

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)

KEMÉNY SÁNDOR

DEÁK ANDRÁS



KÍSÉRLETEK
TERVEZÉSE
ÉS ÉRTÉKELÉSE

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ

2000

- 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 (alfogalmak, 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 esetén, 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 lineárisrá 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. Faktoris kísérleti tervek.

19 Bevezetés a kísérlettervezésbe

19.1. A kísérlettervezés célja

19.2. Többszintű kísérletek

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

19.5. Többszörös célfüggvény

20. Kétszintű 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 zajterv 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

Mit jelent az, hogy mérnöki?

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

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

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

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

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

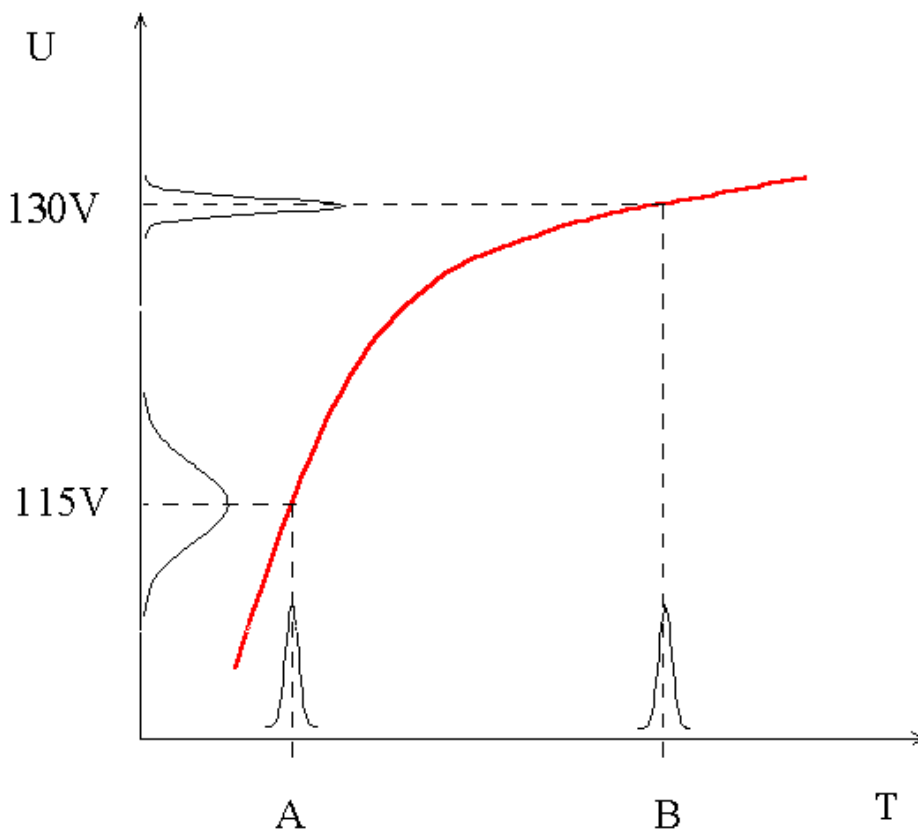
Ágnes asszony

A matematikust az érdekli (és azt tanítja), hogy a feltételezések hol játszanak szerepet, a mérnököt az, hogy mit jelentenek a gyakorlatban, hogy csinálja úgy a kísérleteket, hogy teljesüljenek, és mi van, ha nem teljesülnek (mennyire nem teljesülnek)

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

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

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
következményt
csökkentettük
→ **robustus folyamat**

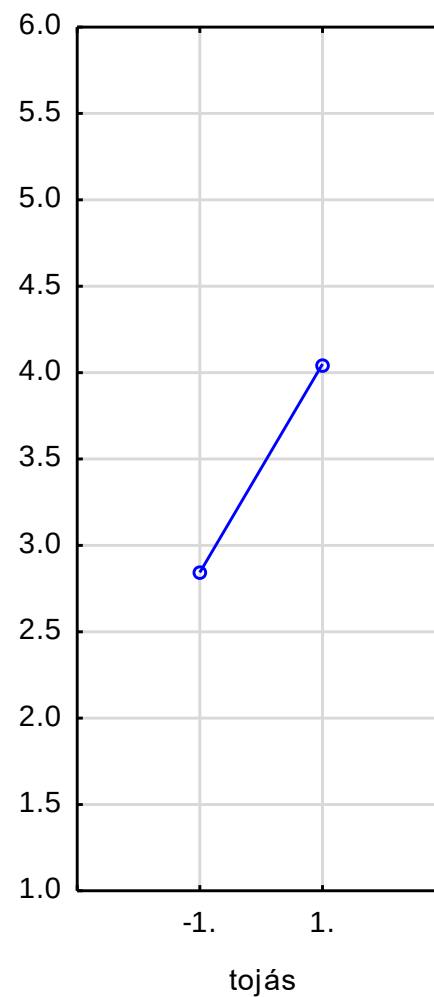
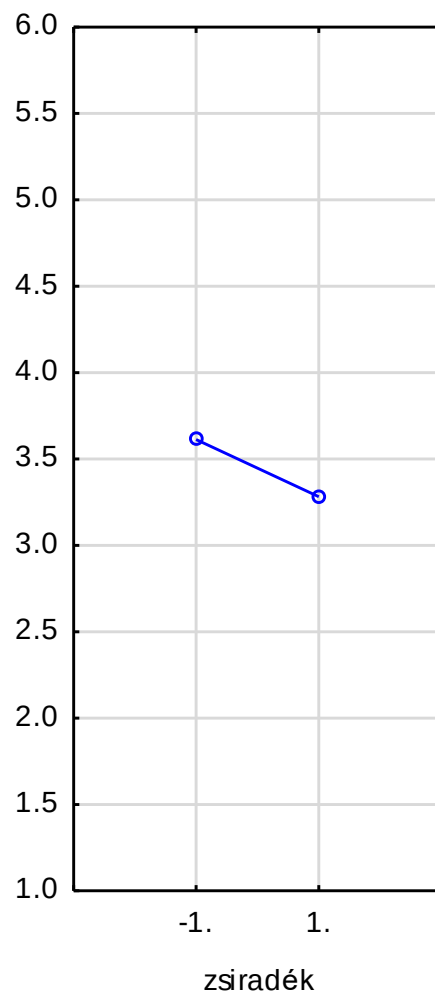
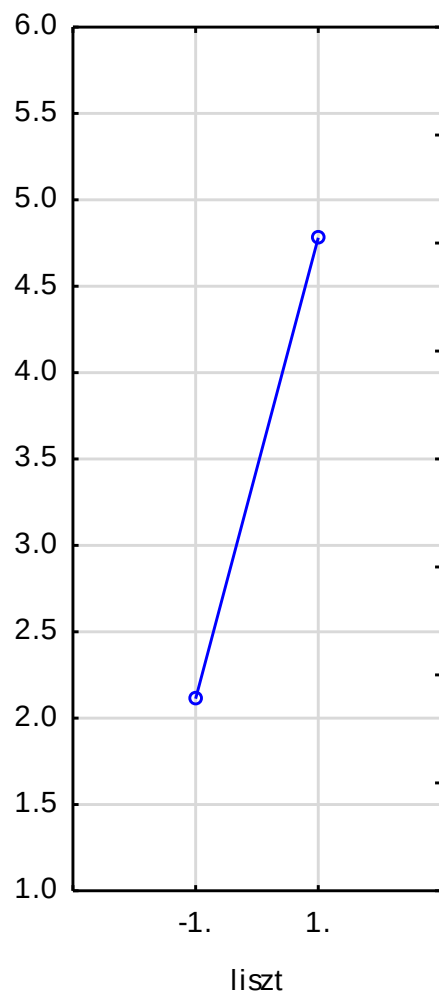
Statisztikusnak: mixed model, a véletlen faktor hatása is érdekes

