

Διοίκηση Λειτουργιών

τα τετράδια μιας Οδύσσειας

τετράδιο 14

Προγραμματισμός παραγωγής
γενικού εργοστασίου

τετράδιο 14

Προγραμματισμός παραγωγής γενικού εργοστασίου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πρώτο ζήτημα του προγραμματισμού του γενικού εργοστασίου - job shop, είναι η κατανομή του φόρτου εργασίας στις μηχανές - σταθμούς επεξεργασίας ή στους εξυπηρετητές. Βασικό εργαλείο είναι το διάγραμμα Gantt, στο οποίο καταγράφεται ο φόρτος των μέσων παραγωγής και μας επιτρέπει να επιχειρούμε την καλύτερη αξιοποίησή τους. Είναι ένα εποπτικό μέσο, που δίνει την δυνατότητα να ανακαλύπτουμε πολύ πιο αποτελεσματικές λύσεις στα θέματα του προγραμματισμού. Μια δεύτερη χρήση του είναι η παρακολούθηση της προόδου μιας εντολής εργασίας στο χώρο της παραγωγής. Και για τις δύο περιπτώσεις δίδονται σχετικά παραδείγματα.

Στη συνέχεια, ο Λορέντζος με τον Γιάννη εξετάζουν τα δύο συστήματα προγραμματισμού και ελέγχου: το προς τα εμπρός (forward) και το προς τα πίσω (backward), καθώς και τις έννοιες νωρίτερος χρόνος πέρατος, αργότερος χρόνος έναρξης και το περιθώριο χρόνου - slack. Αναφέρονται επίσης στις μεθόδους Push και Pull και το αντίστοιχο JIT (Just in Time), καθώς και στα μηχανογραφημένα συστήματα MRP και ERP του προγραμματισμού. Αναλύονται οι απαιτήσεις σε αξιοπιστία των χρόνων των φασεολογιών, καθώς και η ανάγκη για συνεχή αναθεώρησή τους. Επόμενο θέμα είναι ο τρόπος κατανομής εργασίας σε κάθε σταθμό επεξεργασίας με βάση τους κανόνες προτεραιότητας και εξετάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των πιο γνωστών κανόνων.

Τέλος, με ένα παράδειγμα, εξετάζεται ο κλασικός κανόνας προτεραιότητας του Johnson, ώστε να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούνται οι κανόνες.

Ένα μικρό παράρτημα περιλαμβάνει λύσεις από τα προβλήματα του προγραμματισμού που τέθηκαν στα δύο τελευταία τεύχη.

14^η Συζήτηση

Προγραμματισμός Παραγωγής γενικού εργοστασίου (-εξυπηρέτησης)

Η λογική του γενικού εργοστασίου και

Έφτασε ο καιρός, Γιάννη, να μιλήσουμε και για τον τρόπο προγραμματισμού της παραγωγής στο γενικό εργοστάσιο. Θυμάσαι σε τι διαφοροποιείται το γενικό εργοστάσιο από τη ροϊκή παραγωγή;

*Το πρώτο κύριο χαρακτηριστικό του **γενικού εργοστασίου (job shop** - εργαστήριο το οποίο διεκπεραιώνει διάφορες “εργασίες”) είναι ότι διαθέτει μεγάλη ποικιλία μηχανών, γενικής χρήσεως τις περισσότερες φορές. Δεύτερο χαρακτηριστικό του είναι ότι παράγει μεγάλη ποικιλία τύπων προϊόντων, όπου καθένα από αυτά τα προϊόντα μπορεί να έχει τη δική του πορεία παραγωγής από μηχανή σε μηχανή. Η παραγωγή γίνεται με βάση τις παραγγελίες των πελατών, όπως σε ένα μηχανουργείο που παράγει μεγάλη ποικιλία εξαρτημάτων σε εργαλειομηχανές ή σε ένα εξειδικευμένο επιπλοποιείο.*

Πολύ σωστά. Η μεγάλη ποικιλία των μηχανών θέτει ως βασικό ζητούμενο του προγραμματισμού να κατανεμηθεί σωστά ο φόρτος εργασίας στις μηχανές επεξεργασίας ή τους “εξυπηρετητές” (αν μιλάμε για υπηρεσίες), ώστε να γνωρίζουμε αν υπάρχει η δυνατότητα να πάρουμε και άλλη παραγγελία και τον χρόνο παράδοσής της, αλλά να γνωρίζουμε και το αναξιοποίητο δυναμικό για να το αξιοποιήσουμε κατάλληλα. Μπορεί ο στόχος μας να είναι η ευελιξία, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι δεν πρέπει να στοχεύουμε και στην καλύτερη αξιοποίηση των μέσων παραγωγής για να υπάρχει κέρδος. Νομίζω, όμως, ότι πριν ξεκινήσουμε τη συζήτηση, πρέπει να διερευνήσουμε ένα κλασικό αλλά χρήσιμο εργαλείο, το **διάγραμμα Gantt**, το οποίο χρησιμοποιείται κατά κόρον για τον προγραμματισμό σε συνθήκες **γενικού εργοστασίου ή εξυπηρέτησης**.

Γενικής εξυπηρέτησης; Βλέπω, Λορέντζο, ότι επιβάλλεις και νέους όρους.

Ναι, Γιάννη. Έχουμε υπηρεσίες όπου η εξυπηρέτηση γίνεται σε σειρά, με τη λογική της ροϊκής παραγωγής, όπως είναι, για παράδειγμα, το σερβίρισμα του φαγητού στον στρατό. Περνάς με το δίσκο από μια σειρά “σταθμών επεξεργασίας-εξυπηρέτησης”. Σε κάθε σταθμό ένας από τους βοηθούς του μάγειρα βάζει μέσα στο δίσκο σου κάτι φαγώσιμο, από τον πρώτο μέχρι και τον τελευταίο, και, όταν πλέον έχουν γεμίσει οι θήκες του δίσκου, φεύγεις. Όταν τέθηκε ο όρος γενικό εργοστάσιο ή εργαστήριο κανείς δεν ασχολείτο με τις υπηρεσίες. Όμως, τώρα οι περισσότεροι εργάζονται στις υπηρεσίες και χρειαζόμαστε πλέον έναν όρο για τις υπηρεσίες, που δεν παρέχονται με τη λογική της ροϊκής παραγωγής. Τα ίδια χαρακτηριστικά, όπως τα γενικά εργοστάσια, παρουσιάζουν τα εστιατόρια, τα συνεργεία επισκευής αυτοκινήτων, τα νοσοκομεία κλπ. Σ’ αυτές τις περιπτώσεις έχουμε την εξυπηρέτηση αντί της επεξεργασίας. Ο σερβιτόρος, για παράδειγμα, εξυπηρετεί μικρές ή μεγάλες παρέες με διαφορετικές απαιτήσεις στους χρόνους παράδοσης των φαγητών, διαφορετικούς χρόνους εξυπηρέτησης αλλά και χρόνους διέλευσης. Θυμάσαι πώς ορίσαμε τον χρόνο διέλευσης;

Ναι, θυμάμαι από τη 13^η Συζήτησή μας τι είναι ο χρόνος διέλευσης.

Ωραία, τότε δεν χρειάζεται να το ξαναπούμε. Συνεχίζουμε. Το μόνο σίγουρο πράγμα στο πρόγραμμα κάθε σερβιτόρου σε όλα τα εστιατόρια είναι ο κανόνας προτεραιότητας, δηλαδή να εξυπηρετείται πρώτος, όποιος έρχεται πρώτος.

Αυτό τι σχέση έχει τώρα;

Θα το δούμε αργότερα, υπομονή. Άλλο παράδειγμα, που είναι κάτι μεταξύ γενικού εργαστηρίου και γενικών υπηρεσιών, είναι η κουζίνα ενός εστιατορίου όπου, σε λίγες μηχανές, παράγεται μια

μεγάλη ποικιλία φαγητών, σε διαφορετικές ποσότητες και με διαφορετικές επεξεργασίες. Κάποια φαγητά παράγονται και αποθεματοποιούνται, π.χ. ένα ταψί με γεμιστά. Άλλα ετοιμάζονται αφού τα παραγγείλει ο πελάτης, τα φαγητά της ώρας.

