Osnova Statistika II JS 2004

- Opakování (25/2)
- Korelace, jednoduchá lineární regresní analýza (3/3)
- Vícenásobná regresní analýza (10/3)
- Síla testu a rozsah výběru (17/3)
- Prezentace výsledků statistické analýzy (24/3)
- Multivariační techniky: faktorová analýza (31/3)
- průběžný test (není cvičení) (7/4)

Osnova Statistika II JS 2004

- Multivariační techniky: shluková analýza (14/4)
- Multivariační techniky: multidimenzionální škálování, diskriminační analýza(21/4)
- Multivariační techniky: strukturální modelování (28/4)
- Reliabilita, analýza položek (5/5)
- Aplikace metod statistické analýzy v psychologických výzkumech (12/5)
- Shrnutí (19/5)

Hodnocení Statistika II JS 2004

- Skládá se z bodů na průběžný test (max. 15 b), úkol 1 (max. 5 b), úkol 2 (max. 10 b) a zkoušku (max. 50 b).
- A 71-80, B 61-70, C 51-60, D 41-50, E 31-40, F 0-30
- Průběžný test: naplánován na 7. dubna; bude obdobného charakteru jako průběžný test v podzimním semestru a bude ověřovat znalosti z dosud probrané látky (kromě faktorové analýzy) včetně témat z minulého semestru

Hodnocení Statistika II JS 2004

- Úkol 1: rozbor empirické studie dle vlastního výběru; osnova je k dispozici na www stránce PsÚ v sekci Soubory ke stažení; termín odevzdání 20.4.
- Úkol 2: analýza dat dle vlastního výběru, zpracování výsledků do podoby výzkumné zprávy; zadání a datové soubory budou na www stránce PsÚ v sekci Soubory ke stažení; termín odevzdání 11.5.

Opakování Statistika I
- přehled probraných metod

Test Chí-kvadrát

- chí-kvadrát pro testování nezávislosti proměnných se používá pro nominální nebo ordinální proměnné
- příklad: vztah mezi pohlavím a hodnocením životní spokojenosti (jsem spokojen, napůl, nejsem spokojen se svým životem)
- data jsou uspořádána do tzv. kontingenční tabulky (v našem příkladě 2x3)

Test Chí-kvadrát

- chí-kvadrát porovnává očekávané a pozorované četnosti
- očekávané jsou četnosti za předpokladu, že proměnné jsou nezávislé

Test Chí-kvadrát

- pomocí stupňů volnosti, je z hodnoty chí-kvadrátu odvozena hladina statistické významnosti
- Pearsonův chí-kv. : 18,7117, sv=4, p=,000896

Vztahy mezi proměnnými

- obecná definice – síla a směr vztahu
- míry asociace pro nominální data
  - založené na chí-kvadrátu
  - PRE míry
- míry asociace pro ordinální data

Míry asociace

- míry asociace vyjadřují **těsnost vztahu proměnných** (a případně **směr** vztahu)
- z chí-kvadrátu se dozvíme pouze, **zda nějaký vztah mezi proměnnými existuje** (tj. zda se liší četnosti pozorované a četnosti očekávané za předpokladu, že proměnné jsou nezávislé)

Míry asociace

- **těsnost (síla) vztahu** – vyjádřena absolutní hodnotou koeficientu
- není shoda v tom, od jaké hodnoty je vztah považován za těsný (někdy uváděno >0.70, jindy >0.30), středně těsný či slabý

Míry asociace

- **směr vztahu** – pouze u ordinálních a kardinálních proměnných
- **pozitivní vztah** – čím vyšší hodnoty jedné proměnné, tím vyšší hodnoty druhé proměnné
- **negativní vztah** - čím vyšší hodnoty jedné proměnné, tím nižší hodnoty druhé proměnné

Míry asociace pro nominální data

- míry asociace pro nominální data <u>ukazují pouze sílu vztahu dvou proměnných</u>, nikoli směr či jiné informace o povaze vztahu
- rozlišujeme míry založené na chí-kvadrátu a míry PRE

Míry založené na chí-kvadrátu

- velikost hodnoty chí-kvadrát je ovlivněna velikostí výběru a počtem kategorií tabulky
- účelem koeficientů založených na chí-kvadrátu je eliminovat tyto vlivy

Míry založené na chí-kvadrátu

- rozsah koeficientů je obvykle mezi 0 a 1
  - čím vyšší hodnota, tím těsnější vztah
  - 0 – žádný vztah
  - 1 – absolutní vztah (z hodnot jedné proměnné můžeme předpovědět hodnoty druhé proměnné)
- pro koeficienty je možno spočítat statistickou významnost

