

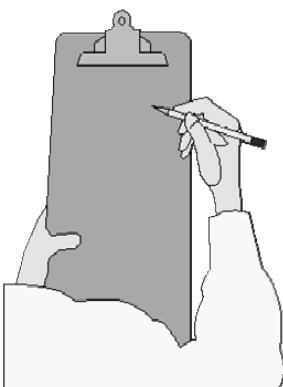


Τεχνολογία Ομαδοποίησης Group Technology



Περιεχόμενα

- ✓ Εισαγωγή
- ✓ Ιστορικό
- ✓ Διάταξη
- ✓ Κωδικοποίηση
- ✓ Ταξινόμηση
- ✓ Αποτελέσματα Εφαρμογής της ΤΟ
- ✓ Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα





Εισαγωγή

Ποσότητα δεδομένων (data) που χρησιμοποιεί το μυαλό ενός ανθρώπου σε μια δεδομένη στιγμή είναι σχετικά μικρή.

Ένας υπολογιστής επεξεργάζεται πολλαπλάσια ποσότητα δεδομένων. Παρόλα αυτά ακόμα και ένας υπολογιστής έχει τα όριά του στην επεξεργασία δεδομένων σε μια χρονική στιγμή.

Αναζήτηση τρόπων οργάνωσης των δεδομένων, έτσι ώστε να ανακαλούνται και να αναλύονται μόνο όσα είναι απαραίτητα κάθε φορά.

Ανάπτυξη μεθόδων δόμησης δεδομένων (π.χ. δομές δεδομένων σε βάσεις Η/Υ, ακολουθία λέξεων σε λεξικό αλφαβητικά)

Ανάλογη ιδέα στην ανάπτυξη της τεχνολογίας ομαδοποίησης.

Μεγάλη ποικιλία προϊόντων. Ίδια ή παρόμοια τεμάχια στο σχεδιασμό και στην παραγωγή – φασεολόγια.



Ιστορική Εξέλιξη

- Χρήση της ΤΟ εδώ και αιώνες χωρίς να συνειδητοποιείται
- Το 1925 ο R. E. Flanders περιέγραψε τη χρήση τμημάτων προσανατολισμένα στην παραγωγή προϊόντων με τις ελάχιστες μετακινήσεις. Αυτό θα μπορούσε να θεωρηθεί η αρχή της ΤΟ.
- Ο F.W. Taylor, για να βελτιώσει την παραγωγικότητα, παρατήρησε ότι υπήρχαν αρκετές ομοιότητες μεταξύ διαφόρων εργασιών και κατάφερε να ομαδοποιήσει τα όμοια χαρακτηριστικά αυτών των εργασιών.
- Το 1937 ο A. P. Sokolonski πρότεινε τα τεμάχια να ταξινομηθούν και τεμάχια με ίδια χαρακτηριστικά να παράγονται μαζί με κοινές διαδικασίες.
- Το 1960 ο J. L. Burbidge έδωσε μια συστηματική προσέγγιση προγραμματισμού βασιζόμενος σ' αυτή την αρχή.
- Τις τελευταίες 2 10-ετίες πολλές εταιρίες άρχισαν να χρησιμοποιούν τις ιδέες της ΤΟ με σκοπό να δημιουργήσουν ομάδες μηχανών κατεργασίας οι οποίες θα πραγματοποιούσαν έναν αριθμό κατεργασιών στα τεμάχια της παραγωγής σε περιορισμένο χώρο και χωρίς μεγάλες απώλειες χρόνου (κυψέλες - cells).

Λόγοι χρήσης της ΤΟ

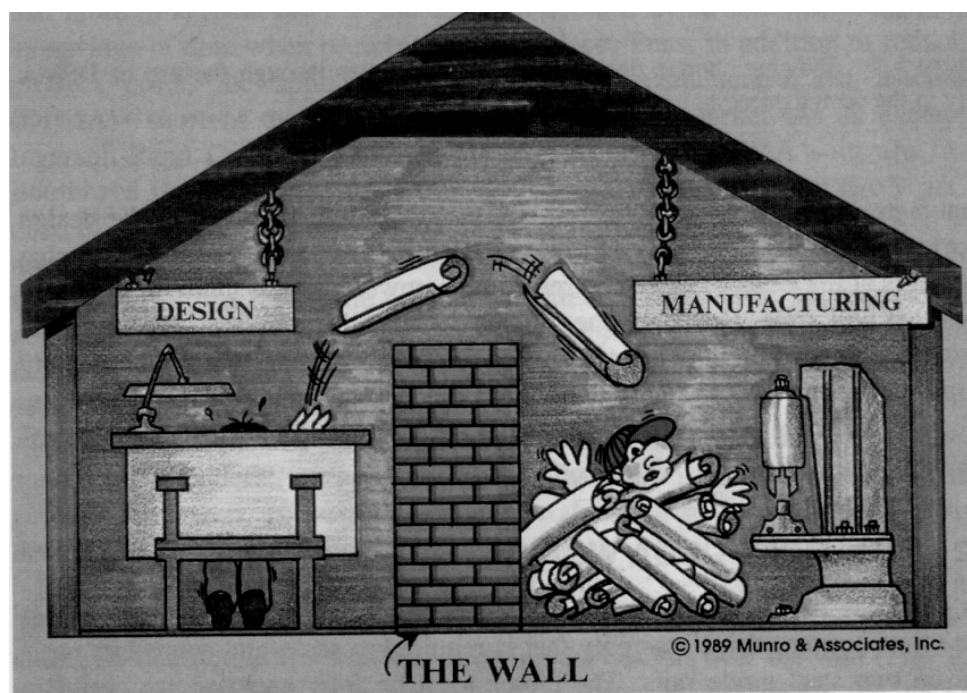
1. Παραγωγή μεγάλου αριθμού προϊόντων μπορεί να δικαιολογήσει μεγάλα έξοδα για την ανάπτυξη μεθόδων για κατασκευή προϊόντος με μικρότερο κόστος (ακόμη και για ελάχιστη μείωση του κόστους ανά τεμάχιο). Αντίθετα για παραγωγή μικρού αριθμού τεμαχίων δεν είναι ρεαλιστικό να ξοδευτούν πολλά χρήματα για τον ίδιο λόγο.

Η φιλοσοφία της ΤΟ βοηθά στον συνδυασμό πολλών παρόμοιων τεμαχίων ώστε το άθροισμά τους να είναι αρκετό για να δικαιολογήσει την επένδυση μεγάλων κεφαλαίων στο σχεδιασμό και την παραγωγή μιας γκάμας παρόμοιων προϊόντων.