Έλεγα και εγώ, γιατί δεν μιλήσαμε για φαγητό μέχρι τώρα!

Προσπερνώ, Γιάννη, το αστέιο για να σε πάω να δούμε το διάγραμμα Gantt, που είναι ένα εργαλείο παρακολούθησης του προγράμματος, αλλά και του φόρτου των μέσων παραγωγής. Τι σας έχει πει σχετικά ο δάσκαλος;

Το διάγραμμα Gantt

Χρησιμοποιήθηκε από τον Henry Gantt στις αρχές του 20^{ου} αιώνα και χρησιμοποιείται, μέχρι σήμερα, για την παρακολούθηση χρονικών προγραμμάτων. Ο οριζόντιος άξονας απεικονίζει τον χρόνο και στη μία του μορφή, στο διάγραμμα, καταγράφεται ο φόρτος των διαφορετικών πόρων - μέσων παραγωγής από τις διάφορες εργασίες σε σχέση με τη δυναμικότητα κάθε πόρου. Μας δίνει μια καλή **εποπτεία** για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα που θα απασχολούνται οι πόροι και για το ποσοστό αξιοποίησής τους και μας επιτρέπει να επιχειρήσουμε την καλύτερη αξιοποίησή τους ή να πουλήσουμε το τυχόν περίσσευμα δυναμικότητάς τους, επιλέγοντας τα κατάλληλα προϊόντα.

Ας δούμε, Γιάννη, πώς χρησιμοποιείται στην πρώτη του μορφή με το ακόλουθο παράδειγμα:

Μια εντολή εργασίας περιλαμβάνει 3 επεξεργασίες: Την πρώτη στη μηχανή A, με δυναμικότητα 100 τεμ/ώρα, τη δεύτερη στη μηχανή B, με δυναμικότητα 150 τεμ/ώρα, και την τρίτη πάλι στην μηχανή A, αλλά με την παρατήρηση ότι η επεξεργασία, αυτή τη φορά, είναι πολύ πιο σύντομη και η δυναμικότητα της μηχανής ανέρχεται σε 200 τεμ/ώρα. Αν εργάζεται μια βάρδια (8 ώρες) και η εντολή περιλαμβάνει 600 τεμάχια, τότε θα παραδοθεί;

Ρωτάς και περιμένεις να σου απαντήσω; Πώς μπορώ να κάνω όλους αυτούς τους απλούς, αλλά πολλούς υπολογισμούς;

Αυτό ακριβώς είναι και το κέρδος από τη χρήση του διαγράμματος. Με άξονα τον χρόνο και δύο οριζόντιες γραμμές παριστάνω τους δύο παραγωγικούς πόρους, δηλαδή τις μηχανές A και B. Σχεδιάζω, από την αρχή των χρόνων επάνω στη γραμμή του πόρου A μια μπάρα μήκους 6 ωρών, όσο θα διαρκέσει η πρώτη επεξεργασία (600 τεμ: 100 τεμ/ώρα). Σχεδιάζω άλλη μια μπάρα στον άξονα της μηχανής B στο τέλος της 6^{ης} ώρας και για ακόμη 4 ώρες (600 τεμ: 150 τεμ/ώρα) και από το τέλος της, ώρα 10, πάω πάλι στον άξονα της A με μια μπάρα 3 ωρών (600 τεμ: 200 τεμ/ώρα).

Κατάλαβα, Λορέντζο. Είναι πολύ απλό. Νάτο το διάγραμμα, το σχεδιάζα καθώς μιλάγες:

Μηχανή A													
Μηχανή B													
ώρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Τι μας λέει, Γιάννη; Ότι θα παραδοθεί, αν δεν υπάρξουν καθυστερήσεις, σε 13 ώρες. Αυτό όμως θα το έβρισκες και μόνο αν πρόσθετες τους επί μέρους χρόνους. Το σημαντικό είναι ότι με μια ματιά έχεις μπροστά σου τον φόρτο εργασίας, δηλαδή πόσο και πότε είναι απασχολημένες οι μηχανές. Στο ερώτημα: Μπορώ εμβόλιμα να παράγω μια απλή εντολή, μεγέθους παρτίδας 700 τεμαχίων, που έχει

μόνο μια επεξεργασία στη μηχανή A με δυναμικότητα 200 τεμ/ώρα και πότε θα την παραδώσω; Τι απαντάς;

Με το διάγραμμα, Λορέντζο, πράγματι είναι πολύ απλό να σου απαντήσω. Έχω μια απλή εικόνα του φόρτου των μηχανών και βλέπω ότι μπορώ να παράγω την εμβόλιμη εντολή στη μηχανή A από την ώρα 6 έως την 9:30 (700 τεμ: 200 τεμ/ώρα = 3,5 ώρες), χωρίς να διαταράξω τη ροή της προηγούμενης εντολής. Να πως διαμορφώνεται τώρα το διάγραμμα:

Μηχανή A														
Μηχανή B														
ώρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	

Πάλι, είσαι σωστός, Γιάννη. Μια δεύτερη χρήση, του διαγράμματος Gantt είναι αυτή με την οποία μπορώ να παρακολουθώ την πρόοδο μιας εντολής εργασίας, όπως περνά από διάφορες μηχανές και υφίσταται διάφορες επεξεργασίες, καθώς και σταθμούς συναρμολόγησης. Πιστεύω ότι θα μας δοθεί ευκαιρία να πούμε περισσότερα όταν θα κάνετε **Χρονικό Προγραμματισμό Κατασκευών**.

Κάτι μου θυμίζεις από τη Σχολή, αλλά μην αρχίσεις πάλι για τις επιδόσεις μου στις ...παράταξες. Δώσε μου ένα παράδειγμα.

Ας πάρουμε μια κλασική περίπτωση από το ξενοδοχείο σου. Στη μεγάλη αίθουσα φιλοξενείς ένα παιδικό πάρτι και, όταν τελειώσει, έχεις 12 ώρες περιθώριο για να ετοιμάσεις την αίθουσα, ώστε εκεί να διεξαχθεί ένα συνέδριο. Πρέπει να την αδειάσεις, να την καθαρίσεις, να στήσεις τις εξέδρες και τις καρέκλες και μετά να έρθει ο υπεργολάβος για να τοποθετήσει τα πολλά και δύσκολα οπτικοακουστικά. Με βάση την εμπειρία σου δημιουργείς το παρακάτω πρόγραμμα, όπου οι γαλάζιες μπάρες πρέπει να έχουν μήκος ανάλογο με τις ώρες που προβλέπεις -από αντίστοιχες περιπτώσεις- ότι θα χρειασθείς για τη συνολική προετοιμασία και πρέπει οι μπάρες να τοποθετηθούν, ανάλογα με τη σειρά εργασιών. Μάλιστα, επειδή βλέπεις ότι δεν υπάρχουν μεγάλα περιθώρια, προγραμματίζεις να ξεκινήσει το στήσιμο των εξεδρών, ενώ ακόμη συνεχίζεται ο καθαρισμός της υπόλοιπης αίθουσας. Δες το:

Αδειασμα										↓				
Καθαρισμός														
Στήσιμο														
Οπτικοακουστικά														
ώρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	

Με το κίτρινο χρώμα εμφανίζεται η πρόοδος των εργασιών. Για πες μου, τι κάνεις εάν συμβούν μια καθυστέρηση στην πρώτη εργασία (πάντα αργούμε να ξεκινήσουμε και να συντονισθούμε) και μια απουσία στην ομάδα που στήνει στην αίθουσα και σωρευθεί στην αρχή της 10^{ης} ώρας μια καθυστέρηση δύο ωρών;

Ζητώ, Λορέντζο, από τον υπεργολάβο διπλασιασμό των μελών του συνεργείου και ηρωικές προσπάθειες. Άλλωστε στην Ελλάδα όλα έτσι γίνονται. Δεν θυμάσαι την προετοιμασία των Ολυμπιακών Αγώνων;

Μπράβο. Για να συνοψίσουμε, το διάγραμμα Gantt είναι ένα απλό και εύχρηστο εργαλείο για τον

προγραμματισμό των πόρων (μηχανών, ανθρώπων), το οποίο, ακριβώς λόγω της απλότητάς του, μας δυσκολεύει να το χρησιμοποιήσουμε για τον προγραμματισμό πολλών μέσων παραγωγής σε αλληλοεξαρτώμενα έργα. Από την άλλη πλευρά, είναι ένα εποπτικό μέσο, που δίνει τη δυνατότητα να ανακαλύπτουμε πολύ πιο αποτελεσματικές λύσεις στα θέματα του προγραμματισμού.

