

Tolerance analysis

Phân tích dung sai



Nội dung chi tiết

Chương 1 **Phân tích dung sai**

- 2.1. Sơ lược về phân tích dung sai **4**
- 2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê **7**
- 2.3. Phân tích dung sai dạng phi tuyến tính **22**
- 2.4. Tái thiết kế và kiểm duyệt **30**

1. Phân tích dung sai

Mục tiêu

- Nắm bắt được khái niệm về thiết kế giá trị cho phép (Permitted Deviation).
- Có khả năng thiết kế và phân tích giá trị cho phép (Permitted Deviation).

Nội dung

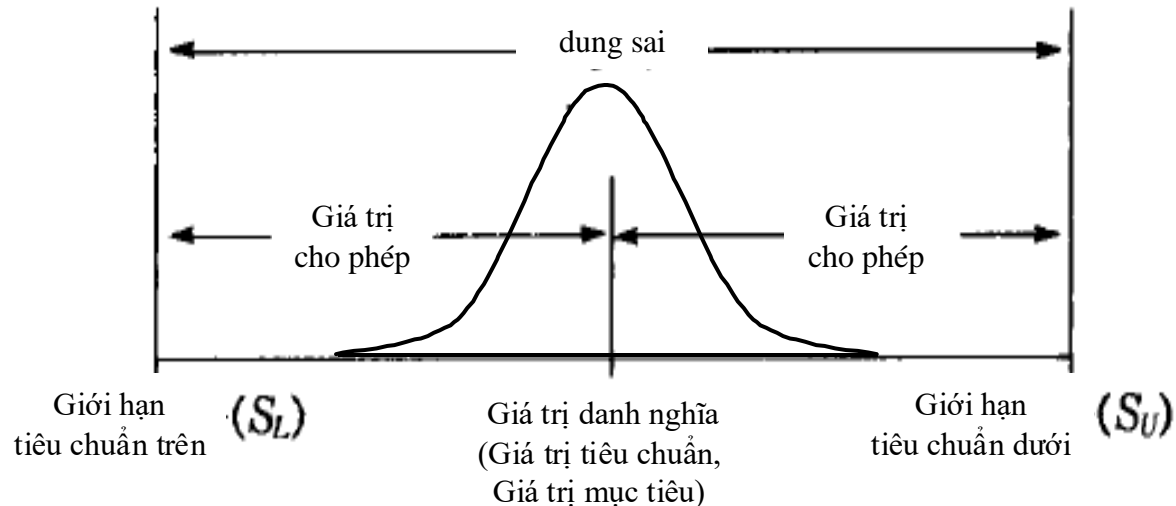
1. Khái quát
2. Phân tích dung sai về mặt thống kê
3. Phân tích dung sai dạng phi tuyến tính
4. Tái thiết kế và kiểm chứng

2.1. Phân tích dung sai_Khái quát

Quy cách và dung sai

- **Quy cách:** Là chỉ số được quy định về các hạng mục kỹ thuật liên quan trực tiếp hoặc gián tiếp tới vật thể, cấu thành bởi Giá trị tiêu chuẩn (Giá trị danh nghĩa) \pm dung sai
- **Giá trị danh nghĩa:** Là trọng tâm của quy cách hay chỉ số được lấy làm chuẩn về đặc trưng chất lượng yêu cầu
- **Giá trị cho phép:** Là giới hạn cho phép quy định bởi giá trị tiêu chuẩn, phạm vi từ giá trị tiêu chuẩn đến giá trị giới hạn quy định
- **dung sai (Tolerance):** Có tính chất chất lượng là sự chênh lệch giữa giá trị tối đa và giá trị tối thiểu được xác định bởi tổng độ phân tán cho phép

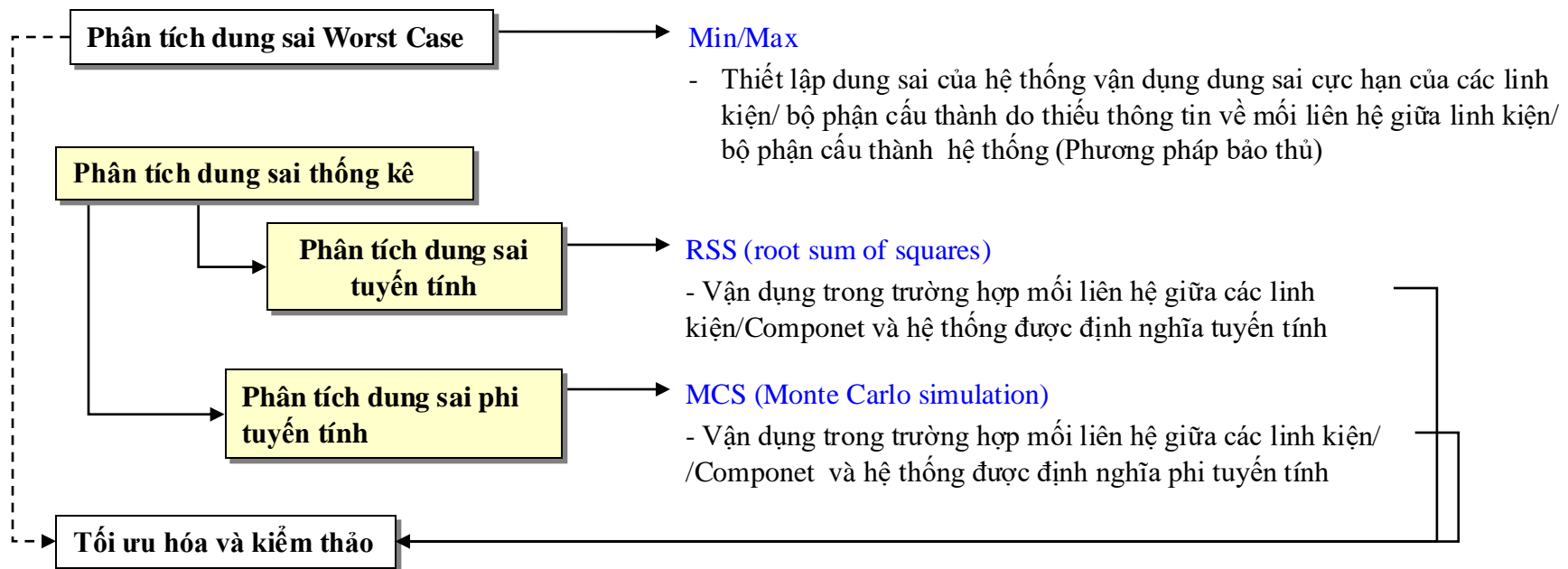
※ Tham khảo: Quy cách và dung sai đều là Tolerance.



2.1. Phân tích dung sai_Khái quát

Hiểu được mối liên hệ về mặt chức năng giữa các sản phẩm/System cần phát triển và linh kiện/Component cấu tạo nên chúng, qua đó định nghĩa đặc trưng tính chất của sản phẩm và linh kiện theo tiêu chuẩn 6σ

