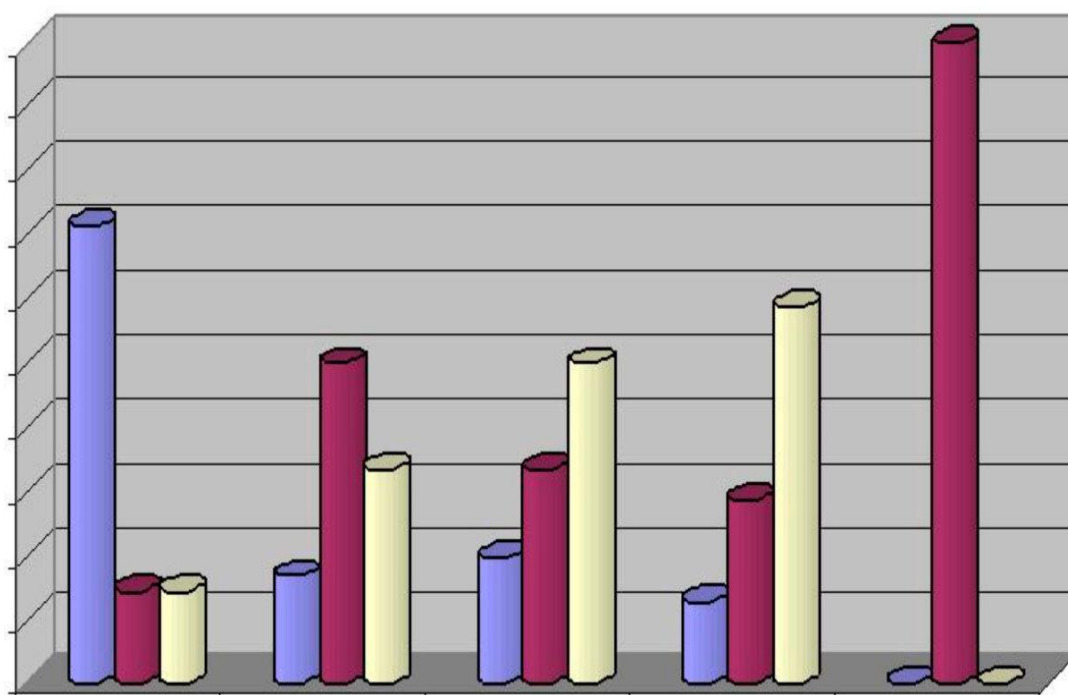


**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*«ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ
ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ»*



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΚΑΡΑΝΤΖΙΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α.Μ. 10876

ΠΑΠΑΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Α.Μ. 10743

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΥΣΑΝΘΗ

ΠΑΤΡΑ 2014

Πίνακας Περιεχομένων

1	Εισαγωγή στην ποιότητα	4
1.1	Ορισμός της ποιότητας	4
1.2	Ιστορική αναδρομή στις μεθόδους της ποιότητας	7
1.3	Διαστάσεις της ποιότητας.....	9
1.3.1	Διαστάσεις ποιότητας στα προϊόντα	12
1.3.2	Διαστάσεις ποιότητας στις υπηρεσίες.....	13
2	Στατιστικός έλεγχος ποιότητας.....	15
2.1	Συνιστώσες Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας.....	15
2.2	Σημασία και ανάγκη του Στατιστικού Ελέγχου	16
2.2.1	Στατιστικός Έλεγχος της Διαδικασίας	18
2.2.2	Έλεγχος Αποδοχής προϊόντος	23
2.3	Προϋποθέσεις για την εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας	26
2.4	Κύριοι παράγοντες για την επιτυχή εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας.....	27
2.5	Δυσκολίες στην εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας.....	30
3	Η έννοια του Total Quality Management	32
3.1	Ο δρόμος για το TQM.....	33
3.2	Εμπόδια στην εφαρμογή του TQM.....	35
4	Βελτίωση ποιότητας	37
4.1	Απλές γραφικές μέθοδοι βελτίωσης της ποιότητας.....	42
5	Διαγράμματα Ελέγχου.....	49
5.1	Τύποι διαγραμμάτων ελέγχου	56
5.2	Κατασκευή ενός διαγράμματος ελέγχου	57
5.3	Ταξινόμηση διαγραμμάτων ελέγχου	59
5.4	Βασικά είδη διαγραμμάτων ελέγχου.....	61
5.4.1	Διαγράμματα ελέγχου τύπου Shewhart	61
5.4.2	Διαγράμματα ελέγχου τύπου CUSUM	64
5.4.3	Διαγράμματα Ελέγχου Τύπου EWMA.....	68
5.5	Διαγράμματα ελέγχου ιδιοτήτων	72
5.5.1	Διαγράμματα Ελέγχου p και np	72
5.5.2	Διαγράμματα ελέγχου c	75
5.5.3	Διάγραμμα ελέγχου u	76

7 Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1	Ιστορική Αναδρομή στο στατιστικό έλεγχο ποιότητας.....	8
Πίνακας 2	Δεδομένα για την κατασκευή διαγράμματος Shewhart	63
Πίνακας 3	Δεδομένα για την κατασκευή διαγράμματος CUSUM	66
Πίνακας 4	Υπολογισμός συσσωρευτικών αθροισμάτων C_i^+ και C_i^- για την κατασκευή διαγράμματος Tabular Cusum	67
Πίνακας 5	Δεδομένα για την κατασκευή Διαγράμματος EMWA.....	70
Πίνακας 6	Δεδομένα για την κατασκευή διαγράμματος P	74
Πίνακας 7	Δεδομένα για την κατασκευή διαγράμματος C	75
Πίνακας 8	Δεδομένα για την κατασκευή διαγράμματος U	77

Πίνακας Γραφημάτων

Γράφημα 1.	Μεταβλητότητα διαδικασίας παραγωγής (1)	17
Γράφημα 2.	Μεταβλητότητα διαδικασίας παραγωγής (2)	17
Γράφημα 3.	Μορφή διαγραμμάτων ελέγχου	20
Γράφημα 4.	Καμπύλη λειτουργικών χαρακτηριστικών	25
Γράφημα 5.	Κύκλος PDCA.....	38
Γράφημα 6.	Διάγραμμα Διαδικασίας (Γενική Μορφή).....	42
Γράφημα 7.	Διάγραμμα Αιτίου – Αιτιατού (Γενική Μορφή).....	43
Γράφημα 8.	Διάγραμμα Αιτίου – Αιτιατού (Παράδειγμα)	45
Γράφημα 9.	Φύλλο καταχώρησης ελαττωματικών.....	46
Γράφημα 10.	Ιστόγραμμα	46
Γράφημα 11.	Διάγραμμα Pareto.....	47
Γράφημα 12.	Διάγραμμα Διασποράς	48
Γράφημα 13.	Τυπικό διάγραμμα ελέγχου Shewhart.....	50
Γράφημα 14.	Πρότυπες μορφές μη τυχαίας συμπεριφοράς	51
Γράφημα 15.	Ζώνες A, B, C σε ένα διάγραμμα ελέγχου	52
Γράφημα 16.	Western Electric Rules.....	54
Γράφημα 17.	Διάγραμμα X-Bar – Παράδειγμα	64
Γράφημα 18.	Διάγραμμα CUSUM – Παράδειγμα.....	67
Γράφημα 19.	Διάγραμμα EMWA – Παράδειγμα 1	70
Γράφημα 20.	Διάγραμμα EMWA – Παράδειγμα 2	71
Γράφημα 21.	Διάγραμμα EMWA – Παράδειγμα 3	71
Γράφημα 22.	Διάγραμμα P – Παράδειγμα.....	74
Γράφημα 23.	Διάγραμμα C – Παράδειγμα	76
Γράφημα 24.	Διάγραμμα U – Παράδειγμα.....	78

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία διεξάγει μια πλήρη βιβλιογραφική επισκόπηση του στατιστικού ελέγχου ποιότητας και των βασικών μεθόδων μέσω των οποίων μπορεί αυτός να εφαρμοστεί.

Αρχικά ορίζεται η έννοια της ποιότητας και οι διαστάσεις που αυτή λαμβάνει στα προϊόντα και τις υπηρεσίες. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στο στατιστικό έλεγχο ποιότητας και διευρενάται η σημασία και η ανάγκη του, οι προϋποθέσεις για την επιτυχή εφαρμογή του καθώς και τα εμπόδια που μπορεί να λειτουργήσουν ανασταλτικά στην εκτέλεση του. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται διεξοδικά το Total Quality Management τόσο ως προς την έννοια και τη σημασία του όσο και ως προς τις μεθόδους εφαρμογής του αλλά και τα εμπόδια που πρέπει να προσπελαστούν προκειμένου να έχουμε επιτυχή επιτέλεση του. Στο τέταρτο, και σημαντικότερο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, γίνεται ενδελεχής μελέτη των γραφικών κατά κύριο λόγο, μεθόδων βελτίωσης της ποιότητας. Παρουσιάζεται το σύνολο των γραφημάτων η χρήση των οποίων οδηγεί σε εντοπισμό εκτός ελέγχου διαδικασιών και σε κάθε περίπτωση αναλύεται ο τρόπος κατασκευής και ερμηνείας τους. Για κάθε είδος γραφήματος παρατίθεται ένα παράδειγμα προς καλύτερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας τους από τον αναγνώστη.

Με την χρήση των μεθόδων που καταγράφονται στην παρούσα διπλωματική εργασία και αλλά και άλλων τεχνικών που δεν θα μας απασχολήσουν εδώ, π.χ. μεθοδολογία six sigma, μπορούμε να οδηγηθούμε σε βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων προϊόντων και υπηρεσιών και κατά συνέπεια σε σχέσεις εμπιστοσύνης μεταξύ επιχείρησης και πελάτη.

1 Εισαγωγή στην ποιότητα

1.1 Ορισμός της ποιότητας

Η ποιότητα αναμφίβολα είναι σήμερα ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή ανάμεσα σε ανταγωνιστικά προϊόντα και υπηρεσίες. Οι επιχειρήσεις που έχουν ενσωματώσει την ποιότητα στα προϊόντα τους και την επιχειρηματική στρατηγική τους απολαμβάνουν κατά πλειοψηφία την εμπιστοσύνη του καταναλωτικού κοινού.

Η ποιότητα είναι μια πολυσύνθετη έννοια στην οποία έχουν δοθεί πολλοί ορισμοί. Το λεξιλόγιο ISO 8402 (1986) δίνει τον εξής ορισμό : *Ποιότητα είναι το σύνολο των ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας που συμβάλουν στην ικανότητά του να ικανοποιεί εκφρασμένες ή υπονοούμενες ανάγκες.* Ο παραπάνω ορισμός αναφέρεται σε προϊόντα και υπηρεσίες. Κατά καιρούς οι ειδικοί της ποιότητας, ανάλογα με τη φιλοσοφία του ο καθένας, έχουν δώσει τους δικούς τους ορισμούς, για να προσδιορίσουν καλύτερα τη σημασία ενός ομολογουμένως πολυδιάστατου όρου. Παρακάτω αναφέρονται 16 ορισμοί που περισυλλέγησαν από βιβλία και συνεντεύξεις των ειδικών. Δίπλα αναφέρεται η χρονολογία κατά την οποία δόθηκε ο ορισμός :

- ✚ Ποιότητα σημαίνει να ταιριάζει το προϊόν ή η υπηρεσία στο σκοπό ή τη χρήση για την οποία προορίζεται - Juran (1950)
- ✚ Ποιότητα σημαίνει συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις - Crosby (1979)
- ✚ Ποιότητα σε ένα προϊόν ή σε μια υπηρεσία δεν είναι αυτό που βάζει ο προμηθευτής. Είναι αυτό που παίρνει ο πελάτης και για το οποίο είναι διατεθειμένος να πληρώσει. Αυτό που προσδίδει ποιότητα σε ένα προϊόν δεν είναι ούτε η δυσκολία κατασκευής του, ούτε το μεγάλο κόστος του, όπως πιστεύουν συνήθως οι κατασκευαστές. Αυτό είναι χαμηλή απόδοση. Οι πελάτες πληρώνουν μόνο γι' αυτό που είναι χρήσιμο σ' αυτούς και προσφέρει σ' αυτούς αξία. Τίποτε άλλο δεν αποτελεί "ποιότητα". - Peter Drucker (1985)

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

- ✚ Ποιότητα είναι οτιδήποτε εσύ ορίζεις να είναι π.χ. γεύση, χρώμα, μια προθεσμία, μια μέτρηση, μια λεπτομερής τεχνική προδιαγραφή, μια ημερομηνία παράδοσης. Prof. Rogerson, Cranfield University (1987)
- ✚ Ποιότητα είναι οι αναμενόμενες επιθυμίες του πελάτη. David Garvin (1988)
- ✚ Ποιότητα είναι κάτι καλύτερο από αυτό των ανταγωνιστών σου. John Oakland (1989)
- ✚ Η ποιότητα είναι στην ουσία ένας τρόπος να διευθύνεις την εταιρία. Armand V. Feigenbaum (1991)
- ✚ Ποιότητα σημαίνει ανθρώπους, όχι πράγματα. Τα καλύτερα παπούτσια ή κοστούμια γίνονται από ανθρώπους. Robin de Wilde QC (1996)
- ✚ Η ποιότητα των προϊόντων επηρεάζεται σημαντικά από το τι συμβαίνει στα μυαλά και στις καρδιές των ανθρώπων που δημιουργούν το προϊόν. Ποιότητα είναι αυτό που κάνει κάτι αυτό που είναι. Η ποιότητα της καρέκλας είναι κάτι που κάθεται επάνω. Δεν μπορείς να βελτιώσεις την ποιότητα της καρέκλας. Μπορείς να την κάνεις δερμάτινη, περιστροφική, με ρυθμιζόμενο ύψος κλπ. Κάθε φορά όμως χρειάζεται να την ξαναορίσεις. Vincent Kane (1996)
- ✚ Ποιότητα τελικά είναι η αξία ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας για τα χρήματα που δίνει, όπως τη βλέπει ο πελάτης. Donald Campbell - IQA Secretary General (1996).
- ✚ Ποιότητα είναι η φιλοσοφία εργασίας μέσα από την οποία μπορούμε να πραγματοποιήσουμε το όραμά μας και να εκπληρώσουμε την αποστολή μας, με τρόπο πλήρως συμβατό με τις αξίες μας και υποστηριζόμενο από αυτές. Geoffrey Alderman - Middlesex University (1996).
- ✚ Η ποιότητα δεν είναι πια η απλή διαφοροποίηση της ανταγωνιστικότητας, είναι καθαρά ένα χαρακτηριστικό εισόδου στην αγορά. Richard Sullivan (1996).
- ✚ Η ποιότητα αφορά το στένεμα του χάσματος (κενού) μεταξύ αυτού που επιδιώκουμε και αυτού που πραγματικά κάνουμε. Vincent Kane (1996).

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

- ✚ Ποιότητα είναι μια υποκειμενική εκτίμηση των προϊόντων ή υπηρεσιών και τείνουμε να αποφασίζουμε με βάση το ανώτερο που μπορούμε να πληρώσουμε ή την αξία που παίρνουμε για τα χρήματα που ξοδεύουμε. Η ποιότητα είναι για τους κατασκευαστές να προσπαθούν ενώ για τους πελάτες να κρίνουν. Clive Butler (1997)
- ✚ Ποιότητα είναι τα ολικά σύνθετα χαρακτηριστικά προϊόντων και υπηρεσιών της προώθησης, παραγωγής, σχεδιασμού και συντήρησης, μέσω των οποίων το προϊόν ή η υπηρεσία θα ικανοποιήσει αυτό που ο πελάτης αναμένει. (1998)
- ✚ Η ποιότητα δεν είναι κάτι απόλυτο, ούτε ένα πρότυπο που συνεχώς βελτιώνεται. Είναι η αντανάκλαση των προσδοκιών του ατόμου, οι οποίες με τη σειρά τους καθορίζονται από την κοινωνία και την κατάσταση του Έθνους σε μια δεδομένη στιγμή. - Linda Campbell, Διευθ. Σύμβουλος του UKAS. (1998)

Οι παραπάνω ορισμοί (σε χρονολογική σειρά) αντιπροσωπεύουν μια χρονική περίοδο 50 ετών, μέσα στην οποία η εξέλιξη της ζωής και της τεχνολογίας αλλάζει συνεχώς τη σημασία της ποιότητας. Ορισμένοι ορισμοί θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν «αιρετικοί» διότι ξεφεύγουν από το «δόγμα» δηλαδή από το ίδιο το προϊόν ή την υπηρεσία και προεκτείνονται στους πελάτες, στους εργαζόμενους, την ίδια την εταιρία, μέχρι την κοινωνία και το Έθνος. Δεν μπορούμε να πούμε ότι κάποιος ορισμός είναι σωστός ενώ άλλος είναι λάθος, διότι όλοι βλέπουν το ίδιο θέμα από διαφορετική οπτική γωνία. Είναι χαρακτηριστική όμως η εξέλιξη του όρου 'ποιότητα'. Από τη στενή σχέση που είχε το 1950 με το προϊόν, έχει σήμερα διευρυνθεί σε έννοια διοίκησης με νέα στοιχεία που καθορίζουν την ανταγωνιστικότητα σε παγκόσμιο πλέον επίπεδο. Η έννοια της ποιότητας είναι «ζωντανή» και διαρκώς μεταβάλλεται. Σε 10 χρόνια από σήμερα ίσως να σημαίνει κάτι τελείως διαφορετικό. Ότι όμως και να σημαίνει, αυτοί που θα προβλέψουν ή θα αντιληφθούν έγκαιρα τη σημασία της ποιότητας θα είναι εκείνοι που θα επιζήσουν στην αγορά. Την ιδιαιτερότητα και τη διαφοροποίηση της ποιότητας σε κάθε εποχή, σε κάθε Έθνος, σε κάθε κοινωνία, σε κάθε άνθρωπο την είχε ήδη τονίσει ο Αριστοτέλης 2.500 χρόνια πριν λέγοντας :

«Οι άνθρωποι αποκτούν μια ιδιαίτερη ποιότητα, ενεργώντας σταθερά με έναν ιδιαίτερο τρόπο»

1.2 Ιστορική αναδρομή στις μεθόδους της ποιότητας

Η ιστορία της ποιότητας ξεκινά στις αρχές του 20^{ου} αιώνα στη Μεγάλη Βρετανία με την δημιουργία των πρώτων εργαστηρίων για πρότυπα και στις Η.Π.Α στην αυτοκινητοβιομηχανία Ford με την γραμμή συναρμολόγησης και τον έλεγχο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Τα βήματα στη συνέχεια είναι αλματώδη μέχρι τις μέρες μας που πλέον η ποιότητα έχει αναδειχθεί σε κύριο μέλημα τόσο της βιομηχανίας όσο και των υπηρεσιών

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα κυριότερα ιστορικά σημεία στην ανάπτυξη της ποιότητας από το 1900 έως σήμερα.

1901	Τα πρώτα εργαστήρια προτύπων ιδρύονται στην Μ. Βρετανία
1907-1908	Η AT&T αρχίζει συστηματική επιθεώρηση και έλεγχο των προϊόντων και των υλικών
1919	Η Ένωση τεχνικών Επιθεωρητών ιδρύεται στην Αγγλία η οποία αργότερα γίνεται το Ινστιτούτο Ασφάλειας της ποιότητας
1920	Στα εργαστήρια της AT&T ιδρύεται τμήμα ποιότητας
1928	Η τεχνική της Δειγματοληψίας αποδοχής αναπτύσσεται από τους H.F Dodge και H.G. Roming
1931	Ο W.A. Shewhart δίνει διαλέξεις σε στατιστικές μεθόδους στην παραγωγή και τα διαγράμματα ελέγχου στο Πανεπιστήμιο του Λονδίνου
1938	Ο W.E. Deming προσκαλεί τον Shewhart για σεμινάρια στα διαγράμματα ελέγχου στο U.S. Department of Agriculture.
1940	Το Υπουργείο Πολέμου των Η.Π.Α εκδίδει έναν οδηγό για την ανάλυση δεδομένων με χρήση διαγραμμάτων ελέγχου
1946	Ιδρύεται η American Society for Quality Control
1946-1949	Ο Deming προσκαλείται για να δώσει σεμινάρια Στατιστικού Ποιοτικού Ελέγχου στην Ιαπωνία
1948	Ο καθηγητής G. Taguchi αρχίζει μελέτες και εφαρμογές σε πειραματικό σχεδιασμό
1950	Ο Deming αρχίζει την εκπαίδευση σε ανώτατα στελέχη βιομηχανιών
1950	Ο καθηγητής K. Ishikawa εισάγει το διάγραμμα αιτίου και αιτιατού
1954	Ο Dr. J. Juran προσκαλείται από την Ιαπωνία για να δώσει διαλέξεις σε Quality Management
1959	Ο S. Roberts εισάγει το διάγραμμα EMWA
1960	Η ιδέα των κύκλων ποιότητας εισάγεται από τον K. Ishikawa
1969	Τα περιοδικά Quality Process και J. Of Quality Technology αρχίζουν να εκδίδονται
1975-1978	Εμφανίζονται τα πρώτα βιβλία σε σχεδιασμό πειραμάτων
1989	Αρχίζει να εκδίδεται το περιοδικό Quality Engineering – Η Motorola εισάγει την έννοια six – sigma

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

1990	Σταδιακή αύξηση στη ζήτηση και τη βιομηχανία και τις υπηρεσίες για πιστοποίηση κατά ISO 9000
1997	Η προσέγγιση six-sigma της Motorola υιοθετείται και από άλλες βιομηχανίες
2000	Γίνεται η δεύτερη αναθεώρηση της σειράς προτύπων ISO 9000
2003	Ενισχύεται η δέσμευση, η υπευθυνότητα και η επίγνωση των προμηθευτών με τις επιχειρήσεις σχετικά με την ποιότητα.
2005	Θέσπιζεται από τους Filho και Cezar η εφαρμογή διαδικασιών βελτίωσης του Συστήματος Διοίκησης Ποιότητας
2006	Θέσπιζεται από τους Filho και Cezar η εφαρμογή διαδικασιών βελτίωσης του Συστήματος Διοίκησης Ποιότητας

Πίνακας 1 Ιστορική Αναδρομή στο στατιστικό έλεγχο ποιότητας

1.3 Διαστάσεις της ποιότητας

Οι επιχειρήσεις προκειμένου να προχωρήσουν στην παροχή ποιοτικών υπηρεσιών (ή στην παραγωγή ποιοτικών προϊόντων) καθοδηγούνται από τις ανάγκες των πελατών τους (εξωτερικών και εσωτερικών) και ανάλογα, δίνουν περισσότερη ή λιγότερη έμφαση σε κάθε μία από τις ποιοτικές διαστάσεις για να τις ικανοποιήσουν.

Σύμφωνα με τον David Garvin «κατά τη διαδικασία σχεδίασης ενός προϊόντος ή μίας υπηρεσίας προσδιορίζεται το 80% ως 90% του κόστους παραγωγής του/της». Κρίνεται λοιπόν στη φάση αυτή, ιδιαίτερα σημαντική ή συστηματική εξέταση της αγοράς, η αναγνώριση των αναγκών των πελατών και η εστίαση σε εκείνες τις ποιοτικές διαστάσεις που τις εκφράζουν. Πολλοί ειδικοί επί του θέματος έχουν κάνει αναφορά σε διαφορετικές διαστάσεις και μολονότι συχνά φαίνεται να διαφέρουν σε ορισμένα σημεία, ωστόσο συγκλίνουν σε μεγάλο βαθμό.

Σύμφωνα με τον William B. Martin «δύο κύριες διαστάσεις είναι αυτές που καθορίζουν την ποιότητα στην παροχή υπηρεσιών: **η διαδικαστική διάσταση και η προσωπική διάσταση**» (Martin W., 1993,). Κάθε μία από αυτές είναι κρίσιμη για την παροχή υπηρεσιών. Η διαδικαστική διάσταση αφορά στα διάφορα συστήματα και τις διαδικασίες που έχουν καθιερωθεί για την παροχή υπηρεσιών (ή των προϊόντων). Η προσωπική διάσταση αφορά στον τρόπο που το προσωπικό μιας επιχείρησης προσεγγίζει και αντιμετωπίζει τους πελάτες της.

Ο Gronroos (1983) υποστήριξε ότι υπάρχουν δύο διαστάσεις που χαρακτηρίζουν την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών (ή προϊόντων) : **η τεχνική διάσταση και η λειτουργική διάσταση** (Bergman και Klefsjo, 1994,). Η τεχνική διάσταση της ποιότητας έχει να κάνει με το **τι** λαμβάνουν οι πελάτες, ενώ η λειτουργική διάσταση αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο οι πελάτες λαμβάνουν μία υπηρεσία, δηλαδή στο **πώς** αυτή παρέχεται. Σύμφωνα πάντα με τον Gronroos οι δύο αυτές διαστάσεις καθορίζουν την εταιρική εικόνα, η οποία με τη σειρά της παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση αντίληψης από την πλευρά του πελάτη για την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών. Οι δύο αυτές διαστάσεις, έτσι όπως τις ορίζει ο Gronroos, περιλαμβάνουν ένα πλέγμα από χαρακτηριστικά, ή αλλιώς κριτήρια, σύμφωνα με τα οποία ο πελάτης αξιολογεί τις υπηρεσίες που λαμβάνει. Σύμφωνα με έρευνες τα κριτήρια αυτά είναι (Χυτήρης, 2002,):

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

- 1. Υλικά και εμπράγματα στοιχεία:** πρόκειται για τα στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος στο οποίο παρέχεται η υπηρεσία, αλλά και για τις προδιαγραφές ή και τα στοιχεία των εμπράγματων αγαθών.
- 2. Συνέπεια-αξιοπιστία:** η ικανότητα της επιχείρησης να προσφέρει ό,τι έχει υποσχεθεί.
- 3. Άμεση εξυπηρέτηση (ανταπόκριση):** η προθυμία για άμεση βοήθεια στον πελάτη.
- 4. Γνώσεις και ικανότητες:** αυτών που παρέχουν την υπηρεσία
- 5. Ευγένεια:** αναφέρεται στους τρόπους και το ενδιαφέρον του προσωπικού απέναντι στους πελάτες.
- 6. Σιγουριά και ασφάλεια:** έχει να κάνει με το αίσθημα του πελάτη ότι δεν κινδυνεύει να υποστεί κάποια ζημιά ή ατύχημα.
- 7. Εμπιστοσύνη:** του πελάτη για την επιχείρηση
- 8. Πρόσβαση και προσαρμοστικότητα:** αναφέρεται στην ευκολία με την οποία ο πελάτης μπορεί να έρθει σε επαφή με την επιχείρηση ή το προσωπικό και στην δυνατότητα της επιχείρησης να προσαρμόζεται στις ανάγκες του πελάτη.
- 9. Επικοινωνία:** ανάμεσα στον πελάτη και την επιχείρηση.
- 10. Ενσυναίσθηση:** το ενδιαφέρον και η ικανότητα του προσωπικού να 'μπαίνει' στη θέση του πελάτη.
- 11. Αποκατάσταση/διόρθωση:** η δυνατότητα και διάθεση της επιχείρησης να διορθώνεται πράγματα σε περίπτωση λάθους.