Τι εννοείς;

Πάρε το ακόλουθο απλό παράδειγμα που πάντα χρησιμοποιούσε ο δικός μου δάσκαλος, Νίκος Εμπέογλου:

Στο εξοχικό μου έχω μια παλιά κάθετη φρυγανιέρα με δύο θέσεις-επιφάνειες ψήσιματος και αντίστοιχα χειροκίνητα πορτάκια συγκράτησης της κάθε φέτας του ψωμιού. Σε κάθε θέση, κάθε φορά ψήνει μόνο μία πλευρά της φέτας του ψωμιού. Για να ψήσω και την άλλη πλευρά της φέτας, πρέπει να ανοίξω το πορτάκι, να βγάλω την φέτα, να τη γυρίσω και να ξανακλείσω το πορτάκι. Το κακό είναι ότι είμαι αναγκασμένος να χρησιμοποιώ μόνο το ένα χέρι, λόγω ενός μικρού ατυχήματος, οπότε δεν μπορώ να χειριστώ ταυτόχρονα και τις δύο πλευρές της φρυγανιέρας. Θέλω να ψήσω τρεις φέτες ψωμί και από τις δύο πλευρές. Πόσο χρόνο θα χρειασθώ; Πώς θα διασφαλίσω τον ελάχιστο χρόνο ψήσιματος; Δίδονται οι εξής στοιχειώδεις χρόνοι σε δευτερόλεπτα:

Τοποθέτηση μιας φέτας στην κάθε θέση της φρυγανιέρας (ανεξάρτητα με πιο χέρι)	5
Ψήσιμο μιας πλευράς	30
Γύρισμα μιας φέτας με το ένα χέρι (στην ίδια θέση)	5
Εξαγωγή μιας φέτας με το ένα χέρι	5

Μου φαίνεται πολύ απλό. Θα χρησιμοποιήσω δύο άξονες, έναν για κάθε...

Καλά, άστο για μετά, όταν τελειώσουμε τα βασικά. Άλλωστε, χρωστάς και μια απάντηση από την προηγούμενη συζήτηση, στο θέμα της περαιτέρω βελτίωσης της φόρτισης της γραμμής παραγωγής που εξετάζαμε ως παράδειγμα.

Η φόρτιση και ο προγραμματισμός

Λορέντζο, προτείνω να δούμε πιο διεξοδικά το πρόβλημα του προγραμματισμού. Όταν ο πελάτης ενός γενικού εργοστασίου δίνει μία παραγγελία, συμφωνεί και την ημερομηνία παράδοσής της.

Αν υπάρχει απόθεμα στα είδη που παρήγγειλε, τα παραλαμβάνει αμέσως. Όμως, ο προγραμματιστής οφείλει, με βάση τη ζήτηση που υπάρχει και το απόθεμα που έχει απομείνει, να ορίσει τον χρόνο παράδοσης των εντολών για την αναπλήρωση των αποθεμάτων. Πολλές φορές καλείται να καθορίσει ημερομηνίες παράδοσης για νέες εντολές εργασιών, οι οποίες ενδεχομένως θα εκτελεστούν στο εργοστάσιο, ύστερα από μερικές εβδομάδες, ή ακόμη και μήνες. Για να έχουν χρήσιμα δεδομένα, που θα βοηθήσουν στη λήψη απόφασης να καθορισθούν οι προθεσμίες παράδοσης, τα περισσότερα γενικά εργοστάσια παρακολουθούν τον φόρτο εργασίας κατά τμήμα ή κατά μηχανή, όπως είπαμε αναφερόμενοι στο διάγραμμα Gantt.

Με βάση τα όσα μάθαμε, ο φόρτος εργασίας δεν είναι τίποτε περισσότερο από το άθροισμα των ωρών εργασίας που έχουν ήδη καταχωρηθεί ότι πρέπει να εκτελεστούν στις αντίστοιχες μηχανές ή από τους εργαζόμενους για την περίπτωση υπηρεσιών, στο επόμενο διάστημα.

Ακριβώς, Γιάννη. Πάρε για παράδειγμα το σχεδιαστήριο μιας τεχνικής εταιρείας. Τα δεδομένα του φόρτου εργασίας μπορεί να δείχνουν ότι χρειαζόμαστε ακόμη 500 ώρες εργασίας για τον σχεδιασμό δικτύων σωληνώσεων υδραυλικών έργων που έχει αναλάβει το γραφείο. Εάν η δυναμικότητα του αντίστοιχου τμήματος είναι 80 ώρες την εβδομάδα (π.χ. δύο ειδικευμένοι σε σωληνώσεις σχεδιαστές απασχολούνται από 40 ώρες την εβδομάδα ο καθένας), η συσσώρευση εργασίας σε αυτό το τμήμα είναι πάνω από 6 εβδομάδες. Θεωρητικά, αυτό δείχνει ότι η κάθε καινούργια εντολή που λαμβάνεται από το τεχνικό γραφείο και η οποία απαιτεί χρόνο σχεδιασμού σωληνώσεων δεν είναι δυνατόν να ξεκινήσει πριν από τις έξι εβδομάδες, άρα μπορεί να παραδοθεί μετά από τις 7 εβδομάδες ή πιθανότατα τις 8, αν ληφθούν υπ' όψη και οι ενδιάμεσοι έλεγχοι και ενδεχομένως και οι αλλαγές των σχεδίων που θα χρειαστούν.

Αντιλαμβάνομαι, όμως, Λορέντζο, ότι μπορεί το τμήμα σωληνώσεων του σχεδιαστήριου που έχει συσσώρευση εργασίας έξι εβδομάδων, να μείνει χωρίς δουλειά μετά την τρίτη εβδομάδα, εάν κάποιες από τις εντολές που προκαλούν αυτήν την συσσώρευση δεν φθάσουν από τους μελετητές (προηγούμενο τμήμα) στον αντίστοιχο σχεδιαστή στην ώρα τους και καθυστερήσουν, για παράδειγμα, μέχρι την πέμπτη εβδομάδα.

Έχεις δίκιο. Επομένως, σημαντικό μειονέκτημα αυτού του απλοϊκού τρόπου φόρτισης, για τον καθορισμό των προθεσμιών παράδοσης, είναι ότι δεν γίνεται κατάτμηση του συνόλου των ωρών του φόρτου εργασίας κατά χρονική περίοδο και κατά εντολή, όπως είπαμε με το παράδειγμα στο διάγραμμα Gantt. Αυτό, βεβαίως, προαπαιτεί να έχεις ικανότητα να εκτιμήσεις με λογική ακρίβεια τους χρόνους που παρεμβάλλονται μεταξύ των διαδοχικών κατεργασιών και των καθυστερήσεων που θα συμβούν, επειδή οι εντολές κινούνται μέσα στο εργοστάσιο ή στην υπηρεσία. Χρειαζόμαστε, επομένως, για χρήση πολλά δεδομένα. Ό,τι ονομάζουμε απλοϊκά καταχώρηση, στην πραγματικότητα είναι τιτάνιο έργο, στο οποίο μας βοηθά πια το εκάστοτε κατάλληλο λογισμικό.