2. Ο σχεδιασμός των προϊόντων απαιτεί τον σχεδιασμό όσο γίνεται λιγότερων νέων τεμαχίων και τη χρησιμοποίηση όσο γίνεται περισσότερο των υπαρχόντων (μείωση συνολικού κόστους).

3. Η ΤΟ αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της ολοκλήρωσης μεταξύ της τεχνολογίας CAD και CAM. Η ολοκλήρωση των CAD/CAM στηρίζεται στην ολοκλήρωση των πληροφοριών που χρησιμοποιούνται από τα τμήματα σχεδιασμού και παραγωγής μιας εταιρίας. Η ΤΟ παρέχει τα μέσα για να δομηθούν και να αποθηκευτούν πληροφορίες για διάφορα τεμάχια-προϊόντα, όπως σχέδια, προγράμματα παραγωγής, εταιρικές δυνατότητες κατεργασίας κλπ.

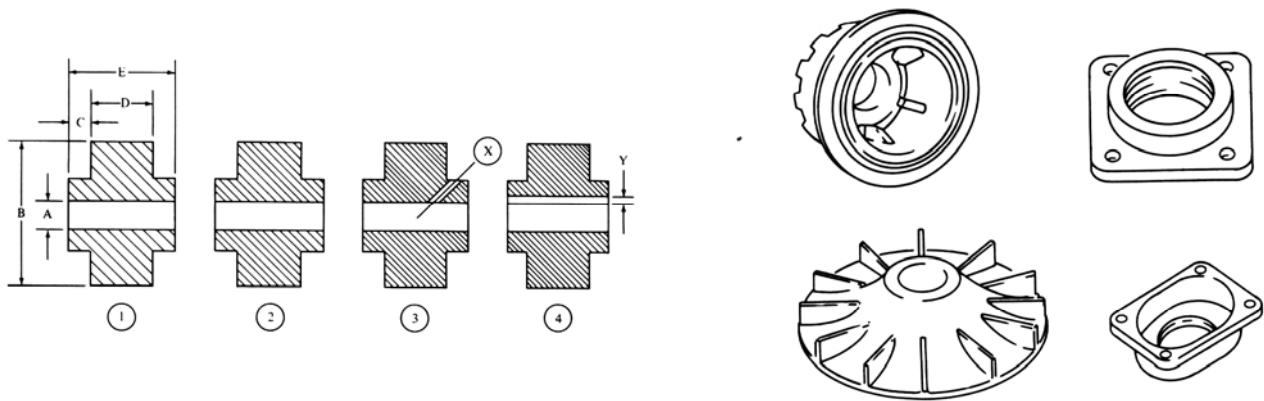
Design Over the Wall



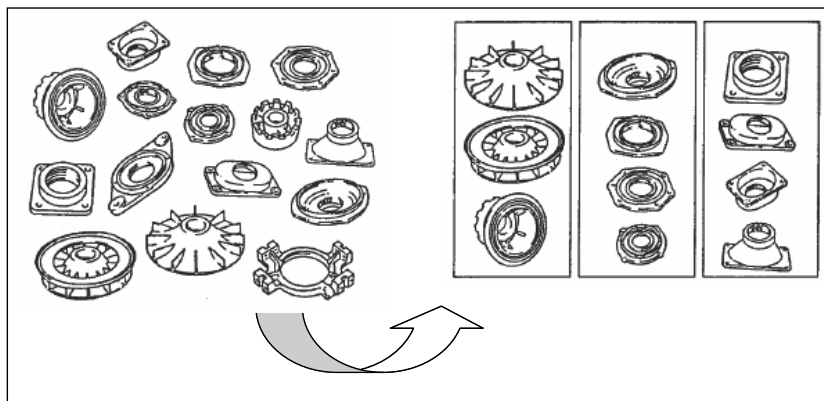
Αρχικά η ΤΟ ξεκίνησε με το να δημιουργεί οικογένειες τεμαχίων βασισμένη σε κοινά χαρακτηριστικά τους, που βασίζονταν στη γεωμετρία ή στον τρόπο παραγωγής (κατεργασία).

Γεωμετρική ταξινόμηση βασίζεται στο μέγεθος και τη μορφή

Ταξινόμηση με βάση την κατεργασία βασίζεται στον τύπο, σειρά και αριθμό εργασιών που απαιτούνται (μέθοδος κατεργασίας, τρόπο στήριξης του κομματιού, τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται και οι συνθήκες κοπής που επιλέγονται).



Οπτική Έρευνα με συμμετοχή μηχανικού (Manual Visual Search)



Δεν χρησιμοποιείται τόσο συχνά πλέον διότι οδηγεί σε ανόμοια αποτελέσματα. Κάθε άτομο με βάση την εμπειρία του, τις γνώσεις του για τις δυνατότητες παραγωγής της εταιρίας αλλά και τη δυνατότητα αναγνώρισης των βασικών χαρακτηριστικών των τεμαχίων, διαμορφώνει ένα δικό του προσωπικό τρόπο ομαδοποίησης τεμαχίων σε οικογένειες

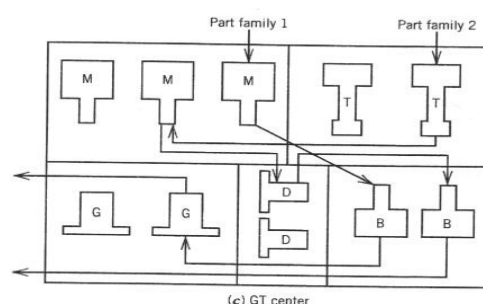
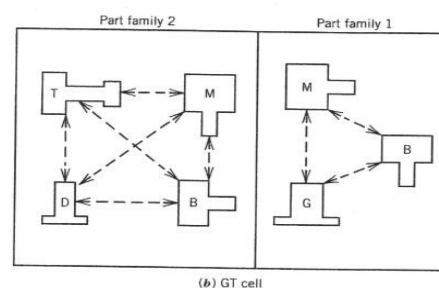
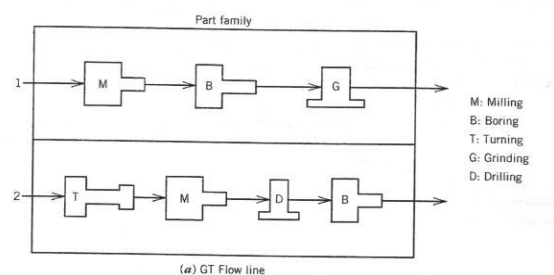
Βήματα σχεδιασμού ΤΟ:

- Διάταξη (layout), αφορά τη φυσική τοποθέτηση των οικογενειών των μηχανών στο χώρο.
- Κωδικοποίηση (coding), περιλαμβάνει συμβολική ή αριθμητική περιγραφή των τεμαχίων βασιζόμενη στα σχεδιαστικά ή κατασκευαστικά χαρακτηριστικά.
- Ταξινόμηση (classification), αναφέρεται στη χρήση των κωδικών και άλλων πληροφοριών για την ανάθεση των τεμαχίων σε οικογένειες. Οι οικογένειες των τεμαχίων ανατίθενται σε ομάδες μηχανών (αλγόριθμοι). Η διαδοχή των εργασιών είναι δεδομένη (προγραμματισμός εκτέλεσης εργασιών).