Η Lehtinen (1982) πάλι διέκρινε τρεις ποιοτικές διαστάσεις: *την υλική ποιότητα, την επιχειρησιακή ποιότητα και την ποιότητα αλληλεπίδρασης* (Kunst και Lemmink). Σύμφωνα με αυτόν το διαχωρισμό, η υλική ποιότητα περιλαμβάνει τα υλικά στοιχεία μίας υπηρεσίας, η επιχειρησιακή ποιότητα αναφέρεται στην εικόνα που έχει διαμορφώσει μία επιχείρηση (ή αλλιώς στην ταυτότητά της) και η ποιότητα αλληλεπίδρασης εξετάζει την προσωπική επαφή η οποία αναπτύσσεται ανάμεσα στο προσωπικό μίας επιχείρησης και στους πελάτες της. Δεν είναι δύσκολο να διακρίνει

κάνεις ότι μεταξύ των τριών αυτών απόψεων σχετικά με τις ποιοτικές διαστάσεις (των

Martin, Gronroos και Lehtinen) δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές, παρά μόνο κάποιες διαφοροποιήσεις, αφού οι έννοιες που προσδίδει καθένας από αυτούς σε κάθε μία διάσταση σε γενικές γραμμές συγκλίνουν.

Ο David Garvin στο βιβλίο του «What does Product Quality Mean?» διακρίνει οκτώ διαστάσεις ποιότητας (ερβιτσιώτης, 1993,):

- 1. Βασικά χαρακτηριστικά απόδοσης της υπηρεσίας (ή του προϊόντος):** τα χαρακτηριστικά αυτά (ή οι λειτουργίες) είναι αντικείμενα και μετρήσιμα και έχουν ως στόχο τους την ικανοποίηση των βασικών αναγκών των πελατών.
- 2. Δευτερεύοντα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας (ή του προϊόντος):** αν και δεν επηρεάζουν το βαθμό ικανοποίησης των πελατών από τα βασικά χαρακτηριστικά απόδοσης, τα δευτερεύοντα συχνά διευκολύνουν τη χρήση της υπηρεσίας (ή του προϊόντος) και συμβάλλουν στη διαμόρφωση μιας ευνοϊκότερης αντίληψης του πελάτη για τη γενική εικόνα της υπηρεσίας (ή του προϊόντος).
- 3. Αξιοπιστία της υπηρεσίας (ή του προϊόντος):** η διάσταση αυτή είναι μετρήσιμη και κρίνεται περισσότερο σημαντική κυρίως όταν πρόκειται για υπηρεσίες (ή προϊόντα) ιδιαίτερης πολυπλοκότητας. Έχει να κάνει με την πιθανότητα βλάβης ή δυσλειτουργίας ή καταστροφής μίας υπηρεσίας ή ενός προϊόντος κάτω από κανονικές συνθήκες χρήσεως.
- 4. Ποιότητα παραγωγής:** η διάσταση αυτή σχετίζεται με την ποιότητα της παραγωγικής διαδικασίας και τον βαθμό στον οποίο εκπληρώνονται οι απαιτήσεις των προκαθορισμένων από την επιχείρηση προδιαγραφών για ορισμένα κρίσιμα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας (ή του προϊόντος).
- 5. Αναμενόμενη διάρκεια ζωής της υπηρεσίας (ή του προϊόντος):** η διάσταση αυτή είναι επίσης αντικειμενική και μετρήσιμη και σχετίζεται με την αξιοπιστία της υπηρεσίας (ή του προϊόντος). Αφορά το χρόνο για τον οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα προϊόν ή μία υπηρεσία παρέχοντας ότι έχει υποσχεθεί η επιχείρηση, χωρίς να παρουσιάσει λειτουργικά προβλήματα που δεν επιδέχονται διόρθωσης.

6. Ποιότητα εξυπηρέτησης της υπηρεσίας (ή του προϊόντος) μετά την πώληση: η διάσταση έχει να κάνει με την συμπεριφορά και τη στάση του προσωπικού μίας επιχείρησης απέναντι στους πελάτες της μετά την πώληση της υπηρεσίας ή του προϊόντος. Στοιχεία που συνθέτουν αυτή τη διάσταση είναι η ευγένεια του προσωπικού, η τεχνική του ικανότητα, ο χρόνος ανταπόκρισης σε παράπονα, κ.α. Για πολλά είδη ιδιαίτερα στον τομέα των υπηρεσιών, η ποιότητα εξυπηρέτησης παρακολουθείται από ένα δείκτη των παραπόνων των πελατών και από το μέσο χρόνο αποκατάστασης των λαθών.

7. Αισθητικά χαρακτηριστικά: η διάσταση αυτή έχει να κάνει καθαρά με τις προσωπικές προτιμήσεις των πελατών και για το λόγο αυτό θεωρείται υποκειμενική διάσταση. Τα σχετικά ερεθίσματα συμβάλλουν σημαντικά στην αντίληψη ποιότητας που διαμορφώνει ο πελάτης για μία υπηρεσία ή ένα προϊόν και καλλιεργούνται εκτός από το ίδιο το προϊόν ή την υπηρεσία και στο είδος συσκευασίας, στους χώρους παραγωγής και πώλησης, καθώς και στον τρόπο πώλησης και εξυπηρέτησης.

8. Υποκειμενική αντίληψη προσφερόμενης αξίας: η διάσταση αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στις ελλείψεις πληροφορίες που έχουν στη διάθεση τους οι πελάτες, με αποτέλεσμα να κάνουν την επιλογή τους βάση προσωπικών εκτιμήσεων και όχι βάση αντικειμένων χαρακτηριστικών της υπηρεσίας ή του προϊόντος. Ο στόχος μίας σύγχρονης επιχείρησης που επιθυμεί να είναι ανταγωνιστική και να επιτυγχάνει κέρδη, θα πρέπει να είναι η μείωση του κόστους για τον κύκλο μίας υπηρεσίας ή ενός προϊόντος, με την ταυτόχρονη προσφορά μεγαλύτερης αξίας (σε σχέση με το κόστος) (Δερβιτσιώτης, 1993.). Η αντίληψη αυτή ευνοεί την ανάπτυξη υπηρεσιών ή προϊόντων υψηλής ποιότητας, διότι μόνο με αυτά ελαχιστοποιείται το συνολικό κόστος παραγωγής και χρήσης τους.

1.3.1 Διαστάσεις ποιότητας στα προϊόντα

Οι ποιοτικές διαστάσεις ενός προϊόντος είναι:

- ✚ **Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά:** χωρίζονται σε πρωτεύοντα και δευτερεύοντα και στοχεύουν στην ικανοποίηση των αντίστοιχων αναγκών των πελατών (είναι μετρήσιμα και αντικειμενικά)

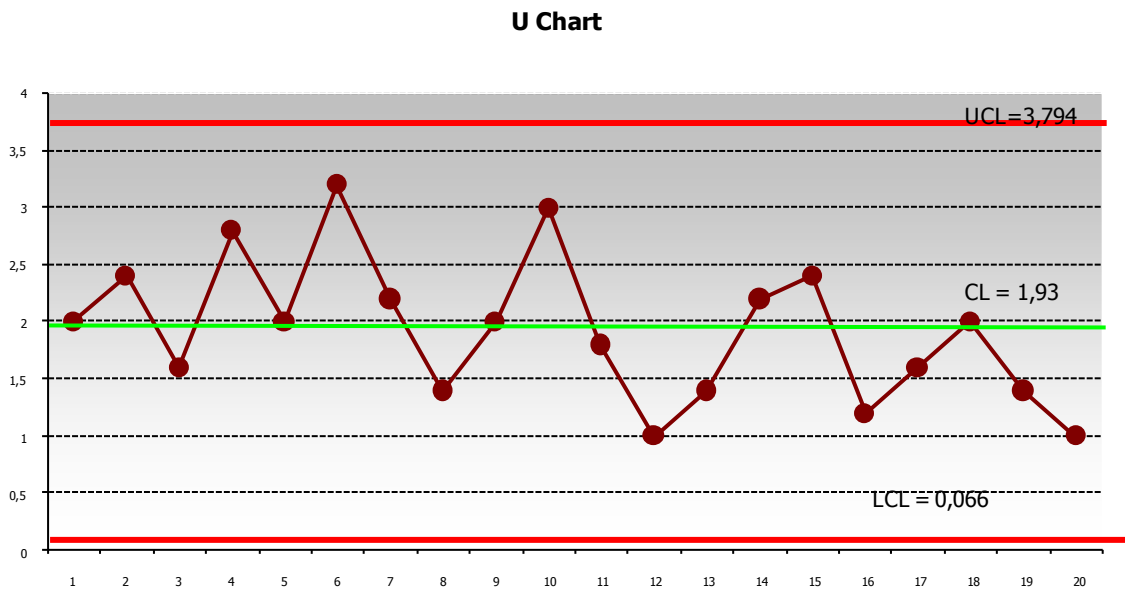
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

- ✚ **Η αξιοπιστία και η ανθεκτικότητα:** σχετίζονται με πιθανές βλάβες και καταστροφές του προϊόντος υπό κανονικές συνθήκες (μπορούν να μετρηθούν αντικειμενικά)
- ✚ **Η συμμόρφωση με τις προδιαγραφές:** σχετίζεται με την ποιότητα της παραγωγικής διαδικασίας. Αναφέρονται πάντα στα κρίσιμα χαρακτηριστικά που διαμορφώνουν την ποιοτική στάθμη ενός προϊόντος και το κόστος παραγωγής. (μετρήσιμοι, π.χ. αριθμός ελαττωματικών, χρόνος καθυστερήσεων, αριθμός παραπόνων κλπ)
- ✚ **Η διάρκεια ζωής και η επισκευασιμότητα:** σχετίζονται με την αξιόπιστη λειτουργία του προϊόντος και την επισκευαστική πολιτική (είναι αντικειμενικές και μετρήσιμες)
- ✚ **Εξυπηρέτηση πριν και μετά την πώληση:** αναφέρεται στην συμπεριφορά του προσωπικού διαφόρων τμημάτων πριν και μετά την πώληση του προϊόντος.
- ✚ **Η αισθητική και η εμφάνιση:** είναι η πρώτη από τις υποκειμενικές διαστάσεις της ποιότητας
- ✚ **Η υποκειμενική αντίληψη της ποιότητας:** προέρχεται από την ανεπαρκή πληροφόρηση του καταναλωτή για συγκεκριμένα προϊόντα με αποτέλεσμα να μη βασίζει την επιλογή του σε αντικειμενικά χαρακτηριστικά ποιότητας

1.3.2 Διαστάσεις ποιότητας στις υπηρεσίες

Το κυρίαρχο μοντέλο που υπάρχει για τον ορισμό και την μέτρηση της ποιότητας στις υπηρεσίες είναι το μοντέλο SERVQUAL που σχεδιάστηκε από τους Berry, Parasuraman και Zeithaml στα μέσα της δεκαετίας του 80. Το έργο ξεκίνησε από το Marketing Science Institute και η ανάπτυξη του έγινε σε διάφορες φάσεις σε μια περίοδο 7 ετών. Σύμφωνα με αυτό η έννοια της ποιότητας στις υπηρεσίες δημιουργείται από τη διαφορά μεταξύ των προσδοκιών των πελατών από το είδος της υπηρεσίας γενικά και την αντίληψή τους σχετικά με την απόδοση αυτού του είδους υπηρεσίας από έναν συγκεκριμένο πάροχο. Με άλλα λόγια είναι το κενό μεταξύ της προσδοκώμενης και της πραγματικής

εξυπηρέτησης.



Πιο συγκεκριμένα οι πέντε παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα μιας υπηρεσίας είναι:

- ✚ **Η Αξιοπιστία (Reliability)** - το να κάνουν αυτό που λένε ότι θα κάνουν, στην ώρα τους και συγκεκριμένα.
- ✚ **Η Ανταπόκριση (Responsiveness)** - η θέληση για παροχή βοήθειας και η ανταπόκριση σε συγκεκριμένες απαιτήσεις
- ✚ **Η Εγγύηση (Assurance)** - η κατοχή των απαιτούμενων ικανοτήτων για την παροχή της υπηρεσίας καθώς και μετάδοση της εμπιστοσύνης.
- ✚ **Κατανόηση (Empathy)**-δείχνει την κατανόηση των αναγκών των πελατών και την παροχή της συγκεκριμένης υπηρεσίας
- ✚ **Απτή διάσταση (Tangibility)**-περιλαμβάνει φυσική εμφάνιση των ατόμων και των εγκαταστάσεων

2 Στατιστικός έλεγχος ποιότητας

2.1 Συνιστώσες Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας

Ο Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας αποτελείται από ένα σύνολο μεθόδων στατιστικής ανάλυσης δεδομένων. Το σύνολο αυτό μπορεί να χωριστεί σε τρία βασικά υποσύνολα που το καθένα περιέχει στατιστικές μεθόδους προσανατολισμένες σε διαφορετικές φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας. Τα τρία υποσύνολα είναι τα ακόλουθα:

- ✚ Σχεδιασμός και Ανάλυση Πειραμάτων (Design of Experiments)
- ✚ Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών (Statistical Process Control)
- ✚ Δειγματοληψία Αποδοχής (Acceptance Sampling)

Ο Σχεδιασμός και η Ανάλυση Πειραμάτων περιέχει όλες εκείνες τις στατιστικές τεχνικές οι οποίες μας βοηθούν στην ανακάλυψη της επίδρασης που έχουν τα διάφορα επίπεδα των παραγόντων (μεταβλητών) που επηρεάζουν τις ποιοτικές παραμέτρους του τελικού προϊόντος και συνεπώς διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη βέλτιστη σχεδίαση της παραγωγικής διεργασίας. **Ο Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών** περιέχει στατιστικές τεχνικές που είναι απαραίτητες για τον έλεγχο της παραγωγικής διεργασίας κατά την διάρκεια της παραγωγής των προϊόντων. **Η Δειγματοληψία Αποδοχής** περιέχει στατιστικές τεχνικές (δειγματοληπτικές) που είναι απαραίτητες για να αποφασίσουμε αν μια συγκεκριμένη παρτίδα (σωρός) προϊόντων θα γίνει δεκτή ή θα απορριφθεί.

Οι Φάσεις της Διαδικασίας Παραγωγής

Φάση 1: Σχεδιασμός Προϊόντος , Σχεδιασμός και Ανάλυση Πειραμάτων

Φάση 2: Παραγωγική Διεργασία , Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών

Φάση 3: Τελικό Προϊόν , Δειγματοληψία Αποδοχής

Από τη φάση παραλαβής των πρώτων υλών μέχρι τη φάση των τελικών ελέγχων και της συσκευασίας ενός προϊόντος μπορεί να διακριθεί ένας αριθμός σταδίων στην εξέλιξη του προϊόντος. Το σύνολο αυτών των σταδίων αποτελούν μια διεργασία. Διεργασία επίσης μπορεί να θεωρηθεί και κάθε επιμέρους στάδιο. Σύμφωνα με την

ορολογία του ISO 9000, *διεργασία θεωρείται ένας προδιαγεγραμμένος τρόπος για να γίνει μια ενέργεια.*

2.2 Σημασία και ανάγκη του Στατιστικού Ελέγχου

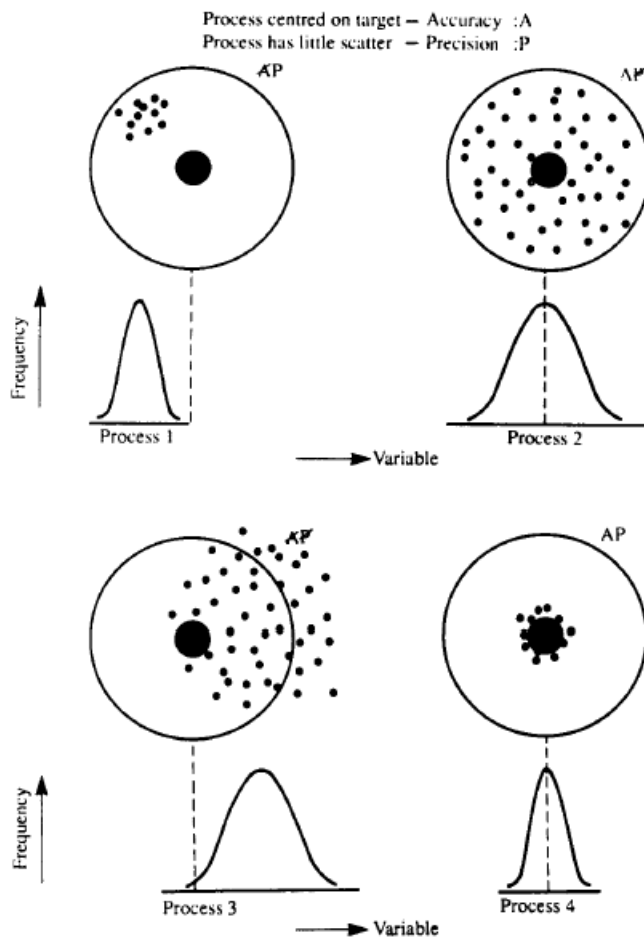
Σε κάθε παραγωγική διαδικασία υπάρχει μεταβλητότητα

- **Συστηματική:** Οφείλεται σε συγκεκριμένους αναγνωρίσιμους παράγοντες
- **Τυχαία:** Οφείλεται σε άγνωστους παράγοντες που είτε δεν μπορούμε είτε δεν μας συμφέρει να υπολογίσουμε

Η παραγωγή ελεγχόμενης ποιότητας είναι *επιθυμητή* γιατί:

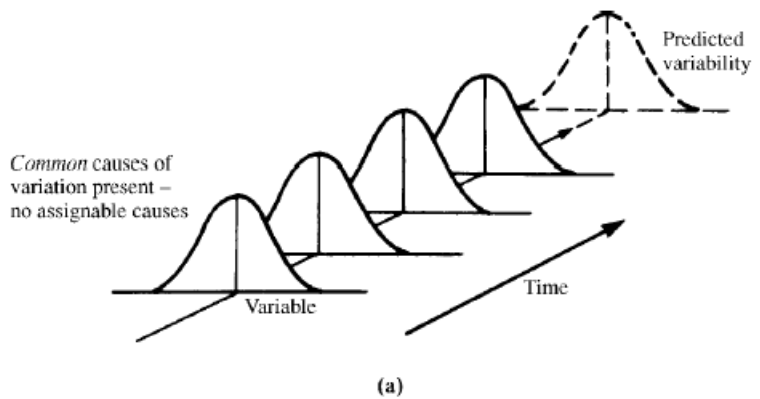
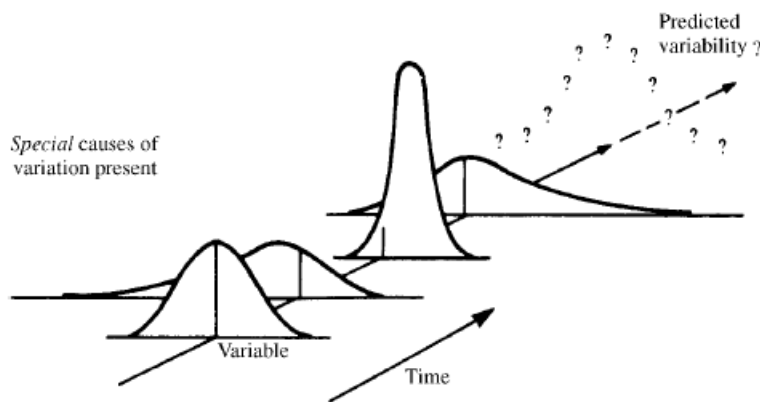
- Υπόκειται σε μαθηματική ανάλυση
- Βοηθά στην βελτίωση του προϊόντος

Η παραγωγική διαδικασία είναι *υπό έλεγχο*, αν όλοι οι αναγνωρίσιμοι παράγοντες εξαλειφθούν ή αναγνωριστεί η συμβολή τους (πειραματικά).



ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

*Πηγή John S. Oakland, "Statistical Process Control", Elsevier, 2003

Γράφημα 1. Μεταβλητότητα διαδικασίας παραγωγής (1)**ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

*Πηγή John S. Oakland, "Statistical Process Control", Elsevier, 2003

Γράφημα 2. Μεταβλητότητα διαδικασίας παραγωγής (2)

Κατά πόσο η παραγωγική διαδικασία είναι σε θέση να παράγει προϊόν ορισμένων προδιαγραφών σε ικανοποιητικό βαθμό, προκύπτει από την ανάλυση δυνατοτήτων της παραγωγικής διαδικασίας (Process Capability Analysis), όπου λαμβάνεται υπόψη τόσο η φυσική μεταβλητότητα της διαδικασίας σε κατάσταση ελέγχου όσο και οι ποιοτικές απαιτήσεις (προδιαγραφές). Αυτός είναι κυρίως ο λόγος που η ανάλυση δυνατοτήτων της διαδικασίας είναι απαραίτητο να προηγείται της μαζικής παραγωγής και της παρακολούθησης της διαδικασίας με διάγραμμα (χάρτη) ελέγχου. Μονό εφόσον η συνολική επίδραση των τυχαίων αιτιών είναι σχετικά (με το εύρος των προδιαγραφών) μικρή, η παραγωγική διαδικασία θεωρείται ότι λειτουργεί ικανοποιητικά σε κατάσταση ελέγχου. Με άλλα λόγια, η λειτουργία μιας διαδικασίας σε κατάσταση ελέγχου δεν είναι αναγκαστικά ταυτόσημη με την παραγωγή προϊόντων αποδεκτής ποιότητας.

2.2.1 Στατιστικός Έλεγχος της Διαδικασίας¹

Στόχος του Στατιστικού ελέγχου της διαδικασίας(SPC) είναι αφενός μεν να αναγνωρίζει και να θέτει εκτός διαδικασίας τις συστηματικές αιτίες μεταβλητότητας και αφετέρου με την επιτυγχανόμενη μείωση της μεταβλητότητας των τυχαίων αιτιών να επέρχεται βελτίωση της διαδικασίας.

Η SPC είναι μια μεθοδολογία στην οποία εργάτες, εργοδηγοί και μάνατζερς χρησιμοποιούν διαγράμματα- χάρτες- ελέγχου, έτσι ώστε να βλέπουν (να έχουν οπτική πρόσβαση) το αποτέλεσμα της παραγωγικής διαδικασίας και στην συνέχεια να προσδιορίζουν και να παραλείπουν από τη διαδικασία της συστηματικές αιτίες μεταβλητότητας. Με την μεθοδολογία SPC, επιτυγχάνεται αύξηση της παραγωγικότητας, εφόσον μειώνεται :

- ✚ Η παραγωγή ακρήστων προϊόντων και
- ✚ Ο χρόνος επαναδιόρθωσης του προϊόντος.

Επίσης, η SPC αποτελεί τη βάση τόσο για τον προσδιορισμό της δυνατότητας της παραγωγικής διαδικασίας όσο και της πρόβλεψης του αποτελέσματος της διαδικασίας. Η SPC αποτελεί το μέσον με το οποίο μια εταιρία- επιχείρηση- μπορεί να παρουσιάσει την ποιοτική της ικανότητα.

Οι εταιρίες και επιχειρήσεις χρησιμοποιούν την μεθοδολογία SPC για δυο βασικούς, κυρίως, λόγους:

1. Επειδή με την SPC, μπορούν να προσδιορίσουν πότε είναι αναγκαίο να ενεργοποιηθούν, ώστε να διορθώσουν ή να προσαρμόσουν την διαδικασία που βρίσκεται σε κατάσταση εκτός ελέγχου. (Adjust the Process).
2. Επειδή με την SPC μπορούν να γνωρίζουν πότε πρέπει να μην επεμβαίνουν στην διαδικασία, «να αφήσουν την διαδικασία μονή της» (Leave the Process Alone).

¹ SPC = STATISTICAL PROCESS CONTROL

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Τα διαγράμματα-Χάρτες- ελέγχου, της μεθοδολογίας SPC, χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό των συστηματικών αιτιών που δεν είναι προφανείς(και έτσι δεν μπορούν να διορθωθούν άμεσα), αλλά μπορούν με βάση τα στοιχεία από την ίδια την παραγωγική διαδικασία να εντοπιστούν έμμεσα. Αποτελούν βασικά μια γραφική τεχνική παρακολούθησης της παραγωγικής διαδικασίας “on-Line”, η οποία αποσκοπεί στον έγκαιρο εντοπισμό συστηματικών αιτιών μεταβολής των παραμέτρων της διαδικασίας, ώστε να αποφεύγεται η λειτουργία της διαδικασίας εκτός ελέγχου επί μεγάλο χρονικό διάστημα και η συνακόλουθη παραγωγή μεγάλου αριθμού προϊόντων απορριπτέας ποιότητας.

