

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

## Στατιστικός έλεγχος ποιότητας

Πριν από τη μελέτη του παρόντος κεφαλαίου, θα πρέπει να γνωρίζετε ή, εφόσον το κρίνετε απαραίτητο, να κάνετε μια ανασκόπηση στα ακόλουθα θέματα:

1. Η ποιότητα ως ανταγωνιστική προτεραιότητα (κεφάλαιο 2)
2. Οι έννοιες της διοίκησης ολικής ποιότητας (κεφάλαιο 5).

## Επισκόπηση κεφαλαίου

Όλοι αγοράσαμε κάποια στιγμή ένα προϊόν για το οποίο ανακαλύψαμε άμεσα ότι έχει κάποιο ελάττωμα ή δεν λειτουργεί με τον ενδεδειγμένο τρόπο. Το προϊόν αυτό μπορεί να είναι μια τσάντα με χαλασμένο φερμουάρ ή ένας δυσλειτουργικός εκτυπωτής. Πολλοί από εμάς έχουμε ιδρώσει για να συναρμολογήσουμε ένα προϊόν για το οποίο ο κατασκευαστής δήλωνε ότι θα απαιτούσε μόνο «ελάχιστη» συναρμολόγηση, για να ανακαλύψουμε απλώς ότι λείπει κάποιο εξάρτημα του προϊόντος ή είναι ελαττωματικό. Ως καταναλωτές, αναμένουμε ότι τα προϊόντα που αγοράζουμε θα έχουν την ενδεδειγμένη λειτουργία. Ωστόσο, οι παραγωγοί και οι κατασκευαστές των προϊόντων γνωρίζουν ότι δεν είναι πάντα δυνατή η επιθεώρηση κάθε προϊόντος και κάθε πτυχής της διαδικασίας παραγωγής ανά πάσα στιγμή. Ως εκ τούτου, είναι δύσκολος ο σχεδιασμός μεθόδων που μεγιστοποιούν την ικανότητα παρακολούθησης της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων και εξάλειψης των ελαττωμάτων τους.

Μία μέθοδος διασφάλισης της ποιότητας των προϊόντων είναι η ανάπτυξη ποιοτικών διαδικασιών. Ας εξετάσουμε την περίπτωση της Steinway & Sons, κατασκευάστριας πιάνων που χρησιμοποιούνται σε συναυλιακούς χώρους ανά τον κόσμο. Η εταιρεία Steinway κατασκευάζει πιάνα από τη δεκαετία του 1880. Έκτοτε, η διαδικασία παραγωγής της εταιρείας δεν έχει αλλάξει σημαντικά. Η εταιρεία χρειάζεται εννέα με δώδεκα μήνες για την παραγωγή ενός πιάνου, διαμορφώνοντας περίπου 12.000 χειροποίητα εξαρτήματα, μετρώντας και συναρμολογώντας προσεκτικά κάθε μέρος της διαδικασίας. Παρόλο που πολλοί ανταγωνιστές της Steinway έχουν ακολουθήσει τη μαζική παραγωγή, όπου ένα πιάνο μπορεί να συναρμολογηθεί μέσα σε 20 ημέρες, η Steinway έχει διατηρήσει μια στρατηγική

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. Έννοια του στατιστικού ελέγχου ποιότητας
2. Πηγές διακύμανσης: Κοινές ή προσδιορισμένες αιτίες
3. Περιγραφική στατιστική
4. Στατιστικές μέθοδοι ελέγχου διαδικασίας (διεργασίας)
5. Διαγράμματα ελέγχου μεταβλητών
6. Διαγράμματα ελέγχου ιδιοτήτων
7. Ικανότητα διαδικασίας (διεργασίας)
8. Ποιότητα Έξι Σίγμα
9. Δειγματοληψία αποδοχής
10. Επιπτώσεις για τους μάντζερ
11. Στατιστικός έλεγχος ποιότητας στον τομέα των υπηρεσιών

## ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Μετά τη μελέτη του παρόντος κεφαλαίου θα πρέπει να είστε σε θέση να:

1. Περιγράψετε τις κατηγορίες στατιστικού ελέγχου ποιότητας.
2. Αναγνωρίσετε και να περιγράψετε τις αιτίες διακύμανσης.
3. Εξηγήσετε τη χρήση της περιγραφικής στατιστικής στη μέτρηση των χαρακτηριστικών ποιότητας.
4. Περιγράψετε τη χρήση των διαγραμμάτων ελέγχου.
5. Αναγνωρίσετε τις διαφορές μεταξύ  $\bar{x}$ -bar και R-διαγραμμάτων.
6. Αναγνωρίσετε τις διαφορές μεταξύ διαγραμμάτων  $p$  και  $c$ .
7. Εξηγήσετε τη σημασία της ικανότητας διαδικασίας και του δείκτη ικανότητας διαδικασίας.
8. Εξηγήσετε την έννοια των Έξι Σίγμα.
9. Εξηγήσετε τη διαδικασία της δειγματοληψίας αποδοχής και να περιγράψετε τη χρήση των καμπυλών λειτουργικού χαρακτηριστικού (ROC).
10. Αναγνωρίσετε τις αποφάσεις τις οποίες θα πρέπει να λάβουν οι μάντζερ κατά την εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου διαδικασίας.
11. Περιγράψετε τις συναφείς προκλήσεις κατά τη μέτρηση της ποιότητας στους οργανισμούς παροχής υπηρεσιών.

ποιότητας η οποία ορίζεται από την έννοια της δεξιότητας και της δεξιοτεχνίας. Η διαδικασία παραγωγής της Steinway εστιάζει στη σχολαστική ακρίβεια της διαδικασίας και στην άκρως υψηλή συνέπεια του προϊόντος. Αυτό συνετέλεσε στη δημιουργία ενός ονόματος συνώνυμου της ανώτερης ποιότητας.

## Η έννοια του στατιστικού ελέγχου ποιότητας

### ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΣ ΣΤΟΧΟΣ

Περιγραφή των κατηγοριών στατιστικού ελέγχου ποιότητας.

**ΜΚΤ** Στο κεφάλαιο 5 μάθαμε πως η διοίκηση ολικής ποιότητας αναφέρεται στην οργανωσιακή ποιότητα από διαχειριστικής και φιλοσοφικής άποψης. Η ΔΟΛ εστιάζει στα πρότυπα ποιότητας τα οποία ορίζει ο πελάτης, στη διοικητική ηγεσία, τη συνεχιζόμενη βελτίωση, την ποιότητα που ενσωματώνεται στον σχεδιασμό προϊόντος και διαδικασίας αναγνωρίζοντας τα προβλήματα ποιότητας στην πηγή, και θέτει την ποιότητα ως ευθύνη όλων. Ωστόσο, δεν αρκεί απλώς να αναλύουμε τα προβλήματα ποιότητας. Έχουμε ανάγκη από συγκεκριμένα εργαλεία τα οποία

**Στατιστικός έλεγχος ποιότητας** Η γενική κατηγορία στατιστικών εργαλείων που χρησιμοποιείται στην αξιολόγηση της ποιότητας του οργανισμού.

**Περιγραφική στατιστική** Στατιστική η οποία χρησιμοποιείται για την περιγραφή χαρακτηριστικών και σχέσεων ποιότητας.

**Στατιστικός έλεγχος διαδικασίας** Στατιστικό εργαλείο το οποίο περιλαμβάνει την επιθεώρηση τυχαίου δείγματος προϊόντος από μια διαδικασία και την απόφαση του εάν η διαδικασία παράγει προϊόντα με χαρακτηριστικά που εμπίπτουν σε μια προκαθορισμένη κλίμακα.

