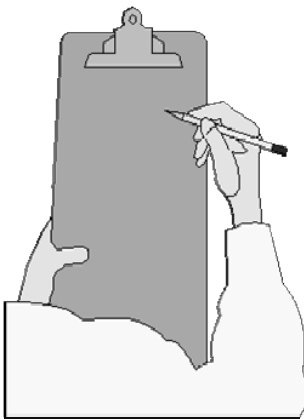


Συστήματα Διαχείρισης Επιχειρηματικών Πόρων (ERP- Enterprise Resource Planning)

- Ιστορική Αναδρομή
- Προγραμματισμός Απαιτήσεων Υλικών (MRP)
- Προγραμματισμός Απαιτήσεων Δυναμικότητας (CRP)
- Προγραμματισμός Παραγωγικών Πόρων (MRP II)
- Χρονικός Προγραμματισμός Παραγωγής
- MRP και Just In Time
- Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης



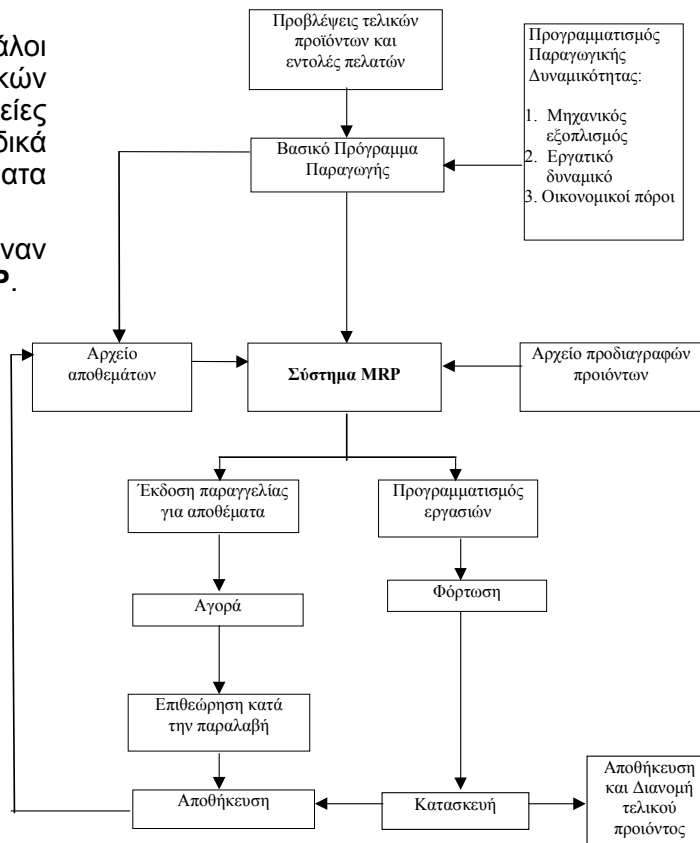
Ιστορική Αναδρομή (1)

- Τη δεκαετία του 1960 οι επιχειρήσεις διεθνώς έστρεψαν την προσοχή τους στη μηχανογραφημένη υποστήριξη πολύπλοκων λειτουργιών τους. Συγκεκριμένα, αναπτύχθηκαν εξειδικευμένα πληροφοριακά πακέτα που υποβοηθούσαν βασικές διαδικασίες της οικονομικής διαχείρισης, όπως είναι η Λογιστική και η Μισθοδοσία.
- Αμέσως μετά ακολούθησαν εξειδικευμένες τεχνικές εφαρμογές, όπως είναι ο Έλεγχος των Αποθεμάτων.
- Στις αρχές της δεκαετίας του 1970 εμφανίσθηκαν τα συστήματα **MRP (Material Requirements Planning)**, τα οποία παρουσίασαν κάποιο βαθμό ολοκλήρωσης καθώς μετέφραζαν το βασικό πλάνο παραγωγής των τελικών προϊόντων σε χρονικά κατανεμημένες απαιτήσεις παραγωγής συστατικών, και σε απαιτήσεις προμήθειας και πρώτων υλών.

Ιστορική Αναδρομή (2)

Σχεδόν όλοι οι μεγάλοι κατασκευαστές υπολογιστικών συστημάτων και οι εταιρείες λογισμικού ανέπτυξαν τα δικά τους ιδιόχρηστα συστήματα (proprietary systems).

Αυτά αναπτύχθηκαν και έγιναν γνωστά σαν **συστήματα MRP**.



Ιστορική Αναδρομή (3)

Η ανάπτυξη λογισμικών προγραμμάτων που συνθέτουν με επιτυχία ένα σύστημα MRP, συνάντησε πολλά προβλήματα εξαιτίας της δυσκολίας υποστήριξης ενός δυναμικά μεταβαλλόμενου παραγωγικού περιβάλλοντος.

Ελαχιστοποίηση του προβλήματος με:

- ✓ ανάπτυξη υπολογιστικών και επικοινωνιακών συστημάτων, που χρησιμοποιούνται μέσα στην παραγωγή από τους ανθρώπους που τους χρειάζονται.
- ✓ το λογισμικό πλέον, έχει γίνει πολύ πιο φιλικό προς το χρήστη και το γεγονός ότι είναι διαθέσιμο on-line, μπορεί να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων τη στιγμή που απαιτούνται.

Ιστορική Αναδρομή (4)

Με την εμφάνιση του **MRP-II (Manufacturing Resources Planning)** στα τέλη της δεκαετίας του 1970, τα συστήματα MRP συνέδεσαν μεταξύ τους τον προγραμματισμό παραγωγής, τον έλεγχο παραγωγής, την κοστολόγησης και τις προμήθειες.

Το **(MRP II)** διαφέρει από το **MRP, Materials Requirement Planning**, στο ότι δίνει έμφαση στο σχεδιασμό και στον έλεγχο των παραγωγικών πόρων κι όχι μόνο στο σχεδιασμό και στην προμήθεια των πρώτων υλών.

MRP		MRP II	
Προγραμματισμός υψηλού επιπέδου (Top-level planning)		Επιχειρηματικός Προγραμματισμός (Business Planning)	
		Προγραμματισμός Παραγωγής	
Καθορισμός απαιτήσεων	Κύριο Πρόγραμμα Παραγωγής (MPS)	Κύριο Πρόγραμμα Παραγωγής (MPS)	
Επίπεδα λεπτομερούς προγραμματισμού		Προγραμματισμός Απαιτήσεων Δυναμικότητας (CRP)	
MRP		MRP II	
Εκτελεστικό επίπεδο	Σύστημα Εντολών	Σύστημα Εντολών	
	Προμήθειας/Παραγωγής	Προμήθειας/Παραγωγής	

Ιστορική Αναδρομή (5)

- Η δεκαετία του 1980 στον χώρο των επιχειρησιακών εφαρμογών λογισμικού (business software applications) χαρακτηρίστηκε από την προσπάθεια για μεθοδική, ελεγχόμενη και τεκμηριωμένη ανάπτυξη μεγάλων εφαρμογών.
- Τα πληροφοριακά συστήματα που αναπτύσσονταν, μέχρι και τα μέσα της δεκαετίας, υποστήριζαν στην μεγάλη πλειοψηφία τους τις επιμέρους ανάγκες διευθύνσεων ή τμημάτων και όχι του συνόλου της επιχείρησης.
- Η ανάπτυξη συστημάτων για το λογιστήριο, την παραγωγή, το μάρκετινγκ ή την διεύθυνση ανθρωπίνων πόρων, αντιμετωπιζόταν ανεξάρτητα η μία από την άλλη.
- Η διαχείριση διαφορετικών, ασύμβατων μεταξύ τους συστημάτων, και η διατήρηση σε διαφορετικά αποθηκευτικά μέσα της ίδιας πληροφορίας με διαφορετική μορφή, οδηγούσε, τόσο στην σημαντική αύξηση του κόστους, όσο και στην αδυναμία διαμόρφωσης μιας ολοκληρωμένης αντίληψης για την επιχείρηση και την πορεία της.



Ιστορική Αναδρομή (6)

- Ο κύριος προβληματισμός στην αρχή της δεκαετίας του 1980 προερχόταν από την ανάγκη για την ανάπτυξη αξιόπιστων, ποιοτικών και ευέλικτων συστημάτων που να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των χρηστών, in-time και on-cost και όχι της επιχείρησης σαν συνόλου.
- Έτσι ξεκίνησε μια ερευνητική προσπάθεια για επιχειρηματική ολοκλήρωση, η οποία χρησιμοποιούσε ως τεχνολογικό υπόβαθρο τις βάσεις δεδομένων και προσπαθούσε να **ενοποιήσει τις βασικές επιχειρηματικές διαδικασίες** με βασική προτεραιότητα την οικονομική διαχείριση και την παραγωγή.
- Αποτέλεσμα της προσπάθειας αυτής είναι η εμφάνιση των συστημάτων ERP στα τέλη της δεκαετίας του 1980.



Ιστορική Αναδρομή (7)

- Τα ολοκληρωμένα πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης επιχειρηματικών πόρων αποτέλεσαν την απάντηση στις ανάγκες της αγοράς για μια έτοιμη, ολοκληρωμένη λύση, που ανταποκρίνεται στους σύγχρονους ρυθμούς εξέλιξης και μπορεί να προσαρμοστεί στις επιμέρους ανάγκες της κάθε επιχείρησης.
- Αποτελεί την πρόταση για αρτιότερη διαχείριση της πληροφορίας, ο όγκος της οποίας αυξάνεται ραγδαία σε συνάρτηση με τις αλλαγές του περιβάλλοντος και των αγορών.
- Τα ERP προέκυψαν από την ολοκλήρωση των επιχειρησιακών διαδικασιών στα συστήματα MRP II.
- Καταλυτικό ρόλο στη διαδικασία εξέλιξης των ERP, έπαιξε η εφαρμογή μιας σειράς θεωρητικών και πρακτικών προσεγγίσεων που διαμορφώνοντας μια **πελατο-κεντρική αντίληψη**, στόχευαν στην αντιμετώπιση του αυξανόμενου ανταγωνισμού σε μια αγορά που ενώ γεωγραφικά γιγαντωνόταν, ουσιαστικά γινόταν όλο και πιο μικρή χάρη στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά συστήματα και τις τεχνολογίες του internet.



Ιστορική Αναδρομή (8)

Στόχοι όπως:

- η βελτίωση στην ποιότητα των παρεχόμενων προϊόντων και υπηρεσιών
- η μείωση του συνολικού κόστους σε ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα
- η μείωση των χρόνων παραγωγής
- η καλύτερη εξυπηρέτηση του πελάτη
- ο αποτελεσματικότερος συντονισμός των: ζήτηση-παραγωγή-προσφορά
- η βέλτιστη διαχείριση των αποθεμάτων
- η ευελιξία στην προσαρμογή των προϊόντων / υπηρεσιών στις διαμορφούμενες ανάγκες, και
- η διαχείριση της συσσωρευμένης επιχειρησιακής γνώσης

αποτέλεσαν το αντικείμενο προσεγγίσεων.



Ιστορική Αναδρομή (9)

Τα ERP αποτελούν **ολοκληρωμένα πακέτα επιχειρησιακού λογισμικού**, τα οποία επιτρέπουν σε μια επιχείρηση να επιτυγχάνει πολλούς στόχους:

- Η επιχείρηση θα αυτοματοποιήσει και θα ολοκληρώσει την πλειονότητα των επιχειρησιακών της διαδικασιών,
- θα επιτύχει τον διαμοιρασμό κοινών δεδομένων και πρακτικών σε όλο το μήκος και το πλάτος της, και
- θα προσδιορίζει και θα εξυπηρετεί αποτελεσματικά τις ανάγκες των χρηστών της.

Επιπλέον, μέσω της ERP εφαρμογής οι επιχειρήσεις στοχεύουν στην **ολοκλήρωση** σε όλο το εύρος των επιχειρηματικών λειτουργιών, ανάμεσα

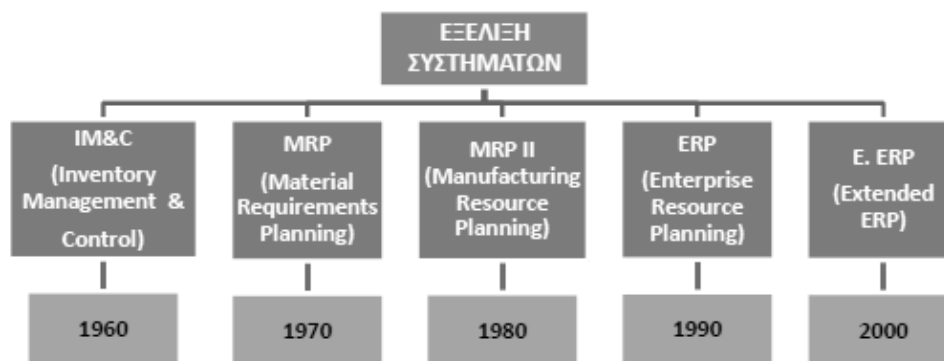
- στην Οικονομική Διαχείριση,
- τη Διαχείριση της Παραγωγής,
- τη Διαχείριση των Πωλήσεων και των Διανομών,
- τη Διαχείριση των Αποθεμάτων, και
- τη Διαχείριση των Ανθρώπινων Πόρων.

Όλα αυτά επιτυγχάνονται σε περιβάλλον πραγματικού χρόνου, παρουσιάζοντας παράλληλα ένα περιβάλλον φιλικό προς το χρήστη.

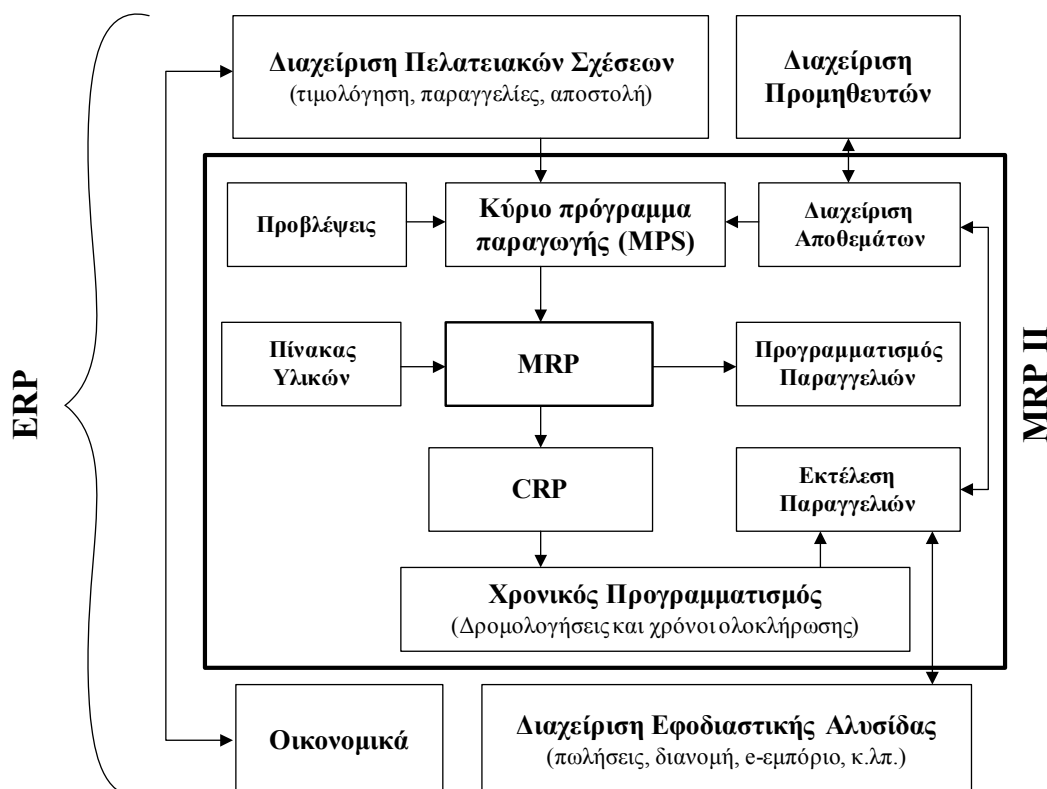
Ιστορική Αναδρομή (10)

Την πλέον σύγχρονη μορφή των ERP αποτελούν τα Extended ERP τα οποία περιλαμβάνουν επιπρόσθετα συμπληρωματικά στοιχεία όπως, τη διαχείριση των σχέσεων με τους πελάτες (CRM) και τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM).

Χρονολογική Εξέλιξη των Συστημάτων Προγραμματισμού



Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης (ERP)





Προγραμματισμός Απαιτήσεων Υλικών (MRP) ⁽¹⁾

Τα συστήματα προγραμματισμού απαιτήσεων υλικών (MRP - Material Requirements Planning) αφορούν τη διαχείριση υλικών που αποτελούν εξαρτήματα και γενικά, πρώτη ύλη για την παραγωγή των τελικών προϊόντων ενός παραγωγικού συστήματος.

Εξαρτώμενη ζήτηση: λέγεται η ζήτηση υλικών ή ανταλλακτικών τα οποία ζητούνται εντός της επιχείρησης για να παραχθεί το τελικό προϊόν. Δηλαδή, η ζήτηση για ένα είδος εξαρτάται από τη ζήτηση κάποιων άλλων ειδών.

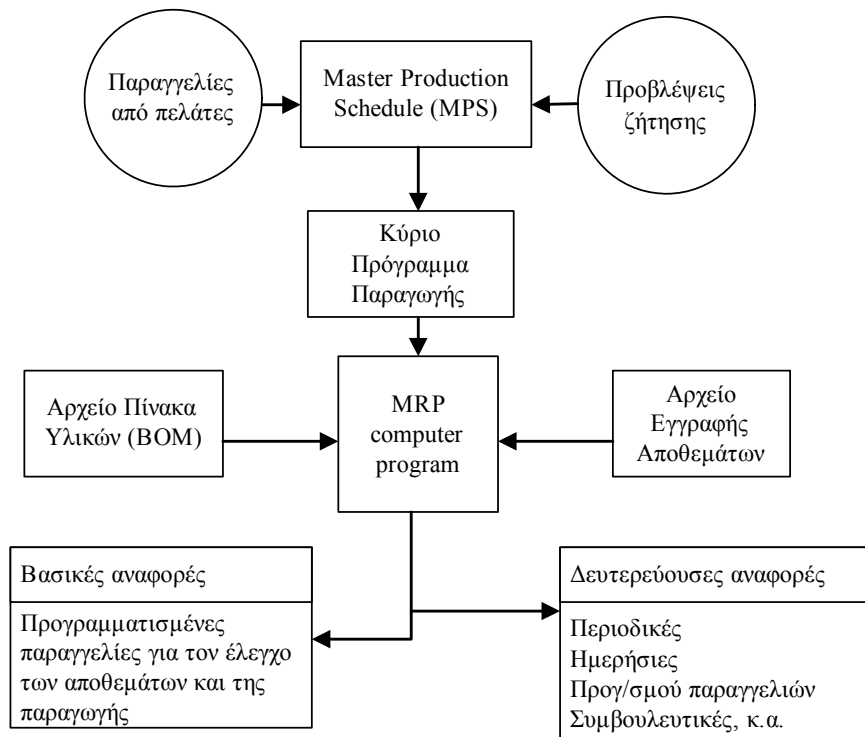
Ανεξάρτητη ζήτηση: λέγεται η ζήτηση ενός είδους όταν δεν εξαρτάται από τη ζήτηση οποιουδήποτε άλλου είδους αλλά εξαρτάται μόνο από τη δυναμική της αγοράς. Δηλαδή, αφορά την ανεξάρτητη ζήτηση έτοιμων προϊόντων τα οποία ζητούνται από εξωτερικούς πελάτες. Πρόβλεψη ανεξάρτητης ζήτησης.



Προγραμματισμός Απαιτήσεων Υλικών (MRP) ⁽²⁾

- Ένα MRP είναι ένα Πληροφοριακό Σύστημα Παραγωγής.
- Καθορίζει ποσότητα & χρόνους για εξαρτώμενη ζήτηση προϊόντων.
- Δημιουργεί προγράμματα παραγωγής καθορίζοντας τα ακριβή εξαρτήματα και υλικά που απαιτούνται για την παραγωγή ενός προϊόντος.
- Καθορίζει τις ακριβείς μονάδες από κάθε συστατικό προϊόν που απαιτούνται.
- Καθορίζει τις ημερομηνίες παραγγελίας αυτών των υλικών με βάση τους χρόνους υστέρησης (lead times).