Σε ορούς «στατιστικής» τα διαγράμματα ή Χάρτες ελέγχου είναι γραφικές παραστάσεις της πορείας μια εκτιμήτριας σε συνάρτηση με το χρόνο ή το μέγεθος του δείγματος(n). Η εκτιμήτρια αφορά ορισμένη παράμετρο της κατανομής του χαρακτηριστικού ποιότητας, και υπολογίζεται από τα τυχαία δείγματα που λαμβάνονται, κατά διαστήματα, από την παραγωγική διαδικασία

Στόχος του SPC :

Αφενός να αναγνωρίζει και να θέτει εκτός διαδικασίας τις συστηματικές αιτίες μεταβλητότητας

Αφετέρου να επιφέρει βελτίωση της διαδικασίας με την επιτυγχάνομε μείωση της μεταβλητότητας λόγω

✚ **Με τον Σ.Ε.Δ επιτυγχάνεται :** Αύξηση της Παραγωγικότητας, αφού μειώνεται:

1. Η παραγωγή άχρηστων και ελαττωματικών προϊόντων
2. Ο χρόνος επανόρθωσης του προϊόντος

✚ **Ο SPC, αποτελεί τη βάση:**

- Τόσο για τον προσδιορισμό της δυνατότητας της παραγωγικής διαδικασίας.
- Όσο και της πρόβλεψης του αποτελέσματος της διαδικασίας.

✚ **Ο SPC, αποτελεί το Μέσο:**

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

- Με το οποίο μια Εταιρεία/ Επιχείρηση έχει τη δυνατότητα να παρουσιάσει την ποιοτική ικανότητά της.

Όταν το χαρακτηριστικό ποιότητας είναι:

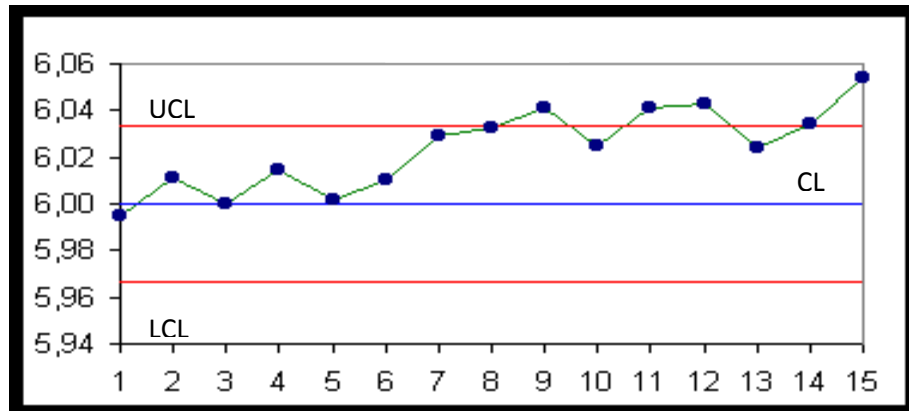
- 1) Χαρακτηριστικό Μέτρησης αφορά τη θέση(την εκκεντρότητα) ή την μεταβλητότητα(την διασπορά) της κατανομής.
- 2) Χαρακτηριστικό Διαλογής, η εκτιμήτρια αφορά το ποσοστό ελαττωματικών ή τον αριθμό ελαττωματικών.

Σε ορολογία στατιστικού ελέγχου παραγωγικής διαδικασίας, η εκτιμήτρια ονομάζεται γενικά: Sample Statistic(Στατιστική Δείγματος)

Στην περίπτωση 1: Χαρακτηριστικό Μέτρησης, η στατιστική(s)δείγματος είναι η μέση τιμή δείγματος, η τυπική απόκλιση δείγματος ή το εύρος τιμών του δείγματος.

Στην περίπτωση 2: Χαρακτηριστικό Αποδοχής, η στατιστική δείγματος είναι το ποσοστό ή ο αριθμός ελαττωματικών στο δείγμα, ο αριθμός ελαττωμάτων στο δείγμα ή ο αριθμός ελαττωμάτων ανά μονάδα δείγματος.

Σε έναν χάρτη (διάγραμμα) ελέγχου:



Γράφημα 3. Μορφή διαγραμμάτων ελέγχου

Η Κεντρική Γραμμή(Central Line=CL) αντιστοιχεί στην τιμή της παραμέτρου όταν η διαδικασία βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου(μ, R, p, s). Δηλαδή, εκφράζει την κατάσταση ομαλής λειτουργίας, όπου η μεταβλητότητα οφείλεται μόνο σε τυχαίες αιτίες.

Το Άνω Όριο Ελέγχου(UCL) και Το Κάτω Όριο Ελέγχου(LCL) είναι οι δύο άλλες γραμμές του χάρτη ελέγχου.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Εφόσον τα σημεία του χάρτη, δηλαδή οι διαδοχικές τιμές της στατιστικής του δείγματος, βρίσκονται μεταξύ των ορίων ελέγχου, η διαδικασία θεωρείται ότι βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου.

Παρότι οι χάρτες ελέγχου είναι φαινομενικά απλές γραφικές τεχνικές, ουσιαστικά αποτελούν εφαρμογή και γραφική απεικόνιση του ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ (TESTING HYPOTHESES)

Συγκεκριμένα, η σύγκριση κάθε σημείου με τα όρια ελέγχου του χάρτη, είναι στατιστικός έλεγχος της υπόθεσης ότι η κατανομή του χαρακτηριστικού ποιότητας παραμένει εκείνη ακριβώς που αναμένεται όταν η μεταβλητότητα οφείλεται αποκλειστικά σε τυχαίες αιτίες.

Με άλλα λόγια, η υπόθεση H_0 και η εναλλακτική υπόθεση H_1 είναι:

H_0 : Η διαδικασία βρίσκεται σε έλεγχο (απουσία συστηματικών αιτιών, φυσική μεταβλητότητα)

H_1 : Η διαδικασία βρίσκεται εκτός ελέγχου (παρουσία συστηματικής αιτίας, πρόσθετη διασπορά)

Για τον παραπάνω έλεγχο υποθέσεων οι εναλλακτικές αποφάσεις είναι

Απόρριψη H_0 ή προσαρμογή της παραγωγικής διαδικασίας (Reject H_0 or ‘Adjust the Process’)

Αποδοχή H_0 ή η διαδικασία παραμένει ως έχει (Accept H_0 or ‘Leave the Process Alone’)

Απόφαση	H_0 - Αληθής Σε έλεγχο	H_1 -Αληθής εκτός ελέγχου
προσαρμογή της διαδικασίας (reject H_0) απόρριψη H_0	$\alpha = \text{type I error} = P_r(\text{Rej } H_0 / H_0 \text{ αληθής})$	$1 - \beta = \text{Σωστή (ορθή) πράξη} = P_r(\text{Rej } H_0 / H_1 \text{ αληθής})$
Η διαδικασία ως έχει (μη επέμβαση) αποδοχή H_0 (Accept H_0)	$1 - \alpha = \text{Σωστή (ορθή) πράξη} = P_r(\text{accept } H_0 / H_0 \text{ αληθής})$	$\beta = \text{type II error} = P_r(\text{accept } H_0 / H_1 \text{ αληθής})$

Η διαφορετικά (σε πλήρη αναλογία με τον στατιστικό έλεγχο υποθέσεων)

$\alpha = P_r(\text{Απόρριψη } H_0 / H_0 \text{ Αληθής})$

= $P_r(\text{Η στατιστική δείγματος εντός ορίων ελέγχου} / \text{ότι η διαδικασία είναι σε έλεγχο})$

= $P_r(\text{προσαρμόζουμε τη διαδικασία} / \text{ότι η διαδικασία είναι σε έλεγχο})$

= $P_r(\text{να προβούμε σε λανθασμένη πράξη, δηλαδή να προσαρμόσουμε τη διαδικασία χωρίς να είναι αυτό αναγκαίο, αφού η διαδικασία είναι σε κατάσταση ελέγχου})$

$1-\alpha = Pr(\text{Αποδοχή } H_0/H_0 \text{ Αληθής})$

=Pr(η διαδικασία να παραμείνει ως έχει/ότι η διαδικασία είναι σε έλεγχο)

=Pr(η στατιστική δείγματος εντός των ορίων ελέγχου/ότι η διαδικασία είναι σε έλεγχο)

 $\beta = Pr(\text{Αποδοχή } H_0/H_1 \text{ Αληθής})$

=Pr(η στατιστική δείγματος εντός των ορίων ελέγχου δεδομένου ότι η διαδικασία εκτός ελέγχου)

=Pr(να αφήσουμε τη διαδικασία ως έχει, δηλαδή να αποδεχόμαστε την H_0 /ότι η διαδικασία είναι σε κατάσταση εκτός ελέγχου)

 $1-\beta = Pr(\text{Απόρριψη } H_0/H_1 \text{ Αληθής})$

=Pr(να προσαρμόσουμε την διαδικασία/ότι η διαδικασία είναι εκτός ελέγχου)

=Pr(η στατιστική του δείγματος εκτός των ορίων ελέγχου/ότι η διαδικασία είναι εκτός ελέγχου)

Όταν ο SPC είναι σωστά σχεδιασμένος ελαχιστοποιεί την πιθανότητα λαθών δύο τύπων:

- «Αναγνώριση» προβλήματος ενώ δεν υπάρχει
- Μη αναγνώριση υπαρκτού προβλήματος

Ο Κανόνας Απόφασης(Decision Rule): του παραπάνω ελέγχου υπόθεσης είναι

Reject H_0 if: Η στατιστική δείγματος(του χαρακτηριστικού ποιότητας) είναι εκτός των ορίων ελέγχου.

Προσαρμόζουμε την διαδικασία if: Η στατιστική δείγματος είναι εκτός ορίων ελέγχου.

Οι Γενικές Σχέσεις που προσδιορίζουν την Κεντρική Γραμμή και τα όρια ελέγχου του χάρτη Shewhart, για οποιαδήποτε στατιστική δείγματος(s =statistic) είναι:

$$\left. \begin{array}{l} UCL = \mu_s + K\sigma_s \\ LCL = \mu_s - K\sigma_s \end{array} \right\} CL = \mu_s$$

Όπου:

μ_s και σ_s είναι αντίστοιχα, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της στατιστικής δείγματος(s =statistic) σε κατάσταση ελέγχου.

K : είναι η παράμετρος θέσης των ορίων ελέγχου που προσδιορίζει την απόσταση των ορίων από την κεντρική γραμμή σε αριθμό τυπικών αποκλίσεων σ_s .

Οι στατιστικές ιδιότητες του χάρτη ελέγχου και ειδικότερα οι πιθανότητες των σφαλμάτων πρώτου και δεύτερου είδους εξαρτώνται από την παράμετρο K και το μέγεθος δείγματος (n).

2.2.2 Έλεγχος Αποδοχής προϊόντος

Ένας δεύτερος κλάδος του στατιστικού ελέγχου ποιότητας² είναι ο *έλεγχος αποδοχής προϊόντος*. Σε αυτήν την περίπτωση διενεργείται έλεγχος για την αποδοχή μιας παρτίδας. Ο έλεγχος αυτού του είδους είναι συνήθως δειγματοληπτικός διότι ο έλεγχος κάθε μονάδας είναι δαπανηρός, χρονοβόρος και σε κάποιες περιπτώσεις καταστροφικός. Τα στοιχεία που πρέπει να καθοριστούν προκειμένου να διενεργηθεί ο εν λόγω έλεγχος είναι *το μέγεθος του δείγματος*, *το κριτήριο αποδοχής* και η *πολλαπλότητα* του δείγματος. Όταν είναι σωστά σχεδιασμένος:

- ελαχιστοποιεί την πιθανότητα απόρριψης «καλής» παρτίδας
- ελαχιστοποιεί την πιθανότητα αποδοχής «κακής» παρτίδας
- οδηγεί σε βελτίωση της μέσης ποιότητας χωρίς υπέρογκο κόστος

Οι στόχοι του ελέγχου είναι:

- ✚ Προστατεύει τον παραγωγό από τον κίνδυνο απόρριψης μίας καλής παρτίδας
- ✚ Προστατεύει τον καταναλωτή κρατώντας το μέσο επίπεδο ποιότητας πάνω από κάποια όρια
- ✚ Ενθαρρύνει τον παραγωγό να κρατά την διαδικασία υπό έλεγχο
- ✚ Πετυχαίνει όλα τα παραπάνω με το ελάχιστο δυνατό κόστος

Χαρακτηρίζεται από δύο παραμέτρους:

- ✚ το μέγεθος του δείγματος n και
- ✚ τον αριθμό των ελαττωματικών c , που τίθεται ως όριο

Η ακρίβεια με την οποία το σχέδιο (n, c) διαχωρίζει τις καλές από τις κακές παρτίδες αυξάνεται, όσο αυξάνει το n (αυξάνεται όμως και το κόστος). Αντίστοιχα όσο μειώνεται το c , τόσο πιο «αυστηρό» γίνεται το σχέδιο (αυξάνεται όμως η πιθανότητα

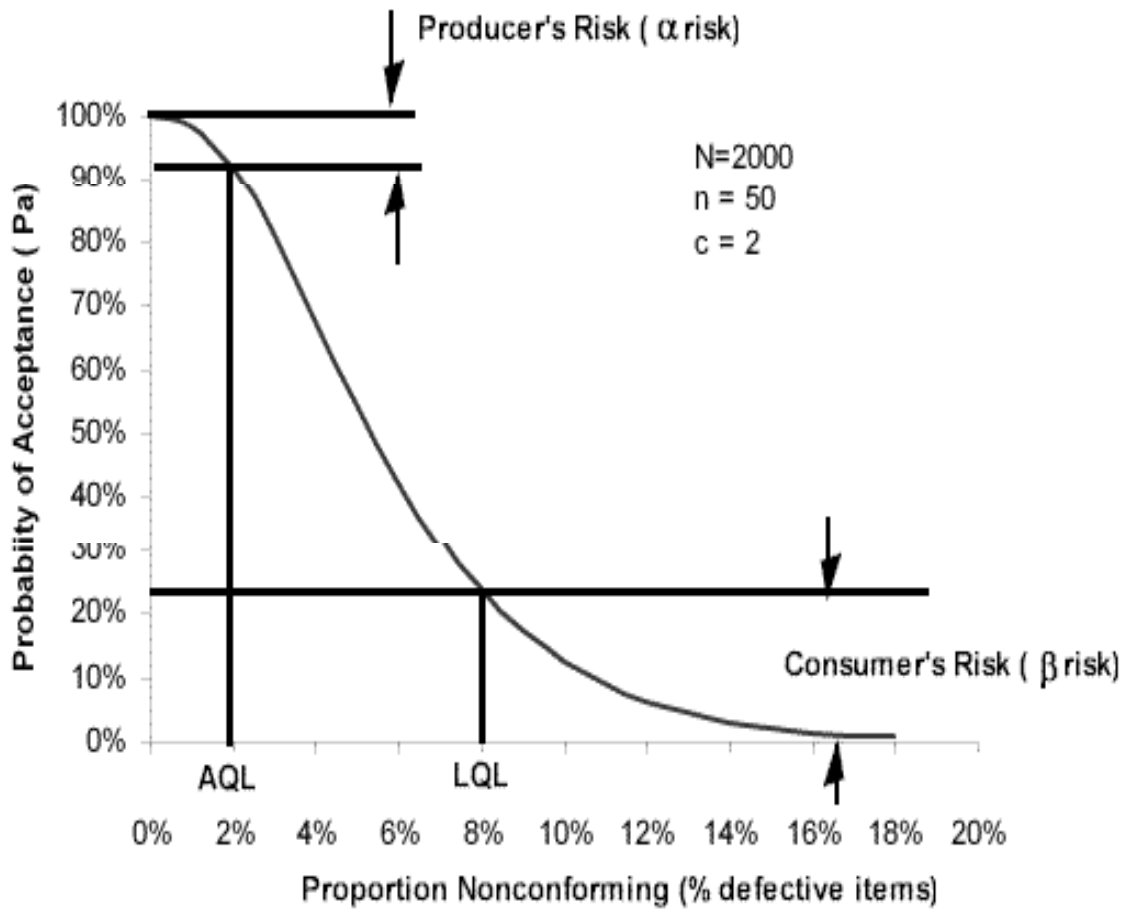
² Πρώτος θεωρείται ο SPC

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

απόρριψης καλής παρτίδας) Το βέλτιστο σχέδιο είναι εκείνο στο οποίο επιτυγχάνεται το επιθυμητό επίπεδο ποιότητας με το ελάχιστο κόστος ή με όρους στατιστικής εύρεση της καμπύλης *Operating characteristics curve* που περνά από τα α και β , όπου

- α : Κίνδυνος παραγωγού (πιθ. απόρριψης «καλής» παρτίδας)
- β : Κίνδυνος καταναλωτή (πιθ. απόρριψης «κακής» παρτίδας)

**ΚΑΜΠΥΛΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ
(OPERATING CHARACTERISTICS CURVE)**



2.3 Προϋποθέσεις για την εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας

Ο στατιστικός έλεγχος δεν είναι απλά μια σειρά από στατιστικά εργαλεία. Στην πραγματικότητα, περιλαμβάνει και ένα σύνολο υποθέσεων σχετικά με την φιλοσοφία διαχείρισης της ποιότητας. Οι κυριότερες από αυτές, πάνω στις οποίες βασίζεται η λογική του στατιστικού ελέγχου ποιότητας είναι οι εξής:

- ⇒ Τα σημαντικά χαρακτηριστικά ποιότητας μπορούν και πρέπει να είναι μετρήσιμα. Αν δεν μπορούν να μετρηθούν προκύπτουν προφανώς κίνδυνοι, όπως για παράδειγμα τα προβλήματα που μπορεί να μη διαπιστωθούν, οι αλλαγές να εφαρμοστούν χωρίς ακριβή ανάλυση και συνεπώς να μην υπάρξουν εμφανή σημάδια βελτίωσης.
- ⇒ Σκοπός πρέπει να είναι η αποτροπή των προβλημάτων πριν αυτά προκληθούν και όχι η διάγνωση τους όταν αυτά επέλθουν, η αλλιώς στόχος πρέπει να είναι η βελτίωση του μέλλοντος και όχι η μέτρηση του παρελθόντος. Με τη βελτίωση της διαδικασίας, ιδανικό αποτέλεσμα είναι να μην είναι απαραίτητη η επιθεώρηση επειδή δεν υπάρχουν ελαττωματικά. Παράλληλα, με αυτόν τον τρόπο γίνεται οικονομία σε χρόνο και χρήμα που θα δαπανιόταν σε επιδιορθώσεις, ελέγχους κτλ
- ⇒ Όπου είναι δυνατή η ανάλυση, πρέπει να επικεντρώνεται στη διαδικασία και όχι στο αποτέλεσμα. Έμφαση στο αποτέλεσμα δεν προσφέρει πληροφορίες και δεν δίνει δυνατότητα παρέμβασης ώστε να επιδιορθωθεί κάποιο ενδεχόμενο πρόβλημα.
- ⇒ Οι πόροι που αφιερώνονται για τη δοκιμή, τον έλεγχο και την επιθεώρηση πρέπει να είναι οι λιγότεροι δυνατοί. Με άλλα λόγια, πρέπει να χρησιμοποιούνται τα λιγότερα δυνατά δεδομένα ώστε να επιτευχθεί ο στόχος, παραδείγματος χάριν μικρά αλλά επαρκή δείγματα.

2.4 Κύριοι παράγοντες για την επιτυχή εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας

Για να επιτευχθεί η αποτελεσματική εισαγωγή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας, πρέπει αρχικά να γίνουν κατανοητά τα χαρακτηριστικά εκείνα που θα οδηγήσουν στην επιτυχή εφαρμογή του. Οι Bird και Dale (1984) αναγνώρισαν τρεις παράγοντες κλειδιά για την επιτυχημένη εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας: ένα ικανό σύστημα μέτρησης, κατάλληλη εκπαίδευση και υποστήριξη από τη διοίκηση. Οι Xie και Goh (1999) θεώρησαν ότι οι παράγοντες ήταν πολύ περισσότεροι και αλλά μπορούσαν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες: σε αυτούς που σχετίζονται με τη διοίκηση (αφοσίωση και υποστήριξη από τη διοίκηση, ομαδική εργασία, εκπαίδευση κτλ), σε αυτούς που σχετίζονται με τον εργαζόμενο (αντίδραση στην αλλαγή, διενέξεις και συγκρούσεις μεταξύ εργαζομένων διαφορετικών βαθμίδων κτλ) και σε αυτούς που σχετίζονται με την ίδια τη διαδικασία (εργαλεία του στατιστικού ελέγχου ποιότητας, ιεράρχηση διαδικασιών, διορθωτικές ενέργειες κτλ).

Παρόλα αυτά πρόσφατες έρευνες απέδειξαν ότι από τα παραπάνω στοιχεία το μόνο που λαμβανόταν υπόψη στην δομή της ακαδημαϊκής εκπαίδευσης ήταν η εκμάθηση διαγραμμάτων ελέγχου (Manson and Antony, 2000) ενώ δε δινόταν καθόλου έμφαση σε άλλους παράγοντες όπως είναι για παράδειγμα η ανάγκη για συνεργασία και η διαπίστωση των κρίσιμων διαδικασιών.

Συνοπτικά τα κύρια χαρακτηριστικά για την επιτυχή εισαγωγή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας σε μια επιχείρηση, είτε παραγωγικού χαρακτήρα είτε υπηρεσία είναι τα εξής:

- 1) Υποστήριξη από τη διοίκηση. Σύμφωνα με τον Robinson και τους συνεργάτες του (2000), αν δε γίνει εμφανής σε όλους τους εργαζόμενους η σημασία του στατιστικού ελέγχου ποιότητας, δεν πρόκειται να επιτευχθεί συντονισμένη προσπάθεια. Η διοίκηση για αυτό πρέπει να είναι έτοιμη και πρόθυμη να μειώσει την αντίδραση στην αλλαγή ή τον φόβο για το καινούριο μέσα στην εταιρία.
- 2) Κατάλληλη εκπαίδευση για τον στατιστικό έλεγχο ποιότητας. Η εκπαίδευση περιλαμβάνει τόσο τα υψηλόβαθμα όσο και τα χαμηλόβαθμα στελέχη, από τη διοίκηση ως και τους εργαζόμενους σε επίπεδο shop – floor (Harry, 1994).

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η εκπαίδευση πρέπει να είναι μακροπρόθεσμη, με επαναληπτικές συναντήσεις και συνεχείς βελτιώσεις (Oakland, 1999).

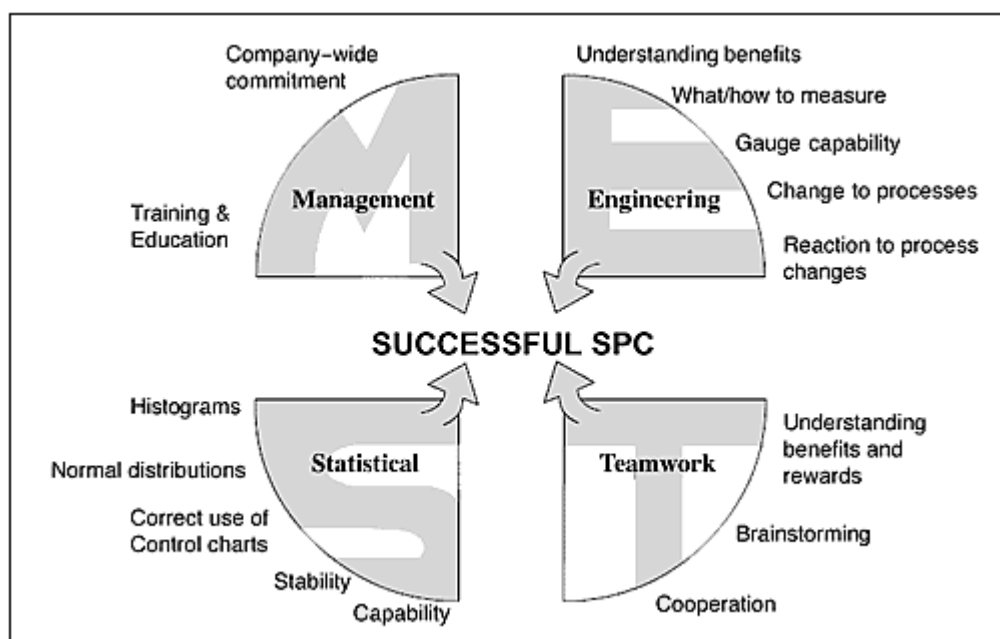
- 3) Συνεργασία. Η συνεργασία είναι απαραίτητη καθώς οι πληροφορίες σχετικά με τον στατιστικό έλεγχο ποιότητας και τη διαδικασία στην οποία εφαρμόζεται προέρχονται από διαφορετικά και περισσότερα από ένα τμήματα μιας εταιρίας.
- 4) Ιεράρχηση και ορισμός των διαδικασιών. Είναι απαραίτητη ώστε να οριστούν οι κρίσιμες εκείνες διαδικασίες, όπου η εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας θα είναι πιο ωφέλιμη. Όταν αυτό ολοκληρωθεί, το επόμενο στάδιο είναι ο ορισμός των συγκεκριμένων διαδικασιών σε σχέση με τις υπόλοιπες διαδικασίες (ποιες προηγούνται, ποιες έπονται) όσον αφορά τους ανθρώπους, τον εξοπλισμό, το περιβάλλον και οτιδήποτε άλλο συνδέει αυτές τις διαδικασίες μεταξύ τους.
- 5) Επιλογή των κατάλληλων χαρακτηριστικών ποιότητας. Καλό θα είναι η επιλογή να αφορά χαρακτηριστικά που μπορούν να μετρηθούν με ακρίβεια και σταθερότητα (Antony, 1997). Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να είναι του τύπου «όσο λιγότερα, τόσο καλύτερα» (π.χ. λάθη), «όσο περισσότερα τόσο καλύτερα» (π.χ. αποδοτικότητα), «τιμής στόχου» (π.χ. επιθυμητές διαστάσεις, στόχοι εργασίας), «επιθυμητής κατάστασης» (π.χ. περνά, δεν περνά) (Antony και Kaye, 1999)
- 6) Ορισμός του κατάλληλου συστήματος μετρήσεων.
- 7) Επιλογή του κατάλληλου διαγράμματος ελέγχου.
- 8) Αλλαγή κουλτούρας. Η αλλαγή κουλτούρας αφορά τη δυνατότητα λήψης αποφάσεων από άτομα που παραδοσιακά δεν είχαν τέτοια δικαιοδοσία (π.χ. χειριστές μηχανημάτων) αλλά ήταν εκείνοι που ουσιαστικά λάμβαναν πρώτοι τα σημάδια μη επιθυμητής λειτουργίας. Αυτό οδηγεί στην αντίληψη της σημαντικότητας του κάθε εργαζόμενου στη συνολική ποιοτική λειτουργία της εταιρίας.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

- 9) Πραγματοποίηση πιλοτικής έρευνας. Συνήθως επιλέγεται μια διαδικασία ώστε να λειτουργήσει πιλοτικά με το νέο καθεστώς.
- 10) Χρήση υπολογιστών και κατάλληλων λογισμικών. Αξίζει να σημειωθεί πως αυτό δεν αναιρεί την ανάγκη των εργαζομένων για κατανόηση των αρχών του στατιστικού ελέγχου ποιότητας. Η χρήση του λογισμικού γίνεται ωφέλιμη μόνο όταν ο χειριστής γνωρίζει να διερμηνεύει και να διαβάζει τα διαγράμματα ελέγχου (Owen, 1993).