A terv és az eredmények:

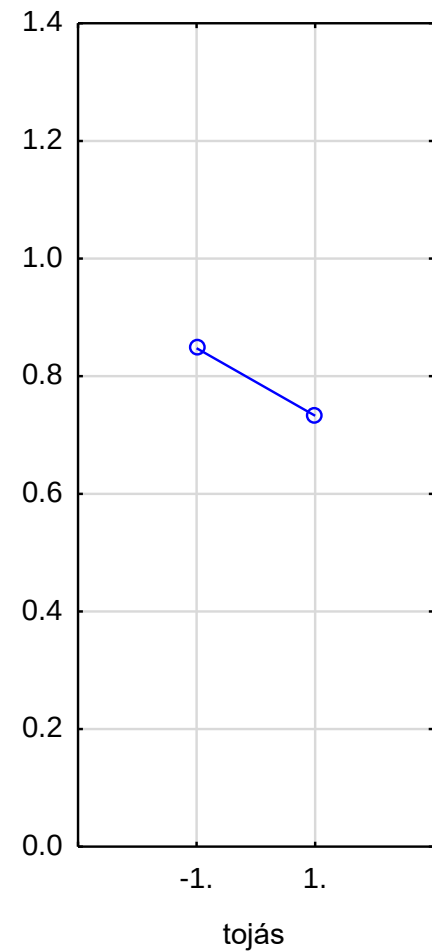
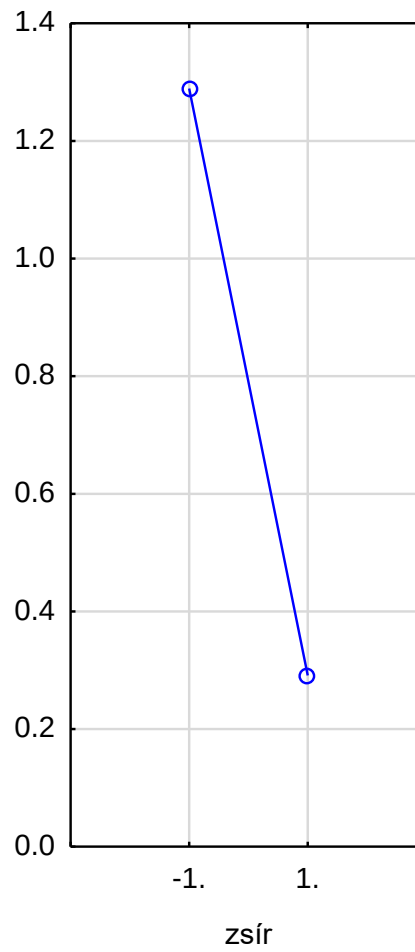
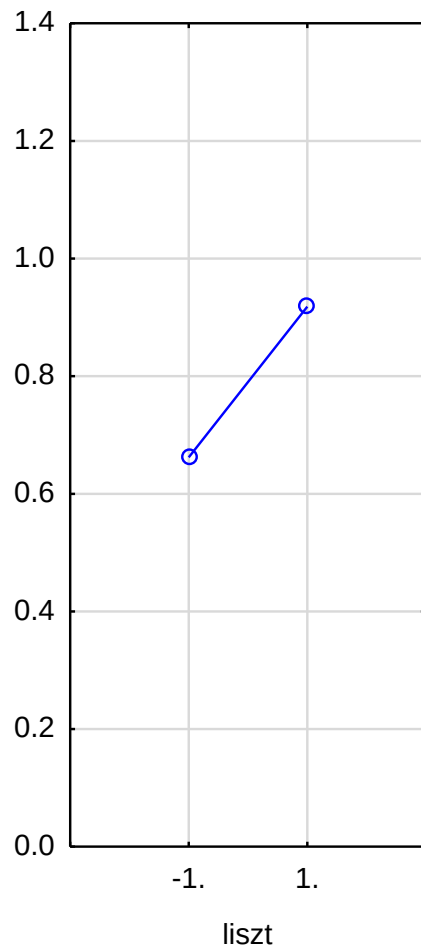
				idő	—	+	—	+	átlag	szórás
				hőm.	—	—	+	+		
	liszt	zsír	tojás							
1	—	—	—		1.3	1.6	1.2	3.1	1.800	0.883
2	+	—	—		2.2	5.5	3.2	6.5	4.350	1.991
3	—	+	—		1.3	1.2	1.5	1.7	1.425	0.222
4	+	+	—		3.7	3.5	3.8	4.2	3.800	0.294
5	—	—	+		1.6	3.5	2.3	4.4	2.950	1.245
6	+	—	+		4.1	6.1	4.9	6.3	5.350	1.038
7	—	+	+		1.9	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 ...).

