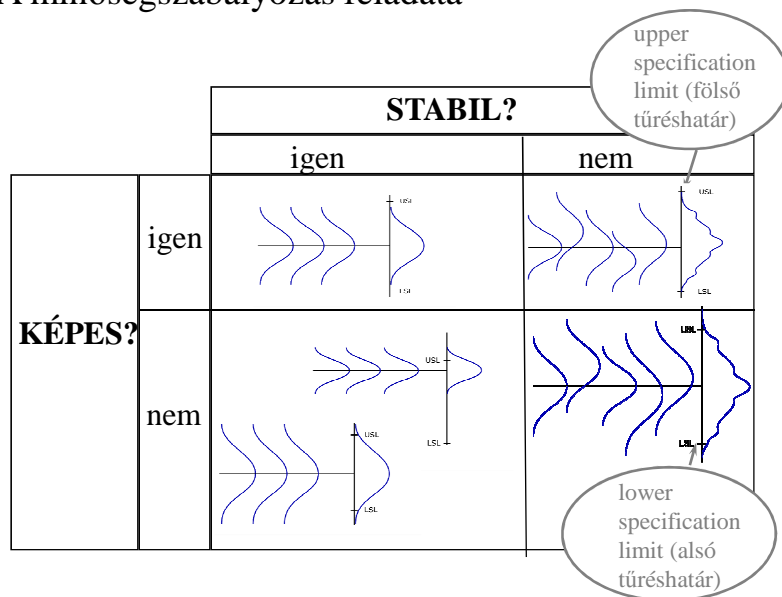


A minőség szabályozás feladata



120

A stabilitás vizsgálata: ellenőrző kártyák

- méréses
- minősítéses

common cause:

véletlen ingadozás

specific (assignable) cause:

azonosítható, tettenérhető (veszélyes) hiba,
megváltozott a folyamat

121

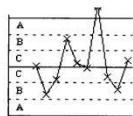
A folyamatot akkor nevezzük stabilnak vagy statisztikailag kézbentartottnak (angolul: in statistical control), ha az ingadozás véletlenszerű, időben állandó (eloszlása ugyanaz), nincsenek jól felismerhető és megnevezhető okai.

Ha a folyamat stabil, a múltbeli adatok alapján jövőbeni viselkedése bizonyos határok között kiszámítható. Ez úgy értendő, hogy meg tudjuk mondani, milyen valószínűséggel adódik e határokon kívüli vagy belüli érték (Shewhart, 1931).

Az ellenőrző kártyák alkalmazásának célja, hogy ne kelljen használnunk őket (a folyamatok stabilak legyenek).

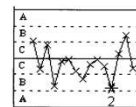
A Western Electric algoritmikus szabályai

1. Egy pont az A zónán kívül



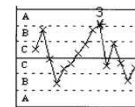
a. ábra

2. Kilenc egymást követő pont a középvonal egyik oldalán



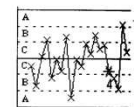
b. ábra

3. Hat egymást követő pont növekvő vagy csökkenő menetű



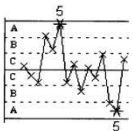
c. ábra

4. Tízennégy egymás utáni pont le-föl váltakozik



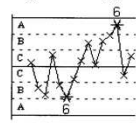
d. ábra

5. Három egymást követő pont közül kettő az A zónában vagy azon túl



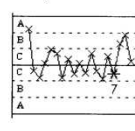
e. ábra

6. Öt egymást követő pont közül négy a B zónában vagy azon túl (a középső vonal egy oldalán)



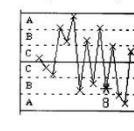
f. ábra

7. Tizenöt pont egymás után a C zónában (a középvonal bármelyik oldalán)



g. ábra

8. Nyolc egymást követő pont a C zónán kívül (a középvonal bármelyik oldalán)



h. ábra

A tipikus eljárás:

Ha arra jutnak, hogy a folyamat megváltozott (out of control)

- leállítják a gyártást,
- értesítik a folyamatért felelős mérnököket,
- megkeresik az okot,
- elhárítják azt,
- újraindítják a gyártást.