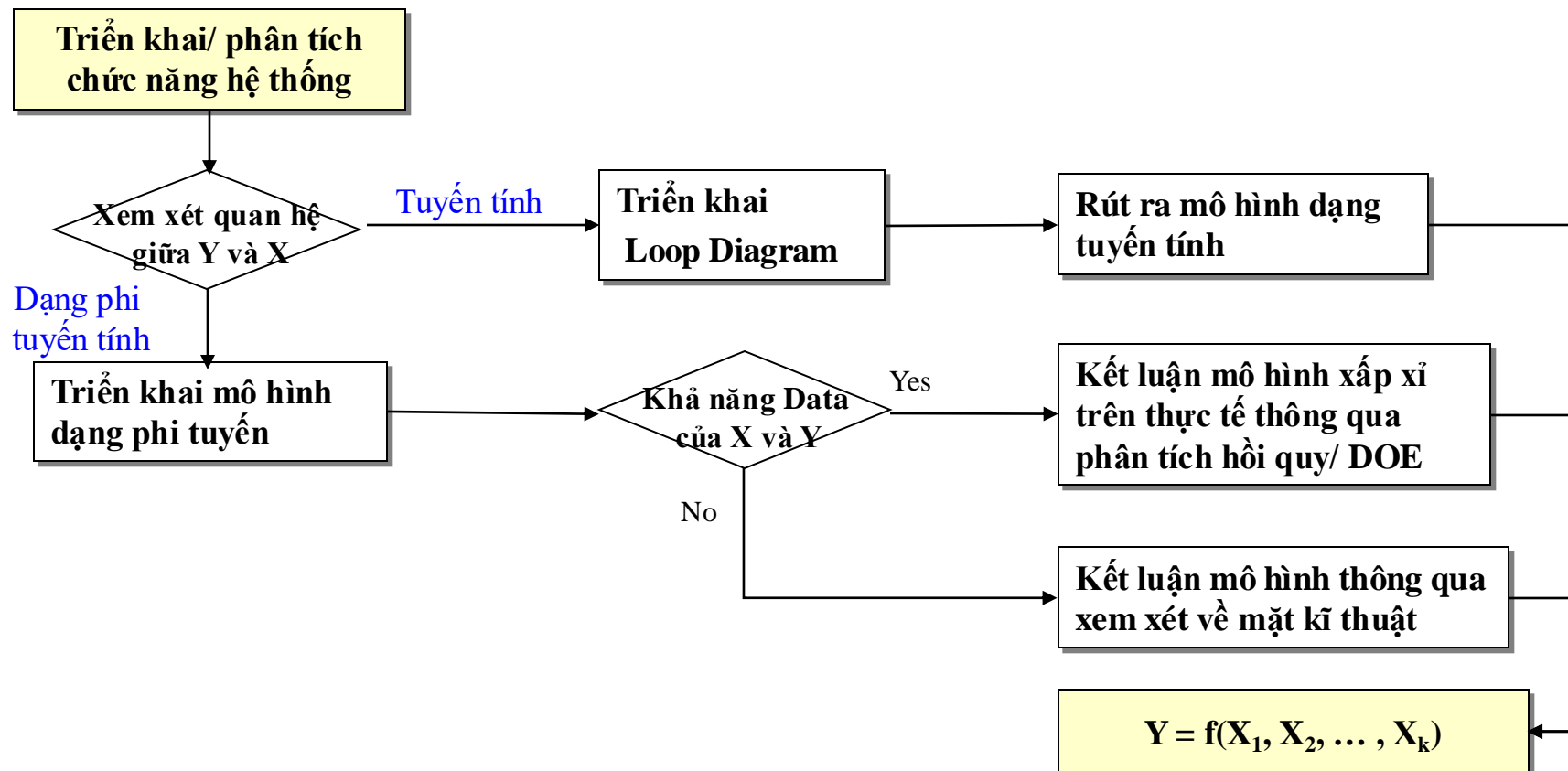
- Phân tích dung sai (Tolerance Analysis): Chuỗi phương pháp thiết lập giới hạn cho phép về giá trị tiêu chuẩn (X's) của linh kiện và các Component để Output của System (Y) có thể đáp ứng nhu cầu của khách hàng
- Phân tích dung sai về mặt thống kê: Phương pháp thống kê thiết lập dung sai của hệ thống căn cứ vào chỉ số và năng lực công đoạn của nhiều linh kiện cấu thành hệ thống



2.1. Phân tích dung sai_Khái quát

Phân tích dung sai về mặt thống kê

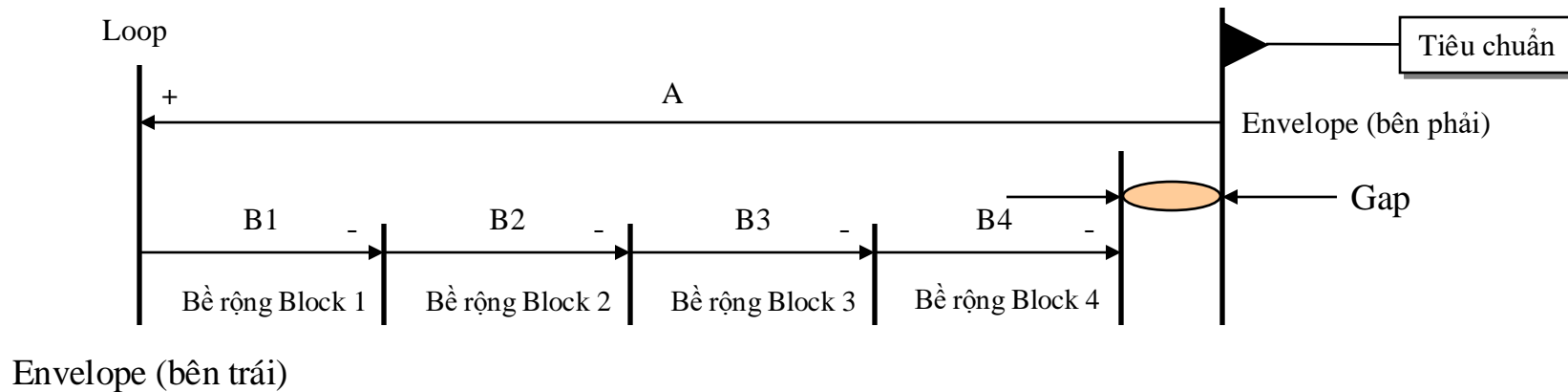
Thiết kế dung sai phù hợp nhờ vận dụng quy trình và phương pháp phân tích dung sai đúng chuẩn thông qua xem xét mối liên hệ giữa linh kiện cấu thành và hệ thống.



2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

Loop Diagram: Hình vẽ thể hiện bằng biểu đồ mối liên hệ tuyến tính giữa linh kiện cấu thành hệ thống và điều kiện bắt buộc về mặt kỹ thuật có thể tìm ở phần phát sinh Gap hoặc nhiễu loạn (Interference) nào đó.

▪ Hình thức cơ bản

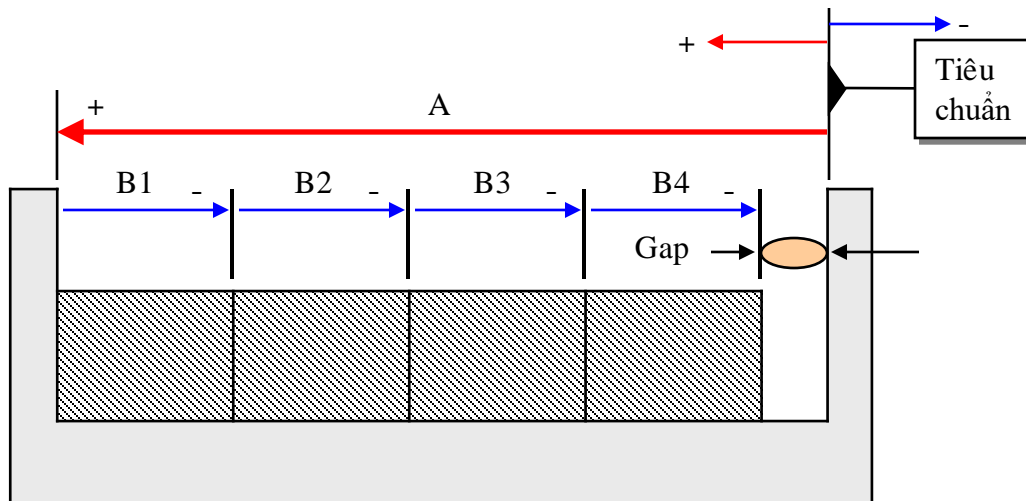


$$\text{Gap } W = A - B1 - B2 - B3 - B4$$

2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

Sơ lược về Vector Loop

- Step1 Vẽ cấu tạo khái quát giữa các linh kiện và hệ thống.
- Step2 Xác định Gap.
- Step3 Chọn điểm tiêu chuẩn.
- Step4 Thiết lập hướng Vector.
- Step5 Phân chia và đánh dấu + / - .



