

# DMAIC

-A-

Biz Innovation / Big Six Sigma Team



## ■ Introduction

1. Define
2. Measure
3. **Analyze**
4. Improve
5. Control



# III. Analyze

1. Phân tích định lượng
2. Phân tích định tính



## Analyze – Roadmap

Đối với các nhân tố tiềm ẩn được chọn ở giá đoạn Measure, tiến hành phân tích định lượng/định tính để lựa chọn các nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến CTQ.

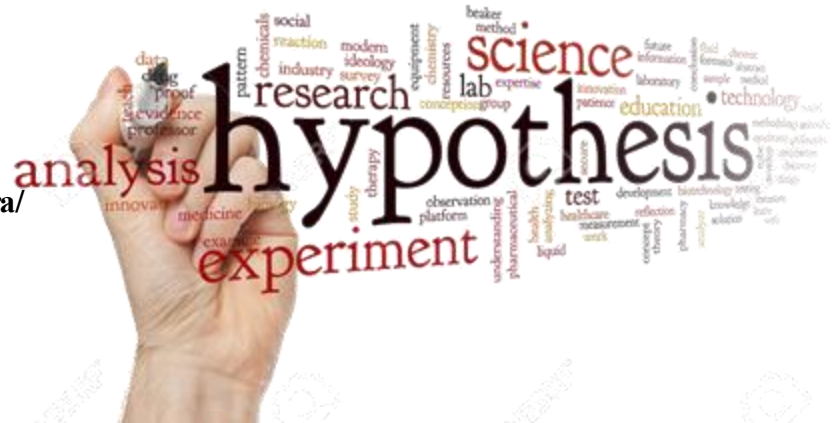


### 5 Lựa chọn Nhân tố trọng yếu

#### 5.1 Phân tích định lượng

- Phân tích biểu đồ
- Kiểm định giả thuyết thống kê
- Thiết kế thử nghiệm DOE (Thiết kế giai thừa/Mảng trực giao)

#### 5.2 Phân tích định tính



## **5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu**

---

**5.1. Phân tích định lượng**

**5.2. Phân tích định tính**

## 5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu

### 5. Lựa chọn nhân tố trọng yếu



#### Mục đích

- Lựa chọn yếu tố trọng yếu bằng cách thiết lập và phân tích kế hoạch kiểm chứng định lượng/ định tính phù hợp với các nhân tố tiềm ẩn (potential X's).

#### Output

- Nhân tố trọng yếu

#### Activity

##### 5.1. Phân tích định lượng

- Phân tích biểu đồ
- Kiểm định giả thuyết thống kê : kiểm định giá trị trung bình / kiểm định tỷ lệ.
- Thiết kế thử nghiệm : thiết kế thử nghiệm giai thừa / phương pháp mảng trực giao.

##### 5.2. Phân tích định tính

- Phân tích định tính

#### Tool

- **Phân tích biểu đồ** : Scatter Plot, Histogram, Box Plot,...
- **Phân tích thống kê** : t-Test, ANOVA,  $\chi^2$ -Test, kiểm định tỷ lệ, phân tích tương quan, phân tích hồi quy, thiết kế giai thừa (áp dụng bảng trực giao)
- **Phân tích định tính** : Relation Diagram, FAST ※ Tham khảo phụ lục

## 5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu – Biểu đồ khái niệm

### 5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu

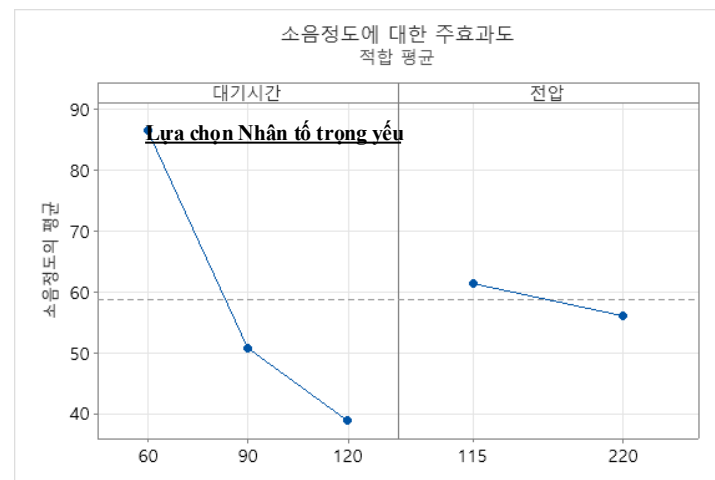
#### 1. Kiểm tra loại hình dữ liệu và phương pháp phân tích

Nhân tố trọng yếu	Loại hình data	Tool phân tích
A	Liên tục	Phân tích hồi quy
B	Rời rạc	Chi-Square
C	Liên tục	DOE
D	Liên tục	
E	-	Process analysis
F	-	Mechanism analysis

#### 3. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu

nhân tố trọng yếu	Loại hình data	Tool phân tích	Kết quả
A	Liên tục	Phân tích hồi quy	-
✓ B	Rời rạc	Chi-Square	-
✓ C	Liên tục	DOE	Lựa chọn Nhân tố trọng yếu
✓ D	Liên tục		Lựa chọn Nhân tố trọng yếu
E	-	Process analysis	-
F	-	Mechanism analysis	Lựa chọn Nhân tố trọng yếu

#### 2. Phân tích định lượng /Phân tích định tính



출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값
모형	5	5377.67	1075.53	208.17	0.000
선형	3	5021.50	1673.83	323.97	0.000
대기시간	2	4936.17	2468.08	477.69	0.000
전압	1	85.33	85.33	16.52	0.007
2차 교호작용	2	356.17	178.08	34.47	0.001
대기시간*전압	2	356.17	178.08	34.47	0.001
오차	6	31.00	5.17		
총계	11	5408.67			

S R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
2.27303	99.43%	98.95%
		97.71%

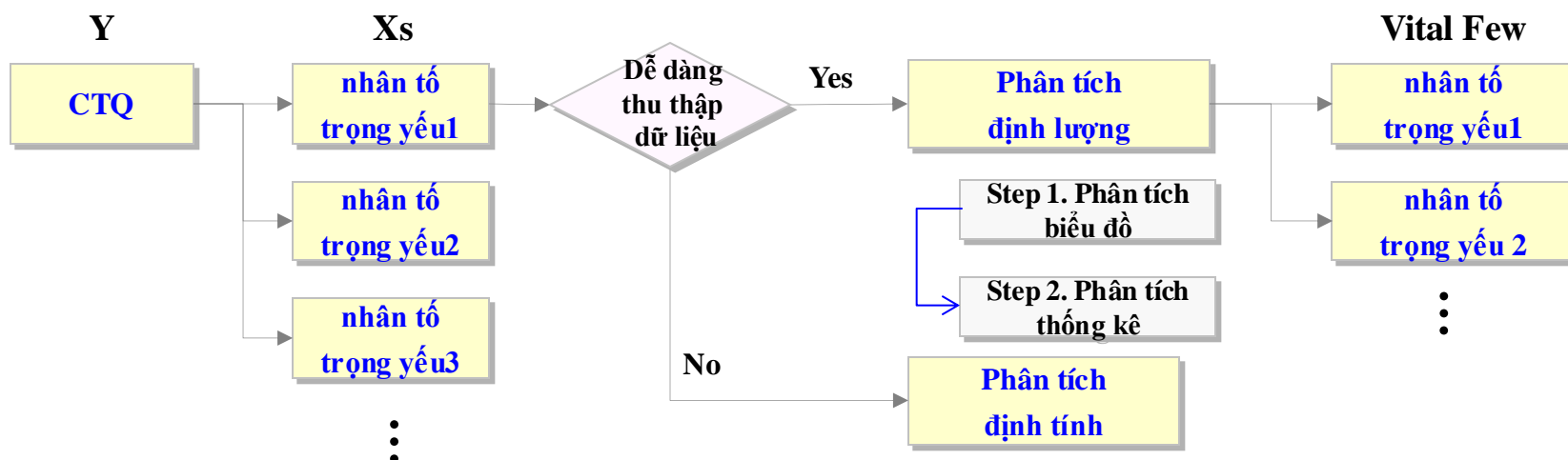
## 5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu - Biểu đồ khái niệm

### 5. Lựa chọn nhân tố trọng yếu

Để tiến hành kiểm định giả thuyết một cách có hệ thống và hiệu quả về lựa chọn nhân tố trọng yếu, cần có dữ liệu đáng tin cậy và kỹ thuật phân tích phù hợp.

### Hoạt động

- Thiết lập giả thuyết liên quan đến mối quan hệ nhân quả giữa CTQ và các nhân tố trọng yếu.
- Lựa chọn dữ liệu cần thiết và phương pháp phân tích dựa trên các giả thuyết.
- Tiến hành phân tích sự khác biệt bằng cách sử dụng phương pháp phân tích định tính/ định lượng phù hợp.



- Phân tích dựa trên kiến thức chuyên môn

- Nhân tố trọng yếu : các nhân tố chính để cải thiện ảnh hưởng đáng kể đến CTQ (vital few)



# 5.1. Phân tích định lượng

5.1.1. Phân tích biểu đồ

5.1.2. Kiểm định giả thuyết thống kê

5.1.3. Thiết kế thử nghiệm

## 5.1. Phân tích định lượng – Tổng quan và nguyên tắc phân tích

5. Lựa chọn nhân tố trọng yếu



Sau khi tìm hiểu hiện tượng, dự đoán kết quả, thiết lập giả thuyết phù hợp và xác nhận nó dựa trên thực tế, cuối cùng chấp nhận kết quả một cách khách quan.

### Output-based

Nếu hình dung và phân tích Output-Image cụ thể về kết quả mong muốn, thì sẽ mất ít thời gian và sự nỗ lực hơn nhưng vẫn đạt được kết quả cao.

: 80/20 Rule

Hiểu về quy trình một cách tổng thể và quyết định điều gì là quan trọng và điều gì cần được ưu tiên.

### Hypotheses-based

Thiết lập giả thuyết phù hợp cho một vấn đề cần giải quyết, xác minh/ sửa đổi/ bổ sung và đưa ra kết luận.

Xác định rõ ràng và cụ thể mục đích trước khi triển khai thực tế và sửa đổi nó dựa trên thực tế.

### Fact-based

Đi đến kết luận bằng cách phán đoán dựa trên sự thật khách quan, thoát khỏi những suy nghĩ và cảm xúc chủ quan và đòi thường.

: Zero-based Thinking

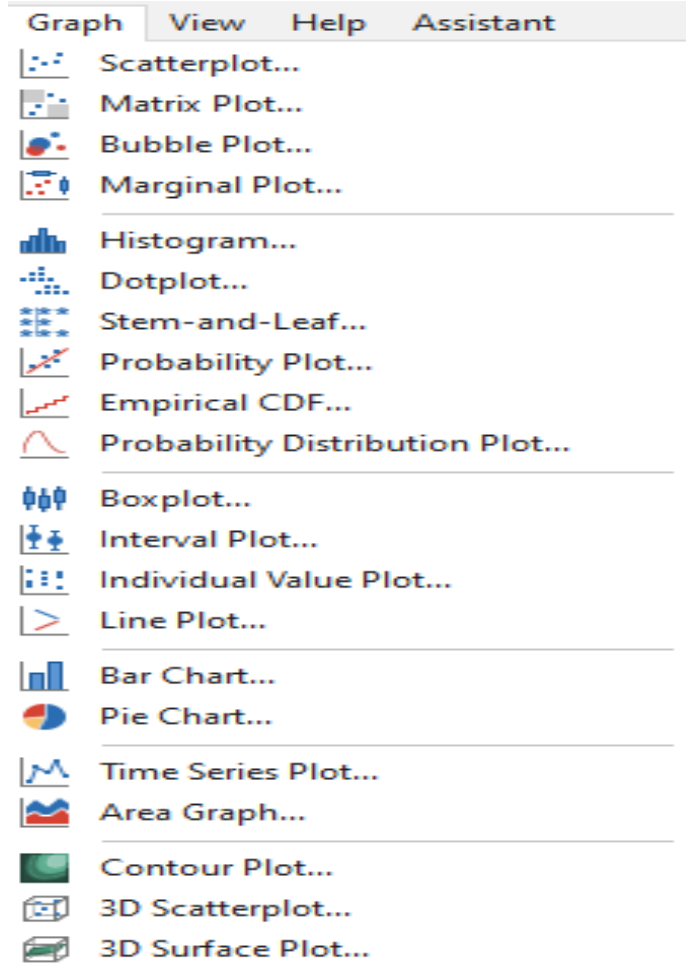
Nhấn mạnh vào hiện tượng Field, và định lượng thông tin.

→ Rút ra các nguyên nhân quan trọng, thiết lập các giả thuyết phù hợp, thu thập các sự kiện khách quan và ra quyết định hợp lý.

## 5.1.1. Phân tích định lượng - Phân tích biểu đồ

Trình bày ngắn gọn, rõ ràng bằng biểu đồ về các tình huống phức tạp để kiểm định giả thuyết.

### Minitab: Graph



#### ■ Phân tích tương quan giữa các biến:

phân tích tương quan, biểu đồ cơ bản của Phân tích hồi quy.

※ Marginal plot : ngoài phân tích tương quan còn có thể kiểm tra từng loại phân bố của X và Y.

#### ■ Xác định hình dạng phân phối : Biểu đồ cơ bản kiểm tra tính phân phối chuẩn

※ Trường hợp không phải là phân phối chuẩn, có thể kiểm tra hình dạng về độ lệch, độ nhọn.

#### ■ Xác định sự phân tán/ vị trí trung tâm của phân bố, và so sánh giữa các loại đo.

: Biểu đồ cơ bản phân tích sự khác biệt đáng kể giữa các loại.

(Không cần thiết phải phân tích thống kê nếu kết quả phân tích có sự khác biệt rõ rệt.)

#### ■ Xác định tần số của dữ liệu trong trường hợp X và Y là dữ liệu rời rạc.

#### ■ Tóm tắt biểu đồ sự thay đổi của y theo thời gian.

#### ■ Tóm tắt đồ thị 3D : có thể sử dụng khi có 2 X hoặc 2 Y

## 5.1.2. Phân tích định lượng - Kiểm định giả thuyết thống kê

Khi việc thu thập dữ liệu dễ dàng và khó xác định được sự khác biệt chỉ với việc phân tích biểu đồ, các giả thuyết được kiểm định bằng kỹ thuật thống kê.

▪ Mức độ của từng nhân tố phải được thiết lập sao cho có thể xác định được những khác biệt đáng kể về CTQ(Y) trong phạm vi có thể áp dụng cho sản phẩm, quy trình.

✓ Các nhân tố trọng yếu có tác động quan trọng đến kết quả nhất định phải tồn tại, tình huống quan tâm là biến số, dữ liệu đo lường là biến động.

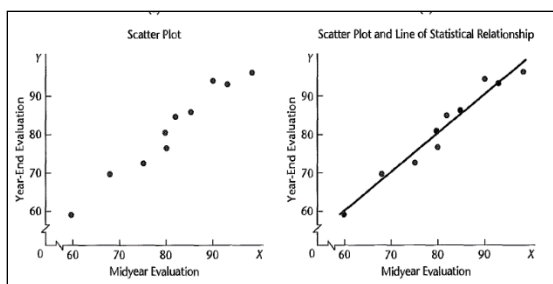
### Nhân tố trọng yếu(X)

#### Liên tục

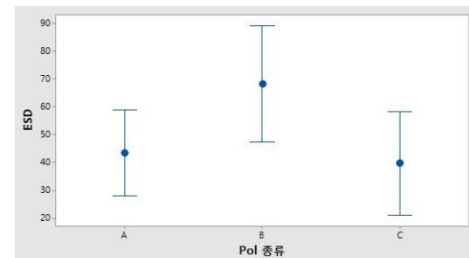
#### Rời rạc

#### Liên tục

- Phân tích tương quan
- Phân tích hồi quy

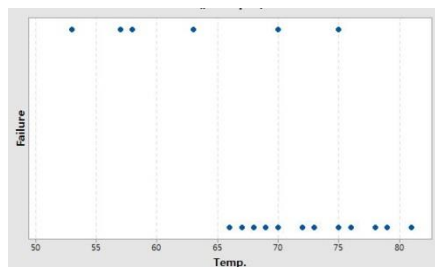


- ANOVA
- Z-test, t-test
- F-test
- Thiết kế giai thừa



#### Rời rạc

- Logistic
- Phân tích hồi quy



- Chi-Square test
- Kiểm định tỷ lệ

CTQ(Y)

## 5.1.2. Phân tích định lượng - Kiểm định giả thuyết thống kê

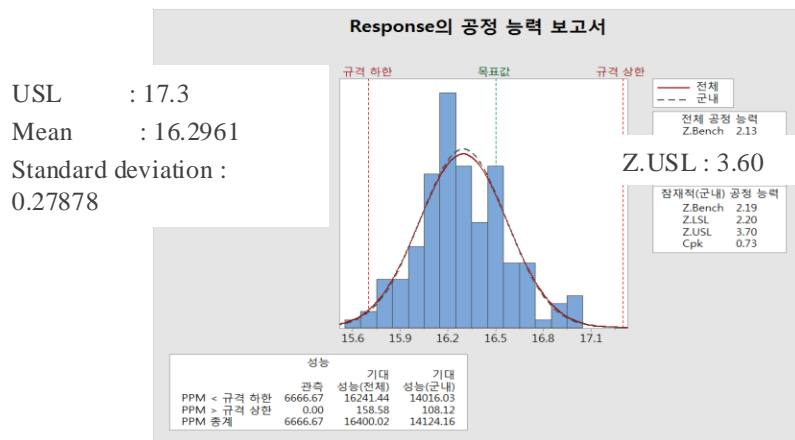
5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu

### Tiêu chuẩn áp dụng Z-Value cho từng bước DMAIC



- Đối tượng quan tâm Data riêng lẻ (X)
- Lĩnh vực sử dụng Phân tích năng lực quy trình

• Công thức Z-Value 
$$Z = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$



$$Z_{USL} = \frac{17.3 - 16.2961}{0.27878} = 3.60$$

Trung bình mẫu(  $\bar{X}$  ), Phương sai mẫu(s)

Kiểm định giả thuyết  
(Khác biệt của trung bình tổng thể, phương sai tổng thể)

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

#### 1-표본 Z 검정: H.Length

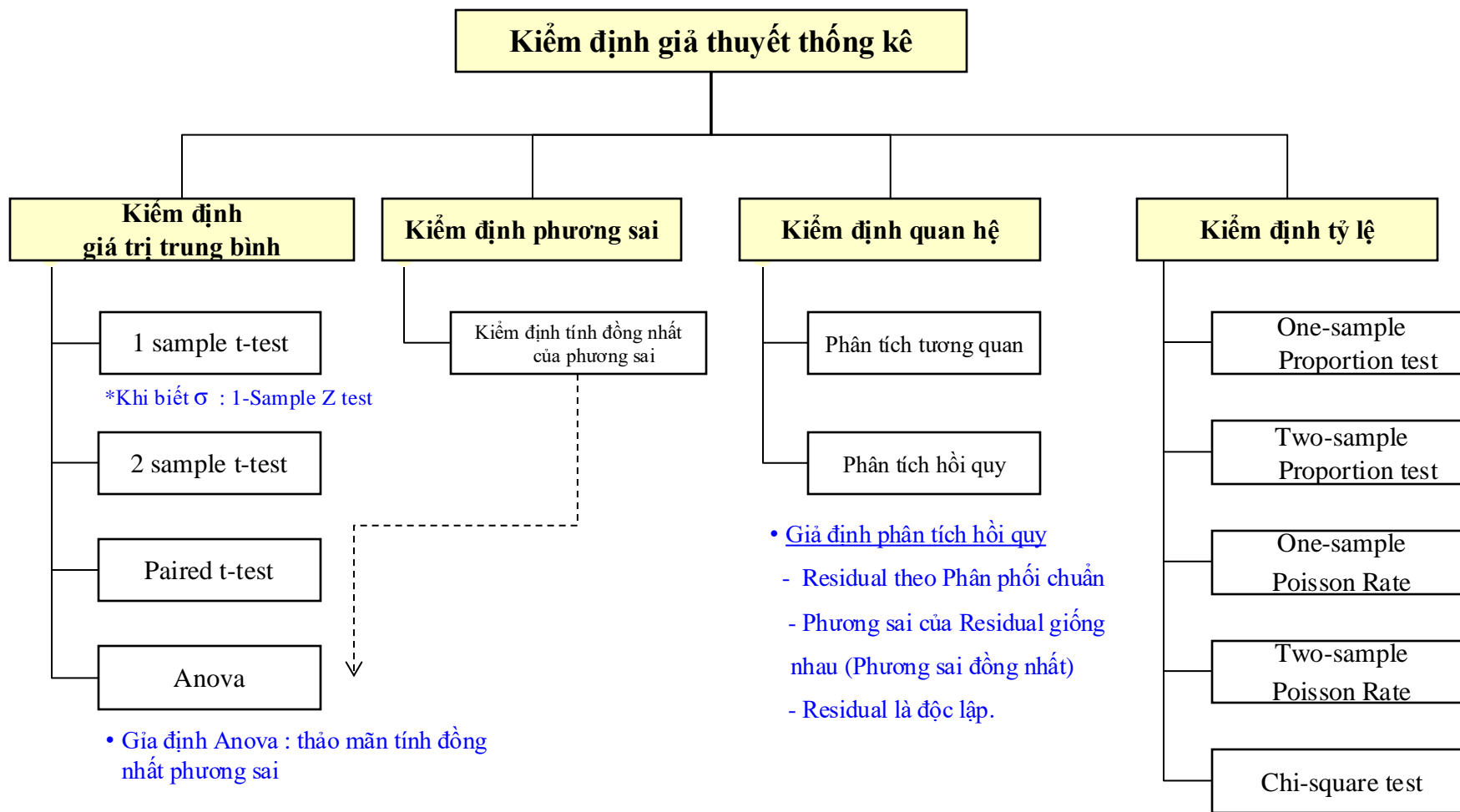
$\mu = 36.75$  대  $\neq 36.75$ 의 검정  
가정된 표준 편차 = 2.5

변수	N	평균	표준 편차	평균의 표준 오차	95% CI	Z	P
H.Length	58	36.003	3.492	0.328	(35.360, 36.646)	-2.28	0.023

$$Z = \frac{36.003 - 36.75}{2.5 / \sqrt{58}} = -2.28$$

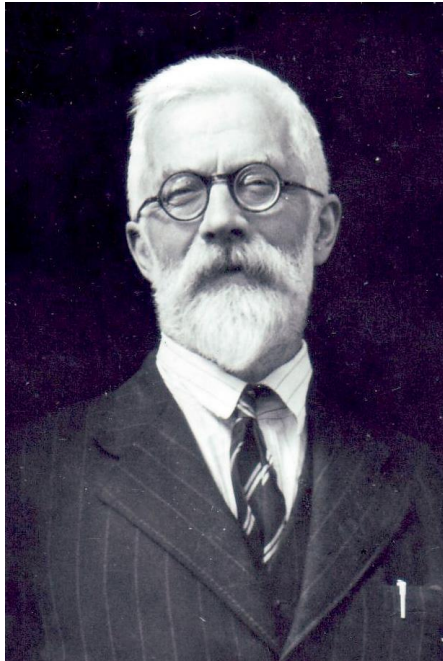
## 5.1.2. Phân tích định lượng - Kiểm định giả thuyết thống kê

5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu



### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu



Ronald Fisher  
(1890~1962)

Cho đến nay, thông qua các thử nghiệm, thực hiện từng thử nghiệm một, kết luận đưa ra rằng có rất ít thử nghiệm được giải quyết trong số rất nhiều thử nghiệm.

