

M3

Λουκάς Τσιρώνης
loukas.tsironis@gmail.com

Περιεχόμενα

- 1. Εισαγωγή στη ΔΟΠ**
- 2. Σχεδιασμός Ποιότητας**
- 3. Έλεγχος Ποιότητας**
- 4. Βελτίωση Ποιότητας**
- 5. Οικονομική Ανάλυση της Ποιότητας**
- 6. Μέθοδοι Τεχνικές και Εργαλεία της ΔΟΠ**
- 7. Συστήματα Διασφάλισης ποιότητας**



Κεφάλαιο 3

ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Έλεγχος Ποιότητας

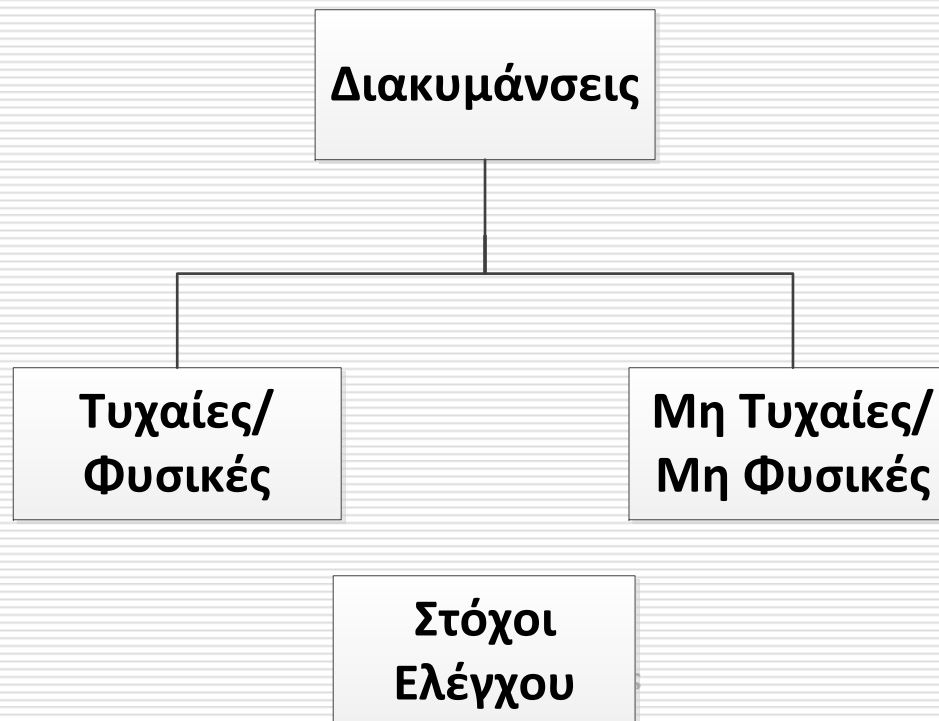
- Ο Έλεγχος Ποιότητας αποσκοπεί στην διαχρονική παρακολούθηση της λειτουργίας των παραγωγικών διαδικασιών μιας επιχείρησης με στόχο την διασφάλιση της επιθυμητής ποιότητας.

- Βασική προϋπόθεση για την άσκηση οποιασδήποτε μορφής ελέγχου ποιότητας κάποιας διαδικασίας είναι ο ακριβής προσδιορισμός:
 - Των επιθυμητών χαρακτηριστικών ποιότητας των εκροών της ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των (εξωτερικών και εσωτερικών) πελατών.
 - Της διαδικασίας παραγωγής, ώστε να καλύπτει τις προδιαγραφές σχεδίασης.

-
- Ο Έλεγχος Ποιότητας διενεργείται μέσω ενός κατάλληλα σχεδιασμένου Συστήματος Ελέγχου Ποιότητας το οποίο περιλαμβάνει ένα βασικό μηχανισμό ελέγχου με τα ακόλουθα γενικά στοιχεία:
 - Αισθητήρα, που παρέχει την δυνατότητα μέτρησης των ελεγχόμενων χαρακτηριστικών ποιότητας.
 - Στόχους, που προδιαγράφουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ποιότητας.
 - Κριτή, που συγκρίνει τις μετρούμενες τιμές των χαρακτηριστικών ποιότητας με τις προδιαγραφές.
 - Διορθωτή, που παρεμβαίνει για την επαναφορά της διαδικασίας σε ομαλή λειτουργία (αν χρειαστεί).

 - Για να είναι αποτελεσματικό, ένα σύστημα ελέγχου ποιότητας, θα πρέπει:
 - Να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να καλύπτει τις συγκεκριμένες ανάγκες ελέγχου για τις οποίες θα χρησιμοποιηθεί
 - Να καλύπτει τους υπάρχοντες περιορισμούς της επιχείρησης

-
- Όλες οι φυσικές διαδικασίες παρουσιάζουν διακυμάνσεις μεγάλες ή μικρές ανεξάρτητα από την όποια προσπάθεια καταβάλλεται για να απαλειφθούν.
 - Οι διακυμάνσεις των χαρακτηριστικών ποιότητας προκαλούνται από ένα σύνολο παραγόντων (εξωγενών ή ενδογενών) που επηρεάζουν άμεσα τις εκροές των διαδικασιών παραγωγής.



Τυχαίες ή Φυσικές διακυμάνσεις

- Οι Τυχαίες ή Φυσικές διακυμάνσεις εκφράζουν την φυσική συμπεριφορά των παραγωγικών διαδικασιών και συνδέονται με τους συνηθισμένους παράγοντες που επηρεάζουν σχεδόν κάθε στοιχείο μιας παραγωγικής διαδικασίας.
- Οι τυχαίες διακυμάνσεις μπορούν γενικά να περιγράψουν στατιστικά !!!
- Θεωρώντας ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό ποιότητας ως μία τυχαία μεταβλητή, μπορούμε γενικά να καθορίσουμε:
 - Την στατιστική κατανομή της, που εκφράζει την συχνότητα με την οποία εμφανίζονται οι διάφορες τιμές
 - Την μέση τιμή της (μέσος όρος μετρήσεων)
 - Την διασπορά της (πόσο απέχουν οι επιμέρους μετρήσεις από την μέση τιμή)

-
- Τα χαρακτηριστικά ποιότητας συνήθως μετρούνται:
 - Ως συνεχείς μεταβλητές (μέτρηση με συνεχή κλίμακα)
 - Με βάση το κατά πόσο καλύπτουν τις τιθέμενες προδιαγραφές (μέτρηση με ιδιότητες)

Σχετικές κατανομές

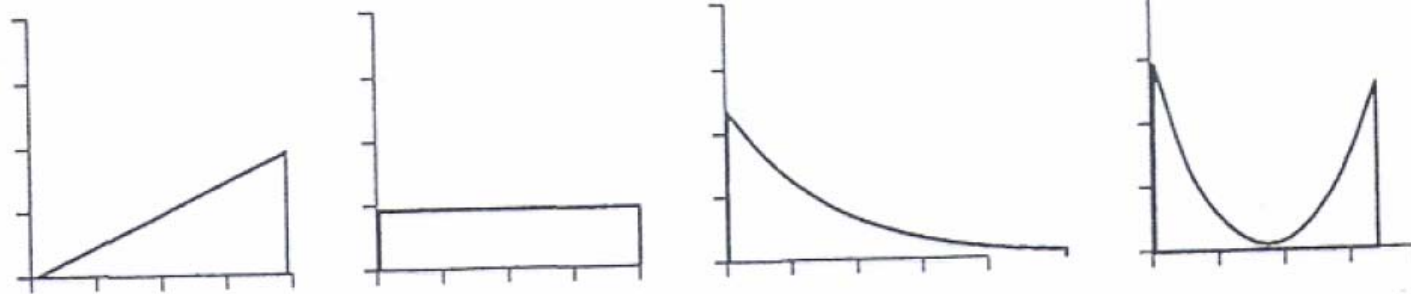
- Η κατανομή των τυχαίων μεταβλητών που εκφράζουν τα χαρακτηριστικά ποιότητας, ανάλογα με την κλίμακα μέτρησης, είναι:
 - Διακριτές κατανομές
 - Συνεχείς κατανομές
- Οι διακριτές κατανομές αφορούν χαρακτηριστικά ποιότητας που μετρούνται με ιδιότητες (π.χ ποσοστό ελαττωματικών, αριθμός ελαττωμάτων ανά μονάδα προϊόντος).
- Συνηθισμένες κατανομές:
 - Δυωνυμική κατανομή
 - Κατανομή Poisson
- Οι συνεχείς κατανομές αφορούν χαρακτηριστικά ποιότητας που μετρούνται σε συνεχή κλίμακα (π.χ. διάμετρος ενός άξονα). Κύρια κατανομή για τέτοιες μετρήσεις η κανονική κατανομή.

Σχετικές κατανομές (2)

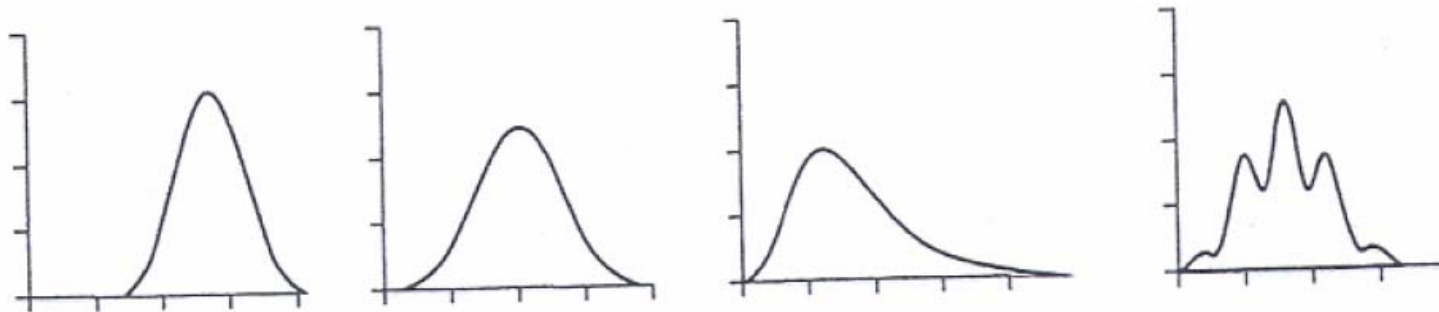
- Ο ρόλος της κανονικής κατανομής στον έλεγχο ποιότητας είναι ιδιαίτερα σημαντικός λόγω του Κεντρικού Οριακού Θεωρήματος της στατιστικής.
- Κεντρικό Οριακό Θεώρημα: Η κατανομή του αθροίσματος N ανεξάρτητων τυχαίων μεταβλητών ταυτόσημα κατανεμημένων (με οποιαδήποτε κατανομή), προσεγγίζει την Κανονική κατανομή καθώς το N τείνει προς το άπειρο.
- Με δεδομένο ότι σε πολλές περιπτώσεις ποιοτικού ελέγχου χρησιμοποιούνται δείγματα, το Κ.Ο.Θ. μας επιτρέπει να γνωρίζουμε την κατανομή του μέσου όρου του δείγματος ανεξάρτητα από την κατανομή του ελεγχόμενου χαρακτηριστικού ποιότητας.

Το Κεντρικό Οριακό Θεώρημα (Κ.Ο.Θ.)

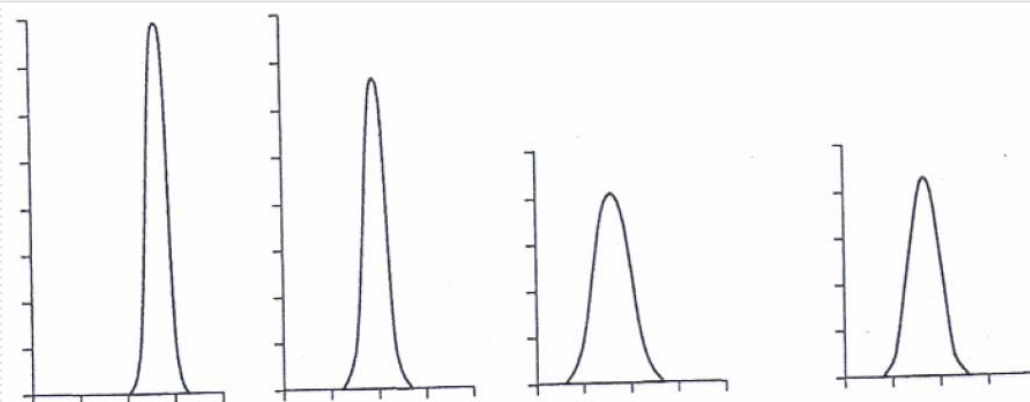
- Αν από έναν πληθυσμό που ακολουθεί **οποιαδήποτε κατανομή** με μέση τιμή μ και διασπορά σ^2 , επιλέξουμε τυχαία δείγματα μεγέθους n και υπολογίσουμε τους μέσους τους, τότε, για μεγάλα n (θεωρητικά $n \rightarrow \infty$) η κατανομή αυτών των μέσων (των δειγματικών) είναι κατά προσέγγιση κανονική κατανομή με μέση τιμή επίσης μ και διασπορά σ^2/n .
- Έτσι, αν για παράδειγμα, θεωρήσουμε τις παρακάτω κατανομές τεσσάρων πληθυσμών



- τότε, οι κατανομές των δειγματικών μέσων είναι αντίστοιχα, για $n = 4$:



- και για $n = 25$:



Παραδοσιακή Προσέγγιση

Εξάλειψη μόνο των ΜΗ ΤΥΧΑΙΩΝ διακυμάνσεων

Διοίκηση Ολικής Ποιότητας

Εξάλειψη ΟΛΩΝ των διακυμάνσεων



μη τυχαίες ή μη φυσικές διακυμάνσεις

- Οι μη τυχαίες ή μη φυσικές διακυμάνσεις είναι αυτές που δεν μπορούν να ερμηνευτούν με βάση την στατιστική και αποδίδονται σε ειδικές εξηγήσιμες αιτίες.

- Από την στιγμή που εντοπιστούν, η εξουδετέρωση των μη τυχαίων διακυμάνσεων γίνεται με την απάλειψη των αιτιών που τις δημιουργήσαν. Αυτό υλοποιείται από:
 - Τους εργαζόμενους στην παραγωγική διαδικασία
 - Τα διοικητικά στελέχη

- Παρατήρηση
- Η παρουσία μη τυχαίων διακυμάνσεων σε μια παραγωγική διαδικασία υποδηλώνει ότι η διαδικασία δεν βρίσκεται σε σταθερή κατάσταση (για να σταθεροποιηθεί, απαιτείται κάποια εξωτερική παρέμβαση).
- Οι χάρτες ποιοτικού έλεγχου χρησιμεύουν στον έγκαιρο εντοπισμό της παρουσίας κάποιων μη τυχαίων διακυμάνσεων για την αποτελεσματική αντιμετώπισή τους.

-
- Παραδείγματα αιτιών μη τυχαίων διακυμάνσεων:
 - Καταστροφή κοπτικού εργαλείου τορναρίσματος.
 - Χρήση παρτίδας υλικών ακατάλληλων (εκτός προδιαγραφών)
 - Κακή ρύθμιση μηχανής

Πληροφορίες ποιότητας

- Απαραίτητη προϋπόθεση για τον σχεδιασμό ενός συστήματος ελέγχου ποιότητας είναι η γνώση των εξής παραγόντων:
- Τεχνικές προδιαγραφές
- Απόδοση των παραγωγικών διαδικασιών
- Αν οι φυσικές διακυμάνσεις κάποιας διαδικασίας υπερκαλύπτουν τις προδιαγεγραμμένες ανοχές, κανένα σύστημα ελέγχου δεν θα αποτρέψει την παραγωγή μεγάλου ποσοστού ελαττωματικών.

Ικανότητα Παραγωγικής Διαδικασίας

- Πληροφορίες σχετικά με την απόδοση της παραγωγικής διαδικασίας συγκεντρώνονται μετά από αναλυτική μελέτη, αφού απαλειφθούν όλες οι μη τυχαίες διακυμάνσεις της διαδικασίας.
- Η σχετική μελέτη είναι γνωστή ως Μελέτη Παραγωγικής Διαδικασίας (Process Capability Study) και αποβλέπει στην εκτίμηση της κατανομής και των παραμέτρων των κρίσιμο)ν χαρακτηριστικών ποιότητας που εξαρτώνται από τη διαδικασία.

Ικανότητα Παραγωγικής Διαδικασίας (2)

- Η μελέτη γίνεται μέσω δειγματοληψίας (βασισμένης στις αρχές της στατιστικής) και μας δίνει πληροφορίες σχετικά με τη:
 - Μέση τιμή των χαρακτηριστικών ποιότητας
 - Σταθερή απόκλιση των χαρακτηριστικών ποιότητας

- Μία μελέτη ικανότητας της παραγωγικής διαδικασίας περιλαμβάνει συνήθως τις ακόλουθες ενέργειες:
 - Επιλογή αντιπροσωπευτικού εξοπλισμού
 - Καθορισμό συνθηκών διαδικασίας
 - Επιλογή αντιπροσωπευτικού χειριστή
 - Εξασφάλιση τυπικών υλικών
 - Καθορισμό μεθόδου μέτρησης
 - Καθορισμό μεθόδου δειγματοληψίας/καταγραφής μετρήσεων

-
- Ο λόγος του εύρους ανοχών προς 6 τυπικές αποκλίσεις ενός χαρακτηριστικού ποιότητας.

$$C = \frac{(UTL - LTL)}{6\sigma}$$

- όπου:
 - UTL: άνω όριο ανοχών
 - LTL: κάτω όριο ανοχών
 - σ : τυπική απόκλιση χαρακτηριστικού
-
- Αν $C < 1$, τότε ένα ποσοστό της παραγωγής θα είναι αναπόφευκτα σκάρτο.
-
- Υπάρχουν δύο λύσεις για την υπέρβαση του προβλήματος:
 - Μείωση των διακυμάνσεων της διαδικασίας
 - Αλλαγή προδιαγραφών σχεδιασμού

Ικανότητα Διαδικασίας

- Είναι το εύρος μέσα στο οποίο παρατηρείται η φυσική διακύμανση της διαδικασίας - όπως μπορεί να προδιορισθεί από τους κοινούς παράγοντες της διακύμανσης - δηλαδή, τι μπορεί να πετύχει μια διαδικασία κάτω από συνθήκες σταθερότητας.
- Η γνώση της ικανότητας της διαδικασίας επιτρέπει την ποσοτικοποιημένη πρόβλεψη του πόσο καλά η διαδικασία ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές και για το προσδιορισμό του ελέγχου.

