Miért akartunk új könyvet írni?

Kemény Sándor
Budapesti Műszaki és Közgazdaságtudományi Egyetem,
Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék

Szerzőtársak:
Deák András, Lakné Komka Kinga, Kunovszki Péter

alkérdések:

- miért akartunk egyáltalán könyvet írni
- mihez képest (2000)

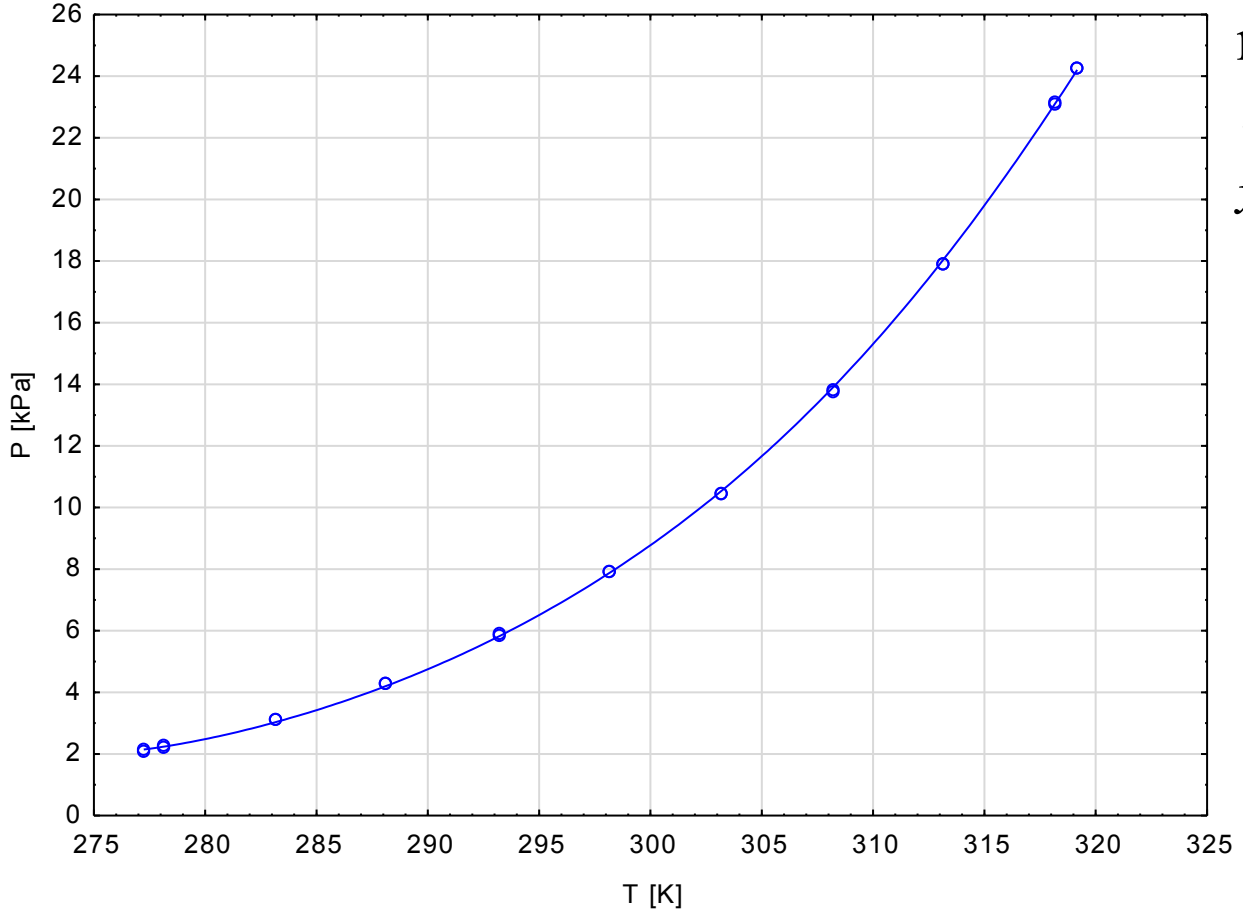
Hogy kezdődött az egész?

1969 vegyészmérnöki diploma

laborhoz: átlag, szórás, t, egyenes illesztése, hibaterjedés

fázisegyensúlyok termodinamikája

számítógép



nemlineáris (param.)

σ nem konstans

x is hibával terhelt

$$\log P = A - \frac{B}{C+T}$$

Antoine

$$P = 10^{A-\frac{B}{C+T}}$$

$\longrightarrow$ tanítani kell

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM TOVÁBBKÉPZŐ INTÉZETE
előadássorozatából: 4907

Kemény Sándor

MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE MATEMATIKAI STATISZTIKAI MÓDSZEREKKEL

(Numerikus regresszió - analízis)

KÉZIRAT

BUDAPEST
1974

Ára: 100,- Ft

PÉLDÁNY

BUDAPESTI
MŰSZAKI EGYETEM TOVÁBBKÉPZŐ INTÉZETE
előadássorozatából: 5074

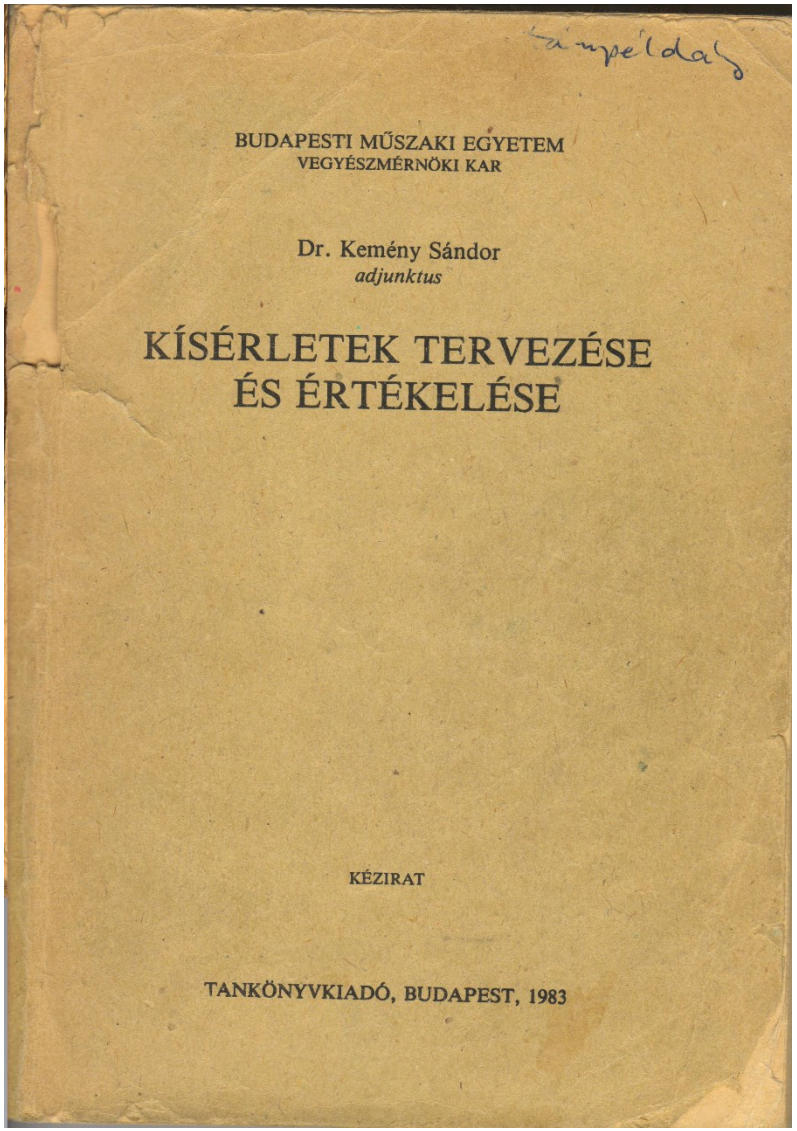
Dr. Kemény Sándor

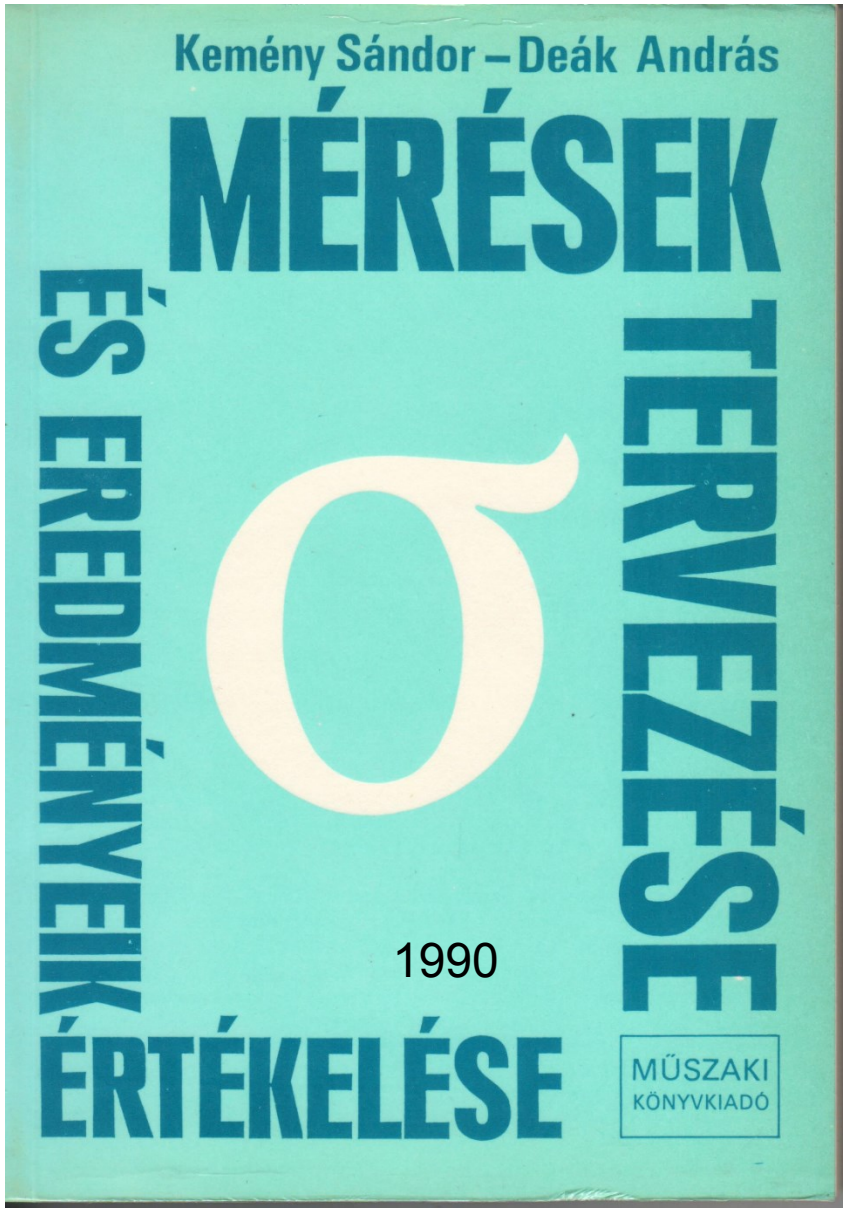
MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE MATEMATIKAI STATISZTIKAI MÓDSZEREKKEL