**Δειγματοληψία αποδοχής** Η διαδικασία τυχαίας επιθεώρησης (ελέγχου) δείγματος προϊόντων και η απόφαση περί της αποδοχής της συνολικής παρτίδας βάσει των αποτελεσμάτων.

μπορούν να μας βοηθήσουν να λάβουμε τις σωστές αποφάσεις που αφορούν στην ποιότητα. Αυτά τα εργαλεία προέρχονται από το πεδίο της στατιστικής και χρησιμοποιούνται προκειμένου να συμβάλουν στην αναγνώριση των προβλημάτων ποιότητας στη διαδικασία παραγωγής, καθώς και στο ίδιο το προϊόν.

Ο **στατιστικός έλεγχος ποιότητας** είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα σύνολο στατιστικών εργαλείων τα οποία χρησιμοποιούν επαγγελματίες ποιότητας. Ο στατιστικός έλεγχος ποιότητας μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις ευρείες κατηγορίες:

- 1. Η περιγραφική στατιστική** χρησιμοποιείται για την περιγραφή χαρακτηριστικών και σχέσεων ποιότητας. Περιλαμβάνει στατιστικά στοιχεία όπως ο μέσος, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και η κατανομή δεδομένων.
- 2. Ο στατιστικός έλεγχος διαδικασίας (ΣΕΔ)** περιλαμβάνει την επιθεώρηση τυχαίου δείγματος προϊόντος από μια διαδικασία και την απόφαση περί του εάν η διαδικασία παράγει προϊόντα με χαρακτηριστικά τα οποία εμπίπτουν σε ένα προκαθορισμένο και αποδεκτό εύρος. Ο ΣΕΔ απαντά στο ερώτημα του εάν η διαδικασία λειτουργεί κανονικά.
- 3. Η δειγματοληψία αποδοχής** είναι η διαδικασία τυχαίου ελέγχου δείγματος προϊόντων και η απόφαση για το εάν θα γίνει αποδεκτή η συνολική παρτίδα βάσει αποτελεσμάτων. Η δειγματοληψία αποδοχής καθορίζει εάν η παρτίδα προϊόντων θα πρέπει να γίνει αποδεκτή ή να απορριφθεί.

Τα εργαλεία κάθε κατηγορίας παρέχουν διαφορετικά είδη πληροφοριών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την ανάλυση ποιότητας. Η περιγραφική στατιστική χρησιμοποιείται για να περιγράψει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ποιότητας, όπως η κεντρική τάση και η ποικιλομορφία των παρατηρούμενων δεδομένων. Παρόλο που οι περιγραφές συγκεκριμένων χαρακτηριστικών είναι βοηθητικές, δεν επαρκούν για να αξιολογήσουμε σωστά εάν υπάρχει πρόβλημα με την ποιότητα. Η δειγματοληψία αποδοχής μπορεί να μας βοηθήσει σε αυτό, καθώς είναι χρήσιμη στη λήψη απόφασης για το αν η επιθυμητή ποιότητα έχει επιτευχθεί για μια παρτίδα προϊόντων και αν τελικά θα αποδεχθούμε ή θα απορρίψουμε τα προϊόντα που έχουν παραχθεί. Όμως, παρόλο που οι συγκεκριμένες πληροφορίες είναι βοηθητικές για τη λήψη μιας απόφασης για την αποδοχή (ή όχι) μιας παρτίδας προϊόντων με βάση την ποιότητα μετά την παραγωγή τους, δεν είναι βοηθητική στην αναγνώριση και στον εντοπισμό του προβλήματος ποιότητας κατά τη διαδικασία παραγωγής. Για αυτό, χρειαζόμαστε εργαλεία στην κατηγορία του στατιστικού ελέγχου διαδικασίας.

Και οι τρεις κατηγορίες στατιστικού ελέγχου ποιότητας είναι βοηθητικές στη μέτρηση και αξιολόγηση της ποιότητας προϊόντων και υπηρεσιών. Ωστόσο, τα εργαλεία του στατιστικού ελέγχου ποιότητας χρησιμοποιούνται συχνότερα διότι αναγνωρίζουν τα προβλήματα ποιότητας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής. Για αυτό τον λόγο, θα αφιερώσουμε το μεγαλύτερο μέρος του κεφαλαίου σε αυτή την κατηγορία εργαλείων. Τα εργαλεία

ελέγχου ποιότητας τα οποία θα μάθουμε δεν μετρούν απλώς την τιμή ενός χαρακτηριστικού ποιότητας, αλλά μας βοηθούν να αναγνωρίσουμε την αλλαγή ή τη διακύμανση σε κάποιο χαρακτηριστικό του προϊόντος ή της διαδικασίας. Καταρχήν, θα εξετάσουμε τα είδη διακύμανσης τα οποία μπορούμε να παρατηρήσουμε κατά τη μέτρηση της ποιότητας. Στη συνέχεια, θα μπορέσουμε να αναγνωρίσουμε τα συγκεκριμένα εργαλεία τα οποία θα χρησιμοποιήσουμε για τη μέτρηση της εν λόγω διακύμανσης.

Η διακύμανση στη διαδικασία παραγωγής οδηγεί στην παραγωγή ελαττωματικών προϊόντων, ή προϊόντων με ελαφρώς διαφορετικά χαρακτηριστικά. Η Intel Corporation, η μεγαλύτερη και πλέον επικερδής κατασκευάστρια μικροεπεξεργαστών στον κόσμο, το αντιλαμβάνεται απολύτως. Συνεπώς, η Intel έχει εφαρμόσει το πρόγραμμα «αντιγραφής ακριβείας» σε όλες τις μονάδες παραγωγής της. Η ιδέα είναι ότι, ανεξαρτήτως του εάν τα τσιπ κατασκευάζονται στην Αριζόνα, το Νέο Μεξικό, την Ιρλανδία ή οποιαδήποτε από τις άλλες μονάδες της, κατασκευάζονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Αυτό σημαίνει ότι χρησιμοποιεί τον ίδιο εξοπλισμό, τα ίδια ακριβώς υλικά και εκτελεί τις ίδιες εργασίες με την ίδια ακριβώς σειρά. Το επίπεδο λεπτομέρειας το οποίο ακολουθεί η έννοια «αντιγραφής ακριβείας» είναι σχολαστικό. Όταν, για παράδειγμα, διαπιστώθηκε πως ένα μηχάνημα παραγωγής chip βρέθηκε πως ήταν μερικά εκατοστά μεγαλύτερο σε μια μονάδα από ό,τι σε μια άλλη, η Intel τα τροποποίησε ώστε να είναι ίδια. Όταν η ποιότητα του νερού βρέθηκε πως ήταν διαφορετική σε μια μονάδα, η Intel θέσπισε ένα σύστημα καθαρισμού του νερού για να εξαλείψει τυχόν διαφορές. Ακόμη και όταν διαπιστώθηκε πως ένας εργαζόμενος γυάλιζε τον εξοπλισμό προς μία κατεύθυνση, του ζητήθηκε να το κάνει κατά το εγκεκριμένο κυκλικό μοτίβο. Για ποιο λόγο προκύπτει αυτού του είδους η προσήλωση στην ακρίβεια; Ο λόγος είναι η ελαχιστοποίηση κάθε διακύμανσης. Τώρα, ας εξετάσουμε τα διαφορετικά είδη διακύμανσης.