Προγραμματισμός Απαιτήσεων Υλικών (MRP) (3)



Προγραμματισμός Απαιτήσεων Υλικών (MRP) (4)

Απαιτήσεις για αποτελεσματική χρήση αποθεμάτων εξαρτώμενης ζήτησης, να είναι γνωστά:

1. Το κύριο πρόγραμμα παραγωγής (MPS)
2. Το πλήρες περιεχόμενο του πίνακα των υλικών (BOM)
3. Η διαθεσιμότητα των αποθεμάτων
4. Οι εκκρεμείς (μη ολοκληρωμένες) παραγγελίες
5. Οι χρόνοι ολοκλήρωσης των παραγγελιών

Συγκεντρωτικός Προγ/μός Παραγωγής (MPS) ⁽¹⁾

Με το Συγκεντρωτικό Προγραμματισμό Παραγωγής (**Master Product Scheduling – MPS**) καθορίζεται το πρόγραμμα (πλάνο) παραγωγής συγκεντρωτικά (σύνολο των προϊόντων ενός παραγωγικού συστήματος και για το σύνολο των περιόδων).

Το συγκεντρωτικό ή κύριο πρόγραμμα παραγωγής περιλαμβάνει μεσοπρόθεσμες αποφάσεις της διοίκησης σχετικά με:

- το ύψος της παραγωγής,
- της απασχόλησης και
- των αποθεμάτων

Καθορίζει:

πως θα διατεθούν οι πόροι του συστήματος (εργατοώρες, μηχανώρες, κεφάλαια, αποθέματα κ.λπ.)

και καταγράφεται σε κάθε περίοδο:

το συνολικό μέγεθος παραγωγής, το μέγεθος της εργατικής δύναμης που θα απασχοληθεί, το μέγεθος των αποθεμάτων, η χρήση εξωτερικής δυναμικότητας, υπερωριών κ.λπ..

Συγκεντρωτικός Προγ/μός Παραγωγής (MPS) ⁽²⁾

Η δυσκολία του προβλήματος οφείλεται στις διακυμάνσεις που παρουσιάζει η ζήτηση.

- Η ζήτηση προϊόντων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και δεν είναι σταθερή.
- Δυναμικότητα του εργοστασίου (τα μέσα παραγωγής) παραμένει αμετάβλητη.

Εναλλακτικές δυνατότητες για ικανοποίηση της μεταβαλλόμενης ζήτησης:

- δημιουργία αποθεμάτων σε περιόδους χαμηλής ζήτησης
- υπερωρίες
- ικανοποίηση παραγγελιών με καθυστέρηση

Συγκεντρωτικός Προγ/μός Παραγωγής (MPS) (3)

Πρόβλεψη της ζήτησης (με κατάλληλες μεθόδους) για έναν αριθμό χρονικών περιόδων, ορίζοντα σχεδίασης (από 1 μήνα μέχρι 1 χρόνο).

Επιλογή προγράμματος παραγωγής για ικανοποίηση της ζήτησης με το μικρότερο κόστος

Δεδομένα για την κατάστρωση του προγράμματος

- Δυναμικότητα του συστήματος
- Προβλεπόμενη ζήτηση
- Υπάρχοντα αποθέματα
- Γενικοί στόχοι και κριτήρια (π.χ. αποφυγή μεταβολών εργατικής δύναμης, κάλυψη ζήτησης (καθυστέρηση) κτλ)

και

- κόστος παραγωγής (κανονική εργασία, υπερωρίες)
- κόστος αποθεματοποίησης
- κόστος υποαποθέματος
- μεταβολών επιπέδου απασχόλησης

Συγκεντρωτικός Προγ/μός Παραγωγής (MPS) (4)

Η σχεδίαση ξεκινάει υποθέτοντας τι θα συμβεί στον ορίζοντα σχεδίασης. Γι αυτό το πρόγραμμα παραγωγής είναι ανάγκη να αναθεωρείται συνεχώς και να προσαρμόζεται σε αποκλίσεις της ζήτησης και απρόβλεπτες δυσκολίες στην παραγωγή.

Τεχνικές	Προσεγγίσεις	Παρατήρηση
Γραφικές μέθοδοι	Διόρθωσης και προσπάθειας (trial & error)	Εύκολη κατανόηση και χρήση. Πολλές λύσεις, μπορεί να οδηγηθούμε σε μη βέλτιστη λύση.
Μαθηματικές μέθοδοι	Βελτιστοποίηση	Γραμμικός προγραμματισμός. Η αντικειμενική συνάρτηση μπορεί να μην είναι ρεαλιστική.
Μέθοδοι αναζήτησης	Ευρετική	Απλή, εύκολη υλοποίηση. Προσπαθεί να μιμηθεί τον τρόπο σκέψης του manager. Χρήση εμπειρικών κανόνων.

MPS - Γραφικές Μέθοδοι ⁽¹⁾

(Μέθοδος «δοκιμής-λάθους»)

Το πρόγραμμα παραγωγής καταρτίζεται με τη βοήθεια πινάκων και διαγραμμάτων: αποτυπώνονται εναλλακτικά σχέδια, επιλέγεται το καλύτερο.

Παράδειγμα:

Δεδομένα βιομηχανικής επιχείρησης

- Παραγωγική ικανότητα = 35 κομμάτια
- Υπερωριακή απασχόληση 20% = 7 κομμάτια, επιβάρυνση κόστους παραγωγής 25 €/κομμάτι
- Αρχικό απόθεμα 230 κομμάτια
- Κόστος αποθεματοποίησης 2 €/κομμάτι
- Κόστος υποαποθέματος 10 €/κομμάτι
- Κόστος μεταβολής ρυθμού παραγωγής 120 €/κομμάτι

MPS - Γραφικές Μέθοδοι ⁽²⁾

Μήνας	Εργάσιμες Μέρες	Ζήτηση	Αθροισμα Ζήτησης	Απόθεμα Ασφαλείας	Αθροισμα απαιτήσεων
1	22	300	300	150	450
2	20	400	700	200	900
3	23	600	1300	300	1600
4	19	800	2100	400	2500
5	22	900	3000	450	3450
6	22	1100	4100	550	4650
7	20	700	4800	350	5150
8	23	400	5200	200	5400
9	11	300	5500	150	5650
10	22	200	5700	100	5800
11	22	200	5900	100	6000
12	18	100	6000	50	6050

244

50% ζήτησης

Για κάλυψη απρόβλεπτης ζήτησης

MPS - Γραφικές Μέθοδοι (3)

Πρόγραμμα 1: Σταθερός ρυθμός παραγωγής

Ημερήσια παραγωγή = Άθροισμα απαιτήσεων / Συνολικό αριθμός εργάσιμων ημερών
 = 6050 / 244 = 24.8

Μήνας	Εργάσιμες Μέρες	Μηνιαία Παραγωγή	Διαθέσιμη Ποσότητα	Άθροισμα απαιτήσεων	Διαφορά
1	22	545.6	775.6	450	325.6
2	20	496.0	1271.6	900	371.6
3	23	570.4	1842.0	1600	242.0
4	19	471.2	2313.2	2500	-186.8
5	22	545.6	2858.8	3450	-591.2
6	22	545.6	3404.4	4650	-1245.6
7	20	496.0	3900.4	5150	-1249.6
8	23	570.4	4470.8	5400	-929.2
9	11	272.8	4743.6	5650	-906.4
10	22	545.6	5289.2	5800	-510.8
11	22	545.6	5834.8	6000	-165.2
12	18	446.4	6281.2	6050	231.2

Δεν είναι αποδεκτό

$$K_a = 2 * (\text{άθροισμα θετικών διαφορών}) = 2 * 1170.4 = 2340.8$$

$$K_u = 10 * (\text{άθροισμα αρνητικών διαφορών}) = 10 * 5784.8 = 57848$$

$$K_1 = 60188.8$$

MPS - Γραφικές Μέθοδοι (4)

Πρόγραμμα 2: Σταθερός ρυθμός παραγωγής - διορθωμένος

Μήνας	Εργάσιμες Μέρες	Άθροισμα Εργάσιμων Ημερών	Αρνητικές διαφορές	Πηλίκιο
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(4)/(3)
1	22	22	-	-
2	20	42	-	-
3	23	65	-	-
4	19	84	-186.8	2.22
5	22	106	-591.2	5.58
6	22	128	-1245.6	9.73
7	20	148	-1249.6	8.44
8	23	171	-929.2	5.43
9	11	182	-906.4	4.98
10	22	204	-510.8	2.50
11	22	226	-165.2	0.73
12	18	244	-	-

$$\text{Διορθωμένη Ημερήσια παραγωγή} = 24.8 + 9.73 = 34.53$$

$$K_a = 2 * 11167.72 = 22335.4 = K_2$$

Μήνας	Εργάσιμες Μέρες	Μηνιαία Παραγωγή	Διαθέσιμη Ποσότητα	Άθροισμα απαιτήσεων	Διαφορά
1	22	759.7	989.7	450	539.7
2	20	690.6	1680.3	900	780.3
3	23	794.2	2474.5	1600	874.5
4	19	656.1	3130.5	2500	630.5
5	22	759.7	3890.2	3450	440.2
6	22	759.7	4649.8	4650	-0.1
7	20	690.6	5340.4	5150	190.4
8	23	794.2	6134.6	5400	734.6
9	11	379.8	6514.5	5650	864.5
10	22	759.7	7274.1	5800	1474.1
11	22	759.7	8033.8	6000	2033.8
12	18	621.5	8655.3	6050	2605.3

11167.72

MPS - Γραφικές Μέθοδοι (5)

Άλλα προγράμματα:

- Χρήση υπερωριών
- Μεταβλητού ανθρώπινου δυναμικού
- κτλ.

Διάφορα **συστήματα υποστήριξης αποφάσεων** με τη βοήθεια Η/Υ:

- δυνατότητα παραγωγής διαφόρων προγραμμάτων με βάση εναλλακτικές υποθέσεις,
- αποτίμηση τους με βάση το κόστος που συνεπάγονται

MPS - Μέθοδοι Βελτιστοποίησης (1)

Γραμμικός Προγραμματισμός, το πρότυπο της μεταφοράς.

Θεωρούμε ότι: μπορούμε να μεταφέρουμε απόθεμα από μια περίοδο σε άλλη και το εργοστάσιο μπορεί να λειτουργήσει κανονικά ή υπερωριακά.

Θέλουμε να καθορίσουμε το ύψος παραγωγής σε κανονική και υπερωριακή απασχόληση και το ύψος των αποθεμάτων που συμφέρει να μεταφέρουμε.

Γραμμικές σχέσεις κόστους - Μαθηματική μοντελοποίηση

Ορίζουμε:

z_t = ζήτηση την περίοδο t ($t=1, 2, \dots, T$)

a_t = απόθεμα στο τέλος της περιόδου t

π_t = μέγιστη ικανότητα παραγωγής σε κανονική απασχόληση στην περίοδο t

u_t = μέγιστη ικανότητα παραγωγής σε υπερωριακή απασχόληση στην περίοδο t

$x_{\pi t}$ = η παραγωγή σε κανονική απασχόληση στην περίοδο t

$x_{u t}$ = η παραγωγή σε υπερωριακή απασχόληση στην περίοδο t

k_{π} = κόστος της μονάδας παραγωγής σε κανονική απασχόληση

k_u = κόστος της μονάδας παραγωγής σε υπερωριακή απασχόληση

k_a = κόστος μονάδας αποθέματος για κάθε χρονική περίοδο

T = πλήθος χρονικών περιόδων στον ορίζοντα σχεδίασης

MPS - Μέθοδοι Βελτιστοποίησης (2)

Ελαχιστοποίηση συνολικού κόστους:

$$K_T = k_\pi \sum_{t=1}^T x_{\pi t} + k_v \sum_{t=1}^T x_{vt} + k_a \sum_{t=1}^T \alpha_t$$

Οι τιμές $x_{\pi t}$, x_{vt} και α_t πρέπει να ικανοποιούν τους περιορισμούς:

$$x_{\pi t} \geq 0$$

$$x_{vt} \geq 0$$

$$x_{\pi t} \leq \pi_t$$

$$x_{vt} \leq v_t$$

$$\alpha_t \geq 0$$

$$\alpha_t = \alpha_{t-1} + x_{\pi t} + x_{vt} - z_t$$

Παραλλαγές του προβλήματος:

- Αρχικό απόθεμα α_0
- Τελικό απόθεμα α_T
- Ικανοποίηση της ζήτησης με καθυστέρηση

MPS - Μέθοδοι Βελτιστοποίησης (3)

Παράδειγμα: Δεδομένα μιας επιχείρησης για τα τέσσερα επόμενα τρίμηνα:

Περίοδος	1	2	3	4
π_t	100	80	100	100
v_t	30	20	20	30
z_t	80	80	110	120
k_π	5	6	5	6
k_v	7	8	8	8

Το κόστος αποθήκευσης είναι 1 χρηματική μονάδα ανά μονάδα προϊόντος και τρίμηνο και αρχικό απόθεμα δεν υπάρχει. Να καθοριστεί τι πρέπει να παράγεται σε κανονική και υπερωριακή απασχόληση σε κάθε τρίμηνο και τι να διατηρείται σαν απόθεμα έτσι ώστε να ικανοποιείται η ζήτηση με το ελάχιστο κόστος.

Μοντελοποίηση

$$K_T = 5x_{\pi 1} + 6x_{\pi 2} + 5x_{\pi 3} + 6x_{\pi 4} + 7x_{v 1} + 8x_{v 2} + 8x_{v 3} + 8x_{v 4} + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4$$

$$x_{\pi 1} \leq 100 \quad x_{\pi 2} \leq 80 \quad x_{\pi 3} \leq 100 \quad x_{\pi 4} \leq 100$$

$$x_{v 1} \leq 30 \quad x_{v 2} \leq 20 \quad x_{v 3} \leq 20 \quad x_{v 4} \leq 30$$

$$x_{\pi 1} \geq 0 \quad x_{\pi 2} \geq 0 \quad x_{\pi 3} \geq 0 \quad x_{\pi 4} \geq 0$$

$$x_{v 1} \geq 0 \quad x_{v 2} \geq 0 \quad x_{v 3} \geq 0 \quad x_{v 4} \geq 0$$

$$\alpha_1 = x_{\pi 1} + x_{v 1} - 80$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 + x_{\pi 2} + x_{v 2} - 80$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 + x_{\pi 3} + x_{v 3} - 110$$

$$\alpha_4 = \alpha_3 + x_{\pi 4} + x_{v 4} - 120$$

Η επίλυση του προβλήματος γίνεται με τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού (μέθοδο Simplex).

MPS - Μέθοδοι Βελτιστοποίησης (4)

Εναλλακτικές δυνατότητες με μη γραμμικές σχέσεις κόστους

Παράδειγμα:

- Ζήτηση ενός προϊόντος σταθερή = 3 μονάδες
- Κόστος παραγωγής και αποθήκευσης:
 $k_t(x_t, a_t) = 13 + 2x_t + a_t$ για $x_t > 0$ και $a_t \geq 0$ $t=1, 2, \dots$
 $k_t(0, a_t) = a_t$
- Ικανότητα παραγωγής = 5 μονάδες προϊόντος / χρονική περίοδο
- Χωρητικότητα αποθήκης = 4 μονάδες προϊόντος
- Στο τέλος του ορίζοντα να μην υπάρχει τίποτα στην αποθήκη

Ζητούμενο: βέλτιστο σχέδιο παραγωγής και αποθήκευσης για τις επόμενες 6 περιόδους.

Μοντελοποίηση

$$f(x_t) = \begin{cases} 13 + 2x_t & x_t > 0 \\ 0 & x_t = 0 \end{cases} \quad y_t = \begin{cases} 1 & x_t > 0 \\ 0 & x_t = 0 \end{cases} \longrightarrow f(x_t) = 13y_t + 2x_t$$

$$K_T = \sum_{t=1}^6 13y_t + 2x_t + a_t$$

$$\left. \begin{aligned} x_t - My_t &\leq 0 & M &= 1000 \\ x_t &\leq 5 & x_t &\geq 0 \\ a_t &\leq 4 & a_t &\geq 0 \\ a_t &= a_{t-1} + x_t - 3 \\ a_6 &= 0 \end{aligned} \right\} t = 1, \dots, 6$$

MPS - Μέθοδοι Βελτιστοποίησης (5)

Πρόσθετο κόστος από τη μεταβολή του ρυθμού παραγωγής

$$k_t(x_t, a_t) = k_1 x_t + k_2 a_t + |x_t - x| k_i$$

$$k_i = \begin{cases} k_3 & x_t > x \\ k_4 & x_t < x \\ 0 & x_t = x \end{cases}$$

k_1 = κόστος μονάδας παραγωγής

k_2 = κόστος αποθήκευσης της μονάδας σε μια περίοδο

k_3 = κόστος αύξησης της παραγωγής κατά μια μονάδα πάνω από το κανονικό ύψος

k_4 = κόστος μείωσης της παραγωγής κατά μια μονάδα κάτω από το κανονικό ύψος

Παράδειγμα: Η ζήτηση ενός προϊόντος για τους επόμενους 4 μήνες είναι 10, 8, 14 και 20 μονάδες. Το κανονικό ύψος παραγωγής είναι $x=12$ μονάδες και τα κόστη $k_1 = 10$, $k_2 = 6$, $k_3 = 4$ και $k_4 = 3$ χρηματικές μονάδες /μονάδα προϊόντος /περίοδο. Να βρεθεί το ύψος παραγωγής και αποθέματος που ικανοποιεί τη ζήτηση με το ελάχιστο κόστος.

Μοντελοποίηση

$$y_{1t} = \begin{cases} 1 & x_t > x \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases} \quad y_{2t} = \begin{cases} 1 & x_t < x \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

$$x_t - x \leq M y_{1t},$$

$$x - x_t \leq M y_{2t}$$

$$y_{1t} + y_{2t} = 1$$

MPS - Μέθοδοι Βελτιστοποίησης (6)

Το μαθηματικό μοντέλο του προβλήματος είναι:

$$K_T = \sum_{t=1}^4 10x_t + 6a_t + |x_t - x|(4y_{1t} + 3y_{2t})$$

με περιορισμούς:

$$x_t - x - My_{1t} \leq 0 \quad t = 1, \dots, 4$$

$$x - x_t - My_{2t} \leq 0 \quad t = 1, \dots, 4$$

$$y_{1t} + y_{2t} = 1$$

$$x_t \geq 0 \quad t = 1, \dots, 4$$

$$a_t \geq 0 \quad t = 1, \dots, 4$$

$$a_t = a_{t-1} + x_t - z_t \quad t = 1, \dots, 4$$

$$a_0 = 0$$

$$a_4 = 0$$

$$M = 1000$$

MPS - Μέθοδοι Βελτιστοποίησης (7)

Δυνατότητα ικανοποίησης της ζήτησης με καθυστέρηση

Παράδειγμα: Η ζήτηση ενός προϊόντος στη διάρκεια των μηνών Σεπτεμβρίου, Οκτωβρίου, Νοεμβρίου και Δεκεμβρίου προβλέπεται να είναι 120, 70, 130 και 50 μονάδες αντίστοιχα. Η ικανότητα παραγωγή του εργοστασίου είναι 100 μονάδες. Το κόστος παραγωγής είναι 20 χρηματικές μονάδες/ μονάδα προϊόντος, αλλά αναμένεται ότι από τον Νοέμβριο θα αυξηθεί στις 24. Το κόστος διατηρήσεως του αποθέματος είναι 3 χρηματικές μονάδες/ μονάδα και μήνα. Αν η ζήτηση δεν μπορεί να ικανοποιηθεί το μήνα που εκδηλώνεται, οι πελάτες περιμένουν, αλλά το εργοστάσιο επιβαρύνεται με 2 χρηματικές μονάδες/ μονάδα και μήνα καθυστέρησης. Να βρεθεί το πρόγραμμα παραγωγής που ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος ικανοποίησης της ζήτησης.