KÉZIRAT

BUDAPEST
1978

Ára: 220,— Ft

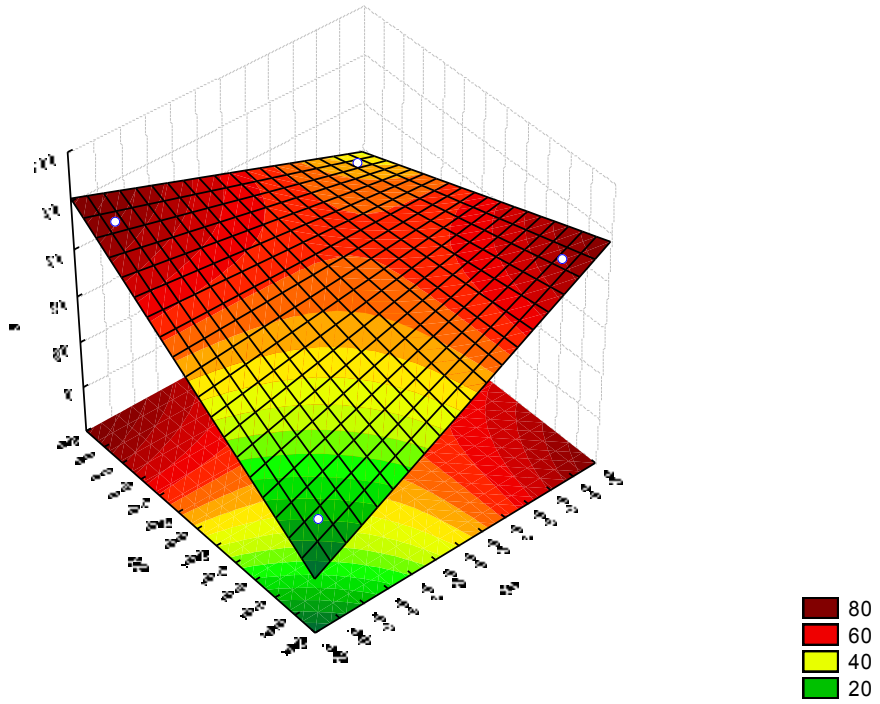




itt már volt kísérlettervezés

megjelent a varianciaanalízis

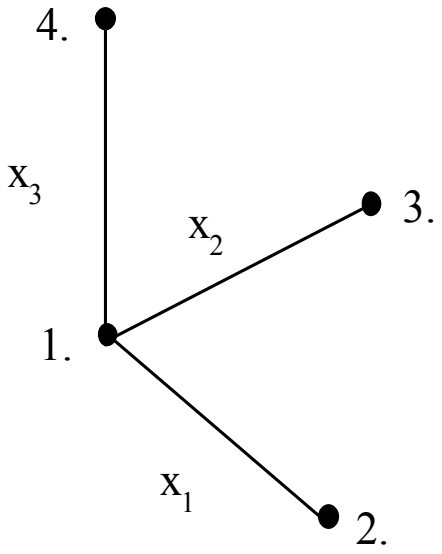
KÍSÉRLETTERVEZÉS



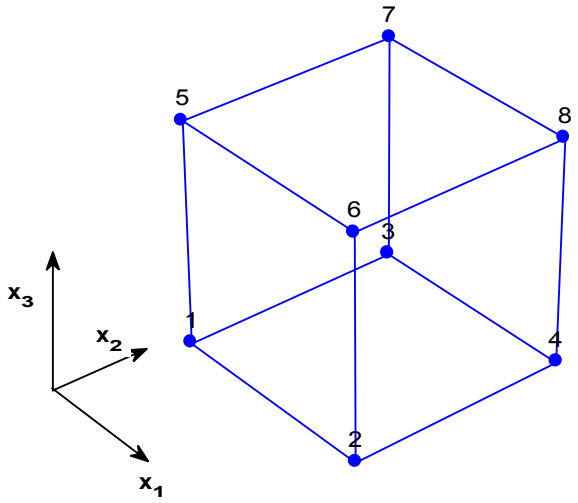
Mit akarunk megtudni?

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \ldots + \beta_p x_p$$

2^p típusú teljes faktoros kísérleti tervek



a)



b)

a változók egyenkénti változtatása

mátrix-terv

I. **Valószínűségelméleti és matematikai statisztikai alapok**
II. **Lineáris regresszió**
III. **Varianciaanalízis (ANOVA)**
IV. **Faktoros kísérleti tervek**
V. **Minőségjavító kísérlettervezés**
VI. Komplex alkalmazási példák

cím: Kísérletek tervezése és értékelése

I. Valószínűségelméleti és matematikai statisztikai alapok

1. A szükséges valószínűségelméleti és matematikai statisztikai alapismeretek összefoglalása (alapfogalmak, eloszlások)

2. A statisztikai következtetés

2.1. A minta statisztikai jellemzői

2.2. Hipotézisvizsgálat, statisztikai próbák

…

2.2.7. Próba és konfidencia-intervallum

2.2.8. Másodfajú hiba és szükséges minta-elemszám, a nem-centrális *t*-eloszlás

2.2.9. A két egyoldali t-próba (TOST)

2.3. Paraméterbecslés

2.4. Illeszkedésvizsgálat

2.5. Statisztikai intervallumok

2.5.1. Konfidencia-intervallum

2.5.2. Jóslási intervallum

2.5.3. Tolerancia-intervallum

3. Több valószínűségi változó együttes eloszlása, korreláció

II. Lineáris regresszió

4. A regresszióanalízis alapjai; egyváltozós lineáris regresszió

4.1. A regresszióanalízis alapjai

4.2. Lineáris regresszió, ismétlés nélküli mérések, σ_y^2 konstans

4.3. Lineáris regresszió ismételt mérések esetén,

4.4. Lineáris regresszió ismételt mérések eseten, ha σ_y^2 nem konstans

5. Többváltozós lineáris regresszió

…

5.5. Regresszió polinomokkal

5.6. Regresszió más, a független változóban nemlineáris, de a paraméterekben lineáris függvényekkel

5.7. Regresszió a paraméterekben nemlineáris függvényekkel

5.7.1. Paraméterbecslés, ha a függvény transzformációval lineárissá alakítható

6. Regresszió, ha a független változó is valószínűségi változó

7. A hibaterjedési törvény és alkalmazása

8. A regressziós problémák megoldásának előkészítése és a feltételezések utólagos ellenőrzése

8.1. A tapasztalati regressziós függvény típusának kiválasztása

8.2. A σ_y^2 becslésének lehetőségei

8.3. A regresszió feltételeinek ellenőrzése; a reziduumok vizsgálata

III. Varianciaanalízis (ANOVA)

9. Varianciaanalízis: egy faktor szerinti osztályozás

10. Összehasonlítások egy faktor két vagy több szintjére

11. Mennyiségi faktorok kezelése

12. Két faktor szerinti keresztosztályozás

12.4. Mennyiségi faktorok kezelése

12.5. Összehasonlítás kontrollcsoporttal

13. Varianciaanalízis véletlen faktor esetén

13.1. Egy véletlen faktor szerinti varianciaanalízis

13.2. A Satterthwaite-közelítés

13.3. Keresztosztályozás két véletlen faktor szerint

13.4. Keresztosztályozás egy rögzített és egy véletlen faktor szerint: véletlen blokk

13.5. Keresztosztályozás egy rögzített és két véletlen faktor szerint: latin négyzet

14. Hierarchikus osztályozás

15. Általános tervek és általános megfontolások

15.1 Általános algoritmus a közepes négyzetösszegek várható értékének levezetésére

15.2. A másodfajú hiba valószínűsége, a kimutatható eltérés nagysága rögzített hatásokra

15.3. Véletlen faktort tartalmazó egyszerűbb modellek

15.4. Közvetlen és közelítő próbák

15.5. A nem-szignifikáns hatások egyesítése (pooling)

15.6. Megjegyzés a vegyes kölcsönhatásokat tartalmazó tervek kezeléséről

16. Kovarianciaanalízis

17. A regresszióanalízis és a varianciaanalízis kombinációja

18. A kísérleti tervek időbeli és térbeli struktúrája

- 18.1. Split-plot tervek
  - 18.1.1. Térbeli korlátozás
  - 18.1.2. Időbeli korlátozás
  - 18.1.3. A kimutatható hatások nagysága
- 18.2 További ismétlési technikák a kísérleteknél
- 18.3. Repeated measures
- 18.4. Amikor az ismétlés nem ismétlés
  - 18..4.1. Ismétlés a függő változóban
  - 18.4.2. Ismétlés az ipari kísérleteknél
  - 18.4.3. A kimutatható hatások nagyságának számítása
- 18.5. A véletlen blokk és a split-plot közötti különbségek