Intel  
www.intel.com

## Πηγές διακύμανσης: Κοινές και προσδιορίσιμες αιτίες

### ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΣ ΣΤΟΧΟΣ

Αναγνώριση και περιγραφή αιτιών διακύμανσης.

Εάν παρατηρήσετε τα μπουκάλια αναψυκτικών σε ένα σούπερ μάρκετ, θα προσέξετε ότι κανένα μπουκάλι δεν έχει την ίδια ακριβώς ποσότητα αναψυκτικού. Κάποια έχουν ελαφρώς περισσότερη και άλλα ελαφρώς μικρότερη ποσότητα. Ομοίως, εάν παρατηρήσετε τα μάφιν βατόμουρου σε έναν φούρνο, θα παρατηρήσετε ότι κάποια είναι ελαφρώς μεγαλύτερα από κάποια άλλα και ορισμένα έχουν περισσότερα βατόμουρα από άλλα. Αυτά τα είδη διαφορών είναι απολύτως φυσιολογικά. Κανένα ζεύγος προϊόντων δεν είναι ακριβώς ίδιο λόγω των ελάχιστων διαφορών σε υλικά, εργαζομένους, μηχανές, εργαλεία και άλλους παράγοντες. Αυτά ονομάζονται **κοινές** ή τυχαίες **αιτίες διακύμανσης**. Οι κοινές αιτίες διακύμανσης βασίζονται σε τυχαίες αιτίες τις οποίες δεν μπορούμε να αναγνωρίσουμε. Αυτά τα είδη διακύμανσης είναι αναπόφευκτα και οφείλονται σε ελάχιστες διαφορές στην επεξεργασία.

**Κοινές αιτίες διακύμανσης** Τυχαίες αιτίες που δεν μπορούν να εντοπιστούν.

Μια σημαντική εργασία στον έλεγχο ποιότητας είναι ο υπολογισμός του εύρους της φυσιολογικής τυχαίας διακύμανσης σε μια διαδικασία. Για παράδειγμα, εάν το μέσο μπουκάλι αναψυκτικού Cocoa Fizz περιέχει 16 ουγγιές αναψυκτικού, μπορούμε να προσδιορίσουμε ότι η ποσότητα της φυσιολογικής διακύμανσης είναι μεταξύ 15,8 και 16,2 ουγγιών. Σε αυτή την περίπτωση, θα παρακολουθήσουμε τη διαδικασία παραγωγής για να διασφαλίσουμε ότι η ποσότητα παραμένει εντός του συγκεκριμένου εύρους. Εάν η παραγωγή ξεπεράσει αυτό το εύρος, δηλαδή τα μπουκάλια περιέχουν κατά μέσο όρο 15,6 ουγγιές, αυτό θα μας οδηγήσει στο να πιστέψουμε ότι υπάρχει πρόβλημα με τη διαδικασία λόγω του ότι η διακύμανση είναι μεγαλύτερη από τη φυσική τυχαία διακύμανση.

Το δεύτερο είδος διακύμανσης που ενίοτε παρατηρείται περιλαμβάνει τις περιπτώσεις όπου οι αιτίες μπορούν να αναγνωριστούν και να εξαλειφθούν με ακρίβεια. Ονομάζονται **προσδιορίσιμες αιτίες διακύμανσης**. Παραδείγματα αυτού του είδους διακύμανσης αποτελούν η χαμηλή ποιότητα πρώτων υλών, ένας εργαζόμενος ο οποίος χρειάζεται επιπλέον εξάσκηση, ή ένα μηχάνημα το οποίο χρειάζεται επισκευή. Σε καθένα από αυτά τα παραδείγματα, το πρόβλημα μπορεί να αναγνωριστεί και να διορθωθεί. Εάν η διακύμανση επιμεινεί, θα εξακολουθήσει να δημιουργεί πρόβλημα στην ποιότητα του προϊόντος. Στο παράδειγμα της λειτουργίας εμφιάλωσης αναψυκτικών, τα μπουκάλια που περιέχουν με 15,6 ουγγιές αναψυκτικού σηματοδοτούν την ύπαρξη προβλήματος. Το μηχάνημα ίσως χρειάζεται επαναρύθμιση, γεγονός που συνιστά προσδιορίσιμη την αιτία διακύμανσης.

**Προσδιορίσιμες αιτίες** διακύμανσης. Αιτίες οι οποίες μπορούν να εντοπιστούν και να εξαλειφθούν.

# ΔΕΙΓΜΑ ΠΡΙΝ ΤΙΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ

230 / ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ

Μπορούμε να προσδιορίσουμε τη διακύμανση σε μια συγκεκριμένη αιτία (το μηχάνημα χρειάζεται επαναρύθμιση) και μπορούμε να διορθώσουμε το πρόβλημα (επαναρύθμιση του μηχανήματος).

## Περιγραφική στατιστική

### ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΣ ΣΤΟΧΟΣ

Επεξήγηση της χρήσης της περιγραφικής στατιστικής στη μέτρηση των χαρακτηριστικών ποιότητας.

Η περιγραφική στατιστική μπορεί να συμβάλλει στην περιγραφή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Τα πλέον σημαντικά στοιχεία περιγραφικής στατιστικής είναι τα μέτρα κεντρικής τάσης, π.χ. ο μέσος, τα μέτρα μεταβλητότητας, π.χ. η τυπική απόκλιση και το εύρος και τα μέτρα κατανομής δεδομένων. Καταρχήν, εξετάζουμε τα συγκεκριμένα στοιχεία περιγραφικής στατιστικής και στη συνέχεια διερευνούμε τον τρόπο χρήσης τους με σκοπό τη μέτρηση των αλλαγών στα χαρακτηριστικά προϊόντος και διαδικασίας.

**Μέσος (μέσος όρος)** Στατιστικό στοιχείο το οποίο μετρά την κεντρική τάση ενός συνόλου δεδομένων.

### Ο μέσος

Στο παράδειγμα εμφιάλωσης αναψυκτικών, δηλώσαμε ότι το μέσο μπουκάλι γεμίζει με 16 ουγγιές αναψυκτικού. Ο αριθμητικός μέσος όρος, ή **μέσος**, αποτελεί στατιστικό στοιχείο το οποίο μετρά την κεντρική τάση ενός συνόλου δεδομένων. Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε το κεντρικό σημείο ενός συνόλου δεδομένων. Απλώς αναλογιστείτε πόσο σημαντικός είναι αυτός ο αριθμός όταν λαμβάνετε τα αποτελέσματα εξετάσεων!

Για τον υπολογισμό του μέσου, απλώς αθροίζουμε όλες τις παρατηρήσεις και διαιρούμε με τον συνολικό αριθμό των παρατηρήσεων. Η εξίσωση υπολογισμού του μέσου είναι

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Όπου

$\bar{x}$  = ο μέσος

$x_i$  = παρατήρηση  $i$ ,  $i = 1, \dots, n$

$n$  = αριθμός παρατηρήσεων

### Εύρος και τυπική απόκλιση

Στο παράδειγμα της εμφιάλωσης, δηλώσαμε επίσης ότι η ποσότητα της φυσικής διακύμανσης στη διαδικασία εμφιάλωσης είναι ανάμεσα στις 15,8 και τις 16,2 ουγγιές. Οι συγκεκριμένες πληροφορίες μάς παρέχουν την ποσότητα μεταβλητότητας των δεδομένων. Μας αναφέρουν πόσο διασκορπισμένα είναι τα δεδομένα γύρω από τον μέσο. Υπάρχουν δύο μέτρα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιορίσουν το μέγεθος διακύμανσης στα δεδομένα. Το πρώτο μέτρο είναι το **εύρος**, το οποίο συνιστά τη διαφορά μεταξύ των μεγαλύτερων και των μικρότερων παρατηρήσεων. Στο παράδειγμά μας, το εύρος της φυσικής διακύμανσης είναι 0,4 ουγγιές.

