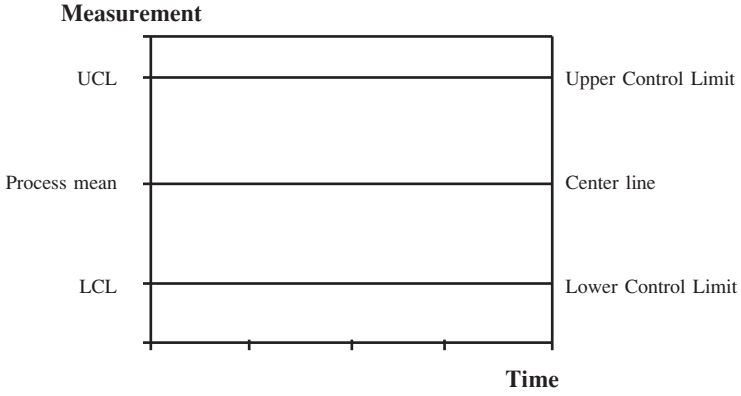
แผนภูมิควบคุม (Control Chart) ในห้องปฏิบัติการ

นีระนารถ แจ้งทอง
ปัทมา นพรัตน์

การควบคุมคุณภาพ หมายถึง การดำเนินการและกิจกรรมด้านวิชาการ (operation techniques and activities) ที่นำมาใช้เพื่อให้ตรงตามข้อกำหนดด้านคุณภาพ เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ทดสอบที่น่าเชื่อถือ ถูกต้องแม่นยำ การควบคุมคุณภาพ ประกอบด้วยการควบคุมคุณภาพภายนอก และการควบคุมคุณภาพภายใน

การควบคุมคุณภาพภายใน (Internal Quality Control, IQC) หมายถึง การดำเนินการของห้องปฏิบัติการในการเฝ้าระวังการทดสอบและผลการทดสอบให้น่าเชื่อถือก่อนรายงานผล การควบคุมคุณภาพภายในสามารถทำได้หลายวิธี และแผนภูมิควบคุมเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการควบคุมคุณภาพภายใน ผู้ทำการทดสอบสามารถนำแผนภูมินี้มาใช้ในการตรวจสอบว่าผลการวิเคราะห์ทดสอบนั้นอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ นอกจากนี้ยังทำให้สามารถทราบถึงการเปลี่ยนแปลงหรือแนวโน้มของการวิเคราะห์ทดสอบได้ เนื่องจากแผนภูมิควบคุมแสดงในรูปของกราฟ

โครงสร้างของแผนภูมิควบคุมประกอบด้วยแกน X ซึ่งเป็นเวลาหรือลำดับครั้งของการวิเคราะห์ทดสอบ ส่วนแกน Y เป็นผลการวิเคราะห์ทดสอบ โดยมีเส้นกลาง (center line) และเส้นขอบเขตควบคุมค่าสูงและค่าต่ำ (upper and lower control limits) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งการหาค่าของเส้นกลาง เส้นขอบเขตควบคุมค่าสูงและค่าต่ำ ขึ้นอยู่กับชนิดของแผนภูมิควบคุม ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป



รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของแผนภูมิควบคุม

ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุม

1. ทราบวัตถุประสงค์ของการทำแผนภูมิ

2. วางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล

3. วิเคราะห์ตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างแผนภูมิควบคุมในช่วงเวลาต่างๆ กัน

4. เก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละครั้ง (3-10 ข้อมูล) จำนวนครั้งที่เก็บข้อมูล 20-25 ครั้ง และบันทึกค่า

5. คำนวณค่าเส้นกลางของกราฟ และขอบเขตควบคุมค่าสูงและต่ำ

6. สร้างแผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุมแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะของข้อมูลที่นำมาสร้างแผนภูมิ ควบคุมดังนี้

1. *Variables control charts* เป็นแผนภูมิควบคุมที่ข้อมูลมาจากหน่วยวัด เช่น การวัดความยาว, น้ำหนัก, การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในตัวอย่าง, การหา % recovery เป็นต้น

2. *Attributes control charts* เป็นแผนภูมิควบคุมที่ข้อมูลมาจากหน่วยนับ เช่น การนับจำนวน ของ

เสีย หรือชิ้นงานที่ชำรุด เป็นต้น

บทความนี้จะนำเสนอเฉพาะแผนภูมิควบคุมประเภท Variables control charts เท่านั้น เนื่องจากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบโดยส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับแผนภูมิควบคุมประเภทนี้

Variables control charts มีหลายชนิด ดังต่อไปนี้

1. $\bar{x}$ - R chart **(แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย และพิสัย)**

เป็นแผนภูมิควบคุมที่นิยมใช้มากที่สุดสำหรับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบ โดย $\bar{x}$ chart ใช้สำหรับตรวจสอบว่าผลการวิเคราะห์ทดสอบเบี่ยงเบนไปจากค่ากลางของกราฟมากน้อยแค่ไหน ส่วน R chart ใช้ตรวจสอบความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์ทดสอบ

ในการสร้าง $\bar{x}$ chart คำนวณค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ย ($\bar{\bar{x}}$) ได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ยของกรุ๊ปย่อย,

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

เมื่อ n = ขนาดของกรุ๊ปย่อย

ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ย,

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum x_i}{k}$$

เมื่อ k = จำนวนกรุ๊ปย่อย

ส่วนในการสร้าง R chart คำนวณค่าพิสัย (R) และค่าเฉลี่ยของพิสัย ($\bar{R}$) ได้ดังนี้

R = ค่าสูงสุดของกรุ๊ปย่อย - ค่าต่ำสุดของกรุ๊ปย่อย

ค่าเฉลี่ยของพิสัย, $\bar{R} = \frac{\sum R_i}{k}$ เมื่อ k = จำนวนกรุ๊ปย่อย

เมื่อคำนวณค่า $\bar{x}$ และ $\bar{R}$ ได้แล้ว สามารถสร้างแผนภูมิควบคุมได้โดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

แผนภูมิ	$\bar{x}$ chart	$\bar{R}$ chart
เส้นกลาง, CL	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{R}$
เส้นขอบเขตควบคุมค่าต่ำ, LCL	$\bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$	$D_3\bar{R}$
เส้นขอบเขตควบคุมค่าสูง, UCL	$\bar{\bar{x}} + A_2\bar{R}$	$D_4\bar{R}$

ค่าคงที่ A_2, D_3 และ D_4 แสดงในตารางที่ 1

2. $\bar{x}$ - s chart **(แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)**

เมื่อกรุ๊ปย่อยมีขนาดใหญ่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, s) จะใช้บอกความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในกระบวนการวิเคราะห์ทดสอบได้ดี สามารถคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ดังนี้

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})}{n - 1}}$$

เมื่อ x_i = ผลการวิเคราะห์ในแต่ละครั้งของกรุ๊ปย่อย

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ในแต่ละกรุ๊ปย่อย

n = ขนาดของกรุ๊ปย่อย

คำนวณค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, $\bar{s}$ ได้ดังนี้ $\bar{s} = \frac{\sum s_i}{k}$

เมื่อ k = จำนวนของกรุ๊ปย่อย

ในกรณีนี้สามารถหาค่า $\bar{x}$ และ $\bar{\bar{x}}$ ได้เช่นเดียวกับใน $\bar{x}$ - R chart เมื่อคำนวณค่า $\bar{\bar{x}}$ และ $\bar{s}$ ได้แล้ว สามารถสร้างแผนภูมิควบคุมได้โดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

แผนภูมิ	$\bar{x}$ chart	s chart
เส้นกลาง, CL	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{s}$
เส้นขอบเขตควบคุมค่าต่ำ, LCL	$\bar{\bar{x}} - A_3\bar{s}$	$B_3\bar{s}$
เส้นขอบเขตควบคุมค่าสูง, UCL	$\bar{\bar{x}} + A_3\bar{s}$	$B_4\bar{s}$

ค่าคงที่ A_3, B_3 และ B_4 แสดงในตารางที่ 1

3. x - moving range chart **(แผนภูมิควบคุมค่าวัดแต่ละค่าและพิสัยเคลื่อนที่)**

เป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทดสอบในแต่ละครั้งมาพล็อตลงในแผนภูมิ โดยไม่ต้องหาค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ทดสอบ แผนภูมิควบคุมชนิดนี้มักใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตในแต่ละ lot หรือ batch

หรือใช้ในการควบคุมผลการวิเคราะห์ทดสอบที่มีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ทดสอบสูง หรือต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์ทดสอบนาน

การวัดความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในกระบวนการวิเคราะห์จะใช้พิสัยเคลื่อนที่ (moving range, R) ซึ่งเป็นค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างระหว่างค่าวิเคราะห์ทดสอบที่อยู่ติดกัน

