



วิทยากร อุดมศักดิ์ จิตสงบ

โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com



ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ

Curriculum Vitae

อุดมศักดิ์ จิตสงบ

18 ปี ในอาชีพวิทยากรและที่ปรึกษา

ความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง

- ออกแบบและปรับปรุงระบบการบริหารธุรกิจ และการประยุกต์ใช้ข้อกำหนด ISO9001, IATF16949 ในกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์และการผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมต่างๆ
- การดำเนินกิจกรรมปรับปรุง เช่น QCC Kaizen 5S
- Core Tools For IATF 16949 APQP , PFMEA (AIAG&VDA) &CP, SPC , MSA , PPAP

ประวัติการศึกษา/อบรม :



ระดับการศึกษา	สาขาที่สำเร็จการศึกษา	คณะที่สำเร็จการศึกษา	สถาบันที่สำเร็จการศึกษา
ปริญญาโท	อุตสาหกรรมศึกษา	ศึกษาศาสตร์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (มศว ประสานมิตร)
ปริญญาตรี	การจัดการอุตสาหกรรม	บริหารธุรกิจ	มหาวิทยาลัยสยาม
ปวส , ปวช	ไฟฟ้ากำลัง	ไฟฟ้า	วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม



บทนำ

- วัตถุประสงค์ของระบบ QMS อุตสาหกรรมยานยนต์
- ความเชื่อมโยงพื้นฐานระหว่าง Automotive Core Tools
- การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ
- **ข้อกำหนด IATF 16949 ที่เกี่ยวข้องกับ SPC**

แนวคิดพื้นฐานทางสถิติสำหรับ SPC

- ความแปรปรวน (Variance)
- การแจกแจงทางสถิติ (Statistical Distribution)
- ค่าเฉลี่ย (Average / Mean)
- ค่าพิสัย (Range)
- ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
- Workshop: การใช้สถิติในการทบทวนข้อมูลในอดีตและการพยากรณ์แนวโน้มในอนาคต

4 การจัดการ/ควบคุมกระบวนการด้วยสถิติ

- การป้องกันเชิงรุกแทนการตรวจรับเชิงรับ
- วงจรการปรับปรุงกระบวนการและการควบคุมกระบวนการ
- ระบบการควบคุมกระบวนการและวัตถุประสงค์ของ SPC
- ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า x , ความแปรผัน Σ และผลลัพธ์ของกระบวนการ y
- วงจรการควบคุมคุณภาพ

5. ข้อกำหนดสำหรับการประยุกต์ใช้ SPC

- การกำหนดข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน
- หลักการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนและความรับผิดชอบ
- ชี้แจงจุดและความรับผิดชอบภายในระบบคุณภาพ
- การวิเคราะห์ความเสี่ยง
- คุณลักษณะพิเศษ (Special Characteristics)
- แผนปฏิบัติการเมื่อกระบวนการหลุดจากการควบคุม (Out-of-Control Action Plan: OCAP) และตัวอย่างแผน
- แผนการควบคุม (Control Plan)
- บทบาท หน้าที่ และความสามารถที่จำเป็นในการประยุกต์ใช้ SPC

6 ภาพรวมของวิธีการ

- ความแตกต่างระหว่างสมรรถนะของกระบวนการ (Process Performance) และความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)
- เทคนิคการประมาณการ สมรรถนะ และความสามารถของกระบวนการ
- การศึกษาสมรรถนะและความสามารถของกระบวนการตามช่วงเวลา
- อิทธิพลของความแปรผันที่สังเกตได้ต่อผลการประเมินกระบวนการ
- การประเมินรูปแบบการแจกแจงทางสถิติของข้อมูล
- การตรวจสอบรูปแบบการแจกแจงด้วย Probability Plot
- การคำนวณดัชนีสมรรถนะและความสามารถของกระบวนการ (Performance and Capability Indices) Pmk , Ppk , Cpk
- แนวคิด Quantile และการเปรียบเทียบกับวิธี Normal
- การเลือก Quantile และค่าอ้างอิงให้เหมาะสมกับรูปแบบการแจกแจง

การคำนวณค่าสมรรถนะและความสามารถ (Pmk , Ppk , Cpk) สำหรับการแจกแจงรูปแบบต่าง ๆ

- วิธีเรขาคณิตทั่วไป (General Geometric Method)
 1. การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)
 2. Empirical Quantile — ควอนไทล์เชิงประจักษ์
 3. Log-normal Distribution — การแจกแจงล็อกนอร์มอล
 4. Rayleigh Distribution — การแจกแจงเรย์ลีย์
 5. Folded Half-Normal Distribution — การแจกแจงแบบครึ่งปกติพับ
- z-Score Method วิธีสัดส่วนเกินข้อกำหนด $Pp.Z$ / $Ppk.Z$
- One-Sided Specification Limits ชี้แจงข้อกำหนดด้านเดียว
- ความสามารถภายในกลุ่ม (Within Capability) (Cw , CwL , CwU , CwK)



7 สมรรถนะเครื่องจักรสำหรับการปล่อยใช้จำนวนความเสถียรการผลิต

- การเตรียมการศึกษาสมรรถนะเครื่องจักร
- การดำเนินการศึกษาสมรรถนะเครื่องจักร
- ข้อกำหนดสำหรับดัชนีสมรรถนะเครื่องจักร
- การประเมินและคำนวณ Pm / Pmk
- วิธีการคำนวณค่าเป้าหมายในกรณีที่มีจำนวนตัวอย่าง n ไม่สอดคล้องกับ Customer-Specific Requirements (CSR)
- กรณีพิเศษ (Special Cases)

8 สมรรถนะและความสามารถของกระบวนการสำหรับการปล่อยใช้กระบวนการผลิต

- การเก็บรวบรวมข้อมูลและกลยุทธ์การสุ่มตัวอย่าง
- การดำเนินการศึกษาสมรรถนะและความสามารถของกระบวนการ
- แบบจำลองการแจกแจงตามเวลา (Time-Dependent Distribution Models) ตาม ISO 22514-2
- การประเมิน Pp / Ppk สำหรับสมรรถนะของกระบวนการ
- การประเมิน Cp / Cpk สำหรับความสามารถของกระบวนการ
- ข้อกำหนดสำหรับดัชนีสมรรถนะและความสามารถของกระบวนการ
- วิธีการคำนวณค่าเป้าหมายในกรณีที่มีจำนวนตัวอย่าง n ไม่สอดคล้องกับ Customer-Specific Requirements (CSR)

9 แผนภูมิควบคุมสำหรับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติและความสามารถของกระบวนการอย่างต่อเนื่อง

- แนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมของกระบวนการ เปรียบเทียบกับแนวคิดด้านพิสัยความถี่และข้อกำหนด
- Process Location และ Process Variation
- สัญภาวะ In-Control / Out-of-Control, Special Cause และประสิทธิภาพและความไวของแผนภูมิควบคุม
- ประเภทของแผนภูมิควบคุม และขั้นตอนการเลือกใช้แผนภูมิควบคุม
- เปรียบเทียบการกำหนด Control Limits: AIAG SPC 2nd / Shewhart vs AIAG & VDA SPC 1st
- แนวทางการกำหนด False Alarm Probability (α) สำหรับการคำนวณ Control Limits
- ความสัมพันธ์ระหว่าง (α) Subgroup Size, Distribution Quantile, Sensitivity และ False Alarm

- I-MR Chart — Individuals and Moving Range

- หลักการและตัวอย่างการประยุกต์ใช้ I-MR Chart
- การหาค่า Control Limits ตามแนวทาง Shewhart & AIAG SPC 2nd
- การหาค่า Control Limits ตาม AIAG & VDA SPC 1st
- Standardized Normal Distribution
- Standardized Range (R)-Distribution

- Zone Chart / Stoplight Control

- หลักการและตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Red / Yellow / Green Zone
- Pre-Control, Stoplight Concept และ SPC Control Chart
- หลักการกำหนดพื้นที่ควบคุม พื้นที่เตือน และแนวทางการตอบสนอง

- Xbar-R Chart — Average and Range

- หลักการและตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Xbar-R Chart
- การหาค่า Control Limits ตาม Shewhart & AIAG SPC 2nd
- การหาค่า Control Limits ตาม AIAG & VDA SPC 1st
- Standardized Normal Distribution
- Standardized Range (R)-Distribution

- Xbar - S Chart — Average and Standard Deviation

- หลักการและตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Xbar - S Chart
- การหาค่า Control Limits ตาม Shewhart & AIAG SPC 2nd
- การหาค่า Control Limits ตาม AIAG & VDA SPC 1st
- Standardized Normal Distribution
- Chi-squared Distribution



Pearson Control Chart

- หลักการควบคุมกระบวนการสำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงไม่สมมาตรและตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Pearson Control Chart
- การกำหนด Control Limits จาก Standardized Pearson Curves
- Skewness และ Kurtosis

- p Chart — Proportion of Nonconforming

- หลักการและตัวอย่างการประยุกต์ใช้ p Chart
- การหาค่า Control Limits ตาม Shewhart & AIAG SPC 2nd
- การหาค่า Control Limits ตาม AIAG & VDA SPC 1st จาก Binomial Distribution / Binomial Table

- np Chart — Number of Nonconforming

- หลักการและตัวอย่างการประยุกต์ใช้ np Chart
- การหาค่า Control Limits ตาม Shewhart & AIAG SPC 2nd
- การหาค่า Control Limits ตาม AIAG & VDA SPC 1st จาก Binomial Distribution / Binomial Table

- u Chart — Number of Nonconformities per Unit

- หลักการและตัวอย่างการประยุกต์ใช้ u Chart
- การหาค่า Control Limits ตาม Shewhart & AIAG SPC 2nd
- การหาค่า Control Limits ตาม AIAG & VDA SPC 1st จาก Cumulative Poisson Distribution / Table

- c Chart — Number of Nonconformities

- หลักการและตัวอย่างการประยุกต์ใช้ c Chart
- การหาค่า Control Limits ตาม Shewhart & AIAG SPC 2nd
- การหาค่า Control Limits ตาม AIAG & VDA SPC 1st จาก Cumulative Poisson Distribution / Table

10 การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์

— เงื่อนไขการใช้ซอฟต์แวร์

11 การจัดทำเอกสารและการรายงาน

- ข้อกำหนดการรายงานทั่วไปสำหรับการศึกษาระบบการโดยทั่วไป
- ตัวอย่างรายงาน
- รายการองค์ประกอบที่เป็นไปได้ในการรายงาน



AIAG Board of Director Companies

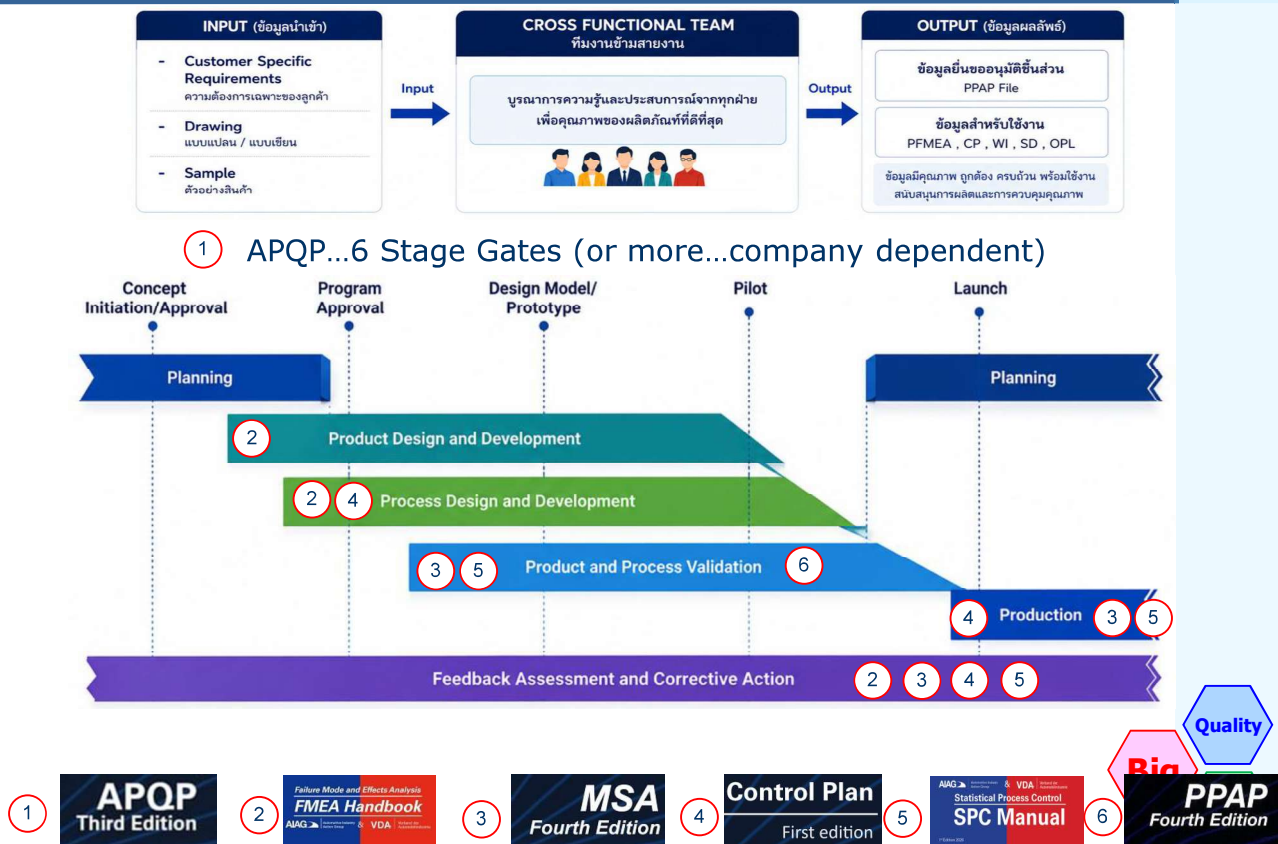
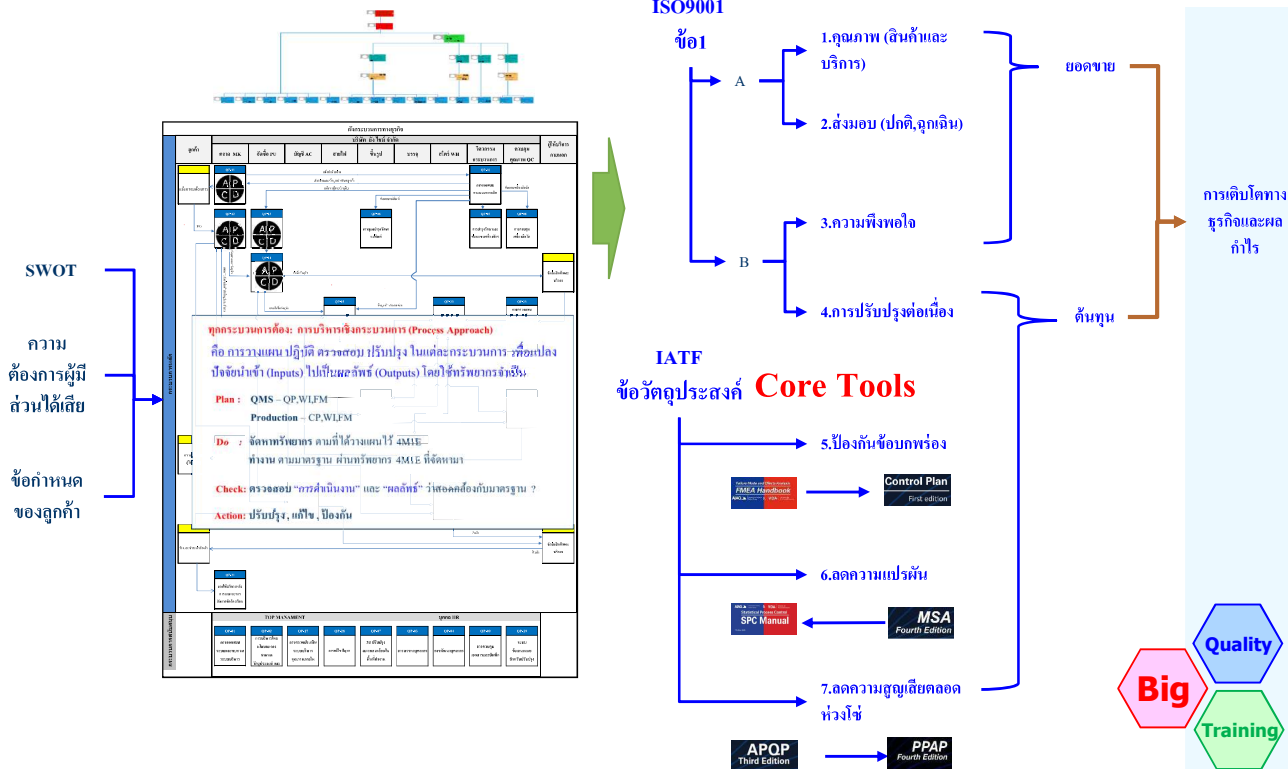


QMS ยานยนต์ (ISO9001+IATF16949+CSR+กฎหมาย

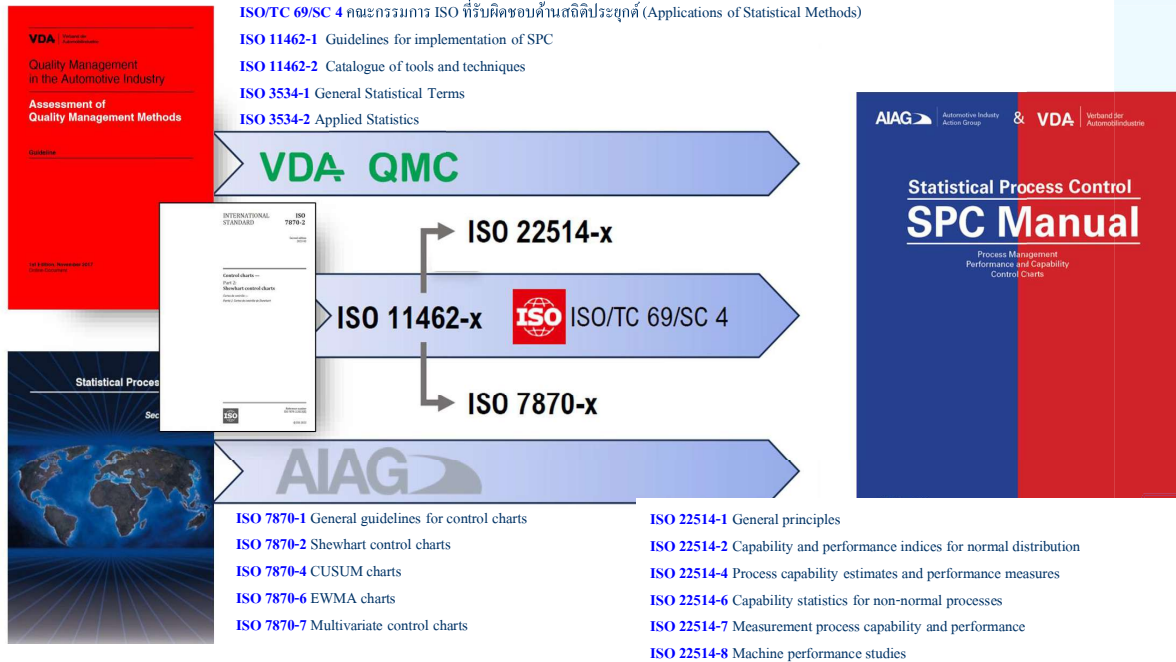
วัตถุประสงค์ของระบบ

จุดที่ต้องบริหาร

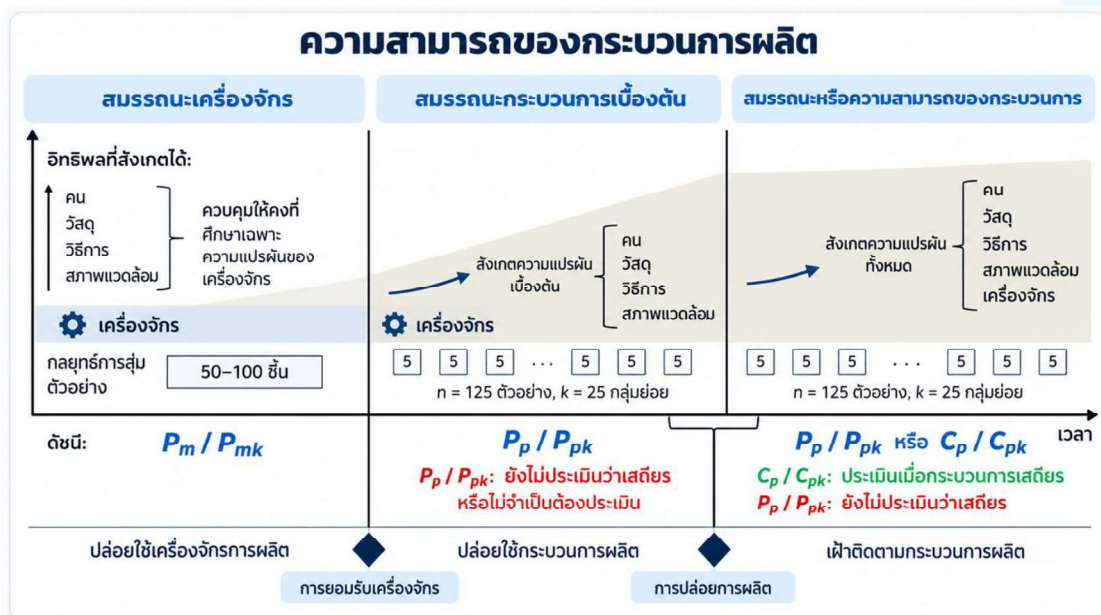
เป้าหมายองค์กร



1. ร่วมกันระหว่าง AIAG + VDA เพื่อให้ OEM และ Supplier ใช้แนวคิดและคำศัพท์สอดคล้องกันมากขึ้นและความเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ด้าน Statistical Process Management ของ ISO/TC 69/SC 4 โดยเฉพาะกลุ่มมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง และ บทบาทของ SPC เปลี่ยนจาก “การคำนวณกราฟและดัชนี” ไปสู่ “ระบบบริหารกระบวนการ” ที่เชื่อม Stability, Distribution, Sampling, Measurement System, Capability, Control Plan และ OCAP เข้าด้วยกัน

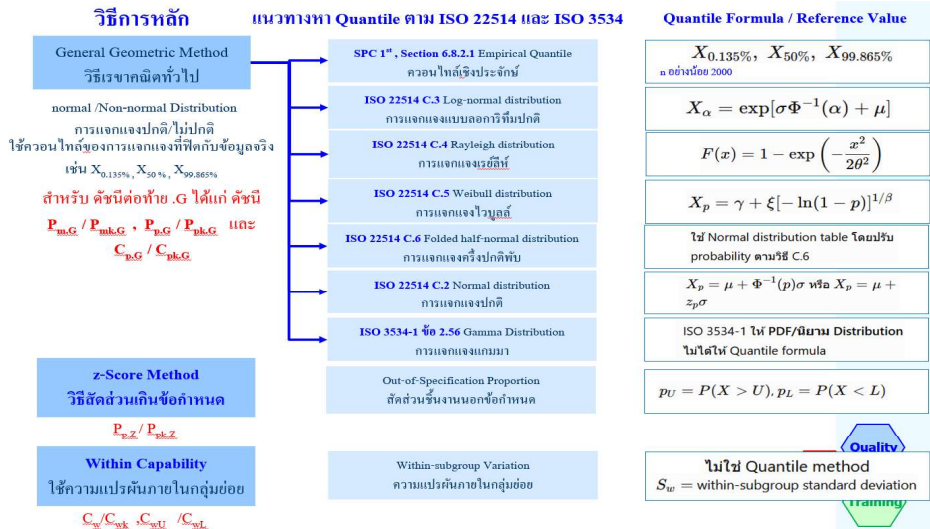
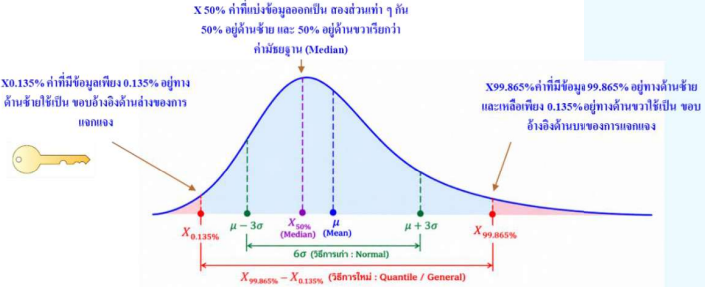


2. แยกการศึกษาเป็นลำดับชัดเจน Machine Performance → Preliminary Process Performance → Current / Ongoing Process Capability และใช้ดัชนี P_m/P_{mk} → P_p/P_{pk} → C_p/C_{pk} ตามสถานะของกระบวนการ ไม่ใช่ใช้แทนกัน และ เพิ่มแนวคิด Within Capability — $C_w, C_{wL}, C_{wU}, C_{wK}$ เพื่อช่วยแยกความแปรผันภายในกลุ่มย่อยออกจาก Total / Between-subgroup variation และช่วยวิเคราะห์สาเหตุที่ P_{pk} หรือ C_{pk} ลดลง



3. การประเมินแบบใหม่ให้ความสำคัญกับรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลมากขึ้น เพราะค่าที่ใช้สร้างช่วงอ้างอิงของกระบวนการไม่จำเป็นต้องมาจาก $\pm 3\sigma$ ของ Normal Distribution เสมอไป เมื่อข้อมูลเบ้ มีขอบเขตทางกายภาพ หรือมีรูปแบบเฉพาะ การใช้ Quantile ที่เหมาะสมกับ distribution สามารถสะท้อนพฤติกรรมจริงได้ดีกว่า

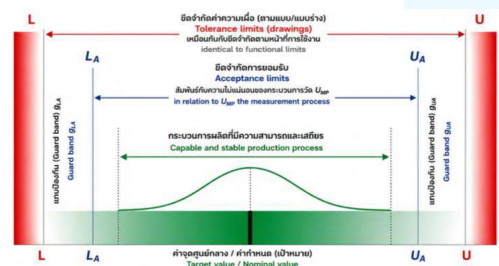
Quantile (ควอนไทล์) คือ ค่าที่แสดงตำแหน่งของข้อมูลในการแจกแจง โดยบอกว่ามีข้อมูลเป็นสัดส่วนเท่าใดอยู่ต่ำกว่าหรือเท่ากับค่านั้น



4. เกณฑ์ยอมรับ Performance และ Capability ไม่ควรดูเพียงค่าดัชนีเป้าหมาย แต่ต้องพิจารณา Sample Size + Confidence Level + Characteristic Classification + CSR และมีการปรับ Target Value เมื่อขนาดตัวอย่างจริงต่างจากขนาดอ้างอิง

Table 7-3: Adjustment of P_{mk} target values depending on sample size

P_{mk} n	Confidence level for adaption of target value															
	95%				99%				99.90%				99.99%			
50	2.33	2.00	1.67	1.33	1.00	2.33	2.00	1.67	1.33	1.00	2.33	2.00	1.67	1.33	1.00	2.33
45	2.36	2.02	1.69	1.35	1.01	2.37	2.04	1.70	1.35	1.02	2.39	2.05	1.71	1.36	1.02	2.40
40	2.39	2.06	1.72	1.37	1.03	2.42	2.08	1.74	1.38	1.04	2.46	2.11	1.76	1.40	1.05	2.49
35	2.44	2.09	1.75	1.39	1.05	2.49	2.13	1.78	1.42	1.07	2.55	2.19	1.82	1.45	1.09	2.60
30	2.50	2.14	1.79	1.43	1.07	2.57	2.21	1.84	1.47	1.10	2.67	2.29	1.91	1.52	1.14	2.76
25	2.58	2.21	1.85	1.47	1.11	2.69	2.31	1.90	1.52	1.15	2.84	2.43	2.03	1.62	1.22	2.98
20	2.70	2.31	1.93	1.54	1.16	2.87	2.46	2.06	1.64	1.23	3.10	2.66	2.22	1.77	1.33	3.34



คำนวณค่าเป้าหมายจริงของ P_{mk}

ค่าเป้าหมายสำหรับ P_{mk} สำหรับขนาดตัวอย่างเป้าหมาย

ควอนไทล์ของการแจกแจงไคสแควร์ที่ได้จาก Chi-Square ขนาดตัวอย่างเป้าหมาย

องศาอิสระสำหรับขนาดตัวอย่างจริง

ควอนไทล์ของการแจกแจงไคสแควร์ที่ได้จาก Chi-Square ขนาดตัวอย่างจริง

องศาอิสระสำหรับขนาดตัวอย่างเป้าหมาย

$$P_{mk,actual} = P_{mk,limit} \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{2N_{limit}}} \right) \sqrt{\frac{\chi^2_{0.9999,limit}}{\nu_{limit}}} \left(1 + \frac{1}{2N_{sample}} \right) \sqrt{\frac{\nu_{sample}}{\chi^2_{0.9999,sample}}}$$

$$= 1.33 \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{2(50)}} \right) \sqrt{\frac{33.9303}{49}} \left(1 + \frac{1}{2(30)} \right) \sqrt{\frac{29}{17.7084}}$$

$$= 1.33 \times 0.9901 \times 0.8322 \times 1.0167 \times 1.2797$$

$$P_{mk,actual} = 1.4257$$



5 เครื่องมือ Control Chart วิธีคำนวณ Control Limits เปลี่ยนจากการพึ่งพาค่าคงที่แบบ 3σ เช่น A2, D3, D4 เป็นหลัก ไปสู่แนวทางที่ใช้ **Probability / α / Quantile** และ **distribution ของ statistic** ที่พื้ลือต เช่น Normal, χ^2 , standardized range ww, Binomial และ Poisson สำหรับ Attribute Charts ฉบับใหม่ใช้ **Exact Binomial** สำหรับ p/np และ **Exact Poisson** สำหรับ c/u มากขึ้น แทนการประมาณด้วย Normal เพียงอย่างเดียว รองรับ Special Cases มากขึ้น เช่น One-Sided Specification, Multivariate / geometric tolerances และกระบวนการที่มีพฤติกรรมตามเวลา และชุดเครื่องมือ Control Chart ที่ขยายมากขึ้นเช่น CUSUM (Cumulative Sum) EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) Control Chart สำหรับ Non-normal distribution

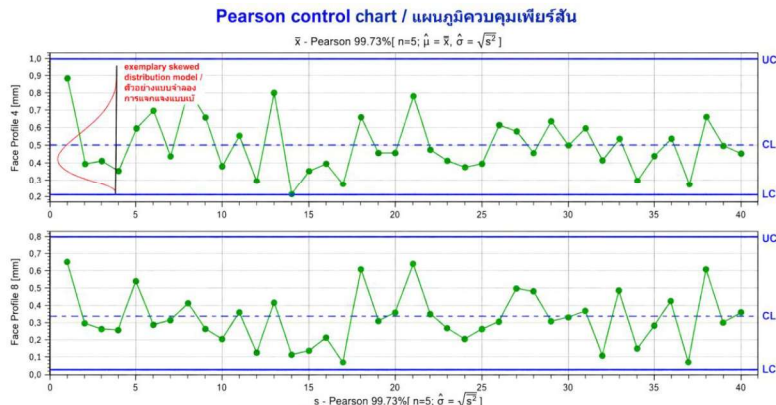
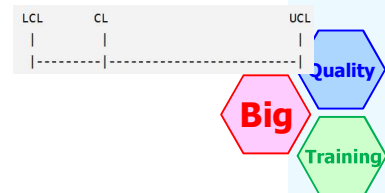
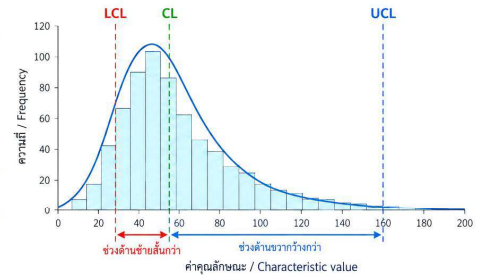
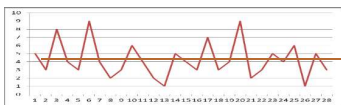


Figure 9-13: Pearson Chart
รูปที่ 9-13: แผนภูมิควบคุมเพียร์สัน



ค่าเฉลี่ย (Mean) คือ ค่ากลางที่ใช้แทนข้อมูลทั้งหมด โดยคำนวณจากผลรวมของข้อมูลทุกตัวหารด้วยจำนวนข้อมูล

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28
x 3 3 8 4 3 9 4 2 3 6 4 2 1 5 4 3 7 3 4 9 2 3 5 4 6 1 5 3



ค่าเฉลี่ย

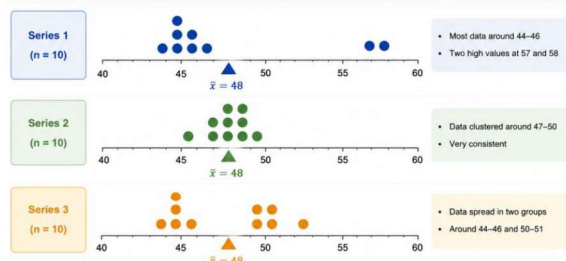
Measurement Series	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean $\bar{x}$
Series 1	47	45	57	44	47	46	58	45	46	45	48
Series 2	48	49	45	50	49	47	47	48	49	48	48
Series 3	53	46	51	44	50	45	45	51	50	45	48

Calculation of Mean ($\bar{x}$) for Each Series

Series 1: $\bar{x} = \frac{47 + 45 + 57 + 44 + 47 + 46 + 58 + 45 + 46 + 45}{10} = \frac{480}{10} = 48$

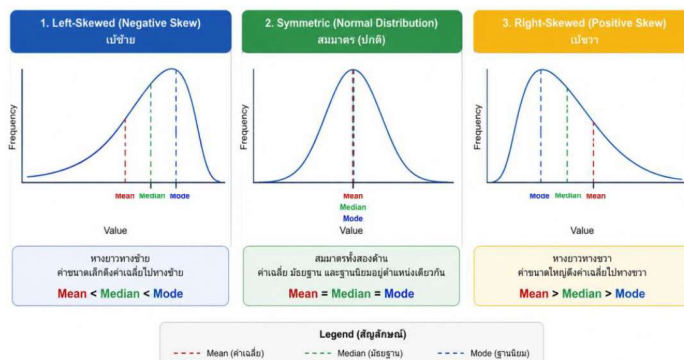
Series 2: $\bar{x} = \frac{48 + 49 + 45 + 50 + 49 + 47 + 47 + 48 + 49 + 48}{10} = \frac{480}{10} = 48$

Series 3: $\bar{x} = \frac{53 + 46 + 51 + 44 + 50 + 45 + 45 + 51 + 50 + 45}{10} = \frac{480}{10} = 48$



All three series have the same mean ($\bar{x} = 48$) but different data patterns.
Mean alone does not describe the data distribution.

