เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

1.มิ่งขวัญ เหรียญประยูร,*สถิติและความน่าจะเป็น*,กรุงเทพฯ,โรงพิมพ์ มิตรนราการพิมพ์,2531

2.เบงคิจิ โมริยามา,*เทคนิคเครื่องมือวัดเชิงกล*,กรุงเทพฯ,สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2536

ภาษาอังกฤษ

3.(Ford,GM,Chrysler) , *Measurement Systems Analysis Referemce Manual* , AIAG, Detroit , Michigan ,2nd ed. ,1995

4.Preben Lund , *Quality Assessment of Printed Circuit Boards* , Copenhagen , Bishop Graphics, Inc. , 1985

5.William W. Hines , Douglas C. Montgomery , *Probability and Statistics in Engineering and Management Science* , Newyork,3rd ed.,John Willey&Sons,1990

6.Douglas C. Montgomery , *Introduction to Statistical Quality Control* , Newyork , 2nd ed., John Willey & Sons , 1991

7.Alan S. Marris , *Measurement And Calibration for Quality Assurance* , London , Prentice Hall , 1991

8.(MIL-C-45662A) , "*Evaluation of Contractor's Calibration System*",1964

9.(Ford,GM,Chrysler) , *Concepts for R&R Studies* , AIAG , Detroit , Michigan , 1992

10. Alan P. Volkmar , "*Effectively Using Gage R&R and Measurement Systems Variability*", Modern Casting , November , 1993 , pp. 30-33

11. Alan P. Volkmar , "*Compactibility and Measurement Systems Variability*", AFS-Transactions,pp. 1007-1010

12. Jack Montgomery , "Selecting Coating Measurement Methods", Fastener Technology International , April , 1993

13. Duncan,A., *Quality Control and Industrial Statistics* , Illinois , 4th ed., Richard D. Irwin,Inc.,Homewood, 1974

14. Mandel,J., "Repeatability and Reproducibility", Journal of Quality Technology , Vol.4 , No.2,April , 1972 , pp. 74-85

15. Costas J. SPANOS , "Statistical Process Control in Semiconductor Manufacturing", Proceedings of The IEEE , Vol. 80 , No. 6 , June , 1992

ภาคผนวก ก

ความสัมพันธ์ของ ความสามารถของกระบวนการ และ R&R
(Relationship of Process Capability and R&R)

โดยทฤษฎีสามารถกำหนดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3 ค่า ดังนี้

σ_{observ} = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่บันทึกผลการทดลองในกระบวนการผลิตซึ่ง σ_{observ} จะรวมทั้งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ กระบวนการผลิตจริง กับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดด้วย

σ_{actual} = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการผลิตจริง(actual process) ที่มิได้เกิดจากการวัด

$\sigma_{R\&R}$ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ R&R จากการศึกษา R&R ซึ่ง $\sigma_{R\&R}$ จะรวมทั้งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ เครื่องมือวัด และ พนักงานวัด ด้วย

ดังนั้น $\sigma^2_{observ} = \sigma^2_{actual} + \sigma^2_{R\&R}$

$\sigma^2_{actual} = \sigma^2_{observ} - \sigma^2_{R\&R}$

$$= \frac{\text{Tolerance}}{6\,Cp_{observ}} - \sigma^2_{R\&R}$$

แต่ $$Cpactual = \frac{\text{Tolerance}}{6\sigma_{actual}}$$

$$= \frac{Tolerance}{6\sqrt{\left[\frac{Tolerance}{6Cp_{observe}}\right]^2 - \sigma^2_{R\&R}}}$$

$$= \frac{1}{6\sqrt{\left[\frac{1}{6Cp_{observe}}\right]^2 - \sigma^2_{R\&R} \ / \ \text{Tolerance}^2}}$$