Μελέτη της Ικανότητας της διαδικασίας

- Είναι μία προσεκτικά σχεδιασμένη μελέτη η οποία σχεδιάστηκε για την άντληση συγκεκριμένης πληροφορίας για την απόδοση της διαδικασίας κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας. Τυπικές ερωτήσεις σ' αυτή την κατεύθυνση είναι:
 1. Που επικεντρώνεται η διαδικασία;
 2. Πόση είναι διακύμανση της διαδικασίας;
 3. Η απόδοση της διαδικασίας συμφωνεί με τις προδιαγραφές;
 4. Ποιο ποσοστό του αποτελέσματος πληρεί τις προδιαγραφές;
 5. Ποιοι παράγοντες συνεισφέρουν στην διακύμανση;

Μελέτη της Ικανότητας της διαδικασίας (2)

- Μερικοί λόγοι για τη διενέργεια Μελέτης της Ικανότητας της διαδικασίας είναι:
 1. Για τον προσδιορισμό μιας βάσης της απόδοσης της διαδικασίας
 2. Για την εύρεση προτεραιοτήτων στην βελτίωση της ποιότητας
 3. Για τη παροχή στατιστικών αποδείξεων της ποιότητας στους εμπλεκόμενους φορείς

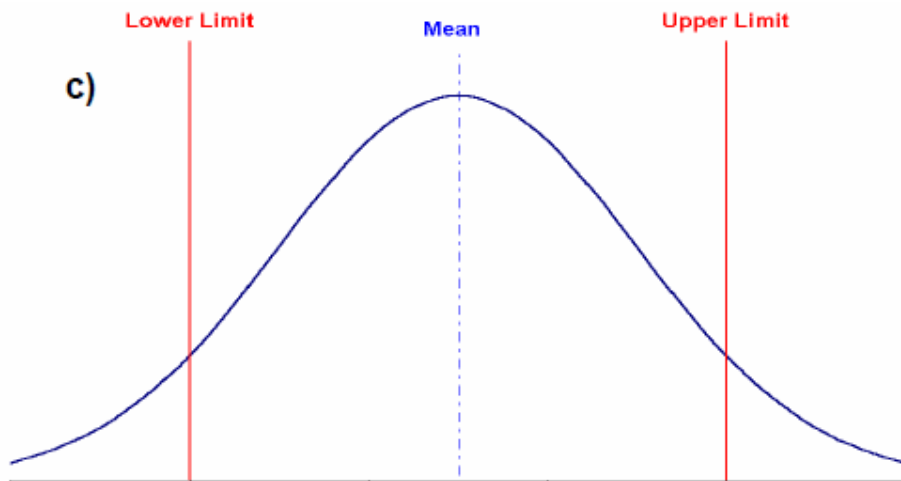
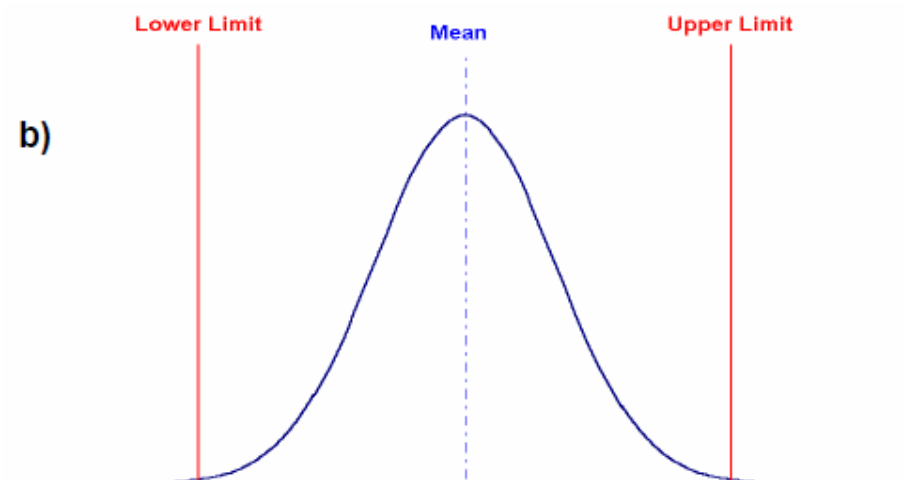
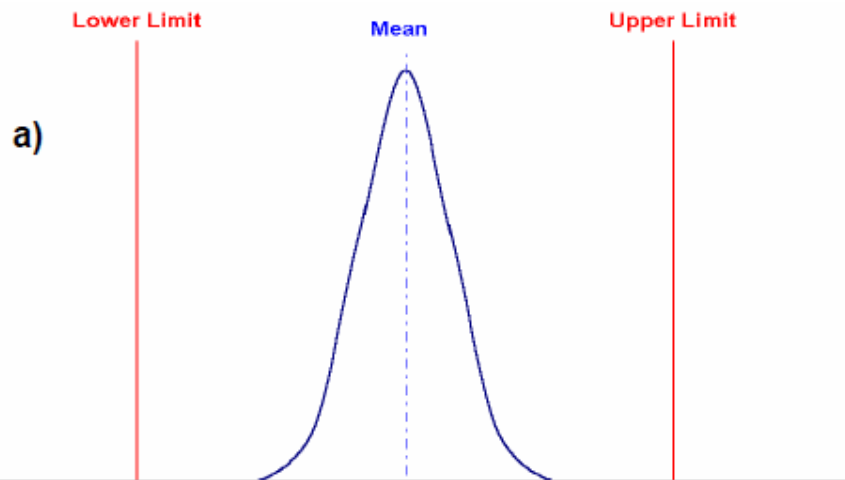
Μελέτη της Ικανότητας της διαδικασίας (3)

□ Τρεις είναι οι τύποι των μελετών:

1. Μελέτη κορυφαίας απόδοσης: πως αποδίδει η διαδικασία κάτω από ιδανικές συνθήκες
2. Μελέτη χαρακτηρισμού διαδικασίας: Πως αποδίδει η διαδικασία κάτω από πραγματικές συνθήκες λειτουργίας
3. Μελέτη διακύμανσης των συστατικών μερών της διαδικασίας: προσδιορίζει τη σχετική συνεισφορά διαφορετικών πηγών της συνολικής διακύμανσης

Μελέτη της Ικανότητας της διαδικασίας (4)

- Βήματα Μελέτης της Ικανότητας της διαδικασίας:
 1. Επιλογή τμήματος της διαδικασίας
 2. Προσδιορισμός συνθηκών της διαδικασίας
 3. Επιλογή αντιπροσωπευτικού εργαζομένου
 4. Παροχή κατάλληλων εργαλείων τα οποία δεν θα εμποδίσουν τη διαδικασία
 5. Προσδιορισμός μεθοδολογίας μετρήσεως
 6. Παροχή μεθόδου καταγραφής μετρήσεων και κατάστασης
- Δύο στατιστικές τεχνικές χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της Ικανότητας της διαδικασίας: Σχετικές συχνότητες - ιστογράμματα και διαγράμματα ελέγχου



- a) Process is highly capable
- b) Process is marginally capable
- c) Process is not capable

Δείκτες Ικανότητας της διαδικασίας

- Ο δείκτης της ικανότητας της διαδικασίας C_p είναι ο δείκτης του εύρους των προδιαγραφών προς τις φυσικές ανοχές της διαδικασίας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέσπιση στόχων και βελτιώσεων.
- Ο C_p συσχετίζει τη φυσική διακύμανση της διαδικασίας με τις σχεδιαστικές προδιαγραφές σε μία ποσοτική μέτρηση.
- Σε αριθμητικούς όρους ο C_p υπολογίζεται από:

$$C_p = \frac{UTL - LTL}{6\sigma}$$

- Όπου: UTL =άνω όριο ανοχών
- LTL = κάτω όριο ανοχών
- σ = τυπική απόκλιση της διαδικασίας

Δείκτες Ικανότητας της διαδικασίας (2)

- Σχετικά με τους Δείκτες Ικανότητας της διαδικασίας πρέπει να προσεχθούν 2 σημαντικά γεγονότα:
 1. Ο υπολογισμός του C_p δεν έχει νόημα εάν η διαδικασία δεν είναι κάτω από στατιστικό έλεγχο
 2. Όταν ο $C_p = 1$ σημαίνει ότι η διαδικασία εξελίσσεται γύρω από την περιοχή του κέντρου των ανοχών

Δείκτες Ικανότητας της διαδικασίας (3)

- Τιμές του δείκτη C_p μικρότερες από τη μονάδα σημαίνουν ότι το εύρος των προδιαγραφών UTL & LTL είναι μικρότερο από το εύρος των φυσικών ορίων ανοχών με αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλου ποσοστού προϊόντων εκτός προδιαγραφών. Όταν μόνο κάτω ή άνω όριο προδιαγραφών ο δείκτης είναι:

- $C_{pu} = \frac{UTL - \mu}{3\sigma}$ Κάτω όριο προδιαγραφών

- $C_{pl} = \frac{\mu - LTL}{3\sigma}$ Άνω όριο προδιαγραφών

- Όταν η μέση τιμή της διαδικασίας διαφέρει από το μέσο του διαστήματος των προδιαγραφών η ικανότητα της διαδικασίας εκφράζεται από το δείκτη: $C_{pk} = \min(C_{pl}, C_{pu})$

Δείκτες Ικανότητας της διαδικασίας (4)

- Ένας άλλος εναλλακτικός δείκτης είναι

$$C_{pk} = C_p (1 - k)$$

- Όπου $k = 2 | \text{mean} - \text{target} | / \text{tolerance}$

- Ένας ακόμη δείκτης που έχει προταθεί είναι:

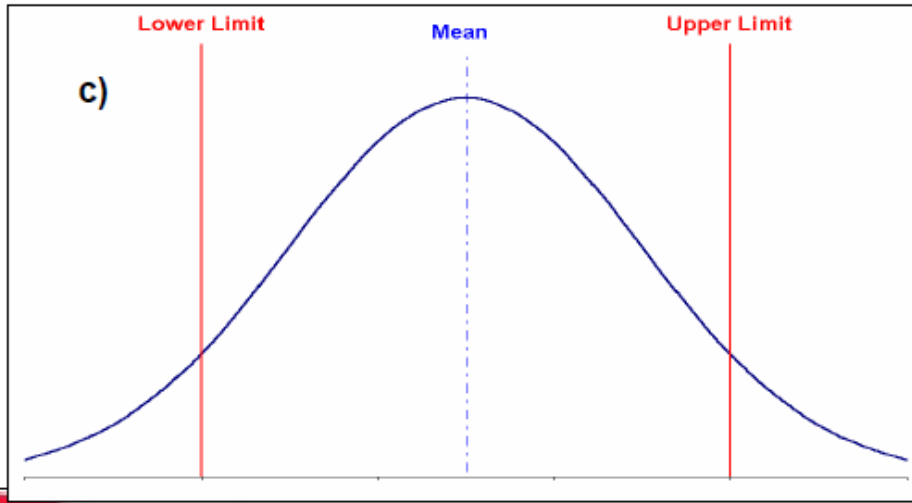
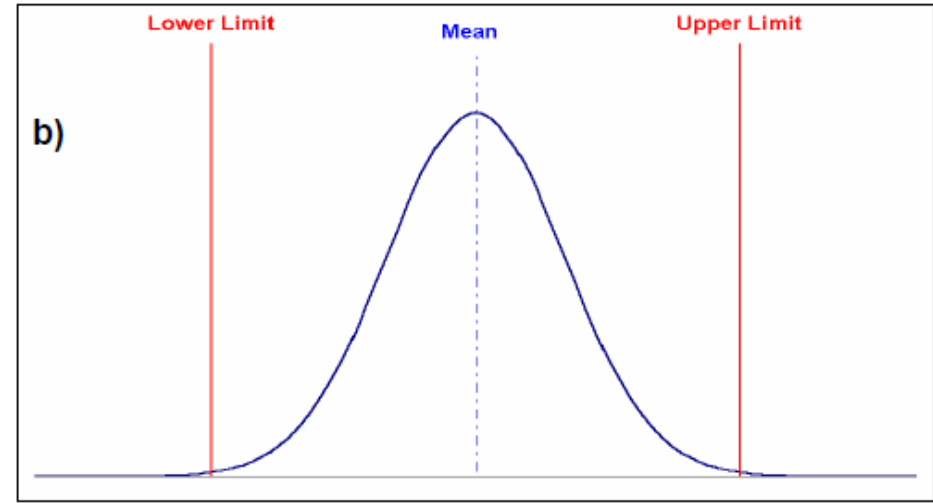
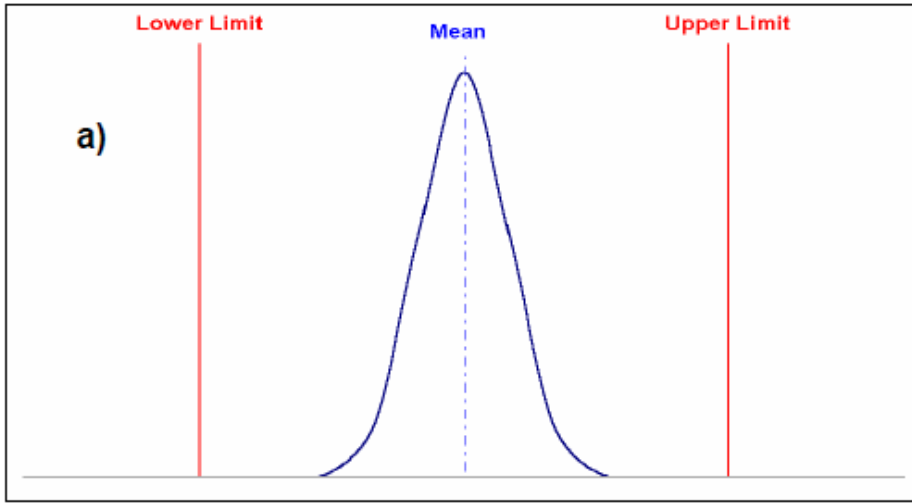
$$C_{pm} = C_p / \sqrt{1 + (\text{mean} - \text{target})^2 / \sigma^2}$$

- Χρησιμοποιείται όταν η επιθυμητή τιμή (target) δεν ταυτίζεται με το μέσο του διαστήματος προδιαγραφών (mean)

Δείκτες Ικανότητας της διαδικασίας (5)

- Σημείωση το διάστημα εμπιστοσύνης για τον C_{pk} μπορεί να οριστεί από:

$$C_{pk} \pm z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{9n} + \frac{C_{pk}^2}{2n-2}}$$

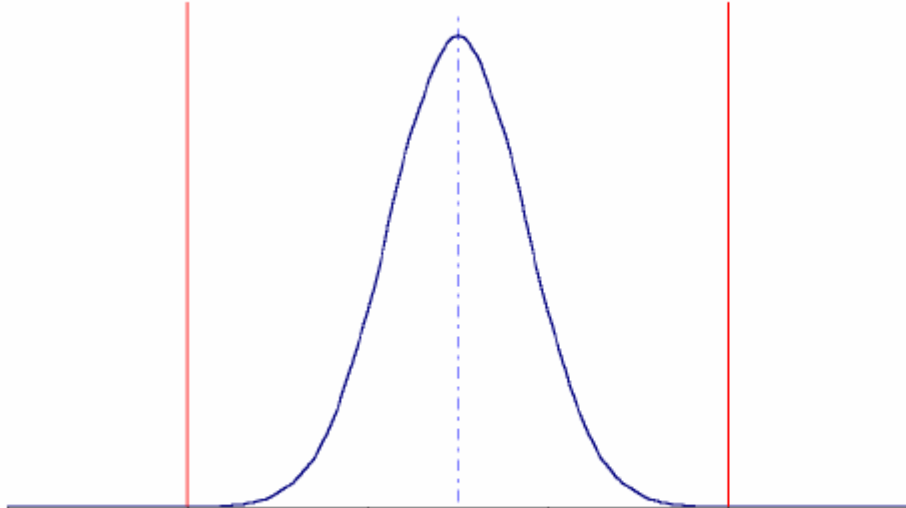


a) Process is highly capable ($C_p > 2$)

b) Process is capable ($C_p = 1$ to 2)

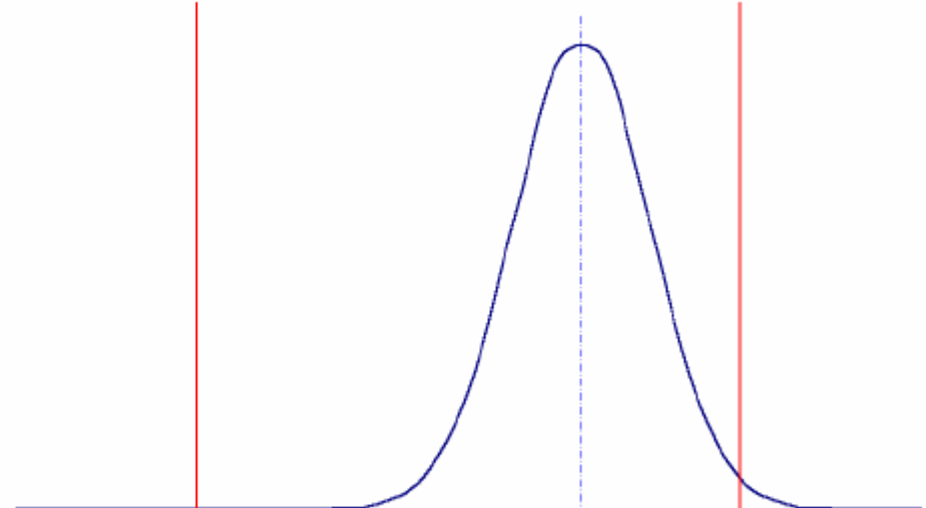
c) Process is not capable ($C_p < 1$)

Lower Limit Mean Upper Limit

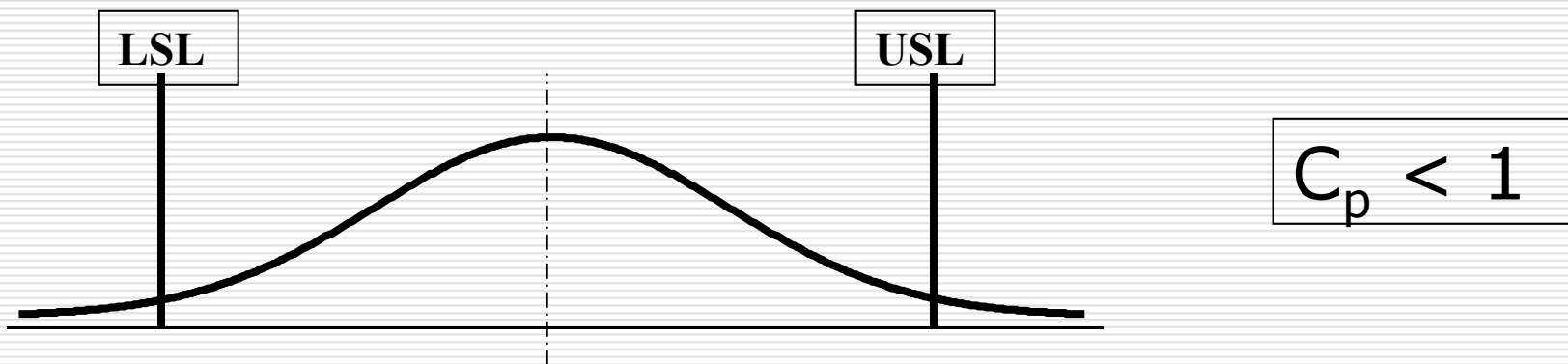
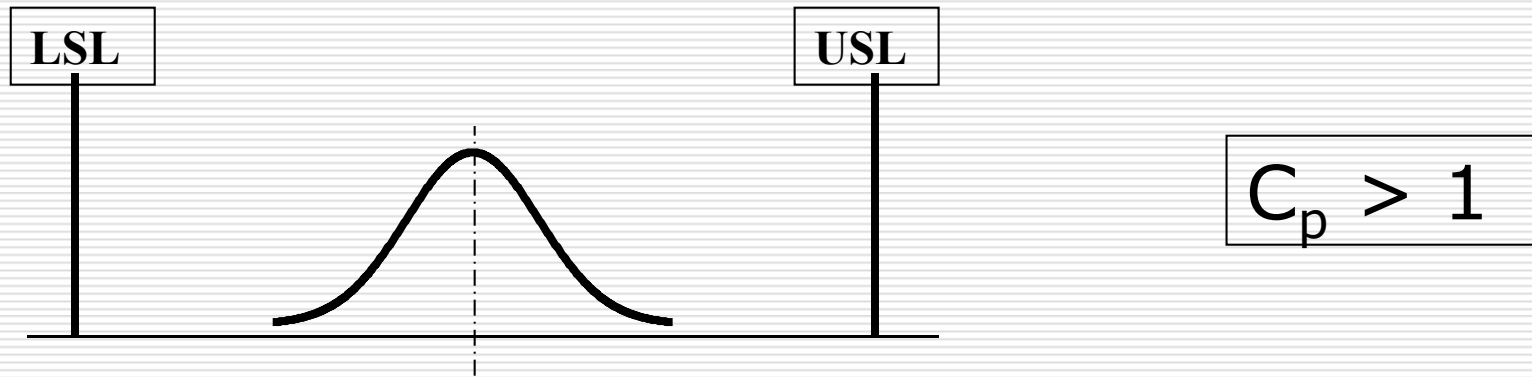
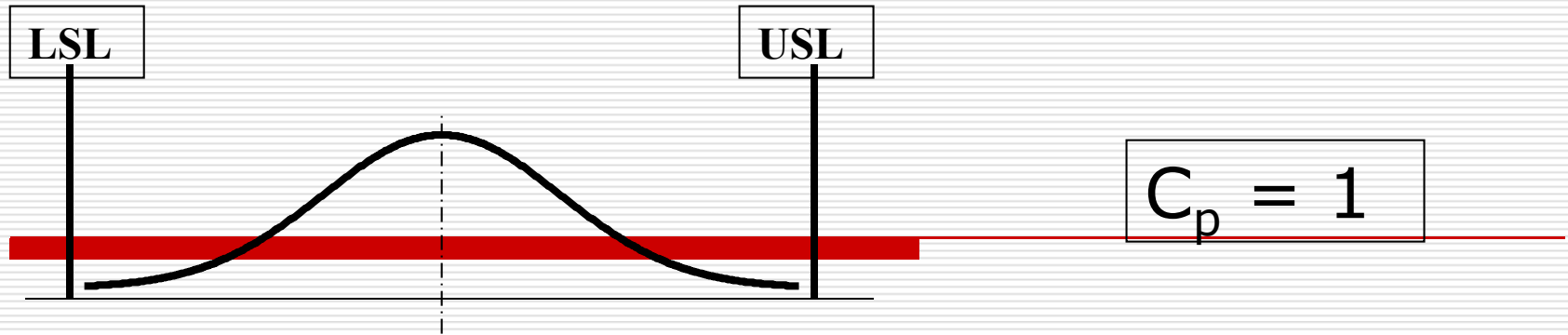


