

Phương pháp Taguchi

Chương 5

- Khái niệm chung
- Các bước thực hiện
- Các công cụ hoạch định thí nghiệm

5.1. Khái niệm chung

- Phương pháp Taguchi bổ sung cho 2 phương pháp hoạch định yếu tố toàn phần và yếu tố phần
- Phương pháp Taguchi dựa trên bảng hoạch định trực giao (OA – Orthogonal Arrays) xây dựng trước và phương pháp để phân tích đánh giá kết quả.
- Các yếu tố có thể có 2, 3, 4 mức độ
- Phương pháp Taguchi sử dụng tốt nhất với số yếu tố khảo sát từ 3 đến 50, số tương tác ít và khi chỉ có một số ít yếu tố có ý nghĩa

- So sánh hoạch định Taguchi và các hoạch định khác

Levels	Orthogonal arrays	Number of factors	Number of experiments		
			Orthogonal	One factor at a time	Full-factorial
2 levels	$L_4(2^3)$	3	4	≤ 4	8
	$L_8(2^7)$	7	8	≤ 8	128
	$L_{12}(2^{11})$	11	12	≤ 12	2,048
	$L_{16}(2^{15})$	15	16	≤ 16	32,768
	$L_{32}(2^{31})$	31	32	≤ 32	2,147,483,647
3 levels	$L_9(3^4)$	4	9	≤ 9	81
	$L_{27}(3^{13})$	13	27	≤ 27	1,594,323
Mixed levels	$L_{18}(2^1 \times 3^7)$	1(2 level) +7(3 level)	18	≤ 18	4,374
	$L_{36}(2^3 \times 3^{13})$	3(2 level) +13(3 level)	36	≤ 36	12,754,584

Hoạch định Taguchi – Hoạch định thí nghiệm

- Chỉ có yếu tố chính và tương tác bậc 1 giữa 2 yếu tố là quan trọng. Tương tác bậc cao xem như không đáng kể
- Nhà nghiên cứu phải xác định trước các tương tác có ý nghĩa.
- Bảng hoạch định trực giao Taguchi được xây dựng trên cơ sở kết hợp các hình vuông Latin theo một cách nhất quán.

Tính chất bảng qui hoạch trực giao

- Các cột phải trực giao – tổng số tích số các mức độ tương ứng của 2 cột bằng 0.

Do các cột phải trực giao nên việc thay đổi giá trị các mức độ tại các cột sẽ ảnh hưởng đến giá trị của các cột khác, do đó các bảng qui hoạch trực giao thường được xây dựng và có thể tìm thấy trong các tài liệu

Xem tại

www.freequality.org/..//Tagarray.../tamatrix.htm

- Bảng L4

TN	P1	P2	P3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

- Bảng L8

TN	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

- Bảng L9

TN	P1	P2	P3	P4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

• Bảng L12

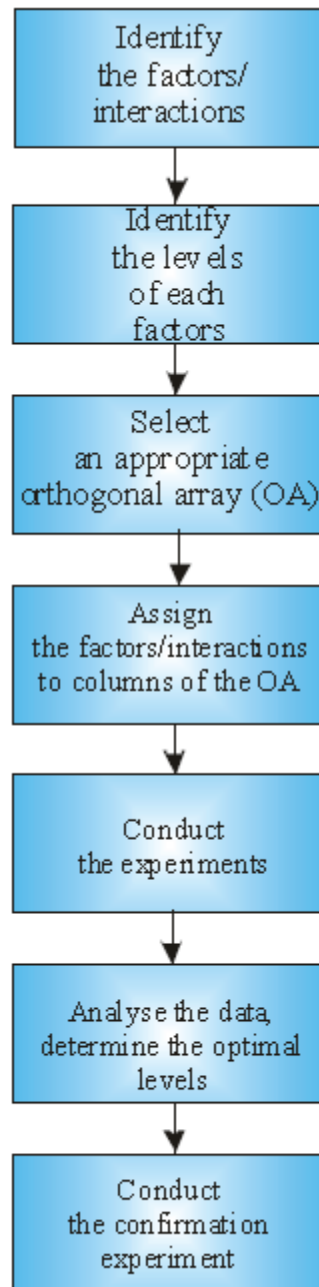
TN	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2
4	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2
5	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1
6	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1
7	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1
8	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2
9	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1
10	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2
11	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2
12	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1