**Εύρος** Η διαφορά μεταξύ των μεγαλύτερων και των μικρότερων παρατηρήσεων σε ένα σύνολο δεδομένων.

**Τυπική απόκλιση** Στατιστικό στοιχείο το οποίο μετρά την ποσότητα διασποράς των δεδομένων γύρω από τον μέσο.

Ένα άλλο μέτρο της διακύμανσης είναι η **τυπική απόκλιση**. Η εξίσωση για τον υπολογισμό της τυπικής απόκλισης είναι

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

Όπου

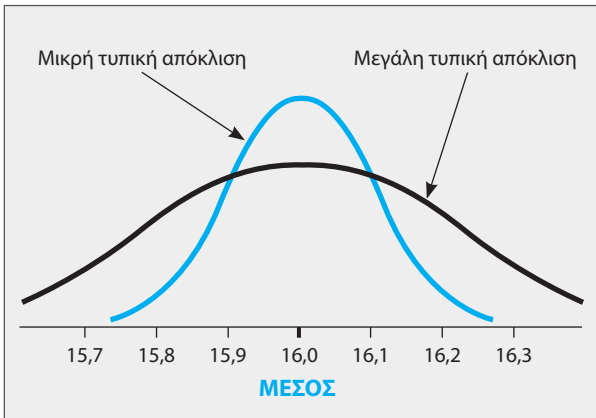
$\sigma$  = τυπική απόκλιση του δείγματος

$\bar{x}$  = ο μέσος

$x_i$  = παρατήρηση  $i$ ,  $i = 1, \dots, n$

$n$  = αριθμός παρατηρήσεων





**ΣΧΗΜΑ 6.1** Κανονικές κατανομές με ποικίλες τυπικές αποκλίσεις



**ΣΧΗΜΑ 6.2** Διαφορές μεταξύ συμμετρικών και ασύμμετρων κατανομών

Οι μικρές τιμές εύρους και τυπικής απόκλισης σημαίνουν ότι οι παρατηρήσεις δημιουργούν μια στενά συνδεδεμένη συστοιχία γύρω από τον μέσο. Οι μεγάλες τιμές εύρους και τυπικής απόκλισης σημαίνουν ότι οι παρατηρήσεις διαχέονται γύρω από τον μέσο. Το **Σχήμα 6.1** απεικονίζει τις διαφορές μεταξύ μιας μικρής και μιας μεγάλης τυπικής απόκλισης κατά την εμφιάλωση. Μπορείτε να διαπιστώσετε ότι η εικόνα αποτυπώνει δύο κατανομές, και οι δύο με μέσο τις 16 ουγγιές. Ωστόσο, στην πρώτη κατανομή, η τυπική απόκλιση είναι μεγάλη και τα δεδομένα διαχέονται σε μεγάλη απόσταση γύρω από τον μέσο. Στη δεύτερη κατανομή, η τυπική απόκλιση είναι μικρή και τα δεδομένα δημιουργούν μια συστοιχία κοντά στον μέσο.

## Κατανομή δεδομένων

Το τρίτο στοιχείο περιγραφικής στατιστικής το οποίο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση χαρακτηριστικών ποιότητας είναι η μορφή της κατανομής των παρατηρούμενων δεδομένων. Όταν η κατανομή είναι συμμετρική, υπάρχει ο ίδιος αριθμός παρατηρήσεων κάτω και πάνω από τον μέσο. Αυτό εντοπίζεται συνήθως όταν σημειώνεται κανονική διακύμανση στα δεδομένα. Όταν δυσανάλογος αριθμός παρατηρήσεων είναι είτε πάνω είτε κάτω από τον μέσο, θεωρούμε ότι τα δεδομένα έχουν ασύμμετρη κατανομή. Το **Σχήμα 6.2** αποτυπώνει τις συμμετρικές και τις ασύμμετρες κατανομές για τη διαδικασία εμφιάλωσης.

## Μέθοδοι στατιστικού ελέγχου διαδικασίας

### ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΣ ΣΤΟΧΟΣ

Περιγραφή της χρήσης διαγραμμάτων ελέγχου.

Οι μέθοδοι στατιστικού ελέγχου διαδικασίας χρησιμοποιούν την περιγραφική στατιστική για να παρακολουθήσουν την ποιότητα προϊόντος και διαδικασίας. Όπως έχουμε μάθει μέχρι στιγμής, υπάρχουν κοινές και προσδιορίσιμες αιτίες διακύμανσης στην παραγωγή κάθε προϊόντος. Χρησιμοποιώντας τον στατιστικό έλεγχο διαδικασίας, θέλουμε να προσδιορίσουμε την ποσότητα διακύμανσης που είναι κοινή ή κανονική. Στη συνέχεια, παρακολουθούμε τη διαδικασία παραγωγής για να βεβαιωθούμε ότι η παραγωγή παραμένει εντός κανονικού εύρους. Αυτό σημαίνει ότι θέλουμε να διασφαλίσουμε πως η διαδικασία βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου. Το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο εργαλείο παρακολούθησης της διαδικασίας παραγωγής είναι το διάγραμμα ελέγχου. Διαφορετικά είδη διαγραμμάτων ελέγχου χρησιμοποιούνται προκειμένου να παρακολουθήσουν διαφορετικές πτυχές της διαδικασίας παραγωγής. Σε αυτή την ενότητα θα μάθουμε τον τρόπο ανάπτυξης και χρήσης των διαγραμμάτων ελέγχου.

# ΔΕΙΓΜΑ ΠΡΙΝ ΤΙΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ

## Ανάπτυξη διαγραμμάτων ελέγχου

Το διάγραμμα ελέγχου (που επίσης ονομάζεται διάγραμμα ελέγχου διαδικασίας ή διάγραμμα ελέγχου ποιότητας) είναι γράφημα το οποίο δείχνει εάν ένα δείγμα δεδομένων εμπίπτει στο κοινό ή στο κανονικό εύρος διακύμανσης.

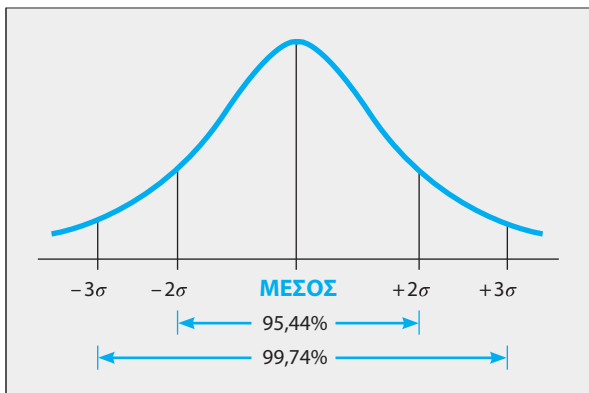
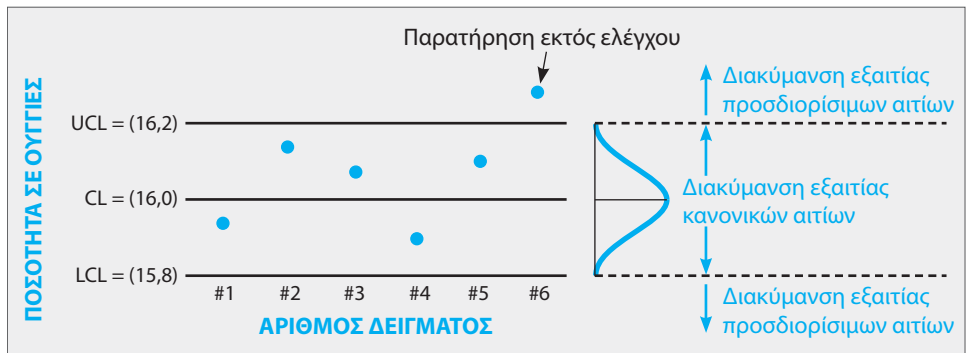
**Εκτός ελέγχου** Η κατάσταση στην οποία το διάγραμμα δεδομένων βρίσκεται εκτός προκαθορισμένων ορίων ελέγχου.