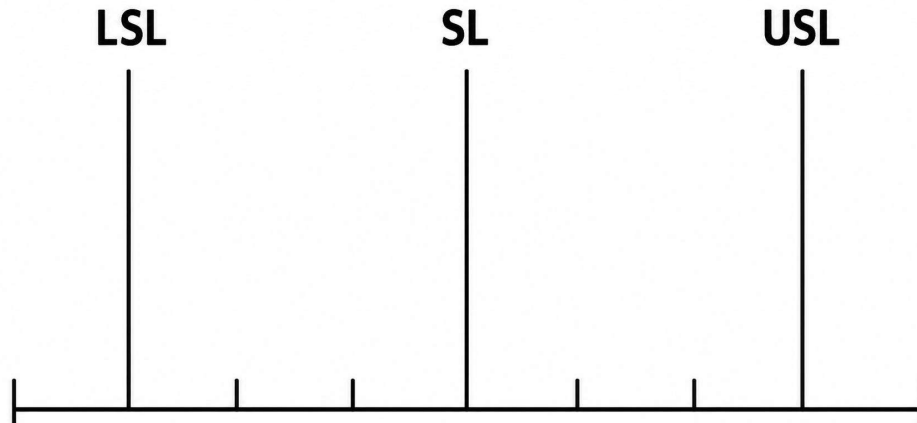
Population Parameter	Sample Statistics
N = จำนวนประชากร	n = จำนวนตัวอย่าง
μ = Population mean ค่าเฉลี่ยของประชากร	$\bar{x}$ = Sample mean ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง
$\mu = \frac{\sum x_i}{N} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + \dots + x_n}{N}$	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + \dots + x_n}{n}$



Spec 50.02 ± 0.03

$\mu, \bar{x}, \bar{\bar{x}}$ เฉลี่ย = 50.01

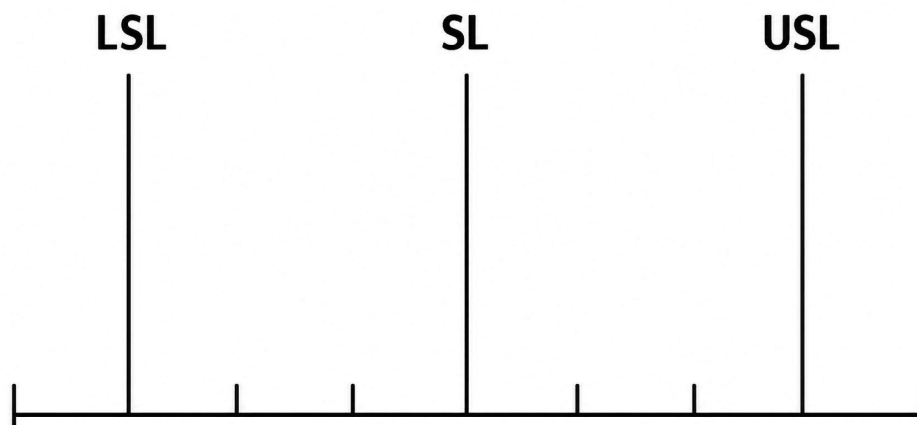
$\hat{\sigma}, s$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.005



Spec 48.05 ± 0.03

$\mu, \bar{x}, \bar{\bar{x}}$ เฉลี่ย = 48.04

$\hat{\sigma}, s$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.006





4 Statistical Process Management/Control การจัดการ/ ควบคุมกระบวนการด้วยสถิติ

โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com



ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ

4.3 ระบบการควบคุมกระบวนการ (A Process Control System)

31

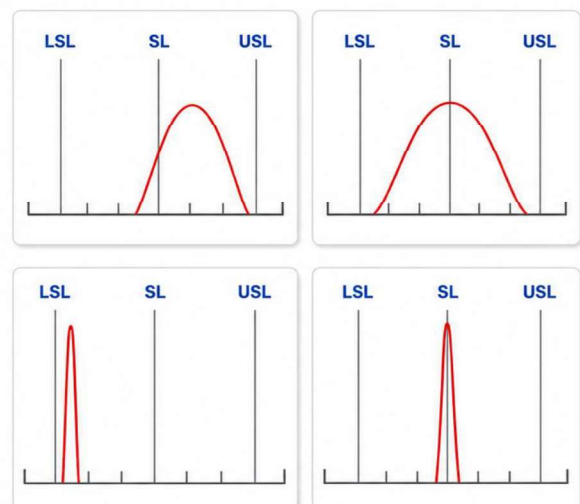
ระบบการควบคุมกระบวนการสามารถอธิบายได้ว่าเป็น ระบบป้อนกลับ (Feedback System) โดย SPC เป็นเพียงระบบย่อยประเภทหนึ่งของระบบดังกล่าว ทั้งนี้ยังมีระบบป้อนกลับที่ไม่ใช่สถิติ (Non-statistical Feedback Systems) อื่น ๆ อีกด้วย

มาตรฐาน ISO 3534-2 ซึ่งกำหนดคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับสถิติประยุกต์ ได้อธิบายว่า

“การควบคุมกระบวนการ (Process Control)” คือ การบริหารจัดการกระบวนการที่มุ่งเน้นให้กระบวนการสามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดของกระบวนการ (Process Requirements)

“การควบคุมกระบวนการด้วยสถิติ (Statistical Process Control)” คือ กิจกรรมที่มุ่งเน้นการใช้เทคนิคทางสถิติเพื่อลดความแปรปรวน เพิ่มความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการ และควบคุมทิศทางของกระบวนการให้ดำเนินไปในแนวทางที่ต้องการ

- ค่ากลางอยู่ตรงค่าเป้าหมายที่กำหนด **Target = Nominal**
- ความแปรผันมีน้อยที่สุด **Target Variation = Minimum**



$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) + \epsilon$$

$$\text{ขนาดชิ้นงาน} = f(\text{ความเร็ว, อุณหภูมิ, แรงกด}) + \epsilon$$



f(X) (Controllable Factors): คือตัวแปรที่เราควบคุมได้ (เช่น ความเร็ว, แรงกด) ตัวนี้ส่งผลต่อ "ค่าเฉลี่ย" ($\bar{x}, \mu$) ของงาน

ε (Epsilon) = คือความแปรปรวนที่มองไม่เห็นหรือคุมยาก ตัวนี้ส่งผลต่อ "การกระจายตัว" (Variation) ถ้า ε เยอะ กราฟจะบาน

สิ่งที่ต้องทำ **Control** f(X) and **Reduce** ε

ตัวแปรต้นที่ส่งผลกระทบ	ค่าสัมประสิทธิ์	ความแปรผัน	วิธีการควบคุม
ความหนืดสี	+0.035	/	X-MR
เบอร์หัวพ่น	+0.12	X	WI-PT-02
ระยะห่างหัวพ่นกับชิ้นงาน	-0.37	X	Barcode auto setup program
ความเร็วการพ่น	-0.45	X	Barcode auto setup program
ปริมาณสี/นาที่	+0.16	/	X-MR
แรงดัน	+0.63	/	Barcode auto setup program
อุณหภูมิห้องพ่น	-0.0024	/	ไม่ควบคุม

ตัวแปรตามที่ต้องการ

ความหนา สี Spec
0.04±0.01

ต้องวิเคราะห์ และ พัฒนวิธีการควบคุมตอนทำ FMEA

ε
Unknown



อาจยังมีปัจจัยที่ซ่อนอยู่จากการทำ FMEA

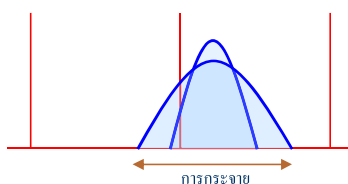
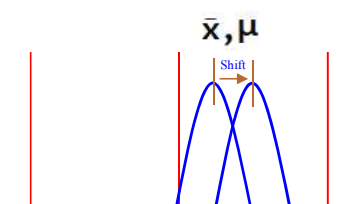
- ระบุปัจจัยยังไม่ครบ
- ไม่สามารถวัดค่าได้/ข้อมูลการวัดไม่น่าเชื่อถือ
- วิธีการควบคุมไม่ได้ผล
- เจอแต่ไม่ได้ควบคุม



Control f(X)

บทบาท ตัวกำหนดผลลัพธ์

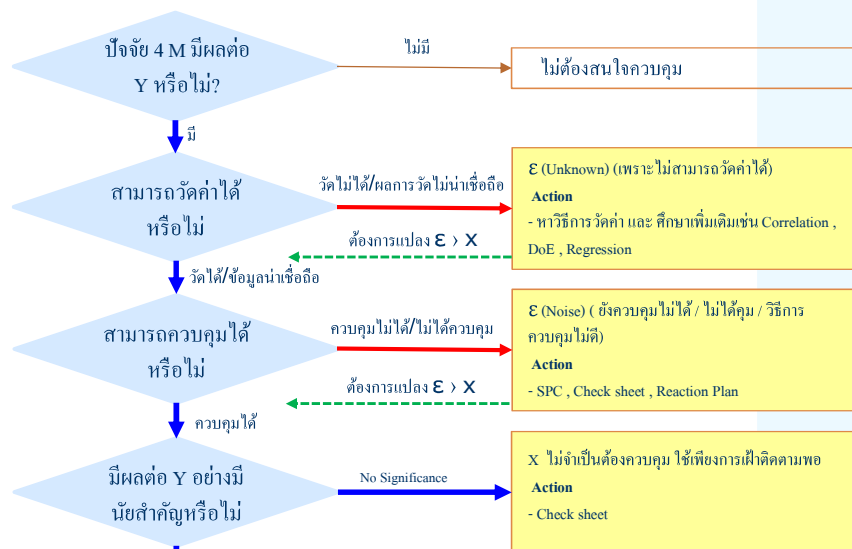
มีผลต่อ ↓



↑ มีผลต่อ

บทบาท ตัวกระจายผลลัพธ์

Reduce ε

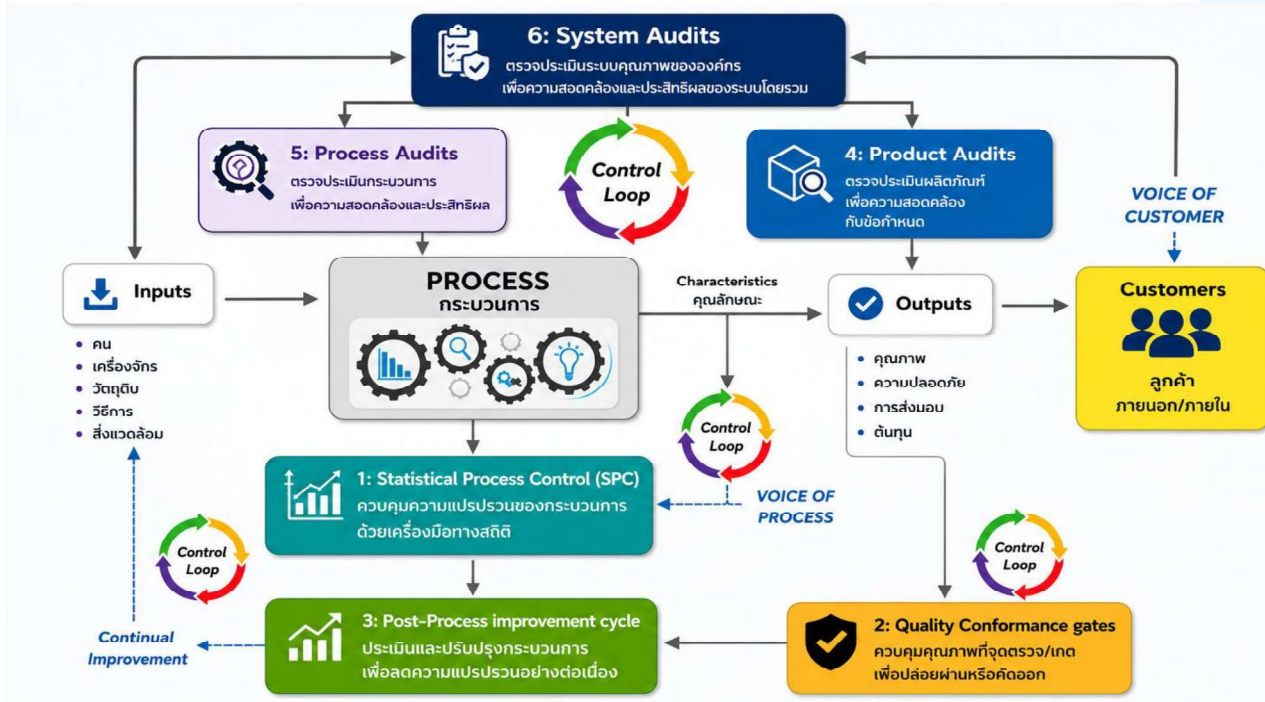


X จำเป็นต้องควบคุม

- เช่น
- Control Plan
- SPC
- Reaction plan
- Auto control (ถ้ามี)
- OCAP : Out-of-Control Action Plan

SPC เป็นหนึ่งในวิธีการที่ดีที่สุด การดำเนินการดังกล่าวต้องอาศัยความเข้าใจองค์ประกอบของ SPC เพื่อให้สามารถตรวจจับสัญญาณของปัญหาได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้น และดำเนินการแก้ไขก่อนที่ข้อบกพร่องจะเกิดขึ้น

Quality Control Loops เป็นระบบควบคุมหลายระดับที่ผสานทั้งวิธีการทางสถิติและไม่ใช้ทางสถิติ เพื่อบริหารและปรับปรุงกระบวนการอย่างเป็นระบบ SPC ใช้ติดตามเพื่อค้นหากระบวนการที่ไม่เสถียรหรือไม่มีความสามารถ และส่งต่อข้อมูลไปยังวงจรการควบคุมที่เกี่ยวข้องวงจรทั้ง 6 ครอบคลุมการควบคุมกระบวนการ การยืนยันความสอดคล้องของผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงกระบวนการ และการตรวจประเมิน



การควบคุมกระบวนการด้วยสถิติ

STATISTICAL PROCESS CONTROL

AIAG & VDA SPC 1st

ด้วย Excel or Minitab

หลักสูตร 3 วัน

5. ข้อกำหนดสำหรับการประยุกต์ใช้ SPC

โดย

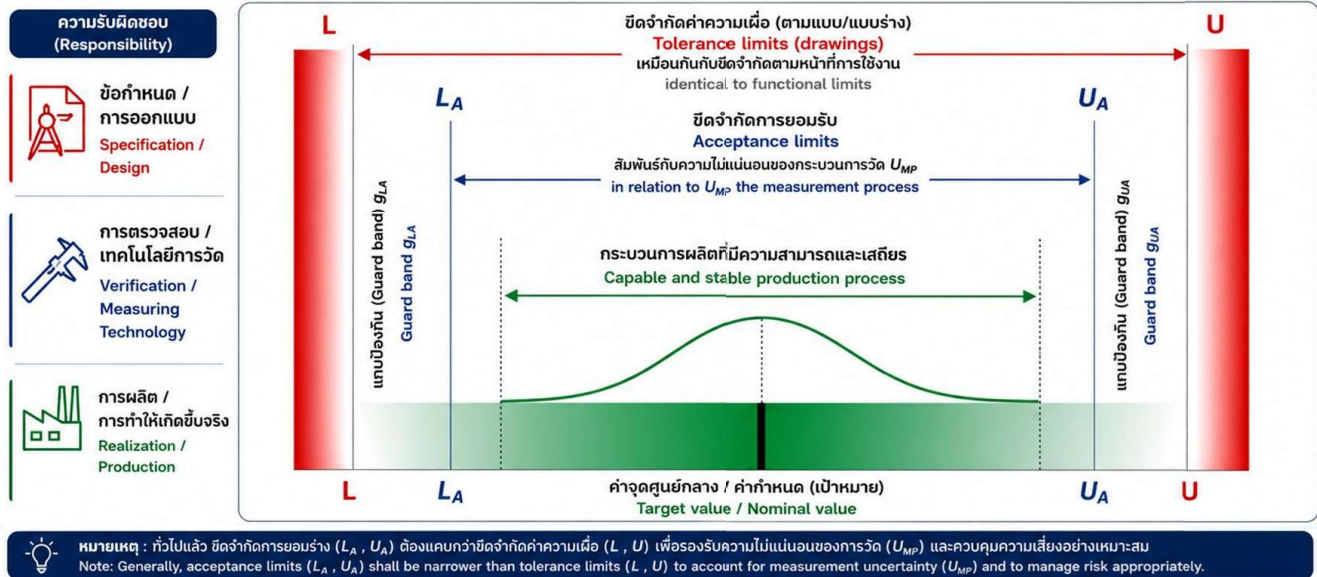
BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com

ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ



ความสัมพันธ์ระหว่างการออกแบบ การวัด และกระบวนการผลิต
Relationship among Design, Measurement and Production



รูปที่ 6-2: ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อน (แบบ Drawing), ความไม่แน่นอนการวัดแบบขยายของกระบวนการวัด UMP, และขีดจำกัดการยอมรับ (Acceptance Limits) รวมถึงกระบวนการผลิตที่มีความสามารถและมีเสถียรภาพแม้ว่าเรื่องนี้จะไม่ได้ระบุไว้อย่างชัดเจนใน ISO 8015 แต่ผลเชิงจริงก็คือ

สำหรับการผลิตต้องรับคิชอบต่อการผลิตแบบ “zero defect” ดังนั้น ฝ่ายการผลิตต้องลดความน่าจะเป็นของการผลิตชิ้นงานที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดให้ต่ำที่สุด โดยต้องมั่นใจว่ากระบวนการผลิตมีความสามารถเพียงพอและมีเสถียรภาพSPC จะสามารถนำไปใช้อย่างเหมาะสมได้ก็ต่อเมื่อมีการปฏิบัติตามหลักความรับผิดชอบเหล่านี้

5.2.2 การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analyses)

อีกขั้นตอนที่สำคัญในการนำ SPC ไปใช้งาน คือการประเมินความเสี่ยงของคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์และค่าความคลาดเคลื่อน (tolerances) ของกรรมกัไม่มีความสามารถในการนำการติดตามด้วย SPC ไปใช้กับทุกคุณลักษณะ และในมุมมองทางธุรกิจ สิ่งนี้ก็ไม่สมเหตุผลผลเช่นกัน

ด้วยเหตุนี้ การเฝ้าติดตามจึงควรถูกจำกัดให้อยู่ในขอบเขตที่เหมาะสม โดยเลือกเฉพาะคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องในแต่ละระดับของการตรวจสอบความถูกต้อง สำหรับขั้นตอนการยอมรับเบื้องต้นและการอนุมัติเครื่องจักรการผลิตแน่นอนว่าจะต้องครอบคลุมคุณลักษณะจำนวนมากกว่าที่จะถูกนำมาเฝ้าติดตามในระบอบด้วยแผนภูมิควบคุม (Control charts)

หนึ่งในวิธีการที่นำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์นี้คือ **"การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ" (Failure Mode and Effects Analysis หรือ FMEA)** สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้และการดำเนินการ FMEA ในระดับการพัฒนาต่าง ๆ รวมถึงการจัดลำดับความสำคัญของงานและการประเมินความเสี่ยง สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากคู่มือ AIAG และ VDA FMEA

[illegible]

คุณลักษณะพิเศษ คือคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตที่สามารถส่งผลกระทบต่อความปลอดภัย หรือการปฏิบัติตามกฎระเบียบข้อบังคับ, ความพอดี (fit), รูปร่าง (form), หน้าที่การ ทำงาน (function), สมรรถนะ หรือการนำผลิตภัณฑ์ไปประมวลผลต่อไป

ในส่วนนี้ องค์กรสามารถปฏิบัติตามมาตรฐาน IATF 16949 บทที่ 8.3.3.3, คู่มือ AIAG “Control Plan” หรือ VDA เล่ม “A Process Description Covering Special Characteristics” โดยวิธีการเหล่านี้จะอธิบายถึงแนวทางแบบสหวิทยาการ (multidisciplinary approach) เพื่อระบุ, จำแนกประเภท, จัดทำเอกสารคุณลักษณะพิเศษ และเพื่อกำหนดมาตรการป้องกัน (วงจรการควบคุมคุณภาพ) ในกระแสคุณค่า (value stream) ทั้งหมด เพื่อให้มั่นใจว่าการควบคุมการผลิตนั้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

นอกจากนี้ องค์กรสามารถกำหนดประเภทอื่นๆ เพื่อแยกแยะความแตกต่างระหว่างคุณลักษณะพิเศษประเภทต่างๆ และ/หรือปฏิบัติตามประเภทที่ลูกค้ากำหนดเป็นการเฉพาะได้ ทั้งนี้ ต้องมั่นใจว่าคุณลักษณะพิเศษเหล่านี้เป็นไปตามข้อกำหนด โดยการจัดหาหลักฐานยืนยันความสามารถของกระบวนการ (capability) และการดำเนินการประเมินความเสถียร (stability) หากไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่ากระบวนการมีความสามารถเพียงพอ อาจจำเป็นต้องมีการตรวจสอบแบบ 100% มาใช้

CONTROL PLAN SPECIAL CHARACTERISTICS Page ____ of ____

☐ Prototype ☒ Pre-launch ☐ Production ☐ Safe Launch
(If Safe Launch is included in Pre-Launch or Production Control Plan, check both boxes)

Control Plan Number: 5 สก๊ว		Key Contact/Phone:		Date (Orig):	Date (Rev):
Part Number/Latest Change Level:				Customer Eng. Approval/ Date(If Req'd):	
Part Name/Description:		Supplier/Plant Approval/Date:		Customer Quality Approval/Date (If Req'd):	
Supplier/Plant:	Supplier Code:	Other Approval/Date(If Req'd):		Other Approval/Date(If Req'd):	

No.	Description/Rationale	Specification/Tolerance	Class.	Process/Product	illustration/Pictorial
1	ชนิดของการสกรีนชั้นงาน	สกรีน No.002, ΔE ≤ 2.0 (เทียบ Master Sample)	S/C		
2	ความสะอาดของชั้นงาน	ไม่มีสิ่งสกปรก (0 defect)	S/C		
3	จำนวนของชั้นงาน	ครบตาม W/O (0 ชิ้นขาด / 0 ชิ้นเกิน)	-		
4	ตัวอักษร/สัญลักษณ์	ต้องคมชัด, ไม่มีขาดขอบ, ความหนา ±0.2 mm	S/C		
5	ตำแหน่งสกรีน (Position)	±0.20 mm อ้างอิง Datum	S/C		
6	ความหนาหมึก (Ink Thickness)	10 – 20 μm	S/C		
7	การติดเกาะ (Adhesion)	Cross-hatch ≥ 4B (ASTM D3359)	S/C		
8	ความทนต่อการขัดถู (Abrasion)	≥ 500 cycles (ไม่หลุดออก)	S/C		
9	ความสม่ำเสมอของการพิมพ์	ไม่มี pinhole / void / uneven	S/C		
10	ความทนสารเคมี (Chemical resistance)	ไม่มีหลุด/ขีด หลัง IPA wipe 20 ครั้ง	S/C		

แผนการควบคุมเป็นเอกสารหลักของทีมงานสหสาขาวิชาชีพ และเป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนคุณภาพล่วงหน้า โดยประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมดของกระบวนการผลิต คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ และพารามิเตอร์ของกระบวนการที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และต้องได้รับการควบคุมนอกเหนือจากการผลิตจริงแล้ว แผนการควบคุมยังสามารถรวมกลยุทธ์การควบคุมสำหรับขั้นตอนการยอมรับเริ่มต้นและการอนุมัติปล่อยใช้งานอุปกรณ์การผลิต (เช่น Pre-Launch, Safe Launch) ระบบการวัด กระบวนการวัดและการตรวจสอบ รวมถึงวิธีการตรวจสอบ จะถูกกำหนดไว้ พร้อมทั้งกำหนดความถี่ในการสุ่มตัวอย่างและขนาดตัวอย่าง รวมถึงกำหนดแผนการตอบสนองต่อการละเมิดขีดจำกัดการควบคุมหรือขีดจำกัดค่าความถี่ (Out-of-Control) แผนการควบคุมยังสามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการจัดทำแผนการตรวจสอบ (Inspection Plans) ได้อีกด้วย ดังนั้นจึงถือเป็นรากฐานสำหรับการประยุกต์ใช้ SPC ทั้งหมดรายละเอียดเพิ่มเติมสามารถศึกษาได้จาก AIAG Control Plan, IATF 16949, VDA Assessment of Quality Management Methods และ VDA Volume 6.3.

Control Plan Page ____ of ____

☐ Prototype ☒ Pre-launch ☐ Production ☐ Safe Launch
(If Safe Launch is included in Pre-Launch or Production Control Plan, check both boxes)

Control Plan Number: 5 สก๊ว		Key Contact/Phone: 08-0000-XXXX		Date (Orig): 1/1/08	Date (Rev): N/A
Part Number/Latest Change Level: MSC-SC326-ARCCN-Na08		Supplier/Plant Approval/Date: 10/1/10 (1/1/08)		Customer Eng. Approval/ Date(If Req'd):	
Part Name/Description: สกรีนชั้นงาน		Other Approval/Date(If Req'd):		Customer Quality Approval/Date (If Req'd):	
Supplier/Plant:	Supplier Code: 91008	Other Approval/Date(If Req'd):		Other Approval/Date(If Req'd):	

PART/PROCESS NUMBER	PROCESS NAME/OPERATION DESCRIPTION	MACHINE, DEVICE, JIG, TOOLS, FOR INFO	NO.	CHARACTERISTICS		Special Char. Class	METHODS				REACTION PLAN					
				PRODUCT	PROCESS		PRODUCT/PROCESS SPECIFICATION	EVALUATION MEASUREMENT TECHNIQUE	USAGE/ RESPONSIBLE	SAMPLE SIZE	REQD.	CONTROL METHOD	ACTION	OWNER/ RESPONSIBLE		
5.1	สกรีนชั้นงาน	N/A		สีของชั้นงาน	สีของชั้นงาน	Kappa = 0.75, 0-2, 0-3, ประสิทธิภาพ 90%	KAPPA	QA	ALL	ทุก 3 ชิ้น	สีของชั้นงาน	สีของชั้นงาน	สีของชั้นงาน	สีของชั้นงาน	สีของชั้นงาน	สีของชั้นงาน
				ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน
				ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน
				ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน
				ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน
				ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน	ความหนาของชั้นงาน



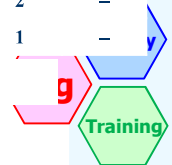
5.8.2 ความสามารถใน SPC (Competencies in SPC)

พนักงานทุกคนต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับบทบาทที่ได้รับมอบหมาย ตารางที่ 6-1 ด้านล่างแสดงข้อเสนอแนะสำหรับสมรรถนะเฉพาะตามบทบาท

Role \ Competence	Line Operator	Line Supervisor	Manufacturing Process Planner / Process Engineer / Industrialization Engineer	Manufacturing Equipment Procurer	Inspection Process Planner	Quality Planning Expert	Product Developer / Engineer
Quality Management System (understanding links between core tools, understanding pre-requisites)	1	1	1	1	1	2	1
Technical Statistics	1	–	1	1	1	2	1
Machine Performance (conditions and setup)	–	–	1	2	–	2	–
Process Performance (understanding capabilities, stability)	–	–	2	1	–	2	1
Understanding Critical Parameters (process knowledge, e.g., DoE, regression analysis)	–	–	2	2	1	1	–
Process Control, defining Control Charts (feedback loop 3)	–	–	2	–	2	2	–
Process Control, using Control Charts (feedback loop 1)	1	2	1	–	–	1	–

ตาราง 6-1: ข้อเสนอแนะสำหรับสมรรถนะเฉพาะตามบทบาทใน SPC

Key: 1 = Basic level (ระดับพื้นฐาน) 2 = Expert level (ระดับผู้เชี่ยวชาญ) – = ไม่จำเป็นสำหรับบทบาทนั้น



รายการต่อไปนี้อธิบายข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับสมรรถนะที่เกี่ยวข้อง จากมุมมองของหนังสือ SPC และไม่ได้อ้างว่าเป็นรายการที่ครบถ้วนทั้งหมด

การจัดการคุณภาพ (Quality management)

- การนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด (ความรับผิดชอบต่อผลิตภัณฑ์)
- ข้อกำหนดทรัพยากรสำหรับการติดตามและการวัด
- การควบคุมข้อมูลเอกสาร
- การกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์
- ความสอดคล้อง ความไม่สอดคล้อง และผลกระทบของสิ่งเหล่านั้น
- กระบวนการอนุมัติ (Release) และการตอบสนองในกรณีที่เกิดความไม่สอดคล้อง
- โอกาสและความเสี่ยง
- การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

สถิติทางเทคนิค (Technical statistics)

- คำศัพท์พื้นฐานและคำจำกัดความ
- คุณลักษณะต่อเนื่อง (ตัวแปร) และไม่ต่อเนื่อง (แอตทริบิวต์)
- คณิตศาสตร์และการวิเคราะห์เชิงตัวเลข
- โอกาสและความน่าจะเป็น
- การแสดงผลแบบกราฟและการประเมินเชิงตัวเลข
- ความสำคัญของการแจกแจงปกติมาตรฐาน
- แบบจำลองการแจกแจงสำหรับคุณลักษณะแบบไม่ต่อเนื่อง
- ความไม่แน่นอนขององค์ประกอบทางสถิติ

สมรรถนะของเครื่องจักร (Machine performance)

- คุณลักษณะการตรวจสอบ ข้อจำกัด และการคุมตัวอย่าง
- การประเมินและการวิเคราะห์ความผิดปกติ
- การศึกษาความเสถียรและขีดจำกัดความเสถียรสำหรับค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- การคำนวณ P_{mk} , P_{mP} และ P_{mkP} (mk) P_{mk}
- กระบวนการที่มีแนวโน้มซึ่งไม่สามารถกำจัดได้

สมรรถนะของกระบวนการ (Process performance)

- การคุมตัวอย่าง และการคำนวณ P_{pP} , P_{pP} และ P_{pkP} (pk) P_{pk}
- กระบวนการที่มีความเป็นระบบ (systematics) ซึ่งไม่สามารถกำจัดได้
- กระบวนการที่ไม่มีแนวโน้ม (trend)

ความเข้าใจพารามิเตอร์ที่สำคัญ (Understanding critical parameters)

- แบบจำลองกระบวนการแบบกล่องดำ (black box) สำหรับการออกแบบการทดลองทางสถิติ (DoE)
- แนวคิดพื้นที่การทดลอง (Experiment space) และประเภทของการออกแบบการทดลอง
- แนวทางเชิงฟังก์ชันและแบบจำลองความคลาดเคลื่อน (error model) – แนวทางสำหรับการปรับเหมาะ (optimization) ด้วยหลายตัวแปร
- การวิเคราะห์ระบบเพื่อกำหนดตัวแปร ปัจจัย และช่วงการตั้งค่าของปัจจัย
- การออกแบบการทดลองภายใต้ข้อจำกัด แบบจำลองพิเศษ เป็นต้น
- พื้นฐานของการประเมินข้อมูลจากการออกแบบการทดลอง (การถดถอย – regression)
- ขั้นตอนของการวิเคราะห์การถดถอย – เหตุผลของแต่ละขั้นตอน
- ข้อจำกัดของการประเมินข้อมูลในอดีต (historic data)
- ภาพรวมของแนวทางพิเศษ (Robustness, Taguchi, Shainin)

การควบคุมกระบวนการ การกำหนดแผนภูมิควบคุม (Process control, defining control charts)

- พื้นฐานของ SPC
- การกำหนดและรูปแบบการใช้งานของขีดจำกัดการควบคุม (control limits)
- การนำแผนภูมิควบคุมไปใช้สำหรับคุณลักษณะแบบตัวแปร ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน และสำหรับคุณลักษณะแบบแอตทริบิวต์

การควบคุมกระบวนการ การใช้แผนภูมิควบคุม (Process control, using control charts)

- พื้นฐานของ SPC
- ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับขีดจำกัดการควบคุมและแผนภูมิควบคุม
- การใช้งานแผนภูมิควบคุมในทางปฏิบัติ การประเมินผล และการดำเนินการตอบสนอง





6 ภาพรวมของวิธีการ

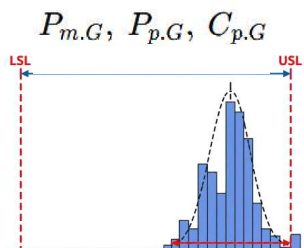
โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com

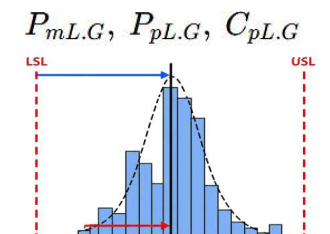


ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ



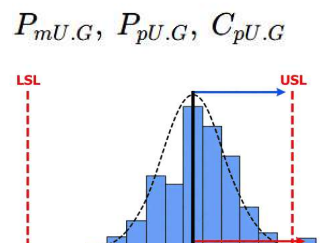
$$\begin{aligned} &= \frac{U - L}{X_{99.865\%} - X_{0.135\%}} \\ &= \frac{U - L}{6s} \end{aligned}$$

ประเมิน **ความกว้างของการกระจายกระบวนการ (Process Spread)** เทียบกับช่วงข้อกำหนด $U - L$ โดยใช้ช่วงคอนไทล์ $X_{0.135\%}$ ถึง $X_{99.865\%}$ โดยยังไม่พิจารณาการเอียงศูนย์ของกระบวนการ



$$\begin{aligned} &= \frac{X_{50\%} - L}{X_{50\%} - X_{0.135\%}} \\ &= \frac{\bar{x} - L}{3s} \end{aligned}$$

ประเมิน **ความสามารถด้านล่าง (Lower-side)** จาก $X_{50\%}$ ถึง LSL เทียบกับการกระจายด้านล่าง $X_{50\%} - X_{0.135\%}$



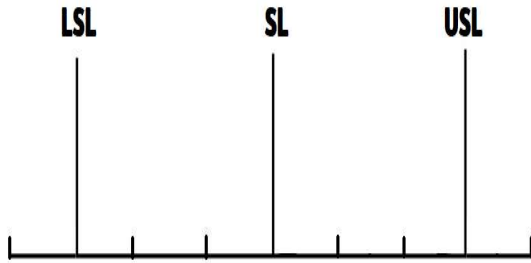
$$\begin{aligned} &= \frac{U - X_{50\%}}{X_{99.865\%} - X_{50\%}} \\ &= \frac{U - \bar{x}}{3s} \end{aligned}$$

ประเมิน **ความสามารถด้านบน (Upper-side)** จาก $X_{50\%}$ ถึง USL เทียบกับการกระจายด้านบน $X_{99.865\%} - X_{50\%}$

Spec 50.05±0.03

$\mu, \bar{X}, \bar{\bar{X}}$ เฉลี่ย = 50.04

$\hat{\sigma}, s$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.007



PP, CP =

PPL, CPL =

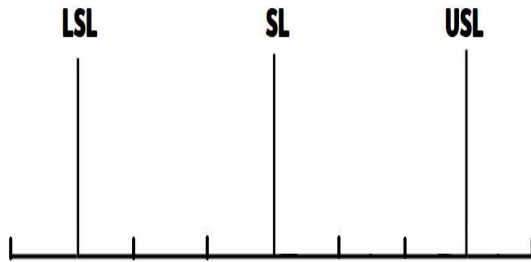
PPU, CPU =

PPK, CPK =

Spec 50.05±0.03

$\mu, \bar{X}, \bar{\bar{X}}$ เฉลี่ย = 50.06

$\hat{\sigma}, s$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.005



PP, CP =

PPL, CPL =

PPU, CPU =

PPK, CPK =

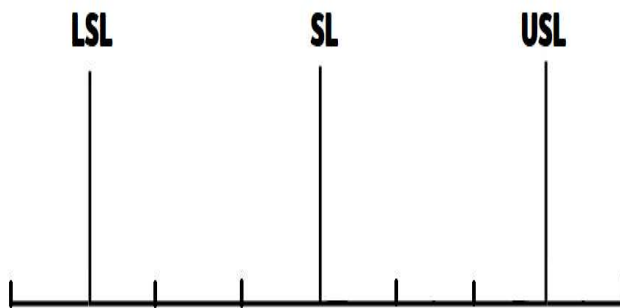


Spec 5 ±0.03

เป้าหมายการทดลองและการผลิต

PP,CP = 2

PPK,CPK = 1.5



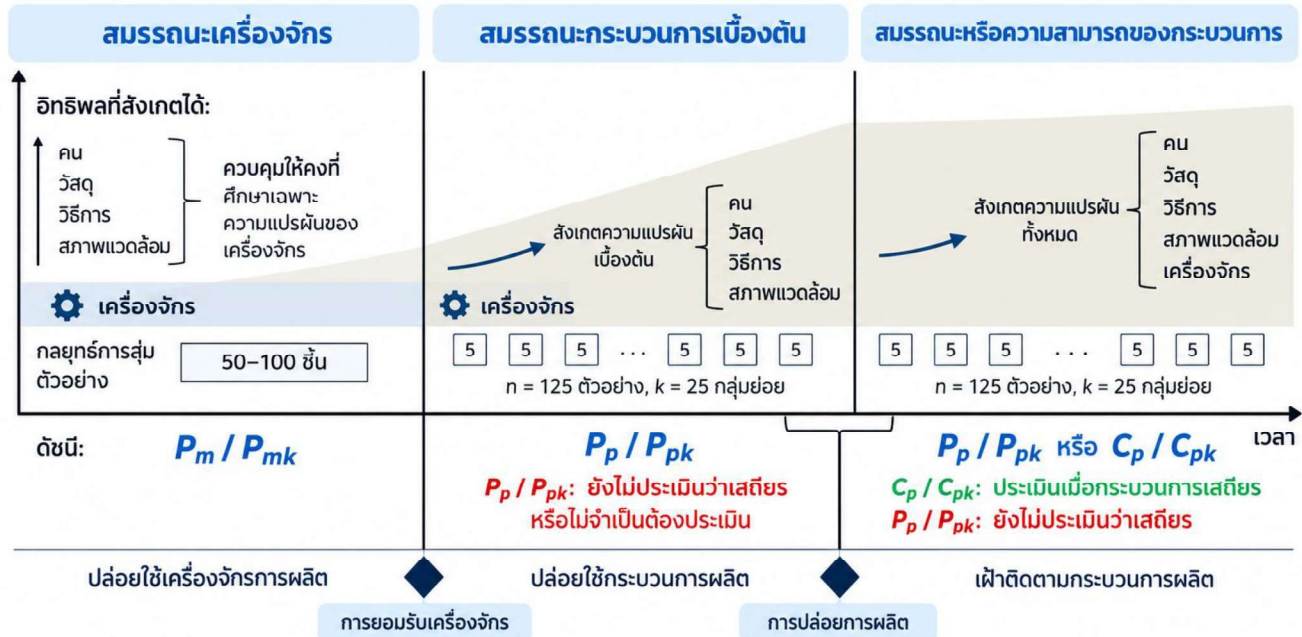
ชั้นที่	ค่าที่ได้
1	4.98
2	5.01
3	5.02

คำถาม - ค่าของชั้นงานต้องอยู่ระหว่างเท่าไรถึงจะทำให้ได้ค่าเป้าหมาย

- ชั้นงาน 3 ชั้นที่ได้จากการปรับจูนนี้สามารถทำให้ได้ค่าเป้าหมายไหม

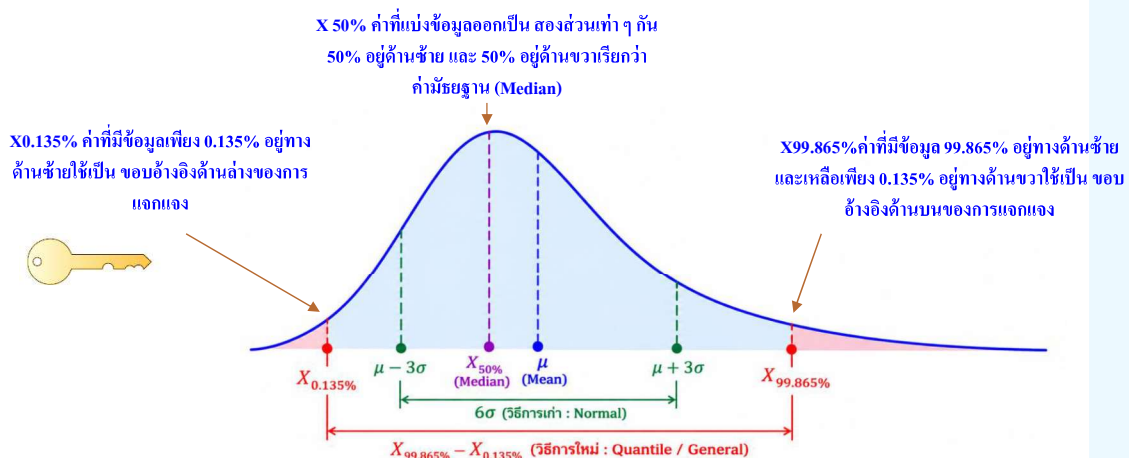


ความสามารถของกระบวนการผลิต



แนวคิด Quantile และการเปรียบเทียบกับวิธี Normal

Quantile (ควอนไทล์) คือ ค่าที่แสดงตำแหน่งของข้อมูลในการแจกแจง โดยบอกว่ามีข้อมูลเป็นสัดส่วนเท่าใดอยู่ต่ำกว่าหรือเท่ากับค่านั้น