- Bảng L'16

TN	P1	P2	P3	P4	P5
1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2
3	1	3	3	3	3
4	1	4	4	4	4
5	2	1	2	3	4
6	2	2	1	4	3
7	2	3	4	1	2
8	2	4	3	2	1
9	3	1	3	4	2
10	3	2	4	3	1
11	3	3	1	2	4
12	3	4	2	1	3
13	4	1	4	2	3
14	4	2	3	1	4
15	4	3	2	4	1
16	4	4	1	3	2

5.2. Các bước thí nghiệm

- Chọn các biến và tương tác
- Chọn số mức độ cho mỗi biến
- Chọn bảng trực giao
- Ấn định các yếu tố vào các cột của bảng trực giao
- Tiến hành thí nghiệm
- Phân tích dữ liệu
- Kết luận



Chọn yếu tố khảo sát

- Sự lựa chọn yếu tố khảo sát và tương tác là quan trọng bậc nhất trong hoạch định
- Để có một danh sách các yếu tố hay tương tác cần khảo sát thì kiến thức sâu về vấn đề khảo sát là cần thiết và sự tham khảo ý kiến các nghiên cứu trước đây là không thể thiếu

Chọn số mức độ khảo sát

- Sự lựa chọn mức độ khảo sát cho các yếu tố chính tùy thuộc vào ảnh hưởng của các yếu tố này đến đáp ứng. Nếu chúng **ảnh hưởng tuyến tính** thì số **mức độ** nên chọn là **2**. Tuy nhiên nếu ảnh hưởng là phi tuyến thì số mức độ cho các yếu tố này có thể là 3 hay 4 tùy thuộc mỗi quan hệ là bậc 2 hay bậc 3
- Khi chưa biết chính xác mỗi quan hệ thì số mức độ nên chọn là 2. Sau khi phân tích dữ liệu thí nghiệm sẽ quyết định số mức độ tùy thuộc vào phần trăm đóng góp và sai số

Chọn bảng qui hoạch trực giao

- Trước khi chọn bảng trực giao thì cần tính số thí nghiệm tối thiểu cần tiến hành dựa trên tổng số độ tự do trong khảo sát. Số thí nghiệm tối thiểu phải lớn hơn hoặc bằng tổng số độ tự do.
- Độ tự do của giá trị trung bình: 1
- Độ tự do của các yếu tố chính: $n - 1$, với n là số mức độ của yếu tố
- Độ tự do của tương tác bằng tích số độ tự do của các yếu tố chính

Example 13.1 In an experiment, there is 1 two-level factor, A , and 6 three-level factors, B, C, D, E, F, G , and 1 two-factor interaction, AB . Then, the total degree of freedom is as follows:

Factors	Degree of freedom
Overall mean	1
A	$2 - 1 = 1$
B, C, D, E, F, G	$6 \times (3 - 1) = 12$
AB	$(2 - 1)(3 - 1) = 2$
Total DOF	16

Select a Taguchi Orthogonal Arrays Based on DOF

Orthogonal Array	No. Runs	Max. Factors	Max. of columns at these levels			
			2-level	3-level	4-level	5-level
L4	4	3	3			
L8	8	7	7			
L9	9	4		4		
L12	12	11	11			
L16	16	15	15			
L'16	16	5			5	
L18	18	8	1	7		
L25	25	6				6
L27	27	13		13		
L32	32	31	31			
L'32	32	10	1		9	
L36	36	23	11	12		
L'36	36	16	3	13		
L50	50	12	1			11
L54	54	26	1	25		
L64	64	63	63			
L'64	64	21			21	
L81	81	40		40		

Example 13.2 In an experiment, there are seven factors. We will consider main effects only. First, we compute $\text{DOF} = 1 + 7(2 - 1) = 8$. Therefore, the selected orthogonal array should have at least eight runs. By examining Table 13.5, we find that the L_8 array can accommodate 7 two-level factors. Therefore, we can use L_8 and assign those seven factors to seven columns of L_8 .