Διάταξη

Χρησιμοποιούνται τρεις τύποι:

- Γραμμή ροής (flow line), όταν όλα τα τεμάχια μιας ομάδας έχουν την ίδια ακολουθία και χρειάζονται αντίστοιχο ποσοστό χρόνο σε κάθε μηχανή.
- Κυψέλη (cell), επιτρέπεται η μετακίνηση των τεμαχίων από οποιαδήποτε μηχανή της κυψέλης σε οποιαδήποτε άλλη.
- Κέντρο (center), αποτελεί μια λογική διευθέτηση (λειτουργική διάταξη) αλλά κάθε μηχανή επεξεργάζεται συγκεκριμένα οικογένεια τεμαχίων.



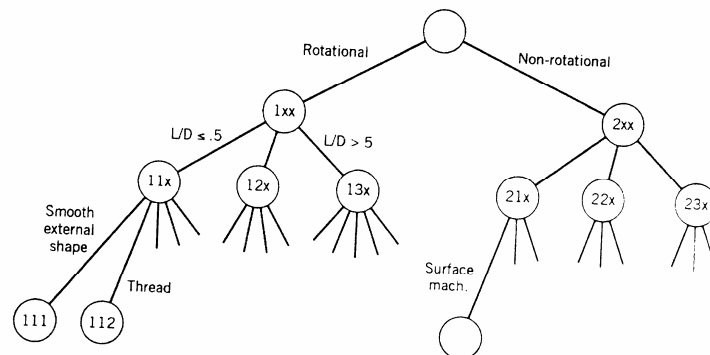
Κωδικοποίηση

1. Ιεραρχική κωδικοποίηση (Hierarchical Code or Monocode)

Η έννοια του κάθε χαρακτήρα εξαρτάται από την έννοια του προηγούμενου (δηλ. κάθε χαρακτήρας συγκεκριμενοποιεί την πληροφορία που έδωσε ο προηγούμενος).

Μεγάλο πλήθος πληροφοριών με ένα μικρό αριθμό ψηφίων. Απλή εφαρμογή δυσκολίες στην εξήγηση του. Κάθε ψηφίο αποκτά διαφορετική έννοια ανάλογα με το ψηφίο που προηγείται.

Τμήματα σχεδίασης: εύκολη ανεύρεση σχεδίων από το αρχείο τους μέσω χαρακτηριστικών που περιέχουν τη μορφή, το υλικό και το μέγεθος των τεμαχίων. Τμήματα παραγωγής: ενδιαφέρονται για κωδικοποίηση με βάση τις κατεργασίες και έτσι η χρήση ενός τέτοιου προτύπου δεν είναι η καλύτερη.



2. Κωδικοποίηση χαρακτηριστικών (Attribute Code or Chain Code or Polycode)

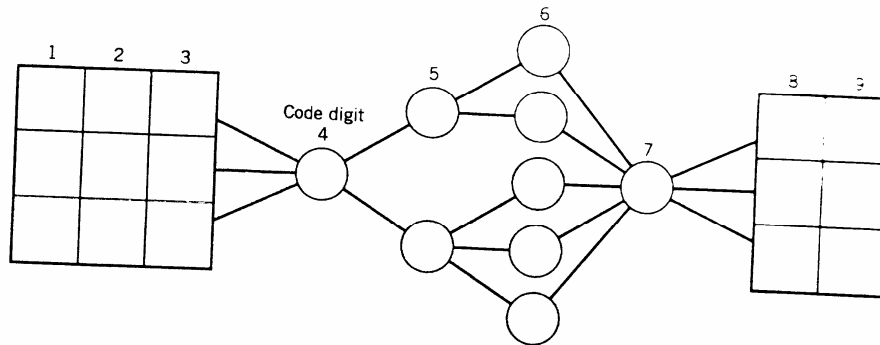
Στην κωδικοποίηση αυτή η έννοια κάθε ψηφίου είναι ανεξάρτητη από τα άλλα ψηφία. Έτσι κάθε χαρακτηριστικό μπορεί να περιγραφεί με κάποιο ψηφίο.

Χρησιμοποιείται περισσότερο σε τμήματα παραγωγής διότι αναγνωρίζονται εύκολα τα τεμάχια που έχουν τις ίδιες ιδιότητες. Το μεγάλο μειονέκτημα της κωδικοποίησης αυτής είναι ότι για να εισάγουμε πολλά χαρακτηριστικά απαιτούνται πολλά ψηφία και οι κωδικοί των τεμαχίων γίνονται πολύ μεγάλοι.

Code Digit Feature	1 Outside shape	2 Inside shape	3 Holes	4 Surface Machining	...
Value	None	None	No	None	
1					
2	Smooth	Smooth	Smooth axial	External groove	
3	Stepped ends	Stepped ends	Smooth radial	External spline	
4	Stepped and threads	Stepped and threads	Axial and radial	Internal curved	
⋮					

3. Υβριδική κωδικοποίηση (Hybrid Code)

Τα περισσότερα συστήματα στην πράξη αποτελούν ένα μίγμα και των δύο παραπάνω τεχνικών με σκοπό να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν και να αποφύγουν τα μειονεκτήματά τους, δηλαδή σχετικά μικροί κωδικοί αλλά με δυνατότητα αναγνώρισης καθορισμένων χαρακτηριστικών που απαιτούνται.



