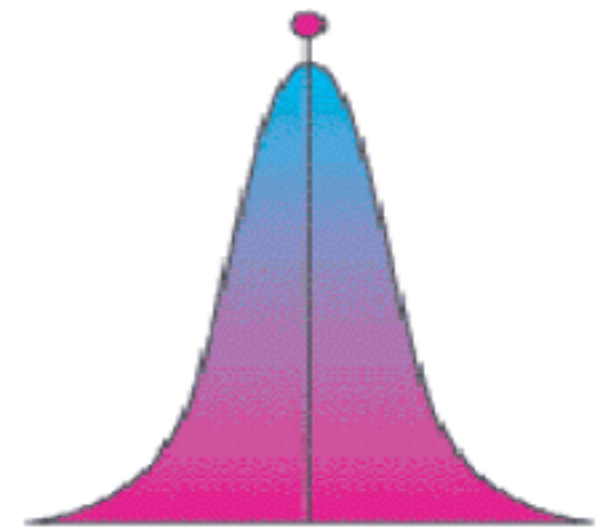
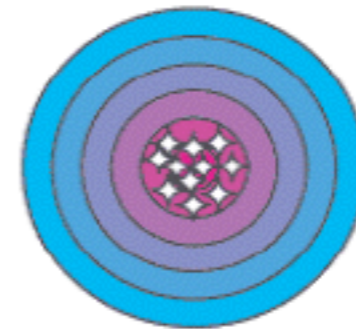
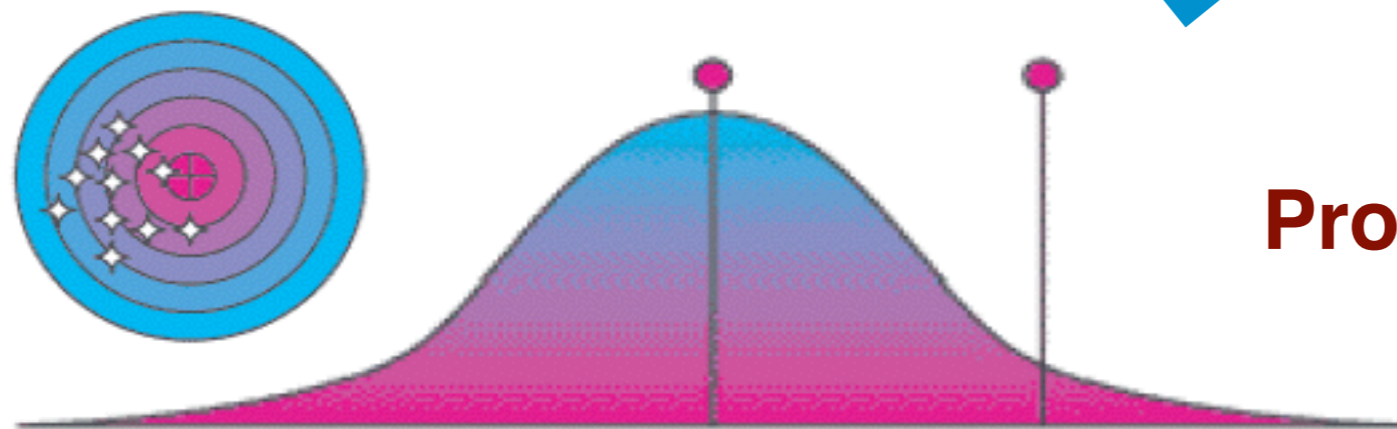


Základy navrhování průmyslových experimentů (Design Of Experiments)



cílová
hodnota



střední
hodnota

cílová
hodnota

Prof. RNDr. Gejza Dohnal, CSc.

