Concept of Quality Control Charts

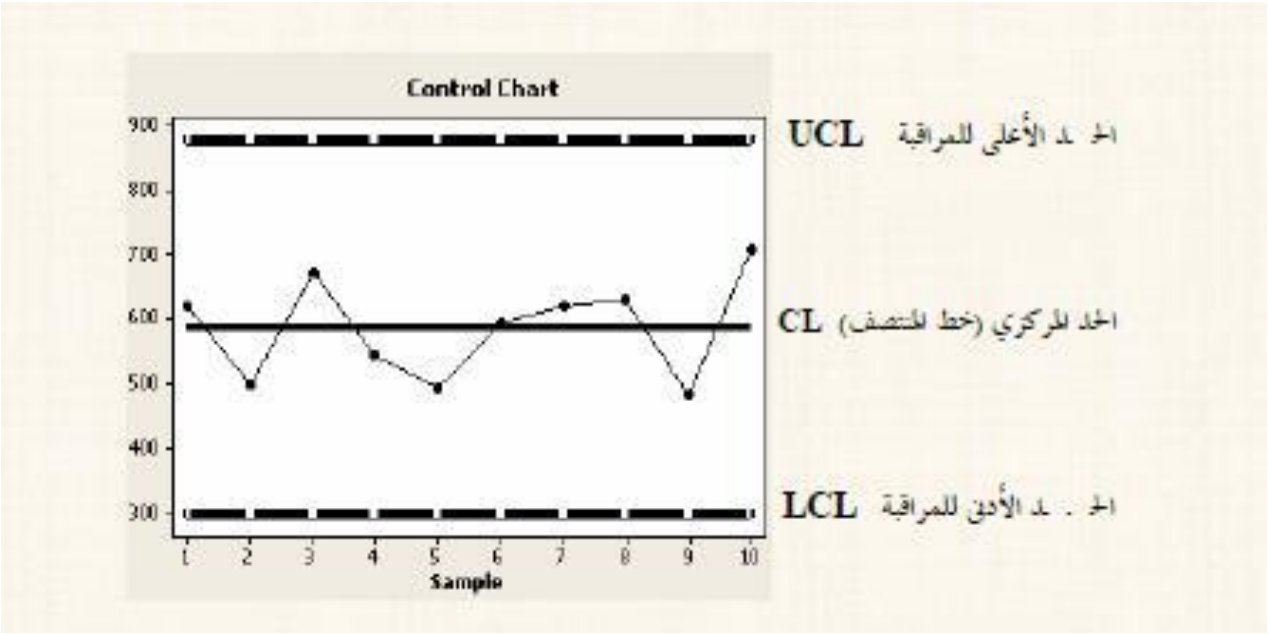
Quality Control Charts:
They are statistical tools used to monitor whether the production process conforms to predetermined specifications, detect defects and undesirable variations in performance, and identify the causes of these issues to ensure continuous improvement.
(Simple: It is like a "monitoring chart" that tells us whether production is normal or there is a problem.)

It is also defined as a graphical chart used as a decision-making tool regarding the production process at a specific production stage. The chart consists of three parallel lines: the middle line represents the average value of the quality variable, while the upper and lower lines represent the maximum and minimum values of the quality variable, which determine whether the variable is acceptable or not. This method was developed by the statistician Shewhart to monitor and improve quality.

Basic Components of a Control Chart:

1. **Central Line (CL):** Represents the optimal level of quality.
2. **Upper Control Limit (UCL):** Represents the maximum acceptable deviation above the desired level.
3. **Lower Control Limit (LCL):** Represents the minimum acceptable deviation below the desired level.

- These limits represent the statistical tolerance because, no matter how precise the production process is, variations between units are inevitable. If points fall within the control limits and are normally distributed around the central line, the process is under statistical control.
- If one or more points fall outside the control limits, there is a defect in the process, and the cause must be detected and eliminated.



اذا يمثل المحور الراسي (العامودي) القيم الخاصة بالمتغير المراد عمل لوحة مراقبة له ، أما المحور الأفقي فيمثل رقم العينة.

Importance and Uses of Control Charts:

Control charts are important statistical tools used in quality control to monitor variations in the mean, variance, or both, and to assist in making the right decisions regarding the process flow at all stages of production.

Some Uses of Control Charts:

1. **Quality Monitoring:** Collecting data on process variance and standard deviation to study and design new control charts when needed.
2. **Error Detection:** Identifying errors in the production process for correction.
3. **Production Improvement:** Suggesting the best production methods by reducing the proportion of non-conforming units.
4. **Cost Reduction:** Proposing ways to reduce inspection procedures, eventually eliminating full inspection.
5. **Decision Making:** Establishing performance evaluation indicators and incentives for workers to develop them, thereby improving the production process.

