

Avtor:
Milan Meža

Načrtovanje eksperimentov DOE - Design of Experiments

Z DOE načrtujemo vrsto strukturiranih testov, kjer delamo načrtovane spremembe vhodnim parametrom sistema ali procesa

DOE omogoča določanje vpliva posameznih vhodnih parametrov kot tudi interakcij vhodnih parametrov na spremembe izhoda

1 Kaj je DOE?

Načrtovanje eksperimentov je sistematični pristop k analizi sistema ali procesa. Z DOE (Design of Experiments) načrtujemo vrsto strukturiranih testov, kjer delamo načrtovane spremembe vhodnim parametrom sistema ali procesa. Nato ocenimo rezultate teh sprememb na predefiniranem izhodu.

2 Zakaj je DOE pomemben?

DOE je pomemben kot formalen način, kjer dobimo maksimalno količino informacij z minimalnimi resursi. Ponuja več kot naključni posamezni eksperimenti (sprememba enega parametra naenkrat), ker omogoča določanje vpliva posameznih vhodnih parametrov kot tudi interakcij vhodnih parametrov na spremembe izhoda.

Pri testiranju s spremembo enega parametra naenkrat vedno obstaja nevarnost, da preizkuševalec določi vplivni parameter, vendar zanemari, kako sprememba drugih parametrov vpliva na delovanje vplivnega parametra (interakcija, parametri so medsebojno odvisni). To se zgodi predvsem zaradi želje, da se testiranje čim prej zaključi – takoj, ko se odkrije vplivni parameter. Odkritje interakcij med parametri je prepuščeno preizkuševalcu v upanju, da vodi preizkuse v pravo smer.

Pri DOE že v osnovi predvidevamo raziskavo vseh možnih interakcij in točno predpišemo, katere podatke potrebujemo za to oceno (katere spremembe vhodnih parametrov se morajo zgoditi pri posameznih izvedbah testa). Prav tako je že na začetku določena dolžina trajanja testa in potrebni resursi.

3 Kdaj uporabimo DOE?

DOE uporabimo za iskanje odgovorov v situacijah, kot so:

- Kaj je glavni vzrok za naš problem?
- Kako se obnaša naš proces v prisotnosti motnje?
- Katera je najboljša kombinacija parametrov za čim manjšo variacijo izhoda?...

V vseh primerih uporabimo DOE za iskanje odgovorov, edina razlika je določitev različnih vplivnih parametrov, ki se bodo uporabili v eksperimentu.

4 Kako uporabimo DOE?

4.1 Identifikacija ciljne funkcije, ki se optimizira

Ciljna funkcija je dejansko odziv našega sistema ali procesa na kombinacijo vplivnih parametrov.

4.2 Določitev vseh vplivnih parametrov

Določitev vplivnih parametrov je raziskava možnih parametrov, ki bi po naših izkušnjah lahko vplivali na našo ciljno funkcijo. V tem koraku se lahko uporabijo različne metode, kot so brainstorming, diagram ribja kost, CTQ drevo...

4.3 Določitev kontrolnih parametrov (faktorjev) in njihovih nivojev

Določitev kontrolnih faktorjev in njihovih nivojev je korak, pri katerem se odločimo, katere parametre bomo dejansko spreminjali med testom in po katerih nivojih.

DOE v prvih treh točkah dejansko zahteva timsko delo interdisciplinarnega tima (razvoj, tehnologija, proizvodnja, kontrola kakovosti,...), saj za določitev preizkusa potrebujemo znanje in izkušnje usposobljenih ljudi. Kvalitetno izvedena določitev kontrolnih parametrov in nivojev lahko močno poveča možnost za uspeh preizkusa ter zniža stroške preizkusa.

4.4 Izbira ortogonalne razporeditve (matrike)

Na osnovi določenih kontrolnih parametrov in nivojev izberemo matriko našega preizkusa. Za določitev matrike si lahko pomagamo s programom MINITAB, ki je namenjen za statistične analize. Program MINITAB ima kot opcije različne vrste faktorskih preizkusov, ki so si med sabo zelo podobni, prav tako pa omogoča tudi Taguchi metodo.