Το διάγραμμα ελέγχου έχει άνω και κάτω όρια ελέγχου τα οποία διαχωρίζουν τις κοινές από τις προσδιορισμένες αιτίες διακύμανσης. Το κοινό εύρος διακύμανσης προσδιορίζεται από τη χρήση των ορίων διαγράμματος ελέγχου. Θεωρούμε ότι μια διαδικασία βρίσκεται πέραν του ελέγχου όταν ένα διάγραμμα δεδομένων αποκαλύπτει ότι ένα ή περισσότερα δείγματα βρίσκονται **εκτός ορίων ελέγχου**.

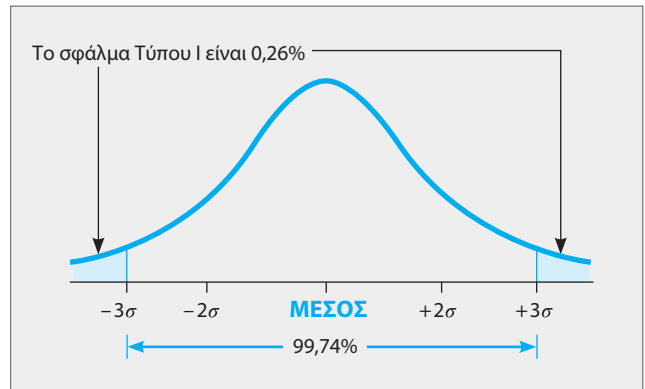
Το **Σχήμα 6.3** παρουσιάζει ένα διάγραμμα ελέγχου για τη λειτουργία εμφιάλωσης Coca Fizz. Ο άξονας x αναπαριστά τα δείγματα (#1, #2, #3 κ.λπ.) τα οποία έχουν ληφθεί από τη διαδικασία μέσα σε μια συγκεκριμένη περίοδο. Ο άξονας y αναπαριστά το χαρακτηριστικό ποιότητας υπό παρακολούθηση (συγγιές αναψυκτικού). Η κεντρική γραμμή (center line, CL) του διαγράμματος ελέγχου είναι ο μέσος ή ο μέσος όρος του χαρακτηριστικού ποιότητας που μετράμε. Στο Σχήμα 6.3 ο μέσος είναι 16 συγγιές. Το ανώτατο όριο ελέγχου (upper control limit, UCL) είναι η μέγιστη αποδεκτή διακύμανση από τον μέσο για μια διαδικασία η οποία βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου. Ομοίως, το κατώτατο όριο ελέγχου (lower control limit, LCL) είναι η ελάχιστη αποδεκτή διακύμανση από τον μέσο για μια διαδικασία η οποία βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου. Στο παράδειγμά μας, τα άνω και κάτω όρια ελέγχου είναι 16,2 και 15,8 συγγιές αντίστοιχα. Μπορείτε να διαπιστώσετε ότι, εάν ένα δείγμα παρατηρήσεων βρίσκεται εκτός των ορίων ελέγχου, θα πρέπει να αναζητήσουμε τις προσδιορίσιμες αιτίες.

Τα άνω και κάτω όρια ελέγχου επί του διαγράμματος ελέγχου συνήθως ορίζονται στις  $\pm 3$  τυπικές αποκλίσεις από τον μέσο. Εάν υποθέσουμε ότι τα δεδομένα επιδεικνύουν κανονική κατανομή, τα συγκεκριμένα όρια ελέγχου θα συλλάβουν το 99,74% της κανονικής διακύμανσης. Τα όρια ελέγχου μπορούν να οριστούν σε  $\pm 2$  τυπικές αποκλίσεις από τον μέσο. Σε αυτή την περίπτωση, τα όρια ελέγχου θα συλλάβουν 95,44% των τιμών. Το **Σχήμα 6.4** δείχνει το ποσοστό των τιμών που εμπίπτουν σε ένα συγκεκριμένο εύρος τυπικής απόκλισης.

**ΣΧΗΜΑ 6.3** Διάγραμμα ελέγχου ποιότητας για την Coca Fizz



**ΣΧΗΜΑ 6.4** Πιθανότητα σφάλματος Τύπου I για  $\pm 3\sigma$  (τυπικές αποκλίσεις Σίγμα)



**ΣΧΗΜΑ 6.5** Ποσοστό τιμών που αντλείται από διαφορετικό εύρος τυπικής απόκλισης

Εξετάζοντας το Σχήμα 6.4 μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι παρατηρήσεις που βρίσκονται εκτός του προ-καθορισμένου εύρους αναπαριστούν προσδιορισίμες αιτίες διακύμανσης. Ωστόσο, υπάρχει μια μικρή πιθανότητα η τιμή που βρίσκεται εκτός ορίων να εξακολουθεί να προκύπτει εξαιτίας κανονικής διακύμανσης. Αυτό ονομάζεται σφάλμα Τύπου I, με το σφάλμα να συνιστά την ευκαιρία να συμπεράνουμε ότι υπάρχουν προσδιορισίμες αιτίες διακύμανσης όταν υπάρχει μόνο κανονική διακύμανση. Ένα άλλο όνομα για αυτό είναι ο κίνδυνος άλφα ( $\alpha$ ), όπου το άλφα αναφέρεται στο σύνολο των πιθανοτήτων και στις δύο πλευρές της κατανομής οι οποίες βρίσκονται εκτός των ορίων εμπιστοσύνης. Η πιθανότητα για να γίνει κάτι τέτοιο ορίζεται από το ποσοστό ή την πιθανότητα που αναπαριστούν οι σκιασμένες περιοχές του **Σχήματος 6.5**. Για τα όρια τυπικής απόκλισης  $\pm 3$  από τον μέσο, η πιθανότητα σφάλματος Τύπου I είναι 0,26% (100%-99,74%), ενώ για τα όρια τυπικής απόκλισης  $\pm 2$  είναι 4,56% (100%-95,44%).