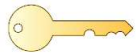
ข้อมูล Non-normal อาจมีการกระจายไม่สมมาตร จึงใช้ Quantile เพื่อกำหนดขอบอ้างอิงด้านล่างและด้านบนตามรูปแบบการแจกแจงของข้อมูล แทนการกำหนดระยะซ้ายและขวาให้เท่ากันด้วย $\pm 3\sigma$

ISO 22514-1 นิยาม reference interval ด้วย $X_{0.135\%}$ และ $X_{99.865\%}$ และระบุว่าในกรณี Normal ช่วงนี้จะเท่ากับ $\pm 3\sigma$ หรือมีความยาว 6σ

ประเด็น	แบบ Normal (เดิม) ใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แบบ Quantile / General (ใหม่) ใช้ตำแหน่งควอนไทล์ของการแจกแจง
จุดกึ่งกลาง	Mean $\bar{X}$ หรือ μ	$X_{50\%}$ = Median (ค่ามัธยฐาน)
ขอบล่าง	$\mu - 3\sigma$	$X_{0.135\%}$
ขอบบน	$\mu + 3\sigma$	$X_{99.865\%}$
ช่วงกระจาย	6σ	$X_{99.865\%} - X_{0.135\%}$
รูปทรงการแจกแจง	สมมาตรแบบ Normal	รองรับ Normal และ Non-normal
ระยะซ้าย/ขวา	เท่ากัน $3\sigma / 3\sigma$	ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน

วิธีตามอนุกรม ISO 22514 และ ISO 3534 สำหรับคำนวณดัชนีความสามารถและสมรรถนะของเครื่องจักรและกระบวนการ คือ วิธีเรขาคณิตทั่วไป บางครั้งเรียกว่า “วิธีควอนไทล์” และ “วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์”

- อธิบายตำแหน่งของแกนกลางของการแจกแจง 99.73% เมื่อเทียบกับพิสัยความเผื่อ
 - ให้ข้อมูลว่า การลดความแปรผัน หรือการเลื่อนตำแหน่งของกระบวนการ จะช่วยปรับปรุงความสามารถหรือไม่
 - การเลื่อนกระบวนการที่จำเป็นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพดัชนีความสามารถ สามารถคำนวณได้โดยตรงจากดัชนี
 - ให้การตีความความแปรผันและตำแหน่งของการแจกแจงที่ระบุได้อย่างสม่ำเสมอ และใช้ได้กับโมเดลการแจกแจงทั้งหมด
- วิธีการคำนวณเหมือนกันสำหรับดัชนี $P_{m.G} / P_{mk.G}$, $P_{p.G} / P_{pk.G}$ และ $C_{p.G} / C_{pk.G}$ ตามอนุกรม ISO 22514 และ ISO 3534



วิธีการคำนวณของ ISO ใช้สูตรที่แสดงด้านล่าง สูตรต่อไปนี้จะใช้ได้ทั้งสำหรับดัชนีความสามารถและดัชนีสมรรถนะ

$$P_{m.G}, P_{p.G}, C_{p.G} = \frac{\text{Tolerance}}{99.73\% \text{ process spread}} = \frac{U - L}{X_{99.865\%} - X_{0.135\%}}$$

$$P_{mU.G}, P_{pU.G}, C_{pU.G} = \frac{U - X_{50\%}}{X_{99.865\%} - X_{50\%}}$$

$$P_{mL.G}, P_{pL.G}, C_{pL.G} = \frac{X_{50\%} - L}{X_{50\%} - X_{0.135\%}}$$

$$P_{mk.G}, P_{pk.G}, C_{pk.G} = \min \left(\frac{U - X_{50\%}}{X_{99.865\%} - X_{50\%}}, \frac{X_{50\%} - L}{X_{50\%} - X_{0.135\%}} \right)$$



โดยที่ $X_{0.135\%}$ และ $X_{99.865\%}$ คือ ควอนไทล์ 0.135% และ 99.865% ของการแจกแจงที่ใช้ปรับข้อมูลกระบวนการ



Normal Distribution Case ฟังก์ชันการประมาณค่าเหล่านี้สอดคล้องกับสูตรที่ทราบดังนี้

$$P_{m.G}, P_{p.G}, C_{p.G} = \frac{\text{Tolerance}}{99.73\% \text{ process spread}} = \frac{U - L}{6s}$$

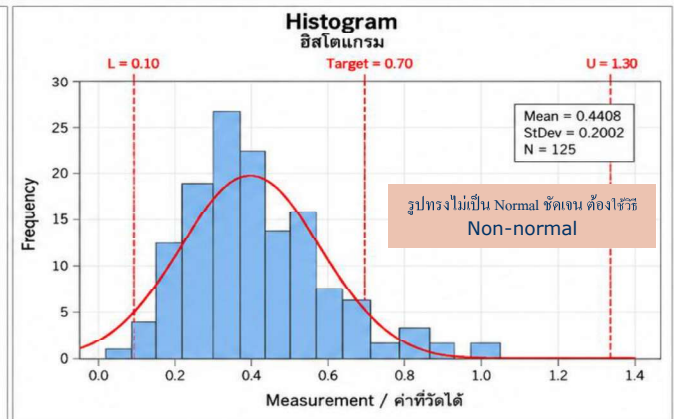
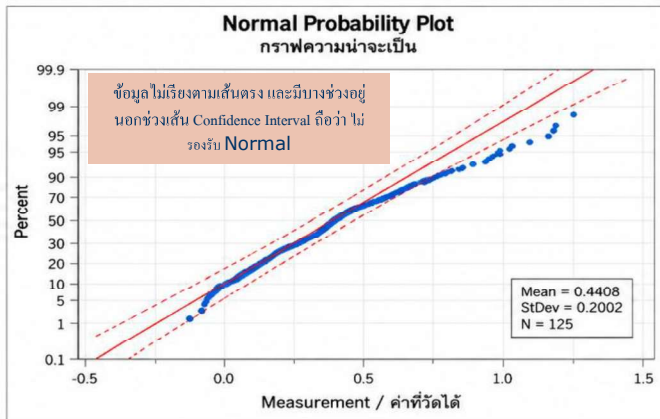
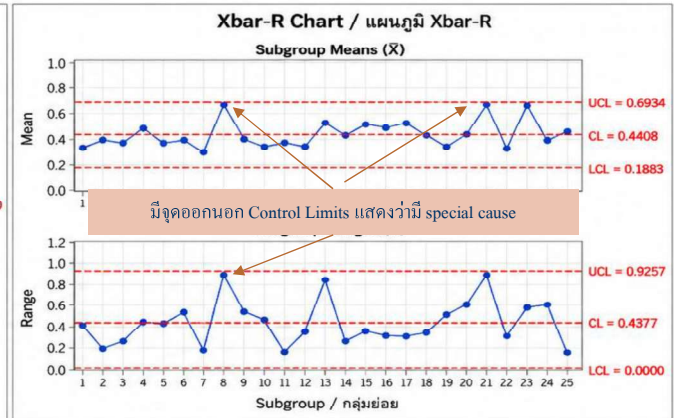
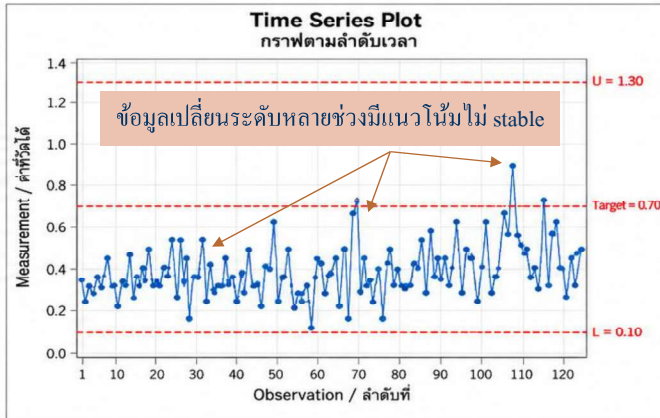
$$P_{mU.G}, P_{pU.G}, C_{pU.G} = \frac{U - \bar{x}}{3s}$$

$$P_{mL.G}, P_{pL.G}, C_{pL.G} = \frac{\bar{x} - L}{3s}$$

$$P_{mk.G}, P_{pk.G}, C_{pk.G} = \min \left(\frac{U - \bar{x}}{3s}, \frac{\bar{x} - L}{3s} \right)$$

$$\text{โดย } s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีคำนวณตัวประมาณค่าของตำแหน่งและการกระจาย ระบุไว้ใน ISO 22514-2 นอกจากวิธีที่กล่าวถึงแล้ว $X_{0.135\%}$ และ $X_{99.865\%}$ สามารถได้จากชุดข้อมูลรวม โดยใช้ควอนไทล์เชิงประจักษ์ เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่เพียงพอ ตามแนวทางทั่วไป **ต้องมีค่าสังเกตอย่างน้อย 2000 ค่า สำหรับการกำหนดควอนไทล์เชิงประจักษ์** องค์การที่ประมาณความกว้างของการแจกแจงด้วยแนวทางนี้ ต้องทำให้มั่นใจว่าวิธีถูกประยุกต์ใช้อย่างถูกต้อง และเงื่อนไขขอบเขตเป็นไปตามระดับความเชื่อมั่นที่เพียงพอของผลลัพธ์



3 นำ quantile ไปคำนวณ Pp.G, PpL.G, PpU.G, Ppk.G

โดย $Spec = 0.70 \pm 0.60, \quad L = 0.10, \quad U = 1.30, \quad Tolerance = 1.20$

$$P_{m.G}, P_{p.G}, C_{p.G} = \frac{U - L}{X_{99.865\%} - X_{0.135\%}} = \frac{1.30 - 0.10}{1.0415638297 - (-0.1598678297)} \quad P_{m.G}, P_{p.G}, C_{p.G} = 0.998808$$

$$P_{mL.G}, P_{pL.G}, C_{pL.G} = \frac{X_{50\%} - L}{X_{50\%} - X_{0.135\%}} = \frac{0.440848 - 0.10}{0.440848 - (-0.1598678297)} \quad P_{mL.G}, P_{pL.G}, C_{pL.G} = 0.567403$$

$$P_{mU.G}, P_{pU.G}, C_{pU.G} = \frac{U - X_{50\%}}{X_{99.865\%} - X_{50\%}} = \frac{1.30 - 0.440848}{1.0415638297 - 0.440848} \quad P_{mU.G}, P_{pU.G}, C_{pU.G} = 1.430214$$

$$P_{mk.G}, P_{pk.G}, C_{pk.G} = \min \left(\frac{U - X_{50\%}}{X_{99.865\%} - X_{50\%}}, \frac{X_{50\%} - L}{X_{50\%} - X_{0.135\%}} \right) = \min(1.430214, 0.567403) \quad P_{mk.G}, P_{pk.G}, C_{pk.G} = 0.567403$$

$$N = 125 \quad p = \frac{\text{Percentile}}{100}$$

$$0.135\% \rightarrow p = 0.00135$$

$$50\% \rightarrow p = 0.50000$$

$$99.865\% \rightarrow p = 0.99865$$

หา ตำแหน่งลำดับ r ของแต่ละเปอร์เซ็นต์ไทล์จากข้อมูลที่เรียง

$$r = 1 + (N - 1)p$$

อันดับของ $X_{0.135\%}$

$$r = 1 + (125 - 1)(0.00135)$$

$$r = 1.16740$$

อันดับของ $X_{50\%}$

$$r = 1 + (125 - 1)(0.50000)$$

$$r = 63.00000$$

อันดับของ $X_{99.865\%}$

$$r = 1 + (125 - 1)(0.99865)$$

$$r = 124.83260$$



เมื่อ r ไม่เป็นจำนวนเต็ม ใช้สูตร



$$X_p = x_{(i)} + d(x_{(i+1)} - x_{(i)})$$

i = เลขจำนวนเต็มก่อนหน้า

d = ส่วนทศนิยมของตำแหน่ง r

อันดับของ $X_{0.135\%}$

$$r = 1.16740$$

$$x_{(1)} = 0.137$$

$$x_{(2)} = 0.138$$

$$X_{0.135\%} = x_{(1)} + d(x_{(2)} - x_{(1)})$$

$$= 0.137 + 0.16740(0.138 - 0.137)$$

$$X_{0.135\%} = 0.13717$$

อันดับของ $X_{50\%}$

$$r = 63.00000$$

$$x_{(63)} = 0.402$$

$$X_{50\%} = 0.40200$$

อันดับของ $X_{99.865\%}$

$$r = 124.83260$$

$$x_{(124)} = 1.068$$

$$x_{(125)} = 1.154$$

$$X_{99.865\%} = x_{(124)} + d(x_{(125)} - x_{(124)})$$

$$= 1.068 + 0.83260(1.154 - 1.068)$$

$$X_{99.865\%} = 1.13960$$





Ref : ISO 22514-4:2016 C.3

Log-normal distribution

โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com



ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ



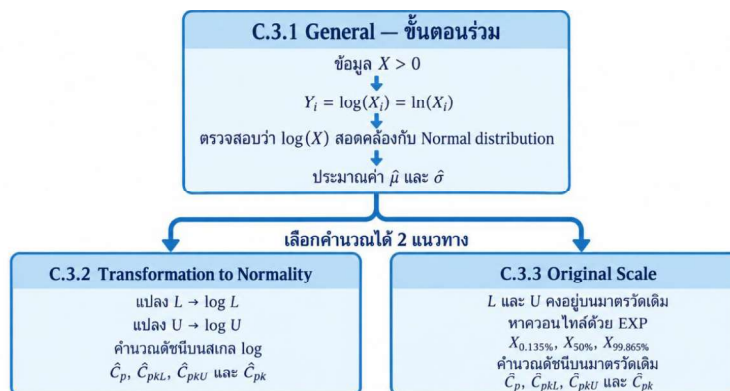
Ref : ISO 22514-4:2016 C.3 Log-normal distribution , p38

การแจกแจงนี้ใช้กับข้อมูลที่มีค่าเป็นบวกทั้งหมด ($X > 0$) และมีลักษณะเบ้ไปทางขวา โดยเมื่อนำข้อมูลมาแปลงด้วยลอการิทึมธรรมชาติ $\ln(X)$ แล้วข้อมูลควรมีลักษณะสอดคล้องกับการแจกแจงปกติ

ตัวอย่างข้อมูลที่เหมาะสำหรับการแจกแจงลอการิทึมปกติ เช่น

- Lifetime หรืออายุการใช้งานของ Bearing ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และอุปกรณ์เครื่องจักร
- Repair time หรือระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมเครื่องจักร
- Process time หรือระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งอาจมีบางรายการใช้เวลานานกว่าปกติ
- Wear amount หรือปริมาณการสึกหรอของเพล่า แบริ่ง และเครื่องมือตัด
- Surface roughness หรือค่าความหยาบผิวของชิ้นงานหลังการตัดเฉือน
- Particle size หรือขนาดอนุภาคของผง วัสดุดิบ และสิ่งปนเปื้อน
- Leakage rate หรืออัตราการรั่วของวาล์ว ซีล และระบบแรงดัน

ข้อมูลต้องมีค่าเป็นบวกทั้งหมด ($X > 0$) มีลักษณะเบ้ไปทางขวา และเมื่อแปลงด้วย $\ln(X)$ แล้วควรสอดคล้องกับการแจกแจงปกติ



C.3.3 การแจกแจงลอกลอนอร์มอล — มาตรฐานวัดเดิม

ควอนไทล์ของการแจกแจงลอกลอนอร์มอลคือ

$$X_\alpha = \exp(\sigma\Phi^{-1}(\alpha) + \mu)$$

โดยที่ Φ^{-1} คือฟังก์ชันผกผันของฟังก์ชันการแจกแจงของการแจกแจงปกติมาตรฐาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

$$X_{0,135\%} = e^{-3\sigma+\mu}$$

$$X_{50\%} = e^\mu$$

$$X_{99,865\%} = e^{3\sigma+\mu}$$

และค่าประมาณของดัชนีคือ

$$\hat{C}_p = \frac{U - L}{e^{3\hat{\sigma}+\hat{\mu}} - e^{-3\hat{\sigma}+\hat{\mu}}}$$

$$\hat{C}_{pkU} = \frac{U - e^{\hat{\mu}}}{e^{3\hat{\sigma}+\hat{\mu}} - e^{\hat{\mu}}}$$

$$\hat{C}_{pkL} = \frac{e^{\hat{\mu}} - L}{e^{\hat{\mu}} - e^{-3\hat{\sigma}+\hat{\mu}}}$$

ค่าดัชนีเหล่านี้จะแตกต่างกันเชิงตัวเลขจากค่าที่ได้โดยใช้วิธีการแปลงข้อมูลตามข้อ C.3.2 เจ้าของกระบวนการที่มีชิ้นงานซึ่งแจกแจงแบบลอกลอนอร์มอลสามารถพัฒนา "ความรู้สึก" หรือความเข้าใจต่อค่าดัชนีเหล่านี้ได้ แต่ไม่ควรตีความค่าดัชนีเหล่านี้โดยอ้างอิงจุดตัดสินใจกับดัชนีซึ่งคำนวณจากข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติเป็นประจํา

ity

ing

สัดส่วนโดยประมาณของชิ้นงานที่อยู่นอกข้อกำหนดจำเพาะคำนวณโดยใช้ขีดจำกัดข้อกำหนดจำเพาะและฟังก์ชันการแจกแจงของการแจกแจงลอกลอนอร์มอล ดังนั้น

$$\hat{p}_L = \Phi\left(\frac{\log L - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}}\right)$$

และ

$$\hat{p}_U = 1 - \Phi\left(\frac{\log U - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}}\right)$$

ค่าประมาณเหล่านี้เหมือนกันทุกประการกับค่าที่ได้โดยใช้วิธีการแปลงข้อมูลในข้อ C.3.2

Deviation Square Table / ตารางค่า (Yi - Ybar)²

$\bar{Y} = Ybar = -0.91841$

Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	SUM
x 1	0.10747	0.00038	0.14710	0.00496	0.03479	0.21519	0.24630	0.00459	0.06228	0.27446	0.00863	0.06395	0.41862	0.04614	0.11585	0.02532	0.00015	0.01773	0.28518	0.59134	0.46386	0.02865	0.03393	0.02013	0.02600	3.24300
x 2	0.08346	0.03636	0.07200	0.48340	0.17572	0.23427	0.63423	0.15869	0.09929	0.01881	0.00048	0.03175	0.94838	0.00011	0.13324	0.18707	0.16749	0.17724	0.31876	0.02138	0.20107	0.26736	0.17296	0.03620	0.03795	4.69765
x 3	1.12804	0.00259	0.00589	0.01374	0.52054	0.65215	0.04351	0.16342	0.00217	0.00901	0.01803	0.01374	0.28069	0.09771	0.03557	0.12820	0.02388	0.09359	0.57492	0.45227	0.36280	0.03975	0.61066	0.01803	0.07511	5.36602
x 4	0.13346	0.05457	0.09143	0.04719	0.43754	0.14875	0.00901	0.49384	1.14354	0.48447	0.00130	0.19043	0.00015	0.08580	0.23180	0.07406	0.23778	0.09349	0.00005	0.00017	0.44026	0.10629	0.67914	0.94491	0.00752	6.13696
x 5	0.00780	0.00000	0.01333	0.01246	0.08939	0.34635	0.09987	1.12709	0.26363	0.62544	0.16168	0.74888	0.07238	0.12820	0.08362	0.14222	0.03479	0.18546	0.14430	0.00011	0.96865	0.07238	0.25443	0.39782	0.01891	5.99919

$\sum (Y_i - \bar{Y})^2$ 25.44282

2. หาค่า $\hat{\mu}$, $\hat{\sigma}^2$ และ $\hat{\sigma}$ จากข้อมูลหลังแปลง $\log(X)$

$$\hat{\mu} = \bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i = \frac{-114.80140}{125} \quad \boxed{\hat{\mu} = -0.918411}$$

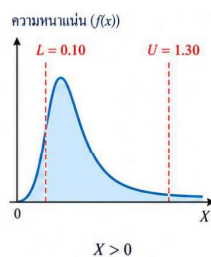
$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 = \frac{25.44282}{124} \quad \boxed{\hat{\sigma}^2 = 0.205184}$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2} = \sqrt{0.205184} \quad \boxed{\hat{\sigma} = 0.452972}$$

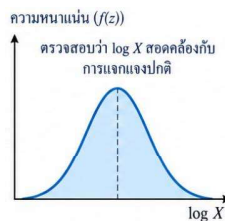


C.3.2 การแจกแจงลอการิธึม — การแปลงให้เป็นการแจกแจงปกติ

เป็นวิธีประเมินความสามารถกระบวนการของข้อมูล Log-normal โดยแปลงข้อมูลและขีดจำกัดข้อกำหนดจำเพาะด้วยลอการิธึมธรรมชาติ $\log X = \ln X$ เพื่อให้ข้อมูลอยู่บนมาตราที่มีการแจกแจงปกติ แล้วจึงใช้สูตรในข้อ C.3.2



$\log X = \ln X$



$$\begin{aligned} \hat{C}_p &= \frac{\log U - \log L}{6\hat{\sigma}} \\ \hat{C}_{pkU} &= \frac{\log U - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}} \\ \hat{C}_{pkL} &= \frac{\hat{\mu} - \log L}{3\hat{\sigma}} \end{aligned}$$

วิธีคำนวณ C.3.2 — Transformation to Normality

ค่าที่ได้จาก C.3.1:

$$Spec = 0.70 \pm 0.60, \quad L = 0.10, \quad U = 1.30, \quad Tolerance = 1.20$$

$$\hat{\mu} = -0.918411$$

$$\hat{\sigma} = 0.452972$$

โดย ISO กำหนดให้แปลงขีดจำกัดข้อกำหนดจำเพาะก่อน:

$$U \longrightarrow \log U$$

$$L \longrightarrow \log L$$

และ $\log$ หมายถึงลอการิธึมธรรมชาติ:

$$\log U = \ln(U), \quad \log L = \ln(L)$$



1.หาค่า ควอนไทล์ จาก μ และ σ เดิม

ควอนไทล์บนมาตรฐานวัดเดิม

$$X_\alpha = \exp(\sigma\Phi^{-1}(\alpha) + \mu)$$

$$X_{0.135\%} = e^{-3\sigma+\mu} = e^{-3(0.452972)+(-0.918411)} = e^{-2.277327}$$

$$X_{0.135\%} = 0.102558$$

Excel/เครื่องคิดเลข = EXP(-2.277327) = 0.102558

$$X_{50\%} = e^\mu = e^{-0.918411}$$

$$= e^{-0.918411}$$

$$X_{50\%} = 0.399153$$

$$X_{99.865\%} = e^{3\sigma+\mu} = e^{3(0.452972)+(-0.918411)} = e^{0.440505}$$

$$X_{99.865\%} = 1.553492$$



EXP : Exponential Function — ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล เป็นฟังก์ชันผกผันของลอการิทึมธรรมชาติ เพื่อแปลงค่าจากมาตรลอการิทึมกลับไปยังมาตรวัดเดิม



2. ประเมินความสามารถกระบวนการใช้ ควอนไทล์ ที่คำนวณได้

ข้อมูลเดิมจาก C3.1 Spec = 0.70 ± 0.60, L = 0.10, U = 1.30, Tolerance = 1.20

$$\hat{\mu} = -0.918411$$

$$\hat{\sigma} = 0.452972$$

$$P_{m.G}, P_{p.G}, C_{p.G} = \frac{U - L}{e^{3\hat{\sigma}+\hat{\mu}} - e^{-3\hat{\sigma}+\hat{\mu}}} = \frac{1.30 - 0.10}{1.553492 - 0.102558}$$

$$= 0.827054$$

$$P_{mL.G}, P_{pL.G}, C_{pL.G} = \frac{e^{\hat{\mu}} - L}{e^{\hat{\mu}} - e^{-3\hat{\sigma}+\hat{\mu}}} = \frac{0.399153 - 0.10}{0.399153 - 0.102558}$$

$$= 1.008624$$

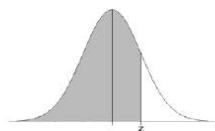
$$P_{mU.G}, P_{pU.G}, C_{pU.G} = \frac{U - e^{\hat{\mu}}}{e^{3\hat{\sigma}+\hat{\mu}} - e^{\hat{\mu}}} = \frac{1.30 - 0.399153}{1.553492 - 0.399153}$$

$$= 0.780401$$

$$P_{mk.G}, P_{pk.G}, C_{pk.G} = \min(1.008624, 0.780401) = 0.780401$$



Standard Normal Cumulative Probability Table



Cumulative probabilities for POSITIVE z-values are shown in the following table:

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998



🔑 Ref : ISO 22514-4:2016 C.4 Rayleigh distribution การแจกแจงเรย์ลีย์, p39

การแจกแจงนี้ใช้เฉพาะเพื่ออธิบายตำแหน่ง ความเยื้องศูนย์ และ run-off ใน

ปัญหาสองมิติ ในสถานการณ์เหล่านี้ เป็นลักษณะปกติที่จะมีเพียงขีดจำกัด

ข้อกำหนดด้านเดียว คือ Upper เช่น

- Position error ของรูเจาะจากกระบวนการ CNC
- Eccentricity ระหว่างรูในกับผิวนอก
- Run-out ของเพลลา หรือชิ้นส่วนหมุน
- Radial error ของ wheel hub หรือ bearing seat
- Offset distance ของชิ้นงานจากตำแหน่งอ้างอิง

การแจกแจงเรย์ลีย์ มีฟังก์ชันการแจกแจงดังนี้

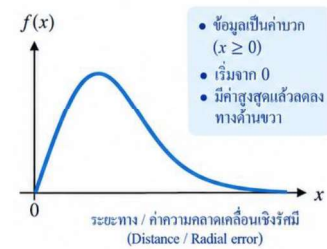
$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x^2}{2\theta^2}\right)$$

โดยที่ $x > 0$ และ θ เป็นพารามิเตอร์บวก ถ้า $X_1, \dots, X_N$ เป็นตัวอย่างจากการแจกแจงเรย์ลีย์ พารามิเตอร์ θ ถูกประมาณได้โดย

$$\hat{\theta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N X_i^2}{2N}}$$

และสัดส่วนโดยประมาณของชิ้นงานนอกข้อกำหนดให้โดย

$$\hat{p}_U = \exp\left(-\frac{NU^2}{\sum_{i=1}^N X_i^2}\right)$$



2 หา Rayleigh parameter $\hat{\theta}$

$$\hat{\theta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N X_i^2}{2N}} = \sqrt{\frac{29.265212}{2(125)}} \quad \boxed{\hat{\theta} = 0.34214}$$

3 ค่า $F(U)$ สัดส่วนโดยประมาณของค่าผลการวัดที่ไม่เกิน Upper Specification Limit

$$x = U \quad Spec = 0.70 \pm 0.60, \quad L = 0.10, \quad U = 1.30$$

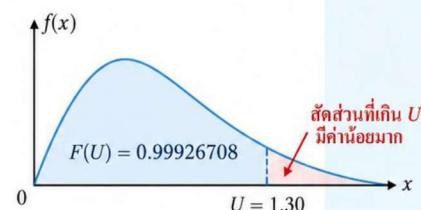
โดย ความน่าจะเป็นที่ค่าผลการวัด X จะไม่เกินค่า x

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x^2}{2\theta^2}\right)$$

$$F(x) = P(X \leq x)$$

$$= 1 - \exp\left(-\frac{1.30^2}{2(0.34214)^2}\right)$$

$$\boxed{F(U) = 0.99926708}$$

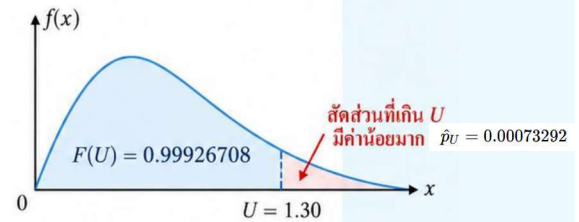


🔑 Rayleigh distribution ตาม ISO C.4 มักใช้กับข้อกำหนดด้านเดียว คือ Upper Specification Limit



4. หาสัดส่วนชิ้นงานนอกข้อกำหนดด้านบน

$$\begin{aligned}\hat{p}_U &= \exp\left(-\frac{NU^2}{\sum_{i=1}^N X_i^2}\right) \\ &= \exp\left(-\frac{125(1.30)^2}{29.265212}\right) \\ \hat{p}_U &= 0.00073292\end{aligned}$$



การควบคุมกระบวนการด้วยสถิติ

STATISTICAL PROCESS CONTROL

AIAG & VDA SPC 1st

ด้วย Excel or Minitab

หลักสูตร 3 วัน



ISO 22514-4 C.6
Folded half-normal

โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com



ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ

C.6 การแจกแจงปกติครึ่งหนึ่งแบบพับ (Folded half-normal distribution)

การแจกแจงปกติครึ่งหนึ่งแบบพับมักใช้เพื่ออธิบายความแปรผันของคุณลักษณะที่ข้อกำหนดของคุณลักษณะนั้นรวมถึงความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต สถานการณ์นี้ทำให้เกิดข้อกำหนดด้านเดียว โดยทั่วไปจะใช้ในกรณีที่มีการระบุคุณลักษณะทางเรขาคณิต รูปทรง และทิศทาง

การแจกแจงปกติครึ่งหนึ่งแบบพับ ซึ่งมีพารามิเตอร์ μ และ σ มีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นดังนี้:

$$f(x) = \frac{2}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{|X - \mu|}{\sigma} \right]^2 \right\}$$

โดยที่

$$0 \leq X < \infty$$

การแจกแจงปกติครึ่งหนึ่งแบบพับเป็นส่วนหนึ่งของการแจกแจงปกติ ดังนั้น สัดส่วนโดยประมาณของการแจกแจงจึงสามารถหาได้โดยใช้ตารางการแจกแจงปกติมาตรฐาน และนำค่าจากตารางที่เหมาะสมมาคูณด้วย 2



5 นำ quantile ไปคำนวณ $P_{p.G}$, $P_{pL.G}$, $P_{pU.G}$, $P_{pk.G}$

โดย Spec

$$L^* = 0.00, \quad U = 1.30$$

และ

$$X_{0.135\%} = 0.000819 \quad X_{50\%} = 0.326359 \quad X_{99.865\%} = 1.550840$$

$$P_{p.G} = \frac{U - L^*}{X_{99.865\%} - X_{0.135\%}} = \frac{1.30 - 0.00}{1.550840 - 0.000819}$$

$$P_{p.G} = 0.838698$$

กรณีมีข้อกำหนดเฉพาะด้านบน:

$$P_{pk.G} = P_{pU.G} = \frac{U - X_{50\%}}{X_{99.865\%} - X_{50\%}} = \frac{1.30 - 0.326359}{1.550840 - 0.326359}$$

$$P_{pk.G} = P_{pU.G} = 0.795146$$



6. คำนวณสัดส่วนที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้านบน

หาค่า Probability จาก Standard Normal Table

$$z_U = \frac{U - \mu}{\hat{\sigma}} = \frac{1.30 - 0}{0.483861}$$

$$\Phi(2.686721) = \underline{0.996392}$$

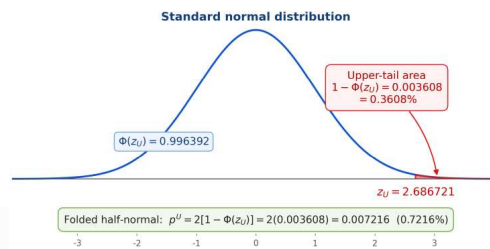
พื้นที่หางด้านบนของการแจกแจงปกติคือ

$$1 - \Phi(2.686721) = 1 - 0.996392 = 0.003608$$

พื้นที่หางด้านบนของการแจกแจงปกติของ Folded half-normal ต้องคูณด้วย 2:

$$p^U = 2[1 - \Phi(z_U)] = 2(1 - 0.996392) \quad p^U = 0.007216 = \underline{0.7216\%}$$

$$= 2 * (1 - \text{NORM.S.DIST}(1.30/0.483861, \text{TRUE}))$$



สรุป:

ประมาณร้อยละ 0.7216 หรือประมาณ 7,216 PPM ของกระบวนการมีค่าเกินข้อกำหนดด้านบน $U = 1.30$ ซึ่งสอดคล้องกับผล $P_{pk.G} = 0.795146 < 1$ ว่ากระบวนการยังไม่มีความสามารถเพียงพอด้านบน

6.8.2.3 วิธีสัดส่วนเกินข้อกำหนด / วิธี z-Score

Exceedance Proportion Method / z-Score Method

“วิธี z-Score” เป็นวิธีการคำนวณสมรรถนะที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งวัดสัดส่วนของชิ้นงานที่อยู่นอกข้อกำหนด (Out of Specification: OOS) วิธีนี้เป็นการวัดความสามารถของกระบวนการในการผลิตชิ้นงานให้อยู่ภายในขีดจำกัดข้อกำหนดที่ระบุไว้ “วิธี z-Score” อธิบายสัดส่วน OOS โดยประมาณในรูปของดัชนีความสามารถของการแจกแจงปกติมาตรฐาน ซึ่งหมายความว่า ดัชนีความสามารถจะสัมพันธ์กับสัดส่วน OOS ที่คงที่เสมอ โดยไม่ขึ้นอยู่กับการแจกแจงที่สังเกตได้

ในการคำนวณค่าที่สมมูลสำหรับการแจกแจงไม่ปกติของดัชนี $P_{pk,Z}$ จะใช้ฟังก์ชันความหนาแน่น $f(x)$ ของการแจกแจงไม่ปกติที่ประมาณค่าไว้ เพื่อกำหนดสัดส่วนที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ตัวอย่างเช่น พื้นที่ของการแจกแจงไม่ปกติที่อยู่นอกขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบนและด้านล่าง:

$$p_L = \int_{-\infty}^L f(x) dx$$

$$p_U = \int_U^{\infty} f(x) dx$$



ค่าเหล่านี้จะถูกแปลงเป็นค่า z โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมผกผันของการแจกแจงปกติมาตรฐาน กล่าวคือ ค่า z_L และ z_U ในสมการต่อไปนี้จะถูกกำหนดให้เป็นไปตามเงื่อนไขดังนี้:

$$z_L = \Phi^{-1}(p_L) = z_L : p_L = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_L} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

$$z_U = \Phi^{-1}(1 - p_U) = z_U : 1 - p_U = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_U} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

โดยที่ $\Phi^{-1}(p)$ คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสมผกผันของการแจกแจงปกติมาตรฐาน จากนั้น:

$$P_{pk,Z} = \frac{\min(-z_L, z_U)}{3}$$

และ

$$P_{p,Z} = \frac{-z_L + z_U}{6}$$

ในกรณีของการแจกแจงปกติ วิธีการทั้งสองให้ผลลัพธ์เหมือนกัน



2. หาค่า $\hat{\mu}$ และ $\hat{\sigma}$ ของข้อมูลหลังแปลง Log(X)

$$\hat{\mu} = \bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i = \frac{-114.80140}{125} \quad \boxed{\hat{\mu} = -0.918411}$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2} = \sqrt{\frac{25.442820}{125-1}} \quad \boxed{\hat{\sigma} = 0.452972}$$

3. หาสัดส่วนชิ้นงานที่อยู่นอกข้อกำหนดด้านล่างและด้านบน pL และ pU

$$p_L = \Phi\left(\frac{\ln(L) - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}}\right) = \Phi\left(\frac{\ln(0.10) - (-0.918411)}{0.452972}\right)$$

$$p_U = 1 - \Phi\left(\frac{\ln(U) - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}}\right) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln(1.30) - (-0.918411)}{0.452972}\right)$$



