

Biostatistika



Bi5040 Biostatistika - základní kurz
BMBS051 Biostatistika-základní kurz
ASTAp Biostatistika – přednáška

BLBS051p + BLBS051c – Biostatistika

Organizace semestru



Výukové materiály

- Tato prezentace v IS.MUNI + prezentace a příklady ovládání SW Statistica
- <http://www.matematickabiologie.cz/res/file/ucebnice/pavlik-biostatistika.pdf>
- <http://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=aplikovana-analyza-klinickych-a-biologickych-dat--biostatistika-pro-matematickou-biologii>

Přednášky budou kombinovány s ukázkami výpočtů v software (pravděpodobně jeden týden přednáška, další týden praktické ukázky)

Sledujte prosím e-maily přes IS.MUNI ohledně změny programu výuky (přednáška-ukázky SW), případně jejího zrušení

I. Statistika ve vědecké praxi



Pozice statistické analýzy ve vědě a klinické praxi
Význam statistických výstupů

Anotace

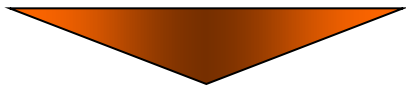


- Statistická analýza biologických dat je jedním z nástrojů, s jejichž pomocí se snažíme zjistit odpovědi na naše otázky týkající se pochopení živé přírody. Jako každý nástroj je i statistickou analýzu nezbytné na jedné straně korektně využívat a na druhou stranu nepřeceňovat její možnosti.
- Klíčovým faktem při statistické analýze dat je nahlížení na realitu prostřednictvím vzorku a přijmutí toho, že výsledky naší analýzy jsou jen tak dobré, jak dobrý je náš vzorek. Reprezentativnost a náhodnost vzorku spolu s jeho velikostí jsou důležité faktory ovlivňující věrohodnost našich závěrů.

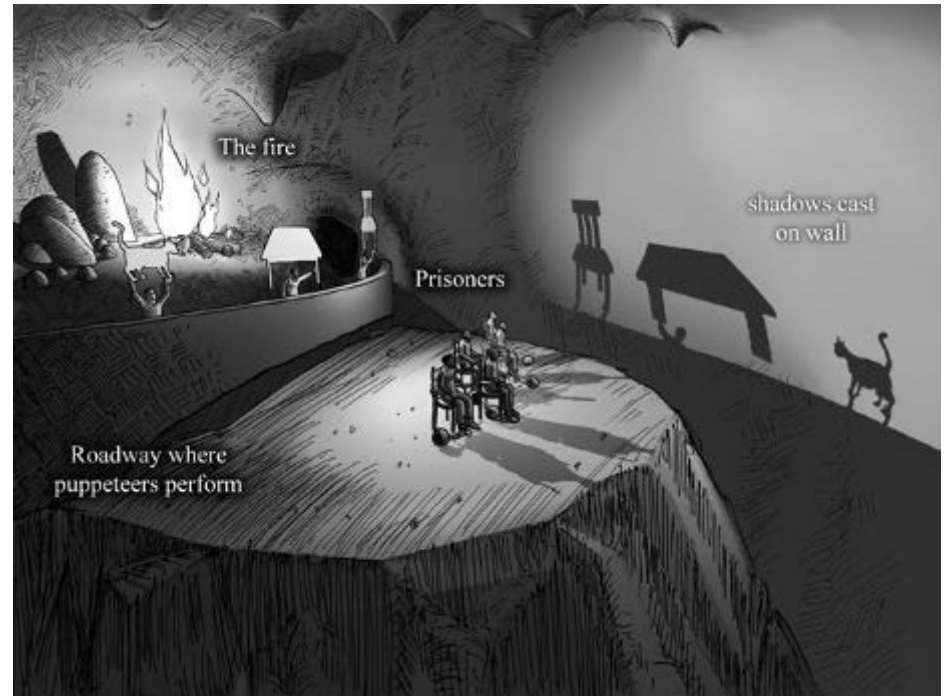
Výzkum, realita, statistika



- Výzkum je naším způsobem porozumění realitě
- Ale jak přesné a pravdivé je naše porozumění?



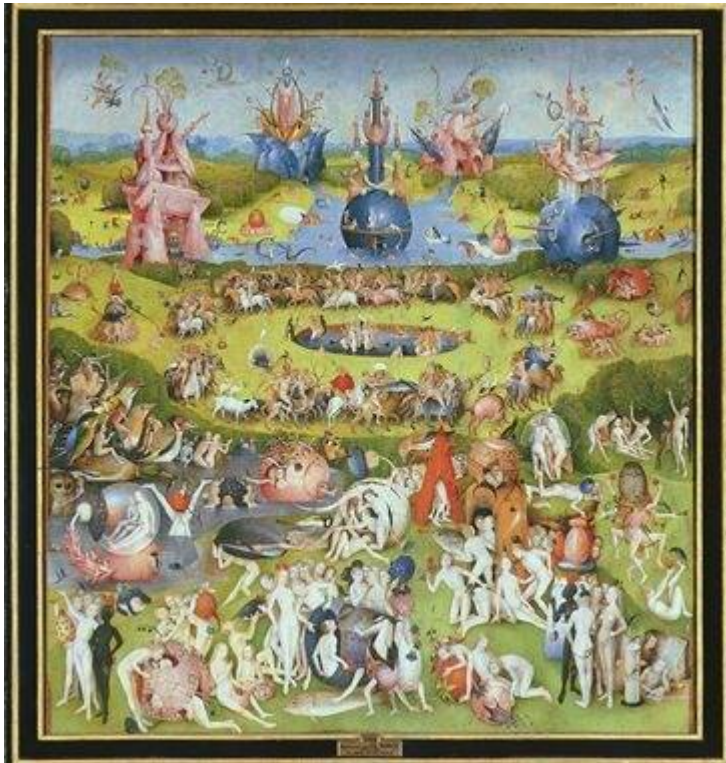
Statistika je
jedním z nástrojů
vnášejících do
našich výsledků
určitou spolehlivost.



Význam variability

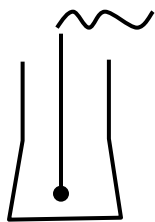


- Naše realita je variabilní a statistika je vědou zabývající se variabilitou
- Korektní analýza variabilita a její pochopení přináší užitečné informace o naší realitě
- V případě deterministického světa by statistická analýza nebyla potřebná



Biostatistika - různé přístupy k variabilitě

Variabilita opakovaných měření



Data

2,1
2,8
3,2
1,2
5,2
2,9

chyba

Variabilita znaku v populaci



165 cm



140 cm



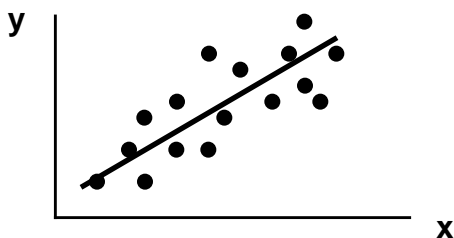
182 cm



163 cm

rozptyl znaku, přirozená variabilita

Variabilita modelovaných dat



chyba = nepřesnost modelu

Variabilita časových řad



fluktuační, časová proměnlivost

Variabilita ve skladbě biologických společenstev

DRUH 1	15
DRUH 2	30
DRUH 3	40
DRUH 4	14



biodiverzita

Pojem VARIABILITA má mnoho významů



*... a ty určují přístup k jejímu
hodnocení*

*Maskování a
minimalizace
vlivu*

*Respektování a
odhadování vlivu*

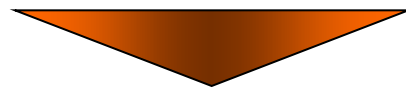
*Přímé využití k
predikcím chování
systému*

Statistika – význam a definice



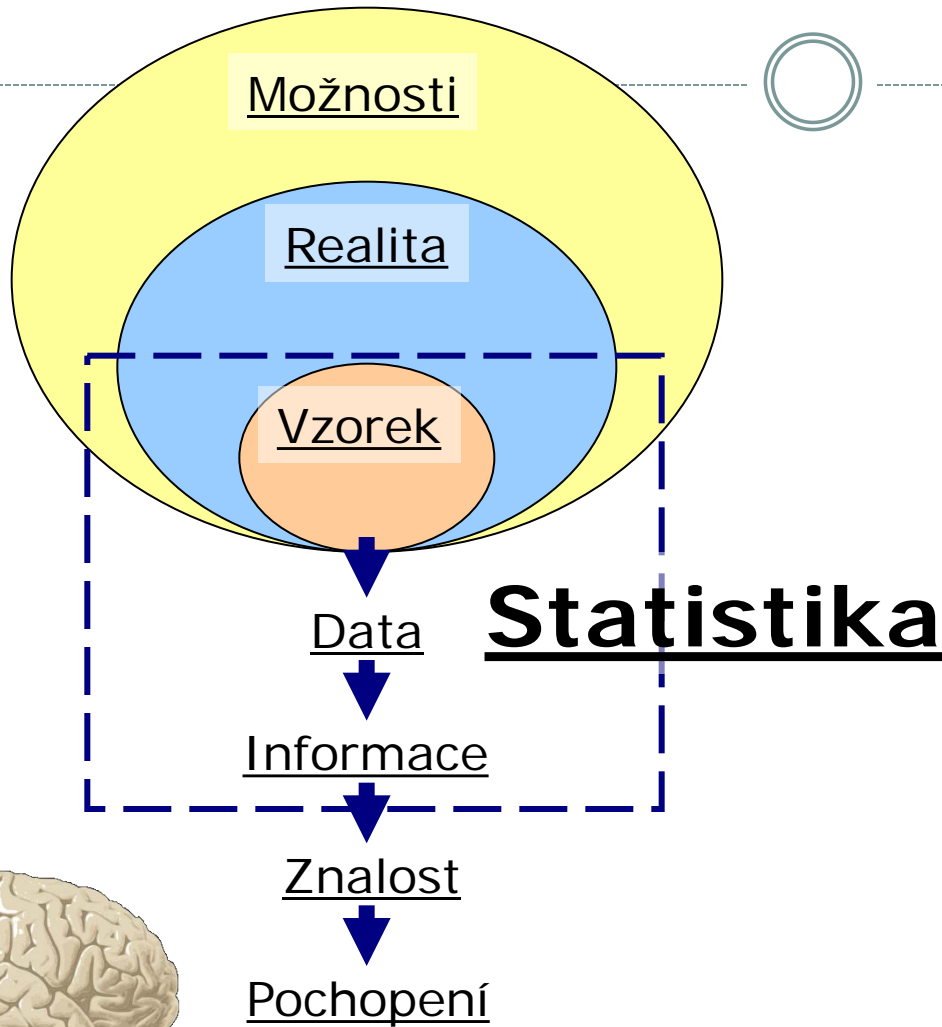
WWW.WIKIPEDIA.ORG:

Statistika je matematickou vědou zabývající se shromážděním, analýzou, interpretací, vysvětlením a prezentací dat. Může být aplikována v širokém spektru vědeckých disciplín od přírodních až po sociální vědy. Statistika je využívána i jako podklad pro rozhodování, kdy nicméně může být záměrně i nevědomky zneužita.



Statistika využívá matematické modely reality k zobecnění výsledků experimentů a vzorkování. Statistika funguje korektně pouze pokud jsou splněny předpoklady jejích metod a modelů.

Co může statistika říci o naší realitě?



Statistika není schopna činit závěry o jevech neobsažených v našem vzorku.

Statistika je nasazena v procesu získání informací z vzorkovaných dat a je podporou v získání naší znalosti a pochopení problému.

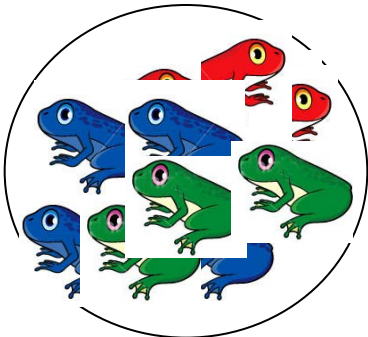
Statistika není náhradou naší inteligence !!!