Hogy gondolkozzunk erről, ha a folyamat nem stabil, de jó képességű?

A mérnökök és menedzsment számára kényelmetlenség, és nehezen igazolható erőfeszítést igényel.

Az operátorok „megtanulják”, és igyekeznek elkerülni a folyamat megállítását, nem reagálva a kártya adta jelekre.

124

H. W. Kelly, C. G. Drury: Sociotechnical Reasons for the De-
evolution of Statistical Process Control. Quality Management
Journal, vol. 9, No. 1 (2002)

Három következmény:

- a mérések egy részének figyelmen kívül hagyása,
- az adatok meghamisítása,
- nem indokolt (mert nem oksági) beavatkozás.

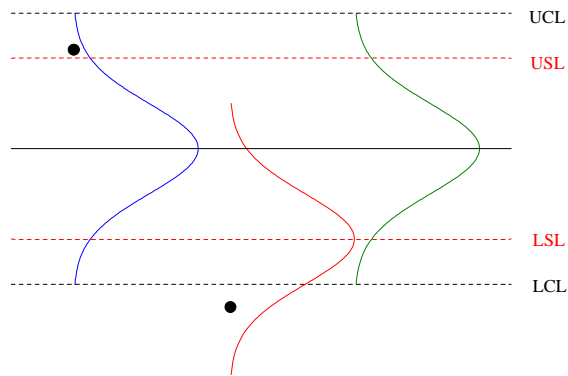
Enyhül a stressz, de romlik a folyamat.

Ezt a romlást tudomásul veszik azzal, hogy szélesítik a beavatkozási határokat, miáltal csakugyan kisebb valószínűséggel fordul elő a beavatkozási határokon kívüli érték.

Ugyanezek az okok arra is ösztönzést adnak, hogy kiiktassák az ellenőrző kártyákat.

125

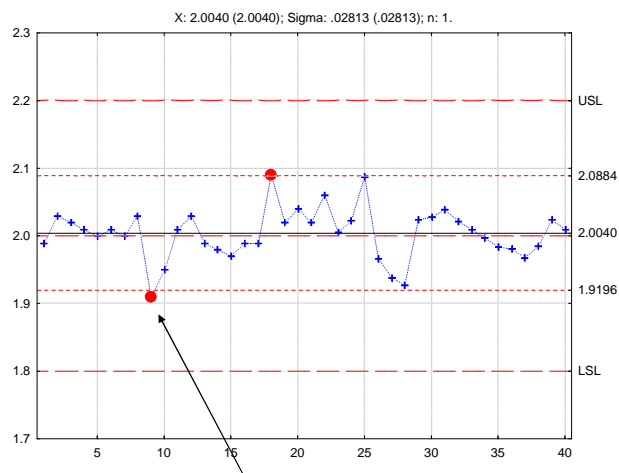
Miért nem a tűréshatárokhoz szabályozunk?



Deming: tempering (babrálás)

126

Példa: gyógyszeripari gyártási folyamatból fölvetett egyediérték-kártya



Le kellene állítani!

127

Az operátor szemszögéből: ne állítsuk le, mert jó a termék
 Az elemző mérnököt érdekli, hogy a 9. pont rendellenes.

Az SPC technikák alkalmazásának célja kettős:
 döntés a folyamatról (folytassuk vagy megállítsuk),
 illetve hogy információt szerezzünk a folyamat javításához

D. J. Wheeler: A modest proposal, SPC Press, 2000

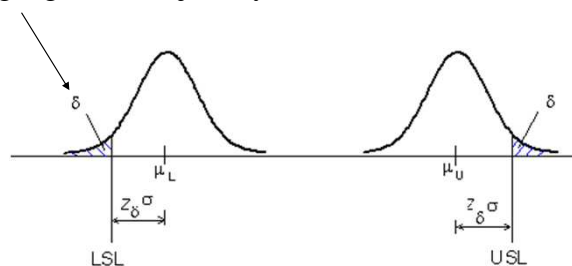
„process behaviour chart”

Milyen eszközt adjunk az operátor kezébe a döntéshez?