หาค่า $\Phi(z)$ จาก Standard Normal Table

$$= \Phi(-3.055761)$$

$$= \text{NORM.S.DIST}(-3.055761, \text{TRUE})$$

$$\boxed{p_L = 0.00112245}$$

$$p_L = 0.112245\%$$

$$= 1 - \Phi(2.606729)$$

$$= 1 - \text{NORM.S.DIST}(2.606729, \text{TRUE})$$

$$\boxed{p_U = 0.00457058}$$

$$p_U = 0.457058\%$$

โอกาสเกิดของเสียด้าน U มีค่ามากกว่า L

4. แปลงสัดส่วนที่อยู่นอกข้อกำหนดเป็นค่า z_L และ z_U ตามสูตร AIAG & VDA SPC

$$z_L = \Phi^{-1}(p_L) = \Phi^{-1}(0.00112245)$$

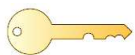
$$\boxed{z_L = -3.055761}$$

$$= \text{NORM.S.INV}(0.00112245)$$

$$z_U = \Phi^{-1}(1 - p_U) = \Phi^{-1}(1 - 0.00457058)$$

$$\boxed{z_U = 2.606729}$$

$$= \text{NORM.S.INV}(1 - 0.00457058)$$



หาค่า z จาก Standard Normal Table

วิธีการหาค่า z_p จาก Standard Normal Table

1. ค้นหา Probability ใน Standard Normal Table ที่ใกล้เคียงกับ

ต.ย. $\Phi(z_L) = 0.00112245$

2. ดูค่า z_p จากแถว/คอลัมน์ที่พบค่า P ที่ตรงกัน

ต.ย. $z = -3.05$

Standard Normal Cumulative Probability Table

Cumulative probabilities for NEGATIVE z-values are shown in the following table:

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048



	General Geometric Method	z-Score Method
Step 1	ค้นหาแบบจำลองการแจกแจงที่สามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างเพียงพอ	
Step 2	คำนวณจากแบบจำลองการแจกแจง ...	
	• สัดส่วนที่อยู่นอกข้อกำหนด • ควอนไทล์: ◦ ขีดจำกัดการกระจายด้านล่าง $X_{0.135}\%$ ◦ ค่ากลาง $X_{50}\%$ ◦ ขีดจำกัดการกระจายด้านบน $X_{99.865}\%$	• สัดส่วนที่อยู่นอกข้อกำหนด ◦ p_L ที่ขีดจำกัดด้านล่าง L ◦ p_U ที่ขีดจำกัดด้านบน U • ค่า z ที่สอดคล้องกันสำหรับการแจกแจงปกติที่มีสัดส่วนอยู่นอกข้อกำหนดเท่ากัน • หมายเหตุ: มีกรณีที่ไม่สามารถคำนวณ z_L หรือ z_U ได้เนื่องจาก p_L หรือ p_U มีค่าเป็น 0 หรือ 1 ตัวอย่างเช่น ขีดจำกัดข้อกำหนดที่อยู่นอกขอบเขตของการแจกแจงแบบตัดปลาย
Step 3	คำนวณดัชนีจาก ...	
	• ควอนไทล์	• ค่า z
Step 4	หาข้อมูลจากดัชนีเกี่ยวกับ ...	
	• ความแปรผันของกระบวนการ/การกระจายของแกนกลางกระบวนการ (99.73%) ที่สัมพันธ์กับพิสัยความเผื่อ (Pp.G, Cp.G) • ตำแหน่งของกระบวนการที่สัมพันธ์กับจุดศูนย์กลางของพิสัยความเผื่อ (Ppk.G, Cpk.G)	• สัดส่วนที่อยู่นอกข้อกำหนด ซึ่งเข้ารหัสเป็น Pp.Z, Ppk.Z
Step 5	หาข้อมูลเพิ่มเติมจากการวิเคราะห์กระบวนการเกี่ยวกับ ...	
	• สัดส่วนที่อยู่นอกข้อกำหนด (ppm)	• สัดส่วนที่คำนวณไว้แล้วใน Step 2



การควบคุมกระบวนการด้วยสถิติ

STATISTICAL PROCESS CONTROL

AIAG & VDA SPC 1st

ด้วย Excel or Minitab

หลักสูตร 3 วัน



6.8.2.2 One-Sided Specification Limits ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านเดียว

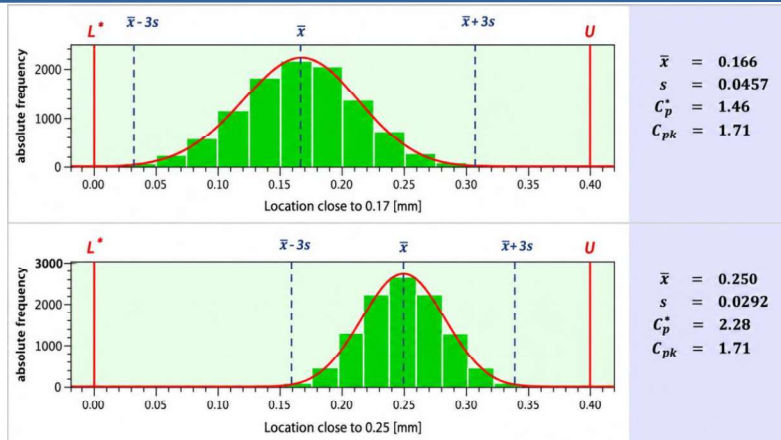
โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com



ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ



รูปที่ 6-6: ความสามารถสำหรับลักษณะเฉพาะด้านเดียวที่ถูกจำกัดตามธรรมชาติ (L^* สำหรับ “ขีดจำกัดตามธรรมชาติ” และ C_p^* สำหรับ C_p ที่คำนวณโดยใช้ L^* และ U)

สำหรับลักษณะเฉพาะที่ถูกจำกัดไว้ที่ศูนย์โดยธรรมชาติหรือทางกายภาพ จะเกิดคำถามว่าควรคำนวณดัชนีความสามารถของกระบวนการ C_p หรือไม่ ข้อโต้แย้งประการหนึ่งต่อการคำนวณ C_p คือความเสี่ยงต่อการตีความผิด โดย C_p มักถูกมองว่าเป็นค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ของ C_{pk} แม้ว่าในบริบทนี้ C_{pk} สามารถมีค่าสูงกว่า C_p ได้

ในทางกลับกัน การคำนวณ C_p อาจเป็นประโยชน์ เนื่องจาก C_{pk} จะสามารถตีความได้อย่างชัดเจนเมื่อพิจารณาพร้อมกับ C_p เท่านั้น C_{pk} เพียงอย่างเดียวไม่ได้ให้ข้อมูลที่ชัดเจนเพียงหนึ่งเดียวเกี่ยวกับตำแหน่งของกระบวนการ ดังที่แสดงโดยกรณีที่เรา C_{pk} เท่ากันสามารถแสดงถึงสถานการณ์ที่แตกต่างกันอย่างมากได้ นอกจากนี้ ข้อกำหนดแบบโล้ระดับ เช่น $C_p \geq 2$ และ $C_{pk} \geq 1.67$ จะสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีความหมายก็ต่อเมื่อพิจารณาทั้งสองร่วมกัน เพื่อเป็นการประนีประนอม จึงแนะนำให้คำนวณ C_p แต่ไม่กำหนดค่าเป้าหมายเฉพาะให้กับดัชนีนี้



การคำนวณ $Pm/Pp/Cp$, $Pmk/Ppk/Cpk$ สำหรับคุณลักษณะ GD&T ที่มีขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบน U และมีขีดจำกัดตามธรรมชาติด้านล่าง $L^*=0$ เช่น ตำแหน่ง โพธิ์ไฟ ความราบ ความขนาน ความกลม ความเป็นทรงกระบอก ความตรง และการส่าย เป็นต้น

$$L^* \leq x \leq U$$



- Flatness (ความราบ): ≤ 0.10 mm
- Straightness (ความตรง): ≤ 0.08 mm
- Roundness (Circularity) (ความกลม): ≤ 0.05 mm
- Cylindricity (ความเป็นทรงกระบอก): ≤ 0.06 mm
- Parallelism (ความขนาน): ≤ 0.05 mm
- Perpendicularity (ความตั้งฉาก): ≤ 0.05 mm

เป็น Unilateral Tolerance (ค่าความคลาดเคลื่อนทางเดียว) แต่ไม่ใช่ One-Sided Specification Limits (ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านเดียว) สำหรับการคำนวณความสามารถกระบวนการ เนื่องจากกำหนดช่วงขนาดที่ยอมรับได้ไว้ครบสองด้าน คือ

$$10.00 \leq x \leq 10.05$$

ดังนั้น

$$L = 10.00, \quad U = 10.05$$

ค่าความเบี่ยงเบนด้านล่าง -0 ไม่ได้หมายความว่าไม่มีขีดจำกัดข้อกำหนดด้านล่าง แต่หมายความว่าไม่อนุญาตให้ต่ำกว่าขนาดกำหนด 10.00 ดังนั้นค่าที่ต่ำกว่า 10.00 ถือว่าไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

สูตร

General Geometric Method

For Normal Distribution Only

$$P_{m.G}, P_{p.G}, C_{p.G}^* = \frac{U - L^*}{X_{99.865\%} - X_{0.135\%}} = \frac{U - L^*}{6s}$$

$$P_{mk.G}, P_{pk.G}, C_{pk.G} = P_{mU.G}, P_{pU.G}, C_{pU.G} = \frac{U - X_{50\%}}{X_{99.865\%} - X_{50\%}} = \frac{U - \bar{x}}{3s}$$



การคำนวณ **Pm/Pp/Cp , Pmk/Ppk/Cpk** สำหรับคุณลักษณะของชิ้นงานที่มีขีดจำกัดข้อกำหนดด้านล่าง **L** และมีขีดจำกัดตามธรรมชาติ ภายนอก หรือเทคนิคด้านบน **U*** เช่น ความลึกแนวเชื่อม ความยาวการขบเกลียว ความลึกการสวมอัด ความลึกชั้นผิวแข็ง ความยาวข้อต่อของรอยต่อท้าว และความหนาผนังคงเหลือ เป็นต้น

$$L \leq x \leq U^*$$



- Weld Penetration: ≥ 3.0 mm ($U^* = 5.0$ mm: ความหนาขึ้นงาน)
- Thread Engagement Length: ≥ 8.0 mm ($U^* = 12.0$ mm: ความลึกกรุดัน)
- Press-fit Insertion Depth: ≥ 18.0 mm ($U^* = 20.0$ mm: ระยะถึงบ่า)
- Case Hardening Depth: ≥ 0.80 mm ($U^* = 2.00$ mm: ความหนาผนัง)
- Adhesive Overlap Length: ≥ 20 mm ($U^* = 25$ mm: พื้นที่ซ้อนทับสูงสุด)
- Remaining Wall Thickness: ≥ 1.50 mm ($U^* = 2.00$ mm: ความหนาเดิม)

เป็น Unilateral Tolerance (ค่าความคลาดเคลื่อนทางเดียว) แต่ไม่ใช่ One-Sided Specification Limits (ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านเดียว) สำหรับการคำนวณความสามารถกระบวนการ เนื่องจากกำหนดช่วงขนาดที่ยอมรับได้ไว้ครบสองด้าน คือ

ดังนั้น

$$9.95 \leq x \leq 10.00$$

ดังนั้น $L = 9.95, U = 10.00$

ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน $+0$ ไม่ได้หมายความว่าไม่มีขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบน แต่หมายความว่าไม่อนุญาตให้ค่าจริงสูงกว่าขนาดกำหนด 10.00 ดังนั้นค่าที่สูงกว่า 10.00 ถือว่าไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

สูตร

General Geometric Method

For Normal Distribution Only

$$P_{m.G}, P_{p.G}, C_{p.G}^* = \frac{U^* - L}{X_{99.865\%} - X_{0.135\%}}$$

$$= \frac{U^* - L}{6 \cdot s}$$

$$P_{mk.G}, P_{pk.G}, C_{pk.G} = P_{mL.G}, P_{pL.G}, C_{pL.G} = \frac{X_{50\%} - L}{X_{50\%} - X_{0.135\%}}$$

$$= \frac{\bar{x} - L}{3 \cdot s}$$



การคำนวณ **Pmk/Ppk/Cpk** สำหรับกรณีที่มีขีดจำกัดข้อกำหนดเพียงด้านเดียว และไม่มีขีดจำกัดตามธรรมชาติ ภายนอก หรือเทคนิคอีกด้านที่เกี่ยวข้อง

มีเฉพาะข้อกำหนดด้านบน U

General Geometric Method

For Normal Distribution Only

ตัวอย่าง SPEC:

- Component Mass (มวลชิ้นงาน): ≤ 500 g
- Assembly Force (แรงประกอบ): ≤ 250 N
- Maximum Operating Temperature (อุณหภูมิใช้งานสูงสุด): $\leq 90^\circ\text{C}$
- Noise Level (ระดับเสียง): ≤ 60 dB(A)

$$P_{mk.G}, P_{pk.G}, C_{pk.G} = P_{mU.G}, P_{pU.G}, C_{pU.G} = \frac{U - X_{50\%}}{X_{99.865\%} - X_{50\%}}$$

$$= \frac{U - \bar{x}}{3 \cdot s}$$

มีเฉพาะข้อกำหนดด้านล่าง L

ตัวอย่าง SPEC:

- Tensile Strength (ความต้านแรงดึง): ≥ 600 MPa
- Yield Strength (ความต้านแรงคราก): ≥ 350 MPa
- Pull-off Force (แรงดึงหลุด): ≥ 500 N
- Breaking Torque (แรงบิดจนแตกหัก): ≥ 40 N · m

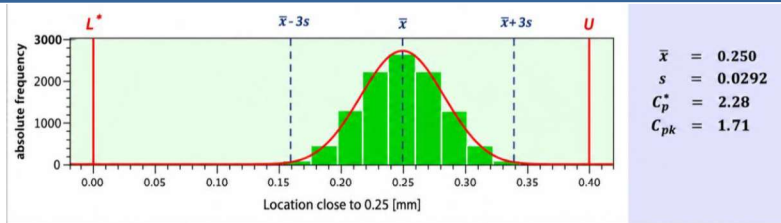
$$P_{mk.G}, P_{pk.G}, C_{pk.G} = P_{mL.G}, P_{pL.G}, C_{pL.G} = \frac{X_{50\%} - L}{X_{50\%} - X_{0.135\%}}$$

$$= \frac{\bar{x} - L}{3 \cdot s}$$



ไม่คำนวณ Pm/Pp/Cp เนื่องจากไม่มีขีดจำกัดอีกด้านที่เกี่ยวข้องสำหรับกำหนดช่วง U-L





กำหนดให้ $L^* = 0.000 \text{ mm}$, $U = 0.400 \text{ mm}$ $\bar{x} = 0.250 \text{ mm}$, $s = 0.0292 \text{ mm}$

$$C_p^* = \frac{U - L^*}{6s} = \frac{0.400 - 0.000}{6(0.0292)} \quad C_p^* = 2.28$$

$$C_{pk} = C_{pU} = \frac{U - \bar{x}}{3s} = \frac{0.400 - 0.250}{3(0.0292)} \quad C_{pk} = C_{pU} = 1.71$$

ค่า C_p^* สูงกว่ารูปที่ 1 เพราะรูปที่ 2 มีการกระจายของกระบวนการแคบกว่า แต่ค่าเฉลี่ย $\bar{x} = 0.250$ เคลื่อนเข้าใกล้ขีดจำกัดด้านบน $U = 0.400$ ทำให้ได้ $C_{pk} = 1.71$ เท่ากับรูปที่ 1.



ตัวประมาณ $\bar{R} \left(\hat{\sigma}_w = \frac{\bar{R}}{d_2} \right)$

ใช้หาค่าเฉลี่ยเพื่อประมาณความแปรปรวน:

- ไม่เหมาะสมเมื่อขนาดกลุ่มย่อยมากกว่าหรือเท่ากับ 10
- ง่ายและมีประสิทธิภาพสำหรับการประยุกต์ใช้ในโรงงานผลิต

ตัวประมาณ $\bar{s} \left(\hat{\sigma}_w = \frac{\bar{s}}{c_4} \right)$

ใช้ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มย่อย:

- สามารถใช้ได้กับทุกขนาดกลุ่มย่อย
- พบได้ในสภาพแวดล้อมข้อมูลอัตโนมัติหรือข้อมูลความถี่สูง

ตัวประมาณ $\sqrt{s^2} \left(\hat{\sigma}_w = \sqrt{s^2} \right)$

ใช้ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนของกลุ่มย่อย:

- ไม่จำเป็นต้องใช้ตัวประกอบแก้ไขใด ๆ เช่น d_2 หรือ c_4
- สามารถใช้ได้กับทุกขนาดกลุ่มย่อย
- พบได้ในสภาพแวดล้อมข้อมูลอัตโนมัติหรือข้อมูลความถี่สูง

โปรดจำไว้ว่า C_{wk} จะมีความหมายก็ต่อเมื่อความแปรปรวนภายในกลุ่มย่อยที่มีเหตุผลเป็นตัวแทนของความแปรปรวนโดยธรรมชาติของกระบวนการเท่านั้น การเลือกใช้ $\bar{R}$ หรือ $\bar{s}$ ขึ้นอยู่กับขนาดกลุ่มย่อยและโครงสร้างของข้อมูล

ในฐานะเครื่องมือวิเคราะห์ C_w หรือ C_{wk} ช่วยระบุว่าการบวนการผลิตอาจต้องการการปรับปรุงหรือการปรับปรุงในส่วนใดโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สำหรับการวินิจฉัยเท่านั้น และไม่ควรใช้สำหรับการรายงานอย่างเป็นทางการ



$Spec = 0.70 \pm 0.60, \quad L = 0.10, \quad U = 1.30, \quad Tolerance = 1.20$

Within Capability - Input Data / ข้อมูลสำหรับความสามารถภายในกลุ่ม

Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Overall / ค่าเฉลี่ย
x 1	0.554	0.407	0.272	0.372	0.481	0.251	0.243	0.373	0.311	0.674	0.438	0.514	0.209	0.322	0.284	0.468	0.404	0.456	0.234	0.185	0.202	0.337	0.332	0.460	0.469	0.370
x 2	0.299	0.483	0.522	0.800	0.607	0.246	0.180	0.268	0.547	0.348	0.408	0.477	1.057	0.395	0.575	0.259	0.601	0.262	0.702	0.462	0.625	0.238	0.605	0.330	0.485	0.471
x 3	0.138	0.420	0.431	0.355	0.194	0.178	0.324	0.598	0.381	0.363	0.349	0.355	0.678	0.292	0.482	0.571	0.342	0.542	0.187	0.782	0.729	0.327	0.872	0.349	0.525	0.431
x 4	0.277	0.316	0.295	0.496	0.206	0.587	0.363	0.806	0.137	0.199	0.385	0.258	0.404	0.535	0.646	0.524	0.650	0.294	0.402	0.394	0.775	0.553	0.910	0.151	0.366	0.437
x 5	0.436	0.400	0.448	0.357	0.296	0.719	0.291	1.154	0.667	0.181	0.267	0.168	0.305	0.571	0.533	0.582	0.481	0.614	0.273	0.395	1.068	0.305	0.661	0.750	0.458	0.495
Average / ค่าเฉลี่ย	0.3408	0.4052	0.3936	0.4760	0.3568	0.3962	0.2802	0.6398	0.4086	0.3530	0.3694	0.3544	0.5306	0.4230	0.5040	0.4808	0.4956	0.4336	0.3596	0.4436	0.6798	0.3520	0.6760	0.4080	0.4606	0.44085
Range / ช่วง	0.4160	0.1670	0.2500	0.4450	0.4130	0.5410	0.1830	0.8860	0.5300	0.4930	0.1710	0.3460	0.8480	0.2790	0.3620	0.3230	0.3080	0.3520	0.5150	0.5970	0.8660	0.3150	0.5780	0.5990	0.1590	0.43768
Variance / ความแปรปรวน	0.0254	0.0036	0.0113	0.0362	0.0327	0.0580	0.0051	0.1258	0.0425	0.0391	0.0043	0.0211	0.1173	0.0156	0.0187	0.0174	0.0168	0.0234	0.0430	0.0466	0.0984	0.0141	0.0542	0.0488	0.0034	0.03692
STDEV / ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.1593	0.0597	0.1065	0.1904	0.1809	0.2408	0.0713	0.3547	0.2061	0.1978	0.0658	0.1454	0.3425	0.1251	0.1369	0.1319	0.1296	0.1531	0.2074	0.2160	0.3136	0.1188	0.2328	0.2210	0.0587	0.17463

1. คำนวณค่าสถิติพื้นฐานสำหรับการประมาณ $\hat{\sigma}_w$

ค่าเฉลี่ยรวม $\bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}_i}{k} = \frac{11.02125}{25} \quad \bar{\bar{x}} = 0.44085$

พิสัยเฉลี่ย $\bar{R} = \frac{\sum R_i}{k} = \frac{10.94200}{25} \quad \bar{R} = 0.43768$

ค่าเฉลี่ย SD $\bar{s} = \frac{\sum s_i}{k} = \frac{4.36575}{25} \quad \bar{s} = 0.17463$

ค่าเฉลี่ย Variance $\overline{s^2} = \frac{\sum s_i^2}{k} = \frac{0.92300}{25} \quad \overline{s^2} = 0.03692$



2. ประเมินค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานภายในกลุ่มย่อย $\hat{\sigma}_w$

วิธีที่ 1 ใช้พิสัยเฉลี่ย $\bar{R}$

$$\hat{\sigma}_w = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0.43768}{2.326} \quad \boxed{\hat{\sigma}_w = 0.18817}$$

วิธีที่ 2 ใช้ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\bar{s}$

$$\hat{\sigma}_w = \frac{\bar{s}}{c_4} = \frac{0.17463}{0.93999} \quad \boxed{\hat{\sigma}_w = 0.18578}$$

วิธีที่ 3 ใช้ค่าเฉลี่ยความแปรปรวน $\bar{s}^2$

$$\hat{\sigma}_w = \sqrt{\bar{s}^2} = \sqrt{0.03692} \quad \boxed{\hat{\sigma}_w = 0.19215}$$



3. คำนวณดัชนีความสามารถภายในกลุ่ม C_w และ C_{wk}

โดย $Spec = 0.70 \pm 0.60$, $L = 0.10$, $U = 1.30$, $Tolerance = 1.20$

ยกตัวอย่างคำนวณโดยใช้ค่า $\hat{\sigma}_w = \frac{\bar{s}}{c_4} \quad \boxed{\hat{\sigma}_w = 0.18578}$

$$C_w = \frac{U - L}{6\hat{\sigma}_w} = \frac{1.30 - 0.10}{6(0.18578)} \quad \boxed{C_w = 1.07654}$$

$$C_{wL} = \frac{\bar{x} - L}{3\hat{\sigma}_w} = \frac{0.44085 - 0.10}{3(0.18578)} \quad \boxed{C_{wL} = 0.61157}$$

$$C_{wU} = \frac{U - \bar{x}}{3\hat{\sigma}_w} = \frac{1.30 - 0.44085}{3(0.18578)} \quad \boxed{C_{wU} = 1.54152}$$

$$C_{wk} = \min\{C_{wU}, C_{wL}\} = \min\{1.54152, 0.61157\} \quad \boxed{C_{wk} = 0.61157}$$



7 สมรรถนะเครื่องจักรสำหรับการ การปล่อยใช้สิ่งอำนวยความสะดวก สะดวกการผลิต



โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

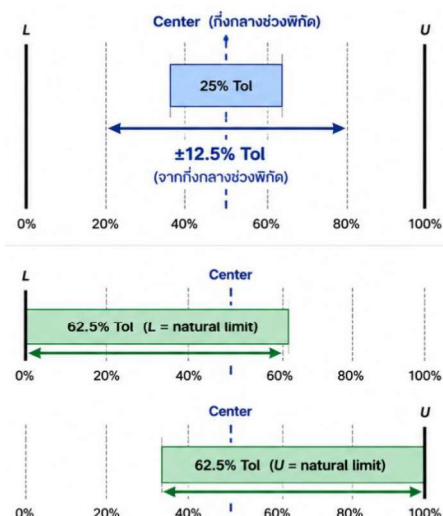
www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com



ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ

7.2.5 การเดินเครื่องทดลองก่อนเริ่มการศึกษา — ทางเลือก Pre-Production Run (optional)

สำหรับแต่ละคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับ ซึ่งกำหนดไว้ในแผนการตรวจสอบ อาจใช้การเดินเครื่องทดลองก่อนเริ่มการศึกษา เพื่อตรวจสอบการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างเหมาะสม ก่อนเริ่มการศึกษาสมรรถนะเครื่องจักร



ข้อกำหนดต่อไปนี้ใช้กับแต่ละคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับตามที่ตกลงกันไว้ โดยเป็นไปตามแผนการตรวจสอบ

การเดินเครื่องทดลองก่อนเริ่มการศึกษา จำนวน 1 ชิ้น

– สำหรับคุณลักษณะที่มีพิสัยความถี่สองด้าน

▪ ค่าคุณลักษณะต้องอยู่ภายใน $\pm 12.5\%$ ของช่วงพิสัยความถี่ เมื่อเทียบกับค่ากึ่งกลางของช่วงพิสัยความถี่

– สำหรับคุณลักษณะที่มีพิสัยความถี่ด้านเดียวและมีขีดจำกัดธรรมชาติ

▪ ค่าคุณลักษณะต้องอยู่ภายใน 62.5% ของช่วงพิสัยความถี่ ซึ่งคำนวณจากขีดจำกัดธรรมชาติ

การเดินเครื่องทดลองก่อนเริ่มการศึกษา จำนวน 5 ชิ้น

– สำหรับคุณลักษณะที่มีพิสัยความถี่สองด้าน

▪ ค่าเฉลี่ยต้องอยู่ภายใน $\pm 12.5\%$ ของช่วงพิสัยความถี่ เมื่อเทียบกับค่ากึ่งกลางของช่วงพิสัยความถี่

▪ พิสัยต้องน้อยกว่า 25% ของช่วงพิสัยความถี่

– สำหรับคุณลักษณะที่มีพิสัยความถี่ด้านเดียวและมีขีดจำกัดธรรมชาติ

▪ ค่าเฉลี่ยต้องอยู่ภายใน 62.5% ของช่วงพิสัยความถี่ ซึ่งคำนวณจากขีดจำกัดธรรมชาติ

▪ พิสัยต้องน้อยกว่า 25% ของช่วงพิสัยความถี่

ตัวอย่างค่าเป้าหมายสำหรับดัชนีสมรรถนะศักยภาพและดัชนีสมรรถนะต่ำสุด
 P_m / P_{mk} ที่แสดงในตาราง ขึ้นอยู่กับชนิดของคุณลักษณะ การจำแนกประเภท
ของคุณลักษณะตามการวิเคราะห์ความเสี่ยง และขนาดตัวอย่าง

Table 7-1: Example Target Values

Machine performance	$N \geq 50$	
	P_m	P_{mk}
Critical	2.33	2.00
Major	2.00	1.67
Minor	1.67	1.33
Others	1.00	1.00

การปรับค่าเป้าหมายเมื่อมีการลดขนาดตัวอย่าง

ค่าเป้าหมายที่ถูกปรับในกรณีที่มีการลดขนาดตัวอย่าง สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$P_{m.actual} = P_{m.limit} \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha;v_{limit}}}{v_{limit}}} \cdot \sqrt{\frac{v_{sample}}{\chi^2_{\alpha;v_{sample}}}}$$

$$P_{mk.actual} = P_{mk.limit} \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{2 \cdot N_{limit}}} \right) \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha;v_{limit}}}{v_{limit}}} \cdot \left(1 + \frac{1}{2 \cdot N_{sample}} \right) \cdot \sqrt{\frac{v_{sample}}{\chi^2_{\alpha;v_{sample}}}}$$

$P_{m.actual}$ ค่าเป้าหมายจริงสำหรับ P_m สำหรับขนาดตัวอย่างจริง N_{sample}

$P_{mk.actual}$ ค่าเป้าหมายจริงสำหรับ P_{mk} สำหรับขนาดตัวอย่างจริง N_{sample}

$P_{m.limit}$ ค่าเป้าหมายสำหรับ P_m สำหรับขนาดตัวอย่างเป้าหมาย N_{limit}

$P_{mk.limit}$ ค่าเป้าหมายสำหรับ P_{mk} สำหรับขนาดตัวอย่างเป้าหมาย N_{limit}

N_{limit} ขนาดตัวอย่างเป้าหมาย

N_{sample} ขนาดตัวอย่างจริง

v_{limit} องศาอิสระสำหรับขนาดตัวอย่างเป้าหมาย N_{limit}

v_{sample} องศาอิสระสำหรับขนาดตัวอย่างจริง N_{sample}

$\chi^2_{\alpha;v_{limit}}$ ควอนไทล์ของการแจกแจงไคสแควร์ สำหรับระดับความเชื่อมั่น α และองศาอิสระ v_{limit} ที่ขนาดตัวอย่างเป้าหมาย N_{limit}



ตัวอย่างการคำนวณหาเป้าหมายจากขนาดตัวอย่าง

กรณีตัวอย่าง: ต้องการประเมินคุณลักษณะระดับ Minor แต่ไม่สามารถผลิต
ตัวอย่างได้ครบ 50 ชิ้น จึงลดขนาดตัวอย่างเหลือ 30 ชิ้น

กำหนดค่า:

$$N_{limit} = 50$$

$$N_{sample} = 30$$

$$v_{limit} = N_{limit} - 1 = 50 - 1 = 49$$

$$v_{sample} = N_{sample} - 1 = 30 - 1 = 29$$

ใช้ระดับความเชื่อมั่น 95%

ดังนั้นใช้ค่าไคสแควร์ด้านล่างที่

$$\alpha = 0.05$$

ค่าจากตาราง Chi-square:

$$\chi^2_{0.05;49} = 33.9303 \quad = \text{CHISQ.INV}(0.05,49)$$

$$\chi^2_{0.05;29} = 17.7084 \quad = \text{CHISQ.INV}(0.05,29)$$

Table 7-1: Example Target Values

Machine performance	$N \geq 50$	
	P_m	P_{mk}
Critical	2.33	2.00
Major	2.00	1.67
Minor	1.67	1.33
Others	1.00	1.00

เป้าหมายกรณี $N \geq 50$



ตาราง Chi-Square มีค่า df และ α แคบข้างช่วง
อาจไม่ตรงค่าที่ต้องการให้ใช้ excel ในการหาค่า
แทน

$\chi^2_{\alpha;v_{limit}}$ ใช้ Excel:
=CHISQ.INV(probability, degrees_freedom)

คำนวณค่าเป้าหมายจริงของ P_m

สูตร

$$P_{m.actual} = P_{m.limit} \sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha; \nu_{limit}}}{\nu_{limit}}} \sqrt{\frac{\nu_{sample}}{\chi^2_{\alpha; \nu_{sample}}}}$$

ค่าเป้าหมายสำหรับ P_m สำหรับ
ขนาดตัวอย่างเป้าหมาย

ควอนไทล์ของการแจกแจงไคสแควร์ที่
ได้จาก Chi-Square ขนาดตัวอย่าง
เป้าหมาย

องศาอิสระสำหรับขนาดตัวอย่างจริง

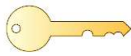
ควอนไทล์ของการแจกแจงไคสแควร์ที่
ได้จาก Chi-Square ขนาดตัวอย่างจริง

องศาอิสระสำหรับขนาดตัวอย่าง
เป้าหมาย

$$= 1.67 \sqrt{\frac{33.9303}{49}} \sqrt{\frac{29}{17.7084}}$$

$$= 1.67 \times 0.8322 \times 1.2797$$

$$P_{m.actual} = 1.7784$$



ความหมายคือ เมื่อเก็บตัวอย่างจริงเพียง 30 ชิ้น ค่าเป้าหมาย (P_m) ไม่ควรใช้ค่า 1.67 โดยตรง แต่ต้องปรับเพิ่มเป็นประมาณ 1.7784



7.5.2 คุณลักษณะหลายมิติ/หลายตัวแปร Multi dimensional / Multivariate Characteristics

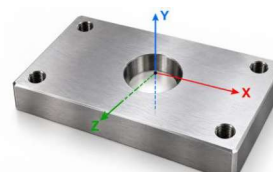
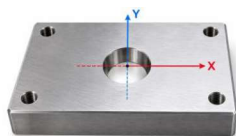
คำว่า “หลายตัวแปร” สามารถหมายถึงได้ทั้ง มิติเชิงพื้นที่ ในบริบทของเทคโนโลยีการวัดผลิตภัณฑ์ และการวัดที่เกี่ยวข้องกับ ปริมาณที่วัดได้หลายค่า เช่น ความไม่สมดุล

ด้วยเหตุผลด้านการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ จึงเลือกใช้ **แบบจำลองการแจกแจงปกติหลายตัวแปร** เพื่อคำนวณพารามิเตอร์ที่จะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

อย่างไรก็ตาม การเลือกแบบจำลองนี้ไว้ล่วงหน้า ไม่ได้ตัดความเป็นไปได้ที่ในบางกรณี แบบจำลองการแจกแจงแบบอื่นอาจอธิบายสภาวะจริงได้แม่นยำกว่า

นอกจากนี้ ด้วยเหตุผลด้านการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ มาตรฐานนี้จึงเลือกใช้ขอบเขตความผันแปรแบบสุ่มทรงรีหลายมิติ โดยในกรณีสองมิติ ขอบเขตดังกล่าวจะเรียกว่า วงรี

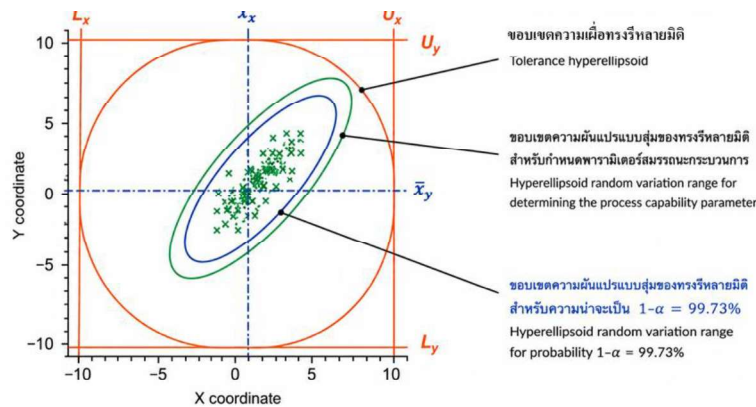
หลักการและข้อพิจารณาทางทฤษฎีที่สำคัญเกี่ยวกับการแจกแจงปกติหลายตัวแปร ได้อธิบายไว้ใน ISO 22514-6



7.5.2.1 ดัชนีสมรรถนะเครื่องจักร Pmk ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของกระบวนการและความแปรผัน Machine Performance Index Pmk Related to Process Location and Variation

พารามิเตอร์ของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น ถูกประมาณค่าจากค่าที่วัดได้ของตัวอย่าง จากนั้น จะกำหนดขอบเขตความผันแปรแบบสุ่มทรงรีหลายมิติ ซึ่งขอบของขอบเขตดังกล่าวสัมผัสกับขอบของขอบเขตความเพื่อทรงรีหลายมิติ และส่วนอื่นทั้งหมดอยู่ภายในขอบเขตความเพื่อทรงรีหลายมิติ

จากค่าพารามิเตอร์ของขอบเขตความผันแปรแบบสุ่มนี้ จะคำนวณความน่าจะเป็น p ที่แทนขอบเขตทรงรีหลายมิตินี้



L_x = ขีดจำกัดล่างของพิสัย X (Lower specification limit in X)
 U_x = ขีดจำกัดบนของพิสัย X (Upper specification limit in X)
 L_y = ขีดจำกัดล่างของพิสัย Y (Lower specification limit in Y)
 U_y = ขีดจำกัดบนของพิสัย Y (Upper specification limit in Y)

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยพิสัย X (Mean in X)
 $\bar{y}$ = ค่าเฉลี่ยพิสัย Y (Mean in Y)
 x = ค่าที่วัดได้ของตัวอย่าง (Measured sample values)

รูปที่ 7-3: ตัวอย่างสองมิติสำหรับการคำนวณ Pmk



7.5.3 การกำหนดขนาดและพิสัยความเผื่อทางเรขาคณิต (GD&T) และสภาวะวัสดุมากที่สุด/น้อยสุด (MMC/LMC)

การคำนวณสมรรถนะหากมีข้อกำหนดด้านการทำหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วน ตัวอย่าง เช่น ต้องประกอบเข้ายึดที่มีรูเข้ากับแผ่นยึดที่มีสลักเกลียว

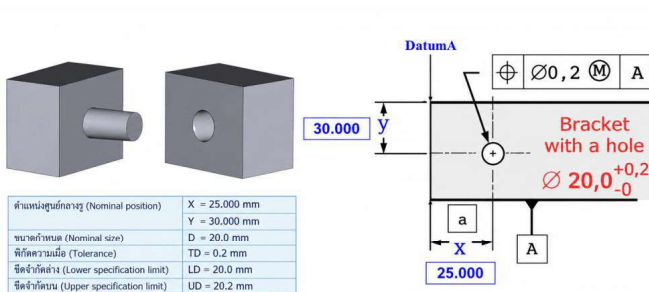


Figure 7-5: Drawing Example Dimensioning

ข้อกำหนดเส้นผ่านศูนย์กลางรู

- ขนาดกำหนด (Nominal size) $D = 20.0 \text{ mm}$
- พิสัยความเผื่อ (Tolerance) $TD = 0.2 \text{ mm}$
- ขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง (Lower specification limit) $LD = 20.0 \text{ mm}$
- ขีดจำกัดข้อกำหนดบน (Upper specification limit) $UD = 20.2 \text{ mm}$