Process is centered

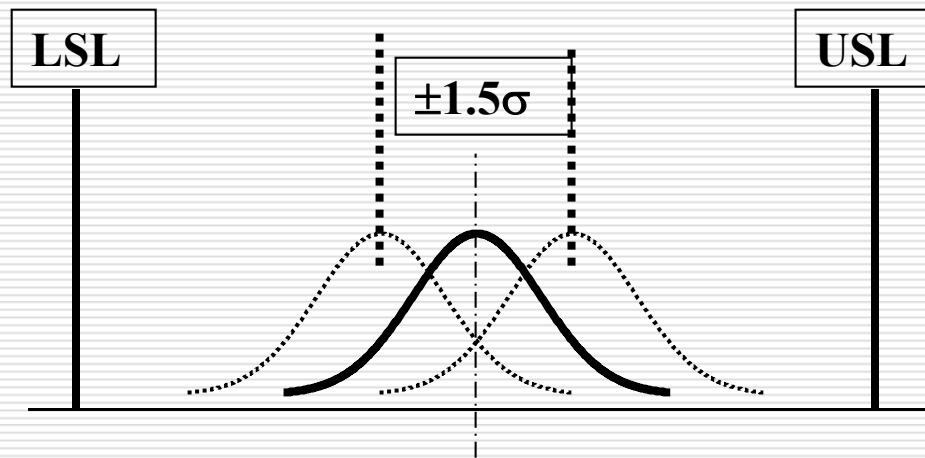
Lower Limit Mean Upper Limit



Process is not centered



Motorola Six Sigma Process Capability



$C_p = 2.0 \longrightarrow .54 \text{ ppm}$

$C_{pk} = 1.5 \longrightarrow 3.4 \text{ ppm}$

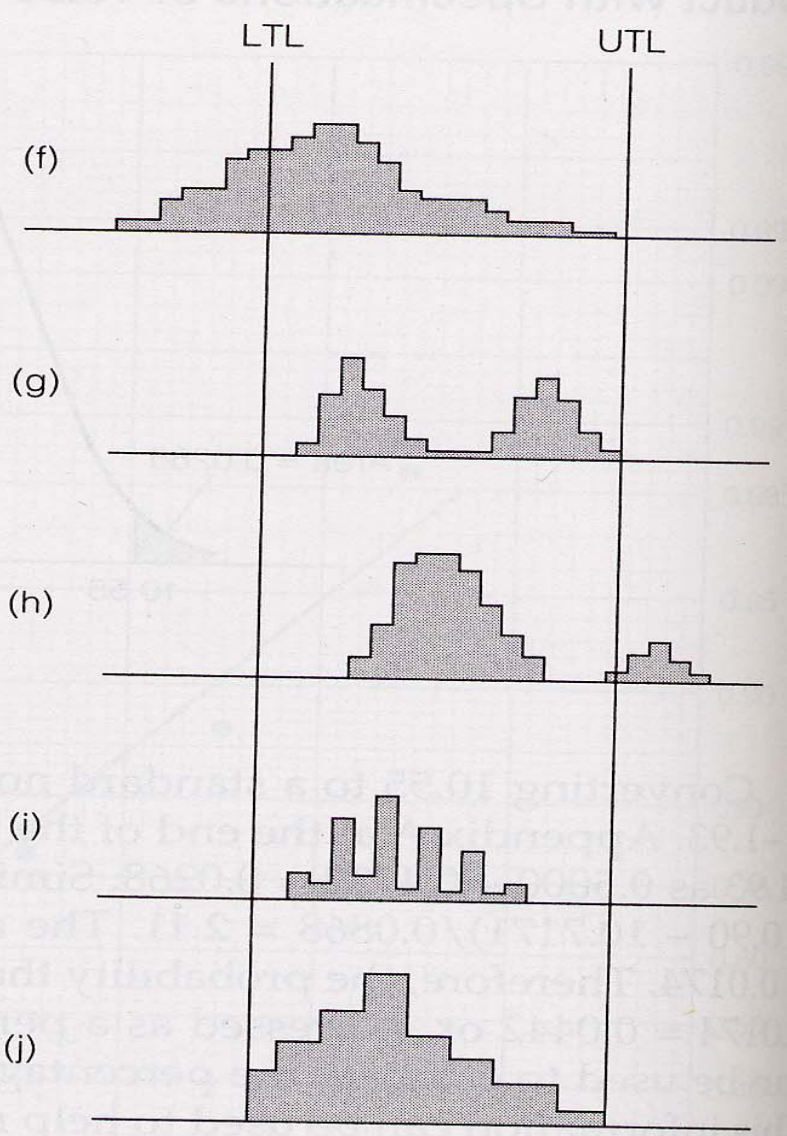
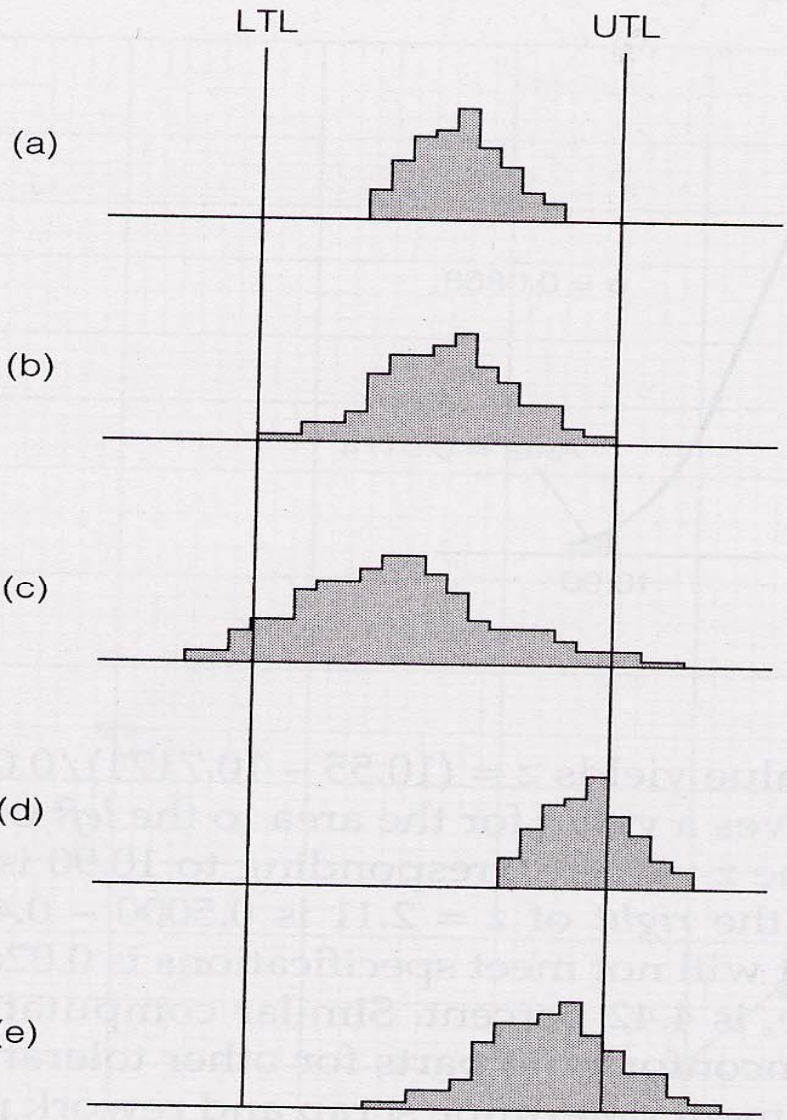


Figure 9.21 Off-Center Process; $C_{pk} = 1.66$, $C_{pm} = 0.84$

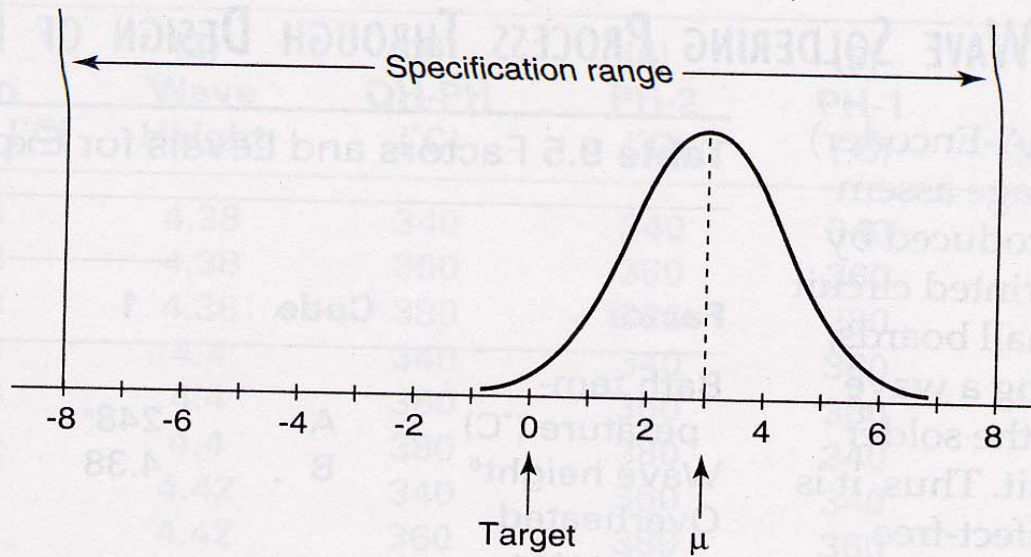
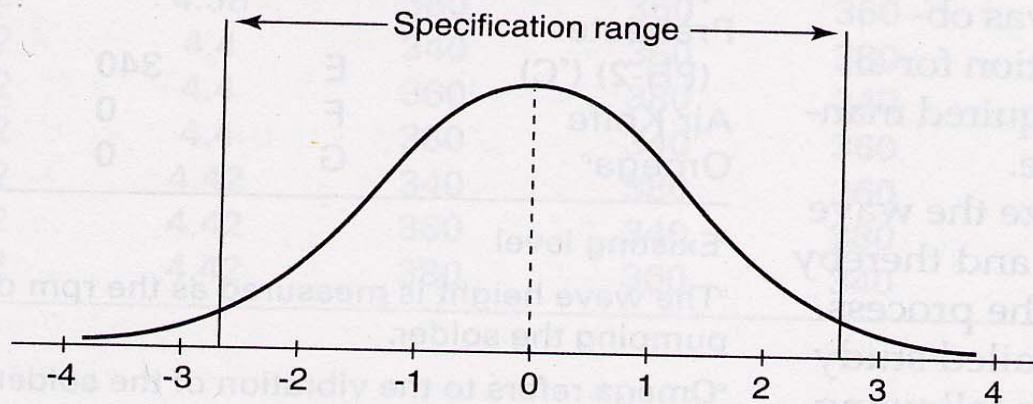
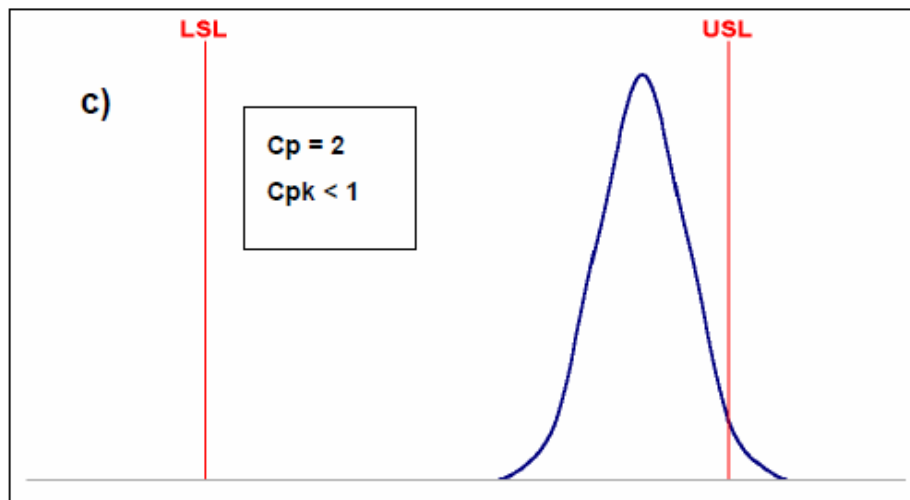
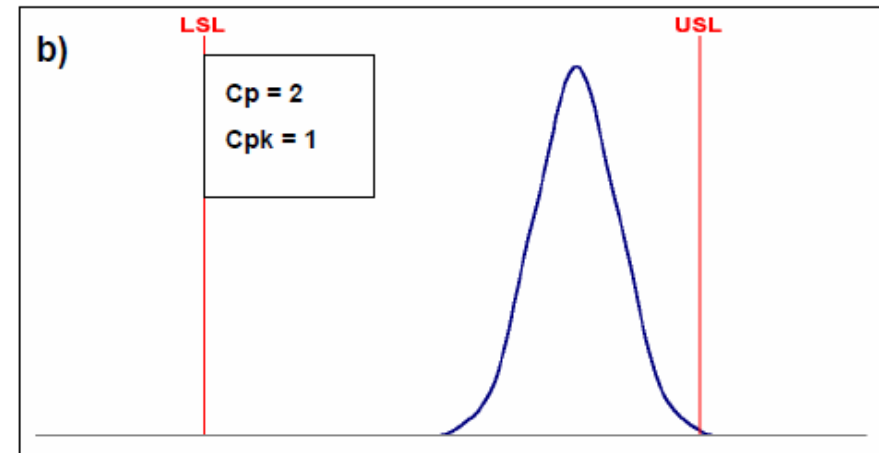
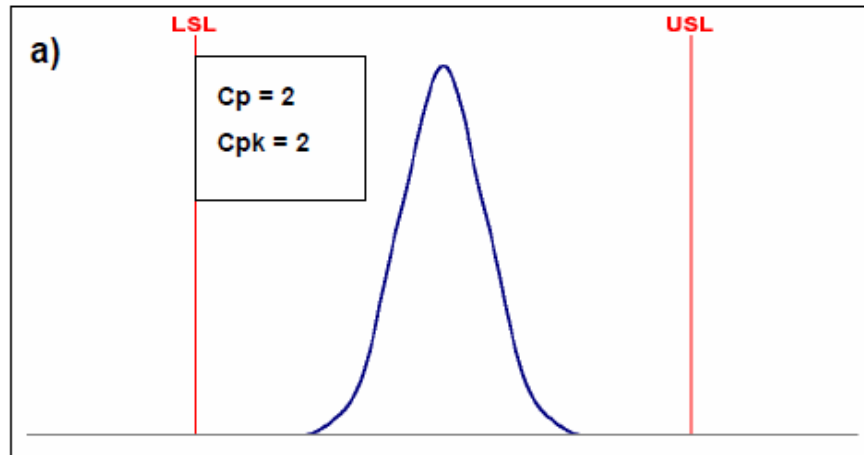


Figure 9.22 Centered Process; $C_{pk} = 0.9$, $C_{pm} = 0.9$





- a) Process is highly capable ($C_{pk} > 1.5$)
- b) Process is capable ($C_{pk} = 1$ to 1.5)
- c) Process is not capable ($C_{pk} < 1$)

Example 1

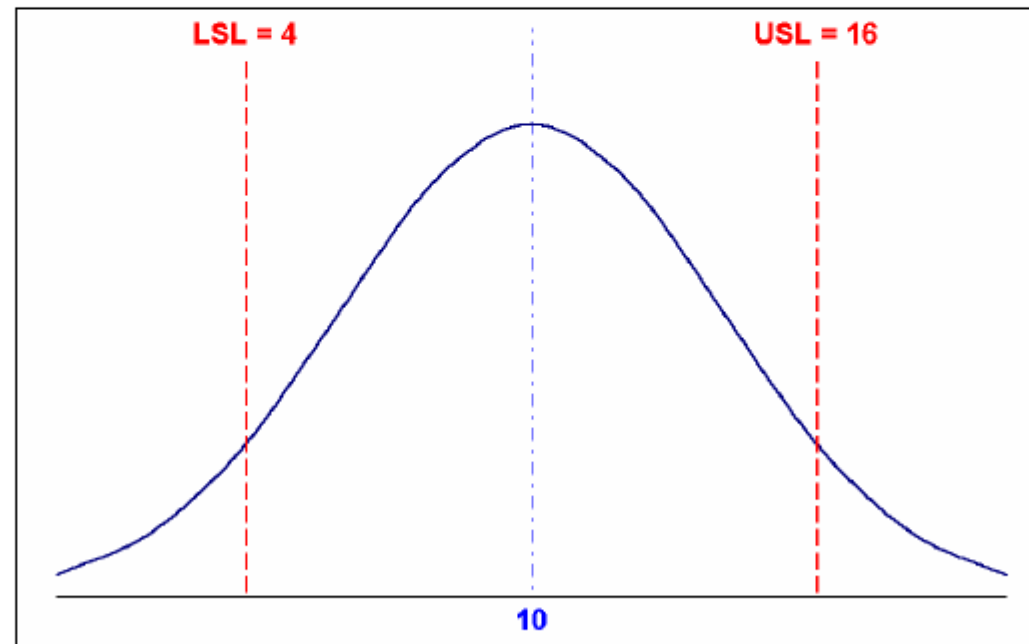
Specification Limits : 4 to 16 g

| Machine | Mean | Std Dev |
|----------------|-------------|----------------|
| (a) | 10 | 4 |
| (b) | 10 | 2 |
| (c) | 7 | 2 |
| (d) | 13 | 1 |

Determine the corresponding C_p and C_{pk} for each machine.

Example 1A

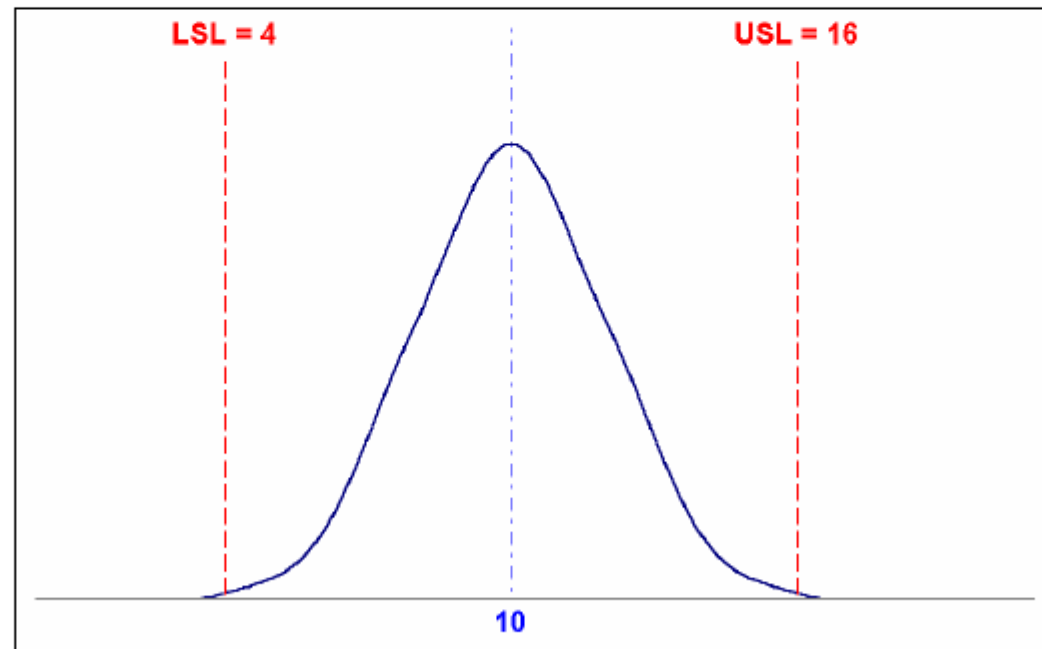
$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{16 - 4}{6(4)} = 0.5$$



$$C_{pk} = \text{Min} \left\{ \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right\} = \text{Min} \left\{ \frac{16 - 10}{3(4)}, \frac{10 - 4}{3(4)} \right\} = 0.5$$

Example 1B

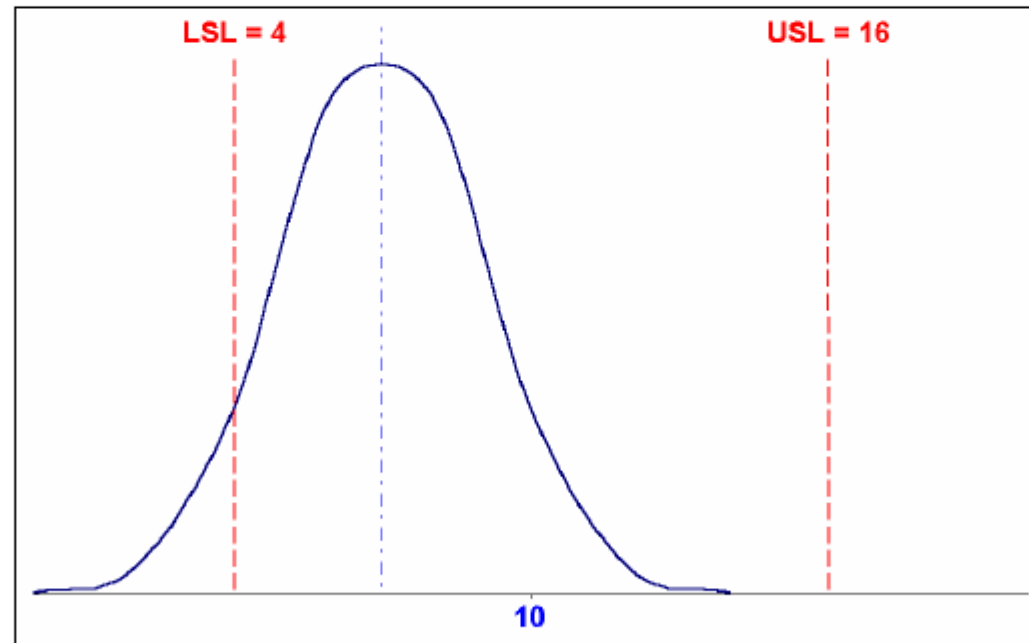
$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{16 - 4}{6(2)} = 1.0$$



$$C_{pk} = \text{Min} \left\{ \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right\} = \text{Min} \left\{ \frac{16 - 10}{3(2)}, \frac{10 - 4}{3(2)} \right\} = 1.0$$

Example 1C

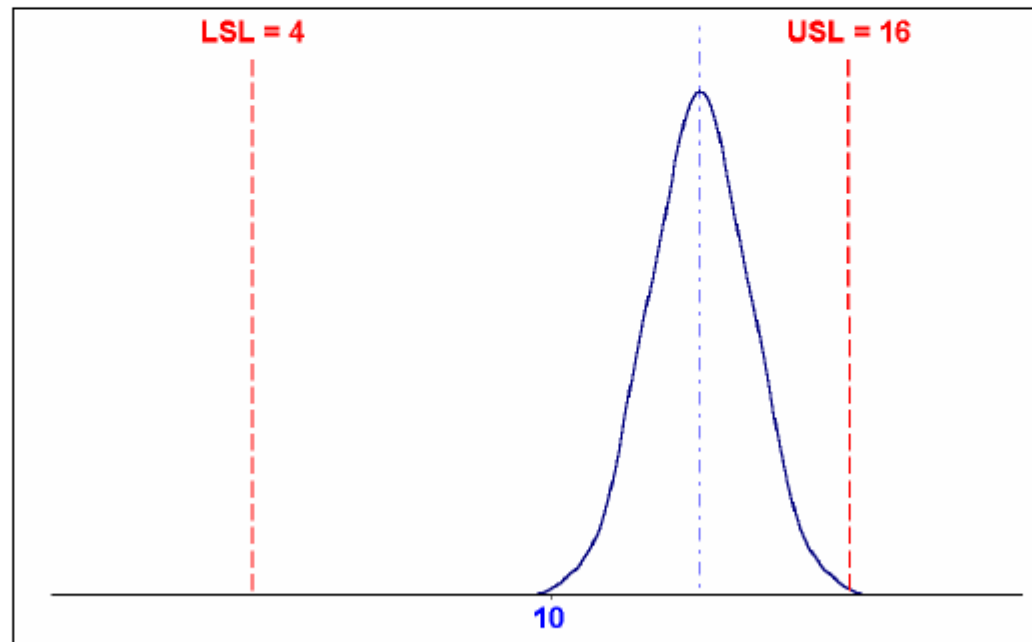
$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{16 - 4}{6(2)} = 1.0$$