Módosított határu átlag-kártya

128

megengedett selejtarány

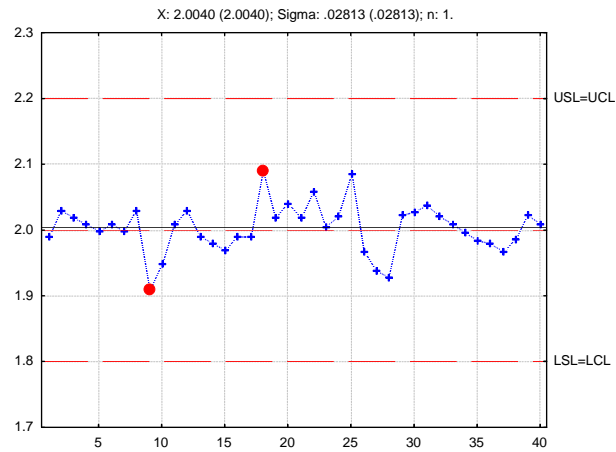


$$UCL = \mu_U + 3\sigma / \sqrt{n} = USL - z_\delta\sigma + 3\sigma / \sqrt{n} = USL - (z_\delta - 3 / \sqrt{n})\sigma$$

$$LCL = \mu_L - 3\sigma / \sqrt{n} = LSL + z_\delta\sigma - 3\sigma / \sqrt{n} = LSL + (z_\delta - 3 / \sqrt{n})\sigma$$

Az egyszerű példánkon $z_\delta=3$, $UCL=USL$, $LCL=LSL$

129



130

A módosított határú átlag-kártya nem arra a kérdésre válaszol, hogy stabil-e a folyamat, hanem arra, hogy a selejt előfordulásának valószínűsége nem nőtt-e meg.

Ez reagál a hagyományos (Shewhart-féle) kártyák alkalmazásával kapcsolatos ellenszenvre.

Az operátor eszköze, nem a folyamat-elemzőé!

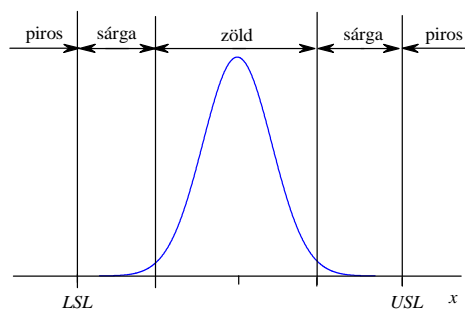
Csak jó képességű folyamatra alkalmazható.

131

Nagyon jó képességű folyamatok kezelése:
PRE-control

“Miért kell kapanyelet mikron pontossággal gyártanunk?”

132



133

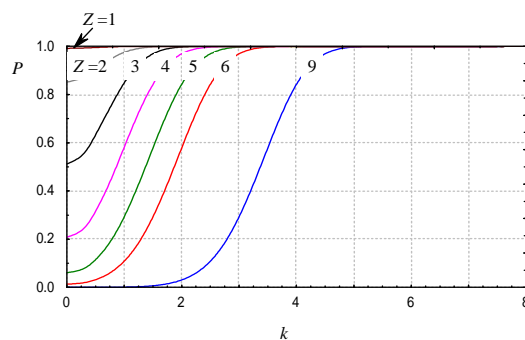
A folyamatból 5 egymást követő elemből álló mintát veszünk. Ha a mintának mind az 5 eleme a zöld zónába esik, elkezdhetjük a gyártást.

