

Διοίκηση Ποιότητας (Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας)

Σ. Μαλεφάκη
Τμήμα Μηχανολόγων & Αεροναυπηγών Μηχανικών

2022–2023

Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας



Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας

Βασικός Σκοπός:

Η μέτρηση και η βελτίωση της ποιότητας των διεργασιών.

Από στατιστικής άποψης, η ποιότητα ορίζεται ως αντιστρόφως ανάλογη της μεταβλητότητας των ποιοτικών χαρακτηριστικών της παραγωγικής διαδικασίας που προσδιορίζουν την ποιότητα του προϊόντος.

Όσο καλή κι αν είναι μία παραγωγική διαδικασία πάντα σε αυτή υπάρχει μία ποσότητα φυσικής μεταβλητότητας.

Η μεταβλητότητα αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στα κοινά αίτια μεταβλητότητας (π.χ. φυσική μεταβλητότητα που μπορούν να έχουν οι πρώτες ύλες κατά την παραγωγή ενός προϊόντος).

Όμως υπάρχουν και τα ειδικά αίτια μεταβλητότητας (ειδική μεταβλητότητα). Αυτή η μεταβλητότητα οφείλεται συνήθως σε κακή ή λανθασμένη ρύθμιση μηχανών παραγωγής, σε ανθρώπινα λάθη, σε κακής ποιότητας πρώτες ύλες κτλ.

Η ειδική μεταβλητότητα πρέπει να εντοπίζεται και να ελέγχεται με μεγάλη προσοχή.

Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας

Στόχος: Η ανίχνευση τυχόν αλλαγών στη μέση τιμή και στην τυπική απόκλιση των χαρακτηριστικών μιας διεργασίας.

Ουσιαστικά, μας ενδιαφέρει να δούμε αν η διεργασία έχει αλλάξει από τη στιγμή που πιστοποιήθηκε.

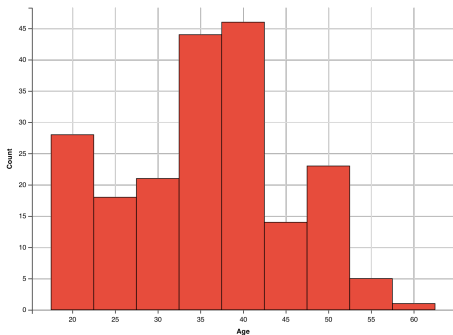
Κύρια Στατιστικά Εργαλεία

Τα στατιστικά εργαλεία βοηθάνε στον εντοπισμό προβλημάτων μιας παραγωγικής διαδικασίας αλλά και στην πραγματοποίηση ποικίλων βελτιώσεων στα διάφορα στάδια της διαδικασίας αυτής.

Τα 7 βασικότερα στατιστικά εργαλεία ποιοτικού ελέγχου

- Ιστόγραμμα
- Διάγραμμα Pareto
- Διάγραμμα Αιτίου - Αποτελέσματος
- Φύλλο Ελέγχου
- Διάγραμμα ροής
- Διάγραμμα Διασκόρπισης
- Διάγραμμα Ελέγχου

1. Ιστόγραμμα



Πληροφορίες

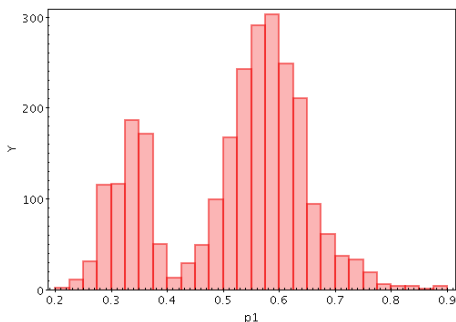
- ▶ Κεντρική τάση (μέση τιμή)
- ▶ Μεταβλητότητα (εύρος ή τυπική απόκλιση)
- ▶ Σχήμα κατανομής

Προσδιορισμός του αριθμού κλάσεων - Εμπειρικός κανόνας του Sturges:

$$\text{αριθμός κλάσεων} = 1 + 3.32 \times \log(n)$$

όπου n το πλήθος των παρατηρήσεων.

1. Ιστόγραμμα



► Ένα ιστόγραμμα θεωρείται αξιόπιστη πηγή άντλησης πληροφορίας όταν ο αριθμός των μετρήσεων από τις οποίες προέκυψε είναι τουλάχιστον 50.

► Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα εργαλείο μελέτης της συμπεριφοράς ενός συστήματος όταν το σύστημα είναι σε σταθερή κατάσταση. Σε αντίθετη περίπτωση, τα ιστογράμματα που προκύπτουν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές μπορεί να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

► Το ιστόγραμμα δεν παρέχει καμία πληροφορία κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης καταγραφής των δεδομένων για τυχόν εμφάνιση προβλήματος έγκαιρα, προκειμένου να ληφθούν τα απαραίτητα διορθωτικά μέτρα αμέσως. Ένα τέτοιο γράφημα κρύβει τις αλλαγές/τάσεις στη διεργασία από μέτρηση σε μέτρηση.

Διάγραμμα Στελέχους - Φύλλου (Steam and leaf graph)

Race Running Times in Seconds

Stem	Leaves
12	2 6
13	0 2 5
14	1 2 4 6
15	2 3 7 8
16	1 2 4 6 8
17	5 7 8
18	1 3

Key: 14 | 2 = 14.2 seconds

► Ειδική περίπτωση ιστογράμματος, το οποίο περιέχει περισσότερη πληροφορία για τα δεδομένα από το ιστόγραμμα

► Έχει αντίστοιχη εμφάνιση και ερμηνεύεται με τον ίδιο τρόπο με το ιστόγραμμα

Διάγραμμα Στελέχους - Φύλλου στο Minitab

Stem-and-Leaf Display: Budding Rates

Stem-and-leaf of Budding Rates N = 30
Leaf Unit = 0.10

2	5	26
4	6	38
6	7	45
10	8	3579
14	9	0457
(2)	10	03
14	11	0334478
7	12	4
6	13	66
4	14	178
1	15	3

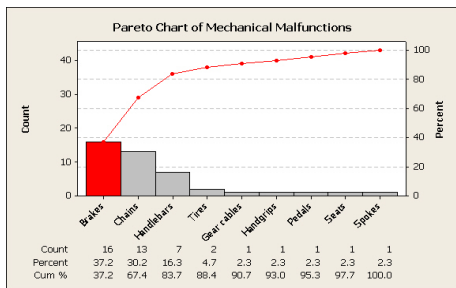
2. Ανάλυση Pareto

Βασική Αρχή: Στον κόσμο υπάρχει άνιση κατανομή των διαφόρων αγαθών

- ▶ 80% περίπου των πωλήσεων μιας εταιρείας αντιστοιχεί στο 20% περίπου των πελατών της.
- ▶ 80% περίπου των ελαττωμάτων που εμφανίζονται σε κάποιον προϊόν οφείλεται στο 20% περίπου των κατηγοριών αιτιών ελαττωμάτων.

Σκοπός ανάλυσης: Να διαχωρίσει τις σημαντικές πλευρές ενός προβλήματος από τις λιγότερο σημαντικές, ώστε οι προσπάθειες επίλυσης του να επικεντρωθούν σε αυτές.

Διάγραμμα Pareto



▶ Διάγραμμα ορθογωνίων παραλληλογράμμων όπου το καθένα από αυτά απεικονίζει τη συχνότητα εμφάνισης κάποιας πτυχής του προβλήματος

▶ Τα υψηλότερα ορθογώνια υποδεικνύουν τις πιο σημαντικές πτυχές του προβλήματος.

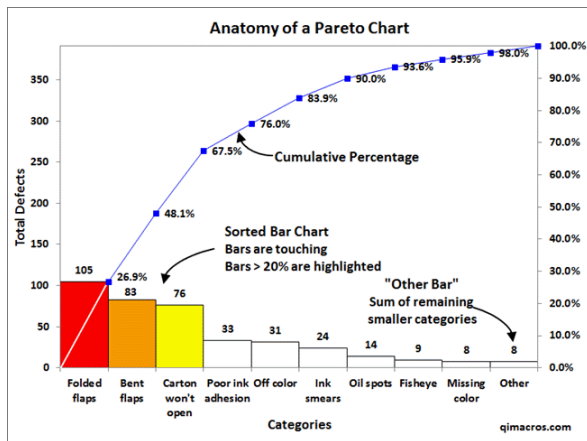
▶ Όταν διαπιστωθεί ποιες είναι οι σημαντικότερες πλευρές ενός προβλήματος τότε γίνεται προσπάθεια να βρεθούν τρόποι αντιμετώπισης τους.