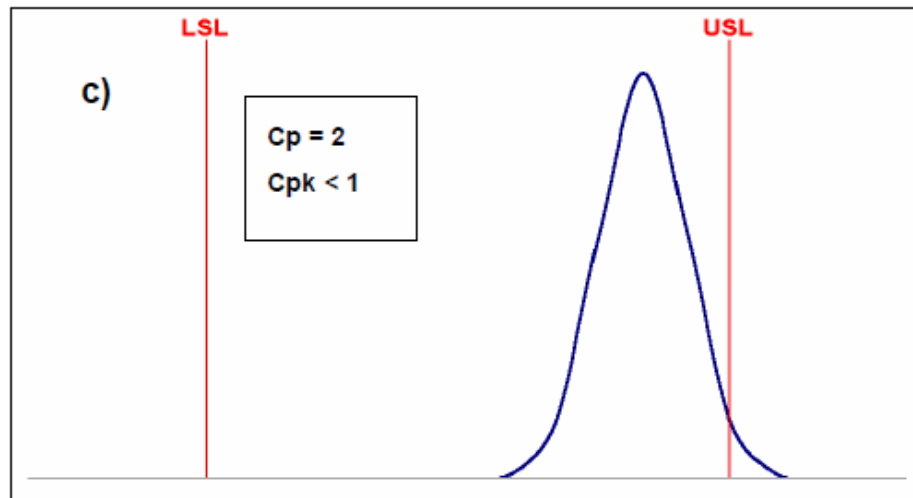
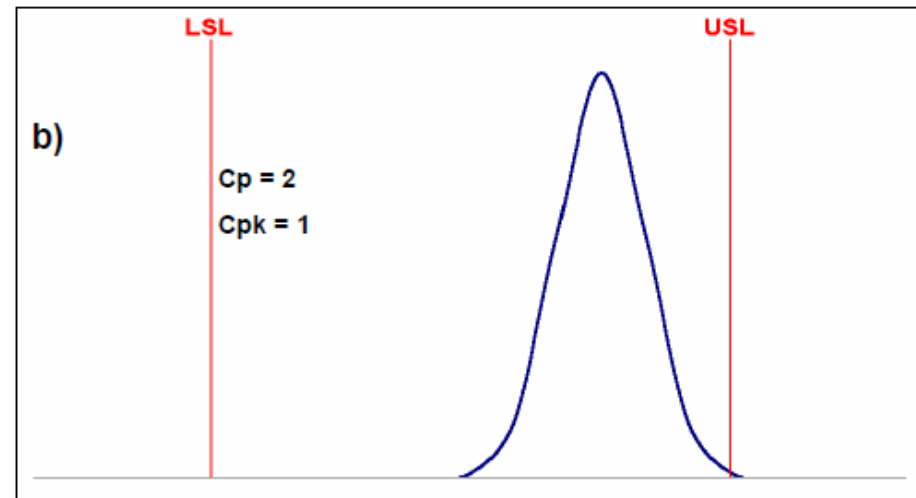
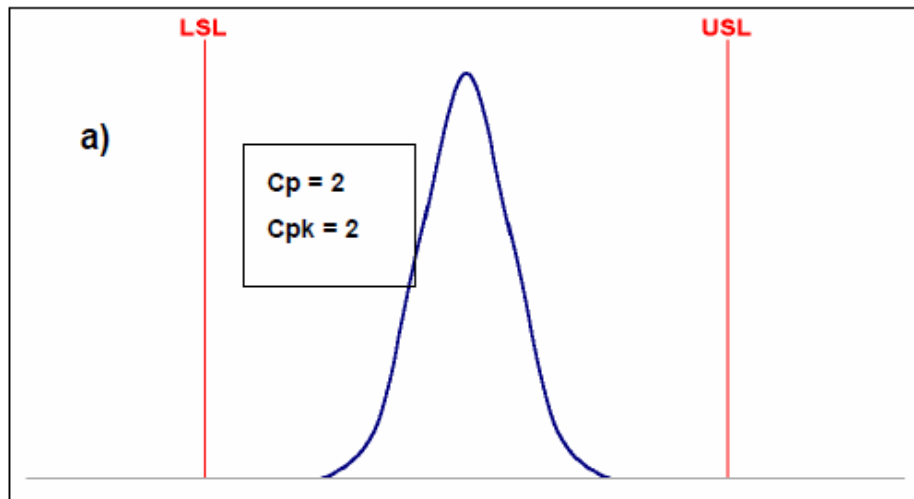
$$C_{pk} = \text{Min} \left\{ \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right\} = \text{Min} \left\{ \frac{16 - 7}{3(2)}, \frac{7 - 4}{3(2)} \right\} = 0.5$$

Example 1D

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{16 - 4}{6(1)} = 2.0$$

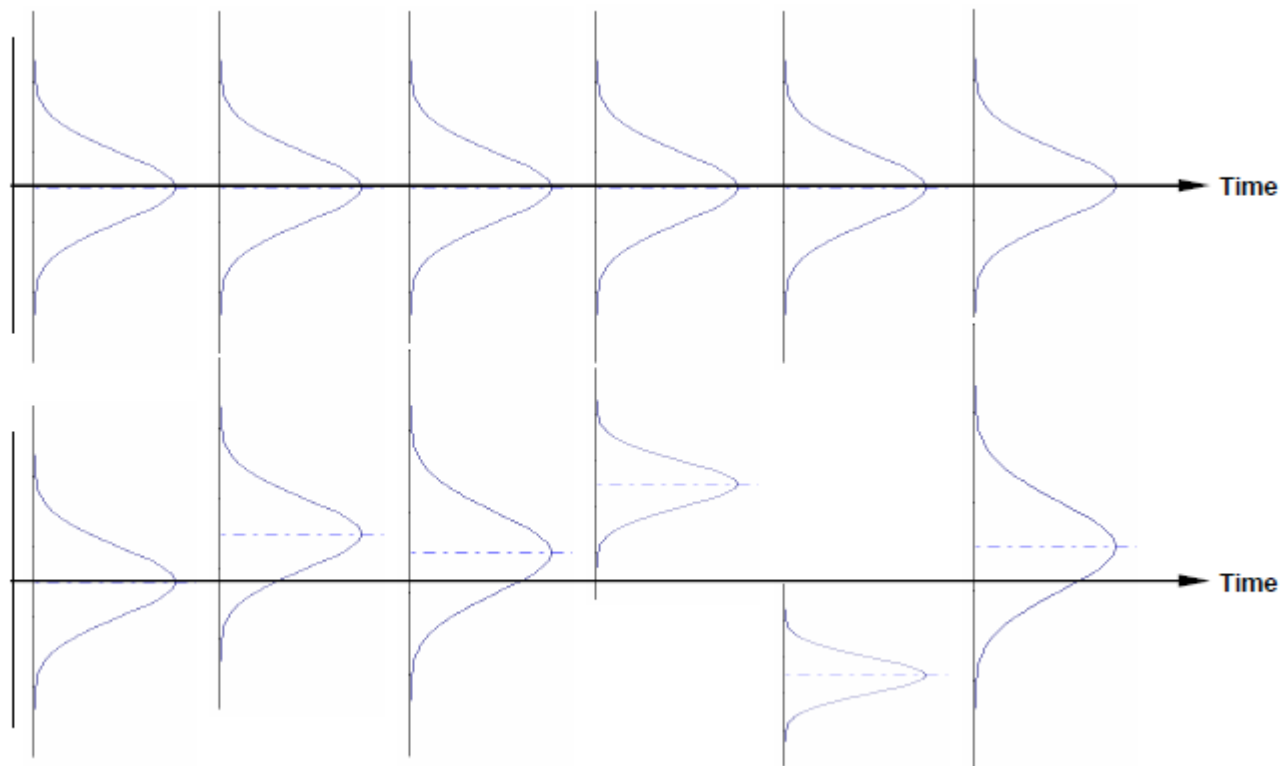


$$C_{pk} = \text{Min} \left\{ \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right\} = \text{Min} \left\{ \frac{16 - 13}{3(1)}, \frac{13 - 4}{3(1)} \right\} = 1.0$$



$C_p - C_{pk} \equiv$ Missed Opportunity

Stable Process



Unstable Process

Τρόποι παρέμβασης

- Υπάρχουν 2 γενικοί τρόποι με τους οποίους ένα σύστημα ελέγχου ποιότητας παρεμβαίνει για την διασφάλιση των χαρακτηριστικών ποιότητας
 - Με τον άμεσο έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας κατά την διάρκεια που αυτή υλοποιείται
 - Με τον έλεγχο εκροών μιας διαδικασίας (έλεγχος αποδοχής)

Τρόποι παρέμβασης – έλεγχος παραγωγικής διαδικασίας

- Ορισμός:
 - Ως έλεγχος παραγωγικής διαδικασίας ορίζεται η συνεχής παρακολούθηση της με στόχο την έγκαιρη διορθωτική παρέμβαση σε περίπτωση που διαπιστωθεί κάποιο πρόβλημα ποιότητας.

- Η συγκεκριμένη μεθοδολογία ελέγχου παραγωγικών διαδικασιών που εφαρμόζεται κάθε φορά εξαρτάται από την φύση της παραγωγικής διαδικασίας. Συνήθους χρησιμοποιείται:
 - 100% έλεγχος για προϊόντα που παράγονται σε μικρές ποσότητες
 - Δειγματοληπτικός έλεγχος, για προϊόντα μαζικής παραγωγής

-
- Για την εφαρμογή αποτελεσματικού δειγματοληπτικού ελέγχου διαδικασιών απαιτείται η εφαρμογή των αρχών της στατιστικής, με βάση τις οποίες έχουν αναπτυχθεί συγκεκριμένες μεθοδολογίες έλεγχου (statistical process control-SPC), όπως:
 - Ο Στατιστικός Χάρτης ελέγχου ποιότητας
 - Διαγράμματα σωρευτικών αθροιστών (Cumulative Sum-CuSum)
 - Προϋπόθεση για την εφαρμογή SPC είναι η γνώση των χαρακτηριστικών των " τυχαίων διακυμάνσεων της παραγωγικής διαδικασίας.

Τρόποι παρέμβασης – έλεγχος εκροών

- Ο έλεγχος εκροών στοχεύει στην αποδοχή ή απόρριψη των προϊόντων μίας διαδικασίας μετά την υλοποίηση της.

| Έλεγχος αποδοχής - απόρριψης | |
|---|---|
| Πότε χρησιμοποιείται ??? | Παραδείγματα Εφαρμογής |
| Όταν δεν είναι οικονομικά σκόπιμος ο άμεσος έλεγχος της διαδικασίας. | Αποδοχή ή απόρριψη παραλαμβανόμενης παρτίδας υλικών από προμηθευτή. |
| Όταν δεν είναι εφικτός ο άμεσος έλεγχος της διαδικασίας. | |
| Όταν θέλουμε να επιβεβαιώσουμε ότι τα χαρακτηριστικά ποιότητας καλύπτουν τις τίθμενες προδιαγραφές. | |
| | Παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας υπάρχοντος συστήματος ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας (έλεγχος επιβεβαίωσης). |

-
- Ο έλεγχος αποδοχής για προϊόντα που παράγονται σε μεγάλες ποσότητες είναι συνήθως δειγματοληπτικός. Με βάση την στατιστική, έχουν σήμερα αναπτυχθεί αποτελεσματικές μεθοδολογίες (σχήματα δειγματοληψίας) για την εφαρμογή του δειγματοληπτικού ελέγχου αποδοχής στην πράξη (πολλές από αυτές περιγράφονται και σε σχετικά πρότυπα).

 - Με δεδομένο το κόστος (και τις καθυστερήσεις) που προκύπτει από την απόρριψη ελαττωματικών προϊόντων (μετά την παραγωγή), η έμφαση της ΔΟΠ δίδεται:
 - Στον αποτελεσματικό έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας (ακόμη και στις εγκαταστάσεις του προμηθευτή)
 - Στην συστηματική αξιολόγηση των προμηθευτών
 - Στην επιλογή προμηθευτών που παρέχουν εχέγγυα καλής ποιότητας (π.χ. έχουν πιστοποιηθεί κατά ISO-9000)

Αποφάσεις για τον έλεγχο ποιότητας

- Οι κύριες αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν για τον σχεδιασμό ενός συστήματος ελέγχου ποιότητας είναι (τι-πως-πότε-που-ποιός):

Που θα ελέγχουμε;

Ποιος θα ελέγχει;

Πότε θα ελέγχουμε;

Τι θα ελέγχουμε;

Πως θα ελέγχουμε;

□ Πού θα ελέγχουμε

- Για την λειτουργία του συστήματος ελέγχου ποιότητας πρέπει να καθοριστεί και ο τόπος στον οποίο θα γίνεται ο έλεγχος.
- Παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τον καθορισμό του τόπου περιλαμβάνουν:
 - Τον τρόπο της παρέμβασης ελέγχου (έλεγχος διαδικασίας ή έλεγχος αποδοχής)
 - Τα φυσικά χαρακτηριστικά του προϊόντος
 - Τα χαρακτηριστικά της παραγωγικής διαδικασίας
 - Τα μετρούμενα χαρακτηριστικά ποιότητας
 - Τον απαιτούμενο εξοπλισμό ελέγχου
- Όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν, η ΔΟΠ αποβλέπει στην ελαχιστοποίηση των περιπτώσεων εσωτερικών μετακινήσεων και στην διενέργεια του ελέγχου στο σημείο παραγωγής.

Ποιός θα ελέγχει

- Η ανάθεση της ευθύνης ελέγχου συνδέεται με την οργάνωση του ελέγχου ποιότητας και εξαρτάται άμεσα από τους στόχους του συγκεκριμένου συστήματος ελέγχου (έλεγχος ποιότητας ενός χαρακτηριστικού ή συνολικό έλεγχο της ποιότητας παραγωγής της επιχείρησης).

Πότε θα ελέγχουμε

Εδώ μας ενδιαφέρει να καθορίσουμε σε ποιο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας θα γίνεται ο έλεγχος. Υπάρχουν οι ακόλουθες επιλογές:

- Έλεγχος πριν από την έναρξη της παραγωγής (off line)
- Έλεγχος κατά την διάρκεια της παραγωγής
- Έλεγχος κατά την ολοκλήρωση της παραγωγής

□ **Τί θα ελέγχουμε**

- Η απόφαση αυτή αφορά στον ακριβή καθορισμό των χαρακτηριστικών εκείνων, που θεωρούνται κρίσιμα για να καλύψει το προϊόν ικανοποιητικά τις ανάγκες για τις οποίες αγοράζεται.

- Αφού επιλεγούν τα κρίσιμα χαρακτηριστικά, απαιτείται ο καθορισμός των ορίων διακυμάνσεων που θεωρούνται αποδεκτά. Αυτά αναφέρονται και ως στόχοι ποιότητας.
 - Στόχοι:
 - Νόμιμοι
 - Μετρήσιμοι
 - Εφικτοί
 - Δίκαιοι

□ **Πώς θα ελέγχουμε**

- Αφού έχουμε επιλέξει τα κρίσιμα χαρακτηριστικά, πρέπει να καθορίσουμε το πώς θα γίνεται ο έλεγχος, δηλαδή:
 - Τις μετρήσεις που θα χρειαστούν
 - Τον τρόπο διενέργειας της μέτρησης

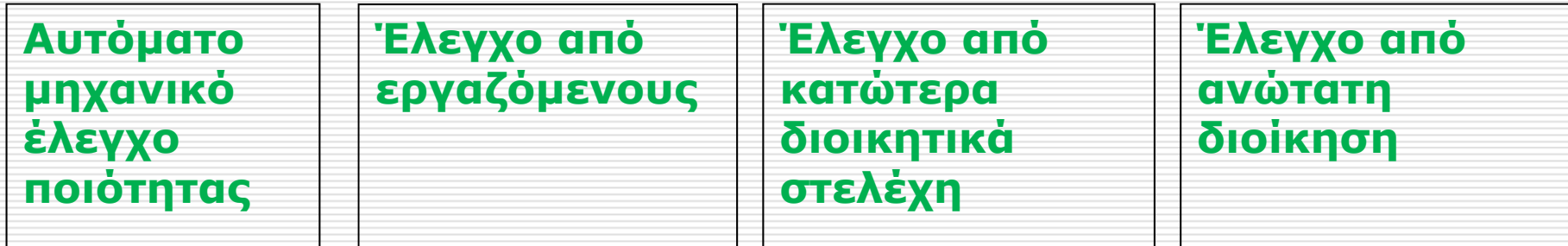
- Διακρίνουμε δύο γενικές κατηγορίες (κλίμακες) μετρήσεων:
 - Μετρήσεις με μεταβλητές (ακριβής τιμή κάποιου χαρακτηριστικού)
 - Μετρήσεις με ιδιότητες (επάρκεια ή όχι κάποιου χαρακτηριστικού)

-
- Οι μετρήσεις με ιδιότητες παρέχουν λιγότερες πληροφορίες από μετρήσεις με μεταβλητές. Όταν όμως μπορούν να εφαρμοστούν είναι λιγότερο δαπανηρές για την άσκηση ελέγχου.

 - Ο τρόπος διενέργειας της μέτρησης αφορά στα όργανα μέτρησης που πρέπει να χρησιμοποιηθούν και εξαρτώνται από:
 - Τα μετρούμενα χαρακτηριστικά
 - Την επιλεγείσα κλίμακα μέτρησης
 - Την απαιτούμενη ακρίβεια μέτρησης

Επίπεδα ευθύνης ελέγχου

- Διακρίνουμε τέσσερα επίπεδα ευθύνης ελέγχου



- Στα πλαίσια της ΔΟΠ, υπάρχει η τάση μεταφοράς του ελέγχου στο κατώτερο δυνατό επίπεδο καταργώντας (κατά το δυνατό) τις παρεμβάσεις του εξειδικευμένου τμήματος ποιοτικού ελέγχου.

Αξιολόγηση απόδοσης συστήματος έλεγχου ποιότητας

- Κριτήρια αξιολόγησης της απόδοσης ενός συστήματος έλεγχου ποιότητας
 - Το κόστος που δημιουργείται από προϊόντα κακής ποιότητας
 - Η ταχύτητα με την οποία το σύστημα αντιδρά σε προβλήματα ποιότητας
 - Η ευκολία με την οποία αποκαλύπτονται τα αίτια κακής ποιότητας, δηλαδή οι παράγοντες που οδηγούν στη μη τήρηση των προδιαγραφών.