Rendszeres időközönként két egymást követő mintát veszünk a folyamatból:

- két zöld : folytatjuk a termelést
- egyik zöld, másik sárga : folytatjuk a termelést
- két sárga: leállunk, megkeressük az okot
- egy vagy két piros: leállunk, megkeressük az okot

A mintavétel további gyakorisága: két leállás közti idő/6

134



Z szigmás folyamatnál annak valószínűsége, hogy el sem tudunk indulni, ha $k\sigma$ nagyságú eltolódás van

135

Split-plot tervek, ismétlés az ipari kísérleteknél

$$y_i = Y(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{pi}) + \varepsilon_i$$

Az $Y(\dots)$ függvény paramétereit keressük.

ε_i a kísérleti hiba,
csak kis része a mérési (analitikai) hiba

Az ε_i hibáknak függetleneknek kell lenniük, ezt randomizálással biztosítjuk.

136

$$y_i = Y(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{pi}) + \varepsilon_i$$

Legyen x_1 a kemence hőmérséklete (randomizálva):
 lehűtjük,
 fölmelegítjük,
 lehűtjük,
 fölmelegítjük...? Nem!!!!

Időbeli korlátozott randomizálás

i	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4
1	+	-	-	-	-
2	+	+	-	-	-
3	+	-	+	-	-
4	+	+	+	-	-
5	+	-	-	+	-
6	+	+	-	+	-
7	+	-	+	+	-
8	+	+	+	+	-
9	+	-	-	-	+
10	+	+	-	-	+
11	+	-	+	-	+
12	+	+	+	-	+
13	+	-	-	+	+
14	+	+	-	+	+
15	+	-	+	+	+
16	+	+	+	+	+

137

Legyen x_3 a búza fajtája, egyik fajtát az egyik táblába vetjük, másik fajtát a másikba.

Mi okozza a különbséget: a tábla vagy a búza?

Térbeli korlátozott randomizálás

Legyen x_1 az izzólámpa spirálját tartó állvány szöge, de az egyik beállítást az egyik spirál-sarzsából, a másikat a másik spirál-sarzsából végzik.

Mi okozza a különbséget: az állvány szöge vagy a spirál-sarzs?

Nyersanyag szerinti korlátozott randomizálás

2. példa

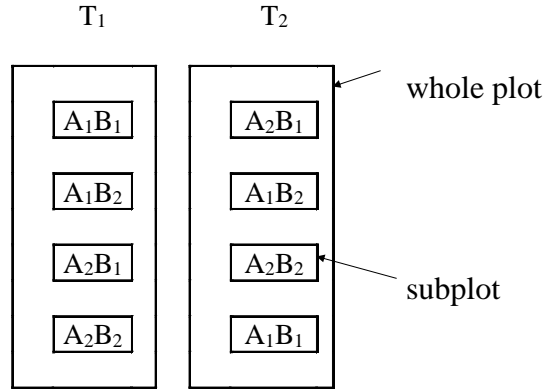
Poliuretán-hab gyártásánál vizsgáljuk a tömeg (A): M: 110, 120, a katalizátor mennyisége (B): KZ: -4, +4, és a hőmérséklet (T): 59, 65 hatását, 3 darabot vesznek minden beállításnál

$$y_{ijkl} = \mu + T_i + r_{(i)} + A_j + AT_{ij} + B_k + TB_{ik} + AB_{jk} + TAB_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Effect Estimates; Var.:EHZ_WO; R-sqr=.96269; Adj.:.94637 (EHZ_1szak) 2**(3-0) design; MS Residual=.2579167 DV: EHZ_WO					
Factor	Effect	Std.Err.	t(16)	p	Coeff.
Mean/Interc.	31.25417	0.103665	301.4906	0.000000	31.25417
(1)m	-1.77500	0.207331	-8.5612	0.000000	-0.88750
(2)KZ	-3.34167	0.207331	-16.1176	0.000000	-1.67083
(3)T	-1.79167	0.207331	-8.6416	0.000000	-0.89583
1 by 2	-0.25833	0.207331	-1.2460	0.230703	-0.12917
1 by 3	-0.20833	0.207331	-1.0048	0.329932	-0.10417
2 by 3	-0.07500	0.207331	-0.3617	0.722279	-0.03750
1*2*3	-0.32500	0.207331	-1.5675	0.136550	-0.16250

nem jó!