▪ Biểu thị dấu hiệu cho Vector

Trường hợp biểu thị Vector (+)

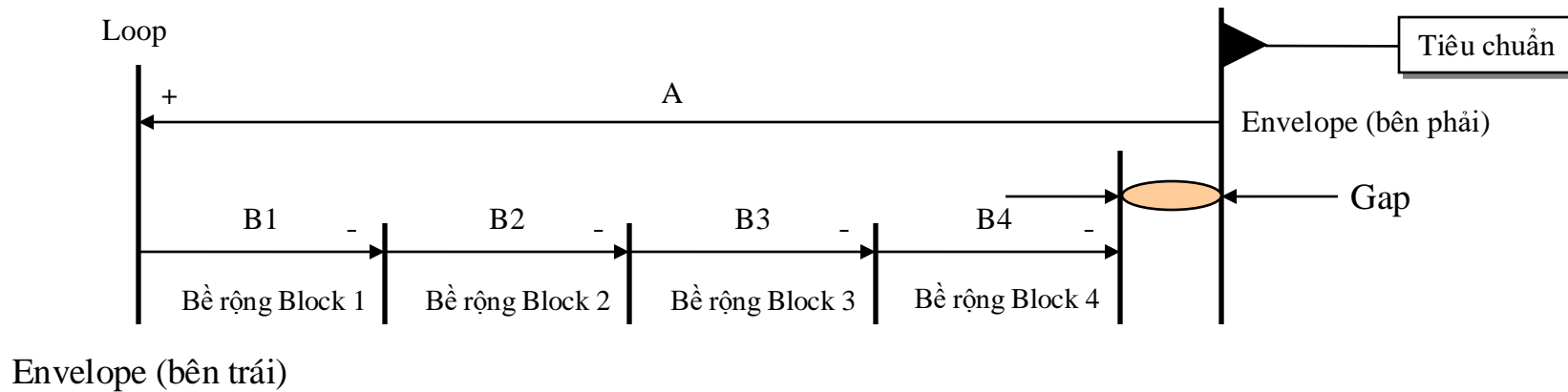
- Chỉ số càng tăng thì Gap càng tăng
- Chỉ số càng tăng thì lượng nhiễu loạn (Interference) càng giảm

Trường hợp biểu thị Vector (-)

- Chỉ số càng tăng thì Gap càng giảm
- Chỉ số càng tăng thì lượng nhiễu loạn (Interference) càng tăng

2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

- Step6 Hoàn thiện Loop Diagram và tính Gap.



$$\text{Gap } W = A - B1 - B2 - B3 - B4$$

2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

Phân tích dung sai tuyến tính

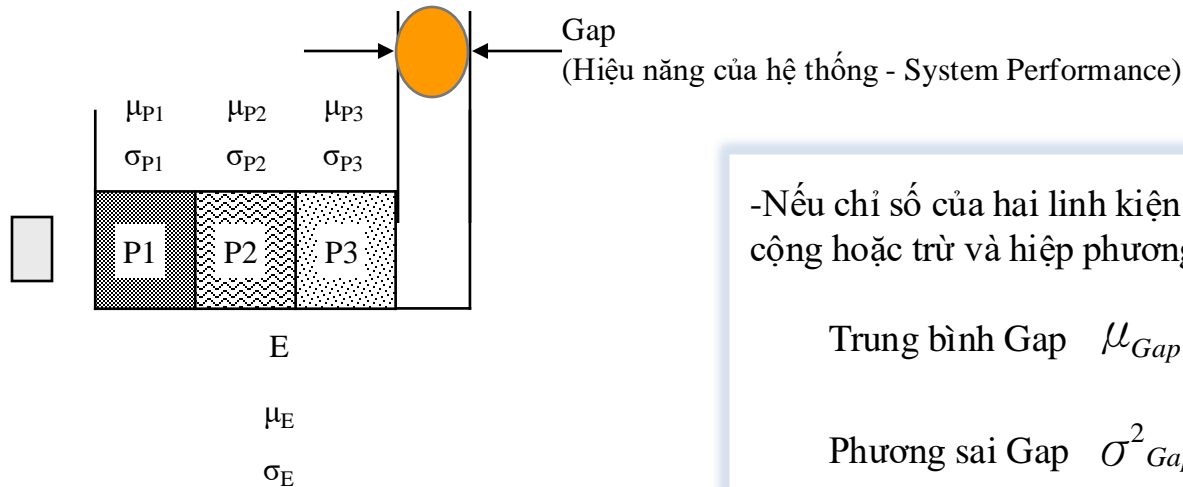
- Phương pháp phân tích dung sai trong trường hợp công thức hàm số hiệu năng được xác định bằng tổng và hiệu của chỉ số giữa các linh kiện/Component cấu thành
 - Xác định công thức mối liên hệ tuyến tính thông qua Loop Diagram
 - Đưa ra độ lệch chuẩn nhờ vận dụng Root Sum of square (RSS)
- ※ Phân loại mối liên hệ giữa các chỉ số của linh kiện/Component thành hai trường hợp là độc lập tương hỗ (Mutually Independent) và trường hợp còn lại

2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

▪ Trường hợp các chỉ số có mối liên hệ độc lập tương hỗ

: là trường hợp các chỉ số của các linh kiện/Component riêng lẻ không ảnh hưởng đến các chỉ số của linh kiện khác

Ví dụ: Lắp ráp ngẫu nhiên hai linh kiện được cung cấp bởi hai nhà phân phối đối tác khác nhau



-Nếu chỉ số của hai linh kiện độc lập với nhau, trung bình tính bằng cộng hoặc trừ và hiệp phương sai giữa 2 linh kiện bằng '0'

$$\text{Trung bình Gap} \quad \mu_{Gap} = \mu_E - \mu_{P1} - \mu_{P2} - \mu_{P3}$$

$$\text{Phương sai Gap} \quad \sigma_{Gap}^2 = \sigma_E^2 + \sigma_{P1}^2 + \sigma_{P2}^2 + \sigma_{P3}^2$$

2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

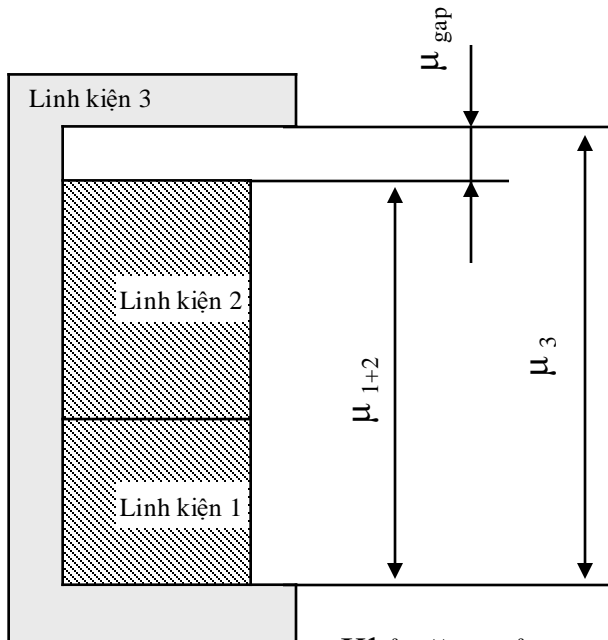
[Ví dụ]

Sản phẩm 00 được sản xuất bằng cách lắp ráp linh kiện 1, 2 và 3 được cung cấp bởi các nhà phân phối đối tác khác nhau. Các linh kiện được lựa chọn ngẫu nhiên để lắp ráp với độ lệch chuẩn (Standard Deviation) và trung bình như sau:

$$\mu_1 = 53.3\text{mm}, \quad \sigma_1 = 0.2032\text{mm}$$

$$\mu_2 = 25.7\text{mm}, \quad \sigma_2 = 0.1270\text{mm}$$

$$\mu_3 = 80.0\text{mm}, \quad \sigma_3 = 0.3048\text{mm}$$



- Nếu Gap nhỏ hơn 0.0 sẽ phát sinh can thiệp (interference) giữa linh kiện 1,2 với linh kiện 3.

$$\text{Trung bình Gap} : \mu_{\text{Gap}} = \mu_3 - \mu_{1+2} = 80.0 - 79.0 = 1.0\text{mm}$$