IV. Faktoros kísérleti tervek.

19 Bevezetés a kísérlettervezésbe

19.1. A kísérlettervezés célja

19.2. Többfaktoros kísérletek

19.3. Mennyiségi és minőségi változók, mérési skálák a kísérlettervezés szempont

19.5. Többszörös célfüggvény

20. Kétszintes kísérleti tervek

…

20.6. Critical mix

20.7. Centrumponti kísérlet minőségi faktorra

20.8. Split-plot tervek a faktoros kísérleteknél

21. A válaszfelület módszere

…

21.4. Elegy-tervek

22. A kísérlettervezés megvalósítása

V. Minőségjavító kísérlettervezés

23. Taguchi módszere a minőség kísérletes javítására

23.4. Ortogonális kísérleti tervek a Taguchi-módszerben

23.5. Faktorok a minőségjavító kísérlettervezésnél

23.5.1. A zaj az ismétlések szórásában tükröződik

23.5.2. A zajt terv szerint generáljuk

23.5.3. Kombinált terv

…

23.8. Split-plot tervek a Taguchi-kísérleteknél

VI. Komplex alkalmazási példák

24. Gyógyszerkészítmények stabilitásvizsgálatának statisztikai értékelése

25 Az analitikai validálás statisztikai eszközei

26. Az ingadozás-források kvantitatív elemzése

27. A kísérlettervezési eredmények további elemzése

- 27.1. Rossz pont kimutatása
- 27.2. Rossz pont és critical mix

28. A split-plot terv-variánsok további elemzése

Ki a közönségünk?

hallgatóink

analitikusok

sok analitikus – validálás

Görög Sándor (tatár-dúlás, török-dúlás, …)

Horvai Gy.

minőségügy, Taguchi, 6 szigma

statisztikai ipar, Statistical Engineering
Industrial Engineering

miért magyarul?

nem statisztikai könyv, hanem mérnököknek szóló

ism	1. nap	2. nap	3. nap
1	96.897	96.905	97.495
2	96.963	97.567	97.195
3	97.232	97.241	97.215
4	97.184	97.025	97.581
5	96.988	97.202	97.352
6	96.797	97.324	97.283

Mit jelent az, hogy mérnöki?

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

σ_e^2 konstans, vagyis mindegyik *ij* csoportra egyforma nagyságú (homoszkedaszticitás)

ε_{ij} hibák csoportokon belül és csoportok között is függetlenek egymástól

$\varepsilon \sim N\left(0, \sigma_y^2\right)$ normális eloszlásúak

Ágnes asszony

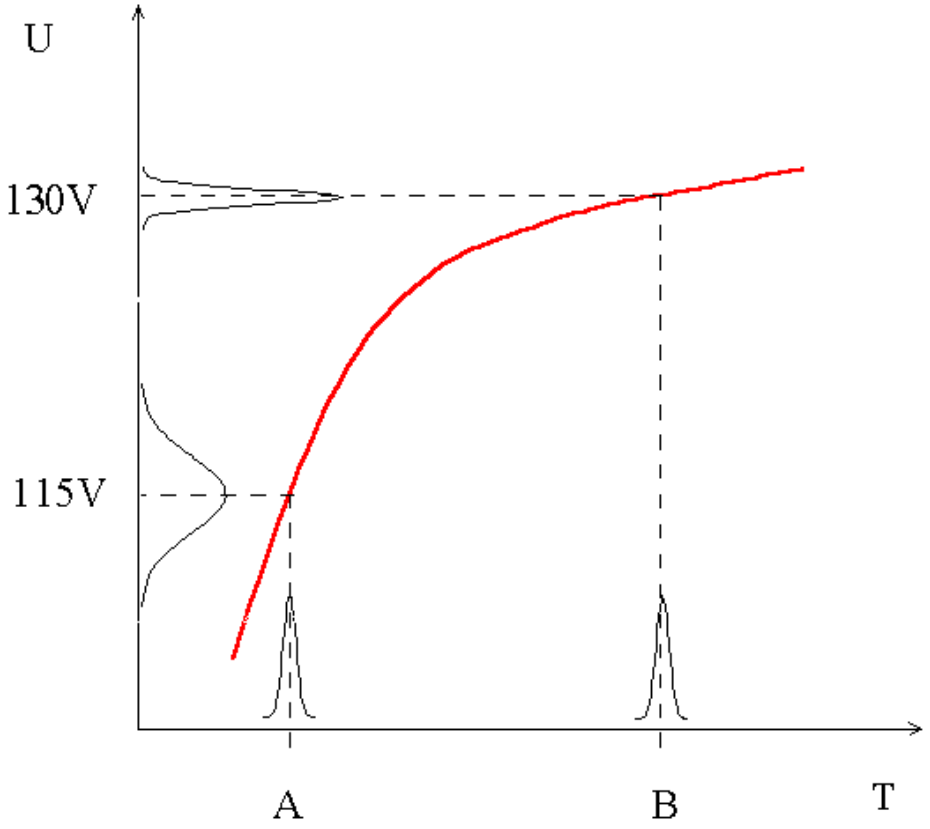
a 6 minta esetleg nem egyetlen üveg oldószerből készült, vagy nem ugyanabban az edényben.

Örkény István: Egyperces novellák
Szépirodalmi Könyvkiadó, Budapest, 1984, p. 388

-Halló, gépterem?
-Skultéti, jelentkezem.
-Mennyi, Skultéti?
-Harminchárom.
-Mi harminchárom?
-Mi mennyi, főmérnök úr?
-Az, ami harminchárom.
-Nem annyinak kellett volna lennie?
-Mindegy, Skultéti, csak csinálják tovább.

(Nehézipari folklór, 1978)

Taguchi tranzisztor-példája: a tranzisztor teljesítmény-tényezője függvényében az áramkör kimenő feszültsége:



A kimenő feszültség előírt értéke 115V

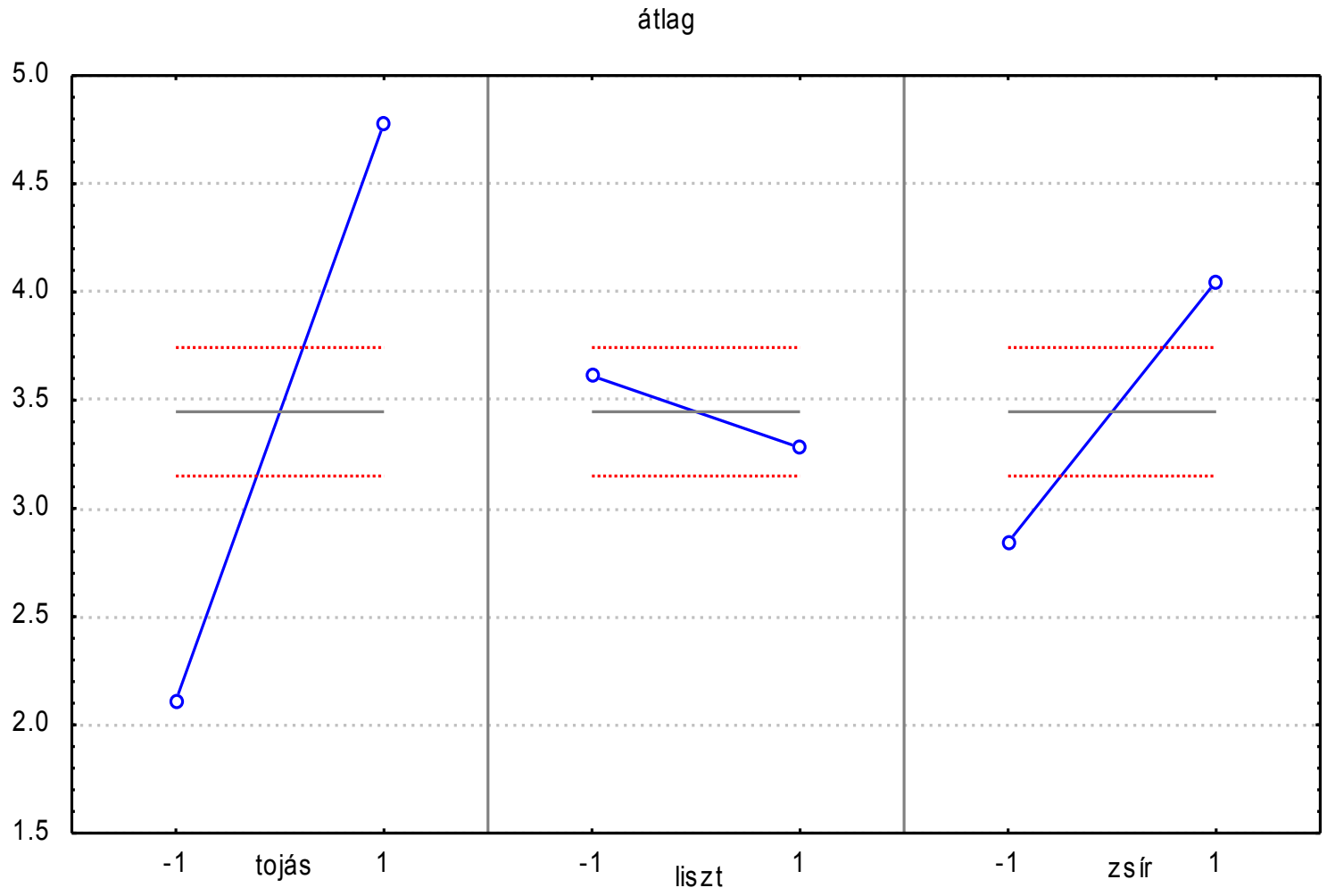
Nem az okot szüntettük meg, hanem a következményét csökkentettük
→ **robusztus folyamat**