Methods of Quality Inspection

1-Full Inspection Method:

All production units are inspected. Characteristics include:

1. Expensive: Inspection is expensive.
2. Time-Consuming: Takes longer than sample inspection.
3. Highly accurate: Provides more precise information.
4. Not Suitable for Destructive Testing: Such as pharmaceuticals, concrete blocks, or weapons production.

2-Sample Inspection Method:

A sample of production units is taken, usually 10–20% of total production.
Features include:

1. Lower Cost: Cheaper inspection.
2. Less Time: Takes less time than full inspection.
3. Less Accuracy: Provides less precise information, accuracy improves if the sample is representative.
4. Suitable for Destructive Testing.

Types of Quality Control Charts:

Quality control charts can be classified based on the type of data collected:

1. Attribute Control Charts.
2. Variable Control Charts.
3. Moving Average and Weighted Control Charts.
4. Other Advanced Charts.

First: Attribute Control Charts

Used when data is **qualitative (non-numerical)**.
They classify items into two categories: acceptable or defective.

Examples: Product is good or defective, pass or fail.

Most important types:

- P-Chart: Proportion of defective units
- C-Chart: Number of defects per unit
- U-Chart: Average number of defects

Second: Variable Control Charts

Used when data is **quantitative (measurable)** such as:

- Length
- Weight
- Temperature
- Time

 These measurable characteristics are called **variables**.

Control charts for variables are important because any significant change in the process mean or range indicates a change in the process itself.

Common Types:

1. Mean Chart ($\bar{X}$ Chart)
2. Standard Deviation Chart
3. Range Chart

Mean Chart ($\bar{X}$ Chart)

When constructing a mean chart for a specific production process, a number of samples are taken, with each sample containing one unit.

There are three cases:

1-If both the arithmetic mean and the standard deviation are known.

2-If the arithmetic mean is unknown and the standard deviation is known.

3-If both the arithmetic mean and standard deviation are unknown

أ) في حالة معلومية كل من: الوسط الحسابي للمجتمع (μ)، الانحراف المعياري للمجتمع (σ): هنا يتم حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة كما يلي:

$$UCL = \mu + \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

$$CL = \mu$$

$$LCL = \mu - \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

2) في حالة أن يكون الوسط الحسابي للمجتمع (μ) مجهول، ولكن الانحراف المعياري للمجتمع (σ) معلوم: في هذه الحالة نستبدل (μ) بـ ($\bar{\bar{X}}$)، ويتم حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة كما يلي:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

$$CL = \overline{\overline{X}}$$

$$LCL = \overline{\overline{X}} - \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

حيث $\overline{\overline{X}}$: المتوسط العام.

3) أما في حالة أن يكون الانحراف المعياري للمجتمع (σ) غير معلوم:

فهنالك ثلاث حالات او بدائل وهي

البديل الأول: استخدام (R- bar)

يتم حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة كما يلي:

$$UCL = \mu + (A_2\ \overline{R})$$

$$CL = \mu$$

$$LCL = \mu - (A_2\ \overline{R})$$

حيث:

($\overline{R}$) : تمثل متوسط الأمدية = [مدى العينة الأولى + مدى العينة الثانية + ... + مدى العينة (K)] ÷ عدد العينات (K) .

A_2 : قيمة يتم إستخراجها من جدول خاص لمعالم خرائط المراقبة.

البديل الثاني: إستخدام (S - bar)

يتم حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة كما يلي:

$$UCL = \mu + \left(\frac{3\,\bar{s}}{\sqrt{n}}\right)$$

$$CL = \mu$$

$$LCL = \mu - \left(\frac{3\,\bar{s}}{\sqrt{n}}\right)$$

حيث :

$\bar{s}$: متوسط الانحرافات المعيارية للعينات [الانحراف المعياري للعينة الأولى + الانحراف المعياري للعينة الثانية + ... + الانحراف المعياري للعينة (K) ÷ عدد العينات (K)].

البديل الثالث: الانحراف المعياري المشترك (التجميعي)

Pooled Standard Deviation

يتم حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة كما يلي:

$$UCL = \mu + \left(\frac{3\,(S)\,pooled}{\sqrt{n}} \right)$$

$$CL = \mu$$

$$LCL = \mu - \left(\frac{3\,(S)\,pooled}{\sqrt{n}} \right)$$

حيث:

$(S)\,pooled$: يتم حسابها كما يلي :

$$(S)pooled = \sqrt{\frac{(n-1)\left(s_1^2 + s_2^2 + \ldots\ldots\ldots + s_k^2\right)}{K(n-1)}}$$

s_1^2 : تباين العينة الأولى .

s_2^2 : تباين العينة الثانية .

s_k^2 : تباين العينة الأخيرة.