Cílová populace

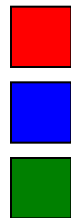


- **Cílová populace – klíčový pojem statistického zpracování**
 - Skupina objektů o nichž se chceme něco dozvědět (např. pacienti s danou diagnózou, všichni lidé nad 60 let, měření hemoglobinu v dané laboratoři)
 - Musí být definována ještě před zahájením sběru dat
 - Na cílové populaci probíhá vzorkování dat, které musí cílovou populaci dobře (reprezentativně) charakterizovat

Cílová populace



**Klíčové faktory
cílové populace**



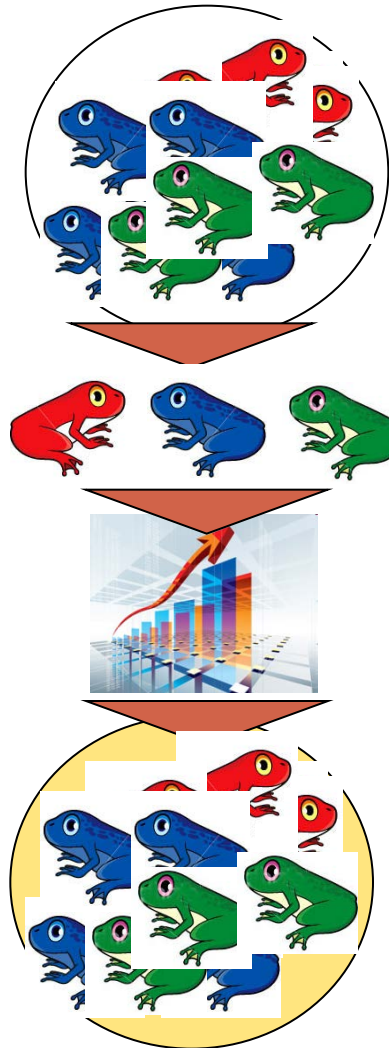
**Design
experimentu a
vzorkovací plán**



**Vzorkování a
analýza dat**



Statistika a zobecnění výsledků



***Neznámá
cílová
populace***

Vzorek

Analýza

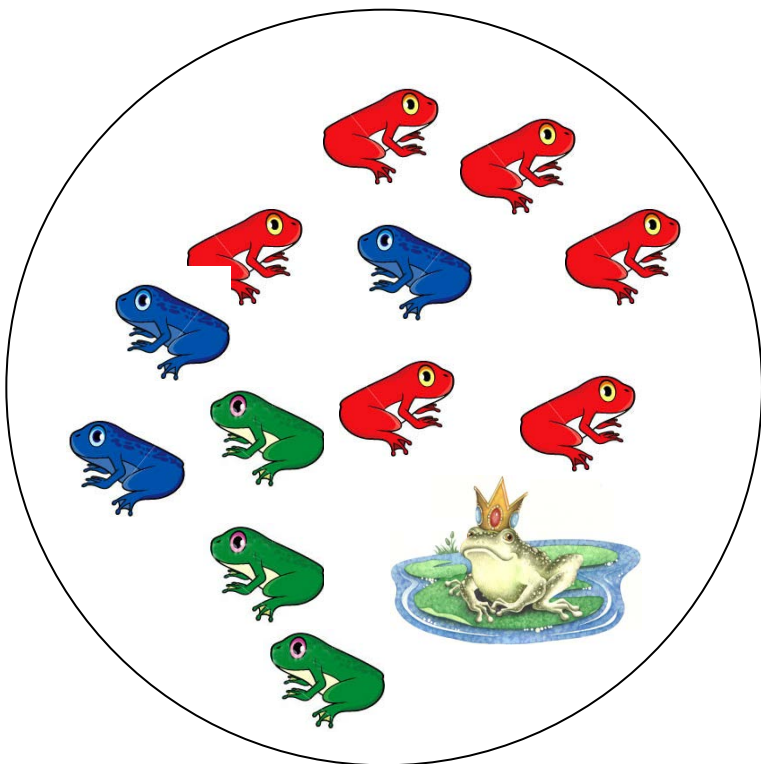
***Díky zobecnění
výsledků známe
vlastnosti cílové
populace***

- Cílem analýzy není pouhý popis a analýza vzorku, ale zobecnění výsledků ze vzorku na jeho cílovou populaci
- Pokud vzorek nereprezentuje cílovou populaci, vede zobecnění k chybným závěrům

Vzorkování a jeho význam ve statistice



- Statistika hovoří o realitě prostřednictvím vzorku!!!
 - Statistické předpoklady korektního vzorkování



Representativnost: struktura vzorku musí maximálně reflektovat realitu

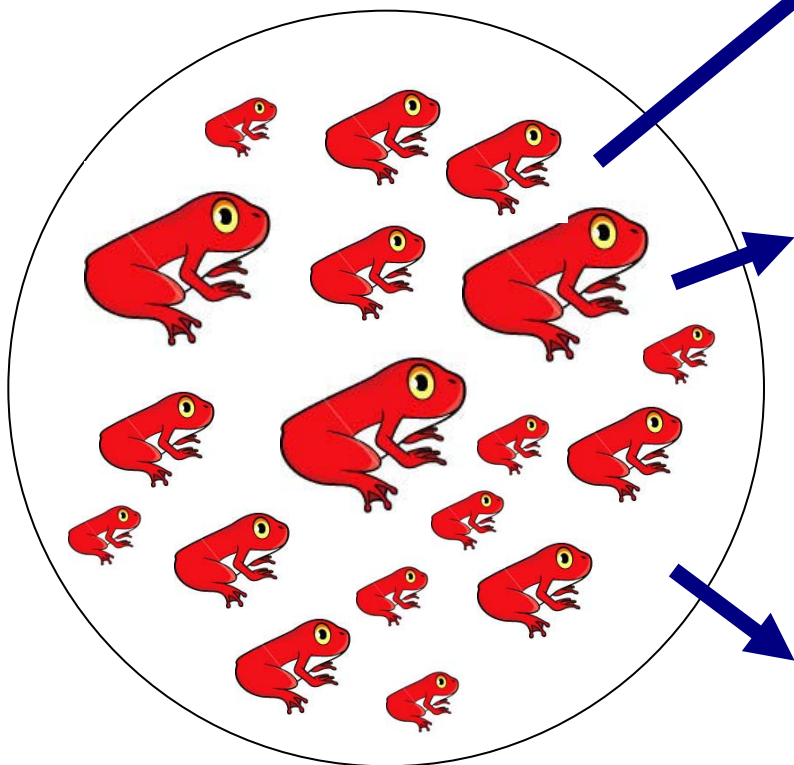


Nezávislost: několikanásobné vzorkování téhož objektu nepřináší ze statistického hlediska žádnou novou informaci



Velikost vzorku a přesnost statistických výstupů


Existuje skutečné rozložení
a skutečný průměr měřené
proměnné



Z jednoho měření nezjistíme nic

Vzorek:  → ??????

Vzorek určité velikosti poskytuje
odhad reálné hodnoty s
definovanou spolehlivostí

Vzorek:  → Odhad
průměru
atd.

Vzorkování všech existujících
objektů poskytne skutečnou
hodnotu dané popisné
statistiky, nicméně tento přístup je
ve většině případech nereálný.

Různá role statistiky při různě velkém vzorku



Malá data

Velká data

Obrovská data



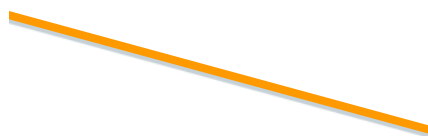
**Umění
prodat**



**Umění
pochopit**



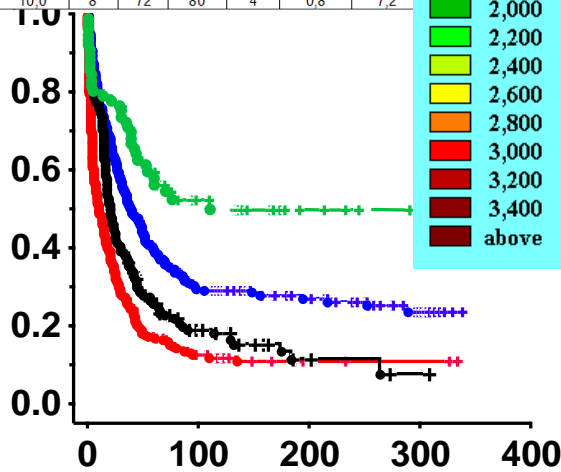
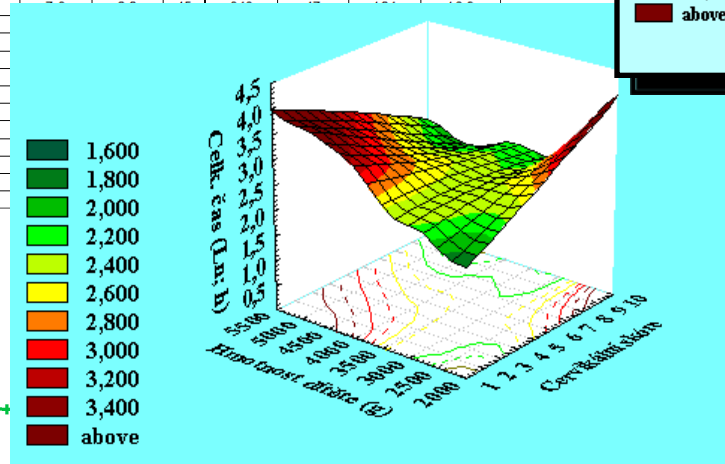
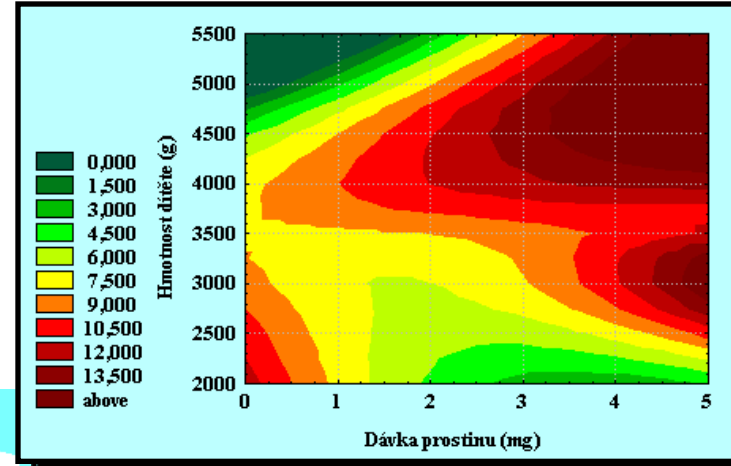
**Umění
uchopit**



Přístup biostatistiky

Pacient	Clovek	aLeu cell.10 ⁹	aTy% %	aSe% %	aNeu% %	aLy% %	aTy cell.10 ⁹	aSe cell.10 ⁹	aNeu cell.10 ⁹	aLy cell.10 ⁹	aHtc %	aCLsk mV.s.10 ³	aCLNeus mV.s.10 ³	aCLOZ mV.s.10 ³	aCLNeuO mV.s.10 ³
3	1	4									33	72		32	
4	2	7,6	8	58	66	24	0,6	4,4	5,0	1,8	33	95	19	48	10
8	3	4	3	52	55	40	0,1	2,1	2,2	1,6	22	77	35	33	15
11	4	6,1	5	59	64	35	0,3	3,6	3,9	2,1	33	103	26	49	13
12	5	6,9	2	55	58	9	0,2	5,0	6,1	0,6	37	81	13	45	7
14	6	5,9									32	137	33	61	15
16	7	8									34	151	20	59	8
20	8	9,6									40	77	11	38	5
21	9	6									32	120	26	52	11
22	10	3,3	4	55	55	39	0,1	1,8	2,0	1,3	28	81	42	24	12
37	11	3,8	10	60	70	30	0,4	2,3	2,7	1,1	32	111	42	29	11
38	12	6,4	2	76	78	17	0,1	4,9	5,0	1,1	25	366	73	115	23
39	13	6,8	1	57	58	39	0,1	3,9	3,9	2,7	20	234	59	71	18
49	14	8,5	7	67	74	26	0,6	5,7	6,3	2,2	30	156	25	108	17
51	15	9,3	7	57	64	35	0,7	5,3	6,0	3,3	35	129	21	23	4
52	16	2,2	10	56	66	34	0,2	1,2	1,5	0,7	33	46	30	12	8
55	17	9,9	3	78	81	10	0,3	7,7	8,0	0,1	30	189	24	140	18
56	18	5	2	80	82	13	0,1	4,0	4,1	0,7	26	101	25	54	13
6	1	8,8	11	72	83	12	1,0	6,3	7,3	1,1	44	268	36,6	145	19,9
9	2	9,2	2	66	68	28	0,2	6,1	6,3	2,6	42	168	26,9	76	12,2
13	3	10,0	7	83	90	8	0,7	8,3	9,0	0,8	54	181	20,1	81	9
15	4	9,6	1	75	76	23	0,1	7,2							
17	5	6,0													
19	6	7,2	2	78	80	18	0,1	5,6							
24	7	8,2	1	72	73	25	0,1	5,9							
26	8	10,3	1	85	86	3	0,1	8,8							
29	9	5,0	1	74	75	21	0,1	3,7							
30	10	11,9	1	51	52	47	0,1	6,1							
31	11	7,2	3	53	56	29	0,2	3,8							
32	12	10,8	36	50	76	8	3,9	5,4							
33	13	11,8	22	54	76	16	2,6	6,4							
34	14	17,0	1	82	83	16	0,2	13,9							
40	15	10,0	8	72	80	4	0,8	7,2							