Παράγοντες που επηρεάζουν την εκλογή ενός συστήματος κωδικοποίησης

- Καθορισμός του στόχου που πρέπει να επιτευχθεί όπως: αν πρόκειται για εργασία με γνωρίσματα τμήματος σχεδιασμού (ανάκτηση παρόμοιων τεμαχίων) ή τμήματος παραγωγής (ομαδοποίηση με βάση τις κατεργασίες).
- Ικανότητα να διαχειριστούν όλα τα τεμάχια που χρησιμοποιεί η εταιρία ή σκοπεύει να χρησιμοποιήσει.
- Επιλογή με σκεπτικό σε πιθανή μελλοντική επέκταση της κωδικοποίησης.
- Η διαφοροποίηση των τεμαχίων πρέπει να βελτιστοποιηθεί ανάλογα με τις ανάγκες. Άκρα: μία οικογένεια για κάθε τεμάχιο, μία μόνο οικογένεια με όλα τα τεμάχια μαζί. Η λύση βρίσκεται φυσικά ενδιάμεσα.
- Αυτοματοποίηση του συστήματος με τη χρήση Η/Υ με φιλικό περιβάλλον.
- Βελτιστοποίηση του αριθμού των ψηφίων που απαιτούνται για την κωδικοποίηση.
- Μελέτη κόστους του συστήματος που περιλαμβάνει το αρχικό κόστος εγκατάστασης, το κόστος αλλαγών του συστήματος για να καλύπτει τις ιδιαιτερότητες της εταιρίας, το κόστος ολοκλήρωσης του συστήματος (integration) με τα υπάρχοντα συστήματα.

Ταξινόμηση

1. Ανάλυση Ροής της Παραγωγής (Production Flow Analysis)

Βήμα 1: Δημιουργία λίστας τεμαχίων που απαιτούν κάθε τύπο μηχανής.

Η μηχανή με τα λιγότερα τεμάχια καλείται «μηχανή κλειδί». Η πρώτη ομάδα δημιουργείται από τα τεμάχια που επισκέπτονται τη μηχανή «κλειδί» καθώς και όλες τις μηχανές στις οποίες απαιτείται κάποια επεξεργασία για να ολοκληρωθούν.

Βήμα 2: Δημιουργία υποομάδων.

Ελέγχεται αν οι μηχανές τις ομάδας (εκτός από τη μηχανή «κλειδί») μπορούν να χωριστούν σε μικρότερες υποομάδες. Αν μια μηχανή επεξεργάζεται ένα μόνο τύπο τεμαχίων θεωρείται εξαίρεση και διαγράφεται.

Τα 2 βήματα επαναλαμβάνονται μέχρι όλες οι μηχανές και τα τεμάχια να χωριστούν σε ομάδες.

Βήμα 3: Συνδυασμός υποομάδων σε ομάδες καθορισμένου μεγέθους.

Υποομάδες με το μεγαλύτερο αριθμό κοινών μηχανών ενώνονται. Κανόνες συνένωσης μειώνουν τον αριθμό των επιπλέον μηχανών που απαιτούνται και καθιστούν ευκολότερη την κατανομή του φόρτου εργασίας.

Τελικά, κάθε ομάδα περιλαμβάνει ικανό αριθμό μηχανών για την ολοκλήρωση των εργασιών που της ανατίθεται.

Ανάλυση Ροής της Παραγωγής (Production Flow Analysis)

Παράδειγμα:

Machine	Part							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	1	1					
B	1	1	1					
C			1	1	1	1		
D				1	1	1	1	
E							1	1
F							1	1

Βήμα 1: Μηχανή «κλειδί». Υποψήφιος E και F. Έστω E μηχανή «κλειδί» (αυθαίρετα). Τα τεμάχια 7 και 8 «επισκέπτονται» την E. Αυτά τα τεμάχια απαιτούν τις D, E και F (ομάδα).

Βήμα 2: Έλεγχος για δημιουργία υποομάδων. Όλα τα τεμάχια (7 και 8) επισκέπτονται τις E και F άρα αυτές δεν μπορούν να υποδιαιρεθούν. Η D χρησιμοποιείται μόνο από το 7. Άρα θεωρείται εξαίρεση (γι' αυτή την ομάδα) και διαγράφεται.

Παράδειγμα: (συν...)

Machine	Part							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	1	1					
B	1	1	1					
C			1	1	1	1		
D				1	1	1	1	
E							1	1
F							1	1

Βήμα 1: Μένουν 6 τεμάχια. Μηχανή «κλειδί» επιλέγεται η A. Τα τεμάχια 1, 2 και 3 απαιτούν επεξεργασία στις A, B και C (ομάδα).

Βήμα 2: Έλεγχος για δημιουργία υποομάδων. Όλα τα τεμάχια (1, 2 και 3) επισκέπτονται τις A και B άρα αυτές δεν μπορούν να υποδιαιρεθούν. Η C χρησιμοποιείται μόνο από το 3. Άρα θεωρείται εξαίρεση (γι' αυτή την ομάδα) και διαγράφεται.

Βήμα 1: Μένουν τα τεμάχια 4, 5, 6. Μηχανή «κλειδί» επιλέγεται η C. Όλα απαιτούν τις C και D.

Βήμα 2: Έλεγχος για δημιουργία υποομάδων. Δεν γίνεται καμιά υποδιαίρεση.

Βήμα 3: Συνδυασμός υποομάδων. C και D?

2. Αλγόριθμος δυαδικής ταξινόμησης (Binary Ordering Algorithm)

N τεμάχια, M μηχανές

Machine	Part							
	1	3	5	7	2	4	6	8
A	1	1			1			
E				1				1
C		1	1			1	1	
F				1				1
D			1	1		1	1	
B	1	1			1			

1. Ταξινόμηση γραμμών. Στη στήλη k αντιστοιχεί μια τιμή 2^{N-k} . Υπολογίζεται η τιμή κάθε γραμμής (άθροισμα). Ταξινόμηση των γραμμών με φθίνουσα σειρά. Αν δεν συμβεί καμία αλλαγή τότε τέλος, αλλιώς βήμα 2.
2. Ταξινόμηση στηλών. Στη γραμμή k αντιστοιχεί μια τιμή 2^{M-k} . Υπολογίζεται η τιμή κάθε στήλης (άθροισμα). Ταξινόμηση των στηλών με φθίνουσα σειρά. Αν δεν συμβεί καμία αλλαγή τότε τέλος, αλλιώς βήμα 1.