Μοντελοποίηση

- επιτρέπουμε στο απόθεμα να πάρει και αρνητικές τιμές
- χρήση 2 μεταβλητών y_{1t} και y_{2t} και των κατάλληλων περιορισμών:

$$y_{1t} = \begin{cases} 1 & a_t > 0 \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases} \quad y_{2t} = \begin{cases} 1 & a_t < 0 \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

$$\alpha_t \leq M y_{1t},$$

$$-\alpha_t \leq M y_{2t},$$

$$y_{1t} + y_{2t} = 1$$

MPS - Μέθοδοι Βελτιστοποίησης (8)

Το μαθηματικό μοντέλο του προβλήματος είναι:

$$K_T = \sum_{t=1}^4 c_t x_t + |a_t|(3y_{1t} + 2y_{2t})$$

με περιορισμούς:

$$a_t - My_{1t} \leq 0 \quad t = 1, \dots, 4$$

$$-a_t - My_{2t} \leq 0 \quad t = 1, \dots, 4$$

$$y_{1t} + y_{2t} = 1$$

$$x_t \geq 0 \quad t = 1, \dots, 4$$

$$x_t \leq 100 \quad t = 1, \dots, 4$$

$$a_t = a_{t-1} + x_t - z_t \quad t = 1, \dots, 4$$

$$a_0 = 0$$

$$a_4 = 0$$

$$M = 1000$$

MPS - Μέθοδοι αναζήτησης

Μέθοδος αναζήτησης με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Η αναζήτηση γίνεται με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού για τη δοκιμή διαδοχικών τιμών στην ποσότητα παραγωγής και στο μέγεθος της εργατικής δύναμης σε κάθε περίοδο, βάσει ενός ευρετικού κανόνα αναζήτησης.

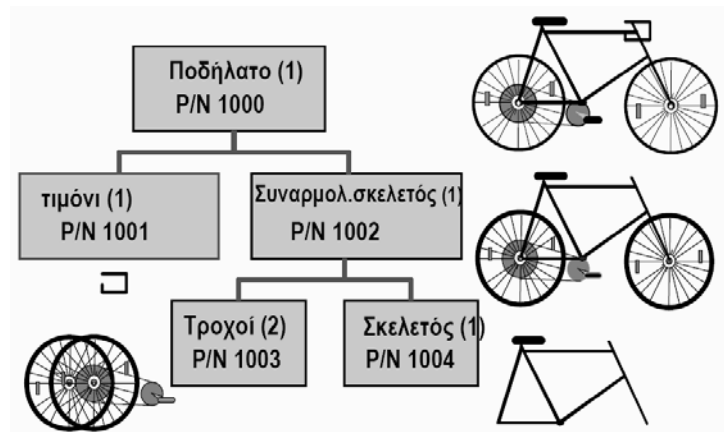
Η αναζήτηση επαναλαμβάνεται μέχρι να βρεθεί μια τιμή της συνάρτησης που δεν μπορεί να βελτιωθεί περισσότερο ή να εξαντληθεί ο χρόνος αναζήτησης που έχει καθοριστεί.

Έχουν αναπτυχθεί διάφορες τέτοιες μέθοδοι, στις οποίες διαφέρει ο **κανόνας αναζήτησης**.

Οι μέθοδοι αυτές αν και δεν παράγουν πάντα το καλύτερο πρόγραμμα, είναι χρήσιμες γιατί είναι αρκετά ευέλικτες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σύνθετες συναρτήσεις κόστους ή οφέλους, επιτρέπουν την ανάλυση ευαισθησίας των παραμέτρων, ενώ παρέχουν για κάθε υποψήφιο πρόγραμμα πληροφορίες σχετικά με τις επιπτώσεις του στο κόστος (ή στο όφελος).

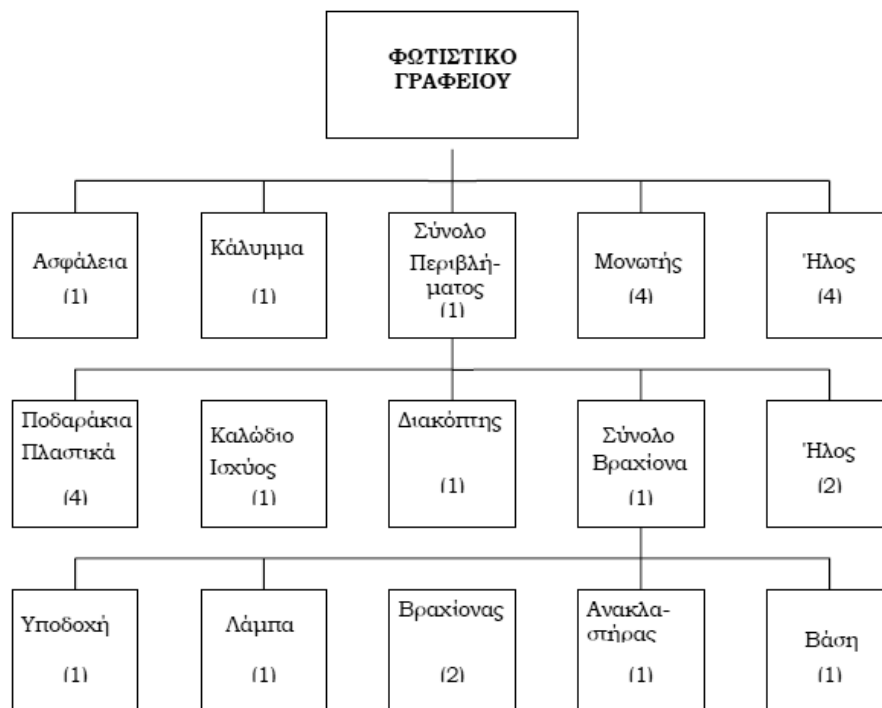
Κατάλογος υλικών (BOM-Bill of material) ⁽¹⁾

- Λίστα συστατικών και ποσοτήτων που απαιτείται για την παραγωγή ενός προϊόντος
- Καθορίζει τη (δενδρική) δομή του προϊόντος.
 - Γονείς: Είδη πάνω από το τρέχον επίπεδο.
 - Παιδιά: Είδη κάτω από το τρέχον επίπεδο.
- Δείχνει τα επίπεδα κωδικοποίησης. Το υψηλότερο επίπεδο κωδικοποιείται ως επίπεδο 0, το αμέσως πιο κάτω επίπεδο ως 1, κλπ.

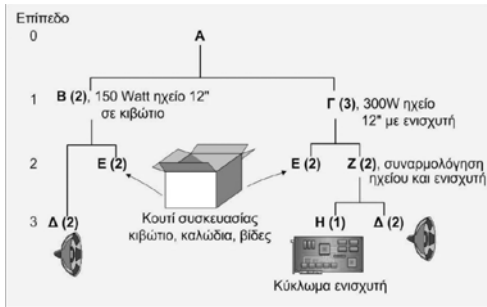


Κατάλογος υλικών (BOM) ⁽²⁾

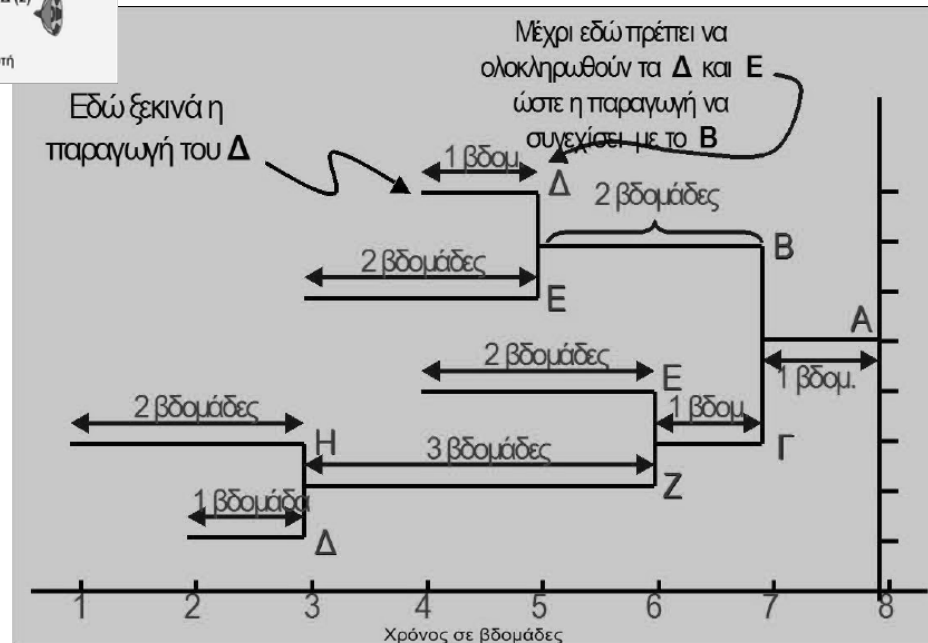
Παράδειγμα: Ενδεικτική δομή κατασκευής φωτιστικού γραφείου



Κατάλογος υλικών (BOM) (3)

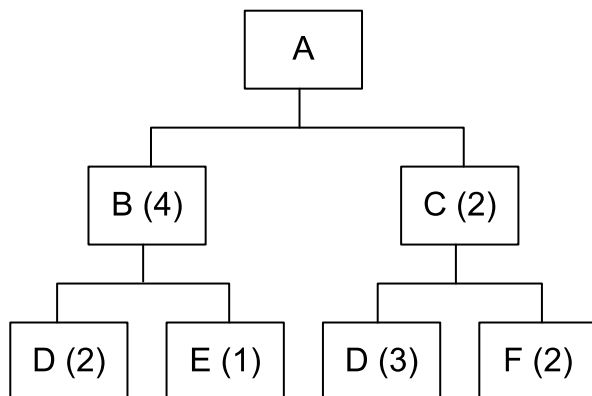


Φάσεις ανάπτυξης προϊόντος 'Α'



Παράδειγμα λογικής MRP (1)

Παράδειγμα 1: Έστω η δεντρική δομή του προϊόντος «Α», οι χρόνοι υστέρησης (lead times) και η ζήτηση του. Να δοθεί ένα MRP σχέδιο που να καθορίζει τις αναγκαίες μονάδες για κάθε συστατικό υλικό και πότε αυτές απαιτούνται.



Lead Times (μέρες)	
A	1
B	2
C	1
D	3
E	4
F	1

Συνολική ζήτηση	
Ημέρα 10 ^η	50 A
Ημέρα 8 ^η	20 B (ρεζέρβα)

Παράδειγμα λογικής MRP (2)

Προγραμματίζουμε από το τέλος προς την αρχή τις αναγκαίες μονάδες του «Α». Έτσι, σύμφωνα με την εκφώνηση, πρέπει να τοποθετηθεί παραγγελία ύψους 50 μονάδων του «Α» την 9η μέρα ώστε να παραληφθεί την 10η μέρα.

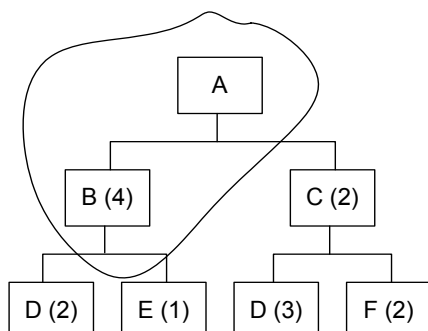
μέρα		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Α	Απαίτηση										50
	Τοποθέτηση παραγγελίας									50	

LT = 1

Παράδειγμα λογικής MRP (3)

Συνεχίζοντας προς τα πίσω ψάχνουμε να βρούμε πόσα «B» χρειάζονται συνολικά (για κάθε «Α» απαιτούνται 4 «B»). Άρα για 50 «Α» θέλουμε $4 \times 50 = 200$ «B». Ο χρόνος υστέρησης είναι 2 μέρες και επομένως η παραγγελία τοποθετείται την 7η μέρα. Επίσης της 8η μέρα απαιτούνται 20 «B» ως ρεζέρβα τα οποία πρέπει να παραγγελθούν την 6η μέρα.

μέρα		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Α	Απαίτηση										50
	Τοπ. παραγγ.									50	
B	Απαίτηση								20	200	
	Τοπ. παραγγ.						20	200			



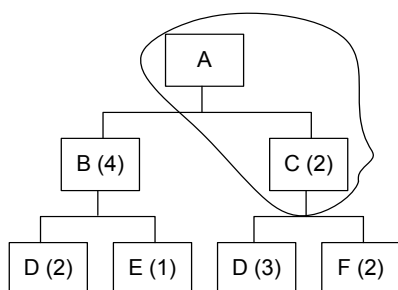
Lead Times (μέρες)	
A	1
B	2
C	1
D	3
E	4
F	1

Παράδειγμα λογικής MRP (4)

Για το συστατικό «C»: απαιτούνται 2 «C» για κάθε «A», άρα συνολικά απαιτούνται $50 \times 2 = 100$ «C» την 9η μέρα. Ο χρόνος υστέρησης είναι 1 μέρα και συνεπώς η παραγγελία πρέπει να τοποθετηθεί την 8η μέρα.

μέρα		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	Απαίτηση										50
	Τοπ. παραγγ.									50	
B	Απαίτηση								20	200	
	Τοπ. παραγγ.						20	200			
C	Απαίτηση									100	
	Τοπ. παραγγ.								100		

LT = 1

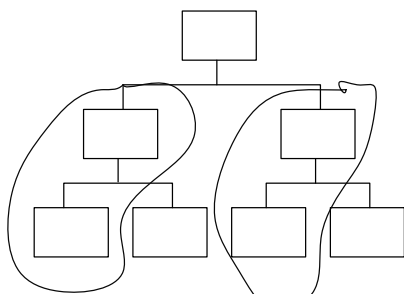


Παράδειγμα λογικής MRP (5)

Συνεχίζοντας με τον ίδιο τρόπο για το υπό-συστατικό «D»: χρειάζονται 2 «D» για κάθε «B» άρα απαιτούνται 400 «D» την 7η μέρα και 40 την 6η. Επίσης για κάθε «C» χρειάζονται 3 «D» και συνεπώς απαιτούνται 300 «D» την 8η μέρα. Ο χρόνος υστέρησης είναι 3 μέρες.

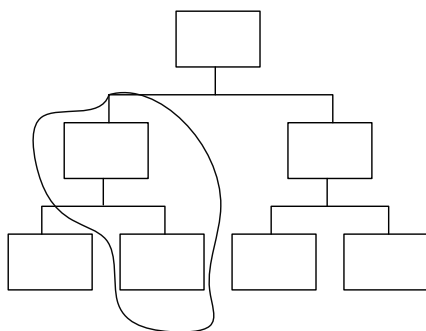
μέρα		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	Απαίτηση										50
	Τοπ. παραγγ.									50	
B	Απαίτηση								20	200	
	Τοπ. παραγγ.						20	200			
C	Απαίτηση									100	
	Τοπ. παραγγ.								100		
D	Απαίτηση						40	400	300		
	Τοπ. παραγγ.			40	400	300					

LT = 3



Παράδειγμα λογικής MRP (6)

μέρα		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	Απαίτηση										50
	Τοπ. παραγγ.									50	
B	Απαίτηση								20	200	
	Τοπ. παραγγ.						20	200			
C	Απαίτηση									100	
	Τοπ. παραγγ.								100		
D	Απαίτηση						40	400	300		
	Τοπ. παραγγ.			40	400	300					
E	Απαίτηση						20	200			
	Τοπ. παραγγ.		20	200							

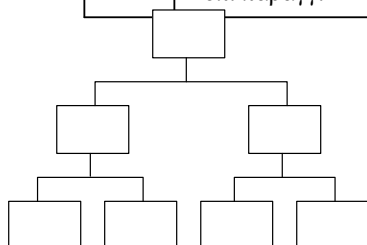


LT = 4

Παράδειγμα λογικής MRP (7)

Τελικό MRP σχέδιο

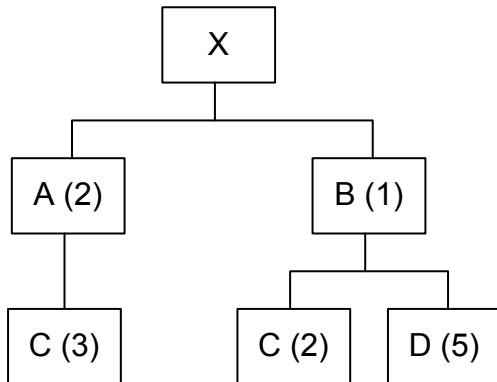
μέρα		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	Απαίτηση										50
	Τοπ. παραγγ.									50	
B	Απαίτηση								20	200	
	Τοπ. παραγγ.						20	200			
C	Απαίτηση									100	
	Τοπ. παραγγ.								100		
D	Απαίτηση						40	400	300		
	Τοπ. παραγγ.			40	400	300					
E	Απαίτηση						20	200			
	Τοπ. παραγγ.		20	200							
F	Απαίτηση								200		
	Τοπ. παραγγ.							200			



LT = 1

Παράδειγμα λογικής MRP (8)

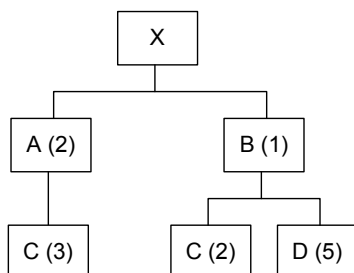
Παράδειγμα 2: Εταιρεία απαιτεί την παραγωγή 95 μονάδων του προϊόντος «X» τη 10η εβδομάδα. Στο σχήμα φαίνεται η δομή συναρμολόγησης του προϊόντος, ενώ ο πίνακας περιλαμβάνει τα αποθέματα και τους σχετικούς χρόνους υστέρησης. Να δοθεί ένα MRP σχέδιο που να καθορίζει τις αναγκαίες μονάδες για κάθε συστατικό υλικό και πότε αυτές απαιτούνται.



Είδος	Απόθεμα	Lead Times (εβδομ.)
X	50	2
A	75	3
B	25	1
C	10	2
D	20	2

Παράδειγμα λογικής MRP (9)

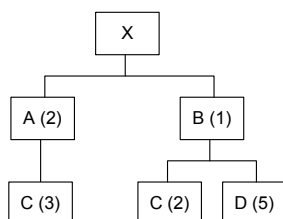
Εβδομάδες		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X LT=2 Αρχικό απόθεμα = 50	Συνολικές απαιτήσεις										95
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Καθαρές απαιτήσεις										45
	Προγ/σμένη παραλαβή										45
	Εντολή								45		



Είδος	Απόθεμα	Lead Times (εβδομ.)
X	50	2
A	75	3
B	25	1
C	10	2
D	20	2

Παράδειγμα λογικής MRP (10)

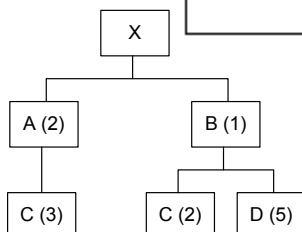
Εβδομάδες		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X LT=2 Αρχικό απόθεμα = 50	Συνολικές απαιτήσεις										95
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Καθαρές απαιτήσεις										45
	Προγ/σμένη παραλαβή										45
	Εντολή								45		
A LT=3 Αρχικό απόθεμα = 75	Συνολικές απαιτήσεις								90		
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	75	75	75	75	75	75	75	75		
	Καθαρές απαιτήσεις								15		
	Προγ/σμένη παραλαβή								15		
	Εντολή					15					



Είδος	Απόθεμα	Lead Times (εβδομ.)
X	50	2
A	75	3
B	25	1
C	10	2
D	20	2

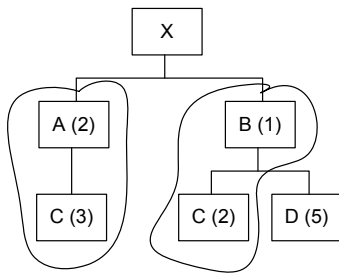
Παράδειγμα λογικής MRP (11)

Εβδομάδες		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X LT=2 Αρχικό απόθεμα = 50	Συνολικές απαιτήσεις										95
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Καθαρές απαιτήσεις										45
	Προγ/σμένη παραλαβή										45
	Εντολή								45		
A LT=3 Αρχικό απόθεμα = 75	Συνολικές απαιτήσεις								90		
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	75	75	75	75	75	75	75	75		
	Καθαρές απαιτήσεις								15		
	Προγ/σμένη παραλαβή								15		
	Εντολή					15					
B LT=1 Αρχικό απόθεμα = 25	Συνολικές απαιτήσεις								45		
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	25	25	25	25	25	25	25	25		
	Καθαρές απαιτήσεις								20		
	Προγ/σμένη παραλαβή								20		
	Εντολή							20			



Είδος	Απόθεμα	Lead Times (εβδομ.)
X	50	2
A	75	3
B	25	1
C	10	2
D	20	2

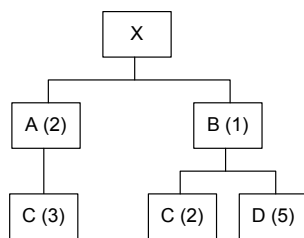
Παράδειγμα λογικής MRP (12)



