

Statistická síla

- princip testování hypotéz (opakování)
 - chyby I. a II. druhu
 - statistická síla
 - požadovaná velikost výběru
-

Statistická síla

- pravděpodobnost, že zamítneme nulovou hypotézu, která neplatí
 - tj. že najdeme (statisticky významný) rozdíl, když tento rozdíl existuje
-

Statistická síla

- **příklad:** srovnáváme účinnost léčby úzkostných poruch
 - dva typy léčby – farmakoterapie (A) a psychoterapie (B)
-

Testování hypotéz

- náhodně vybereme z populace pacientů s úzkostnou poruchou vzorek pacientů
 - polovina z nich se podrobí farmakoterapii, druhá polovina psychoterapii
 - po léčbě změříme u obou skupin standardizovaným nástrojem míru úzkosti
-

Testování hypotéz

- jaká bude nulová hypotéza v této studii?
-

Testování hypotéz

□ **nulová hypotéza:** průměrná míra úzkosti u pacientů s terapií A je stejná jako průměrná míra úzkosti u pacientů s terapií B

□ $\mu_A = \mu_B$

Testování hypotéz

□ pro porovnání průměrů vzorku A a B můžeme použít t-test (pro nezávislé výběry)

$$\square t = (\bar{X}_A - \bar{X}_B) / S$$

□ hodnotu t vyhledáme v tabulkách t-rozdělení (pro příslušný počet stupňů volnosti)

Testování hypotéz

- pokud se t blíží nule (tj. mezi průměry vzorků A a B není velký rozdíl), pak nezamítneme nulovou hypotézu – vyvodíme, že ani mezi průměry populace A a B není rozdíl
 - pokud je t od nuly vzdáleno, pak nulovou hypotézu zamítneme a vyvodíme, že populační průměry se liší
-

Testování hypotéz

- jaké mohou být výsledky testování hypotéz?
-

Testování hypotézy

<i>skutečnost</i> →	nulová hypotéza platí	nulová hypotéza neplatí
<i>rozhodnutí</i> ↓		
zamítneme nulovou hypotézu	chyba I. druhu	správné rozhodnutí
nezamítneme nulovou hypotézu	správné rozhodnutí	chyba II. druhu

Testování hypotéz

- předpokládejme, že nulová hypotéza platí (tj. účinnost farmakoterapie a psychoterapie je stejná)
 - 2 možnosti:
 - průměry vzorku A a B jsou velice podobné – t je blízké nule a tak **správně** nezamítneme nulovou hypotézu
 - nebo se dopustíme chyby I. druhu
-

Chyba I. druhu

- je možné (i když málo pravděpodobné), že vzorky z populací o stejném průměru mohou mít velice rozdílné průměry
 - v tomto případě bychom nulovou hypotézu zamítli nesprávně a vyvodili, že průměry populací A a B jsou odlišné
-

Chyba I. druhu

- pravděpodobnost takové chyby se označuje hladina významnosti (α)
 - její úroveň stanovuje výzkumník (velice často na 5%, příp. 1%)
 - jde vlastně o pravděpodobnost, že získáme tuto hodnotu **t** (=rozdíl mezi průměry vzorků), pokud by nulová hypotéza platila
-

Testování hypotéz

- předpokládejme, že nulová hypotéza **neplatí**, terapie A není stejně účinná jako terapie B (tj. je rozdíl v míře úzkosti u pacientů z populace A a B)
 - opět dvě možnosti
 - najdeme rozdíly mezi průměry vzorků
 - **t** je dostatečně velké a nulovou hypotézu tak správně zamítneme
 - dopustíme se chyby II. druhu
-

Testování hypotézy

<i>skutečnost</i> →	nulová hypotéza platí	nulová hypotéza neplatí
<i>rozhodnutí</i> ↓		
zamítneme nulovou hypotézu	chyba I. druhu	správné rozhodnutí
nezamítneme nulovou hypotézu	správné rozhodnutí	chyba II. druhu

Chyba II. druhu

- průměry populace se liší, ale přesto se může stát, že průměry vzorků budou velice podobné
 - v tom případě **nesprávně nezamítneme** nulovou hypotézu a vyvodíme, že terapie jsou podobně účinné
 - pravděpodobnost této chyby se označuje β
-

Testování hypotézy

<i>skutečnost</i> →	nulová hypotéza platí	nulová hypotéza neplatí
<i>rozhodnutí</i> ↓		
zamítneme nulovou hypotézu	chyba I. druhu (α)	správné rozhodnutí ($1-\beta$)
nezamítneme nulovou hypotézu	správné rozhodnutí ($1-\alpha$)	chyba II. druhu (β)

Statistická síla

- pravděpodobnost, že správně zamítneme nulovou hypotézu, která neplatí, je rovna $1 - \beta$
 - jde o tzv. sílu testu (power) – schopnost zachytit rozdíl, který existuje
 - na rozdíl od hladiny významnosti nemůže být přesně stanovena ještě před provedením výzkumu, ale hraje velkou roli při rozhodování o dostatečné velikosti vzorku
-

