

Διοίκηση Ποιότητας (Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας)

Σ. Μαλεφάκη
Τμήμα Μηχανολόγων & Αεροναυπηγών Μηχανικών

2022–2023

Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας



Τα 7 βασικότερα στατιστικά εργαλεία ποιοτικού ελέγχου

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

7. Διαγράμματα Ελέγχου

Αποτελούν τα σημαντικότερα εργαλεία ποιότητας.

Έστω ότι μας ενδιαφέρει ένα συγκεκριμένο ποιοτικό χαρακτηριστικό ενός προϊόντος (πχ. χρώμα, διάμετρος, βάρος κτλ).

Σε μια παραγωγική διαδικασία κάθε παραγόμενο προϊόν, ποτέ δεν έχει ακριβώς την ίδια τιμή στο χαρακτηριστικό που μας ενδιαφέρει με κάποιο άλλο, εμφανίζεται μια **μεταβλητότητα** στο χαρακτηριστικό αυτό.

Η συνολική μεταβλητότητα του χαρακτηριστικού αυτού χωρίζεται σε δύο μέρη:

- ▶ **Μεταβλητότητα που οφείλεται σε τυχαίες αιτίες.** Επιδράσεις παραγόντων που επηρεάζουν τη διεργασία με έναν τρόπο που δεν είναι δυνατόν να ελεγχθεί.
- ▶ **Μεταβλητότητα που οφείλεται σε συγκεκριμένες, ειδικές, αναγνωρίσιμες και προσδιορίσιμες αιτίες.**

7. Διαγράμματα Ελέγχου

Μια διεργασία λέμε ότι είναι **υπό στατιστικό έλεγχο** όταν κατά την πραγματοποίηση της είναι παρούσες μόνο τυχαίες αιτίες μεταβλητότητας.

Όταν κατά την πραγματοποίηση της διεργασίας υπάρχουν και ειδικά ή προσδιορισμένα αίτια τότε λέμε ότι η διεργασία είναι **εκτός στατιστικού ελέγχου**.

Η παρουσία ειδικών αιτιών μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα

- (1) Μεταβολή στη μέση τιμή του πληθυσμού του χαρακτηριστικού ποιότητας που εξετάζεται
- (2) Μεταβολή της τυπικής απόκλισης του πληθυσμού του χαρακτηριστικού της ποιότητας που εξετάζεται
- (3) Ταυτόχρονη μεταβολή της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης του χαρακτηριστικού που εξετάζεται.

Τα διαγράμματα ελέγχου αποτελούν μια γραφική μέθοδο αναγνώρισης του αν μια διαδικασία βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο ή όχι, δηλαδή αν η μεταβλητότητα μιας διεργασίας υπακούει σε κανόνες τυχαιότητας ή υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που τη διαφοροποιούν από αυτή.

Τύποι διαγραμμάτων Ελέγχου

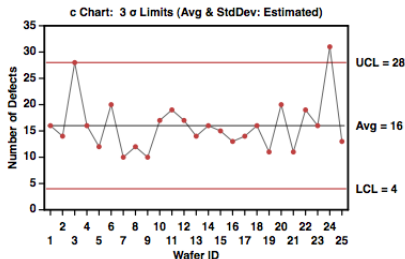
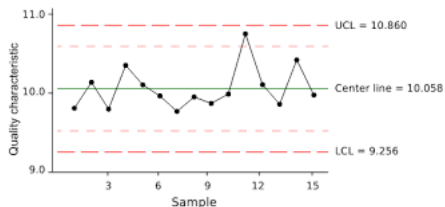
- ▶ Διαγράμματα Ελέγχου για μεταβλητές
- ▶ Διαγράμματα Ελέγχου για ιδιότητες

Ένα ΔΕ αποτελείται από:

- Το Κατώτερο Όριο Ελέγχου (ΚΟΕ - LCL)
- Την Κεντρική Γραμμή (ΚΓ- CL)
- Το Ανώτερο Όριο Ελέγχου (ΑΟΕ- UCL)

7. Διαγράμματα Ελέγχου

Τυπικό διάγραμμα ελέγχου Shewhart (τα εισήγαγε το 1924 ο W. A. Shewhart (1891-1967))