ในกรณีนี้สามารถหาค่า $\bar{x}$ และ $\bar{R}$ ได้เช่นเดียวกับใน $\bar{x}$ - R chart เมื่อคำนวณค่า $\bar{x}$ และ $\bar{R}$ ได้แล้ว สามารถสร้างแผนภูมิควบคุมได้โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

แผนภูมิ	x chart	moving range chart
เส้นกลาง, CL	$\bar{x}$	$\bar{R}$
เส้นขอบเขตควบคุมค่าต่ำ, LCL	$\bar{x} - 3\bar{R}/d_2$	$D_3\bar{R}$
เส้นขอบเขตควบคุมค่าสูง, UCL	$\bar{x} + 3\bar{R}/d_2$	$D_4\bar{R}$

ค่าคงที่ d_2, D_3 และ D_4 แสดงในตารางที่ 1

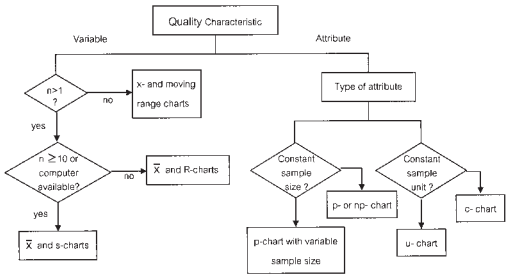
เนื่องจากกรุ๊ปย่อยมีขนาดเล็ก (n=1) ดังนั้นข้อเสียของแผนภูมิควบคุมชนิดนี้คือ จะไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการวิเคราะห์ทดสอบเท่ากับการใช้ $\bar{x}$ - R chart และ $\bar{x}$ - s chart

ตารางที่ 1 แสดงค่าคงที่ที่ใช้ในการสร้างแผนภูมิควบคุม

ขนาดของกรุ๊ปย่อย, n	ค่าคงที่สำหรับเส้นขอบเขตควบคุม											ค่าคงที่สำหรับเส้นกลาง			
	A	A_2	A_3	B_3	B_4	B_5	B_6	D_1	D_2	D_3	D_4	C_4	$1/C_4$	d_2	$1/d_2$
2	2.121	1.880	2.659	0.000	3.267	0.000	2.606	0.000	3.686	0.000	3.267	0.7979	1.2533	1.128	0.8865
3	1.732	1.023	1.954	0.000	2.568	0.000	2.276	0.000	4.358	0.000	2.574	0.8862	1.1284	1.693	0.5907
4	1.500	0.729	1.628	0.000	2.266	0.000	2.088	0.000	4.698	0.000	2.282	0.9213	1.0854	2.059	0.4857
5	1.342	0.577	1.427	0.000	2.089	0.000	1.964	0.000	4.918	0.000	2.114	0.9400	1.0638	2.326	0.4299
6	1.225	0.483	1.287	0.030	1.970	0.029	1.874	0.000	5.078	0.000	2.004	0.9515	1.0510	2.534	0.3946
7	1.134	0.419	1.182	0.118	1.882	0.113	1.806	0.204	5.204	0.076	1.924	0.9594	1.0423	2.704	0.3698
8	1.061	0.373	1.099	0.185	1.815	0.179	1.751	0.388	5.306	0.136	1.864	0.9650	1.0363	2.847	0.3512
9	1.000	0.337	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	0.547	5.393	0.184	1.816	0.9693	1.0317	2.970	0.3367
10	0.949	0.308	0.975	0.284	1.716	0.276	1.669	0.687	5.469	0.223	1.777	0.9727	1.0281	3.078	0.3249
11	0.905	0.285	0.927	0.321	1.679	0.313	1.637	0.811	5.535	0.256	1.744	0.9754	1.0252	3.173	0.3152
12	0.866	0.266	0.886	0.354	1.646	0.346	1.610	0.922	5.594	0.283	1.717	0.9776	1.0229	3.253	0.3069
13	0.832	0.249	0.850	0.382	1.618	0.374	1.585	1.025	5.647	0.307	1.693	0.9794	1.0210	3.336	0.2998
14	0.802	0.235	0.817	0.406	1.594	0.399	1.565	1.118	5.696	0.328	1.672	0.9810	1.0194	3.407	0.2935
15	0.775	0.223	0.789	0.428	1.572	0.421	1.544	1.203	5.741	0.347	1.653	0.9823	1.0180	3.472	0.2880
16	0.750	0.212	0.763	0.448	1.552	0.440	1.526	1.282	5.782	0.363	1.637	0.9835	1.0168	3.532	0.2831
17	0.728	0.203	0.739	0.466	1.534	0.458	1.511	1.356	5.820	0.378	1.622	0.9845	1.0157	3.588	0.2787
18	0.707	0.194	0.718	0.482	1.518	0.475	1.496	1.424	5.856	0.391	1.608	0.9854	1.0148	3.640	0.2747
19	0.688	0.187	0.698	0.497	1.503	0.490	1.483	1.487	5.891	0.403	1.597	0.9862	1.0140	3.689	0.2711
20	0.671	0.180	0.680	0.510	1.490	0.504	1.470	1.549	5.921	0.415	1.585	0.9869	1.0133	6.735	0.2677
21	0.655	0.173	0.663	0.523	1.477	0.516	1.459	1.605	5.951	0.425	1.575	0.9876	1.0126	3.778	0.2647
22	0.640	0.167	0.647	0.534	1.466	0.528	1.448	1.659	5.979	0.434	1.566	0.9882	1.0119	3.819	0.2618
23	0.626	0.162	0.633	0.545	1.455	0.539	1.438	1.710	6.006	0.448	1.557	0.9887	1.0114	3.858	0.2592
24	0.612	0.157	0.619	0.555	1.445	0.549	1.429	1.759	6.031	0.451	1.548	0.9892	1.0109	3.895	0.2567
25	0.600	0.153	0.606	0.565	1.435	0.559	1.420	1.806	6.056	0.459	1.541	0.9896	1.0105	3.931	0.2544