2.5 Δυσκολίες στην εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας

Οι δυσκολίες στην εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αφορά τις δυσκολίες που προκύπτουν κατά την εισαγωγή του στατιστικού ελέγχου σε μια διαδικασία γενικά. Η δεύτερη κατηγορία αφορά στα εμπόδια που εμφανίζονται όταν γίνεται η προσπάθεια ευρύτερης εφαρμογής και επέκτασης του ελέγχου.



Πηγή (Mason και Antony, 2000)

Συνολικά, υπάρχουν αρκετοί λόγοι που μπορεί να οδηγήσουν σε αποτυχημένη εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας, οι κυριότεροι από τους οποίους μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

- ⇒ Έλλειψη εμπειρίας και εκπαίδευσης σε όλο το εύρος των εργαζομένων σε μια εταιρία, από τους χειριστές έως τους μάνατζερ, η οποία παρουσιάζεται ως έλλειψη κατανόησης του λόγου που εφαρμόζεται ο έλεγχος.
- ⇒ Έλλειψη αφοσίωσης από τους μάνατζερ, η οποία οδηγεί σε ανεπαρκείς πόρους που διατίθενται για την εφαρμογή του ελέγχου.
- ⇒ Έλλειψη κατανόησης πιθανών ωφελειών.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

- ⇒ Αποτυχημένη διερμηνεία των διαγραμμάτων ελέγχου.
- ⇒ Έλλειψη γνώσης σχετικά με το ποια μεγέθη θα τεθούν υπό παρακολούθηση.
- ⇒ Ανεπαρκές σύστημα μετρήσεων.
- ⇒ Έλλειψη επικοινωνίας μεταξύ μηχανικών, χειριστών και διοικητικών στελεχών. Εργαζόμενοι που καταλαβαίνουν τη γλώσσα των διαγραμμάτων ελέγχου δεν είναι σε θέση να διορθώσουν τη διαδικασία, ενώ εργαζόμενοι που είναι σε θέση να το κάνουν αυτό, δεν αντιλαμβάνονται τη διερμηνεία των διαγραμμάτων ελέγχου.

Σύμφωνα με έρευνα του Dale και των συνεργατών του (1990) οι εταιρίες εμφανίζουν δυσκολίες τόσο στην εισαγωγή όσο και στην εφαρμογή και επέκταση του στατιστικού ελέγχου ποιότητας. Ειδικότερα 77 από τις 158 εταιρίες που συμμετείχαν στην έρευνα συνάντησαν δυσκολίες κατά την εισαγωγή και 82 από τις 158 δυσκολίες στην εφαρμογή και επέκταση του συστήματος. Η αλλαγή κουλτούρας και η ανάγκη εύρεσης χρόνου για την εισαγωγή των αλλαγών δημιουργεί επίσης εμπόδια.

3 Η έννοια του Total Quality Management³

Η έννοια της Ολικής Ποιότητας είναι πλατιά και καλύπτει κάθε στάδιο και λειτουργία, σε όλα τα επίπεδα, κάθε οικονομικού οργανισμού του δημοσίου και ιδιωτικού τομέα. Η ποιότητα, όπως είδαμε, εκφράζεται με διάφορους ορισμούς, Όμως εκτός απ' όλους τους πιο πάνω ορισμούς, όπου προσπαθήσαμε να βάλλουμε μέσα σε καλούπια το TQM, η Ολική Ποιότητα σημαίνει πολύ περισσότερα από την παραγωγή ενός προϊόντος που θα καλύπτει τις ανάγκες του καταναλωτή. Σημαίνει το επίπεδο ικανοποίησης των εργαζομένων στην επιχείρηση, το επίπεδο ικανοποίησης των πελατών, την τάξη, οργάνωση, και ασφάλεια στο χώρο εργασίας, τη φροντίδα και προστασία του περιβάλλοντος, τη φροντίδα για την αποφυγή σπατάλης στη χρήση υλικών και ενέργειας, τη συνεχή καινοτομία και ανανέωση, τις ανθρώπινες σχέσεις μέσα στην επιχείρηση, αλλά και με τους πελάτες, προμηθεύτες και τη συμμετοχή της επιχείρησης στο κοινωνικό και οικονομικό της περιβάλλον. Δηλαδή, η Ολική Ποιότητα σημαίνει **ποιότητα ζωής** η οποία όμως είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την αποτελεσματικότητα – εκσυγχρονισμό και ανταγωνιστικότητα της επιχείρησης.

Άρα, γίνεται αντιληπτό ότι η Διοίκηση Ολικής Ποιότητας δεν είναι μια συγκεκριμένη μέθοδος ή τεχνική, πρόκειται για μια **φιλοσοφία, νοοτροπία**, εμμονή για ποιότητα που πρέπει να χαρακτηρίζει όλα τα μέλη του οργανισμού και να διέπει κάθε λειτουργία του.

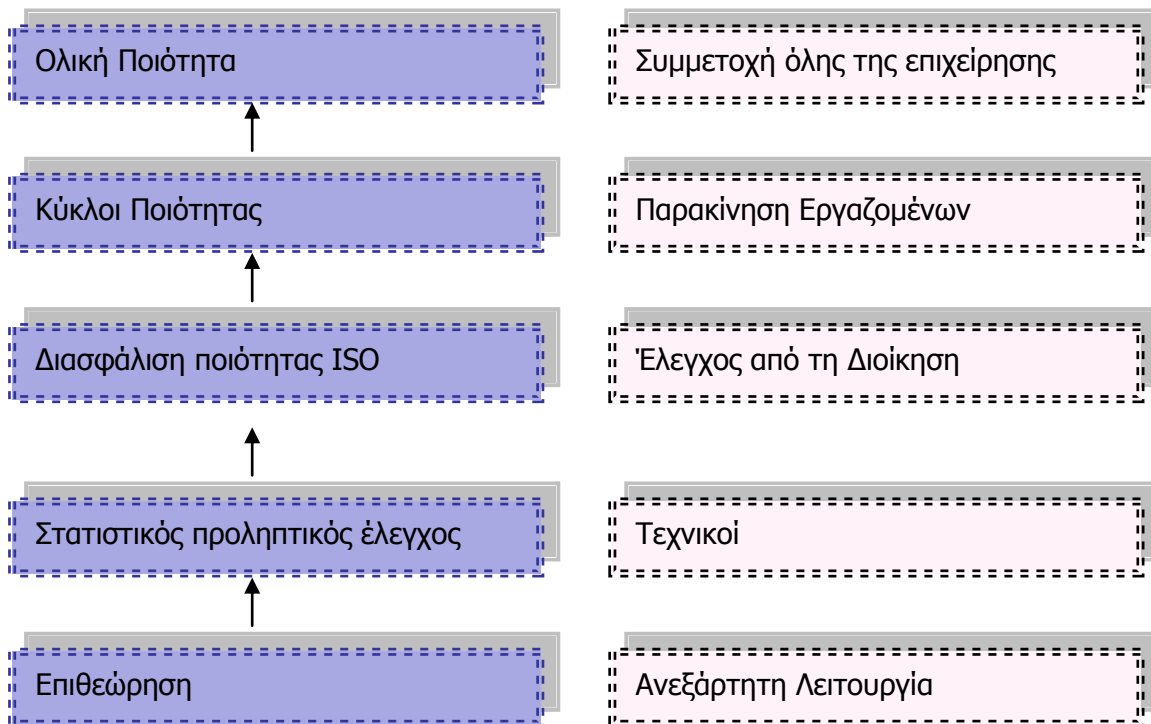
³ TQM

3.1 Ο δρόμος για το TQM

Το TQM αποτελεί εξέλιξη των ποιοτικών συστημάτων, τα οποία έχουν περάσει από τέσσερις αλληλένδετες βασικές φάσεις

- ✚ Τη συνολική επιθεώρηση (inspection), στην οποία βασιζόταν ο παραγωγός πριν από κάθε πώληση των προϊόντων του.
- ✚ Τον έλεγχο της ποιότητας επί της παραγωγής (Quality control)
- ✚ Τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων (Quality improvement) όπου για πρώτη φορά στατιστικές μέθοδοι ελέγχου ποιότητας των μέσων παραγωγής βοηθούσαν στον εντοπισμό και εξάλειψη των αιτιών για τυχόν ελαττώματα (defects)
- ✚ Την ποιότητα μέσω σχεδιασμού (Quality by design) στο στάδιο σχεδιασμού και ανάπτυξης του προϊόντος και των μέσων παραγωγής του.

Πιο παραστατικά φαίνεται η ιστορική αναδρομή του TQM στο ακόλουθο σχεδιάγραμμα:



Ένα σωστό πρόγραμμα διασφάλισης της Ποιότητας πρέπει να στηρίζεται στην αρχή της πρόληψης και όχι της διόρθωσης και θα πρέπει να παρέχει έναν πλήρη έλεγχο της ποιότητας, όχι μόνο κατά τη διάρκεια της παραγωγής αλλά και στα στάδια του σχεδιασμού, προμήθειας των υλικών κ.τ.λ. Ένα τέτοιο πρόγραμμα όμως, απαιτεί ένα

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

συστό Management της ποιότητας σε όλα τα στάδια και τις διαδικασίες που σχετίζονται με το παραγόμενο ή υπηρεσία και σε όλα τα επίπεδα του οργανισμού. Αυτό με τη σειρά του, οδηγεί στην ανάγκη ύπαρξης ενός διεθνώς αποδεκτού προτύπου- standard του Management ποιότητας το οποίο παρέχει την υποδομή για ένα σύστημα ολικής ποιότητας. (International Standard Organization - ISO)

3.2 Εμπόδια στην εφαρμογή του TQM

Η εφαρμογή του TQM στα πλαίσια της επιχείρησης δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί αφού πρέπει πρώτα να υπερπηδηθούν αρκετά εμπόδια όπως :

- ✚ **Έλλειψη χρόνου από τα στελέχη** : Πολλές φορές είμαστε μάρτυρες έλλειψης χρόνου που διαθέτουν τα μεσαία αλλά και ανώτατα Στελέχη έτσι ώστε να εφαρμόσουν και να διαδώσουν τα οφέλη της ποιότητας μέσα στην επιχείρηση τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν αποκλίσεις από ότι κηρύσσει το TQM ως φιλοσοφία και μεθοδολογία και άρα η επιχείρηση να μην είναι δυνατόν να ωφεληθεί 100% από την εφαρμογή του.
- ✚ **Σημαντική επένδυση** : Πολλοί εργοδότες είναι αρνητικά προσκείμενοι στην εφαρμογή του TQM λόγω του μεγάλου οικονομικού κόστους που πιστεύουν ότι έχει η εφαρμογή του.
- ✚ **Εργασιακά θέματα** : Πολλοί εργαζόμενοι δεν βλέπουν με καλό μάτι την εφαρμογή του TQM στη εταιρεία διότι φοβούνται ότι η όλη αναδιοργάνωση της εταιρείας θα έχει ως αποτέλεσμα απολύσεις και μείωση του προσωπικού (downsizing).
- ✚ **Ανάγκη για γρήγορα αποτελέσματα** : Όσοι δεν έχουν καταλάβει την φιλοσοφία του TQM πιστεύουν ότι η εφαρμογή του θα έχει γρήγορα αποτελέσματα στην κερδοφορία της επιχείρησης, με αποτέλεσμα όταν αυτά δεν έρχονται γρήγορα να απογοητεύονται και να παρατούν το όλο εγχείρημα.
- ✚ **Αντίσταση στην αλλαγή** : Πολλοί εργοδότες και Στελέχη είναι οπαδοί της «παλιάς σχολής» είτε από πλευράς κουλτούρας είτε νοοτροπίας με αποτέλεσμα να είναι αρνητικά προσκείμενοι σε οτιδήποτε καινούργιο και καινοτομικό, ακόμη και στη Διοίκηση Ολικής Ποιότητας.

Για να υπερπηδηθούν τα παραπάνω εμπόδια η επιχείρηση οφείλει να ενστερνιστεί τα χαρακτηριστικά ενός ισχυρού και προσανατολισμένου στην απόδοση επιχειρηματικού κλίματος όπως :

- ✚ Στόχοι που ξεπερνούν τα εμπόδια
- ✚ Οραματική σκέψη
- ✚ Κοινά αποδεκτή αυτοπεποίθηση
- ✚ Υψηλό πνευματικό επίπεδο
- ✚ Χαμηλό επίπεδο επιχειρηματικής ανησυχίας
- ✚ Υψηλά πρότυπα

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

- ✚ Ενθάρρυνση θετικής σκέψης
- ✚ Καλλιέργεια νοοτροπίας συνεχούς βελτίωσης
- ✚ Συμμετοχική κουλτούρα

Τέλος, μια πολιτική ποιότητας για να είναι αποτελεσματική πρέπει ουσιαστικά να περιλαμβάνει τον ανθρώπινο παράγοντα, αλλιώς είναι σίγουρο ότι θα παραμείνει τεχνητή και επιφανειακή.

4 Βελτίωση ποιότητας

Η βελτίωση της ποιότητας της ποιότητας είναι κάτι που επιτυγχάνεται με αφοσίωση των εργαζομένων και με ιδιαίτερη έμφαση στον ανθρώπινο παράγοντα (Oakland, 1993). Πράγματι, η συμμετοχή και η βοήθεια των εργαζομένων είναι απαραίτητα στοιχεία για την επιτυχία ενός προγράμματος βελτίωσης ποιότητας αλλά είναι αδύνατο να φέρουν ουσιαστικά αποτελέσματα αν δεν συνεπικουρούνται από εκείνες τις γραφικές παραστάσεις και ποσοτικές μεθόδους που θα καταστήσουν δυνατή την επιστημονική ανάλυση και εξαγωγή τεκμηριωμένων συμπερασμάτων και συνεπώς θα οδηγήσουν στην επιτυχή εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας.

Αρχικά για την επίλυση ενός προβλήματος απαιτείται ο επακριβής προσδιορισμός του. Πιο συγκεκριμένα τα προβλήματα ποιότητας μπορούν να ταξινομηθούν⁴ ως εξής:

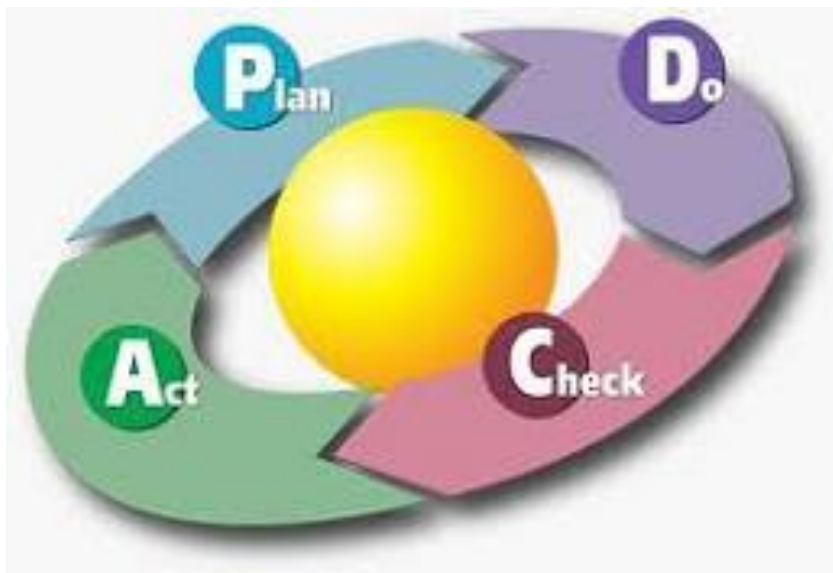
- ✚ **Δομημένα Προβλήματα:** Πλήρης πληροφορία για το πρόβλημα (Τι συμβαίνει, τι θα έπρεπε να συνέβαινε, πως θα φτάσουμε εκεί) π.χ. Η διάμετρος ενός εξαρτήματος είναι μικρότερη από την επιθυμητή
- ✚ **Αδόμητα προβλήματα:** Ύπαρξη ασάφειας. Π.χ. 35% των τελικών συναρμολογούμενων προϊόντων δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις απόδοσης
- ✚ **Ημι-Δομημένα προβλήματα:** Ενδιάμεση κατάσταση. π.χ. Προσδιορισμός των συγκεκριμένων ενεργειών ελέγχου ποιότητας κατά την έναρξη της παραγωγής ενός νέου προϊόντος.
- ✚ **Προβλήματα σχεδιασμού προϊόντων:** Περιλαμβάνουν τα προβλήματα που προκύπτουν από το σχεδιασμό νέων προϊόντων για την κάλυψη των αναγκών των καταναλωτών. Το QFD είναι ένα εργαλείο που βοηθάει στην επίλυση τους
- ✚ **Προβλήματα σχεδιασμού διαδικασιών:** Περιλαμβάνουν σχεδιασμό νέων διαδικασιών ή αναθεώρηση υπαρχόντων.

Εφόσον συλλεχτούν και οργανωθούν οι απαραίτητες πληροφορίες προχωράμε στη διαδικασία γέννησης ιδεών (brainstorming), οι οποίες αξιολογούνται με σκοπό να επιλεγεί και να εφαρμοστεί εκείνη που οδηγεί στην επιτυχία του στόχου

⁴ Η ταξινόμηση γίνεται με βάση την ποσότητα της πληροφορίας που είναι διαθέσιμη για το πρόβλημα

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

– επίλυση του προβλήματος. Μία ευρύτερα γνωστή κωδικοποίηση του κύκλου βελτίωσης ενός έργου είναι ο λεγόμενος Κύκλος PDCA, (ή Κύκλος Shewart, ή Κύκλος Deming).



Γράφημα 5. Κύκλος PDCA

- ⇒ **Plan:** Μελέτη παρούσας κατάστασης και περιγραφή της διαδικασίας (εισερχόμενα, εξερχόμενα, καταναλωτές, προμηθευτές), κατανόηση απαιτήσεων καταναλωτών, συλλογή δεδομένων, προσδιορισμός προβλημάτων, εξέταση θεωριών για τις αιτίες, ανάπτυξη λύσεων και σχεδίων ενεργειών.
- ⇒ **Do:** Το σχέδιο εφαρμόζεται σε πιλοτικό χαρακτήρα (π.χ. στο εργαστήριο ή σε μικρή ομάδα καταναλωτών) για την αξιολόγηση της λύσης και την συλλογή πληροφορίας. Συλλογή και τεκμηρίωση της πληροφορίας από την εφαρμογή.
- ⇒ **Study:** Προσδιορισμός επιτυχίας του πιλοτικού σχεδίου από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, καταγραφή της αποκτηθείσας γνώσης, προσδιορισμός περαιτέρω θεμάτων για διευθέτηση.
- ⇒ **Act:** Οι βελτιώσεις προτυποποιούνται και το τελικό σχέδιο τίθεται σε ισχύ ως η καλύτερη τρέχουσα λύση και μεταδίδεται σε όλο τον οργανισμό.

Πιο συγκεκριμένα η δημιουργική επίλυση προβλημάτων αποτελείται από τα ακόλουθα στάδια:

1^ο στάδιο: Κατανόηση της μη ικανοποίησης: η μη κατανόηση δημιουργεί υψηλά κόστη υπερβολικά μη-συμμορφούμενα προϊόντα, παράπονα καταναλωτών, χαμηλή ικανοποίηση καταναλωτών. Τα συμπτώματα αυτά μπορεί να προέρχονται από τις παρακάτω πηγές:

- ✓ Έλλειψη γνώσης για την εκτέλεση της διαδικασίας (δημιουργία ασυνεπειών και απόκλιση στα αποτελέσματα)
- ✓ Έλλειψη γνώσης για την ιδανική εκτέλεση της διαδικασίας, συμπεριλαμβανομένης της μη-κατανόησης των προσδοκιών του καταναλωτή και των στόχων της διαδικασίας.
- ✓ Έλλειψη ελέγχου σε υλικά και εξοπλισμό που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία.
- ✓ Αθέλητα λάθη στην εκτέλεση της εργασίας
- ✓ Ανώφελη χρήση και πολυπλοκότητα, π.χ. μη αναγκαία στάδια σε μια διαδικασία και υπερβολικά αποθέματα
- ✓ Βιαστικός σχεδιασμός και παραγωγή, φτωχές προδιαγραφές σχεδιασμού, μη ικανοποιητικός έλεγχος εισερχομένων υλικών.
- ✓ Αποτυχία στην κατανόηση της ικανότητας της διαδικασίας να πληρεί τις απαιτήσεις
- ✓ Έλλειψη εκπαίδευσης
- ✓ Φτωχή διακρίβωση και έλεγχος οργάνων
- ✓ Μη ικανοποιητικά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά όπως φωτισμός, θερμοκρασία και θόρυβος

2^ο στάδιο: Εύρεση γεγονότων

- ✓ Κρίσιμες ερωτήσεις: Σε ποιες ερωτήσεις καλούμαστε να απαντήσουμε;
- ✓ Τι είδους δεδομένα χρειαζόμαστε για να απαντήσουμε στις ερωτήσεις;
- ✓ Που μπορούμε να βρούμε τα δεδομένα;
- ✓ Ποιος παρέχει τα συγκεκριμένα δεδομένα;

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

- ✓ Πως μπορούμε να συλλέξουμε τα δεδομένα με την ελάχιστη προσπάθεια και το μικρότερο κίνδυνο για σφάλματα;

Το ινστιτούτο Juran προτείνει δέκα σημαντικούς παράγοντες για τη συλλογή των δεδομένων.

- 1) Σχηματισμός σωστών ερωτήσεων για τις ανάγκες του έργου
- 2) Χρήση κατάλληλων εργαλείων ανάλυσης δεδομένων και βεβαιωθείτε ότι έχουν επιλεγεί τα σωστά δεδομένα
- 3) Προσδιορισμός εκτενών πηγών συλλογής δεδομένων
- 4) Επιλογή μη μεροληπτικού αναλυτή.
- 5) Κατανόηση του περιβάλλοντος και σιγουρευτείτε ότι ο αναλυτής έχει ανάλογη εμπειρία
- 6) Σχεδιασμός απλών φορμών συλλογής δεδομένων
- 7) Προετοιμασία οδηγιών για τη συλλογή δεδομένων
- 8) Έλεγχος φορμών συλλογής δεδομένων και των οδηγιών και έλεγχος σωστής συμπλήρωσης
- 9) Εκπαίδευση των συλλεκτών
- 10) Επιθεώρηση της διαδικασίας συλλογής δεδομένων και επαλήθευση αποτελεσμάτων

✚ **3^ο στάδιο: Προσδιορισμός συγκεκριμένων προβλημάτων:** Η κατάσταση η οποία επιτρέπει στις μη συμμορφώσεις να δημιουργούνται, η οποία όταν επιδιορθωθεί μια φορά σωστά, τότε έχουμε διασφαλίσει ότι δεν θα επανεμφανιστεί

✚ **4^ο στάδιο: Γέννηση ιδεών:** Ανάπτυξη ιδεών για την επίλυση ή τον περιορισμό του προβλήματος. Σύμφωνα με την τεχνική brainstorming κάθε άτομο της ομάδας προτείνει μία ιδέα κάθε φορά που είναι η σειρά του ενώ ταυτόχρονα απαγορεύεται η κριτική των ιδεών από τους υπόλοιπους. Ο συντονιστής καταγράφει τις ιδέες σε έναν πίνακα. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου δεν υπάρχει άλλη ιδέα.

✚ **5^ο στάδιο: Ανάπτυξη λύσεων:** Αξιολόγηση των ιδεών και επιλογή της καλύτερης

- ✚ **6^ο στάδιο: Εφαρμογή:** Για την εφαρμογή των λύσεων ένα άτομο ή μια ομάδα αναλαμβάνει την ευθύνη για τη διαδικασία εφαρμογής της, δηλαδή: τι πρέπει να γίνει, που θα γίνει, πότε και πως θα γίνει.