Độ lệch chuẩn của Gap :

$$\sigma_{\text{Gap}} = \sqrt{\sigma_3^2 + \sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

$$\sigma_{\text{Gap}} = \sqrt{0.3048^2 + 0.2032^2 + 0.1270^2}$$

$$\sigma_{\text{Gap}} = 0.3877$$

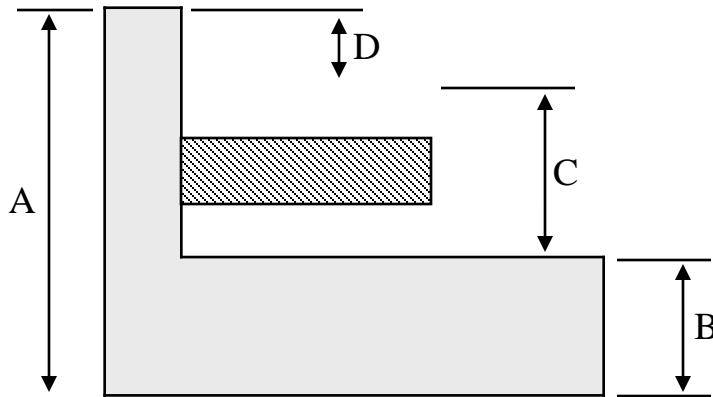
$$Z_{\text{gap}} = (1.0 - 0) / 0.3877 = 2.58$$

Khả năng xảy ra nhiễu loạn từ bảng phân phối chuẩn là 0,49%.
(Tỷ lệ nhỏ hơn "0" so với phân phối chuẩn là 0,49%)

2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

- Trường hợp các chỉ số không có mối liên hệ độc lập tương hỗ

: là trường hợp các chỉ số của các linh kiện/Component riêng lẻ gây ảnh hưởng đến các chỉ số của linh kiện khác
Ví dụ: Chiều dài và chiều rộng của các linh kiện xuất ra từ cùng một thiết bị đồng nhất



- Nếu gọi D là Gap – hiệu năng của hệ thống (System Performance) mà ta cần tìm, thì:

$$D = A - B - C$$

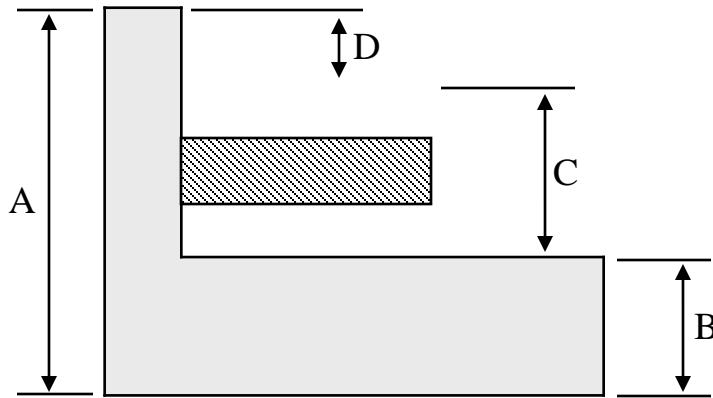
Do “A” và “B” là hai chỉ số của cùng một linh kiện nên chúng có quan hệ tương quan với nhau về lượng. Do đó, chỉ số “A”, và “B” không được coi là độc lập.

※ Note: $\sigma_{A-B-C} \neq \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \sigma_C^2}$

2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

▪ Trường hợp các chỉ số không có mối liên hệ độc lập tương hỗ

: là trường hợp các chỉ số của các linh kiện/Component riêng lẻ gây ảnh hưởng đến các chỉ số của linh kiện khác
Ví dụ: Chiều dài và chiều rộng của các linh kiện xuất ra từ cùng một thiết bị đồng nhất



Trong trường hợp không độc lập tương hỗ, có thể tồn tại hiệp phương sai khác “0” giữa các chỉ số được xem xét

- x và y trong $Cov(x,y)$ là hiệp phương sai thể hiện mức độ tương hỗ
- ρ trong $Cov(x,y) = \rho \times \sigma_x \times \sigma_y$ là hệ số tương hỗ

Phương sai và trung bình của tổng tuyến tính giữa các chỉ số

$$\text{Mean of } (X + Y) \quad \mu_{x+y} = \mu_x + \mu_y$$

$$\text{Mean of } (X - Y) \quad \mu_{x-y} = \mu_x - \mu_y$$

$$\text{Variance of } (X + Y) = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 2Cov(x, y)$$

$$\text{Variance of } (X - Y) = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 - 2Cov(x, y)$$

Phân phối chuẩn của tổng tuyến tính theo RSS

$$\sigma_{x+y} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 2Cov(x, y)}$$

$$\sigma_{x-y} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - 2Cov(x, y)}$$

2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

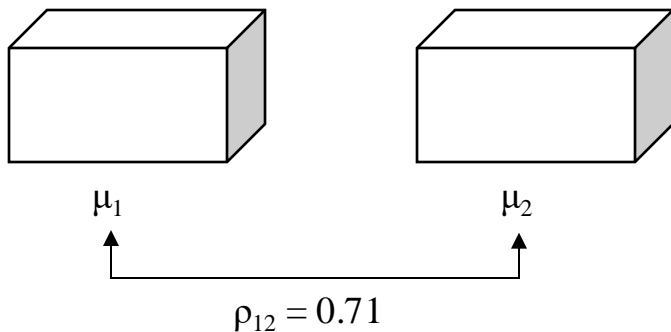
[Ví dụ]

Sản xuất Block bằng cùng một máy đúc. Theo đó, có thể dự đoán mối quan hệ tương quan giữa chiều rộng của các Block. Lập kế hoạch để kiểm chứng.

Sau khi thu thập và phân tích Data về kích thước, hệ số tương quan quán sát được là +0,71.

Hãy tính σ của tổng hai Block dựa vào các thông số sau:

$\mu_1 = 1.010$, $\sigma_1 = 0.005$ và, $\mu_2 = 2.100$, $\sigma_2 = 0.008$



$$\mu_{1+2} = \mu_1 + \mu_2 = 1.01 + 2.10 = 3.11$$

$$\begin{aligned} \sigma_{1+2}^2 &= \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2\sigma_{12} \\ &= 0.005^2 + 0.008^2 + 2(0.0000284) = 0.0001458 \end{aligned}$$

Tại đây,

$$\begin{aligned} \sigma_{12} &= \text{COV}(X_1, X_2) = \rho_{12} \times \sigma_1 \times \sigma_2 \\ &= 0.71 \times 0.005 \times 0.008 \\ &= 0.0000284 \end{aligned}$$

$$\therefore \sigma_{1+2} = 0.0121$$

2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

Các bước phân tích dung sai tuyến tính

Trường hợp mối quan hệ giữa linh kiện và hệ thống là dạng tuyến tính, phải hiểu được các bước phân tích dung sai đúng.

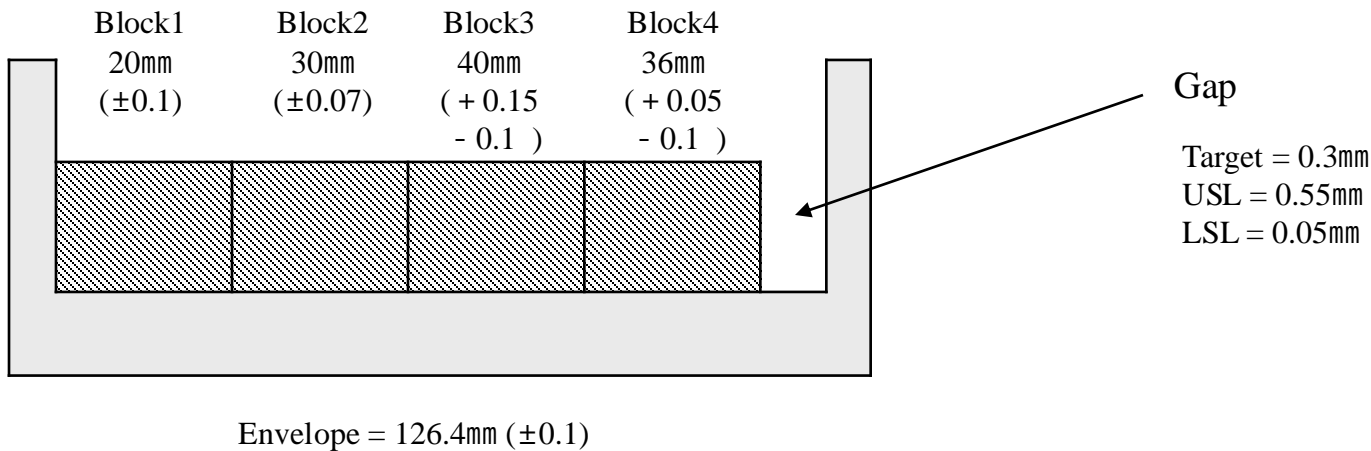
※ Trường hợp mối quan hệ giữa các linh kiện có tính phụ thuộc về mặt thống kê, vận dụng RSS để xem xét hiệp phương sai.