وغنى عن البيان : أنه في حالة أن يكون متوسط المجتمع (μ) غير معلوم (في البدائل الثلاثة الأخيرة)، فإننا نستبدله بالمتوسط العام ($\overline{\overline{X}}$) .

example: A factory producing electric bulbs wants to build a production control chart for the mean $\bar{X}$ to ensure that the production process follows the quality specifications set by the factory's production management.

The production manager took 4 units daily for 10 days, i.e., k = 10, n = 4. The following table shows the lifespan of these bulbs

العينات	الوحدة ١	الوحدة ٢	الوحدة ٣	الوحدة ٤	المعدل
١	٦٥٠	٦٦٦	٦٢٠	٦٤٠	
٢	٥٣٠	٥٩٠	٥٤٠	٥٨٠	
٣	٧٦٠	٧٤٠	٧٩٠	٧٠٠	
٤	٨١٠	٨٤٠	٨١٠	٨٥٠	
٥	٣٣٠	٣٨٠	٣٦٠	٣٠٠	
٦	٤٢٠	٥٧٠	٩١٠	٢٢٠	
٧	٥٥٠	٧١٠	٥٦٠	٤٣٠	
٨	٨٣٠	٤٩٠	٦٢٠	٤٠٠	
٩	٩١٠	٥٢٠	٦٦٠	٤٨٠	
١٠	٧٦٠	٣٠٠	٦١٠	٨١٠	
المجموع					

Task: Construct a production control chart for the mean $\bar{X}$ in this factory, given that the average lifespan of the bulbs produced by this factory is 600 hours with a standard deviation of 80 hours

.

طريقة حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة التي أمامنا:

1) خط المنتصف (**CL**) : الوسط الحسابي للمجتمع يساوى (**600**).

2) الحد الأعلى للمراقبة (**UCL**) : تم حسابه كما يلي:

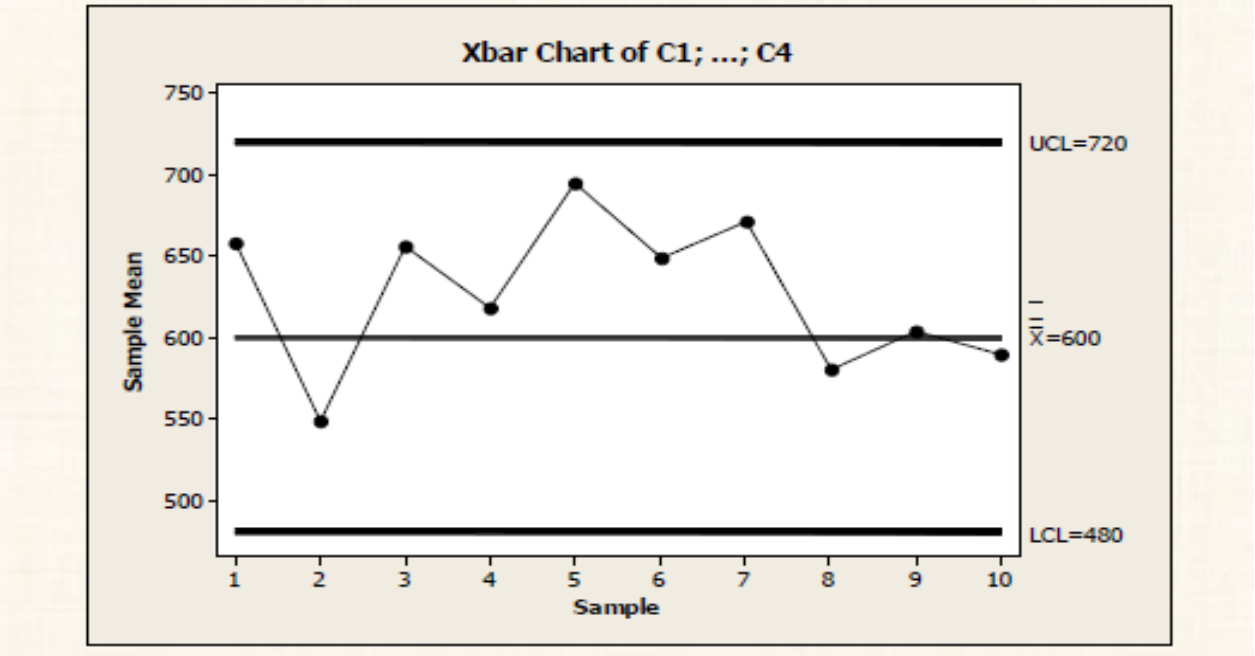
$$UCL = \mu + \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

$$= 600 + \left(\frac{3\times 80}{\sqrt{4}}\right) = 720$$

3) الحد الأدنى للمراقبة (**LCL**) : تم حسابه كما يلي:

$$LCL = \mu - \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

$$= 600 - \left(\frac{3\times 80}{\sqrt{4}}\right) = 480$$



Results Commentary:

- If no points fall below the lower control limit or above the upper control limit, the production process is running according to specifications.