Αλγόριθμος δυαδικής ταξινόμησης (Binary Ordering Algorithm)

N=8 τεμάχια, M=6 μηχανές

Βήμα 1: Ταξινόμηση γραμμών

Machine	Part								Value
	1	3	5	7	2	4	6	8	
A	1	1			1				200
E				1				1	17
C		1	1			1	1		102
F				1				1	17
D			1	1		1	1		54
B	1	1			1				200
2^{N-k}	128	64	32	16	8	4	2	1	

Νέα ταξινόμηση: A, B, C, D, E, F

Αλγόριθμος δυαδικής ταξινόμησης (Binary Ordering Algorithm)

Βήμα 2: Ταξινόμηση στηλών

Machine	Part								2^{M-k}
	1	3	5	7	2	4	6	8	
A	1	1			1				32
B	1	1			1				16
C		1	1			1	1		8
D			1	1		1	1		4
E				1				1	2
F				1				1	1
Value	48	56	12	7	48	12	12	3	

Νέα ταξινόμηση: 3, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8

Αλγόριθμος δυαδικής ταξινόμησης (Binary Ordering Algorithm)

Βήμα 1: Ταξινόμηση γραμμών

Machine	Part								Value
	3	1	2	4	5	6	7	8	
A	1	1	1						224
B	1	1	1						224
C	1			1	1	1			156
D				1	1	1	1		29
E							1	1	3
F							1	1	3
2^{N-k}	128	64	32	16	8	4	2	1	

Νέα ταξινόμηση: Καμία αλλαγή, τέλος.

Τεμάχιο 3 πρώτο → αναδεικνύει την επιπλέον μηχανή που χρειάζεται.

Αυτό ίσως είναι και το μειονέκτημα της μεθόδου: αναδεικνύει ειδικά τεμάχια βάζοντάς τα όσο υψηλότερα γίνεται στον πίνακα (αντί να μπουν κοντά στα γειτονικά).

3. Απλός ευρεστικός αλγόριθμος (Single-Pass Heuristic)

Στα προηγούμενα αγνοούνται η χρήση των μηχανών, το μέγεθος των ομάδων, τα ειδικά τεμάχια.

Εδώ σε κάθε βήμα ένα τεμάχιο ανατίθεται σε μια ομάδα μαζί με τις μηχανές που απαιτούνται. Στη διαδικασία μπορούν να ληφθεί υπόψη το μέγεθος των ομάδων (αριθμός μηχανών) και είναι σχετικά γρήγορη.

Μειονέκτημα: μπορεί να απαιτηθούν επιπλέον μηχανές. Εύκολα όμως υπολογίζεται άνω όριο του αριθμού των απαραίτητων μηχανών για να είναι μια λύση εφικτή και μπορεί να συγκριθεί με αυτόν που δίνει ο αλγόριθμος.

Αν ο ευρεστικός αλγόριθμος δεν απαιτεί επιπλέον μηχανές τότε η λύση που δίνει είναι βέλτιστη.

Γενικά, ένας ευρεστικός αλγόριθμος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν βάση για περαιτέρω χειροκίνητες αλλαγές των ομάδων.

Ο αλγόριθμος είναι κατάλληλος όταν είναι επιθυμητή η εξάλειψη όλων των μετακινήσεων ανάμεσα στις ομάδες και υπάρχει άνω όριο για τον αριθμό των μηχανών σε κάθε ομάδα.

Single-Pass Formation

1. Perform binary ordering.
2. Replace 1's by $u_{im} = [(s_{im}D_i/Q_i) + t_{im}D_i]R_m^{-1}$
Set $G = 1, n_{m1} = 0, U_{m1} = 0$.
3. Assign parts: For $i = 1$ to N
Let $g' = \operatorname{argmin}_{g \leq G} \{U_{mg} + u_{im} \leq n_{mg} \text{ for all } m\}$. M_G is number of machine types with capacity violations at $g = G$.
(Assign to existing group): If g' exists, set $A_i = g', U_{mg'} = U_{mg'} + u_{im}$ and go to 3.
(Add part and machines to current group): If $\sum_m n_{mG} + M_G \leq m_u$, then set $A_i = G, U_{mG} = U_{mG} + u_{im}$, and if $U_{mG} \geq n_{mG}, n_{mG} = n_{mG} + 1$ and go to 3.
(Start new group): $G = G + 1, A_i = G, n_{mG} = 1$ for $u_{im} > 0, U_{mG} = u_{im}$.

Q_i μέγεθος παρτίδας, D_i ζήτηση τεμαχίου i για μια περίοδο, s_{im} χρόνος έναρξης (setup time) ανά παρτίδα, t_{im} χρόνος επεξεργασίας ανά τεμάχιο, R_m διαθέσιμος χρόνος ανά μηχανή και περίοδο,

m_u άνω όριο αριθμού μηχανών ανά ομάδα, G η ομάδα που δημιουργήθηκε πιο πρόσφατα (στόχος: η ανάθεση του επόμενου τεμαχίου στην πρώτη ομάδα ($g \leq G$) με αρκετή χωρητικότητα και τις απαραίτητες μηχανές)

A_i η ομάδα που ανατίθεται το τεμάχιο i , U_{mg} συνολικός φόρτος που ανατέθηκε στη μηχανή m της ομάδας g , n_{mg} ο αριθμός των μηχανών τύπου m που ανατέθηκαν στην ομάδα g .

Παράδειγμα: $m_u=4$

Machine	Part								Total Utilization	Minimum Machines
	1	2	3	4	5	6	7	8		
A	0.4	0.6	0.7						1.7	2
B	0.4	0.5	0.2						1.1	2
C			0.5	0.4	0.2	0.4			1.5	2
D				0.3	0.1	0.5	0.1		1.0	1
E							0.5	0.4	0.9	1
F							0.6	0.3	0.9	1

$i=1$. Το τεμάχιο 1 ανατίθεται στην ομάδα 1 μαζί με τις μηχανές A και B. Αυτό απαιτεί χρήση και των δύο μηχανών 0.4 και αφήνει ένα περιθώριο 0.6 σε κάθε μία.

$i=2$. Το τεμάχιο 2 προστίθεται στην ομάδα (δεν απαιτεί άλλη μηχανή) και αφήνει περιθώριο 0 και 0.1 στην A και B αντίστοιχα.

$i=3$. Το τεμάχιο 3 απαιτεί τρεις νέες μηχανές για να προστεθεί στην ομάδα 1. Το άνω όριο όμως της κάθε ομάδας είναι 4 μηχανές. Άρα δημιουργείται νέα ομάδα.

$i=4$. κτλ.

