάφορους κανόνες ή συνδυασμούς τους, μετατοπίσεις εντολών και αλγορίθμους σχετικούς με τα BOM. Αφού το τελικό σενάριο προγραμματισμού οριστικοποιηθεί μπορεί να μεταφερθεί στο αρχικό επίπεδο προγραμματισμού του συστήματος (ERP) όπου ενημερώνονται οι βάσεις δεδομένων του συστήματος.



Σχέδιο 3.8. Διάγραμμα απεικόνισης της κατάστασης εργασιών και φόρτωσης των σταθμών εργασίας[*πηγή γραφήματος: [16]]

Η έξοδος από το σύστημα θα είναι μια αναφορά με τις λεπτομέρειες του διαγράμματος, δηλαδή, οι χρόνοι έναρξης και περάτωσης των εντολών, οι σταθμοί εργασίας που θα χρησιμοποιηθούν και οι ποσότητες των βασικών υλών που θα αναλωθούν ώστε να μπορεί να ξεκινήσει η παραγωγή. Επίσης, ως έξοδο βρίσκεται μια δεύτερη αναλυτική αναφορά που περιέχει

τις εντολές που έχουν επηρεαστεί λόγω του ότι κάποιο βασικό υλικό (που παράγεται) έχει αργότερο χρόνο παραγωγής και η εκτέλεση της καθυστερεί, ώστε ο χρήστης να δημιουργήσει νέο πλάνο παραγωγής για τις συγκεκριμένες εντολές.

3.6.1. Μέθοδοι και αλγόριθμοι

Υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι που ακολουθούνται στα διάφορα στάδια της διαδικασίας παραγωγής. Οι ποικιλία των μεθόδων και οι προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται στην ενίσχυση των προοπτικών του συστήματος υποστήριξης απόφασης. Οι αποφάσεις που υποστηρίζονται από τους διάφορους αλγόριθμους, πολλές φορές αυτόματα, είναι η εισαγωγή των εντολών προς εκτέλεση. Όταν η διαδικασία της εισαγωγής εντολών γίνεται χειρωνακτικά, επιλέγεται η αντίστοιχη επιθυμητή μεθοδολογία - αλγορίθμου από το προγραμματιστή-χρήστη, ενώ δημιουργείται από το σύστημα μια λίστα αναμενόμενων εντολών (backlogs) η οποία εμφανίζεται σε ένα παράπλευρο πλαίσιο.

Όταν όλες οι επιθυμητές εντολές έχουν επιλεγεί προς εκτέλεση τακτοποιούνται στους σταθμούς εργασίας μέσω ενός αλγορίθμου. Ο επιμερισμός των εργασιών έχει στόχο την ταξινόμηση της κάθε εντολής βάσει του κωδικού του σταθμού εργασίας, την περίοδο προγραμματισμού παραγωγής, τη καθυστέρηση των εργασιών και προτεραιότητα των εντολών ενώ βασική συνάρτηση όλων είναι η ελαχιστοποίηση των χαμένων χρόνων στη λειτουργία των μηχανών.

Εκτός από τον προαναφερθέντα αλγόριθμο *heuristic*, ο προγραμματιστής έχει στη διάθεσή του και άλλους κανόνες απελευθέρωσης εργασιών βάσει προτεραιότητας, όπως είναι:

- Ο μικρότερος χρόνος επεξεργασίας (SPT-shortest processing time),
- Ο μεγαλύτερος χρόνος επεξεργασίας (LPT-Longest processing Time),
- Ο χρόνος προετοιμασίας (setup),

- Ο χαμένος χρόνος (Slack),
- Εκτέλεση πρώτα αυτής που έχει βασικά μέρη παραγόμενα από εξωτερικό προμηθευτή (PSF- PreSubcontractor First).

Μια τέτοια επιλογή βασίζεται στη σχέση των κανόνων προτεραιότητας και απελευθέρωσης των εντολών με την ταχύτητα αποδοχής και υλοποίησης από τους σταθμούς εργασιών.