Source : ASTM, Philadelphia, PA, USA

ในการพิจารณาว่าจะเลือกใช้แผนภูมิควบคุมชนิดใด ผู้ทำการทดสอบสามารถพิจารณาโดยใช้แผนภูมิในรูปที่ 2 ในการเลือกชนิดของแผนภูมิควบคุม



รูปที่ 2 แสดงการเลือกชนิดของแผนภูมิควบคุม

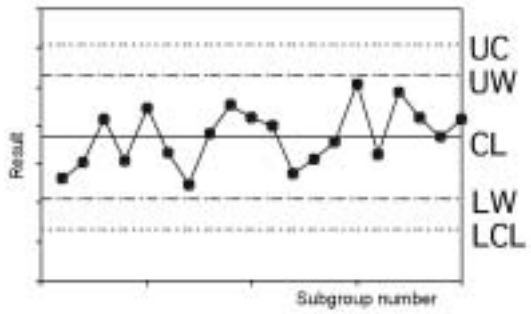
สิ่งที่สำคัญที่สุดในการนำแผนภูมิควบคุมมาใช้ในการควบคุมคุณภาพคือ การอ่านหรือแปลผลจากภาพที่ปรากฏบนแผนภูมิ ลักษณะของแผนภูมิควบคุมมีทั้งรูปแบบปกติและไม่ปกติ ดังนี้

ลักษณะของแผนภูมิควบคุมที่มีรูปแบบที่ปกติและผลการวิเคราะห์ทดสอบอยู่ในขอบเขตควบคุม ได้แก่ แผนภูมิควบคุมที่

1. ไม่มีข้อมูลใดออกนอกขอบเขตควบคุม
2. จำนวนข้อมูลที่อยู่เหนือและใต้เส้นกลาง มีจำนวนเท่า ๆ กัน
3. ไม่มีข้อมูลที่ต่อเนื่องกัน 7 จุด หรือมากกว่า อยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกลาง
4. การกระจายตัวของข้อมูลมีลักษณะเป็น random อยู่เหนือและใต้เส้นกลาง
5. ไม่มีแนวโน้มของข้อมูลที่เข้าใกล้ขอบเขตควบคุม

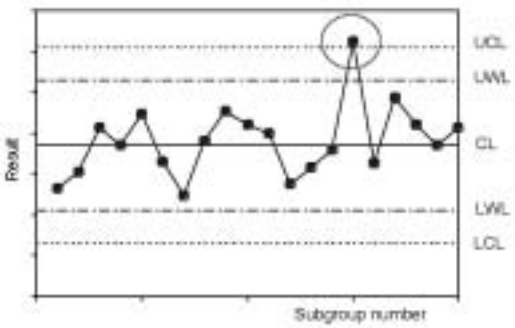
6. มีข้อมูลเพียงเล็กน้อยที่อยู่ใกล้ขอบเขตควบคุม

7. ข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้เส้นกลาง แต่ไม่ใช่ข้อมูลทั้งหมด มีเพียง 2 ใน 3 ของข้อมูลที่อยู่ใกล้เส้นกลาง และ 8. ลักษณะของแผนภูมิไม่เป็นเส้นตรง ดังแสดงในรูปที่ 3