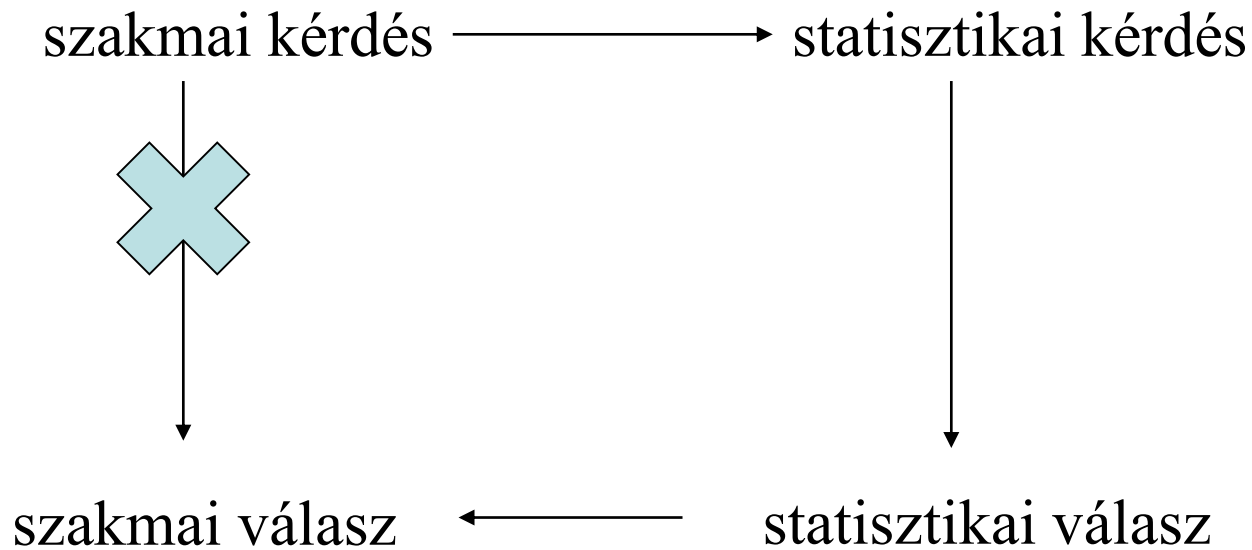
átlag



szórás



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 koncentrálnak, hogy megfelelő választ találjunk a feltett 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.”.

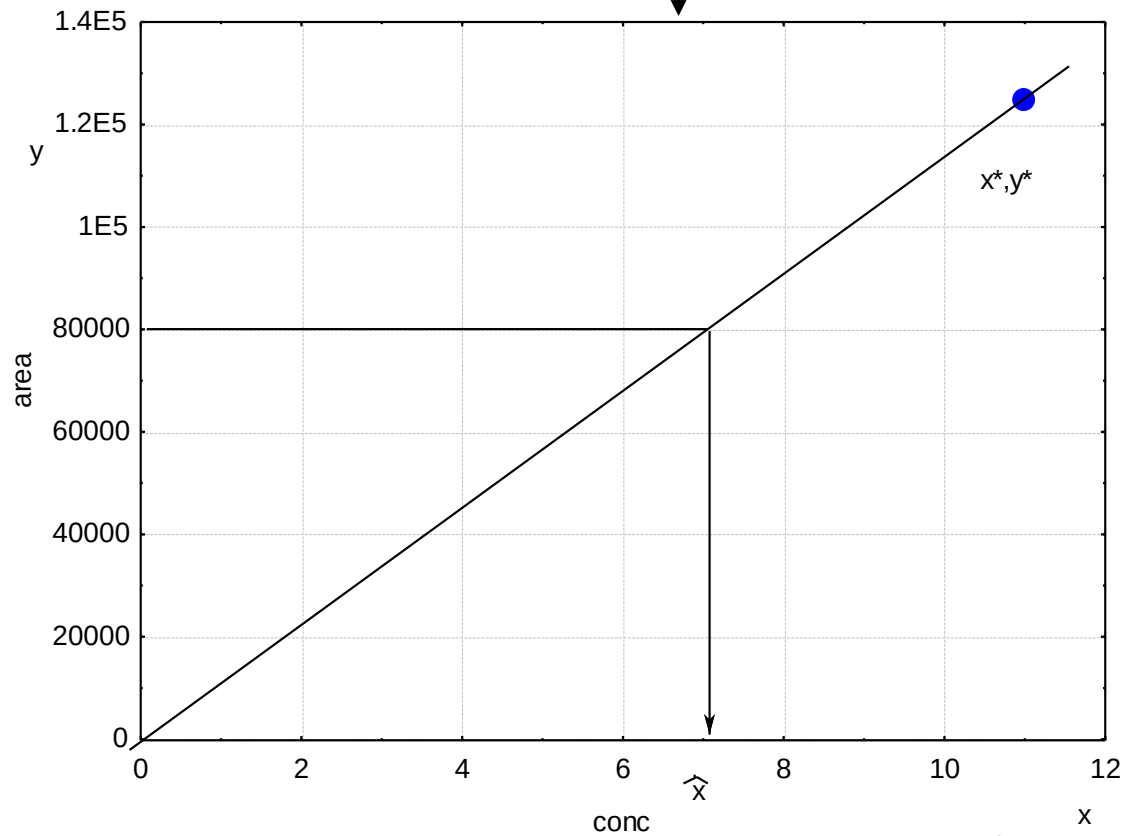
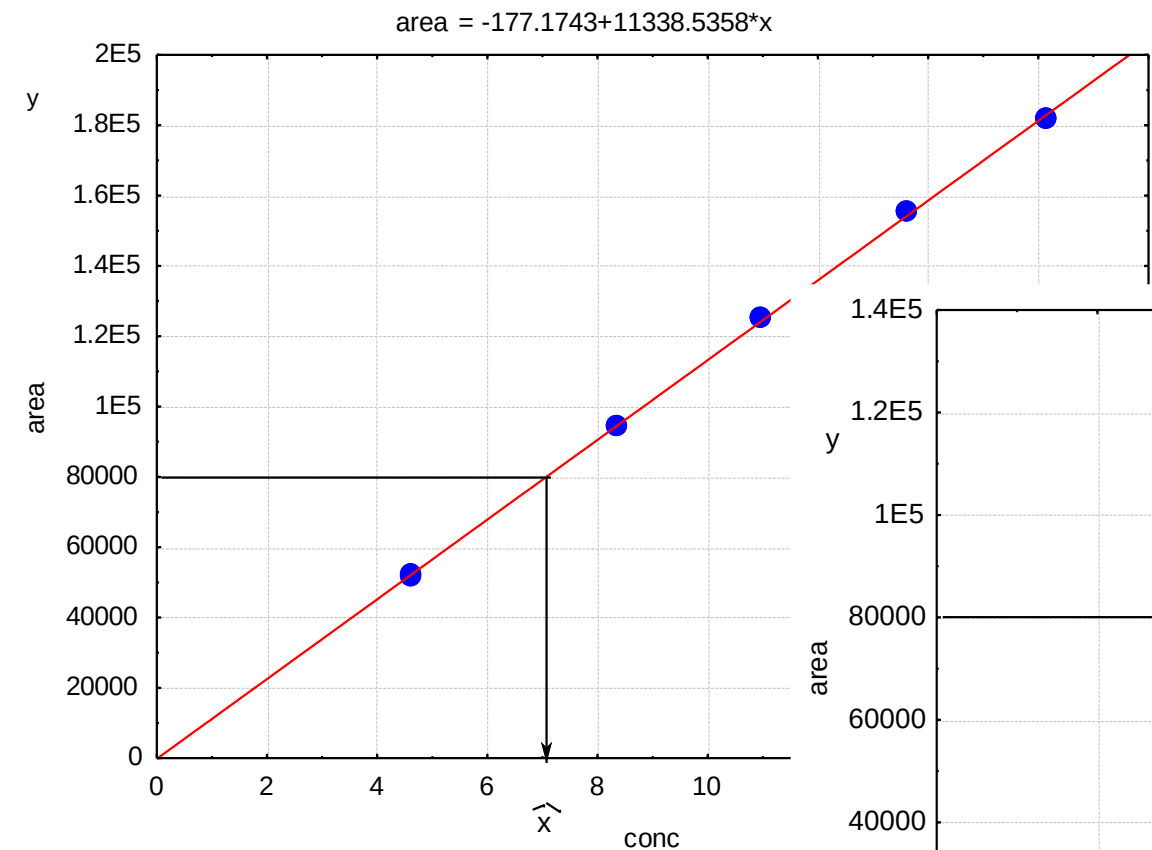
Do not put your faith in what statistics say until you have carefully considered what they do not say. ~William W. Watt