Míry založené na chí-kvadrátu

- mezi <u>nejčastěji užívané</u> míry asociace založené na chí-kvadrátu patří koeficienty
  - Fí (Phi)
  - Cramerovo V (Cramer's V)
  - koeficient kontingence (Contingency Coefficient)

Míry založené na chí-kvadrátu

- **Fí koeficient** - užívá se pro tabulky 2x2 (tj. pro dichotomické proměnné, např. pohlaví)
- koeficient kontingence – užívá se někdy místo Fí pro tabulky větší než 2x2
- bohužel jeho max. hodnota je nižší než 1 (závisí na počtu políček tabulky)
- neužívá se proto příliš často

Míry založené na chí-kvadrátu

- Cramerovo V – podobný výpočet jako Fí
- používá se pro tabulky větší než 2x2

Míry PRE

- **PRE** je zkratka pro **Proportional Reduction in Error** (poměrná redukce chyby odhadu)
- princip PRE: porovnání odhadu hodnot závislé proměnné <u>bez znalosti hodnot nezávislé proměnné a s její znalostí</u> (o kolik se sníží chyba odhadu?)

Míry PRE

- rozsah koeficientu lambda je od 0 do 1
- **0** znamená, že znalost hodnoty nezávislé proměnné vůbec nesníží chybu v odhadu hodnot závislé proměnné; **proměnné jsou vzájemně nezávislé**
- čím blíže **1**, tím lépe můžeme <u>z hodnot nezávislé proměnné předpovědět hodnoty závislé proměnné</u>

Míry PRE pro nominální data

- kromě koeficientu lambda se užívají také
  - Goodmanovo a Kruskalovo **tau** (nevyužívá při predikci nejčastější kategorii závislé proměnné jako lambda, ale rozdělení ve všech kategoriích závisle proměnné)
  - Cohenova **Kappa** – pro měření **shody dvou posuzovatelů**

Míry asociace pro ordinální data

- u ordinálních dat je výpočet založen na poměru souhlasných a nesouhlasných párů případů
- **souhlasný** pár případů – hodnota obou proměnných je vyšší (nebo nižší) u jednoho člena páru
- **nesouhlasný** pár případů – hodnota jedné proměnné je u jednoho člena páru vyšší a hodnota druhé proměnné je nižší

Míry asociace pro ordinální data

- koeficient gamma = počet souhlasných mínus počet nesouhlasných párů, tento rozdíl vzhledem k celkovému počtu souhlasných a nesouhlasných párů
- nerozhodné páry nebere gamma v úvahu

Míry asociace pro ordinální data

- pokud je většina párů souhlasných, je hodnota gamma kladná – tj. **pozitivní vztah** (až +1)
- pokud je většina párů nesouhlasných, je hodnota gamma záporná – tj. **negativní vztah** (až -1)
- pokud je počet souhlasných a nesouhlasných párů vyrovnán – gamma kolem 0

Míry asociace pro ordinální data

- gamma je symetrická míra – nedělá rozdíly mezi závislou a nezávislou proměnnou
- asymetrická varianta koeficientu gamma – **Somersovo D**
- **Kendallovo tau b**– bere v úvahu i nerozhodné páry (tzv. ties); ale hodnoty v rozsahu -1 až +1 mohou být získány pouze pro čtvercové tabulky (tj. stejný počet kategorií obou proměnných)

Shrnutí

- u nominálních dat hodnota míry asociace proměnných indikuje sílu vztahu – rozsah od 0 do 1
  - nejužívanější Fí nebo Cramerovo V; když víme, která proměnná nezávislá - lambda
- u ordinálních dat míry asociace indikují jak sílu vztahu (abs. hodnota koeficientu), tak směr vztahu

Chí-kvadrát pro 1 proměnnou

- tzv. test dobré shody (goodness-of-fit test)
- opět porovnává očekávané a pozorované četnosti
- předpokladem očekávaných četností není tentokrát nezávislost proměnných (máme jen 1)

Test dobré shody

- jak určíme očekávané četnosti?
- 2 způsoby:
  - předpoklad vyplývá z teorie (např. u genetických dat – poměr osob s projevem dominantní a recesivní alely)
  - nebo můžeme předpokládat náhodné rozdělení do kategorií