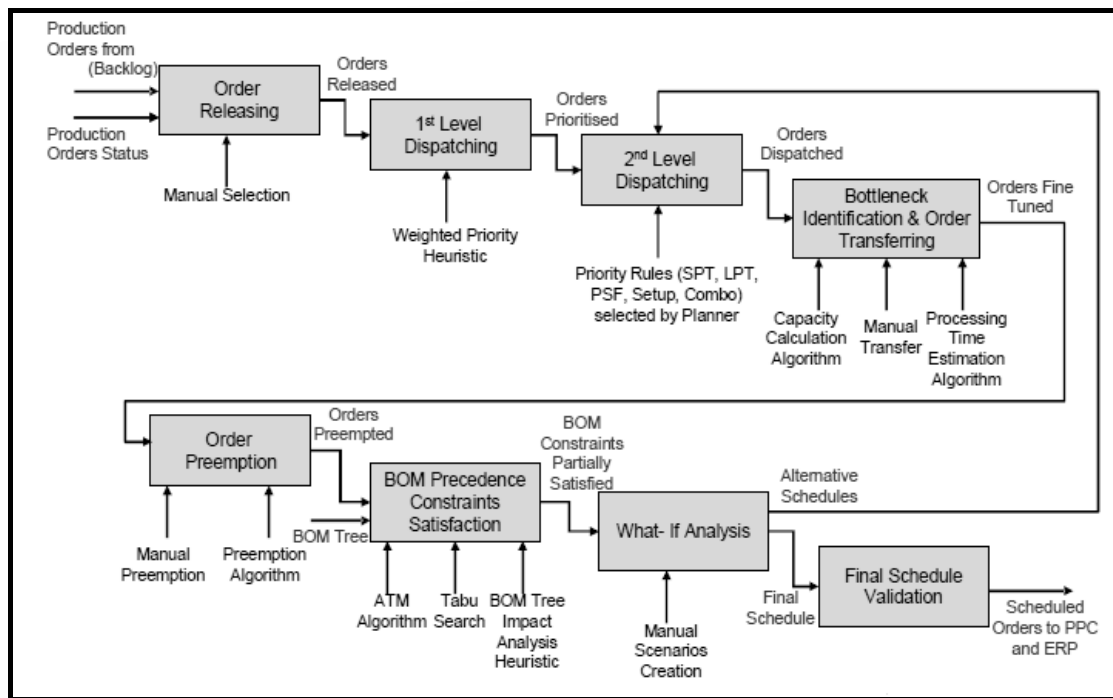
Επίσης, υπάρχουν αλγόριθμοι που βοηθούν στον έλεγχο της δυναμικότητας και του όγκου φόρτωσης των μηχανών με σκοπό τον εντοπισμό πιθανών υπερφορτώσεων (bottlenecks identification), με σκοπό την μεταφορά εντολών σε άλλο χρόνο και επίλυση του προβλήματος. Με τη χρήση αυτών των τεχνικών υπολογίζεται ο φόρτος του κάθε σταθμού εργασίας χρησιμοποιώντας στοιχεία δυναμικότητας, παραγόμενες ποσότητες, βάρδιες, ώρες ανά βάρδια και αποτελεσματικότητα σταθμού. Έτσι, στην περίπτωση υπερφόρτωσης ενός σταθμού εργασίας, η εντολή σημειώνεται ως άμεσης αλλαγής και έτσι ο χρήστης μπορεί να τη μεταφέρει σε άλλο σταθμό εργασίας, με αποτέλεσμα να αλλάξει και η διάρκεια εκτέλεσής της, δίνοντας νέα ημερομηνία περάτωσης.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι και αλγόριθμοί που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια, πολλά παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Λειτουργία	Μέθοδος/ Αλγόριθμος
Προγραμματισμός και έλεγχος παραγωγής εργασιών και έξοδος στοιχείων κέντρου εργασίας	Κοινή Βάση Δεδομένων
Απελευθέρωση εντολών προς παραγωγή	Χειρωνακτική επιλογή του προγραμματιστή, αυτόματη συμπερίληψη ή αποκλεισμό των εντολών με αργούς χρόνους
Απελευθέρωση εντολών στο	Χρήση κανόνων