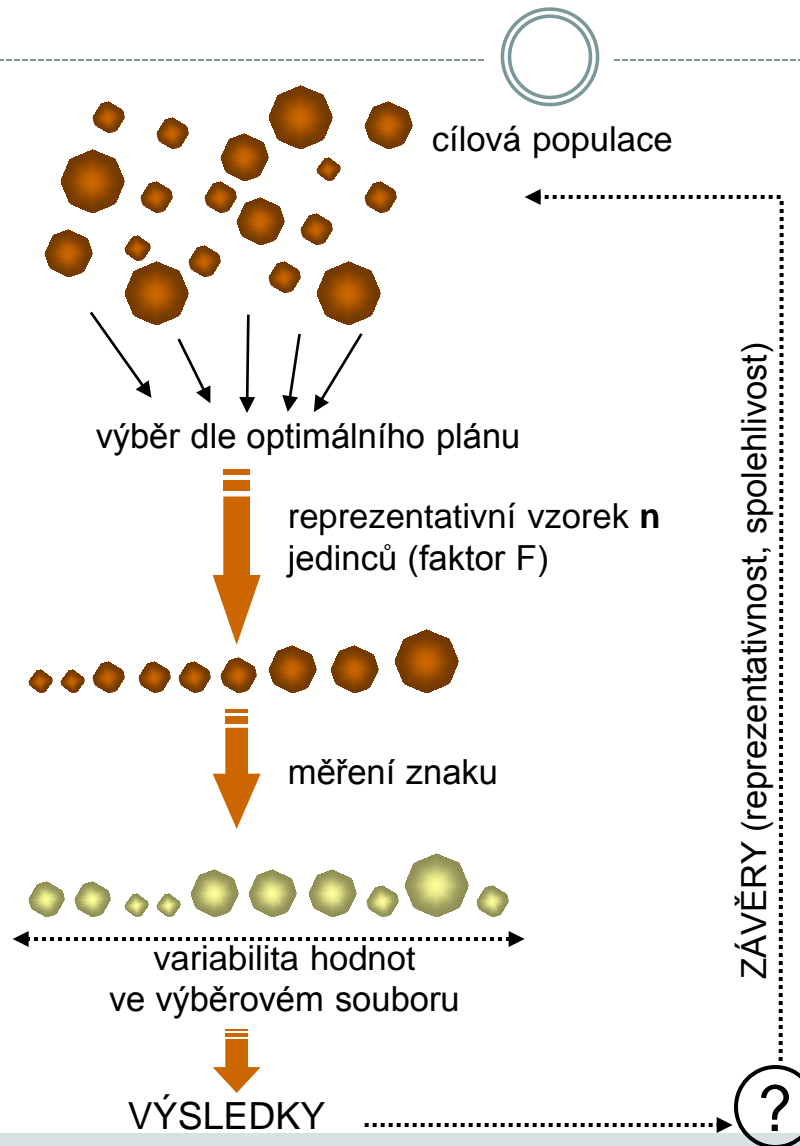
Data



Schopnost: vidět data – komunikovat
– interpretovat - prodávat

Experimentální design: nezbytná výbava biologa

Účel analýzy:
Popisný

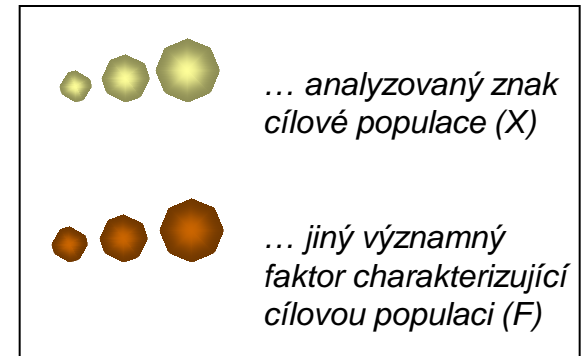


?

Reprezentativnost

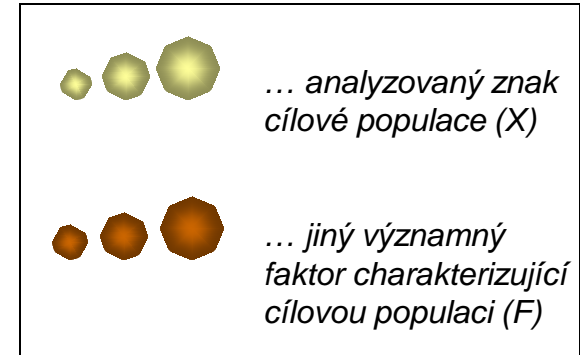
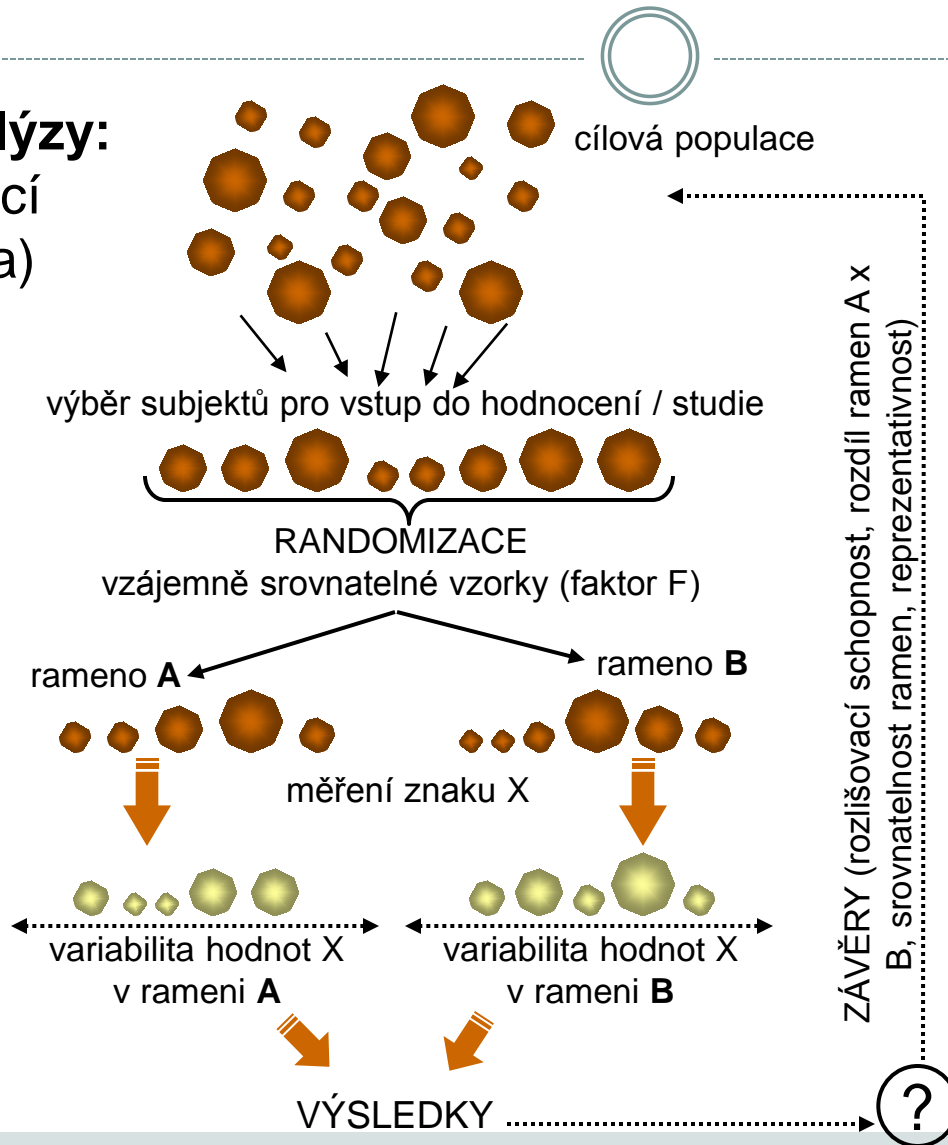
Spolehlivost

Přesnost



Experimentální design: nezbytná výbava biologa

Účel analýzy:
Srovnávací
(2 ramena)



?

Srovnatelnost
Spolehlivost
Přesnost

Praktická a statistická významnost



- Samotná statistická významnost nemá žádný reálný význam, je pouze měřítkem náhodnosti hodnoceného jevu
- Pro vyhodnocení reálné významnosti je nezbytné znát i reálně významné hodnoty

		Praktická významnost	
		ANO	NE
Statistická významnost	ANO	OK, praktická i statistická významnost je ve shodě, jednoznačný závěr	Významný výsledek je statistický artefakt velkého vzorku, prakticky nevyužitelné
	NE	Výsledek může být pouhá náhoda, neprůkazný výsledek	OK, praktická i statistická významnost je ve shodě, jednoznačný závěr

Obecné schéma využití statistické analýzy



Experimentální design

Jak velký vzorek je nezbytný pro statisticky relevantní výsledky?
Klíčová stratifikační kritéria cílové populace.

Vzorkování

Vzorkovací plán zabezpečující náhodnost a reprezentativnost vzorku.

Uložení a management dat

Uložení dat ve vhodné formě a jejich vyčištění předcházející vlastní analýze je klíčovým krokem statistické analýzy.

Vizualizace dat

Grafická inspekce dat je nezbytným krokem analýzy vzhledem ke schopnosti lidského mozku primárně akceptovat obrazová data. Poskytne vhled do dat, představu o jejich rozložení, vazbách proměnných apod.

Popisná analýza

Popisná analýza umožňuje vyhodnotit srovnáním s existující literaturou realističnost naměřených rozsahů dat.

Testování hypotéz

Testování vazeb mezi různými proměnnými s cílem navzájem vysvětlit jejich variabilitu a tím přispět k pochopení řešeného problému.

Modelování

Možným vyvrcholením analýzy je využití získaných znalostí a pochopení problému k vytvoření prediktivních modelů.

Stochastické modelování: predikce neurčitých jevů



Prospektivně – modelově - postihuje chování jevů při respektování variability

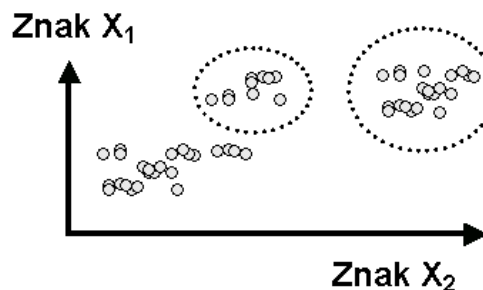
Pravděpodobnostní vztahy

Anamnéza x Výsledek vyšetření pacienta

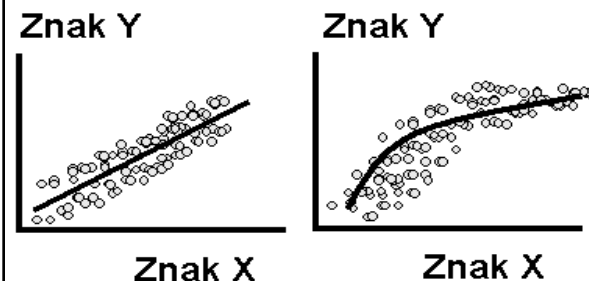
	Karcinom	Benigní léze	Benigní riziková	Zdravá	
Pozitivní anamnéza	2,22	34,44	0,00	63,33	100%
Negativní anamnéza	1,06	28,23	0,96	69,75	100%