Az egy pontos 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)

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

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

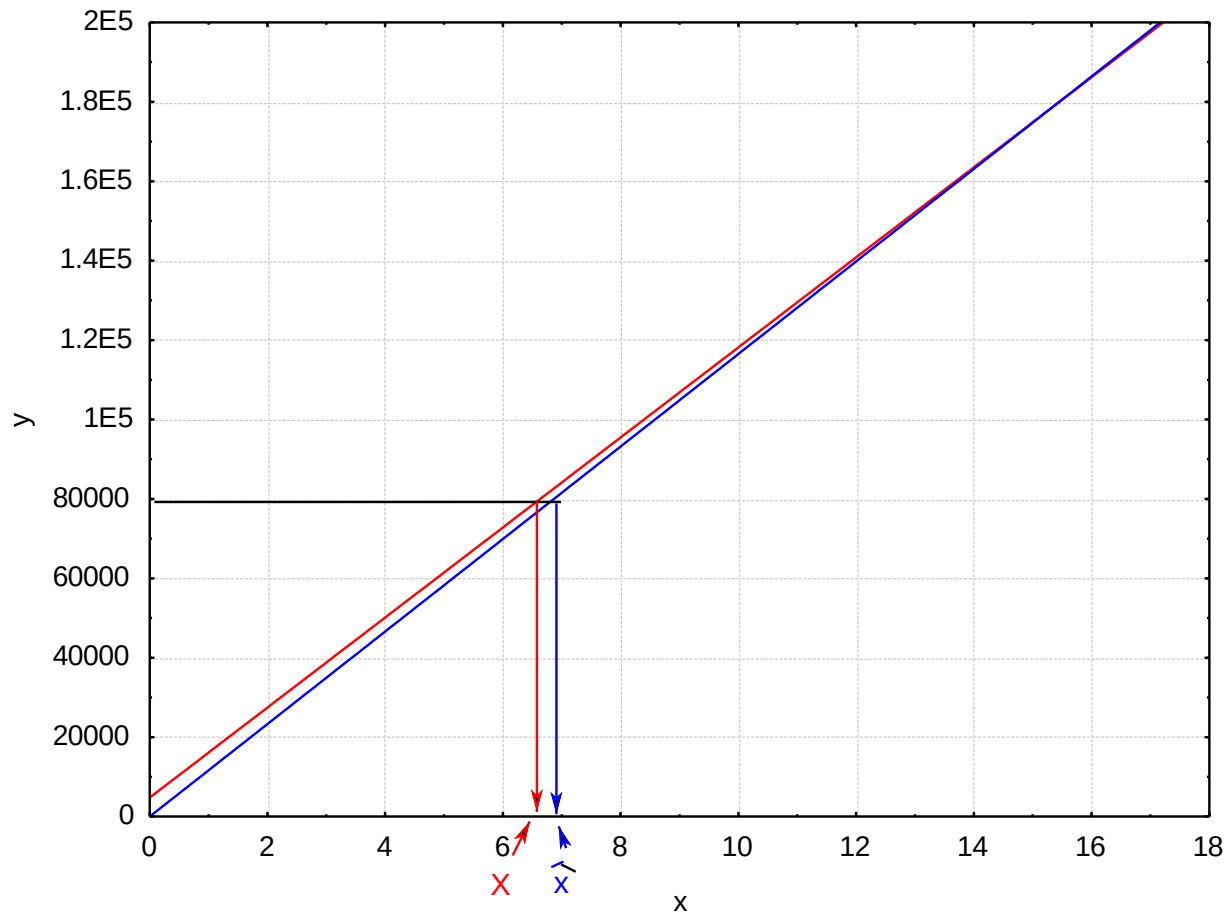
$$s_{b_0}^2 = s_y^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \right]$$