Základy navrhování průmyslových experimentů

Přednáška - 13+1 lekcí, písemná zkouška

1. Úvod do plánování experimentů
2. Analýza procesu
3. Statistické metody vyhodnocení kvantitativních výsledků
4. Statistické metody vyhodnocení kvalitativních výsledků
5. Základní druhy experimentů
6. Jednofaktorové experimenty
7. Jednofaktorové experimenty
8. Úplné vícefaktoriální experimenty
9. Snížení počtu zkoušek
10. Dílčí faktoriální návrh (počáteční vyhledávání vlivných faktorů)
11. Hierarchický návrh
12. Optimální návrhy
13. Taguchiho ortogonální návrhy
14. Opakování, rezerva

Cvičení - 3 +10+1 cvičení, semestrální práce (ústní prezentace, písemná verze), zápočet

Základy navrhování průmyslových experimentů

- Semestrální práce - struktura dokumentu:**
1. Úvod do problému
 - 1.1. popis problému
 - 1.2. formulace hypotézy
 2. Návrh experimentu
 - 2.1. volba typu experimentu
 - 2.2. způsob provedení experimentu
 - 2.3. naměřená data
 3. Vyhodnocení výsledků experimentu
 - 3.1. použitá metoda
 - 3.2. numerické výsledky
 4. Interpretace výsledků
 5. Závěr
 6. Seznam literatury

Toto je povinná struktura!

Uznaná semestrální práce je nutnou podmínkou zápočtu (tedy nikoli postačující).

Základy navrhování průmyslových experimentů

1. Úvod do problému

1.1 Popis problému

Popis studovaného problému v termínech technické praxe. Například:

Některé vlastnosti přízí (pevnost a tažnost, chlupatost, nestejnornost, oděr a jiné vady) jsou závislé jak na typu příze, tak i na její jemnosti. Naším cílem je tuto závislost najít a vyhodnotit v případě dvou typů přízí: bavlněné rotorové příze a příze z regenerovaných vláken bavlny. Zajímá nás i hodnocení efektivnosti výroby těchto dvou druhů přízí.

- =>
- určení odezvy
 - určení faktorů a počtu jejich úrovní
 - určení potenciálních vztahů mezi faktory a odezvou
 - výběr druhů příze pro srovnávání

Odezva: nestejnornost,

Faktory: typ příze (bavlněné rotorové příze a příze z regenerovaných vláken bavlny),

jemnost (29.5 tex, 50 tex, 72 tex)

Základy navrhování průmyslových experimentů

Příklad 1: Studie nahrazení šicího stroje se spojkovým motorem strojem s plnou automatizací

Srovnání strojů využívajících spojkové motory a servomotory z hlediska produktivity, spotřeby nití a spotřeby el. energie

- Odezva: produktivita dílny, spotřeba nití, spotřeba elektrické energie
- Faktory: typ stroje (2 úrovně: se servomotorem, s asynchronním motorem)
- Bloky: 2 dílny, v každé 9 strojů

Příklad 2: Hmotová nestejnomyšnost vícenásobně skaných přízí

Ověření zákona o družení, zjištění vlivu družení, jemnosti a zákrutu na hmotovou nestejnomyšnost.

- Odezva: hmotová nestejnomyšnost příze
- Faktory: počet jednoduchých přízí ve skané přízi (3 úrovně: 2,3,4), jemnost (3 úrovně: 2x20 tex, 2x29,5 tex, 2x50 tex)
- pro každou přízi dané jemnosti, družení a zákrutu byly proměřeny čtyři cívky, na každé cívce byly provedeny dvě měření, tj. celkem osm naměřených hodnot sledovaného parametru u každé příze určité jemnosti a zákrutu.

Základy navrhování průmyslových experimentů

Příklad 3: Studie o využití multimediální a počítačové techniky na středních odborných školách s textilní a oděvní problematikou.

Srovnání 20 středních škol na základě dotazníkového šetření. K hodnocení byla použita 5ti stupňová škála (1-5).

- Odezva: stupeň využití techniky při výuce textilních a oděvních předmětů
- Faktory: počet studentů, účast na soutěžích, počet absolventů pokračujících na VŠ, počet studentů na 1 učitele, sponzoři, region, ...

Příklad 4: Vliv různých faktorů na prodej textilních výrobků pro děti do 3 let.

Vyhodnocení vlivu různých faktorů na objem prodeje na základě dotazníkového šetření.