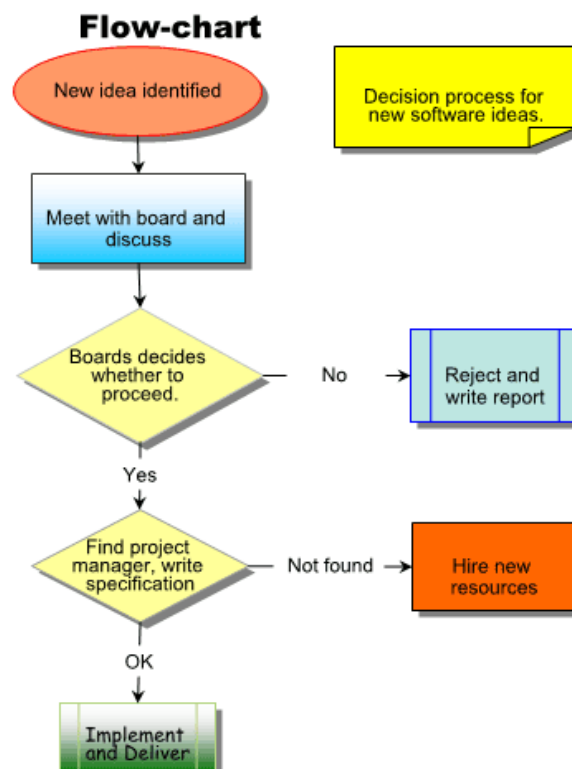
Τα πρώτα πέντε στάδια αποτελούν το στάδιο «Plan» στον κύκλο του Deming και το έκτο τα υπόλοιπα.

4.1 Απλές γραφικές μέθοδοι βελτίωσης της ποιότητας

Ο ρόλος των γραφικών μεθόδων είναι να μετασχηματίζουν μεγάλο όγκο αριθμητικών κυρίως δεδομένων σε απλές γραφικές παραστάσεις που είναι χρήσιμες και κατανοητές σε όλα τα κλιμάκια της επιχείρησης (Ταγάρας, 2001). Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα απλά γραφικά εργαλεία, που έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην πράξη.

Διαγράμματα διαδικασίας – Flow charts

Τα διαγράμματα διαδικασίας απεικονίζουν γραφικά τη διαδοχή των δραστηριοτήτων που απαρτίζουν μια διαδικασία. Σκοπός των διαγραμμάτων διαδικασίας είναι να διευκολύνουν την κατανόηση της λειτουργίας ενός συστήματος παραγωγής ή υπηρεσίας, διευκρινίζοντας τις υπάρχουσες ασάφειες και δημιουργώντας μια κοινή γλώσσα επικοινωνίας. Προϋποθέσεις για τη σωστή κατασκευή ενός διαγράμματος διαδικασίας είναι η πλήρης συμμετοχή των κατάλληλων προσώπων και η δυνατότητα συνεχούς επιθεώρησης του συνολικού διαγράμματος.

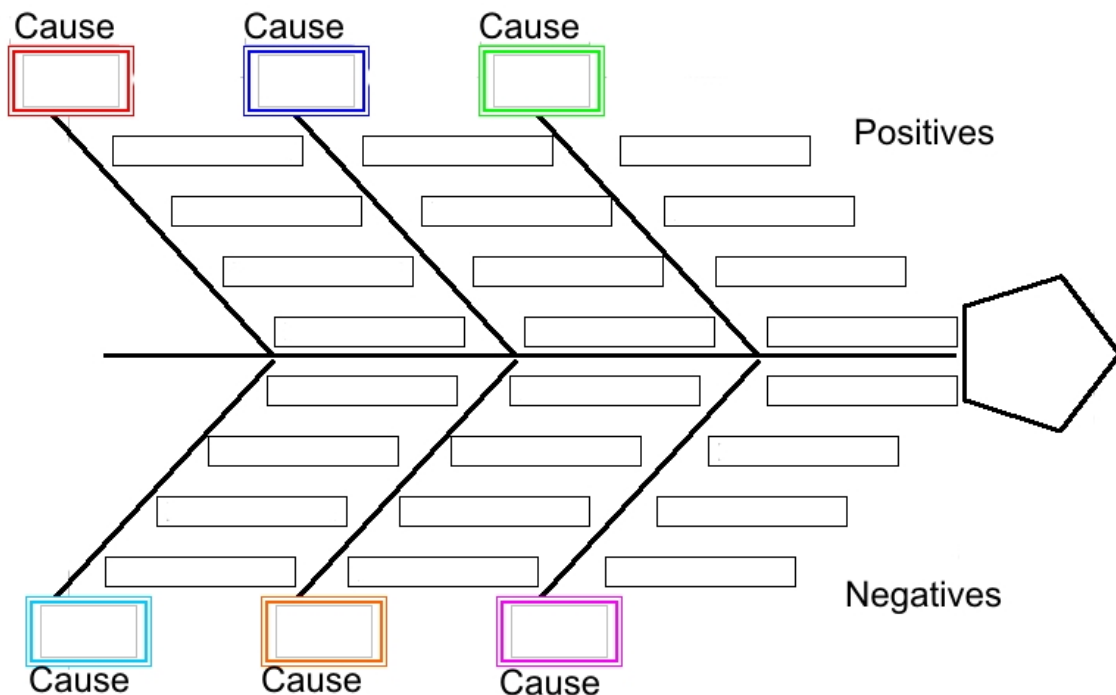


Γράφημα 6. Διάγραμμα Διαδικασίας (Γενική Μορφή)

Διαγράμματα αιτίας - αποτελέσματος (cause – effect)

Σε κάθε μελέτη ενός προβλήματος ελέγχου ποιότητας το αποτέλεσμα (effect) είναι συνήθως γνωστό. Η ανάλυση αιτίας – αποτελέσματος συνίσταται στην εξέταση μιας διαδικασίας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποκάλυψη των δυνατών ενυπαρχουσών παραγόντων ή αιτιών (causes) του αποτελέσματος. Η τεχνική αυτή περιλαμβάνει διαγράμματα αιτίας – αποτελέσματος (cause and effect diagram).

Το διάγραμμα αιτίας – αποτελέσματος, μια από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται στους κύκλους ελέγχου παραγωγής, αναφέρεται και σαν διάγραμμα Ishikawa (από τον Kaoru Ishikawa που το εισήγαγε) ή και Fishbone Διάγραμμα από την ομοιότητα που παρουσιάζει με τα ψαροκόκαλα. Έτσι το αποτέλεσμα (effect) απεικονίζεται ως το κεφάλι μιας ραχοκοκαλιάς ψαριού και οι πρωταρχικοί παράγοντες – αιτίες (causes) απεικονίζονται στα άκρα των πλευρών.



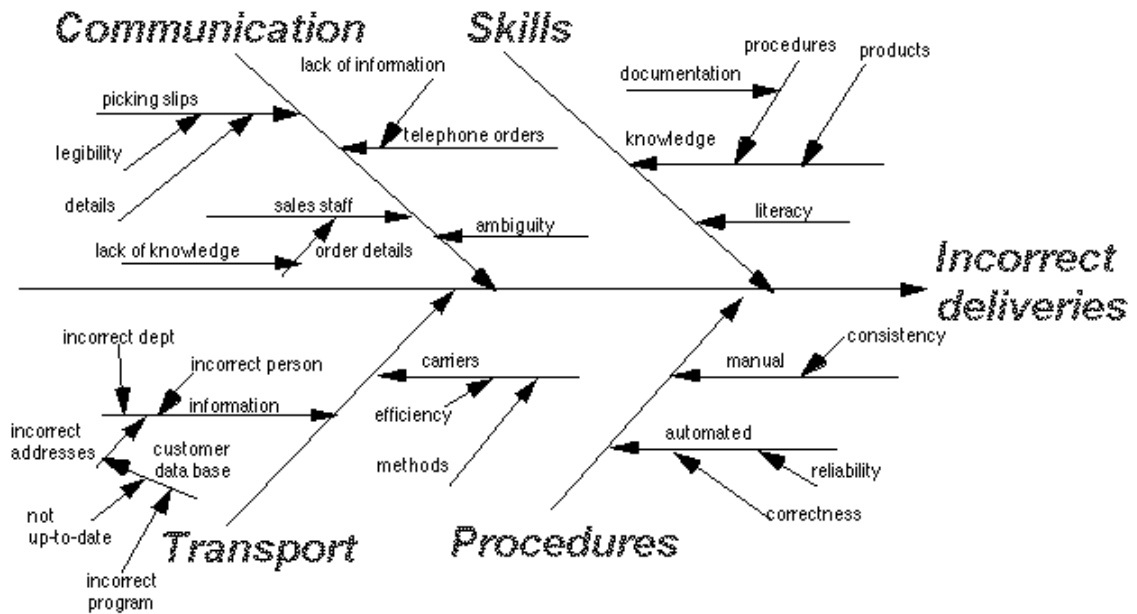
Γράφημα 7. Διάγραμμα Αιτίου – Αιτιατού (Γενική Μορφή)

Σε πολλές περιπτώσεις οι αιτίες αναλύονται σε υπό αιτίες, υπό – υπό – αιτίες κτλ. Τα βασικά βήματα για την κατασκευή ενός διαγράμματος αιτίου – αιτιατού είναι:

- 1) Προσδιορισμός του προβλήματος ή του αποτελέσματος το οποίο πρέπει να αναλυθεί
- 2) Σύνθεση ομάδας η οποία θα αντιμετωπίσει το πρόβλημα
- 3) Σχεδίαση της κεντρικής γραμμής και του περιγράμματος του αποτελέσματος

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

- 4) Κατασκευή σκελετού διαγράμματος. Ο Oakland εισήγαγε τους παρακάτω πέντε παράγοντες για κάθε παραγωγική διαδικασία, γνωστοί ως «πέντε Ρ»:
- Product (παραγωγή – αρχικό και ενδιάμεσο υλικό)
 - Processes (διαδικασία ή μέθοδοι παραγωγής)
 - Plant (εγκαταστάσεις)
 - Program (προγράμματα παραγγελιών, κατασκευής κτλ)
 - People (ανθρώπινο δυναμικό)
- 5) Καταγραφή των αιτιών και των υπό – αιτιών για την ανάλυση του διαγράμματος σε κατηγορίες και ίσως δημιουργία και άλλων κατηγοριών. Σύμφωνα με ορισμένους συγγραφείς τα αίτια και τα υπό – αίτια (Ryan 2000) που έχουν μια ποσοτική σχέση με το αποτέλεσμα μπαίνουν σε κουτιά ενώ εκείνα τα οποία έχουν μια μη ποσοτική σχέση απλά υπογραμμίζονται. Έτσι σε ένα διάγραμμα αιτίου αιτιατού έχουμε αιτίες οι οποίες περιλαμβάνονται σε κουτιά, αιτίες που είναι απλά υπογραμμισμένες καθώς επίσης και αιτίες που απλά αναφέρονται.
- 6) Αξιολόγηση των αιτιών που δημιουργούν το αποτέλεσμα σε πρωταρχικές και κατόπιν σε δευτερεύουσες.
- 7) Ανάλυση της σωστής πρωτοβουλίας για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να πούμε ότι ένα διάγραμμα αιτίου αποτελέσματος που είναι σωστά κατασκευασμένο τελικά αποσκοπεί στην αποκάλυψη αιτιών του ποιοτικού προβλήματος που υπάρχει και στην σωστή και γρήγορη αντιμετώπιση του. Στο παρακάτω σχήμα δίνεται ένα διάγραμμα αιτίου – αποτελέσματος.



Γράφημα 8. Διάγραμμα Αιτίου – Αιτιατού (Παράδειγμα)

Το φύλλο ελέγχου

Το φύλλο ελέγχου είναι ένας τρόπος καταγραφής όλων των λεπτομερειών σχετικά με το είδος και το χρόνο προβλημάτων σε μια διαδικασία. Η καταγραφή αυτή μπορεί να βοηθήσει στο να ανιχνευθούν ποιες είναι οι κυριότερες αιτίες προβλημάτων στη διαδικασία καθώς και αν σχετίζεται ο χρόνος με αυτές. Επιπλέον στο φύλλο ελέγχου καταγράφονται το είδος των δεδομένων, η μέρα, η παρτίδα, η βάρδια που εργάζεται και γενικά κάθε πληροφορία που αφορά τη διαδικασία. Τέλος, το φύλλο ελέγχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως φύλλο εργασίας για την εισαγωγή των δεδομένων στον υπολογιστή. Αυτό βέβαια με την ικανότητα του ηλεκτρονικού ελέγχου και εισαγωγής των στοιχείων απευθείας στον υπολογιστή έχει περιορισμένη χρήση.

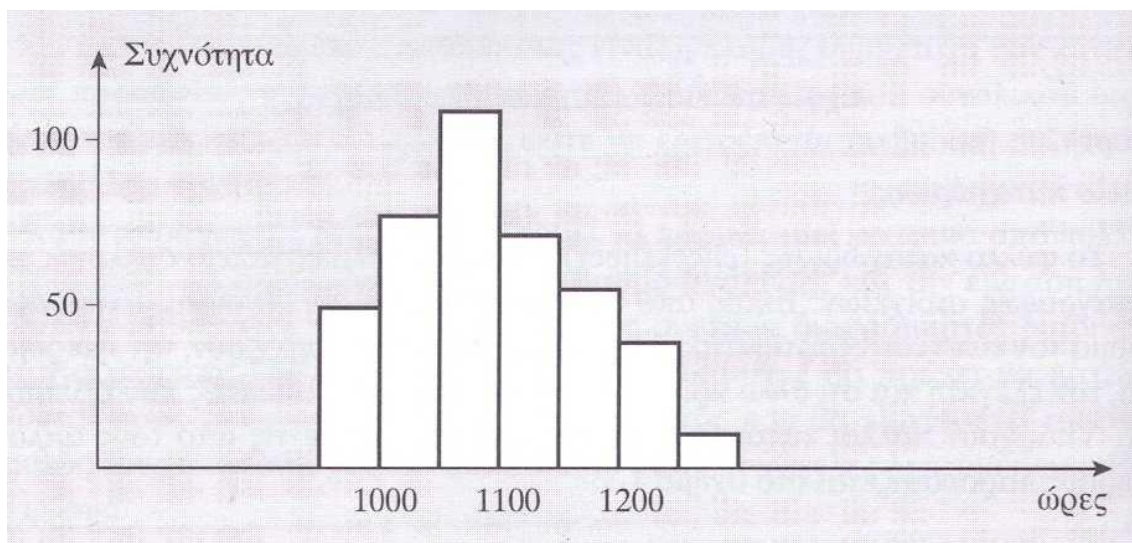
ΕΞΑΡΤΗΜΑ:	Ορθογώνιο χαλύβδινο έλασμα (Κ.Α.)
ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΡΤΙΔΑΣ:	01/01
ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΑΡΤΙΔΑΣ:	3000
ΜΕΓΕΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ:	100
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ:	18/1/01
ΕΛΕΓΚΤΗΣ:	Αυστηρόπουλος

Τύπος ελαττώματος	Αριθμός ελαττωματικών
Μήκος εκτός ορίων	///..... 3
Πλάτος εκτός ορίων 0
Πάχος εκτός ορίων	////..... 4
Αντοχή κάτω του ορίου	//////. 6

Γράφημα 9. Φύλλο καταχώρησης ελαττωματικών

Ιστόγραμμα

Το ιστόγραμμα απεικονίζει γραφικά τη συχνότητα συγκεκριμένου μεγέθους με σκοπό την αναγνώριση της κατανομής και διασποράς των τιμών του μεγέθους αυτού.



Γράφημα 10. Ιστόγραμμα

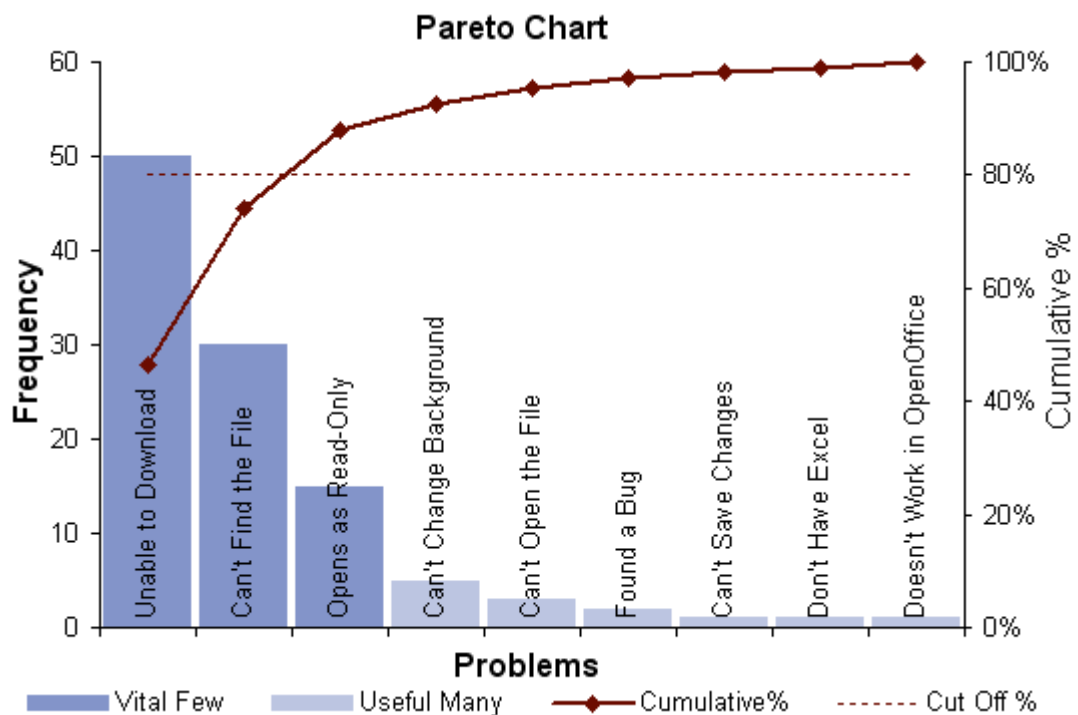
Το διάγραμμα Pareto

Το διάγραμμα Pareto πήρε το όνομα του από τον Ιταλό οικονομολόγο V. Pareto ο οποίος το εισήγαγε. Εκείνος όμως ο οποίος το εφάρμοσε σε προβλήματα στην βιομηχανία ήταν ο J.M. Juran. Η βασική φιλοσοφία του διαγράμματος αυτού είναι

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

ότι το 80% των ελαττωμάτων οφείλονται στο 20% των αιτιών. Σκοπός του διαγράμματος είναι να αποκαλυφθούν οι βασικές αιτίες που δημιουργούν το πρόβλημα και να αντιμετωπισθούν κατόπιν με τον καλύτερο τρόπο. Τα βασικά βήματα που ακολουθούνται για την κατασκευή ενός διαγράμματος Pareto είναι τα παρακάτω:

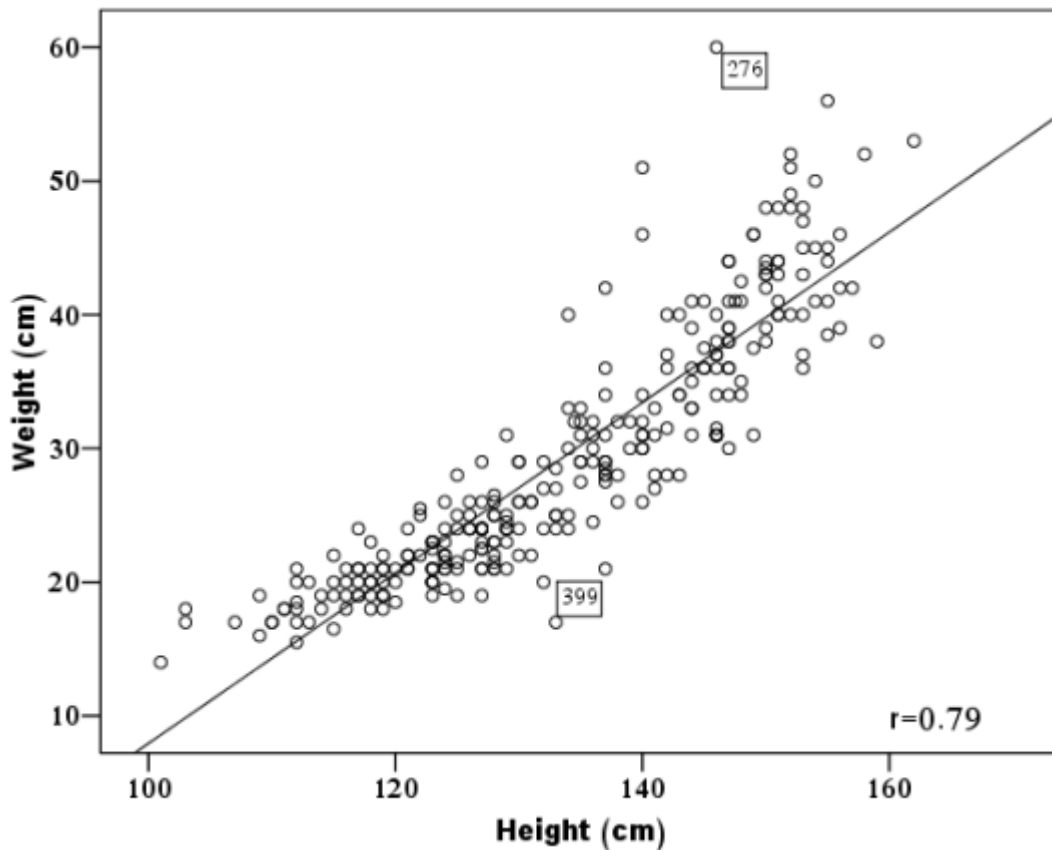
- 1) Καταγραφή όλων των στοιχείων
- 2) Μέτρηση των στοιχείων
- 3) Διάταξη των στοιχείων
- 4) Δημιουργία αθροιστικών κατανομών. Χρησιμοποιώντας αθροιστικές συχνότητες με διάταξη από τα μεγαλύτερα (πιο συχνά) στα μικρότερα χρησιμοποιούμενα μέτρα
- 5) Σχεδίαση διαγράμματος Pareto
- 6) Ερμηνεία διαγράμματος Pareto



Γράφημα 11. Διάγραμμα Pareto

Το διάγραμμα διασποράς

Το διάγραμμα διασποράς ή αλλιώς διάγραμμα $x - y$ είναι η σχηματική απεικόνιση της σχέσης δύο μεταβλητών. Σκοπός της χρήσης των διαγραμμάτων διασποράς στον έλεγχο ποιότητας είναι η διερεύνηση σχέσεων μεταξύ χαρακτηριστικών ποιότητας και γενικότερα η ανάλυση και παρουσίαση δεδομένων και ο έλεγχος απόκλισης από τη θεωρητική σχέση δύο μεταβλητών – χαρακτηριστικών ποιότητας.



Γράφημα 12. Διάγραμμα Διασποράς

Διαγράμματα ελέγχου

Από όλα τα παραπάνω εργαλεία τα πιο χρήσιμα είναι τα διαγράμματα ελέγχου και σε αυτά θα αναφερθούμε διεξοδικά στη συνέχεια.