$p < 0.05$

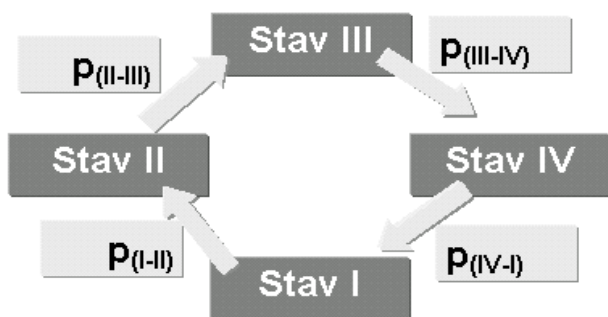
Vícerozměrná diskriminace



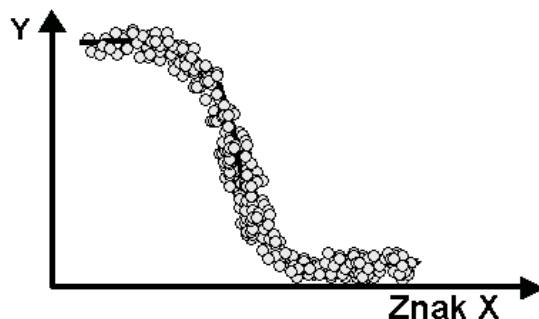
Funkční vztahy znaků



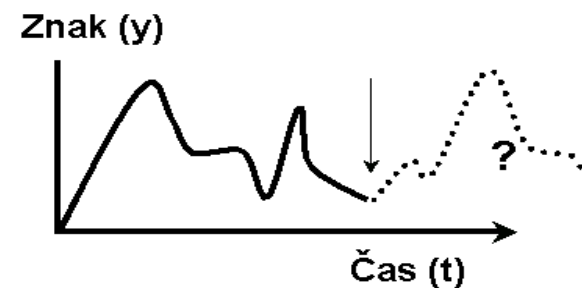
Markovovy řetězce



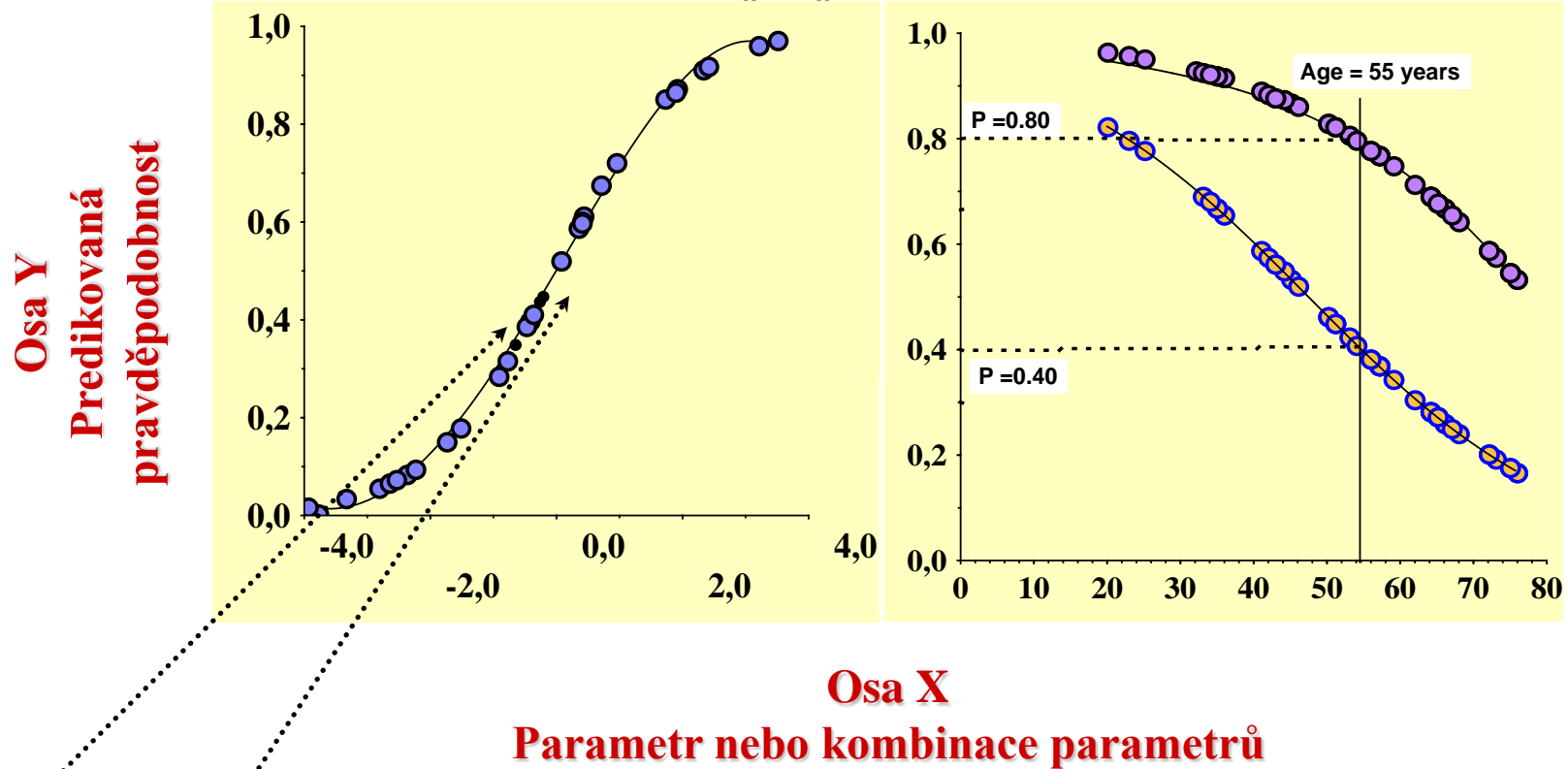
Logistické modely



Chování systému v čase



Stochastické modelování: predikce neurčitých jevů

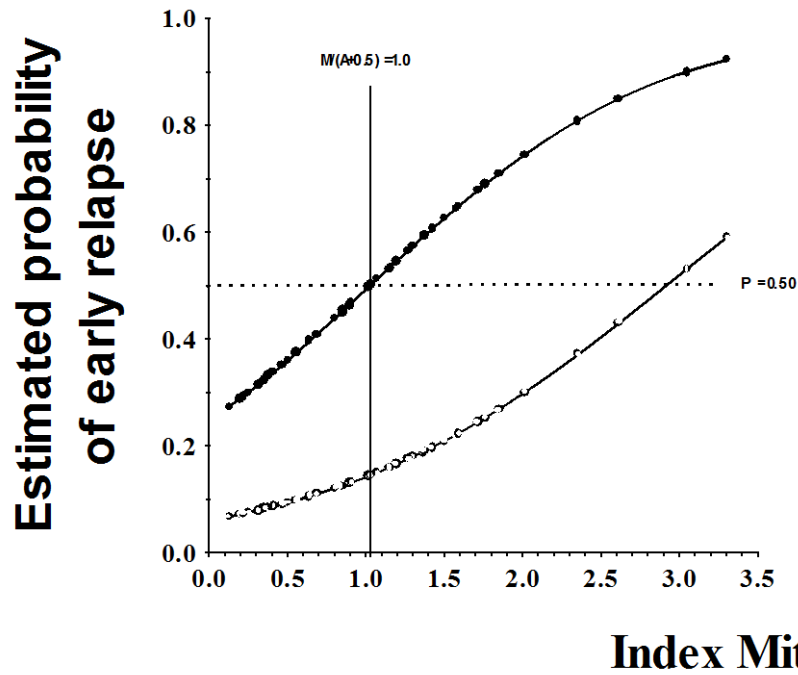


Data konkrétních pacientů (subjektů)
k přímému hodnocení

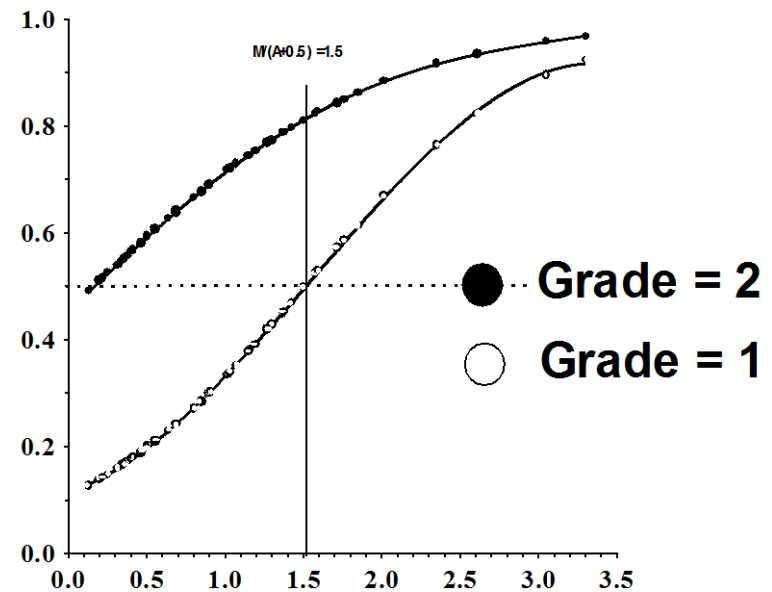
Stochastické modelování: predikce neurčitých jevů

Maligní lymfomy: Pravděpodobnost časného relapsu

Stádium I - II



Stádium III - IV



Schopnost: vytvářet prakticky využitelné nástroje

II. Příprava dat



Klíčový význam korektního uložení získaných dat
Pravidla pro ukládání dat
Čištění dat před analýzou

Anotace



- Současná statistická analýza se neobejde bez zpracování dat pomocí statistických software. Předpokladem úspěchu je správné uložení dat ve formě „databázové“ tabulky umožňující jejich zpracování v libovolné aplikaci.
- Neméně důležité je věnovat pozornost čištění dat předcházející vlastní analýze. Každá chyba, která vznikne nebo není nalezeno ve fázi přípravy dat se promítne do všech dalších kroků a může zapříčinit neplatnost výsledků a nutnost opakování analýzy.

DATA – ukázka uspořádání datového souboru

Parametry (znaky)



Opakování



Pacient	Clovek	aLeu cell.10 ⁶ /	aTy% %	aSe% %	aNeu% %	aLy% %	aTy cell.10 ⁶ /	aSe cell.10 ⁶ /	aNeu cell.10 ⁶ /	aLy cell.10 ⁶ /	aHtc %	aCLsk mV.s.10 ³	aCLNeus mV.s.10 ³	aCLOZ mV.s.10 ³	aCLNeuO mV.s.10 ³
3	1	4									33	72		32	
4	2	7,6	8	58	66	24	0,6	4,4	5,0	1,8	33	95	19	48	10
8	3	4	3	52	55	40	0,1	2,1	2,2	1,6	22	77	35	33	15
11	4	6,1	5	59	64	35	0,3	3,6	3,9	2,1	33	103	26	49	13
12	5	6,9	3	85	88	9	0,2	5,9	6,1	0,6	37	81	13	45	7
14	6	5,9	15	55	70	19	0,9	3,3	4,1	1,1	32	137	33	61	15
16	7	8	18	75	93	7	1,4	6,0	7,4	0,6	34	151	20	59	8
20	8	9,6	3	72	75	23	0,3	6,9	7,2	2,2	40	77	11	38	5
21	9	6	10	67	77	19	0,6	4,0	4,6	1,1	32	120	26	52	11
22	10	3,3	4	55	59	39	0,1	1,8	2,0	1,3	28	81	42	24	12
37	11	3,8	10	60	70	30	0,4	2,3	2,7	1,1	32	111	42	29	11
38	12	6,4	2	76	78	17	0,1	4,9	5,0	1,1	25	366	73	115	23
39	13	6,8	1	57	58	39	0,1	3,9	3,9	2,7	20	234	59	71	18
49	14	8,5	7	67	74	26	0,6	5,7	6,3	2,2	30	156	25	108	17
51	15	9,3	7	57	64	35	0,7	5,3	6,0	3,3	35	129	21	23	4
52	16	2,2	10	56	66	34	0,2	1,2	1,5	0,7	33	46	30	12	8
55	17	9,9	3	78	81	10	0,3	7,7	8,0	0,1	30	189	24	140	18
56	18	5	2	80	82	13	0,1	4,0	4,1	0,7	26	101	25	54	13
6	1	8,8	11	72	83	12	1,0	6,3	7,3	1,1	44	268	36,6	145	19,9
9	2	9,2	2	66	68	28	0,2	6,1	6,3	2,6	42	168	26,9	76	12,2
13	3	10,0	7	83	90	8	0,7	8,3	9,0	0,8	54	181	20,1	81	9
15	4	9,6	1	75	76	23	0,1	7,2	7,3	2,2	45	343	47	124	16,9
17	5	6,0									45	40		21	
19	6	7,2	2	78	80	18	0,1	5,6	5,8	1,3	44	103	17,8	63	10,9
24	7	8,2	1	72	73	25	0,1	5,9	6,0	2,1	41	209	34,9	57	9,6
26	8	10,3	1	85	86	3	0,1	8,8	8,9	0,3	41	364	41,1	112	12,6
29	9	5,0	1	74	75	21	0,1	3,7	3,8	1,1	39	83	22,1	32	8,5
30	10	11,9	1	51	52	47	0,1	6,1	6,2	5,6	33	83	13,4	52	8,4
31	11	7,2	3	53	56	29	0,2	3,8	4,0	2,1	28	109	27,1	63	15,5
32	12	10,8	36	50	76	8	3,9	5,4	9,3	0,9	27	146	15,7	106	11,4
33	13	11,8	22	54	76	16	2,6	6,4	9,0	1,9	45	246	27,4	63	7
34	14	17,0	1	82	83	16	0,2	13,9	14,1	2,7	34	440	31,2	119	8,4
40	15	10,0	8	72	80	4	0,8	7,2	8,0	0,4	37	176	22,0	52	6,5