Example 13.3 In an experiment, there is one two-level factor A , and 6 three-level factors, B, C, D, E, F, G . First, $\text{DOF} = 1 + (2 - 1) + 6(3 - 1) = 14$. Therefore, we have to use an array that has more than 14 runs. L_{16} has 16 runs, but it has only two-level columns, so it cannot accommodate 6 three-level columns. L_{18} has 1 two-level column and 7 three-level columns, so it can be used to accommodate all the factors in this example. The experimental layout is as follows:

Experiment no.	Factors							
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>e</i>
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2	3	3
5	1	2	2	2	3	3	1	1
6	1	2	3	3	1	1	2	2
7	1	3	1	2	1	3	2	3
8	1	3	2	3	2	1	3	1
9	1	3	3	1	3	2	1	2
10	2	1	1	3	3	2	2	1
11	2	1	2	1	1	3	3	2
12	2	1	3	2	2	1	1	3
13	2	2	1	2	3	1	3	2
14	2	2	2	3	1	2	1	3
15	2	2	3	1	2	3	2	1
16	2	3	1	3	2	3	1	2
17	2	3	2	1	3	1	2	3
18	2	3	3	2	1	2	3	1

The *e* in column 8 means empty, so no factor will be assigned to column 8.

- Chọn lựa OA

		Số thông số														
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Số mức độ	2	L4	L4	L8	L8	L8	L8	L12	L12	L12	L12	L16	L16	L16	L16	L32
	3	L9	L9	L9	L18	L18	L18	L18	L27	L27	L27	L27	L27	L36	L36	L36
	4	L'16	L'16	L'16	L'16	L'32	L'32	L'32	L'32	L'32						
	5	L25	L25	L25	L25	L25	L50	L50	L50	L50	L50	L50				

Ảnh hưởng các yếu tố vào bảng trực giao

- Vị trí của các yếu tố trong bảng trực giao rất quan trọng. Trong trường hợp có nhiều mức độ thì vị trí của các yếu tố được ảnh hưởng bởi bảng trực giao
- Việc ảnh hưởng vị trí của các yếu tố trong bảng trực giao có thể được trợ giúp bằng các công cụ của hoạch định Taguchi
- Trước khi tiến hành thí nghiệm cần xác định mức độ thực tế của các yếu tố chính. Phần trăm đóng góp và ý nghĩa của các yếu tố phụ thuộc vào mức độ thực tế của yếu tố

Phân tích dữ liệu thí nghiệm

- Đây là khâu quan trọng trong đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố đến đáp ứng
- Việc phân tích có thể thực hiện bằng phương pháp ANOVA, tỉ số S/N hay phần trăm đóng góp
- Phần trăm đóng góp

$$C\% = \frac{SS_i}{\sum SS_i} * 100\%$$

- Tỉ số S/N (Signal/Noise)

Đánh giá bằng tỉ số S/N

Đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố

$$S / N = 10 \log_{10} \frac{\bar{y}_i^2}{s_i^2}$$

Tối thiểu hóa đáp ứng

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

Tối đa hóa đáp ứng

$$S/N = - + 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

5.3. Các công cụ hoạch định

- Bảng tương tác (table of interaction)
- Giải đồ đường thẳng (linear graph)

Bảng tương tác

- Bảng tương tác có dạng một tam giác được dùng để xác định các tương tác giữa các cột
- Số trong ngoặc dưới các cột chỉ thứ tự cột.
- Để tìm cột biểu thị tương tác giữa cột 4 và 6 thì từ (4) di chuyển ngang đến cột 6. Số 2 biểu thị cột 2 là cột tương tác của cột 4 và 6

- Bảng tương tác

Cột	1	2	3	4	5	6	7
	(1)	3	2	5	4	7	6
		(2)	1	6	7	4	5
			(3)	7	6	5	4
				(4)	1	2	3
					(5)	3	2
						(6)	1
							(7)