Είδος	Απόθεμα	Lead Times (εβδομ.)
X	50	2
A	75	3
B	25	1
C	10	2
D	20	2

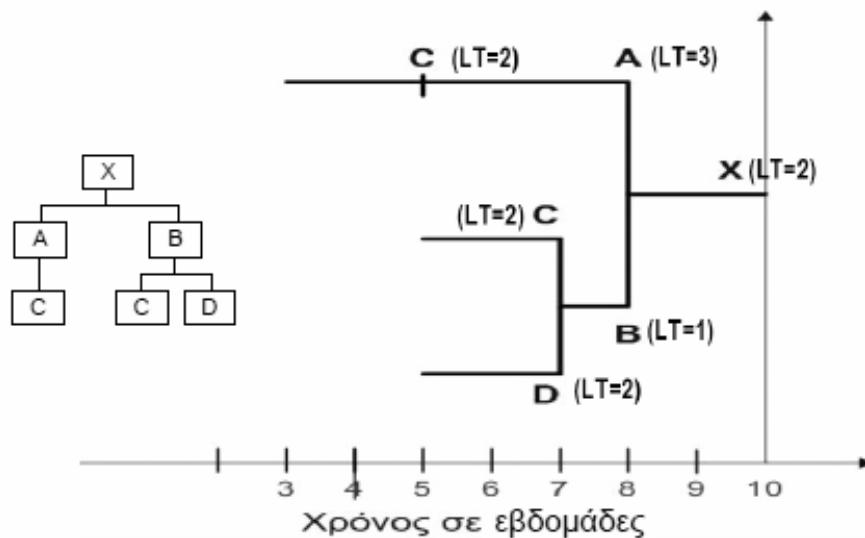
Εβδομάδες		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X LT=2 Αρχικό απόθεμα = 50	Συνολικές απαιτήσεις										95
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Καθαρές απαιτήσεις										45
	Προγ/σμένη παραλαβή										45
	Εντολή								45		
A LT=3 Αρχικό απόθεμα = 75	Συνολικές απαιτήσεις								90		
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	75	75	75	75	75	75	75	75		
	Καθαρές απαιτήσεις								15		
	Προγ/σμένη παραλαβή								15		
	Εντολή					15					
B LT=1 Αρχικό απόθεμα = 25	Συνολικές απαιτήσεις								45		
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	25	25	25	25	25	25	25	25		
	Καθαρές απαιτήσεις								20		
	Προγ/σμένη παραλαβή								20		
	Εντολή							20			
C LT=2 Αρχικό απόθεμα = 10	Συνολικές απαιτήσεις					45		40			
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	10	10	10	10	10					
	Καθαρές απαιτήσεις					35		40			
	Προγ/σμένη παραλαβή					35		40			
	Εντολή			35	40						

Παράδειγμα λογικής MRP (13)



Εβδομάδες		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X LT=2 Αρχικό απόθεμα = 50	Συνολικές απαιτήσεις										95
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Καθαρές απαιτήσεις										45
	Προγ/σμένη παραλαβή										45
	Εντολή								45		
A LT=3 Αρχικό απόθεμα = 75	Συνολικές απαιτήσεις								90		
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	75	75	75	75	75	75	75	75		
	Καθαρές απαιτήσεις								15		
	Προγ/σμένη παραλαβή								15		
	Εντολή					15					
B LT=1 Αρχικό απόθεμα = 25	Συνολικές απαιτήσεις								45		
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	25	25	25	25	25	25	25	25		
	Καθαρές απαιτήσεις								20		
	Προγ/σμένη παραλαβή								20		
	Εντολή							20			
C LT=2 Αρχικό απόθεμα = 10	Συνολικές απαιτήσεις					45		40			
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	10	10	10	10	10					
	Καθαρές απαιτήσεις					35		40			
	Προγ/σμένη παραλαβή					35		40			
	Εντολή			35	40						
D LT=2 Αρχικό απόθεμα = 20	Συνολικές απαιτήσεις							100			
	Προγ/σμένες παραλαβές										
	Διαθέσιμο απόθεμα	20	20	20	20	20	20	20			
	Καθαρές απαιτήσεις							80			
	Προγ/σμένη παραλαβή							80			
	Εντολή					80					

Παράδειγμα λογικής MRP (14)



Τεχνικές καθορισμού του μεγέθους παρτίδας στα συστήματα MRP

1. Τεχνική παρτίδα προς παρτίδα (Lot-for-lot)
2. Τεχνική οικονομικής ποσότητας παραγγελίας (EOQ)
3. Τεχνική παρτίδας για σταθερό αριθμό περιόδων

➤ Ποια από όλες να χρησιμοποιηθεί;

Αυτή με το μικρότερο κόστος!



Τεχνική παρτίδα προς παρτίδα (Lot-for-lot, ή L4L)

- Με βάση την τεχνική αυτή παράγονται ακριβώς τόσες παρτίδες προϊόντος, όσες χρειάζονται.
- Όχι αποθέματα ασφαλείας, όχι πρόβλεψη στις παραγγελίες.
- Η τεχνική αυτή είναι πολύ αποτελεσματική όταν εφαρμόζεται μαζί με τεχνικές JIT στη διαχείριση των αποθεμάτων.
- Ασύμφορη όταν τα κόστη προετοιμασίας των παραγγελιών είναι μεγάλα, ή είναι αδύνατο να εφαρμοστούν τεχνικές JIT.



Παράδειγμα: Lot-for-lot

- ✓ Εταιρεία κατασκευής ψηφιακού μουσικού εξοπλισμού επιθυμεί να υπολογίσει τα **συνολικά κόστη ανανέωσης και διατήρησης του αποθέματος** του προϊόντος 'Α' (τύπος ηχείου) με βάση την τεχνική «**παρτίδα-προς-παρτίδα**».
- ✓ Η εταιρεία έχει υπολογίσει ότι ανά περίοδο :
 - Το κόστος προετοιμασίας κάθε παραγγελίας είναι 100€, και το μοναδιαίο κόστος διατήρησης είναι 1€.
 - Ο χρόνος υστέρησης (lead time)= 1 βδομάδα
- ✓ Το πρόγραμμα παραγωγής (10 βδομάδων) για τη συναρμολόγηση του προϊόντος φαίνεται πιο κάτω:

[illegible]

MRP: Lot-for-lot (2)

[illegible]



MRP: Lot-for-lot (3)

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0								
Καθαρές ανάγκες	0	30								
Προγ/σμένη παραγωγή	0	30								
Πρόγραμμα παραγωγής	30									



MRP: Lot-for-lot (4)

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	0							
Καθαρές ανάγκες	0	30	40							
Προγ/σμένη παραγωγή	0	30	40							
Πρόγραμμα παραγωγής	30	40								

MRP: Lot-for-lot ⁽⁵⁾

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	0	0						
Καθαρές ανάγκες	0	30	40	0						
Προγ/σμένη παραγωγή	0	30	40							
Πρόγραμμα παραγωγής	30	40								

MRP: Lot-for-lot ⁽⁶⁾

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	0	0	0					
Καθαρές ανάγκες	0	30	40	0	10					
Προγ/σμένη παραγωγή	0	30	40		10					
Πρόγραμμα παραγωγής	30	40		10						

MRP: Lot-for-lot ⁽⁷⁾

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Καθαρές ανάγκες	0	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Προγ/σμένη παραγωγή	0	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Πρόγραμμα παραγωγής	30	40	0	10	40	30	0	30	55	0

MRP: Lot-for-lot ⁽⁸⁾

Το κόστος αυτής της τεχνικής είναι:

- Κόστος διατήρησης (αποθήκευσης) αποθέματος = 0.
- Αφού έχουμε 7 ξεχωριστές προετοιμασίες παραγγελίας, τότε:
- Κόστος προετοιμασίας = 7 παρτίδες * 100€ = 700€.
- Συνολικό κόστος = 700€.

Προγ/σμενη παραγωγή	0	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Πρόγραμμα παραγωγής	30	40	0	10	40	30	0	30	55	0

MRP: EOQ ⁽¹⁾

- Η τεχνική της οικονομικής ποσότητας παραγωγής (EOQ) είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται σε αποθέματα ανεξάρτητης ζήτησης και όχι όταν η ζήτηση είναι γνωστή.
- Η EOQ είναι στατιστική τεχνική που χρησιμοποιεί μέσους όρους (π.χ. μέση ζήτηση ανά μήνα για ένα έτος). Ενώ ένα MRP σύστημα θεωρεί γνωστή (εξαρτώμενη) ζήτηση όπως ορίζεται από το MPS.

MRP: EOQ ⁽²⁾

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D\kappa_{\pi}}{\kappa_{\delta}}} = \sqrt{\frac{2 * 27 * 100}{1}} = \sqrt{5400} \cong 73$$

Για να εφαρμόσουμε την EOQ μέθοδο, πρώτα υπολογίζουμε τη μέση ζήτηση των 10 περιόδων.

- Μέση ζήτηση (**D**) = (35+30+...+55)/10=270/10=27 μονάδες
- Κόστος διατήρησης αποθέματος (**κ_δ**)= 1€ /μονάδα
- Κόστος προετοιμασίας παραγγελίας (**κ_π**) = 100 €
- Άρα, η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας είναι:

MRP: EOQ (7)

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	43	3	3					
Καθαρές ανάγκες	0	30	0	0	7					
Προγ/σμένη παραγωγή		73			73					
Πρόγραμμα παραγωγής	73			73						

MRP: EOQ (8)

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	43	3	3	66				
Καθαρές ανάγκες	0	30	0	0	7	0				
Προγ/σμένη παραγωγή		73			73					
Πρόγραμμα παραγωγής	73			73						

MRP: EOQ (9)

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	43	3	3	66	26			
Καθαρές ανάγκες	0	30	0	0	7	0	4			
Προγ/σμένη παραγωγή		73			73		73			
Πρόγραμμα παραγωγής	73			73		73				

MRP: EOQ (10)

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	43	3	3	66	26	69		
Καθαρές ανάγκες	0	30	0	0	7	0	4	0		
Προγ/σμένη παραγωγή		73			73		73			
Πρόγραμμα παραγωγής	73			73		73				

MRB-500

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	43	3	3	66	26	69	69	
Καθαρές ανάγκες	0	30	0	0	7	0	4	0	0	
Προγ/σμένη παραγωγή		73			73		73			
Πρόγραμμα παραγωγής	73			73		73				

MPB-500

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	43	3	3	66	26	69	69	39

Το κόστος αυτής της τεχνικής αναλύεται σε

Κόστος προετοιμασίας = 4 παρτίδες * 100€ = 400 €.

Κόστος αποθήκευσης = $(43+3+3+66+26+69+69+39)$ κομμάτια
* 1 €/κομμάτι = 318€.

Συνολικό κόστος = 718 €.

[illegible]

- ✓ Σύμφωνα με αυτή την τεχνική η ποσότητα κάθε παρτίδας του προϊόντος είναι ίση με την ποσότητα που χρειάζεται για να καλυφθεί η ζήτηση ενός σταθερού αριθμού περιόδων n . Προκύπτει από:

MRP: σταθερό αριθμό περιόδων ⁽⁶⁾

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	40	0	0					
Καθαρές ανάγκες	0	30	0	0	10					
Προγ/σμένη παραγωγή		70			80					
Πρόγραμμα παραγωγής	70									

MRP: σταθερό αριθμό περιόδων ⁽⁷⁾

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	40	0	0	70				
Καθαρές ανάγκες	0	30	0	0	10	0				
Προγ/σμένη παραγωγή		70			80					
Πρόγραμμα παραγωγής	70			80						

MRP: σταθερό αριθμό περιόδων ⁽⁸⁾

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	40	0	0	70	30			
Καθαρές ανάγκες	0	30	0	0	10	0	0			
Προγ/σμένη παραγωγή		70			80			85		
Πρόγραμμα παραγωγής	70			80						

MRP: σταθερό αριθμό περιόδων ⁽⁹⁾

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	40	0	0	70	30	0		
Καθαρές ανάγκες	0	30	0	0	10	0	0	0		
Προγ/σμένη παραγωγή		70			80			85		
Πρόγραμμα παραγωγής	70			80			85			

MRP: σταθερό αριθμό περιόδων ⁽¹⁰⁾

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Συνολικές ανάγκες	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Διαθέσιμα αποθέματα	35	0	40	0	0	70	30	0	85	
Καθαρές ανάγκες	0	30	0	0	10	0	0	0	0	
Προγ/σμένη παραγωγή		70			80			85		
Πρόγραμμα παραγωγής	70			80			85			

MRP: σταθερό αριθμό περιόδων ⁽¹¹⁾

Το κόστος αυτής της τεχνικής αναλύεται ως εξής:

• Κόστος διατήρησης (αποθήκευσης) =
 $= (40+70+30+85+55) \times 1\text{€} = 280 \text{ €}$

• Κόστος προετοιμασίας παραγγελιών = $3 \times 100\text{€} = 300\text{€}$

• Άρα για την περίοδο των 10 βδομάδων

Συνολικό κόστος = 580 €.

Διαθέσιμα αποθέματα										
Καθαρές ανάγκες										
Προγ/σμένη παραγωγή										
Πρόγραμμα παραγωγής	70			80			85			

Προγραμματισμός Απαιτήσεων Υλικών (MRP)

Η εκτέλεση οποιουδήποτε προγράμματος παραγωγής, στις ημερομηνίες που προβλέπει το πρόγραμμα, προϋποθέτει ότι όλα τα απαιτούμενα για την παραγωγή υλικά θα είναι διαθέσιμα στην ώρα τους.

Λόγοι ανατροπής του προγράμματος:

- Απρόβλεπτη βλάβη στο σύστημα παραγωγής, απρόβλεπτη καθυστέρηση στην παράδοση κάποιου υλικού κ.λπ.
- Καθυστέρηση στην παράδοση του εξαρτήματος από τον προμηθευτή
- Παραγωγή μιας παρτίδας ελαττωματικών ενδιάμεσων ή τελικών προϊόντων, μεταβολές στην πραγματική ζήτηση του τελικού προϊόντος και σημαντικές αποκλίσεις από τις αρχικές προβλέψεις, μεταβολές στις παραγγελίες κ.λπ.

Αναγκαία η αντιμετώπιση των παραγόντων που δημιουργούν την τυχαιότητα π.χ.

- συνεργασία με αξιόπιστους προμηθευτές
- χρήση κάποιων περιθωρίων ασφαλείας κατά τον υπολογισμό του χρόνου υστέρησης.

Απαραίτητο ο προγραμματισμός και ο έλεγχος της παραγωγής (το σύστημα PPC) να παίζει το ρόλο του **ρυθμιστή** που συγκρίνει την πραγματική κατάσταση με την επιθυμητή με στόχο την εξισορρόπησή τους.

Παράδειγμα 1: Collins Industries

- ✓ Η μεγαλύτερη εταιρεία κατασκευής ασθενοφόρων στον κόσμο
- ✓ Διεθνής ανταγωνιστής
- ✓ 12 κύρια σχέδια ασθενοφόρων
 - Απόθεμα με 18.000 διαφορετικά είδη
 - 6.000 κομμάτια που κατασκευάστηκαν από την ίδια
 - 12.000 κομμάτια που αγοράστηκαν
 - MRP: το σύστημα **MAPICS** της IBM
- ✓ Η Collins απαιτεί:
 - Το σχέδιο (το πρόγραμμα) των υλικών πρέπει να ικανοποιεί πλήρως τόσο το κύριο πρόγραμμα παραγωγής (MPS) όσο και τη δυναμικότητα του συστήματος παραγωγής.
 - Το πρόγραμμα πρέπει να εκτελεστεί όπως ακριβώς σχεδιάστηκε.
 - Αποτελεσματικές και έγκαιρες υπηρεσίες διανομής

Παράδειγμα 2: Hubbell Lighting

- ✓ Κατασκευάστρια βιομηχανικών προϊόντων φωτισμού, με πελάτες: σχολεία, πολυκαταστήματα, πάρκα ψυχαγωγίας, ποδοσφαιρικά κέντρα ακόμη και τη NASA
- ✓ Καλής ποιότητας προϊόντα, δεν τηρούσε τις ημερομηνίες (παράδοσης) που υποσχόταν στους πελάτες της.
- ✓ Εξειδικευμένη δουλειά για κάθε πελάτη. **Πολυπλοκότητα:** τεράστιο μέγεθος κατασκευαστικών εργασιών, εκατοντάδες παραγόμενα προϊόντα, υπέρογκος αριθμός αποφάσεων προγραμματισμού που απαιτούνται σε καθημερινή βάση, τεράστια ποσότητα πληροφοριών που χρειάζονται για την υποστήριξη των αποφάσεων.
- ✓ Π.χ.: ένα από τα εργοστάσια της απασχολεί περίπου 425 εργαζόμενους, αναπτύσσει ένα συνολικό σχέδιο παραγωγής για 63 οικογένειες προϊόντων και εβδομαδιαία προγράμματα για την παραγωγή 3.200 τελικών προϊόντων. Αυτά τα τελικά προϊόντα αποτελούνται από 15.000 συστατικά μέρη που μπορούν να συναρμολογηθούν σε 5 εκατομμύρια πιθανές τελικές μορφές προϊόντων.
- ✓ MRP για το σχεδιασμό και τη συνεργασία των διάφορων σταδίων παραγωγής.
- ✓ Χωρίς το σύστημα MRP ένα εργοστάσιο τέτοιου τύπου απλώς δεν θα μπορούσε να λειτουργήσει.
- ✓ Πριν το MRP λιγότερο από το 75% των παραγγελιών στην ώρα τους. Μετά το MRP ακριβής παράδοση 97% (επιπλέον 2% ολοκληρώνεται με μία ή δύο μέρες καθυστέρηση).

Προγραμματισμός Απαιτήσεων Δυναμικότητας (CRP) ⁽¹⁾

Για την υλοποίηση των προγραμμάτων παραγωγής, είναι αναγκαίος και ο προγραμματισμός των απαιτήσεων δυναμικότητας (Capacity Requirements Planning - CRP), δηλαδή ο **προγραμματισμός των μέσων** που απαιτούνται σε κάθε φάση στη διαδικασία της παραγωγής.

Για να καθοριστεί το πότε και με τι θα απασχοληθούν τα μέσα παραγωγής, απαιτούνται:

- ✓ Φασεολόγιο: καθορίζει τις αναγκαίες επεξεργασίες και τα αντίστοιχα παραγωγικά μέσα που απαιτούνται σε κάθε φάση της παραγωγικής διαδικασίας.
- ✓ Διαγράμματα διαδικασίας: καθορίζουν την ακριβή σειρά, με την οποία θα εκτελεστούν οι κατεργασίες, καθώς και τους απαιτούμενους μοναδιαίους χρόνους κάθε κατεργασίας.
- ✓ Κύριο πρόγραμμα παραγωγής: καθορίζει την ποσότητα και το χρόνο παραγωγής τελικών προϊόντων.
- ✓ Προγράμματα απαιτούμενων υλικών: καθορίζουν τις συνολικές ποσότητες των υλικών, καθώς και το χρόνο που πρέπει να είναι διαθέσιμες.

Με τις πληροφορίες αυτές είναι δυνατό να καταρτιστεί το πρόγραμμα των απαιτήσεων δυναμικότητας.

Προγραμματισμός Απαιτήσεων Δυναμικότητας (CRP) (2)

Αθροίζεται ανά περίοδο η αναγκαία δυναμικότητα των όμοιων θέσεων εργασίας για κάθε φάση κατεργασίας. **Αντιπαραβάλλεται** η αναγκαία δυναμικότητα με την πραγματικά διαθέσιμη κανονική δυναμικότητα.

Η κανονική δυναμικότητα ΚΔ ανά περίοδο για μια ομάδα θέσεων εργασίας υπολογίζεται από τον τύπο:

$$ΚΔ = N \cdot T \frac{L}{100} A$$

όπου

- N πλήθος εργατών ή μηχανών
- T συνολικός χρόνος απασχόλησης ανά σχεδιασμένη περίοδο
- L ο μέσος βαθμός απόδοσης
- A ο μέσος συντελεστής εκμετάλλευσης, ο οποίος λαμβάνει υπόψη του τις απώλειες χρόνου λόγω μικροβλαβών και εργασιών συντήρησης.