Zásady pro ukládání dat



- Správné a přehledné uložení dat je základem jejich pozdější analýzy
- Je vhodné rozmyslet si předem jak budou data ukládána
- Pro počítačové zpracování dat je nezbytné ukládat data v tabulární formě
- Nejvhodnějším způsobem je uložení dat ve formě databázové tabulky
 - Každý sloupec obsahuje pouze jediný typ dat, identifikovaný hlavičkou sloupce
 - Každý řádek obsahuje minimální jednotku dat (např. pacient, jedna návštěva pacienta apod.)
 - Je nepřipustné kombinovat v jednom sloupci číselné a textové hodnoty
 - Komentáře jsou uloženy v samostatných sloupcích
 - U textových dat nezbytné kontrolovat překlepy v názvech kategorií
 - Specifickým typem dat jsou datумы u nichž je nezbytné kontrolovat, zda jsou datумы uloženy v korektním formátu
- Takto uspořádaná data je v tabulkových nebo databázových programech možné převést na libovolnou výstupní tabulku
- Pro základní uložení a čištění dat menšího rozsahu je možné využít aplikací MS Office

Ukládání dat v MS Office



- **MS Excel**

- 📄 Kontingenční tabulky – rychlá sumarizace rozsáhlých tabulek
- 📄 Možnost výpočtů a grafových výstupů přímo v aplikaci
- 📄 Visual Basic – složitější aplikace
- Omezení tabulky na 256x65536 buněk (do verze 2003)
- Omezená kontrola chyb při zadávání



- **MS Access**

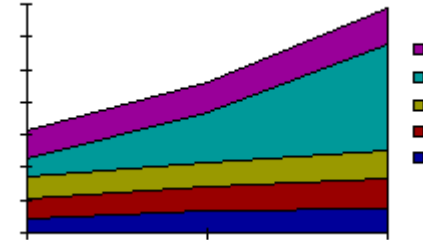
- 📄 Plnohodnotná databáze vhodná pro velké množství dat, řádky omezeny v podstatě jen dostupnou pamětí
- 📄 Kontrola typu dat
- 📄 Relace tabulek – omezení velikosti souboru
- 📄 Visual Basic a formuláře – složitější aplikace
- Omezení tabulky na 255 sloupců
- Výpočty a grafy jsou složitější než v Excelu



Možnosti MS Excel



- Správa a práce s tabulárními daty
- Řazení dat, výběry z dat, přehledy dat
- Formátování a přehledné zobrazení dat
- Zobrazení dat ve formě grafů
- Různé druhy výpočtů pomocí zabudovaných funkcí
- Tvorba tiskových sestav
- Makra – zautomatizování častých činností
- Tvorba aplikací (Visual Basic for Applications)



Počet z	Délka	Pohlaví
1	2	
2		
3		
4		
5	1	
6	2	
7	26	
8	106	
9	121	
10	160	
11	34	
12	45	
13	70	
14	72	
15	87	
16	Celkový součet	
17		

10		
17	10	2
18	12	3
19	5	4
20	8	5
21	4	6
22	7	9
23	9	11
24	suma součtinů řádků	310
25		



Import a export dat



- **Import dat**

- Manuální zadávání
- import – podpora importu ze starších verzí Excelu, textových souborů, databází apod.
- kopírování přes schránku Windows – vkládání z nejrůznějších aplikací – MS Office, Statistica atd.
- využití textových souborů jako kompatibilního formátu pro přenos dat mezi různými aplikacemi

- **Export dat**

- Ukládáním souborů ve formátech podporovaných jinými SW, časté jsou textové soubory, dbf soubory nebo starší verze Excelu
- Přímé kopírování přes schránku Windows

Tipy a triky



- **Výběr buněk**

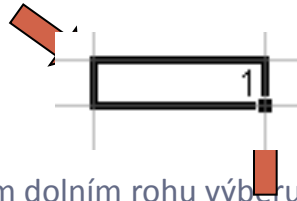
- CTRL+A – výběr celého listu
- CTRL + klepnutí myší do buňky – výběr jednotlivých buněk
- SHIFT + klepnutí myší na jinou buňku – výběr bloku buněk
- SHIFT + šipky – výběr sousedních buněk ve směru šipky
- SHIFT+CTRL+END (HOME) – výběr do konce (začátku) oblasti dat v listu
- SHIFT+CTRL+šipky – výběr souvislého řádku nebo sloupce buněk
- SHIFT + klepnutí na objekty – výběr více objektů

- **Kopírování a vkládání**

- CTRL+C – zkopírování označené oblasti buněk
- CTRL+V – vložení obsahu schránky – oblast buněk, objekt, data z jiné aplikace

- **Myš a okraje buňky**

- Chycení myší za okraj umožňuje přesun buňky nebo bloku buněk



- Při chycení čtverečku v pravém dolním rohu výběru je tažením možno vyplnit více buněk hodnotami původní buňky (ve vzorcích se mění relativní odkazy, je také možné vyplnění hodnotami ze seznamu – např. po sobě jdoucí názvy měsíců).

Databázová struktura dat v Excelu



Sloupce tabulky = parametry záznamů, hlavička udává obsah sloupce – stejný údaj v celém sloupci

Jednotlivé záznamy
(taxon, lokalita atd.)



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Číslo	Značka	Společ	Pohlaví	Délka	Váha	P. anguillae	P. bini	
2	1	1	1	m	27,5	23,0	2	2	
3	2	2	2	f	34,0	62,5	0	2	
4	3	5	3	f	58,0	230,0	0	0	
5	4	6	4	f	42,0	155,0	0	0	
6	5	7	5	f	44,0	149,8	0	0	
7	6	8	6	f	56,0	323,0	0	1	
8	7	9	7	m	48,5	178,2	0	0	
9	8	10	8	f	30,5	47,7	4	6	
10	9	11	9	f	47,0	175,9	5	14	
11	10	12	10	f	40,0	85,1	5	9	
12	11	14	11	f	40,0	101,0	0	0	
13	12	15	12	f	31,0	84,0	15	9	
14	13	16	13	f?	22,0	9,0	0	0	
15	14	17	14	f	42,0	108,0	1	3	
16	15	18	15	f	44,0	130,0	0	0	
17	16	19	16	f	37,0	85,0	2	5	
18	17	20	17	f	50,0	212,0	1	8	

Automatický zadávací formulář



- Slouží k usnadnění zadávání dat do databázových tabulek
- Načítá automaticky hlavičky sloupců jako zadávané položky

Nový záznam

Vyhledávání

Názvy sloupců

Obsah dané buňky - editovatelný

Automatické seznamy



- Vytváří se z hodnot buněk v daném sloupci a umožňují vložit hodnotu výběrem ze seznamu již zadaných hodnot – usnadnění zadávání

Sloupec z něž je seznam vytvořen a pro který platí

Taxon	Abundance	Lokalita	etc.

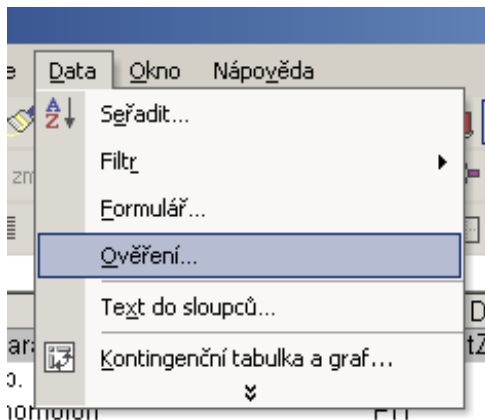
Buňka, do níž se vloží vybraná hodnota

The screenshot shows a spreadsheet with a context menu open over a cell in the 'Taxon' column. The menu includes options like 'Vymout', 'Kopírovat', 'Vložit', and 'Vybrat ze seznamu...'. A dropdown list of taxonomic names is displayed, with 'Argulus foliaceus (Linnaeus, 1758)' selected. The list includes names like 'Piscicola geometra (Linnaeus, 1761)', 'Acanthocephallus lucii (Müller, 1776)', and 'Caryophyllaeides fennica (Schneider, 1902)'. Red arrows point from the text labels to the 'Taxon' column and the selected item in the list.

Automatická kontrola dat



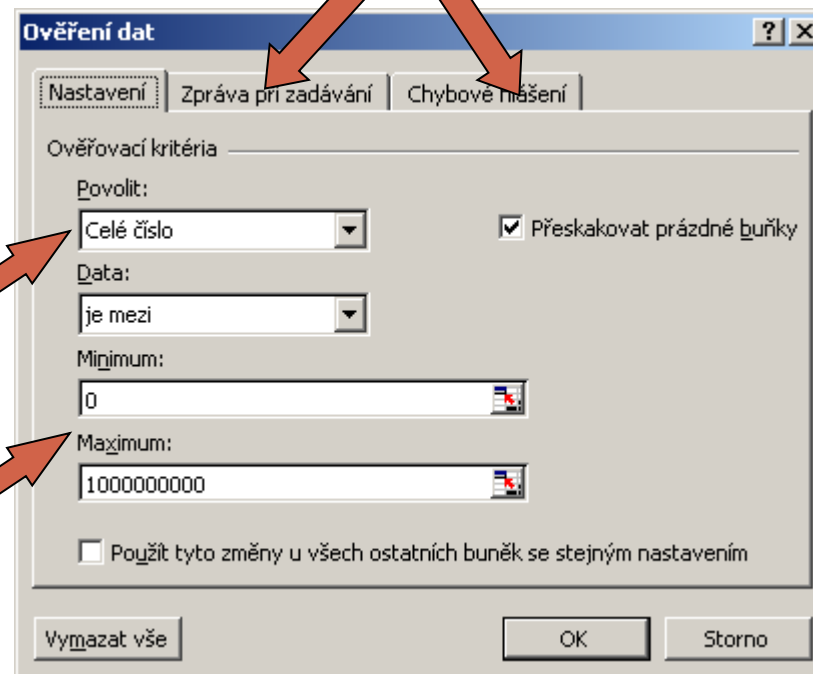
- Umožňuje ověřit typ, rozsah nebo povolit pouze určitý seznam hodnot zadávaných do sloupce databázové tabulky



Co je povoleno – definiční obory čísel, seznamy, vzorce atd.

Rozsahy hodnot, načtení seznamů apod.

komunikace s uživatelem

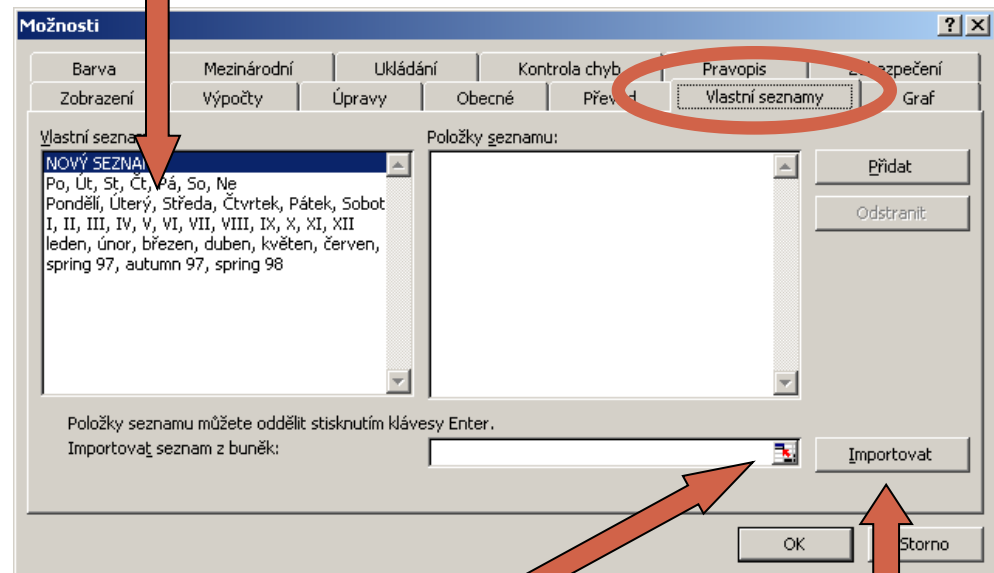
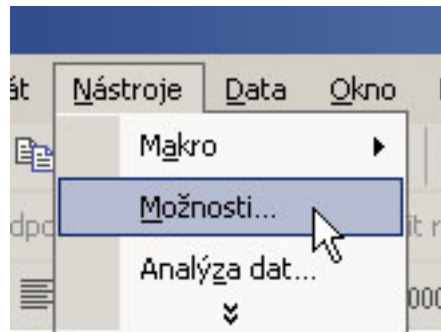