Omezení Chí-kvadrátu

- 2 potenciální problémy:
  - malý počet osob – pokud má velké % políček tabulky očekávanou četnost menší než 5 (v ideálním případě by všechna měla mít oček. četnost nejméně 5 osob)
  - příliš velký počet osob – čím vyšší N, tím vyšší χ^2 (vyjdou významné i malé rozdíly)

Porovnávání průměrů

- Možné typy problémů:
  - porovnáváme **průměr vzorku s průměrem populace** → jednovýběrový t-test
  - porovnáváme **průměry dvou vzorků** → t-test pro nezávislé výběry
  - porovnáváme **dva průměry jednoho vzorku** → t-test pro závislé výběry (tzv. párový t-test)
  - porovnáváme více průměrů → analýza rozptylu

T-test pro nezávislé výběry

- tento test používáme, pokud chceme porovnat průměry dvou skupin případů
- např.
  - průměrné skóre v neurocitismu u mužů a žen
  - průměr v indexu životní spokojenosti u extravertů a introvertů atd.

T-test pro závislé výběry

- označuje se někdy také jako t-test pro párované výběry
- v naprosté většině případů se používá pro porovnání dvou měření u stejných osob (tj. páru měření u jedné skupiny osob)
- někdy také pro porovnání průměrů u dvou skupin osob, které tvoří páry (např. manželské či podle jiného klíče – věku, pohlaví, nemoci atd.)

Porovnání výzkumných plánů

- t-test pro nezávislé výběry se používá většinou u výzkumných plánů s výzkumnou a kontrolní skupinou
- zatímco t-test pro závislé výběry většinou u <u>výzkumných plánů s opakovaným měřením</u> u stejných osob

Analýza rozptylu

- logika analýzy rozptylu
- výpočetní postup
- mnohonásobná porovnávání
- opakovaná měření
- faktoriální analýza rozptylu
- vícerozměrná analýza rozptylu

Porovnávání průměrů

- t-testy jsou určeny pouze pro porovnávání dvojice průměrů
- v mnoha výzkumných plánech je však více skupin než dvě
- příklad: rozdíl v didaktickém testu mezi žáky z vesnic, měst a velkoměst

Analýza rozptylu

- proto je vhodnější místo mnoha t-testů použít jinou statistickou techniku – analýzu rozptylu
- **an**alysis **o**f **va**riance –ANOVA
- umožňuje otestovat rozdíly mezi průměry více skupin najednou

Logika analýzy rozptylu

- analýza rozptylu nevyužívá pro testování rozdílu mezi průměry samotné průměry, ale **rozptyly**
- počítají se dva odhady:
  - rozptyl uvnitř skupin (within-groups nebo within-subjects variance)
  - rozptyl mezi skupinami (between-groups nebo between-subjects variance)

Logika analýzy rozptylu

- **rozptyl uvnitř skupin** je ukazatel celkové variability uvnitř skupin – tj. jak se od sebe vzájemně liší osoby v rámci jednotlivých skupin
- **rozptyl mezi skupinami** je měřítkem variability mezi skupinami – tj. jak se od sebe liší skupiny osob

Logika analýzy rozptylu

- poměr těchto dvou rozptylů je statistika F

$$F = \frac{\text{rozptyl mezi skupinami}}{\text{rozptyl uvnitř skupin}}$$

Logika analýzy rozptylu

- pokud nejsou mezi skupinami rozdíly, pak by měl být rozptyl mezi skupinami a uvnitř skupin velmi podobný (teoreticky shodný - F=1)
- pokud jsou mezi skupinami rozdíly, pak budou tyto rozdíly (between) větší než vzájemné rozdíly mezi osobami uvnitř skupin (within)

Logika analýzy rozptylu

- je-li F>1, pak kromě F musíme ještě spočítat pravděpodobnost, že bychom takto vysoké získali náhodou (tj. statistickou významnost)

Mnohonásobná porovnávání

- průkaznost F nám řekne, **zda** existují průkazné rozdíly mezi průměry
- ale **ne**dozvíme se tak, **mezi kterými** skupinami je průkazný rozdíl (která skupina se liší od které)
- je třeba provést tzv. **mnohonásobná porovnání** (multiple comparisons nebo post-hoc comparisons)

Mnohonásobná porovnávání

- jde vpodstatě o upravené t-testy
  - upravené vzhledem k počtu porovnávání
- existuje více různých typů mnohonásobných porovnávání, např. Fisherův LSD test, Bonferroniho test, Tukeyho test, Scheffeho test atd.