Tuy nhiên, điều này không đúng sự thật.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

- **Thiết kế thử nghiệm** (Design of Experiments),
  - Là thiết kế các thí nghiệm **một cách có kế hoạch** để có thể thu được lượng **thông tin tối đa** với **số lượng thí nghiệm tối thiểu**.

※ Khi sử dụng các thuật ngữ, cần phân biệt “đánh giá/thử nghiệm” với “DOE”. “DOE”는 “thử nghiệm được thiết kế”.

Thí nghiệm  
trực giác

- Xét một nhân tố và một mức độ thay đổi so với Ref.
- Lãng phí thời gian với các thử nghiệm sai.
- Sai sót trong kết luận do tương tác giữa các nhân tố.

Vs.

Thí nghiệm  
được thiết kế

- Xem xét đồng thời nhiều nhân tố và cấp độ.
- Xác định tác động tương tác giữa các nhân tố.
- Xác suất cao đạt được các mục tiêu thử nghiệm mang tính hiệu quả.

Note

Nếu có thể sử dụng dữ liệu có sẵn, có thể tiến hành phân tích hồi quy, nhưng nếu phải lấy dữ liệu từ thí nghiệm mới thì tiến hành thiết kế thử nghiệm.

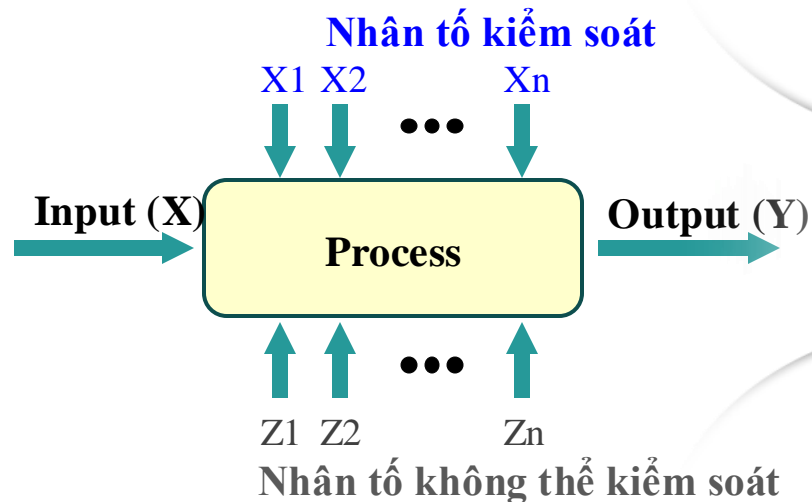


### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

Tùy theo mục đích của thiết kế thử nghiệm, có thể chia thành thử nghiệm sàng lọc (Screening), và thử nghiệm tối ưu hóa (Optimizing)

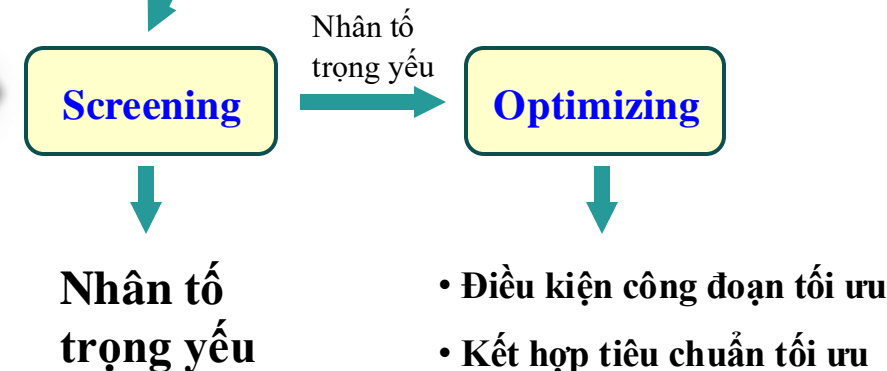
※ Ở giai đoạn Analyze, tìm hiểu về phương pháp thử nghiệm Screening để lựa chọn nhân tố trọng yếu.

#### Mô hình của công đoạn/ hệ thống



#### Mục đích của thiết kế thử nghiệm

- Error
- Biến cố độc lập (Nguyên nhân)
- Biến cố phụ thuộc (Result)
- Mục đích thí nghiệm, thiết kế thử nghiệm



※ Thuật ngữ:

- Y : Biến phản hồi (response)
- X : nhân tố (factor)
- Mức (level) : Điều kiện tiến hành thử nghiệm của mỗi nhân tố X.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

Điểm khác nhau giữa phương pháp thử nghiệm hiện có và thiết kế thử nghiệm DOE,

“Mỗi lần thay đổi 1 nhân tố”  
**One Factor At a Time**

- Chưa biết được mức tối ưu.
- Chưa biết được tương tác giữa các nhân tố.
- Nhiều thử nghiệm và thực hiện nhiều lần.
- Chưa biết được hiệu quả độc lập của các nhân tố.

**Vs.**

“Một lần đồng thời thay đổi nhiều nhân tố”  
**Design of Experiments**

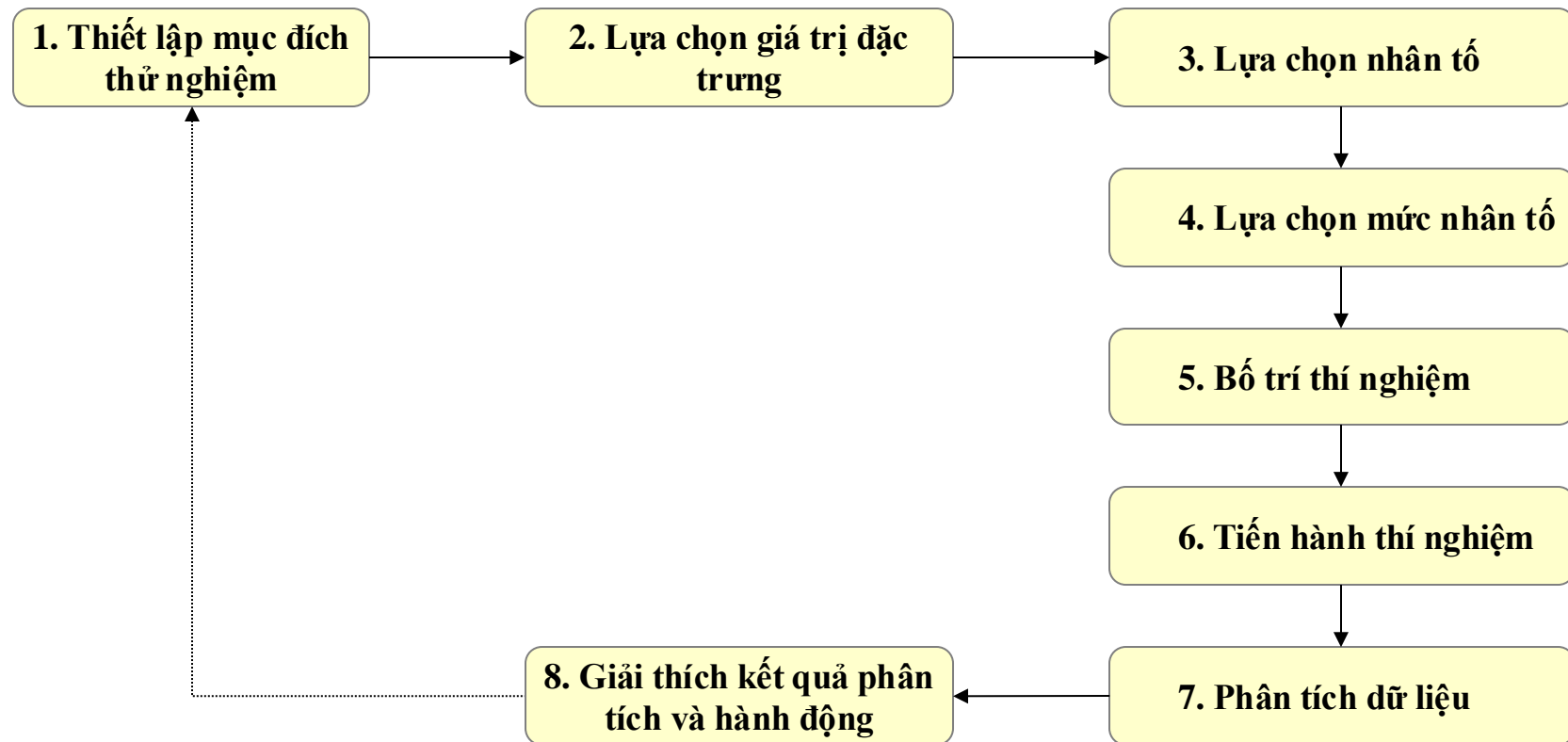
- Nhanh chóng tìm thấy điều kiện và mức tối ưu.
- Biết được sự tương tác giữa các nhân tố.
- Giảm đáng kể số lượng thử nghiệm.
- Xác định ý nghĩa thống kê của các nhân tố.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu

**Thiết kế thử nghiệm** (Design of Experiments),

Đó là lập kế hoạch về cách tiến hành thí nghiệm, cách lấy dữ liệu và phương pháp thống kê nào để phân tích dữ liệu nhằm thu được thông tin tối đa từ số lượng thí nghiệm tối thiểu nhằm giải quyết vấn đề.



### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

#### 5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu



#### 1. Thiết lập mục đích thử nghiệm

- Thiết lập rõ ràng mục tiêu đạt được sau khi tiến hành thử nghiệm.

- Trong một thử nghiệm mà mục đích không rõ ràng thì rất khó để tìm ra đâu là phương pháp thí nghiệm và phương pháp phân tích tối ưu.

Think ! Giá trị trung bình / Cải thiện độ phân tán, tìm ra nhân tố trọng yếu / đưa ra mức tối ưu nhân tố trọng yếu.

Note

1. Tìm ra Nhân tố trọng yếu : Đưa ra nhiều nhân tố trọng yếu và đánh giá trên nhiều mức độ!
2. Đưa ra mức tối ưu của nhân tố trọng yếu: đánh giá nhân tố trọng yếu (vital few) trên nhiều mức độ.

#### 2. Lựa chọn giá trị đặc trưng

- Để đạt được mục tiêu của thí nghiệm, giá trị phản hồi liên quan trực tiếp đến mục đích của thí nghiệm, được chọn làm giá trị đặc trưng.

- Nếu có một mối quan hệ đánh đổi (Trade-off) trong đó một đặc điểm trở nên tốt hơn và đặc điểm kia trở nên tồi tệ hơn, thì tất cả các giá trị phản hồi liên quan đến mục đích của thí nghiệm phải được sử dụng làm giá trị đặc trưng.

Think ! Vị trí đo, phương pháp tính giá trị phản hồi, Side Effect(đặc điểm hạn chế)

Note

Độ phân tán thay đổi khi  $V_{th}$  tăng hoặc giảm : giá trị phản hồi  $V_{th}$ ,  $V_{th}$  phân tán.

## 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

### 3. Lựa chọn nhân tố

- Về nguyên tắc, nên chọn tất cả các nhân tố liên quan đến giá trị đặc trưng, nhưng nếu có quá nhiều nhân tố thì độ chính xác của thử nghiệm sẽ giảm và chi phí cho thử nghiệm cao.

Điều lý tưởng ở đây là giảm số lượng các nhân tố càng nhiều càng tốt trong phạm vi có thể đạt được mục đích thử nghiệm thông qua quá trình kiểm tra sơ bộ và cân nhắc mang tính kỹ thuật.

Think ! Số lượng nhân tố.

### 4. Lựa chọn mức nhân tố

Số lượng mức độ được quyết định dựa theo giá trị phản hồi và hình dạng biểu đồ dự đoán của nhân tố. Chọn mức 2 cho trường hợp tuyến tính và mức 3 trở lên cho trường hợp phi tuyến tính.

- Mức nhân tố được chọn sao cho có thể xuất hiện sự khác biệt vừa đủ. Nếu phạm vi của nhân tố rất hẹp và sự biến thiên của giá trị phản hồi là không đáng kể thì có thể đánh giá sai rằng đó không phải là nhân tố quan trọng.
- Mức độ được xác định trong phạm vi không vượt quá mức thực tế và các điều kiện được lựa chọn tối ưu thông qua thử nghiệm phải có tính áp dụng thực tế.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

#### 5. Bố trí thử nghiệm

- Phải có kế hoạch cụ thể về cách sẽ tiến hành thử nghiệm.
- Thử nghiệm bằng cách kết hợp các mức nhân tố như thế nào?

Think ! Nguyên tắc cơ bản của thiết kế thử nghiệm : Nguyên tắc trực giao<sup>1)</sup>, Nguyên tắc Confounding<sup>2)</sup> , Nguyên tắc lặp lại<sup>3)</sup> , Nguyên tắc Block<sup>4)</sup>, Nguyên tắc Random<sup>5)</sup>

1) Trực giao: Nguyên tắc quan trọng nhất là hiệu quả của từng nhân tố có thể được đo lường một cách độc lập mà không chịu sự ảnh hưởng của các nhân tố khác bằng cách sắp xếp các nhân tố độc lập với nhau.

Thử nghiệm không trực giao thì không phải là Thiết kế thử nghiệm.

2) Confounding : Hiệu quả của thử nghiệm có thể được tăng lên bằng cách sắp xếp các tương tác không cần thiết ở các nhân tố khác.

3) Lặp lại : Tăng độ tin cậy của thử nghiệm bằng cách xem xét sự biến động về kết quả đo lường ở cùng mức độ thông qua các thử nghiệm lặp lại.

4) Random : Để giảm thiểu ảnh hưởng của các nhân tố bên ngoài đến thử nghiệm, việc phân công và thứ tự các đơn vị thử nghiệm được xác định ngẫu nhiên.

5) Block : Giảm thiểu sai sót bằng cách chia môi trường thử nghiệm (đơn vị) thành các phân đồng nhất để thử nghiệm.

(VD: Khác biệt về Lot vật liệu, thử nghiệm theo lộ trình/ ngày)

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

#### 5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu



Thiết kế thử nghiệm bằng cách sắp xếp nó một cách trực giao có mục đích, **đánh giá đồng thời nhiều nhân tố cùng một lúc** để **giảm thời gian phát triển/ thử nghiệm và giải quyết vấn đề nhanh hơn.**

#### Phương pháp thử nghiệm Split phổ biến

"Đánh giá từng nhân tố một theo điều kiện Ref."

Mục đích thử nghiệm	nhân tố đánh giá Split	nhân tố cố định (Ref)	Đánh giá Lot
Đánh giá công đoạn A	Nhiệt độ, time	Độ dày ΔΔ Độ dày XX Skip công đoạn	1 Lot
	Nhiệt độ	Độ dày ΔΔ	1 Lot
Đánh giá độ dày B	Độ dày	Độ dày ΔΔ Độ dày XX Skip công đoạn	1 Lot
Đánh giá độ dày C	Độ dày	Nhiệt độ Time Độ dày	1 Lot
Đánh giá công đoạn D	Nhiệt độ, time	Độ dày ΔΔ Độ dày XX Skip công đoạn	1 Lot

**Đánh giá 7 nhân tố cần 5 Lot (30 tờ x 5 = 150 tờ)**

#### DOE : Thiết kế thử nghiệm

"Đánh giá đồng thời nhiều nhân tố cùng lúc bằng cách sử dụng **mảng trực giao**"

1	360	30	N2	5000	2000	300	50
2	360	30	N2	8000	4000	370	70
3	360	50	Air	5000	2000	370	70
4	360	50	Air	8000	4000	300	50
5	380	30	Air	5000	4000	300	70
6	380	30	Air	8000	2000	370	50
7	380	50	N2	5000	4000	370	50
8	380	50	N2	8000	2000	300	70

**Đánh giá 7 nhân tố (lặp lại 3 lần)**  
**Cần 0.8 Lot (8 tờ x 3 lần lặp = 24 tờ)**

**Giảm 80% !**

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

#### 5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu

#### 1) Nguyên tắc trực giao (principle of orthogonality)

Bằng cách sắp xếp các nhân tố độc lập với nhau, hiệu quả của từng nhân tố có thể được ước tính độc lập mà không chịu sự ảnh hưởng của các nhân tố khác.

→ Đây là nguyên tắc cơ bản nhất của kế hoạch thử nghiệm, có nghĩa là thiết kế thử nghiệm không được áp dụng nếu nó không trực giao.

Ngoài ra, nếu nhiều nhân tố được sắp xếp trực giao thì tổng số thí nghiệm có thể giảm đi.

**Note** Trực giao (orthogonality) : (đường thẳng, cầu giao nhau), hai đường thẳng trên một mặt phẳng cắt nhau và vuông góc vs nhau.

**Bảng trực giao với 2 mức độ và 2 nhân tố**

Run	A	B
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1

**Bảng trực giao với 2 mức độ và 3 nhân tố**

Run	A	B	C
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1

※ Nói chung, điều kiện (mức) thấp của một nhân tố được biểu thị bằng -1 và điều kiện (mức) cao được biểu thị bằng +1.



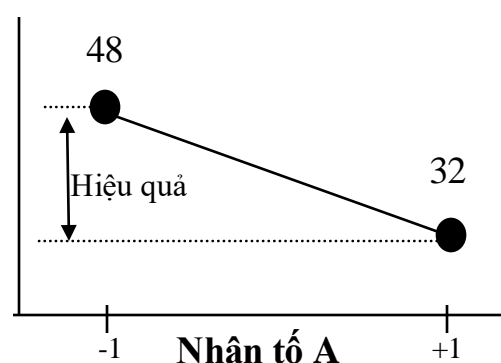
### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

Hiệu ứng là mức thay đổi trong giá trị phản hồi khi mức nhân tố kiểm soát đặc trưng thay đổi từ (-) thành (+).