*Ένα άλλο θέμα που έθιξε ο δάσκαλος είναι τα δύο συστήματα προγραμματισμού και ελέγχου: το **προς τα εμπρός** (forward) και το **προς τα πίσω** (backward). Στο πρώτο σύστημα (**forward scheduling**), η λογική επιτάσσει να παραγγείλω το υλικό ή να περάσω την παρτίδα στην πρώτη φάση επεξεργασίας ή να συναρμολογήσω την υποκατασκευή και μόλις είμαι έτοιμος να την στείλω στην επόμενη φάση επεξεργασίας και ούτω καθ' εξής. Δηλαδή σπρώχνω τις απαιτούμενες εντολές μέσα στο σύστημα. Πολλές από τις εντολές εργασίας με αυτόν τον τρόπο είναι έτοιμες στον **νωρίτερο χρόνο πέρατος**, πριν την υποσχεθείσα ημερομηνία παράδοσης. Το άλλο σύστημα το backward, αφορά προφανώς την αντίθετη διαδικασία.*

Στη λογική **backwards scheduling** ή **backward explosion**, ο προγραμματισμός απαιτεί να έχω την ημερομηνία παράδοσης, την προδιαγραφή του τελικού προϊόντος από ποια και πόσα στοιχεία-συστατικά (components) αποτελείται, καθώς και τη σειρά των φάσεων επεξεργασίας και συναρμολόγησης που καταγράφονται στο **φασεολόγιο**. Με βάση την ημερομηνία παράδοσης, υπολογίζω πότε πρέπει να ξεκινήσω την τελική συναρμολόγηση και συσκευασία, αρκεί να ξέρω τον χρόνο που απαιτείται από αυτές τις φάσεις. Με την ίδια λογική, υπολογίζω προς τα πίσω πότε πρέπει να αρχίσω την κάθε φάση συναρμολόγησης των υποκατασκευών ή/και επεξεργασίας των εξαρτημάτων και φτάνω στην ημερομηνία που πρέπει να αρχίσω την πρώτη επεξεργασία.

*Ο δάσκαλος μας είπε ότι η ημερομηνία έναρξης της πρώτης επεξεργασίας δείχνει και τον **αργότερο χρόνο έναρξης**, κατά τον οποίο θα μπορούσε να ξεκινήσει η επεξεργασία της εντολής χωρίς να καθυστερήσει η παράδοσή της. Το χρονικό διάστημα από την ημερομηνία έκδοσης της εντολής μέχρι*

και τον αργότερο χρόνο έναρξης είναι το **περιθώριο χρόνου - slack** (κοινώς μαξιλάρι χρόνου) που έχω στη διάθεσή μου για να ξεκινήσω την επεξεργασία. Στο σύστημα forward, το περιθώριο χρόνου ισούται αντίστοιχα με το χρονικό διάστημα από τον νωρίτερο χρόνο πέρατος μέχρι την ημερομηνία παράδοσης και μας δίνει το χρονικό διάστημα που έχω στη διάθεσή μου για τυχόν καθυστερήσεις ή μεταθέσεις του χρόνου παράδοσης, χωρίς να καθυστερήσει η παράδοση της εντολής.

Πολύ σωστά, Γιάννη, όλα αυτά, αλλά πρόσεξε κάτι: και οι δύο αυτοί τρόποι προγραμματισμού που συζητήσαμε, είναι αν θέλεις λίγο διαφορετικές λογικές της ίδιας μεθόδου, που ονομάζεται **Push**. Ανεξάρτητα πότε ξεκινάμε την παραγωγή, και στις δύο περιπτώσεις, κάθε παρτίδα μόλις τελειώσει από τη μία φάση τη “σπρώχνουμε” στην επόμενη. Αντίθετα, στο σύστημα **Pull**, με απλά λόγια, ο κάθε σταθμός, μόλις τελειώσει την επεξεργασία της παρτίδας, την προωθεί στον επόμενο, γιατί την κατασκεύασε με βάση τη σχετική εντολή που πήρε από αυτόν. Ταυτόχρονα, τη στιγμή που παίρνει την εντολή από τον επόμενο, δίνει εντολή στον προηγούμενο σταθμό να ετοιμάσει και να του προωθήσει το υλικό της επόμενης παρτίδας, για να αρχίσει την επεξεργασία μόλις πάρει τη νέα εντολή από τον επόμενο σταθμό.

Ναι, μας μίλησε λίγο ο δάσκαλος για το σύστημα αυτό που είναι βασικά το περίφημο JIT - Just in Time. Είναι ένα εξαιρετικό σύστημα για την παραγωγή εξαρτημάτων που επαναλαμβάνονται ή/και προωθούνται σε γραμμές συναρμολόγησης μεγάλων όγκων (αυτοκίνητα, μηχανές) γιατί κρατά τα αποθέματα σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα, αλλά είναι και εξαιρετικά δύσκολο να τρέξει ομαλά...

Ακριβώς. Ας ασχοληθούμε επομένως, με τα κλασικά και αυτά που αφορούν στην πλειονότητα των ελληνικών επιχειρήσεων. Το backward explosion είναι βασικός μηχανισμός των συστημάτων **MRP**, που όμως προϋποθέτουν την ύπαρξη έγκυρων χρόνων επεξεργασίας, εξαιρετικό έλεγχο και τήρηση των προγραμμάτων. Ξέρεις τι είναι το MRP;

Όλος ο κόσμος το γνωρίζει, Λορέντζο. Σημαίνει **Materials Requirements Planning** και είναι από τις πρώτες εφαρμογές των υπολογιστών στον προγραμματισμό της παραγωγής. Όταν έχω, για παράδειγμα, εντολή να παραδώσω μια παρτίδα από μηχανήματα που αποτελούνται από πάρα πολλά (κάποιες φορές χιλιάδες) διαφορετικά υλικά και εξαρτήματα, πρέπει να ξέρω ποια και πόσα είναι αυτά που συνθέτουν το ένα μηχάνημα (αυτό που έχει επικρατήσει να λέγεται *Bill of Materials*). Έτσι θα ξέρω, πόσα θα παραγγείλω από το καθένα, ώστε, είτε να τα προμηθευθώ από το εμπόριο ή/και από υποκατασκευαστές, είτε να τα κατασκευάσω και να τα συναρμολογήσω. Με την καθιέρωση του MRP μειώθηκαν τα έξοδα από την προμήθεια περιττών ποσοτήτων υλικών και εξαρτημάτων, αλλά, το κυριότερο, μειώθηκαν οι ελλείψεις, οι ανατροπές του προγράμματος λόγω των ελλείψεων με τις αντίστοιχες καθυστερήσεις παράδοσης και, βέβαια, η κακή διαχείριση των πόρων.

Γιάννη, το σημαντικότερο είναι ότι μη έχοντας το βάρος των τεράστιων ποσοτήτων από διάφορα υλικά και εξαρτήματα που περίσσεψαν από προηγούμενες εντολές εργασίας, οι βιομηχανίες μπορούν να αλλάζουν-βελτιώνουν ριζικά τα μοντέλα τους πολύ συχνά και να παραμένουν ανταγωνιστικές. Το κόστος της διαγραφής των περισσευμάτων από παλαιότερα μοντέλα θα ήταν τεράστιο χωρίς την ακρίβεια που προσφέρει η μηχανογράφηση και το MRP.

Το **MRP II** τι είναι;

Είναι το **Manufacturing Resources Planning**, το δεύτερο βήμα, όπου πλέον, εκτός από τα υλικά και τα εξαρτήματα, το λογισμικό, με βάση τους κανόνες που ορίζεις, προγραμματίζει τους πόρους. Υπάρχει ακόμα και το **ERP, Enterprise Resource Planning**, με το οποίο μηχανογραφούμε όλες τις λειτουργίες

της επιχείρησης και με τις διασυνδέσεις τους. Για παράδειγμα: πόσα χρήματα θα απαιτηθούν για τις προμήθειες των συγκεκριμένων υλικών, τι εισπράξεις και πότε θα τις έχω από την παράδοση της παραγγελίας.