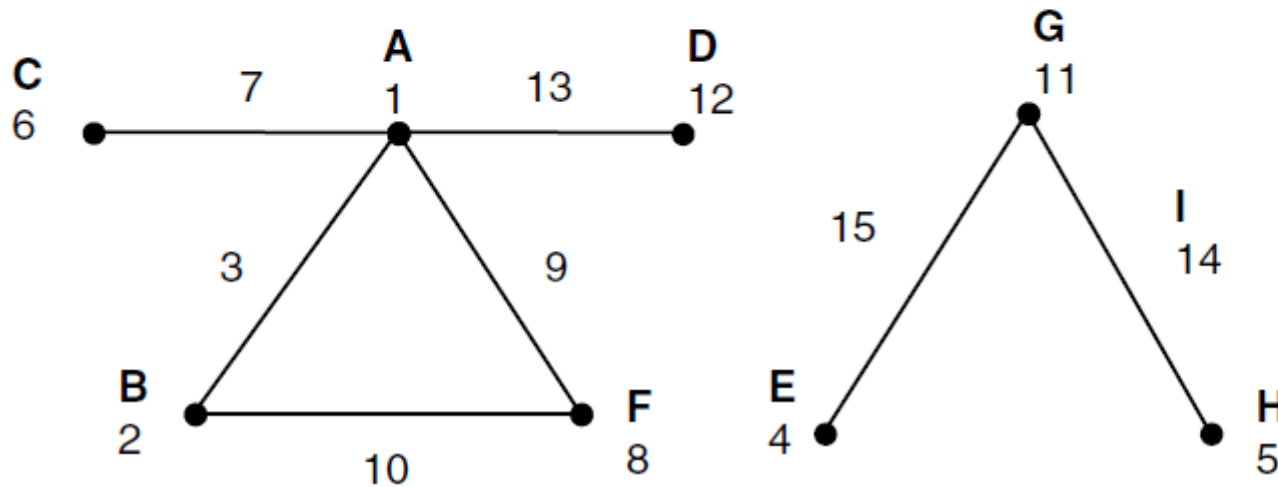
Giản đồ đường thẳng

- Giản đồ đường thẳng biểu diễn bởi con số, điểm và đường thẳng
- Con số tại các điểm biểu diễn cột chính, con số nằm trên đường thẳng biểu diễn cột tương tác



Example 13.4 In an experiment there are 9 two-level factors, $A, B, C, D, E, F, G, H, I$ and the interactions $AB, AC, AD,$ and AF are believed to be significant. First, $\text{DOF} = 1 + 9(2 - 1) + 4(2 - 1)(2 - 1) = 14$.

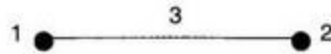
Array L_{16} has 16 runs, and it can accommodate up to 15 two-level factors. So, we will consider L_{16} . But first we need to work out how to deal with the four interactions. By examining the linear graph (3) of L_{16} , we could assign columns as follows:



$L_4(2^3)$ orthogonal array:

Experiment no.	Column		
	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Linear Graph for L_4



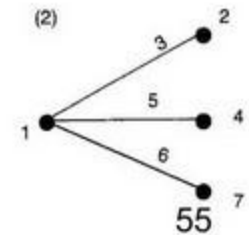
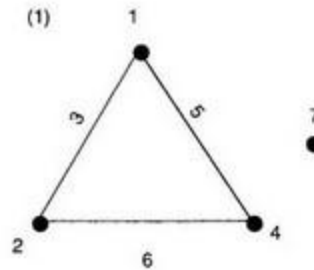
$L_8(2^7)$ orthogonal array:

Experiment no.	Column						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Interaction table for L_8 :

Column	Column						
	1	2	3	4	5	6	7
1	(1)	3	2	5	4	7	6
2		(2)	1	6	7	4	5
3			(3)	7	6	5	4
4				(4)	1	2	3
5					(5)	3	2
6						(6)	1
7							(7)

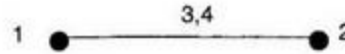
Linear Graphs for L_8



$L_9(3^4)$ array:

Experiment no.	Column			
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Linear Graph for L_9



$L_{12}(2^{11})$ array. Interactions are partially confounded with all 11 columns.

Experiment no.	Columns										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2
4	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2
5	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1
6	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1
7	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1
8	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2
9	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1
10	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2
11	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2
12	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1

$L_{16}(2^{15})$ array:

Experiment no.	Columns														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1

Interaction Table for L_{16}

Column	Column														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	(1)	3	2	5	4	7	6	9	8	11	10	13	12	13	14
2		(2)	1	6	7	4	5	10	11	8	9	14	15	12	13
3			(3)	7	6	5	4	11	10	9	8	15	14	13	12
4				(4)	1	2	3	12	13	14	15	8	9	10	11
5					(5)	3	2	13	12	15	14	9	8	11	10
6						(6)	1	14	15	12	13	10	11	8	9
7							(7)	15	14	13	12	11	10	9	8
8								(8)	1	2	3	4	5	6	7
9									(9)	3	2	5	4	7	6
10										(10)	1	6	7	4	5
11											(11)	7	6	5	4
12												(12)	1	2	3
13													(13)	3	2
14														(14)	1
15															(15)

Linear Graphs for L_{16}