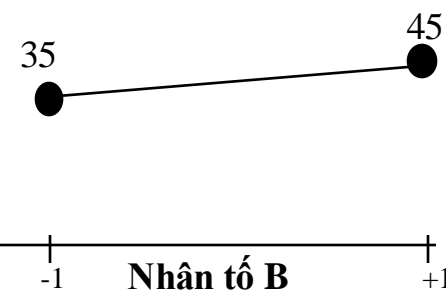
**Hiệu quả chính của nhân tố A = trung bình mức độ của A(+) – trung bình mức độ của A(-)**

Thứ tự	A	B	Giá trị phản hồi
1	-1	-1	42
2	+1	-1	28
3	-1	+1	54
4	+1	+1	36
5	-1	-1	40
6	+1	-1	30
7	-1	+1	56
8	+1	+1	34

[Hiệu quả chính của nhân tố A]



[Hiệu quả chính của nhân tố B]



- Hiệu quả chính của nhân tố A

$$\frac{28 + 36 + 30 + 34}{4} - \frac{42 + 54 + 40 + 56}{4} = -16$$

**Note** Trong biểu đồ hiệu quả chính, độ dốc càng lớn thì hiệu ứng càng lớn.

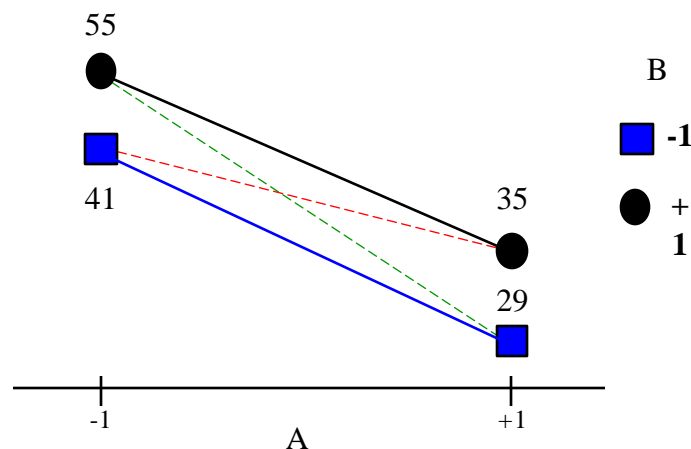
### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

**Hiệu ứng tương tác (Interaction effect)**, có nghĩa là khi tác động của một nhân tố đến giá trị phản hồi phụ thuộc vào mức độ của nhân tố khác, ta nói rằng giữa 2 nhân tố có sự tương tác.

Hiệu quả tương tác  $A*B$  = Giá trị trung bình của mức độ nhân tố  $A*B(+) -$  Giá trị trung bình của mức độ nhân tố  $A*B(-)$

Thứ tự	A	B	A*B (tương tác)	Giá trị phản hồi
1	-1	-1	+1	42
2	+1	-1	-1	28
3	-1	+1	-1	54
4	+1	+1	+1	36
5	-1	-1	+1	40
6	+1	-1	-1	30
7	-1	+1	-1	56
8	+1	+1	+1	34

[Đồ thị tương tác  $A*B$ ]



• Tính toán hiệu quả tương tác  $A*B$

$$\frac{42 + 36 + 40 + 34}{4} - \frac{28 + 54 + 30 + 56}{4} = -4$$

Note

Trong biểu đồ tương tác, nếu hai đường thẳng song song thì không có hiệu ứng tương tác, nếu hai đường thẳng cắt nhau thì sẽ có hiệu ứng tương tác.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

#### 1) Nguyên tắc trực giao (Principle of orthogonality)

Khi tính toán Main Effects, có thể tính toán Effect sau khi loại trừ ảnh hưởng của các nhân tố khác, tạo điều kiện cho các **thử nghiệm có tính tái hiện cao**.

Case1

Thứ tự	A	B	Giá trị đặc trưng
1	- 1	- 1	Y1
2	- 1	- 1	Y2
3	- 1	+ 1	Y3
4	+ 1	+ 1	Y4

#### Hiệu quả chính B

$$\frac{Y3 + Y4}{2} - \frac{Y1 + Y2}{2}$$

☞ Trong trường hợp mức (-1) của B, A chỉ được thử nghiệm ở mức (-1), nên khi tính toán hiệu quả chính của B thì bị ảnh hưởng của nhân tố A.

Vs.

Case2

Thứ tự	A	B	Giá trị đặc trưng
1	- 1	- 1	Y1
2	+ 1	- 1	Y2
3	- 1	+ 1	Y3
4	+ 1	+ 1	Y4

#### Hiệu quả chính B

$$\frac{Y3 + Y4}{2} - \frac{Y1 + Y2}{2}$$

☞ Ở mức (-1) và (+1) của B, mức (-1) và (+1) của A phân bố đều nên khi tính toán hiệu quả chính của B thì không bị ảnh hưởng bởi nhân tố A.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

#### 1) Nguyên tắc trực giao (Principle of orthogonality)

Trong trường hợp thử nghiệm lặp lại 2 lần với 2 nhân tố, thì có thể **giảm số lượng thử nghiệm** bằng cách áp dụng Thiết kế thử nghiệm.

Case1

Thứ tự	A	B	Giá trị đặc trưng
1	- 1	Reference	Y1
2	- 1		Y2
3	+ 1		Y3
4	+ 1		Y4
5	Reference	- 1	Y5
6		- 1	Y6
7		+ 1	Y7
8		+ 1	Y8

Nhân tố A : mức (- 1) 2 lần, mức (+ 1) 2 lần

Nhân tố B : mức (- 1) 2 lần, mức (+ 1) 2 lần

Tổng 8 lần

Case2

Thứ tự	A	B	Giá trị đặc trưng
1	- 1	- 1	Y1
2	+ 1	- 1	Y2
3	- 1	+ 1	Y3
4	+ 1	+ 1	Y4

Nhân tố A : mức (- 1) 2 lần, mức (+ 1) 2 lần

Nhân tố B : mức (- 1) 2 lần, mức (+ 1) 2 lần

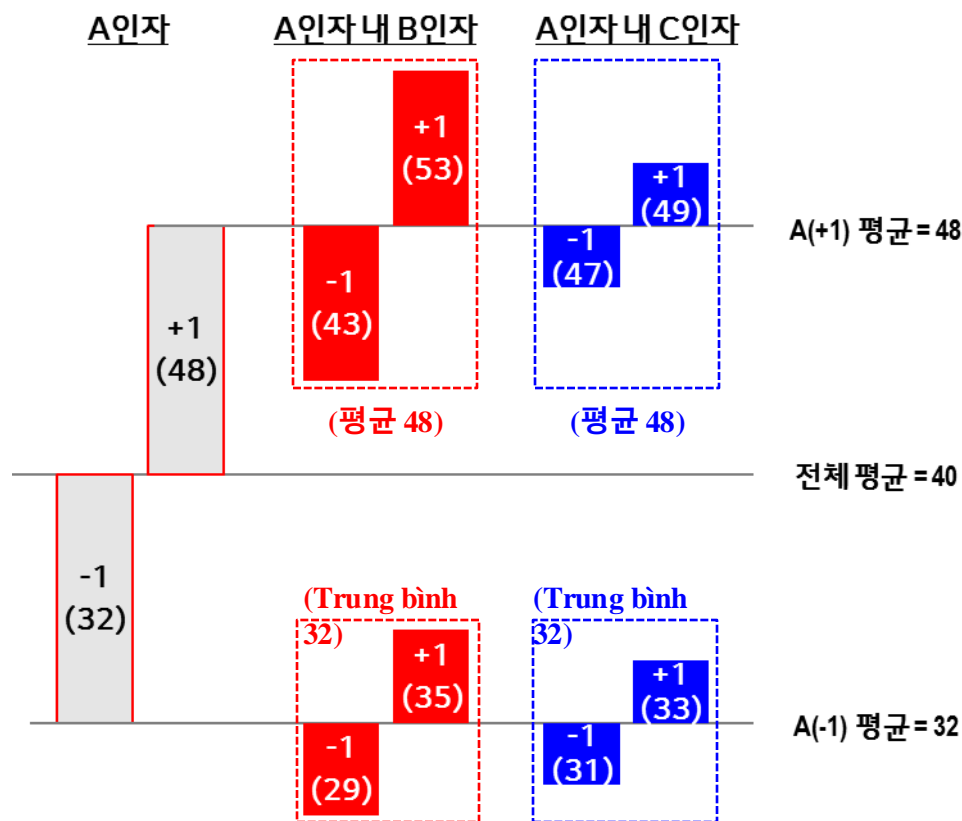
Tổng 4 lần

Vs.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

#### 1) Nguyên tắc trực giao (Principle of orthogonality)

Split No.	A	B	C	Giá trị phản hồi
①	-1	-1	-1	28
②	-1	-1	+1	30
③	-1	+1	-1	34
④	-1	+1	+1	36
⑤	+1	-1	-1	42
⑥	+1	-1	+1	44
⑦	+1	+1	-1	52
⑧	+1	+1	+1	54



- Giá trị trung bình (+1) của nhân tố A và giá trị trung bình của B và C trong nhân tố A luôn bằng nhau.
- Trong trường hợp bố trí trực giao, giá trị trung bình (+1) và (-1) của nhân tố A tồn tại độc lập với giá trị phản hồi của nhân tố khác.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

#### 1) Nguyên tắc trực giao (Principle of orthogonality)

- So sánh phương pháp One factor at a time và DOE : để kiểm tra xem có sự khác biệt về đặc tính sản phẩm giữa “máy móc” và “con người” hay không.

#### ① Trường hợp đánh giá bằng phương pháp “Mỗi lần thay đổi một nhân tố (one factor at a time)”

##### ● Thử nghiệm lần 1 : So sánh đặc tính sản phẩm dựa trên sự khác biệt máy móc

분산 분석 : 생산량(Y) vs 기계(X<sub>1</sub>)

출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값
기계	2	130.00	65.000	8.30	0.005
오차	12	94.00	7.833		
총계	14	224.00			

S	R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
2.79881	58.04%	51.04%	34.43%

- Biến động máy móc (130) trong tổng biến động (224), tức chiếm 58%
- Sự khác biệt về máy móc là đáng kể.
- Sự biến động của con người trộn lẫn với biến động sai số và không thể tách ra được.

##### ● Thử nghiệm lần 2 : So sánh đặc tính sản phẩm dựa trên sự khác biệt về con người

분산 분석 : 생산량(Y) vs 작업자(X<sub>2</sub>)

출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값
작업자	4	72.00	18.00	1.18	0.375
오차	10	152.00	15.20		
총계	14	224.00			

S	R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
3.89872	32.14%	5.00%	0.00%

Không có sự khác biệt đáng kể mang tính thống kê

- Biến động con người (72) trong tổng biến động (224), tức chiếm 32%.
- Không có sự khác biệt về con người.
- Sự biến động của máy móc trộn lẫn với biến động sai số và không thể tách ra được.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

#### 1) Nguyên tắc trực giao (Principle of orthogonality)

- So sánh phương pháp One factor at a time và DOE : để kiểm tra xem có sự khác biệt về đặc tính sản phẩm giữa “máy móc” và “con người” hay không.

#### ② Trường hợp đánh giá bằng phương pháp “Trực giao (orthogonal array) DOE”

- Kiểm tra đồng thời nhiều nhân tố (Sử dụng mảng trực giao)

분산 분석 : 생산량(Y) vs 기계, 작업자 ( $X_1, X_2$ )

요인 유형 수준 값

기계 고정됨 3 #1, #2, #3

작업자 고정됨 5 A, B, C, D, E

출처	DF	SS	MS	F	P-Value
기계	2	130.000	65.000	23.64	0.000
작업자	4	72.000	18.000	6.55	0.012
오차	8	22.000	2.750		
총계	14	224.000			

Có sự khác biệt đáng kể mang tính thống kê

S = 1.65831 R-Squared = 90.18% R-제곱(수정) = 82.81%

- Vì là thử nghiệm trực giao nên biến động của các nhân tố là không đổi.

: Biến động máy móc (130) là 58%, biến động con người (72) là 32%.

- Biến động của nhân tố được bao gồm trong sai số được tách ra và biến động sai số (SSE) giảm xuống còn 22.

: Sự biến động không được giải thích (biến động sai số) được giảm xuống 10% của tổng thể.



**Nếu sử dụng “DOE mảng trực giao”, ngay cả khi bạn thử nghiệm nhiều nhân tố cùng một lúc,**

- Có thể tăng biến động được giải thích (Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao) khả năng giải thích) được giải thích bằng mô hình : R- Squared

- Có thể kiểm chứng các nhân tố một cách độc lập, phát hiện chính xác hơn: P-Value

- Có thể biết được sự biến động của các nhân tố trong tổng biến động: SS

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

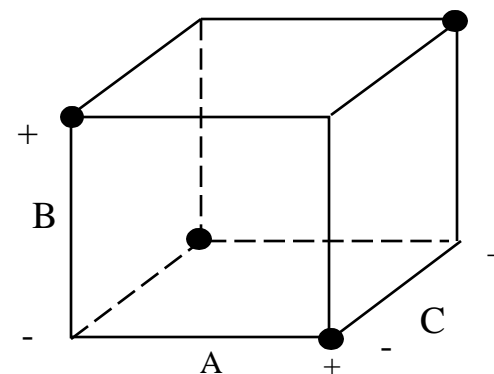
#### 2) Nguyên tắc trộn lẫn (Principle of confounding)

Khi hiệu quả của hai hay nhiều nhân tố trộn lẫn với nhau, và **không thể bị tách rời, ta nói rằng có sự trộn lẫn.**

- Tăng hiệu quả của thử nghiệm bằng cách đặt các khối hoặc các nhân tố khác vào các tương tác bậc 2 trở lên để gây lẫn lộn giữa chúng.

#### ▪ Thử nghiệm 1 phần $3^2$ (nhân tố A, B, C)

Thứ tự	A	B	C	AB	AC	BC	Y
1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	Y1
2	+1	-1	-1	-1	-1	+1	Y2
3	-1	+1	-1	-1	+1	-1	Y3
4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	Y4



#### Hiệu quả chính C

$$\frac{Y1 + Y4}{2} - \frac{Y2 + Y3}{2}$$

#### Hiệu quả AB

$$\frac{Y1 + Y4}{2} - \frac{Y2 + Y3}{2}$$

- Thử nghiệm trộn lẫn có nghĩa là trong Cube Plot, các thí nghiệm không được tiến hành ở các đỉnh liền kề nhau.



### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

#### 5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu

#### 3) Nguyên tắc lặp lại (Principle of replication)

Thông qua sự lặp lại, phương sai sai số có thể được ước tính chính xác bằng cách tăng mức tự do của hằng sai số, từ đó **tăng độ tin cậy của kết quả thử nghiệm.**

Note

- Kết quả có thể khác nhau tùy thuộc vào môi trường tiến hành thí nghiệm, các nhân tố bên ngoài,... dẫn đến kết luận sai.
- Sự biến động về kết quả đo ở cùng mức có thể được xem xét bằng cách lặp lại thử nghiệm.

“Tôi phải thực hiện cú đánh hoàn toàn với cây gậy sắt số 9 của mình để đạt được 115m vào tuần tới.”



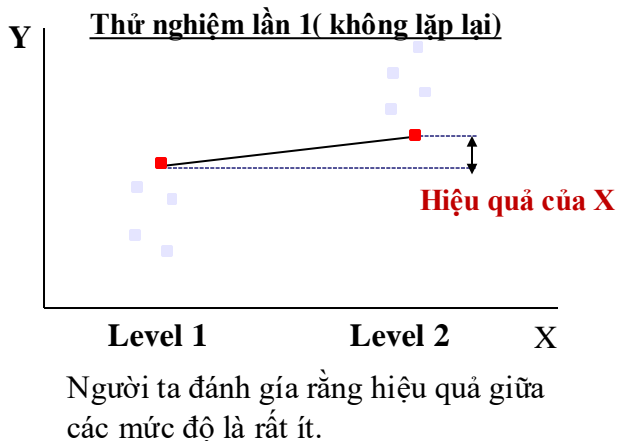
- 오차항의 자유도 5이상 권장  
: 오차항의 자유도 = (반복수 - 1) X 실험군 수
- 군내 변동의 크기의 평균 = MSE(오차 분산)



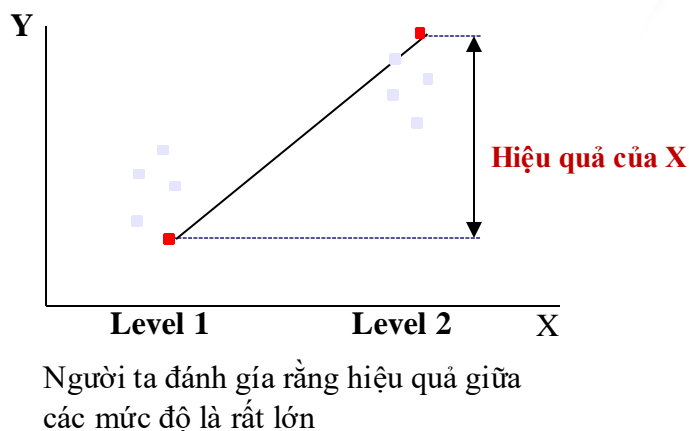
### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

#### 3) Nguyên tắc lặp lại (principle of replication)

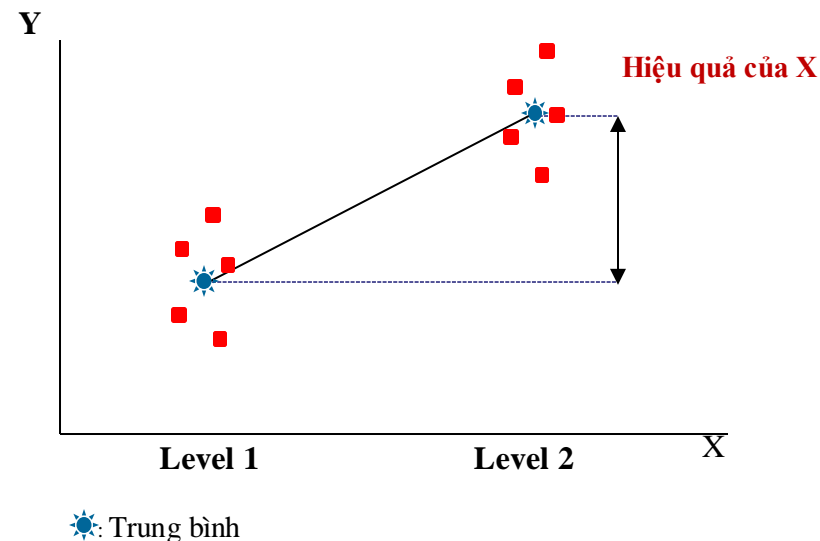
##### (1) Cải thiện độ tin cậy của kết quả thông qua việc lặp lại thử nghiệm



Hoặc



##### Lặp lại thử nghiệm 5 lần



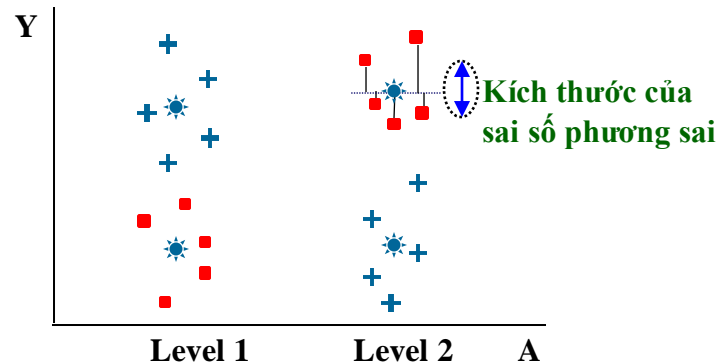
### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu

#### 3) Nguyên tắc lặp lại (principle of replication)

##### (1) Cải thiện sai số phương sai thông qua việc lặp lại thử nghiệm

Lặp lại 5 lần (sai số bậc tự do 16)



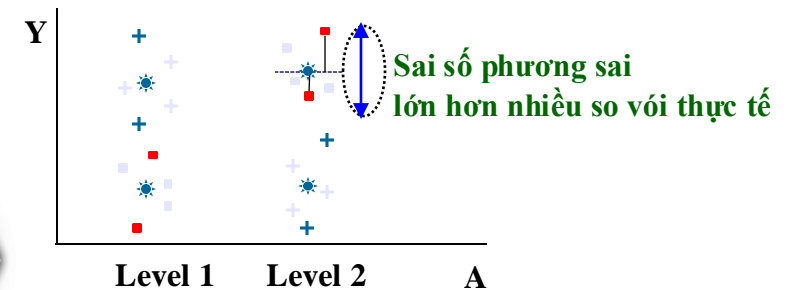
■ : Level 1 của B  
+ : Level 2 của B  
★ : Trung bình

※ Số lần lặp được cho là tỷ lệ với kích thước của phương sai trong phạm vi có sẵn.

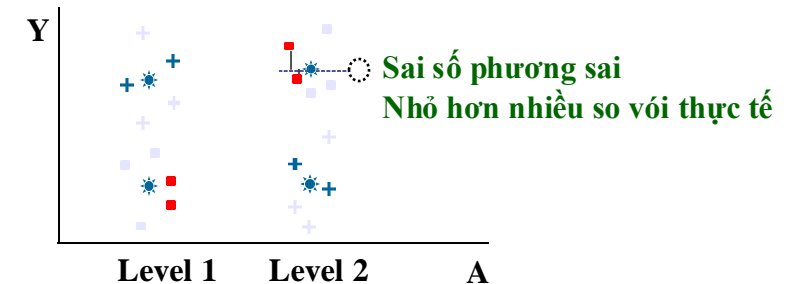
: Nếu độ phân tán lớn thì số lần lặp tăng↑, ngược lại thì ↓

Giảm  
số lần  
lặp lại?