▶ Όταν οι διορθωτικές ενέργειες εφαρμοστούν τότε κατασκευάζεται νέο διάγραμμα Pareto για να διαπιστωθεί κατά πόσο οι ενέργειες αυτές είχαν θετικό αποτέλεσμα.

Ανάλυση Pareto

- Προσδιορισμός προβλήματος
- Εντοπισμός επιμέρους πτυχών του προβλήματος
- Κατηγοριοποίηση των δεδομένων (στην πράξη οι προκύπτουσες κατηγορίες πρέπει να είναι το πολύ 10)
- Κατασκευή διαγράμματος Pareto (οι βλάβες διατάσσονται σε φθίνουσα σειρά ως προς τη συχνότητα τους). Υπολογισμός και των αθροιστικών συχνοτήτων και αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων. Σχεδιασμός τεθλασμένης γραμμής, της οποίας τα σημεία αντιστοιχούν στην αθροιστική συχνότητα για κάθε ομάδα.
- Οι πιο σημαντικές από αυτές τις κατηγορίες αντιστοιχούν συνήθως στο 80% των βλαβών περίπου.

Ανάλυση Pareto



Ανάλυση Pareto

- ▶ Η ανάλυση Pareto αποδεικνύεται χρήσιμη και όταν εξετάζονται προβλήματα που αφορούν στη μείωση του κόστους.
- ▶ Σε αυτές τις περιπτώσεις εκτός από τις βλάβες καταγράφεται και το κόστος επισκευής κάθε ελαττώματος πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των ελαττωμάτων κάθε κατηγορίας με το αντίστοιχο ποσό που απαιτείται για την επισκευή κάθε ελαττώματος και προκύπτει το συνολικό κόστος επισκευής ανά κατηγορία ελαττωμάτων.

Η ανάλυση Pareto σε αυτήν την περίπτωση εφαρμόζεται στην στήλη που περιέχει το συνολικό κόστος επισκευής για κάθε ελάττωμα.

Ανάλυση Pareto - Άσκηση

Η διεύθυνση ποιοτικού ελέγχου μιας εταιρείας εκτυπωτών επιθυμεί να βγάλει κάποια συμπεράσματα για τις βλάβες που παρουσιάζει ένας συγκεκριμένος τύπος εκτυπωτή που κατασκευάζει. Για το σκοπό αυτό, προμηθεύτηκε από το τμήμα συντήρησης της εταιρείας στοιχεία που αφορούν τις, εντός εγγύησης, βλάβες που εμφανίστηκαν σε 2300 εκτυπωτές αυτού του τύπου, τα οποία παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Τύπος βλάβης	Συχνότητα εμφάνισης	Διάρκεια επιδιόρθωσης ανά βλάβη (ώρες)	Κόστος επιδιόρθωσης ανά βλάβη (ευρώ)
Κακή τροφοδοσία χαρτιού	983	2	50
Δε λειτουργεί η οθόνη χειρισμού	27	3	65
Δε συνδέεται στο δίκτυο	32	2.5	58
Πρόβλημα στην κεφαλή εκτύπωσης	416	3	85
Πρόβλημα στην τροφοδοσία ρεύματος	511	0.5	8
Δεν αναγνωρίζει την κάρτα μνήμης	152	1.5	45
Δε λειτουργεί το σκάνερ	179	1.5	35

(α) Σε ποιες βλάβες πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα από την πλευρά της διεύθυνσης ποιοτικού ελέγχου κατά την εφαρμογή διορθωτικών ενεργειών, ώστε να μειωθεί δραστικά ο χρόνος που χρειάζεται το τμήμα συντήρησης της εταιρείας για την επιδιόρθωση του συγκεκριμένου τύπου εκτυπωτή;

(β) Σε ποιες βλάβες πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα από την πλευρά της διεύθυνσης ποιοτικού ελέγχου κατά την εφαρμογή διορθωτικών ενεργειών, ώστε να μειωθεί δραστικά το κόστος επιδιόρθωσης;

(γ) Διαφοροποιείται η απάντησή σας στα ερωτήματα (α) και (β); Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

Ανάλυση Pareto - Λύση

(α) Για την κατασκευή του διαγράμματος εισάγουμε τα δεδομένα στο MINITAB. Συγκεκριμένα στη στήλη C1 καταχωρούμε τον τύπο βλάβης και στη στήλη C2 καταχωρίζουμε το γινόμενο του συνολικού αριθμού βλαβών κάθε τύπου επί την αντίστοιχη διάρκεια επιδιόρθωσης.