$$y_{ijkl} = \mu + T_i + r_{(i)} + A_j + AT_{ij} + B_k + TB_{ik} + AB_{jk} + TAB_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$



r a *T* beállításához tartozó randomizációs korlát

$$y_{ijkl} = \mu + T_i + r_{(i)} + A_j + AT_{ij} + B_k + TB_{ik} + AB_{jk} + TAB_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

	F	R	F	F	F	F	F	F	R
	<i>T_i</i>	<i>r_(i)</i>	<i>A_j</i>	<i>TA_{ij}</i>	<i>B_k</i>	<i>TB_{ik}</i>	<i>AB_{jk}</i>	<i>TAB_{ijk}</i>	<i>ε_{ijkl}</i>
<i>T_i</i>	*■	*		*/		*/		*/	*
<i>A_j</i>			*■	*/			*/	*/	*
<i>TA_{ij}</i>				*■				*/	*
<i>B_k</i>					*■	*/	*/	*/	*
<i>TB_{ik}</i>						*■	*/	*/	*
<i>AB_{jk}</i>							*■	*/	*
<i>TAB_{ijk}</i>								*■	*
<i>ε_{ijkl}</i>									*

$$E(T) = \Phi(T) + \sigma_r^2 + \sigma_e^2 \quad E(B) = \Phi(B) + \sigma_e^2 \quad E(TAB) = \Phi(TAB) + \sigma_e^2$$

$$E(A) = \Phi(A) + \sigma_e^2 \quad E(TB) = \Phi(TB) + \sigma_e^2$$

$$E(TA) = \Phi(TA) + \sigma_e^2 \quad E(AB) = \Phi(AB) + \sigma_e^2$$

5. példa

S. Bisgaard, H.T. Fuller, E. Barrios: Two-level factorials run as split-plot experiments, *Quality Engineering*, 8 705-708 (1996)

Biztonsági papír plazma-kezelése

Whole plot faktorok: *A*: nyomás

B: feszültség

C: gáz-áram,

D: a gáz típusa ($O_2/SiCl_4$)

Subplot faktor: *E*: a papír típusa

y: nedvesíthetőség (érintkezési szög)

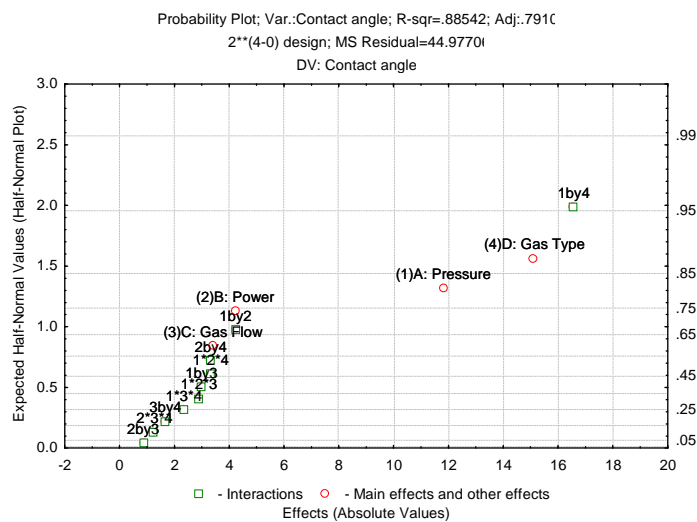
A kísérleteket úgy végezték, hogy A-D egyes kombinációit beállították, és mindkétféle (E_1, E_2) papírt behelyezték.