Lặp lại 2 lần (sai số bậc tự do 4)



후은



### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

#### 4) Nguyên tắc Block (principle of blocking)

**Blocking** đề cập đến việc chia toàn bộ môi trường thí nghiệm thành các phần đồng nhất và thực hiện các thí nghiệm để thu được kết quả phân tích chính xác bằng cách **tối thiểu hóa thiểu sai số thử nghiệm** do các nhân tố bên ngoài gây ra.

- Nếu đánh giá một nhân tố nào đó không phải là nhân tố thực nghiệm nhưng ảnh hưởng đến kết quả thực nghiệm thì chọn nó làm nhân tố Block.

(VD) Nếu ngày thử nghiệm khác nhau, nguyên vật liệu, quy trình trước đó, số hiệu thiết bị,...

- Nếu thử nghiệm được tiến hành trong hai buồng (chamber) của cùng một thiết bị thì Chamber được sử dụng làm nhân tố Block.

- Nếu được chọn làm nhân tố Block thì có thể phân tích các nhân tố tồn tại giữa các nhân tố Block.

- Do hiệu quả được tách riêng bằng cách sử dụng Block làm nhân tố, nên sự biến động giữa các Block được loại trừ khỏi tổng biến động và chỉ lại sự biến động của các nhân tố khác trong khối đồng nhất.

Tức, có thể giảm sai số bằng cách tách hiệu quả của Block.

- Nếu Block không có sự khác biệt đáng kể thì sao?

- Pooling bằng hằng sai số.

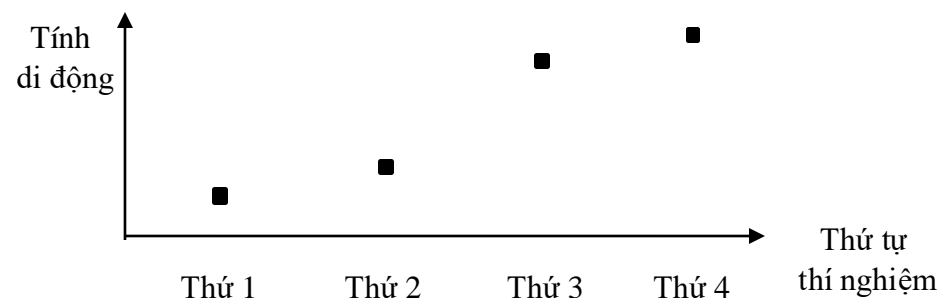
※ Pooling có nghĩa là đặt sự biến động của nhân tố không đáng kể làm error và loại trừ các nhân tố được đánh giá không đáng kể khỏi đối tượng kiểm chứng để phát hiện tốt hơn các nhân tố quan trọng.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

#### 5) Nguyên tắc Random (principle of randomization)

Bằng cách tiến hành ngẫu nhiên thứ tự thử nghiệm, có thể ngăn chặn các nhân tố khác ngoài nhân tố thử nghiệm ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm.

Thứ tự	A	B
1	300	20
2	400	40
3	300	20
4	400	40



👁️ **Kết luận :** Không có sự khác biệt theo mức độ của nhân tố A và tính di động của thiết bị trở nên tốt hơn theo nhân tố B???

**Nhưng mà liệu rằng...?!?**

**Khi tiến hành theo thứ tự thử nghiệm, thời gian chờ đợi của nhân tố B tăng dần theo thứ tự thí nghiệm và gây ra sự khác biệt hay không?**

(Trong thí nghiệm trên , điều kiện 40 của nhân tố B được thử nghiệm sau 5hr)

**Note**

Cần chú ý khi rút ra kết luận từ các thí nghiệm có tính ngẫu nhiên kém.

Nếu có một nhân tố khó có thể ngẫu nhiên hoàn toàn (nhiệt độ,..) có thể thực hiện ngẫu nhiên hạn chế để loại trừ nhân tố đó.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

#### 6. Tiến hành thử nghiệm

- Việc thí nghiệm phải được quản lý từ đầu đến cuối để đảm bảo thí nghiệm được tiến hành theo đúng kế hoạch.
  - Khi tiến hành thử nghiệm, ghi lại tất cả các dữ liệu quan trọng liên quan đến thử nghiệm ngoài các giá trị đặc trưng cho trước. → Có thể hữu dụng khi kiểm tra trạng thái quản lý thử nghiệm, sự lặp lại thử nghiệm.
- (VD) Chất lượng nguyên vật liệu, thời gian thực hiện, tên người thực hiện,...

Think ! Nhân tố được phân loại mặc dù không được phản ánh bằng nhân tố (bao gồm nhân tố Block) hoặc E-memo trong bảng thiết kế thử nghiệm.

#### 7. Phân tích dữ liệu

- Phân tích dữ liệu được trực quan hóa bằng biểu đồ → Có thể kiểm tra sự biến động của giá trị đặc trưng và ước tính vị trí của các điều kiện tối ưu.
- Về các giá trị thiếu không thể sử dụng được do không lấy được dữ liệu hoặc bị phát hiện là giá trị bất thường thì cần có biện pháp phù hợp trước khi phân tích → Nên tính toán lại giá trị thiếu thông qua các thử nghiệm bổ sung.

Think ! Outlier, Pooling

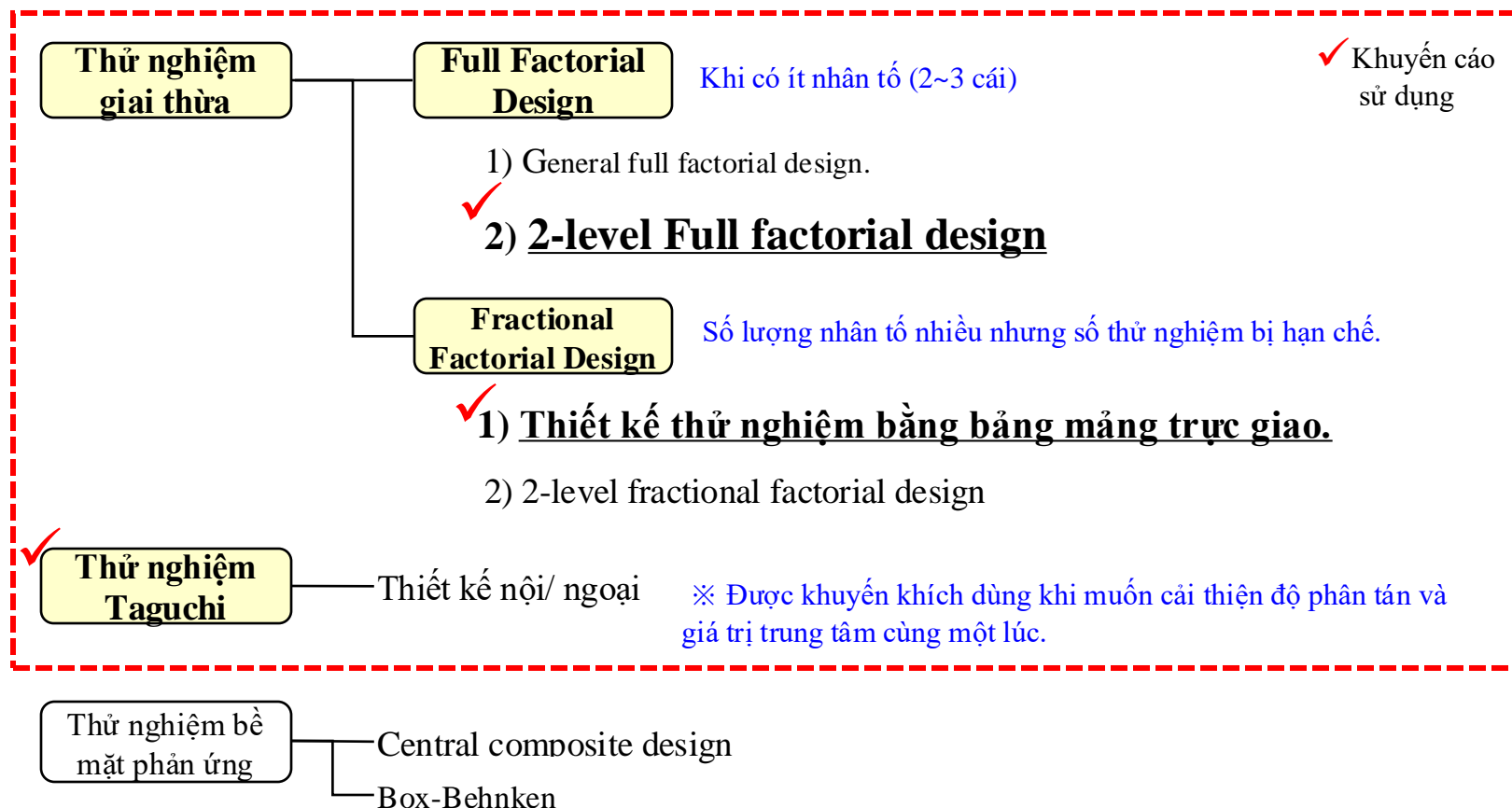
#### 8. Giải thích kết quả phân tích và biện pháp.

- Xem xét mục đích của thử nghiệm, các giả định, giả thuyết không,... cũng như những kết luận có ý nghĩa mang tính kỹ thuật, và kết luận chỉ nên được rút ra trong các điều kiện được đưa ra trong thí nghiệm. (Nếu vượt quá phạm vi các mức nhân tố thì không thể đưa ra kết luận).
- Nếu đưa ra được điều kiện tối ưu từ kết quả thử nghiệm, thì kiểm tra tính tái hiện ở điều kiện tối ưu.

Think ! Số thử nghiệm về tính tái hiện trong điều kiện tối ưu.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

Các loại thiết kế thử nghiệm bao gồm thiết kế thử nghiệm giai thừa, thử nghiệm Taguchi, thử nghiệm bề mặt phản ứng. **Ở giai đoạn Analyze, sử dụng thiết kế thực nghiệm giai thừa và thử nghiệm Taguchi để tìm ra nhân tố trọng yếu.**



※ Nếu tìm thấy các điều kiện tối ưu thông qua thử nghiệm Taguchi trong giai đoạn Analyze, thì việc tối ưu hóa thiết kế có thể được skip trong giai đoạn Improve, nhưng việc tối ưu hóa process cần tiến hành bổ sung trong giai đoạn Improve.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm

**Thiết kế thử nghiệm giai thừa** là thiết kế thử nghiệm trong đó **số lượng các nhân tố là n và các mức độ của nhân tố là K**. Một thí nghiệm được tiến hành với sự kết hợp của tất cả các mức độ của các nhân tố.

- Các thí nghiệm dựa trên phương pháp thử nghiệm giai thừa được gọi là thí nghiệm giai thừa (factorial experiments), có thể đo lường effect của tất cả các nhân tố và tương tác giữa chúng.

(Tuy nhiên, trong phương pháp thiết kế một phần (Fractional Factorial Design), nếu giảm số lần thí nghiệm thì không thể tìm thấy một phần tương tác / tương tác).

- Trong thiết kế thử nghiệm  $K^n$  được áp dụng rộng rãi với 2 hệ tiêu chuẩn và 3 hệ mức độ. (tức, thiết kế giai thừa  $2^n$  và  $3^n$  được sử dụng nhiều)

1) Thử nghiệm thiết kế toàn phần với số nhân tố n, các mức nhân tố K

$$\begin{array}{c} K^n \\ \uparrow \\ \text{Số mức} = k \end{array} \quad \leftarrow \text{Số nhân tố} = n$$

<VD> Thử nghiệm toàn phần với 3 nhân tố và 2 mức độ (8 lần thử nghiệm)

$$2^3$$

2) Thử nghiệm thiết kế một phần với hệ 2 mức độ.

$$\begin{array}{c} 2^{n-p} \\ \uparrow \\ \text{Số mức} = 2 \end{array} \quad \leftarrow \begin{array}{l} \text{Số nhân tố} = n \\ \text{*với, } p < n \end{array}$$

<VD> Thử nghiệm một phần với 3 yếu tố và 2 mức độ (thử nghiệm : 8 lần  $\rightarrow$  4 lần)

$$2^{3-1}$$



### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Full factorial Design)

#### 1) 2-level Full factorial design

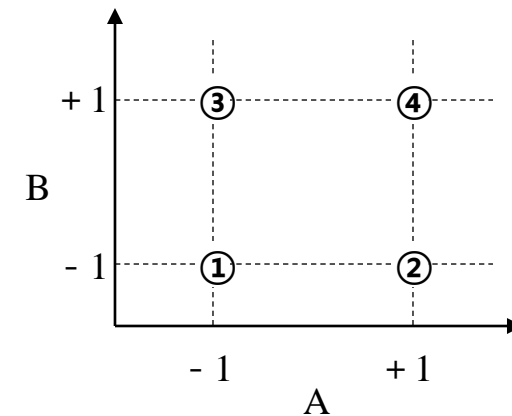
**2<sup>n</sup>** full factorial design, n nhân tố và mỗi nhân tố có 2 mức độ (-1, +1) và các thử nghiệm được tiến hành ở **tổng 2<sup>n</sup> điểm thử nghiệm** (kết hợp tất cả mức độ của mỗi nhân tố).

**Bảng mànng trực giao 2<sup>2</sup>**

Thứ tự thử nghiệm	A	B	A*B
1	-1	-1	+1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	+1

2<sup>4</sup> : 4 nhân tố, mỗi nhân tố có 2 level → 16 Run thử nghiệm

**Điểm Full factorial design 2<sup>2</sup>**



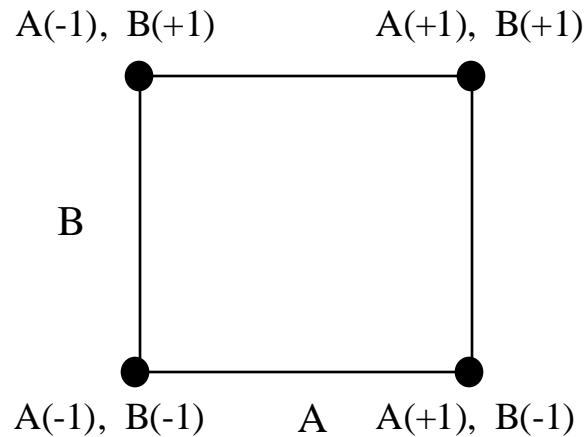
#### **Đặc điểm**

- Trường hợp có sự lặp lại, nếu có thể tìm được hiệu quả tương tác và hiệu quả chính thì có thể phân tích được điểm khác biệt mang tính thống kê về hiệu quả đó.
- Nếu không có sự lặp lại, vì không thể thu được sai số (error) nên hiệu quả tương tác được coi là sai số từ đó tiến hành phân tích.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm (Full factorial Design)

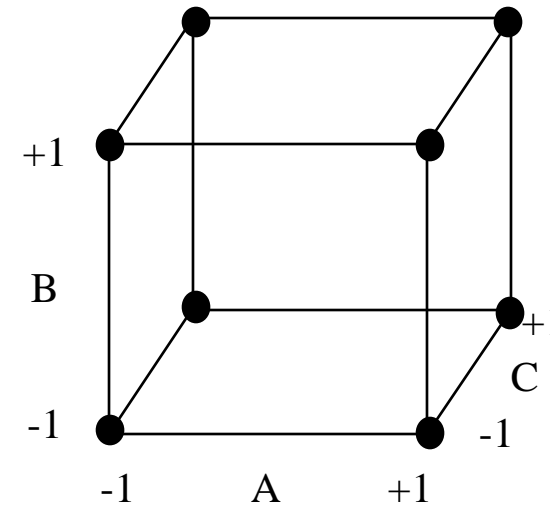
#### 1) 2-level Full factorial design

Điểm Full factorial design  $2^2$  (2 nhân tố)



- 2 nhân tố (hiệu quả chính) : A , B
- 1 tương tác (AB)
- 2 mức độ : -1 , +1
- Cần 4 lần thử nghiệm

Điểm Full factorial design  $2^3$  (3 nhân tố)



- 3 nhân tố (hiệu quả chính)
- 3 tương tác của 2 nhân tố (AB, AC, BC)
- 1 tác động của 3 nhân tố (ABC)
- Không trộn lẫn (confounding)
- 2 mức độ : -1 , +1
- Cần 8 lần thử nghiệm

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Full factorial Design)

#### 1) 2-level Full factorial design

Panel và BLU được gắn vào model TV thể hệ tiếp theo, và sử dụng 1 tấm Foam Pad để ngăn các dị vật xâm nhập.

Lượng lưu động của Foam Pad được chọn làm CTQ, độ dày, mật độ, độ bám dính, nhà sản xuất của Foam Pad được chọn làm Nhân tố trọng yếu.

- Nhân tố : Độ dày (1, 1.5mm), mật độ (0.05, 0.15g/cm<sup>2</sup>), độ bám dính (3, 10kgf/inch), nhà sản xuất (3M, LGH)
- Không lặp lại

<Data> 1.Analyze\_요인 배치법-2

▪ Kết quả:

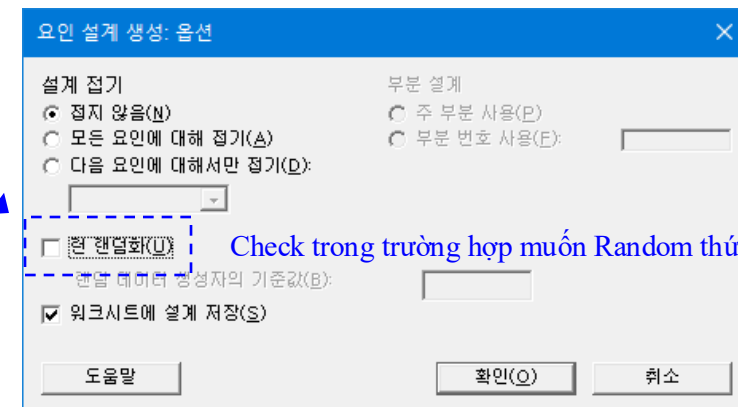
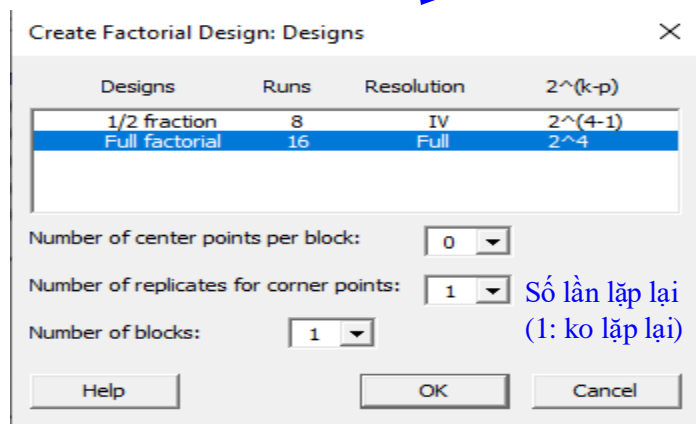
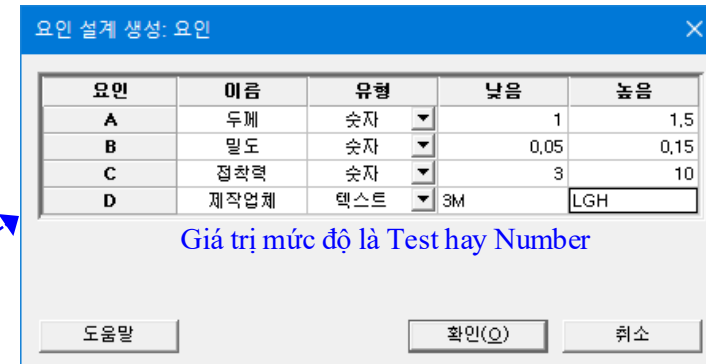
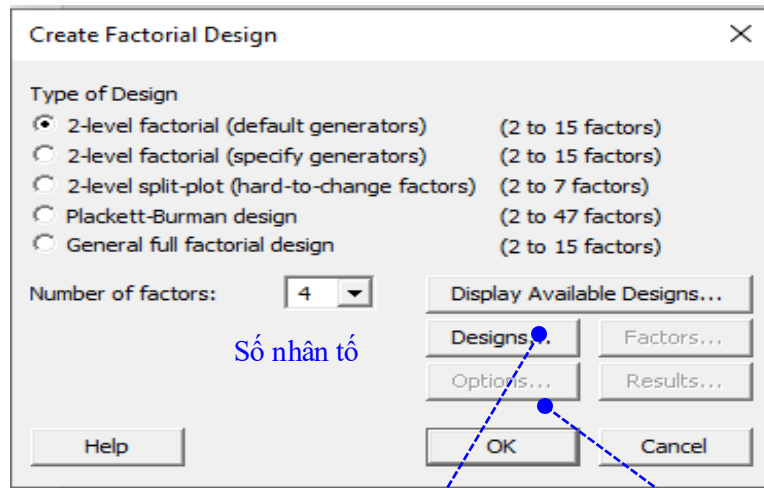
- Số lần thí nghiệm cơ bản :  $2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$  (lần)
- Tổng thí nghiệm :  $16 \times 1 = 16$  (lần) ※ Không lặp lại



## 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Full factorial Design)

### 1) 2-level Full factorial design

Stat > DOE > Factorial > Create Factorial Design



\*Để đạt được hiệu quả đào tạo, không thực hiện ‘Run Random’

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Full factorial Design)

DOE được in trên Worksheet

#### 세션 결과 DOE

#### 설계 요약

요인: 4 기본 설계: 4, 16  
런: 16 반복실험: 1  
블럭: 1 중앙점(전제): 0

모든 항에 별칭이 없습니다.