Seznamy

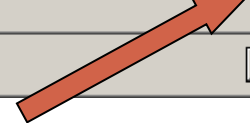


- Skupiny hodnot zachovávající logické pořadí, některé jsou zabudované (např. dny v týdnu, měsíce v roce), další je možné uživatelsky vytvořit, slouží pro účely řazení a automatického vyplňování dat

Existující seznamy



Výběr buněk pro nový seznam



Načtení nového seznamu



Řazení dat

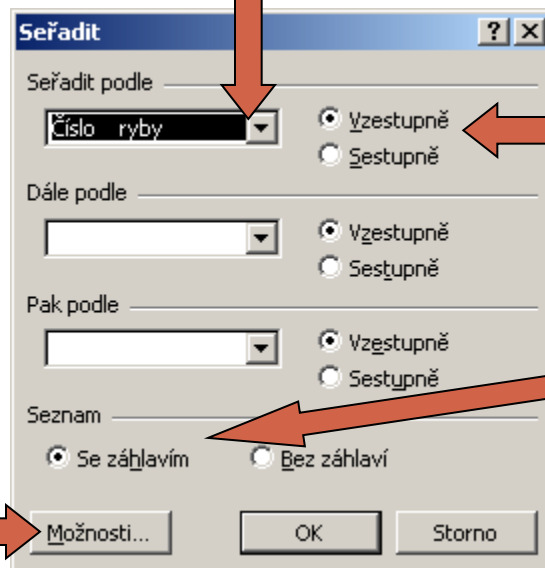
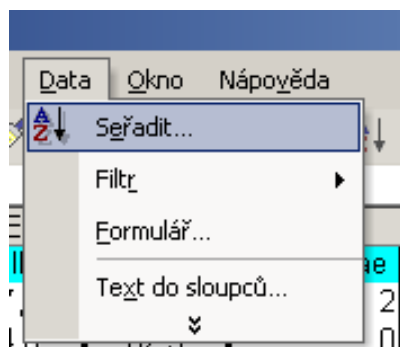


- Řazení dat je nejjednodušším způsobem jejich zpřehlednění, užitečným hlavně u menších/výsledkových tabulek



Zkontrolujte, zda seřazení nezničí vazby mezi buňkami = kontrola oblasti, kterou řadíte.

Podle čeho řadit



Směr řazení – vzestupně, sestupně

Využít první řádek oblasti jako záhlaví

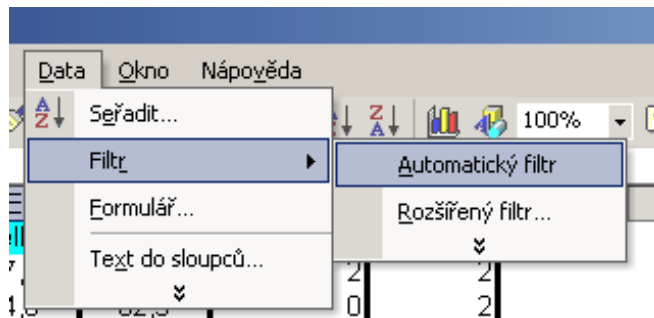
Další možnosti – řazení řádků, řazení podle seznamu

Automatický filtr



- Pomocí automatického filtru je snadné vybírat úseky dat pro další zpracování na základě hodnot ve sloupcích databázové tabulky, výběr je možný i podle více sloupců (např. určitá skupina pacientů)
- Funkce automaticky rozezná hlavičky sloupců v souvislé oblasti buněk
- U sloupců použitých pro filtraci jsou rozbalovací seznamy zbarveny modře
- **Výhodné pro čištění dat (vyhledávání překlepů, kombinace textu a čísel)**

Výběr hodnot pro filtraci



Rozbalení seznamu hodnot nalezených ve sloupci

	A	B	C	D	E
1	Číslo	Značka	Společ	Pohlav	Délka
2	1	1	1		27,5
3	2	2	2		34,0
4	3	5	3		58,0
5	4	6	4		42,0
6	5	7	5		44,0
7	6	8	6	f	56,0
8	7	9	7	m	48,5

III. Vizualizace dat



Typy grafické vizualizace Rizika desinterpretace grafického zobrazení dat

Anotace



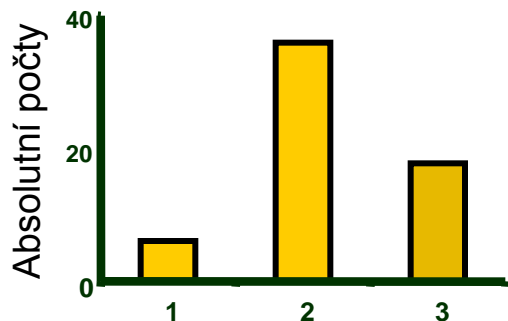
- Prvním krokem v analýze dat je jejich vizualizace. Různé typy dat nám umožňují získání představy o rozložení dat, zastoupení kategorií i vztazích proměnných navzájem. Prostřednictvím vizualizace získáváme vhled do dat a začínáme vytvářet hypotézy o zákonitostech panujících mezi proměnnými v hodnoceném souboru dat.

Grafická prezentace dat - umění komunikace

1. Výskyt kategorií (1, 2, 3,)

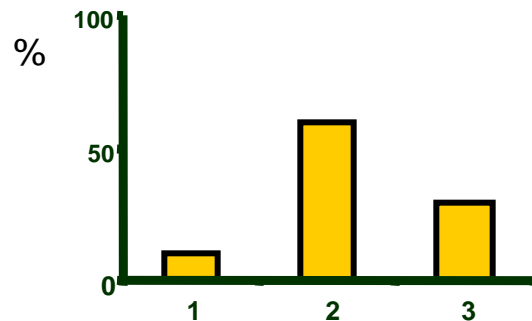
Sloupcový graf

■ Řada2

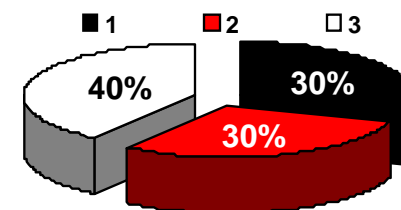
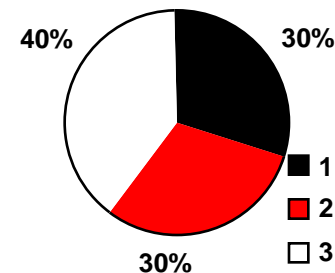


Sloupcový graf

■ Řada2



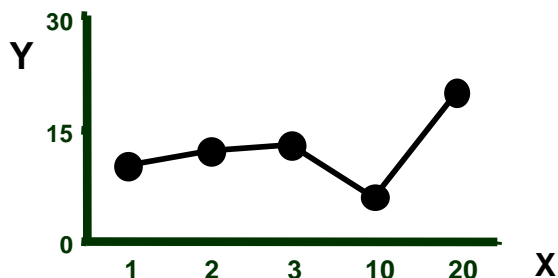
Koláčový (výsečový) graf



2. Vývoj hodnot (v čase) Y vs. X (t)

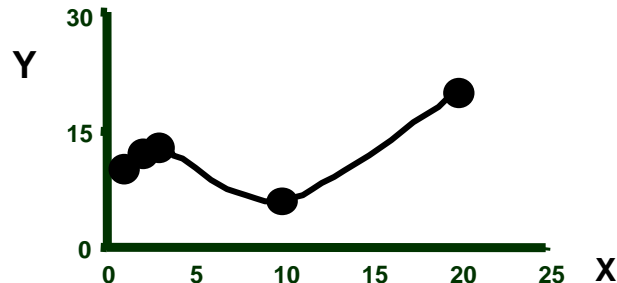
Spojnicový graf

● Řada



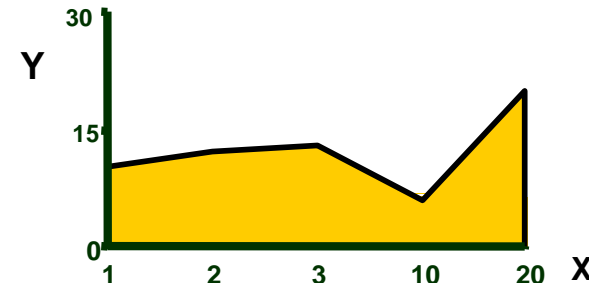
Bodový graf

● Řada



Plošný graf

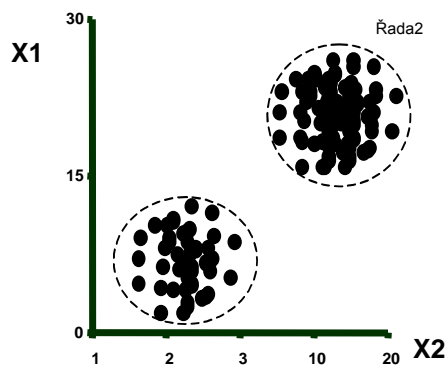
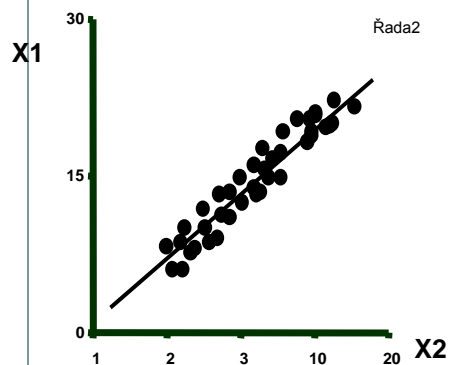
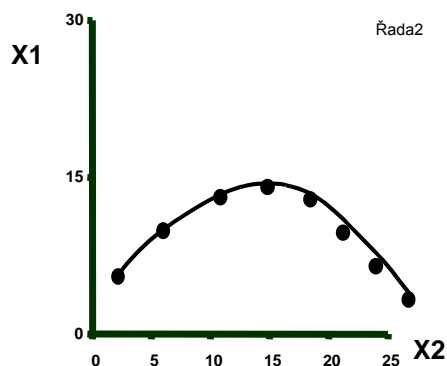
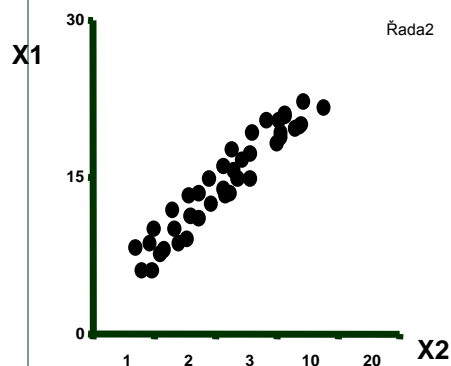
■ Řada2



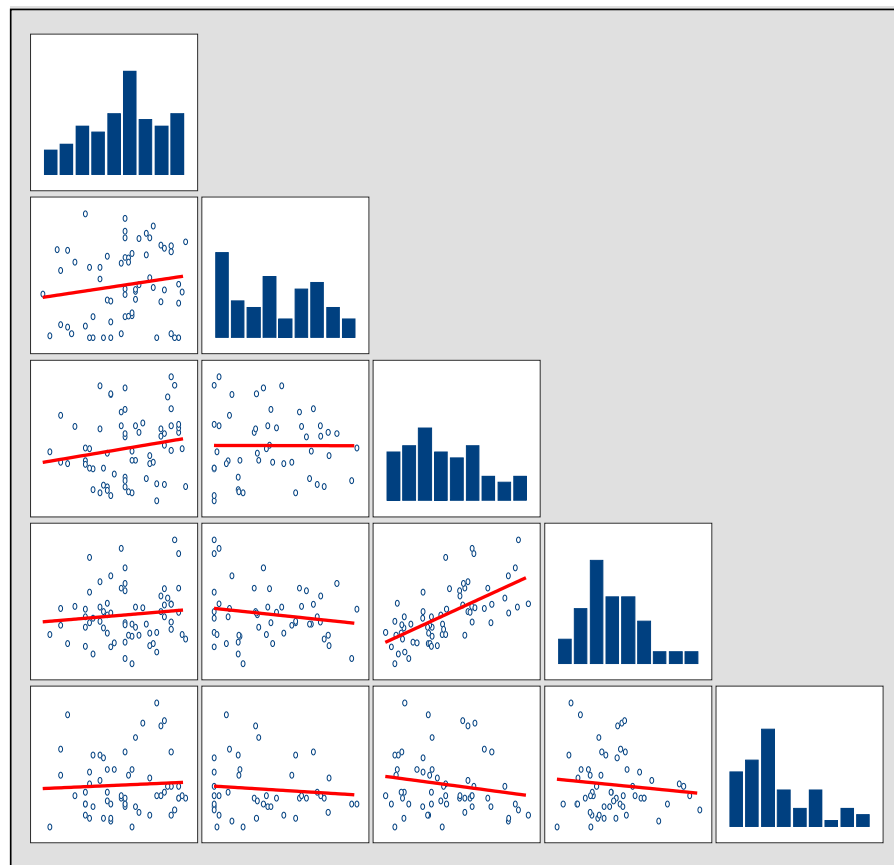
Grafická prezentace dat - umění komunikace