a gyenge analitikai munkát
jutalmazza ☺

(Tukey) korrekt válasz az érdektelen kérdésre

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

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



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

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

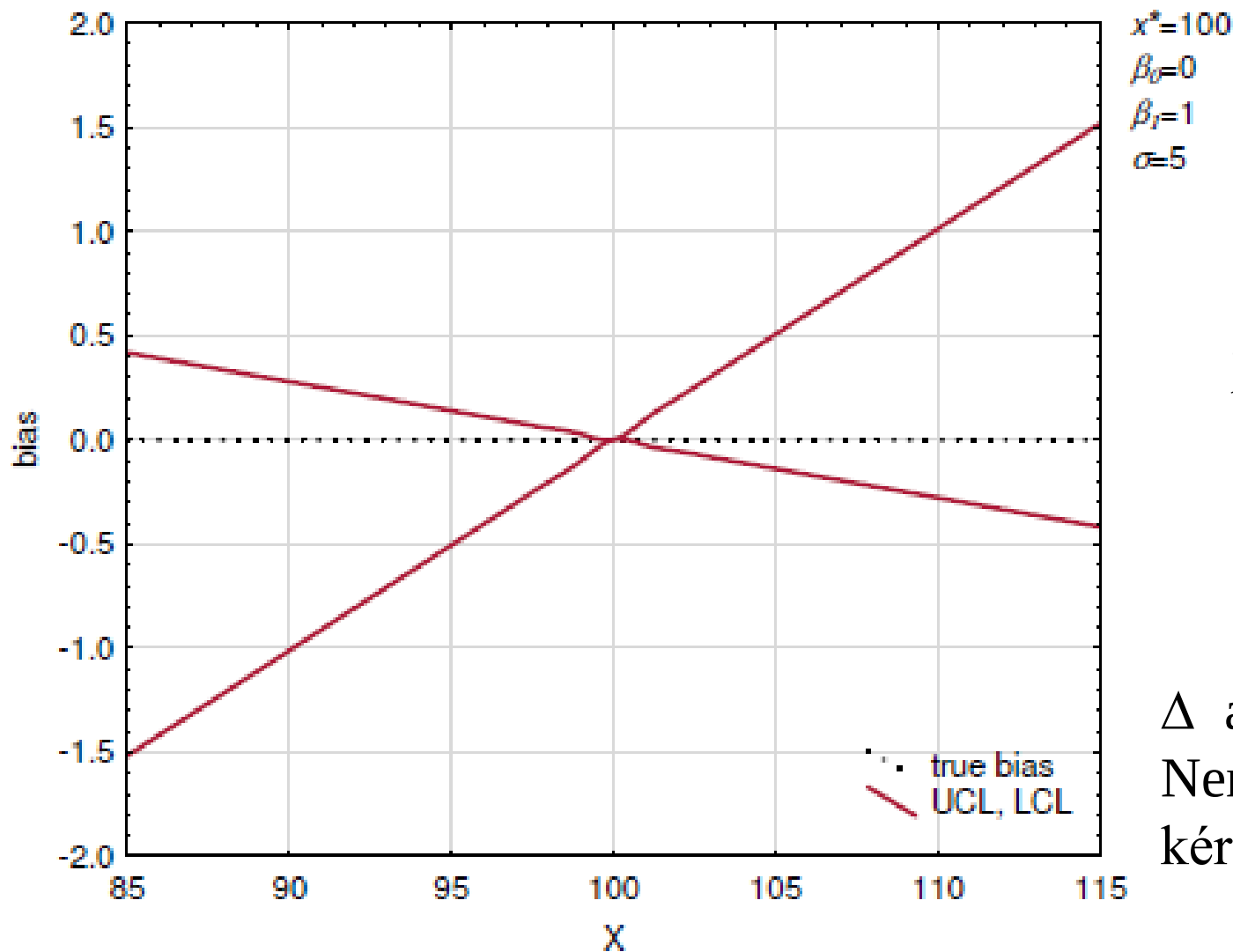
Δ a megengedett
Nem statisztikai
kérdés!

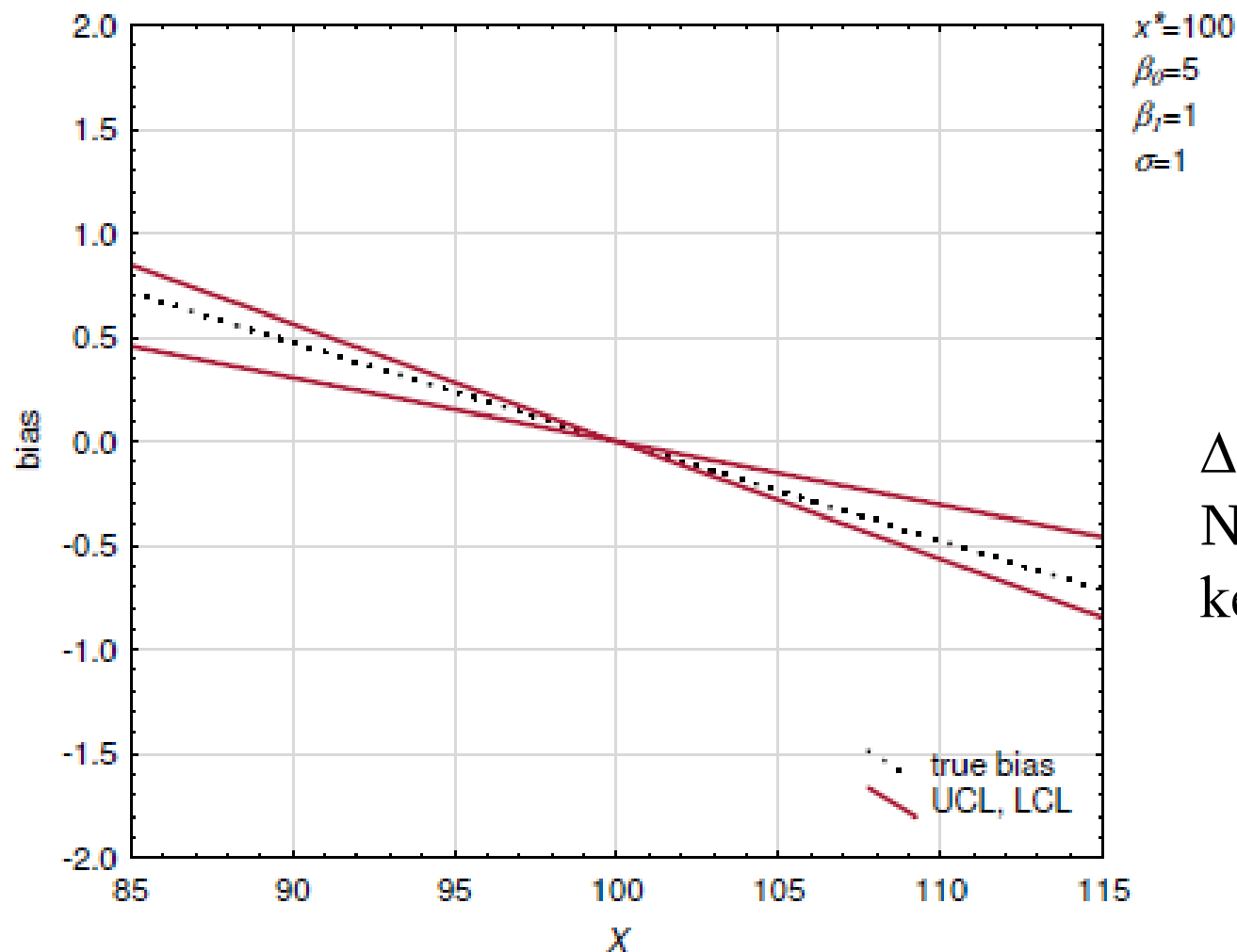
	x	y
1	87.5	90.98039
2	75	75.51637
3	125	119.138
4	137.5	140.0422
5	62.5	61.80267
6	100	96.51965
7	150	158.3625
8	50	49.19273
9	112.5	116.3112