※ Block “1” có nghĩa là thử nghiệm block không được thực hiện

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8-T	C9
표준 순서	런 순서	중앙점	블럭	두께	밀도	접착력	제작업체	유동량
1	1	1	1	1.0	0.05	3	3M	
2	2	1	1	1.5	0.05	3	3M	
3	3	1	1	1.0	0.15	3	3M	
4	4	1	1	1.5	0.15	3	3M	
5	5	1	1	1.0	0.05	10	3M	
6	6	1	1	1.5	0.05	10	3M	
7	7	1	1	1.0	0.15	10	3M	
8	8	1	1	1.5	0.15	10	3M	
9	9	1	1	1.0	0.05	3	LGH	
10	10	1	1	1.5	0.05	3	LGH	
11	11	1	1	1.0	0.15	3	LGH	
12	12	1	1	1.5	0.15	3	LGH	
13	13	1	1	1.0	0.05	10	LGH	
14	14	1	1	1.5	0.05	10	LGH	
15	15	1	1	1.0	0.15	10	LGH	
16	16	1	1	1.5	0.15	10	LGH	

Số đơn vị thử nghiệm

Thứ tự tiến hành

Loại điểm thử nghiệm: “1” biểu thị điểm nhân tố

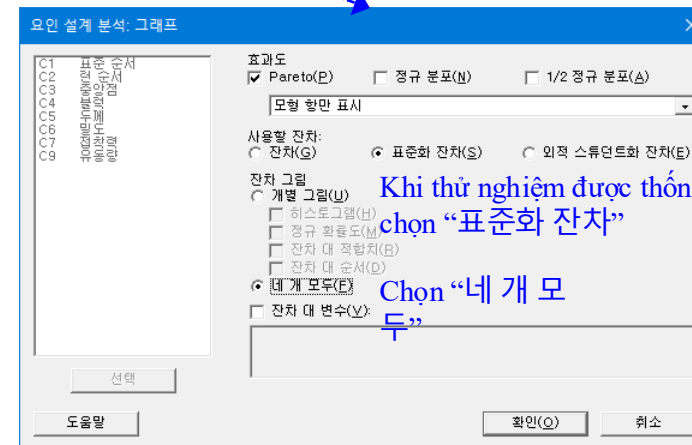
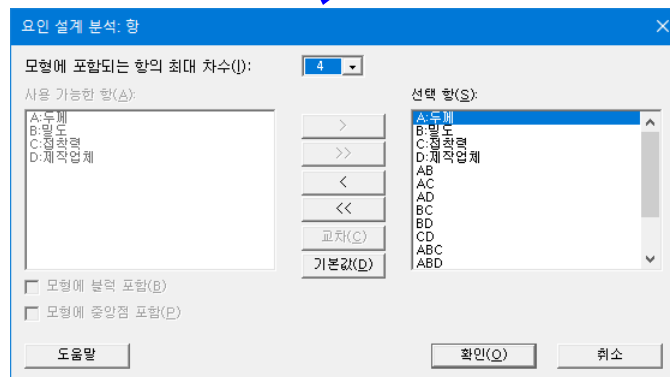
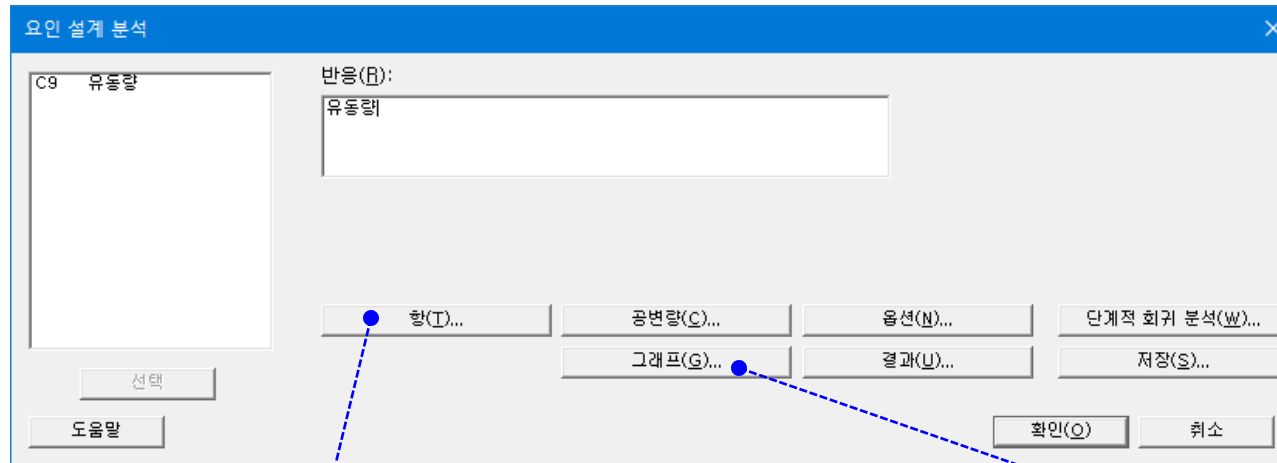
Mức của Block

Nhập  
giá trị  
thử nghiệm  
thực tế

## 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Full factorial Design)

### 1) 2-level Full factorial design

 Stat> DOE > Factorial > Analyze Factorial Design



Khi thử nghiệm được thống kê thì  
chọn “표준화 잔차”

Chọn “네 개 모  
두”

## 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Full factorial Design)

### 1) 2-level Full factorial design

세션 Stat> DOE > Factorial > Analyze Factorial Design

#### 분산 분석

출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값
모형	15	0.056140	0.003743	*	*
선형	4	0.044190	0.011047	*	*
두께	1	0.000023	0.000023	*	*
밀도	1	0.037733	0.037733	*	*
접착력	1	0.000233	0.000233	*	*
제작업체	1	0.006202	0.006202	*	*
2차 교호작용	6	0.005953	0.000992	*	*
두께*밀도	1	0.000218	0.000218	*	*
두께*접착력	1	0.000218	0.000218	*	*
두께*제작업체	1	0.000008	0.000008	*	*
밀도*접착력	1	0.000003	0.000003	*	*
밀도*제작업체	1	0.000068	0.000068	*	*
접착력*제작업체	1	0.005439	0.005439	*	*
3차 교호작용	4	0.000778	0.000194	*	*
두께*밀도*접착력	1	0.000218	0.000218	*	*
두께*밀도*제작업체	1	0.000011	0.000011	*	*
두께*접착력*제작업체	1	0.000473	0.000473	*	*
밀도*접착력*제작업체	1	0.000077	0.000077	*	*
4차 교호작용	1	0.005220	0.005220	*	*
두께*밀도*접착력*제작업체	1	0.005220	0.005220	*	*
오차	0	*	*		
총계	15	0.056140			

#### • Lý do F-Value và P-Value không xuất hiện

- Không tính toán được giá trị sai số do không có thử nghiệm lặp lại, do đó không thu được giá trị P.

→ [Giải pháp] Pooling các tương tác bậc cao hơn để tìm P-Value.

※ Thông thường, tương tác trên 3 lần được đánh giá là không đáng kể.

#### Note

1. Pooling là sự phản ánh những biến động của các nhân tố không đáng kể dưới dạng sai số.  
: Khi số lượng nhân tố trong sai số tăng lên thì mức tự do của hằng sai số cũng tăng lên.  
→ Ước tính chính xác hơn về phương sai error.  
→ Tăng độ tin cậy của kết quả phân tích.
2. Đánh giá tính hợp lý của Pooling
  - ① Sai số thử nghiệm (MSE) và S-Value nhỏ.
  - ② R-Squared(adjusted) lớn dần.
3. Thứ tự Pooling : Số thứ tự tương tác lớn → thứ tự P-Value lớn  
- Tiến hành Pooling từng lần 1, đánh giá tính hợp lý về Pooling

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Full factorial Design)

#### 1. Tương tác Nhiệt độ \* Line trước Pooling

Nguồn	DF	SS	MS	F	P
Nhiệt độ	1	8.0	8.0	32.0	0.005
Line	1	4.5	4.5	18.0	0.013
<b>Nhiệt độ*Line</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>2.0</b>	<b>0.230</b>
Error	4	1.0	0.25		
Total	7	14.0			

#### 2. Tương tác Nhiệt độ \* Line sau Pooling

Pooling

Nguồn	DF	SS	MS	F	P
Nhiệt độ	1	8.0	8.0	26.67 (8/0.3)	0.004
Line	1	4.5	4.5	15.0 (4.5/0.3)	0.012
Error	5	1.5	0.3		
Total	7	14.0			

Mức tự do của error tăng



### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Full factorial Design)

#### 1) 2-level Full factorial design

Minitab Stat> DOE > Factorial > Analyze Factorial Design

세션 Kết quả (Tương tác lần 4 sau Pooling)

Giá trị Pooling được bao gồm bằng error,  
Sai số được tính toán để tính lượng thống kê và P-Value.

#### 코드화된 계수

항	효과	계수	SE 계수	T-값	P-값	VIF
상수		0.8532	0.0181	47.24	0.013	
두께	-0.0024	-0.0012	0.0181	-0.07	0.958	1.00
밀도	0.0971	0.0486	0.0181	2.69	0.227	1.00
접착력	-0.0076	-0.0038	0.0181	-0.21	0.868	1.00
제작업체	-0.0394	-0.0197	0.0181	-1.09	0.473	1.00
두께*밀도	0.0074	0.0037	0.0181	0.20	0.872	1.00
두께*접착력	-0.0074	-0.0037	0.0181	-0.20	0.872	1.00
두께*제작업체	0.0014	0.0007	0.0181	0.04	0.976	1.00
밀도*접착력	-0.0009	-0.0004	0.0181	-0.02	0.985	1.00
밀도*제작업체	-0.0041	-0.0021	0.0181	-0.11	0.928	1.00
접착력*제작업체	-0.0369	-0.0184	0.0181	-1.02	0.493	1.00
두께*밀도*접착력	0.0074	0.0037	0.0181	0.20	0.872	1.00
두께*밀도*제작업체	0.0016	0.0008	0.0181	0.04	0.971	1.00
두께*접착력*제작업체	0.0109	0.0054	0.0181	0.30	0.814	1.00
밀도*접착력*제작업체	0.0044	0.0022	0.0181	0.12	0.923	1.00

#### 모형 요약

S	R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
0.07225	90.70%	0.00%	0.00%

#### 분산 분석

출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값
모형	14	0.050920	0.003637	0.70	0.749
선형	4	0.044190	0.011047	2.12	0.470
두께	1	0.000023	0.000023	0.00	0.958
밀도	1	0.037733	0.037733	7.23	0.227
접착력	1	0.000233	0.000233	0.04	0.868
제작업체	1	0.006202	0.006202	1.19	0.473
2차 교호작용	6	0.005953	0.000992	0.19	0.938
두께*밀도	1	0.000218	0.000218	0.04	0.872
두께*접착력	1	0.000218	0.000218	0.04	0.872
두께*제작업체	1	0.000008	0.000008	0.00	0.976
밀도*접착력	1	0.000003	0.000003	0.00	0.985
밀도*제작업체	1	0.000068	0.000068	0.01	0.928
접착력*제작업체	1	0.005439	0.005439	1.04	0.493
3차 교호작용	4	0.000778	0.000194	0.04	0.993
두께*밀도*접착력	1	0.000218	0.000218	0.04	0.872
두께*밀도*제작업체	1	0.000011	0.000011	0.00	0.971
두께*접착력*제작업체	1	0.000473	0.000473	0.09	0.814
밀도*접착력*제작업체	1	0.000077	0.000077	0.01	0.923
오차	1	0.005220	0.005220		
총계	15	0.056140			

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Full factorial Design)

#### 세션 Kết quả (Sau khi Pooling Tương tác lần 3)

##### 코드화된 계수

항	효과	계수	SE 계수	T-값	P-값	VIF
상수		0.85319	0.00866	98.54	0.000	
두께	-0.00237	-0.00119	0.00866	-0.14	0.896	1.00
밀도	0.09713	0.04856	0.00866	5.61	0.002	1.00
접착력	-0.00762	-0.00381	0.00866	-0.44	0.678	1.00
제작업체	-0.03938	-0.01969	0.00866	-2.27	0.072	1.00
두께*밀도	0.00738	0.00369	0.00866	0.43	0.688	1.00
두께*접착력	-0.00738	-0.00369	0.00866	-0.43	0.688	1.00
두께*제작업체	0.00138	0.00069	0.00866	0.08	0.940	1.00
밀도*접착력	-0.00087	-0.00044	0.00866	-0.05	0.962	1.00
밀도*제작업체	-0.00412	-0.00206	0.00866	-0.24	0.821	1.00
접착력*제작업체	-0.03688	-0.01844	0.00866	-2.13	0.086	1.00

##### 모형 요약

	S R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
	0.0346347	89.32%	67.95%
			0.00%

※ S-Value và R-Squared (Adjusted) sau khi tương tác lần 3 Pooling

##### 모형 요약

	S R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
	0.07225	90.70%	0.00%
			0.00%

##### 분산 분석

출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값
모형	10	0.050143	0.005014	4.18	0.064
선형	4	0.044190	0.011047	9.21	0.016
두께	1	0.000023	0.000023	0.02	0.896
밀도	1	0.037733	0.037733	31.46	0.002
접착력	1	0.000233	0.000233	0.19	0.678
제작업체	1	0.006202	0.006202	5.17	0.072
2차 교호작용	6	0.005953	0.000992	0.83	0.594
두께*밀도	1	0.000218	0.000218	0.18	0.688
두께*접착력	1	0.000218	0.000218	0.18	0.688
두께*제작업체	1	0.000008	0.000008	0.01	0.940
밀도*접착력	1	0.000003	0.000003	0.00	0.962
밀도*제작업체	1	0.000068	0.000068	0.06	0.821
접착력*제작업체	1	0.005439	0.005439	4.53	0.086
오차	5	0.005998	0.001200		
총계	15	0.056140			

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Full factorial Design)

#### 세션 1 Kết quả (Sau khi Pooling Tương tác một phần lần 2)

##### 코드화된 계수

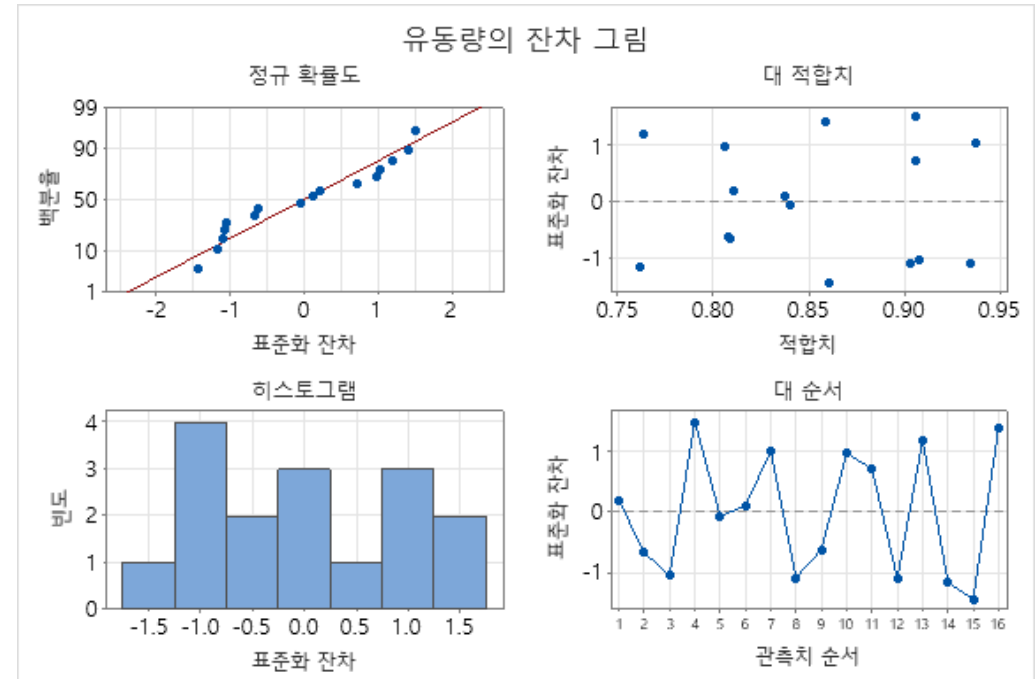
항	효과	계수	SE 계수	T-값	P-값	VIF
상수		0.85319	0.00638	133.74	0.000	
두께	-0.00237	-0.00119	0.00638	-0.19	0.856	1.00
밀도	0.09713	0.04856	0.00638	7.61	0.000	1.00
접착력	-0.00762	-0.00381	0.00638	-0.60	0.563	1.00
제작업체	-0.03938	-0.01969	0.00638	-3.09	0.012	1.00
접착력*제작업체	-0.03688	-0.01844	0.00638	-2.89	0.016	1.00

##### 모형 요약

	S-R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
	0.0255179	88.40%	82.60%
			70.31%

##### 분산 분석

출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값
모형	5	0.049629	0.009926	15.24	0.000
선형	4	0.044190	0.011047	16.97	0.000
두께	1	0.000023	0.000023	0.03	0.856
밀도	1	0.037733	0.037733	57.95	0.000
접착력	1	0.000233	0.000233	0.36	0.563
제작업체	1	0.006202	0.006202	9.52	0.012
2차 교호작용	1	0.005439	0.005439	8.35	0.016
접착력*제작업체	1	0.005439	0.005439	8.35	0.016
오차	10	0.006512	0.000651		
총계	15	0.056140			



- 밀도, nhà sản xuất, lực bám dính\*sự khác biệt đáng kể của nhà sản xuất (Nhân tố trọng yếu : mật độ, nhà sản xuất, lực bám dính)
- Có một vấn đề nhỏ về độ nhọn trong biểu đồ xác suất phân phối chuẩn, nhưng khi kiểm định thêm tính phân phối chuẩn thì nó lại bình thường về mặt thống kê.
- Khi kiểm tra thứ tự giá trị quan sát và giá trị thích hợp, thì tính đồng nhất phương sai và tính độc lập đều thỏa mãn.

## 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Full factorial Design)

### 1) 2-level Full factorial design

**Minitab** Stat> DOE > Factorial > Factorial Plots ■ Main effects Plot

**요인 그림**

반응 변수(R): 유동량

그림에 포함할 변수

사용 가능(A):

선택됨(S): 두께, 밀도, 접착력, 제작업체

표시할 항(I): 모형 항만

옵션(P)... **그래프(G)...** 모형 보기(V)...

도움말 확인(O) 취소

---

**요인 그림: 그래프**

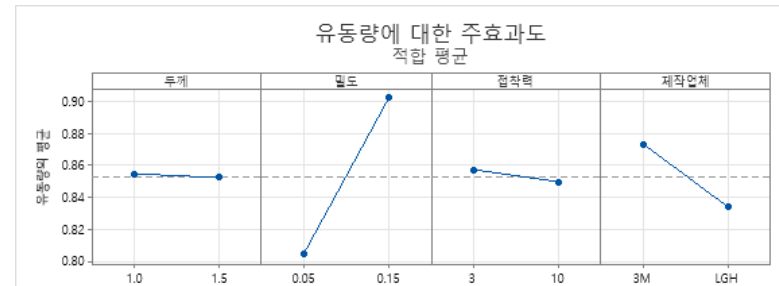
☒ 주효과도(M)

☒ 교호작용도(I)

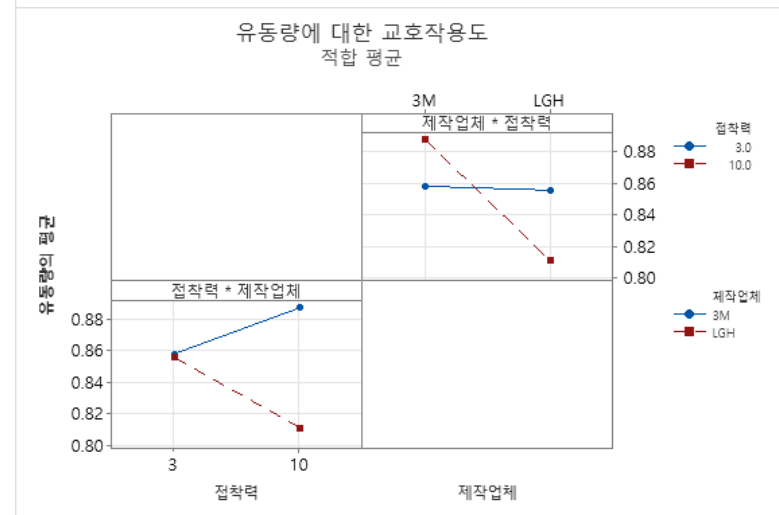
☐ 왼쪽 아래 행렬 표시(W)

☒ 전체 행렬 표시(F) **각 변수 쌍에 대해 모두 표시**

도움말 확인(O) 취소



### ■ Interaction plot



### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm (Mảng trực giao)

#### 2) DOE theo bảng trực giao (table of orthogonal)

##### ▪ Vấn đề của phương pháp thiết kế toàn phần (Full factorial Design)

- Trong trường hợp thí nghiệm có nhiều nhân tố và nhiều hơn 3 cấp độ, thì số lượng thí nghiệm tăng lên nhanh chóng.
- Khi tiến hành thử nghiệm với 3 mức độ trở lên, Minitab chỉ cung cấp phương pháp thiết kế toàn phần → giảm độ dễ của thử nghiệm.