จาก $\%R\&R = \frac{5.15\ \sigma_{R\&R} \times 100}{\text{Tolerance}}$

ดังนั้น $\frac{\%R\&R}{5.15 \times 100} = \frac{\sigma_{R\&R}}{\text{Tolerance}}$

$$Cp_{actual} = \frac{1}{6\sqrt{\left[\frac{1}{6Cp_{observe}}\right]^2 - \left[\frac{\%R\&R}{5.15x100}\right]^2}}$$

และ $\sigma_{ACTUAL} = \frac{Tolerance}{6xCp_{ACTUAL}}$

ภาคผนวก ข

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับ VARIABLE STUDY โดยใช้ ANOVA

(Mathematic Model for The Variable Study Using Anova)

ในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ค่ามาตรฐานจะแปรผันไปแต่ละชิ้นส่วนที่ทำการผลิตขึ้นมา ซึ่งสามารถแทนได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

(1) Reference Value = Part Mean + Within - Part Effect

(2) Observed Value = Reference Value + Measurement Error

(3) Measurement Error = Bias + Appraiser Effect +Replication Error

จาก (1) , (2) และ (3) สามารถเขียนได้ใหม่ดังนี้

(4) Observed Value = (Part Mean + Bias) + Part Effect + Appraiser Effect + Replication Error

โดยที่ Part Mean และ Bias เป็นค่าคงที่

Part Effect

Appraiser Effect เป็นค่าตัวแปรสุ่ม

Replication Effect

Part Effect แสดงถึง การแปรผันในกระบวนการผลิต

Appraiser Effect แสดงถึง การแปรผันที่เกิดขึ้นจากพนักงานวัดที่แตกต่างกัน หรือ บางครั้ง เรียกว่า Reproducibility

Replication Error แสดงถึง การแปรผันที่เกิดจากการวัดซ้ำ โดย พนักงานวัดและชิ้นงานเดียวกัน หรือ บางครั้งเรียกว่า Repeatability

Part Mean และ Part Effect เป็นคุณสมบัติของกระบวนการผลิตที่ไม่ขึ้นอยู่กับเครื่องมือวัด(GAGE) แต่ที่เหลือจะแสดงถึงความผิดพลาดที่มีอยู่ในระบบการวัด

MATHEMATIC MODEL

(5) $Y_{ijm} = X_i + \varepsilon_{ijm}$ หรือ

Observe Value = Reference Value + Deviation

กำหนดให้ Xi มีการแจกแจงแบบปกติที่เป็นอิสระ(independently normal distribution)

เขียนแทนด้วยสัญญลักษณ์ $Xi \sim N(\mu, \sigma^2)$

Y_{ijm} แทน การวัดครั้งที่ m,พนักงานวัดคนที่ j , ชิ้นงานที่ i

(6) $Y_{ijm} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ijm}$

μ แทน Part Mean

$\alpha_i = X_i - \mu$ ที่มี $\sim N(0, \sigma^2)$

(7) $\varepsilon_{ijm} = b + \beta_j + e_{ijm}$. หรือ

Deviation + Gage Bias + Appraiser Effect + Replication Error

e_{ijm} แทน Replication Error ที่มีการแจกแจงแบบปกติที่เป็นอิสระ (independently normal distribution)เขียนด้วย $\sim N(0, \gamma^2)$ สำหรับทุก ชิ้นงาน,พนักงานวัด, การวัดซ้ำ

β_j แทน Appraiser Effect ที่มีการแจกแจงแบบปกติที่เป็นอิสระต่อกัน(independently normal distribution) เขียนแทนด้วย$\sim N(0, \varpi^2)$

จาก (6) และ (7) สามารถเขียนได้ใหม่ดังนี้

(8) $Y_{ijm} = (\mu + b) + \alpha_i + \beta_j + e_{ijm}$ หรือ

Observed Value = (Part Mean + Gage Bias) + Part Effect + Appraiser Effect + Replication Error

$\alpha_i \sim N(0, \sigma^2)$

$\beta_j \sim N(0, \varpi^2)$

$e_{ijm} \sim N(0, \gamma^2)$

โดยที่ α_i β_j และ e_{ijm} มีการแจกแจงแบบปกติที่เป็นอิสระต่อกัน(independently normal distribution) และ $(\mu + b)$ เป็นค่าคงที่