- Odezva: objem prodeje daného typu výrobků
- Faktory: ekologický výrobek, zdravotní nezávadnost, móda, pohodlí dítěte, kvalita, značka, cena, charakteristika kupujícího (věk, pohlaví, vzdělání, ...), ...

Základy navrhování průmyslových experimentů

Příklad 5: Studie o vlastnostech speciálních kompozitních materiálů z geopolymérů s využitím odpadových čedičových vláken.

Zjištění závislosti pevnosti výsledných kompozitních materiálů na hmotnostních poměrech jejich složek.

- Odezva: pevnost v ohybu
- Faktor: poměr hmotnosti přidaných krátkých čedičových vláken (30%, 50%, 60%)

Příklad 6: Vliv pracího prostředí na stálost vlastností textilie.

Sledování stálosti v otěru na koupených materiálech a po jednom vyprání stálost v praní a rozměrovou stálost.

- Odezva: stálost v otěru, stálost praní a rozměrová stálost
- Faktory: typ materiálu (100% bavlna, 100%PE), typ pracího prášku (Ariel, Dreft, Bonux, Perwol, Woolite), teplota praní (30,60,90)
- 2 replikace (2 vzorky na každý prášek, materiál a teplotu = 60 vzorků)

Základy navrhování průmyslových experimentů

1. Úvod do problému

1.2 Formulace hypotézy

Popis studovaného problému v termínech matematické statistiky.

- 1) Nulová hypotéza: střední hodnota pevnosti (tažnosti, chlupatosti, oděru, nestejnomyšnosti) nezávisí ani na typu příze, ani na její jemnosti.
- 2) Existují lineární závislosti mezi jemností a ostatními vlastnostmi přízí.
- 3) Na základě vyhodnocení sledovaných vlastností lze posoudit efektivnost (typu) výroby přízí.
- 4)

Základy navrhování průmyslových experimentů

Příklad 1: Studie nahrazení šicího stroje se spojkovým motorem strojem s plnou automatizací

Srovnání strojů využívajících spojkové motory a servomotory z hlediska produktivity, spotřeby nití a spotřeby el. energie

$H_0: \mu_1 = \mu_2$, $H_A: \mu_1 \neq \mu_2$

kde μ_1 je střední hodnota odezvové veličiny pro stroje se servomotorem,

μ_2 je střední hodnota odezvové veličiny pro stroje s asynchronním motorem,

=> dvouvýběrový t-test nebo Wilcoxonův test

Příklad 2: Hmotová nestejnomyšlnost vícenásobně skaných přízí

Ověření zákona o družení, zjištění vlivu družení, jemnosti a zákrutu na hmotovou nestejnomyšlnost.

H_0 : hmot. nestejnomyšlnost nezávisí ani na počtu přízí ve skané přízi, ani na jemnosti,

H_A : hmot. nestejnomyšlnost závisí buď na počtu přízí ve skané přízi, nebo na jemnosti,

=> dvoufaktorová ANOVA

Základy navrhování průmyslových experimentů

Příklad 3: Studie o využití multimediální a počítačové techniky na středních odborných školách s textilní a oděvní problematikou.

Srovnání 20 středních škol na základě dotazníkového šetření. K hodnocení byla použita 5ti stupňová škála (1-5).

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_n X_n + \beta_{12} X_{12} + \dots + \beta_{ij} X_{ij} + \varepsilon ,$$

kde α_i je vliv i -tého faktoru, $i=1, \dots, n$,

β_{ij} je vliv interakce i -tého a j -tého faktoru,

ε je náhodná složka

=> zobecněný lineární model, analýza vlivu faktorů ve vícefaktoriálním experimentu

Příklad 4: Vliv různých faktorů na prodej textilních výrobků pro děti do 3 let.

Vyhodnocení vlivu různých faktorů na objem prodeje na základě dotazníkového šetření.