Iteration	Part Assigned	Group	Machines Added	Resource Update (machine, remaining time)
1	1	1	A, B	(A, 0.6) (B, 0.6)
2	2	1	-	(A, 0.0) (B, 0.1)
3	3	2	A, B, C	(A, 0.3) (B, 0.8) (C, 0.5)
4	4	2	D	(A, 0.3) (B, 0.8) (C, 0.1) (D, 0.7)
5	5	3	C, D	(C, 0.8) (D, 0.9)
6	6	3	-	(C, 0.4) (D, 0.4)
7	7	3	E, F	(C, 0.4) (D, 0.3) (E, 0.5) (F, 0.4)
8	8	3	-	(C, 0.4) (D, 0.3) (E, 0.1) (F, 0.1)

Η μηχανή D υπερβαίνει το άνω όριο (έχουν ανατεθεί 2 μηχανές (ομάδα 2 και 3) και απαιτείται μόνο 1).

Εναλλακτικές λύσεις: α) οι ομάδες 2 και 3 ενώνονται σε μία με 7 μηχανές, β) αγοράζεται μια επιπλέον μηχανή D, γ) φεύγει η D από την ομάδα 2 και το τεμάχιο 4 μετακινείται μεταξύ δύο ομάδων, δ) επανασχεδιάζεται το τεμάχιο ή η διαδικασία παραγωγής του.

Πρόταση: το τεμάχιο 4 μετακινείται στην ομάδα 3 (εφικτό). Αυτή η λύση είναι βέλτιστη (δεν γίνονται μετακινήσεις ανάμεσα στις ομάδες, δεν απαιτούνται επιπλέον μηχανές).

4. Συντελεστές ομοιότητας (Similarity Coefficients)

Δίνει έμφαση στις θέσεις των μηχανών με τη μεγαλύτερη ροή υλικών (να βρίσκονται στην ίδια ομάδα).

n_i αριθμός τεμαχίων που επισκέπτονται την i μηχανή, n_{ij} αριθμός τεμαχίων που επισκέπτονται την i και τη j μηχανή.

Συντελεστής ομοιότητας:

$$s_{ij} = \max\left(\frac{n_{ij}}{n_i}, \frac{n_{ij}}{n_j}\right) \quad (1)$$

$s_{ij} \rightarrow 1$ σημαντικός φόρτος, μηχανές στην ίδια ομάδα

Hierarchical Clustering Heuristic

1. Form N initial clusters. Compute s_{ij} from equation (1) for all machine pairs.
2. Merge clusters: Let i and j range over clusters. Find $i^*, j^* = \operatorname{argmax}_{i,j} s_{ij}$. Merge clusters i^* and j^* . If more than one cluster remains, go to 3.
3. Update coefficients: Remove rows and columns i^*, j^* from the similarity coefficient matrix. Replace them with row and column k . For all existing clusters r , $s_{rk} = \max(s_{ri^*}, s_{rj^*})$. Go to 2.

Πλεονεκτήματα: Σημαντικές σχέσεις μπαίνουν μαζί, γρήγορη λύση.

Μειονέκτημα: δεν γίνεται έλεγχος του μεγέθους της ομάδας.

Τροποποιώντας το βήμα 2: βρες τα $i^*, j^* = \operatorname{argmax}_{i,j} s_{ij}$ έτσι ώστε $N_i + N_j \leq m_u$

Παράδειγμα:

Machine	Part							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	1	1					
B	1	1	1					
C			1		1	1		
D				1	1	1	1	
E							1	1
F							1	1

Συντελεστές ομοιότητας: π.χ. A 3 τεμάχια, C 4 τεμάχια (1 κοινό)

$$s_{AC} = \max(1/3, 1/4) = 1/3$$

Initial Similarity Coefficients						
Machine	Machine					
	A	B	C	D	E	F
A	—	1	0.33	0	0	0
B	1	—	0.33	0	0	0
C	0.33	0.33	—	0.75	0	0
D	0	0	0.75	—	0.50	0.50
E	0	0	0	0.50	—	1
F	0	0	0	0.50	1	—

Αρχικά 6 ομάδες. Αν $T=1$ οι μηχανές A και B ενώνονται σε μία ομάδα, το ίδιο η E και F. Υπολογισμός νέων συντελεστών ομοιότητας.

$$\text{π.χ. } s_{AB,C} = \max(s_{AC}, s_{BC}) = 0.33$$

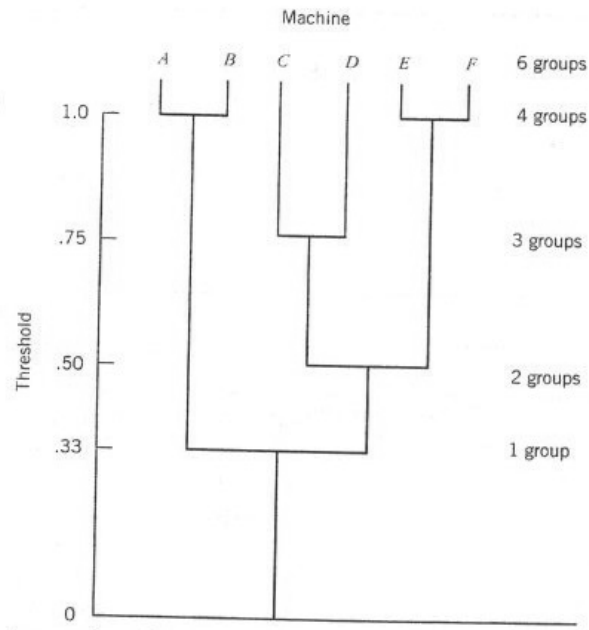
Updated Similarity Coefficients at $T \leq 1.0$				
Machine	Machine			
	AB	C	D	EF
AB	—	0.33	0	0
C	0.33	—	0.75	0
D	0	0.75	—	0.50
EF	0	0	0.50	—

Αν $T=0.75$ οι μηχανές C και D ενώνονται σε μια ομάδα

Machine	Machine		
	AB	CD	EF
AB	-	0.33	0
CD	0.33	-	0.5
EF	0	0.5	-

Αν $T=0.5$ οι μηχανές C, D, E, F μια ομάδα

Τ κατώφλι (threshold) που επιλέγεται από το χρήστη έτσι ώστε οι μηχανές με $s_{ij} \geq T$ ανήκουν στην ίδια ομάδα.