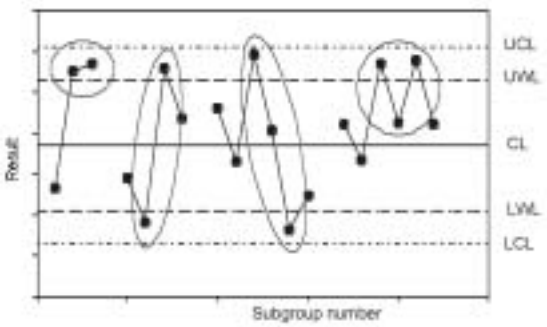


รูปที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ทดสอบอยู่ในขอบเขตควบคุมและแผนภูมิควบคุมมีรูปแบบที่ปกติ

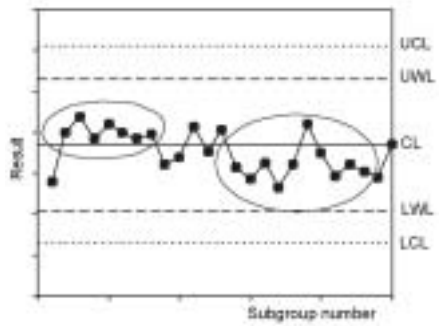
ส่วนแผนภูมิควบคุมที่มีรูปแบบที่ผิดปกติ มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4-9



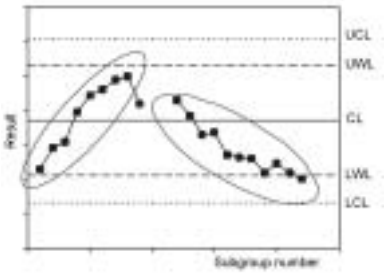
รูปที่ 4 มีหนึ่งข้อมูลออกนอกขอบเขตควบคุม



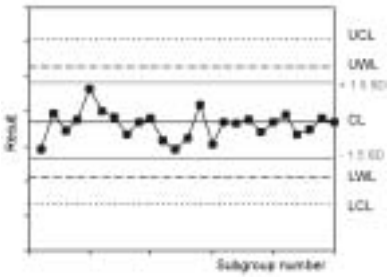
รูปที่ 5 2 ใน 3 ของข้อมูลที่ต่อเนื่องกันอยู่นอกเขตเตือน



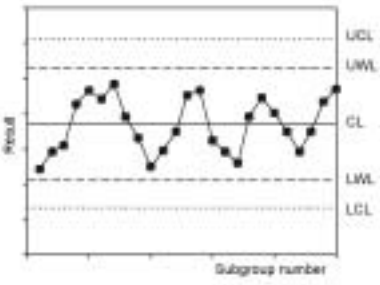
รูปที่ 6 มีข้อมูลต่อเนื่องกัน 7 จุด หรือมากกว่าอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกลาง



รูปที่ 7 มีข้อมูลที่ต่อเนื่องกัน 6 จุด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หรือลดลง



รูปที่ 8 มีข้อมูลต่อเนื่องกัน 15 จุด เข้าใกล้เส้นกลาง



รูปที่ 9 มีลักษณะเป็นวัฏจักร

ความผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการวิเคราะห์ทดสอบจะปรากฏขึ้นที่แผนภูมิควบคุม เมื่อพบว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้น จะต้องหาสาเหตุและแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ก่อนทำการวิเคราะห์ทดสอบต่อไป

การปรับปรุงแผนภูมิควบคุมจะทำเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในกระบวนการวิเคราะห์ เช่น มีการสอบเทียบเครื่องมือ การปรับปรุงวิธีวิเคราะห์ หรือมีการเปลี่ยนสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทดสอบ เป็นต้น ถึงแม้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในกระบวนการวิเคราะห์ ก็ควรตรวจสอบแผนภูมิอยู่เสมอ เนื่องจากกระบวนการวิเคราะห์แม้จะควบคุมดีแล้ว ก็สามารถเกิดการเบี่ยงเบนได้ตลอดเวลา โดยปกติควรสร้างแผนภูมิควบคุมใหม่ทุกๆ 6 เดือน.

เอกสารอ้างอิง

Evans, J.R. and Lindsay, W.M. **The management and control of quality**. 4thed. Ohio : South-Western College Publishing, 1999. p.648-693.

Griffith, G.K. **The quality technician's handbook**. 3rd ed. Ohio : Prentice Hall, 1996. p.454-459.

International Organization for Standardization. **Shewhart control charts**. **ISO** 8258. 1991.