Example 2:
From the previous example, assume that the population mean is unknown, while the standard deviation is 45. The task is to draw the mean control chart.

Solution:
The method for calculating the three control limits is as follows:

1. The center line equals the overall average:
   CL = $\bar{\bar{X}}$

It can be calculated in two ways:

- By summing all the values and dividing by their number: 25085 ÷ 40 = 627.1
- Or by summing the averages of the 10 samples: 6271.25 ÷ 10 = 627.12

2) الحد الأعلى للمراقبة (UCL) : تم حسابه كما يلي :

$$UCL = \bar{\bar{X}} + \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

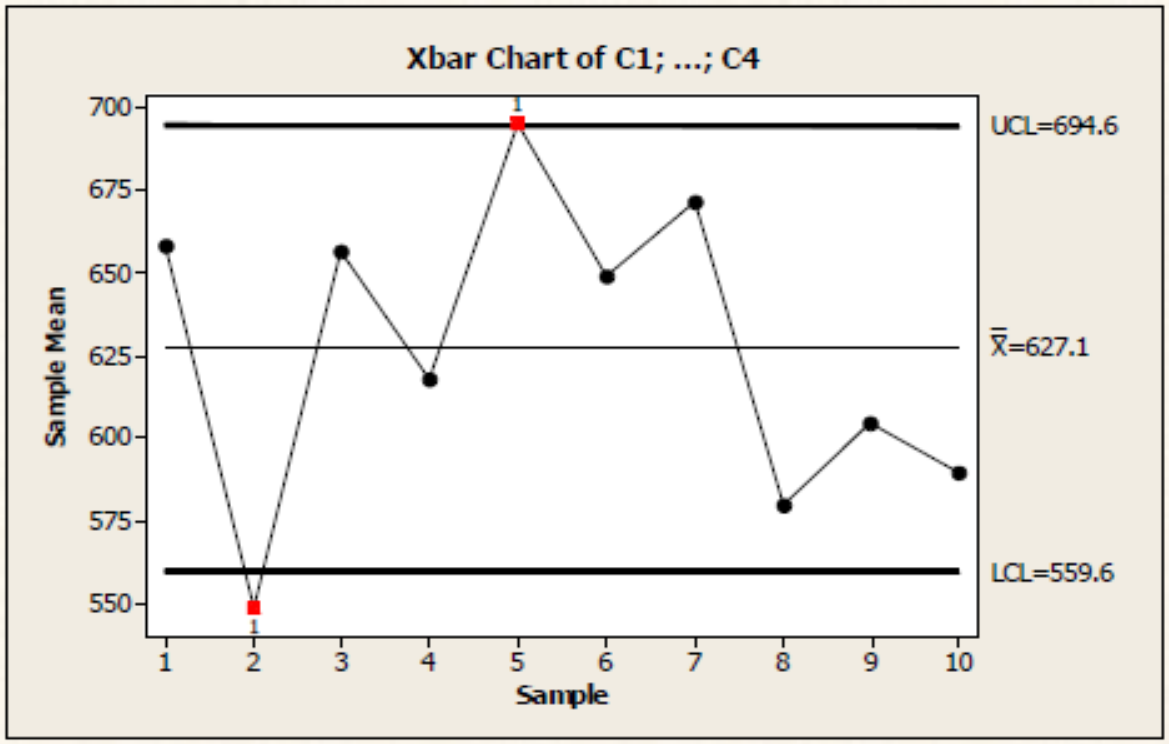
$$= 627.1 + \left(\frac{3 \times 45}{\sqrt{4}}\right) = 694.6$$

3) الحد الأدنى للمراقبة (LCL) : تم حسابه كما يلي:

$$LCL = \bar{\bar{X}} - \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

$$= 627.1 - \left(\frac{3 \times 45}{\sqrt{4}}\right) = 559.6$$

ونقوم برسم اللوحة حسب الحدود التي اوجدناها



التعليق: يلاحظ من خريطة مراقبة الجودة السابقة أن:

هناك نقطتين تقع خارج نطاق حدى المراقبة: النقطة الأولى تمثل العينة رقم (2) ، نجد أنها أقل من الحد الأدنى للمراقبة (LCL) وهى تمثل مشكلة يتعين على مدير الإنتاج تحديد سبب هذا الانحراف لتقديم العلاج المناسب. أما النقطة الثانية فهى تمثل العينة رقم (5) تمثل إنحراف إيجابى يتعين – أيضاً – دراسة أسباب هذا الانحراف ولكن بهدف تدعيمه.