

Design of Experiments

DOE (Design of Experiments)

DOE je experimentální strategie, při které najednou studujeme účinky několika faktorů, prostřednictvím jejich testování na různých úrovních.

Charakteristika jakosti, Y

je veličina, pomocí které vyjadřujeme určité vlastnosti produktu nebo procesu. V experimentální terminologii představuje charakteristika jakosti závislou proměnnou, pomocí které kvantifikujeme výsledky experimentů.

Faktor (parametr), A

je nezávislá návrhová proměnná, která ovlivňuje charakteristiku jakosti. Symbolicky označujeme faktory velkými tiskacími písmeny, tj. A, B, C, atd. a jejich úrovně pro experiment označujeme jako A_1 (faktor A na první úrovni), A_2 (faktor A na druhé úrovni), atd.

Faktory se dělí na 2 skupiny:

Spojité

Pro danou úroveň můžeme nastavit jejich libovolnou hodnotu (ve vymezeném pracovním rozsahu). Např. teplota.

Diskrétní

Pro danou úroveň můžeme nastavit konkrétní jednu hodnotu nebo status. Např. typ materiálu.

Úroveň faktoru: A_1 = faktor A na první úrovni

Nastavení faktoru (A=tlak): $A_1=2\text{MPa}$

Design of Experiments

Pokud chceme studovat, jaký má faktor vliv, musíme provést experimenty se 2 nebo více úrovněmi faktorů. Nejmenší možný experiment bude testování jednoho faktoru ve 2 úrovních.

Např. chceme zjistit vliv tlaku:

$A_1=2\text{MPa}$ $A_2= 3\text{MPa}$

Provedeme 2 testy.

Jestliže budeme chtít zjistit vliv tlaku (A) a teploty (B), bude situace vypadat následovně:

$A_1 B_1$
 $A_1 B_2$
 $A_2 B_1$
 $A_2 B_2$

Provedeme 4 testy.

Co když budeme potřebovat testovat 3 faktory (A, B, C) ve 2 úrovních? Budeme muset provést 8 testů:

$A_1 B_1 C_1$
 $A_1 B_1 C_2$
 $A_1 B_2 C_1$
 $A_1 B_2 C_2$
 $A_2 B_1 C_1$
 $A_2 B_1 C_2$
 $A_2 B_2 C_1$
 $A_2 B_2 C_2$

Design of Experiments

Celkový počet všech možných kombinací (angl. full factorial design) při daném počtu faktorů ve 2 úrovních vypočteme následovně:

3 faktory ve 2 úrovních $2^3=8$
 7 faktorů ve 2 úrovních $2^7=128$
 15 faktorů ve 2 úrovních $2^{15}=32\,768$

Je zřejmé, že v podnikové praxi není možné provádět takové experimenty. Je jich příliš mnoho. Z tohoto důvodu sestavil Taguchi sadu speciálních tabulek (tzv. ortogonální soustavy), podle kterých lze provádět pouze malou část z celkového počtu možných experimentů. Pomocí těchto soustav provádíme nejmenší možný počet experimentů s maximálním množstvím informací.

Nejmenší ortogonální soustavou je soustava L-4:

sloupec	1	2	3
číslo experimentu	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Základní popis tabulky:

- označení L vyjadřuje původ soustavy (Eulerovy latinské čtverce)
- číslice (4) vyjadřuje počet pokusů
- číslice v soustavě reprezentují úrovně faktorů (1, 2)
- řádky reprezentují podmínky pro jednotlivé pokusy

Design of Experiments

- sloupce indikují možnost přiřazení faktoru
- každá soustava má více možností použití
- sloupce soustavy jsou ortogonální

Experiment se 3 faktory ve 2 úrovních pak znamená, že každý z faktorů je přiřazen do jednoho sloupce. Pro tyto 3 faktory provedeme 4 pokusy dle ortogonální soustavy. Např. experiment číslo 1 má podmínky $A_1 B_1 C_1$, atd.

Tolik na úvod k navrhování experimentů dle ortogonálních soustav.

Celá experimentální procedura sestává z 5 kroků:

- I) Plánování experimentů
- II) Navrhování experimentů
- III) Provedení experimentů
- IV) Analýza experimentů
- V) Ověřovací testy

Ad I) Plánování experimentů představuje inženýrskou část Taguchiho metody. V tomto kroku musí experimentální tým co nejpřesněji definovat všechny potřebné vstupy pro návrh experimentů. Tzn. především nadefinovat cíl experimentu, charakteristiku jakosti, faktory, které ji ovlivňují, počet úrovní faktorů a jejich nastavení, atd. Nezbytnou součástí tohoto kroku je brainstorming.

Ad II) Navrhování jednoduchého experimentu bylo ukázáno výše. Pro navrhování jsme využívali standardní ortogonální soustavu L-4. U složitějších experimentů (interakce, smíšené úrovně, opakované experimenty), je pak nutno používat některé další postupy.

Design of Experiments

Ad III) Provedení experimentů dle daného návrhu realizujeme v aktuálních výrobních podmínkách, laboratoři, při ověřovací výrobě, apod. Důležitou podmínkou je provádět experimenty v náhodném pořadí.

Ad IV) Analýza experimentů zahrnuje 3 standardní kroky:

- a) stanovení optimálních podmínek (průměrné a hlavní účinky)
- b) procentuální podíl faktorů (ANOVA)
- c) odhad hodnoty charakteristiky jakosti při optimálních podmínkách

ad V) Ověřovací testy jsou nedílnou součástí Taguchiho metody. Těmito testy chceme ověřit, že závěry z analýzy jsou správné.