ขนาดวัสดุมากที่สุด (Maximum Material Size : MMS)

- ขนาดรูต่ำสุด (Minimum bore size) $MMS = LD = 20.0 \text{ mm}$

ข้อกำหนดสำหรับค่าความเบี่ยงเบนตำแหน่งสูงสุดของรู

- พิสัยความเผื่อตำแหน่ง (Position tolerance) $TP = 0.2 \text{ mm}$
- ขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง (Lower specification limit) $LP = 0.0 \text{ mm}$
- (ขอบเขตตามธรรมชาติ / Natural boundary)
- ขีดจำกัดข้อกำหนดบน (Upper specification limit) $UP = 0.2 \text{ mm}$





8 สมรรถนะและความสามารถ ของกระบวนการสำหรับการ ปล่อยใช้กระบวนการผลิต

โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com



ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ

วัตถุประสงค์ของกระบวนการคือการผลิตผลิตภัณฑ์หรือให้บริการที่เป็นไปตามข้อกำหนดที่กำหนดไว้ ข้อกำหนดเหล่านี้ตกลงหรือรับรองไว้กับลูกค้าสำหรับคุณลักษณะหนึ่งรายการหรือมากกว่าของผลิตภัณฑ์หรือบริการ

การศึกษาสมรรถนะและความสามารถของกระบวนการถูกใช้เพื่อประเมินและปล่อยใช้กระบวนการผลิตภายใต้สภาวะการผลิตจริง แตกต่างจากการศึกษาสมรรถนะเครื่องจักร ซึ่งประเมินเฉพาะความแปรผันที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรเท่านั้น สมรรถนะ/ความสามารถของกระบวนการสะท้อนอิทธิพลรวมของปัจจัยกระบวนการที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 5M

แนวคิดเรื่องความสามารถของกระบวนการถูกพัฒนาขึ้นในช่วงต้นทศวรรษ 1950 เป็นวิธีการเชิงปฏิบัติสำหรับอธิบายระดับของการบรรลุตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ การกำหนดชื่อดัชนี Cpk ประกอบด้วย C = Capability, p = Process, k = Katayori = Bias

คำว่า capability ใช้เฉพาะเมื่อเสถียรภาพของกระบวนการได้รับการพิสูจน์แล้วเท่านั้น ดังนั้น เอกสารเล่มนี้จึงแยกแยะระหว่างสมรรถนะเบื้องต้น Ppk และความสามารถขั้นสุดท้าย Cpk ความสามารถขั้นสุดท้ายต้องการการเฝ้าติดตามเสถียรภาพอย่างต่อเนื่องโดยใช้แผนภูมิควบคุมที่เหมาะสม

การศึกษาสมรรถนะและความสามารถที่แสดงในรูปที่ 8-3 แตกต่างกันในด้านเวลาและกลยุทธ์การสุ่มตัวอย่างที่ใช้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาเหล่านี้ใช้วิธีการประมาณค่าและการคำนวณเดียวกัน

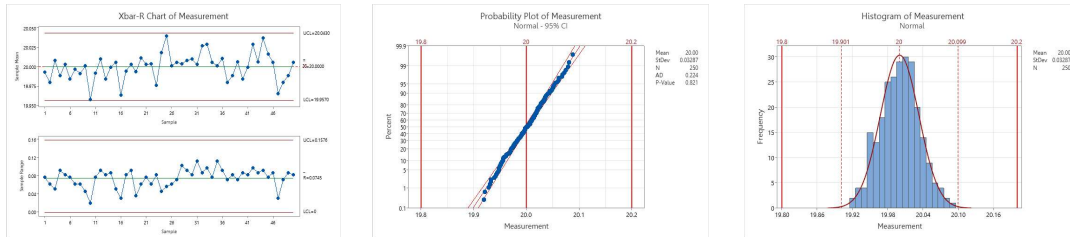
สมรรถนะและความสามารถของกระบวนการถูกใช้เพื่อประเมินความสามารถของกระบวนการในการเป็นไปตามข้อกำหนด แบบจำลองการแจกแจงที่กำหนดให้ยังใช้เพื่อประเมินสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่อยู่นอกข้อกำหนด

การศึกษาสมรรถนะเบื้องต้นอธิบายระดับวุฒิภาวะของกระบวนการผลิต และให้พื้นฐานสำหรับการปรับปรุงเพิ่มเติม การศึกษาเหล่านี้ตามด้วยความสามารถขั้นสุดท้าย

ระหว่างการศึกษา การผลิตต้องดำเนินการภายใต้สภาวะการทำงานปกติ และเป็นไปตามแผนควบคุม การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด เช่น อุปกรณ์ วัสดุ สภาพแวดล้อม หรือบุคลากร ต้องถูกจัดทำเป็นเอกสาร



ขณะที่กระบวนการดำเนินการอยู่ ข้อมูลจะถูกเก็บตามแผนการสุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้ และกระบวนการจะถูกเฝ้าติดตามโดยใช้แผนภูมิควบคุม



คุณลักษณะเหล่านี้สามารถอธิบายได้ในรูปของพารามิเตอร์ตำแหน่ง การกระจาย และรูปร่าง ซึ่งให้ผลทั้งสองอย่างคือ:

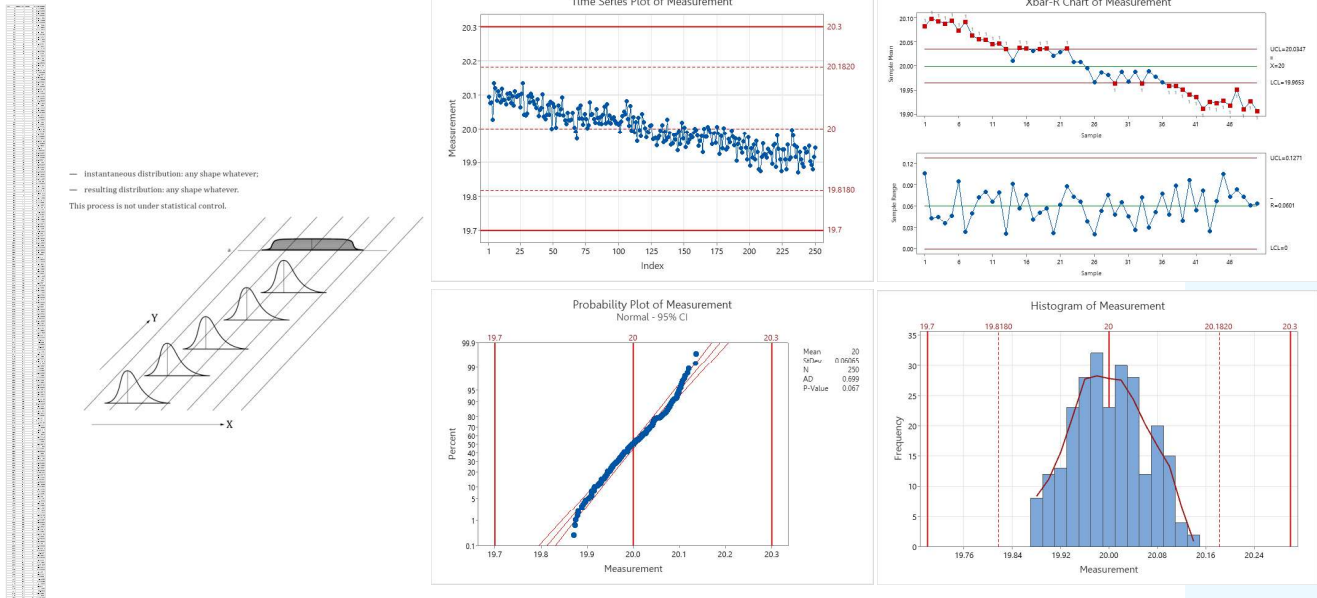
- การแจกแจง ณ ขณะหนึ่ง จากกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่ม
- การแจกแจงผลลัพธ์ ซึ่งสะท้อนพฤติกรรมเชิงพลวัตของกระบวนการตลอดช่วงเวลาการศึกษาทั้งหมด

การจำแนกคุณลักษณะนี้เป็นพื้นฐานในการเลือกแบบจำลองการแจกแจงตามเวลาอย่างเหมาะสม ตาม ISO 22514-2 ซึ่งอธิบายไว้ในบทที่ 8.4

แบบจำลองการแจกแจงตามเวลาให้กรอบสำหรับการประมาณสมรรถนะ/ความสามารถด้านคุณภาพของกระบวนการอุตสาหกรรม สำหรับสภาวะมาตรฐานหลายประเภท สภาวะเหล่านี้ถูกจัดประเภทตามเสถียรภาพของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน ว่าคงที่ เปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระบบ หรือเปลี่ยนแปลงแบบสุ่ม ดังนั้น สมรรถนะ/ความสามารถด้านคุณภาพสามารถประเมินได้สำหรับรูปทรงการแจกแจงที่แตกต่างกันมาก เมื่อพิจารณาตามเวลาแบบจำลองการแจกแจงตามเวลาอธิบายพฤติกรรมจริงของกระบวนการ โดยใช้การแจกแจง ณ ขณะหนึ่ง ซึ่งพารามิเตอร์อาจคงที่หรือเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา เพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้อง ฟังก์ชันความหนาแน่นการแจกแจงเชิงทฤษฎีควรสอดคล้องกับความถี่และความหนาแน่นของข้อมูลที่วัดได้ การสอดคล้องนี้สามารถตรวจสอบด้วยสายตาโดยใช้ probability plot หรือ histogram และประเมินเชิงตัวเลขด้วย net correlation เพื่อให้ได้ความเหมาะสมที่เชื่อถือได้ แนะนำให้ประเมินชุดข้อมูลทั้งหมดก่อน แล้วจึงเน้นที่ 25% ของข้อมูลที่อยู่ใกล้ขีดจำกัดข้อกำหนดมากที่สุด ซึ่งใช้สำหรับคำนวณ Pmk, Ppk หรือ Cpk จากการแจกแจง ณ ขณะหนึ่ง และวิธีที่การแจกแจงเปลี่ยนแปลงตามเวลา สามารถระบุแบบจำลองการแจกแจงตามเวลาได้ 4 แบบ ตาม DIN ISO 22514-2 ระบุเป็น A ถึง D

ตาราง 8-1: แบบจำลองการแจกแจงตามเวลา อ้างอิงตาม ISO 22514-2

INTERNATIONAL STANDARD		ISO 22514-2		process location / ตำแหน่งกระบวนการ							
				constant / คงที่				not constant / ไม่คงที่			
Statistical methods in process management – Capability and performance – Part 2: Process capability and performance of time-dependent process models <i>Méthodes statistiques dans la gestion de processus – aptitude et performance Partie 2: Aptitude et performance de processus de résultats de processus dépendants du temps</i>		process variation / ความแปรผันของกระบวนการ	constant / คงที่	instantaneous and resulting distribution / การแจกแจง ณ ขณะหนึ่ง และการแจกแจงผลลัพธ์	A		location / ตำแหน่ง	C			
					A1	A2		C1	C2	C3	C4
					normal distributed / แจกแจงปกติ	not normally distributed – unimodal / ไม่แจกแจงปกติ – ยอดเดียว		random / สุ่ม	random / สุ่ม	systematically and random (e.g., lot to lot) / เป็นระบบและสุ่ม (เช่น แลวโนม)	systematically and random (e.g., lot to lot) / เป็นระบบและสุ่ม (เช่น lot to lot)
					instantaneous distribution / การแจกแจง ณ ขณะหนึ่ง	normal distributed / แจกแจงปกติ		normal distributed / แจกแจงปกติ	unimodal / ยอดเดียว	unimodal / ยอดเดียว	
					resulting distribution / การแจกแจงผลลัพธ์	normal distributed / แจกแจงปกติ		not normally distributed – unimodal / ไม่แจกแจงปกติ – ยอดเดียว	any shape, e.g. multimodal / ได้ทุกรูปบ้าง เช่น หลายยอด		
ISO		Reference number 001 22514-2:2013 (E)		4-893 2013	not constant / ไม่คงที่	resulting distribution / การแจกแจงผลลัพธ์	B		resulting distribution / การแจกแจงผลลัพธ์	D	
							any shape – unimodal / ได้ทุกรูปบ้าง – ยอดเดียว	any shape – multimodal / ได้ทุกรูปบ้าง – หลายยอด			



ตาราง 8-2: ลักษณะของแบบจำลองการแจกแจงตามเวลาของแต่ละแบบ

Time-dependent distribution model / แบบจำลองการแจกแจงตามเวลา	Example / ตัวอย่าง	Location / ตำแหน่ง	Variation / ความผันแปร	Instantaneous distribution / การแจกแจง ณ ขณะหนึ่ง	Resulting distribution / การแจกแจงผลลัพธ์
C3	trend, caused by wear and cycle แนวโน้มที่เกิดจากการสึกหรอและรอบการทำงาน	function oriented(see examples) เป็นไปตามฟังก์ชัน(ดู ตัวอย่าง)	Constant คงที่	Unimodal หนึ่งยอด	any shape รูปร่างใดก็ได้

8.5 ข้อกำหนดสำหรับดัชนีสมรรถนะและความสามารถของกระบวนการ

ตัวอย่างค่าเป้าหมายสำหรับดัชนีสมรรถนะและความสามารถของคุณลักษณะที่มี
นัยสำคัญ/วิกฤต ซึ่งแสดงไว้ในตาราง 9-3 (Pp/Ppk และ Cp/Cpk) ขึ้นอยู่กับขนาด
ตัวอย่างและการจำแนกประเภทของคุณลักษณะหลักการคำนวณทั่วไปสำหรับ
ดัชนีความสามารถและสมรรถนะได้อธิบายไว้ในบทที่ 6.8

การปรับค่าเป้าหมายเมื่อมีการลดขนาดตัวอย่าง

ค่าเป้าหมายที่ถูกปรับในกรณีที่มีการลดขนาดตัวอย่าง สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$C_{p,actual} \geq C_{p,limit} \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha;v_{limit}}}{v_{limit}}} \cdot \sqrt{\frac{v_{sample}}{\chi^2_{\alpha;v_{sample}}}}$$

$$C_{pk,actual} \geq C_{pk,limit} \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{2 \cdot N_{limit}}} \right) \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha;v_{limit}}}{v_{limit}}} \cdot \left(1 + \frac{1}{2 \cdot N_{sample}} \right) \cdot \sqrt{\frac{v_{sample}}{\chi^2_{\alpha;v_{sample}}}}$$

Cp.actual ค่าเป้าหมายจริงของ Cp สำหรับขนาดตัวอย่างจริง Nsample

Cpk.actual ค่าเป้าหมายจริงของ Cpk สำหรับขนาดตัวอย่างจริง Nsample

Cp.limit ค่าเป้าหมายของ Cp สำหรับขนาดตัวอย่างเป้าหมาย Nlimit

Cpk.limit ค่าเป้าหมายของ Cpk สำหรับขนาดตัวอย่างเป้าหมาย Nlimit

Nlimit ขนาดตัวอย่างเป้าหมาย Nsample ขนาดตัวอย่างจริง

Vlimit องศาอิสระสำหรับขนาดตัวอย่างเป้าหมาย Nlimit

Vsample องศาอิสระสำหรับขนาดตัวอย่างจริง Nsample

$\chi^2_{\alpha;v_{limit}}$ ควอนไทล์ของการแจกแจงไคสแควร์ สำหรับระดับความเชื่อมั่น α และองศาอิสระ Vlimit ณ ขนาดตัวอย่างเป้าหมาย Nlimit

Table 8-3: Examples of Target Values for Preliminary and Final Process Performance and Capability

Characteristic criticality	Preliminary process performance P_p / P_{pk}		Process performance or capability P_p/P_{pk} or C_p/C_{pk}	
	$N \geq 125$		$N \geq 125$	
	P_p	P_{pk}	P_p/C_p	P_{pk}/C_{pk}
Critical	2.00	1.67	1.67	1.67
Major	1.67	1.33	1.33	1.33
Minor	1.33	1.00	1.00	1.00
Others	1.00	1.00	1.00	1.00

กรณีตัวอย่าง: ต้องการประเมินสมรรถนะกระบวนการเบื้องต้นของคุณลักษณะระดับ Major แต่สามารถเก็บข้อมูลได้เพียง 30 ชิ้น ซึ่งน้อยกว่าขนาดตัวอย่างเป้าหมาย 125 ชิ้น จึงต้องปรับค่าเป้าหมาย Pp และ Ppk ตามขนาดตัวอย่างจริง

กำหนดค่า:

เป้าหมายกรณี $N \geq 125$

ขนาดตัวอย่างเป้าหมาย

$$N_{limit} = 125$$

ขนาดตัวอย่างจริง

$$N_{sample} = 30$$

$$\nu_{limit} = N_{limit} - 1 = 125 - 1 = 124$$

$$\nu_{sample} = N_{sample} - 1 = 30 - 1 = 29$$

ใช้ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตั้งโปรแกรมใช้ค่าโคสแควร์ด้านล่างนี้

$$\alpha = 0.05$$

ค่าจากตาราง Chi-square:

$$\chi^2_{0.05;124} = 99.2826 = \text{CHISQ.INV}(0.05,124)$$

$$\chi^2_{0.05;29} = 17.7084 = \text{CHISQ.INV}(0.05,29)$$

$\chi^2_{\alpha; \nu_{limit}}$ ใช้ Excel:

=CHISQ.INV(probability, degrees_freedom)



Critical Values of χ^2 (Chi-Square) Distribution — Extended Tail Range																		
Area to the Right (R)	0.999	0.9985	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.75	0.5	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025	0.00135	0.001
Area in Left-hand Tail (L)	0.001	0.0015	0.005	0.01	0.025	0.05	0.1	0.25	0.5	0.75	0.9	0.95	0.975	0.99	0.995	0.9975	0.9985	0.999
df	$\chi^2(R=0.999)$	$\chi^2(R=0.9985)$	$\chi^2(R=0.995)$	$\chi^2(R=0.99)$	$\chi^2(R=0.975)$	$\chi^2(R=0.95)$	$\chi^2(R=0.9)$	$\chi^2(R=0.75)$	$\chi^2(R=0.5)$	$\chi^2(R=0.25)$	$\chi^2(R=0.1)$	$\chi^2(R=0.05)$	$\chi^2(R=0.025)$	$\chi^2(R=0.01)$	$\chi^2(R=0.005)$	$\chi^2(R=0.0025)$	$\chi^2(R=0.00135)$	$\chi^2(R=0.001)$
101	62.7005	63.6333	68.1459	70.9007	75.0835	78.8132	83.2675	91.0855	100.3341	110.1890	119.5887	125.4584	130.6997	136.9710	141.3513	145.4908	149.0047	150.6677
102	63.4840	64.4231	68.9652	71.7374	75.9457	79.6975	84.1773	92.0380	101.3341	111.2365	120.6789	126.5741	131.8375	138.1345	142.5322	146.6878	150.2152	151.8838
103	64.2687	65.2140	69.7853	72.5748	76.8086	80.5823	85.0875	92.9907	102.3341	112.2838	121.7686	127.6893	132.9747	139.2971	143.7122	147.8839	151.4246	153.0995
104	65.0544	66.0058	70.6064	73.4130	77.6722	81.4678	85.9982	93.9436	103.3341	113.3308	122.8580	128.8039	134.1112	140.4590	144.8913	149.0790	152.6330	154.3141
105	65.8411	66.7987	71.4282	74.2520	78.5364	82.3537	86.9093	94.8968	104.3341	114.3776	123.9469	129.9180	135.2470	141.6201	146.0696	150.2732	153.8404	155.5277
106	66.6288	67.5925	72.2509	75.0918	79.4013	83.2403	87.8208	95.8502	105.3341	115.4242	125.0354	131.0315	136.3822	142.7804	147.2470	151.4664	155.0488	156.7403
107	67.4175	68.3873	73.0745	75.9323	80.2658	84.1273	88.7327	96.8038	106.3341	116.4706	126.1234	132.1444	137.5167	143.9400	148.4236	152.6587	156.2523	157.9518
108	68.2071	69.1831	73.8989	76.7736	81.1329	85.0149	89.6451	97.7577	107.3341	117.5167	127.2111	133.2569	138.6506	145.0994	149.5994	153.8502	157.4588	159.1624
109	68.9978	69.9778	74.7241	77.6156	81.9997	85.9030	90.5579	98.7117	108.3341	118.5627	128.2983	134.3688	139.7839	146.2569	150.7743	155.0407	158.6603	160.3721
110	69.7894	70.7704	75.5500	78.4558	82.8671	86.7916	91.4710	99.6660	109.3341	119.6084	129.3851	135.4802	140.9166	147.4143	151.9485	156.2304	159.8629	161.5807
111	70.5819	71.5759	76.3768	79.3017	83.7350	87.6808	92.3846	100.6204	110.3340	120.6539	130.4716	136.5911	142.0486	148.5710	153.1218	157.4192	161.0646	162.7885
112	71.3754	72.3754	77.2044	80.1459	84.6036	88.5704	93.2986	101.5751	111.3340	121.6992	131.5573	137.7015	143.1801	149.7269	154.2944	158.6072	162.2654	163.9953
113	72.1698	73.1757	78.0327	80.9907	85.4728	89.4605	94.2129	102.5300	112.3340	122.7443	132.6453	138.8114	144.3110	150.8822	155.4862	159.7943	163.4653	165.2011
114	72.9651	73.9769	78.8618	81.8362	86.3425	90.3511	95.1276	103.4851	113.3340	123.7892	133.7286	139.9208	145.4413	152.0367	156.6373	160.9806	164.6644	166.4061
115	73.7613	74.7790	79.6916	82.6824	87.2128	91.2422	96.0427	104.4404	114.3340	124.8339	134.8135	141.0297	146.5711	153.1906	157.8076	162.1661	165.8625	167.6102
116	74.5583	75.5819	80.5221	83.5293	88.0837	92.1338	96.9582	105.3959	115.3340	125.8784	135.8980	142.1382	147.7002	154.3438	158.9771	163.3508	167.0598	168.8133
117	75.3562	76.3857	81.3534	84.3768	88.9551	93.0258	97.8740	106.3515	116.3340	126.9228	136.9822	143.2461	148.8288	155.4964	160.1460	164.5347	168.2562	170.0156
118	76.1550	77.1903	82.1854	85.2250	89.8271	93.9183	98.7902	107.3074	117.3340	127.9669	138.0660	144.3537	149.9569	156.6483	161.3411	165.7178	169.4519	171.2171
119	76.9547	77.9957	83.0182	86.0738	90.6996	94.8112	99.7067	108.2634	118.3340	129.0108	139.1495	145.4807	151.0844	157.7995	162.4815	166.9002	170.6486	172.4177
120	77.7551	78.8019	83.8516	86.9233	91.5726	95.7046	100.6236	109.2197	119.3340	130.0546	140.2326	146.5674	152.2114	158.9502	163.6842	168.0817	171.8406	173.6174
121	78.5564	79.6090	84.6857	87.7734	92.4462	96.5985	101.5409	110.1761	120.3340	131.0982	141.3157	147.6735	153.3379	160.1002	164.8122	169.2255	173.0338	174.8164
122	79.3586	80.4168	85.5205	88.6241	93.3203	97.4928	102.4585	111.1327	121.3340	132.1416	142.3977	148.7793	154.4638	161.2495	165.9795	170.4626	174.2261	176.0145
123	80.1615	81.2254	86.3559	89.4754	94.1950	98.3875	103.3764	112.0895	122.3340	133.1848	143.4798	149.8846	155.5892	162.3983	167.1441	171.6219	175.4177	177.2118
124	80.9652	82.0348	87.1921	90.3273	95.0701	99.2826	104.2947	113.0464	123.3340	134.2278	144.5616	150.9894	156.7141	163.5465	168.3081	172.8005	176.6085	178.4083
125	81.7697	82.8450	88.0289	91.1798	95.9457	100.1782	105.2132	114.0035	124.3340	135.2707	145.6430	152.0939	157.8385	164.6940	169.4714	173.9784	177.7985	179.6040
126	82.5750	83.6559	88.8663	92.0329	96.8219	101.0742	106.1322	114.9608	125.3340	136.3134	146.7241	153.1979	158.9624	165.8104	170.6341	175.556	179.3788	181.1989
127	83.3810	84.4675	89.7044	92.8866	97.6985	101.9706	107.0514	115.9183	126.3340	137.3559	148.4808	154.3015	160.0858	166.9874	171.7961	176.6231	180.4513	182.2510
128	84.1878	85.2799	90.5431	93.7408	98.5756	102.8674	107.9710	116.8759	127.3340	138.3983	149.8553	155.4047	161.2087	167.1332	172.9575	177.8078	181.5641	183.3684
129	84.9954	86.0931	91.3825	94.5968	99.4532	103.7646	108.8908	117.8337	128.3339	139.4404	150.8864	156.5075	162.3312	168.2784	174.1182	178.9829	182.7511	184.5791
130	85.8037	86.9089	92.2225	95.4510	100.3313	104.6622	109.6110	118.7197	129.3339	140.4825	151.0452	157.0099	163.4531	169.4231	175.2783	180.1674	183.9375	185.7510
131	86.6127	87.7215	93.0630	96.3070	101.2098	105.5602	110.7315	119.7498	130.3339	141.5243	152.1247	158.1119	164.5746	170.5673	176.4378	181.3311	185.1021	186.9231
132	87.4225	88.5367	93.9042	97.1635	102.0888	106.4586	111.6523	120.7081	131.3339	142.5660	153.2039	159.1835	165.6957	171.7108	177.5967	182.4042	186.1800	187.9926
133	88.2329	89.3527	94.7460	98.0205	102.9682	107.3574	112.5734	121.6666	132.3339	143.6076	154.2828	160.2148	166.8162	172.8539	178.7550	183.5766	187.2922	189.1423
134	89.0441	90.1693	95.5884	98.8781	103.8482	108.2566	113.4948	122.6252	133.3339	144.6490	155.3614	161.2156	167.9364	173.9963	179.9127	184.5484	188.2577	190.1313
135	89.8560	90.9867	96.4314	99.7362	104.7285	109.1561	114.4165	123.5839	134.3339	145.6902	156.4397	162.3161	169.0560	175.1381	181.0699	185.7195	189.3685	191.1596
136	90.6686	91.8047	97.2749	100.5948	105.6093	110.0560	115.3385	124.5429	135.3339	146.7313	157.5178	163.4262	170.1753	176.2797	182.2264	186.8900	190.5407	192.3702
137	91.4818	92.6233	98.1191	101.4539	106.4906	110.9563	116.2608	125.5019	136.3339	147.7722	158.5955	164.7119	171.2941	177.4827	183.3824	188.0599	192.0222	193.8941
138	92.2958	93.4426	98.9638	102.3136	107.3722	111.8570	117.1833	126.4611	137.3339	148.8130	159.6729	165.8153	172.4214	178.5111	184.3737	189.0222	192.6833	194.5803
139	93.1104	94.2626	99.8090	103.1737	108.2543	112.7580	118.1061	127.4205	138.3339	149.8536	160.7501	167.5143	173.5303	179.5853	185.6379	190.7397	194.8901	196.8659
140	93.9256	95.0832	100.6548	104.0344	109.1369	113.6593	119.0293	128.3800	139.3339	150.8941	161.8270	168.6130	174.6781	180.7406	186.8648	191.9559	195.9627	197.9508
141	94.7416	95.9045	101.5012	104.8956	110.0198	114.5611	119.9526	129.3397	140.3339	151.9344	162.9036	169.7113	175.7649	181.9272	188.0006	193.3333	196.9416	198.9350
142	95.5582	96.7264	102.3481	105.7572	110.9032	115.4631	120.8763	130.2995	141.3339	152.9746	163.9799	170.8092	176.8816	184.1176	189.9357	194.3902	197.9199	199.9186
143	96.3754	97.5499	103.1966	106.6194	111.7870	116.6953	121.8002	131.2594	142.3339	154.0147	165.0560	171.9008	177.9978	185.2555	190.3064	195.0665	199.0975	201.0015
144	97.1927	98.3720	104.0435	107.4857	112.6711	117.3685	122.2712	133.2569	144.3339	156.0319	167.1721	174.0391	180.2229	187.5009	192.6222	197.6222	201.6222	203.6222
145	98.0115	99.1958	104.8922	108.5551	113.5557	118.17357	123.9799	135.0944	146.3339	158.0944	169.2594	176.1074	182.2291	189.5229	194.6229	199.6229	203.6229	205.6229
146	98.8308	100.0201	105.7411	109.2087	114.4407	119.0748	124.5736	134.4401	145.3339	157.1340	168.2626	175.1976	181.3442	188.6664	193.7611	198.6814	202.6267	204.5465
147	99.6505	100.8451	106.5906	110.0727	115.3261	119.9786	125.4986	135.1006	146.3339	158.1735	169.3577	176.2938	182.4588	189.8064	194.9116	199.7258	203.8019	205.7270
148	100.4719	101.6706	107.4406	110.9372	116.2118	120.8826	126.4238	136.0612	147.3339	159.2521	170.4324	177.3897	183.5731	190.9380	196.0617	200.8892	204.9765	206.9088
149	101.2918	102.4967	108.2912	112.0002	117.0													

คำนวณค่า $P_{pk.actual}$

ค่าเป้าหมายสำหรับ P_{mk} สำหรับ
ขนาดตัวอย่างเป้าหมาย

ควอนไทล์ของการแจกแจงไคสแควร์ที่
ได้จาก Chi-Square ขนาดตัวอย่าง
เป้าหมาย

องศาอิสระสำหรับขนาดตัวอย่างจริง

ควอนไทล์ของการแจกแจงไคสแควร์ที่
ได้จาก Chi-Square ขนาดตัวอย่างจริง

องศาอิสระสำหรับขนาดตัวอย่าง
เป้าหมาย

$$P_{pk.actual} = P_{pk.limit} \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{2N_{limit}}} \right) \sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha; \nu_{limit}}}{\nu_{limit}}} \left(1 + \frac{1}{2N_{sample}} \right) \sqrt{\frac{\nu_{sample}}{\chi^2_{\alpha; \nu_{sample}}}}$$

$$= 1.33 \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{2(125)}} \right) \sqrt{\frac{99.2826}{124}} \left(1 + \frac{1}{2(30)} \right) \sqrt{\frac{29}{17.7084}}$$

$$= 1.33 \times 0.9960 \times 0.8948 \times 1.0167 \times 1.2797$$

$P_{pk.actual} = 1.5422$



ความหมายคือ เมื่อเก็บตัวอย่างจริงเพียง 30 ชิ้น ค่าเป้าหมาย (P_{pk}) ไม่ควรใช้ค่า 1.33 โดยตรง แต่ต้องปรับเพิ่มเป็นประมาณ 1.5422



Table 8-4: Adjustment of C_p and P_p target values depending on sample size

_p	Confidence level for adaption of C_p/P_p target value														
	95%					99%					99,90%				
N															
125	2,33	2,00	1,67	1,33	1,00	2,33	2,00	1,67	1,33	1,00	2,33	2,00	1,67	1,33	1,00
120	2,34	2,00	1,67	1,33	1,00	2,34	2,01	1,68	1,33	1,00	2,34	2,01	1,68	1,34	1,01
110	2,35	2,02	1,68	1,34	1,01	2,36	2,02	1,69	1,35	1,01	2,37	2,03	1,70	1,35	1,02
100	2,36	2,03	1,69	1,35	1,01	2,38	2,04	1,70	1,36	1,02	2,40	2,06	1,72	1,37	1,03
90	2,38	2,04	1,71	1,36	1,02	2,40	2,06	1,72	1,37	1,03	2,43	2,09	1,74	1,39	1,04
80	2,40	2,06	1,72	1,37	1,03	2,43	2,09	1,74	1,39	1,04	2,47	2,12	1,77	1,41	1,06
75	2,41	2,07	1,73	1,38	1,04	2,45	2,10	1,76	1,40	1,05	2,50	2,14	1,79	1,43	1,07

Table 8-5: Adjustment of C_{pk} and P_{pk} target values depending on sample size

pk	Confidence level for adaption of C{pk}/P_{pk} target value														
	95%					99%					99,90%				
N															
125	2,33	2,00	1,67	1,33	1,00	2,33	2,00	1,67	1,33	1,00	2,33	2,00	1,67	1,33	1,00
120	2,34	2,01	1,67	1,33	1,00	2,34	2,01	1,68	1,33	1,00	2,34	2,01	1,68	1,34	1,01
110	2,35	2,02	1,68	1,34	1,01	2,36	2,02	1,69	1,35	1,01	2,37	2,03	1,70	1,35	1,02
100	2,37	2,03	1,70	1,35	1,02	2,38	2,04	1,71	1,36	1,02	2,40	2,06	1,72	1,37	1,03
90	2,38	2,05	1,71	1,36	1,02	2,41	2,07	1,73	1,37	1,03	2,43	2,09	1,75	1,39	1,04
80	2,41	2,07	1,73	1,37	1,03	2,44	2,09	1,75	1,39	1,05	2,48	2,13	1,78	1,42	1,06
75	2,42	2,08	1,73	1,38	1,04	2,46	2,11	1,76	1,40	1,06	2,51	2,15	1,80	1,43	1,08

9 แผนภูมิควบคุมสำหรับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติและความสามารถของกระบวนการอย่างต่อเนื่อง

โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com



ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ

การทดสอบที่	ด.ย.	คำอธิบาย	วัตถุประสงค์/ตรวจจับ	หมายเหตุ
1		พบ 1 จุดมีค่ามากกว่า 3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากเส้นศูนย์กลาง	จุดข้อมูลที่ผิดปกติ / อยู่นอกการควบคุม	การทดสอบพื้นฐาน ใช้เสมอ
2		พบมี 9 จุดติดต่อกัน(จากภาพมากกว่า 9 จุด)อยู่ด้านเดียวของเส้นศูนย์กลาง	การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยกระบวนการ (shift)	ใช้ร่วมกับ Test 1 เพื่อเพิ่มความไว
3		พบมี 6 จุดติดต่อกัน เพิ่มขึ้นหรือลดลงต่อเนื่อง (จากภาพขึ้นต่อเนื่องมากกว่า 6 จุด)	แนวโน้มของข้อมูล (Trend)	ชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงที่ต่อเนื่อง
4		พบมี 14 จุดติดต่อกัน สลับขึ้นลง	ความแปรปรวนแบบเป็นระบบ (Systematic Variation)	อาจบ่งชี้ว่ากระบวนการไม่สม่ำเสมอ
5		พบมี 2 ใน 3 จุดติดต่อกัน มีค่า > 2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากเส้นศูนย์กลาง (ด้านเดียวกัน)(จากภาพติดต่อกัน 3 จุด)	ความเบี่ยงเบนเล็ก ๆ ในกระบวนการ	ใช้ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงแบบเล็กน้อย
6		พบมี 4 ใน 5 จุดติดต่อกัน มีค่า > 1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากเส้นศูนย์กลาง (ด้านเดียวกัน)(จากภาพติดต่อกัน 5 จุด)	ความเบี่ยงเบนเล็ก ๆ ในกระบวนการ	คล้าย Test 5 แต่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงมากกว่า
7		พบมี 15 จุดติดต่อกัน มีค่า > 1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากเส้นศูนย์กลาง (ทั้งสองด้าน)	ลักษณะที่เข้าใจผิดว่าเป็นการควบคุมดี แต่จริง ๆ แล้วไม่ดี การทดสอบนี้ตรวจพบขีดจำกัดการควบคุมที่กว้างเกินไป	อาจเกิดจากข้อมูลที่มีการแยกชั้น (Stratified Data)
8		K 8 จุดในแถว > 1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากเส้นศูนย์กลาง (ทั้งสองด้าน) ตกลงใกล้กับจุดควบคุมข้อจำกัด	รูปแบบ "ผสมผสาน" (Mixture Pattern) – จุดข้อมูลมักอยู่ใกล้ขีดจำกัด	อาจบ่งชี้ถึงความแปรปรวนซ่อนอยู่ในระบบ

ISO 7870-2:2023 — Shewhart control charts

4.3 Process in statistical control

4.3.1 The upper and lower control limits on the control chart, on each side of the centre line, are typically placed at a distance of three times the standard deviation of the statistic (3σ) being plotted. If large number of observations from a process in statistical control are studied in form of frequency distribution, it often shows a bell shaped symmetrical pattern, which is well represented as normal distribution.

4.3.2 Placing the limits too close to the centre line will result in many searches for non-existing problems and yet placing the limits too far apart will increase the risk of not detecting process problems when they do exist. Under an assumption that the plotted statistic is approximately normally distributed 3σ limits indicate that approximately 99,73 % of the values of the statistic will be included within the control limits, provided the process is in statistical control. Interpreted another way, there is a 0,27 % probability, or about three out of thousand plotted points will be out of the upper or lower control limit when the process is in control. The word “approximately” is used because deviations from underlying assumptions such as the distributional form of the data will affect the probability values. In fact, the choice of $k\sigma$ limits, instead of 3σ limits, depends on costs of investigation and taking appropriate action vis-à-vis consequences of not taking action.