Φασεολόγιο

Πριν προχωρήσουμε, Λορέντζο, είναι χρήσιμο να εξετάσουμε πιο προσεκτικά τη φύση της εργασίας που γίνεται στα γενικά εργοστάσια.

Έχεις δίκιο. Κάθε **παραγγελία** αναλύεται σε **εντολές εργασίας-παραγωγής**. Ακόμη και αν η παραγγελία αφορά ένα είδος, μπορεί να εκδοθούν περισσότερες εντολές εργασίας στην περίπτωση που γίνουν τμηματικές παραδόσεις περισσότερων από μιας παρτίδων. Από την άλλη, μπορεί να εκδοθεί μια εντολή εργασίας ακόμα κι αν έχουμε πολλές παραγγελίες, στις περιπτώσεις όπου το ίδιο παραγόμενο είδος το ζητούν πολλοί πελάτες. Γενικά, μια εντολή συνίσταται από μία **ακολουθία κατεργασιών** (ή συναρμολογήσεων) και η κάθε κατεργασία θα εκτελεσθεί για όλα τα τεμάχια της παρτίδας. Κάθε κατεργασία εκτελείται σε διαφορετική μηχανή (ή συνεργείο συναρμολόγησης), ή ίσως και στην ίδια μηχανή όταν υπάρχουν διαφορετικές ρυθμίσεις για κάθε κατεργασία. Μπορεί, για παράδειγμα, ένα μεταλλικό κουτί που προορίζεται να περιλάβει έναν ηλεκτρολογικό πίνακα, μετά την πρώτη διαμόρφωσή του να περάσει από το βαφείο για να βαφτεί το εσωτερικό του και μετά -αφού τοποθετηθεί η βάση του πίνακα- να επιστρέψει στο βαφείο για το προσεκτικό βάψιμο της εξωτερικής επιφάνειάς του, που καταπονείται περισσότερο, με διαφορετικής ποιότητας χρώμα. Η ακολουθία των κατεργασιών και οι μηχανές στις οποίες αυτές πρέπει να εκτελεστούν, συνήθως, καθορίζονται μονοσήμαντα.

*Το συζητήσαμε το θέμα και ο δάσκαλος είπε ότι η ακολουθία των κατεργασιών καταγράφεται στο λεγόμενο **φασεολόγιο**. Πέρα, όμως, από την ακολουθία των κατεργασιών, στο φασεολόγιο βρίσκει κανείς και τον **καθορισμένο χρόνο** για την εκτέλεση της κάθε κατεργασίας.*

Ο χρόνος αυτός, Γιάννη, μπορεί να είναι είτε μία χονδρική εκτίμηση που έχει κάνει ο μηχανικός παραγωγής που συνέταξε το φασεολόγιο, είτε ένας ακριβέστερος πρότυπος χρόνος για την κατεργασία, καθορισμένος από δεδομένα πρότυπα, από την Μελέτη Εργασίας, ή με άλλον τρόπο.

Συναντάμε ξανά τη μελέτη εργασίας, που συναντήσαμε και στην προηγούμενη συνομιλία μας.

Θα το συζητήσουμε το θέμα, αργότερα. Ο καθορισμένος χρόνος αποτελεί τη βάση υπολογισμού της δυναμικότητας. Αυτό είναι το στοιχείο, το οποίο χρησιμοποιείται και στην κατάρτιση των δεδομένων φόρτισης που αναφέρθηκαν νωρίτερα. Η σύνταξη των φασεολογίων χρειάζεται τη συνεχή φροντίδα του προγραμματιστή, γιατί κάθε νέο είδος ή/και παραλλαγή του απαιτεί μελέτη, όπως όταν παρουσιαστεί ανάγκη να γίνει η επεξεργασία σε κάποια άλλη μηχανή από τη συνηθισμένη, γιατί η τελευταία έχει μεγάλο φόρτο. Χρειάζεται, επίσης, να αναθεωρεί τους καθορισμένους χρόνους, τόσο σε κάθε αλλαγή διεργασίας, όσο και με τα απολογιστικά στοιχεία που συλλέγει.

Έστω, Λορέντζο, ότι έχει έτοιμο το φασεολόγιο για κάποια εντολή. Μετά τι κάνει;

Ο προγραμματιστής ενός γενικού εργοστασίου, με βάση την προθεσμία παράδοσης για κάθε εντολή που πρέπει να εκτελεσθεί, καθορίζει την εργασία που θα γίνει στο εργοστάσιο, κατανέμοντας και προωθώντας τις εντολές στα διάφορα τμήματά του.

Και υλικά, πού βρίσκει πρώτες ύλες ο αρχικός σταθμός επεξεργασίας;

Μα, όταν λέμε, Γιάννη, ότι ο προγραμματιστής στέλνει την εντολή εργασίας για εκτέλεση, η πρώτη εντολή μπορεί να αφορά στην αποστολή των αναγκαίων υλικών από την αποθήκη ή/και στη μελέτη των κατάλληλων σχεδίων από το σχεδιαστήριο. Και αυτά τα τμήματα είναι ένα είδος “σταθμοί επεξεργασίας” μιας και χωρίς τη συμμετοχή τους δεν είναι δυνατόν να ξεκινήσει η εργασία.

Και πότε στέλνει ο προγραμματιστής την εντολή ή, όπως λέμε, πότε τη “λανσάρει”;

Συχνά οι εντολές στέλνονται στο εργοστάσιο μόλις ολοκληρωθεί η αναγκαία γραφική εργασία. Παρόμοια πολιτική μερικές φορές δημιουργεί μεγάλη συσσώρευση εργασίας στα αρχικά στάδια ή στις φάσεις επεξεργασίας. Κάτι τέτοιο, το οποίο όπως αντιλαμβάνεσαι είναι το σύστημα προγραμματισμού forward, σημαίνει επίσης ότι πολλές εντολές που έχουν μακρινές προθεσμίες παράδοσης, μπορεί να παραμένουν μέσα στο εργοστάσιο περισσότερο από ό,τι χρειάζεται. Γι’ αυτό, σε πολλές επιχειρήσεις προσπαθούν να στείλουν την εργασία στο εργοστάσιο σύμφωνα με τις προθεσμίες παράδοσης - τη λογική του backwards scheduling, επιδιώκοντας έτσι την ελάττωση του συνωστισμού μέσα στο εργοστάσιο και του αποθέματος των ημικατεργασμένων προϊόντων. Είναι μια καλή τεχνική για τη μείωση και του κεφαλαίου κίνησης, όμως είναι επικίνδυνη να καθυστερήσουν οι παραδόσεις, αν το σύστημα δεν στηρίζεται σε ακριβή δεδομένα χρόνου και ακριβή φασεολόγια.

Κανόνες προτεραιότητας

Λορέντζο, από όλες τις εργασίες που σωρεύονται μπροστά σε μια μηχανή για την επόμενη φάση επεξεργασίας, ποια προτεραιότητα επιλέγει ο χειριστής; Ποιόν πελάτη, που περιμένει στην ουρά, αναλαμβάνει ο εξυπηρετητής; Πρέπει κάποιος να κάνει την κατανομή της εργασίας;

Πράγματι, η **κατανομή εργασίας** μπορεί να περιγραφεί πως απλά είναι η δραστηριότητα της επιλογής της ακολουθίας των εντολών που θα εκτελεστούν σε κάθε μηχανή ή παραγωγική μονάδα. Οι εντολές εργασίας που έχουν σταλθεί-λανσαρισθεί στο εργοστάσιο, προχωρούν από μηχανή σε μηχανή καθώς εκτελούνται οι κατεργασίες του φασεολογίου. Συνήθως, όταν μία παρτίδα τεμαχίων από κάποια εντολή εργασίας φθάνει σε μία μηχανή, σε ομάδα μηχανών ή σε συνεργείο συναρμολόγησης, υπάρχει ήδη μία **ουρά από εντολές** που έφθασαν νωρίτερα και περιμένουν να υποστούν επεξεργασία ή συναρμολόγηση στην ίδια μηχανή (ή μηχανές ή συνεργείο). Ο εργοδηγός της περιοχής, ο υπάλληλος προγραμματισμού της παραγωγής μέσα στο εργοστάσιο (ο κατανεμητής), ο εργαζόμενος ή ακόμα και ο εξυπηρετητής που θα εκτελέσει την εντολή πρέπει να αποφασίσει ποια από τις εντολές που περιμένουν πρέπει να περάσει για κατεργασία στην προσεχή διαθέσιμη μηχανή.