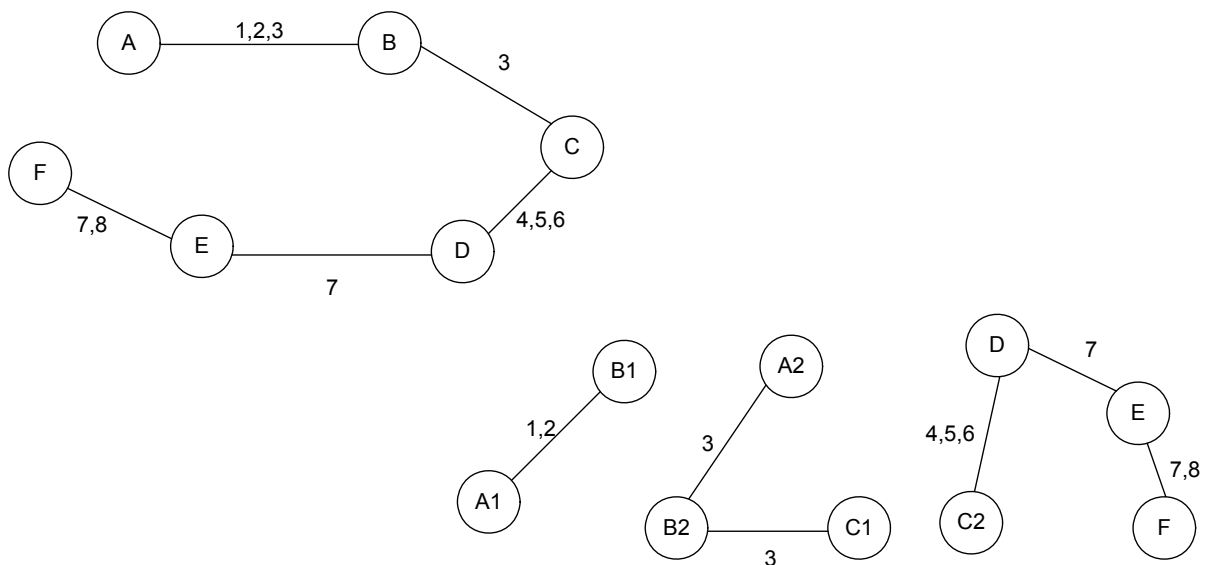


5. Γραφικός Διαχωρισμός (Graph Partitioning)

Ένα γράφημα $G=(N,A)$ ορίζεται σαν ένα σύνολο κόμβων (ή κορυφών) N και τόξων (ή ακμών) A . Οι κόμβοι αντιστοιχούν σε μηχανές τα τόξα σε ροή υλικών μεταξύ των μηχανών.

Ζητούμενο: Δημιουργία υπο-γραφημάτων που αντιστοιχούν στις ομάδες.

Προηγούμενο παράδειγμα:



Έστω ότι ξεκινάμε με κάποιο διαμελισμό και θέλουμε να βρούμε κάποιον με μικρότερο κόστος.

Θεωρούμε 2 σύνολα κόμβων N_1 και N_2 μεγέθους m το καθένα. Ανταλλαγή κόμβων n_1 (από το N_1) με τους n_2 (από το N_2).

Εξωτερικό κόστος του κόμβου i (N_1) $E_i = \sum_{j \in N_2} c_{ij}$

Εσωτερικό κόστος του κόμβου i $I_i = \sum_{j \in N_1} c_{ij}$

Κέρδος από τη μετακίνηση του i στο N_2 $G_i = E_i - I_i$ (1)

Κέρδος από την ανταλλαγή του i (N_1) με τον j (N_2) $G_{ij} = G_i + G_j - 2c_{ij}$ (2)

Graph-Partitioning Heuristic

1. Let $n_1 = \phi, n_2 = \phi, t = 0$. Compute all G_i^1, G_j^1 from equation (1)
2. Choose best exchange pair: $t = t + 1$. Compute all G_{ij}^t from equation (2). Define $i^*, j^* = \operatorname{argmax} G_{ij}^t$. Let $n_1 = n_1 + i^*, n_2 = n_2 + j^*$. $G^t = G_{i^*j^*}^t$.
3. Update exchange costs: $G_i^t = G_i^{t-1} + 2c_{ii^*} - 2c_{ij^*}$ for $i \in N_1 - n_1$ and $G_j^t = G_j^{t-1} + 2c_{jj^*} - 2c_{ji^*}$ for $j \in N_2 - n_2$. If $t = m - 1$ go to 4; otherwise go to 2.
4. Find best size exchange: Find $t^* = \operatorname{argmax} \sum_{t=1}^t G^t$. If $\sum_{t=1}^{t^*} G^t > 0$ make switch and go to 1. Otherwise stop.

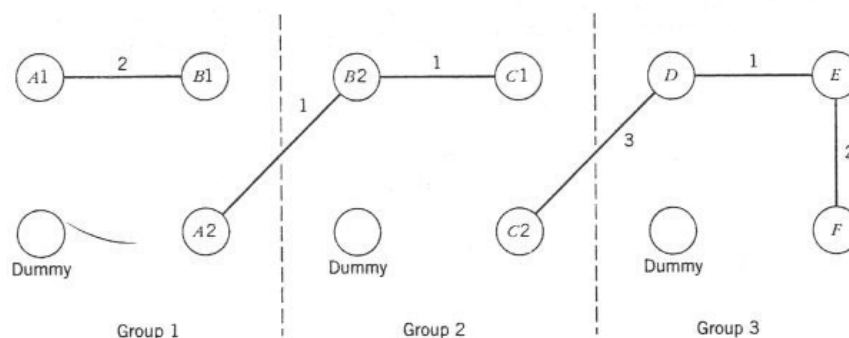
Παράδειγμα:

Machine	Part							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A1	1	1						
B1	1	1						
A2			1					
B2			1					
C1			1					
C2				1	1	1		
D				1	1	1	1	
E							1	1
F							1	1

Αρχική λύση: ταξινομημένος πίνακας, στόχος μέγεθος ομάδας $\bar{m} = \left\lceil \frac{m_l + m_u}{2} \right\rceil$

Κάθε ομάδα έχει από 2 μέχρι 4 μηχανές. Άρα μέγεθος ομάδας 3.

Ομάδες: (A1,B1,A2, Dummy), (B2,C1,C2,Dummy), (D,E,F,Dummy)



Υπολογισμός των E_i , I_i , G_i^1 , G_{ij}^1

Από G_{ij}^1 καλύτερη ανταλλαγή
A2 με Dummy2 ή C2

(κέρδος 1)

Έστω $n_1=A2$ $n_2=Dummy2$

Υπολογισμός G_i^2 , G_{ij}^2

Δεν υπάρχει ανταλλαγή με
κέρδος.

Η ανταλλαγή Dummy1 με C2
έχει μικρότερο κόστος 0.

Έστω $n_1=\{A2, Dummy1\}$
 $n_2=\{Dummy2, C2\}$

Υπολογισμός G_i^3 , G_{ij}^3

Καμία ανταλλαγή.

Νέα group: (A1, B1), (A2, B2,
C1, C2).