σταθμό εργασίας	προτεραιοτήτων με βάρη επιλογής (SPT, LPT, Slack, PSF, Setup, Combo)
Αναπαράσταση του προγράμματος παραγωγής	Διάγραμμα Gantt
Παρακολούθηση των εντολών, φόρτωση και υπερφόρτωση των σταθμών εργασίας	Αλγόριθμος εντοπισμού της Δυναμικότητας
Μεταφορά των εντολών, είτε σε εναλλακτικό σταθμό εργασίας ή σε εναλλακτικό χρόνο παραγωγής	Χειρωνακτική επιλογή
Μεταφορά των εντολών σε "κλειδωμένη" περίοδο	Εισαγωγή χειρωνακτικά
Παρακολούθηση και έλεγχος διατήρησης της προτεραιότητας στα BOM και τήρηση των περιορισμών	Αναπαράσταση των σχέσεων BOM, εισαγωγή χειρωνακτικά, αυστηρός κανόνας τήρησης BOM, κανόνας προτεραιοτήτων με χρήση βαρών, αλγόριθμού αναζήτησης tabu.
Έλεγχος διαθεσιμότητας των συστατικών των BOM	Αλγόριθμος Διαθεσιμότητα για Παραγωγή (ATM)
"Τι- Εάν" Ανάλυση	Διαχείριση εναλλακτικών σεναρίων
Εκτίμηση αποτελεσμάτων από τη μεταφορά εντολών σε σχέση με το δέντρο των υλικών BOM	Ανάλυση αποτελεσμάτων - αλγόριθμος heuristics, δημιουργία αναφοράς
Κατασκευή του τελικού προγράμματος παραγωγής	Δημιουργία αναφοράς
Ενημέρωση της βάσης δεδομένων των υπολοίπων συστημάτων ERP	Κοινή Βάση Δεδομένων

Πίνακας 3.1. Βασικές και συμπληρωματικές Λειτουργίες Συστήματος



Σχέδιο 3.9. Περιγραφή των σταδίων Παραγωγής και των αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται [*πηγή γραφήματος:[15]]

Το σχέδιο 3.9 αναπαριστά τη διαδικασία ενημέρωσης του πλάνου παραγωγής και των εργαλείων υποστήριξης των ενδιάμεσων λειτουργιών. Για κάθε βήμα της διαδικασίας προγραμματισμού, υπάρχουν οι αντίστοιχοι έλεγχοι και μεταφορά δεδομένων μέσω των μεθόδων και των αλγορίθμων που αναφέρθηκαν.

Έτσι προκύπτει ο πίνακας 3.3, οποίος περιέχει διαφόρους αλγορίθμους που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία προγραμματισμού και δρομολόγησης εργασιών, συμπεριλαμβάνοντας τον αντικείμενο στόχο αυτών καθώς και τη είσοδο και έξοδο τους.

Πίνακας 3.3. Αλγόριθμοι και στόχοι κάθε αλγορίθμου καθώς και είσοδοι και έξοδοι από αυτούς

Algorithm	Inputs	Outputs	Objective
Weighted Priority Heuristic	Quantities, Processing Times, Due date, Priority level	Sequence of orders on a single machine with no idle time	Prioritization of Orders
Priority Rule	Quantities,	Sequence of	Minimization of

Algorithm	Inputs	Outputs	Objective
"SPT"	Processing Times, Due date	orders	mean flow time
Priority Rule "LPT"	Quantities, Processing Times, Due date	Sequence of orders	Minimization of total tardiness
Priority Rule "PSF"	Quantities, Processing Times, Due date	Sequence of orders	Minimization of tardiness of pre-subcontractor order
Priority Rule "Setup"	Quantities, Processing Times, Due date, Setup time	Sequence of orders	Minimization of of total setup time
Priority Rule "Combo"	Quantities, Processing Times, Due date, Setup time, Priority level	Sequence of orders	Minimization of the four above objectives using weighted priority indexes
Capacity Calculation Algorithm	Work center capacity, Quantities of sequenced orders	Work centers load, Bottleneck identification	Calculation of overload of work centers
Processing Time Estimation Algorithm	Alternative work centers, Capacities, Quantities of sequenced orders	Processing time for alternate work centers	Calculation of processing times
Preemption Algorithm	Planned quantities, remaining quantities, due date	New production orders for the remaining quantities	Minimize late remaining quantities
Available to Manufacture (ATM)	BOM Tree, Quantity of "father items", Inventory of "children items", starting time of "children items"	Production orders of "father items" capable to manufacture	Calculation available "children items" quantities to produce "father items"
Tabu Search	Weighted priority indexes of priority rules, Quantities, Processing Times, Due date, Priority level	Improved Sequence of orders	Minimization of the "father - child items" pairing precedence constraint
BOM Tree Impact Analysis Heuristic	BOM Tree, Due dates, Production groups of "father items" and "children items"	List of proposed orders transfers	Minimization of common production planning period for "father items" and "children items" belonging to different production groups

*πηγή πίνακα:[15]