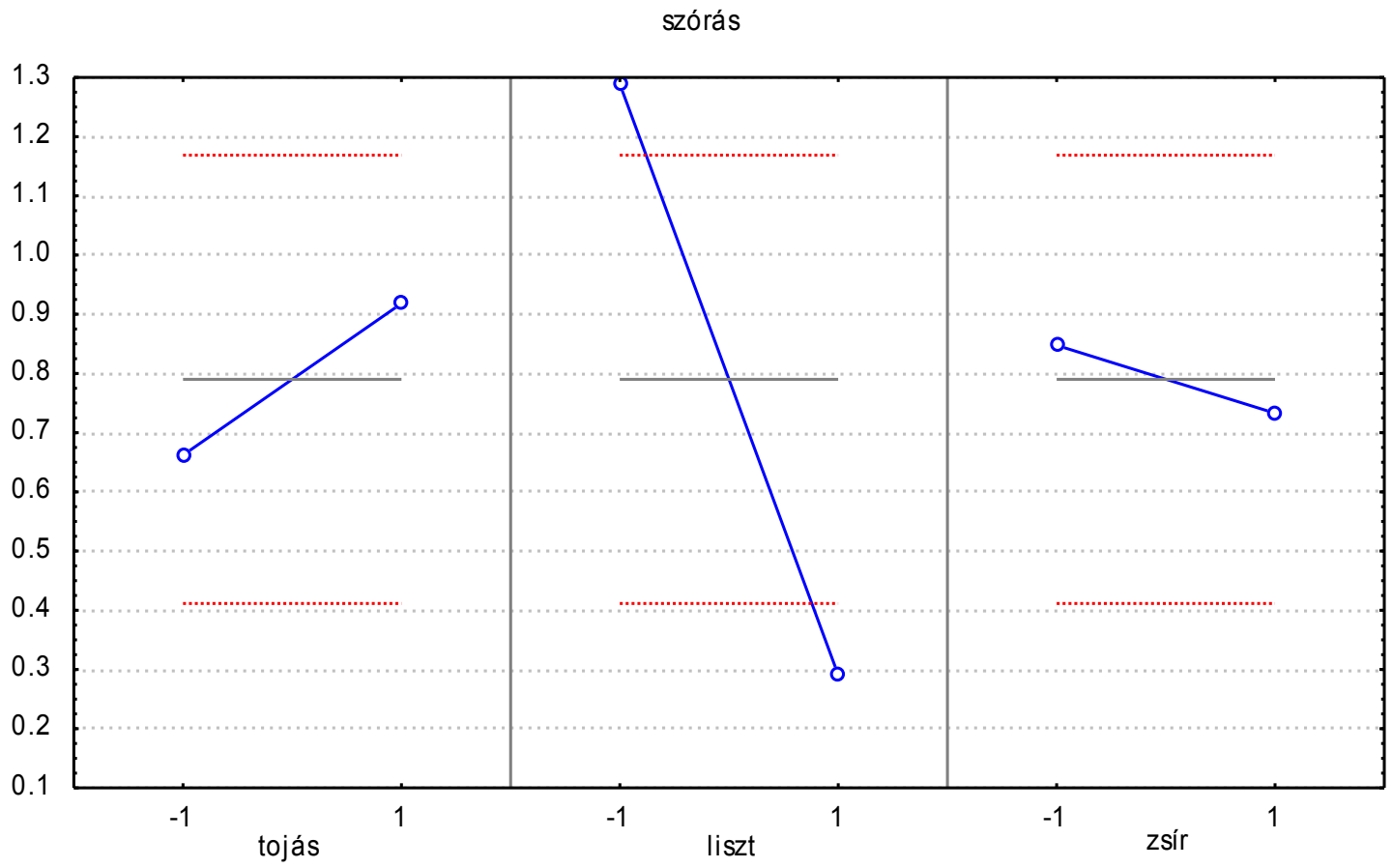
Statisztikusnak: mixed model, a véletlen faktor hatása is érdekes

A terv és az eredmények:

				idő	–	+	–	+	átlag	szórás
				hőm.	–	–	+	+		
	tojás	liszt	zsir.							
1	–	–	–		1.3	1.6	1.2	3.1	1.800	0.883
2	+	–	–		2.2	5.5	3.2	6.5	4.350	1.991
3	–	+	–		1.3	1.2	1.5	1.7	1.425	0.222
4	+	+	–		3.7	3.5	3.8	4.2	3.800	0.294
5	–	–	+		1.6	3.5	2.3	4.4	2.950	1.245
6	+	–	+		4.1	6.1	4.9	6.3	5.350	1.038
7	–	+	+		1.9	2.4	2.6	2.2	2.275	0.299
8	+	+	+		5.2	5.8	5.5	6.0	5.625	0.350

Az eredményeket átlagra és szórásra dolgozzuk föl (nem igazi szórás, de …).


átlag
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
-1
tojás
1
-1
liszt
1
-1
zsír
1


szórás
1.3
1.2
1.1
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
-1
1
tojás
-1
1
liszt
-1
1
zsír

KÍSÉRLETEK TERVEZÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE

Kemény S. és Deák A.

1998

Phare

BME Vegyészmérnöki Kar
Phare Konzorcium

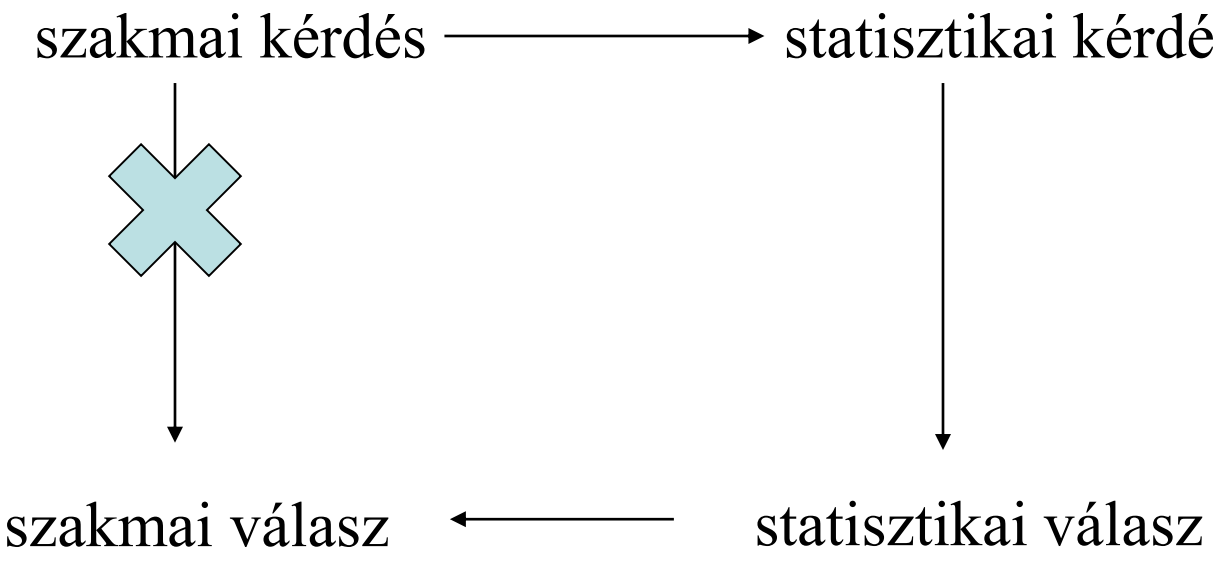
KEMÉNY SÁNDOR
DEÁK ANDRÁS

KÍSÉRLETEK TERVEZÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE

2000

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ

probléma-megoldási vázlat a 6 szigma tréningeken



- csak a legegyszerűbb esetekben működik.
- maga a szakmai kérdés sem fogalmazható meg egyszerűen, és szintén nem egyszerű azt statisztikai kérdéssé alakítani. együttműködésben alakul ki a releváns szakmai kérdés, egymás szakmáját „megtanulva”, iterálva alakítják át a megfelelő statisztikai kérdéssé.

Emese svéd kollégája

Sokszor a statisztikai elemzésnél arra koncentrálunk, hogy megfelelő választ találjunk a föltett kérdésre. Legalább ilyen fontos pedig, hogy a megfelelő kérdést tegyük föl (Peter Drucker: “the important and difficult job is never to find the right answer; it is to find the right question).

J. Tukey: többet ér a helyes kérdésre adott közelítő válasz, mint a rossz kérdésre adott precíz válasz „Far better an approximate answer to the right question, which is often vague, than the exact answer to the wrong question, which can always be made precise.”.