Τύπος βλάβης	Συχνότητα εμφάνισης	Διάρκεια επιδιόρθωσης ανά βλάβη (ώρες)	Συχνότητα εμφάνισης × Διάρκεια επιδιόρθωσης (Συνολική διάρκεια)
Κακή τροφοδοσία χαρτιού	983	2	1966
Δεν λειτουργεί η οθόνη χειρισμού	27	3	81
Δεν συνδέεται στο δίκτυο	32	2.5	80
Πρόβλημα στην κεφαλή εκτύπωσης	416	3	1248
Πρόβλημα στην τροφοδοσία ρεύματος	511	0.5	255.5
Δεν αναγνωρίζει την κάρτα μνήμης	152	1.5	228
Δεν λειτουργεί το σκάνερ	179	1.5	268.5

Κατασκευάζουμε το διάγραμμα Pareto επιλέγοντας

Stat > Quality tools > Pareto chart

και συμπληρώνουμε στα πεδία

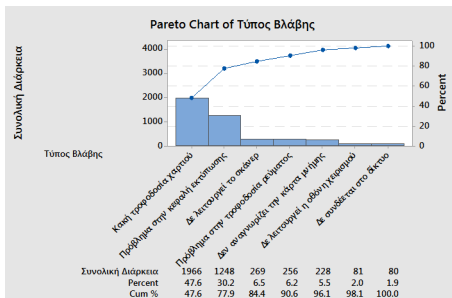
Defects or attribute data in: C1

Frequencies in: C2

πιέζουμε OK και παίρνουμε το ακόλουθο διάγραμμα

Ανάλυση Pareto - Λύση

(α)



Από το διάγραμμα αυτό προκύπτει ότι οι βλάβες στις οποίες πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα ώστε να μειωθεί δραστικά ο χρόνος που χρειάζεται το τμήμα συντήρησης της εταιρείας για την επιδιόρθωση του συγκεκριμένου τύπου εκτυπωτή είναι «Κακή τροφοδοσία χαρτιού» και «Πρόβλημα στην κεφαλή εκτύπωσης», οι οποίες καταλαμβάνουν το 77.9% του συνολικού χρόνου επιδιόρθωσης.

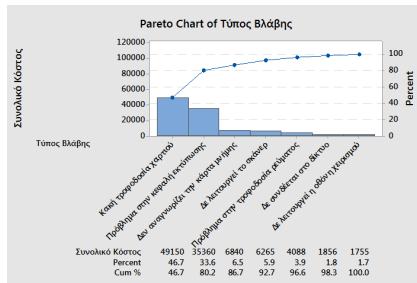
Ανάλυση Pareto - Λύση

(β) Για να διαπιστωθεί σε ποιες βλάβες πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα ώστε να μειωθεί δραστικά το κόστος επιδιόρθωσης του συγκεκριμένου τύπου εκτυπωτή το κατάλληλο διάγραμμα είναι και πάλι ένα διάγραμμα Pareto με βάση, όμως, το συνολικό κόστος επιδιόρθωσης ανά τύπο βλάβης. Πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό βλαβών κάθε τύπου με το αντίστοιχο κόστος επιδιόρθωσης προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας:

Τύπος βλάβης	Συχνότητα εμφάνισης	Κόστος επιδιόρθωσης ανά βλάβη (ευρώ)	Συχνότητα εμφάνισης × Κόστος επιδιόρθωσης (Συνολικό κόστος)
Κακή τροφοδοσία χαρτιού	983	50	49150
Δεν λειτουργεί η οθόνη χειρισμού	27	65	1755
Δεν συνδέεται στο δίκτυο	32	58	1856
Πρόβλημα στην κεφαλή εκτύπωσης	416	85	35360
Πρόβλημα στην τροφοδοσία ρεύματος	511	8	4088
Δεν αναγνωρίζει την κάρτα μνήμης	152	45	6840
Δεν λειτουργεί το σκάνερ	179	35	6265