3. Vztahy mezi proměnnými - korelace

Bodový - korelační diagram



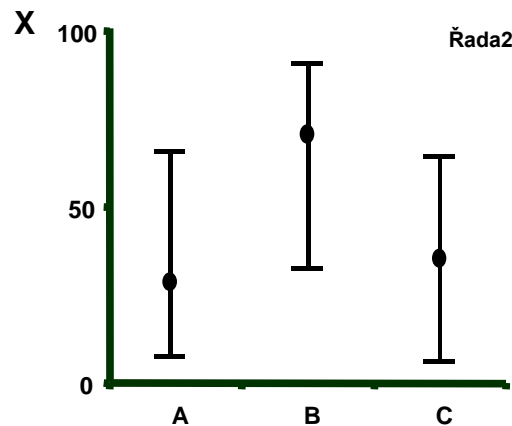
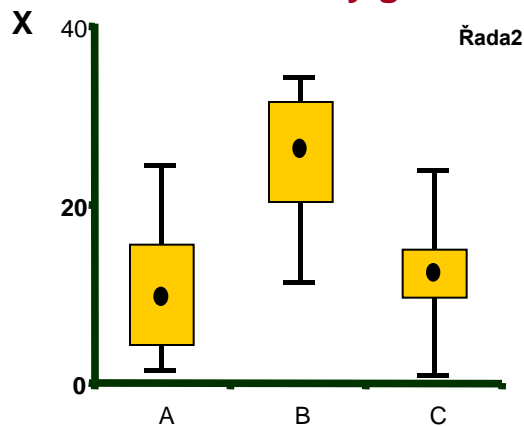
Bodový - korelační diagram



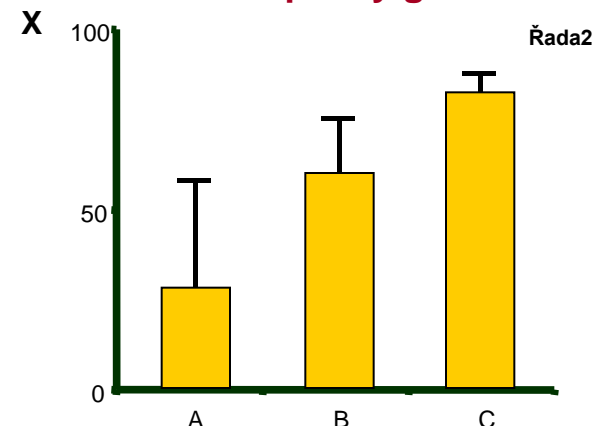
Grafická prezentace dat - umění komunikace

4. Kvantitativní hodnoty parametru(ů) - X - v rámci kategorií A, B, C

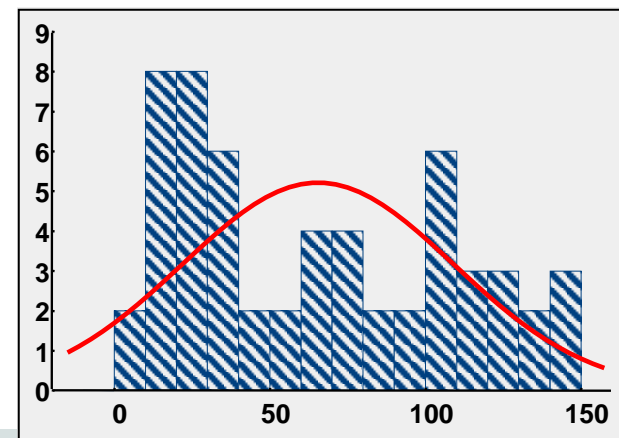
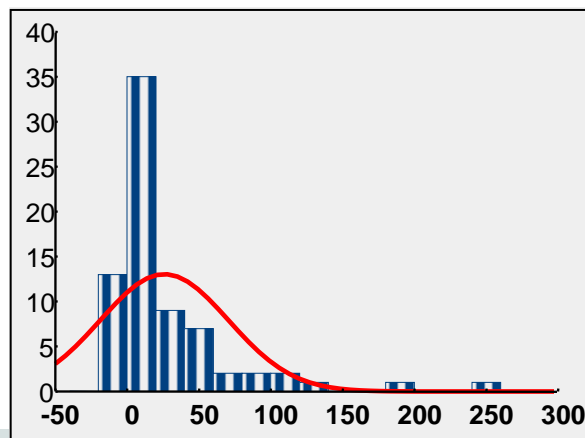
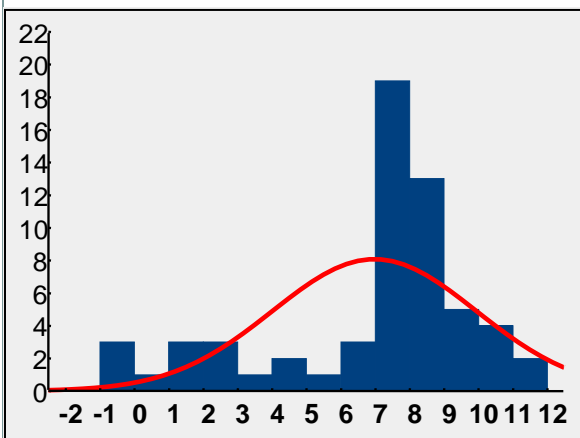
Krabicový graf



Sloupcový graf

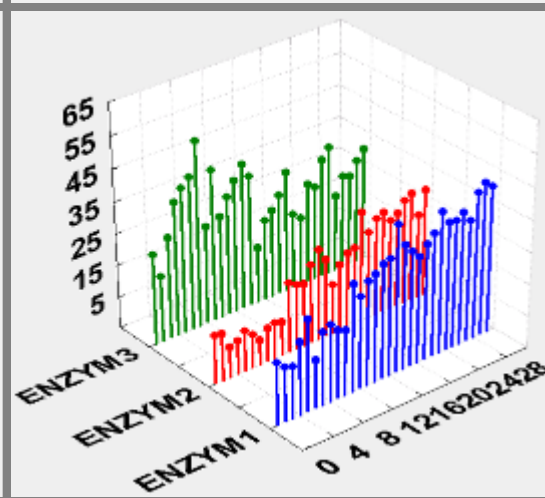
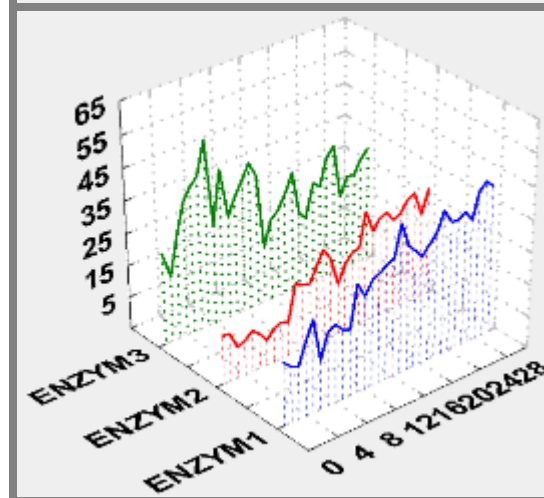
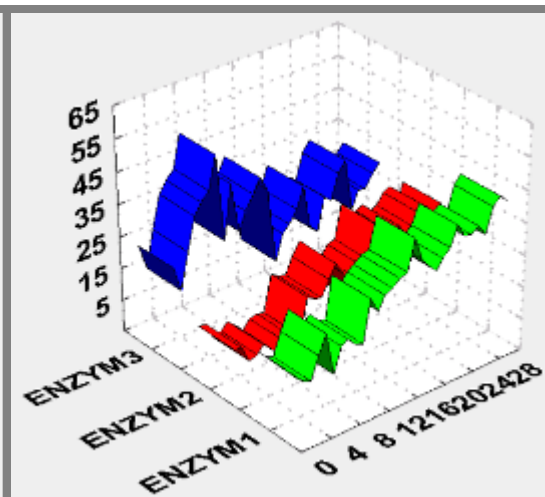
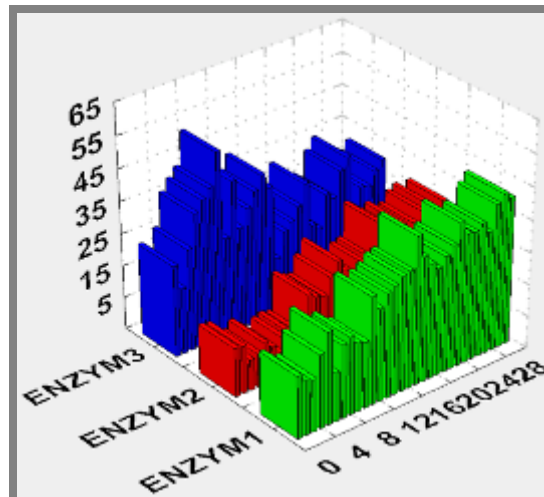
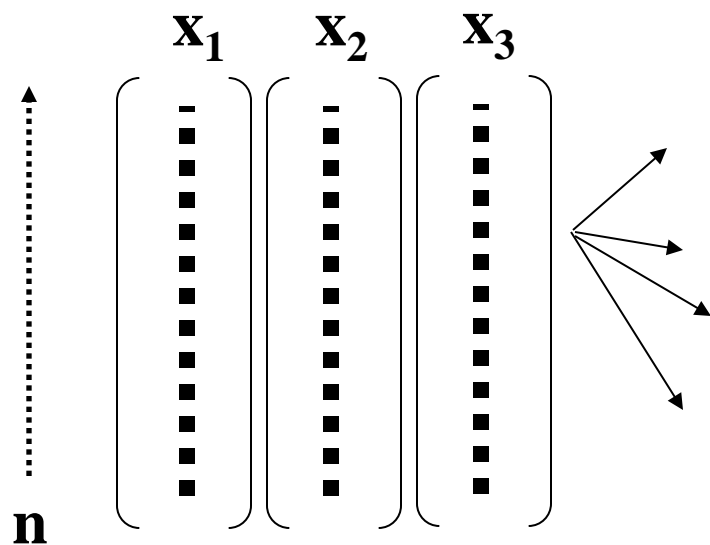


5. Histogram



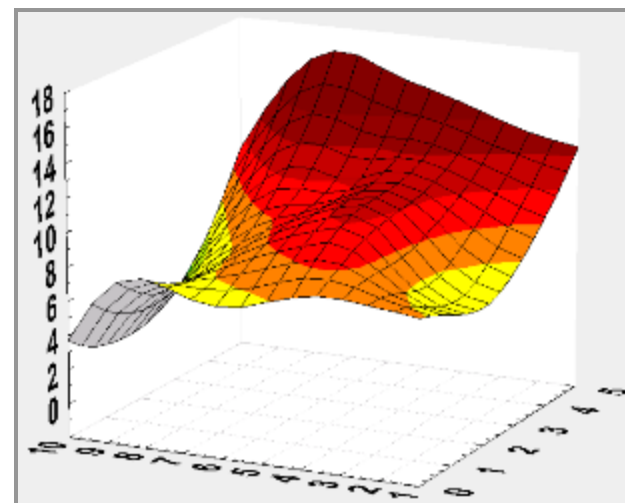
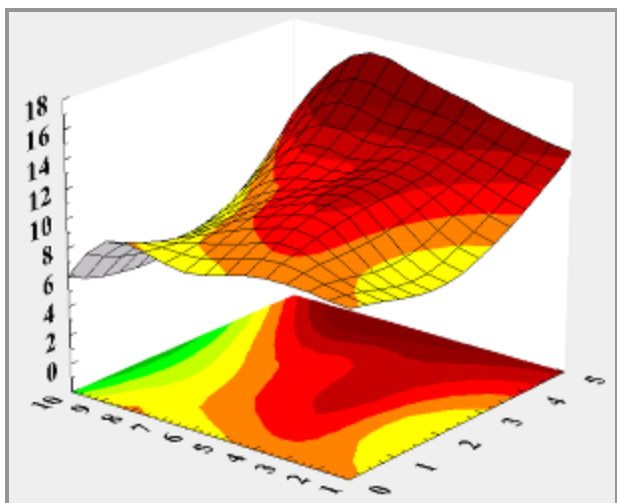
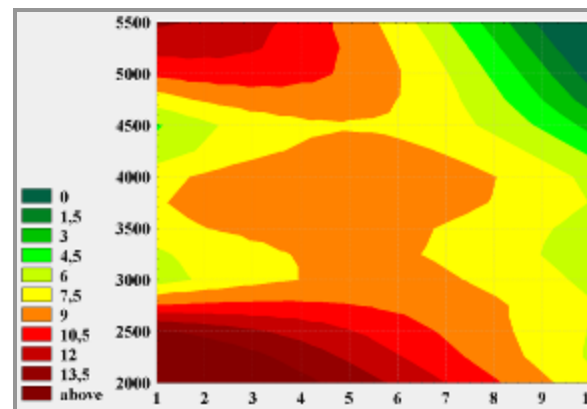
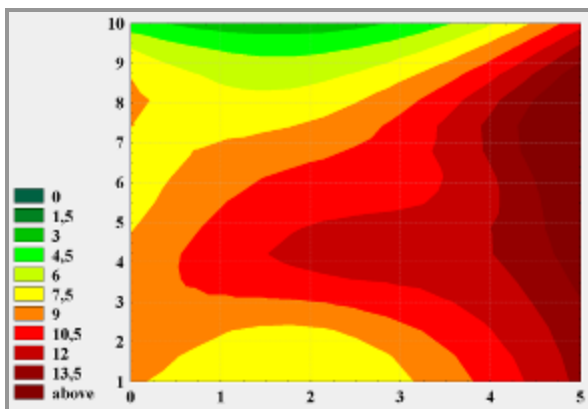
Grafická prezentace dat - umění komunikace