Effect	Parameter Estimates (pelda1.sta)					
	Sigma-restricted parameterization					
	y Param.	y Std.Err	y t	y p	-95.00% Cnf.Lmt	+95.00% Cnf.Lmt
Intercept	-3.65560	4.582441	-0.79774	0.451230	-14.4913	7.180154
x	1.04530	0.043609	23.96953	0.000000	0.9422	1.148415

ez a rossz

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





szimulált
adatsor, van
benne torzítás

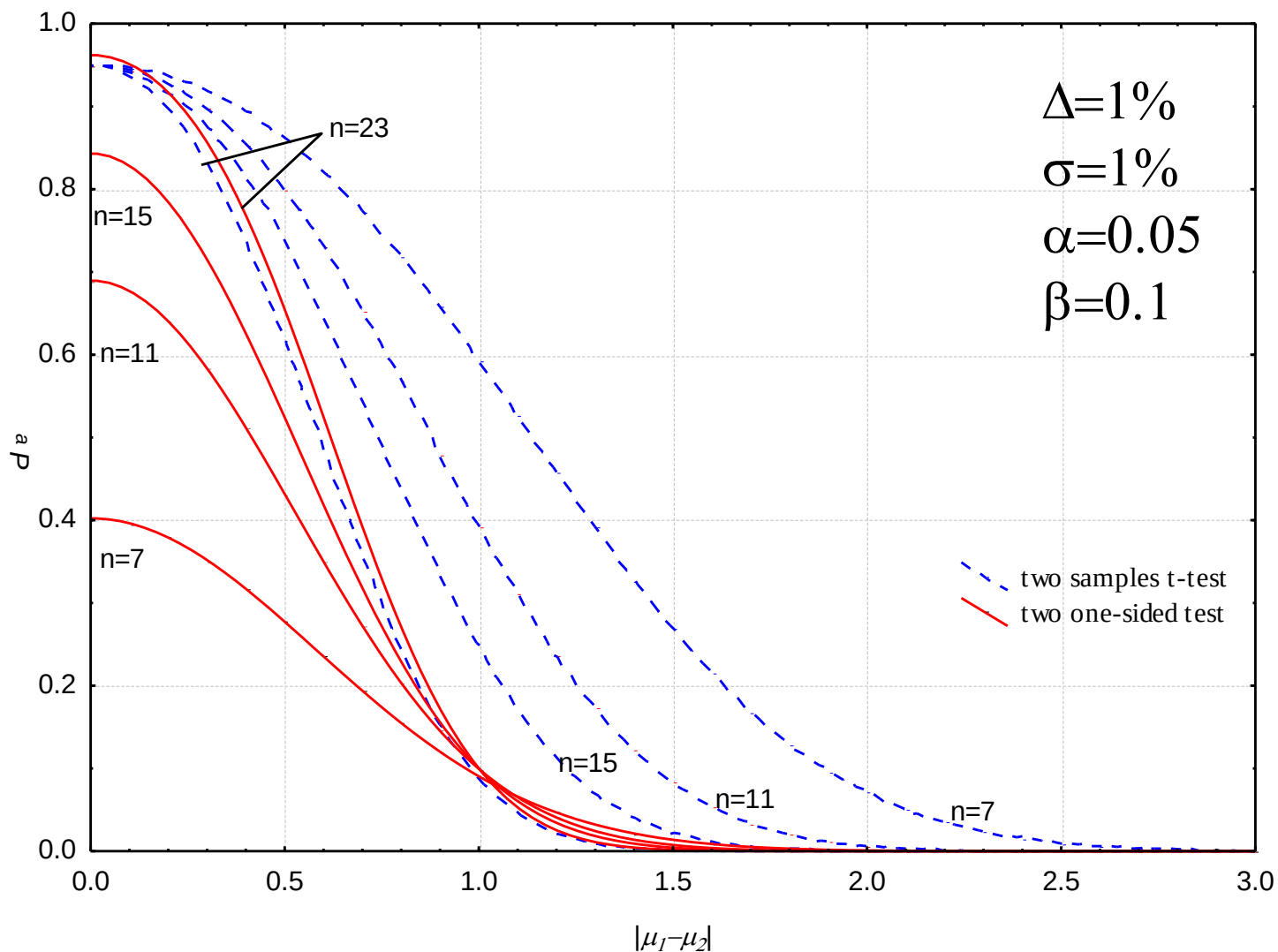
Δ a megengedett
Nem statisztikai
kérdés!

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

módszerátadás

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H'_0 : -\Delta \leq \mu_1 - \mu_2 \leq \Delta$$



Mi van, ha nem szeretjük a TOST-ot, mit nem vállalunk ilyenkor (hogyan a valószínű kérdésre adjunk választ, mert ez kedvezőtlen, nagy a másodfajú hiba valószínűsége, szürke zóna)

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

digitalis (POD)

még 358 oldal

Az új részek és új hangsúlyok a következők:

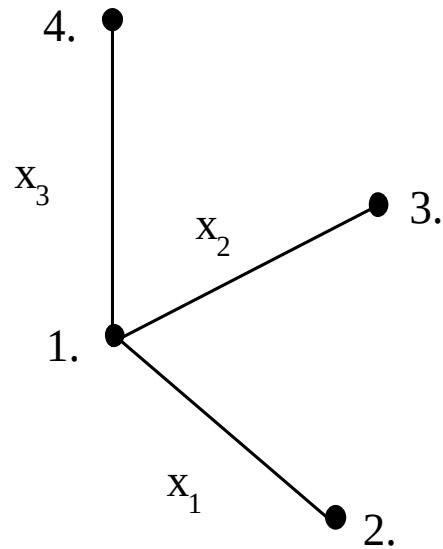
A statisztikai alapok témakörében

- 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

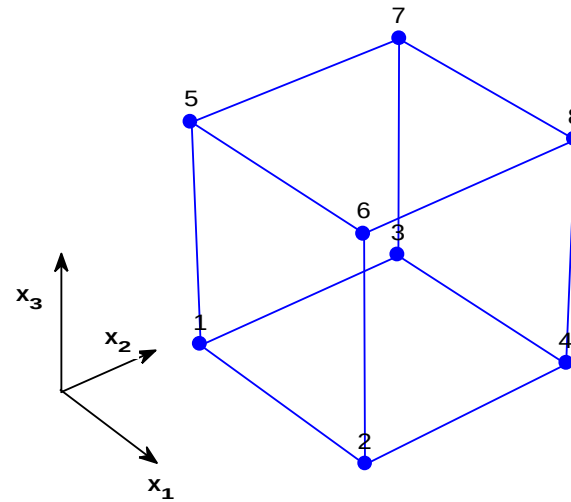
- több ingadozás-forrás figyelembe vétele
- split-plot, nehezen változtatható faktorok
- critical mix, rossz pont