Ανάλυση Pareto - Λύση

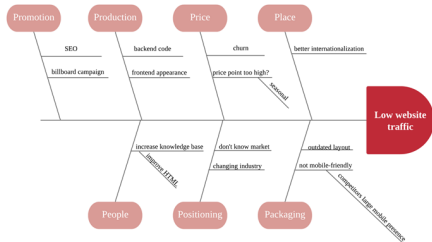
(β)



Από το διάγραμμα αυτό προκύπτει ότι οι βλάβες στις οποίες πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα ώστε να μειωθεί δραστικά το κόστος της εταιρείας για την επιδιόρθωση του συγκεκριμένου τύπου εκτυπωτή είναι «Κακή τροφοδοσία χαρτιού» και «Πρόβλημα στην κεφαλή εκτύπωσης», οι οποίες ευθύνονται για το 80.2% του συνολικού κόστους επιδιόρθωσης.

(γ) Και από τα δυο διαγράμματα Pareto, του ερωτήματος (α) και (β), προκύπτει ότι θα πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα στις βλάβες «Κακή τροφοδοσία χαρτιού» και «Πρόβλημα στην κεφαλή εκτύπωσης» ώστε να μειωθεί δραστικά τόσο ο συνολικός χρόνος όσο και το συνολικό κόστος επιδιόρθωσης.

3. Διάγραμμα Αιτίου - Αποτελέσματος (Cause and effect diagram)



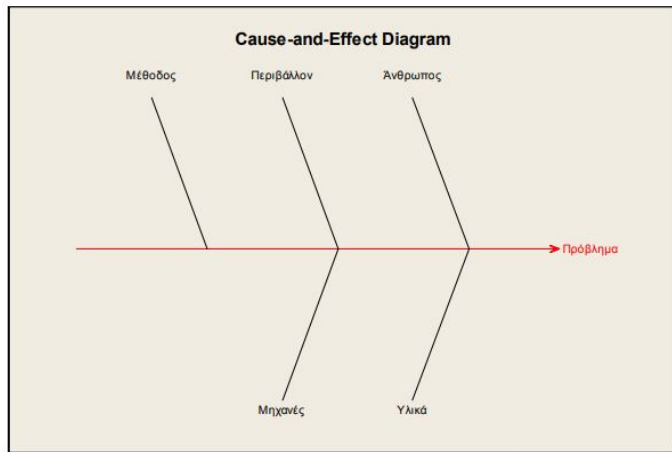
► Απεικονίζει τα στοιχεία τα οποία συνεισφέρουν στη δημιουργία ενός προβλήματος.

► Ανίχνευση πιθανών αιτιών ενός προβλήματος.

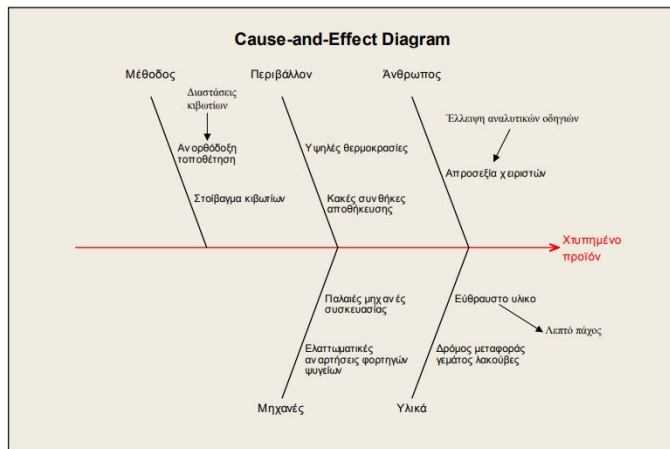
Κατασκευή:

- Προσδιορισμός προβλήματος
- Σχεδιασμός σκελετού (γενικές κατηγορίες παραγόντων που επηρεάζουν το πρόβλημα, π.χ. άνθρωποι, υλικά, περιβάλλον κτλ)
- Εφαρμογή του εργαλείου Brainstorming, τα αποτελέσματα τοποθετούνται πάνω στο διάγραμμα.