Συνέχεια με ομάδες 2 και 3.

Group	Node i	E_i	I_i	G_i^1	G_i^2	G_i^3
1	A1	0	2	-2	-2	-2
	B1	0	2	-2	-2	-2
	A2	1	0	1	-	-
	Dummy1	0	0	0	0	-
2	B2	1	1	0	-2	-2
	C1	0	1	-1	-1	-1
	C2	0	0	0	0	-
	Dummy2	0	0	0	-	-

i	j	G_{ij}^1	G_{ij}^2	G_{ij}^3
A1	B2	-2	-4	-2
	C1	-3	-3	-
	C2	-2	-2	-2
	Dummy2	-2	-	-
B1	B2	-2	-4	-2
	C1	-3	-3	-
	C2	-2	-2	-2
	Dummy2	-2	-	-
A2	B2	-1	-	-
	C1	0	-	-
	C2	1	-	-
	Dummy2	1	-	-
Dummy1	B2	0	-2	-
	C1	-1	-1	-
	C2	0	0	-
	Dummy2	0	-	-

Αποτελέσματα Εφαρμογής της ΤΟ

Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι η χρήση της ΤΟ μπορεί να συντελέσει στην εξοικονόμηση μεγάλων ποσών στις διάφορες δραστηριότητες όπως:

- 50% στο σχεδιασμό καινούργιων τεμαχίων
- 10% σε αριθμό δημιουργούμενων σχεδίων
- 20% σε απαιτήσεις σε εργοστασιακό χώρο
- 40% σε διατήρηση ακατέργαστων υλικών στην αποθήκη
- 60% σε επενδύσεις σχετικές με αποθήκευση
- 70% σε χρόνο ρύθμισης εργαλειομηχανών

Το πλεονέκτημα της μείωσης του χρόνου ρύθμισης επεκτείνεται και στο χρόνο λειτουργίας των μηχανών και το χρόνο εργασίας.

Έστω σαν παράδειγμα μια κυψέλη ενός συστήματος η οποία απαιτεί κάποιο χρόνο προετοιμασίας πριν ξεκινήσει. Και έστω ότι εφαρμόζοντας ΤΟ ο χρόνος ρύθμισης μειώνεται στο μισό. Τότε στο ίδιο χρόνο εργασίας (προσωπικού και μηχανών) μπορούμε να ξεκινήσουμε την παραγωγή δύο φορές. Ας εξετάσουμε τι γίνεται όταν το μέγεθος παρτίδας μειωθεί αντίστοιχα στο μισό για να διατηρηθεί ο σταθερός ρυθμός παραγωγής.

Αν ο ενδοαφιξιακός χρόνος ανάμεσα στις παρτίδες και ο χρόνος εξυπηρέτησης είναι εκθετικά κατανεμημένοι τότε μπορούμε να μοντελοποιήσουμε τη λειτουργία της κυψέλης με μια M/M/1 ουρά με ρυθμό άφιξης λ και ρυθμό εξυπηρέτησης μ και χρησιμοποίηση (utilization) $\rho = \lambda/\mu$. Σ' αυτό το σύστημα γνωρίζουμε ότι ο χρόνος παραμονής στο σύστημα είναι $W = \rho / [\lambda(1-\rho)]$. (θεωρία ουρών)

Το τροποποιημένο σύστημα με ΤΟ έχει διπλάσιο ρυθμό άφιξης και διπλάσιο ρυθμό εξυπηρέτησης $\lambda' = 2\lambda$, $\mu' = 2\mu$. Η χρησιμοποίηση δεν αλλάζει ($\rho' = \rho$). Ενώ ο χρόνος παραμονής γίνεται $W' = \rho' / [\lambda'(1-\rho')] = 1/2W$ (!!).

Αυτό είναι ένα **εκπληκτικό αποτέλεσμα!** Έχει μειωθεί ο χρόνος παραμονής στο σύστημα κατά 50% (όχι μόνο ο χρόνος προετοιμασίας του συστήματος).

Πλεονεκτήματα

1. Εφοδιάζει το τμήμα σχεδιασμού με ένα σύστημα που παρέχει:
 - a. Αποδοτική εύρεση παλαιότερων τεμαχίων
 - b. Ανάπτυξη βάσεων δεδομένων με δεδομένα και πληροφορίες για τα προϊόντα
 - c. Ομαδοποίηση των τεμαχίων και των σχεδίων τους
 - d. Αποφυγή επανάληψης σχεδιασμού ίδιου τεμαχίου
2. Εφοδιάζει το τμήμα παραγωγής με ένα σύστημα που παρέχει:
 - a. Ανάπτυξη φασεολογίων με την βοήθεια H/Y (CAPP)
 - b. Αποδοτική εύρεση φασεολογίων οικογενειών τεμαχίων
 - c. Ανάπτυξη κυψελών κατεργασίας.
3. Η ομαδοποίηση κατεργασίας τεμαχίων σε κυψέλες οδηγεί σε ομαδοποίηση εργαλείων, προγραμμάτων NC, και ιδιοσυσκευών που χρησιμοποιούνται.
4. Ο σχεδιασμός, ο έλεγχος και ο προγραμματισμός της παραγωγής απλοποιούνται και η αποθήκευση τεμαχίων που κατεργάζονται ανά φάση κατεργασίας ελαχιστοποιείται.
5. Η αγορά των υλικών κατεργασίας γίνεται πιο συμφέρουσα και η διάταξη των εργαλειομηχανών μέσα στο εργοστάσιο πιο αποτελεσματική.



Μειονεκτήματα

1. Η εγκατάσταση ενός συστήματος κωδικοποίησης και ταξινόμησης απαιτεί μεγάλη προσπάθεια και κοστίζει.
2. Μπορεί να αποτύχει η εγκατάσταση αυτή εάν, όπως συνήθως συμβαίνει, το τμήμα σχεδιασμού δεν επικοινωνεί με την παραγωγή.
3. Δεν υπάρχει ένας κοινός τρόπος να εφαρμοστεί μια τέτοια μεταρρύθμιση και έτσι προσθέτονται δυσκολίες μοναδικές κάθε φορά για κάθε εταιρία.
4. Η ΤΟ απαιτεί αλλαγή κουλτούρας και σκέψης από τους εργαζόμενους και πάντα συναντά αντιδράσεις κατά την εφαρμογή της.
5. Χωρίς ισχυρή στήριξη από την ηγεσία της εταιρίας κανένα πρόγραμμα εισαγωγής ΤΟ δεν μπορεί να επιτύχει.