Bisgaard_split.sta

142

Elemzés a Whole Plot faktorokra

(E nélkül: E és kölcsönhatásai kihagyva, Ignore some effects)



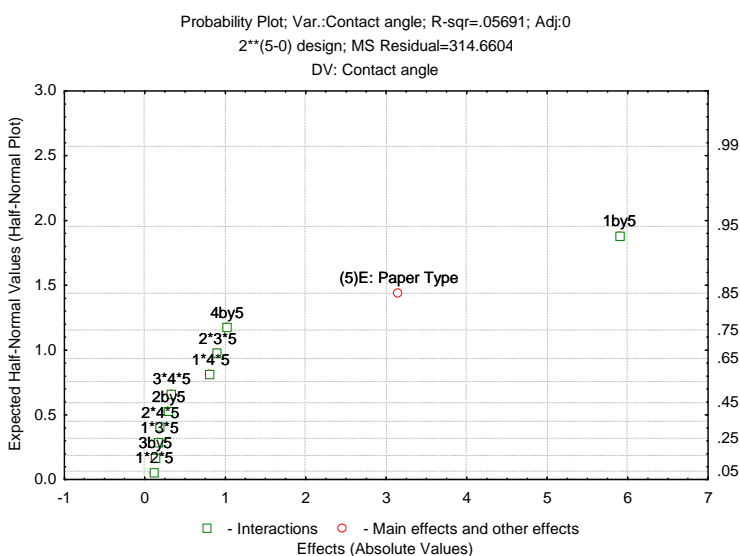
143

SE és p nem jó

Effect Estimates; Var.:Contact angle; R-sqr=.88542; Adj.:.79105 (Bisgaard_split.sta) 2**(4-0) design; MS Residual=44.97706 DV: Contact angle							
Factor	Effect	Std.Err.	t(17)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt	Coeff.
Mean/Interc.	40.9812	1.185552	34.56724	0.000000	38.4800	43.4825	40.98125
(1)A: Pressure	11.8250	2.371104	4.98713	0.000113	6.8224	16.8276	5.91250
(2)B: Power	4.2250	2.371104	1.78187	0.092641	-0.7776	9.2276	2.11250
(3)C: Gas Flow	-3.3875	2.371104	-1.42866	0.171219	-8.3901	1.6151	-1.69375
(4)D: Gas Type	-15.1000	2.371104	-6.36834	0.000007	-20.1026	-10.0974	-7.55000
1 by 2	-4.2125	2.371104	-1.77660	0.093532	-9.2151	0.7901	-2.10625
1 by 3	2.9750	2.371104	1.25469	0.226568	-2.0276	7.9776	1.48750
1 by 4	16.5625	2.371104	6.98514	0.000002	11.5599	21.5651	8.28125
2 by 3	-0.8500	2.371104	-0.35848	0.724395	-5.8526	4.1526	-0.42500
2 by 4	-3.3125	2.371104	-1.39703	0.180375	-8.3151	1.6901	-1.65625
3 by 4	1.6750	2.371104	0.70642	0.489495	-3.3276	6.6776	0.83750
1*2*3	2.8625	2.371104	1.20724	0.243868	-2.1401	7.8651	1.43125
1*2*4	-3.3000	2.371104	-1.39176	0.181939	-8.3026	1.7026	-1.65000
1*3*4	-2.3125	2.371104	-0.97528	0.343094	-7.3151	2.6901	-1.15625
2*3*4	1.2375	2.371104	0.52191	0.608468	-3.7651	6.2401	0.61875

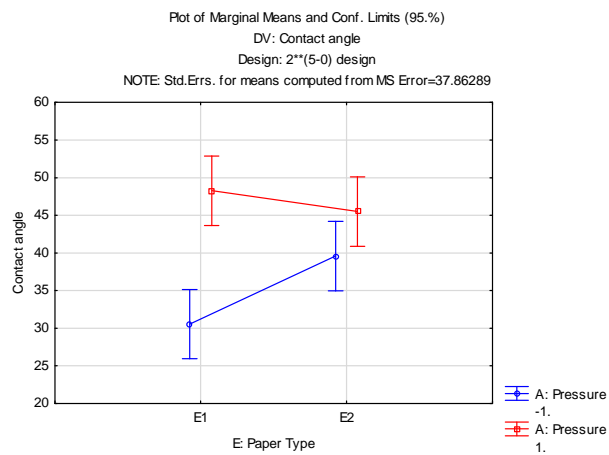
144

Elemzés a subplot faktorokra (E és A-D-vel való kölcsönhatásai),
A-D főhatások és az E subplot faktort nem tartalmazó interakciók
kihagyva):