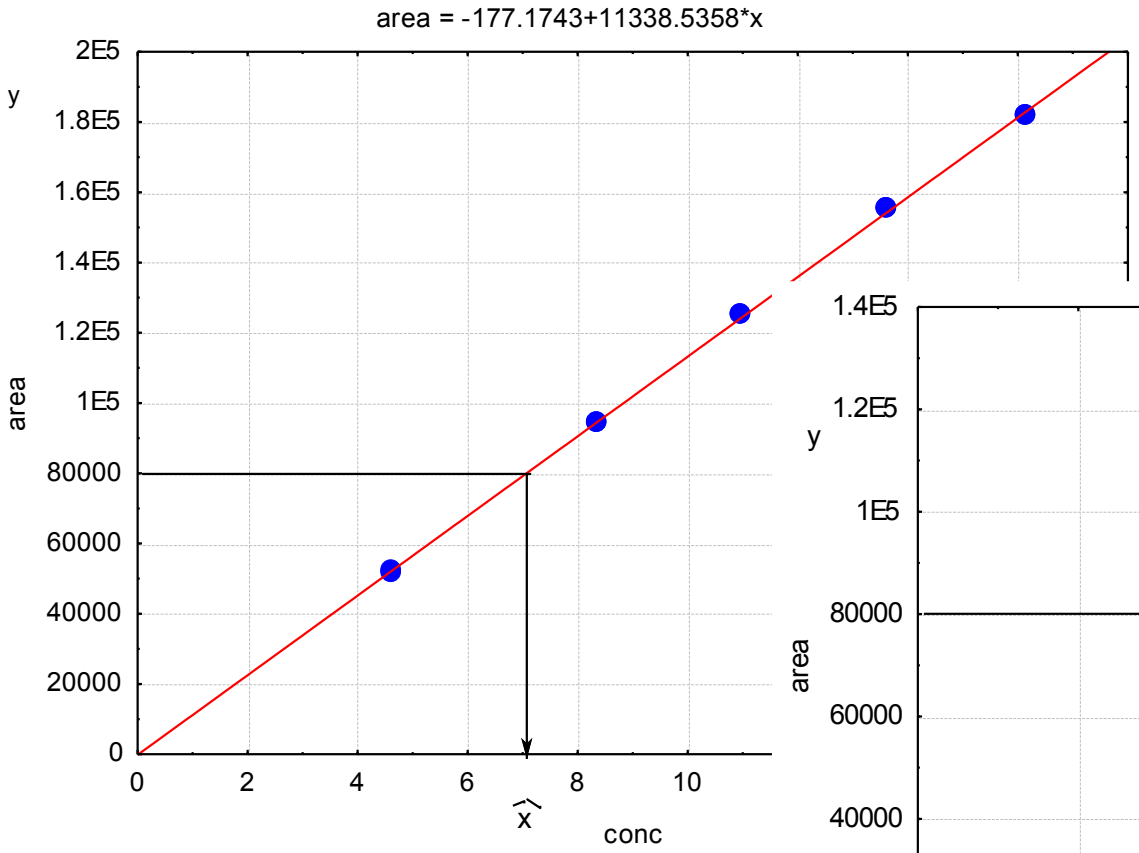
Do not put your faith in what statistics say until you have carefully considered what they do not say. ~William W. Watt

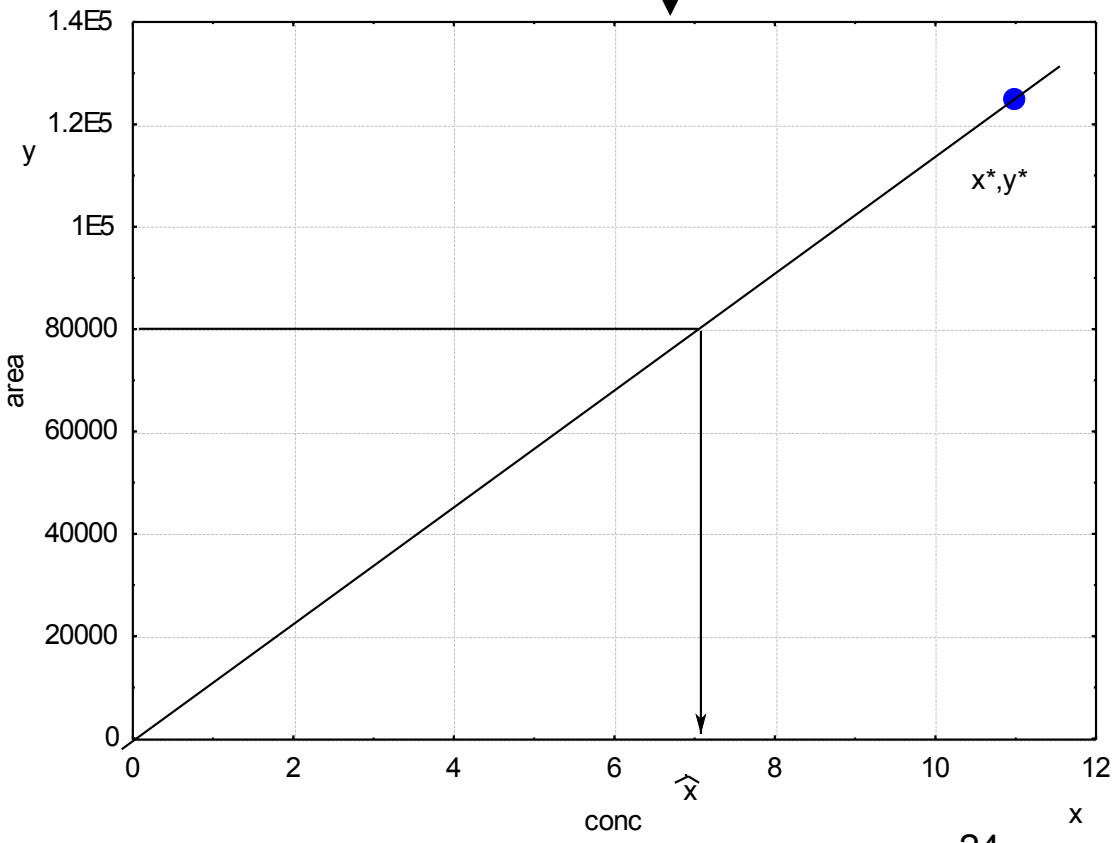
Az egypontos kalibráció alkalmasságának vizsgálata

kalibrációs egyenes

$$\hat{Y} = b_0 + bx$$

$$\hat{Y} = bx$$





$$b = \frac{y^*}{x^*}$$

egyetlen kalibrációs pont kell a több helyett

feltételek:

egyenes, origón átmenő

az analitikusok okkal szeretik

Akkor szokás elfogadni, ha a tengelymetszet nem különbözik szignifikánsan zérustól (t-próba)

$$t = \frac{b_0}{s_{b_0}}$$

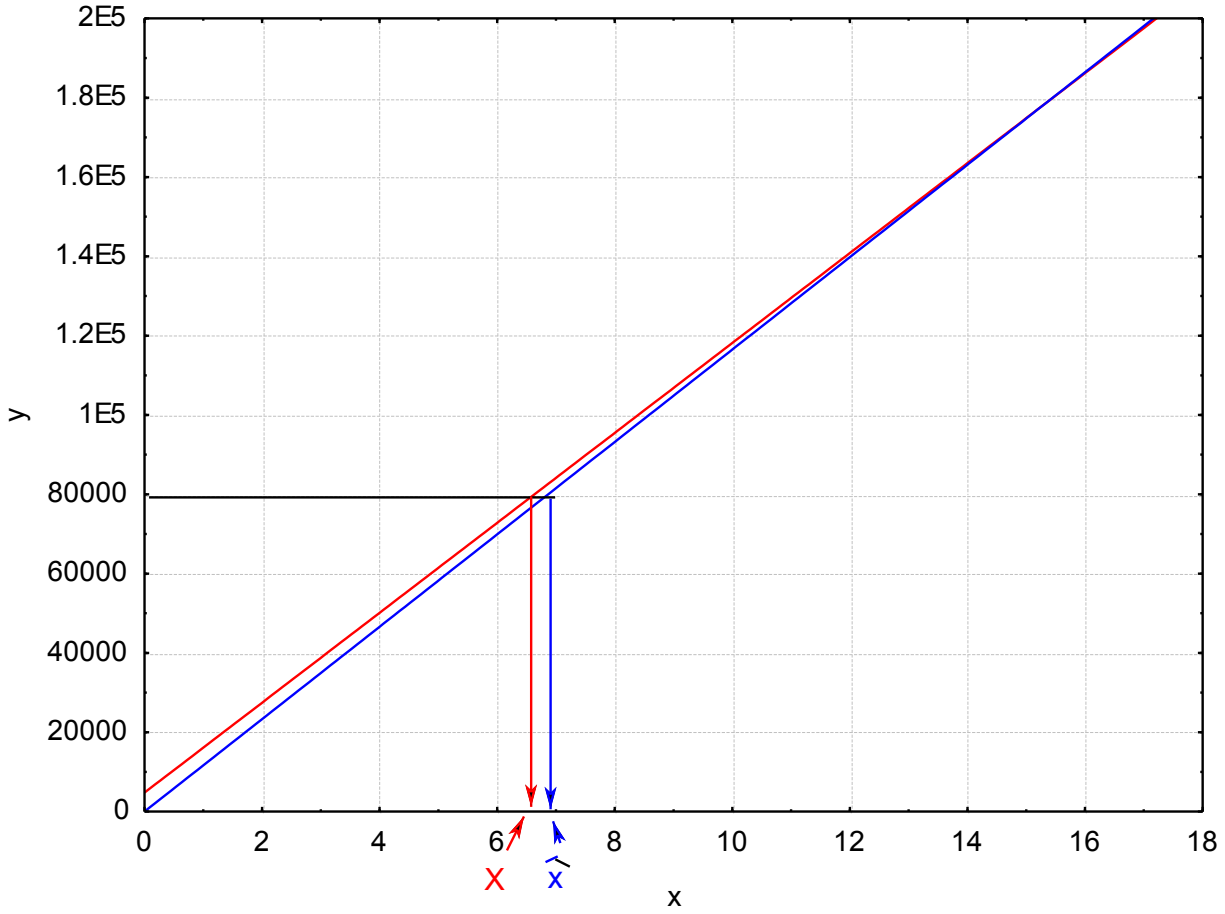
$$-t_{\alpha/2} < \frac{b_0}{s_{b_0}} < t_{\alpha/2}$$

$$s_{b_0}^2 = s_y^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \right]$$

a gyenge analitikai munkát jutalmazza ☺

A releváns kérdés: az egypontos kalibráció okozta torzítás meghaladja-e a megengedettet?