2^p típusú teljes faktoros kísérleti tervek



a)

a változók egyenkénti változtatása

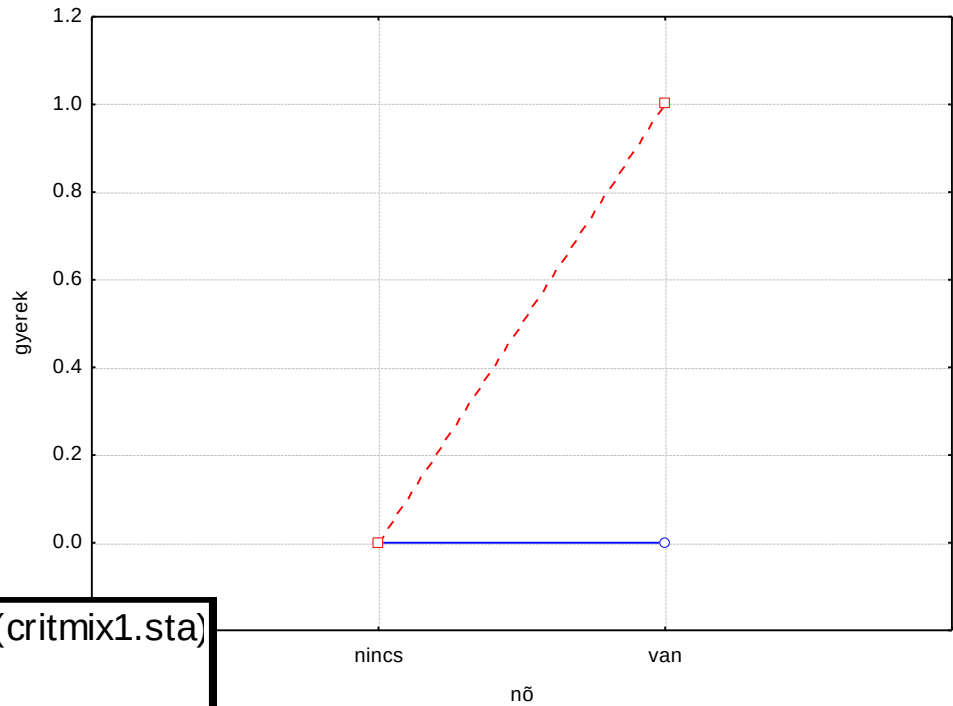
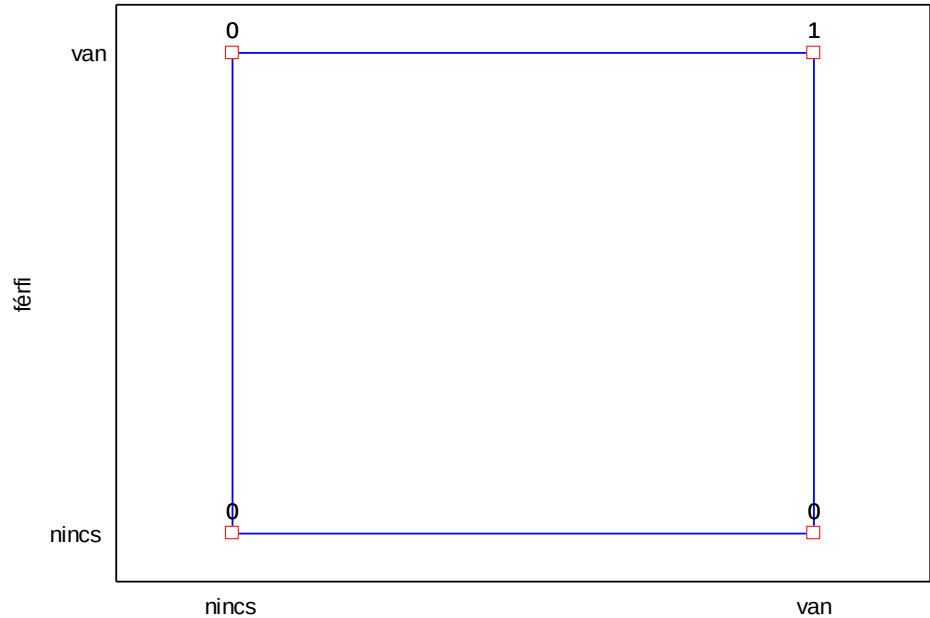


b)

mátrix-terv

Critical mix

Standard Run	Design: 2**(2-0) design (Spreadsheet)		
	nő	férfi	gyere
1	nincs	nincs	0
2	van	nincs	0
3	nincs	van	0
4	van	van	1



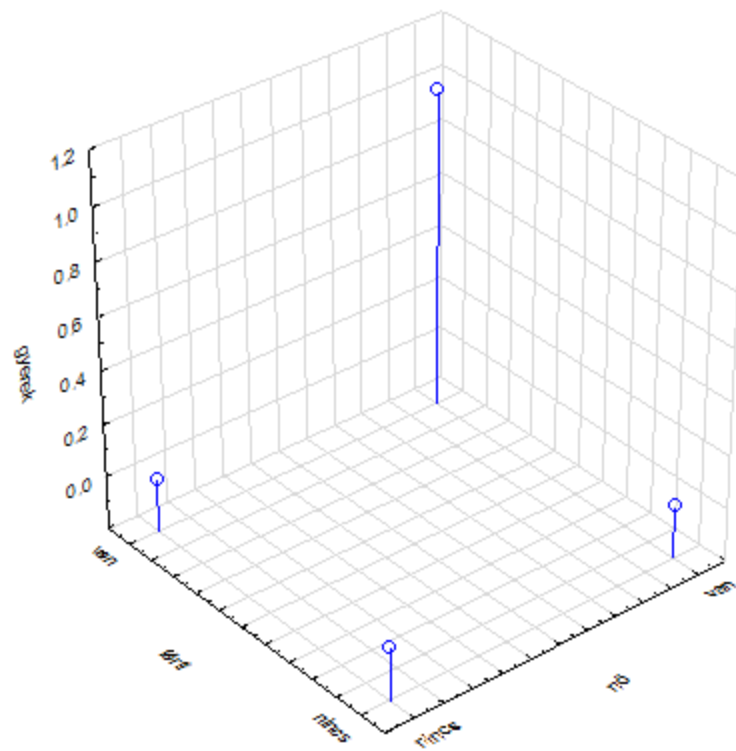
Effect Estimates; Var.:gyerek; R-sqr=1. (critmix1.sta)		
2**(2-0) design		
DV: gyerek		
Factor	Effect	Coeff.
Mean/Interc.	0.250000	0.250000
(1)nő	0.500000	0.250000
(2)férfi	0.500000	0.250000
1 by 2	0.500000	0.250000