- Step1 Thiết lập và kiểm thảo tiêu chuẩn thiết kế
- Step2 Xác định năng lực công đoạn và thu thập Data liên quan
- Step3 Soạn Loop Diagram
- Step4 Tính Gap danh nghĩa
- Step5 Vận dụng RSS để tính độ lệch chuẩn của công đoạn ngắn hạn cho Gap đã tính được
- Step6 Vận dụng độ lệch chuẩn của Gap đã tính được rồi Tính Z-Value
- Step7 Áp dụng đa dạng các kế hoạch cải tiến, lặp lại các Bước 1- 6 cho tới khi đạt được tiêu chuẩn 6Sigma

2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

▪ Step1 Thiết lập và kiểm thảo tiêu chuẩn thiết kế

: Xác định rõ các điều kiện bắt buộc về kỹ thuật cần phải xử lý và các yêu cầu của khách hàng, sau đó thiết lập các tiêu chuẩn thiết kế cơ bản.



- Yêu cầu của khách hàng:

Block (1, 2, 3, 4) trong Envelope không được thay đổi, không có phát sinh các nhiễu loạn với Envelope

- Yêu cầu về kỹ thuật

: Thông số kỹ thuật của Gap là (LSL, Target, USL) = (0.05, 0.3, 0.55) mm

※ Tham khảo bản vẽ các linh kiện tương tự cho giá trị danh nghĩa và dung sai của các linh kiện liên quan được thiết kế mới

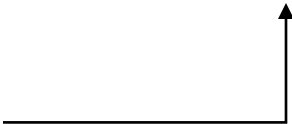
2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

- Step2 Xác định năng lực công đoạn và thu thập dữ liệu liên quan
 - : Sử dụng Data của các linh kiện tương tự hoặc đồng nhất để tính σ có độ đóng góp lớn nhất
 - : Sử dụng dữ liệu lịch sử (historical data) trong trường hợp độ đóng góp thấp

※ Không tính σ bằng dung sai hiện tại!!

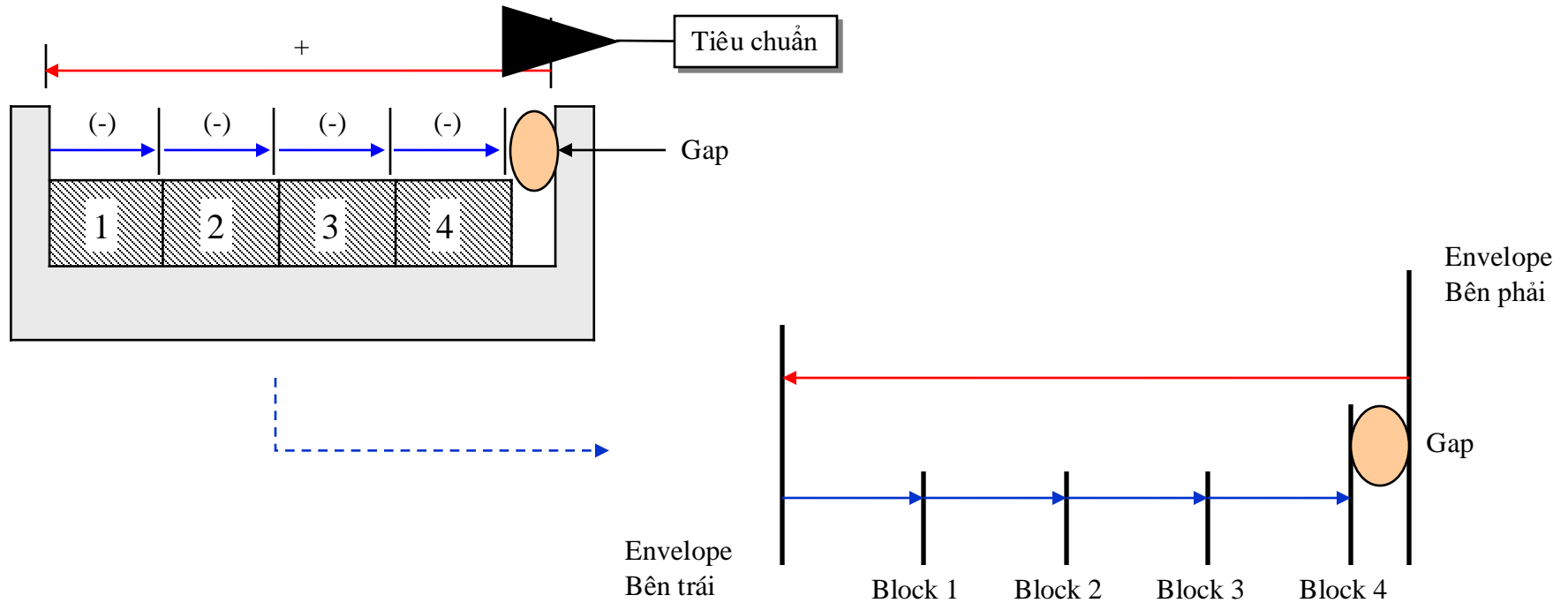
Điều kiện yêu cầu về Gap;
 USL = 0.55mm
 LSL = 0.05mm
 Target = 0.3mm

Đặc tính của linh kiện;	<u>Average/Trung bình (μ)</u>	<u>Tolerance/dung sai</u>	<u>Standard deviation/Độ lệch chuẩn (σ)</u>
Block 1	20mm	$\pm 0.1\text{mm}$	0.0317
Block 2	30mm	$\pm 0.07\text{mm}$	0.0259
Block 3	39.6mm	+ 0.15 / - 0.1mm	0.0347
Block 4	36mm	+ 0.05 / - 0.1mm	0.0227
Envelope	126mm	$\pm 0.1\text{mm}$	0.0513

Nhập dữ liệu. 

2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

▪ Step3 Soạn Loop Diagram



▪ Step4 Tính Gap danh nghĩa

: Gap danh nghĩa = $126 - 20 - 30 - 39.6 - 36 = 0.4\text{mm}$

$\therefore \mu_{\text{Gap}} = 0.4\text{mm}$

2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

- Step5 Vận dụng RSS để tính độ lệch chuẩn của công đoạn ngắn hạn cho Gap đã tính được

$$\begin{aligned}\hat{\sigma}_{Gap} &= \sqrt{(0.0317)^2 + (0.0259)^2 + (0.0347)^2 + (0.0227)^2 + (0.0513)^2} \\ &= 0.0776\end{aligned}$$

2.2. Phân tích dung sai về mặt thống kê

- Step6 Vận dụng độ lệch chuẩn của Gap đã tính được rồi tính Z-Value

$$-Z_{USL} = \frac{USL - \mu_{Gap}}{\sigma} = \frac{0.55 - 0.40}{0.0776} = 1.93 \quad \text{và, } P_{USL} = 0.0268$$

$$Z_{LSL} = \frac{\mu_{Gap} - LSL}{\sigma} = \frac{0.40 - 0.05}{0.0776} = 4.51 \quad \text{và, } P_{USL} = 0.00000329$$

$$- P_{TOT} = (P_{USL} + P_{LSL}) = (0.0268 + 0.00000329) = 0.02680329$$

- Vận dụng bảng phân phối chuẩn tắc, tính Z-Value cho tổng NG P_{TOT}
: Z-Value = 1.93 → 1.93 Mức Sigma

- Step7 Áp dụng đa dạng các kế hoạch cải tiến, lặp lại các Bước 1-6 cho tới khi đạt được tiêu chuẩn 6Sigma

2.3. Phân tích dung sai phi tuyến tính

Trường hợp mối quan hệ giữa các linh kiện/Component của hệ thống không phải dạng tuyến tính, không thể áp dụng giá trị trung bình và độ lệch chuẩn được tính theo RSS

▪ Ví dụ về dung sai phi tuyến tính

- Dung tích icemaker của máy làm đá = Rate of Fill X Time of Fill
- Noise [dB(A)] được xác định bằng Log Scale
- Thiết bị truyền động Door của VCR bao hàm góc (sin, cos)
- Máy giặt cũ hoạt động bị lệch tâm → Hướng di chuyển lệch tâm như sau:

Góc thẳng đứng (α_0), góc ngang (β_0)

▪ Kết luận mô hình để phân tích dung sai

: Kết quả phân tích dung sai là mô hình Gap cho một chỉ số cụ thể.