$$H_0 : \Delta < E(\hat{x} - X) < \Delta$$



$$\text{bias} = E(\hat{x} - X)$$

$$\hat{x} = \frac{y}{b} = \frac{yx^*}{y^*}$$

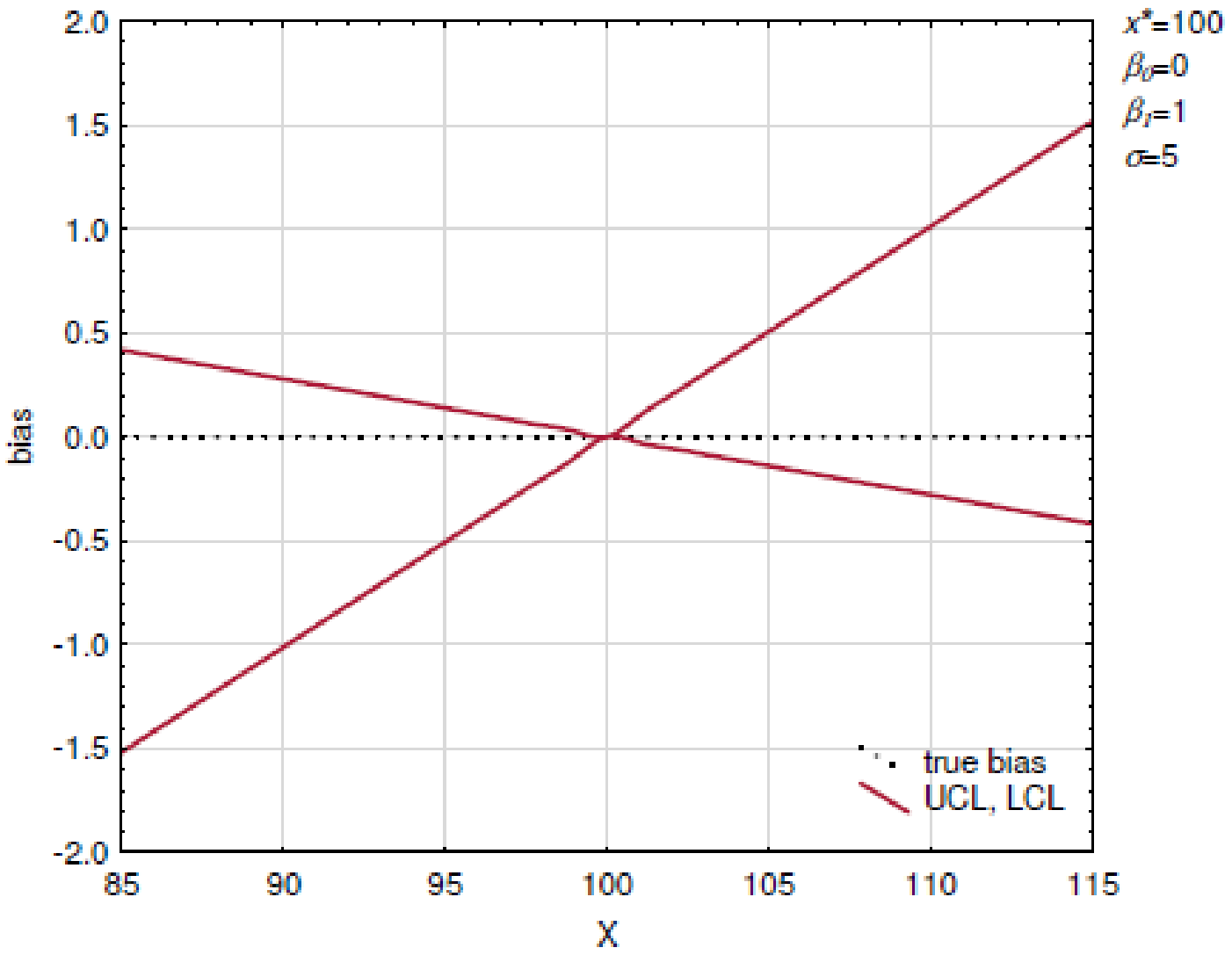
Δ a megengedett

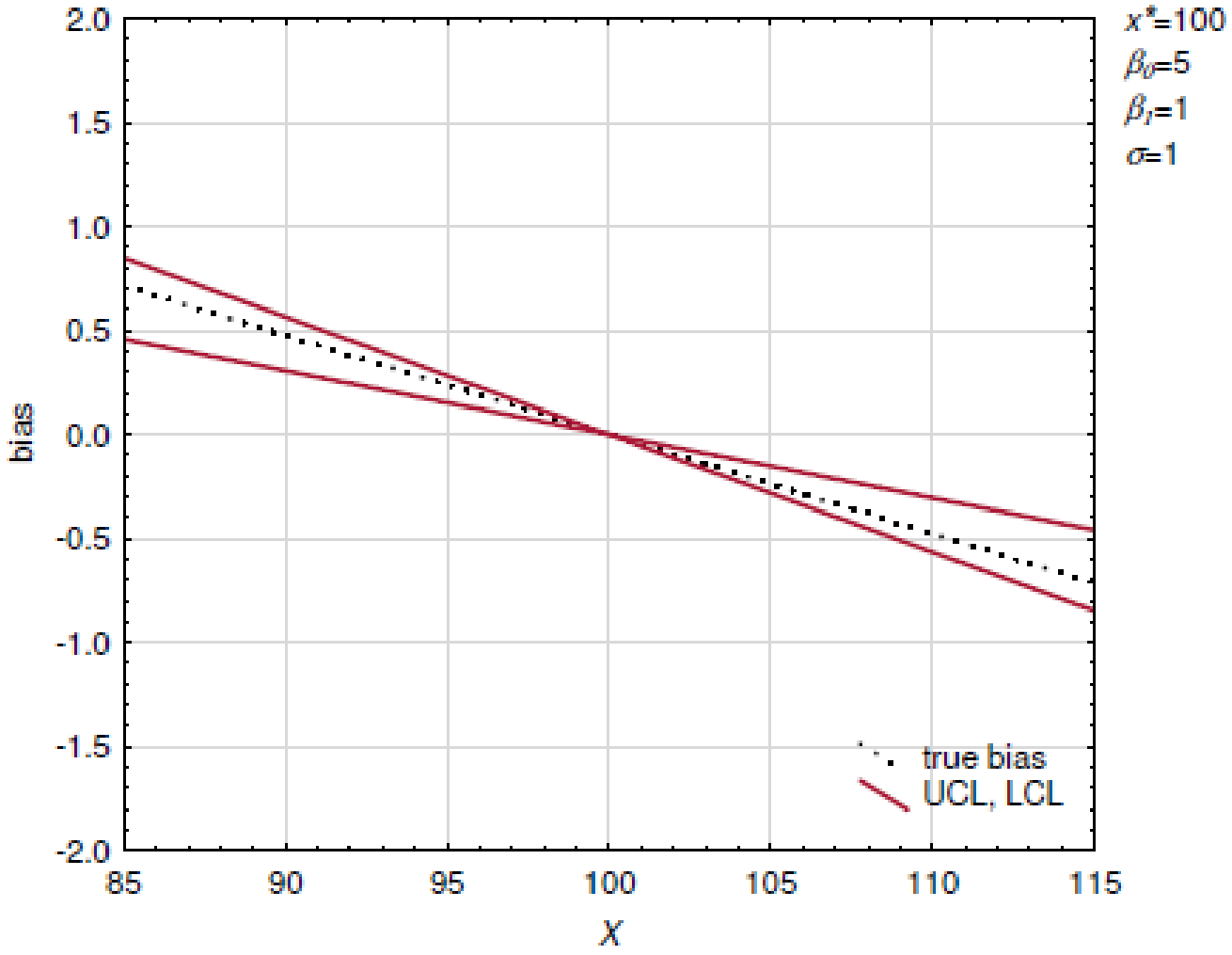
Nem statisztikai kérdés!

	x	y
1	87.5	90.98039
2	75	75.51637
3	125	119.138
4	137.5	140.0422
5	62.5	61.80267
6	100	96.51965
7	150	158.3625
8	50	49.19273
9	112.5	116.3112

	Parameter Estimates (pelda1.sta) Sigma-restricted parameterization					
Effect	y Param.	y Std.Err	y t	y p	-95.00% Cnf.Lmt	+95.00% Cnf.Lmt
Intercept	-3.6556(	4.58244	-0.7977⁴	0.45123(	-14.491:	7.18015⁴
x	1.0453(	0.04360:	23.9695:	0.00000(	0.942:	1.14841:

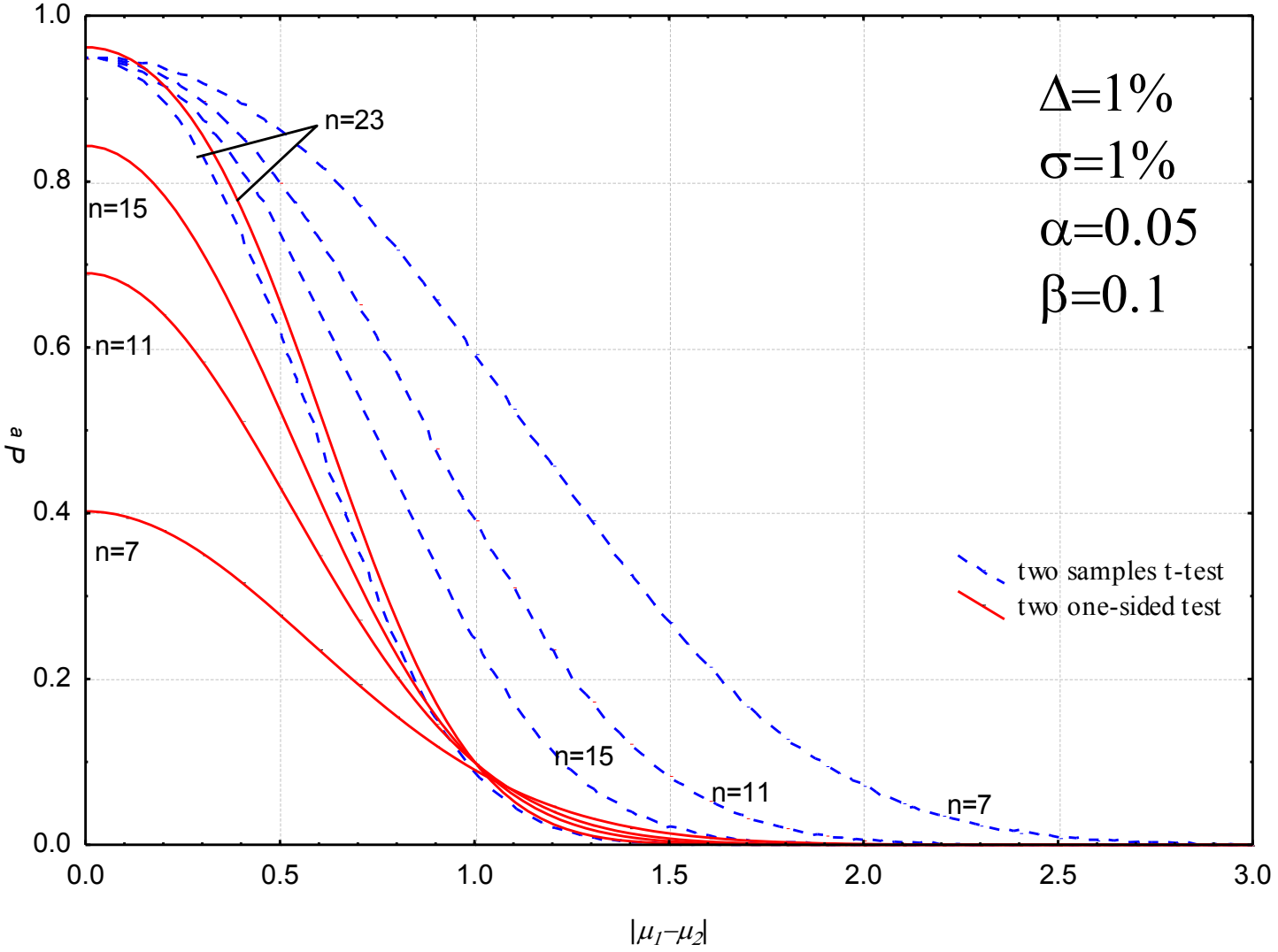
ez a rossz


2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
bias
85
90
95
100
105
110
115
X
x*=100
β0=0
β1=1
σ=5
true bias
UCL, LCL



Békés Feri: Nem tisztességes, hogy a statisztikusok áttolják a felelősséget a kísérletezők asztalára!

módszerátadás $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ $H_0' : -\Delta \le \mu_1 - \mu_2 \le \Delta$



Miben jobb a statisztikai megközelítés a szakmainál?
A statisztikai válasz jellegzetessége: α, β
Ebből azt is megértjük, hogy a szakmai kérdés sosem a kapott adatokra (mintára) vonatkozik, hanem mindig az adatok mögött megbúvó magasabb szintű összefüggésre kérdez rá, így a statisztikai kérdésnek is mindig az adatok mögött megbúvó sokaság(ok) paraméterére vagy valamilyen – a vizsgált jelenséget leíró – modell paraméterére kell vonatkoznia!

United States versus Barr Laboratories, Judge Wolin, 1983

A statisztikai következtetéshez feltételezésekkel élünk, ezek a sokaságok tulajdonságaira vonatkoznak (ilyen például a kísérleti hibák függetlensége, eloszlása), ezt valószínűségi modellnek (probability setup) nevezzük.
A statisztikában is, ahogy a természettudományokban és a mérnöki alkalmazásokban is, modellekkel dolgozunk.
A statisztikai következtetés adott módszere a modellhez kötődik, tehát az eredmények csak annyira érvényesek, amennyire a modell érvényes.

G. E. P. Box: minden modell rossz, de közülük egyesek jobban használhatók (Box és Draper, 1987).

Maga a könyv

Typotex
nyomtatott
408 oldal az érdemi + címnegyed + hirdetés

digitális
még kb. 300 oldal

Az új részek és új hangsúlyok a következők:

A statisztikai alapok témakörében

- az egyoldali próbák hangsúlyozása
- próba és konfidencia-intervallum ekvivalenciája ill. a táblázatból vett kritikus érték, kiszámított p, konfidencia-intervallum viszonya és haszna)
- TOST (két egyoldali t-próba, bár sajnos nincs minden kidolgozva, pl. ANOVA hiányzik)
- hibaterjedés: GUM-EURACHEM

Az ANOVA és a faktoros tervek témakörében

- több ingadozás-forrás figyelembe vétele
- split-plot, nehezen változtatható faktorok
- critical mix, rossz pont

Meg kell tanulnunk pontosan kérdezni

A szegedi paprika aflatoxin-szennyezése
határérték 5μg/kg
a Bács-Kiskun Megyei Állategészségügyi és Élelmiszerellenőrző Állomás nem akkreditált laborjának mérése szerint 4.8 μg/kg ±25%

OÉTI: génkárosító, rákkeltő, a határértékhez közeli eredmény miatt meg kellett volna ismételni a vizsgálatot

laborvezető: a ±25% azt jelenti, hogy 5μg/kg +25%=6.25 μg/kg megengedhető

Megfejtés: egyoldali próba ill. konfidenciaintervallum

$$H_0 : \mu \leq \mu_0 = 5\,\mu g/kg \qquad H_1 : \mu > \mu_0 = 5\,\mu g/kg$$

Ha elutasítjuk H_0-t, azt látjuk bizonyítva, hogy a megengedettnél több van benne (a hatóság szempontja).
Ha elfogadjuk H_0-t, semmit nem látunk bizonyítva.
Itt elfogadták, tehát nem bizonyított, hogy a határértéket meghaladja.

$$H_0' : \mu \geq \mu_0 = 5\,\mu g/kg \qquad H_1' : \mu < \mu_0 = 5\,\mu g/kg$$

Ha elutasítjuk $H`_0$-t, azt látjuk bizonyítva, hogy a megengedettnél kevesebb van benne (a kibocsátó kötelezettsége).
Ha elfogadjuk $H`_0$-t, semmit nem látunk bizonyítva.
Itt elfogadták, tehát nem bizonyított, hogy a határérték alatt van.

Mit akarunk bizonyítani?

Sebességhatár túllépése

A rendőrség (a régi szép időkben) akkor látta bizonyítva a túllépést, ha a mérés eredménye a határ +10% volt

A vezető akkor lehetett biztos benne, hogy nem lépi túl, ha a mérése eredménye a határ -10% volt.

A paprikát akkor lehetett volna piacra dobni, ha „biztosak” benne, hogy a határérték alatt vannak, ekkor abban is „biztosak” lehetnek, hogy a hatóság sem találja (a mérési bizonytalanságok miatt) határérték fölöttinek.

Az analitikus további eszköze a rendőrséghez képest az ismétlésszám megválasztása, ezzel α és β is kézben tartható.

split-plot

A terv és az eredmények:

				idő	–	+	–	+		
				hőm.	–	–	+	+		
	tojás	liszt	zsir.						átlag	szórás
1	–	–	–		1.3	1.6	1.2	3.1	1.800	0.883
2	+	–	–		2.2	5.5	3.2	6.5	4.350	1.991
3	–	+	–		1.3	1.2	1.5	1.7	1.425	0.222
4	+	+	–		3.7	3.5	3.8	4.2	3.800	0.294
5	–	–	+		1.6	3.5	2.3	4.4	2.950	1.245
6	+	–	+		4.1	6.1	4.9	6.3	5.350	1.038
7	–	+	+		1.9	2.4	2.6	2.2	2.275	0.299
8	+	+	+		5.2	5.8	5.5	6.0	5.625	0.350

Az elemzést esetleg úgy végezzük, mintha a kísérleteket randomizáltuk volna, pedig…→ split-plot

Áttekintés

Teljes randomizálás
32 tészta-gyúrás, 32 kemence-beállítás, egymáshoz sorsolva
Split-plot,
    kemence-beállítás (**E**nvironment) a whole plot,
    tészta-gyúrás (**D**esign) a subplot
    32 tészta-gyúrás, 4 kemence-beállítás
Split-plot,
    tészta-gyúrás (**D**esign) a whole plot,
    kemence-beállítás (**E**nvironment) a subplot
    8 tészta-gyúrás, 32 kemence-beállítás
4. Strip-plot,
    8 tészta-gyúrás, 4 kemence-beállítás

Az a tapasztalatunk, hogy a valóságos problémák, amelyekkel a felhasználó szembekerül, bonyolultak, és nem is egyszerűsíthetők, több eszköz felhasználását igénylik, de tanulni-tanítani csak az egyszerű eszközöktől kezdve lehet, spirálisan haladva fölfelé. Ezért iktatunk be komplex példákat új fejezetként.