Opakovaná měření

- analýza rozptylu může být aplikována také na data z opakovaných měření
  - podobně jako t-test pro závislé výběry; analýza rozptylu se použije v případě, máme-li více než dvě měření
- např.– změna hmotnosti u dívek s PPP po terapii – hmotnost by mohla být měřena i několikrát v průběhu terapie

Opakovaná měření

- procedura se nazývá Analýza rozptylu pro opakovaná měření (Repeated measures)
- logika výpočtu je obdobná jako u analýzy rozptylu pro nezávislá data

Faktoriální analýza rozptylu

- **faktor** je v analýze rozptylu nezávislá proměnná
- máme-li faktorů (nezávislých proměnných) více, použijeme faktoriální ANOVu
- příklad: vliv pohlaví a velikosti obce na výsledky v didaktickém testu žáků
- může jít o porovnání nezávislých výběrů, o opakovaná měření nebo obojí najednou (tzv. mixed design – se smíšenými efekty)

Faktoriální analýza rozptylu

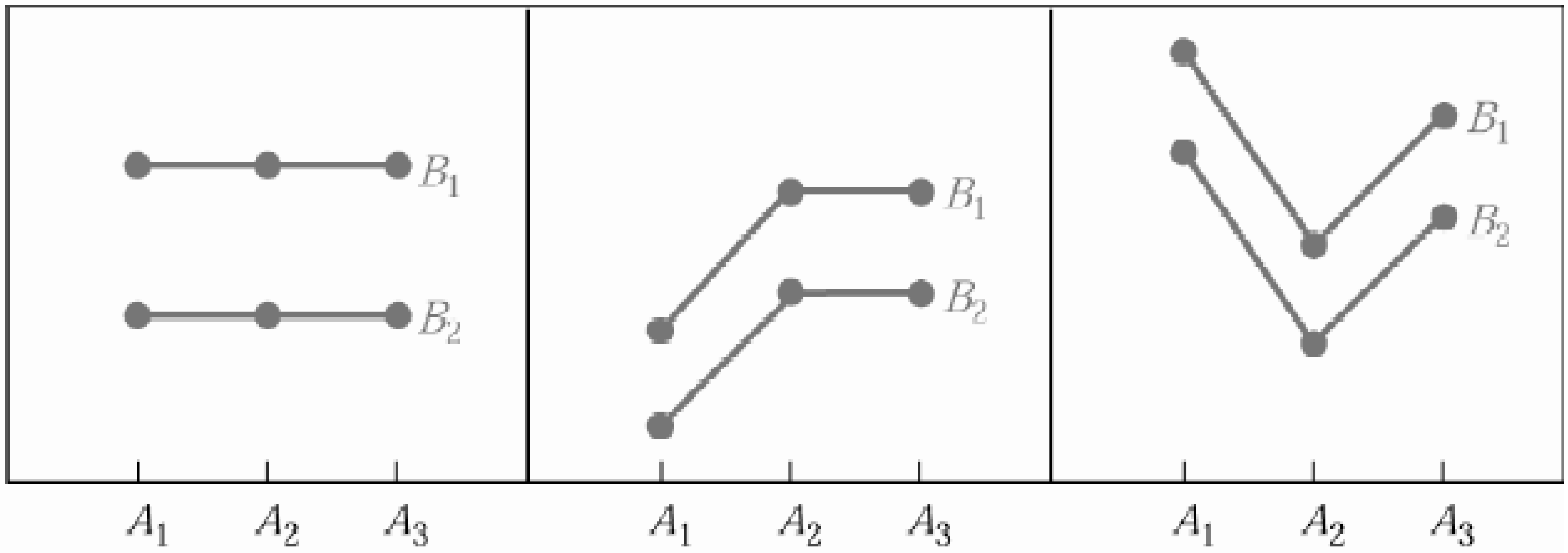
- faktoriální analýza rozptylu testuje
  - hlavní efekty
  - interakce

Faktoriální analýza rozptylu

- **hlavní efekt** (main effect) – vliv jedné nezávislé proměnné zprůměrovaný pro všechny úrovně ostatních nezávislých proměnných
- u faktoriální ANOVy jsou testovány hlavní efekty pro všechny faktory