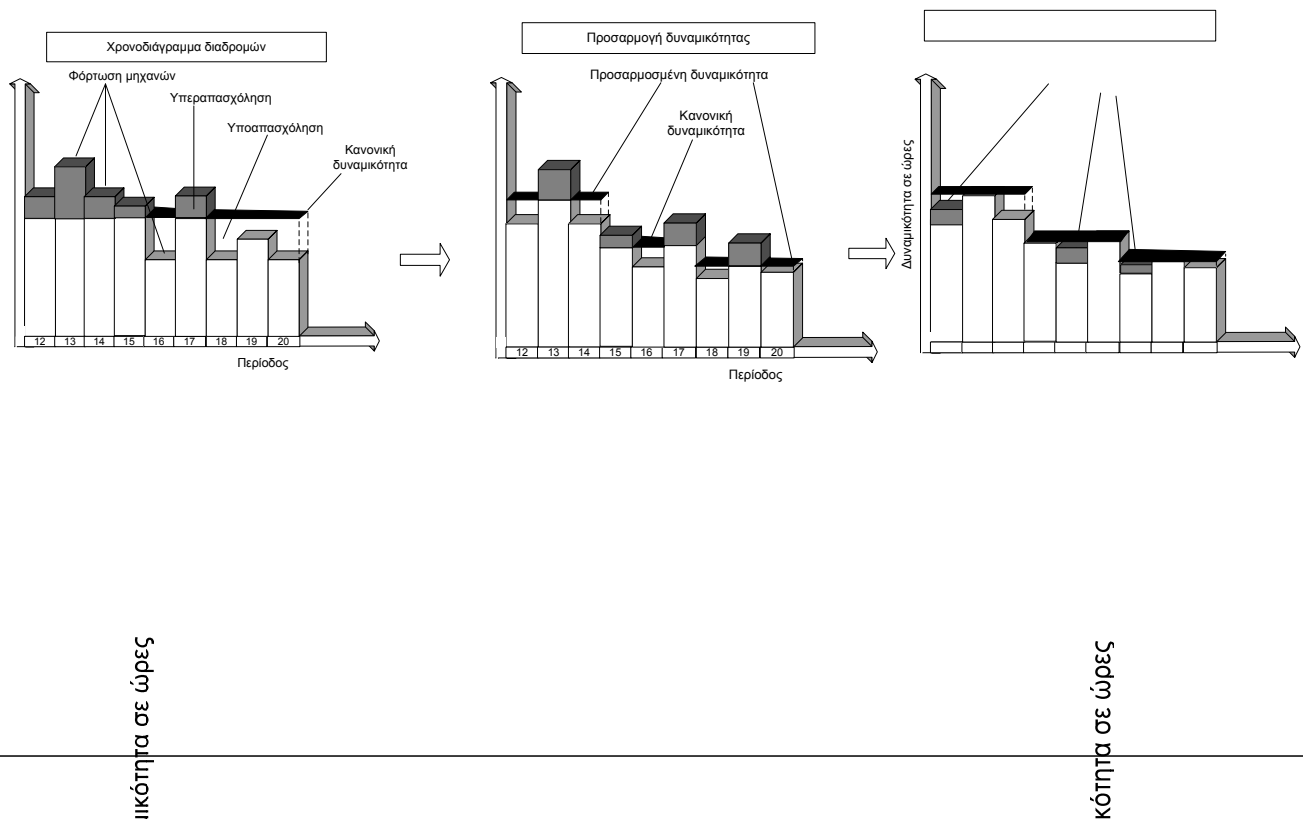
Κατά κανόνα θα εμφανιστούν διαφορές, οι οποίες πρέπει να εξομαλυνθούν με την **εναρμόνιση της δυναμικότητας**.

Προγραμματισμός Απαιτήσεων Δυναμικότητας (CRP) (3)

Εναρμόνιση υπάρχουσας και απαιτούμενης δυναμικότητας με	
Προσαρμογή δυναμικότητας (μεσοπρόθεσμα)	Εξίσωση δυναμικότητας (βραχυπρόθεσμα)
Προσαρμογή της υπάρχουσας δυναμικότητας προς την απαιτούμενη δυναμικότητα Αύξηση δυναμικότητας π.χ. – υπερωρίες – πρόσληψη προσωπικού και μέσων παραγωγής Ελάττωση δυναμικότητας π.χ. – ελάττωση χρόνου εργασίας – κατάργηση θέσεων εργασίας	Εξίσωση της απαιτούμενης δυναμικότητας με την υπάρχουσα δυναμικότητα Χρονική εξίσωση π.χ. – πρόταξη προθεσμιών – καθυστέρηση προθεσμιών – αλλαγή ποσοτήτων εντολής Τεχνολογική εξίσωση π.χ. – εκτροπή προς άλλες θέσεις εργασίας

Προγραμματισμός Απαιτήσεων Δυναμικότητας (CRP) (4)

Εναρμόνιση υπάρχουσας (ΚΔ) και απαιτούμενης δυναμικότητας



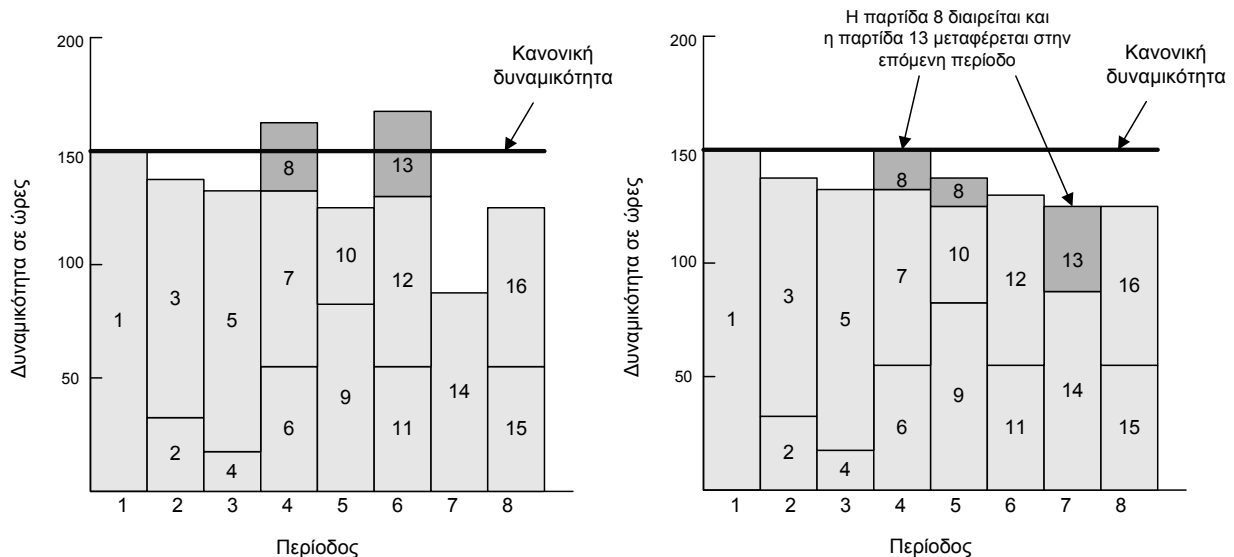
Προγραμματισμός Απαιτήσεων Δυναμικότητας (CRP) (5)

Τακτικές για ομαλοποίηση του φορτίου και ελαχιστοποίηση της επίδρασης του μεταβληθέντος χρόνου ολοκλήρωσης:

- **Διαίρεση παρτίδας** – σπάσιμο της παραγγελίας σε μικρότερες ποσότητες για όλες τις φάσεις παραγωγής.
- **Λειτουργίες διαίρεσης φάσεων** – αποστολή της παρτίδας σε δύο διαφορετικούς σταθμούς που εκτελούν την ίδια λειτουργία (φάση).
- **Επικάλυψη** – στέλνοντας κομμάτια στο 2ο σταθμό εργασίας πριν η τρέχουσα παρτίδα ολοκληρωθεί στον 1ο σταθμό εργασίας.

Προγραμματισμός Απαιτήσεων Δυναμικότητας (CRP) (6)

Παράδειγμα: Ομαλοποίηση φορτίου με διαίρεση παρτίδων και μεταφορά σε μετέπειτα περιόδους



Προγραμματισμός Απαιτήσεων Δυναμικότητας (CRP) (7)

Το πρόγραμμα των απαιτήσεων δυναμικότητας διευκολύνεται ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται Η/Υ. Απαραίτητος στην πράξη (πολλά υλικά).

Ο Η/Υ επιτρέπει τη γρήγορη επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων προγραμμάτων (παραγωγής, απαιτούμενων υλικών, απαιτούμενης δυναμικότητας) και την αλληλοενημέρωση και το συντονισμό τους. Έλεγχος εναλλακτικών σεναρίων και επιλογή σεναρίου με καλύτερα αποτελέσματα (π.χ. εξομαλυμένο φόρτο, χαμηλό κόστος κ.λπ.).

Η αλληλοεξάρτηση των διαφόρων λειτουργιών (MPS, MRP, CRP) δημιουργεί την ανάγκη ενός εργαλείου προγραμματισμού, που είναι ο **προγραμματισμός παραγωγικών πόρων MRP II** (Manufacturing Resource Planning).

Προγραμματισμός Παραγωγικών Πόρων (MRP II) (1)

- Το MRP αφορά αποκλειστικά τα υλικά, ενώ ο **προγραμματισμός παραγωγικών πόρων MRP II** αναφέρεται στον προγραμματισμό όλων των συντελεστών της παραγωγής (ανθρωποώρες, μηχανοώρες, εργαλεία, κόστη υλικών, κόστη κεφαλαίων κ.λπ.) που απαιτούνται για να εκτελεστεί το πρόγραμμα παραγωγής.
- Ο προγραμματισμός παραγωγικών πόρων αποτελεί μια λειτουργία που εξασφαλίζει την επικοινωνία, το συντονισμό και τη συνεργασία μεταξύ των διαφόρων τμημάτων της επιχείρησης.

Προγραμματισμός Παραγωγικών Πόρων (MRP II) (2)

Για MRP II έχουν αναπτυχθεί κατάλληλα λογισμικά. Ένα τέτοιο λογισμικό μπορεί να υποστηρίξει τις εξής λειτουργίες:

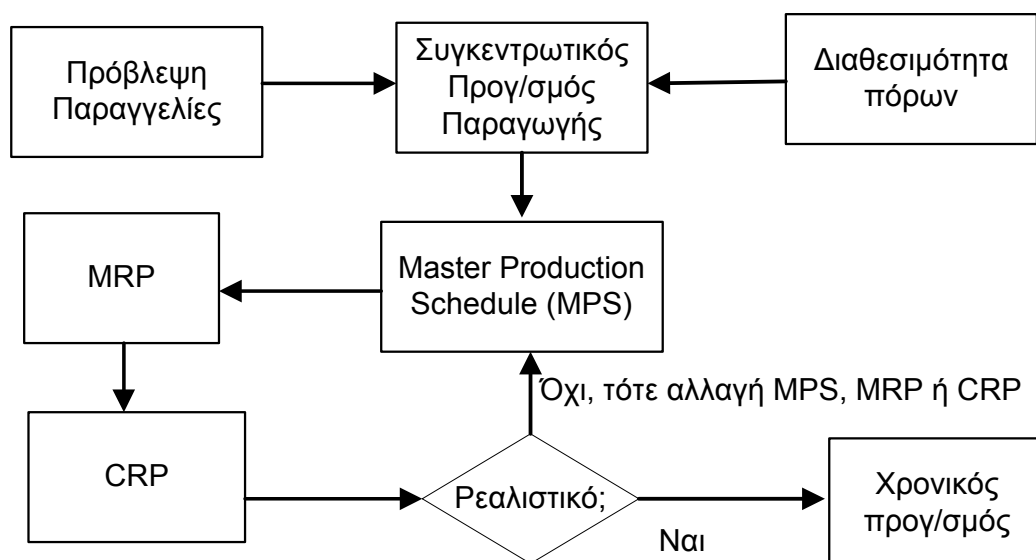
- Προγραμματισμό της παραγωγής.
- Προγραμματισμό των απαιτούμενων υλικών.
- Διαχείριση προμηθειών (πρώτων και βοηθητικών υλών, εξαρτημάτων και υλικών συσκευασίας).
- Διαχείριση παραγγελιών.
- Προγραμματισμό δυναμικότητας (μηχανωρών και ανθρωποωρών).
- Έλεγχο παραγωγικότητας (απόδοση μηχανωρών και ανθρωποωρών και φύρας).
- Έλεγχο αποθεμάτων και διαχείριση αποθηκών.
- Παρακολούθηση ενδιάμεσων προϊόντων.
- Κοστολόγηση παραγόμενων προϊόντων.
- Προγραμματισμό συντήρησης μηχανημάτων.

Προγραμματισμός Παραγωγικών Πόρων (MRP II) (3)

Θετικές συνέπειες:

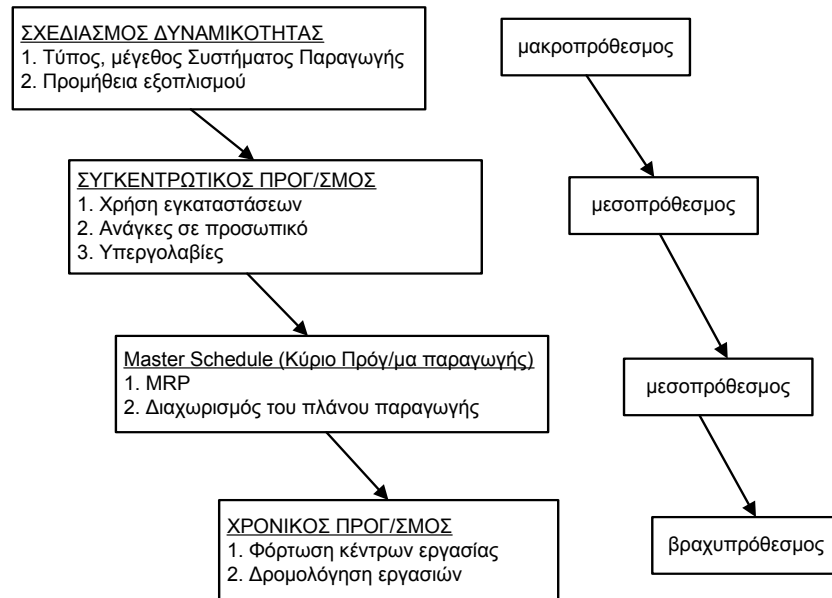
- τον **ευχερέστερο προγραμματισμό** της εκτέλεσης των παραγγελιών,
- τη **μείωση του κόστους** της διαχείρισης αποθεμάτων και της παραγωγής,
- τη **μεγαλύτερη ευελιξία** και δυνατότητα προσαρμογής σε συνθήκες μεταβαλλόμενης ζήτησης,
- τη δυνατότητα μελέτης **εναλλακτικών σεναρίων** για τη λήψη αποφάσεων
- τον **ευχερέστερο εντοπισμό** και την αντιμετώπιση προβλημάτων στην εφοδιαστική αλυσίδα και
- την επίτευξη **καλύτερων επιπέδων ικανοποίησης** του πελάτη.

Προγραμματισμός Παραγωγικών Πόρων (MRP II) (4)



Χρονικός Προγραμματισμός Παραγωγής (1)

Με τη σχεδίαση της συνολικής παραγωγής δημιουργούμε ένα μακροχρόνιο πλαίσιο μέσα στο οποίο πρέπει να κινηθεί η παραγωγή μας. Στη συνέχεια θα πρέπει να διαμορφωθούν λεπτομερειακά (βραχυχρόνια) προγράμματα παραγωγής. Ο χρονικός προγραμματισμός είναι το τελευταίο στάδιο του προγραμματισμού πριν την έναρξη της παραγωγής.



Χρονικός Προγραμματισμός Παραγωγής (2)

Τα προγράμματα αυτά περιλαμβάνουν τι πρέπει να γίνει ώστε να **φορτίζονται σύμμετρα** και μέσα στις ικανότητες τους τα μέσα παραγωγής ενώ ταυτόχρονα **ικανοποιείται κάποιο κριτήριο** (π.χ. ελαχιστοποίηση του χρόνου μιας παραγωγικής δραστηριότητας, ή μεγιστοποίηση εκμετάλλευσης των μέσων παραγωγής ή ελαχιστοποίηση κόστους παραγωγής κτλ).

Οι αντικειμενικοί σκοποί του χρονικού προγραμματισμού παραγωγής είναι:

- η αποτελεσματική χρησιμοποίηση μηχανών και προσωπικού,
- η ελαχιστοποίηση του χρόνου αναμονής πελατών, αποθήκευσης και χρόνου εκτέλεσης.

Το πρόβλημα είναι δύσκολο σ' όλες τις περιπτώσεις και πρέπει να χρησιμοποιηθούν κατάλληλες τεχνικές για να έχει επιτυχία.

Για την διευκόλυνση στη λήψη των σωστών αποφάσεων, σε προβλήματα με υψηλή υπολογιστική πολυπλοκότητα, έχουν αναπτυχθεί διάφορες **τεχνικές βελτιστοποίησης**.

Οι τεχνικές βελτιστοποίησης έκαναν την εμφάνισή τους στο πεδίο του διοικητικού προγραμματισμού με την ευρεία χρήση μοντέλων γραμμικού προγραμματισμού.

Χρονικός Προγραμματισμός Παραγωγής (3)

Τα συστήματα παραγωγής μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

Συστήματα συνεχούς ροής (flow-shop):

- μεγάλος όγκος παραγωγής
- περιορισμένη ποικιλία
- τυποποιημένα προϊόντα (π.χ. προϊόντα διατροφής ή ηλεκτρικά είδη)
- ακολουθούν την ίδια διαδρομή μέσα στο σύστημα (αυτοματοποιημένο σύστημα εσωτερικών μεταφορών)
- μεγάλος βαθμός αυτοματοποίησης

Συστήματα παραγωγής κατά παραγγελία (job-shop)

- παραγωγή μεγάλης ποικιλίας προϊόντων
- μικρός όγκος παραγωγής
- η ροή των προϊόντων διαφοροποιείται ανάλογα με την παραγγελία ή την παρτίδα παραγωγής.
- περιορισμένος βαθμός αυτοματοποίησης

Χρονικός Προγραμματισμός Παραγωγής (4)

Συστήματα κατασκευής έργων (projects)

- κατασκευή μιας μονάδας προϊόντος
- συνήθως μεγάλου μεγέθους και αξίας
- το προϊόν μένει ακίνητο ενώ τα μέσα παραγωγής κινούνται γύρω από αυτό
- μικρός βαθμός αυτοματοποίησης.

Ο προγραμματισμός συστημάτων κατασκευής έργων (projects) αποτελεί ξεχωριστό κομμάτι του χρονικού προγραμματισμού και αντιμετωπίζεται με τη θεωρία Δικτυωτής Ανάλυσης.

Χρονικός Προγραμματισμός Παραγωγής (5)

➤ **Forward scheduling:** ξεκινά το χρονοπρόγραμμα (Χ/Π) μόλις οι ανάγκες είναι γνωστές

- Οι εργασίες εκτελούνται βάσει των παραγγελιών
- Το Χ/Π μπορεί να τελειώσει ακόμη και μετά την προθεσμία (ημερομηνία παράδοσης)
- Συχνά προκαλεί τη δημιουργία ενδιάμεσων αποθεμάτων (WIP)

➤ **Backward scheduling:** ξεκινά με την ημ/νια παράδοσης της τελευταίας εργασίας. Προγραμματίζει τις εργασίες σε ανάποδη σειρά (από πίσω προς τα μπρος)

- Π.χ. **συστήματα MRP** στη βιομηχανία, σε επιχειρήσεις τροφοδοσίας (catering), σε νοσοκομεία κατά τον προγραμματισμό εγχειρήσεων, κ.α.



Χρονικός Προγραμματισμός Παραγωγής (6)

Στόχοι του Χ/Π:

- Ελαχιστοποίηση **χρόνου ολοκλήρωσης**
- Μεγιστοποίηση **χρησιμοποίησης (utilization)** (αποτελεσματική χρήση προσωπικού και εξοπλισμού)
- Ελαχιστοποίηση **WIP αποθεμάτων** (ενδιάμεσων αποθεμάτων, ημιτελών προϊόντων)
- Ελαχιστοποίηση **του χρόνου αναμονής του πελάτη**

Οι λειτουργίες που πρέπει να εκτελεστούν για την εφαρμογή του προγραμματισμού περιλαμβάνουν:

- κατανομή εργασιών σε μέσα παραγωγής και
- καθορισμός σειράς εκτέλεσης εργασιών.