Mellék-kérdés: hogy lehet az, hogy az alapfokú tanfolyamok után is sikereket érnek el a résztvevők?

példa
EEG adatok feldolgozása varianciaanalízissel (Sarkadi Ádám, Richter, 1996)

A kísérlet: ischaemiás hypoxia modellezése kétoldali nyaki verőér leszorítással (bilateralis carotis occlusio - **BCO**)

Baseline	BCO	Reperfúzió	
0:00 - 0:06	0:30 - 0:36 **1.**	0:40 - 0:46 **10.perc**	0:50 - 0:56 **20. perc**
	1:00 - 1:06 **2.**	1:10 - 1:16	1:20 - 1:26
	1:30 - 1:36 **3.**	1:40 - 1:46	1:50 - 1:56
2:00:30	2:00 - 2:06 **4.**	2:10 - 2:16	2:20 - 2:26
	2:30 - 2:36 **5.**	2:40 - 2:46	2:50 - 2:56
	3:00 - 3:06 **6.**	3:10 - 3:16	3:20 - 3:26

Vegyület beadása

Alapvonal	Tesztelés							
		1.	**2.**	**3.**		**4.**	**5.**	**6.**
10	**BCO-k**	10	9	10	placebo	9	10	10
11	**alatt**	10	8	11	Idebenone	10	10	7
11		11	11	11	RGH-5279	11	11	11
	10 min	9	8	9	placebo	10	8	9
	BCO-k	10	11	11	Idebenone	11	8	7
	után	11	11	11	RGH-5279	11	11	11
	20 min	9	10	10	placebo	8	9	8
	BCO-k	11	11	11	Idebenone	11	8	7
	után	10	11	11	RGH-5279	10	11	10

A fő kérdés: van-e különbség a vegyületek között?

Paraméter	Szórásnégyzet Vegyület	Error	p
INTAVVEP	1.1153	0.0408	**2.2E-11**
AVINTVEP	0.6508	0.0437	**8.2E-07**
ACTB	25.8691	2.1306	**9.7E-06**
ACTM	10.1512	1.2959	**0.0005**
MOBB	0.2408	0.0341	**0.0010**
MOBM	0.4140	0.0312	**3.5E-06**
COMPB	0.0730	0.0177	**0.0175**
COMPM	0.1512	0.0169	**0.0002**
DELTA1B	8.6453	2.0988	**0.0175**
DELTA2B	23.1473	2.7888	**0.0003**
THETA1B	34.5816	2.6165	**3.7E-06**
THETA2B	55.2873	3.1460	**7.9E-08**
ALFA1B	63.5676	3.3380	**2.2E-08**
ALFA2B	25.9102	1.3115	**1.2E-08**
BETA1B	53.6110	2.6363	**7.4E-09**
BETA2B	42.5158	2.0243	**4.2E-09**
DELTA1M	2.7600	1.3527	0.1323
DELTA2M	5.4780	1.4443	**0.0240**
THETA1M	13.9193	1.5140	**0.0001**
THETA2M	25.8584	1.9941	**4.6E-06**
ALFA1M	24.0716	2.1657	**2.5E-05**
ALFA2M	19.6799	1.2504	**3.9E-07**
BETA1M	28.4785	1.7637	**2.7E-07**
BETA2M	30.0268	1.4131	**3.4E-09**

A 4-6. BCO eredményeinek feldolgozása varianciaanalízissel

Remek! Van különbség a vegyületek között.

	Szórásnégyzet		
Paraméter	Vegyület	Error	p
INTAVVEP	0.3625	0.0542	**0.0015**
AVINTVEP	0.0818	0.0202	**0.0184**
ACTB	1.2702	0.3520	**0.0285**
ACTM	0.0454	0.2371	0.8259
MOBB	0.0642	0.0245	0.0750
MOBM	0.0130	0.0127	0.3615
COMPB	0.0126	0.0111	0.3214
COMPM	0.0090	0.0080	0.3274
DELTA1B	1.3147	0.5975	0.1129
DELTA2B	1.7342	0.6166	0.0620
THETA1B	1.8054	0.4579	**0.0206**
THETA2B	0.8255	0.4237	0.1447
ALFA1B	2.3040	0.5015	**0.0110**
ALFA2B	1.3890	0.2695	**0.0064**
BETA1B	1.1238	0.3865	0.0565
BETA2B	1.7685	0.4149	**0.0151**
DELTA1M	1.9393	0.4866	**0.0198**
DELTA2M	0.1694	0.3850	0.6445
THETA1M	0.2031	0.2607	0.4600
THETA2M	0.3760	0.3525	0.3457
ALFA1M	0.0558	0.4671	0.8874
ALFA2M	0.3648	0.2428	0.2246
BETA1M	0.2905	0.2825	0.3591
BETA2M	0.9172	0.2838	**0.0411**

Az 1-3. BCO eredményeinek feldolgozása varianciaanalízissel

Hűha! Itt is van különbség a vegyületek között, amikor még meg se kapták!

Az ingadozás forrásai:

- a különböző időpontokban végzett kísérletekben a külső-belső körülmények eltérése
- az állat-egyedek közötti, a körülményektől nem függő különbségek

A hagyományos ANOVA érvényes pl. ha minden vegyület - BCO-T kombinációhoz másik állat tartozik, véletlenszerűsítve.

A tényleges kísérleti terv: egy állat csak egyszer kerül sorra, de akkor vele minden kísérletet elvégeznek, BCO és T adott sorrendben

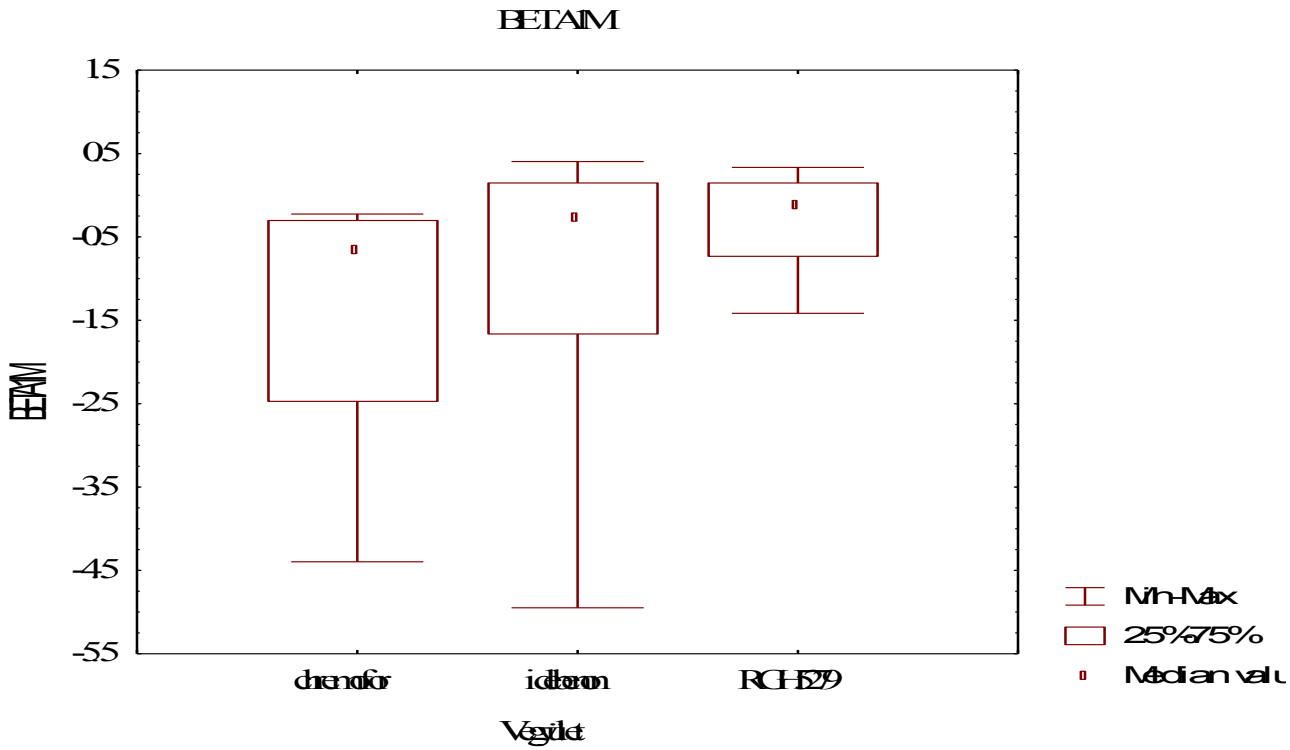
“Repeated measures “ terv

Paraméter	MS(S) Vegyület	MS(R) Egyesített	p
INTAVVEP	1.1088	0.2181	**0.0128**
AVINTVEP	0.6539	0.2999	0.1312
ACTB	25.8513	14.4540	0.1852
ACTM	10.1170	8.2046	0.3062
MOBB	0.2506	0.1734	0.2521
MOBM	0.4136	0.1468	*0.0762*
COMPB	0.0723	0.0968	0.4830
COMPM	0.1500	0.0927	0.2158
DELTA1B	8.5242	12.8285	0.5222
DELTA2B	23.0293	17.9671	0.2928
THETA1B	34.9578	17.5762	0.1551
THETA2B	55.5771	21.8575	*0.0961*
ALFA1B	63.7438	23.1841	*0.0806*
ALFA2B	25.7260	9.2972	*0.0795*
BETA1B	53.9479	17.9409	*0.0651*
BETA2B	42.5611	14.2621	*0.0663*
DELTA1M	2.7328	7.3966	0.6943
DELTA2M	5.3156	8.3743	0.5373
THETA1M	14.0185	9.7702	0.2546
THETA2M	26.1602	13.6713	0.1657
ALFA1M	24.1764	14.7768	0.2122
ALFA2M	19.5736	8.4801	0.1174
BETA1M	28.6107	11.9474	0.1090
BETA2M	29.9730	9.6041	*0.0592*

Az eredmény (A 4-6. BCO eredményeinek helyes feldolgozása)

p: 0.05 alatt egy, 0.1 alatt 8 a 24 közül, de majdnem mind 0.5 alatt

Azért valamit látunk:



minta	inj	A lab	B lab	C lab
1	1	91.189	89	91.7
	2	91.086	89.2	91.3
2	1	91.666	89.5	90.9
	2	91.945	89.6	91.1
3	1	90.937	87.7	92.8
	2	90.461	88.3	93.0

Milyen terv?

hierarchikus vagy kereszt-osztályozás

rögzített vagy véletlen faktor

mekkora hatás kimutatására alkalmas

Lorenzen T. J., Anderson, V. L.: Design of experiment. A no-name approach. Marcel Dekker, 1993