(το διάγραμμα ελέγχου Shewhart λαμβάνει υπόψη μόνο το τρέχον δείγμα)

7. Διαγράμματα Ελέγχου

Walter A. Shewhart

(1891-1967)

- The father of statistical quality control
- The originator of the control chart



ΑΣΚΗΣΗ 1

Γνωρίζουμε ότι σε μια εντός στατιστικού ελέγχου διεργασία ένα συγκεκριμένο ποιοτικό χαρακτηριστικό X ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή 10 και τυπική απόκλιση 3. Για την παρακολούθηση της μέσης τιμής του ποιοτικού χαρακτηριστικού λαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα δείγματα προϊόντων μεγέθους $n = 9$, καταγράφονται οι τιμές του ποιοτικού χαρακτηριστικού, υπολογίζεται η τιμή της στατιστικής συνάρτησης $W = \bar{X}$ σε κάθε δείγμα, και απεικονίζεται σε ένα διάγραμμα ελέγχου με όρια ελέγχου που δίνονται από τις σχέσεις $UCL = \mu_w + L\sigma_w$ και $LCL = \mu_w - L\sigma_w$.

(α) Να υπολογιστεί η πιθανότητα να βρεθεί ένα σημείο εκτός των ορίων ελέγχου του διαγράμματος ενώ η διεργασία είναι εντός στατιστικού ελέγχου (σφάλμα τύπου I), για $L = 2.5(0.1)3.5$.

(β) Να υπολογιστεί η πιθανότητα να βρεθεί ένα σημείο εντός των ορίων ελέγχου του διαγράμματος ελέγχου με όρια ελέγχου 3σ ενώ η διεργασία είναι εκτός στατιστικού ελέγχου (σφάλμα τύπου II) λόγω μετατόπισης του μέσου, για $\mu = 7(0.5)10$. Επίσης να υπολογιστεί επίσης το μέσο μήκος ροής για κάθε μετατόπιση του μέσου.

ΑΣΚΗΣΗ 2

Ένα εργοστάσιο συσκευάζει παστεριωμένο γάλα σε συσκευασίες των 1030ml. Για την παρακολούθηση τις διεργασίας λαμβάνεται κάθε μισή ώρα δείγμα 9 συσκευασιών, μετράται η ποσότητα γάλακτος (σε ml) που περιέχει κάθε συσκευασία, και η εκάστοτε μέση τιμή του δείγματος απεικονίζεται σε ένα \bar{X} bar διάγραμμα ελέγχου με όρια 3σ. Από τα στοιχεία που έχει συλλέξει ο υπεύθυνος ποιότητας του εργοστασίου προκύπτει ότι όταν η διεργασία είναι εντός ελέγχου η ποσότητα γάλακτος που περιέχει μια συσκευασία ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή $\mu = 1002 \text{ ml}$ και τυπική απόκλιση $\sigma = 3 \text{ ml}$.

(α) Υποθέστε ότι η διεργασία βρίσκεται εντός στατιστικού ελέγχου αλλά αμέσως μετά τη συλλογή κάποιου συγκεκριμένου δείγματος η μέση τιμή μετατοπίζεται στη θέση $\mu = 1003 \text{ ml}$ ενώ η τυπική απόκλιση παραμένει η ίδια. Ποια είναι η πιθανότητα η μετατόπιση αυτή να γίνει αντιληπτή με τη συλλογή του επόμενου δείγματος;

(β) (Συνέχεια από (α)) Ποια είναι η πιθανότητα η μετατόπιση αυτή να γίνει αντιληπτή με τη συλλογή του τρίτου δείγματος;

(γ) Ποιος είναι ο μέσος χρόνος, μετά την μετατόπιση της μέσης τιμής στη θέση $\mu = 1003 \text{ ml}$, που απαιτείται για να δώσει ένδειξη το διάγραμμα ότι η διεργασία είναι εκτός ελέγχου;