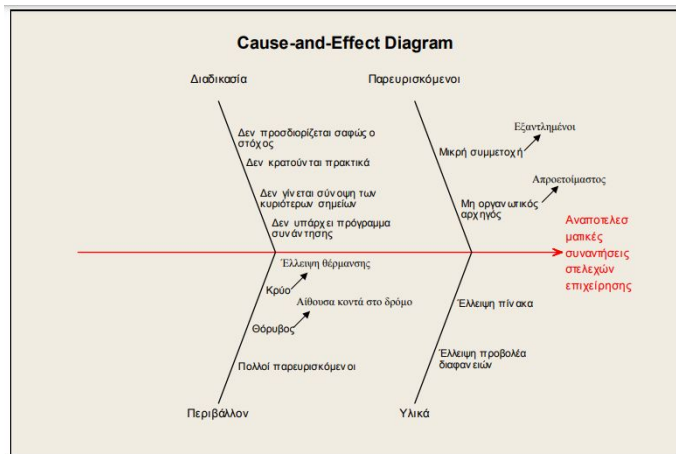
3. Διάγραμμα Αιτίου - Αποτελέσματος (Cause and effect diagram)



3. Διάγραμμα Αιτίου - Αποτελέσματος (Cause and effect diagram)



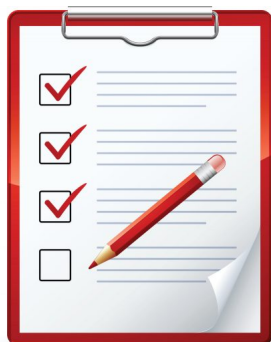
3. Διάγραμμα Αιτίου - Αποτελέσματος (Cause and effect diagram)



4. Φύλλο ελέγχου

Ένα φύλλο στο οποίο αναγράφονται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι που πρέπει να γίνουν πριν από την κάθε ενέργεια. Κάθε φορά που ολοκληρώνεται ένας έλεγχος ο υπεύθυνος βάζει ένα ✓ στην αντίστοιχη θέση και έτσι είναι σίγουρος ότι κανένας έλεγχος δεν παραλείφθηκε.

Πρέπει να τονιστεί ότι τη συλλογή δεδομένων με τη βοήθεια φύλλων ελέγχου ακολουθεί η επεξεργασία τους, συνήθως με τη χρήση διαγραμμάτων Pareto, ιστογραμμάτων κτλ.



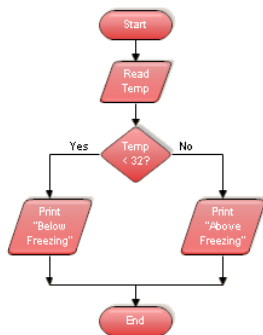
4. Φύλλο ελέγχου

Κωδικός υλικού:	Προμηθευτής:	
Ημερομηνία:	Ποσότητα:	
	ΝΑΙ	ΟΧΙ
Έντυπο παραγγελίας πάνω στη συσκευασία	✓	
Συμφωνία με παραγγελία		✓
Ετικέτες σε κάθε κουτί	✓	
Καλά κατάσταση συσκευασίας		✓
Απαιτήση για ειδικές συνθήκες φύλαξης	✓	
Εύφλεκτο, διαβρωτικό, καυστικό υλικό	✓	

5. Διάγραμμα ροής

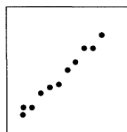
- ▶ Δομημένη απεικόνιση μιας διαδικασίας με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της
- ▶ Σε αυτό απεικονίζονται τα διάφορα στάδια, γεγονότα, δραστηριότητες κτλ μιας διεργασίας καθώς και οι προϋποθέσεις και η λογική σειρά κατά την οποία λαμβάνουν χώρα.

Example for flow chart:



6. Διάγραμμα διασκόρπισης

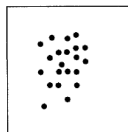
- ▶ Δείχνει αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών.
- ▶ Από τη μορφή του νέφους των σημείων που τελικά προκύπτει είναι δυνατόν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με το αν υπάρχει κάποια συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών ή όχι



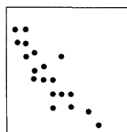
Strong positive correlation



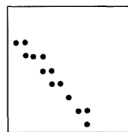
Moderate positive correlation



No correlation



Moderate negative correlation



Strong negative correlation



Curvilinear relationship

<http://guessthecorrelation.com/>