## Είδη διαγραμμάτων ελέγχου

Τα διαγράμματα ελέγχου είναι ένα από τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα εργαλεία του στατιστικού ελέγχου διαδικασίας. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μετρήσουν οποιοδήποτε χαρακτηριστικό προϊόντος, όπως το βάρος ενός κουτιού δημητριακών, τον αριθμό των σοκολατών σε ένα κουτί ή την ποσότητα εμφιαλωμένου νερού. Τα διαφορετικά χαρακτηριστικά που μετριοούνται από τα διαγράμματα ελέγχου διαχωρίζονται σε δύο ομάδες: τις **μεταβλητές** και τις **ιδιότητες**. Το διάγραμμα ελέγχου μεταβλητών χρησιμοποιείται για να παρακολουθήσει χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να μετρηθούν και σημειώνουν ένα συνεχές τιμών, όπως το ύψος, το βάρος ή ο όγκος. Η λειτουργία εμφιάλωσης αναψυκτικών αποτελεί ένα παράδειγμα μέτρησης μεταβλητών, καθώς η ποσότητα του αναψυκτικού στα μπουκάλια μπορεί να μετρηθεί και να αποκτήσει αρκετές διαφορετικές τιμές. Άλλα παραδείγματα αποτελούν το βάρος μιας σακούλας ζάχαρης, η θερμοκρασία του φούρνου ή η διάμετρος ενός πλαστικού σωλήνα.

**Μεταβλητή** Χαρακτηριστικό προϊόντος το οποίο μπορεί να μετρηθεί και εμφανίζει συνεχές τιμών (π.χ. ύψος, βάρος ή ποσότητα).

**Ιδιότητα** Χαρακτηριστικό προϊόντος το οποίο εμφανίζει μια διακριτή τιμή και απαριθμείται.

Το διάγραμμα ελέγχου ιδιοτήτων, από την άλλη, χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση χαρακτηριστικών που έχουν διακριτές τιμές και είναι μετρήσιμες. Συχνά μπορούν να αξιολογηθούν με μια απλή απόφαση ναι ή όχι. Παραδείγματα περιλαμβάνουν το χρώμα, τη γεύση ή την όσφρηση. Η παρακολούθηση ιδιοτήτων συνήθως απαιτεί λιγότερο χρόνο από ό,τι για τις μεταβλητές, λόγω του ότι μια μεταβλητή χρειάζεται να μετρηθεί (π.χ. το μπουκάλι αναψυκτικού περιέχει 15,9 ουγγιές). Μια ιδιότητα απαιτεί μόνο μια μεμονωμένη απόφαση, όπως ναι ή όχι, καλό ή κακό, αποδεκτό ή μη αποδεκτό (π.χ. το μήλο είναι καλό ή σάπιο, το κρέας είναι καλό ή χαλασμένο, τα παπούτσια έχουν ή δεν έχουν ελάττωμα, η λάμπα δουλεύει ή όχι), ή μετρά τον αριθμό των ελαττωμάτων (π.χ. ο αριθμός των σπασμένων μπισκότων στο κουτί, ο αριθμός των βαθουλωμάτων στο αυτοκίνητο, ο αριθμός πεταλίδων στον πάτο μιας βάρκας).

Ο στατιστικός έλεγχος διαδικασίας χρησιμοποιείται για να παρακολουθήσει πολλά διαφορετικά είδη μεταβλητών και ιδιοτήτων. Στις επόμενες δύο ενότητες εξετάζουμε τον τρόπο ανάπτυξης των διαγραμμάτων ελέγχου μεταβλητών και των διαγραμμάτων ελέγχου ιδιοτήτων.

## Διαγράμματα ελέγχου μεταβλητών

### ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΣ ΣΤΟΧΟΣ

Αναγνώριση των διαφορών μεταξύ  $\bar{x}$ -bar και  $R$ -διαγραμμάτων.

Τα διαγράμματα ελέγχου μεταβλητών παρακολουθούν χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να μετρηθούν σε μία συνεχόμενη κλίμακα, όπως το ύψος, το βάρος, η ποσότητα ή το πλάτος. Όταν επιθεωρείται ένα προϊόν, η μεταβλητή που παρακολουθείται μετράται και καταγράφεται. Για παράδειγμα, εάν κατασκευάζαμε κεριά, το ύψος θα μπορούσε να είναι σημαντική μεταβλητή, οπότε θα μπορούσαμε να πάρουμε δείγματα των κεριών και να μετρήσουμε το ύψος τους. Δύο από τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα διαγράμματα ελέγχου μεταβλητών παρακολουθούν τόσο την κεντρική τάση ή το εύρος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε διάγραμμα παρακολουθεί ένα διαφορετικό είδος πληροφοριών. Όταν οι παρατηρούμενες τιμές βγαίνουν εκτός των ορίων ελέγχου, η διαδικασία θεωρείται πως δεν είναι υπό έλεγχο. Η παραγωγή σταματά και οι εργαζόμενοι επιχειρούν να αναγνωρίσουν την αιτία

# ΔΕΙΓΜΑ ΠΡΙΝ ΤΙΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ

του προβλήματος και να τη διορθώσουν. Στη συνέχεια, εξετάζουμε τον τρόπο ανάπτυξης των συγκεκριμένων διαγραμμάτων.

## Διαγράμματα μέσου (x-Bar)

**x-bar** Διάγραμμα ελέγχου το οποίο χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση αλλαγών στη μέση τιμή διαδικασίας.

Το διάγραμμα ελέγχου του μέσου συχνά αναφέρεται ως **διάγραμμα x-bar**. Χρησιμοποιείται για να παρακολουθήσει τις αλλαγές της μέσης τιμής μιας διαδικασίας. Για την κατασκευή ενός διαγράμματος μέσου, καταρχήν θα πρέπει να κατασκευάσουμε την κεντρική γραμμή του διαγράμματος. Για να γίνει αυτό, παίρνουμε πολλαπλά δείγματα και υπολογίζουμε τους μέσους τους. Συνήθως αυτά τα δείγματα είναι μικρά, με περίπου τέσσερις ή πέντε παρατηρήσεις. Κάθε δείγμα έχει τον δικό του μέσο  $\bar{x}$ . Η κεντρική γραμμή του διαγράμματος στη συνέχεια υπολογίζεται ως ο μέσος όλων των μέσων δείγματος  $k$ , όπου  $k$  είναι ο αριθμός των δειγμάτων:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k}{k}$$

Για να κατασκευάσουμε τα άνω και κάτω όρια ελέγχου του διαγράμματος, χρησιμοποιούμε τους παρακάτω τύπους:

$$\text{άνωτατο όριο ελέγχου} = \bar{\bar{x}} + z\sigma_{\bar{x}}$$

$$\text{κατώτατο όριο ελέγχου} = \bar{\bar{x}} - z\sigma_{\bar{x}}$$

Όπου

$\bar{\bar{x}}$  = ο μέσος όρος των δειγματικών μέσων

$z$  = τυπική κανονική κατανομή (2 για εμπιστοσύνη 95,44%, 3 για εμπιστοσύνη 99,74%)

$\sigma_{\bar{x}}$  = τυπική απόκλιση της κατανομής δειγματικών μέσων που υπολογίζονται ως  $\sigma/\sqrt{n}$

$\sigma$  = τυπική απόκλιση πληθυσμού (διαδικασία)

$n$  = μέγεθος δείγματος (αριθμός παρατηρήσεων ανά δείγμα)

Το παράδειγμα 6.1 αποτυπώνει την κατασκευή διαγράμματος μέσου (x-bar).

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6.1 | Κατασκευή διαγράμματος μέσου (x-bar)

Επιθεωρητής ελέγχου ποιότητας στην εταιρεία αναψυκτικών Cocoa Fizz έχει λάβει 25 δείγματα με 4 παρατηρήσεις για κάθε ποσότητα μπουκαλιών. Τα δεδομένα και οι υπολογιζόμενοι μέσοι αποτυπώνονται στον πίνακα. Εάν η τυπική απόκλιση της λειτουργίας εμφιάλωσης είναι 0,14 ουγγιές, αυτά τα στοιχεία χρησιμοποιούνται για να αναπτύξετε τα όρια ελέγχου 3 τυπικών αποκλίσεων για τη λειτουργία εμφιάλωσης.