Slika 1: Faktorski preizkusi

Runs	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	Full	III												
8		Full	IV	III	III	III								
16			Full	V	IV	IV	IV	III	III	III	III	III	III	III
32				Full	VI	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
64					Full	VII	V	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
128						Full	VIII	VI	V	V	IV	IV	IV	IV

Factors	Runs	Factors	Runs	Factors	Runs
2-7	12,20,24,28,...,48	20-23	24,28,32,36,...,48	36-39	40,44,48
8-11	12,20,24,28,...,48	24-27	28,32,36,40,44,48	40-43	44,48
12-15	20,24,28,36,...,48	28-31	32,36,40,44,48	44-47	48
16-19	20,24,28,32,...,48	32-35	36,40,44,48		

Velja pravilo, da se zaradi možne napake meritve zadovoljimo z nižjo stopnjo ločljivosti in raje izvedemo vsaj dve ponovitvi preizkusa

Najvišjo ločljivost nam dajejo polni faktorski preizkusi. V primeru, da je ocena tima DOE, da nam interakcije višjega reda ne pomenijo bistvenega vpliva na naš izhod, lahko izberemo delne faktorske preizkuse, ki zahtevajo manj testiranja. V tem primeru interakcije parametrov višjega reda ne bodo vidne, pravimo, da so med sabo prepletene.

Delne faktorske preizkuse lahko uporabimo tudi za tako imenovani 'screening', to je preizkus z velikim številom parametrov in nizko ločljivostjo, ki nam pomaga določiti vplivne parametre.

Slika 2: Izbor preizkusa

Designs	Runs	Resolution	2**[k-p]
1/2 fraction	8	IV	2**(4-1)
Full factorial	16	Full	2**4

Number of center points: (per block)

Number of replicates: (for corner points only)

Number of blocks:

Velja pa pravilo, da se zaradi možne napake meritve zadovoljimo z nižjo stopnjo ločljivosti in raje izvedemo vsaj dve ponovitvi preizkusa.

Na sliki 2 je primer izbora eksperimenta s štirimi vplivnimi parametri. Izbrali smo delni faktorski preizkus. Odločili smo se za dve ponovitvi preizkusa.

Slika 3: Tabela preizkusa

	C1	C2	C3	C4	C5-T	C6-T	C7-T	C8-T	C9
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	heater	permagum	heater to evap.panel contact	evap panel to liner gap	
1	9	1	1	1	no	no	gap	gap	
2	14	2	1	1	with	no	optimum	gap	
3	6	3	1	1	with	no	optimum	gap	
4	3	4	1	1	no	with	gap	optimum	
5	7	5	1	1	no	with	optimum	gap	
6	5	6	1	1	no	no	optimum	optimum	
7	2	7	1	1	with	no	gap	optimum	
8	10	8	1	1	with	no	gap	optimum	
9	12	9	1	1	with	with	gap	gap	
10	4	10	1	1	with	with	gap	gap	
11	13	11	1	1	no	no	optimum	optimum	
12	1	12	1	1	no	no	gap	gap	
13	16	13	1	1	with	with	optimum	optimum	
14	8	14	1	1	with	with	optimum	optimum	
15	15	15	1	1	no	with	optimum	gap	
16	11	16	1	1	no	with	gap	optimum	

MINITAB kreira tabelo preizkusa (slika 3), kjer so določene nastavitve vplivnih parametrov pri posameznih meritvah (nivoja vplivnih parametrov in poimenovanje je potrebno opraviti prej). MINITAB tudi pomeša vrstni red meritev, da ne pride do vpliva zaporednih enakih nastavitvev parametra na rezultat. V našem primeru je to 16 meritev.

V »session window« nam MINITAB poda osnovne podatke o preizkusu (slika 4).

Slika 4: Session window

Results for: Worksheet 2

Fractional Factorial Design

Factors: 4 Base Design: 4; 8 Resolution: IV
 Runs: 16 Replicates: 2 Fraction: 1/2
 Blocks: 1 Center pts (total): 0

Design Generators: D = ABC

Alias Structure (up to order 2)