##### ▪ Mảng trực giao là gì?

- Một bảng được tạo ra sao cho có thể dễ dàng tạo thiết kế thử nghiệm (phương pháp thiết kế từng phần, phương pháp phân chia, phương pháp trộn lẫn,...) để giảm số lượng thử nghiệm bằng cách loại trừ các tương tác bậc 2 hoặc bậc cao hơn.
- Một số tương tác bậc 2 đáng quan tâm cũng có thể được phát hiện tập trung vào hiệu quả chính.

##### ▪ Điểm mạnh

- Bảng thao tác máy móc, có thể dễ dàng thực hiện thiết kế như phương pháp thiết kế theo phần, phương pháp phân chia, phương pháp trộn lẫn,.. mà không cần nắm rõ lý thuyết.
- Thật dễ dàng để tính toán sự biến động nhân tố từ dữ liệu thử nghiệm và soạn bảng phân tích phương sai.
- Nhiều nhân tố được đưa vào thử nghiệm mà không cần mở rộng quy mô thử nghiệm và cũng dễ dàng tiến hành thử nghiệm.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm (Mảng trực giao)

#### 2) DOE theo bảng trực giao (table of orthogonal)

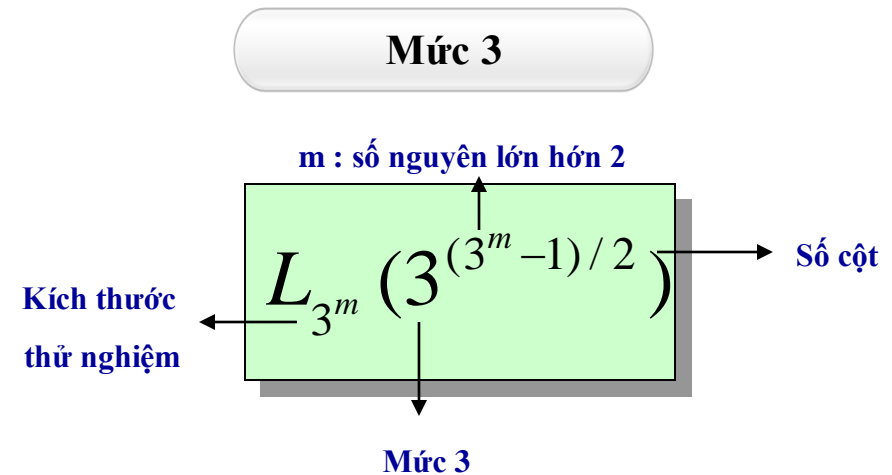
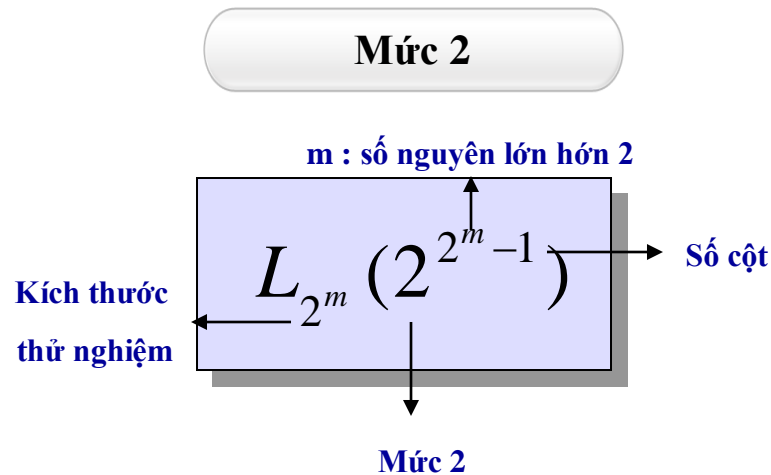
- So sánh với thiết kế giai thừa

Có thể giảm số lượng thử nghiệm bằng cách trực giao hóa và đưa nhiều nhân tố vào thử nghiệm.

Level	Số nhân tố	Số lần thử nghiệm	
		Bảng trực giao	Phương pháp thiết kế toàn phần
Mức 2	3	4	8
	7	8	128
	11	12	2,048
	15	16	32,768
Mức 3	4	9	81
	13	27	1,594,323
Mức hỗn hợp	1( mức 2) + 7(mức 3)	18	4,374
	2(mức 2) + 13(mức 3)	36	6,377,292
Note			Số lần thử tăng

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm (Mảng trực giao)

#### 3) Mảng trực giao hệ mức 2/ hệ mức 3



- Thử nghiệm dạng  $2^n$  chủ yếu được dùng trong bảng trực giao mức 2.
- Số lượng nhân tố tối đa có thể bố trí bằng số lượng cột  $2^{2^m} - 1$
- Nếu dùng bảng trực giao thì có thể thử nghiệm với số lượng nhân tố  $2^m - 1$  và số lần thử nghiệm  $2^m$

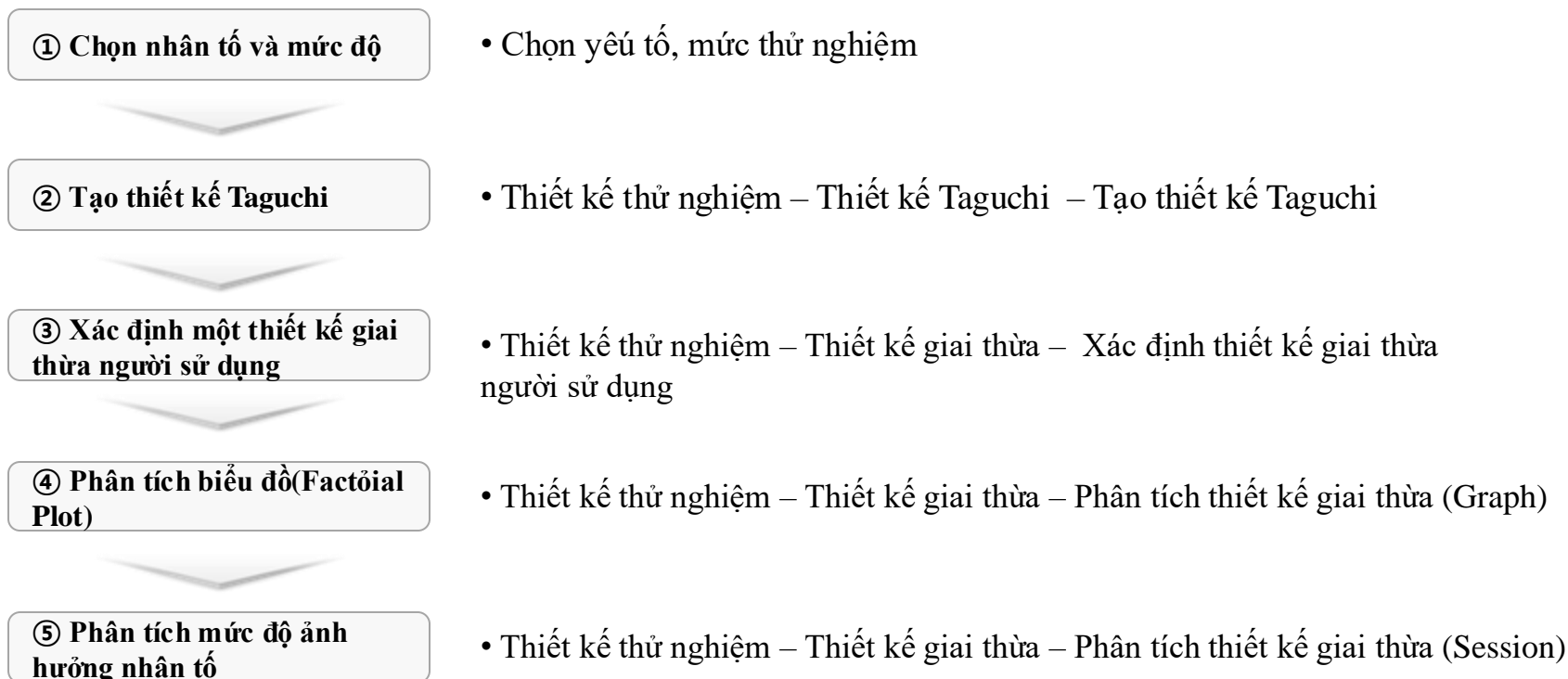
- Khi có 3 mức, nhân tố là dữ liệu liên tục, và không chắc chắn rằng giá trị lớn hay giá trị nhỏ sẽ tốt hơn điều kiện hiện tại.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm (Mảng trực giao)

#### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab

- Phương pháp : **‘Bảng trực giao’** của **‘Thiết kế Taguchi’** được sử dụng để **thiết kế thử nghiệm** và **‘thiết kế giai thừa’** được sử dụng để **phân tích**.

※ Khác với phương pháp thiết kế giai thừa, thiết kế Taguchi áp dụng các nguyên tắc trực giao và trộn lẫn để thiết kế thí nghiệm ngay cả trong các thí nghiệm có 3 mức level trở lên.





### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab

- Thiết kế thử nghiệm bằng Minitab

##### Đơn – một mức

Taguchi 설계: 사용 가능한 설계

사용 가능한 Taguchi 설계(요인 수 표시)

설계	2 수준	3 수준	4 수준	5 수준
L4	2-3			
L8	2-7			
L9		2-4		
L12	2-11			
L16	2-15			
L16			2-5	
L25				2-6
L27		2-13		
L32	2-31			

단일-수준 / 혼합 2-3 수준 / 혼합 2-4 수준 / 혼합 2-8 수준

도움말 확인(Q)

##### Hỗn hợp mức 2 – 3

Taguchi 설계: 사용 가능한 설계

사용 가능한 Taguchi 설계(요인 수 표시)

설계	혼합 2-3 수준	3 수준
L18	1	1-7
L36	1-11	2-12
L36	1-3	13
L54	1	3-25

단일-수준 / 혼합 2-3 수준 / 혼합 2-4 수준 / 혼합 2-8 수준

도움말 확인(Q)

##### Hỗn hợp mức 2 – 4

Taguchi 설계: 사용 가능한 설계

사용 가능한 Taguchi 설계(요인 수 표시)

설계	혼합 2-4 수준	4 수준
L8	1-4	1
L16	2-12	1
L16	1-9	2
L16	1-6	3
L16	1-3	4
L32	1	2-9

단일-수준 / 혼합 2-3 수준 / 혼합 2-4 수준 / 혼합 2-8 수준

도움말 확인(Q)

##### Hỗn hợp mức 2 – 8

Taguchi 설계: 사용 가능한 설계

사용 가능한 Taguchi 설계(요인 수 표시)

설계	혼합 2-8 수준	8 수준
L16	1-8	1

혼합 2-3 수준 / 혼합 2-4 수준 / 혼합 2-8 수준 / 혼합 3-6 수준

도움말 확인(Q)

##### Hỗn hợp mức 3 – 6

Taguchi 설계: 사용 가능한 설계

사용 가능한 Taguchi 설계(요인 수 표시)

설계	혼합 3-6 수준	6 수준
L18	1-6	1

혼합 2-4 수준 / 혼합 2-8 수준 / 혼합 3-6 수준

도움말 확인(Q)

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm (Mảng trực giao)

#### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_4(2^3)$

##### (VD) Lượng lưu động Foam PAD

Panel và BLU được gắn vào model TV thể hệ tiếp theo, và sử dụng 1 tấm Foam Pad để ngăn các dị vật xâm nhập. Lượng lưu động của Foam Pad được chọn làm CTQ, độ dày, mật độ, độ bám dính, nhà sản xuất của Foam Pad được chọn làm Nhân tố trọng yếu.

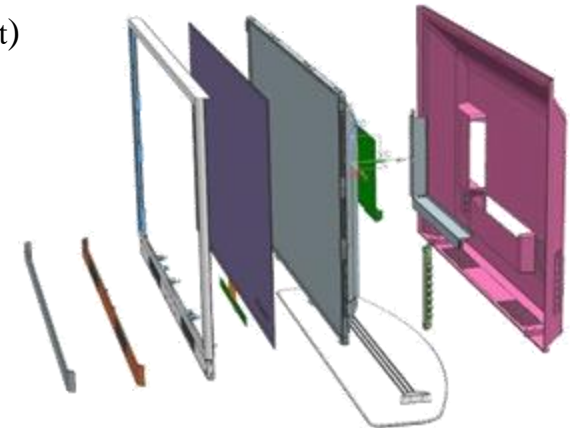
Trong số các nhân tố được chọn, những nhân tố nào ảnh hưởng đến lượng lưu động của Foam PAD.

>Data : 2.Analyze\_Thiết kế thử nghiệm\_직교배열활용 부분배치법1

● **Giá trị phản hồi (Y) : Lượng lưu động Foam PAD** (đặc tính càng bé càng tốt)

● **Split nhân tố và mức độ**

Phân chia	A (độ dày, mm)	B (mật độ, g/cm <sup>2</sup> )	C (độ bám dính)
Mức 1	1.0	0.05	60
Mức 2	1.5	0.15	90



Q1. Thử nghiệm trực giao ít nhất để phát hiện các hiệu quả chính A, B, C là gì?

Q2. Thực hiện ANOVA bằng cách sử dụng kết quả của thử nghiệm này và rút ra một nhân tố quan trọng.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4) ) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_4(2^3)$

Minitab Stat> DOE> Taguchi > Creat Taguchi Design

세션 **Kết quả**

DOE trên Worksheet

C1	C2	C3	C4
두께	밀도	접착력	유동량
1.0	0.05	60	0.788
1.0	0.15	90	0.887
1.5	0.05	90	0.840
1.5	0.15	60	0.936

DOE bằng mảng  
trực giao

Nhập kết quả  
thực nghiệm

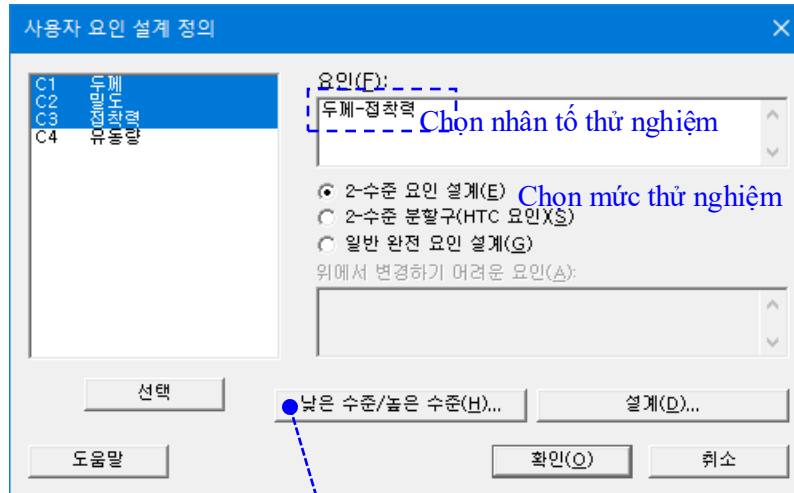
### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4) ) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_4(2^3)$

Minitab Stat> DOE> Factorial > Define Custom Factorial Design



Kết quả

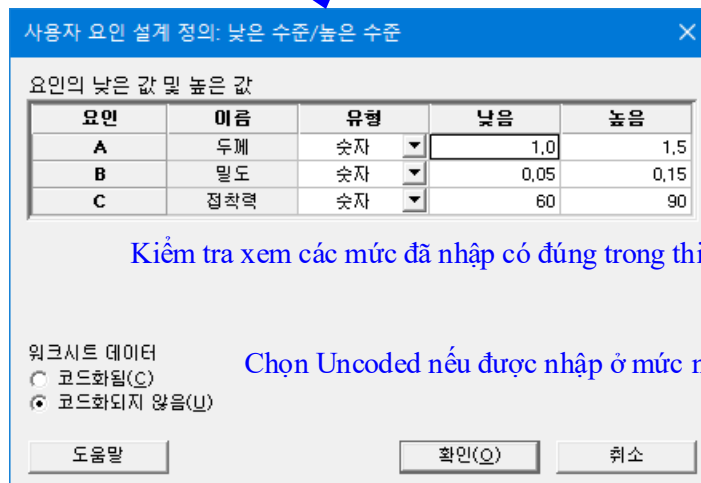


Thiết kế thử nghiệm in trên Worksheet

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
두께	밀도	접착력	유동량	표준 순서	런 순서	블럭	중양점
1.0	0.05	60	0.788	1	1	1	1
1.0	0.15	90	0.887	2	2	1	1
1.5	0.05	90	0.840	3	3	1	1
1.5	0.15	60	0.936	4	4	1	1

두께	밀도	접착력	유동량
1	0.05	60	0.796
1	0.15	90	0.958
1.5	0.05	90	0.795
1.5	0.15	60	0.913

ạo ra thông qua 'Thiết  
i thành cấu trúc để  
phân tích thiết kế giải thừa tổng quát.



Kiểm tra xem các mức đã nhập có đúng trong thiết kế Taguchi không

Chọn Uncoded nếu được nhập ở mức nhân tố thử nghiệm

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4) ) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_4(2^3)$

Minitab Stat> DOE > Factorials > Analyze Factorial Design.

The image shows three Minitab dialog boxes for setting up a Fractional Factorial Design  $L_4(2^3)$ .

**요인 설계 분석 (Factorial Design Setup):**

- 반응(B): 유동률
- 항(I)...: (Main effects)
- 공변량(C)...: (Covariates)
- 옵션(O)...: (Options)
- 단계적 회귀 분석(W)...: (Stepwise Regression)
- 그래프(G)...: (Graphs)
- 결과(U)...: (Results)
- 저장(S)...: (Save)
- 확인(O): OK
- 취소: Cancel

**요인 설계 분석: 항 (Factorial Design Setup: Terms):**

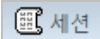
- 모형에 포함되는 항의 최대 차수(J): 1
- 사용 가능한 항(A): A:도메, B:밀도, C:경도, AB, AC, BC, ABC
- 선택 항(S): A:도메, B:밀도, C:경도
- Chỉ chọn Main effects
- 모형에 분적 포함(B): ☐
- 모형에 중앙점 포함(P): ☐
- 확인(O): OK
- 취소: Cancel

**요인 설계 분석: 그래프 (Factorial Design Setup: Graphs):**

- 효과도: ☒ Pareto(P), ☐ 정규 분포(N), ☐ 1/2 정규 분포(A)
- 모형 항만 표시: ☐
- 사용할 잔차: ☐ 잔차(G), ☒ 표준화 잔차(S), ☐ 외적 스튜던트화 잔차(E)
- 잔차 그림: ☐ 개별 그림(U), ☐ 히스토그램(H), ☐ 정규 확률도(M), ☐ 잔차 대 적합치(B), ☐ 잔차 대 순서(D)
- ☒ 단계 모두(F)
- 잔차 대 변수(V):
- Tiến hành phân tích Residual để kiểm tra các ngoại lệ.
- 확인(O): OK
- 취소: Cancel

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_4(2^3)$



#### Kết quả phân tích (Trước Pooling)

##### 모형 요약

S	R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
*	100.00%	*	*

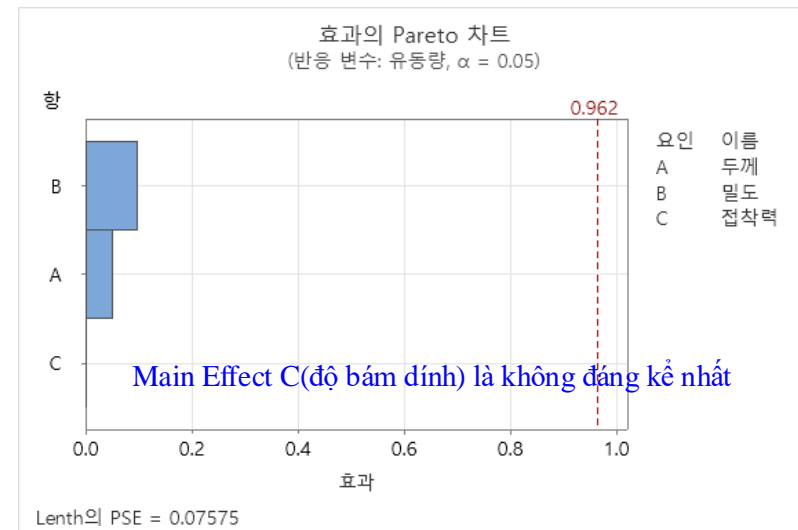
##### 분산 분석

출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값
모형	3	0.012059	0.004020	*	*
선형	3	0.012059	0.004020	*	*
두께	1	0.002550	0.002550	*	*
밀도	1	0.009506	0.009506	*	*
접착력	1	0.000002	0.000002	*	*
오차	0	*	*		
총계	3	0.012059			

##### 코드화되지 않은 단위의 회귀 방정식

유동량 = 0.6353 + 0.1010 두께 + 0.9750 밀도 + 0.000050 접착력

#### Pareto Chart



- F-Value và P-Value không được tính toán vì không có SS-Value và bậc tự do của sai số.
- Độ bám dính có giá SS-Value nhỏ nhất được Pooling với hằng sai số, và tiến hành phân tích ANOVA lại.