3.7. Η σύνδεση του συστήματος με άλλα συστήματα

Ένα σύστημα θεωρείται απόλυτα λειτουργικό όταν η σύνδεση του με τα υπόλοιπα συστήματα της εταιρίας δεν αποτελεί πρόβλημα. Τόσο το τμήμα των πωλήσεων και το τμήμα της αλυσίδας εφοδιασμού είναι άμεσα συνδεδεμένα όχι μόνο στην είσοδο αλλά καθ' όλη τη διάρκεια της παραγωγής. Από τη μια οι πωλήσεις οι πωλήσεις, αποτελούν εναρκτήριο για της αποστολή παραγγελιών στην παραγωγή και από την άλλη η εφοδιαστική αλυσίδα φροντίζει τον εφοδιασμό των πρώτων υλών και τη τελική αποστολή των παραγόμενων προϊόντων στους πελάτες.

Η φύση του συστήματος υποστήριξης αποφάσεων παραγωγής, πρέπει να έχει βασικά χαρακτηριστικά την ευκολία στη χρήση, τη δυνατότητα επέκτασης, ενδοεταιρική λειτουργικότητα, την απλή εφαρμογή, ευέλικτο GUI για καλύτερη επικοινωνία με τον χρήστη και δημιουργία κρίσιμων αναφορών, που μπορούν να δώσουν επέκταση και λύση σε όλα τα στάδια της παραγωγής. Ανάλογα το μέγεθος της παραγωγικής μονάδας γίνεται και η αντίστοιχη ενημέρωση των συστημάτων ERP το οποίο θα συντονίσει, μέσω των αποτελεσμάτων του συστήματος υποστήριξης απόφασης της παραγωγής, τις υπόλοιπες λειτουργίες της εταιρίας. Μια από αυτές είναι η παράδοση του παραγόμενου εμπορεύματος στον τελικό πελάτη. Η διαχείριση αυτής της λειτουργίας παρόλο που μπορεί να αποτελεί ξεχωριστό μέρος ελέγχου και συντονισμού στο όλο σύστημα, αφορά την εύρεση και το συντονισμό των φορτώσεων των φορητών, την έκδοση των απαραίτητων δελτίων καθώς και την έκδοση πλάνου μεταφοράς και βάρδιες δρομολογίων εφόσον αυτό είναι απαραίτητο. Από το σύστημα που μελετάται είναι σαφές ότι υποστηρίζεται ο προγραμματισμός της παραγωγής, όπως μια επιπλέον έξοδος που μπορεί να έχει το συγκεκριμένο σύστημα είναι μια αναφορά με τους εκτιμώμενους χρόνους ολοκλήρωσης των εντολών και ομαδοποίηση αυτών κατά τρόπο τέτοιο που να πληρούν τη δυναμικότητα ενός φορητού.

Αντίστοιχα, στοιχεία που αφορούν το προϊόν και την εντολή του πελάτη αποθηκεύονται για χρήση ιστορικών στοιχείων από το τμήμα των πωλήσεων. Ενώ, στην περίπτωση που η δημιουργία του υλικού γίνεται για πρώτη φορά, λεπτομέρειες σχετικά με το υλικό κρατούνται σε βάση δεδομένων για την υποστήριξη της παραγωγής στο μέλλον.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑΣ

Κεφάλαιο 4°

Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία περιγράφει την βασική δομή και αρχιτεκτονική ενός συστήματος που περιέχει αυτά τα βασικά εργαλεία τα οποία είναι ικανά να δώσουν στο χρήστη τις απαντήσεις που αναζητούνται γύρω από τα προβλήματα των εταιριών παραγωγής. Οι απαντήσεις που μπορεί να δώσει ένα τέτοιο σύστημα, αφορούν την πρόταση ή μη της αποδοχής της εντολής του πελάτη, τα κριτήρια που θα ορίσουν την προτεραιότητα του κατά την εκτέλεσή της εντολής, δηλαδή την δημιουργία ενός βέλτιστου προγράμματος παραγωγής, καθώς και τα εργαλεία επίλυσης των κυριότερων προβλημάτων της παραγωγής όπως δυναμικότητα, επιτάχυνση εκτέλεσης, υπερφόρτωση μέσα από ενημέρωση του προγράμματος παραγωγής και επιλογής εναλλακτικών σεναρίων.