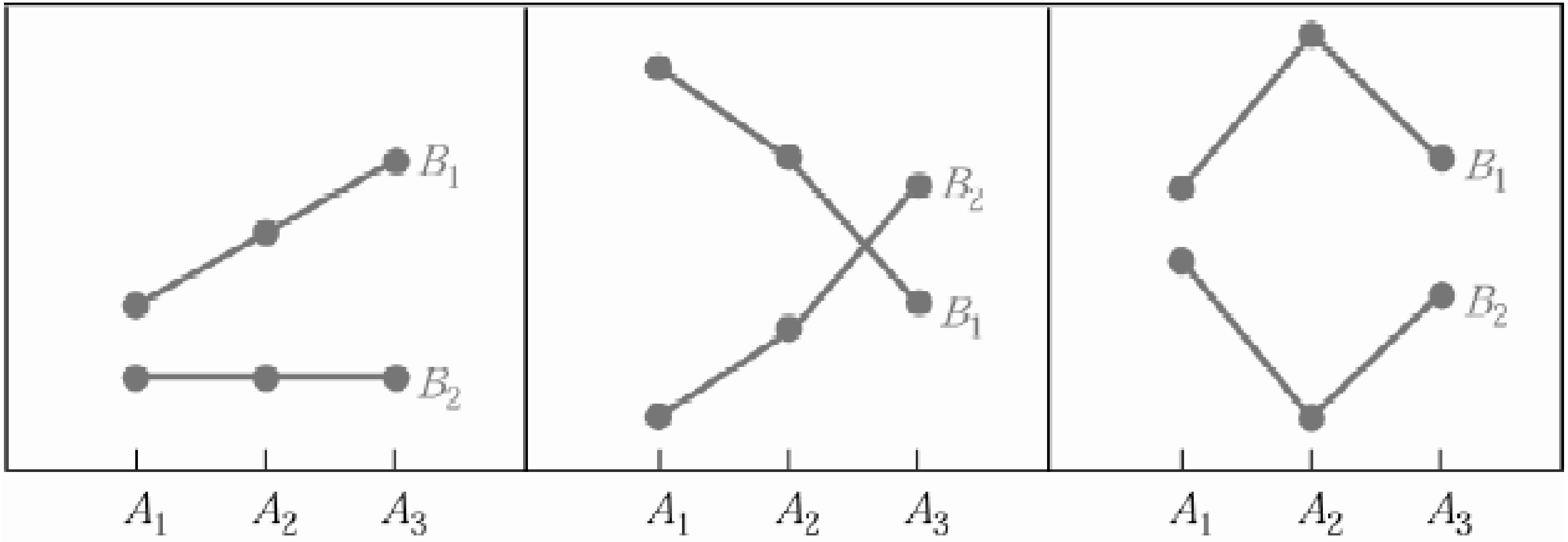
Faktoriální analýza rozptylu

- bez interakce – pouze hlavní efekty



Faktoriální analýza rozptylu

- interakce



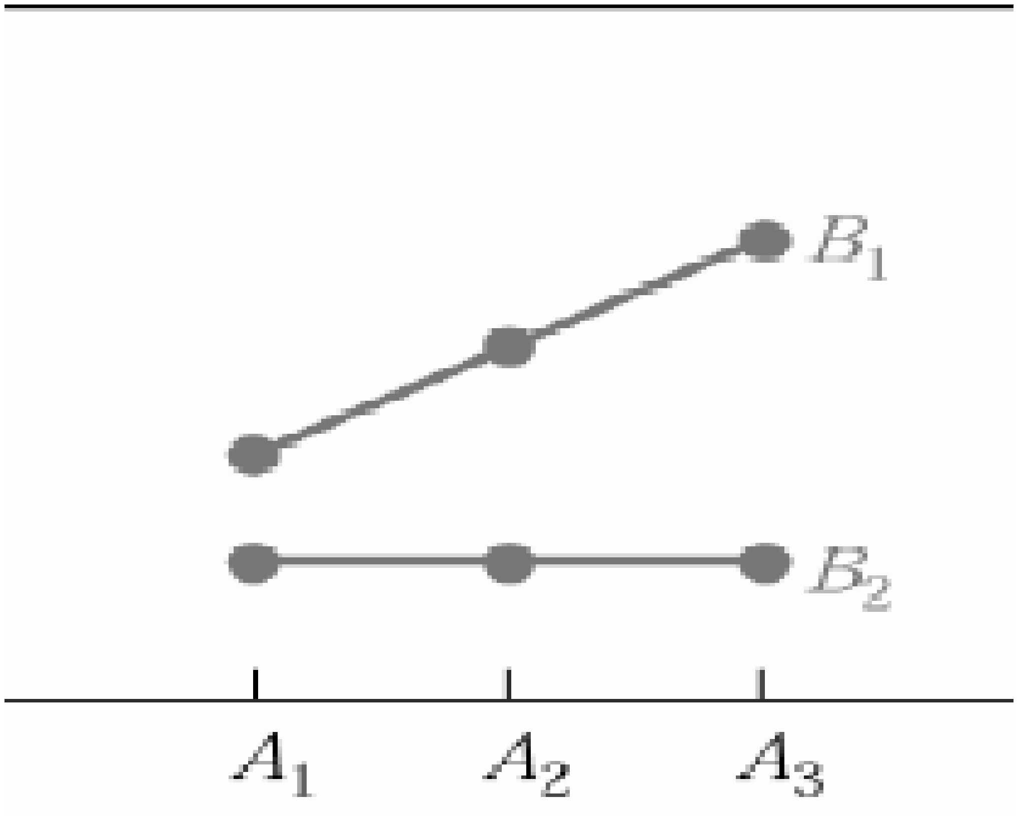
Opakovaná měření s další nezávislou proměnnou