Αριθμός Δειγμάτων	Παρατηρήσεις (ποσότητα μπουκαλιού σε ουγγιές)				Μέσος όρος $\bar{x}$	Εύρος $R$
	1	2	3	4		
1	15,85	16,02	15,83	15,93	15,91	0,19
2	16,12	16,00	15,85	16,01	15,99	0,27
3	16,00	15,91	15,94	15,83	15,92	0,17
4	16,20	15,85	15,74	15,93	15,93	0,46
5	15,74	15,86	16,21	16,10	15,98	0,47
6	15,94	16,01	16,14	16,03	16,03	0,20
7	15,75	16,21	16,01	15,86	15,96	0,46
8	15,82	15,94	16,02	15,94	15,93	0,20
9	16,04	15,98	15,83	15,98	15,96	0,21
10	15,64	15,86	15,94	15,89	15,83	0,30
11	16,11	16,00	16,01	15,82	15,99	0,29
12	15,72	15,85	16,12	16,15	15,96	0,43



# ΔΕΙΓΜΑ ΠΡΙΝ ΤΙΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ

13	15,85	15,76	15,74	15,98	15,83	0,24
14	15,73	15,84	15,96	16,10	15,91	0,37
15	16,20	16,01	16,10	15,89	16,05	0,31
16	16,12	16,08	15,83	15,94	15,99	0,29
17	16,01	15,93	15,81	15,68	15,86	0,33
18	15,78	16,04	16,11	16,12	16,01	0,34
19	15,84	15,92	16,05	16,12	15,98	0,28
20	15,92	16,09	16,12	15,93	16,02	0,20
21	16,11	16,02	16,00	15,88	16,00	0,23
22	15,98	15,82	15,89	15,89	15,90	0,16
23	16,05	15,73	15,73	15,93	15,86	0,32
24	16,01	16,01	15,89	15,86	15,94	0,15
25	16,08	15,78	15,92	15,98	15,94	0,30
Σύνολο					398,75	7,17

## Πριν από τη λύση

Πριν την ανάπτυξη των ορίων ελέγχου και την κατασκευή διαγράμματος, υπολογίστε τον μέσο και των 25 δειγμάτων. Αυτό θα αποτελεί την κεντρική γραμμή των δεδομένων ελέγχου. Στη συνέχεια, υπολογίστε τα άνω και κάτω όρια ελέγχου. Για τη συμπλήρωση του διαγράμματος ελέγχου, προσέξτε ότι ουσιαστικά δημιουργείτε το διάγραμμα δειγματικών μέσων και όχι μεμονωμένων δειγμάτων.

## Λύση

Η κεντρική γραμμή των δεδομένων ελέγχου είναι ο μέσος όρος των δειγμάτων:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{398,75}{25}$$

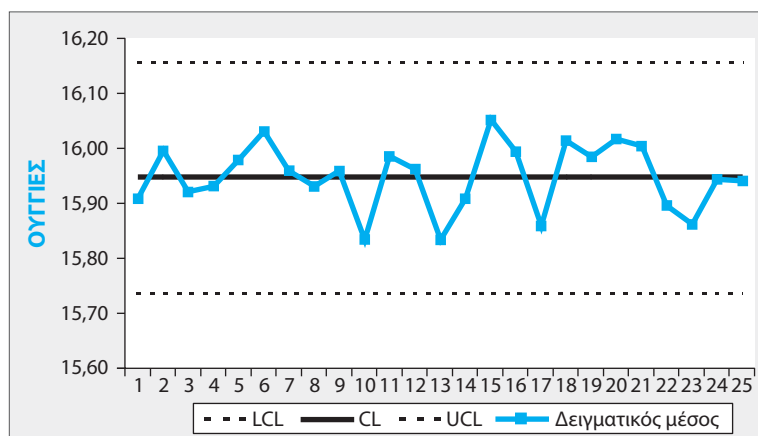
$$\bar{\bar{x}} = 15,95$$

Οι γραμμές ελέγχου είναι

$$UCL = \bar{\bar{x}} + z\sigma_{\bar{x}} = 15,95 + 3\left(\frac{0,14}{\sqrt{4}}\right) = 16,16$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - z\sigma_{\bar{x}} = 15,95 - 3\left(\frac{0,14}{\sqrt{4}}\right) = 15,74$$

Το διάγραμμα ελέγχου που προκύπτει είναι



# ΔΕΙΓΜΑ ΠΡΙΝ ΤΙΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ

Αυτό μπορεί επίσης να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας ένα φύλλο εργασίας, όπως παρακάτω.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	<b>Διάγραμμα x-Bar: Cocoa Fizz</b>						
3		F7: =ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ(B7:E7)		G7: =ΜΕΓ(B7:E7)-ΕΛΑΧ(B7:E7)			
4							
5	<b>Ποσότητα μπουκαλιών σε ουγγιές</b>						
6	Αρ. Δειγμάτων	Παρατ 1	Παρατ 2	Παρατ 3	Παρατ 4	Μέσος Όρος	Εύρος
7	1	15,85	16,02	15,83	15,93	15,91	0,19
8	2	16,12	16,00	15,85	16,01	16,00	0,27
9	3	16,00	15,91	15,94	15,83	15,92	0,17
10	4	16,20	15,85	15,74	15,93	15,93	0,46
11	5	15,74	15,86	16,21	16,10	15,98	0,47
12	6	15,94	16,01	16,14	16,03	16,03	0,20
13	7	15,75	16,21	16,01	15,86	15,96	0,46
14	8	15,82	15,94	16,02	15,94	15,93	0,20
15	9	16,04	15,98	15,83	15,98	15,96	0,21
16	10	15,64	15,86	15,94	15,89	15,83	0,30
17	11	16,11	16,00	16,01	15,82	15,99	0,29
18	12	15,72	15,85	16,12	16,15	15,96	0,43
19	13	15,85	15,76	15,74	15,98	15,83	0,24
20	14	15,73	15,84	15,96	16,10	15,91	0,37
21	15	16,20	16,01	16,10	15,89	16,05	0,31
22	16	16,12	16,08	15,83	15,94	15,99	0,29
23	17	16,01	15,93	15,81	15,68	15,86	0,33
24	18	15,78	16,04	16,11	16,12	16,01	0,34
25	19	15,84	15,92	16,05	16,12	15,98	0,28
26	20	15,92	16,09	16,12	15,93	16,02	0,20
27	21	16,11	16,02	16,00	15,88	16,00	0,23
28	22	15,98	15,82	15,89	15,89	15,90	0,16
29	23	16,05	15,73	15,73	15,93	15,86	0,32
30	24	16,01	16,01	15,89	15,86	15,94	0,15
31	25	16,08	15,78	15,92	15,98	15,94	0,30
32						15,95	0,29
33		Αριθμός Δειγμάτων		25		Xbar-bar	R-bar
34		Αριθμός Παρατηρήσεων ανά Δείγμα		4			
35		F32: =ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ(F7:F31)			G32: =ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ(G7:G31)		
36							