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_n X_n + \beta_{12} X_{12} + \dots + \beta_{ij} X_{ij} + \varepsilon ,$$

kde α_i je vliv i -tého faktoru, $i=1, \dots, n$,

β_{ij} je vliv interakce i -tého a j -tého faktoru,

ε je náhodná složka

=> zobecněný lineární model, analýza vlivu faktorů ve vícefaktoriálním experimentu

Základy navrhování průmyslových experimentů

Příklad 5: Studie o vlastnostech speciálních kompozitních materiálů z geopolymérů s využitím odpadových čedičových vláken.

Zjištění závislosti pevnosti výsledných kompozitních materiálů na hmotnostních poměrech jejich složek.

H_0 : Existuje kvadratická závislost mezi pevností v ohybu a hmotnostním podílu přidaných krátkých čedičových vláken
=> lineární regresní model, regresní analýza

Příklad 6: Vliv pracího prostředí na stálost vlastností textilie.

Sledování stálosti v otěru na koupených materiálech a po jednom vyprání stálost v praní a rozměrovou stálost.

H_0 : existuje závislost mezi stálostí (...) a typem materiálu, typem pracího prášku a teplotou praní
=> třífaktorová ANOVA

Základy navrhování průmyslových experimentů

2. Návrh experimentu

2.1. Volba typu experimentu

Stanovení typu experimentu na základě předchozí analýzy a formulace problému.

- 1) Pro každou odezvu provedeme úplný dvoufaktoriální experiment o dvou a třech úrovních faktorů => stanovení úrovní jednotlivých faktorů
- 2) Zvolíme počet replikací <= podle dostupnosti vzorků a možnosti využití laboratoře
- 3) Připravíme plán experimentu (včetně znáhodnění pořadí měření)

- =>
- faktor A: typy přízí - rotorová (0) a z regenerovaných vláken (1)
 - faktor B: jemnost - 0= 29.5 tex, 1= 50 tex, 2= 72 tex
 - v závislosti na druhu odezvy (náročnosti měření) připravíme pro každý experiment a každou z 6ti kombinací určitý počet vzorků (5 - 50)
 - znáhodnění provedeme například losováním nebo v programu MINITAB

Základy navrhování průmyslových experimentů

2. Návrh experimentu

2.2. Způsob provedení experimentu

Stanovení způsobu realizace experimentu v praktických podmínkách, případně popis měřících metod.

Před vlastním měřením budou vzorky uschovány v klimatizované místnosti o teplotě 22 °C, při vlhkosti 65 %

Prováděné zkoušky: Pevnost a tažnost přízí
Chlupatost přízí (dle Zweigle a Uster Tester)
Nestejněměrnost přízí
Oděr přízí
Vady přízí

Měření na přístroji Testometric typu M 350- 5CT dle normy ČSN EN ISO 2062.

Upínací délka: 500 mm.

Předpětí: 0,5 cN/tex.

Rychlost příčnicku: 90-125 mm/min.