Vector Loop diagram hữu ích cho các vấn đề dạng tuyến tính, nhưng không áp dụng được cho các vấn đề phi tuyến tính.

.Các cách sau sẽ giúp quyết định mô hình:

- Vẽ biểu đồ các chức năng liên quan.
- Phân loại mỗi linh kiện/hệ thống thành các đơn vị nhỏ hơn, quyết định dung sai của các đơn vị nhỏ trước
→ Quyết định dung sai thông qua tổ hợp này
- Xử lý các trường hợp đặc biệt hoặc trường hợp đơn giản trước, sau đó khái quát hóa chúng.
- Tham khảo các ví dụ liên quan/ hoặc tìm kiếm sự hỗ trợ từ các chuyên gia.

2.3. Phân tích dung sai phi tuyến tính

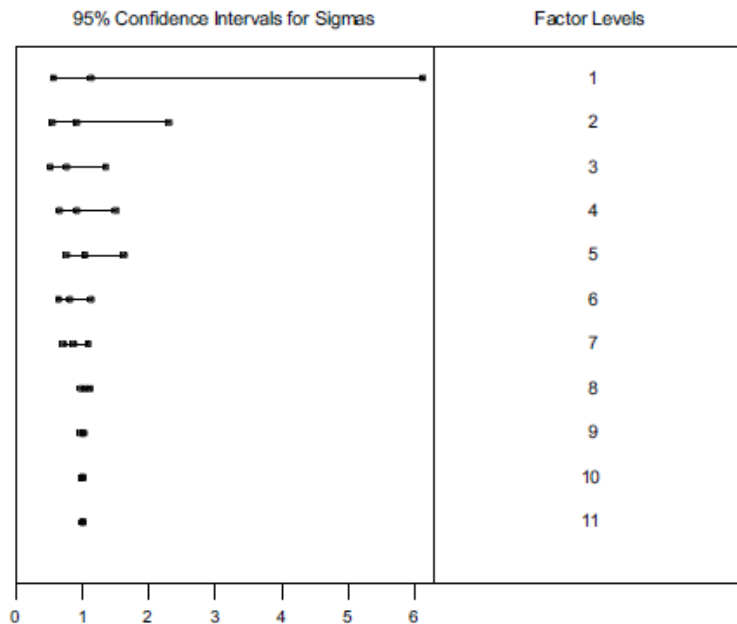
Monte Carlo Simulation

: MCS là phương pháp xử lý kích thước của các linh kiện/Component được xem xét trong mô hình Engineering phi tuyến tính không thể giải quyết được bằng các phương pháp như RSS thông qua việc tạo ra số ngẫu nhiên bằng máy tính

(※ Số lượt Simulation phải trên 10,000 lần)

- Số lần thí nghiệm mô phỏng và độ lệch chuẩn được ước tính

Test for Equal Variances for stack-c






Bonferroni confidence intervals for std.dev

Lower	Sigma	Upper	N	F.Levels
0.556916	1.13581	6.11572	5	1
0.542153	0.91645	2.31097	10	2
0.517332	0.76176	1.34642	20	3
0.645530	0.91640	1.50175	25	4
0.754197	1.04167	1.61929	30	5
0.627705	0.81105	1.12317	50	6
0.716648	0.86324	1.07585	100	7
0.976320	1.03861	1.10859	1000	8
0.978881	0.99856	1.01897	10000	9
0.989635	0.99852	1.00756	50000	10
0.994783	1.00110	1.00749	100000	11

Tuy được phân tích rằng không có sự chênh lệch đáng kể (Significant Difference) về phương sai khi số lần thí nghiệm mô phỏng thay đổi, tuy nhiên số lần thí nghiệm mô phỏng càng ít thì càng có khả năng dẫn đến thiết kế dung sai quá mức.

2.3. Phân tích dung sai phi tuyến tính

Quy trình phân tích dung sai phi tuyến tính

- Step1 Xác định điều kiện cần của Y
- Step2 Định nghĩa toán học của hàm số $Y = f(X's)$
- Step3 Xác định điều kiện của các biến input X
- Step4 Xác định tham số và phân phối của các X riêng biệt
- Step5 Tạo ra số ngẫu nhiên (Random Data) của các X riêng biệt 
- Step6 Tính giá trị của Y có sử dụng công thức hàm số ở Step 2 
- Step7 Kiểm tra và kiểm thảo kết quả lấy Z-Value làm trọng tâm 
- Step8 Áp dụng đa dạng các kế hoạch cải tiến, lặp lại bước 3-7 cho tới khi đạt tiêu chuẩn 6Sigma

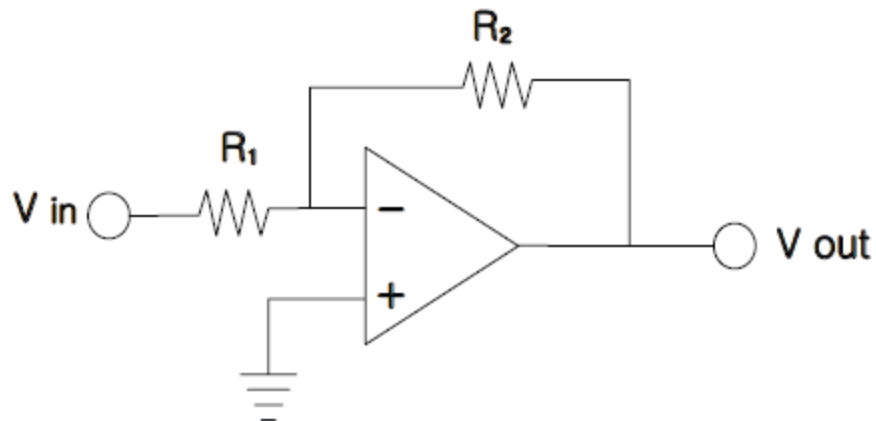
2.3. Phân tích dung sai phi tuyến tính

[Ví dụ]

Năng lực công đoạn của bộ khuếch đại chuyển đổi (Amplifier) Y

- Điều kiện khách hàng yêu cầu : $V_{out} = 10V \pm 2V$
- Hàm truyền (Transfer Function): $V_{out} = - (R_2/R_1) \times (V_{in})$

Điều kiện của X's	<u>Input</u>	<u>Average</u>	<u>Standard deviation</u> (short-term)	<u>Distribution</u>
	V in	-2V	0.316V	Chuẩn
	R1	20kΩ	0.447kΩ	Chuẩn
	R2	100kΩ	1 kΩ	Chuẩn