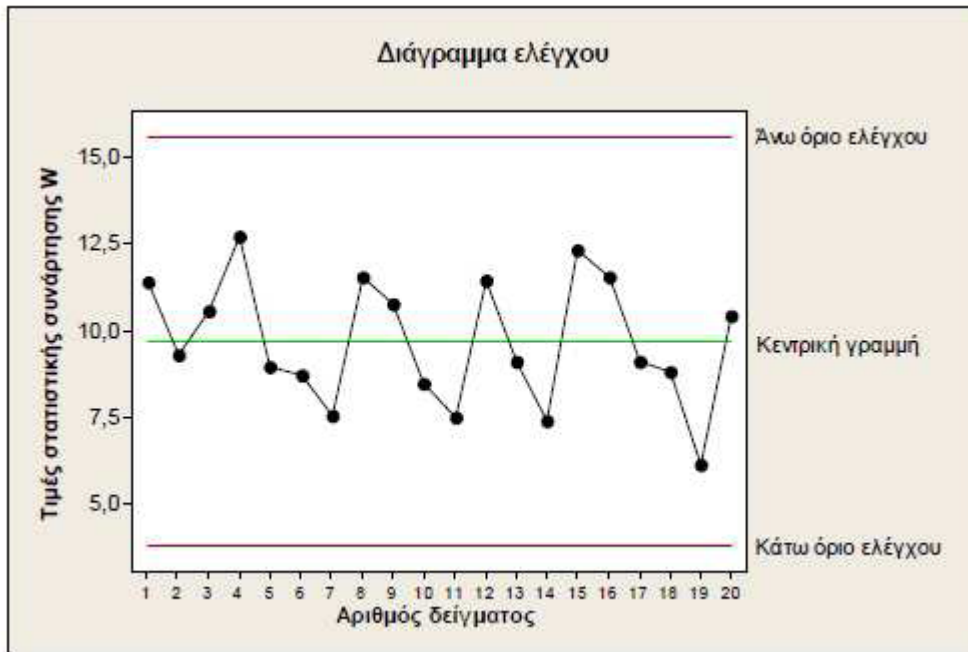
5 Διαγράμματα Ελέγχου

Στις παραγωγικές διεργασίες μας ενδιαφέρει η παρακολούθηση της συμπεριφοράς μιας κρίσιμης ποσότητας ενός (μετρήσιμου) χαρακτηριστικού X (τυχαία μεταβλητή) των προϊόντων που παράγονται (για παράδειγμα το χαρακτηριστικό X μπορεί να είναι μήκος, βάρος, όγκος προϊόντων). Η παρακολούθηση της κρίσιμης ποσότητας βασίζεται σε μετρήσεις του χαρακτηριστικού X (τυχαία μεταβλητή), που προκύπτουν από την επιλογή τυχαίων δειγμάτων προϊόντων από την παραγωγή σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, έστω τα X_1, X_2, \dots, X_n χρησιμοποιώντας τα τυχαία δείγματα X_1, X_2, \dots, X_n υπολογίζουμε την τιμή $W_i = g(\mathbb{X}_i)$ $i = 1, 2, \dots, n$ μιας κατάλληλης στατιστικής συνάρτησης (τυχαίας μεταβλητής) που εκτιμά (συνήθως αμερόληπτη εκτιμήτρια) την κρίσιμη ποσότητα που μας ενδιαφέρει (π.χ. μέση τιμή ή διακύμανση της X). Έτσι η (διαχρονική) παρακολούθηση της συμπεριφοράς της κρίσιμης ποσότητας επιτυγχάνεται με την παρακολούθηση των τιμών που λαμβάνει η στατιστική συνάρτηση

στα διάφορα δείγματα. Για παράδειγμα ας υποθέσουμε ότι ενδιαφερόμαστε να παρακολουθήσουμε τη συμπεριφορά της μέσης τιμής της διαμέτρου X των κυλίνδρων που παράγει μια μηχανή. Για το σκοπό μπορούμε να επιλέξουμε τυχαία δείγματα μεγέθους $n, n \geq 1$ κυλίνδρων από την παραγωγή της μηχανής σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα και να χρησιμοποιήσουμε τη στατιστική συνάρτηση

$$W_i = g(\mathbb{X}_i) = \frac{X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{in}}{n}$$

(η οποία είναι αμερόληπτη εκτιμήτρια του μέσου της X) για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς της μέσης τιμής. Ένα τυπικό διάγραμμα ελέγχου Shewhart (τα διαγράμματα αυτά τα εισήγαγε το 1924 ο W. A. Shewhart) είναι μια γραφική παράσταση με την ακόλουθη μορφή

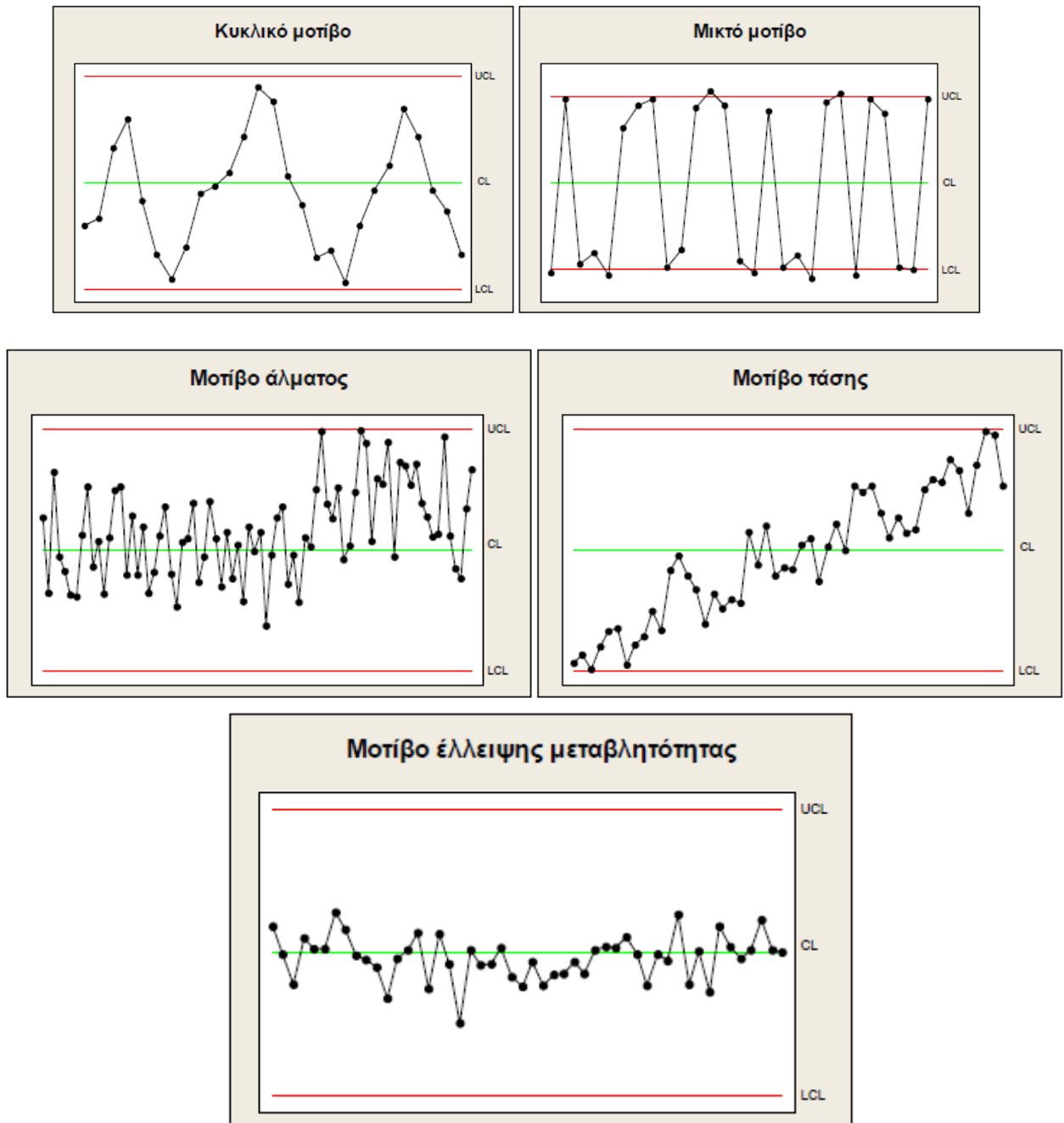


Γράφημα 13. Τυπικό διάγραμμα ελέγχου Shewhart

Στο παραπάνω σχήμα, εκτός από τις παρατηρούμενες τιμές της W που έχουν παρασταθεί με σημεία (κουκκίδες) τα οποία έχουν συνδεθεί με μια τεθλασμένη γραμμή, έχουν σχεδιαστεί και άλλες τρεις γραμμές. Η κεντρική γραμμή (center line, CL) ή μέσο επίπεδο της διεργασίας παριστάνει συνήθως τη μέση τιμή (mean value) της W όπως αυτή προκύπτει από τη λειτουργία μιας εντός ελέγχου διεργασίας ή την τιμή στόχο του προϊόντος. Οι δύο ακραίες γραμμές που εμφανίζονται ονομάζονται άνω και κάτω όρια ελέγχου (upper and lower control limits, UCL and LCL). Όσο οι τιμές (σημεία, δεδομένα) της W εμφανίζονται εντός των ορίων ελέγχου και η συμπεριφορά τους είναι «τυχαία» μπορούμε να υποθέσουμε ότι η διεργασία παραμένει εντός ελέγχου (για την ακρίβεια εντός στατιστικού ελέγχου) και δεν χρειάζεται να προβούμε σε κάποια διορθωτική ενέργεια. Αν όμως κάποιο σημείο βρεθεί εκτός των ορίων ελέγχου λέμε ότι υπάρχει ένδειξη ότι η διεργασία είναι εκτός ελέγχου οπότε αντιμετωπίζουμε κατάσταση συναγερμού (alarm) και πρέπει να προχωρήσουμε σε έρευνα για να ανακαλύψουμε τις ειδικές αιτίες μεταβλητότητας που είναι υπεύθυνες για αυτή τη συμπεριφορά και αν κριθεί απαραίτητο να προβούμε σε διορθωτικές ενέργειες. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμη και στην περίπτωση που όλα τα σημεία βρίσκονται εντός των ορίων ελέγχου αλλά συμπεριφέρονται με ένα συστηματικό ή μη τυχαίο τρόπο τότε και αυτό αποτελεί ένδειξη ότι η διεργασία

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

είναι εκτός ελέγχου. Οι βασικότερες μορφές προτύπων ή μοτίβων (patterns) μη τυχαίου τρόπου συμπεριφοράς μιας χρονοσειράς σημείων είναι τα πρότυπα κύκλων (cycles), τα μικτά πρότυπα (mixtures), τα πρότυπα αλμάτων (shifts in the process level), τα πρότυπα τάσεων (trends), και τα πρότυπα έλλειψης μεταβλητότητας (stratification) τα οποία περιγράφονται οπτικά στο ακόλουθο σχήμα

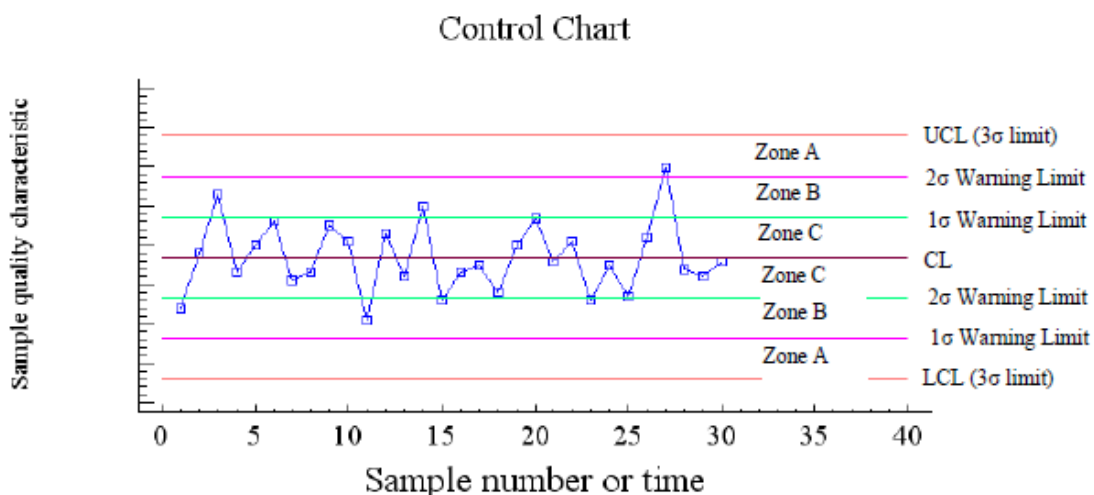


Γράφημα 14. Πρότυπες μορφές μη τυχαίας συμπεριφοράς

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Στα κυκλικά ή περιοδικά πρότυπα (cycles) εμφανίζεται μια περιοδικότητα στη διάταξη των σημείων με αποτέλεσμα να σχηματίζονται επαναλαμβανόμενοι κύκλοι. Πιθανές αιτίες είναι οι περιοδικές διακυμάνσεις των περιβαλλοντικών συνθηκών και συνθηκών παραγωγής όπως η θερμοκρασία, η ηλεκτρική τάση, εναλλαγή εργατοτεχνιτών, εναλλαγή μηχανών, κτλ. Τα μίχτα πρότυπα (mixture) φαίνεται να προκύπτουν από δύο διαφορετικές κατανομές του χαρακτηριστικού X μεταξύ των οποίων παλινδρομεί η διεργασία. Τα πρότυπα αλμάτων (shift in the process level) οφείλονται συνήθως σε νέους εργαζόμενους, νέες μεθόδους παραγωγής, νέες μηχανές, διαδοχική επεξεργασία παρτίδων πρώτων υλών διαφορετικής ποιότητας, κτλ. Τα πρότυπα τάσεων (trend) οφείλονται συνήθως σε παράγοντες όπως η σταδιακή φθορά εργαλείων, η κόπωση των εργαζομένων, η παρουσία επιθεωρητή, κτλ.

Στα πρότυπα έλλειψης μεταβλητότητας (stratification) τα σημεία του διαγράμματος κινούνται με τεχνητό τρόπο γύρω από την κεντρική γραμμή χωρίς να υπάρχει κάποια αξιοσημείωτη μεταβλητότητα. Οφείλονται συνήθως σε εσφαλμένη σχεδίαση των ορίων ελέγχου. Σε πολλές περιπτώσεις για να κάνουμε περισσότερο ευαίσθητο ένα διάγραμμα ελέγχου ως προς την ικανότητά του να ανιχνεύει πιο γρήγορα εκτός ελέγχου διεργασίες, εκτός από τη σχεδίαση των ορίων ελέγχου, σχεδιάζουμε επίσης και προειδοποιητικά όρια (warning limits) εσωτερικά των ορίων ελέγχου όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα

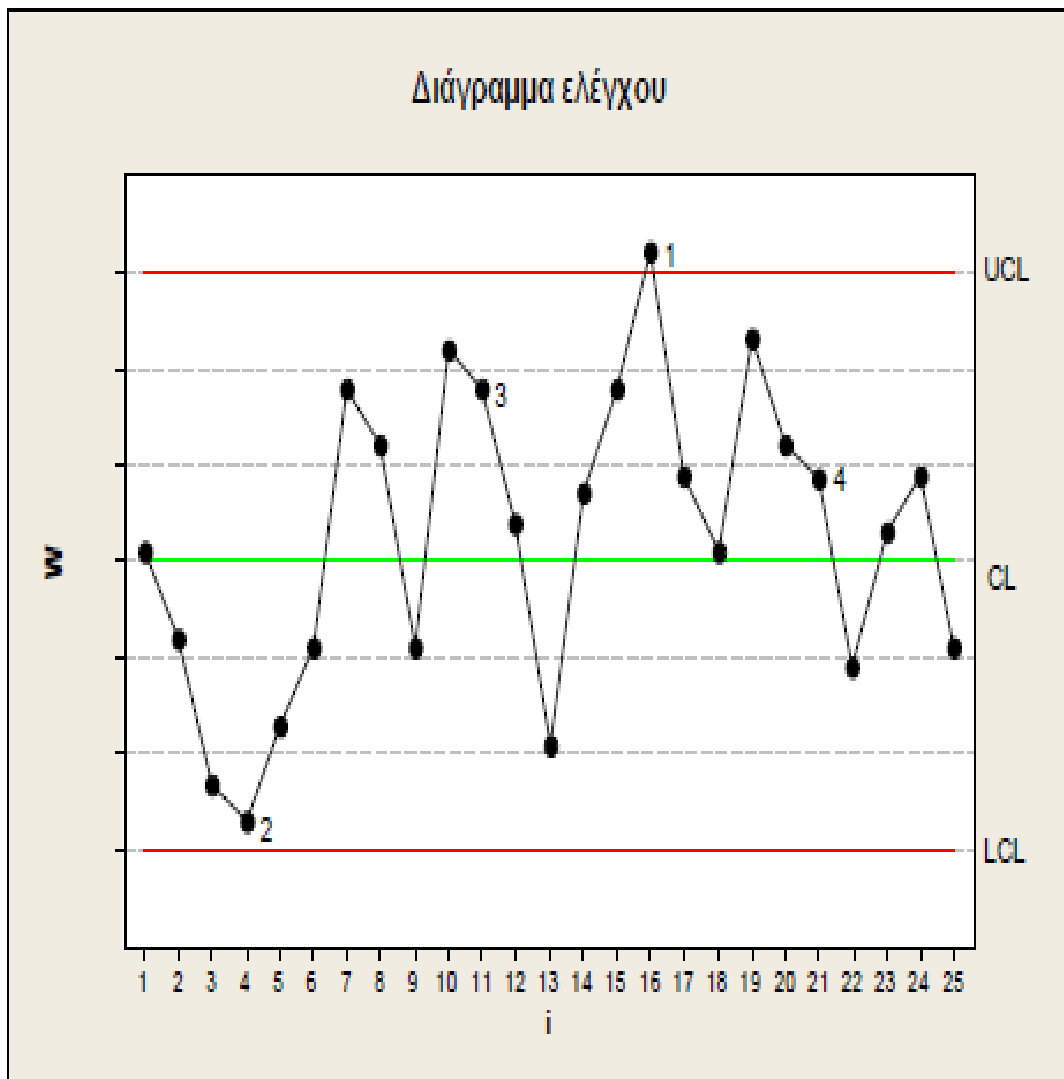


Γράφημα 15. Ζώνες A, B, C σε ένα διάγραμμα ελέγχου

Τα προειδοποιητικά όρια χρησιμοποιούνται μαζί με κάποιους «κανόνες» που περιγράφουν την εμφάνιση ειδικών μοτίβων σε ένα διάγραμμα ελέγχου. Στην περίπτωση που εμφανιστεί το μοτίβο που περιγράφει ο κανόνας τότε θεωρούμε ότι η διεργασία είναι εκτός ελέγχου χωρίς απαραίτητα να έχουμε κάποιο σημείο του διαγράμματος εκτός των ορίων ελέγχου (UCL και LCL). 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.

Οι πρώτοι τέσσερις κανόνες είναι γνωστοί ως Western Electric Rules. Στο ακόλουθο διάγραμμα ελέγχου έχουν σημειωθεί τα σημεία που “χτυπούν” για πρώτη φορά ο καθένας από τους Western Electric Rules.



Γράφημα 1.

Western Electric Rules

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Έτσι, στο σημείο 4 χτύπησε ο Κανόνας 2, στο σημείο 11 χτύπησε ο Κανόνας 3, στο σημείο 16 χτύπησε ο Κανόνας 1 και στο σημείο 21 χτύπησε ο Κανόνας 4.

5.1 Τύποι διαγραμμάτων ελέγχου

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες διαγραμμάτων ελέγχου ανάλογα με το είδος της μεταβλητής που περιγράφει το ποιοτικό χαρακτηριστικό του προϊόντος που ενδιαφερόμαστε να παρακολουθήσουμε. Έτσι έχουμε τα διαγράμματα ελέγχου για μεταβλητές (control charts for variables) όταν η απεικονιζόμενη ποσότητα είναι μια συνεχής τυχαία μεταβλητή, και τα διαγράμματα ελέγχου για διακριτά χαρακτηριστικά (control charts for attributes) όταν η απεικονιζόμενη ποσότητα είναι μια διακριτή τυχαία μεταβλητή.

5.2 Κατασκευή ενός διαγράμματος ελέγχου

Στην παρούσα παράγραφο θα περιγράψουμε τη γενική διαδικασία κατασκευής ενός διαγράμματος ελέγχου και θα τονίσουμε τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτής. Έστω ότι επιλέγουμε τυχαία δείγματα του προϊόντος σε διαφορετικές χρονικές στιγμές της παραγωγής στα οποία αντιστοιχούν τυχαία δείγματα τιμών της μεταβλητής X έστω τα X_1, X_2, \dots, X_n . Έστω $W_i = g(\bar{X}_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$ οι τιμές της στατιστικής συνάρτησης $W = g(\bar{X})$ που εκτιμά την κρίσιμη ποσότητα (π.χ μέση τιμή, διακύμανση, ποσοστό συμφωνούντων με τις προδιαγραφές προϊόντων κτλ.) που μας ενδιαφέρει να παρακολουθήσουμε. Το γενικό μοντέλο ορίων για την κατασκευή ενός διαγράμματος ελέγχου περιγράφεται ως ακολούθως

Μοντέλο ορίων L σίγμα	
UCL	$= \mu_{\bar{w}} + L\sigma_{\bar{w}}$
$Center\ Line$	$= \mu_{\bar{w}}$
LCL	$= \mu_{\bar{w}} - L\sigma_{\bar{w}}$

όπου $\mu_{\bar{w}}, \sigma_{\bar{w}}$ δηλώνουν τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση της στατιστικής συνάρτησης W η οποία απεικονίζεται στο διάγραμμα ελέγχου, ενώ η ποσότητα L δηλώνει τη απόσταση των ορίων ελέγχου από την κεντρική γραμμή σε μονάδες τυπική απόκλισης. Η πιο συνηθισμένη τιμή του L είναι το 3 και σε αυτή την περίπτωση θα αναφερόμαστε στην κατασκευή διαγράμματος ελέγχου τριών σίγμα. Αν ένα σημείο βρεθεί εκτός των ορίων ελέγχου τότε έχουμε ένδειξη εκτός ελέγχου διεργασίας και θα πρέπει να γίνει έρευνα για την ανεύρεση ειδικών αιτιών μεταβλητότητας οι οποίες, αν βρεθούν, θα πρέπει να απομονωθούν. Το μοντέλο ορίων σίγμα για την κατασκευή ενός διαγράμματος ελέγχου προτάθηκε από τον Walter A. Shewhart (1931) και ονομάζεται διάγραμμα ελέγχου τύπου Shewhart. Αποτελεί το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο διάγραμμα ελέγχου στην πράξη λόγω της απλότητας στην κατασκευή και ερμηνεία του.

Εκτός από το μοντέλο ορίων σίγμα, για την κατασκευή ορίων ελέγχου σε ένα διάγραμμα ελέγχου υπάρχει και το μοντέλο ορίων πιθανότητας (probability limits

model) που παρουσιάζεται στο ακόλουθο πλαίσιο (μοντέλο ορίων πιθανότητας α) για κανονική (ή προσεγγιστικά) κανονική κατανομή της στατιστικής συνάρτησης W που απεικονίζεται σε αυτό

Μοντέλο ορίων πιθανότητας α	
<i>UCL</i>	$= \mu_W + Z_{\alpha/2} \sigma_W = w_{\alpha/2}$
<i>Center Line</i>	$= \mu_W$
<i>LCL</i>	$= \mu_W - Z_{\alpha/2} \sigma_W = w_{1-(\alpha/2)}$

με W_α συμβολίζεται το άνω α ποσοστιαίο σημείο της W . Για εντός ελέγχου διεργασίες (με κανονική κατανομή για την W) έχουμε ότι η πιθανότητα εσφαλμένου συναγερού σε κάθε πλευρά των ορίων ελέγχου είναι ίση με $\alpha/2$ (α είναι η πιθανότητα εσφαλμένου συναγερού). Για $\alpha/2 = 0.001$ (δηλαδή μοντέλο με όρια πιθανότητας 0.002), έχουμε ότι $Z_{0.001} = 3.09024$. Σημειώνουμε πως στην περίπτωση που η κατανομή της W δεν είναι κανονική (ή δεν ισχύουν οι προϋποθέσεις του Κεντρικού Οριακού Θεωρήματος) μπορούμε αντί των ποσοστιαίων σημείων της τυπικής κανονικής κατανομής να χρησιμοποιήσουμε ποσοστιαία σημεία της κατανομής W .

5.3 Ταξινόμηση διαγραμμάτων ελέγχου

Έχουμε ήδη αναφέρει μια πρώτη διάκριση των διαγραμμάτων ελέγχου που βασίζεται στην κατανομή του ποιοτικού χαρακτηριστικού που μας ενδιαφέρει. Έτσι, αν αυτή είναι συνεχής έχουμε διαγράμματα ελέγχου για μεταβλητές (control charts for variables) ενώ αν είναι διακριτή έχουμε τα διαγράμματα ελέγχου για διακριτά χαρακτηριστικά (control charts for attributes). Έτσι λοιπόν μπορούμε να διακρίνουμε τα διαγράμματα ελέγχου στα εξής:

- ✚ Αν από την παραγωγική διεργασία λαμβάνονται δείγματα μετρήσεων μεγέθους μεγαλύτερου της μονάδας μιλάμε για διαγράμματα ελέγχου για ομάδες (control charts for rational subgroups), ενώ αν λαμβάνονται δείγματα μετρήσεων μεγέθους ίσου με την μονάδα μιλάμε για διαγράμματα ελέγχου για μεμονωμένες παρατηρήσεις (control charts for individual observations)
- ✚ Αν οι μετρήσεις που λαμβάνονται κάθε χρονική στιγμή t εξαρτώνται από μετρήσεις που ελήφθησαν σε προηγούμενες χρονικές στιγμές τότε αναφερόμαστε σε διαγράμματα ελέγχου για αυτοσυσχετιζόμενες διεργασίες (control charts for auto correlated processes), ενώ αν οι μετρήσεις που λαμβάνονται σε κάθε χρονική στιγμή είναι ανεξάρτητες από μετρήσεις που ελήφθησαν σε προηγούμενες χρονικές στιγμές τότε αναφερόμαστε σε διαγράμματα ελέγχου για ασυσχέτιστες διεργασίες (control charts for uncorrelated processes).
- ✚ Αν οι μετρήσεις που λαμβάνονται αφορούν ένα ποιοτικό χαρακτηριστικό χρησιμοποιούμε μονομεταβλητά διαγράμματα ελέγχου (univariate control charts) ενώ αν οι μετρήσεις αναφέρονται σε περισσότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιούμε πολυμεταβλητά διαγράμματα ελέγχου (multivariate control charts).
- ✚ Αν οι μετρήσεις που λαμβάνονται ακολουθούν μια γνωστή κατανομή τότε μιλάμε για παραμετρικά διαγράμματα ελέγχου ενώ στην αντίθετη περίπτωση μιλάμε για μη παραμετρικά διαγράμματα ελέγχου με τα οποία και θα ασχοληθούμε εκτενέστερα στα επόμενα κεφάλαια.
- ✚ Αν το διάγραμμα ελέγχου στοχεύει στην παρακολούθηση της μέσης τιμής του ποιοτικού χαρακτηριστικού μιλάμε για διάγραμμα ελέγχου για τη μέση τιμή, ενώ αν στοχεύει στην παρακολούθηση της διασποράς του μιλάμε για διάγραμμα ελέγχου για τη διασπορά.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

- ✚ Αν οι μετρήσεις (δείγματα) λαμβάνονται σε σταθερούς χρόνους μιλάμε για διαγράμματα ελέγχου σταθερού χρόνου. ενώ στην αντίθετη περίπτωση μιλάμε για διαγράμματα ελέγχου μεταβλητού χρόνου.
- ✚ Αν το μέγεθος δείγματος είναι σταθερό τότε μιλάμε για διαγράμματα ελέγχου σταθερού δείγματος ενώ στην αντίθετη περίπτωση μιλάμε για διαγράμματα ελέγχου μεταβλητού μεγέθους δείγματος.

5.4 Βασικά είδη διαγραμμάτων ελέγχου

Τα βασικότερα είδη διαγραμμάτων ελέγχου που χρησιμοποιούνται στην πράξη είναι τα διαγράμματα ελέγχου τύπου Shewhart, CUSUM και EWMA. Πριν αναφερθούμε στα τρία είδη διαγραμμάτων πρέπει να τονίσουμε ότι για τον έλεγχο μια παραγωγικής διαδικασίας με χρήση διαγραμμάτων ελέγχου υπάρχουν δυο φάσεις, η Φάση I και η Φάση II οι οποίες εξηγούνται παρακάτω:

Φάση I: Σε αυτή τη φάση τα διαγράμματα ελέγχου χρησιμοποιούνται αναδρομικά για να ελέγξουν αν η διεργασία ήταν εντός ή εκτός ελέγχου εξετάζοντας δείγματα που συλλέχθηκαν σε παρελθοντικό χρόνο. Σκοπός τους είναι να βοηθήσουν το διαχειριστή της διεργασίας να φέρει τη διεργασία εντός στατιστικού ελέγχου. Όταν αυτό επιτευχθεί τα διαγράμματα ελέγχου που προκύπτουν (κεντρική γραμμή και όρια ελέγχου) είναι κατάλληλα για μελλοντική παρακολούθηση της συμπεριφοράς της διεργασίας. Αυτή η χρήση των διαγραμμάτων αναφέρεται και αναδρομική (retrospective). Γενικά πολύ περισσότερες δράσεις και σκέψεις εξελίσσονται κατά την διάρκεια αυτής της φάσης πλην της απλής διαγραμματοποίησης κάποιων δεδομένων. Ο διαχειριστής της διεργασίας μελετά σε βάθος τη διεργασία και αυτό γιατί δεν είναι εύκολο κανείς να αποφασίσει αν η διεργασία ήταν εντός ή εκτός στατιστικού ελέγχου κατά τη χρονική περίοδο που τα δεδομένα συλλέχθηκαν.