Στατιστικός Έλεγχος Διαδικασιών

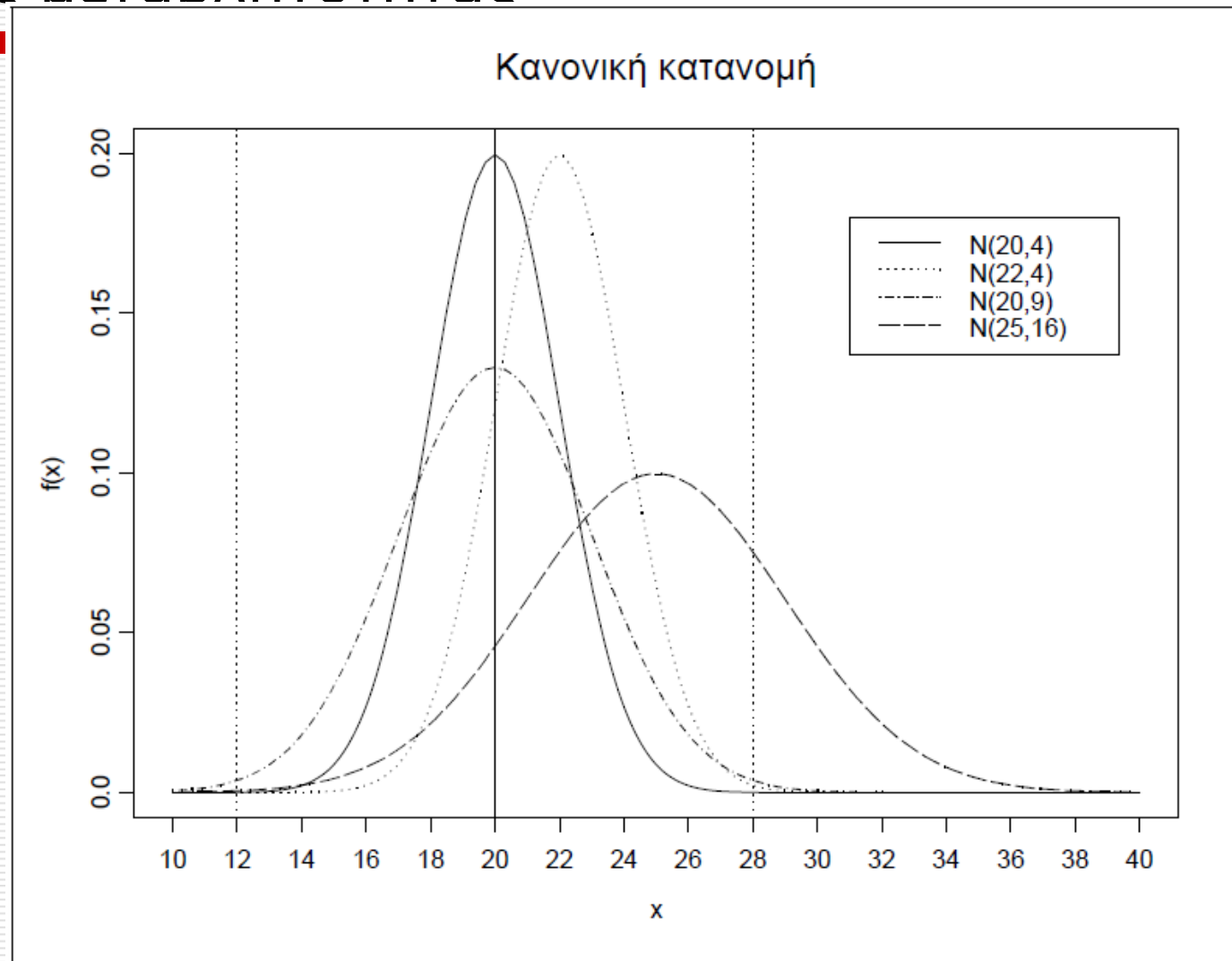
Βασικές Μέθοδοι του Στατιστικού Ελέγχου και Ανάλυσης Ικανότητας των Διαδικασιών

- Αφορά την αναζήτηση για βελτίωση της απόδοσης της διαδικασίας και τη μείωση της μεταβλητότητας στις σημαντικές παραμέτρους.
-
- Εξετάζονται:
- Οι βασικές χρήσεις των διαγραμμάτων ελέγχου:
- Μείωση της μεταβλητότητας της διαδικασίας
- Παρακολούθηση και επιτήρηση της διαδικασίας
- Εκτίμηση των παραμέτρων του προϊόντος ή της διαδικασίας
 - Ανάλυση της Ικανότητας της Διαδικασίας (απόδοση σχετικά με τις προδιαγραφές του προϊόντος)

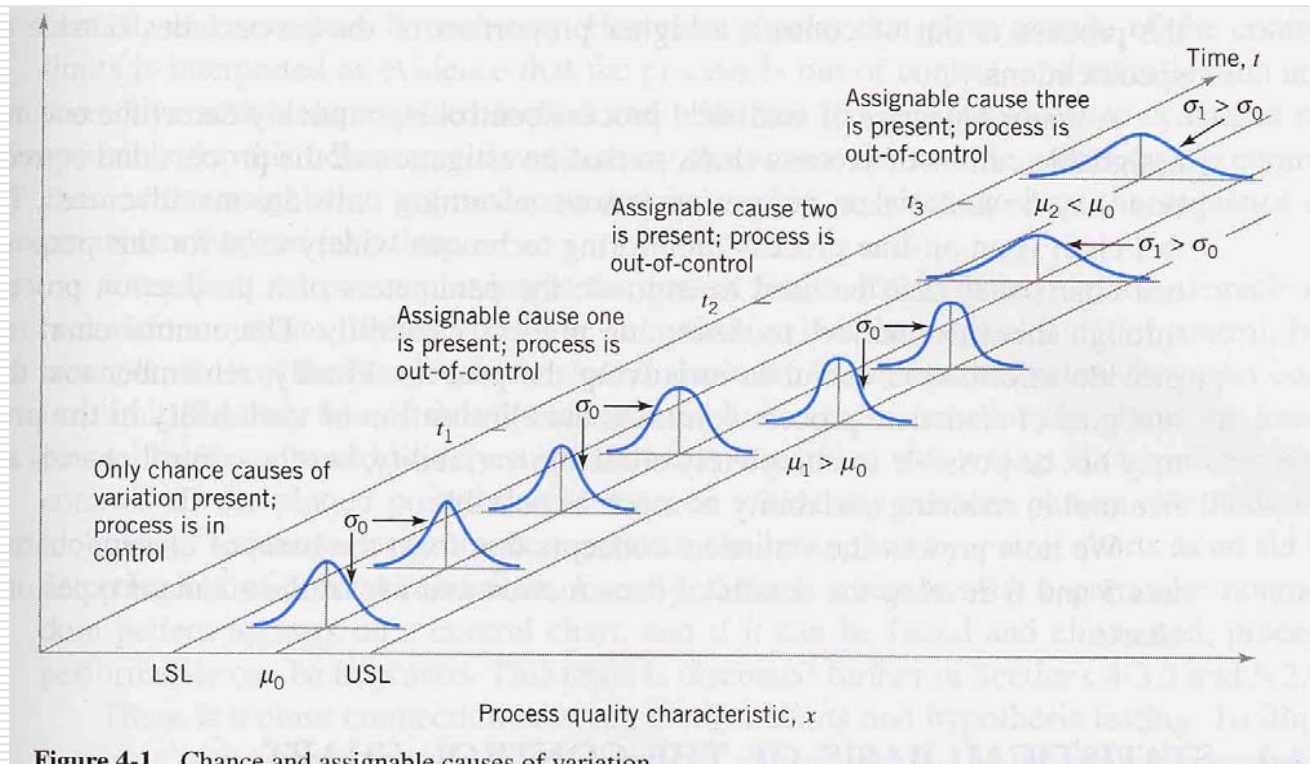
Μέθοδοι και φιλοσοφία του Στατιστικού Ελέγχου Διαδικασιών (ΣΕΔ)

- Τυχαίοι (chance) και προσδιορίσιμοι (assignable) παράγοντες της μεταβλητότητας.
-
- **Τυχαίοι:**
- Μικρές και αναπόφευκτες αιτίες μεταβλητότητας.
- Φυσική μεταβλητότητα.
- Σε στατιστικό έλεγχο
-
- **Προσδιορίσιμοι:**
- Εσφαλμένες ρυθμίσεις και έλεγχος μηχανών
- Λάθη χειριστών ή εργαζομένων
- Ελαττωματική πρώτη ύλη
- Εκτός ελέγχου
-
- **Στόχος ΣΕΔ:**
- Γρήγορη ανίχνευση των προσδιορίσιμων παραγόντων ⇒ Περιορισμός μεταβλητότητας

Αιτίες μεταβλητότητας



□ Αίτια μεταβλητότητας: Τυχαία και προσδιορίσιμα



Στατιστική βάση των διαγραμμάτων ελέγχου



Παράδειγμα (Εσωτερική διάμετρος δακτυλίου πιστονιού):

- $\mu=74$ mm
- $\sigma=0,01$ mm
- $n=5$

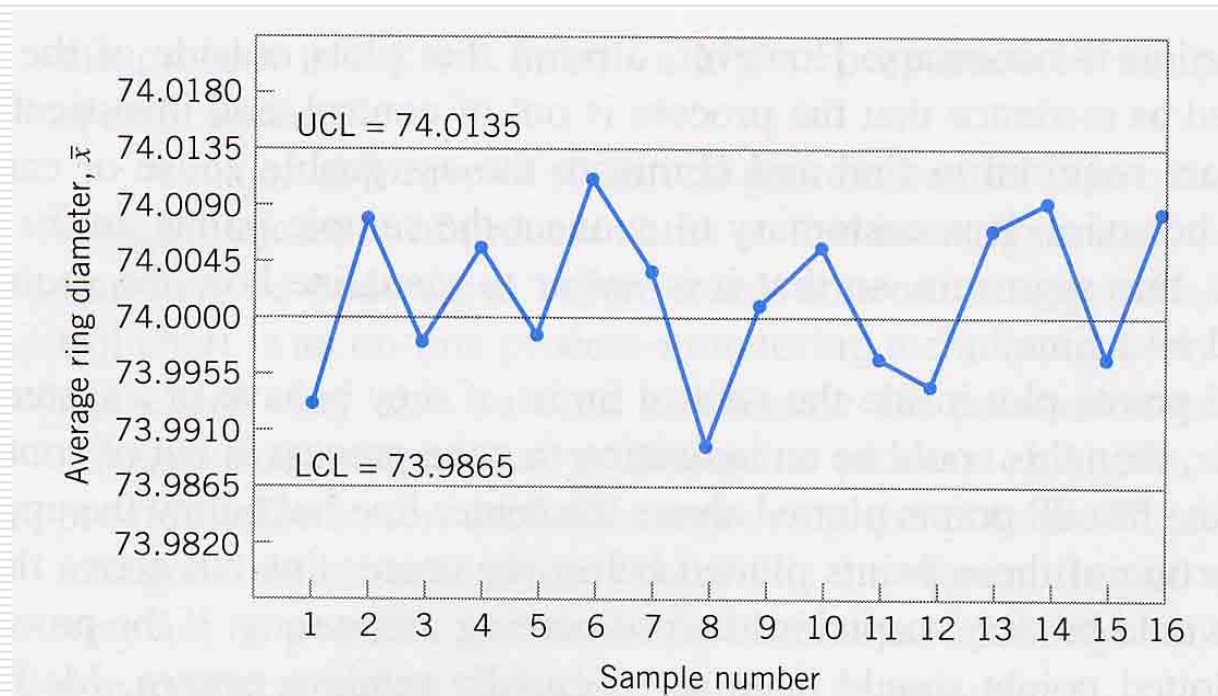
- **Παραδοχή:** Με βάση το ΚΟΘ, υποθέτω ότι ο ακολουθεί την Κανονική κατανομή.
- Οπότε ο στο $100(1-\alpha)\%$ θα είναι

$$74+Z_{\alpha/2}(0,0045) \leq \bar{x} \leq 74-Z_{\alpha/2}(0,0045)$$

- Αυθαίρετα επιλέγω οπότε
- $UCL=74+3(0,0045)=74,0135$
- $LCL=74-3(0,0045)=73,9865$
-
- 3-Sigma όρια ελέγχου

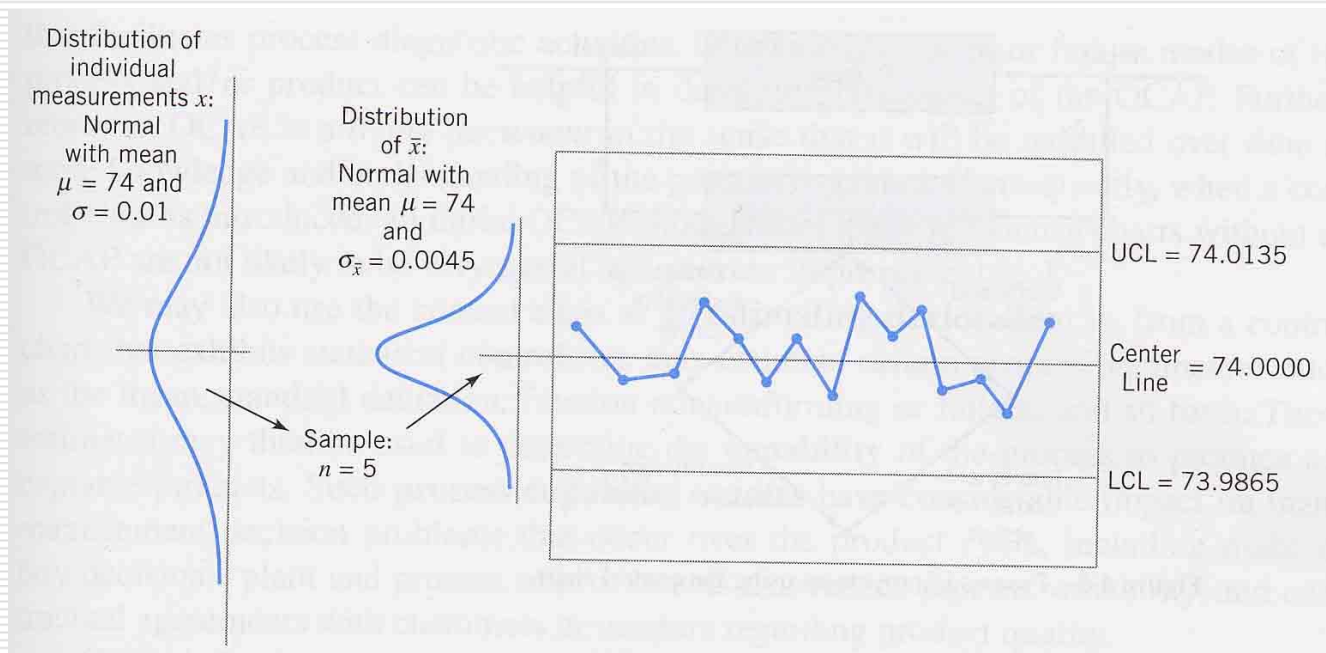
$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,01}{\sqrt{5}} = 0,0045$$

- Το διάγραμμα ελέγχου για το παράδειγμα του πιστονιού



Έλεγχος υποθέσεων

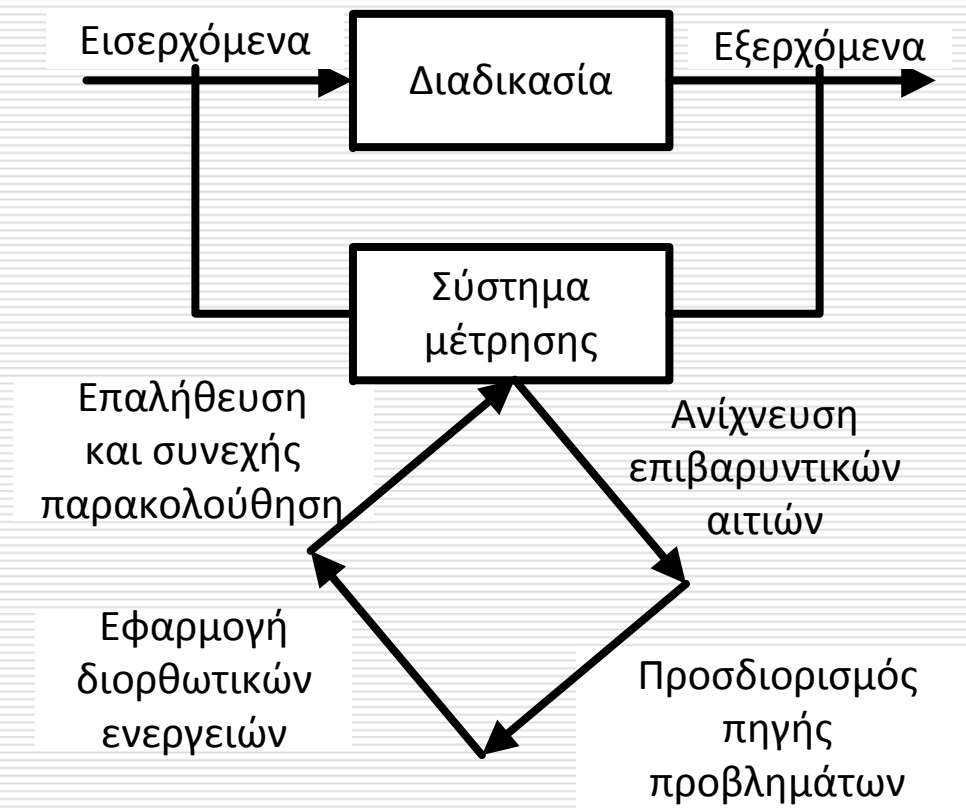
- Η επιλογή των ορίων ελέγχου είναι ίση με τον προσδιορισμό της περιοχής για τον έλεγχο της υπόθεσης με γνωστή διακύμανση ($\sigma=0,01$):
-
- **$H_0: \mu=74$**
- **$H_1: \mu \neq 74$**



Γενικό μοντέλο διαγραμμάτων ελέγχου

- w = στατιστικό δείγματος το οποίο μετράει ένα ΧΠ, με μ.ο. $\mu = \mu_w$ και τυπική απόκλιση $\sigma = \sigma_w$.
- L = η απόσταση του ορίου ελέγχου από την κεντρική γραμμή, εκφράζεται σε μονάδες τυπικής απόκλισης
- Το διάγραμμα ελέγχου είναι:
 -
 - $UCL = \mu_w + L\sigma_w$
 - Κεντρική Γραμμή $= \mu_w$
 - $LCL = \mu_w - L\sigma_w$
 -
 -
- Προτάθηκε από τον Walter S. Shewhart και γι' αυτό το λόγο ονομάζεται **Διάγραμμα Ελέγχου Shewhart.**

Η διαδικασία της βελτίωσης με τη χρήση διαγραμμάτων ελέγχου



Γενικά Ισχύει:



Οι περισσότερες διαδικασίες δεν είναι σε κατάσταση στατιστικού ελέγχου

Με τα διαγράμματα ελέγχου αναγνωρίζονται οι προσδιορίσιμοι παράγοντες.

Το διάγραμμα ελέγχου ανιχνεύει μόνο τους παράγοντες



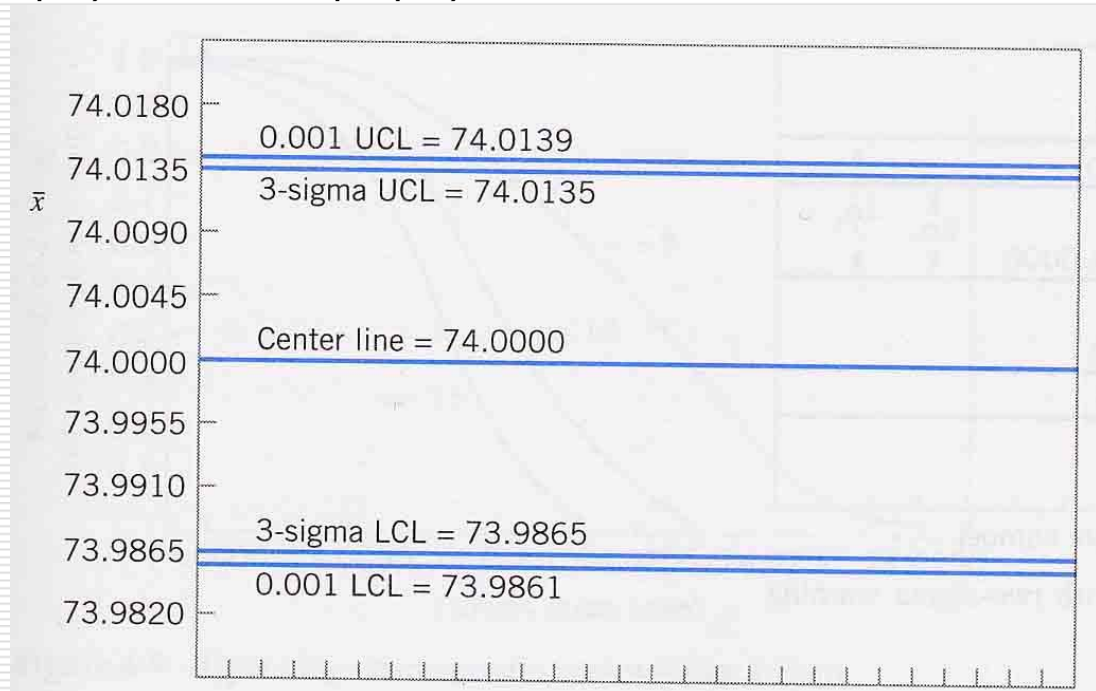
Περιορισμός προσδιορίσιμων παραγόντων = προσδιορισμός και περιορισμός του **ριζικού αιτίου** του προβλήματος και λήψη αποφάσεων.

Επιλογή Ορίων Ελέγχου

- **Ανοίγοντας τα όρια ελέγχου:**
- μειώνουμε την πιθανότητα για σφάλμα τύπου I (ένα σημείο να πέσει έξω από τα όρια ελέγχου όταν κανένας προσδιορίσιμος παράγοντας δεν υφίσταται)
- αυξάνεται όμως η πιθανότητα να για σφάλμα τύπου II (ένα σημείο να πέσει μέσα στα όρια ελέγχου όταν η διαδικασία είναι εκτός ελέγχου)
-
- Για το προηγούμενο παράδειγμα:
- Από τον πίνακα της κανονικής κατανομής βρίσκουμε ότι η πιθανότητα για σφάλμα τύπου I είναι 0,0027.
-
- Αντί να θέσουμε τα όρια ελέγχου ως πολλαπλάσιο της τυπικής απόκλισης, επιλέγουμε απευθείας την πιθανότητα για σφάλμα τύπου I και υπολογίζουμε τα αντίστοιχα όρια ελέγχου.
-
- Εάν εκτιμήσουμε ένα σφάλμα 0,001, τότε:
-
- $UCL=74+3,09(0,0045)=74,0139$
- $LCL=74-3,09(0,0045)=73,9861$ Λ. Τσιρώνης

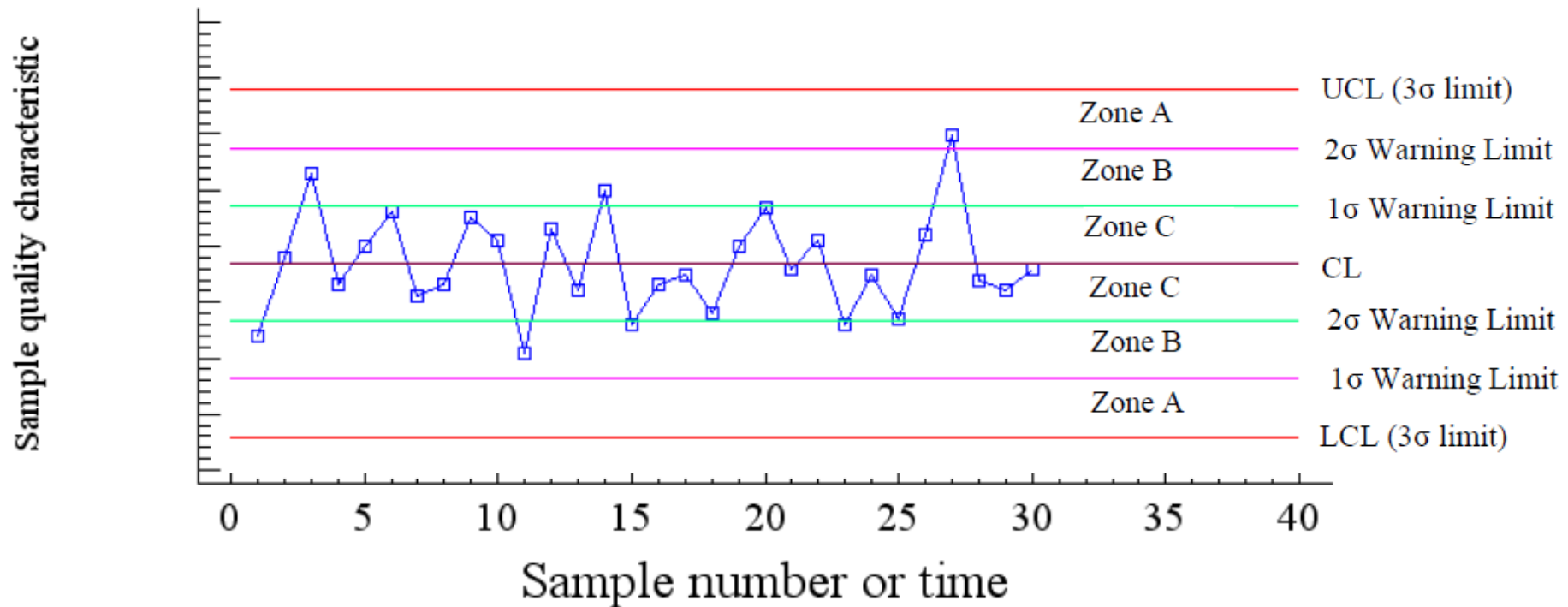
Σύγκριση μεταξύ των ορίων ελέγχου 3σ και 0,001 πιθανοτικών

- Αυτά τα όρια ελέγχου ονομάζονται: **0,001 πιθανοτικά όρια**
- Στις ΗΠΑ χρησιμοποιούν τα 3σ, ενώ στην Ευρώπη τα πιθανοτικά.
- Οι διαφορές είναι πολύ μικρές.