Κατανομή εργασιών σε μέσα παραγωγής (1)

Συχνά σε μια παραγωγική διαδικασία υπάρχουν πολλές μηχανές στις οποίες μπορούν να εκτελεστούν κάποιες εργασίες. Οι αποδόσεις όμως των μηχανών δεν είναι ίδιες (π.χ. μια μηχανή δεν είναι τόσο γρήγορη όσο κάποια άλλη κτλ).

Ερώτημα: πώς να γίνει η κατανομή των εργασιών με στόχο τη βελτίωση ενός κριτηρίου (π.χ. ελαχιστοποίηση συνολικού κόστους ή ελαχιστοποίηση χρόνου εκτέλεσης των εργασιών κτλ).

Δυνατοί τρόποι κατανομής n εργασιών σε n μηχανές = $n!$

Για $n > 10$ πρακτικά αδύνατον να βρεθούν όλες τις δυνατές κατανομές και να επιλεγεί η βέλτιστη ακόμα και με τη χρήση Η/Υ.

Π.χ. για $n=20$ με Η/Υ που χρειάζεται 1μsec για κάθε δυνατή κατανομή αν εργάζεται για 8 ώρες/ ημέρα για 365 μέρες/ χρόνο θα χρειαστεί 250000 χρόνια για να βρει τη βέλτιστη λύση(!!!!!).

Χρειάζεται μεθοδολογία (αλγόριθμος) η οποία να δίνει τη βέλτιστη λύση σε πεπερασμένο αριθμό βημάτων και σε λογικό χρόνο.

Κατανομή εργασιών σε μέσα παραγωγής (2)

Γενική διατύπωση του προβλήματος:

n μέσα παραγωγής (μηχανές), n εργασίες

πίνακας $n \times n$ (εκφράζει την αποτελεσματικότητα κάθε μηχανής σε κάθε εργασία)

Ζητείται να γίνει η κατανομή των εργασιών έτσι ώστε να βελτιστοποιείται η συνολική αποτελεσματικότητα.

Μαθηματική διαμόρφωση: Δίνεται ο πίνακας απόδοσης $A = \|a_{ij}\|$ $j=1, \dots, n$ να βρεθεί ο πίνακας $X = \|x_{ij}\|$ έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij}$$

υπό τους περιορισμούς

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (\text{κάθε εργασία επεξεργάζεται σε μία μηχανή})$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, n \quad (\text{κάθε μηχανή επεξεργάζεται μία εργασία})$$

$$\text{όπου} \quad x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{αν η μηχανή } i \text{ επεξεργάζεται την εργασία } j \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

Κατανομή εργασιών σε μέσα παραγωγής (3)

Παράδειγμα 1: Έστω ότι σ' ένα μηχανουργείο πρέπει να εκτελεστούν 5 εργασίες σε 5 μηχανές (π.χ. τórνους). Κάθε εργασία μπορεί να εκτελεστεί σε οποιαδήποτε μηχανή αλλά με διαφορετικό «κόστος» («κόστος» όχι απαραίτητα χρηματικό, μπορεί να είναι χρόνος εκτέλεσης ή οτιδήποτε άλλο). Οι εργασίες πρέπει να εκτελεστούν ταυτόχρονα και κάθε εργασία εκτελείται σε μια μηχανή.

	1	2	3	4	5
A	430	440	465	480	490
B	320	340	350	375	380
Γ	295	300	330	320	320
Δ	270	290	310	275	280
E	245	240	265	280	250

Ιδέες όπως: να εκτελεστεί κάθε εργασία σε κείνη τη μηχανή που χρειάζεται το μικρότερο χρόνο, ή σε κάθε μηχανή να ανατεθεί η εργασία που χρειάζεται το λιγότερο χρόνο (σ' αυτή τη μηχανή) αποτυγχάνουν.

Κατανομή εργασιών σε μέσα παραγωγής (4)

Το μοντέλο για τη λύση του παραπάνω προβλήματος έχει ως εξής:

$$\min \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 a_{ij} x_{ij}$$

υπό τους περιορισμούς

$$\sum_{i=1}^5 x_{ij} = 1 \quad j = 1, \dots, 5 \quad (\text{κάθε εργασία επεξεργάζεται σε μία μηχανή})$$

$$\sum_{j=1}^5 x_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, 5 \quad (\text{κάθε μηχανή επεξεργάζεται μία εργασία})$$

όπου

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{αν η μηχανή } i \text{ επεξεργάζεται την εργασία } j \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

και

$$a = \begin{matrix} 430 & 440 & 465 & 480 & 490 \\ 320 & 340 & 350 & 375 & 380 \\ 295 & 300 & 330 & 320 & 320 \\ 270 & 290 & 310 & 275 & 280 \\ 245 & 240 & 265 & 280 & 250 \end{matrix}$$

Κατανομή εργασιών σε μέσα παραγωγής (5)

Η παρουσία ακέραιων-δυναδικών μεταβλητών στο πρόβλημα δυσκολεύει σημαντικά την επίλυσή του. Στην πράξη ο χρόνος επίλυσης πολλών προβλημάτων ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού γίνεται απαγορευτικός.

Μια πιο απλή και γρήγορη μέθοδος επίλυσης του προβλήματος κατανομής είναι η Ουγγρική μέθοδος.

Εναλλακτικά, χρησιμοποιούνται κανόνες δρομολόγησης, οι οποίοι είναι εύκολοι στη χρήση αλλά η αποδοτικότητά τους εξαρτάται από το κριτήριο που χρησιμοποιείται και τις συνθήκες λειτουργίας.



Καθορισμός σειράς εκτέλεσης εργασιών (1)

Σειρά εκτέλεσης εργασιών τεχνολογικά προκαθορισμένη ή αδιάφορη ως προς το πρόβλημα του προσδιορισμού ενός βέλτιστου προγράμματος παραγωγής. Τις περισσότερες φορές δεν είναι αλήθεια.

Πρέπει να επιλεγεί η σειρά με την οποία θα εκτελεστούν διάφορες εργασίες έτσι ώστε να ικανοποιούνται τα κριτήρια απόδοσης στο μέγιστο δυνατό βαθμό.

Η πολυπλοκότητα του προβλήματος καθορίζεται από το πλήθος των εργασιών (n).

$n!$ τρόποι να εκτελεστούν n εργασίες σε 1 μηχανή, $(n!)^2$ τρόποι για n εργασίες σε 2 μηχανές κτλ.

Θεωρητικά μπορεί πάντα να βρεθεί η βέλτιστη αλληλουχία (υπολογίζοντας το χρόνο εκτέλεσης των εργασιών για κάθε αλληλουχία).

Πρακτικά όμως αυτό είναι πολύ δύσκολο ή και αδύνατον.

Καθορισμός σειράς εκτέλεσης εργασιών (2)

Υπολογιστικό κόστος

Καθώς ο αριθμός των εργασιών αυξάνει, η πλήρης απαρίθμηση των λύσεων γίνεται πολύ δύσκολη. Για 1 μηχανή:

$$3! = 6$$

$$4! = 24$$

$$5! = 120$$

$$6! = 720$$

.....

$$10! = 3.628.800$$

.....

$$13! = 6.227.020.800$$

.....

$$25! = 15.511.210.043.330.985.984.000.000 > 15 \cdot 10^{24}$$

Για 6 εργασίες και 5 μηχανές: $(6!)^5 = 1.9 \cdot 10^{14}$ δυνατές αλληλουχίες

Για 10 εργασίες και 5 μηχανές είναι: $(10!)^5 = 6.29 \cdot 10^{32}$ αλληλουχίες (!!)

Καθορισμός σειράς εκτέλεσης εργασιών (3)

Αν ένας σημερινός Η/Υ εξετάζει
1.000.000 λύσεις/sec

Αν ένας μελλοντικός Η/Υ είναι 1.000 φορές
γρηγορότερος (1.000.000.000 λύσεις/sec)

ΕΡΓΑΣΙΕΣ	ΧΡΟΝΟΣ
5	0,12 millisec
6	0,72 millisec
7	5,04 millisec
8	40,32 millisec
9	0,36 sec
10	3,63 sec
11	39,92 sec
12	7,98 min
13	1,73 h
14	24,22 h
15	15,14 ημέρες
≈	≈
20	77.147 έτη

ΕΡΓΑΣΙΕΣ	ΧΡΟΝΟΣ
5	0,12 microsec
6	0,72 microsec
7	5,04 microsec
8	40,32 microsec
9	362,88 microsec
10	3,63 millisec
11	39,92 millisec
12	479,00 millisec
13	6,23 sec
14	87,18 sec
15	21,79 min
≈	≈
20	7.147 έτη

Το γενικό πρόβλημα: Μαθηματική τυποποίηση

$n/m/A/B$

n = το πλήθος των εργασιών,

m = πλήθος επεξεργαστών (μηχανών, κέντρων επεξεργασίας)

A = ο κανόνας (ο τρόπος) ροής των εργασιών στο χώρο των επεξεργαστών.

Αν $m=1$ το A παραλείπεται, αλλιώς τίθεται

- **F** αν το σύστημα παραγωγής είναι συνεχούς ροής (flow-shop) με τις εργασίες να ακολουθούν την ίδια ακριβώς πορεία: Πρώτα στον επεξεργαστή 1, μετά στον 2, κ.ο.κ.
- **G** στην περίπτωση συστήματος παραγωγής κατά παραγγελία (job-shop).

B = δείκτης απόδοσης με βάση τον οποίο αξιολογείται ένα πρόγραμμα παραγωγής

Το πρόβλημα του ενός επεξεργαστή ⁽¹⁾

- Παρουσιάζει ενδιαφέρον σε συστήματα όπου:
 - η παραγωγή διεκπεραιώνεται σε μια μηχανή,
 - σε συστήματα όπου η παραγωγή γίνεται σε σχέση με μια ακριβή μηχανή,
 - σε μια μηχανή όπου παρουσιάζεται συμφόρηση.
- Επίσης η μελέτη του ενός επεξεργαστή παρουσιάζει ενδιαφέρον γιατί μπορεί να θεωρηθεί δομικό στοιχείο πιο πολύπλοκων προβλημάτων Χ/Π.

Το πρόβλημα του ενός επεξεργαστή (2)

Ζητείται: Να βρεθεί η βέλτιστη διάταξη (η σειρά εκτέλεσης) των n εργασιών στον επεξεργαστή ώστε να βελτιστοποιηθούν συγκεκριμένα κριτήρια απόδοσης.

Γίνονται οι εξής υποθέσεις:

- Ο επεξεργαστής είναι συνεχώς διαθέσιμος,
- Η εκτέλεση κάθε εργασίας δεν διακόπτεται,
- Ο χρόνος προετοιμασίας του επεξεργαστή είναι ανεξάρτητος της σειράς εκτέλεσης των εργασιών και μπορεί να περιληφθεί στον χρόνο εκτέλεσης κάθε εργασίας.

Το πρόβλημα του ενός επεξεργαστή (3)

Έστω ένα σύνολο εργασιών $J=1,2,\dots,n$. Για κάθε εργασία k είναι γνωστά τα εξής:

P_k = ο χρόνος εκτέλεσής της

d_k = η ημερομηνία παράδοσης

r_k = η ημερομηνία άφιξής της στο σύστημα

C_k = η ημερομηνία ολοκλήρωσης

$F_k = C_k - r_k$ = ο χρόνος ροής της στο σύστημα

$W_k = F_k - P_k$ = ο χρόνος αναμονής της στο σύστημα

$L_k = C_k - d_k$ = η απόκλιση της ημερομηνίας ολοκλήρωσης από την ημερομηνία παράδοσης

E_k = ο χρόνος ενωρίτερης περάτωσης (earliness)

T_k = ο χρόνος βραδύτερης περάτωσης (tardiness)

Αν $L_k < 0$ τότε $E_k = L_k$ και $T_k = 0$

Αν $L_k > 0$ τότε $T_k = L_k$ και $E_k = 0$



Κριτήρια Απόδοσης

1. Μέσος χρόνος ροής $F = \sum F_k / n$
2. Μέση βραδύτερη περάτωση $T = \sum T_k / n$
3. Μέσος χρόνος αναμονής $W = \sum W_k / n$
4. Μέγιστη βραδύτερη περάτωση $T_{\max} = \max (T_1, T_2, \dots, T_n)$
5. Αριθμός αργοπορημένων εργασιών N_T
6. Χρησιμοποίηση $U = \sum P_k / \sum F_k$



Κανόνες διάταξης (δρομολόγησης)

1. Με βάση τη σειρά άφιξης, (First come - first served, **FCFS**)
2. Ελάχιστος χρόνος επεξεργασίας (Shortest processing time, **SPT**)
3. Ενωρίτερη ημερομηνία ολοκλήρωσης (Earliest due date, **EDD**)
4. Μεγαλύτερος χρόνος επεξεργασίας (**LPT**)
5. Κρίσιμος λόγος (Critical ratio, **CR**)
6. Κανόνας Moore



Κανόνας FCFS

FCFS (First come, first served)

- ✓ Εκτέλεσε κάθε εργασία σύμφωνα με τη σειρά που φτάνει σε ένα κέντρο επεξεργασίας. Η 1η εργασία που φτάνει σε ένα σύστημα εκτελείται πρώτη.
- ✓ Θεωρείται 'δίκαιο' και 'λογικό' σύστημα εξυπηρέτησης για τους πελάτες
 - Πολύ σημαντικό στον τομέα των υπηρεσιών
 - Παράδειγμα: Εστιατόρια, τράπεζες



Κανόνας του μικρότερου χρόνου επεξεργασίας (SPT)

SPT (Shortest processing time)

- ✓ Ταξινόμησε τις εργασίες σε αύξουσα σειρά του χρόνου επεξεργασίας τους. Η εργασία με το μικρότερο χρόνο επεξεργασίας εκτελείται πρώτη.
- ✓ Συνήθως είναι καλός τρόπος για ελαχιστοποίηση του μέσου χρόνου ροής των εργασιών, του μέσου χρόνου αναμονής και του αριθμού των εργασιών στο σύστημα.
- ✓ Μεγάλο μειονέκτημα είναι ότι κρίσιμες εργασίες με μεγάλο χρόνο επεξεργασίας μπορεί να καθυστερούν αφού θα βρίσκονται συνεχώς στο τέλος της ουράς αναμονής.



Κανόνας του μεγαλύτερου χρόνου επεξεργασίας (LPT)

LPT (Longest processing time)

- ✓ Οι εργασίες διατάσσονται σε φθίνουσα σειρά του χρόνου επεξεργασίας τους. Η εργασία με το μεγαλύτερο χρόνο επεξεργασίας εκτελείται πρώτη.
- ✓ Συνήθως είναι ο κανόνας διάταξης με τον χαμηλότερο βαθμό αποτελεσματικότητας.



Κανόνας ενωρίτερης ημερομηνίας ολοκλήρωσης (παράδοσης) EDD

EDD (Earliest due date)

- ✓ Διάταξη των εργασιών σε αύξουσα σειρά της ημερομηνίας παράδοσης τους. Η εργασία με την κοντινότερη ημερομηνία ολοκλήρωσης εκτελείται πρώτη.
- ✓ Χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλές επιχειρήσεις
 - Αν οι ημερομηνίες παράδοσης είναι σημαντικές
 - Αν χρησιμοποιείται σύστημα MRP
- ✓ Ελαχιστοποιεί το κριτήριο της μέγιστης βραδύτερης περάτωσης αλλά έχει χαμηλή απόδοση σε σχέση με πολλά κριτήρια.

Ο κρίσιμος λόγος (Critical Ratio, CR)

CR (Critical ratio)

- ✓ Λόγος του χρόνου που απομένει μέχρι την παράδοση ως προς τον εναπομείναντα χρόνο επεξεργασίας

$$\begin{aligned} \text{CR} &= \frac{\text{Εναπομείνας χρόνος μέχρι την παράδοση}}{\text{Χρόνος επεξεργασίας που απομένει}} \\ &= \frac{\text{Ημ/νία παράδοσης} - \text{σημερινή ημ/νία}}{\text{Χρόνος επεξεργασίας που απομένει}} \end{aligned}$$

- ✓ Διατάσσει τις εργασίες σε αύξουσα σειρά του CR
- ✓ Αποδίδει καλά σε μέσες καθυστερήσεις

Κανόνας του Moore

Βήμα 1: Οι εργασίες διατάσσονται σύμφωνα με τον κανόνα της ημερομηνίας παράδοσης.

Βήμα 2: Αν προκύψει διάταξη με το πολύ μία καθυστερημένη εργασία, τότε αυτή είναι βέλτιστη αλλιώς εκτελείται το βήμα 3.

Βήμα 3: Προσδιορίζεται η πρώτη καθυστερημένη εργασία του βήματος 1, καθώς και η εργασία με το μεγαλύτερο χρόνο εκτέλεσης από όλες προηγούνται της πρώτης καθυστερημένης εργασίας συμπεριλαμβάνοντας και την ίδια. Η εργασία αυτή τοποθετείται τελευταία στη διάταξη που προκύπτει από το βήμα 1 και επιστρέφουμε στο βήμα 2.

Ο κανόνας ολοκληρώνεται όταν υπάρχει πλέον μόνο μια καθυστερημένη εργασία το πολύ ή όταν υπάρχει ατέρμων εναλλαγή μεταξύ συγκεκριμένων εργασιών.

Ο κανόνας του Moore ελαχιστοποιεί το συνολικό αριθμό των καθυστερημένων εργασιών.

Παράδειγμα δρομολόγησης εργασιών

Εργασία	Χρόνος Επεξεργασίας	Ημερομηνία Παράδοσης
A	3	5
B	4	6
C	2	7
D	6	9
E	1	2

Οι εργασίες έχουν αφιχθεί στο σύστημα με την σειρά, δηλαδή A-B-C-D-E.
Η ημερομηνία άφιξης θεωρείται 0 για όλες τις εργασίες.