Základy navrhování průmyslových experimentů

2. Návrh experimentu

2.3. Naměřená data

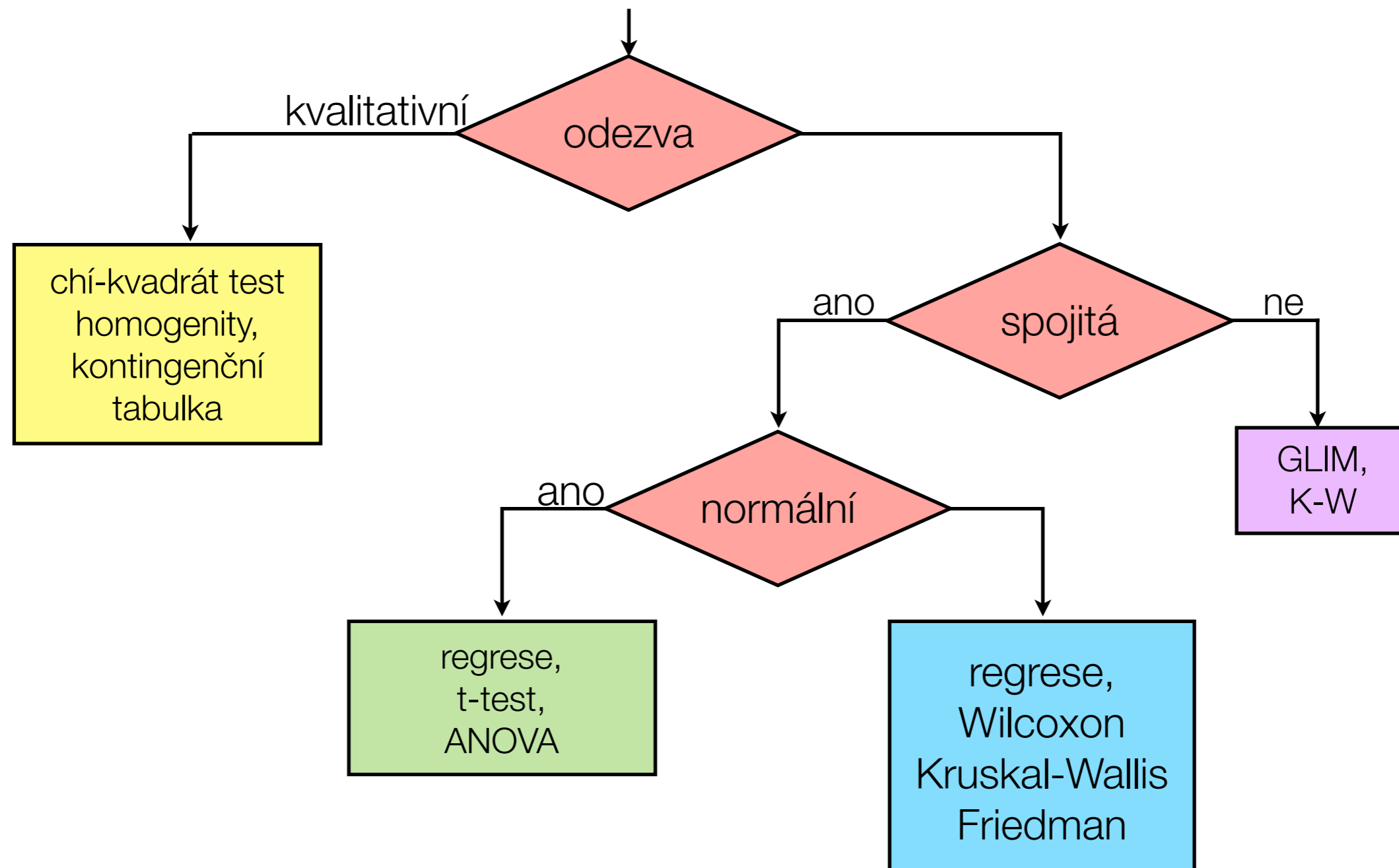
Analýza naměřených dat, ověření normality, odlehlá pozorování, chybná měření, autokorelace,

- 1) **použití vhodného software:** MS Excel, MINITAB, QC Expert, Statistica, R, Matlab, ...
- 2) **vizualizace dat (histogram, krabicové grafy, rozptylové grafy)** => odhalení odlehlých pozorování, chyby v měření, závislosti
- 3) **základní charakteristiky (průměry, směrodatné odchyly, šikmost, špičatost)** => podklady pro ověření normality,
- 4) **testy normality** => ověření předpokladů pro další výpočty
- 5) **výpočet autokorelačních koeficientů** => analýza závislosti měření