4.3 กระบวนการที่อยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติ

4.3.1 ขีดจำกัดการควบคุมบน (UCL) และขีดจำกัดการควบคุมล่าง (LCL) บนแผนภูมิควบคุม ซึ่งอยู่คนละด้านของเส้นกึ่งกลาง (Center Line) โดยทั่วไปจะกำหนดไว้ที่ระยะ 3 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (3σ) ของค่าสถิติที่นำมาพล็อตหากศึกษาข้อมูลจำนวนมากจากกระบวนการที่อยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติในรูปแบบการแจกแจงความถี่ (Frequency Distribution) ข้อมูลมักแสดงรูปแบบสมมาตรคล้ายรูประฆัง (Bell-shaped Symmetrical Pattern) ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

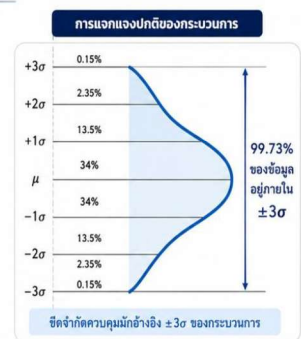
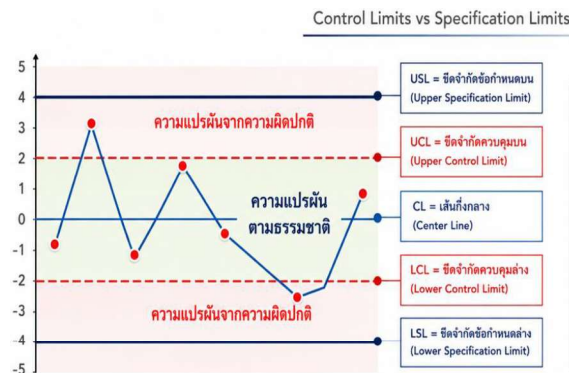
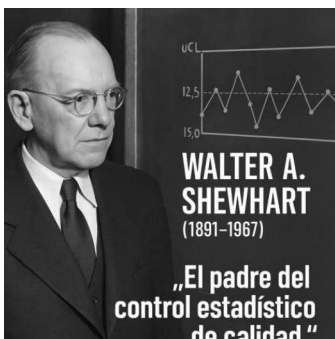
4.3.2 การกำหนดขีดจำกัดการควบคุมให้ใกล้เส้นกึ่งกลางมากเกินไป จะทำให้เกิดการค้นหาคำอธิบายที่ไม่มีอยู่จริงบ่อยครั้งในทางกลับกัน การกำหนดขีดจำกัดการควบคุมให้ห่างเกินไป จะเพิ่มความเสี่ยงในการไม่สามารถตรวจพบปัญหาของกระบวนการเมื่อปัญหาเกิดขึ้นจริงภายใต้สมมติฐานว่าค่าสถิติที่พล็อตมีการแจกแจงใกล้เคียงแบบปกติ (Normal Distribution) ขีดจำกัดที่ระดับ $\pm 3\sigma$ หมายความว่า ประมาณ 99,73% ของค่าทั้งหมดจะอยู่ภายในขีดจำกัดการควบคุม คราวใดที่กระบวนการยังอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติ (Statistical Control) ก็กุ่มหนึ่งสามารถตีความได้ว่า แม้ว่ากระบวนการจะอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติ ก็ยังมีความน่าจะเป็น 0,27% หรือประมาณ 3 จุดจากทุก ๆ 1,000 จุดข้อมูล ที่จะตกอยู่นอก UCL หรือ LCL คำว่า "approximately" (ประมาณ) ถูกใช้เนื่องจากการเบี่ยงเบนจากสมมติฐานพื้นฐาน เช่น รูปแบบการแจกแจงของข้อมูล อาจส่งผลต่อความน่าจะเป็นดังกล่าวในความเป็นจริง การเลือกใช้ขีดจำกัดที่ระดับ $k\sigma$ แทน 3σ ขึ้นอยู่กับต้นทุนของการสืบสวนหาสาเหตุ การดำเนินการแก้ไขที่เหมาะสม และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการไม่ดำเนินการใด ๆ

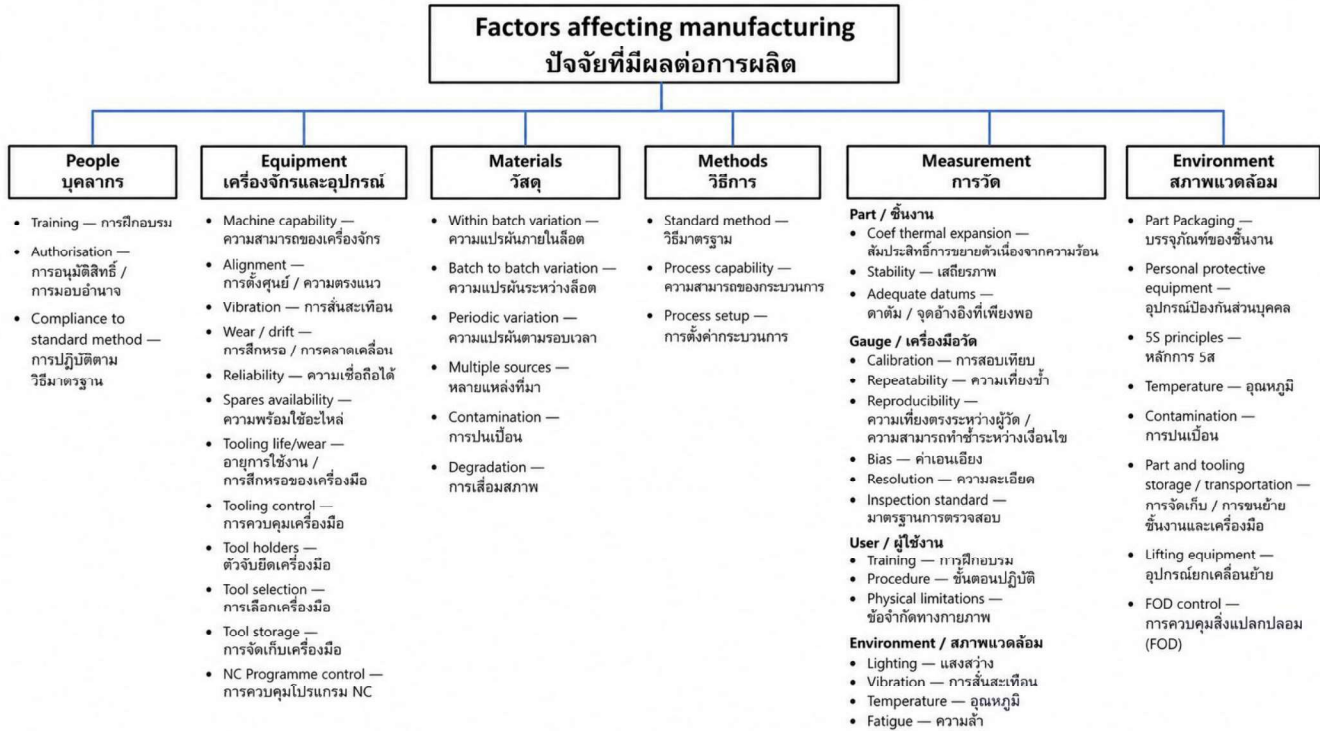
9.1 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ เทียบกับแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับพิสัยความถี่

การใช้แผนภูมิควบคุมที่เหมาะสมทำให้สามารถติดตามเสถียรภาพของกระบวนการได้อย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยความสามารถของกระบวนการที่กำหนดไว้ในเบื้องต้นและผลการประเมินเสถียรภาพ ทำให้สามารถพยากรณ์ความสามารถของกระบวนการอย่างต่อเนื่องได้

แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือเชิงกราฟิกที่แสดงค่าคุณลักษณะหรือพารามิเตอร์ทางสถิติ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับขีดจำกัดควบคุมที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้ได้

หลักการของ Shewhart คือ การแยกความแตกต่างระหว่าง Random cause / Common cause / Chance cause แหล่งของความผันแปรของกระบวนการที่มีอยู่โดยธรรมชาติภายในกระบวนการตามเวลา และ Special cause แหล่งของความผันแปรของกระบวนการที่ไม่ใช่ความผันแปรโดยธรรมชาติของกระบวนการ เพื่อให้ได้กระบวนการที่มีเสถียรภาพ : ISO 3534-2:2006





9.2.1 แผนภูมิควบคุมแบบย้อนหลัง เทียบกับแผนภูมิควบคุม SPC

เมื่อใช้แผนภูมิควบคุมแบบย้อนหลัง พฤติกรรมของกระบวนการที่ผ่านมาได้รับการวิเคราะห์ย้อนหลัง ภายหลังจากกระบวนการดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว

อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้แผนภูมิควบคุม SPC ความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมของกระบวนการที่ผ่านมา จะถูกใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการควบคุมกระบวนการในอนาคต

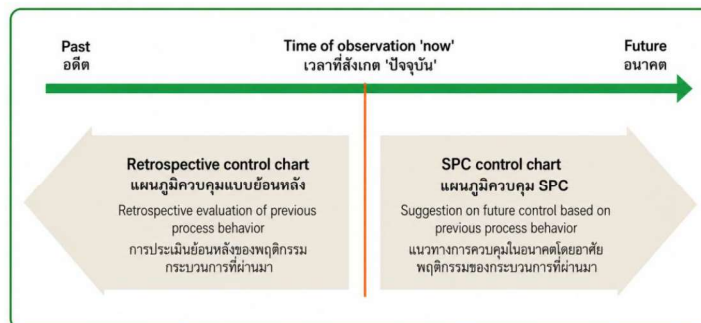


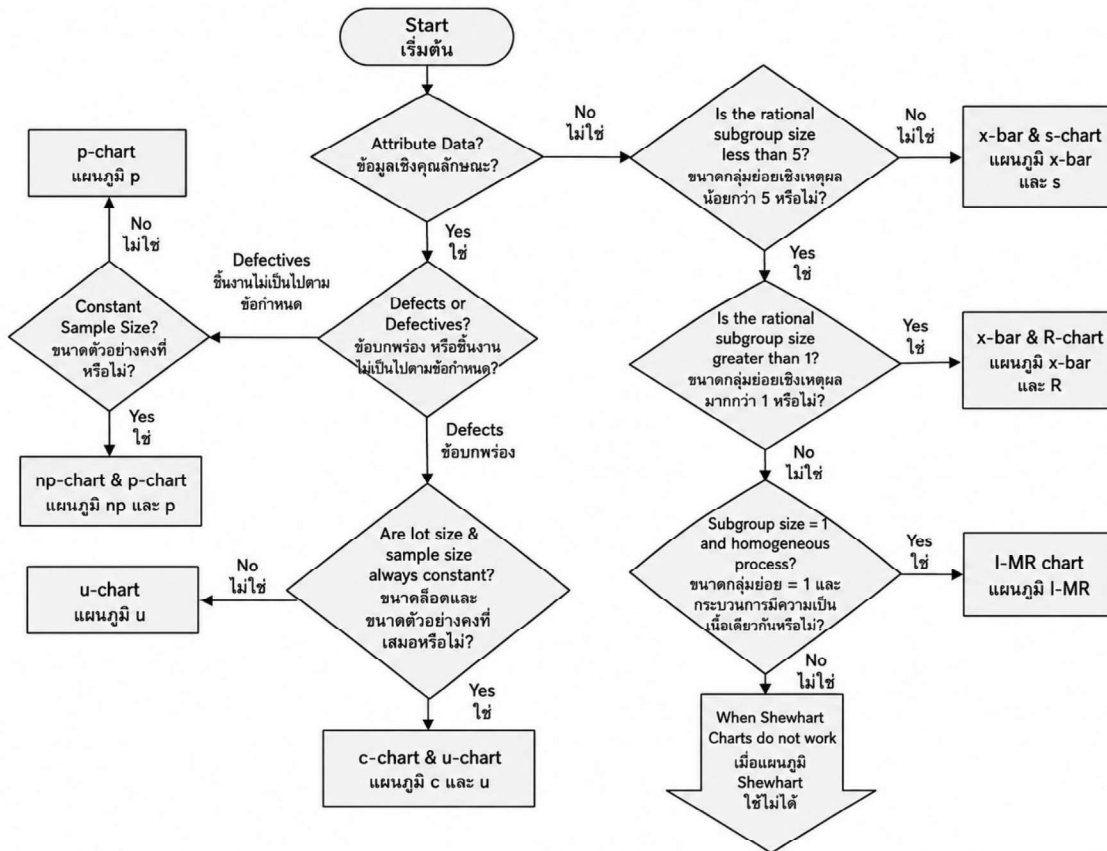
Figure 9-1: Two Different Assessment Methods: Retrospective Control Chart or SPC Control Chart

รูปที่ 9-1: วิธีการประเมิน 2 รูปแบบ: แผนภูมิควบคุมแบบย้อนหลัง หรือ แผนภูมิควบคุม SPC

การประเมินเสถียรภาพโดยใช้แผนภูมิควบคุมแบบย้อนหลังหรือแบบวิเคราะห์ เป็นพื้นฐานสำหรับการแยกความแตกต่างระหว่าง ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) และ สมรรถนะของกระบวนการ (Process Performance)

แผนภูมิควบคุม SPC ใช้สำหรับการควบคุมกระบวนการโดยตรง (วงรอบการควบคุมที่ 1 คู่มือที่ 4.4) ในกรณีนี้ แผนภูมิควบคุมจะถูกใช้เพื่อควบคุมกระบวนการโดยตรง ซึ่งไม่ยอมรับการละเมิดขีดจำกัดควบคุม

ทุกกรณีที่มีการละเมิดขีดจำกัดควบคุมหรือเกณฑ์เสถียรภาพ ต้องดำเนินการตาม แผนปฏิบัติการเมื่อกระบวนการอยู่นอกการควบคุม (Out of Control Action Plan: OCAP) คู่มือที่ 5.6



When Shewhart Charts Do Not Work / เมื่อแผนภูมิ Shewhart ใช้ไม่ได้ผล

1.Pre-Control / การควบคุมเบื้องต้น

- Zone Charts (Red/Yellow/Green, Stoplight Control) / แผนภูมิโซน (แดง/เหลือง/เขียว, การควบคุมแบบสัญญาณไฟ)

2.Non-Normality / การแจกแจงไม่เป็นปกติ

- Shewhart (with transformation using parametric/non-parametric fit) / แผนภูมิ Shewhart (แปลงข้อมูลด้วยการประมาณแบบพารามิเตอร์/ไม่อาศัยพารามิเตอร์)
- Median chart (averages should not be calculated) / แผนภูมิมัธยฐาน (ไม่ควรคำนวณค่าเฉลี่ย)
- Zone Charts (Red/Yellow/Green) / แผนภูมิโซน (แดง/เหลือง/เขียว)
- Pearson Chart (not transformed) / แผนภูมิ Pearson (ไม่แปลงข้อมูล)
- Percentile chart (distribution free) / แผนภูมิเปอร์เซ็นต์ไทล์ (ไม่ขึ้นกับการแจกแจง)

3.Batch Processing with multiple systematic sources of variation / กระบวนการแบบแบตช์ที่มีแหล่งความผันแปรเชิงระบบหลายแหล่ง

- (Multiple) Levey Jennings Charts (according to JESD 557D) / แผนภูมิ Levey Jennings (หลายชุด) ตาม JESD 557D

4.Autocorrelation / อัตสหสัมพันธ์

- CUSUM (cumulative sum) / CUSUM (ผลรวมสะสม)
- UWMA/EWMA (uniform/exponentially weighted moving average) / UWMA/EWMA (ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบสม่ำเสมอ/เอ็กซ์โพเนนเชียล)
- Regression Control Chart / แผนภูมิควบคุมแบบถดถอย

5.Short Run SPC (different targets, same machine) / SPC ระยะสั้น (เป้าหมายต่างกัน เครื่องจักรเดียวกัน)

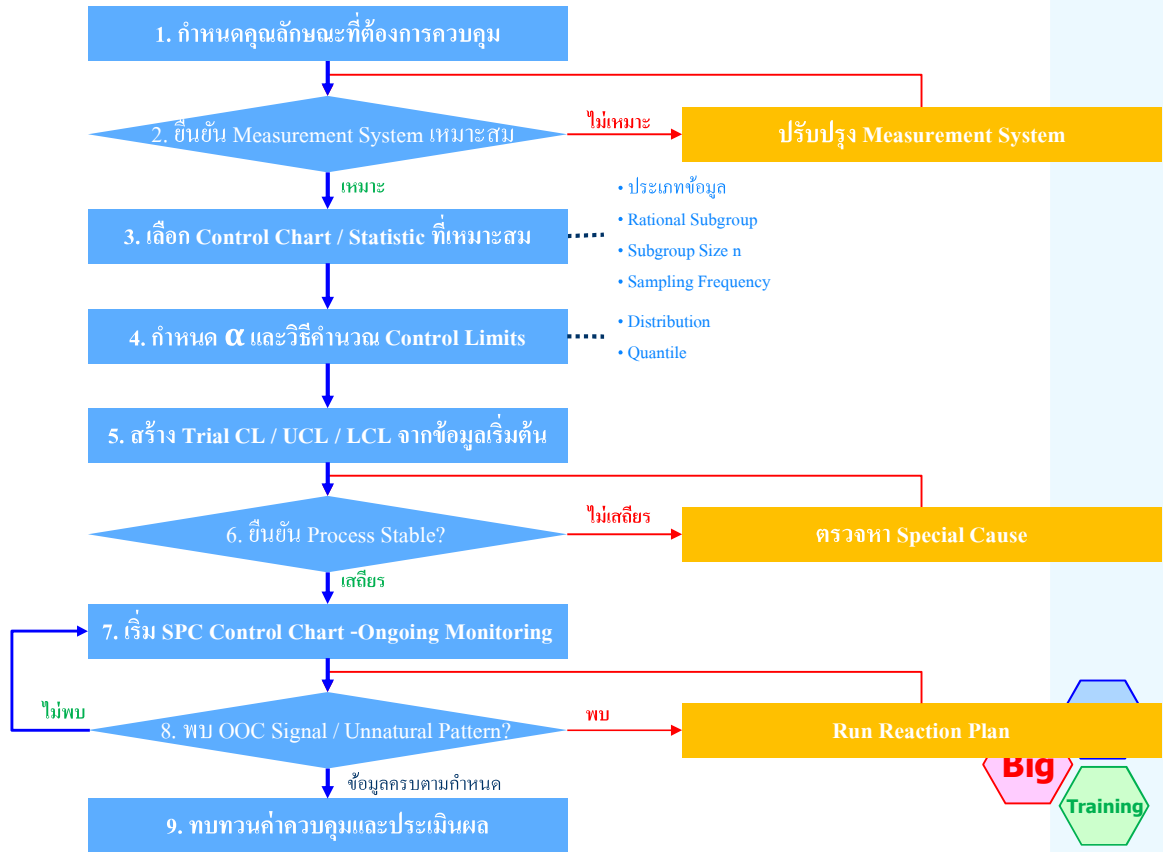
- Z-Chart / แผนภูมิ Z
- Other normalization (e.g. Delta to Target) / การทำให้เป็นมาตรฐานแบบอื่น (เช่น Delta to Target)

6.Multiple variables / หลายตัวแปร

- Hotelling T Control Chart / แผนภูมิควบคุม Hotelling T

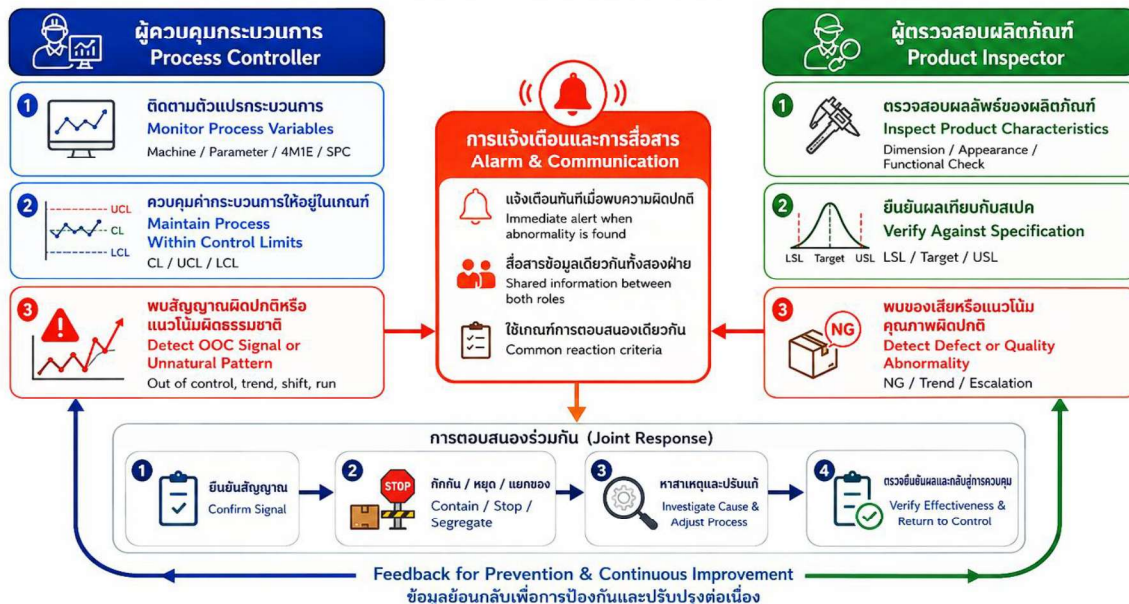
7.Rare Events / เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นไม่บ่อย

- G Chart (Geometric: Opportunities between events can be determined) / แผนภูมิ G (เรขาคณิต: สามารถกำหนดโอกาสระหว่างเหตุการณ์ได้)
- T Chart (Time: Date and time between events are known) / แผนภูมิ T (เวลา: ทราบวันที่และเวลาระหว่างเหตุการณ์)



การควบคุมและการแจ้งเตือนระหว่างผู้ควบคุมกระบวนการและผู้ตรวจสอบผลิตภัณฑ์

Control and Alert Flow Between Process Controller and Product Inspector



การใช้ SPC ถ้าขาดกระบวนการแจ้งเตือนแบบทันที ก็ไม่สามารถทำให้กระบวนการดีขึ้นได้

Control Plan												Page ____ of ____	
☐ Prototype ☒ Pre-launch ☐ Production ☐ Safe Launch (If Safe Launch is included in Pre-Launch or Production Control Plan, check both boxes)													
Control Plan Number: 5. กระบวนการขึ้นงาน			Key Contact/Phone: สมพงษ์ (หัวหน้าแผนกขึ้นงาน) Tel: XXXXXX						Date (Orig): 1/3/68		Date (Rev): N/A		
Part Number/Latest Change Level: MRBC-2C326-AR ECN No:00			เทคนิค (QC), วิเส, สมคิด, นนดี (ของขึ้นงาน), สมศรี (PE)						Customer Eng. Approval/ Date (If Req'd):				
Part Name/Description: กระดาษน้ำอวฤ			Supplier/Plant Approval/Date: จักรวรร (1/3/68)						Customer Quality Approval/Date (If Req'd):				
Supplier/Plant:		Supplier Code: V33XB		Other Approval/Date (If Req'd):						Other Approval/Date (If Req'd):			
PART/ PROCESS NUMBER	PROCESS NAME/ OPERATION DESCRIPTION	MACHINE, DEVICE, JIG, TOOLS, FOR MFG.	CHARACTERISTICS			Special Char. Class	METHODS				REACTION PLAN		
			NO.	PRODUCT	PROCESS 4M		PRODUCT/ PROCESS SPECIFICATION TOLERANCE	EVALUATION/ MEASUREMENT TECHNIQUE	OWNER/ RESPONSIBLE	SAMPLE SIZE FREQ.		CONTROL METHOD	ACTION
5.1	ตรวจสอบชิ้นงานและสี	N/A		พนักงาน : ต้องสามารถตรวจสอบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ขึ้นงานได้ถูกต้อง		Ref: MSA (KAPPA)	FM-QA-15 (kappa)	QA	ทุกคน	ทุก 3 เดือน	- ทดสอบตาม OJT WI-01 - คู่มือ WI-01 (การตรวจสอบชิ้นงาน)	ดำเนินการตาม RP-15	MA QA
				ตรวจสอบ : ความสว่างในพื้นขึ้นงาน		ต้องมากกว่า 550	เครื่องวัดแสง	พนักงาน	ทุกคน	ก่อนเริ่มงาน	วัดแสงและใช้กราฟ X-MR ในการควบคุม	แจ้งป้อนข้อมูลและวัดค่าแสงก่อนขึ้นงาน	หัวหน้า สกรีน
				สี : ต้องมี โดและสีอย่างสี		สีตามที่จ้าง	สายตา	พนักงาน	ทุกคน	ระหว่างการผลิต	กำหนดเกณฑ์การตรวจสอบสี Line ต้องมีป้ายแสดงตัวอย่างสีขึ้นงาน (WI-54)	ปฏิเสธการรับ	หัวหน้า สกรีน
				ชิ้นงาน : ทุบเข้า Line		ต้องพบเหล็กที่ขึ้นงาน	สายตา	พนักงาน	ทุกคน	ระหว่างการผลิต	ใช้ถังพลาสติกใส่เหล็ก (PP Corrugated Box) ที่มีฝาปิดสนิทใส่เหล็ก	ปฏิเสธการรับ	หัวหน้า สกรีน
				พนักงาน : เช็จำนวนชิ้นงานจริงที่ได้รับ		เทียบกับ Tag ทุกครั้ง	การผสมผสานงานรับของเข้า FM-PT-02	หัวหน้างาน	ทุกคน	ทุกเย็นหลังเลิกงาน	ใช้ WI-01 เปรียบเทียบการรับจำนวนด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักและสับน้ำหนักก่อนจะบันทึกข้อมูล FM-PT-02 และ OJT ก่อนขึ้นงาน	ตรวจสอบยอดผลิตใหม่ของรับ	หัวหน้า สกรีน
				ชิ้นงาน : ทุบเข้า		ต้องไม่มีปัญหาพื้นผิวและภายนอก	สายตา	พนักงาน	สังเกต	ระหว่างการผลิต	จัดทำ WI-03 คู่มือการตรวจสอบลักษณะภายนอก เช่น แก้ว ทุบ จุดดำของงานก่อนขึ้นงาน	ปฏิเสธการรับ	หัวหน้า สกรีน



เลือกค่า α โดยพิจารณาร่วมกันระหว่าง ความสามารถของระบบการวัด และ ความสามารถของกระบวนการ หลังจากขึ้นงานว่ากระบวนการมีเสถียรภาพแล้ว

- เมื่อ Measurement System ดี และ Cpk สูง $\rightarrow$ ใช้ α ต่ำ เพื่อลด False Alarm
- เมื่อ Cpk ลดลง $\rightarrow$ อาจเพิ่ม α เพื่อให้ Control Limits แคบลงและเพิ่มความไวในการตรวจจับ Process Shift
- α สูงขึ้น $\rightarrow$ Sensitivity สูงขึ้น แต่ False Alarm เพิ่มขึ้น
- หาก QMS > 15%, CMS $\leq$ 1.33 หรือ Cpk < 1.00 $\rightarrow$ ไม่ควรใช้การปรับ α เพื่อชดเชยปัญหา ต้องปรับปรุง Measurement System หรือ Process ก่อน ISO 22514-7 แนะนำให้ QMS ไม่เกิน 15% และ CMS มากกว่า 1.33 สำหรับ Measuring System Capability.

Process Capability Cpk $\downarrow$ / Measurement System $\rightarrow$	ดีมาก QMS $\leq$ 10% / CMS $\geq$ 2.00	ยอมรับได้ 10% < QMS $\leq$ 15% / 1.33 < CMS < 2.00	ไม่ผ่าน QMS > 15% / CMS $\leq$ 1.33	Critical
Cpk $\geq$ 1.67 ความสามารถสูงมาก	0.0027	0.0027-0.01	0.01	0.01 + $\uparrow$ Sampling
1.33 $\leq$ Cpk < 1.67 ความสามารถดี	0.0027	0.01	0.01-0.025	0.025 + $\uparrow$ Sampling
1.00 $\leq$ Cpk < 1.33 Margin ต่ำ	0.01	0.01-0.025	0.025	0.025-0.05 + Containment
Cpk < 1.00 Process ไม่สามารถตาม Spec	Improve	Improve	Containment	Stop / Improve



เมื่อ Measurement System ดีมากและ Process Capability เริ่มต่ำลง เราสามารถเพิ่ม Sensitivity ของ Control Chart ด้วยการเพิ่ม α ตรวจจับ Shift เร็วขึ้น



กราฟ	สูตรค่าควบคุม	Quantile ค่าควอนไทล์ / แจกแจง,ตารางที่ใช้
I-MR แบบ Moving Subgroup	$UCL = \hat{\mu} + u_{\left(\frac{1+\sqrt{1-\alpha}}{2}\right)} \hat{\sigma}$ $LCL = \hat{\mu} - u_{\left(\frac{1+\sqrt{1-\alpha}}{2}\right)} \hat{\sigma}$	$u_{\left(\frac{1+\sqrt{1-\alpha}}{2}\right)}$ จาก Standardized Normal Distribution
	$UCL_R = w_{n;1-\alpha/2} \hat{\sigma}$ $LCL_R = w_{n;\alpha/2} \hat{\sigma}$	$w_{n;1-\alpha/2}$ $w_{n;\alpha/2}$ จาก Standardized Range w-distribution



กราฟ	สูตรค่าควบคุม	Quantile ค่าควอนไทล์ / Distribution
ทั่วไปของ Xbar Chart	$UCL_{\mu} = \hat{\mu} + u_{1-\alpha/2} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma}$ $LCL_{\mu} = \hat{\mu} - u_{1-\alpha/2} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma}$	$u_{1-\alpha/2}$ จาก Standardized Normal Distribution
Xbar	ต้องเปลี่ยนตัวประมาณ $\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$ $UCL_{\mu} = \bar{\bar{X}} + u_{1-\alpha/2} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \frac{\bar{R}}{d_2}$ $LCL_{\mu} = \bar{\bar{X}} - u_{1-\alpha/2} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \frac{\bar{R}}{d_2}$	$u_{1-\alpha/2}$ จาก Standardized Normal Distribution
	ต้องเปลี่ยนตัวประมาณ $\hat{\sigma} = \sqrt{s^2}$ $UCL_{\mu} = \bar{\bar{X}} + u_{1-\alpha/2} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{s^2}$ $LCL_{\mu} = \bar{\bar{X}} - u_{1-\alpha/2} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{s^2}$	$u_{1-\alpha/2}$ จาก Standardized Normal Distribution



กราฟ	สูตรค่าควบคุม	Quantile ค่าควอนไทล์ / Distribution
R	R — Exact : Calculation based on w-distribution of the Standardized Range วิธีที่ 1 — ใช้ w-distribution ของ Standardized Range $UCL_R = w_{n;1-\alpha/2} \hat{\sigma} = w_{n;1-\alpha/2} \frac{\bar{R}}{d_2}$ $LCL_R = w_{n;\alpha/2} \hat{\sigma} = w_{n;\alpha/2} \frac{\bar{R}}{d_2}$	$w_{n;1-\alpha/2}$ $w_{n;\alpha/2}$ จาก Standardized Range w-distribution
	R — Approximate Calculation based on quantiles of the normal distribution (approximated calculation) วิธีที่ 2 — ใช้ Quantile ของ Normal distribution $UCL_R = \bar{R} + u_{1-\alpha/2} \cdot d_3 \cdot \frac{\bar{R}}{d_2}$ $LCL_R = \bar{R} - u_{1-\alpha/2} \cdot d_3 \cdot \frac{\bar{R}}{d_2}$ หรือ $UCL_R = \left(1 + u_{1-\alpha/2} \frac{d_3}{d_2}\right) \bar{R}$ $LCL_R = \left(1 - u_{1-\alpha/2} \frac{d_3}{d_2}\right) \bar{R}$	$u_{1-\alpha/2}$ จาก Standardized Normal Distribution

Training

กราฟ	สูตรค่าควบคุม	Quantile ค่าควอนไทล์ / Distribution
S	S — Overall formula สูตรทั่วไปสำหรับขีดจำกัดควบคุม $UCL_s = \sqrt{\frac{\chi_{f;1-\alpha/2}^2}{f}} \cdot \hat{\sigma}$ $LCL_s = \sqrt{\frac{\chi_{f;\alpha/2}^2}{f}} \cdot \hat{\sigma}$	$\chi_{f;1-\alpha/2}^2$ $\chi_{f;\alpha/2}^2$ จาก Chi-squared distribution
	หรือ S — ได้สูตรดังนี้ $\hat{\sigma} = \sqrt{s^2} \quad f = n - 1$ $UCL_s = \sqrt{\frac{\chi_{f;1-\alpha/2}^2}{f}} \cdot \sqrt{s^2}$ $LCL_s = \sqrt{\frac{\chi_{f;\alpha/2}^2}{f}} \cdot \sqrt{s^2}$	

กราฟ	สูตรค่าควบคุม	Quantile ค่าควอนไทล์
p	$UCL = \frac{x_{up}}{n}$ $LCL = \frac{x_{lo}}{n}$	ขีดจำกัดควบคุมจาก Cumulative Binomial Distribution Function $G(x_{up}; n, \hat{p}) \geq 1 - \frac{\alpha}{2}$ $G(x_{lo}; n, \hat{p}) \leq \frac{\alpha}{2}$
np	$UCL = x_{up}$ $LCL = x_{lo}$	ขีดจำกัดควบคุมจาก Binomial Table $G(x_{up}; n, \hat{p}) \geq 1 - \frac{\alpha}{2}$ $G(x_{lo}; n, \hat{p}) \leq \frac{\alpha}{2}$



กราฟ	สูตรค่าควบคุม	Quantile ค่าควอนไทล์
u	$UCL = \frac{x_{up}}{n_i}$ $LCL = \frac{x_{lo}}{n_i}$	ขีดจำกัดควบคุมจาก Cumulative Poisson Distribution $F(x_{up}; \bar{u} \cdot n_i) \geq 1 - \frac{\alpha}{2}$ $F(x_{lo}; \bar{u} \cdot n_i) \leq \frac{\alpha}{2}$
C	UCL LCL	ขีดจำกัดควบคุมจาก Cumulative Poisson Distribution $F(UCL; \hat{\mu}) \geq 1 - \frac{\alpha}{2}$ $F(LCL; \hat{\mu}) \leq \frac{\alpha}{2}$



แผนภูมิควบคุม I-MR

โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com



ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ

แผนภูมิควบคุม I-MR

239

แผนภูมิควบคุมค่ารายตัวและพิสัยเคลื่อนที่ (Individual and Moving Range : I – MR หรือ X-MR) ค่ารายตัว (x) และพิสัยเคลื่อนที่ (Rm) (เรียกอีกอย่างว่าแผนภูมิ I-MR)

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมนี้

- การทดสอบแบบทำลาย ใช้เวลานาน และ/หรือมีค่าใช้จ่ายสูง
- การสุ่มตัวอย่างจากเบตซ์ขนาดใหญ่ที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันสูง เช่น อุตสาหกรรมเคมี ของไหล ผง หรือการตรวจสอบ 100% ซึ่งไม่สามารถจัดกลุ่มย่อยเชิงเหตุผลได้
- กระบวนการที่ทราบว่ามีเสถียรภาพสูงและมีความสามารถสูง

Specification: 0.005 ± 0.001 mm

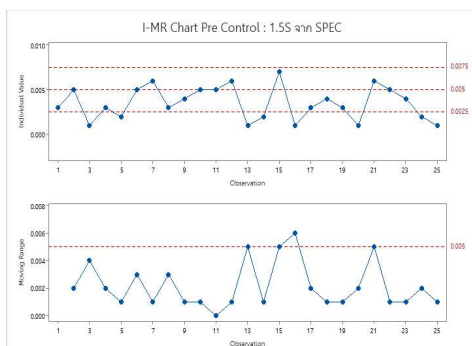
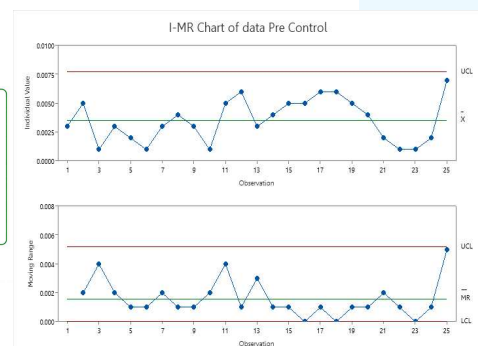


Figure 9-3: Two Different Assessment Methods: Retrospective Control Chart or SPC Control Chart
แปล: 2 วิธีการประเมิน 2 ประเภท: แผนภูมิควบคุมย้อนหลัง หรือ แผนภูมิควบคุม SPC



สมมุติกำหนด False Alarm Probability $\alpha = 0.0027$ และ $n=3$

q = Cumulative Probability
ความน่าจะเป็นสะสม

$$q = \frac{1 + \sqrt[n]{1 - \alpha}}{2}$$

$$= \frac{1 + \sqrt[3]{1 - 0.0027}}{2}$$

$$= \frac{1 + \sqrt[3]{0.9973}}{2}$$

$$= 0.9995495944$$

u_q : Standard Normal Quantile at probability q

ค่าควอนไทล์ของการแจกแจงปกติมาตรฐานที่ระดับความน่าจะเป็น q

$$u\left(\frac{1 + \sqrt[n]{1 - \alpha}}{2}\right)$$

$$u(0.9995495944) \approx 3.3198$$

วิธีการที่ 1 ใช้ Excel =NORM.S.INV(0.9995495944)