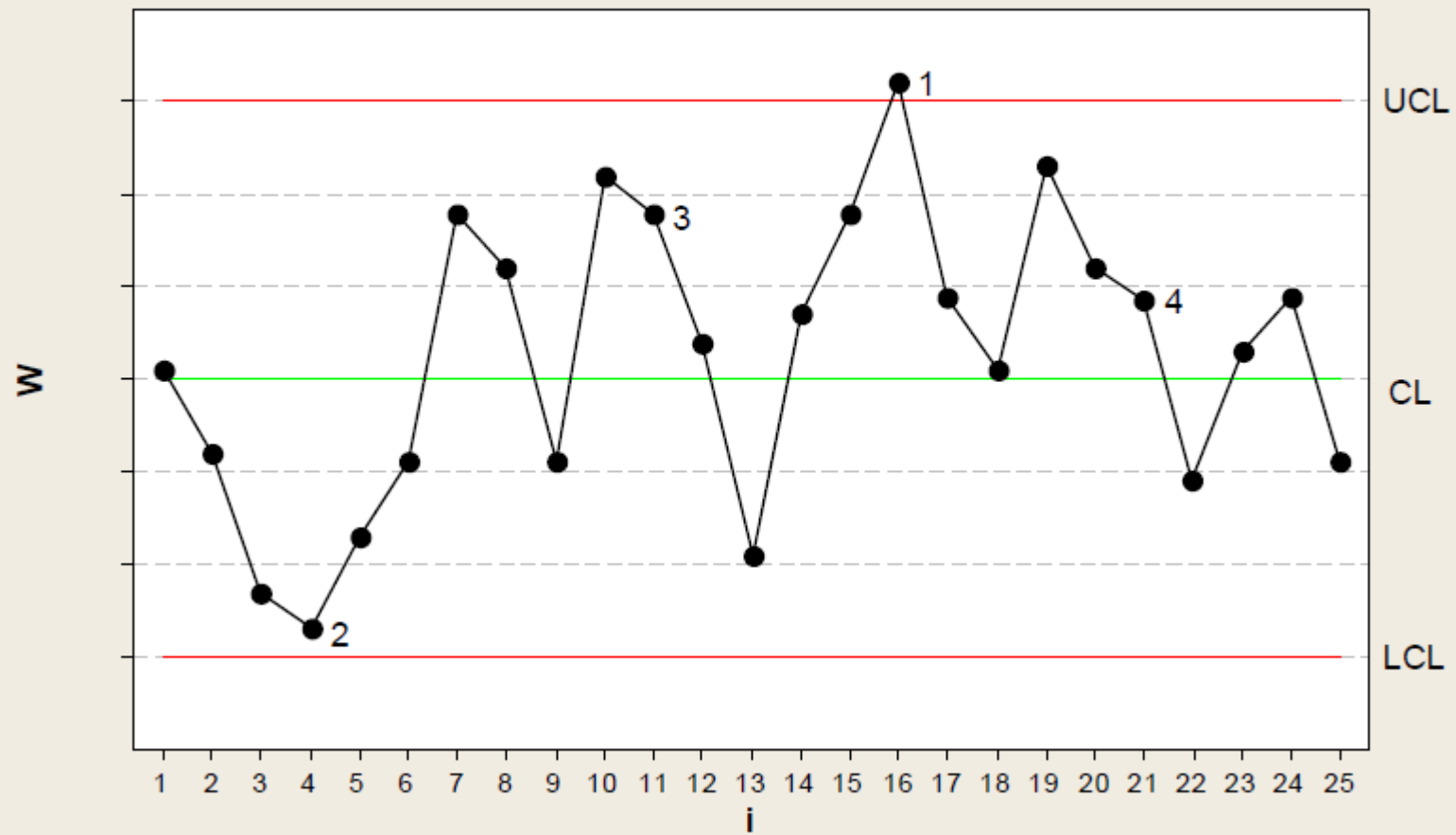
Ζώνες A, B και C σε ένα διάγραμμα ελέγχου

Control Chart



-
- Οι σημαντικότεροι κανόνες που χρησιμοποιούνται για την ευαισθητοποίηση ενός διαγράμματος ελέγχου είναι οι ακόλουθοι:
 - 1. Ένα ή περισσότερα σημεία εκτός των ορίων ελέγχου
 - 2. Δύο από τρία συνεχόμενα σημεία στην Ζώνη A (σε μια από τις δύο ζώνες A)
 - 3. Τέσσερα από πέντε συνεχόμενα σημεία πέραν της Ζώνης C (σε μια από τις δύο περιοχές)
 - 4. Οκτώ συνεχόμενα σημεία στην ίδια μεριά (επάνω ή κάτω) της κεντρικής γραμμής
 - 5. Έξι συνεχόμενα σημεία σε αύξουσα ή φθίνουσα διάταξη
 - 6. Δεκαπέντε συνεχόμενα σημεία στην ολική Ζώνη C
 - 7. Δεκατέσσερα συνεχόμενα σημεία σε εναλλασσόμενη μορφή “πάνω-κάτω”
 - 8. Οκτώ συνεχόμενα σημεία εκτός της ολικής Ζώνης C
 - 9. Οποιαδήποτε ασυνήθιστη ή μη τυχαία ακολουθία σημείων
 - 10. Ένα ή περισσότερα σημεία κοντά στα προειδοποιητικά όρια ή τα όρια ελέγχου.

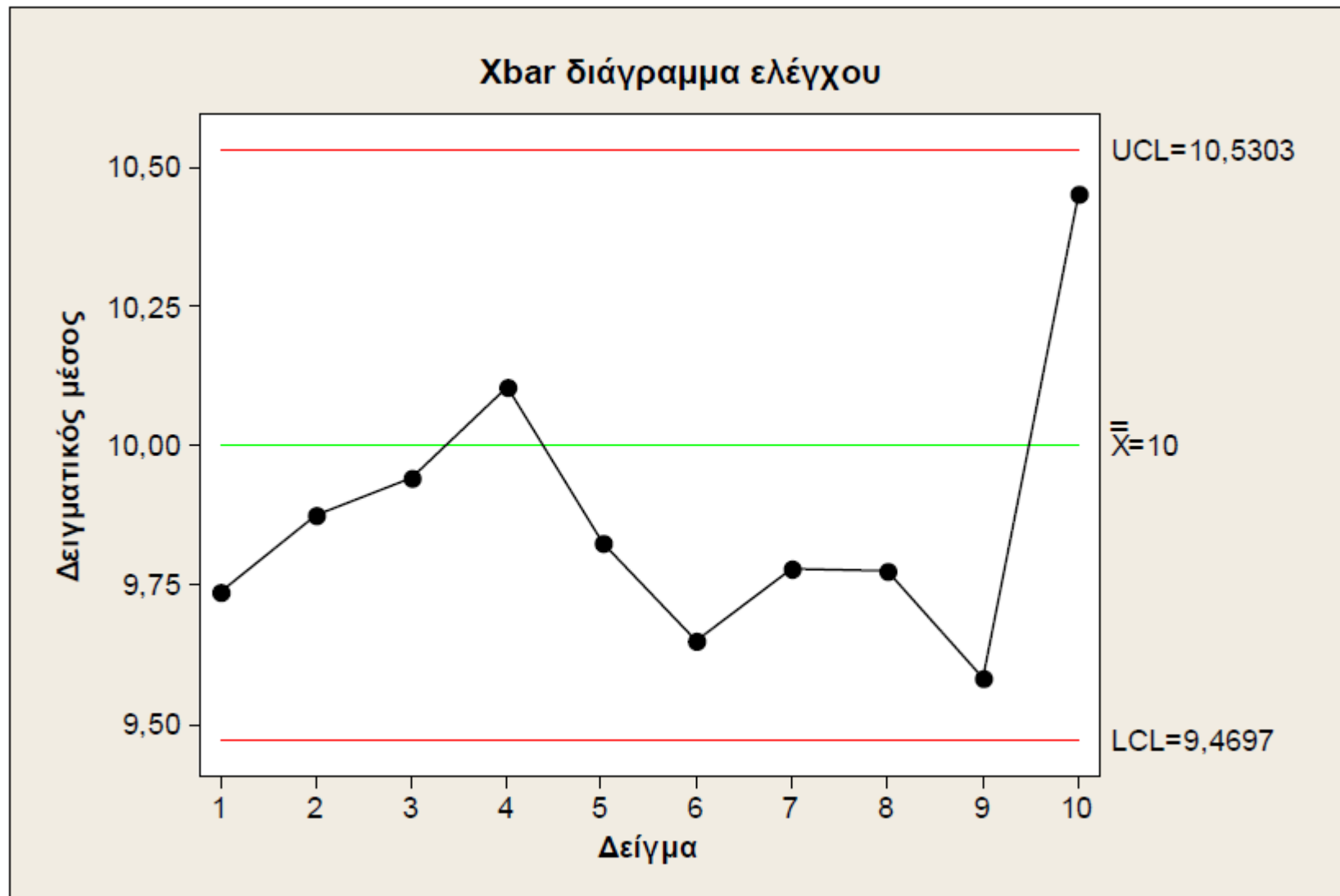
Διάγραμμα ελέγχου



Κατασκευή ενός Τυπικού Διαγράμματος Ελέγχου για τη Μέση Τιμή

□ 10 δείγ

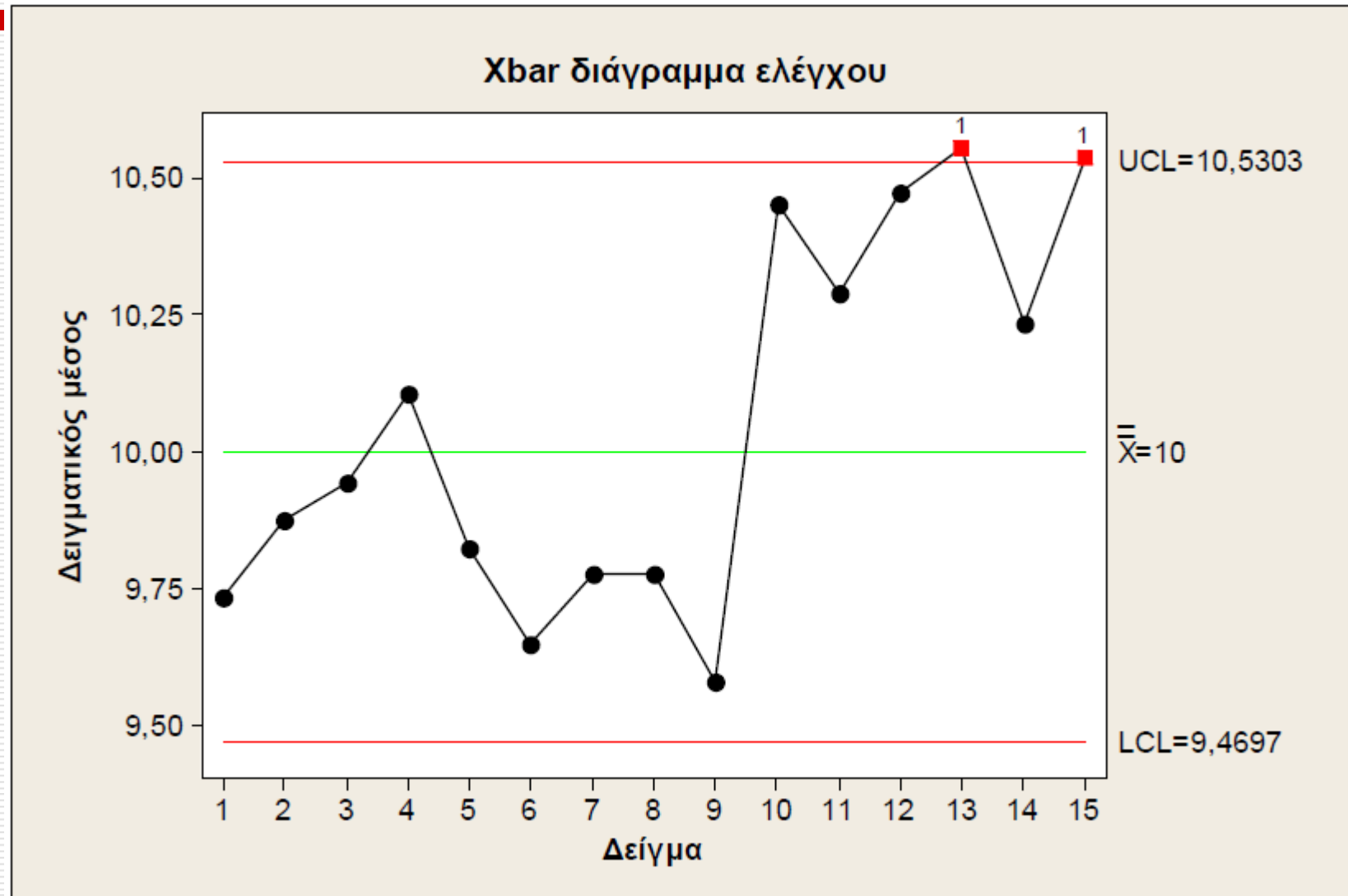
| Δείγμα | Πρώτη μέτρηση | Δεύτερη μέτρηση | Μέση τιμή |
|--------|---------------|-----------------|-----------|
| 1 | 9.84422 | 9.62656 | 9.73539 |
| 2 | 9.80879 | 9.93767 | 9.87323 |
| 3 | 10.50880 | 9.37680 | 9.94280 |
| 4 | 9.94629 | 10.2645 | 10.10540 |
| 5 | 9.55296 | 10.09280 | 9.82288 |
| 6 | 9.58023 | 9.71789 | 9.64906 |
| 7 | 9.40171 | 10.15210 | 9.77691 |
| 8 | 9.59285 | 9.95854 | 9.77570 |
| 9 | 9.54142 | 9.62176 | 9.58159 |
| 10 | 10.66530 | 10.23660 | 10.45095 |



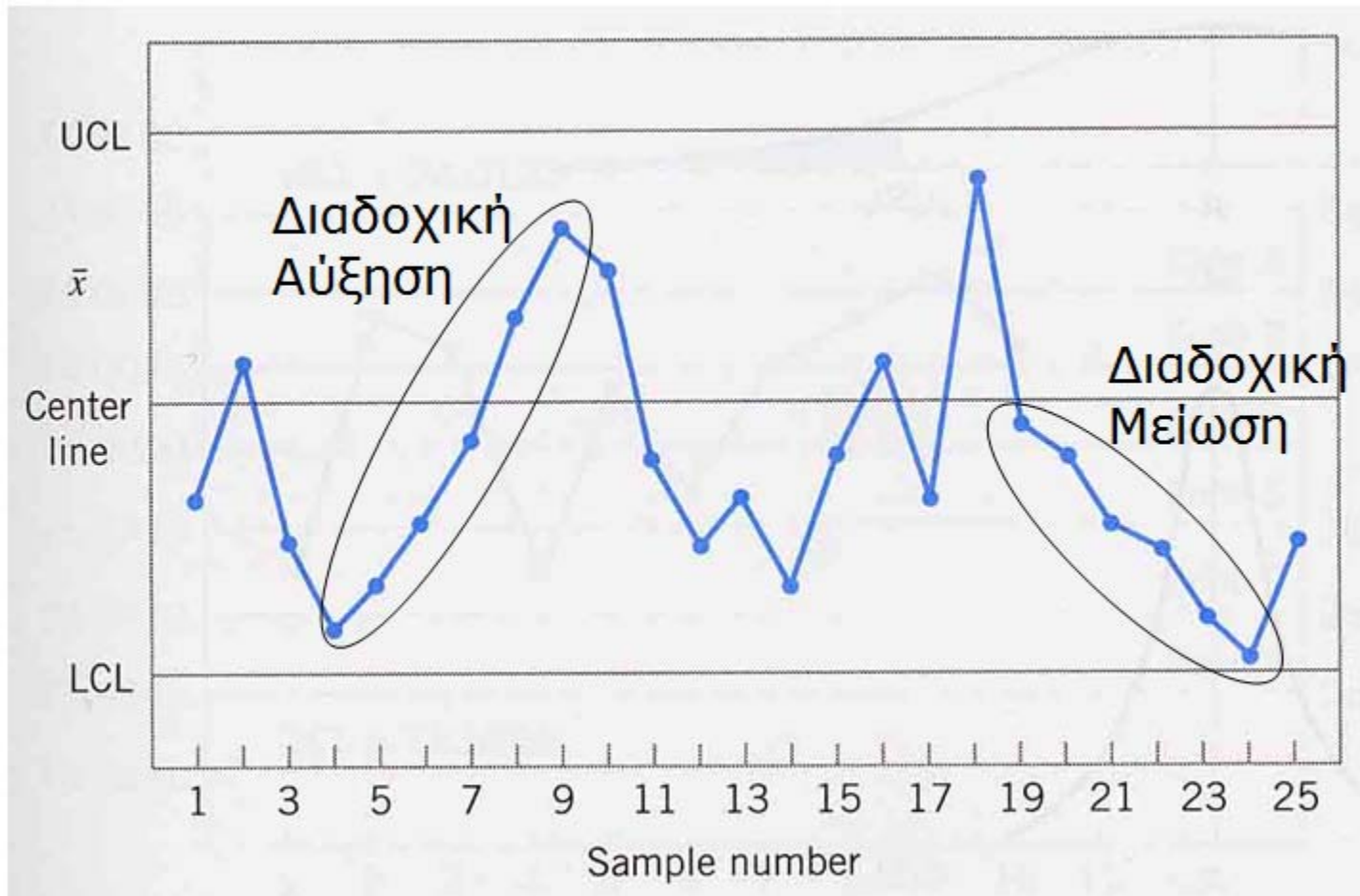
(συνέχεια)

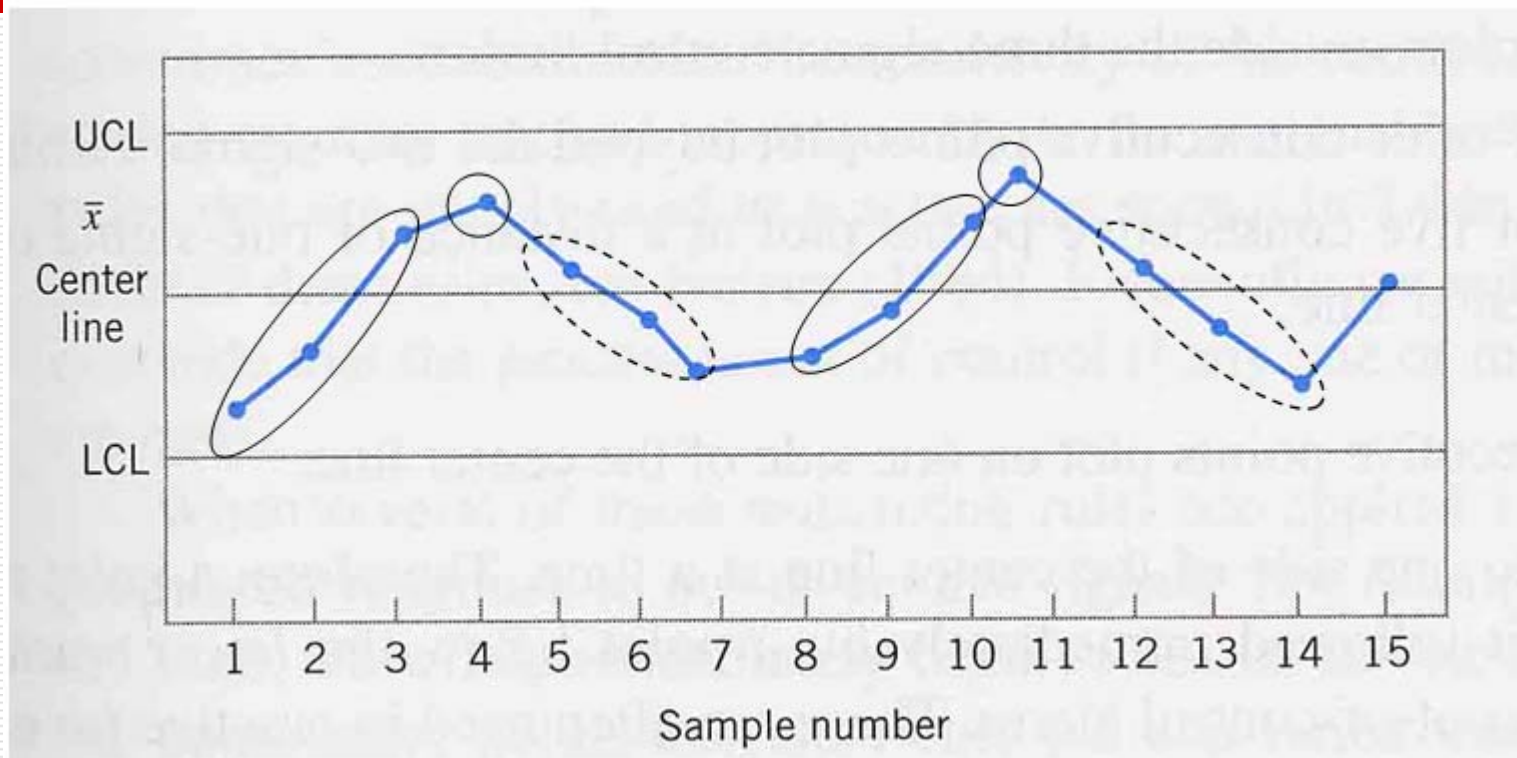
| Δείγμα | Πρώτη μέτρηση | Δεύτερη μέτρηση | Μέση τιμή |
|--------|---------------|-----------------|-----------|
| 11 | 10.2548 | 10.3272 | 10.291 |
| 12 | 10.29200 | 10.65150 | 10.47175 |
| 13 | 10.60560 | 10.50070 | 10.55315 |
| 14 | 10.16910 | 10.30080 | 10.23495 |
| 15 | 10.51150 | 10.56130 | 10.5364 |