Αντιλαμβάνομαι, Λορέντζο, ότι το πρόβλημα της αποτελεσματικής κατανομής εργασίας είναι εξαιρετικά δύσκολο, ιδιαίτερα για τα μεγάλα γενικά εργοστάσια που έχουν μεγάλο αριθμό μηχανών και ακόμα μεγαλύτερο αριθμό εντολών υπό κατεργασία. Αντιλαμβάνομαι, επίσης, ότι εάν οι εντολές κατανέμονται τυχαία ή σύμφωνα με ένα προφανώς μη βέλτιστο κριτήριο (λ.χ. προτιμώντας τις εντολές που δίνουν την καλύτερη αμοιβή στον εργαζόμενο, σε εργοστάσια που πληρώνουν κατά την απόδοση ή στις πιο εύκολες εντολές εργασίας), τα αποτελέσματα θα είναι η πλημμυρική τήρηση των προθεσμιών, το μεγάλο υπό κατεργασία απόθεμα και οι νεκροί χρόνοι μηχανών, με συνέπεια τους χαμηλούς βαθμούς αξιοποίησης. Τι κάνουμε λοιπόν;

Γιάννη, συμφωνούμε και ακολουθούμε όλοι κάποιον **κανόνα προτεραιότητας**. Η Επιχειρησιακή Έρευνα, χρόνια τώρα, έχει μελετήσει το λεγόμενο “πρόβλημα χρονικού προγραμματισμού του γενικού εργοστασίου” και έχει διατυπώσει μεγάλο αριθμό κανόνων απόφασης για την κατανομή εργασίας

σε γενικά εργοστάσια. Σε εμάς απομένει να συμφωνήσουμε ποιος από όλους τους κανόνες πληροί τον στόχο μας, την κάθε περίοδο, και να ζητήσουμε να τον ακολουθούν όλοι. Επισημαίνω ότι οι κανόνες έχουν ελεγχθεί σε προσομοιώσεις με υπολογιστή πραγματικών γενικών εργοστασίων και έχουμε ασφαλή συμπεράσματα για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Να μερικοί κανόνες κατανομής που διαισθητικά παρουσιάζουν ενδιαφέρον:

Ενωρίτερη ημερομηνία παράδοσης (Earliest Due Date, EDD): Διάλεξε για τη διαθέσιμη μηχανή, μεταξύ των εντολών που περιμένουν, εκείνη η οποία έχει την ενωρίτερη προθεσμία παράδοσης. Η τήρηση αυτού του κανόνα εξασφαλίζει μεν ότι οι προθεσμίες παράδοσης θα επιτυγχάνονται σε ικανοποιητικό βαθμό, όμως η στάθμη των υπό κατεργασία αποθεμάτων μπορεί να είναι υψηλή και οι χρόνοι αναμονής των παρτίδων, μεγάλοι.

Πρώτο φθάνει, πρώτο εξυπηρετείται (First Come First Served, FCFS): Διάλεξε για τη διαθέσιμη μηχανή, μεταξύ των εντολών που περιμένουν, εκείνη η οποία έφθασε πρώτη στην ουρά. Η τήρηση αυτού του κανόνα συνεπάγεται ότι οι προθεσμίες παράδοσης πιθανόν να μην επιτυγχάνονται τόσο καλά, όπως συμβαίνει και με τον προηγούμενο, όμως αυτός ο κανόνας εξασφαλίζει ότι καμία εντολή δεν θα παραμείνει υπερβολικά σε οποιαδήποτε ουρά. Η στατιστική διασπορά του χρόνου διέλευσης είναι μικρότερη με αυτόν τον κανόνα παρά με οποιονδήποτε άλλον.

Τελευταίο φθάνει, πρώτο εξυπηρετείται (Last Come First Served, LCFS): όπως σε ένα γεμάτο οχηματαγωγό, που βγαίνουν πρώτα τα τελευταία οχήματα. Ο κανόνας, κατά συνθήκη, δεν χρησιμοποιείται στη βιομηχανία ή τις υπηρεσίες.

Βραχύτερος χρόνος κατεργασίας (Shortest Processing Time, SPT): Διάλεξε για τη διαθέσιμη μηχανή, από τις εντολές που περιμένουν, εκείνη η οποία έχει στην παρούσα φάση τον συντομότερο χρόνο κατεργασίας. Αυτός ο κανόνας, δηλαδή, δίνει προτεραιότητα στην εντολή που θα περάσει από την υπ' όψη μηχανή ή συνεργείο πιο γρήγορα. Περνάει ταχύτερα, άρα φθάνει στην επόμενη κατεργασία ταχύτερα, κάτι που είναι επιθυμητό, κυρίως όταν το επόμενο συνεργείο αργεί περιμένοντας εργασία. Χρήση αυτού του κανόνα συνεπάγεται σύντομο μέσο χρόνο διέλευσης, χαμηλή στάθμη αποθέματος υπό κατεργασία και, συνήθως, καλή τήρηση των προθεσμιών παράδοσης. Ο κανόνας αυτός, παρ' όλο που δεν λαμβάνει υπ' όψη τις προθεσμίες παράδοσης, προωθεί την εργασία γρήγορα, και έτσι οι περισσότερες εντολές εκτελούνται έγκαιρα. Βασικό του μειονέκτημα είναι ότι μία εντολή με μακρούς χρόνους κατεργασίας δεν βγαίνει έγκαιρα από το εργοστάσιο. Εντολές αυτού του είδους περιμένουν και περιμένουν στην ουρά, ενώ όλες οι άλλες εντολές με σύντομους χρόνους κατεργασίας τις προσπερνούν. Αυτό σημαίνει ότι μερικές από τις εντολές που καθυστερούν, καθυστερούν πάρα πολύ και μερικές εντολές έχουν υπερβολικά μακρούς χρόνους διέλευσης.

Μακρύτερος χρόνος επεξεργασίας (Longest Processing Time, LPT): με τη λογική να ξεμπερδεύουμε από τις ακριβές εργασίες που μπορεί να είναι και οι πλέον καλοπληρωμένες.

Ο κρίσιμος λόγος (Critical Ratio, CR). Μετράμε πόσος χρόνος απομένει μέχρι την παράδοση και τον διαιρούμε με τον συνολικό καθορισμένο χρόνο επεξεργασίας στα υπόλοιπα κέντρα από τα οποία πρέπει να περάσει η εντολή. Προτεραιότητα παίρνει η εργασία που θα παρουσιάσει τον μικρότερο λόγο γιατί κάτι τέτοιο δείχνει ότι απομένει λίγος χρόνος (αριθμητής) ή/και έχει μπροστά της χρονοβόρες επεξεργασίες (παρονομαστής).

Τέλος, το **Περιθώριο χρόνου** (απομένων χρόνος μέχρι παράδοση μείον ο συνολικός εναπομένων χρόνος επεξεργασίας) διά του αριθμού των υπολοίπων επεξεργασιών, Slack per Remaining Operation, S/RO.

Οι δύο τελευταίοι κανόνες ασχολούνται και δίνουν προτεραιότητα με βάση τις υπόλοιπες επεξεργασίες, ενώ οι τρεις πρώτοι ονομάζονται τοπικοί γιατί μπορεί ο κάθε εργάτης στην κάθε μηχανή να πάρει την απόφαση χωρίς υπολογισμούς, ώστε να ξέρει τι θα κάνει μετά.