## 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design  $L_4(2^3)$ 

## Kết quả phân tích (Sau Pooling)

## 코드화된 계수

항	효과	계수	SE 계수	T-값	P-값	VIF
상수		0.862750	0.000750	1150.33	0.001	
두께		0.050500	0.025250	33.67	0.019	1.00
밀도		0.097500	0.048750	65.00	0.010	1.00

## 모형 요약

S	R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
0.0015	99.98%	99.94%	99.70%

## 분산 분석

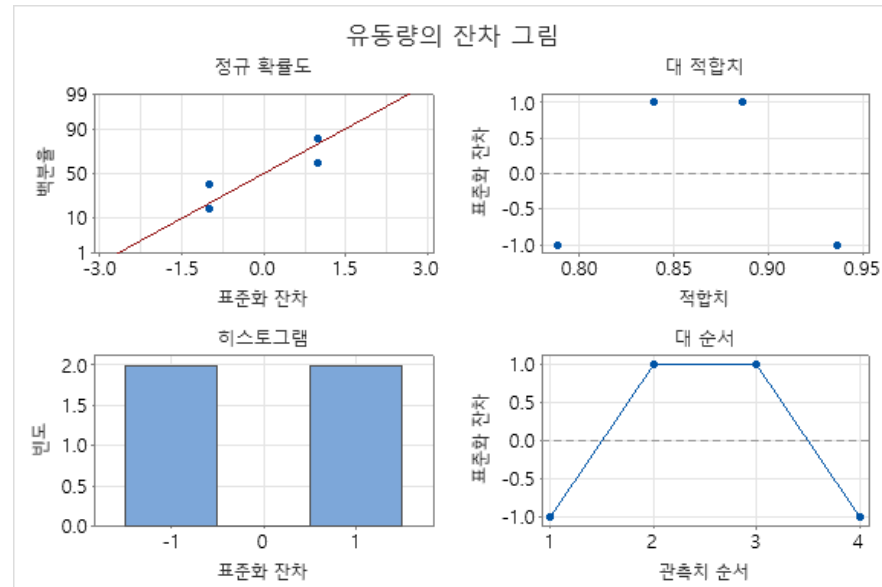
출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값
모형	2	0.012057	0.006028	2679.22	0.014
선형	2	0.012057	0.006028	2679.22	0.014
두께	1	0.002550	0.002550	1133.44	0.019
밀도	1	0.009506	0.009506	4225.00	0.010
오차	1	0.000002	0.000002		
총계	3	0.012059			

## 코드화되지 않은 단위의 회귀 방정식

$$\text{유동량} = 0.63900 + 0.10100 \text{ 두께} + 0.9750 \text{ 밀도}$$

## Residual plots

Các Residual plot không có ý nghĩa lớn trong các thí nghiệm với mẫu nhỏ.



- Mức ý nghĩa 5%, độ dày, mức độ đều đáng kể.
- Tại đó, phương trình hồi quy ước tính là,  
 $\text{Lượng lưu động} = 0.63900 + 0.10100 \text{ độ dày} + 0.9750 \text{ mật độ}$ ,  
 Biến động được giải thích bằng phương trình hồi quy là 99.98% (R-Squared)

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_4(2^3)$

Minitab Stat> DOE > Factorials > Factorial Plots

#### Main Effects Plot

**요인 그림**

반응 변수(R): **유동량**

그림에 포함할 변수

사용 가능(A):

선택됨(S):

Chon nhan to de ve do thi

표시할 항(I): **모형 항만**

옵션(P)...    그래프(G)...    형 보기(V)...

도움말    확인(O)    취소

**요인 그림: 그래프**

☒ 주효과도(M)

☒ 교호작용도(I)

☒ 왼쪽 아래 행렬 표시

☐ 전체 행렬 표시(E)

도움말

**요인 그림: 모형 보기**

모형 유형: **요인**

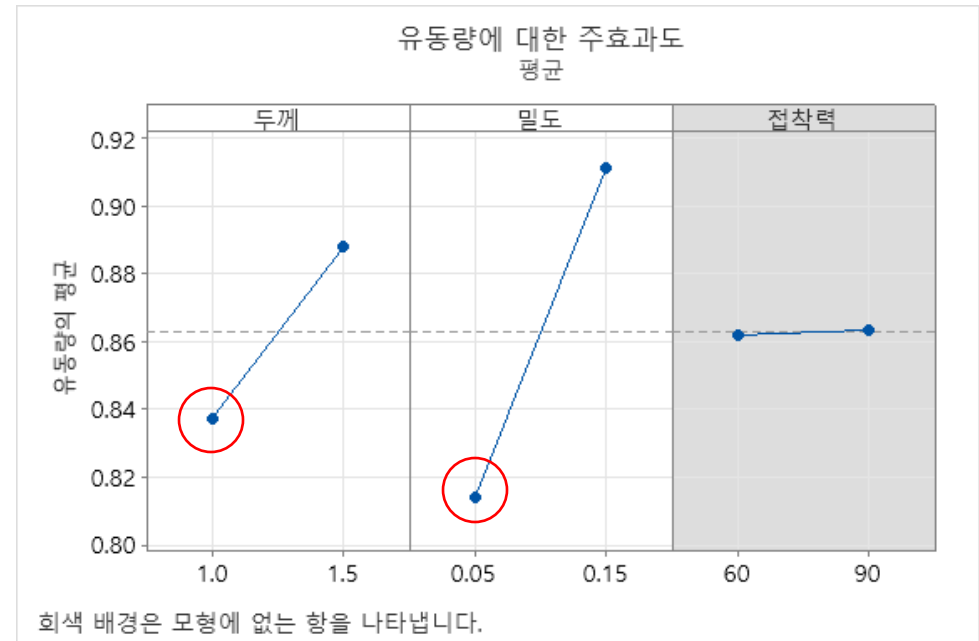
반응 변수(R): **유동량**

항(I): **두께 밀도**

Tự động lựa chọn các nhân tố quan trọng.

모형 상태: 모형이 현재 데이터를 사용합니다.

도움말



- Độ dày 1.0, mật độ 0.05 thì lượng lưu động là nhỏ nhất.
- Độ bám dính giữa các mức độ là không có sự khác biệt.
- Khi mức độ tăng lên thì yếu tố mật độ có tác dụng làm tăng lượng lưu động.



### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_4(2^3)$

**Q3. Nếu tiến hành thử nghiệm lên thiết bị dán Foam Pad, số thí nghiệm được lặp lại 2 lần và thử nghiệm 4 lần lên mỗi thiết bị số 1 và số 2, thì có thể phân tích được sự ảnh hưởng lên thiết bị Foam Pad hay không?**

1) Thiết kế thử nghiệm in trên Worksheet

두께	밀도	접착력
1.0	0.05	60
1.0	0.15	90
1.5	0.05	90
1.5	0.15	60

Soạn thiết kế thử nghiệm dựa trên phương pháp Taguchi.

2) Copy điều kiện cho các thử nghiệm lặp lại

두께	밀도	접착력
1.0	0.05	60
1.0	0.15	90
1.5	0.05	90
1.5	0.15	60
1.0	0.05	60
1.0	0.15	90
1.5	0.05	90
1.5	0.15	60

Tiến hành thử nghiệm lặp lại với mỗi Block(thiết bị)  
(copy & paste)

3) Thử tự thử nghiệm và kết quả

두께	밀도	접착력	유동량	Block
1.0	0.05	60	0.796	1
1.0	0.15	90	0.958	1
1.5	0.05	90	0.795	1
1.5	0.15	60	0.913	1
1.0	0.05	60	0.788	2
1.0	0.15	90	0.887	2
1.5	0.05	90	0.840	2
1.5	0.15	60	0.936	2

Thứ tự thực tế

Kết quả

Block(thiết bị)

## 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_4(2^3)$

Minitab Stat > DOE > Factorials > Define Custom Factorial Design

세션 Kết quả DOE

사용자 요인 설계 정의

C1 두께  
C2 밀도  
C3 접착력  
C4 유동량  
C5 Block

요인(F):  
두께-접착력  
Chosen số nhân tố thử nghiệm

☒ 2-수준 요인 설계(E) Chosen mức thử nghiệm  
☐ 2-수준 분할구(HTC 요인 Xs)  
☐ 일반 완전 요인 설계(G)  
위에서 변경하기 어려운 요인(A):

선택  
도움말  
낮은 수준/높은 수준(H)...  
설계(D)...  
확인(O)  
취소

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
두께	밀도	접착력	유동량	Block	표준 순	런 순서	중양점
1.0	0.05	60	0.796	1	1	1	1
1.0	0.15	90	0.958	1	2	2	1
1.5	0.05	90	0.795	1	3	3	1
1.5	0.15	60	0.913	1	4	4	1
1.0	0.05	60	0.788	2	5	5	1
1.0	0.15	90	0.887	2	6	6	1
1.5	0.05	90	0.840	2	7	7	1
1.5	0.15	60	0.936	2	8	8	1

Cấu trúc thử nghiệm được tạo ra thông qua ‘thiết kế Taguchi’, đã được thay đổi thành cấu trúc để phân tích thiết kế giai thừa chung.

사용자 요인 설계 정의: 낮은 수준/높은 수준

요인의 낮은 값 및 높은 값

요인	이름	유형	낮음	높음
A	두께	숫자	1.0	1.5
B	밀도	숫자	0.05	0.15
C	접착력	숫자	60	90

워크시트 데이터  
☐ 코드화됨(C)  
☒ 코드화되지 않음(U)

도움말  
확인(O)  
취소

Kiểm tra xem mức độ được nhập trong thiết kế Taguchi đúng hay chưa.

Nếu được nhập bằng mức nhân tố thử nghiệm, thì chọn Uncoded

사용자 2-수준 요인 설계 정의: 설계

C4 유동량  
C5 Block

표준 순서 열  
☒ 데이터 순서(D)  
☐ 열별도 지정(C)

런 순서 열  
☒ 데이터 순서(B)  
☐ 열별도 지정(E)

중양점  
☒ 중앙점 없음(E)  
☐ 열별도 지정(F)

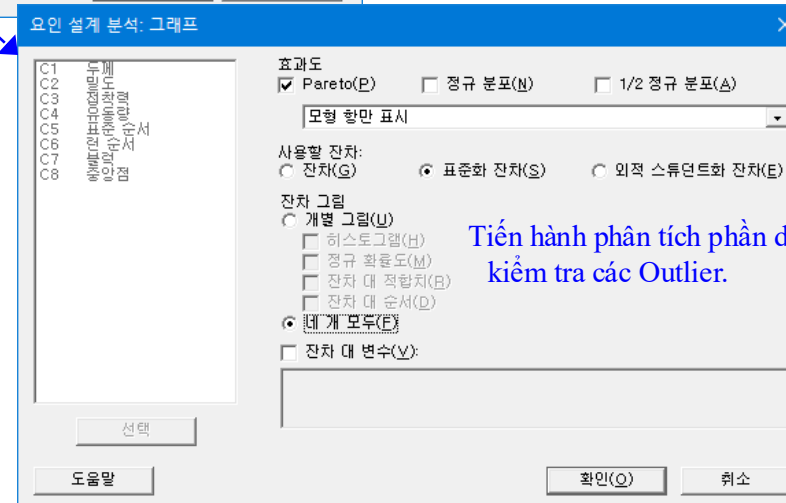
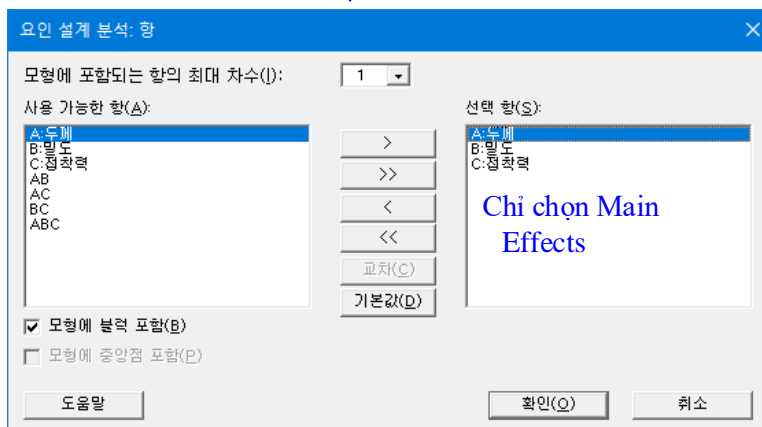
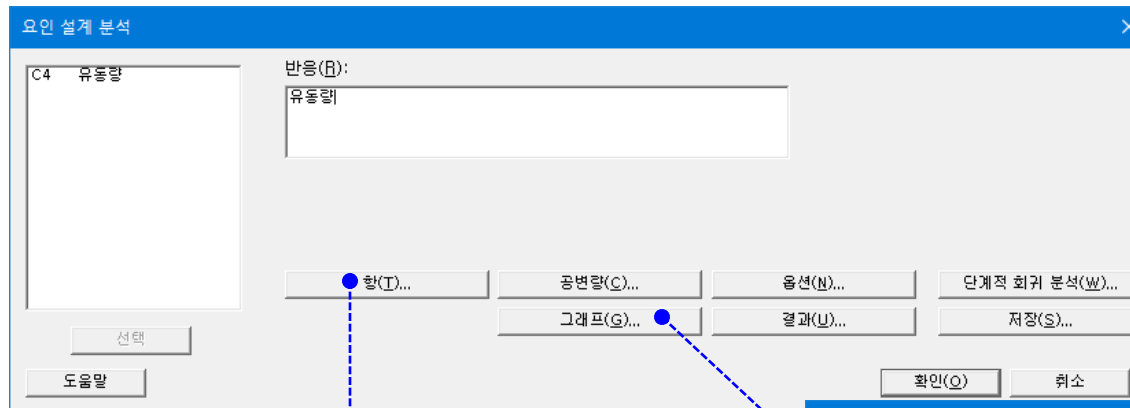
블록  
☐ 블록 없음(N)  
☐ 열별도 지정(S)  
Block

선택  
도움말  
확인(O)  
취소

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_4(2^3)$

./ Minitab Stat> DOE > Factorials > Analyze Factorial Design



### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_4(2^3)$

##### 세션 Kết quả phân tích (Trước Block Pooling)

## 모형 요약

S	R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
0.0356575	88.33%	72.77%	17.02%

## 분산 분석

출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값
모형	4	0.028872	0.007218	5.68	0.093
블록	1	0.000015	0.000015	0.01	0.920
선형	3	0.028857	0.009619	7.57	0.065
두께	1	0.000378	0.000378	0.30	0.623
밀도	1	0.028203	0.028203	22.18	0.018
접착력	1	0.000276	0.000276	0.22	0.673
오차	3	0.003814	0.001271		
총계	7	0.032687			

## 코드화되지 않은 단위의 회귀 방정식

유동량 = 0.6816 + 0.0275 두께 + 1.187 밀도 + 0.000392 접착력

여러 블록에 대해 평균화된 방정식.

Block  
Pooling

##### 세션 Kết quả phân tích (Sau Block Pooling)

## 모형 요약

	S R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
	0.0309415	88.28%	79.50%
			53.14%

## 분산 분석

출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값
모형	3	0.028857	0.009619	10.05	0.025
선형	3	0.028857	0.009619	10.05	0.025
두께	1	0.000378	0.000378	0.39	0.564
밀도	1	0.028203	0.028203	29.46	0.006
접착력	1	0.000276	0.000276	0.29	0.620
오차	4	0.003829	0.000957		
총계	7	0.032687			

## 코드화되지 않은 단위의 회귀 방정식

유동량 = 0.6816 + 0.0275 두께 + 1.188 밀도 + 0.000392 접착력

- Mức ý nghĩa dưới 5%, P-Value của Block 0.920  
Có thể nói là không có ảnh hưởng theo thiết bị (호기).

- Trong số Main Effects, tiến hành Pooling độ dày ko đáng kể và độ bám dính không đáng kể vào hằng sai số.

## 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design L<sub>4</sub>(2<sup>3</sup>)세션 **Kết quả(sau Block Pooling)**

## Phân tích kết quả

## 모형 요약

S	R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
0.0273366	86.28%	84.00%	75.61%

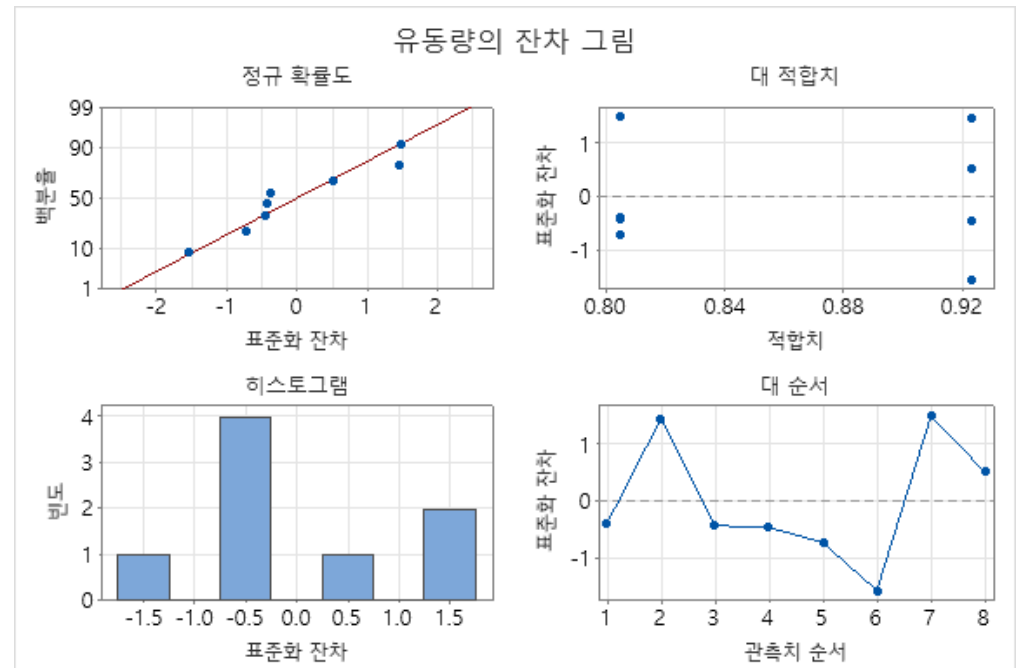
## 분산 분석

출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값
모형	1	0.028203	0.028203	37.74	0.001
선형	1	0.028203	0.028203	37.74	0.001
밀도	1	0.028203	0.028203	37.74	0.001
오차	6	0.004484	0.000747		
총계	7	0.032687			

## 코드화되지 않은 단위의 회귀 방정식

유동량 = 0.7454 + 1.188 밀도

## Residual plots



- Mức ý nghĩa 5%, chỉ có mật độ là có sự khác biệt đáng kể.
- Phương trình hồi quy ước tính : Lượng lưu động = 0.7454 + 1.188 밀도
- Tỷ lệ biến động được giải thích 86.28% (R-Squared)

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4 Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_4(2^3)$

Stat > DOE > Factorials > Factorial Plot

Main Effects Plot

**요인 그림**

반응 변수(B): 유동량

그림에 포함할 변수

사용 가능(A):

선택됨(S): 두께, 밀도, 접착력

표시할 항(I): 모든 항

옵션(P)...    그래프(G)...    모형 보기(V)...

도움말    확인(O)    취소

---

**요인 그림: 그래프**

☒ 주효과도(M)

☒ 교호작용도(I)

☒ 왼쪽 아래 행렬 표시(W)

☐ 전체 행렬 표시(E)

도움말

---

**요인 그림: 모형 보기**

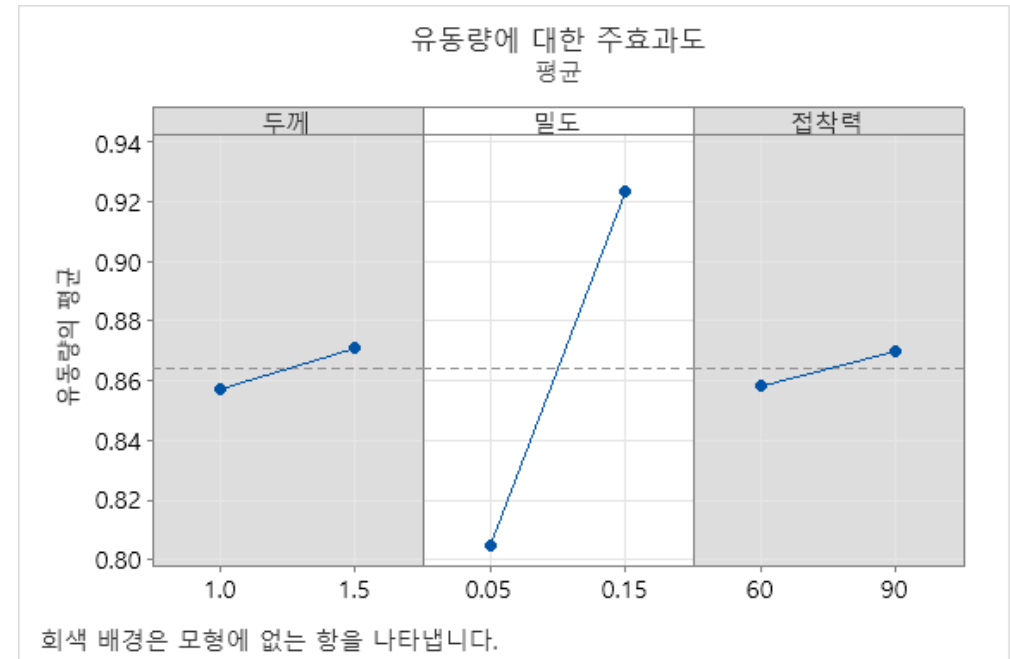
모형 유형: 요인

반응 변수(B): 유동량

항(I): 밀도

모형 상태: 모형이 현재 데이터를 사용합니다.