Χbar διάγραμμα ελέγχου για τα 15 δείγματα



Ανάλυση Προτύπων (Analysis of Patterns) στα διαγράμματα ελέγχου





Κανόνες Ευαισθησίας στα διαγραμμάτων ελέγχου

| | |
|---------------------|--|
| Σήμα Προειδοποίησης | Ένα η περισσότερα σημεία εκτός ορίων ελέγχου |
| | Δύο ή τρία διαδοχικά σημεία εκτός των (2σ) ορίων ελέγχου, αλλά εντός των ορίων ελέγχου |
| | Τέσσερα ή πέντε διαδοχικά σημεία πέρα από τα (1σ) όρια ελέγχου |
| | Οκτώ διαδοχικά σημεία σε μία πλευρά της κεντρικής γραμμής |
| | Έξι διαδοχικά σημεία να αυξάνονται ή να μειώνονται σταθερά |
| | Δεκαπέντε διαδοχικά σημεία σε ζώνη C (πάνω και κάτω από την κεντρική γραμμή) |
| | Δεκατέσσερα σημεία να εναλλάσσονται πάνω κάτω |
| | Οκτώ σημεία στη σειρά και στις δύο πλευρές της κεντρικής γραμμής και κανένα σε ζώνη C |
| | Ασυνήθιστο πρότυπο στα δεδομένα |
| | Ένα ή δύο σημεία κοντά στα (2σ) ή στα (3σ) όρια ελέγχου. |

Διαγράμματα Ελέγχου για \bar{X} και R

- Όρια ελέγχου για το \bar{X} διάγραμμα

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

Κεντρική Γραμμή = $\bar{\bar{x}}$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

Οι τιμές της A_2 από πίνακα

- Όρια ελέγχου για το \bar{R} διάγραμμα (μεταβλητότητα διαδικασίας)

$$UCL = D_4 \bar{R}$$

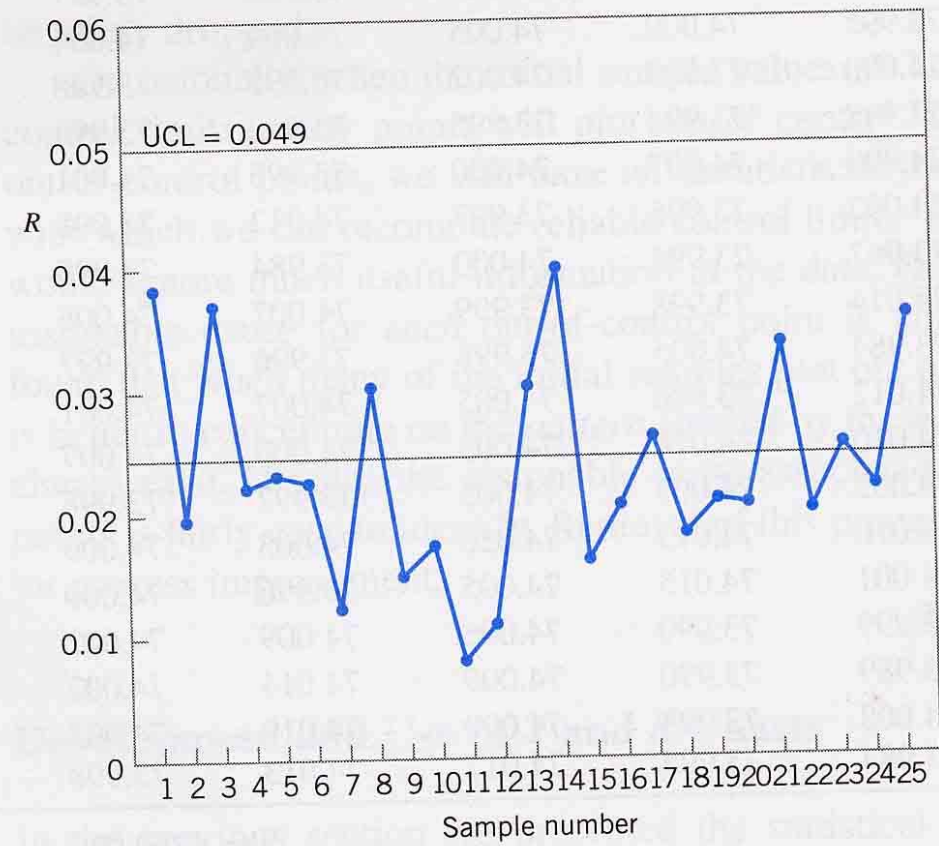
Κεντρική Γραμμή = \bar{R}

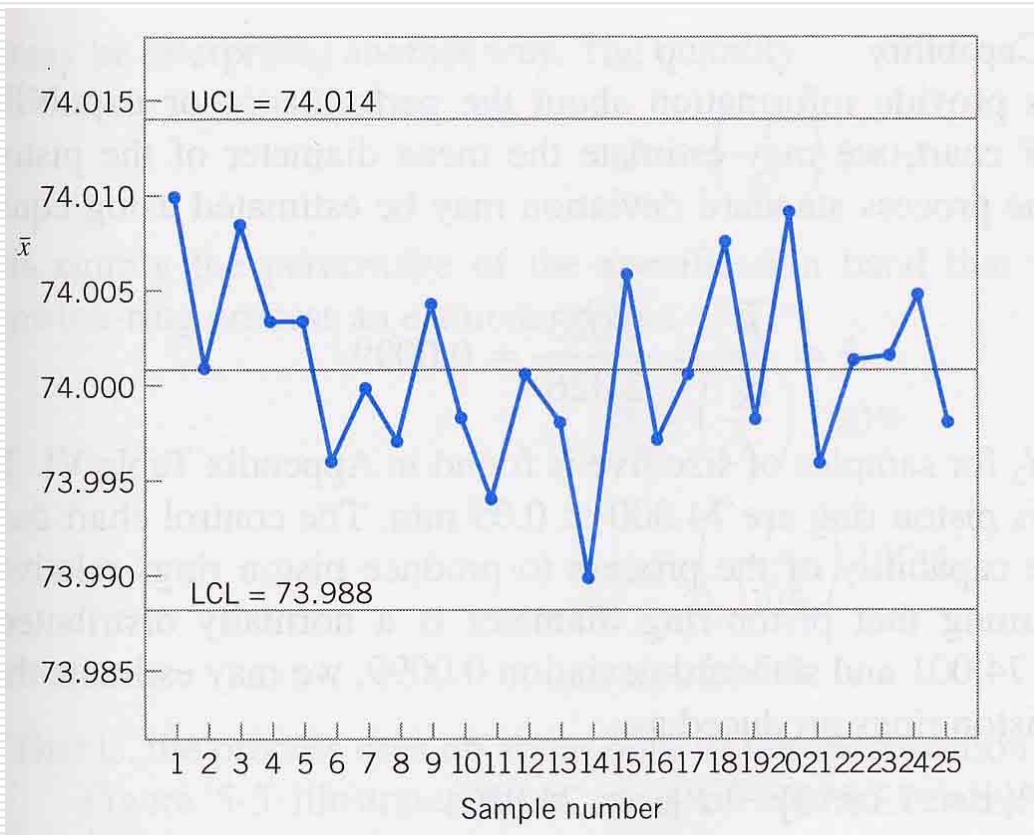
$$LCL = D_3 \bar{R}$$

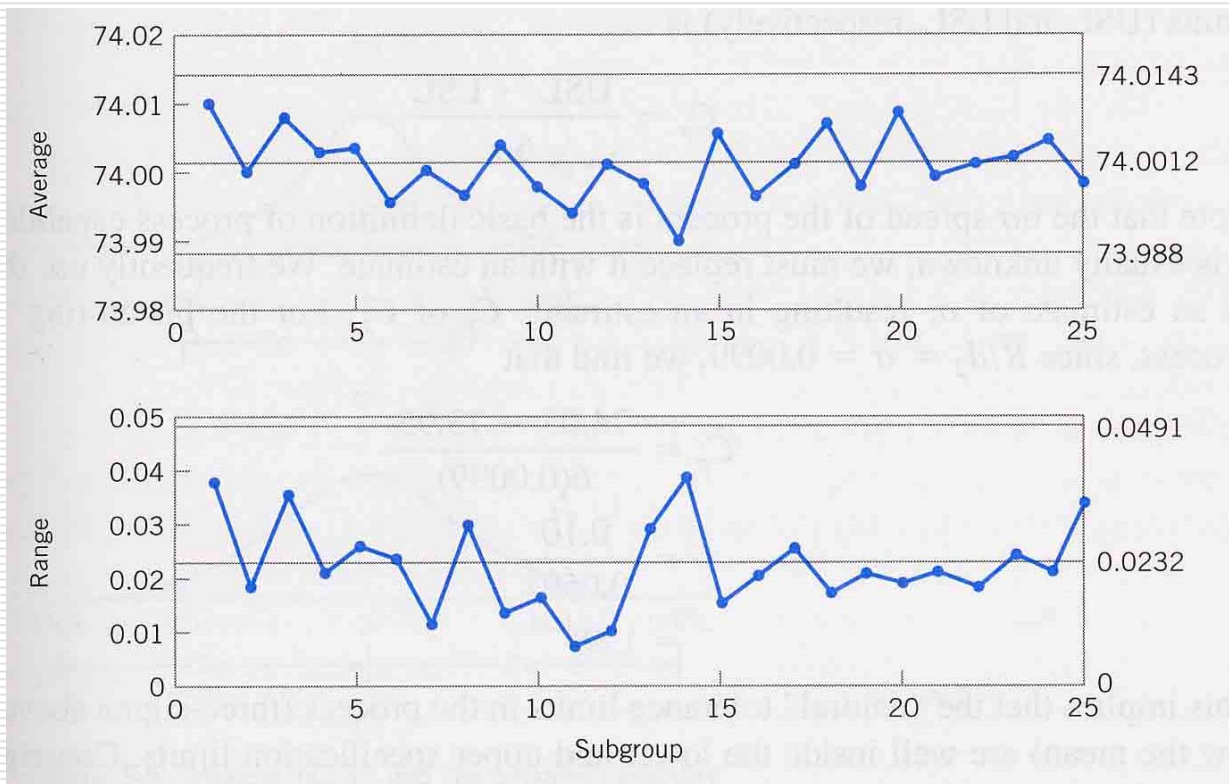
Οι τιμές των D_3 και D_4 από πίνακα

Παράδειγμα

| Sample Number | Observations | | | | | \bar{x}_i | R_i |
|---------------|--------------|--------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------|
| 1 | 74.030 | 74.002 | 74.019 | 73.992 | 74.008 | 74.010 | 0.038 |
| 2 | 73.995 | 73.992 | 74.001 | 74.011 | 74.004 | 74.001 | 0.019 |
| 3 | 73.988 | 74.024 | 74.021 | 74.005 | 74.002 | 74.008 | 0.036 |
| 4 | 74.002 | 73.996 | 73.993 | 74.015 | 74.009 | 74.003 | 0.022 |
| 5 | 73.992 | 74.007 | 74.015 | 73.989 | 74.014 | 74.003 | 0.026 |
| 6 | 74.009 | 73.994 | 73.997 | 73.985 | 73.993 | 73.996 | 0.024 |
| 7 | 73.995 | 74.006 | 73.994 | 74.000 | 74.005 | 74.000 | 0.012 |
| 8 | 73.985 | 74.003 | 73.993 | 74.015 | 73.988 | 73.997 | 0.030 |
| 9 | 74.008 | 73.995 | 74.009 | 74.005 | 74.004 | 74.004 | 0.014 |
| 10 | 73.998 | 74.000 | 73.990 | 74.007 | 73.995 | 73.998 | 0.017 |
| 11 | 73.994 | 73.998 | 73.994 | 73.995 | 73.990 | 73.994 | 0.008 |
| 12 | 74.004 | 74.000 | 74.007 | 74.000 | 73.996 | 74.001 | 0.011 |
| 13 | 73.983 | 74.002 | 73.998 | 73.997 | 74.012 | 73.998 | 0.029 |
| 14 | 74.006 | 73.967 | 73.994 | 74.000 | 73.984 | 73.990 | 0.039 |
| 15 | 74.012 | 74.014 | 73.998 | 73.999 | 74.007 | 74.006 | 0.016 |
| 16 | 74.000 | 73.984 | 74.005 | 73.998 | 73.996 | 73.997 | 0.021 |
| 17 | 73.994 | 74.012 | 73.986 | 74.005 | 74.007 | 74.001 | 0.026 |
| 18 | 74.006 | 74.010 | 74.018 | 74.003 | 74.000 | 74.007 | 0.018 |
| 19 | 73.984 | 74.002 | 74.003 | 74.005 | 73.997 | 73.998 | 0.021 |
| 20 | 74.000 | 74.010 | 74.013 | 74.020 | 74.003 | 74.009 | 0.020 |
| 21 | 73.982 | 74.001 | 74.015 | 74.005 | 73.996 | 74.000 | 0.033 |
| 22 | 74.004 | 73.999 | 73.990 | 74.006 | 74.009 | 74.002 | 0.019 |
| 23 | 74.010 | 73.989 | 73.990 | 74.009 | 74.014 | 74.002 | 0.025 |
| 24 | 74.015 | 74.008 | 73.993 | 74.000 | 74.010 | 74.005 | 0.022 |
| 25 | 73.982 | 73.984 | 73.995 | 74.017 | 74.013 | 73.998 | 0.035 |
| | | | | | | $\Sigma = 1850.028$ | 0.581 |
| | | | | | | $\bar{x} = 74.001$ | $\bar{R} = 0.023$ |







Διαγράμματα ελέγχου για Μεταβλητές

- Μεταβλητές είναι τα δεδομένα τα οποία μετρούνται σε συνεχή κλίμακα. Π.χ. μήκος, βάρος, απόσταση
- Τα πιο συνηθισμένα διαγράμματα ελέγχου μεταβλητών είναι το $\bar{x} - chart$ ("x - bar" chart)
- και το $R - chart$ (Range chart)
- Το $\bar{x} - chart$ χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της κεντροποίησης της διαδικασίας, ενώ το $R - chart$ για την παρακολούθηση της απόκλισης.

Κατασκευή \bar{x} – και R – charts

Συλλογή δεδομένων. Συλλογή 25-30 δειγμάτων. Μέγεθος δείγματος 3-10.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}}{k}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$$

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

Όπου D_3 , D_4 και A_2 σταθερές

Διαδικασίας Παρακολούθησης & Ελέγχου Διαδικασίας

- Διαδικασία εντός-ελέγχου → καθημερινή χρήση διαγραμμάτων ελέγχου για παρακολούθηση παραγωγής → προσδιορισμός ειδικών αιτιών → Διορθωτικές ενέργειες

Ειδικά Διαγράμματα Ελέγχου Μεταβλητών

\bar{x} – & s – charts

Εναλλακτικό του R-chart είναι να υπολογίσουμε την τυπική απόκλιση s κάθε δείγματος.

Η τυπική απόκλιση του δείγματος είναι:

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s}$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{s}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$UCL_s = B_4 \bar{s}$$

$$LCL_s = B_3 \bar{s}$$

Όπου οι σταθερές B_3 & B_4 δίνονται από Πίνακες.

Ειδικά Διαγράμματα Ελέγχου Μεταβλητών - Διαγράμματα Ελέγχου Ατομικών Μονάδων -

$$\hat{\sigma} = \bar{R} / d_2$$

$$UCL_x = \bar{x} + 3 \bar{R} / d_2$$

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

$$LCL_x = \bar{x} - 3 \bar{R} / d_2$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

Διαγράμματα Ελέγχου Χαρακτηριστικών

- Χαρακτηριστικά ονομάζονται τα δεδομένα που παίρνουν 2 τιμές: καλό ή κακό, δεκτό ή απορριπτό κλπ. Μπορούν να παρατηρηθούν και να μετρηθούν.
- **Ελάττωμα (defect)**: Είναι ένα ατομικό μη-συμμορφούμενο ποιοτικό χαρακτηριστικό ενός προϊόντος
- **Ελαττωματικό (defective)**: Προϊόντα που έχουν ένα ή περισσότερα ελαττώματα Συνήθως χρησιμοποιείται ο όρος **μη-συμμορφούμενο**

Διαγράμματα Ελέγχου Χαρακτηριστικών - Fraction Nonconforming (p) chart -

- Το p -chart παρακολουθεί ποσοστά μη-συμμορφούμενων που παράγονται σε μια παρτίδα. Συλλέγονται 25-30 δείγματα των χαρακτηριστικών. Κάθε δείγμα πρέπει να έχει μεγάλο μέγεθος.

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_k}{k}$$

$$UCL_p = \bar{p} + 3s_{\bar{p}}$$

$$s_{\bar{p}} = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

$$LCL_p = \bar{p} - 3s_{\bar{p}}$$

Διαγράμματα Ελέγχου Χαρακτηριστικών - Fraction Nonconforming (*p*) chart - □ **Μεταβλητό μέγεθος δείγματος**

$$\bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

$$UCL_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}}$$

$$LCL_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}}$$

Διαγράμματα Ελέγχου Χαρακτηριστικών - np-chart για τον αριθμό των μη-συμμορφούμενων

- Στο p-chart το κλάσμα μη-συμμορφούμενων του i th δείγματος δίνεται από

$$p_i = \frac{y_i}{n}$$

- Όπου y_i είναι ο αριθμός των μη-συμμορφούμενων και n το μέγεθος του δείγματος. Πολλαπλασιάζοντας και τα δύο μέλη με n έχουμε:

$$y_i = np_i$$

Διαγράμματα Ελέγχου Χαρακτηριστικών - np-chart για τον αριθμό των μη-συμμορφούμενων (2) -

$$n\bar{p} = \frac{y_1 + y_2 \dots + y_k}{k}$$

$$S_{n\bar{p}} = \sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

$$UCL_{n\bar{p}} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

$$LCL_{n\bar{p}} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

Διαγράμματα Ελέγχου Χαρακτηριστικών - Διαγράμματα Ελαττωμάτων -

- Το **c-chart** χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του συνολικού αριθμού των ελαττωμάτων ανά μονάδα όταν το μέγεθος του δείγματος είναι σταθερό. Όταν το μέγεθος του δείγματος δεν είναι σταθερό τότε χρησιμοποιείται το **u-chart**.