Základy navrhování průmyslových experimentů

3. Vyhodnocení výsledků experimentu

3.1. Použitá metoda



Základy navrhování průmyslových experimentů

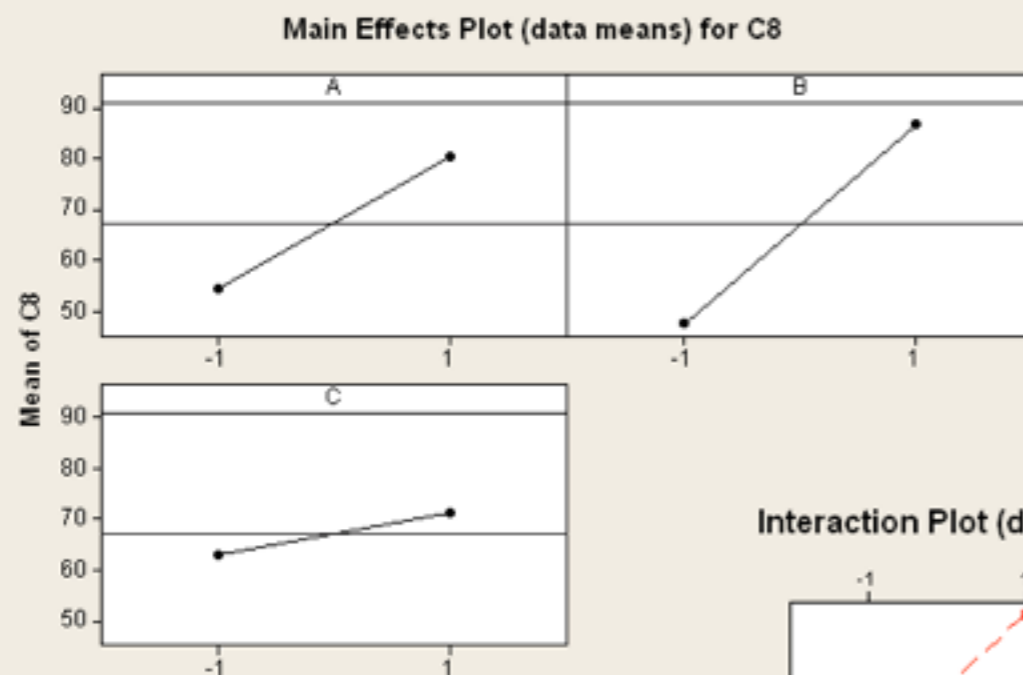
3. Vyhodnocení výsledků experimentu

3.3 Numerické výsledky

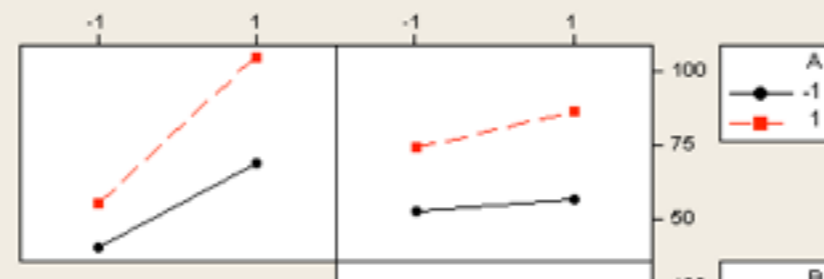
Estimated Effects and Coefficients for C8 (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		67,3125	1,722	39,09	0,000
A	25,8750	12,9375	1,722	7,51	0,000
B	39,3750	19,6875	1,722	11,43	0,000
C	8,3750	4,1875	1,722	2,43	0,041
A*B	10,6250	5,3125	1,722	3,09	0,015
A*C	4,1250	2,0625	1,722	1,20	0,265
B*C	6,1250	3,0625	1,722	1,78	0,113
A*B*C	-0,1250	-0,0625	1,722	-0,04	0,972

S = 6,88749 R-Sq = 96,28% R-Sq(adj) = 93,03%



Interaction Plot (data means) for C8



.....

$$y = 13,313 + 0,044x$$

$t_r = 5,5807 > t_{0,95}(3) \Rightarrow$ zamítáme hypotézu o nulovosti regresního koeficientu

$$y = 17,066 - 0,0645x$$

$t_r = 4,3435 > t_{0,95}(3) \Rightarrow$ zamítáme hypotézu o nulovosti regresního koeficientu