FCFS

Εργασία	Χρόνος επεξεργασίας (P_k)	Ημερομηνία Παράδοσης (d_k)	Ημερομηνία ολοκλήρωσης (C_k) ($F_k = C_k - r_k$)	Χρονική απόκλιση (L_k)	Χρόνος νωρίτερης περάτωσης (E_k)	Χρόνος βραδύτερης περάτωσης (T_k)	Χρόνος αναμονής (W_k)
A	3	5	3	-2	2	0	0
B	4	6	7	+1	0	1	3
C	2	7	9	+2	0	2	7
D	6	9	15	+6	0	6	9
E	1	2	16	+14	0	14	15

Μέσος χρόνος ροής: $F = (3+7+9+15+16)/5=10$ ημέρες

Μέση βραδύτερη περάτωση: $T = (1+2+6+14)/5=4,6$ ημέρες

Μέσος χρόνος αναμονής: $W = (0+3+7+9+15)/5=6,8$ ημέρες

Μέγιστη βραδύτερη απόκλιση: $T_{\max} = 4$ ημέρες

Αριθμός καθυστερημένων εργασιών: $N_T = 4$ εργασίες

Χρησιμοποίηση: $U = 16/50 = 0,32$

SPT

Εργασία	Χρόνος επεξεργασίας (P_k)	Ημερομηνία Παράδοσης (d_k)	Ημερομηνία ολοκλήρωσης (C_k) ($F_k = C_k - r_k$)	Χρονική απόκλιση (L_k)	Χρόνος νωρίτερης περάτωσης (E_k)	Χρόνος βραδύτερης περάτωσης (T_k)	Χρόνος αναμονής (W_k)
E	1	2	1	-1	1	0	0
C	2	7	3	-4	4	0	1
A	3	5	6	+1	0	1	3
B	4	6	10	+4	0	4	6
D	6	9	16	+7	0	7	10

Μέσος χρόνος ροής: $F = (1+3+6+10+16)/5 = 7,2$ ημέρες

Μέση βραδύτερη περάτωση: $T = (1+4+7)/5 = 2,4$ ημέρες

Μέσος χρόνος αναμονής: $W = (0+1+3+6+10)/5 = 4$ ημέρες

Μέγιστη βραδύτερη απόκλιση: $T_{\max} = 7$ ημέρες

Αριθμός καθυστερημένων εργασιών: $N_T = 3$ εργασίες

Χρησιμοποίηση: $U = 16/36 = 0,44$

EDD

Εργασία	Χρόνος επεξεργασίας (P_k)	Ημερομηνία Παράδοσης (d_k)	Ημερομηνία ολοκλήρωσης (C_k) ($F_k = C_k - r_k$)	Χρονική απόκλιση (L_k)	Χρόνος νωρίτερης περάτωσης (E_k)	Χρόνος βραδύτερης περάτωσης (T_k)	Χρόνος αναμονής (W_k)
E	1	2	1	-1	1	0	0
A	3	5	4	-1	1	0	1
B	4	6	8	+2	0	2	4
C	2	7	10	+3	0	3	8
D	6	9	16	+7	0	7	10

Μέσος χρόνος ροής: $F = (1+4+8+10+16)/5 = 7,8$ ημέρες

Μέση βραδύτερη περάτωση: $T = (2+3+7)/5 = 2,4$ ημέρες

Μέσος χρόνος αναμονής: $W = (0+1+4+8+10)/5 = 4,6$ ημέρες

Μέγιστη βραδύτερη απόκλιση: $T_{\max} = 7$ ημέρες

Αριθμός καθυστερημένων εργασιών: $N_T = 3$ εργασίες

Χρησιμοποίηση: $U = 16/39 = 0,41$

LPT

Εργασία	Χρόνος επεξεργασίας (P_k)	Ημερομηνία Παράδοσης (d_k)	Ημερομηνία ολοκλήρωσης (C_k) ($F_k = C_k - r_k$)	Χρονική απόκλιση (L_k)	Χρόνος νωρίτερης περάτωσης (E_k)	Χρόνος βραδύτερης περάτωσης (T_k)	Χρόνος αναμονής (W_k)
D	6	9	6	-3	3	0	0
B	4	6	10	+4	0	4	6
A	3	5	13	+8	0	8	10
C	2	7	15	+8	0	8	13
E	1	2	16	+14	0	14	15

Μέσος χρόνος ροής: $F = (6+10+13+15+16)/5 = 12$ ημέρες

Μέση βραδύτερη περάτωση: $T = (4+8+8+14)/5 = 6,8$ ημέρες

Μέσος χρόνος αναμονής: $W = (0+6+10+13+15)/5 = 8,8$ ημέρες

Μέγιστη βραδύτερη απόκλιση: $T_{\max} = 14$ ημέρες

Αριθμός καθυστερημένων εργασιών: $N_T = 4$ εργασίες

Χρησιμοποίηση: $U = 16/60 = 0,27$

CR

Εργασία	Χρόνος επεξεργασίας (P_k)	Ημερομηνία Παράδοσης (d_k)	CR	Ημερομηνία ολοκλήρωσης (C_k) ($F_k = C_k - r_k$)	Χρονική απόκλιση (L_k)	Χρόνος νωρίτερης περάτωσης (E_k)	Χρόνος βραδύτερης περάτωσης (T_k)	Χρόνος αναμονής (W_k)
B	4	6	1.5	4	-2	2	0	0
D	6	9	1.5	10	+1	0	1	4
A	3	5	1.67	13	+8	0	8	10
E	1	2	2	14	+12	0	12	13
C	2	7	3.5	16	+9	0	9	14

Μέσος χρόνος ροής: $F = (4+10+13+14+16)/5 = 11,4$ ημέρες

Μέση βραδύτερη περάτωση: $T = (1+8+12+9)/5 = 6$ ημέρες

Μέσος χρόνος αναμονής: $W = (0+4+10+13+14)/5 = 8,2$ ημέρες

Μέγιστη βραδύτερη απόκλιση: $T_{\max} = 12$ ημέρες

Αριθμός καθυστερημένων εργασιών: $N_T = 4$ εργασίες

Χρησιμοποίηση: $U = 16/57 = 0,29$

Κανόνας Moore (1)

Βήμα 1: Οι εργασίες διατάσσονται σύμφωνα με τον κανόνα της ημερομηνίας παράδοσης (EDD).

Εργασία	Χρόνος επεξεργασίας (P_k)	Ημερομηνία Παράδοσης (d_k)	Ημερομηνία ολοκλήρωσης (C_k) ($F_k = C_k - r_k$)	Χρονική απόκλιση (L_k)
E	1	2	1	-1
A	3	5	4	-1
B	4	6	8	+2
C	2	7	10	+3
D	6	9	16	+7

Βήμα 2: Αν προκύψει διάταξη, στην οποία υπάρχει το πολύ μια καθυστερημένη εργασία τότε η διάταξη αυτή είναι η βέλτιστη. Διαφορετικά προχωράμε στο βήμα 3. Στο παράδειγμα προκύπτουν τρεις καθυστερημένες εργασίες, οι B, C και D.

Βήμα 3: Προσδιορίζεται η πρώτη καθυστερημένη εργασία, καθώς και η εργασία με το μεγαλύτερο χρόνο επεξεργασίας από όσες έχουν δρομολογηθεί πριν από αυτήν και αυτήν. Στο παράδειγμα η πρώτη καθυστερημένη εργασία είναι η B (με χρόνο επεξεργασίας 4) και προηγούνται οι E και A, με χρόνους επεξεργασίας 1 και 3 ημέρες, αντίστοιχα. Άρα η εργασία με το μεγαλύτερο χρόνο επεξεργασίας είναι η B και τοποθετείται τελευταία.

Κανόνας Moore (2)

Βήμα 2: Εξετάζεται ξανά αν έχει προκύψει το πολύ μια καθυστερημένη εργασία. Αν όχι, επαναλαμβάνεται το βήμα 3. Στο παράδειγμα υπάρχουν 2 καθυστερημένες εργασίες (D και B).

Εργασία	Χρόνος επεξεργασίας (P_k)	Ημερομηνία Παράδοσης (d_k)	Ημερομηνία ολοκλήρωσης (C_k) ($F_k = C_k - r_k$)	Χρονική απόκλιση (L_k)
E	1	2	1	-1
A	3	5	4	-1
C	2	7	6	-1
D	6	9	12	+3
B	4	6	16	+10

Βήμα 3: Τώρα, η πρώτη καθυστερημένη εργασία είναι η D και η εργασία με το μεγαλύτερο χρόνο επεξεργασίας που έχει εκτελεστεί μέχρι και την D είναι η ίδια η D. Άρα, σύμφωνα με τον κανόνα πρέπει να μετακινηθεί τελευταία στη διάταξη. Άρα:

Κανόνας Moore (3)

Εργασία	Χρόνος επεξεργασίας (P_k)	Ημερομηνία Παράδοσης (d_k)	Ημερομηνία ολοκλήρωσης (C_k) ($F_k = C_k - r_k$)	Χρονική απόκλιση (L_k)
E	1	2	1	-1
A	3	5	4	-1
C	2	7	6	-1
B	4	6	10	+4
D	6	9	16	+7

Βήμα 3: Η πρώτη καθυστερημένη εργασία είναι η B, η οποία έχει και το μεγαλύτερο χρόνο επεξεργασίας σε σχέση με τις E, A, C, έτσι η διάταξη που θα προκύψει με την μετακίνηση της στο τέλος θα είναι ίδια με αυτή του προηγούμενου βήματος. Η εναλλαγή μεταξύ των δύο εργασιών θα συνεχίζεται ατέρμονα.

Μπορεί να γίνει δεκτή ως τελική διάταξη που προκύπτει από τον κανόνα του Moore η E-A-C-B-D λαμβάνοντας υπόψη ότι η B έχει μικρότερο χρόνο επεξεργασίας από την D.

Κανόνας Moore (4)

Άρα:

Εργασία	Χρόνος επεξεργασίας (P_k)	Ημερομηνία Παράδοσης (d_k)	Ημερομηνία ολοκλήρωσης (C_k) ($F_k = C_k - r_k$)	Χρονική απόκλιση (L_k)	Χρόνος νωρίτερης περάτωσης (E_k)	Χρόνος βραδύτερης περάτωσης (T_k)	Χρόνος αναμονής (W_k)
E	1	2	1	-1	1	0	0
A	3	5	4	-1	1	0	1
C	2	7	6	-1	1	0	4
B	4	6	10	+4	0	4	6
D	6	9	16	+7	0	7	10

Μέσος χρόνος ροής: $F = (1+4+6+10+16)/5 = 7,4$ ημέρες

Μέση βραδύτερη περάτωση: $T = (4+7)/5 = 2,2$ ημέρες

Μέσος χρόνος αναμονής: $W = (0+1+4+6+10)/5 = 4,2$ ημέρες

Μέγιστη βραδύτερη απόκλιση: $T_{\max} = 7$ ημέρες

Αριθμός καθυστερημένων εργασιών: $N_T = 2$ εργασίες

Χρησιμοποίηση: $U = 16/37 = 0,43$

Σύνοψη (1)

Κανόνες	Κριτήρια απόδοσης					
	Μέσος Χρόνος ροής F	Μέση βραδύτερη περάτωση T	Μέσος χρόνος αναμονής W	Μέγιστη βραδύτερη περάτωση T_{max}	Αριθμός αργοπορημένων εργασιών N_T	Χρησιμοποίηση U
FCFS	10	4.6	6.8	14	4	0,32
SPT	7.2	2.4	4	7	3	0,44
EDD	7.8	2.4	4.6	7	3	0,41
LPT	12	6.8	8.8	14	4	0,27
CR	11.4	6	8.2	12	4	0,29
Moore	7.4	2.2	4.2	7	2	0,43

Πολύ καλές επιδόσεις έχει ο κανόνας του ελάχιστου χρόνου επεξεργασίας και ο κανόνας του Moore.

Τα αποτελέσματα αυτά, αν και είναι ενδεικτικά των επιδόσεων των κανόνων, δεν θα παρατηρηθούν υποχρεωτικά σε άλλα παραδείγματα, με διαφορετική σύνθεση εργασιών.

Σύνοψη (2)

Σημείωση; Με την εφαρμογή των διαφόρων κανόνων, εκτός από τις εργασίες που ολοκληρώνεται η επεξεργασία τους μετά την προβλεπόμενη ημερομηνία παράδοσης, προκύπτουν εργασίες που περατώνονται πριν από την ημερομηνία αυτή.

Για το σύστημα προκύπτει κόστος είτε στην περίπτωση της βραδύτερης ολοκλήρωσης είτε στην περίπτωση της νωρίτερης ολοκλήρωσης.

Αν αθροιστούν οι χρόνοι νωρίτερης και βραδύτερης περάτωσης, στο παράδειγμα προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

Κανόνες	Άθροισμα αποκλίσεων
FCFS	25
SPT	17
EDD	14
LPT	37
CR	32
Moore	14

Επομένως, η μέση απόκλιση από τις ημερομηνίες παράδοσης είναι ελάχιστη στην περίπτωση των κανόνων EDD και του Moore και είναι μέγιστη στον κανόνα LPT και CR.

Το πρόβλημα δύο επεξεργαστών (1)

η εργασίες εκτελούνται διαδοχικά στις μηχανές M1 και M2. Χρόνοι εκτέλεσης της εργασίας i α_i και β_i αντίστοιχα.

Κριτήριο απόδοσης: ελάχιστος χρόνος ολοκλήρωσης των εργασιών.

Το κριτήριο μετράει το ποσοστό αξιοποίησης των επεξεργαστών και επιτυγχάνει την ελαχιστοποίηση του χρόνου που οι επεξεργαστές μένουν άεργοι. Ένα πρόγραμμα είναι τόσο καλύτερο όσο περισσότερο μειώνει τον άεργο χρόνο των επεξεργαστών κάνοντας αποτελεσματικότερη χρήση του μηχανολογικού εξοπλισμού του συστήματος.

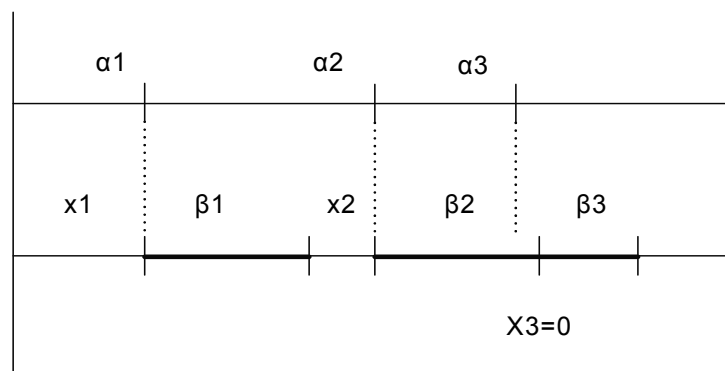
Με ποια σειρά πρέπει να προγραμματιστούν οι εργασίες για να τελειώσουν όλες στο μικρότερο δυνατό χρόνο;

x_i = νεκρός χρόνος ανάμεσα στο τέλος της εργασίας $(i-1)$ και στην αρχή της εργασίας i (στη μηχανή M2). Αναζητούμε τη σειρά που

$$\min T = \sum_{i=1}^n \beta_i + \sum_{i=1}^n x_i$$

$\sum_{i=1}^n \beta_i$ = σταθερό. Άρα, ελαχιστοποίηση του $T \Rightarrow$ ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των νεκρών χρόνων.

Το πρόβλημα δύο επεξεργαστών (2)



Αλγόριθμος Johnson:

- Εκλέγουμε το μικρότερο χρόνο από τους α_i και β_i . Αν αυτός είναι από τους α_i τότε την αντίστοιχη εργασία την τοποθετούμε πρώτη. Αν είναι από τους β_i την αντίστοιχη εργασία την τοποθετούμε τελευταία.
- Προχωρούμε με τον ίδιο τρόπο στις υπόλοιπες εργασίες.
- Αν έχουμε τον ίδιο χρόνο στην ίδια μηχανή για διαφορετικές εργασίες επιλέγουμε αυθαίρετα οποιαδήποτε γιατί δεν δημιουργείται διαφορά. Το ίδιο κάνουμε αν κάποια εργασία έχει τον ίδιο χρόνο εργασίας και στις δυο μηχανές.

Το πρόβλημα δύο επεξεργαστών (3)

Παράδειγμα: Σε δύο μηχανές A και B πρέπει να εκτελεστούν διαδοχικά 5 εργασίες με χρόνους:

Εργασία	Μηχανή A	Μηχανή B
1	6	3
2	2	7
3	10	8
4	4	9
5	11	5
Σύνολο	33	32

Ποια είναι η βέλτιστη σειρά εκτέλεσης των εργασιών;

Αλγόριθμος Johnson:

$$\min_{i=1,\dots,5} (a_i, \beta_i) = 2 (= a_2)$$

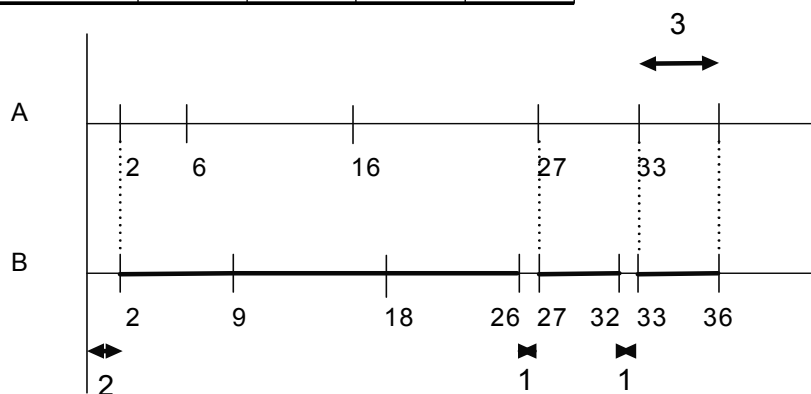
2 4 3 5 1

$$\min_{\substack{i=1,\dots,5 \\ i \neq 2}} (a_i, \beta_i) = 3 (= \beta_1)$$

Το πρόβλημα δύο επεξεργαστών (4)

Εργασία	Μηχανή A		Μηχανή B	
	Χρόνος			
	Αρχή	Τέλος	Αρχή	Τέλος
2	0	2	2	9
4	2	6	9	18
3	6	16	18	26
5	16	27	27	32
1	27	33	33	36

Ελάχιστος συνολικός χρόνος **36**.
 Νεκρός χρόνος για την A **3** (36-33).
 Νεκρός χρόνος για τη B **4** (36-32).



Το πρόβλημα m επεξεργαστών (1)

Διάφορες μεθοδολογίες που δίνουν λύσεις σχεδόν βέλτιστες.

Μέθοδος των Campbell, Dudek και Smith (1970) (εμπειρική μέθοδος με μικρό σφάλμα και σχετικά εύκολη):

- Δημιουργούμε p ($p \leq m-1$) βοηθητικά προβλήματα n εργασιών σε 2 μηχανές. Λύνουμε τα προβλήματα αυτά και επιλέγουμε εκείνη την αλληλουχία με το μικρότερο συνολικό χρόνο.
- Έστω t_{ij} ο χρόνος εκτέλεσης της i εργασίας στη j μηχανή ($i=1, 2, \dots, n$, $j=1, 2, \dots, m$). Στο k -βοηθητικό πρόβλημα θεωρούμε σαν χρόνους εκτέλεσης των εργασιών στις 2 μηχανές:

$$T_{i1}^k = \sum_{j=1}^k t_{ij} \quad T_{i2}^k = \sum_{j=m+1-k}^m t_{ij}$$

$$\text{Π.χ. } k=1 \quad T_{i1}^1 = t_{i1} \quad T_{i2}^1 = t_{im}$$

$$k=2 \quad T_{i1}^2 = t_{i1} + t_{i2} \quad T_{i2}^2 = t_{im} + t_{i(m-1)}$$

Το πρόβλημα m επεξεργαστών (2)

Παράδειγμα: Σ' ένα μηχανουργείο κατασκευάζονται 5 εξαρτήματα τα οποία συναρμολογούνται για να δώσουν το τελικό προϊόν. Τα εξαρτήματα πρέπει να περάσουν από 4 φάσεις κατεργασίας Α, Β, Γ και Δ. Οι χρόνοι κατεργασίας σε ώρες δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Επίσης το κόστος κατεργασίας για όλες τις φάσεις είναι 5 € και το κόστος νεκρού χρόνου 2 € ανά ώρα. Να βρεθεί ο ελάχιστος χρόνος κατασκευής ενός προϊόντος.

Φάσεις κατεργασίας Εξάρτημα	Α	Β	Γ	Δ
1	1	4	2	5
2	6	1	2	4
3	0.5	5	5	1
4	3	4	3	4
5	2	1	0.5	0.5
Σύνολο	12.5	15	12.5	14.5

Το πρόβλημα m επεξεργαστών (3)

Διαμορφώνουμε $p=m-1=3$ βοηθητικά προβλήματα η εργασιών σε 2 μηχανές.