Αναφερόμενοι, στην ανάγκη των make to order εταιριών για υποστήριξη των λειτουργιών παραγωγής συμπεραίνουμε ότι η διαχείριση τόσο των αιτημάτων-πελατών, σε πρώτη φάση, και η επιτυχημένη ολοκλήρωση αυτών, έρχεται μέσα από την ανάπτυξη και προσαρμογή ενός Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων στις λειτουργίες της εταιρίας. Με αρχική συνθήκη των εντοπισμό των προβλημάτων που αντιμετωπίζει μια make to order εταιρία παραγωγής διαμορφώνεται πολλά μοντέλα και προσεγγίσεις για την επίλυση αυτών. Οι περισσότερες προσεγγίσεις επικεντρώνεται σε ένα πρόβλημα το οποίο μπορεί να είναι α)αξιολόγηση και ανάληψη εντολής πελάτη β)ιεραρχία των εντολών πριν και κατά την διάρκεια της παραγωγής γ)διαχείριση της δυναμικότητας δ)επίτευξη ποσότητας η και χρόνου

ολοκλήρωσης. Οι διαδικασίες που μοντελοποιούνται μέσα από το προτεινόμενο σύστημα αρχικά περιγράφουν την εισαγωγή της εντολής του πελάτη μέσα στο σύστημα με την εισαγωγή όλων των απαραίτητων στοιχείων και ενημέρωση της βάσης δεδομένων. Η προέγκριση αφορά έναν πρώτο έλεγχο της εταιρίας ως προς την ικανοποίηση της εντολής του πελάτη με έναν πρώτο έλεγχο της δυναμικότητας της παραγωγής και της δυνατότητας του όγκου και της ημερομηνίας παράδοσης.

Η βασική έξοδος από το προηγούμενο βήμα είναι η δημιουργία ενός πρώτου πλάνου παραγωγής το οποίο διαφοροποιείται, συντάσσεται και ανανεώνεται όταν λαμβάνονται υπόψη και άλλες εντολές που είναι σε εξέλιξη. Λαμβάνεται υπόψη η ανάγκη ενίσχυσης της δυναμικότητας με χρήση υπερωριών και η προμηθευτική δυνατότητα των βασικών μερών της παραγωγής ώστε να προκύψουν διάφορα σενάρια προγραμματισμού παραγωγής από τα οποία ο προγραμματιστής θα επιλέξει το βέλτιστο για εφαρμογή. Σε τρίτη φάση παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που εξάγει το σύστημα τα οποία είναι η γραφική απεικόνιση των διαφόρων εντολών πάνω στο χρονικό ορίζοντα εκτέλεσης τους μέσω ενός διαγράμματος Gantt. Η λειτουργικότητα του συστήματος έχει ως χαρακτηριστικό την εύκολη επέμβαση του χρήστη στο διάγραμμα για πιο άμεση εμφάνιση των αποτελεσμάτων των αλλαγών. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να αφορούν μετακίνηση των εντολών χρονικά σύμφωνα με την προτεραιότητα που έχει κάθε μια, η ένδειξη των νέων χρόνων ολοκλήρωσης και η δυνατότητα συμπίεσης της κάθε εργασίας στους αντίστοιχους σταθμούς εργασιών. Το προτεινόμενο σύστημα έχει επίσης τη δυνατότητα "κλειδώματος" ενός πρώτου προγραμματισμένου χρόνου ώστε να διασφαλίζει την ομαλή εκτέλεση του προγράμματος καθώς αυτό μπορεί να ανανεώνεται κάθε φορά που κρίνεται απαραίτητο, χωρίς όμως να θέτει σε αστάθεια τη συνολική παραγωγική διαδικασία.

Το γεγονός ότι οι make to order εταιρίες παράγουν λίγα ή και μοναδικά προϊόντα ωθεί στην απαίτηση ενός συστήματος που να

έχει τις δυνατότητες απόδοσης ενός βέλτιστου και αποδοτικού προγράμματος, παρόλο που οι βασικές αντικειμενικές συναρτήσεις κάθε προγράμματος παραγωγής είναι η ελαχιστοποίηση των χαμένων χρόνων και η αποφυγή υπερφορτώσεων των σταθμών εργασίας κρατώντας την δοσμένη προτεραιότητα του χρήστη.