Statistická síla

- je ovlivněna 4 faktory:
 - velikostí vzorku
 - rozdílem mezi populačními průměry
 - variabilitě měřeného znaku
 - zvolené hladině významnosti
-

Velikost vzorku

- s větším vzorkem máme větší pravděpodobnost, že existující rozdíl zachytíme
-

Rozdíl mezi populačními průměry

- čím je rozdíl mezi populačními průměry větší, tím větší pravděpodobnost, že najdeme i rozdíl mezi průměry vzorků
 - proto nejmenší rozdíl, po kterém má smysl pátrat, je ten, který je ještě klinicky významný
 - vychází i z podstaty problému - pokud porovnáváme např. lék s placebem, můžeme očekávat větší rozdíl účinku než při porovnání dvou léků
-

Variabilita měřeného znaku

- čím je větší variabilita měřeného znaku, tím menší pravděpodobnost, že zachytíme rozdíl mezi průměry
-

Hladina významnosti

- čím přísněji ji stanovíme (např. 0,1%), tím nižší síla testu
-

Požadovaná velikost výběru

- nejobvyklejší účel analýzy statistické síly je určení, **jak velký musí být náš vzorek**, abychom měli dostatečnou pravděpodobnost, že zachytíme předpokládaný rozdíl
 - je ovšem možné i zpětně posoudit sílu našeho testování poté, co byl výzkum proveden (příp. při metaanalýzách)
-

Požadovaná velikost výběru

- nejprve se musíme rozhodnout, jaký **nejmenší rozdíl** je ještě **klinicky významný**
 - takový rozdíl označíme **d** (nebo delta)
 - označuje se jako tzv. **effect size** – velikost účinku
 - buď jde o standardizovaný rozdíl průměrů nebo korelaci mezi nezávislou a závislou proměnnou (pak se označuje r)
-

Požadovaná velikost výběru

□ podle Cohena je

- $d = 0.20$ malý účinek ($r=0.10$)
 - $d = 0.50$ střední ($r=0.243$)
 - $d = 0.80$ velký ($r=0.371$)
-

Požadovaná velikost výběru

- dále musíme odhadnout variabilitu znaku v populaci (σ) – z předchozích výzkumů, pilotní studie atd.
 - pak stanovit hladinu významnosti (obvykle 5%)
 - a nakonec sílu testu – tj. jakou chceme mít pravděpodobnost, že pokud rozdíl existuje, že ho prokážeme? (ideálně 80%)
-

Požadovaná velikost výběru

- pro různé statistické testy se požadovaná velikost vzorku počítá různě
 - existují speciální počítačové programy, statistické software mají obvykle v pokročilejších modulech tyto výpočty zabudovány
 - je možné provést i ruční výpočet (s pomocí tabulky pro hodnoty δ)
-

Požadovaná velikost výběru

- **příklad:** pro studii srovnávání účinnosti terapií úzkostných poruch chceme vypočítat velikost výběru
 - velikost účinku: jednu metodu bychom upřednostnili před druhou, pokud by rozdíl v testu úzkosti byl nejméně 5 bodů
 - směrodatná odchylka pro test úzkosti je 10 bodů
-

Požadovaná velikost výběru

- velikost účinku je pro naši studii
 $d = 5/10 = 0.5$
 - hladina významnosti $\alpha = 0.05$
 - chceme dosáhnout síly testu 0.90
-

Požadovaná velikost výběru

□ vzorec pro test porovnávající dva průměry ze stejně velkých výběrů:

$$\square N = 2(\delta/d)^2$$

Požadovaná velikost výběru

$$\square N = 2(\delta/d)^2$$

$\square \delta$ najdeme v tabulce (hledáme δ pro sílu testu 0.80 a $\alpha = 0.05$)

■ $\delta = 2.80$

$$\square N = 2(2.8/0.5)^2 = 2(5,6)^2$$

$$\square N = \mathbf{62.72}$$

Požadovaná velikost výběru

- požadovaná velikost výběru je asi 63 v každé skupině, tj. celkem **126 osob**
-

Síla již provedeného testu

- obdobně můžeme spočítat sílu již provedeného testování – kdy víme, jaká byla velikost výběru
 - kdyby byl v našem příkladu počet osob v jedné skupině 25, jaká by byla síla testu?
-

Síla již provedeného testu

$$\square N = 2(\delta/d)^2$$

$$\square \delta = d \sqrt{N/2}$$

$$\square \delta = 0,5 \sqrt{25/2}$$

$$\square \delta = 0,5 (3,54) = \mathbf{1,77}$$

\square pro $\delta = 1.77$ a $\alpha = 0,05$ je síla testu asi **0,43**

Síla již provedeného testu

- při $N=50$ (v každé skupině 25)
bychom měli pouze 43%
pravděpodobnost, že najdeme rozdíl,
i kdyby skutečně existoval
-