→ $k=1$. Χρόνοι κατεργασίας (στις 2 βοηθητικές φάσεις Φ1 και Φ2)

$$T_{i1}^1 = t_{iA} \quad T_{i2}^1 = t_{i\Delta}$$

Φάση Εργασία	Φ1	Φ2
1	1	5
2	6	4
3	0.5	1
4	3	4
5	2	0.5

Βέλτιστη σειρά: 3 1 4 2 5

Νεκρός χρόνος = $N1 =$

$$(26-12.5)+(26-15)+(26-12.5)+(26-14.5)=49.5 \text{ ώρες}$$

Φάσεις κατεργασίας Εξάρτημα	Α		Β		Γ		Δ	
	Αρχή	Τέλος	Αρχή	Τέλος	Αρχή	Τέλος	Αρχή	Τέλος
3	0	0.5	0.5	5.5	5.5	10.5	10.5	11.5
1	0.5	1.5	5.5	9.5	10.5	12.5	12.5	17.5
4	1.5	4.5	9.5	13.5	13.5	16.5	17.5	21.5
2	4.5	10.5	13.5	14.5	16.5	18.5	21.5	25.5
5	10.5	12.5	14.5	15.5	18.5	19	25.5	26

Το πρόβλημα m επεξεργαστών (4)

→ $k=2$. Χρόνοι κατεργασίας (στις Φ1' και Φ2')

$$T_{i1}^2 = t_{iA} + t_{iB} \quad T_{i2}^2 = t_{i\Delta} + t_{i\Gamma}$$

Φάση Εργασία	Φ1'	Φ2'
1	5	7
2	7	6
3	5.5	6
4	7	7
5	3	1

βέλτιστη σειρά: 1 3 4 2 5

$$N2 = (26.5-12.5)+(26.5-15)+(26.5-12.5)+(26.5-14.5)=51.5 \text{ ώρες}$$

Φάσεις κατεργασίας Εξάρτημα	Α		Β		Γ		Δ	
	Αρχή	Τέλος	Αρχή	Τέλος	Αρχή	Τέλος	Αρχή	Τέλος
1	0	1	1	5	5	7	7	12
3	1	1.5	5	10	10	15	15	16
4	1.5	4.5	10	14	15	18	18	22
2	4.5	10.5	14	15	18	20	22	26
5	10.5	12.5	15	16	20	20.5	26	26.5

Το πρόβλημα m επεξεργαστών (5)

→ $k=3$. Χρόνοι κατεργασίας (στις $\Phi 1''$, $\Phi 2''$) $T_{i1}^3 = t_{iA} + t_{iB} + t_{i\Gamma}$ $T_{i2}^3 = t_{i\Delta} + t_{i\Gamma} + t_{iB}$

Φάση Εργασία	$\Phi 1''$	$\Phi 2''$
1	7	11
2	9	7
3	10.5	11
4	10	11
5	3.5	2

1 4 3 2 5

$\min(N1, N2, N3)=N3$

Καλύτερη σειρά: 1, 4, 3, 2, 5

Νεκρός χρόνος = $N3 = 47.5$ ώρες

Φάσεις κατεργασίας Εξάρτημα	Α		Β		Γ		Δ	
	Αρχή	Τέλος	Αρχή	Τέλος	Αρχή	Τέλος	Αρχή	Τέλος
1	0	1	1	5	5	7	7	12
4	1	4	5	9	9	12	12	16
3	4	4.5	9	14	14	19	19	20
2	4.5	10.5	14	15	19	21	21	25
5	10.5	12.5	15	16	21	21.5	25	25.5

Περιορισμοί των συστημάτων που βασίζονται στους κανόνες διάταξης των εργασιών

- Ο Χ/Π είναι δυναμικός, έτσι οι κανόνες πρέπει να αναθεωρούνται ώστε να προσαρμόζονται στις αλλαγές επεξεργασίας, τεχνολογικού εξοπλισμού, μικτής παραγωγής, κλπ.
- Οι κανόνες δεν μπορούν να αναγνωρίσουν καταστάσεις όπως αδρανείς πόροι, ή μποτιλιαρισμένοι (υπερφορτωμένοι) πόροι
- Οι κανόνες δεν «βλέπουν» πέραν των ημερομηνιών παράδοσης

Η Πολυπλοκότητα του προβλήματος του X/Π

- Στη γενική περίπτωση τόσο το **job-shop n/m/G/B** όσο και το **flow-shop n/m/F/B** είναι πολύπλοκα προβλήματα. Έχουν αποδειχθεί υπολογιστικά μη επιλυσίμα (άλυτα).
- Όσο αυξάνεται το πλήθος των μεταβλητών απόφασης (εργασίες και μηχανές) τόσο αυξάνεται η πολυπλοκότητα τους.
- Δεν υπάρχει μέθοδος που να εντοπίζει τη βέλτιστη λύση για μεγάλα στιγμιότυπα των προβλημάτων σε εύλογο χρόνο.
- Μόνο για το πρόβλημα **flow-shop σε 2 μηχανές** υπάρχει βέλτιστος αλγόριθμος αυτός του Johnson (από το 1956).
- Ακόμη και για 1 μηχανή όταν οι εργασίες ξεπεράσουν τις 50 το πρόβλημα θεωρείται άλυτο. **Γιατί; Ψάχνουμε την καλύτερη διάταξη των 50 εργασιών δηλαδή ψάχνουμε σε ένα χώρο λύσεων της τάξης του $50! \approx 10^{65}$**

■

MRP και Just In Time (JIT) (1)

Η μέθοδος διοικήσεως παραγωγής JIT ξεκίνησε τη δεκαετία του 1970, στα εργοστάσια της αυτοκινητοβιομηχανίας TOYOTA στην Ιαπωνία και βασίζεται στην αρχή της αναπλήρωσης αποθεμάτων μόνο όταν αυτά έχουν αναλωθεί. Προέρχεται από την ανάπτυξη τριών αρχών: μείωση του κόστους παραγωγής, μηδενισμό-εξάλειψη της σπατάλης και επιβράβευση των ικανοτήτων των εργαζομένων.

Έκτοτε έχει λάβει διεθνή έκταση* σε δύο διαστάσεις που αλληλοσυμπληρώνονται αλλά μπορούν να αξιοποιηθούν και ανεξάρτητα:

- Τη φιλοσοφική διάσταση της λεγόμενης «*λιτής παραγωγής*» που απαιτεί την απομάκρυνση του περιττού κόστους από την επιχείρηση: αποθεμάτων, χρόνων, κινήσεων-μεταφορών, σφαλμάτων, βλαβών και δραστηριοτήτων.
- Τη διάσταση των τεχνικών JIT που λειτουργούν ως συστήματα προγραμματισμού και ελέγχου παραγωγής (π.χ. το σύστημα KANBAN που στα Ιαπωνικά σημαίνει «*κάρτα*»).

*Έχει υιοθετηθεί από: Toyota, BMW, Fiat, General Motors, Hewlett Packard, Harley Davidson, Rank Xerox, General Electric, Digital Equipment, IBM, κλπ.

MRP και Just In Time (JIT) (2)

Στα συστήματα Just In Time («ακριβώς τη στιγμή που χρειάζεται») τα **αποθέματα** αντιμετωπίζονται ως πρόβλημα-κλειδί για μια επιτυχημένη διοίκηση.

Στην απλούστερη μορφή του το σύστημα αυτό απαιτεί προμήθεια μόνο των **αναγκαίων υλικών** στις **αναγκαίες ποσότητες** και στους **αναγκαίους χρόνους**.

Το να παραχθεί *μια μονάδα προϊόντος περισσότερο* από όσο χρειάζεται είναι το ίδιο κακό με το να παραχθεί *μια μονάδα λιγότερο*. Το να εκτελεστεί μια παραγγελία *μια ημέρα αργότερα* είναι το ίδιο κακό με το εκτελεστεί *μια μέρα νωρίτερα*.

MRP και Just In Time (JIT) (3)

Μορφές σπατάλης («muda»), (απορροφούν πόρους χωρίς να δημιουργούν αξία):

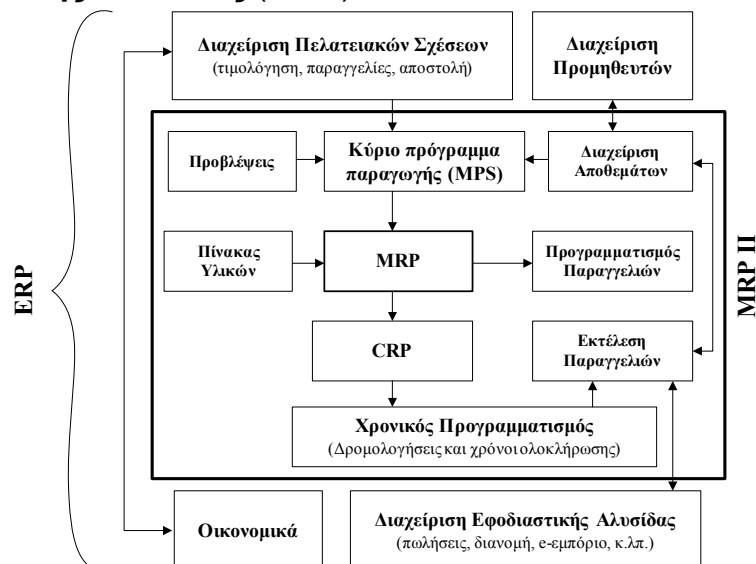
- Παραγωγή ελαττωματικών προϊόντων.
- Υπερπαραγωγή.
- Αναμονή ενδιάμεσων προϊόντων μεταξύ παραγωγικών φάσεων.
- Άσκοπες μετακινήσεις υλικών.
- Άσκοπες μετακινήσεις εργαζομένων.
- Άσκοπες κατεργασίες λόγω κακού σχεδιασμού εργαλείων και προϊόντος.
- Αποθεματοποίηση πάνω από τα ελάχιστα απαιτούμενα επίπεδα.

Αντιμετώπιση αυτών: κύριος στόχος η **μείωση των αποθεμάτων** στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο. Τρόποι:

- μείωση της αβεβαιότητας που χαρακτηρίζει τη ζήτηση (μακροχρόνιες συμφωνίες με προμηθευτές που βρίσκονται κοντά στην περιοχή της επιχείρησης)
- δυνατότητα παραγωγής μικρών παρτίδων και πέρασμα στην επόμενη εύκολα και γρήγορα (FMS)
- υψηλή ποιότητα στις λειτουργίες ολόκληρης της παραγωγικής διαδικασίας (αξιόπιστα και έγκυρα συστήματα ελέγχου ποιότητας).

-

Το σύστημα Προγραμματισμού Επιχειρησιακών Πόρων (Enterprise Resource Planning – ERP) είναι ένα MRP II με διασυνδέσεις στα υποσυστήματα διαχείρισης πελατών και προμηθευτών. Στην σύγχρονη μορφή τους, τα Extended ERP, περιλαμβάνουν επιπρόσθετα τα υποσυστήματα **Διαχείρισης των Πελατειακών Σχέσεων** (CRM) και **Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας** (SCM).



Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης (ERP) (2)

Τα συστήματα ERP αντικαθιστούν πλήθος τοπικών, αυτόνομων, ατεκμηρίωτων, και μη ολοκληρωμένων συστημάτων με ένα ενιαίο, ολοκληρωμένο λογισμικό, που διαιρείται σε ενότητες οι οποίες αντιστοιχούν στις διάφορες λειτουργίες της επιχείρησης.



Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης (ERP) (3)

Προγραμματισμός παραγωγής: (προβλέψεις, παραγγελίες, πρόγραμμα παραγωγής, εντολές παραγωγής, προγραμματισμός απαιτούμενων υλικών, προγραμματισμός δυναμικότητας, προγραμματισμός συντήρησης).

Προμήθειες: (αξιολόγηση και επιλογή προμηθευτών, ανάθεση παραγγελιών, κοστολόγηση).

Αποθέματα: (προσδιορισμός αναγκών, είδος, ποσότητα, χρόνος παραγγελίας, παρακολούθηση κινήσεων, έκδοση αναφορών).

Πωλήσεις: (λήψη παραγγελιών, προγραμματισμός διανομής, αποστολή, τιμολόγηση).

Οικονομικά: συλλογή πληροφοριών, ενημέρωση λογιστηρίου, έκδοση σχετικών αναφορών (ισολογισμοί, περιοδικές δηλώσεις, άλλες κινήσεις).

Ανθρώπινο δυναμικό: υποστήριξη της διοίκησης του προσωπικού της επιχείρησης, τήρηση αρχείων στοιχείων των εργαζομένων.

Τα υποσυστήματα του ERP επικοινωνούν μεταξύ τους (αυτόματη ενημέρωση όλων).

Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης (ERP) (4)

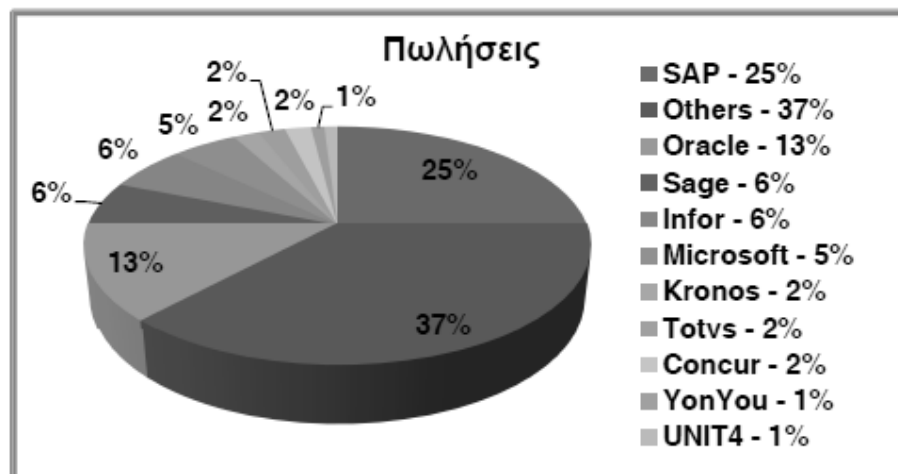
Τα συστήματα ERP είναι ευέλικτα (προσαρμόζονται στις ανάγκες της επιχείρησης - παραμετροποίηση).

- SAP
- Oracle (Business Suite)
- Microsoft (Navision)
- LogicDIS (Solution ERP, Business ERP)
- Singular (Enterprise ERP)
- Altec (Atlantis ERP)
- Entersoft (Entersoft Business Suite)
- Orama ERP (Q&R -Quality & Reliability)
- CGSoft (Thesis ERP)
- Tradesoft (Ecorama)
- NCA (NCA ERP)
- Megasoft (Prismawin)

Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης (ERP) (5)

Το μέγεθος της παγκόσμιας αγοράς συστημάτων ERP το 2012 ανήλθε στο ποσό των 24,5 δισεκατομμυρίων δολαρίων, παρουσιάζοντας μία αύξηση 2,2% σε σχέση με το προηγούμενο έτος.

Κατανομή Λογισμικού ERP το 2012



Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης (ERP) (6)

Το σύστημα ERP του NATO

Για την εφοδιαστική υποστήριξη των χωρών μελών του NATO, χρησιμοποιείται, ο οργανισμός NSPA (NATO Support Agency). Το πληροφοριακό σύστημα υποστήριξης του NSPA, είναι ένα σύστημα ERP με βάση την πλατφόρμα (λογισμικό) ERP Central Component 6.0, της εταιρείας SAP (Systems Applications and Products).

Το σύστημα ενσωματώνει στοιχεία οικονομικών, logistics, προμηθειών καθώς και διαχείρισης ανθρώπινων πόρων, σε μια ενιαία πλατφόρμα.



Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης (ERP) (7)

Το σύστημα ERP του NATO

Το πλήρες φάσμα του εφοδιασμού του NSPA, περιλαμβάνει είκοσι δύο βασικές επιχειρηματικές διαδικασίες που καλύπτουν

- τη συντήρηση,
- την αποθήκευση,
- τις μεταφορές,
- τις προμήθειες,
- τη χρηματοδότηση και
- τη διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού.

Όλες οι διαδικασίες έχουν αυτοματοποιηθεί πλήρως, από την παραλαβή των παραγγελιών μέχρι και την τελική τιμολόγηση των παρεχόμενων υπηρεσιών, ενώ το σύστημα καλύπτει ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών κάνοντας ευρεία χρήση της τεχνολογίας του διαδικτύου.

Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης (ERP) (8)

Σημαντικότερες εφαρμογές είναι οι εξής:

- **eCIS** (electronic Customer Information System): Παροχή πληροφοριών, σχετικών με τις εμπορικές συναλλαγές του SAP-ERP του NSPA και των συνεργατών του.
- **NLSE** (NATO Logistics Stock Exchange): Σύστημα πώλησης εύχρηστων ανταλλακτικών με απευθείας διαπραγμάτευση τιμής μεταξύ των χωρών.
- **NMBS** (NATO Mailbox System): Ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των τμημάτων του NSPA και των εμπορικών συνεργατών.
- **NMCRL** (NATO Master Catalogue of References for Logistics): Βάση δεδομένων κωδικοποιημένων υλικών με αριθμό ονομαστικού τύπου NSN.
- **eBid** (Electronic Bidding): Για τις ηλεκτρονικές προμήθειες.
- **NDSS** (NATO Depot and Support System): Σύστημα διαχείρισης και εφοδιασμού αποθηκών.



Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης (ERP) (9)

Πλεονεκτήματα:

- Ολοκλήρωση όλων των διαδικασιών μιας επιχείρησης (εφοδιαστική αλυσίδα, προγραμματισμός παραγωγής, υπόλοιπες διοικητικές λειτουργίες) σε ένα μοναδικό σύστημα.
- Ενοποίηση όλων των αρχείων δεδομένων σε μία μοναδική βάση δεδομένων.
- Δυνατότητα επανασχεδιασμού υφιστάμενων διαδικασιών και την ενσωμάτωση νέων.
- Βελτίωση της επικοινωνία και αύξηση της συνεργασία μεταξύ των διαφόρων επιχειρηματικών μονάδων και πλευρών.
- Στρατηγικά πλεονεκτήματα έναντι των διαφόρων ανταγωνιστών.

Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης (ERP) (10)

Μειονεκτήματα:

- Η αγορά ενός ERP συστήματος έχει μεγάλο κόστος και πολύ πιο υψηλό είναι το κόστος για τη συντήρηση του.
- Η εγκατάσταση και ανάπτυξη του σε μια επιχείρηση μπορεί να επιφέρει μεγάλες αλλαγές στον τρόπο οργάνωσης και λειτουργίας της επιχείρησης.
- Είναι τόσο πολύπλοκο στον προγραμματισμό του στη φάση ανάπτυξης που πολλές επιχειρήσεις δεν μπορούν να το προσαρμόσουν τελικά στις δικές τους επιχειρηματικές ανάγκες.
- Λόγω της πολυπλοκότητας της, η όλη διαδικασία ανάπτυξης μπορεί και να μη ολοκληρωθεί ποτέ.
- Η εξειδίκευση και εμπειρία στελεχών στον προγραμματισμό και διαχείριση ERP συστημάτων είναι πολύ περιορισμένη.

Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης (ERP) (11)

Μια μικρή επιχείρηση χρειάζεται ERP σύστημα;

Οι σύγχρονες μέθοδοι και τακτικές διοίκησης, επιβάλλουν στις επιχειρήσεις κάθε μεγέθους να αναζητήσουν τις βέλτιστες πρακτικές, προκειμένου να είναι σε θέση να ανταπεξέλθουν τόσο στον εξαιρετικά απαιτητικό ανταγωνισμό, όσο και στις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών.

Με τη χρήση ERP εφαρμογών, ακόμα και οι μικρές επιχειρήσεις, επιτυγχάνουν

- την ολοκληρωμένη και απόλυτα προγραμματιζόμενη αξιοποίηση των πόρων τους,
- να έχουν πλήρη εικόνα για τους συναλλασσομένους με την επιχείρηση, το ανθρώπινο δυναμικό τους, τα αποθέματα των ειδών, των μηχανών, των αποθηκευτικών χώρων κ.λ.π.
- να λειτουργούν οικονομικά και ταυτόχρονα αξιόπιστα σε θέματα παροχής υπηρεσιών
- μπορούν να έχουν πρόσβαση σε όλο τον όγκο των πρωτογενών εγγραφών, προκειμένου να αντλήσουν πληροφορίες για στήριξη επιχειρηματικών αποφάσεων.
- πολλές από τις υποχρεώσεις των επιχειρήσεων έχουν μηχανογραφηθεί από τους αντίστοιχους δημόσιους φορείς, π.χ. πληρωμή Φ.Π.Α..



Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης (ERP) (12)

Γιατί σήμερα μια μικρή επιχείρηση δεν έχει ERP Σύστημα;

- Κυρίως το μεγάλο κόστος που απαιτείται, τόσο για την αγορά του ERP, όσο και για τις διαδικασίες εγκατάστασης και παραμετροποίησης του.
- Η έλλειψη εμπειρίας και γνώσεων για τις δυνατότητες και τα πλεονεκτήματα του.
- Η εντύπωση που έχει δημιουργηθεί ότι τα ERP συστήματα τα χρειάζονται μόνο οι μεγάλες επιχειρήσεις.

Με βάση τις ανάγκες της εποχής, η υιοθέτηση ενός ERP συστήματος από την μικρή και μεσαία επιχείρηση είναι όχι μόνο σημαντική απόφαση αλλά και απόφαση επιβίωσης.



Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης (ERP) (13)

Παράδειγμα: το ERP της Benetton

- κατασκευάζει και διακινεί 50 εκατομμύρια μονάδες εμπορευμάτων τον χρόνο.
- κάθε μέρα 30.000 κιβώτια γεμίζονται πλήρως με παραγγελίες για ρουχισμό και μεταφέρονται στο σωστό κατάστημα από ένα σύνολο 5.000 καταστημάτων Benetton σε 60 χώρες.
- απασχολεί μόνο 19 υπαλλήλους.

Τυπικό σενάριο

1. Παραγγελία μέσω Διαδικτύου, μπλε αθλητικών καπέλων από τον τοπικό πράκτορα στην Θεσ/νικη.
2. Έλεγχος διαθεσιμότητας: Σύνδεση με ERP Ιταλίας.
3. Χρήση διαθέσιμου αποθέματος. Εντολή παραγωγής των υπολοίπων κομματιών. Το ERP συνδέεται με CAD και αυτό δίδει εντολής ύφανσης σε μηχανή.
4. Αποθήκευση της παραγγελίας.
5. Αποστολή παραγγελίας.
6. Παραλαβή παραγγελίας από τον πελάτη.
7. Προγ/σμός παραγωγής νέων παρτίδων με βάση τη ζήτηση.