หรือ =NORM.S.INV((1+(1-0.0027)^(1/3))/2)



วิธีการที่ 2 หาค่าจากตาราง Z-Table

- หาเลข 0.99954959 หรือค่าที่ใกล้ที่สุดในพื้นที่ของตาราง
- จากตารางจะพบว่า

$$=(1+(1-0.0027)^(1/3))/2$$

$$(3.31) = 0.99953350$$

$$(3.32) = 0.99954990$$

$$z \approx 3.32$$



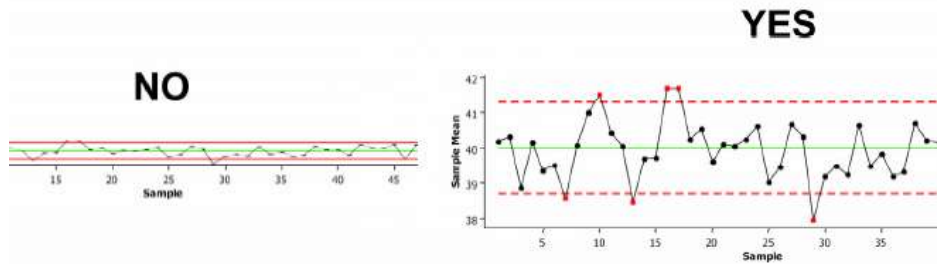
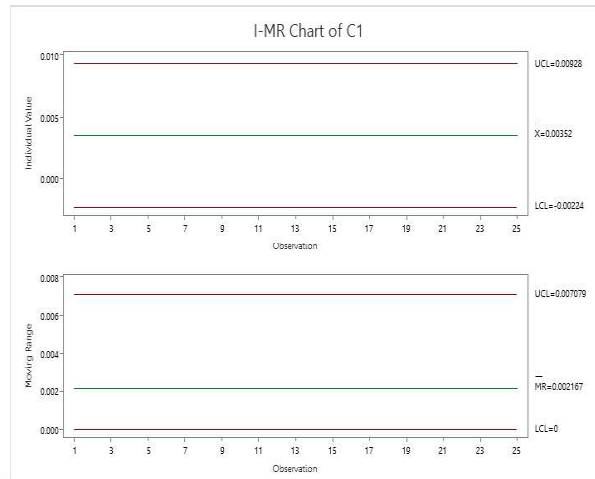
Standard Normal Tables

APPENDIX I

Standard Normal Tables

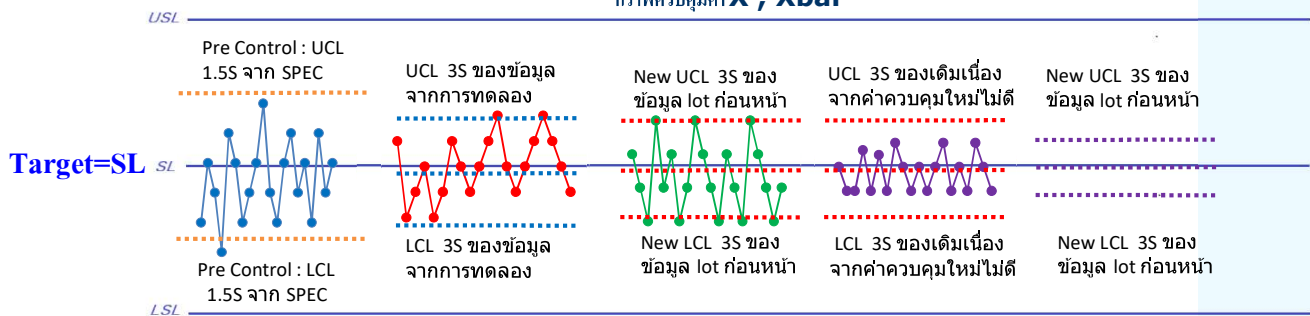
z	x.x0	x.x1	x.x2	x.x3	x.x4	x.x5	x.x6	x.x7	x.x8	x.x9
0.0	0.50000000	0.50398940	0.50797830	0.51196650	0.51595340	0.51993880	0.52392220	0.52790320	0.53188140	0.53585640
0.1	0.53982780	0.54379530	0.54775840	0.55171680	0.55567000	0.55961770	0.56355950	0.56749490	0.57142370	0.57534540
0.2	0.57925970	0.58316620	0.58706440	0.59095410	0.59483490	0.59870630	0.60256810	0.60641990	0.61026120	0.61409190
0.3	0.61791140	0.62171950	0.62551580	0.62930000	0.63307170	0.63683070	0.64057640	0.64430880	0.64802730	0.65173170
0.4	0.65542170	0.65909700	0.66275730	0.66640220	0.67003140	0.67364480	0.67724190	0.68082250	0.68438630	0.68793310
0.5	0.69146250	0.69497430	0.69846820	0.70194400	0.70540150	0.70884030	0.71226030	0.71566120	0.71904270	0.72240470
0.6	0.72574690	0.72906910	0.73237110	0.73565270	0.73891370	0.74215390	0.74537310	0.74857110	0.75174780	0.75490290
0.7	0.75803630	0.76114790	0.76423750	0.76730490	0.77035000	0.77337260	0.77637270	0.77935010	0.78230460	0.78523610
0.8	0.78814460	0.79102990	0.79389190	0.79673060	0.79954580	0.80233750	0.80510550	0.80784980	0.81057030	0.81326710
0.9	0.81593990	0.81858870	0.82121360	0.82381450	0.82639120	0.82894390	0.83147240	0.83397680	0.83645690	0.83891290
1.0	0.84134470	0.84375240	0.84613580	0.84849500	0.85083000	0.85314090	0.85542770	0.85769030	0.85992890	0.86214340
1.1	0.86433390	0.86650050	0.86864310	0.87076190	0.87285680	0.87492810	0.87697560	0.87899950	0.88099990	0.88297680
1.2	0.88493030	0.88686060	0.88876760	0.89065140	0.89251230	0.89435020	0.89616530	0.89795770	0.89972740	0.90147470
1.3	0.90319950	0.90490210	0.90658250	0.90824090	0.90987730	0.91149200	0.91308500	0.91465650	0.91620670	0.91773560
1.4	0.91924330	0.92073020	0.92219620	0.92364150	0.92506630	0.92647070	0.92785500	0.92921910	0.93056340	0.93188790
1.5	0.93319280	0.93447830	0.93574450	0.93699160	0.93821980	0.93942920	0.94062010	0.94179240	0.94294660	0.94408260
1.6	0.94520070	0.94630110	0.94738390	0.94844930	0.94949740	0.95052850	0.95154280	0.95254030	0.95352130	0.95448600
1.7	0.95543450	0.95636710	0.95728380	0.95818490	0.95907050	0.95994080	0.96079610	0.96163640	0.96246200	0.96327300
1.8	0.96406970	0.96485210	0.96562050	0.96637500	0.96711590	0.96784320	0.96855720	0.96925810	0.96994600	0.97062100
1.9	0.97128340	0.97193340	0.97257110	0.97319660	0.97381020	0.97441190	0.97500210	0.97558080	0.97614820	0.97670450
2.0	0.97724990	0.97778440	0.97830830	0.97882170	0.97932480	0.97981780	0.98030070	0.98077380	0.98123720	0.98169110
2.1	0.98213560	0.98257080	0.98299700	0.98341420	0.98382260	0.98422240	0.98461370	0.98499660	0.98537130	0.98573790
2.2	0.98609660	0.98644740	0.98679060	0.98712630	0.98745450	0.98777550	0.98808940	0.98839620	0.98869620	0.98898930
2.3	0.98927590	0.98955590	0.98982960	0.99009690	0.99035810	0.99061330	0.99086250	0.99110600	0.99134370	0.99157580
2.4	0.99180250	0.99202370	0.99223970	0.99245060	0.99265640	0.99285720	0.99305310	0.99324430	0.99343090	0.99361280
2.5	0.99379030	0.99396340	0.99413230	0.99429690	0.99445740	0.99461390	0.99476640	0.99491510	0.99506000	0.99520120
2.6	0.99533880	0.99547290	0.99560350	0.99573080	0.99585470	0.99597540	0.99609300	0.99620740	0.99631890	0.99642740
2.7	0.99653300	0.99663580	0.99673590	0.99683330	0.99692800	0.99702020	0.99710990	0.99719720	0.99728210	0.99736460
2.8	0.99744490	0.99752290	0.99759880	0.99767260	0.99774430	0.99781400	0.99788180	0.99794760	0.99801160	0.99807380
2.9	0.99813420	0.99819290	0.99824980	0.99830520	0.99835890	0.99841110	0.99846180	0.99851100	0.99855880	0.99860510
3.0	0.99865010	0.99869380	0.99873610	0.99877720	0.99881710	0.99885580	0.99889330	0.99892970	0.99896500	0.99899920

จัดทำตารางเก็บข้อมูลและกำหนดเส้นจุดควบคุม

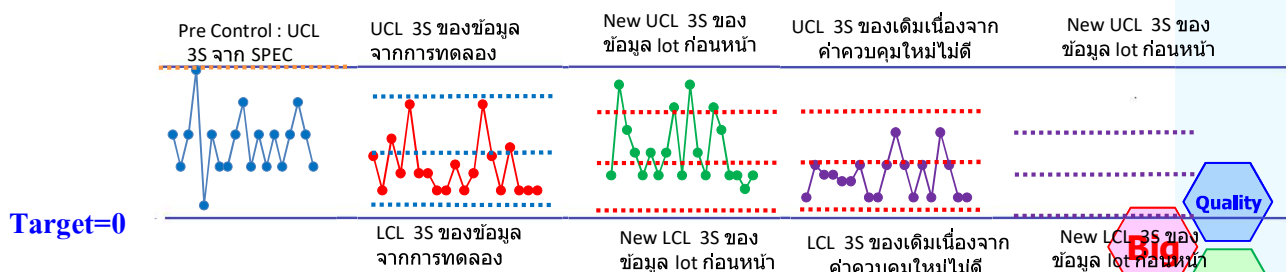


เมื่อมีข้อมูลครบหรือถึงเวลาที่กำหนดควรจะมีการทบทวนเส้นควบคุมว่ายังเหมาะสมอยู่หรือไม่

กราฟควบคุมค่า $\bar{X}$, $\bar{X}_{bar}$



กราฟควบคุมค่า MR , R , S / np , p , u , c





Zone Charts (Red/Yellow/Green, Stoplight Control) / แผนภูมิโซน (แดง/เหลือง/เขียว, การควบคุมแบบสัญญาณไฟ)

โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com



ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ

Pre-Control/Stoplight Control ไม่ใช่ Shewhart SPC Control Chart และ Pre-Control ใช้ขอบเขตที่สัมพันธ์กับ Specification Limits หรือ Tolerance ไม่ใช่ UCL/LCL ที่คำนวณจากความผันแปรของกระบวนการ



“R” RED สถานะผิดปกติ
“Y” YELLOW สถานะควรเฝ้าระวัง
“G” GREEN สถานะปกติดีมาก

ช่วงของการใช้สีข้างเคียง

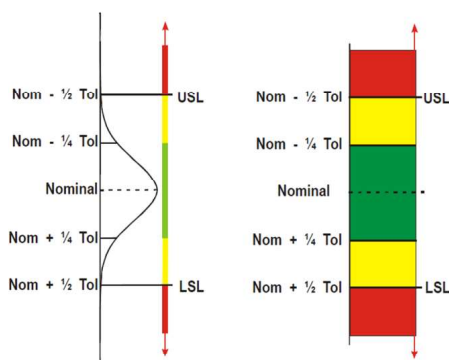
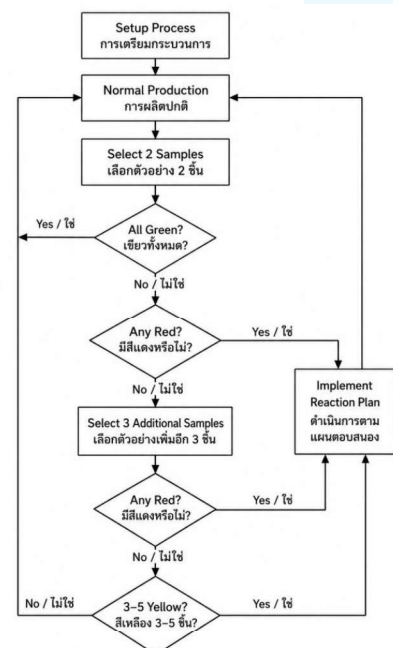
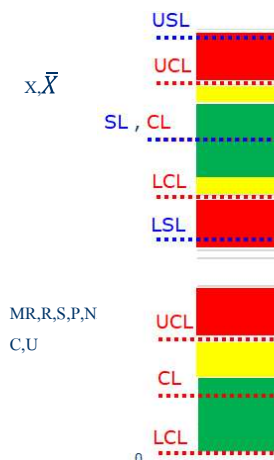


Figure III.3: Pre-Control

การประยุกต์ใช้สีในกราฟต่างๆ





แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ -R

โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com



ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ

แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ -R — ตัวอย่างการประยุกต์ใช้

- ใช้ควบคุมคุณลักษณะที่เป็นข้อมูลต่อเนื่อง เช่น ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนา หรือน้ำหนัก
- สามารถเก็บตัวอย่างเป็นกลุ่มย่อยเชิงเหตุผล ภายใต้เงื่อนไขการผลิตเดียวกันและในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน
- กลุ่มย่อยมีขนาดเล็ก โดย AIAG & VDA SPC ระบุว่าโดยปกติควรน้อยกว่า 5 ขึ้นต่อกลุ่มย่อย
- ขนาดกลุ่มย่อยและความถี่ในการเก็บตัวอย่างต้องสม่ำเสมอ

Visualization of the control chart, including description

ตัวอย่างแผนภูมิการควบคุม พร้อมคำอธิบาย

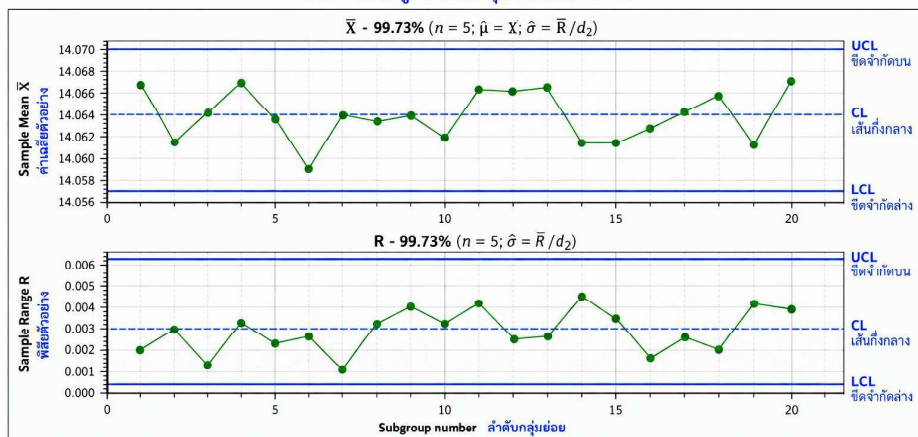


Figure 9-7: $\bar{X}$ /R-Chart for Subgroup Size $n = 5$ and Estimators $\hat{\mu} = \bar{\bar{X}}$ and $\hat{\sigma} = \bar{R} / d_2$

รูปที่ 9-7: แผนภูมิ $\bar{X}$ /R สำหรับขนาดกลุ่มย่อย $n = 5$ และตัวประมาณ $\hat{\mu} = \bar{\bar{X}}$ และ $\hat{\sigma} = \bar{R} / d_2$

Note: The control limits are calculated according to ISO 7870-5:2014, using a two-sided false alarm probability $\alpha = 0.0027$ ($1 - \alpha = 99.73\%$).
หมายเหตุ: ขีดจำกัดการควบคุมคำนวณตามมาตรฐาน ISO 7870-5:2014 โดยใช้ความน่าจะเป็นสัญญาณเตือนผิดพลาดสองด้าน $\alpha = 0.0027$ ($1 - \alpha = 99.73\%$).





ข้อควรระวัง: กรณีมีหลาย Spindle / Cavity /
Production Line / Mold หรือ Die ควรจัดกลุ่มย่อย
แยกตามตำแหน่งไม่ควรรวมเป็นกลุ่มย่อยเดียว

VDA / AIAG & VDA SPC: **Rational subgroup** ต้องมีความผันแปรภายในกลุ่มที่
สันนิษฐานว่าเกิดจากสาเหตุร่วมเท่านั้น

ISO 7870-2:2023 ข้อ 11.3.3: ไม่ควรรวมข้อมูลจากเครื่องจักร สายการผลิต แม่พิมพ์
หรือแหล่งผลิตที่แตกต่างกัน หากแหล่งดังกล่าวมีผลต่อคุณลักษณะที่ควบคุม

k	Subgroup	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
n	x 1	20.240	20.245	20.230	20.270	20.245	20.258	20.280	20.260	20.250	20.240	20.238	20.267	20.226	20.259	20.228	20.267	20.247	20.263	20.229	20.256	20.230	20.265	20.244	20.266	20.237	
	x 2	20.250	20.265	20.250	20.250	20.270	20.238	20.245	20.245	20.270	20.260	20.243	20.242	20.256	20.244	20.253	20.237	20.257	20.238	20.259	20.241	20.255	20.235	20.254	20.241	20.267	
	x 3	20.235	20.235	20.235	20.240	20.255	20.268	20.255	20.250	20.245	20.248	20.252	20.246	20.264	20.243	20.257	20.242	20.268	20.249	20.251	20.245	20.239	20.251	20.271	20.257		
	x 4	20.230	20.255	20.220	20.260	20.240	20.253	20.265	20.240	20.260	20.250	20.253	20.262	20.236	20.249	20.258	20.277	20.252	20.253	20.239	20.261	20.260	20.275	20.249	20.256	20.247	
	x 5	20.245	20.250	20.240	20.255	20.265	20.248	20.230	20.255	20.240	20.230	20.258	20.237	20.266	20.254	20.233	20.247	20.237	20.243	20.269	20.246	20.235	20.245	20.234	20.246	20.277	SUM
	Average	20.240	20.250	20.235	20.255	20.255	20.253	20.255	20.250	20.255	20.245	20.248	20.252	20.246	20.254	20.243	20.257	20.247	20.253	20.249	20.251	20.245	20.255	20.244	20.256	20.257	506.250
	Range	0.020	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.050	0.020	0.030	0.030	0.020	0.030	0.040	0.020	0.030	0.040	0.020	0.030	0.040	0.020	0.030	0.040	0.020	0.030	0.040	0.750

Subgroup Mean

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij}$$

n = number of samples in a subgroup

$$\bar{X}_1 = \frac{20.240 + 20.250 + 20.235 + 20.230 + 20.245}{5}$$

$$\bar{X}_1 = \frac{101.200}{5} = 20.240$$

Subgroup Range

$$R_i = X_{\max,i} - X_{\min,i}$$

$$R_1 = 20.250 - 20.230$$

$$= 0.020$$



1 เลือกค่า q ที่คำนวณได้
q = 0.99865000

2 ค้นหาค่า Probability ใน Z-Table
ที่ใกล้ q 0.99865000 มากที่สุด
0.99865010 ≈ q

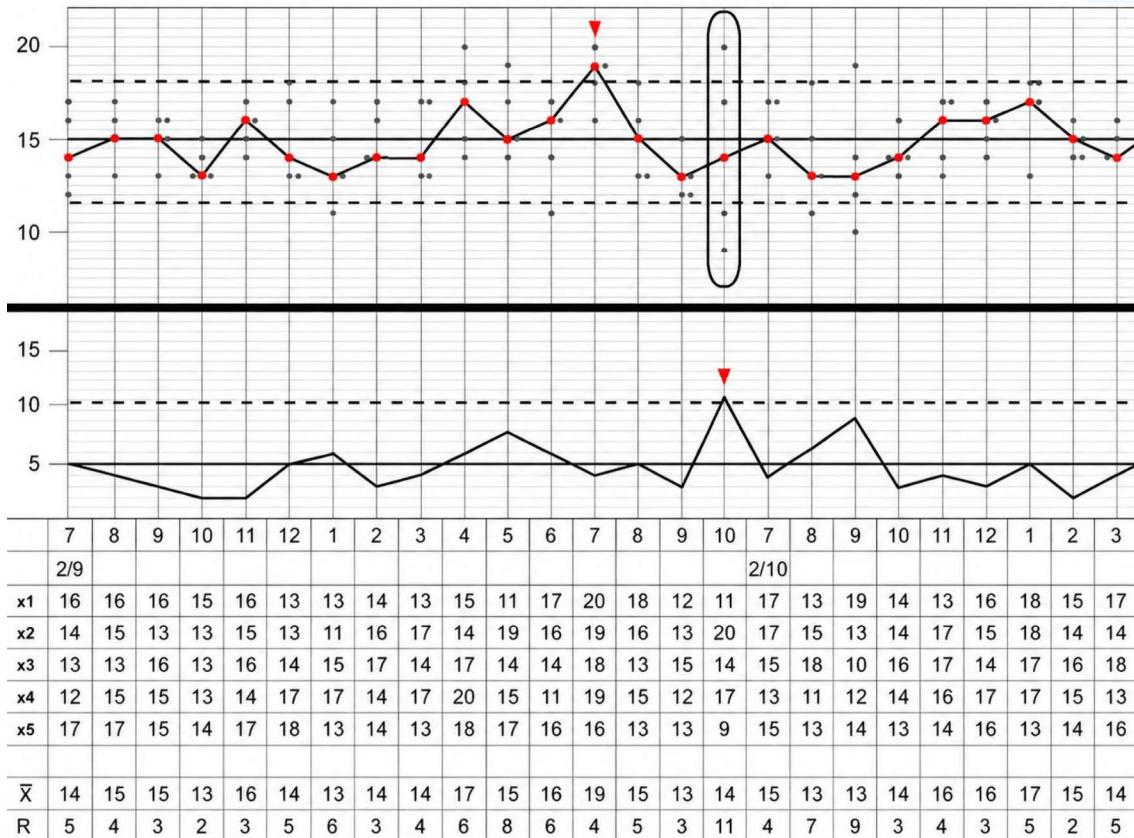
z	x.x0	x.x1	x.x2	x.x3	x.x4	x.x5	x.x6	x.x7	x.x8	x.x9
2.7	0.99653300	0.99663580	0.99673590	0.99683330	0.99692800	0.99702020	0.99710990	0.99719720	0.99728210	0.99736460
2.8	0.99744490	0.99752280	0.99759880	0.99767260	0.99774430	0.99781400	0.99788180	0.99794760	0.99801160	0.99807380
2.9	0.99813420	0.99819290	0.99824980	0.99830520	0.99835890	0.99841110	0.99846180	0.99851100	0.99855880	0.99860510
3.0	0.99865010	0.99869380	0.99873610	0.99877720	0.99881710	0.99885580	0.99889330	0.99892970	0.99896500	0.99899920

$$0.99865000 \approx 0.99865010$$

3 อ่านค่า z จากแถวและคอลัมน์ที่จุดตัด

$$\text{แถว } 3.0 + \text{คอลัมน์ } x.x0 \rightarrow uq \approx 3.000$$





แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ -s — ตัวอย่างการประยุกต์ใช้

- ใช้ควบคุมคุณลักษณะที่เป็นข้อมูลต่อเนื่อง เช่น ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนา หรือน้ำหนัก
- สามารถเก็บตัวอย่างเป็น กลุ่มย่อยเชิงเหตุผล (Rational Subgroup) โดยข้อมูลภายในกลุ่มย่อยความจากสภาวะการผลิตเดียวกันและเก็บในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน เหมาะสำหรับการประเมินความผันแปรภายในกลุ่มย่อยด้วย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, s) แทนการใช้พิสัย R
- สามารถใช้กับกลุ่มย่อยที่มีจำนวนข้อมูลมากกว่า $\bar{X}$ -R ได้ และเมื่อขนาดกลุ่มย่อยเพิ่มขึ้น ค่า s จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับความผันแปรภายในกลุ่มย่อยได้ละเอียดกว่า R
- ควรกำหนด ขนาดกลุ่มย่อย n ให้คงที่ และกำหนดความถี่ในการเก็บตัวอย่างให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ

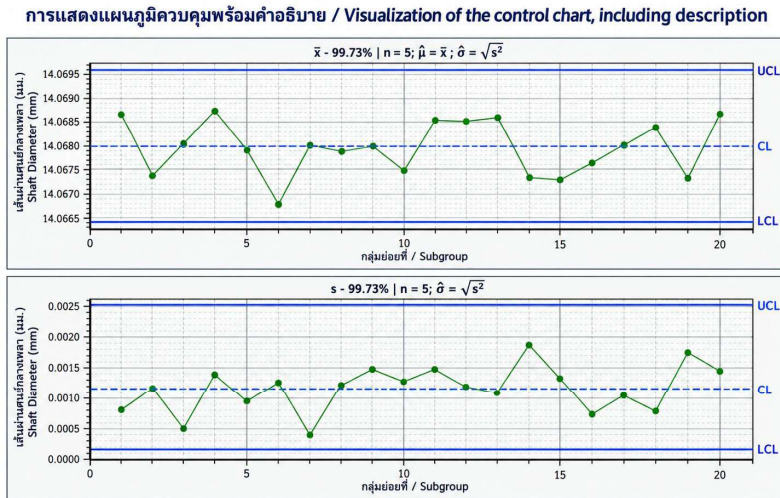


Figure 9-6: $\bar{x}$ -s-Chart for Subgroup Size $n = 5$ and Estimators $\hat{\mu} = \bar{x}$ and $\hat{\sigma} = \sqrt{s^2}$. Variation Chart Calculated on exact formula for χ^2 Distribution.

รูปที่ 9-6: แผนภูมิ $\bar{x}$ /s สำหรับขนาดกลุ่มย่อย $n = 5$ โดยใช้ตัวประมาณ $\hat{\mu} = \bar{x}$ และ $\hat{\sigma} = \sqrt{s^2}$ และคำนวณแผนภูมิความแปรปรวนจากสูตรตรงของการแจกแจง χ^2



Shewhart & SPC 2nd

คำนวณค่า $UCL_{\bar{X}}$, $LCL_{\bar{X}}$

พิสัยควบคุมบนของค่าเฉลี่ย

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s}$$

$$= 20.2500 + (1.287)(0.01073)$$

$$UCL_{\bar{X}} = 20.2638$$

พิสัยควบคุมล่างของค่าเฉลี่ย

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s}$$

$$= 20.2500 - (1.287)(0.01073)$$

$$LCL_{\bar{X}} = 20.2362$$

คำนวณค่า UCL_s , LCL_s

พิสัยควบคุมบนของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$UCL_s = B_4\bar{s}$$

$$= 1.970(0.01073)$$

$$UCL_s = 0.02114$$

พิสัยควบคุมล่างของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$LCL_s = B_3\bar{s}$$

$$= 0.030(0.01073)$$

$$LCL_s = 0.00032$$



AIAG & VDA SPC 1st

คำนวณค่า UCL_x , LCL_x

$$\begin{aligned}
 UCL_\mu &= \bar{\bar{X}} + u_{1-\alpha/2} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{s^2} \\
 &= 20.2500 + (2.999977) \cdot \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot \sqrt{0.00012302} \\
 &= 20.2500 + (2.999977)(0.408248)(0.01109144) \\
 UCL_\mu &= 20.2636 \\
 \\
 LCL_\mu &= \bar{\bar{X}} - u_{1-\alpha/2} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{s^2} \\
 &= 20.2500 - (2.999977) \cdot \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot \sqrt{0.00012302} \\
 &= 20.2500 - (2.999977)(0.408248)(0.01109144) \\
 LCL_\mu &= 20.2364
 \end{aligned}$$



u_q : Standard Normal Quantile at probability q
ค่าควอนไทล์ของการแจกแจงปกติมาตรฐานที่ระดับความน่าจะเป็น q



การหา ค่า Critical Value ของ χ^2

สมมุติกำหนด False Alarm Probability $\alpha = 0.0027$

$$\alpha = 0.0027, \quad n = 6$$

$$f = n - 1 = 5$$

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 1 - 0.00135 = 0.99865$$

=CHISQ.INV(1-(0.0027/2),6-1)

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{0.0027}{2} = 0.00135$$

=CHISQ.INV(0.0027/2,6-1)



หาค่าจากราง Chi-square distribution

$$\chi^2_{5;0.99865} = 19.82127315$$

$$\chi^2_{5;0.00135} = 0.23795855$$





9.3.5 Special Control Chart 9.3.5.2 แผนภูมิควบคุมเพียร์สัน (Pearson Control Chart)

โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com

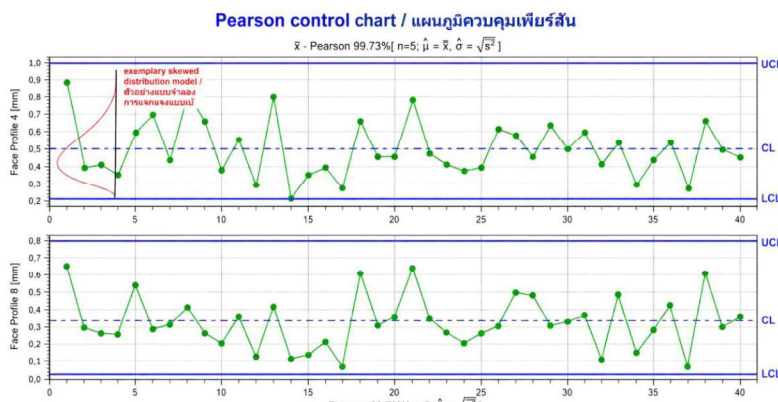


ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ

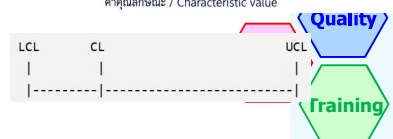
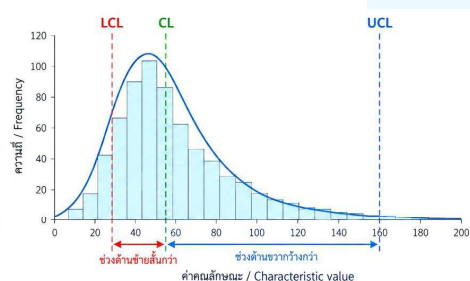
Pearson Control Chart เหมาะกับกระบวนการที่มีการแจกแจงแบบเบ้ โดยเฉพาะคุณลักษณะที่มี Natural Limit เช่น Runout, Flatness และ Straightness การมี One-sided Specification หรือ Asymmetric Tolerance เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอในการเลือก Pearson ต้องยืนยันว่าการแจกแจงของกระบวนการมีความไม่สมมาตรจริง

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ **Pearson Control Chart**

- ใช้ควบคุมกระบวนการที่มีการแจกแจงแบบเบ้ (Skewed Distribution) หรือมีความไม่สมมาตรของข้อมูล
- เหมาะกับกระบวนการที่ค่าเข้าใกล้ขีดจำกัดตามธรรมชาติ (Natural Limit) เช่น Runout, Flatness และ Straightness
- เหมาะเมื่อใช้ Individual/Moving Range Chart หรือเมื่อขนาดกลุ่มย่อย $n < 9$
- ใช้เมื่อขีดจำกัดควบคุมควรวางอิง Quantiles ของการแจกแจงแบบเบ้ที่เหมาะสม แทนการใช้ Standard Normal Distribution
- ตัวอย่างงานด้านมิติและรูปร่าง เช่น Runout, Flatness, Straightness หรือคุณลักษณะที่มีการกระจายด้านใดด้านหนึ่งอย่างชัดเจน



รูปที่ 9-13: แผนภูมิควบคุมเพียร์สัน



Skewness	$P_{0.135\%}$	$P_{99.865\%}$	$P_{50\%}$
$\gamma_1 > 0$	Table B.1	Table B.2	Table B.3 แล้วกลับเครื่องหมายเป็นลบ
$\gamma_1 < 0$	Table B.2	Table B.1	Table B.3 คงเครื่องหมายบวก
$\gamma_1 = 0$	B.1 = B.2	B.1 = B.2	0

1 เลือกแถว Kurtosis (β_2) ตามค่าที่คำนวณได้

2 เลือกคอลัมน์ Skewness (γ_1) ตามค่าที่คำนวณได้

Table B.1 (continued)

PEARSON CURVES (STANDARDIZED TAILS)																						
$P_{0.135\%}$ (0.135 percentile) for $\gamma_1 > 0$. $P_{99.865\%}$ (99.865 percentile) for $\gamma_1 < 0$.																						
Kurtosis (β_2)	Skewness (γ_1)																					(β_2)
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
3,0	4,004	3,430	3,387	3,326	3,274	3,198	3,103	2,983	2,831	2,646	2,427	2,183	1,924	1,666	3 อันดับ Quantile จากจุดตัด							3,0
3,2	4,031	3,436	3,395	3,346	3,288	3,216	3,127	3,015	2,874	2,699	2,491	2,254	2,000	1,733								3,2
3,4	4,056	3,441	3,402	3,356	3,300	3,233	3,149	3,043	2,911	2,747	2,549	2,321	2,072	1,813	1,555	1,317	1,115	0,953	0,822	0,712	0,618	3,4

$$B.1 \rightarrow P_{0.135\%} = 2.491 \rightarrow LCL$$

$$B.2 \rightarrow P_{99.865\%} = 4.810 \rightarrow UCL$$



AIAG & VDA SPC 1st

คำนวณค่า UCL_x , LCL_x

โดย :

$$CL = \bar{\bar{X}} = 0.440848$$

$$\hat{s}_{\bar{X}} = 0.103261$$

$$P_{0.135\%} = 2.491$$

$$P_{99.865\%} = 4.810$$

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{\bar{X}} + \hat{s}_{\bar{X}} \cdot P_{99.865\%}(\hat{\gamma}_1, \hat{\beta}_2) \\ &= 0.440848 + (0.103261)(4.810) \end{aligned}$$

$$UCL = 0.937533$$

$$\begin{aligned} LCL &= \bar{\bar{X}} - \hat{s}_{\bar{X}} \cdot P_{0.135\%}(\hat{\gamma}_1, \hat{\beta}_2) \\ &= 0.440848 - (0.103261)(2.491) \end{aligned}$$

$$LCL = 0.183625$$



AIAG & VDA SPC 1st

คำนวณค่า UCL_s, LCL_s

โดย :

$$CL = \left[\frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{k} \right]^{1/2} = \hat{\sigma} = \sqrt{s^2}$$

$$\hat{\sigma} = 0.192154$$

$$CL_s = 0.192154$$

$$UCL = B_4 CL$$

$$= (2.089)(0.192154)$$

$$UCL_s = 0.401410$$

$$LCL = B_3 CL$$

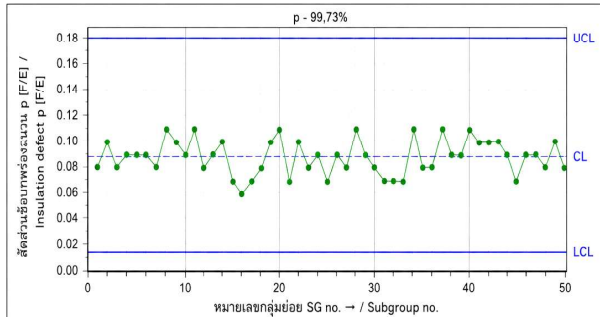
$$= (0)(0.192154)$$

$$LCL_s = 0.000000$$

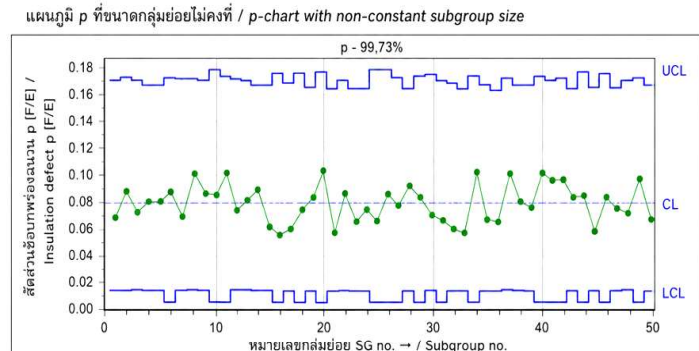


ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ p Chart

- ใช้ติดตาม สัดส่วนของหน่วยที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (Proportion of Nonconforming Units) จากผลการตรวจแบบ ผ่าน/ไม่ผ่าน (Conforming / Nonconforming)
- ใช้กับการตรวจด้วย Go/No-Go Gauge เช่น ตรวจขนาดรูเจาะว่าอยู่ในเกณฑ์หรือไม่
- ใช้กับการ ตรวจสอบด้วยสายตาเทียบกับตัวอย่างขอบเขต (Boundary Sample) เช่น ระดับความเงาหรือลักษณะผิวของชิ้นงาน
- ใช้ติดตาม สัดส่วนชิ้นงาน NG เช่น ชิ้นงานร้าว ชิ้นงานประกอบไม่ครบ หรือผลทดสอบไม่ผ่าน
- สามารถใช้ได้ทั้ง ขนาดกลุ่มย่อยคงที่และไม่คงที่ (Constant / Non-constant Subgroup Size) โดยเมื่อขนาดกลุ่มย่อยเปลี่ยน จีคจำกัดควบคุมจะเปลี่ยนตาม ni