145

Az A-E kölcsönhatást a folyamat robusztussá tételére használhatjuk: a nyomás felső szintjén a papír típusának hatása sokkal kisebb



146

Ismétlés és ismétlés

repeated experiments: egy beállítás, 10 izzólámpa

replicated experiments: minden izzólámpához újra beállítjuk a technológiai paramétereket

Példa: *A* az állvány szöge (2 szinten)
B az állvány hossza (2 szinten)
10 ismétlés

147

Példa: A az állvány szöge (2 szinten) („replicated experiments”
 B az állvány hossza (2 szinten) teljes randomizálás)

1. változat: $2 \times 2 \times 10 = 40$ beállítás $y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$

Az eltérés forrása	Eltérés-négyzetösszeg	Szabadsági fok	Szórásnégyzet	F
A hatása (sorok közötti)	$S_A = qp \sum_i (y_{i.} - y_{..})^2$	$r - 1$	$s_A^2 = \frac{S_A}{r - 1}$	s_A^2 / s_R^2
B hatása (oszlopok közötti)	$S_B = rp \sum_j (y_{.j} - y_{..})^2$	$q - 1$	$s_B^2 = \frac{S_B}{q - 1}$	s_B^2 / s_R^2
AB kölcsönhatás	$S_{AB} = p \sum_i \sum_j (y_{ij.} - y_{i.} - y_{.j} + y_{..})^2$	$(r - 1)(q - 1)$	$s_{AB}^2 = \frac{S_{AB}}{(r - 1)(q - 1)}$	s_{AB}^2 / s_R^2
Maradék (csoportokon belüli)	$S_R = \sum_i \sum_j \sum_k (y_{ijk} - y_{ij.})^2$	$rq(p - 1)$	$s_R^2 = \frac{S_R}{rq(p - 1)}$	
Teljes	$S_0 = \sum_i \sum_j \sum_k (y_{ijk} - y_{..})^2$	$rqp - 1$		

$$t_0 = \frac{\bar{y}_{A+} - \bar{y}_{A-}}{s_R}$$

$$\sigma^2 = \sigma_e^2 + \sigma_r^2$$

148

Példa: A az állvány szöge (2 szinten)
 B az állvány hossza (2 szinten)

2. változat: $2 \times 2 = 4$ beállítás, 10 izzó („repeated experiments”)

$$y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + r_{(ij)} + \varepsilon_{ijk} \quad r_{(ij)} \text{ randomizációs korlát}$$

Hatás	A szórásnégyzet várható értéke	Szab. fok	F_0
A	$20\Phi(A) + 10\sigma_r^2 + \sigma_e^2$	1	(s_A^2 / s_R^2)
B	$20\Phi(B) + 10\sigma_r^2 + \sigma_e^2$	1	(s_B^2 / s_R^2)
AB	$10\Phi(AB) + 10\sigma_r^2 + \sigma_e^2$	1	(s_{AB}^2 / s_R^2)
ism. (R)	σ_e^2	36	

csak-nem-szignifikáns

kivéve, ha szerencsénk van, pl. s_{AB}^2 kicsi

$$\frac{s_A^2}{s_{AB}^2}$$

149

Példa: A az állvány szöge (2 szinten)
 B az állvány hossza (2 szinten)

3. változat: $2 \times 2 \times 2 = 8$ beállítás, 3 izzó
 (részben „replicated”, részben „repeated”)

$$y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + S_{k(ij)} + r_{(ijk)} + \varepsilon_{ijkl}$$