I
 A + BCD
 B + ACD
 C + ABD
 D + ABC
 AB + CD
 AC + BD
 AD + BC
 ABCD

Osnovni parametri in 3-faktorske interakcije so prepletene

2-faktorski interakciji sta prepleteni med sabo

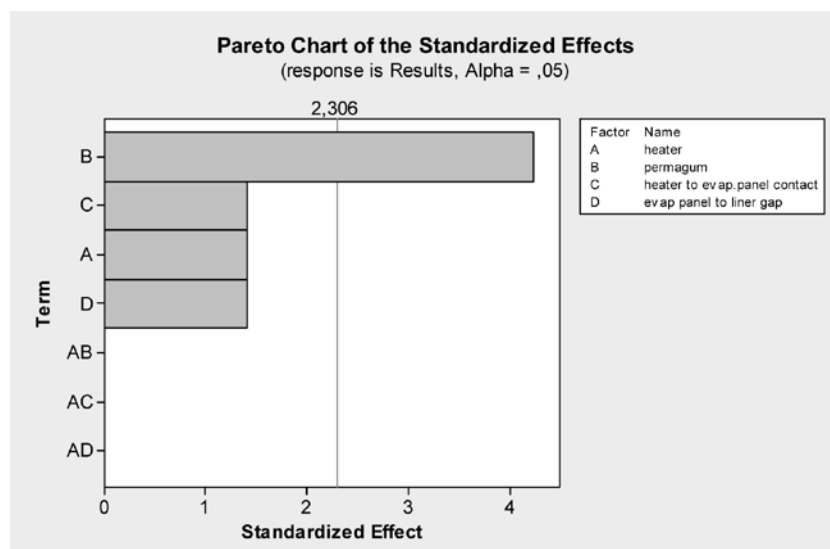
4.5 Izvedba poskusov

Sam preizkus je potrebno izvesti s čim manj motnjami in majhno merilno napako. Merilne metode za vplivne parametre in izhod morajo biti preverjene, priporočljivo pa je, da meritve izvaja ena oseba in da je preizkus izveden v čim krajšem časovnem obdobju, saj bodo motnje manjše.

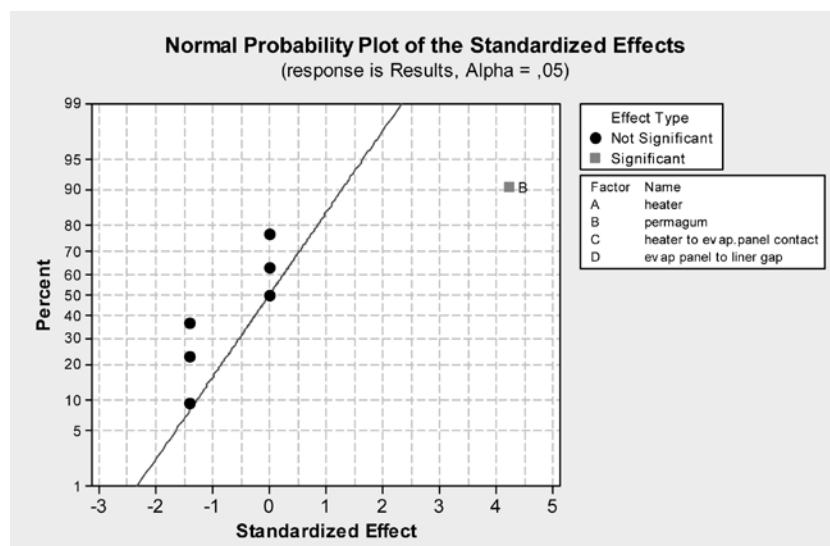
Slika 5: Pareto analiza

4.6 Analiza podatkov

MINITAB omogoča grafično in numerično analizo rezultatov. Pri statistični analizi je bistvo v gradnji zaupanja v dobljeni rezultat, zato je vedno potrebno uporabiti več metod, kot so pareto analiza (slika 5), normal probability plot (slika 6)



Slika 6: Normal probability plot



5 Zaključek

DOE je zelo uporabno orodje za zmanjševanje časa in stroškov pri izvajanju testiranja tako v fazi razvoja kot pri kasnejših optimizacijah in reševanjih problemov kakovosti. S podporo programskih paketov kot je MINITAB, je DOE postal tudi prijazen do uporabnika in s tem lažje izvedljiv za širši krog uporabnikov.

Viri:

Elena Averboukh: Black belt upgrade (Advance statistical tools)
 Franc Kogovšek: Uporaba Taguchi metod – predavanje Gorenje
<http://thequalityportal.com>