7. Διαγράμματα Ελέγχου

- Διαγράμματα Ελέγχου για τη μέση τιμή, μας ενδιαφέρει το μέσο επίπεδο της μεταβλητής/χαρακτηριστικού που παρακολουθούμε
- Διαγράμματα Ελέγχου για τη μεταβλητότητα, μας ενδιαφέρει η διασπορά της μεταβλητής / χαρακτηριστικού που παρακολουθούμε
- Διαγράμματα Ελέγχου για αυτοσυσχετιζόμενα χαρακτηριστικά, χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που εμφανίζεται αυτοσυσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων
- Διαγράμματα Ελέγχου τύπου Shewhart λαμβάνουν υπόψη μόνο το τρέχον δείγμα
- Διαγράμματα Ελέγχου με μνήμη (τύπου EWMA & τύπου CUSUM) λαμβάνουν υπόψη το σύνολο της ακολουθίας
- Διαγράμματα Ελέγχου για μεμονωμένες παρατηρήσεις.
- Μη παραμετρικά διαγράμματα ελέγχου (non-parametrics control charts) δεν έχουμε κανονικότητα.
- Πολυμεταβλητά διαγράμματα ελέγχου (multivariate control charts), έχουμε περισσότερα από ένα χαρακτηριστικά που παρακολουθούμε

7. Διαγράμματα Ελέγχου

- Διάγραμμα Ελέγχου τύπου Shewhart: άμεση αντίδραση του διαγράμματος ελέγχου σε μεγάλες και απότομες μετατοπίσεις
- Διάγραμμα Ελέγχου τύπου Exponentially Weighted Moving Average (EWMA Chart) ή διάγραμμα ελέγχου τύπου Cumulative Sum (CUSUM chart) ανιχνεύει γρήγορα τις μικρές και σταδιακές αλλαγές

7. Διαγράμματα Ελέγχου

Φάση I και Φάση II

Υπάρχουν δύο φάσεις για τον έλεγχο μιας παραγωγικής διεργασίας με τη χρήση διαγραμμάτων ελέγχου, η Φάση I και η Φάση II.

Φάση I: Σε αυτή τη φάση συλλέγεται ένα σύνολο δεδομένων από τη διεργασία που αναλύονται όλα μαζί ταυτοχρόνως, για να καθοριστεί αν η διεργασία ήταν εντός ή εκτός ελέγχου κατά τη χρονική περίοδο συλλογής των δεδομένων. Σε αυτή την φάση τα διαγράμματα ελέγχου βοηθούν τον διαχειριστή της διαδικασίας να 'φέρει' τη διεργασία εντός στατιστικού ελέγχου με τη χρησιμοποίηση δοκιμαστικών ορίων ελέγχου. Όταν αυτό επιτευχθεί τα διαγράμματα ελέγχου που προκύπτουν (κεντρική γραμμή και όρια ελέγχου) είναι κατάλληλα για την παρακολούθηση της μελλοντικής συμπεριφοράς της διεργασίας (Φάση II).

Φάση II: Σε αυτή τη φάση τα διαγράμματα ελέγχου χρησιμοποιούνται προκειμένου να ελέγχουμε συνεχώς αν η διαδικασία παραμένει εντός ελέγχου. Στη φάση αυτή ο διαχειριστής έχει στα χέρια του ένα πολύτιμο εργαλείο μέσω του οποίου είναι δυνατόν να παρακολουθεί συνεχώς την παραγωγική διεργασία και να ανιχνεύει εγκαίρως μια πιθανή αλλαγή στο μέσο επίπεδο των χαρακτηριστικών που καθορίζουν την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος.

7. Διαγράμματα Ελέγχου - Φάση I

Βήματα εφαρμογής

- Η διεργασία είναι υπό έλεγχο (άρα και υπό στατιστικό έλεγχο).
- Λαμβάνουμε ένα δείγμα μετρήσεων από την παραγωγή.
- Εκτιμούμε τις παραμέτρους.
- Ελέγχουμε την κανονικότητα των μετρήσεων.
- Ελέγχουμε για πιθανή αυτοσυσχέτιση.
- Εκτιμούμε τα όρια ελέγχου.
- Επιβεβαιώνουμε ότι η διεργασία είναι υπό στατιστικό έλεγχο.
- Συνεχίζουμε στην Φάση II ή ανατροφοδοτούμε