(9) $Var(Y_{ijm}) = \sigma^2 + \varpi^2 + \tau^2$

เนื่องจาก $(\mu + b)$ เป็นค่าคงที่

(10) $\varepsilon_{ijm} = b + \beta_j + \lambda_{ij} + e_{ijm}$ หรือ

Deviation =Gage Bias + Appraiser Effect + Appraiser - Part Effect + Replication Error

λ_{ij} แทน ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง พนักงานวัดคนที่ j และ ชิ้นงานที่ i และมีการแจ

แจงแบบปกติที่เป็นอิสระ(independently normal distribution) แทนด้วย

$\lambda_{ij} \sim N(0, \alpha^2)$

b เป็นค่าคงที่

รวม (10) กับ (6)จะได้

(11) $Y_{ijm} = (\mu + b) + \alpha_i + \beta_j + \lambda_{ij} + e_{ijm}$ หรือ

Observed Value = (Part Mean + Gage Bias) + Part Effect + Appraiser Effect

+ Appraiser-Part Effect + Replication Error

$(\mu + b)$ เป็นค่าคงที่

ดังนั้น

(12) $Var(Y_{ijm}) = \sigma^2 + (\varpi^2 + \alpha^2) + \gamma^2$

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงการหา d_2^*

	m													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.41	1.91	2.24	2.48	2.67	2.83	2.96	3.08	3.18	3.27	3.35	3.42	3.49	3.55
2	1.28	1.81	2.15	2.40	2.60	2.77	2.91	3.02	3.13	3.22	3.30	3.38	3.45	3.51
3	1.23	1.77	2.12	2.38	2.58	2.75	2.89	3.01	3.11	3.21	3.29	3.37	3.43	3.50
4	1.21	1.75	2.11	2.37	2.57	2.74	2.88	3.00	3.10	3.20	3.28	3.36	3.43	3.49
5	1.19	1.74	2.10	2.36	2.56	2.73	2.87	2.99	3.10	3.19	3.28	3.35	3.42	3.49
6	1.18	1.73	2.09	2.35	2.56	2.73	2.87	2.99	3.10	3.19	3.27	3.35	3.42	3.49
7	1.17	1.73	2.09	2.35	2.55	2.72	2.87	2.99	3.10	3.19	3.27	3.35	3.42	3.48
g 8	1.17	1.72	2.08	2.35	2.55	2.72	2.87	2.98	3.09	3.19	3.27	3.35	3.42	3.48
9	1.16	1.72	2.08	2.34	2.55	5.72	2.86	2.98	3.09	3.18	3.27	3.35	3.42	3.48
10	1.16	1.72	2.08	2.34	2.55	2.72	2.86	2.98	3.09	3.18	3.27	3.34	3.42	3.48
11	1.16	1.71	2.08	2.34	2.55	2.72	2.86	2.98	3.09	3.18	3.27	3.34	3.41	3.48
12	1.15	1.71	2.07	2.34	2.55	2.72	2.85	2.98	3.09	3.18	3.27	3.34	3.41	3.48
13	1.15	1.71	2.07	2.34	2.55	2.71	2.85	2.98	3.09	3.18	3.27	3.34	3.41	3.48
14	1.15	1.71	2.07	2.34	2.54	2.71	2.85	2.98	3.08	3.18	3.27	3.34	3.41	3.48
15	1.15	1.71	2.07	2.34	2.54	2.71	2.85	2.98	3.08	3.18	3.26	3.34	3.41	3.48
> 15	1.128	1.693	2.059	2.326	2.534	2.704	2.847	2.970	3.078	3.173	3.258	3.336	3.407	3.472

Table 2. d_2^* Values For The Distribution of The Average Range[1]
(d_2^* values for g>15)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นาย สมภพ ตลับแก้ว

เกิด 28 กุมภาพันธ์ 2515

วุฒิการศึกษา ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขา คณิตศาสตร์ประยุกต์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปีกาศึกษา 2536