- faktoriální design je možno uplatnit i u analýzy opakovaných měření
- interakce zde znamená, že jsou různě velké rozdíly mezi měřeními u jednotlivých kategorií nezávislé proměnné

Opakovaná měření s další nezávislou proměnnou

- **příklad**: psychiatr testující léčbu anorexie by mohl soubor rozdělit na dívky podstupující terapii dobrovolně a nedobrovolně
  - interakce by mohla vypadat třeba tak, že u motivovaných dívek by došlo k nárůstu hmotnosti, zatímco u nedobrovolných pacientek ke stagnaci

Opakovaná měření s další nezávislou proměnnou



Multivariační analýza rozptylu

- ve všech předchozích příkladech jsme měli pouze **jednu závislou** proměnnou
- je však možno testovat také vliv jednoho či více faktorů na **několik závislých proměnných najednou**
- tato analýza se označuje jako MANOVA (multivariate analysis of variance)

Multivariační analýza rozptylu

- **příklad**: reklamní psycholog chce porovnat účinnost dvou typů TV reklam (emocionální x informativní)
- nechá respondenty hodnotit na 7-ti stupňové škále 3 aspekty účinnosti reklamy: zda je reklama zaujala, zda se jim líbí a jestli by uvažovali o koupi inzerovaného výrobku
- tyto 3 závislé proměnné pak porovná pro typ reklamy jako faktor

Parametrické testy

- t-testy a analýza rozptylu jsou tzv. parametrické testy
- parametr = charakteristika populace (průměr, rozptyl)
- parametrické testy používají při výpočtech charakteristiky populace (parametry)

Parametrické testy

- parametrické testy pracují s předpoklady o charakteristikách populace
- např. u t-testu předpokládáme, že směrodatné odchylky výběrů mohou posloužit jako odhad pro směrodatnou odchylku populace
- podobně počítají s normálním rozdělením měřeného znaku

Parametrické testy

- pokud nejsou tyto předpoklady splněny, můžeme dojít k nepřesným výsledkům

Neparametrické testy

- neparametrické testy nezávisí na charakteristikách populace ani o nich nečiní žádné závěry
- není vyžadováno normální rozdělení znaku
- proto jsou tyto testy označovány také jako „distribution-free“ testy

Neparametrické testy

- hlavní **výhody** neparametrických testů
  - nejsou omezeny předpokladem normálního rozdělení
  - jsou často založeny na pořadí, dají se použít i pro ordinální data (kde můžeme spočítat pouze medián, nikoli průměr) i pro nominální (test Chí-kvadrát)
  - nejsou citlivé na extrémní hodnoty (jsou většinou založeny na mediánu)

Neparametrické testy

- hlavní **nevýhody** neparametrických testů
  - menší statistická síla
  - pro složitější analýzy často není neparametrická varianta metody k dispozici
- mnoho parametrických testů je poměrně „odolných“ (tzv. robustních) vůči narušení předpokladů testu (např. menší odchylky od normálního rozdělení výsledky nezkreslí)

Neparametrické testy

- <u>přehled neparametrických ekvivalentů parametrických testů</u>
  - t-test pro nezávislé výběry – Mann-Whitney U test
  - t-test pro závislé výběry – Wilcoxon test
  - analýza rozptylu – Kruskall-Wallis test
  - opakovaná měření (ANOVA) – Friedman Rank Test