Ο κανόνας του Johnson

*Θυμάμαι από τη Σχολή τον **κανόνα του Johnson**. Είναι ένας κανόνας προτεραιότητας με στόχο την ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου διέλευσης από το γενικό εργοστάσιο, στην περίπτωση που όλες οι εργασίες για να περατωθούν, περνούν από δύο μόνον μηχανές επεξεργασίας ή εξυπηρετητές και πάντα με συγκεκριμένη σειρά, από τον Α σταθμό στον Β.*

Θυμάσαι πώς γίνεται η κατάταξη των εργασιών;

Θυμάμαι ότι επέλεγα τις εργασίες με τον μικρότερο χρόνο επεξεργασίας, αλλά τίποτε παραπάνω...

Εδώ, Γιάννη, πρώτα επιλέγω την εργασία με τη μικρότερη διάρκεια εκτέλεσης στον πρώτο σταθμό επεξεργασίας Α και την κατατάσσω πρώτη. Αμέσως μετά, επιλέγω την εργασία με την μικρότερη διάρκεια εκτέλεσης στον δεύτερο σταθμό επεξεργασίας Β και την κατατάσσω τελευταία. Στον κατάλογο των υπολοίπων εργασιών συνεχίζω με την ίδια λογική (αλγόριθμο) και επιλέγω τη δεύτερη και την προτελευταία εργασία και ούτω καθ' εξής. Πάρε για παράδειγμα την προετοιμασία διαφόρων γλυκισμάτων και ψήσιμο σε φούρνο. Μπορώ να προετοιμάζω μόνο ένα γλύκισμα τη φορά, γιατί έχω ένα μικρό πάγκο και να ψήνω μόνο ένα γλυκό τη φορά.

Έλεγα και εγώ, υπάρχει περίπτωση παραδείγματος χωρίς αναφορά φαγητού;

Ας υποθέσουμε ότι θέλει η σύζυγός σου να ετοιμάσει πέντε διαφορετικά γλυκίσματα που πρέπει όλα να προετοιμαστούν από την ίδια και μετά να ψηθούν στο φούρνο της που μπορεί να ψήσει μόνο ένα ταψί την φορά. Το ερώτημά της είναι με τι σειρά πρέπει να γίνει η παρασκευή των γλυκών, ώστε ο συνολικός χρόνος να είναι ο μικρότερος δυνατός. Ο πίνακας με τα γλυκά και τους χρόνους επεξεργασίας σε κάθε έναν από τους δύο σταθμούς επεξεργασίας είναι ο εξής:

A/A	Γλυκά (Εργασίες)	Προετοιμασία (από έτοιμη ζύμη και φύλλα) σε λεπτά 1 ^{ος} Σταθμός Επεξεργασίας	Ψήσιμο με ένα ταψί τη φορά στο φούρνο σε λεπτά 2 ^{ος} Σταθμός Επεξεργασίας
A	Κέικ	10	45
B	Γαλακτομπούρεκο	45	45
Γ	Παντεσπάνι	10	15
Δ	Σκαλτσούνια	60	30
E	Μελομακάρονα	15	35

Εσύ τι θα πρότεινες, μετά από αυτά, στη σύζυγό σου;

Να επιλέξει το πρώτο και το τελευταίο γλύκισμα για την σειρά ετοιμασίας. Στο πρώτο βήμα μικρότερους χρόνους επεξεργασίας έχουν οι εργασίες Α και Γ στον πρώτο σταθμό (10 λεπτά) και η εργασία Γ (πάλι) στον δεύτερο σταθμό (15 λεπτά). Στο δίλημμα, τι κάνω με την εργασία Γ που

υπακούει και στις δύο επιλογές, η λύση είναι απλή. Τίθεται τελευταία με βάση τον μικρότερο χρόνο στη 2^η επεξεργασία και η Α εργασία τίθεται πρώτη με βάση τον μικρότερο χρόνο στην 1^η επεξεργασία. Οπότε έχω:

A/A	Γλυκά (Εργασίες)	Προετοιμασία 1 ^{ος} Σταθμός Επεξεργασίας	Ψήσιμο 2 ^{ος} Σταθμός Επεξεργασίας
A	Κέικ	10	45
Γ	Παντεσπάνι	10	15

Γιάννη, μας μένουν τώρα οι Β, Δ και Ε εργασίες. Εκεί τι προτείνεις;

Επιλέγω πάλι με την ίδια λογική να πάει δεύτερη στην κατάστασή μας η εργασία Ε, που έχει τον μικρότερο τώρα χρόνο στην πρώτη επεξεργασία (15 λεπτά) και η εργασία Δ να πάει στην προτελευταία θέση λόγω του μικρότερου χρόνου στον 2^ο σταθμό (30 λεπτά). Με αυτή τη λογική η σειρά των εργασιών καταλήγει ως εξής:

A/A	Γλυκά (Εργασίες)	Προετοιμασία (από έτοιμη ζύμη και φύλλα) σε λεπτά 1 ^{ος} Σταθμός Επεξεργασίας	Ψήσιμο με ένα ταψί τη φορά στο φούρνο σε λεπτά 2 ^{ος} Σταθμός Επεξεργασίας
A	Κέικ	10	45
E	Μελομακάρονα	15	35
B	Γαλακτομπούρεκο	45	45
Δ	Σκαλτσούνια	60	30
Γ	Παντεσπάνι	10	15

Πολύ σωστά.

Λορέντζο, με αυτή τη λογική, θέλω να δω πόσο αξιοποιώ τα μέσα παραγωγής, τον πάγκο εργασίας και τον φούρνο.

Τι μπορείς να κάνεις;

Οι λύσεις στα προβλήματα

Μα νομίζω ότι με ένα διάγραμμα Gantt μπορώ να έχω μια πολύ καλή εικόνα.

Ακριβώς, θα δεις ότι με τον κανόνα του Johnson έχεις εξαιρετικά ομαλή ροή από την μία εντολή στην άλλη χωρίς αναμονές των μηχανών ή των εξυπηρετητών. Με αυτή την ευκαιρία να δούμε και την φρυγανιέρα;

Έκανα το Gantt με κάθε άξονα να δείχνει μια θέση-επιφάνεια ψησίματος της φρυγανιέρας.

Πολύ σωστό, Γιάννη, μιας και η κάθε θέση είναι ο παραγωγικός μας πόρος. Και τι βρήκες;

150 δευτερόλεπτα.

Το διάγραμμα Gantt μας δίνει τη δυνατότητα να σκεφθούμε λύσεις με καλύτερη αξιοποίηση των πόρων. Τι μπορώ να κάνω καλύτερα και ταχύτερα;

Έχεις δίκιο, Λορέντζο. Η αλήθεια είναι ότι η μία θέση απασχολείται σχεδόν τον διπλάσιο χρόνο από την άλλη. Θα μπορούσα να βάλω τη μια πλευρά της 3^{ης} φέτας στη μία θέση της φρυγανιέρας και την άλλη στην άλλη θέση. Οι βαθμοί αξιοποίησης θα είναι σχεδόν οι ίδιοι και ο χρόνος για να ψηθούν και οι

τρεις φέτες, που είναι και ο στόχος μας, να μειωθεί περαιτέρω.

Ξαναδοκίμασε μέχρι να βρεις 120 δευτερόλεπτα. Μη με κοιτάς έτσι. Ναι, μόνον 120 δευτερόλεπτα. Αλλά όχι τώρα, για να πάμε για ύπνο...