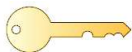
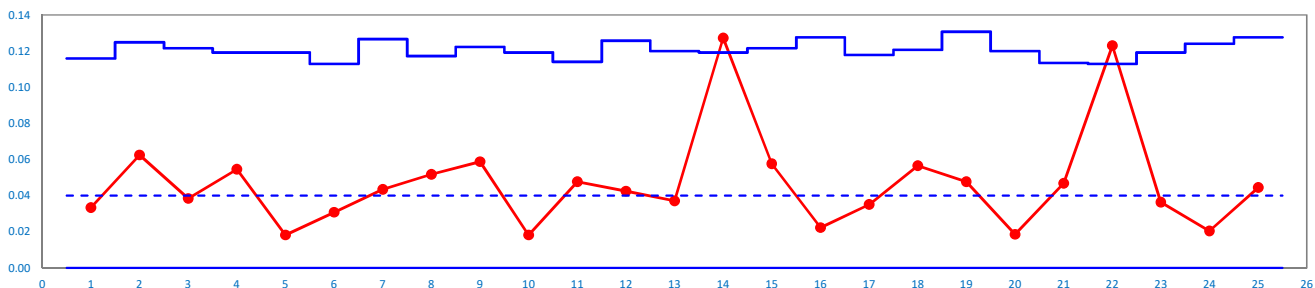


รูปที่ 9-20 / Figure 9-20: แผนภูมิ p สำหรับสัดส่วนของหน่วยที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ขนาดกลุ่มย่อยคงที่ / p-Chart for the Proportion of Nonconforming Units, Subgroup Size Constant
ขนาดกลุ่มย่อยคงที่ $n = 100$ (เช่น กลุ่มย่อยขนาดคงที่ที่สุ่มจากการผลิต) / subgroup size constant $n = 100$ (e.g., fixed subgroup size drawn from production)



รูปที่ 9-21 / Figure 9-21: แผนภูมิ p สำหรับสัดส่วนของหน่วยที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ขนาดกลุ่มย่อยไม่คงที่ $102 \leq n \leq 120$ (เช่น ผลผลิตรายวัน) / subgroup size not constant $102 \leq n \leq 120$ (e.g., daily output)
หมายเหตุ / Note: ใช้จำนวนข้อผิดพลาดที่ตรวจพบเท่านั้น (ข้อมูลดิบ) เช่นเดียวกับข้างต้น (รูปที่ 9-20) / Same amount of detected errors (raw data) as above (Figure 9-20)

Phase 1 Trial



Phase 1 Trial baseline ตรวจสอบแล้วว่าทั้งสองจุดเป็น Special Cause จริง และสาเหตุถูกกำจัดแล้วการคำนวณหาค่า Control Limits สำหรับ Phase 2 Ongoing Monitoring จึงต้องถูกตัด **k14 และ k22 ออก**

p Chart Phase 1 Trial

Subgroup	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	Sum
Date	12/1/69	13/1/69	14/1/69	15/1/69	16/1/69	17/1/69	18/1/69	19/1/69	20/1/69	21/1/69	22/1/69	23/1/69	24/1/69	26/1/69	27/1/69	28/1/69	29/1/69	30/1/69	31/1/69	1/2/69	3/2/69	4/2/69	5/2/69	
Under torque	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	15
Non-start	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	12
Leaker	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	19
Smoker	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Total Units Identified (np)	2	3	2	3	1	2	2	3	3	1	3	2	2	3	1	2	3	2	1	3	2	1	2	49
Sample Size (n)	60	48	52	55	55	65	46	58	51	55	63	47	54	52	45	57	53	42	54	64	55	49	45	1225
Proportion (p=np/n)	0.03333	0.06250	0.03846	0.05455	0.01818	0.03077	0.04348	0.05172	0.05882	0.01818	0.04762	0.04255	0.03704	0.05769	0.02222	0.03509	0.05660	0.04762	0.01852	0.04688	0.03636	0.02041	0.04444	0.92304

ต.ย. สูตร 2

Shewhart & SPC 2nd



เมื่อทราบขนาดกลุ่มย่อยจริงของ Phase 2 ที่ k_1 เท่ากับ 50 ให้ใช้ $n_1 = 50$ คำนวณ UCL_{P_1} และ LCL_{P_1} สำหรับ
ประเมินข้อมูลของ k_1 โดยยังคงใช้ $\bar{p} = 0.04000000$ จาก Phase 1 เป็น Baseline เดิม

ต.ย. k1

$$UCL_{P_i} = \bar{p} + 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\sqrt{n_i}}$$

$$UCL_{P_1} = 0.04000000 + 3 \frac{\sqrt{0.04000000(1-0.04000000)}}{\sqrt{50}}$$

$$UCL_{P_1} = 0.12313844$$

$$LCL_{P_i} = \bar{p} - 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\sqrt{n_i}}$$

$$LCL_{P_1} = 0.04000000 - 3 \frac{\sqrt{0.04000000(1-0.04000000)}}{\sqrt{50}}$$

$$= -0.04313844$$

$$LCL_{P_1} = 0$$



ต.ย. สูตร 2

Shewhart & SPC 2nd



เมื่อทราบขนาดกลุ่มย่อยจริงของ Phase 2 ที่ k_2 เท่ากับ 20 ให้ใช้ $n_2 = 20$ คำนวณ UCL_{P_2} และ LCL_{P_2} สำหรับ
ประเมินข้อมูลของ k_2 โดยยังคงใช้ $\bar{p} = 0.04000000$ จาก Phase 1 เป็น Baseline เดิม

ต.ย. k2

$$UCL_{P_i} = \bar{p} + 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\sqrt{n_i}}$$

$$UCL_{P_2} = 0.04000000 + 3 \frac{\sqrt{0.04000000(1-0.04000000)}}{\sqrt{20}}$$

$$UCL_{P_2} = 0.17145341$$

$$LCL_{P_i} = \bar{p} - 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\sqrt{n_i}}$$

$$LCL_{P_2} = 0.04000000 - 3 \frac{\sqrt{0.04000000(1-0.04000000)}}{\sqrt{20}}$$

$$= -0.09145341$$

$$LCL_{P_2} = 0$$



AIAG & VDA SPC 1st



เมื่อทราบขนาดกลุ่มย่อยจริงของ Phase 2 ที่ k_2 เท่ากับ 20 ให้ใช้ $n_2 = 20$ คำนวณ UCL_{P_2} และ LCL_{P_2} สำหรับประเมินข้อมูลของ k_2 โดยยังคงใช้ $\hat{p} = 0.04000000$ จาก Phase 1 เป็น Baseline เดิม

Upper Control Limit

x_{up} = Upper boundary of the number of nonconforming units

$$G(x_{up}; n, \hat{p}) \geq 1 - \frac{\alpha}{2}$$

$$G(x_{up}; 20, 0.04000000) \geq 0.99865$$

$$x_{up} = 4$$

$$UCL = \frac{x_{up}}{n}$$

$$= \frac{4}{20}$$

$$UCL = 0.2000$$

Lower Control Limit

x_{lo} = Lower boundary of the number of nonconforming units

$$G(x_{lo}; n, \hat{p}) \leq \frac{\alpha}{2}$$

$$G(x_{lo}; 20, 0.04000000) \leq 0.00135$$

$$x_{lo} \text{ ไม่มีค่า} \Rightarrow \text{Lower limit จะเป็น 0}$$

$$LCL = \frac{x_{lo}}{n}$$

$$= \frac{\text{ไม่มีค่า}}{20}$$

$$LCL = 0$$



หาค่าขอบเขตจำนวนชิ้น Nonconforming ผังบนและล่าง จาก Binomial Cumulative Distribution Table ที่ $n=20$, $p=0.04$ โดยค่า

- หาค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.99865
- และค่าที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.00135

และนำค่า k ในแถวที่ตรงกันมาคำนวณต่อ

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ np Chart

- ใช้กับการตรวจที่แต่ละหน่วยถูกจำแนกเป็น ผ่าน / ไม่ผ่าน (Conforming / Nonconforming) และติดตาม จำนวนหน่วยที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (Number of Nonconforming Units)
- ใช้กับการตรวจด้วย Go/No-Go Gauge เช่น ตรวจขนาดรูเจาะว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่
- ใช้กับการ ตรวจสอบด้วยสายตาเทียบกับตัวอย่างขอบเขต (Boundary Sample) เช่น การประเมินระดับความเงาหรือลักษณะผิวของชิ้นงาน
- ใช้ติดตาม จำนวนชิ้นงาน NG ในกระบวนการตรวจรับ การตรวจระหว่างกระบวนการ หรือการตรวจขั้นสุดท้าย เช่น ชิ้นงานรั่ว ชิ้นงานประกอบไม่ครบ หรือผลทดสอบไม่ผ่าน

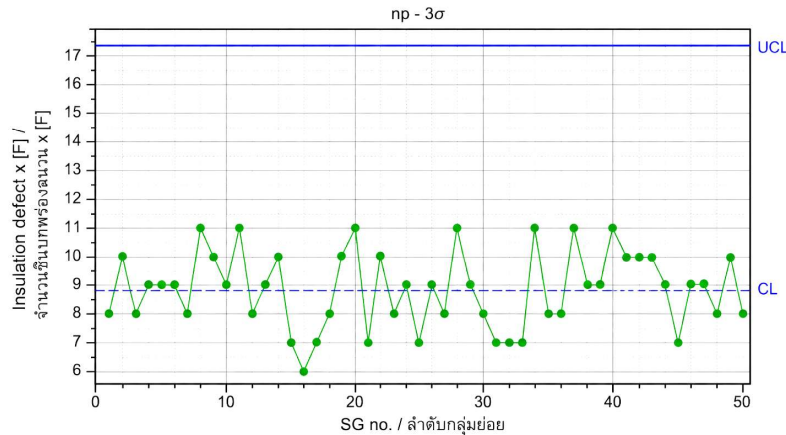


Figure 9-22: np-Chart for Number of Nonconforming Units /
รูปที่ 9-22: แผนภูมิ np สำหรับจำนวนหน่วยที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด



Shewhart & SPC 2nd

np = number of nonconforming items found

$$\overline{np} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_k}{k}$$

$$\bar{p} = \frac{\overline{np}}{n}$$

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

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

AIAG & VDA SPC 1st

$$\hat{p} = \frac{\sum x_i}{\sum n_i}$$

ค่าเฉลี่ยประมาณ Nonconforming ต่อการตรวจ

$$M = \bar{n} \cdot \hat{p}$$

กำหนดค่าควบคุมจาก Binomial CDF G:

$$G(x_{up}; n, \hat{p}) \geq 1 - \frac{\alpha}{2}$$

$$G(x_{lo}; n, \hat{p}) \leq \frac{\alpha}{2}$$





แผนภูมิควบคุม u

โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com



ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ

9.3.6.4 Number of Nonconformities per Unit (u Chart)

341

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ u Chart

- ใช้ควบคุมจำนวนข้อบกพร่องต่อหน่วย
- 1 หน่วยสามารถมีข้อบกพร่องได้หลายจุด/หลายประเภท
- ใช้ได้เมื่อขนาดกลุ่มย่อย n_i ไม่เท่ากัน
- ตัวอย่าง: งาน Injection Molding เช่น Short Shot, Flash, Sink Mark, Burn Mark, Weld Line, Black Spot/Contamination

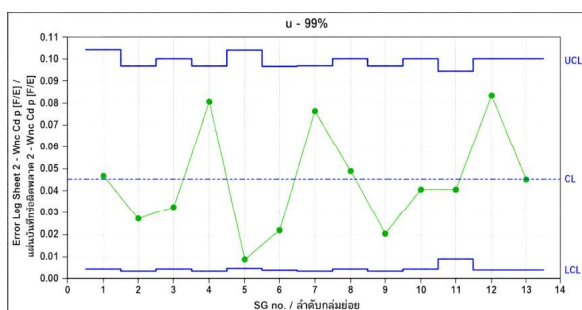


Figure 9-23: u-Chart for the Proportion of Nonconformities per Unit Based on Poisson Distribution
รูปที่ 9-23: แผนภูมิควบคุม u สำหรับสัดส่วนจำนวนข้อบกพร่องต่อหน่วย โดยอิงจากการแจกแจงปัวซอง

Error Log Sheet for non-constant number of units and 6 different error types in sum calculated based on Poisson distribution
แผ่นบันทึกข้อผิดพลาดสำหรับจำนวนหน่วยที่ไม่คงที่ และรวมข้อผิดพลาด 6 ประเภท โดยคำนวณบนพื้นฐานการแจกแจงปัวซอง

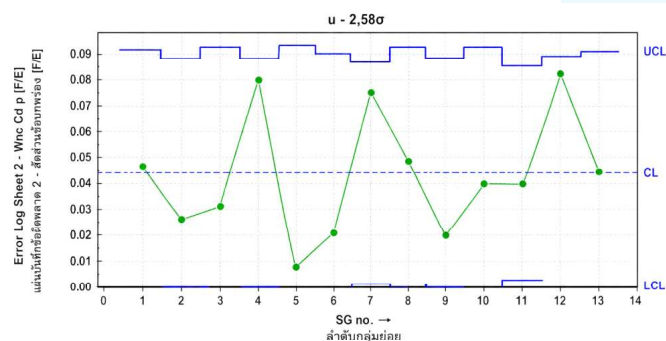
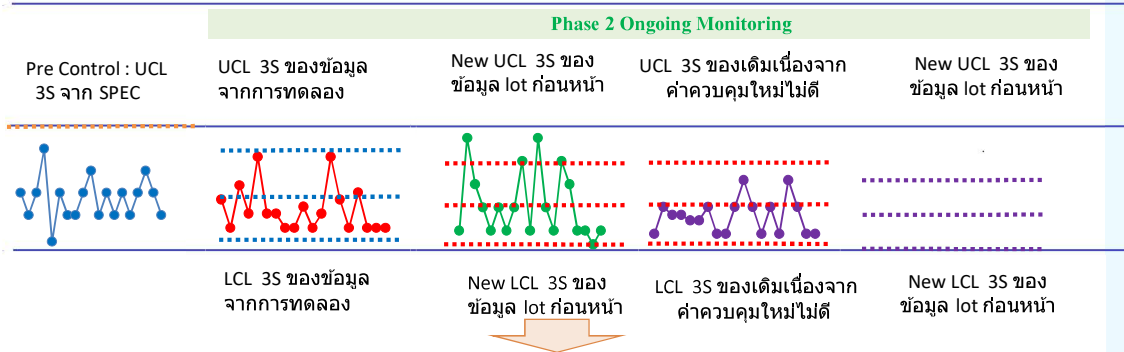


Figure 9-24: u-Chart for the Proportion of Nonconformities per Unit Based on Normal Distribution
รูปที่ 9-24: แผนภูมิควบคุม u สำหรับสัดส่วนจำนวนข้อบกพร่องต่อหน่วย โดยอิงจากการแจกแจงปกติ

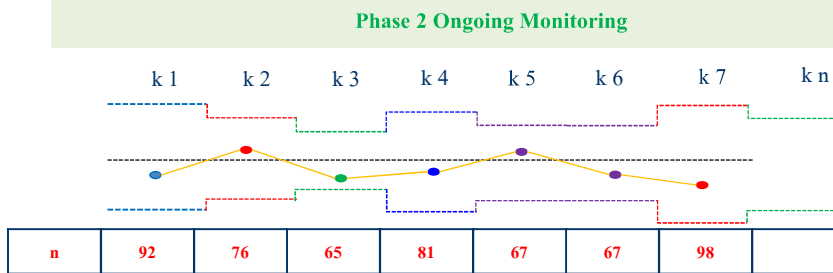
Error Log Sheet for non-constant number of units and 6 different error types in sum calculated based on approximated normal distribution. Same raw data as in Figure 9-23.
แผ่นบันทึกข้อผิดพลาดสำหรับจำนวนหน่วยที่ไม่คงที่ และรวมข้อผิดพลาด 6 ประเภท โดยคำนวณบนพื้นฐานการแจกแจงปกติแบบประมาณค่า ใช้ข้อมูลดิบเดียวกันกับรูปที่ 9-23

กราฟควบคุมค่า **MR, R, S / np, p, u, c**

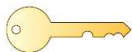
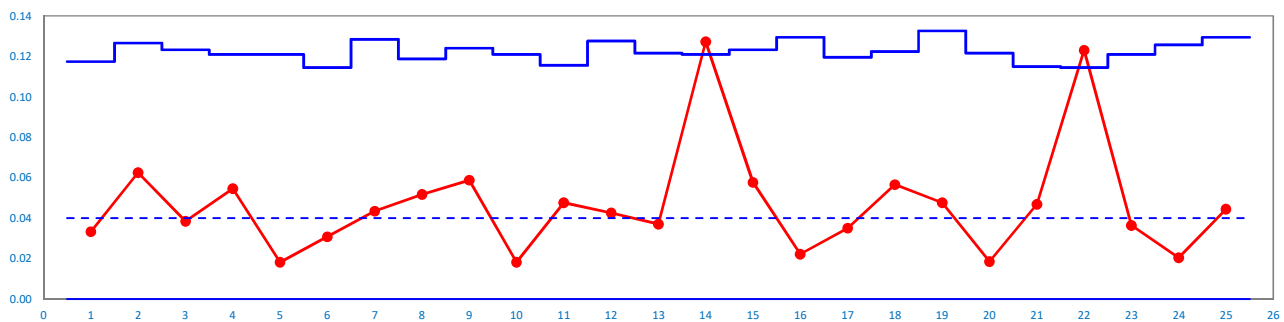


กรณี p / u Chart เมื่อขนาดกลุ่มย่อยเปลี่ยน ค่า UCL / LCL อาจเปลี่ยนตามแต่ละ subgroup แต่ค่า baseline และ CL ยังคงอ้างอิงจากข้อมูล Phase 1 ที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว

Phase 1
Trial Control Limits
ตรวจ Special Cause



ค่าควบคุม อาจเปลี่ยนตาม n แต่พื้นฐานการคำนวณมาจากข้อมูลชุดก่อนหน้า



Phase 1 Trial baseline ตรวจสอบแล้วว่าทั้งสองจุดเป็น Special Cause จริง และสาเหตุถูกกำจัดแล้วการคำนวณหาค่า Control Limits สำหรับ Phase 2 Ongoing Monitoring จึงต้องถูกตัด **k14 และ k22 ออก**

u Chart Phase 1 Trial

Subgroup	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	Total / Overall
Date	12/1/69	13/1/69	14/1/69	15/1/69	16/1/69	17/1/69	18/1/69	19/1/69	20/1/69	21/1/69	22/1/69	23/1/69	24/1/69	26/1/69	27/1/69	28/1/69	29/1/69	30/1/69	31/1/69	1/2/69	3/2/69	4/2/69	5/2/69	
ชิ้นงานัดไม่เต็ม / Short Shot	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	15
ครีบ / Flash	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	12
รอยบุบ / Sink Mark	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	19
รอยไหม้ / Burn Mark	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Total Nonconformities (x _i)	2	3	2	3	1	2	2	3	3	1	3	2	2	3	1	2	3	2	1	3	2	1	2	49
Sample Size (n)	60	48	52	55	55	65	46	58	51	55	63	47	54	52	45	57	53	42	54	64	55	49	45	1225
Nonconformities per Unit (u=x _i /n _i)	0.03333	0.06250	0.03846	0.05455	0.01818	0.03077	0.04348	0.05172	0.05882	0.01818	0.04762	0.04255	0.03704	0.05769	0.02222	0.03509	0.05660	0.04762	0.01852	0.04688	0.03636	0.02041	0.04444	0.04000

Shewhart & SPC 2nd

สูตรที่ 1 ใช้เมื่อ ขนาดกลุ่มย่อยเปลี่ยนไม่มาก และต้องการใช้ Control Limits คงที่ โดยแทน n_i ด้วยค่าเฉลี่ย $\bar{n}$

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



ระบบที่ใช้ $\bar{n}$ เมื่อ

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

$$\frac{n_{\min}}{n_{\max}} \geq 0.75$$

สูตรที่ 2 ใช้เมื่อ ขนาดกลุ่มย่อย n_i เปลี่ยนจริง และต้องการให้ Control Limits เปลี่ยนตามแต่ละ subgroup

$$UCL_{u,i} = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

$$LCL_{u,i} = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

AIAG & VDA SPC 1st

กำหนดค่าควบคุมจาก Cumulative Poisson Distribution

$$F(x_{up}; \bar{u} \cdot n_i) \geq 1 - \frac{\alpha}{2}$$

$$F(x_{lo}; \bar{u} \cdot n_i) \leq \frac{\alpha}{2}$$

แล้วจึงแปลงเป็น Control Limits:

$$UCL = \frac{x_{up}}{n_i}$$

$$LCL = \frac{x_{lo}}{n_i}$$



ด.ย. สูตร 1

Shewhart & SPC 2nd

Average Nonconformities per Unit

$$\bar{u} = \frac{\sum x_i}{\sum n_i}$$

$$= \frac{49}{1225}$$

$$\bar{u} = 0.04000000$$

Average Sample Size

$$\bar{n} = \frac{\sum n_i}{k}$$

$$= \frac{1225}{23}$$

$$\bar{n} = 53.26086957$$



$$\frac{n_{\min}}{n_{\max}} = \frac{42}{65}$$

$$= 0.64615385$$

$$0.6462 < 0.75$$

ดังนั้นข้อมูลชุดนี้ ไม่เข้าเงื่อนไขการใช้ Average Sample Size $\bar{n}$

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

$$= 0.04000000 + 3\sqrt{\frac{0.04000000}{53.26086957}}$$

$$UCL_u = 0.12221425$$

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

$$= 0.04000000 - 3\sqrt{\frac{0.04000000}{53.26086957}}$$

$$= -0.04221425$$

$$LCL_u = 0$$



AIAG & VDA SPC 1st

u Chart Phase 1 Trial

Subgroup	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	Total / Overall
Date	12/1/69	13/1/69	14/1/69	15/1/69	16/1/69	17/1/69	18/1/69	19/1/69	20/1/69	21/1/69	22/1/69	23/1/69	24/1/69	26/1/69	27/1/69	28/1/69	29/1/69	30/1/69	31/1/69	1/2/69	3/2/69	4/2/69	5/2/69	
ชิ้นงานผิดไม่เต็ม / Short Shot	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	15
คืบ / Flash	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	12
รอยบุบ / Sink Mark	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	19
รอยไหม้ / Burn Mark	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Total Nonconformities (x _i)	2	3	2	3	1	2	2	3	3	1	3	2	2	3	1	2	3	2	1	3	2	1	2	49
Sample Size (n)	60	48	52	55	55	65	46	58	51	55	63	47	54	52	45	57	53	42	54	64	55	49	45	1225
Nonconformities per Unit (u=x _i /n _i)	0.03333	0.06250	0.03846	0.05455	0.01818	0.03077	0.04348	0.05172	0.05882	0.01818	0.04762	0.04255	0.03704	0.05769	0.02222	0.03509	0.05660	0.04762	0.01852	0.04688	0.03636	0.02041	0.04444	0.04000

Estimated Average Nonconformities per Unit

$$\bar{u} = \frac{\sum x_i}{\sum n_i}$$

$$= \frac{49}{1225}$$

$$= 0.04000000$$

กำหนด Non-interference probability

$$\text{เช่น} = 99.73\%$$

ดังนั้น

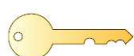
$$\alpha = 0.0027$$

$$\frac{\alpha}{2} = 0.00135$$

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.99865$$



AIAG & VDA SPC 1st



เมื่อทราบขนาดกลุ่มย่อยจริงของ Phase 2 ที่ k_2 เท่ากับ 20 ให้ใช้ $n_2 = 20$ เพื่อกำหนด Control Limits สำหรับประเมินข้อมูลของ k_2 โดยยังคงใช้ $\bar{u} = 0.04000000$

Upper Control Limit x_{up} = minimum integer value that fulfills the upper inequality

$$F(x_{up}; \bar{u} \cdot n_i) \geq 1 - \frac{\alpha}{2}$$

$$F(x_{up}; 0.04000000(20)) \geq 0.99865$$

$$F(x_{up}; 0.80000000) \geq 0.99865$$

$$x_{up} = 5$$

UCL Check = POISSON.DIST(5,0.04000000*20,TRUE)>=0.99865

$$UCL_2 = \frac{x_{up}}{n_2}$$

$$= \frac{5}{20}$$

$$UCL_2 = 0.2500$$

Lower Control Limit x_{lo} = maximum integer value that fulfills the lower inequality

$$F(x_{lo}; \bar{u} \cdot n_i) \leq \frac{\alpha}{2}$$

$$F(x_{lo}; 0.04000000(20)) \leq 0.00135$$

$$F(x_{lo}; 0.80000000) \leq 0.00135$$

$$x_{lo} \text{ ไม่มีค่า} \Rightarrow \text{Lower limit จะเป็น 0}$$

LCL Check = POISSON.DIST(0,0.04000000*20,TRUE)<=0.00135

$$LCL_2 = \frac{x_{lo}}{n_2}$$

$$= \frac{\text{ไม่มีค่า}}{20}$$

$$LCL_2 = 0$$



หาค่าขอบเขตจำนวนข้อบกพร่อง x_{up} และ x_{lo} จาก Cumulative Poisson Distribution ที่ $\lambda = \bar{u}n_i$ โดย

- ฝั่งบนเลือกค่า x ที่น้อยที่สุดที่ทำให้ $F(x; \lambda) \geq 1 - \alpha/2$
- ฝั่งล่างเลือกค่า x ที่มากที่สุดที่ทำให้ $F(x; \lambda) \leq \alpha/2$



แผนภูมิควบคุม c

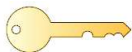
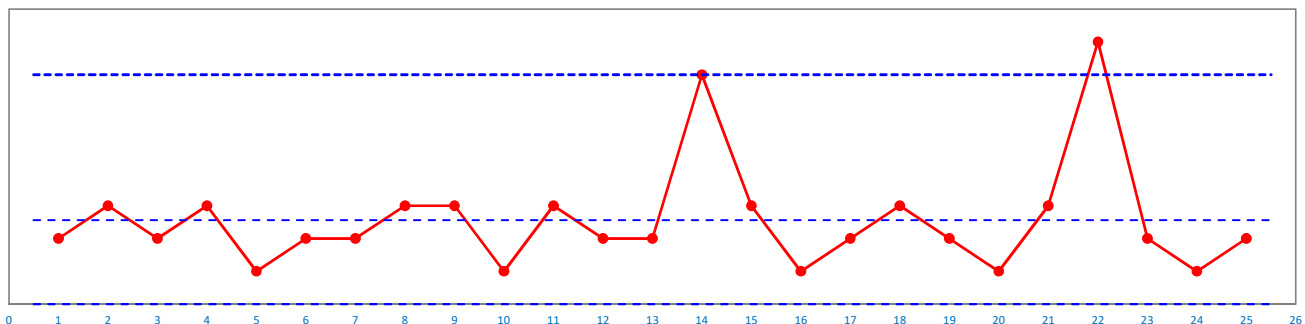
โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com



ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ



Phase 1 Trial baseline ตรวจสอบแล้วว่าทั้งสองจุดเป็น Special Cause จริง และสาเหตุถูก
กำจัดแล้วการคำนวณหาค่าControl Limits สำหรับ Phase 2 Ongoing Monitoring จึงต้อง
ถูกตัด **k14 และ k22 ออก**

c Chart Phase 1 Trial — Constant Subgroup Size n=50

		Constant Sample Size (n = 50)																									Total / Overall
Subgroup		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Date		12/1/69	13/1/69	14/1/69	15/1/69	16/1/69	17/1/69	18/1/69	19/1/69	20/1/69	21/1/69	22/1/69	23/1/69	24/1/69	25/1/69	26/1/69	27/1/69	28/1/69	29/1/69	30/1/69	31/1/69	1/2/69	2/2/69	3/2/69	4/2/69	5/2/69	
ชิ้นงานดีไม่เต็ม / Short Shot		1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	15
ครีบ / Flash		0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	12
รอยบุบ / Sink Mark		1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	19
รอยไหม้ / Burn Mark		0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Total Nonconformities (Σ x _i = c _i)		2	3	2	3	1	2	2	3	3	1	3	2	2	3	1	2	3	2	1	3	2	1	2	2	2	49
Sample Size (n = constant)		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1150
Number of Nonconformities (c _i = Σ x _i)		2	3	2	3	1	2	2	3	3	1	3	2	2	3	1	2	3	2	1	3	2	1	2	2	2	2,1304

AIAG & VDA SPC 1st

Upper Control Limit $F(UCL; \hat{\mu}) \geq 1 - \frac{\alpha}{2}$
 $F(UCL; 2.1304347826) \geq 0.99865$
 $UCL_c = 8$

Lower Control Limit $F(LCL; \hat{\mu}) \leq \frac{\alpha}{2}$
 $F(LCL; 2.1304347826) \leq 0.00135$
 $LCL_c = 0$



หาค่าขอบเขตจำนวน Nonconformities จาก Cumulative Poisson Distribution โดยใช้ $\hat{\mu} = 2.1304347826$ และ $\alpha = 0.0027$

- ผังบน หา ค่าจำนวนเต็มต่ำสุด ที่ทำให้ $F(UCL; \hat{\mu}) \geq 0.99865$
- ผังล่าง หา ค่าจำนวนเต็มสูงสุด ที่ทำให้ $F(LCL; \hat{\mu}) \leq 0.00135$



การควบคุมกระบวนการด้วยสถิติ

STATISTICAL PROCESS CONTROL

AIAG & VDA SPC 1st



10 การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์
(APPLICATION OF SOFTWARE)

โดย

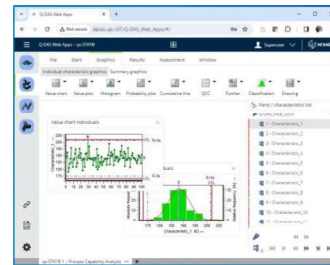
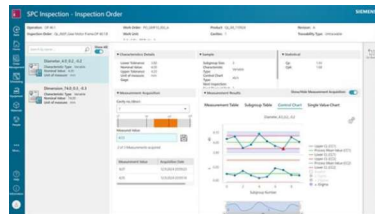
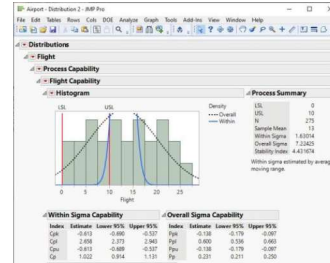
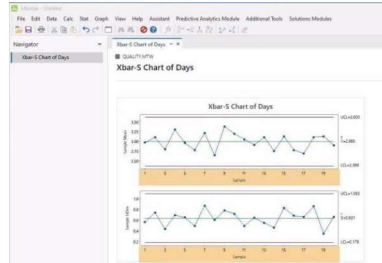
BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com



ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ

- ซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับ SPC / Capability ต้องผ่านทั้ง Verification และ Validation ก่อนใช้งาน
- Verification คือยืนยันว่าซอฟต์แวร์ทำตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ ส่วน Validation คือยืนยันว่าเหมาะสมกับการใช้งานตามวัตถุประสงค์
- ระบบควรเผื่อติดตามกระบวนการอัตโนมัติ แจ้งเตือนเมื่อเกิดความเบี่ยงเบน และลดการป้อนข้อมูลด้วยมือ
- ผู้ใช้ต้องทราบวิธีคำนวณและพารามิเตอร์ที่ซอฟต์แวร์ใช้ ห้ามใช้งานแบบ "Black Box"
- ต้องสามารถรองรับ Customer-Specific Requirements และกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้ตรงตามข้อกำหนดลูกค้า
- การ Validation ควรทดสอบด้วย Dataset/Test Case และเปรียบเทียบกับ Documented Reference Results



ข้อกำหนดการรายงานทั่วไปสำหรับการศึกษาระบวนการโดยทั่วไปประกอบด้วย:

- 1.การระบุกระบวนการ (Process Identification): ชื่อของกระบวนการ เครื่องจักร ชิ้นส่วน หรือคุณลักษณะที่กำลังศึกษา
- 2.ขีดจำกัดข้อกำหนด (Specification Limits): ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบน (U) และด้านล่าง (L) ค่าเป้าหมาย และพิสัยความเผื่อที่กำหนด
- 3.เงื่อนไขการเก็บข้อมูล (Data Collection Conditions): ข้อมูลโดยละเอียดเกี่ยวกับเงื่อนไขที่ใช้ในการเก็บข้อมูล รวมถึงสถานที่ ระยะเวลา ความถี่ สอดคล้องกับเข้า ผู้ปฏิบัติงาน เครื่องมือ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม และเงื่อนไขที่ไม่เป็นมาตรฐาน
- 4.กระบวนการวัด (Measurement Process): คำอธิบายกระบวนการวัดที่ใช้ รวมถึงความละเอียด ความถูกต้อง ความสามารถในการทำซ้ำ ความสามารถในการทำซ้ำระหว่างผู้วัด หรือความไม่แน่นอนของการวัด
- 5.ข้อมูลตัวอย่าง (Sample Information): ขนาดตัวอย่างทั้งหมด (N) ขนาดกลุ่มย่อย (n) และจำนวนกลุ่มย่อย (k)
- 6.การวิเคราะห์ด้วยกราฟ (Graphical Analysis): Run/Value Chart ของข้อมูล ฮิสโตแกรม (Histogram) และแผนภาพความน่าจะเป็น (Probability Plot)
- 7.แบบจำลองการแจกแจง (Distribution Model): การแจกแจงที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองข้อมูล และวิธีการที่ใช้ในการกำหนดหรือยืนยันการแจกแจงนั้น
- 8.การประเมินเสถียรภาพ (Stability Evaluation): เอกสารหรือหลักฐานที่แสดงว่ากระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุมทางสถิติหรืออยู่ภายใต้การควบคุมสำหรับดัชนีความสามารถ (Capability Indices) หรือการยอมรับว่ากระบวนการไม่ได้อยู่ในสภาวะดังกล่าว สำหรับดัชนีสมรรถนะ (Performance Indices) โดยแสดงบนแผนภูมิควบคุมแบบย้อนหลัง (Retrospective Control Chart)
- 9.ค่าสถิติของตัวอย่าง (Sample Statistics): คำนวณค่า $\bar{X}$, $X_{0.135\%}$, $X_{50\%}$, $X_{99.865\%}$, ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Intervals) และสำหรับการแจกแจงปกติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 10.ดัชนีที่คำนวณได้ (Calculated Indices): ค่าจริงที่คำนวณได้ของดัชนีที่เกี่ยวข้อง รวมถึงวิธีการคำนวณ เช่น Pm/Pmk , Pp/Ppk , Cp/Cpk รวมถึงส่วนขยายแบบ G หรือ Z
- 11.การตีความ (Interpretation): การประเมินผลลัพธ์เทียบกับข้อกำหนดที่ระบุ โดยรวมถึงสัดส่วนที่คาดหมายของชิ้นงานที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ซึ่งแสดงเป็นจำนวนชิ้นต่อล้านชิ้น (PPM) หรือเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยอ้างอิงจากแบบจำลองการแจกแจงที่เลือก



- 1) ชื่อกระบวนการ เครื่องจักร และสถานที่ที่ดำเนินการศึกษา
- 2) หมายเลขอ้างอิงที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการและเครื่องจักร
- 3) บุคคลที่ดำเนินการศึกษาและทำการวัด
- 4) เวลาและระยะเวลาของการเก็บข้อมูล
- 5) ชื่อและหมายเลขอ้างอิงของชิ้นส่วน
- 6) คุณลักษณะของชิ้นส่วนที่ระบุ และขีดจำกัดข้อกำหนด รวมถึงหน่วยวัด
- 7) เงื่อนไขทางเทคนิคที่ใช้ในการดำเนินการศึกษา เช่น สอด การปฏิบัติงาน เครื่องมือ
- 8) การเบี่ยงเบนจากสภาวะการทำงานที่มีเสถียรภาพตามที่กำหนด เช่น สภาพแวดล้อม การตั้งค่ากระบวนการ เวลาไซเคิล
- 9) จำนวนค่าที่ใช้ในการคำนวณ
- 10) ความถี่ในการสุ่มตัวอย่างและขนาดกลุ่มย่อย
- 11) ฮิสโตแกรมของข้อมูล
- 12) Run chart สำหรับการประเมินข้อมูลเชิงคุณภาพตามเวลา
- 13) Probability plot ของข้อมูล
- 14) Control Chart สำหรับการประเมินเสถียรภาพ
- 15) พารามิเตอร์ประมาณค่าตำแหน่งของกระบวนการ พร้อมวิธีการคำนวณ
- 16) พารามิเตอร์ประมาณค่าความแปรปรวนของกระบวนการ พร้อมวิธีการคำนวณ
- 17) แบบจำลองการแจกแจงที่เลือกใช้สำหรับการประมาณค่า
- 18) ข้อกำหนดด้านสมรรถนะ/ความสามารถ และวิธีการคำนวณ
- 19) ดัชนีสมรรถนะ/ความสามารถที่คำนวณได้ เปอร์เซ็นต์โดยประมาณที่อยู่นอกข้อกำหนด รวมถึงช่วงความเชื่อมั่นตามข้อกำหนด
- 20) ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ รวมถึงการดำเนินการแก้ไข



Q & A

BIG Q TRAINING CO., LTD.

ขอขอบพระคุณทุกท่าน