	A	B	C	D	E	F	G
39	<b>Υπολογισμοί για το Διάγραμμα X-Bar</b>						
40		Συνολικός Μέσος (Xbar-bar) =		15,95	D40: =F32		
41		Σίγμα για Διαδικασία =		0,14	ounces	D42: =D41/SQRT(D34)	
42		Τυπικό Σφάλμα για τον Μέσο =		0,07			
43		Z-τιμή για τα διαγράμματα ελέγχου =		3			
44					D45: =D40		
45		CL: Κεντρική Γραμμή =		15,95	D46: =D40-D43*D42		
46		LCL: Κατώτατο όριο ελέγχου =		15,74	D47: =D40+D43*D42		
47		UCL: Ανώτατο όριο ελέγχου =		16,16			

Ένας άλλος τρόπος δημιουργίας ορίων ελέγχου είναι η χρήση του εύρους δειγμάτων ως εκτίμηση της μεταβλητότητας της διαδικασίας. Θυμηθείτε ότι το εύρος συνιστά απλώς τη διαφορά μεταξύ των μεγαλύτερων και των μικρότερων τιμών του δείγματος. Το άνοιγμα του εύρους μπορεί να δώσει πληροφορίες που αφορούν στη μεταβλητότητα των δεδομένων. Σε αυτή την περίπτωση, τα όρια ελέγχου θα δομηθούν ως εξής:

$$\text{Ανώτατο όριο ελέγχου} = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R}$$

$$\text{Κατώτατο όριο ελέγχου} = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$$

Όπου

$\bar{\bar{x}}$  = μέσος όρος δειγματικών μέσων

$\bar{R}$  = μέσο εύρος δειγμάτων

$A_2$  = συντελεστής που αντλήθηκε από τον Πίνακα 6.1

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το  $A_2$  είναι ο συντελεστής ο οποίος περιλαμβάνει 3 τυπικές αποκλίσεις εύρους και εξαρτάται από το μέγεθος του υπό εξέταση δείγματος.

## Διαγράμματα εύρους (R)

Τα **διαγράμματα εύρους (R)** αποτελούν έναν άλλο τύπο διαγράμματος ελέγχου μεταβλητών. Παρόλο που τα διαγράμματα x-bar μετρούν τη μετατόπιση στην κεντρική τάση της διαδικασίας, τα διαγράμματα εύρους παρακολουθούν τη διασπορά ή τη μεταβλητότητα της διαδικασίας. Η μέθοδος ανάπτυξης και χρήσης των διαγραμμάτων R είναι ίδια με εκείνη των διαγραμμάτων x-bar. Η κεντρική γραμμή του διαγράμματος ελέγχου είναι το μέσο εύρος. Και τα άνω και κάτω όρια ελέγχου υπολογίζονται ως εξής:

**Διάγραμμα εύρους (R)** Διάγραμμα ελέγχου που παρακολουθεί τις μεταβολές της διασποράς ή της μεταβλητότητας διαδικασίας.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1** Συντελεστές των ορίων ελέγχου Τρία Σίγμα των διαγραμμάτων x και R

Μέγεθος δείγματος $n$	Συντελεστής διαγράμματος $\bar{x}$		Συντελεστής διαγράμματος R	
	$A_2$	$D_3$	$D_4$	
2	1,88	0	3,27	
3	1,02	0	2,57	
4	0,73	0	2,28	
5	0,58	0	2,11	
6	0,48	0	2,00	
7	0,42	0,08	1,92	
8	0,37	0,14	1,86	
9	0,34	0,18	1,82	
10	0,31	0,22	1,78	
11	0,29	0,26	1,74	
12	0,27	0,28	1,72	
13	0,25	0,31	1,69	
14	0,24	0,33	1,67	
15	0,22	0,35	1,65	
16	0,21	0,36	1,64	
17	0,20	0,38	1,62	
18	0,19	0,39	1,61	
19	0,19	0,40	1,60	
20	0,18	0,41	1,59	
21	0,17	0,43	1,58	
22	0,17	0,43	1,57	
23	0,16	0,44	1,56	
24	0,16	0,45	1,55	
25	0,15	0,46	1,54	

Πηγή: Συντελεστές που προσαρμόστηκαν από το Εγχειρίδιο της ASTM για την ποιότητα ελέγχου πρώτων υλών.

# ΔΕΙΓΜΑ ΠΡΙΝ ΤΙΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6.2 | Κατασκευή διαγράμματος μέσου ( $\bar{x}$ -bar) από το εύρος δείγματος

Επιθεωρητής ελέγχου ποιότητας της εταιρείας Cocoa Fizz χρησιμοποιεί τα δεδομένα του Παραδείγματος 6.1 για να αναπτύξει τα όρια ελέγχου. Εάν το μέσο εύρος ( $\bar{R}$ ) για τα 25 δείγματα είναι 0,29 ουγγιές (υπολογισμένο ως  $\frac{7,17}{25}$ ) και ο μέσος όρος ( $\bar{\bar{x}}$ ) των παρατηρήσεων είναι 15,95 ουγγιές, αναπτύξτε τα όρια ελέγχου Τρία Σίγμα για τη λειτουργία εμφιάλωσης.

### Πριν από τη λύση

Για να υπολογίσετε τα όρια ελέγχου από το εύρος δείγματος, θυμηθείτε ότι χρειάζεται να βρείτε την τιμή του συντελεστή  $A_2$  στον Πίνακα 6.1.

### Λύση

$$\bar{\bar{x}} = 15,95 \text{ ουγγιές} \quad \bar{R} = 0,29$$

Η τιμή του  $A_2$  αντλείται από τον Πίνακα 6.1. Για  $n = 4$ ,  $A_2 = 0,73$ . Αυτό οδηγεί στα παρακάτω όρια:

Το κέντρο του διαγράμματος ελέγχου = CL = 15,95 ουγγιές

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} = 15,95 + (0,73)(0,29) = 16,16$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} = 15,95 - (0,73)(0,29) = 15,74$$

$$CL = \bar{R}$$

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

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

Όπου οι τιμές των  $D_4$  και  $D_3$  λαμβάνονται από τον Πίνακα 6.1.

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6.3 | Κατασκευή διαγράμματος εύρους ( $R$ )

Ο επιθεωρητής ελέγχου ποιότητας της εταιρείας Cocoa Fizz θα ήθελε να αναπτύξει ένα διάγραμμα εύρους ( $R$ ) προκειμένου να παρακολουθήσει τη διασπορά της ποσότητας στη διαδικασία εμφιάλωσης. Αξιοποιήστε τα δεδομένα του Παραδείγματος 6.1 για να αναπτύξετε τα όρια του εύρους του δείγματος.

### Πριν από τη λύση

Για να αναπτύξετε τα όρια ελέγχου για το εύρος του δείγματος, καταρχήν υπολογίστε το μέσο εύρος και των 25 δειγμάτων. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήστε τον Πίνακα 6.1 για να αναπτύξετε τα άνω και κάτω όρια ελέγχου. Για να συμπληρώσετε το διάγραμμα ελέγχου, δημιουργήστε το διάγραμμα του εύρους του δείγματος.

### Λύση

Από τα δεδομένα του Παραδείγματος 6.1 μπορείτε να παρατηρήσετε ότι το μέσο εύρος είναι

$$\bar{R} = \frac{7,17}{25}$$

$$\bar{R} = 0,29$$

$$n = 4$$

Από τον Πίνακα 6.1 για  $n = 4$ :

$$D_4 = 2,28$$

$$D_3 = 0$$

$$UCL = D_4\bar{R} = 2,28(0,29) = 0,6612$$

$$LCL = D_3\bar{R} = 0(0,29) = 0$$