Και το ερώτημα από την προηγούμενη συνάντηση; Τι πρέπει να προτείνω στο Πέτρο; Είχα φτάσει στο σημείο ένωσης των σταθμών Β και Γ οπότε είχαμε:

A. περιεχόμενο $1,2+0,6=1,8$ λεπτά/τεμ, ή αντίστροφα $60:1,8=33,33$ τεμ/ώρα

B και Γ μαζί με 1,5 λεπτό/τεμ έκαστος εργαζόμενος, εφόσον σε 3 λεπτά παράγουν 2 προσκλήσεις, ή $60:1,5=40$ τεμ/ώρα

Δ 1,5 λεπτό/τεμ, άρα πάλι 40 τεμ/ώρα

Μπορείς Γιάννη, να βελτιώσεις και άλλο την απασχόληση των σταθμών, ώστε να μειώσεις και το κόστος;

Νομίζω ναι. Να κάνει ο καθένας και τις τέσσερις εργασίες και να παράγουν 250 τεμάχια έκαστος, οπότε φτάνει η απασχόλησή τους στο 100% και δεν θα βαριούνται γιατί θα κάνουν μια ποικιλία εργασιών.

Συμπέρασμα, πριν πάμε για ύπνο.

Μην χρησιμοποιείτε γραμμές παραγωγής, εκτός αν είναι πολύ καλά εξισορροπημένες!

Ακριβώς, όλο το παιχνίδι στη ροϊκή παραγωγή είναι το κόστος, γιατί αν χάνεις από λίγο σε κάθε τεμάχιο της κάθε παρτίδας και επειδή είναι πάρα πολλά τα τεμάχια, τελικά χάνεις πολλά. Καληνύχτα, λοιπόν.

Καληνύχτα.

Έννοιες

Γενικό εργοστάσιο, Job-shop

Γενικό εργαστήριο και γενική εξυπηρέτηση

Διάγραμμα Gantt για την απεικόνιση του φόρτου ή/και την πρόοδο μιας εργασίας

Εντολή εργασίας

Συστήματα προγραμματισμού και ελέγχου:

Forward scheduling

Backwards scheduling ή backward explosion

Νωρίτερος χρόνος πέρατος

Αργότερος χρόνος έναρξης

Περιθώριο χρόνου - slack (κοινώς μαξιλάρι χρόνου)

Push και Pull

MRP, Materials Requirements Planning

Bill of Materials

MRP II, Manufacturing Resource Planning

ERP, Enterprise Resource Planning

Φασεολόγιο

Κανόνες προτεραιότητας

Εμπειρίες

Στόχος του γενικού εργοστασίου είναι η ευελιξία, αλλά και η καλύτερη αξιοποίηση των μέσων παραγωγής.

Διάγραμμα Gantt: καταγράφεται ο φόρτος των μέσων παραγωγής που μας δίνει μια καλή εμποπτεία για το ποσοστό αξιοποίησής τους και μας επιτρέπει να επιχειρήσουμε την καλύτερη αξιοποίησή τους.

Η ακολουθία των κατεργασιών και οι μηχανές στις οποίες πρέπει να εκτελεσθούν είναι συνήθως καθορισμένες μονοσήμαντα.

Η λογική Pull ελαττώνει το απόθεμα ημικατεργασμένων προϊόντων και το κεφάλαιο κίνησης, αλλά είναι επικίνδυνη για καθυστερημένες παραδόσεις.

Μην χρησιμοποιείτε γραμμές παραγωγής παρά μόνο αν είναι πολύ καλά εξισορροπημένες!

Προτεινόμενα βιβλία και κείμενα

Slack N., Chambers S. and Johnston R., "Operations Management, 4th edition, Financial Times/Prentice Hall, Harlow, 2004.

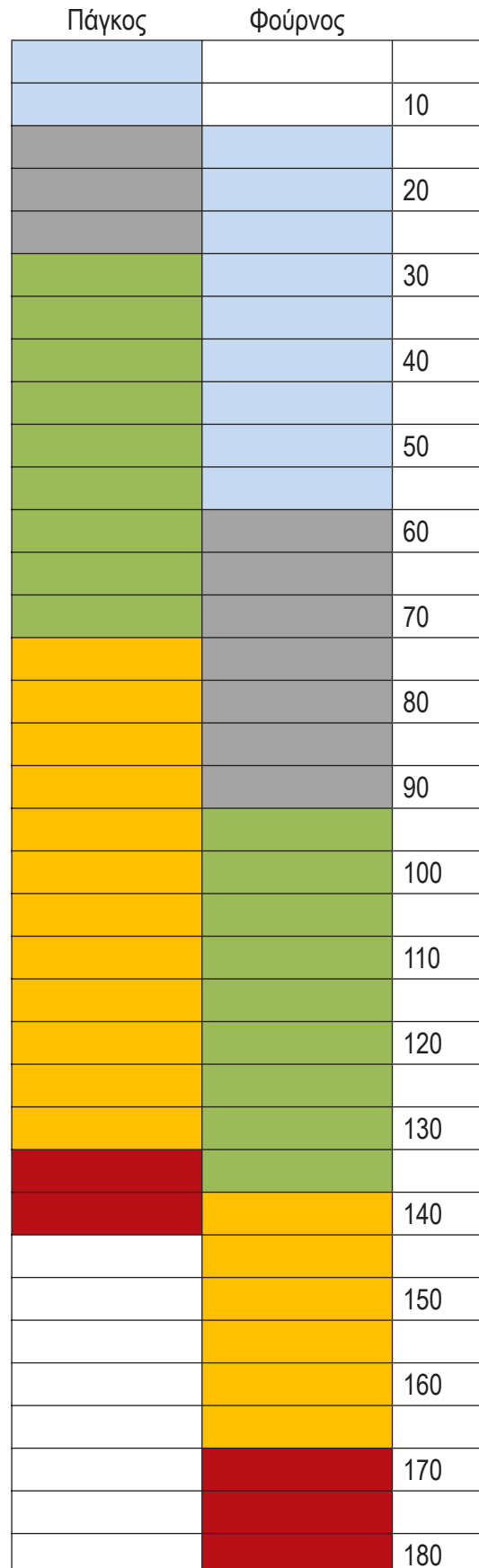
Chase Richard B., Jacobs Robert F., Aquilano Nicholas J., *Operations Management for Competitive Advantage*, 11th edition, McGraw-Hill, 2005.

Shtub A., *Enterprise Resource Planning (ERP). The Dynamics of Operations Management*, Kluwer Academic Publishers, 2002.

ΛΥΣΕΙΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ GANTT

1. Ο συνολικός φόρτος του πάγκου και του φούρνου και η αλληλουχία εργασιών στο παράδειγμα του κανόνα του Johnson

A	Κέικ	10	45	
E	Μελομακάρονα	15	35	
B	Γαλακτομπούρεκο	45	45	
Δ	Σκαλτσούνια	60	30	
Γ	Παντεσπάνι	10	15	



2. Η γραφική επίλυση του προβλήματος της φρυγανιέρας

Φέτες ψωμί Κ, Λ, Μ
 Οι πλευρές τους Α και Β

ΤΟΠ Τοποθετώ τη φέτα
 Γ Γυρίζω τη φέτα από την άλλη πλευρά
 Ε Εξάγω τη φέτα
 Ψ Ψήνω τη φέτα

	Πρώτη λύση	Καλύτερη λύση	Η λύση	
	ΤΟΠ	ΤΟΠ	ΤΟΠ	
			ΤΟΠ	10
	ΤΟΠ	ΤΟΠ		
Ψ		Ψ	Ψ	20
ΚΑ		ΚΑ	ΚΑ Ψ	
	Ψ		ΜΑ	30
	ΛΑ			
Γ		Ε	Γ	40
		ΤΟΠ		
	Γ		Ε	50
Ψ			ΤΟΠ	
ΚΒ		Ψ	Ψ	60
	Ψ	ΜΑ Ψ		
	ΛΒ		Ψ	70
		ΛΒ	ΛΑ	
Ε			Ε	
ΤΟΠ		Γ	ΤΟΠ	80
	Ε		Γ	
		Ε		90
		ΤΟΠ		
Ψ		Ψ	Ψ	
ΜΑ		ΜΒ	ΜΒ Ψ	100
			ΛΒ	
		Ψ		110
		ΚΒ		
Γ		Ε	Ε	120
			Ε	
		Ε		130
Ψ				
ΜΒ				140
Ε				150