Požadovaná velikost výběru

<i>velikost účinku</i>	<i>d</i>	<i>jedno-výběrový t-test</i>	<i>dvouvýběrový (nezávislý) t-test</i>
malá	,20	196	784
střední	,50	32	126
velká	,80	13	49

Faktorová analýza

- cíl faktorové analýzy
 - základní pojmy, postup
 - interpretace faktorů
 - příklad
-

Faktorová analýza

- **cílem** faktorové analýzy (exploratorní) je
 - 1) **redukce dat** – zmenšení počtu proměnných odstraněním nadbytečných proměnných (tj. těsně korelujících s ostatními proměnnými)
 - 2) **identifikace struktury dat** – prozkoumat vztahy mezi proměnnými
-

Faktorová analýza

- **výsledkem** faktorové analýzy (exploratorní) je vytvoření několika hypotetických proměnných – **faktorů**
 - někdy bývají nazývány **latentní** proměnné
 - faktory jsou lineárními kombinacemi původních proměnných
 - vysvětlují vztahy mezi původními proměnnými
-

Faktorová analýza

- **extrakce** faktorů – na základě matice vztahů mezi proměnnými (např. korelační matice)
 - **počet** extrahovaných faktorů – do značné míry závisí na rozhodnutí výzkumníka
 - cílem je vysvětlit co největší množství společného rozptylu co nejmenším počtem faktorů
-

Faktorová analýza

- **interpretace** faktorů – faktorová analýza sama o sobě nenabídne označení faktorů (to je opět na výzkumníkovi)
 - faktor bývá označen na základě proměnných, které k němu mají nejtěsnější vztah (nejvyšší tzv. faktorové **náboje** – korelace mezi faktorem a položkou)
-

Faktorová analýza

- **rotace** faktorového řešení – usnadní interpretaci faktorů
 - rotace může být ortogonální (tj. předpokládá, že faktory jsou nezávislé) nebo šikmá (předpoklad korelace mezi faktory)
 - faktorové náboje zde můžeme interpretovat jako parciální korelace položky s faktorem
-

Faktorová analýza - příklad

- příklad aplikace FA:
- Osecká, L., Řehulková, O., Macek, P. (1998).

Zdravotní stesky adolescentů:
struktura a rozdíly mezi pohlavím.

Sborník konference Sociální procesy a osobnost, MU Brno.

Faktorová analýza - příklad

- cílem studie bylo mj. vytvořit typologii adolescentů na základě jejich zdravotních obtíží
 - adolescenti v dotazníku označili, jak často trpí každou z 18 nabídnutých zdravotních obtíží
-

Faktorová analýza - příklad

- bolesti hlavy
 - dýchací potíže
 - žaludeční potíže
 - závratě
 - nechutenství
 - nervozita, neklid
 - nespavost
 - noční můry
 - nesoustředěnost
 - nevolnosti
 - silný tlukot srdce
 - třesení rukou
 - náhlé zpotení
 - průjem, zácpa
 - bolesti v zádech
 - krční bolesti
 - bolesti na prsou
 - bolesti v pánvi
-

Faktorová analýza - příklad

- typologie na základě 18 proměnných by byla příliš složitá – je třeba tento počet snížit
 - autoři spočítali faktorovou analýzu a extrahovali 3 faktory (vysvětlovaly celkem 48% společného rozptylu)
-

Faktorová analýza - příklad

	F1	F2	F3
nevolnosti	71	17	22
nechutenství	65	23	10
závratě	62	14	30
žaludeční potíže	60	-15	50
bolesti hlavy	58	27	4
nervozita, neklid	56	41	12
třesení rukou	17	69	19
nespavost	38	63	-3
náhlé zpotení	-2	61	35
silný tlukot srdce	16	60	27
nesoustředěnost	37	54	4
noční můry	32	49	20
bolesti v pánvi	4	28	69
průjem, zácpa	21	-9	65
bolesti na prsou	16	36	61
krční bolesti	16	33	52
bolesti v zádech	15	36	42
dýchací potíže	32	21	36
<i>procento rozptylu</i>	17	17	14

Faktorová analýza - příklad

- první faktor nazvali **nevolnosti** –
sytily ho především tyto potíže:
 - nevolnosti
 - nechutenství
 - závratě
 - žaludeční potíže
 - bolesti hlavy
 - nervozita, neklid
-

Faktorová analýza - příklad

- druhý faktor označili **vegetativní obtíže** – sytily ho především položky:
 - třesení rukou
 - nespavost
 - náhlé zpotení
 - silný tlukot srdce
 - nesoustředěnost
 - noční můry
-

Faktorová analýza - příklad

- třetí faktor označili **bolesti** – sytily ho především tyto potíže:
 - bolesti v pánvi
 - průjem, zácpa
 - bolesti na prsou
 - krční bolesti
 - bolesti v zádech
-

Faktorová analýza - příklad

- **místo původních 18** proměnných indikujících frekvenci zdravotních potíží měli **nyní 3 proměnné** (lineární kombinace původní proměnných) – nevolnosti, vegetativní potíže a bolesti
 - s nimi pak pracovali při typologii (viz dále)
-