S a beállítás, r nem is kellene külön

Hatás	A szórásnégyzet várható értéke	Szab. fok	F_0
A	$12\Phi(A) + 3\sigma_S^2 + 3\sigma_r^2 + \sigma_e^2$	1	s_A^2 / s_S^2
B	$12\Phi(B) + 3\sigma_S^2 + 3\sigma_r^2 + \sigma_e^2$	1	s_B^2 / s_S^2
AB	$6\Phi(AB) + 3\sigma_S^2 + 3\sigma_r^2 + \sigma_e^2$	1	s_{AB}^2 / s_S^2
S	$3\sigma_S^2 + 3\sigma_r^2 + \sigma_e^2$	4	s_S^2 / s_R^2
ism.	σ_e^2	16	

Mind a három fontos hatást vizsgálhatjuk.
 Maradék kérdés: mekkora hatásokat mutathatunk ki?

150

Taguchi módszere a minőség kísérletes javítására

6. példa

Ina Tile: sok a selejt – a kemence különböző pontjain a hőmérséklet nem azonos

A kemence áttervezése és átépítése helyett a csempe-massza receptúráját változtatták meg úgy, hogy az ne legyen annyira érzékeny az égetés hőmérsékletére.

csempe

151

$$x_4 = -x_1x_2$$

$$x_5 = -x_1x_3$$

$$x_6 = -x_2x_3$$

$$x_7 = x_1x_2x_3$$

2^{7-4} terv (régi szint a szürke):

	faktor	-1	+1
A	agalmatolit típusa	jelenlegi	olcsóbb
B	az adalék szemcsézettsége	durva	finom
C	mészke mennyisége	5%	1%
D	selejt-visszaforgatás	0%	4%
E	betöltött mennyiség	1300 kg	1200 kg
F	agalmatolit mennyisége	43%	53%
G	földpát mennyisége	0%	5%

(az agalmatolit drága)

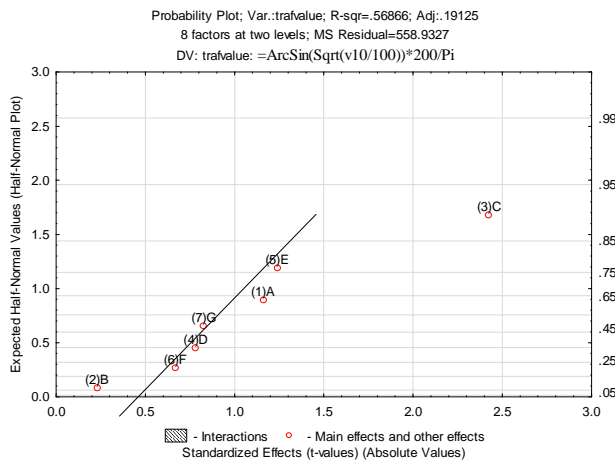
152

	A	B	C	D	E	F	G	selejt %
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	16.0
2	+1	-1	-1	+1	+1	-1	+1	17.0
3	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	12.0
4	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	6.0
5	-1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	6.0
6	+1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	68.0
7	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	42.0
8	+1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	26.0

153

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Trial	A	B	C	D	E	F	G	H	Value
1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	16
2	2	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	17
3	3	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	12
4	4	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	6
5	5	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	6
6	6	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	68
7	7	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	42
8	8	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	26
9	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	47
10	2	1	-1	-1	1	1	1	1	1	41
11	3	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	20
12	4	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	28
13	5	-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	52
14	6	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	100
15	7	-1	1	1	1	1	1	-1	1	80
16	8	1	1	1	-1	-1	1	1	1	100

Elemzés a Whole Plot faktorokra (H nélkül: H és kölcsönhatásai kihagyva, Ignore some effects)



Elemzés a subplot faktorokra (H és A-G-vel való kölcsönhatásai),
A-G főhatások és a H subplot faktort nem tartalmazó interakciók
kihagyva):