$$\hat{Y} = 0.25 + 0.25x_{n\ddot{o}} + 0.25x_{f\acute{e}rfi} + 0.25x_{n\ddot{o}}x_{f\acute{e}rfi}$$

32

furcsa kölcsönhatás-ábra

3D Scatterplot of gyerek against nő and férfi
critmix1.sta 3v*4c



split-plot

A terv és az eredmények:

				idő	—	+	—	+	átlag	szórás
				hőm.	—	—	+	+		
liszt	zsír	tojás								
1	—	—		1.3	1.6	1.2	3.1			
2	+	—		2.2	5.5	3.2	6.5			
3	—	+		1.3	1.2	1.5	1.7			
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?

Meg kell tanulnunk pontosan kérdezni

A szegedi paprika aflatoxin-szennyezése
határérték $5\mu\text{g/kg}$

a Bács-Kiskun Megyei Állategészségügyi és
Élelmiszerellenőrző Állomás nem akkreditált laborjának
mérése szerint $4.8\mu\text{g/kg} \pm 25\%$

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

laborvezető: a $\pm 25\%$ azt jelenti, hogy $5\mu\text{g/kg} + 25\% = 6.25\mu\text{g/kg}$ megengedhető

Megfejtés: egyoldali próba ill. konfidenciaintervallum

$$H_0 : \mu \leq \mu_0 = 5\mu\text{g/kg}$$

$$H_1 : \mu > \mu_0 = 5\mu\text{g/kg}$$

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.

$$H'_0 : \mu \geq \mu_0 = 5\mu\text{g/kg}$$

$$H'_1 : \mu < \mu_0 = 5\mu\text{g/kg}$$

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.

Miért a jog dönt matematikai kérdésben (Barr case)

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
Vegyület beadása → 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

Alapvonal		T e s z t e l é s						
		1.	2.	3.		4.	5.	6.
10	BCO-k alatt	10	9	10	placebo	9	10	10
11		10	8	11	Idebenone	10	10	7
11		11	11	11	RGH- 5279	11	11	11
	10 min BCO-k után	9	8	9	placebo	10	8	9
		10	11	11	Idebenone	11	8	7
		11	11	11	RGH- 5279	11	11	11
	20 min BCO-k után	9	10	10	placebo	8	9	8
		11	11	11	Idebenone	11	8	7
		10	11	11	RGH- 5279	10	11	10

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

Paraméter	Szórásnégyzet		p
	Vegyület	Error	
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

Húha! 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

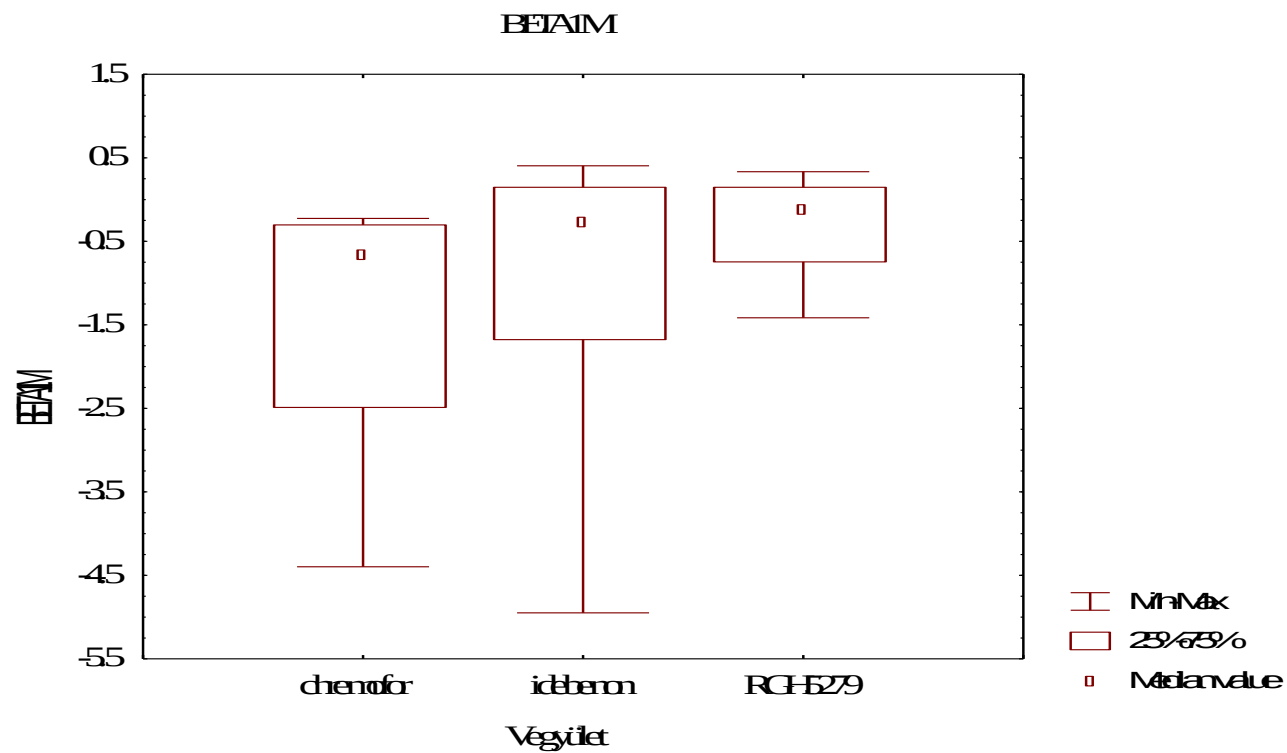
“Repeated measures “ terv

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

Lenth: A dataset consists of numbers and a story. If you get the story wrong, no methodology can do much to save you.