Φάση II: Σε αυτή τη φάση τα διαγράμματα ελέγχου χρησιμοποιούνται προκειμένου να ελέγξουμε συνεχώς αν η διαδικασία παραμένει εντός ελέγχου. Ο διαχειριστής έχει στα χέρια του ένα πολύτιμο εργαλείο μέσω του οποίου είναι δυνατό 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. Δηλαδή σε κάθε χρονική περίοδο που λαμβάνεται ένα δείγμα από τη διεργασία ο διαχειριστής παίρνει μια απάντηση στο ερώτημα εάν η διεργασία παραμένει εντός ελέγχου. Παράλληλα αδιαφορεί για τον τρόπο με τον οποίο προέκυψαν τα όρια ελέγχου και η κεντρική γραμμή του διαγράμματος που χρησιμοποιεί.

5.4.1 Διαγράμματα ελέγχου τύπου Shewhart

Τα διαγράμματα ελέγχου τύπου Shewhart προτάθηκαν από τον Walter A. Shewhart (1931) ο οποίος εργαζόταν ως στατιστικός στα εργαστήρια της εταιρείας Bell και

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

αποτελούν τα πιο γνωστά αλλά και πιο συχνά χρησιμοποιούμενα διαγράμματα ελέγχου. Αποτελούνται από δυο όρια ελέγχου, το άνω όριο ελέγχου UCL και το κάτω όριο ελέγχου LCL , και την κεντρική γραμμή του διαγράμματος CL η οποία έχει μέση τιμή ίση με το μέσο επίπεδο της διεργασίας χωρίς την παρουσία ειδικής αιτίας μεταβλητότητας (εντός ελέγχου διεργασία). Για την κατασκευή ενός διαγράμματος Shewhart συλλέγονται δείγματα μεγέθους $n \geq 1$, υπολογίζεται η τιμή κατάλληλης στατιστικής συνάρτησης η οποία απεικονίζεται σε ένα διάγραμμα όπου τα όρια ελέγχου απέχουν απόσταση L το καθένα (σε μονάδες τυπικής απόκλισης) από την κεντρική γραμμή. Όταν ένα σημείο βρεθεί εκτός των ορίων ελέγχου τότε έχουμε ένδειξη εκτός ελέγχου διεργασίας. Η πρόταση του Shewhart ήταν για $L = 3$ αν και έκτοτε προτάθηκαν διάφορες επιλογές για την τιμή του L με σκοπό να καλύψουν τις απαιτήσεις στην πράξη. Το διάγραμμα τύπου Shewhart για την παρακολούθηση της μέσης τιμής μιας παραγωγικής διεργασίας, το οποίο βασίζεται σε 3σ όρια ελέγχου με μετρήσεις που προέρχονται από κανονική κατανομή με γνωστές παραμέτρους είναι το πιο γνωστό και ευρέως χρησιμοποιούμενο διάγραμμα της κατηγορίας αυτής και αποτελεί μέτρο σύγκρισης με όλα τα νέα προτεινόμενα διαγράμματα παρακολούθησης της μέσης τιμής. Θα αναφερόμαστε σε αυτό ως το σύνθητες ή το τυπικό \bar{X} διάγραμμα ελέγχου Shewhart. Το βασικό μειονέκτημα των διαγραμμάτων ελέγχου τύπου Shewhart είναι ότι δεν είναι ευαίσθητα στην ανίχνευση μικρών ή και μεσαίων μετατοπίσεων στην τιμή της υπό παρακολούθηση παραμέτρου που καθορίζει την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων ή προσφερόμενων υπηρεσιών. Έτσι, έχουν προταθεί διαγράμματα τα οποία χρησιμοποιούν σύνθετους κανόνες για την ανακήρυξη μιας διεργασίας εκτός ελέγχου. Ειδικότερα, ένας τρόπος να αυξηθεί η ευαισθησία του διαγράμματος είναι η χρήση προειδοποιητικών ορίων ελέγχου και κανόνων διακοπής οι οποίοι βασίζονται στη θεωρία ροών (run rules). Τέτοιοι κανόνες προτάθηκαν για πρώτη φορά από τη Western Electric Company (1956) με σκοπό την αύξηση της ευαισθησίας του \bar{X} διαγράμματος και χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στην πράξη. Αξίζει να αναφέρουμε ότι για την ανάπτυξη ενός διαγράμματος ελέγχου τύπου Shewhart αρκεί η γνώση της κατανομής της απεικονιζόμενης στατιστικής συνάρτησης W . Έτσι, χρησιμοποιώντας την επιθυμητή τιμή για το L μπορούμε να αναπτύξουμε διαγράμματα τύπου Shewhart για την παρακολούθηση της μέσης τιμής και της διασποράς του υπό παρακολούθηση

χαρακτηριστικού οποιαδήποτε και αν είναι (συνεχής ή διακριτή) η κατανομή των αρχικών παρατηρήσεων.

Παράδειγμα

Η υπεύθυνη του λογιστηρίου μιας εταιρίας παραπονιέται ότι τα άτομα σπαταλούν πολύ χρόνο για την επεξεργασία των τιμολογίων. Για το σκοπό αυτό αποφάσισε να κατασκευάσει ένα διάγραμμα ελέγχου για να διαπιστώσει τις αιτίες καθυστέρησης. Έτσι έδωσε εντολή να επιλέγονται τυχαία 5 συμπληρωμένα τιμολόγια κάθε μέρα και αυτό να συνεχιστεί για 10 μέρες. Παρακάτω δίνεται ο πίνακας με το χρόνο που διατίθεται για την επεξεργασία κάθε τιμολογίου από τα άτομα.

Ημέρα	Χρόνος επεξεργασίας (δείγμα 5 τιμολογίων)					Μέσος	Εύρος
1	10	9	6	9	8	8,4	4
2	12	6	10	8	9	9	6
3	9	8	9	6	10	8,4	4
4	8	7	9	8	8	8	2
5	9	10	9	8	11	9,4	3
6	6	7	9	8	5	7	4
7	11	7	10	9	10	9,4	4
8	9	11	9	13	8	10	5
9	8	9	6	11	6	8	5
10	9	6	7	6	9	7,4	3

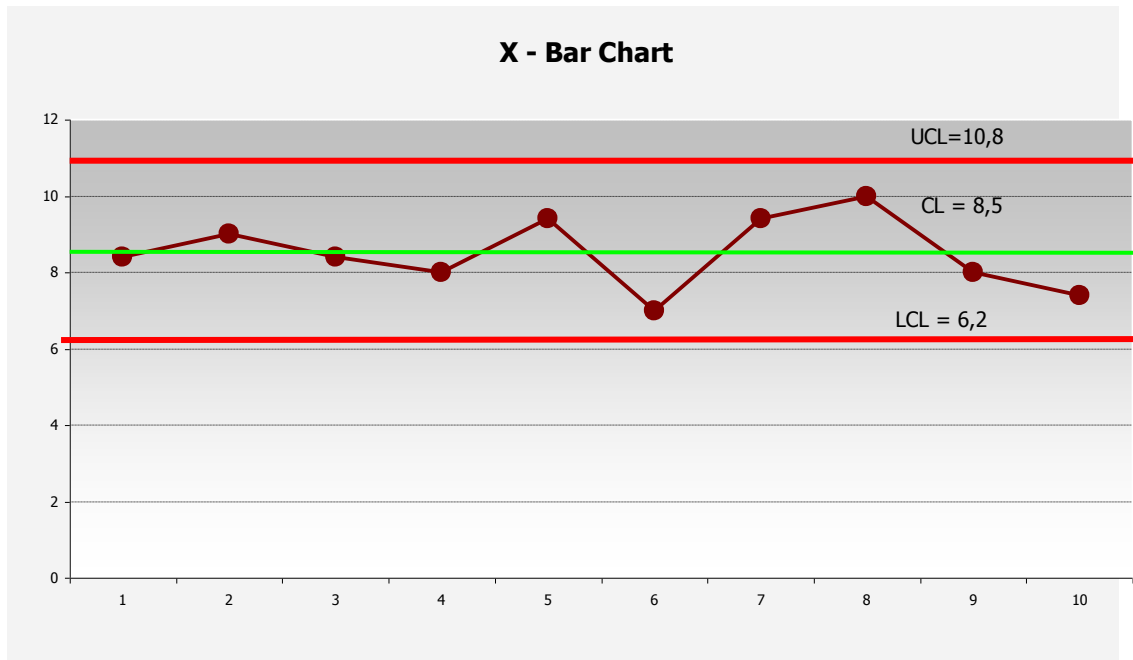
Πίνακας 2 Δεδομένα για την κατασκευή διαγράμματος Shewhart

Οι τιμές των ορίων για το διάγραμμα ελέγχου του μέσου ($n=5$) είναι οι εξής:

$$UCL = 10,8$$

$$CL = 8,5$$

$$LCL = 6,2$$



Γράφημα 2. Διάγραμμα X-Bar – Παράδειγμα

Το διάγραμμα ελέγχου του μέσου υποδηλώνει μια κατάσταση εντός ελέγχου για τη μέση επεξεργασία των τιμολογίων. Άρα η διαδικασία βρίσκεται εντός στατιστικού ελέγχου

5.4.2 Διαγράμματα ελέγχου τύπου CUSUM

Τα διαγράμματα τύπου CUSUM προτάθηκαν από τον Page (1954). Σε αυτά απεικονίζεται η στατιστική συνάρτηση

$$S_t^+ = \max(0, X_t - (\mu_0 + K) + S_{t-1}^+) \quad S_0^+ = 0$$

με σκοπό την ανίχνευση μετατοπίσεων στη μέση τιμή της παραγωγικής διεργασίας σε υψηλότερο επίπεδο. Η τιμή μ_0 δηλώνει την εντός ελέγχου μέση τιμή ενώ με X_t συμβολίζεται η τιμή της μεμονωμένης παρατήρησης που λαμβάνεται τη χρονική στιγμή t . Επίσης απεικονίζεται και η ποσότητα

$$S_t^- = \max(0, X_t - (\mu_0 - K) + S_{t-1}^-) \quad S_0^- = 0$$

με σκοπό την ανίχνευση μετατοπίσεων στη μέση τιμή της παραγωγικής διεργασίας σε χαμηλότερο επίπεδο. Οι τιμές των ποσοτήτων S_0^+, S_0^- ονομάζονται τιμές εκκίνησης (headstart values). Η ποσότητα $K \geq 0$ ονομάζεται τιμή αναφοράς (reference value) και η συνήθης τιμή της προκύπτει από τη σχέση

$$K = \frac{\delta\sigma}{2} = |\mu_1 - \mu_0| \frac{1}{2}$$

όπου η τιμή μ_1 δηλώνει μια εκτός ελέγχου μέση τιμή. Η ποσότητα S_t^+ συσσωρεύει τις αποκλίσεις των παρατηρήσεων X_t από την ποσότητα $\mu_0 + K$ από τη στιγμή που θα εμφανιστεί θετική απόκλιση και μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλη για τον έλεγχο της υπόθεσης

$$H_0 : \mu = \mu_0, \text{ έναντι } H_1^+ : \mu = \mu_1 = \mu_0 + \delta\sigma, \delta > 0$$

αφού μεγάλες θετικές τιμές της S_t^+ οδηγούν σε αποδοχή της υπόθεσης H_1^+ .

Ανάλογα η ποσότητα S_t^- συσσωρεύει τις αποκλίσεις των παρατηρήσεων X_t από την ποσότητα $\mu_0 - K$ από τη στιγμή που θα εμφανιστεί αρνητική απόκλιση και μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλη για τον έλεγχο της υπόθεσης

$$H_0 : \mu = \mu_0, \text{ έναντι } H_1^- : \mu = \mu_1 = \mu_0 - \delta\sigma, \delta > 0$$

αφού μεγάλες αρνητικές τιμές της S_t^- οδηγούν σε αποδοχή της υπόθεσης H_1^- . Για το ποια από τις δύο εναλλακτικές υποθέσεις H_1^+ και H_1^- θα αποδεχθούμε ή όχι σε κάθε βήμα της διαδικασίας η απόφαση μας θα εξαρτηθεί από το αν ισχύει η σχέση $S_t^+ > H$ ή η σχέση $S_t^- < H$ όπου H μια θετική σταθερά. Η ποσότητα H ονομάζεται διάστημα απόφασης (decision interval).

Η πιο συνηθισμένη τιμή για το διάστημα απόφασης είναι η $H = h\sigma$, $h = 4,5$. Είναι προφανές λοιπόν πως έχουμε ένδειξη εκτός ελέγχου διεργασίας (μετατόπιση της μέσης τιμής της παραγωγικής διεργασίας σε υψηλότερο ή χαμηλότερο επίπεδο) αν γίνει αποδεκτή μια εκ των εναλλακτικών υποθέσεων H_1^+ και H_1^- , αντίστοιχα. Τα διαγράμματα ελέγχου τύπου CUSUM αποτελούν εναλλακτική πρόταση έναντι των διαγραμμάτων τύπου Shewhart στην ανίχνευση μικρών ή και μεσαίων μετατοπίσεων στην τιμή της υπό παρακολούθηση παραμέτρου. Εμπίπτουν σε μια γενική κατηγορία διαγραμμάτων τα οποία ονομάζονται διαγράμματα ελέγχου με μνήμη που το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η ενσωμάτωση πληροφοριών από τις τιμές των προηγούμενων παρατηρήσεων στην απεικονιζόμενη ποσότητα. Ειδικότερα, τα διαγράμματα ελέγχου τύπου CUSUM χαρακτηρίζονται ως διαγράμματα με ομοιόμορφη μνήμη αφού δίνουν την ίδια βαρύτητα σε όλες τις προηγούμενες παρατηρήσεις.

Παράδειγμα

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται 15 συνεχόμενες τιμές ελέγχου γλυκόζης που ελήφθησαν από βιοχημικό αναλυτή σε διάστημα 2 εβδομάδων. Η μέση τιμή των ορίων ελέγχου ήταν $\mu_0=100$ mg/dl και η τυπική απόκλιση $\sigma=5$ mg/dl.

A/A	Ημερομηνίες	Τιμές ελέγχου γλυκόζης
1	4/9/2002	104
2	5/9/2002	98
3	6/9/2002	102
4	7/9/2002	108
5	8/9/2002	109
6	9/9/2002	106
7	10/9/2002	96
8	11/9/2002	104
9	12/9/2002	98
10	13/9/2002	89
11	14/9/2002	92
12	15/9/2002	92
13	16/9/2002	94
14	17/9/2002	93

Πίνακας 3 Δεδομένα για την κατασκευή διαγράμματος CUSUM

Για την δημιουργία των αθροισμάτων S_t^+ και S_t^- υπολογίστηκε το $K=1,25$ του και ως h χρησιμοποιήθηκε η τιμή 3,34 δηλ. $H=3,34*5=16,7$.

Π.χ. για την πρώτη τιμή (104) στον υπολογισμό της τιμής S_t^+ σχηματίζεται το άθροισμα $104-(100+1,25)+0 = 2,75$. Επειδή $2,75 > 0$ έχουμε $S_t^+ = 2,75$. Αντίστοιχα για το S_t^- έχουμε $(100+1,25)-104+0=-2,75$. Επειδή $-2,75 < 0$ έχουμε $S_t^- = 0$. Στην δεύτερη τιμή (98) για το άθροισμα S_t^+ υπολογίζεται $98-(100+1,25)+2,75 = -0,5$. Αφού $-0,5 < 0$ έχουμε $S_t^+ = 0$. Αντίστοιχα για το S_t^- έχουμε $(100-1,25)-98+0= 0,75$ επειδή $0,75 > 0$ έχουμε $S_t^- = 0,75$. Παρόμοια υπολογίζονται και οι υπόλοιπες τιμές του πίνακα που ακολουθεί.

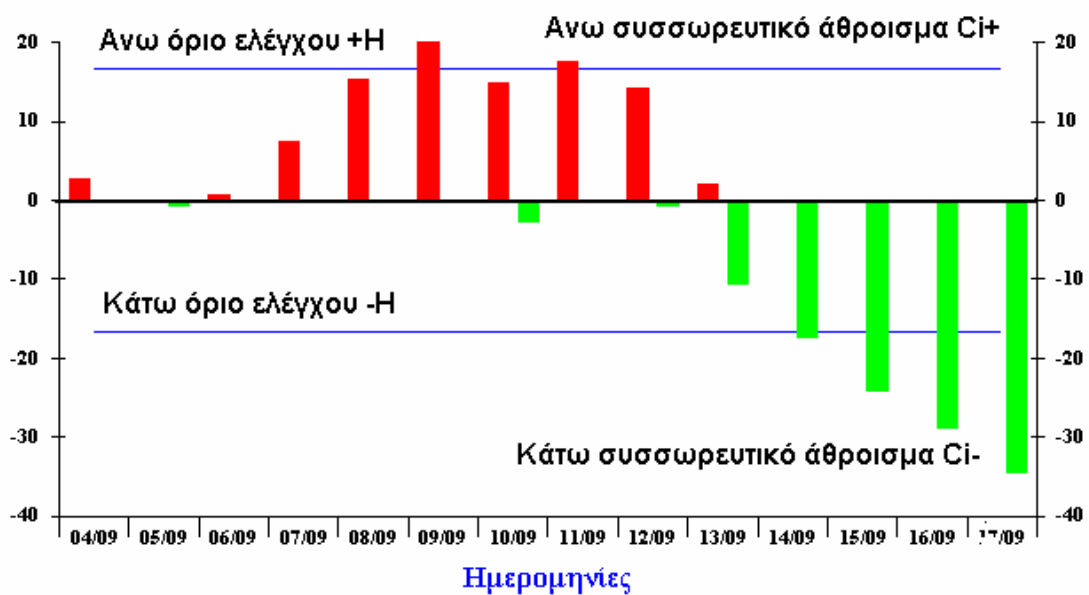
A/A	Ημερομηνίες	Τιμές ελέγχου γλυκόζης	S_t^+	S_t^-
1	4/9/2002	104	2,75	0
2	5/9/2002	98	0	0,75
3	6/9/2002	102	0,75	0
4	7/9/2002	108	7,5	0
5	8/9/2002	109	15,25	0

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

6	9/9/2002	106	10	0
7	10/9/2002	96	14,75	2,75
8	11/9/2002	104	17,5	0
9	12/9/2002	98	14,25	0,75
10	13/9/2002	89	2	10,5
11	14/9/2002	92	0	17,25
12	15/9/2002	92	0	24
13	16/9/2002	94	0	28,75
14	17/9/2002	93	0	34,5

Πίνακας 4 Υπολογισμός συσσωρευτικών αθροισμάτων C_i^+ και C_i^- για την κατασκευή διαγράμματος Tabular Cusum

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται πολύ καθαρά τα συστηματικά σφάλματα που ανιχνεύτηκαν στο προηγούμενο διάγραμμα Cusum. Π.χ. η τιμή 6^η είναι εκτός ελέγχου δηλ. μεγαλύτερη του +H επειδή όμως η ανοδική τάση ξεκίνησε από την τιμή 4^η ως συστηματικό σφάλμα θεωρούνται οι τιμές 4^η έως 9^η. Επίσης συστηματικό σφάλμα υπάρχει μεταξύ των τιμών 10^η και 14^η.



Γράφημα 3. Διάγραμμα CUSUM – Παράδειγμα

5.4.3 Διαγράμματα Ελέγχου Τύπου EWMA

Τα διαγράμματα EWMA προτάθηκαν από τον Roberts (1959) και μελετήθηκαν με λεπτομέρεια από τους Crowder (1987, 1989) και τους Lucas και Saccucci (1990). Στα διαγράμματα τύπου EWMA απεικονίζεται η ποσότητα $Z_t = \lambda X_t + (1 - \lambda) Z_{t-1}$ με σκοπό την παρακολούθηση της μέσης τιμής μιας παραγωγικής διεργασίας. Με X_t συμβολίζεται η τιμή της μεμονωμένης παρατήρησης που λαμβάνεται τη χρονική στιγμή t ενώ η τιμή μ δηλώνει τη μέση τιμή της κατανομής της X_t . Σε αντιστοιχία με τα διαγράμματα τύπου CUSUM η τιμή της ποσότητας Z_0 ονομάζεται τιμή εκκίνησης ενώ η σταθερά λ , $0 \leq \lambda \leq 1$ καθορίζει το βάρος που δίνουμε στην τιμή του πιο πρόσφατος δείγματος. Για την κατασκευή ενός διαγράμματος τύπου EWMA χρειαζόμαστε τη μέση τιμή μ_{z_t} και την τυπική απόκλιση σ_{z_t} της ποσότητας Z_t που απεικονίζεται στο διάγραμμα. Για την περίπτωση που οι αρχικές παρατηρήσεις X_t είναι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές με εντός ελέγχου μέση τιμή μ_0 και

$$\sigma_{z_t} = \sigma \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2} - \lambda\right) \left[1 - (1 - \lambda)^{2t}\right]}$$

Παρακάτω δίνονται τα όρια ελέγχου και η κεντρική γραμμή ενός διαγράμματος τύπου EWMA για την παρακολούθηση της μέσης τιμής μιας παραγωγικής διεργασίας.

$$LCL = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2} - \lambda\right) \left[1 - (1 - \lambda)^{2t}\right]}$$

$$CL = \mu_0$$

$$UCL = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2} - \lambda\right) \left[1 - (1 - \lambda)^{2t}\right]}$$

Για την κατασκευή ενός διαγράμματος τύπου EWMA απαιτείται ο προσδιορισμός των τιμών των παραμέτρων L και λ . Ο προσδιορισμός αυτός γίνεται συνήθως με στατιστικά κριτήρια. Η τιμή της παραμέτρου L καθορίζει την απόσταση των ορίων ελέγχου από την κεντρική γραμμή. Οι συνηθέστερες τιμές για το λ είναι το $\lambda = 0.05$, $\lambda = 0.10$ και $\lambda = 0.20$. Σημειώνουμε πως τα όρια ελέγχου ονομάζονται χρονομεταβλητά αφού υπάρχει εξάρτηση της τυπικής απόκλισης σ_{z_t} από το χρόνο. Όμως καθώς το t αυξάνει, τα όρια ελέγχου προσεγγίζουν μια σταθερή τιμή και έτσι καταλήγουμε στα όρια ελέγχου σταθερής κατάστασης τα οποία δίνονται παρακάτω.

$$LCL = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{e - \lambda}}$$

$$CL = \mu_0$$

$$UCL = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{e - \lambda}}$$

Σημαντικό είναι επίσης να αναφέρουμε πως στα διαγράμματα τύπου EWMA λόγω του ότι απεικονίζονται σε αυτά σημεία που αποτελούν σταθμισμένο μέσο όρο όλων των προηγούμενων παρατηρήσεων, είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στην παραβίαση της υπόθεσης της κανονικότητας των αρχικών παρατηρήσεων. Έτσι λοιπόν αποτελούν τα πλέον κατάλληλα διαγράμματα για την παρακολούθηση διεργασιών μέσω μεμονωμένων παρατηρήσεων έναντι των αντίστοιχων διαγραμμάτων ελέγχου Shewhart.