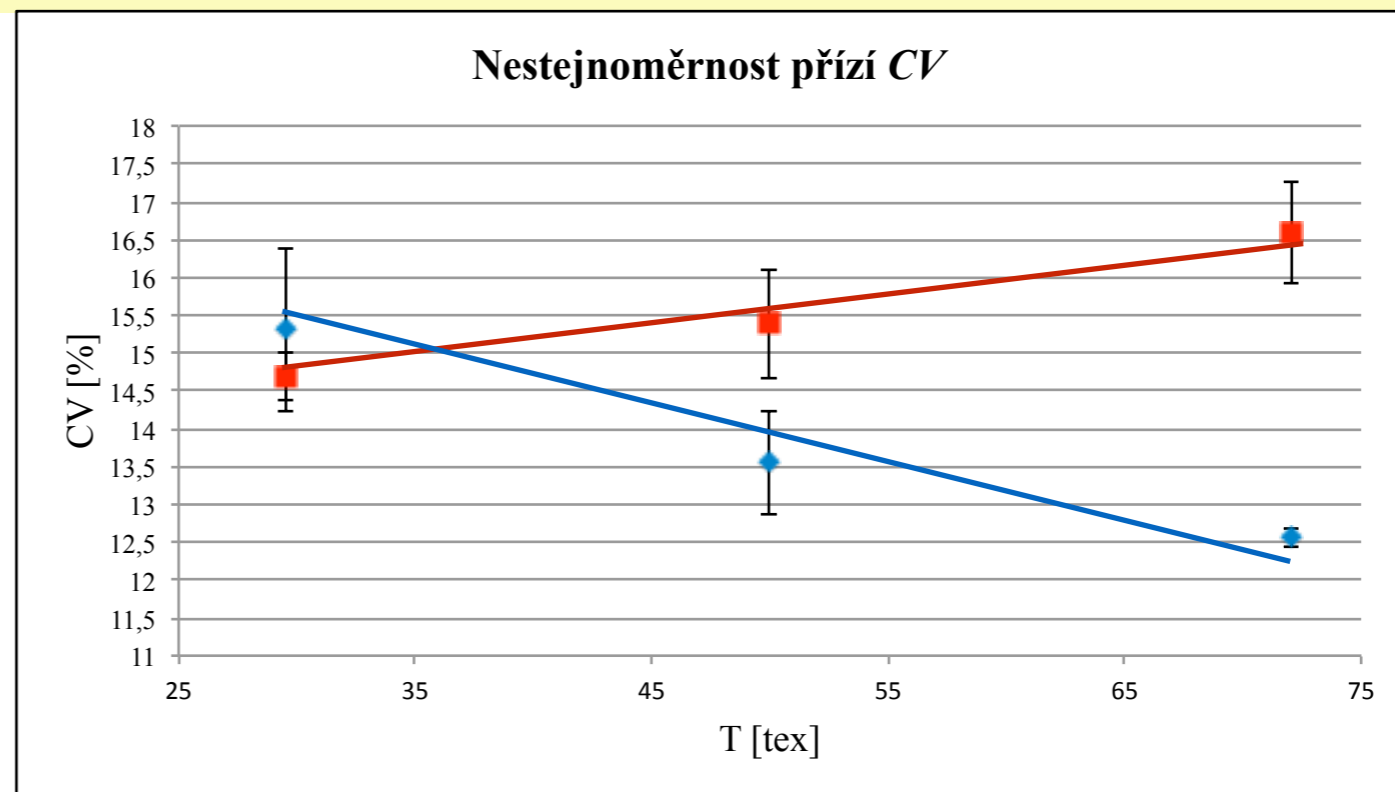
.....

Základy navrhování průmyslových experimentů

4. Interpretace výsledků

Zhodnocení výsledků experimentu v termínech technické praxe. Například:

- 1) Na základě provedených experimentů bylo prokázáno, že nestejnornost příze se vzrůstající jemností statisticky významně roste v případě rotorové příze, zatímco u příze z regenerovaných vláken nestejnornost s rostoucí jemností statisticky významně klesá.



Základy navrhování průmyslových experimentů

5. Závěr

Zhodnocení celého průběhu experimentu a jeho význam pro případnou praktickou aplikaci. Například:

Výsledky experimentu lze využít při rozhodování o využití různých druhů přízí při výrobě textilií pro zadané účely. Na základě hodnocení efektivity různých typů lze doporučit dodavatele příze výrobcí tkanin.