Διαγράμματα Ελέγχου Χαρακτηριστικών - Διαγράμματα Ελαττωμάτων, c-chart -

$$Sc = \sqrt{\bar{c}}$$

$$UCL_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LCL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Διαγράμματα Ελέγχου Χαρακτηριστικών - Διαγράμματα Ελαττωμάτων, u-chart -

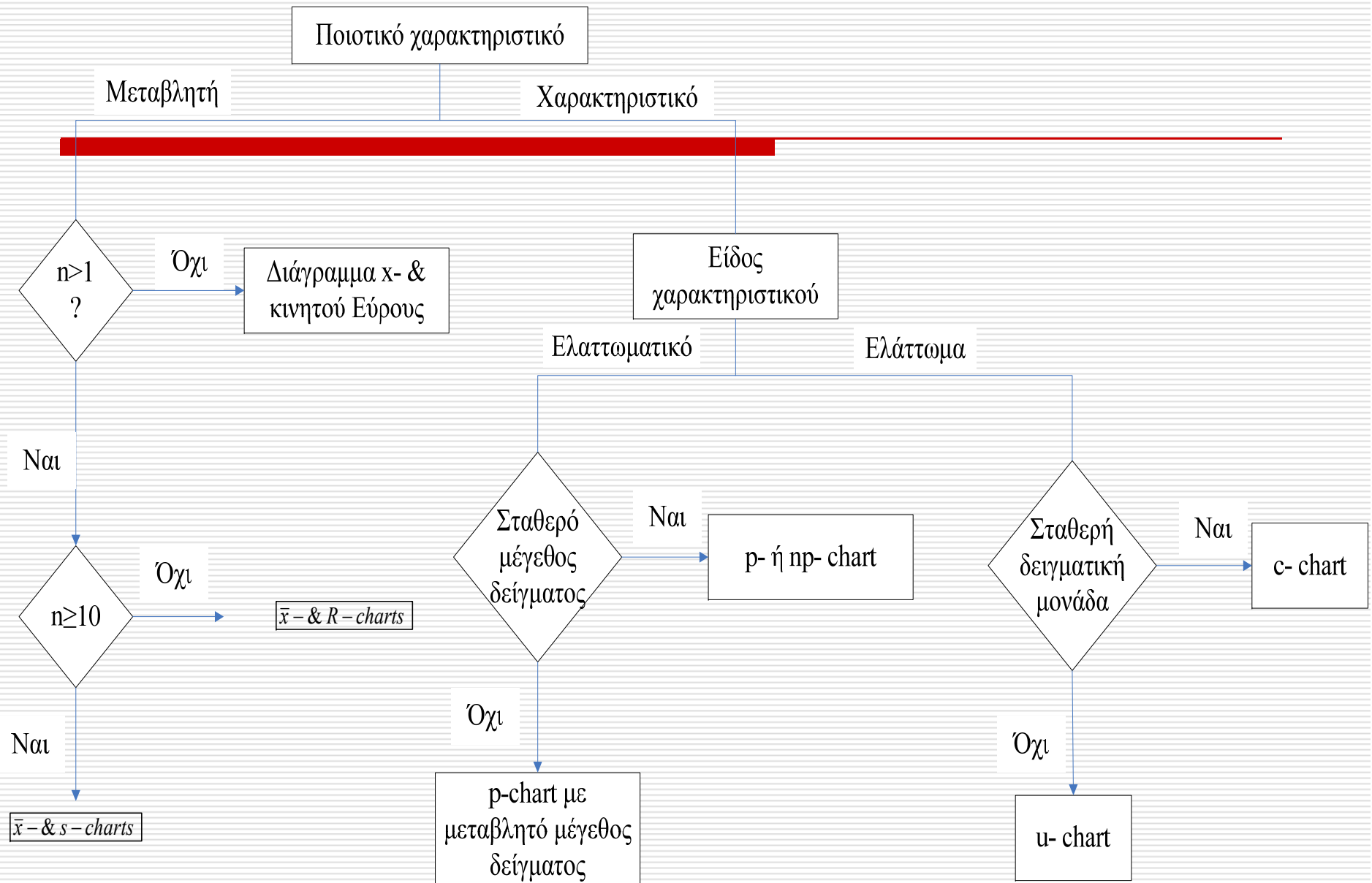
$$\bar{u} = \frac{C_1 + C_2 \dots + C_k}{k}$$

$$S_u = \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

$$UCL_u = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

$$LCL_u = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

Επιλογή Διαγράμματος Ελέγχου

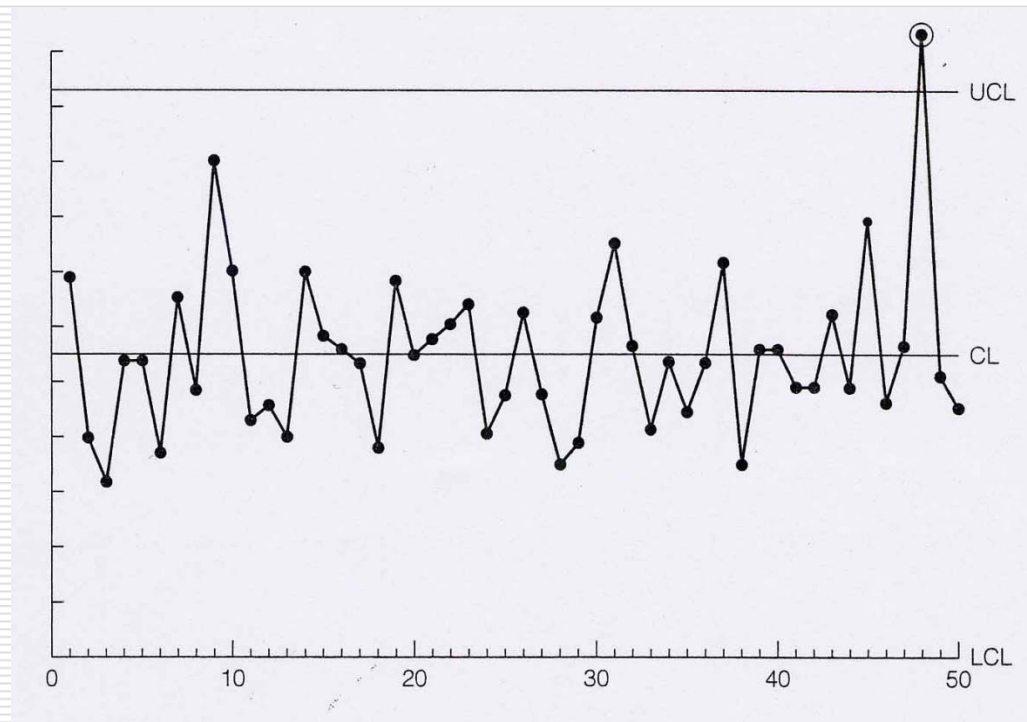


Μετάφραση των διαγραμμάτων ελέγχου

1. Κανένα σημείο δεν είναι έξω από όρια ελέγχου
2. Ο αριθμός των σημείων πάνω και κάτω από την κεντρική γραμμή είναι περίπου ο ίδιος
3. Τα σημεία φαίνονται τυχαία πάνω και κάτω της κεντρικής γραμμής
4. Τα περισσότερα σημεία είναι κοντά στην κεντρική γραμμή και μόνο μερικά είναι κοντά στα όρια ελέγχου

Ανεπιθύμητες καταστάσεις στα διαγράμματα ελέγχου

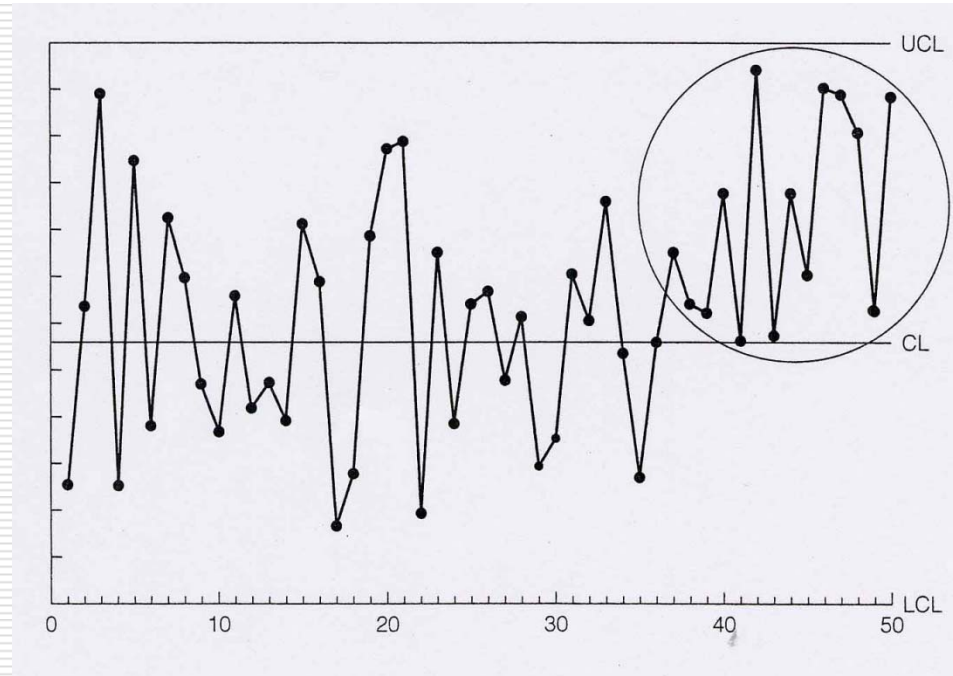
- 1. Ένα σημείο έξω από τα όρια ελέγχου



- Εάν οι υπολογισμοί των ποσοτήτων του διαγράμματος είναι σωστοί τότε μπορεί να οφείλεται σε ξαφνική πτώση τάσης, σπασμένο εργαλείο, λάθος μέτρησης ή ατελής ενέργεια στη διαδικασία.

Ανεπιθύμητες καταστάσεις στα διαγράμματα ελέγχου (2)

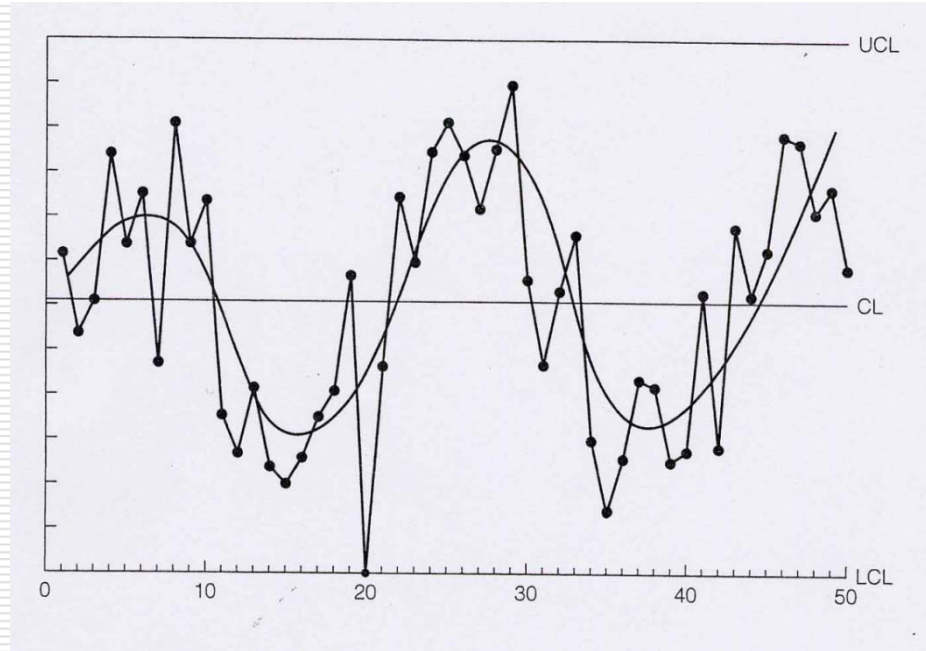
□ 2. Ξαφνική μετακίνηση γύρω από το μ.ο.



- Αποτέλεσμα επίδρασης εξωτερικών παραγόντων οι οποίοι επηρέασαν τη διαδικασία, (ειδικός παράγοντας). π.χ. Νέος χειριστής, νέος επιθεωρητής, νέο στήσιμο μηχανής ή αλλαγή μεθοδολογίας.

Ανεπιθύμητες καταστάσεις στα διαγράμματα ελέγχου (3)

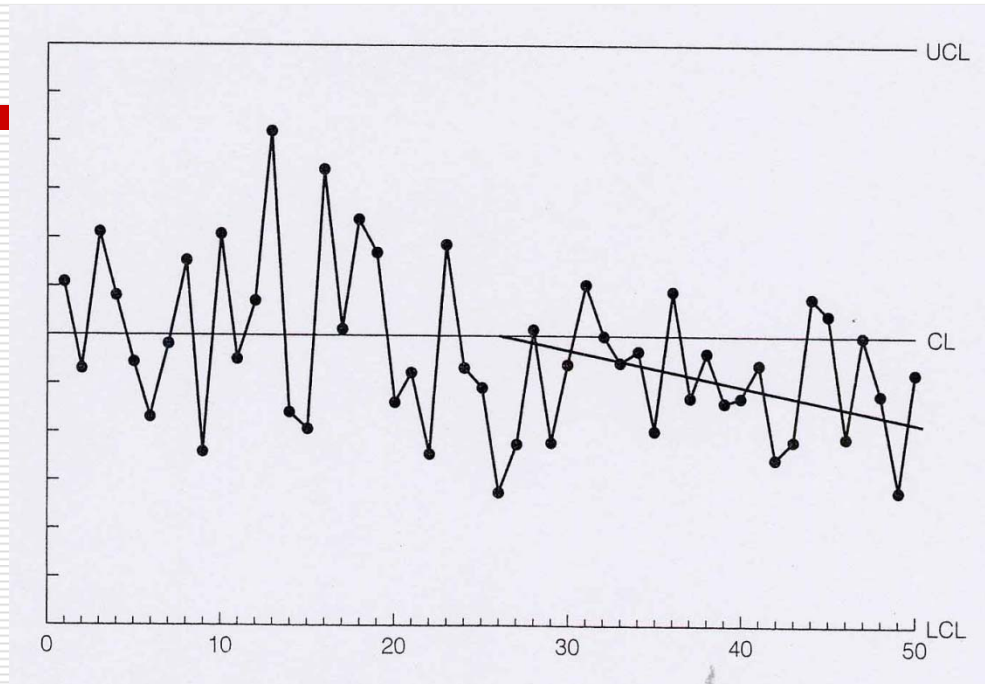
□ Κύκλοι



- Μικρά επαναλαμβανόμενα πρότυπα στο διάγραμμα
- Στο \bar{x} -chart μπορεί να οφείλονται σε εναλλαγές χειριστών, στην κόπωση, αλλαγή στα πρότυπα μέτρα των εργαλείων, περιβαλλοντικές συνθήκες κλπ.
- Στο R -chart μπορεί να οφείλονται στα προγράμματα συντήρησης, αλλαγές στις βάρδιες, κούραση χειριστών κλπ.

Ανεπιθύμητες καταστάσεις στα διαγράμματα ελέγχου (4)

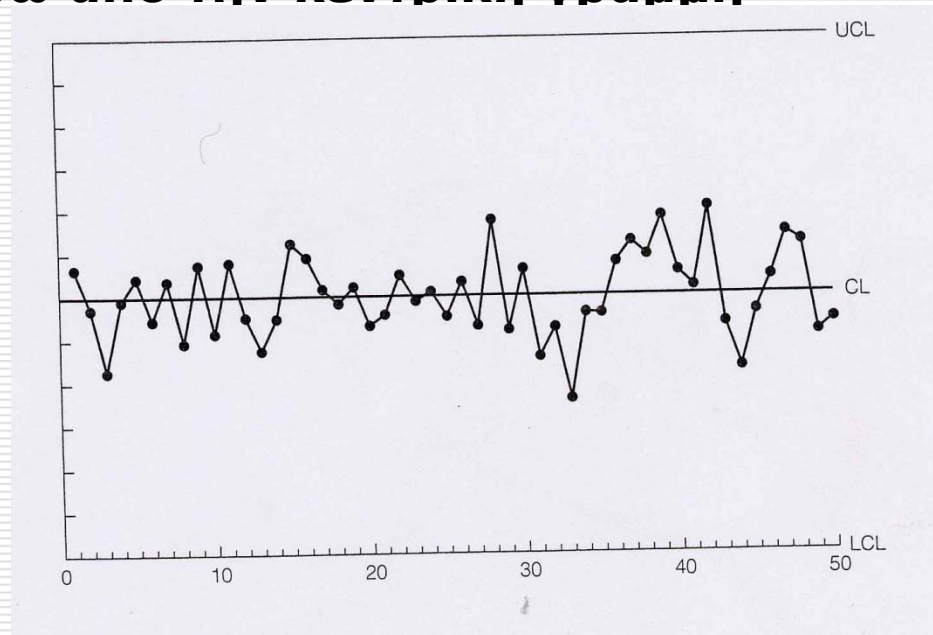
□ Τάσεις



- Στο $\bar{x} - chart$ μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της βελτίωσης των ικανοτήτων του χειριστή, ακάθαρτες επιφάνειες, εργαλεία, παλαιωμένος εξοπλισμός, συνθήκες περιβάλλοντος.
- Στο $R - chart$ βαθμιαία φθορά στην ποιότητα των υλικών

Ανεπιθύμητες καταστάσεις στα διαγράμματα ελέγχου (5)

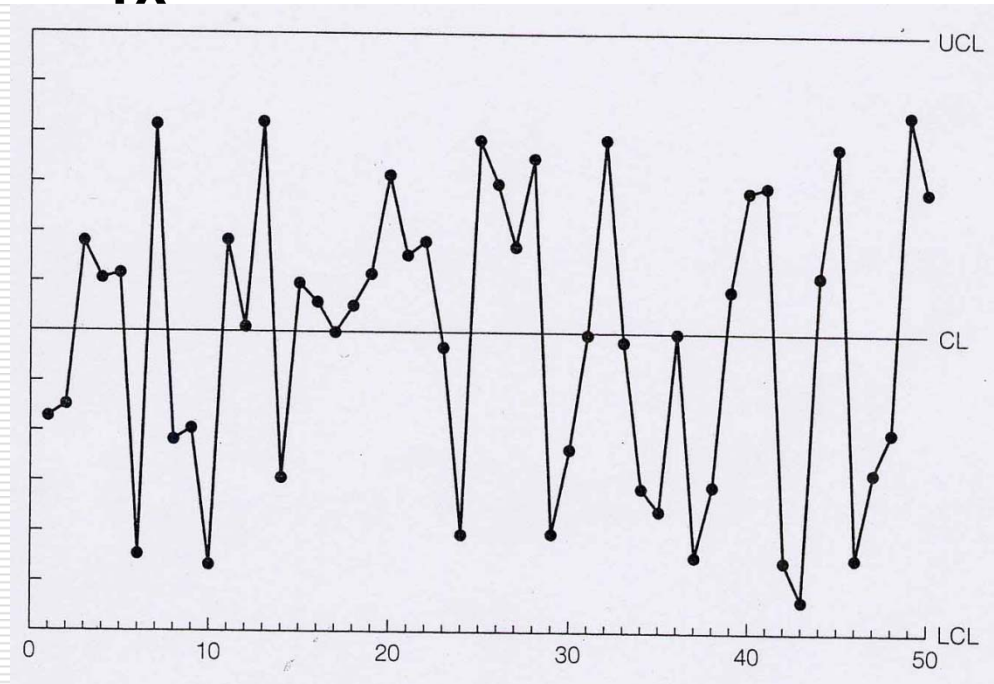
- Περιστροφή γύρω από την κεντρική γραμμή



- Το δείγμα συστηματικά περιλαμβάνει το ίδιο αντικείμενο το οποίο επιλέγεται από κάθε μηχανή

Ανεπιθύμητες καταστάσεις στα διαγράμματα ελέγχου (6)

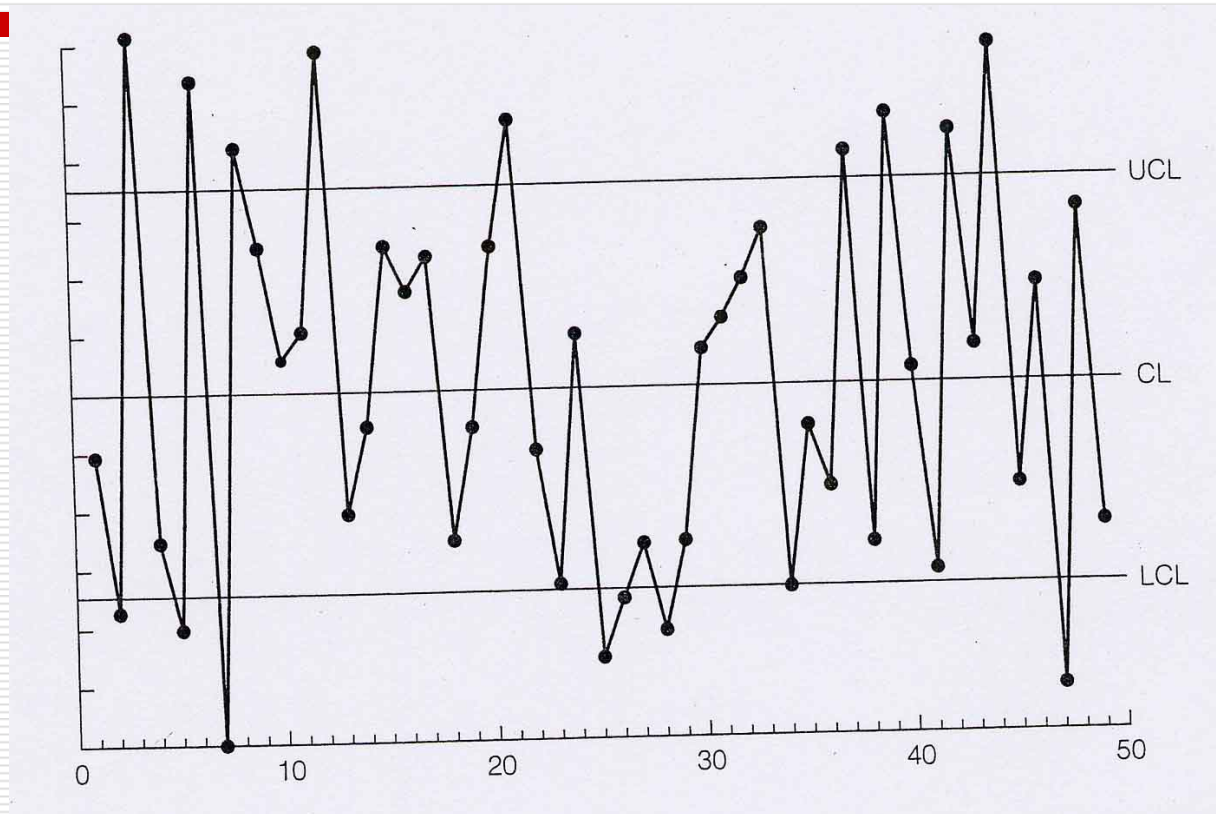
- Γειτνίαση στα όρια ελέγχου



- Διαφορετικά δείγματα υλικών.

Ανεπιθύμητες καταστάσεις στα διαγράμματα ελέγχου (6)

□ Αστάθεια



□ Εναλλαγές στο στήσιμο των μηχανών