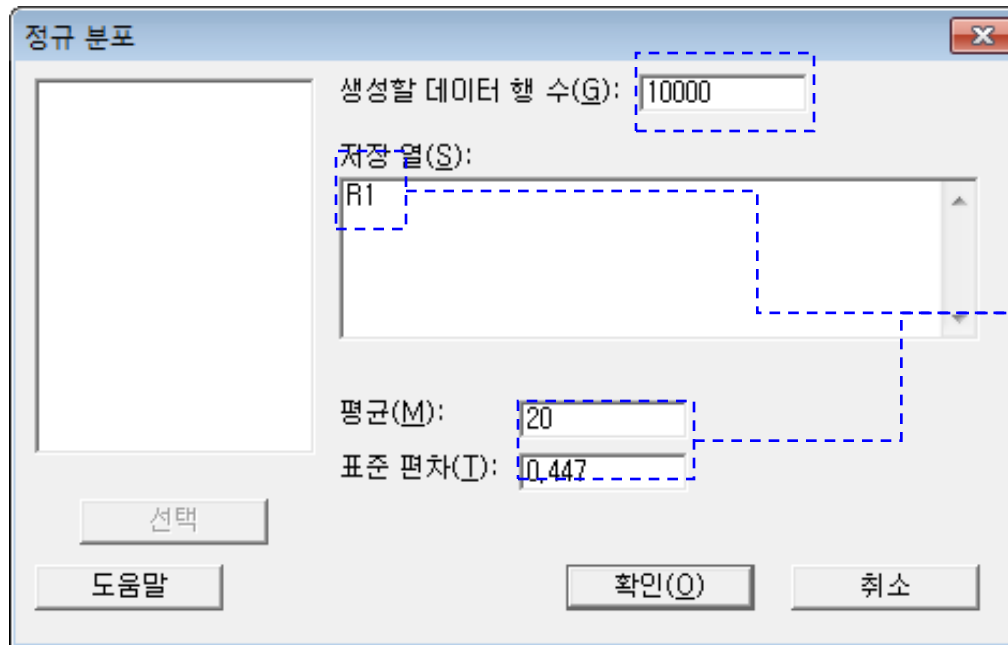


2.3. Phân tích dung sai phi tuyến tính

▪ Step5 Tạo ra số ngẫu nhiên (Random Data) của các X riêng biệt



Calc > Random Data > Normal Distribution



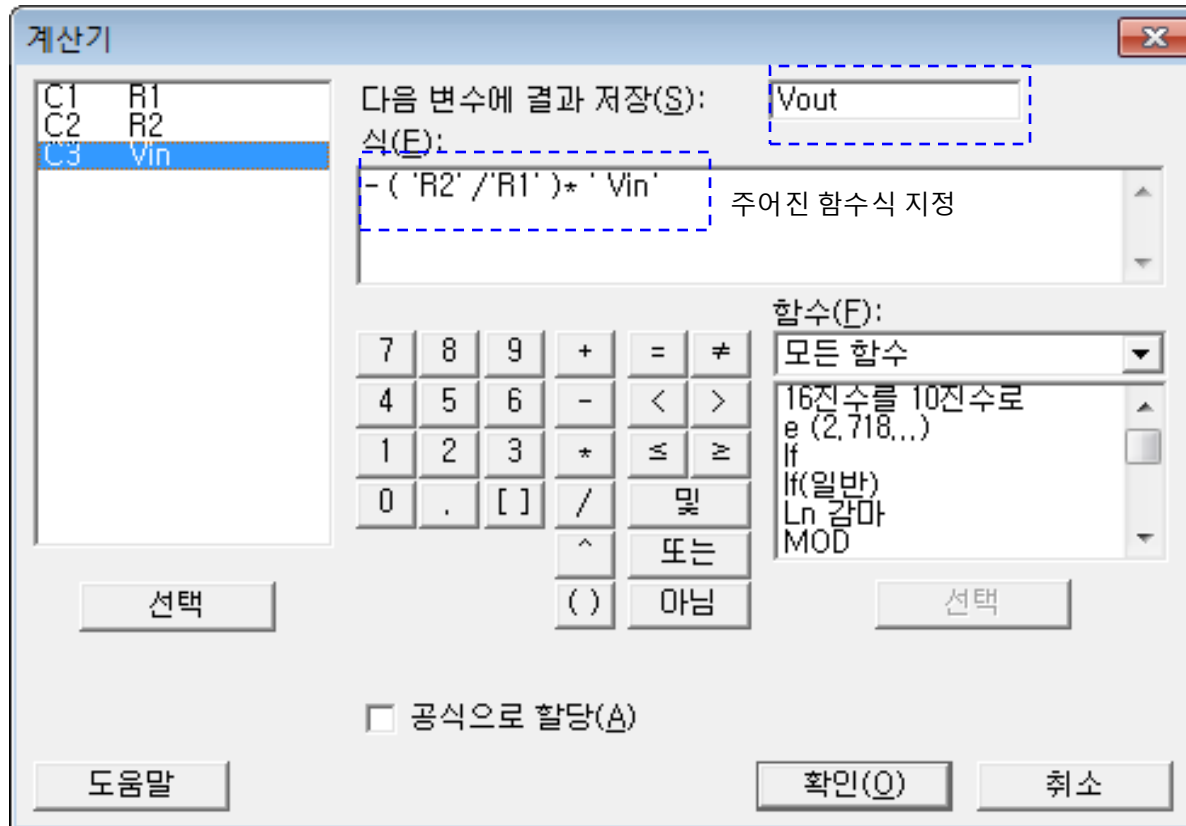
Tên biến X và phân phối giả định
Chỉ định giá trị của tham số

R2 và Vin cũng tạo ra các số ngẫu nhiên xác suất chuẩn bằng phương pháp tương tự.

2.3. Phân tích dung sai phi tuyến tính

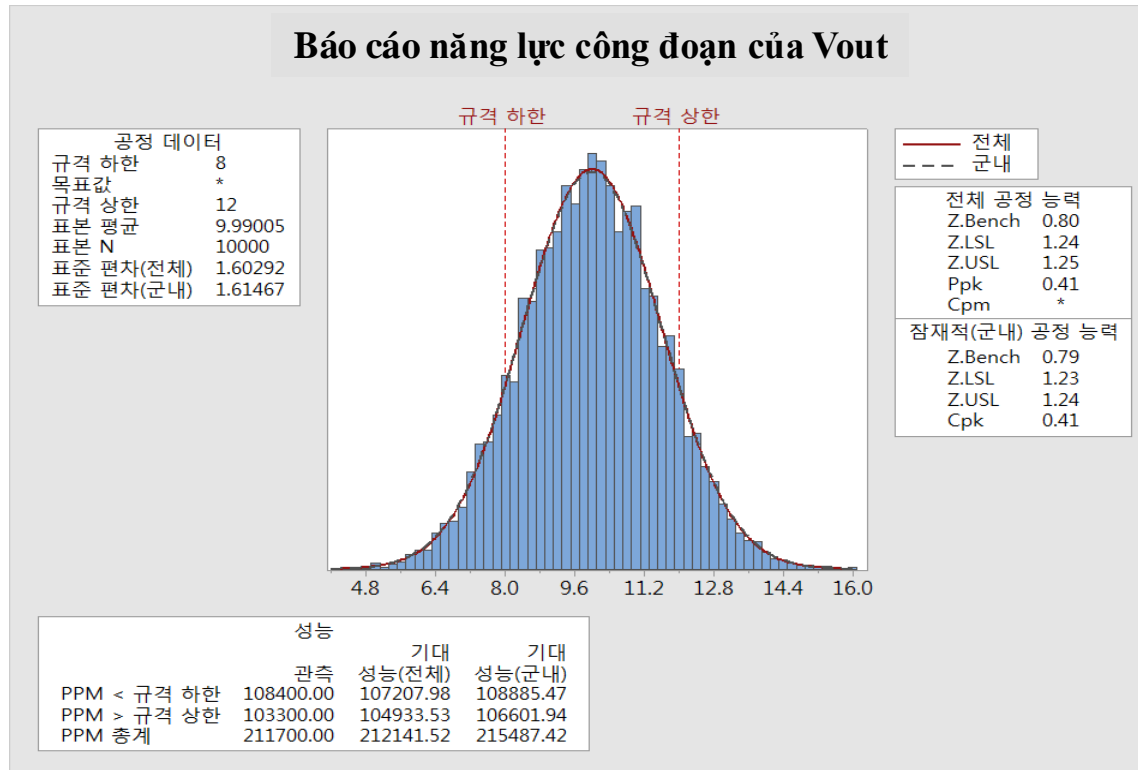
- Step6 Tính giá trị của Y có sử dụng công thức hàm số ở step 2