Βασικός παράγοντας για την λειτουργικότητα ενός συστήματος, είναι η επικοινωνία του με άλλα στοιχεία της εταιρίας. Τόσο η εφοδιαστική αλυσίδα, όσο και η διοίκηση ανθρωπίνου δυναμικού και οι πωλήσεις, δύναται να αποτελούν ανεξάρτητα κομμάτια διοίκησης ενώ παρόλα αυτά να έχουν άμεση επίδραση στην διαχείριση και το προγραμματισμό της παραγωγής. Οπότε, ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι η συνδεσιμότητα του με άλλα συστήματα ενώ κύριος παράγοντας στη σωστή λειτουργία του είναι η ευκολία στη χρήση του και η άμεση επικοινωνία του με το χρήστη. Η καλύτερη απόδοση των λύσεων, όπως έχει ήδη περιγραφεί είναι η απόδοση ενός διαγράμματος Gantt, με άμεση επέμβαση του χρήστη στους χρόνους και σειρά εκτέλεσης των εντολών, δίνοντας τον έλεγχο οποιασδήποτε αλλαγής πραγματοποιείται.

Μια επιπλέον θεώρηση των δυνατοτήτων ενός συστήματος ανακαλύπτονται όταν η διαχείριση μιας εντολής ή σειράς εντολών παίρνουν τη μορφή έργου που πρέπει να εκτελεστεί σε συγκεκριμένους χρόνους και πόρους. Οι βασικές αρχές διαχείρισης έργου συνδυάζονται με την ανάγκη των Make to Order εταιριών να αναπτύσσουν κάθε εντολή σαν ένα μοναδικό έργο καθώς και τα είδη των προϊόντων σε αυτές τις εταιρίες είναι λίγα και πολλές φορές απαιτούν μοναδική διαχείριση. Τόσο η κατανομή των πόρων και η σειρά εκτέλεσης των εντολών μπορούν να απασχολήσουν περισσότερο ερευνητές για την ανάπτυξη επιπλέον εργαλείων που να ενεργοποιούνται όταν ο φόρτος εργασίας και απαιτήσεων στο σύστημα γίνονται πιο επιτακτικές με την υποστήριξη του Project management πολλαπλών εργασιών.

Βιβλιογραφία

- [1] Brian Kingsman, Linda Hendry, Alan Mercer, Antonio de Souza, (1996), Responding to customer enquiries in make-to-order companies Problems and solutions.
- [2] Γ.Γεωργάτος, Δ.Εμίρης, Χ.Μαρεντάκης, (2009). Στρατηγική Μερικής ικανοποίησης παραγγελιών για την εξισορρόπηση Δυναμικότητας παραγωγής σε περιβάλλον Παραγωγής MTO.
- [3] D.N.P. Murthy and L. Ma, (1991)MRP with uncertainty: A review and some extensions.
- [4] Chung-Hsing Yeh, (1997), Schedule based production.
- [5] HENDRY and B.G. KINGSMAN (1989), Production planning systems and their applicability to make-to-order companies, L.C., Department of Operational Research and Operations.
- [6] Annastiina Kerkkanen, (2007). Determining semi-finished products to be stocked when changing the MTS-MTO policy: Case of a steel mill.
- [7] Brian Kingsman, Lee Worden, Linda Hendry, Alan Mercer and Elaine Wilson, (1993). Integrating marketing and production planning in Make-To-Order companies.
- [8] Robert B. Handfield, Ronald T. Pannesi, (1991). An Empirical Study of Delivery Speed and Reliability.
- [9] G. Harhalakis and S.S. Yang, (1988). Integration With Mrp In A Of Network Analysis Systems Make-To-Order Manufacturing Environment.
- [10] M.H. Xionga, S.B. Tora,b, Rohit Bhatnagara,c L.P. Khoob, S. Venkat, (2006). A DSS approach to managing customer enquiries for SMEs at the customer enquiry stage.

- [11] J. WANG, J.-Q. YANG, H. LEE, (1993). Multicriteria Order Acceptance Decision Support in Over-Demanded Job Shops: A Neural Network Approach.
- [12] A. Subash Babu (1999). Strategies for enhancing agility of make-to-order manufacturing systems.
- [13] Hartmut Stadtler, Christoph Kilger Third Edition (2005). Supply Chain Management and Advanced Planning.
- [14] Mohua Xiong et al. (2002). A web-enhanced dynamic BOM-based available-to-promise system.
- [15] Gayialis Sotiris, Spanos Athanasios, Tatsiopoulos Ilias (2008). A Decision Support System for Detailed Production Scheduling in a Greek Metal Forming Industry.
- [16] Project-Oriented Approach to Production Planning And Scheduling In Make-To-Order Manufacturing
- [17] Development and Implementation of a Production Planning Dss For A Manufacturing Firm
- [18] Manufacturing Execution, Functions in Detail (English version) - Integrated Manufacturing(1996), SAP.