Παράδειγμα

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε τις παρακάτω μετρήσεις γλυκόζης

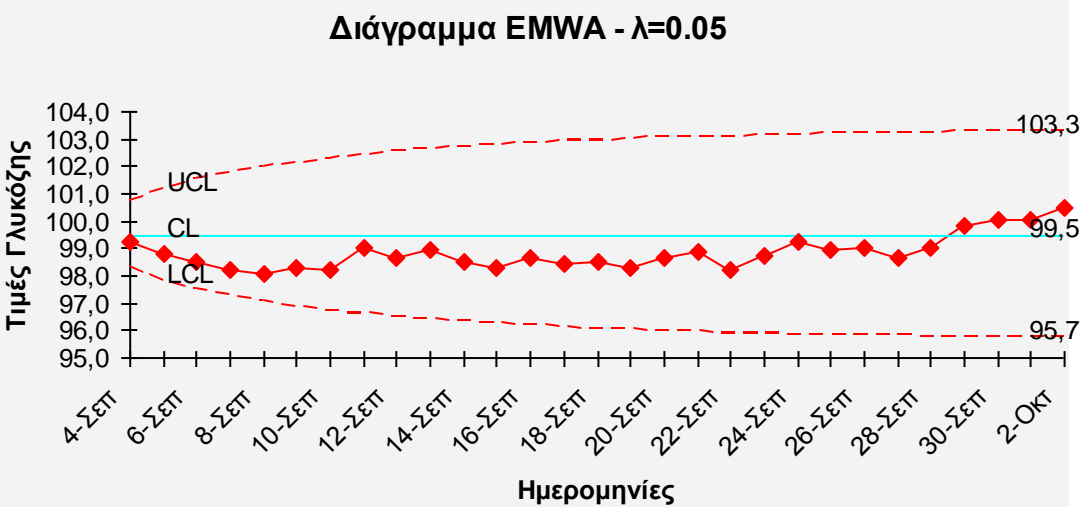
Α/Α	Ημερομηνίες	Τιμές ελέγχου γλυκόζης
1	4-Σεπ	94,5
2	5-Σεπ	91
3	6-Σεπ	92,9
4	7-Σεπ	93
5	8-Σεπ	95
6	9-Σεπ	101,8
7	10-Σεπ	97
8	11-Σεπ	114,6
9	12-Σεπ	92
10	13-Σεπ	103,4
11	14-Σεπ	90,3
12	15-Σεπ	95
13	16-Σεπ	105,1
14	17-Σεπ	94
15	18-Σεπ	100,8
16	19-Σεπ	93,7
17	20-Σεπ	106,2
18	21-Σεπ	103,1
19	22-Σεπ	85,2
20	23-Σεπ	108,4
21	24-Σεπ	109
22	25-Σεπ	93,3

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

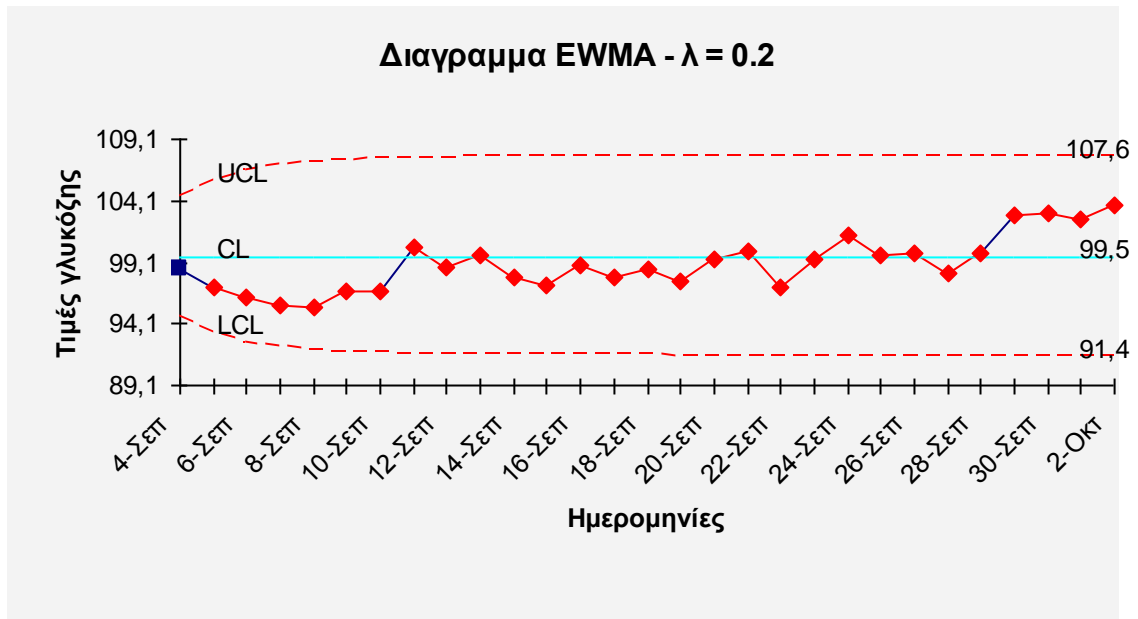
23	26-Σεπ	100
24	27-Σεπ	92
25	28-Σεπ	106
26	29-Σεπ	115
27	30-Σεπ	103,8
28	1-Οκτ	101
29	2-Οκτ	108

Πίνακας 5 Δεδομένα για την κατασκευή Διαγράμματος EMWA

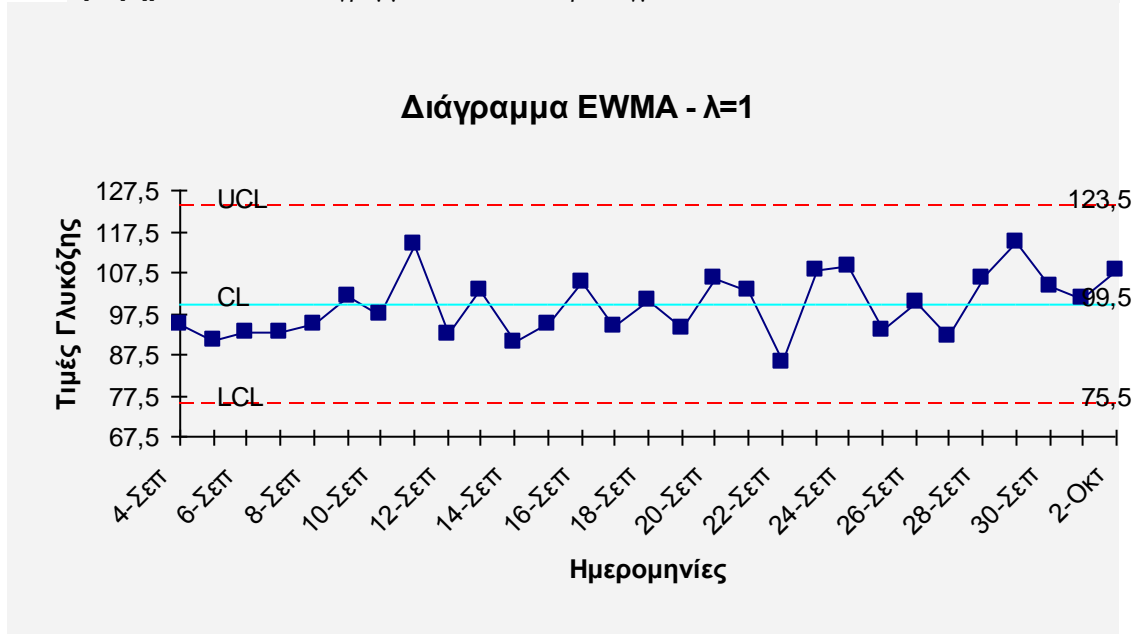
Για τους υπολογισμούς των UCL και LCL χρησιμοποιήθηκαν διαδοχικά τρεις διαφορετικοί συντελεστές βαρύτητας: $\lambda=0,05$ (Διάγραμμα 19), $\lambda=0,2$ (Διάγραμμα 20) και $\lambda=1$ (Διάγραμμα 21) .



Γράφημα 4. Διάγραμμα EMWA – Παράδειγμα 1



Γράφημα 5. Διάγραμμα EWMA – Παράδειγμα 2



Γράφημα 6. Διάγραμμα EWMA – Παράδειγμα 3

Παρατηρείται ότι όσο μεγαλύτερο είναι το λ τόσο πιο γρήγορα σταθεροποιούνται τα όρια UCL και LCL. Έτσι όταν $\lambda=0,05$, τα UCL και LCL παραμένουν εκθετικά σε όλες τις τιμές. Αντίθετα όταν $\lambda=0,2$ τα UCL και LCL σταθεροποιούνται γρήγορα στην 8^η τιμή ενώ όταν $\lambda=1$ τα UCL και LCL έχουν πάντα σταθερές τιμές

5.5 Διαγράμματα ελέγχου ιδιοτήτων

Τα διαγράμματα ελέγχου ιδιοτήτων χρησιμοποιούνται όταν τα δεδομένα μας δεν αφορούν μετρήσιμες μονάδες αλλά ποσότητες με δυο πιθανά αποτελέσματα της μορφής ναι ή όχι. Το χαρακτηριστικό της ποιότητας που μας ενδιαφέρει είναι είτε οι ελαττωματικές μονάδες, είτε τα ελαττώματα μιας μονάδας. Το μέγεθος του δείγματος μπορεί να είναι σταθερό ή και να μεταβάλλεται από δείγμα σε δείγμα. Για να χαρακτηρίσουμε ένα προϊόν ως ελαττωματικό ή μη συμμορφούμενο θα πρέπει τουλάχιστον ένα ποιοτικό χαρακτηριστικό του να βρίσκεται εκτός των ορίων προδιαγραφών, τότε και λέμε ότι το προϊόν αυτό παρουσιάζει τουλάχιστον ένα ελάττωμα. Συνεπώς μπορούμε να πούμε ότι ελαττωματικές χαρακτηρίζονται οι μονάδες που θεωρούνται εντελώς αποτυχημένες, δηλαδή δεν καλύπτουν τις προϋποθέσεις λόγω παρουσίας ελαττωμάτων, ενώ ελαττώματα είναι οι ατέλειες ή τα μη συμμορφούμενα χαρακτηριστικά τα οποία προκαλούν δυσλειτουργία στις μονάδες και τις εμποδίζουν να προσαρμοστούν στις προδιαγραφές. Τέλος αναφέρουμε πως μια μονάδα μπορεί να παρουσιάσει πολλά ελαττώματα και μάλιστα όχι του ίδιου τύπου.

5.5.1 Διαγράμματα Ελέγχου p και np

Το ποιοτικό χαρακτηριστικό που μας ενδιαφέρει στα p και np διαγράμματα ελέγχου είναι αντίστοιχα το ποσοστό και ο αριθμός των ελαττωματικών προϊόντων. Λέγοντας ποσοστό προϊόντων εννοούμε το πηλίκο του αριθμού των ελαττωματικών προϊόντων προς το συνολικό αριθμό των παραγόμενων προϊόντων. Για το σχεδιασμό των διαγραμμάτων αρχικά επιλέγονται m προκαταρκτικά δείγματα ισομεγέθη ή μη. Πρακτικά τα δείγματα της παραγωγής δεν μπορεί να είναι τα ίδια κάθε μέρα διότι επηρεάζει και ο παράγοντας κόστος κατά τον οποίο μπορεί το μέγεθος του δείγματος μπορεί να μειωθεί για οικονομικούς λόγους ή αντίστοιχα λόγω του ότι η επιθεώρηση των προϊόντων δεν είναι δαπανηρή μπορεί ή διοίκηση να αυξήσει το μέγεθος του δείγματος. Ας υποθέσουμε ότι το ποσοστό των ελαττωματικών προϊόντων μιας παραγωγικής διαδικασίας είναι p και ότι επιλέγουμε m ανεξάρτητα τυχαία δείγματα με μεγέθη n_1, n_2, \dots, n_m αντίστοιχα. Θα συμβολίσουμε με $X_{ij}, i \geq 1, 1 \leq j \leq n_j$ την τυχαία μεταβλητή με τιμές 1 και 0 ανάλογα με το αν το j προϊόν του i δείγματος είναι ελαττωματικό ή όχι. Για την μεταβλητή X_{ij} έχουμε ότι $X_{ij} \sim B(1, p)$ ενώ για

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

την $X_i = X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{in_i}, 1 \leq i \leq m$ που δηλώνει τον αριθμό των ελαττωματικών προϊόντων στο i δείγμα έχουμε ότι $X_i \sim B(n_i, p)$. Επομένως τα όρια ελέγχου του p και np διαγράμματος ελέγχου είναι

Όρια ελέγχου διαγράμματος p

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

$$CL_p = \bar{p}$$

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

Όρια ελέγχου διαγράμματος np

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

$$CL_{np} = n\bar{p}$$

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

Παράδειγμα

Σε μια βιομηχανία συσκευασίας ζάχαρης επιλέχθηκαν από την παραγωγή μιας συγκεκριμένη μηχανής ανά μισή ώρα 30 δείγματα μεγέθους $n = 50$ συσκευασιών (cans) το καθένα και καταγράφηκε ο αριθμός των ελαττωματικών συσκευασιών (διαρροή ζάχαρης) σε κάθε δείγμα. Τα αποτελέσματα της επιθεώρησης των δειγμάτων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Δείγμα	X_i	p_i	Δείγμα	X_i	p_i
1	12	0,24	16	8	0,16
2	15	0,3	17	10	0,2
3	8	0,16	18	5	0,1
4	10	0,2	19	13	0,26
5	4	0,08	20	11	0,22
6	7	0,14	21	20	0,4
7	16	0,32	22	18	0,36
8	9	0,18	23	24	0,48
9	14	0,28	24	15	0,3
10	10	0,2	25	9	0,18
11	5	0,1	26	12	0,24
12	6	0,12	27	7	0,14
13	17	0,34	28	13	0,26
14	12	0,24	29	9	0,18

15	22	0,44	30	6	0,12
----	----	------	----	---	------

Πίνακας 6 Δεδομένα για την κατασκευή διαγράμματος P

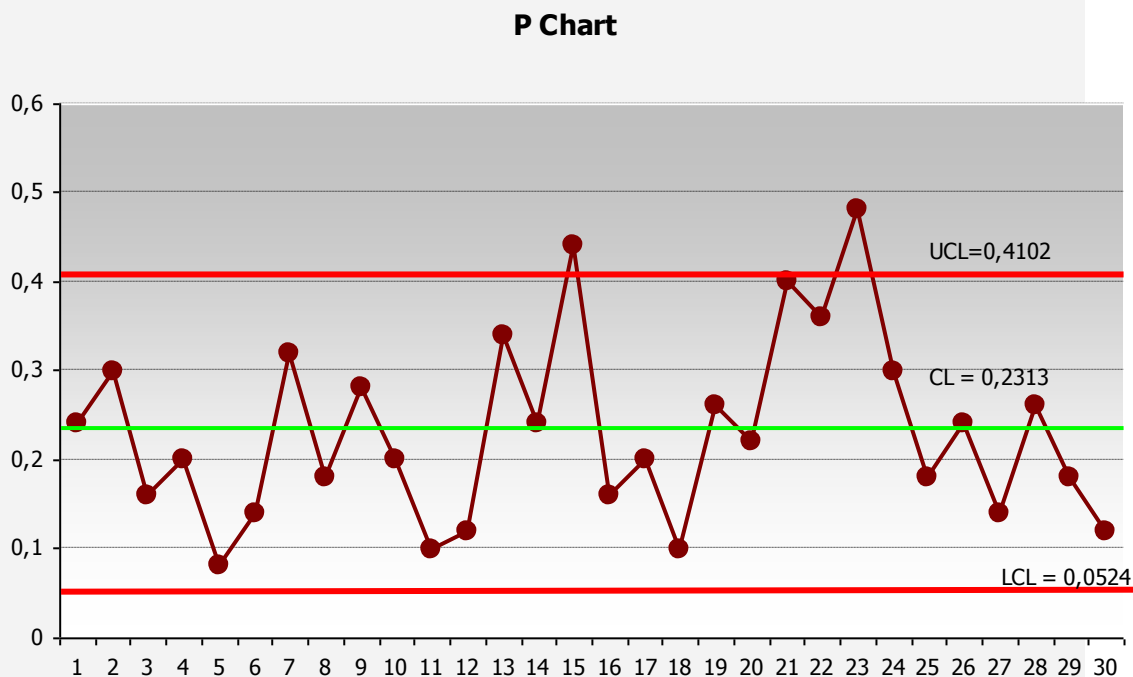
Από τον πίνακα προκύπτει ότι για $m = 30, n = 50, \bar{p} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{30}}{nm} = 0,231333$. Τα όρια ελέγχου σύμφωνα με τις σχέσεις

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

$$CL_p = \bar{p}$$

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

Υπολογίζονται ίσα με $UCL = 0.410239$, $CL = 0.231333$, $LCL = 0.052428$ και το αντίστοιχο διάγραμμα έχει ως εξής:



Γράφημα 7. Διάγραμμα P – Παράδειγμα

Από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ότι υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι το ποσοστό των ελαττωματικών συσκευασιών είναι εκτός στατιστικού ελέγχου λόγω των σημείων 15 και 23 που βρίσκονται πάνω από το άνω όριο ελέγχου.

5.5.2 Διαγράμματα ελέγχου c

Το ποιοτικό χαρακτηριστικό που μας ενδιαφέρει στα c διαγράμματα είναι ο συνολικός αριθμός των ελαττωμάτων σε μια μονάδα επιθεώρησης. Η βασική υπόθεση είναι ότι ο συνολικός αριθμός των ελαττωμάτων μιας μονάδας ακολουθεί την κατανομή Poisson και σύμφωνα με αυτήν την υπόθεση, η πιθανότητα εμφάνισης ελαττώματος σε οποιοδήποτε σημείο μιας μονάδας θα πρέπει να είναι πολύ μικρή. Έτσι ο αριθμός X των ελαττωμάτων που εμφανίζονται σε μια μονάδα επιθεώρησης ακολουθεί την κατανομή Poisson με παράμετρο c . Δηλαδή $X \sim P(c)$. Έτσι λοιπόν μπορούμε να αναπτύξουμε ένα διάγραμμα ελέγχου για την παρακολούθηση του αριθμού των ελαττωμάτων των μονάδων, στο οποίο θα απεικονίζεται η στατιστική συνάρτηση $X_i, i \geq 1$ όπου δηλώνει τον αριθμό των ελαττωμάτων στην i μονάδα επιθεώρησης. Τα όρια ελέγχου δίνονται από τον παρακάτω πίνακα

Όρια Ελέγχου c

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

$$CL_p = \bar{c}$$

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

Παράδειγμα

Έστω ότι τα ακόλουθα δεδομένα είναι ο αριθμός ελαττωμάτων σε 30 δείγματα που αποτελούνται από 100 αντικείμενα το καθένα.

Δείγματα 1-30					
12	12	16	8	15	23
10	18	10	13	16	15
18	16	8	14	15	16
13	11	16	21	18	13
26	17	17	12	14	20

Πίνακας 7 Δεδομένα για την κατασκευή διαγράμματος C

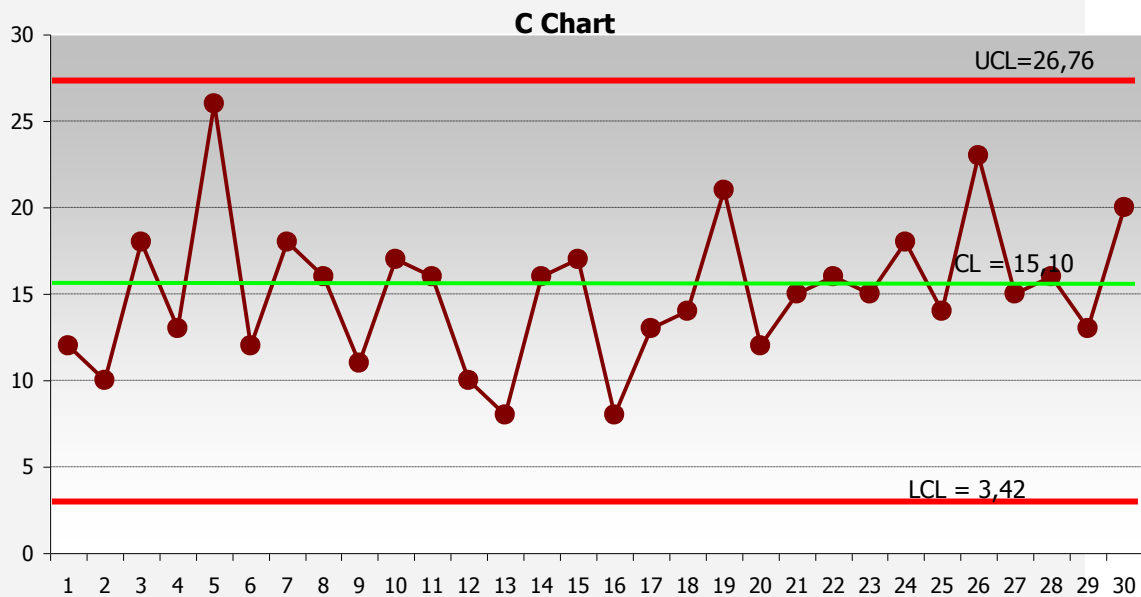
Ο συνολικός αριθμός των ελαττωμάτων είναι 453. Για να εκτιμήσουμε το

c χρησιμοποιούμε τον τύπο $\bar{c} = \frac{453}{30} = 15,1$. Άρα τα όρια ελέγχου είναι

$$LCL_p = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 3,442$$

$$CL_p = \bar{c} = 15,1$$

$$UCL_p = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 26,757$$



Γράφημα 8. Διάγραμμα C – Παράδειγμα

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα όλα τα σημεία είναι εντός ορίων ελέγχου.

5.5.3 Διάγραμμα ελέγχου u

Το ποιοτικό χαρακτηριστικό που μας ενδιαφέρει στα u διαγράμματα είναι η αναλογία των ελαττωματικών ανά δείγμα, ή αλλιώς το μέσο αριθμό των ελαττωμάτων ανά μονάδα επιθεώρησης σε κάθε δείγμα. Η βασική υπόθεση που θα κάνουμε είναι ότι ο αριθμός X των ελαττωμάτων σε μια μονάδα επιθεώρησης ακολουθεί την κατανομή Poisson με παράμετρο c . Η βασική διαφορά με το c διάγραμμα ελέγχου είναι ότι στα u διαγράμματα ελέγχου μπορούμε να έχουμε δείγματα μεγέθους μεγαλύτερου της μιας μονάδας επιθεώρησης. Υποθέτοντας ότι από την παραγωγή επιλέγουμε m ανεξάρτητα τυχαία δείγματα με μεγέθη n_1, n_2, \dots, n_m μονάδες επιθεώρησης αντίστοιχα. Συμβολίζοντας με $X_{ij}, i \geq 1, 1 \leq j \leq n_j$ την τυχαία μεταβλητή που δηλώνει τον αριθμό των ελαττωμάτων της j μονάδας επιθεώρησης στο i δείγμα. Για την τυχαία μεταβλητή X_{ij} έχουμε ότι $X_{ij} \sim P(c)$ ενώ για την $X_i = X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{in_i}, 1 \leq i \leq m$ που δηλώνει τον αριθμό των ελαττωμάτων στο i δείγμα έχουμε ότι $X_i \sim P(n_i, c)$ συνεπώς μπορούμε να αναπτύξουμε ένα διάγραμμα

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

ελέγχου για την παρακολούθηση του μέσου αριθμού των ελαττωμάτων ανά μονάδα επιθεώρησης σε κάθε δείγμα. Τα όρια ελέγχου του διαγράμματος ελέγχου απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Όρια Ελέγχου u διαγράμματος

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

$$CL_u = \bar{u}$$

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

Παράδειγμα

Στον ακόλουθο πίνακα δίνεται ο αριθμός των ελαττωμάτων που βρέθηκαν σε $m = 20$ τυχαία δείγματα που το καθένα αποτελείται από $n = 5$ μονάδες επιθεώρησης σε μια βιομηχανία παραγωγής Η/Υ (η μονάδα επιθεώρησης είναι ένας Η/Υ).

Δείγμα	Μέγεθος Δείγματος (n)	Συνολικός Αριθμός Ελαττωμάτων X_i	Μέσος Αριθμός Ελαττωμάτων U_i
1	5	10	2,0
2	5	12	2,4
3	5	8	1,6
4	5	14	2,8
5	5	10	2,0
6	5	16	3,2
7	5	11	2,2
8	5	7	1,4
9	5	10	2,0
10	5	15	3,0
11	5	9	1,8
12	5	5	1,0
13	5	7	1,4
14	5	11	2,2
15	5	12	2,4
16	5	6	1,2
17	5	8	1,6
18	5	10	2,0
19	5	7	1,4
20	5	5	1,0
Σύνολο	100	193	38,6

Πίνακας 8 Δεδομένα για την κατασκευή διαγράμματος U

Από τον πίνακα προκύπτει ότι $\bar{U} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_m}{mn} = \frac{193}{20 \times 5} = 1,93$. Άρα με βάση

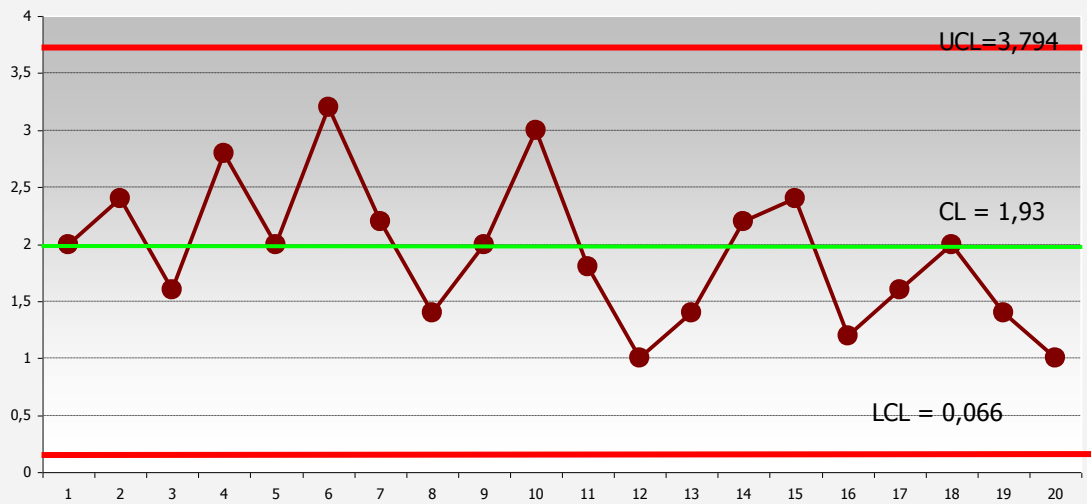
τους τύπους

$$LCL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 0,066$$

$$CL_u = \bar{u} = 1,93$$

$$UCL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 3,794$$

U Chart



Γράφημα 9.

Διάγραμμα U – Παράδειγμα

Βιβλιογραφία

- Αντζουλάκος Δημήτριος (2003). Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας, Πανεπιστημιακές
- Αντζουλάκος Δημήτριος (2006). Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις για το αντίστοιχο μάθημα του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης.
- Γραφανάκης Δημήτριος (2000). Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας, ΕΑΠ, Πάτρα.
- Δαμιανού Χαράλαμπος (1996). Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας και Αξιοπιστία, Εκδόσεις Συμμετρία.
- Καφφές Δημήτριος (2005). Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις για το αντίστοιχο μάθημα του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης
- Παπαργύρης Αθανάσιος (2000). Δειγματοληψία, ΕΑΠ, Πάτρα.
- Ταγαράς Γιώργος (2001). Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας, Εκδόσεις Ζήτη.
- M. Jeya Chandra (2001). Statistical Quality Control, CRC Press.
- Eugene, L. Grant & Richard S. Leavenworth (1999). Statistical Quality Control, McGraw Hill
- Hans-Joachim Mittag & Horst Rinne (1993). Statistical Methods for Quality Assurance, Chapman & Hall.
- Douglas C. Montgomery (2005). Introduction to Statistical Quality Control, Fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- Thomas P. Ryan (2000). Statistical Methods for Quality Improvement, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- Donald J. Wheeler & David S. Chambers (1992). Understanding Statistical Process Control, Second Edition, SPC Press.