 Minitab Calc > Caculator



2.3. Phân tích dung sai phi tuyến tính

▪ Step7 Xác nhận và kiểm thảo kết quả tập lấy Z-value làm trọng tâm



- Z-Value = 0.80

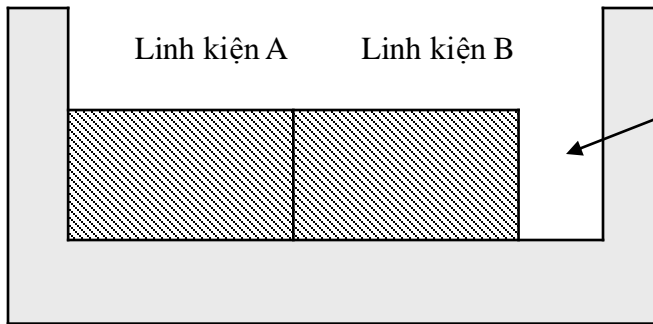
▪ Step8 Áp dụng đa dạng các kế hoạch cải tiến, lặp lại bước 3-7 cho tới khi đạt tiêu chuẩn 6 Sigma

2.3. Phân tích dung sai phi tuyến tính

Ví dụ) Trường hợp đặt linh kiện A và linh kiện B vào trong linh kiện C

Gap

Target = 5mm
USL = 10mm
LSL = 0mm



Linh kiện C = 1000mm (± 2)

	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Phân phối
Linh kiện A	395	3	Phân phối chuẩn
Linh kiện B	600	4	Phân phối chuẩn
Linh kiện C	1000	5	Phân phối chuẩn

1) Vận dụng phân tích dung sai tuyến tính

2) Phân tích dung sai phi tuyến tính (số lượng Data = 10,000) - Tổng tỷ lệ NG = 48.2%

3) Phân tích dung sai phi tuyến tính (số lượng Data = 10,000) - Tổng tỷ lệ NG = 47.8%

Gap = Linh kiện C – Linh kiện A – Linh kiện B

$$\mu_{\text{Gap}} = \mu_C - \mu_A - \mu_B$$

$$= 1000 - 395 - 600 = 5$$

$$\sigma_{\text{Gap}} = \text{root}(3^2 + 4^2 + 5^2)$$

$$= 7.07$$

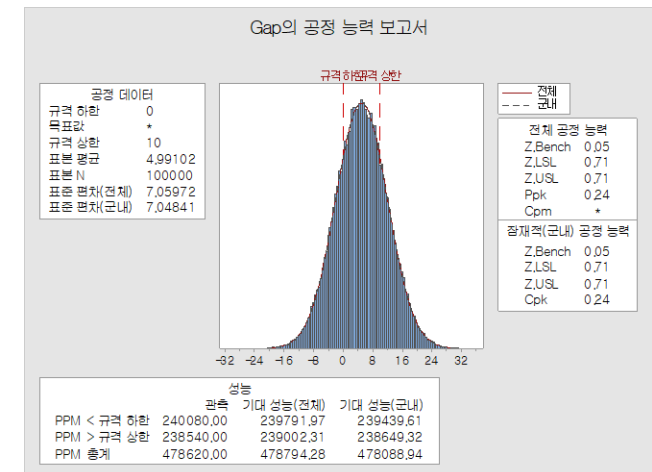
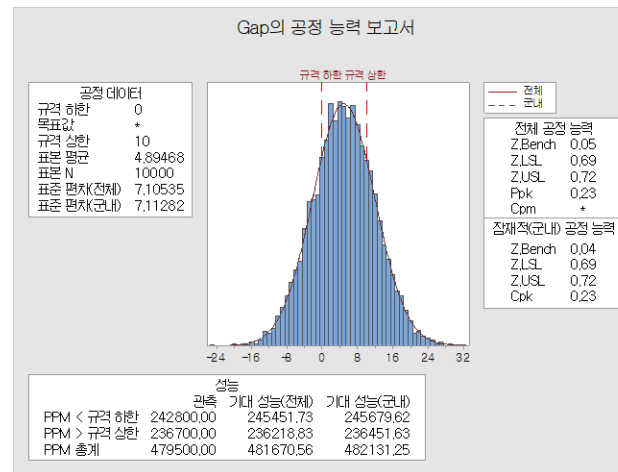
$$Z_{\text{USL}} = (10 - 5) \div 7.07 = 0.707$$

→ Tỷ lệ NG = 23.9%

$$Z_{\text{LSL}} = (5 - 0) \div 7.07 = 0.707$$

→ Tỷ lệ NG = 23.9%

Tổng tỷ lệ NG = 47.8%



2.4. Tái thiết kế và kiểm duyệt

Tìm kiếm Phương hướng cải tiến năng lực công đoạn của Y bằng phân tích dung sai sau đó tái thiết kế dung sai của linh kiện/ Component của hệ thống

※ Sau khi tái thiết kế, nhất định phải kiểm duyệt xem liệu năng lực công đoạn có thích hợp không, có phản tác dụng không.

▪ Phương pháp tái thiết kế

- **Sửa đổi Nominal của mỗi linh kiện để giá trị mục tiêu của Y và trung bình kết quả Simulation được đồng nhất**
 - Khi cải tiến giai đoạn đầu, thử điều chỉnh giá trị mục tiêu của Y (theo hướng thích hợp)
- **Cải tiến năng lực công đoạn bằng cách điều chỉnh giảm độ lệch chuẩn của linh kiện hoặc Assy**
 - Sửa đổi mục tiêu của Process và nghiên cứu tìm kiếm biện pháp đối ứng. (Cải tiến độ chính xác của khuôn, thay đổi phương pháp thực hiện/ dụng cụ đo, nâng cao độ chính xác của Gage)
- **Tái thiết kế cấu tạo sản phẩm/hệ thống hoặc thực hiện thiết kế bổ sung cho các phần cần thiết**
 - Áp dụng và thiết kế Process mới giúp duy trì hiệu suất mong muốn. (Ví dụ) Thay đổi Process lắp ráp/ Thay đổi Bắt vít → Hàn ; Hàn → Quy trình phát triển tích hợp
- **Xem xét điều chỉnh USL và/hoặc LSL của giới hạn cho phép**
 - ※ Cần nhận thức được rằng việc mở rộng giới hạn cho phép sẽ dẫn đến tăng khả năng phát sinh NG, nên cần phải có quy trình xác nhận chắc chắn sẽ không ảnh hưởng đến chất lượng (NG) sản phẩm do mở rộng giới hạn quy cách.

• Tiến hành thay đổi công ty đối tác.

- Thay đổi địa điểm phân phối sang các đối tác có hoạt động quản lý Process sản xuất các linh kiện đồng nhất vượt trội.

▪ Kiểm tra kết quả

- Trường hợp Z-Value của tính năng đạt kết quả cao, có thể thay đổi giá trị danh nghĩa của linh kiện, trong trường hợp cần thiết có thể cho phép phân tán thêm một chút.
- Trường hợp Z-Value của tính năng không đạt được tới giá trị mục tiêu, phải tiến hành tái thiết kế.

※ Khi tái thiết kế, phải kiểm tra xác định trước những tác động có thể xảy ra với các biến Input khác do các hạng mục bị thay đổi.

Q1. Trong thiết kế, coi Max/Min là $+3\sigma/-3\sigma$ và phân tích dung sai. Có nhất thiết phải đo và phản ánh độ lệch chuẩn của linh kiện để phân tích được dung sai hay không?

- Thông thường, nếu cho Min/Max sử dụng bằng $\pm 3\sigma$, sẽ có khả năng phát sinh chênh lệch lớn trong trường hợp đo lường Data thực. Vì vậy để có thể phân tích dung sai chính xác hơn, cần phải trực tiếp đo chỉ số của linh kiện, tức biến số X.

Q2. Phải phân tích dung sai như thế nào trong trường hợp phân tích dung sai hỗn tạp vừa tuyến tính vừa phi tuyến tính?

- Ví dụ, nếu $Y=1+X1+X2 \times X3$ thì tiến hành X2 và X3 dưới dạng phi tuyến tính, sau đó tiến hành phân tích dung sai giá trị X1 và $X2 \times X3$ dưới dạng tuyến tính. Nói cách khác, phép $+/-$ thì thực hiện dưới dạng tuyến tính, còn các trường hợp còn lại tiến hành phi tuyến tính.