도움말



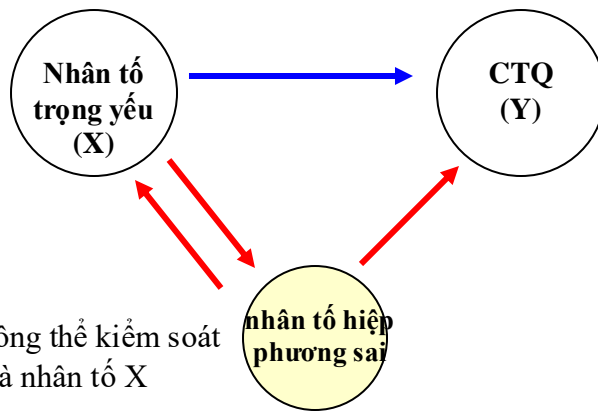
- Ở mật độ 0.05, Lượng lưu động là tối thiểu và hệ số mật độ có tác dụng tăng lượng lưu động khi mức độ tăng.
- Đường như không có sự khác biệt đáng kể giữa độ dày và độ bám dính.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### ▪ Hiệp phương sai (covariate) là gì?

- Các biến chia sẻ nhiều nhân tố chung với nhau.
- Là hệ số ảnh hưởng đến CTQ, là Noise Factor được đo mà người thực nghiệm không tự ý điều chỉnh giá trị.

<VD> Độ rung cơ học.

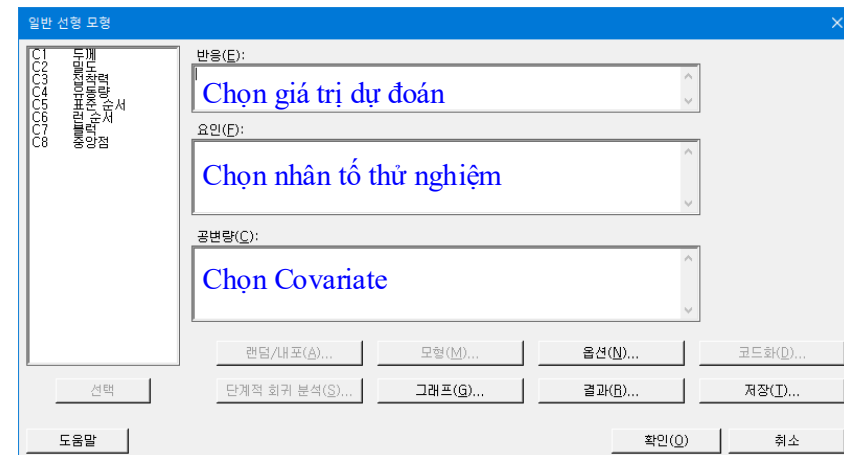


- Không thể kiểm soát
- Y và nhân tố X

※ So sánh nhân tố tham số vs Hiệp phương sai.

Phân chia	Covariate	nhân tố tham số
Khả năng kiểm soát	Không thể	Có thể
Quan điểm $Y = f(X)$	Y hoặc X	X

Minitab Stat> DOE > Factorials > Analyze Factorial Design



### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm (Mảng trực giao)

#### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_{18}(2^1 \times 3^7)$

(VD) Cải tiến đặc tính loff để cải tiến C/T dọc Data : 8.Analyze\_Thiết kế thử nghiệm\_직교배열활용 부분배치법7

Để cải tiến C/T theo chiều dọc, đặt loff làm CTQ và chọn một Nhân tố trọng yếu trong 8 Nhân tố trọng yếu.

Tại đó, cấu trúc ACT(A1, A2) là nhân tố Block, và chọn 7 Para. công đoạn, tiến hành đánh giá Split với mỗi cái 3 mức độ.

● Giá trị phản hồi (Y) : Ioff (càng nhỏ càng tốt)

● nhân tố và mức độ Split

Phân loại	A (cấu trúc ACT)	B (áp lực AL)	C (lưu lượng AL)	D (độ dày AC)	E (độ dày GI)	F (AL Spacing)	G (độ dày AL)	H (AL Power)
Mức 1	A1	2000	6.5	800	4500	650	100	1200
Mức 2	A2	2500	9.0	950	5500	750	200	1300
Mức 3		3000	11.5	1100	6500	850	300	1400

Q1. Thử nghiệm thiết kế trực giao nào có thể được thực hiện với số lượng thử nghiệm tối thiểu khi xác định nhân tố chính đúng với mục đích Screening.

Q2. Khi nhân tố Block được bao gồm như cấu trúc phân lớp, thì bố trí trực giao được sắp xếp như thế nào?

Q3. Giải thích kết quả phân tích bằng Minitab và diễn giải kết quả phân tích.



### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_{18}(2^1 \times 3^7)$

Stat > DOE > Taguchi > Create Taguchi Design

**Taguchi 설계**

설계 유형

- ☐ 2-수준 설계(2) (2 - 31 요인)
- ☐ 3-수준 설계(3) (2 - 13 요인)
- ☐ 4-수준 설계(4) (2 - 5 요인)
- ☐ 5-수준 설계(5) (2 - 6 요인)
- ☒ 혼합 수준 설계(M) (2 - 26 요인)

요인 수(N):

사용 가능한 설계 표시(Y)...

설계(D)... 요인(F)...

옵션(P)...

확인(O) 취소

도움말

**Taguchi 설계: 설계**

현(B)	수준 ^ 열	수준 ^ 열
L16	4 ^ 1	2 ^ 7
L16	4 ^ 2	2 ^ 6
L16	4 ^ 3	2 ^ 5
L16	8 ^ 1	2 ^ 7
L18	2 ^ 1	3 ^ 7
L32	2 ^ 1	4 ^ 7
L36	2 ^ 1	3 ^ 7
L36	2 ^ 2	3 ^ 6

☐ 동적 특성에 대한 신호 요인 추가(S)

도움말 확인(O) 취소

**Taguchi 설계: 요인**

요인 지정

- ☒ 배열의 열에 아래 지정된 대로(C)
- ☐ 선택한 교호작용에 대한 추정 허용(E)

교호작용(I)...

요인	이름	수준 값	열	수준
A	ACT 구조	A1 A2	1	2
B	AL 압력	2000 2500 3000	2	3
C	AL 유량비	6,5 9,0 11,5	3	3
D	잔류 AC	800 950 1100	4	3
E	GI 두께	4500 5500 6500	5	3

도움말 확인(O) 취소

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4 Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_{18}(2^1 \times 3^7)$

##### 세션 Kết quả DOE

##### 설계 요약

Taguchi 배열  $L_{18}(2^1 \times 3^7)$

요인: 8

런: 18

$2^1$  &  $3^7$  인자 혼합수준 18회 실험

$L_{18}(2^1 \times 3^7)$  배열의 열: 1 2 3 4 5 6 7 8

1) Thiết kế thử nghiệm in trên Worksheet và nhập kết quả

C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
ACT 구조	AL 압력	AL 유량비	잔류 AC 두	GI 두께	AL Spacin	AL 두께	AL Power	loff
A1	2000	6.5	800	4500	650	100	1200	37
A1	2000	9.0	950	5500	750	200	1300	32
A1	2000	11.5	1100	6500	850	300	1400	22
A1	2500	6.5	800	5500	750	300	1400	80
A1	2500	9.0	950	6500	850	100	1200	20
A1	2500	11.5	1100	4500	650	200	1300	25
A1	3000	6.5	950	4500	850	200	1400	21
A1	3000	9.0	1100	5500	650	300	1200	20
A1	3000	11.5	800	6500	750	100	1300	26
A2	2000	6.5	1100	6500	750	200	1200	34
A2	2000	9.0	800	4500	850	300	1300	30
A2	2000	11.5	950	5500	650	100	1400	29
A2	2500	6.5	950	6500	650	300	1300	80
A2	2500	9.0	1100	4500	750	100	1400	20
A2	2500	11.5	800	5500	850	200	1200	27
A2	3000	6.5	1100	5500	850	100	1300	35
A2	3000	9.0	800	6500	650	200	1400	21
A2	3000	11.5	950	4500	750	300	1200	28

Thứ tự thử  
th nghiệm thực  
tế

Thiết lập trình tự thí nghiệm và tiến hành,  
sau đó nhập kết quả.

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_{18}(2^1 \times 3^7)$

Stat> DOE> Factorial > Define Custom Factorial Design

사용자 요인 설계 정의

C1 ACT 구조  
C2 AL 압력  
C3 AL 유량비  
C4 잔류 AC 두께  
C5 GI 두께  
C6 AL Spacing  
C7 AL 두께  
C8 AL Power  
C9 loff

요인(F):  
'ACT 구조'-AL Power'

☐ 2-수준 요인 설계(E)  
☐ 2-수준 분할구(HTC 요인XS)  
☒ 일반 완전 요인 설계(G)  
위에서 변경하기 어려운 요인(A):

선택  
도움말



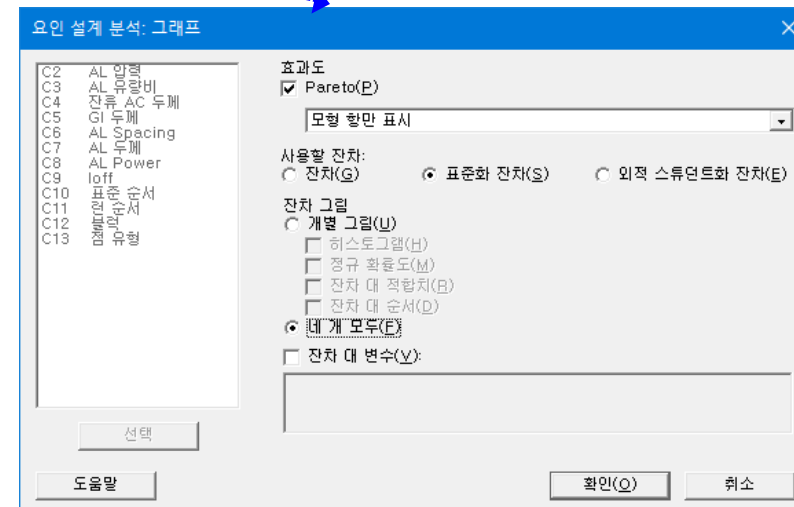
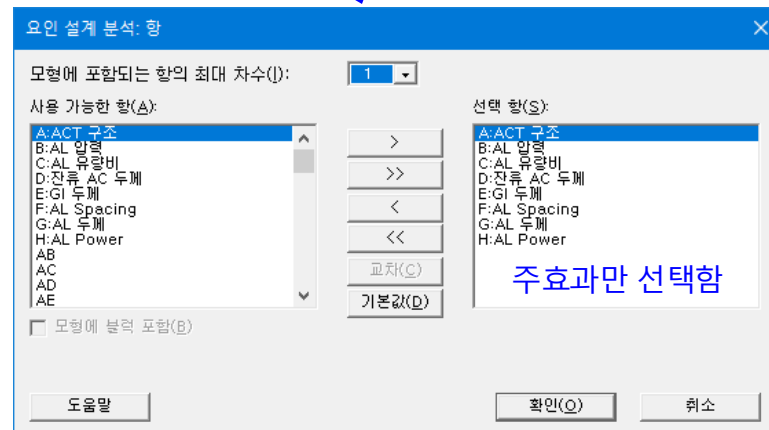
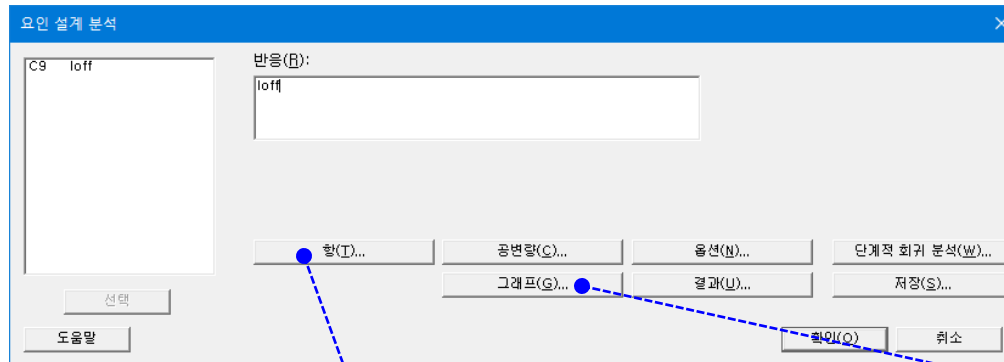
**Kết quả DOE** Thiết kế thử nghiệm in trên Worksheet

C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
ACT 구조	AL 압력	AL 유량비	잔류 AC 두	GI 두께	AL Spacin	AL 두께	AL Power	loff	표준 순서	런 순서	블럭	점 유형
A1	2000	6.5	800	4500	650	100	1200	37	1	1	1	1
A1	2000	9.0	950	5500	750	200	1300	32	2	2	1	1
A1	2000	11.5	1100	6500	850	300	1400	22	3	3	1	1
A1	2500	6.5	800	5500	750	300	1400	80	4	4	1	1
A1	2500	9.0	950	6500	850	100	1200	20	5	5	1	1
A1	2500	11.5	1100	4500	650	200	1300	25	6	6	1	1
A1	3000	6.5	950	4500	850	200	1400	21	7	7	1	1
A1	3000	9.0	1100	5500	650	300	1200	20	8	8	1	1
A1	3000	11.5	800	6500	750	100	1300	26	9	9	1	1
A2	2000	6.5	1100	6500	750	200	1200	34	10	10	1	1
A2	2000	9.0	800	4500	850	300	1300	30	11	11	1	1
A2	2000	11.5	950	5500	650	100	1400	29	12	12	1	1
A2	2500	6.5	950	6500	650	300	1300	80	13	13	1	1
A2	2500	9.0	1100	4500	750	100	1400	20	14	14	1	1
A2	2500	11.5	800	5500	850	200	1200	27	15	15	1	1
A2	3000	6.5	1100	5500	850	100	1300	35	16	16	1	1
A2	3000	9.0	800	6500	650	200	1400	21	17	17	1	1
A2	3000	11.5	950	4500	750	300	1200	28	18	18	1	1

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_{18}(2^1 \times 3^7)$

./ Minitab Stat > DOE > Factorial > Analyze Factorial Design



### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_{18}(2^1 \times 3^7)$

##### 세션 Kết quả (Trước Pooling)

분산 분석						
출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값	
모형	15	5527.28	368.49	29.48	0.033	
선형	15	5527.28	368.49	29.48	0.033	
ACT 구조	1	24.50	24.50	1.96	0.296	
AL 압력	2	884.11	442.06	35.36	0.027	
AL 유량비	2	2101.78	1050.89	84.07	0.012	
잔류 AC 두께	2	403.44	201.72	16.14	0.058	
GI 두께	2	333.78	166.89	13.35	0.070	
AL Spacing	2	418.78	209.39	16.75	0.056	
AL 두께	2	1038.78	519.39	41.55	0.024	
AL Power	2	322.11	161.06	12.88	0.072	
오차	2	25.00	12.50			

모형 요약			
S	R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
3.53553	99.55%	96.17%	63.53%

Block  
Pooling

##### 세션 Kết quả (Sau Pooling)

분산 분석						
출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값	
모형	14	5502.78	393.06	23.82	0.012	
선형	14	5502.78	393.06	23.82	0.012	
AL 압력	2	884.11	442.06	26.79	0.012	
AL 유량비	2	2101.78	1050.89	63.69	0.003	
잔류 AC 두께	2	403.44	201.72	12.23	0.036	
GI 두께	2	333.78	166.89	10.11	0.046	
AL Spacing	2	418.78	209.39	12.69	0.034	
AL 두께	2	1038.78	519.39	31.48	0.010	
AL Power	2	322.11	161.06	9.76	0.049	
오차	3	49.50	16.50			
총계	17	5552.28				

모형 요약			
S	R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
4.06202	99.11%	94.95%	67.91%

- Do cấu trúc ACT (Block) không đáng kể nên cần Pooling vào error và thực hiện lại ANOVA.

- Tất cả các nhân tố ngoài trừ cấu trúc ACT (Block) đều có ý nghĩa
- Biến động được giải thích dựa trên phương trình hồi quy là 99.11%

### 5.1.3. Phân tích định lượng - Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)

#### 4) Thiết kế thử nghiệm trực giao bằng Minitab : Fractional Factorial Design $L_{18}(2^1 \times 3^7)$

./ Minitab Stat> DOE> Factorial > Factorial Plots

Main effects plot

요인 그림

반응 변수(R): loff

그림에 포함할 변수

사용 가능(A):

선택됨(S):

표시할 항(I): 모든 항

옵션(P)...    그래프(G)...    모형 보기(V)...

도움말    확인(O)    취소

요인 그림: 모형 보기

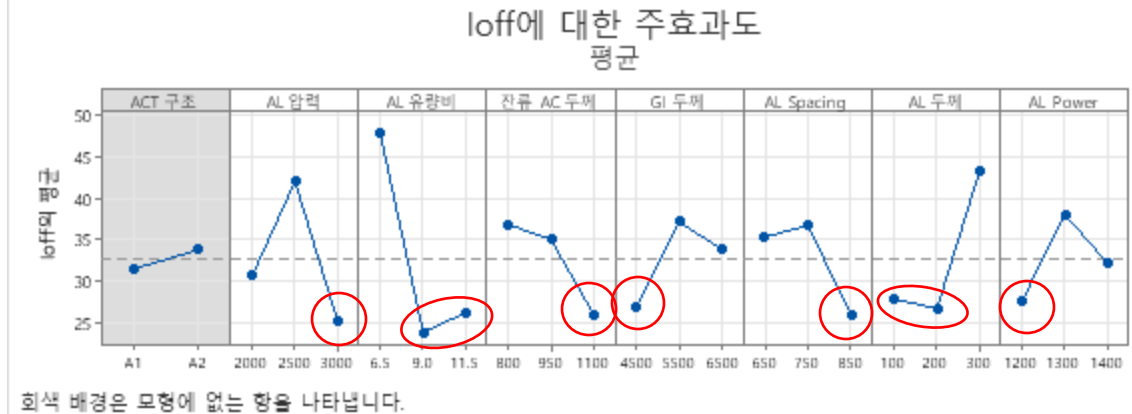
모형 유형: 일반 완전 요인 설계

반응 변수(R): loff

항(I): AL 압력 AL 유량비 잔류 AC 두께 GI 두께 AL Spacing AL 두께 AL Power

모형 상태: 모형이 현재 데이터를 사용합니다.

도움말    닫기(C)



- Tìm và cải tiến sự kết hợp mức độ tối ưu giúp tối thiểu hóa Ioff.

## 5.2. Phân tích định tính



## 5.2. Phân tích định tính

Các kiểm chứng giả thuyết bằng cách tiến hành phân tích phi số dựa trên kiến thức chuyên môn về quy trình và các hoạt động của nhóm khi việc thu thập dữ liệu dữ liệu không dễ dàng hoặc nguyên nhân rõ ràng.

### Áp dụng phân tích định tính

- Phân tích định tính là phân tích phi số học mang tính hệ thống và theo nhóm thông qua phương pháp Bench marking, kiến thức kỹ thuật, Thiết kế thử nghiệm(Mảng trực giao)năng phán đoán, kinh nghiệm của các chuyên gia trong lĩnh vực đó.
- Chủ yếu được sử dụng để thay thế cho Phân tích thống kê khi dữ liệu trong quá khứ và tương lai không đầy đủ hoặc thực tế không thể thu được dữ liệu mới.
- Thường được sử dụng kết hợp với phân tích thống kê để nâng cao hiệu quả và độ tin cậy tổng thể của phân tích.

### Phân tích định tính Points

- Xây dựng sự đồng cảm thông qua các hoạt động làm việc nhóm (Brainstorming) để giải quyết vấn đề.
- Chia sẻ quá trình giải quyết vấn đề với người phụ trách và Leader tổ chức để tìm những lời khuyên.
- Sử dụng các phương pháp như phân tích chức năng, AHP, biểu đồ liên kết, 5Why, Logic Tree, sơ đồ nhân tố đặc trưng dựa trên kinh nghiệm,...



## 5. Giai đoạn Analyze - Summary

### 5. Lựa chọn Nhân tố trọng yếu