6. Zviditelnění primárních dat



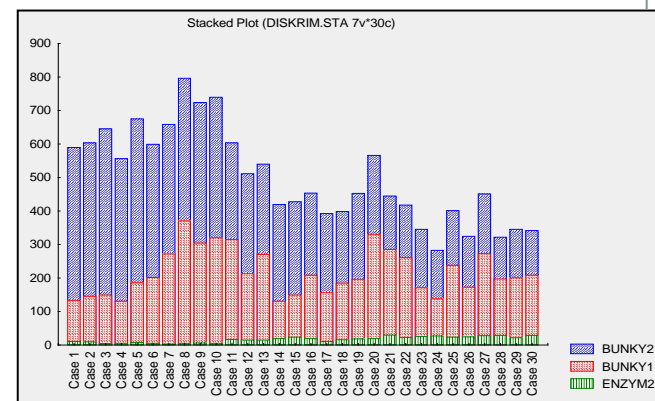
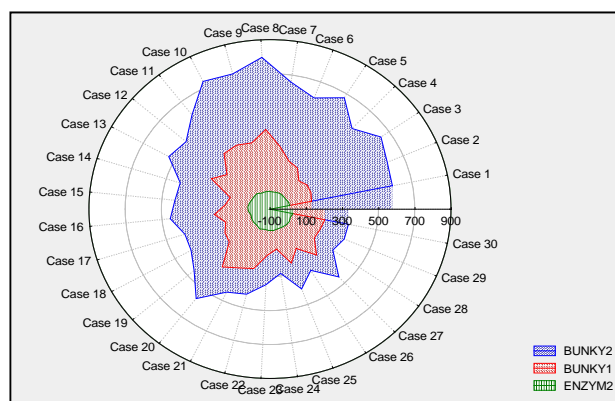
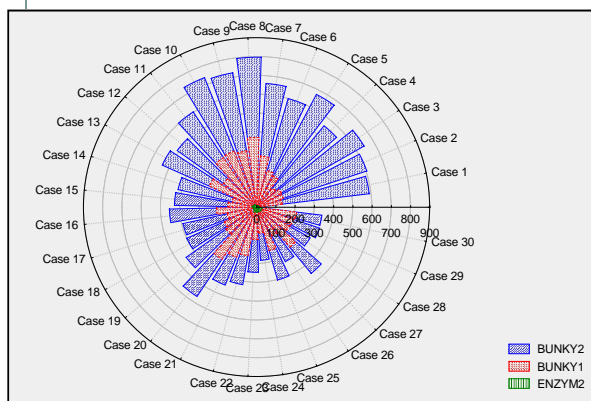
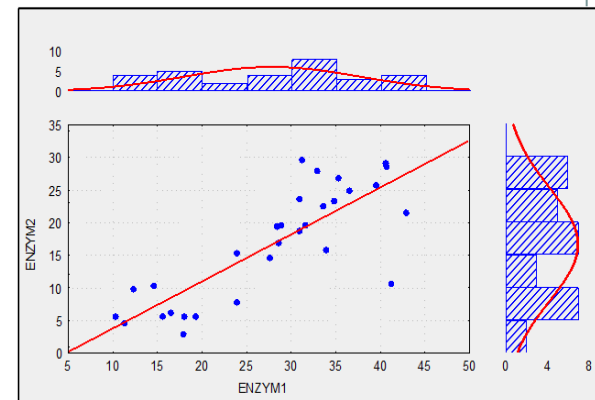
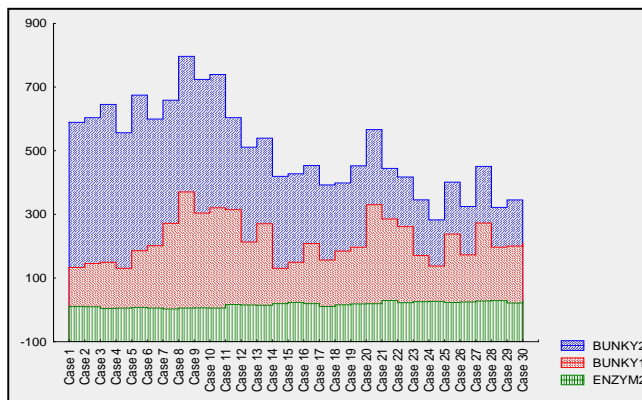
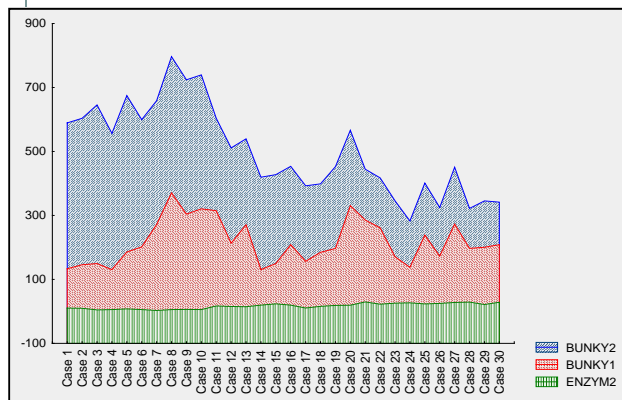
Grafická prezentace dat - umění komunikace

7. Vztahy mezi proměnnými - interakce dvou parametrů, reakční plochy



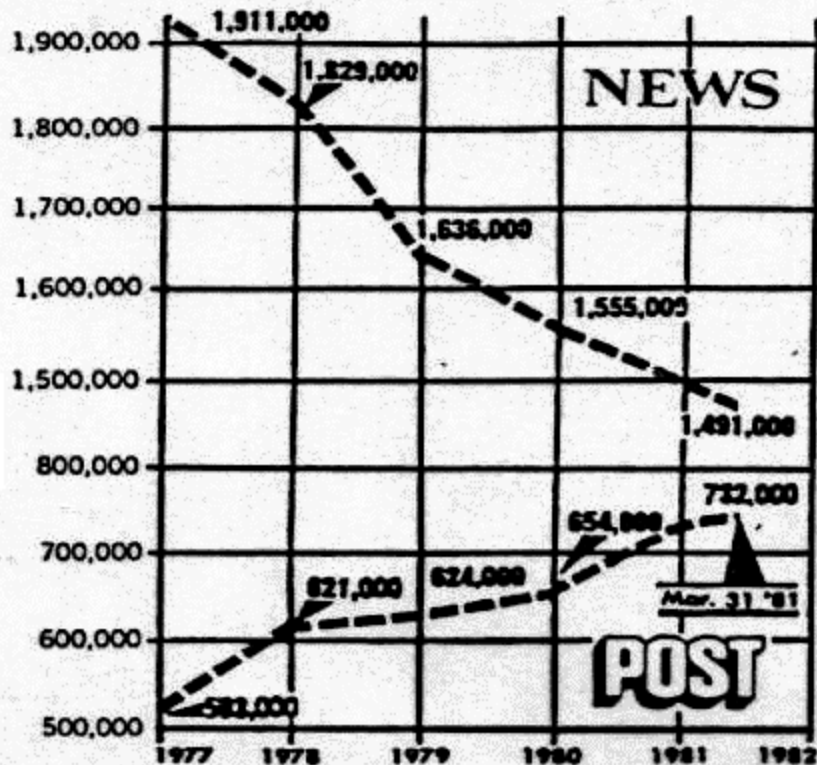
Grafická prezentace dat - umění komunikace

8. Grafické zviditelnění má nekonečně mnoho možností

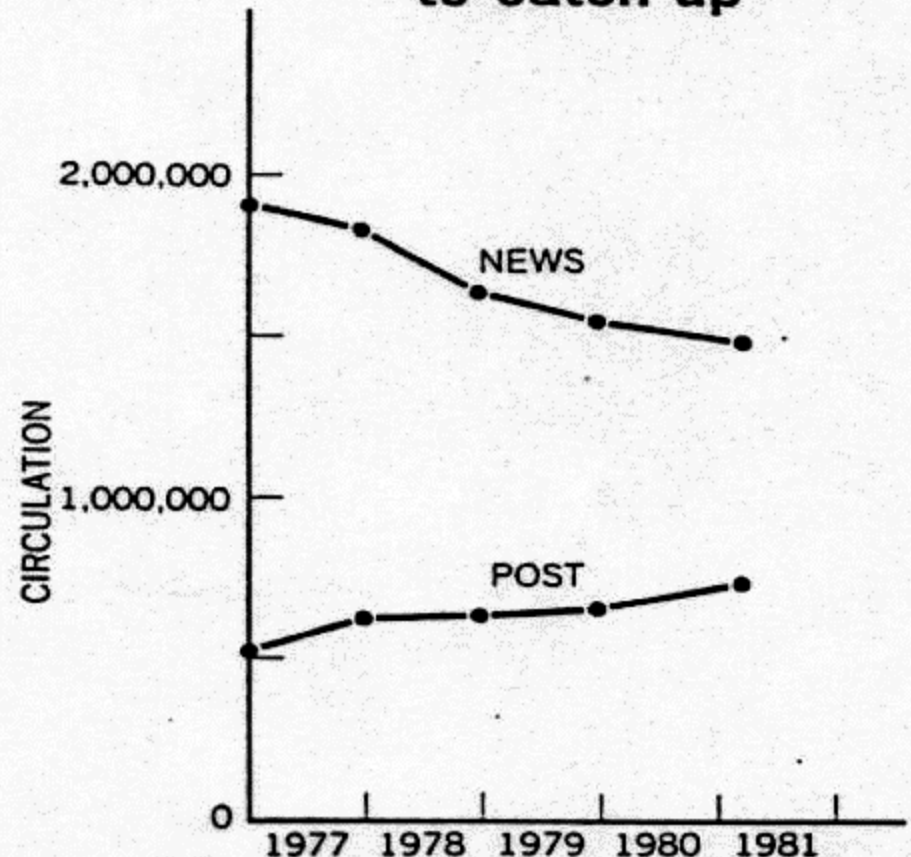


Nesprávné užití grafů: problém rozsahu číselné osy

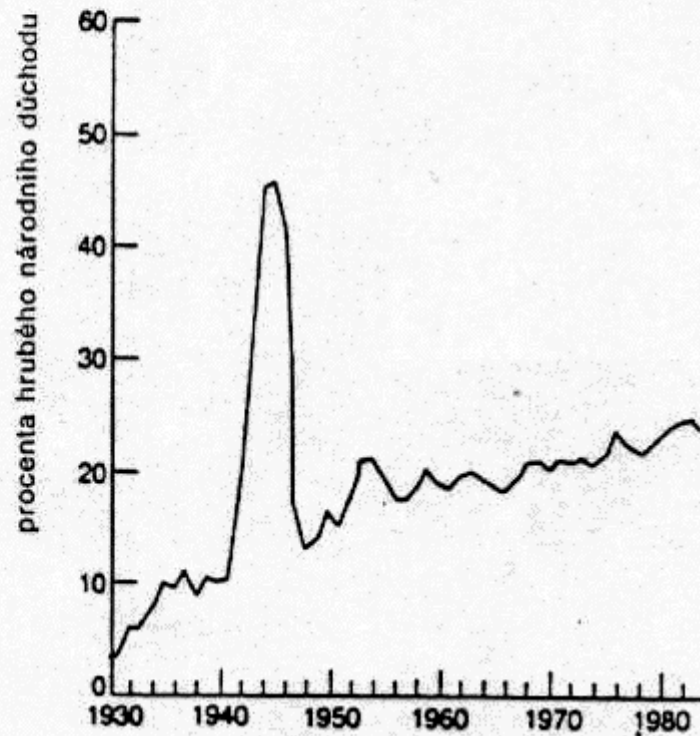
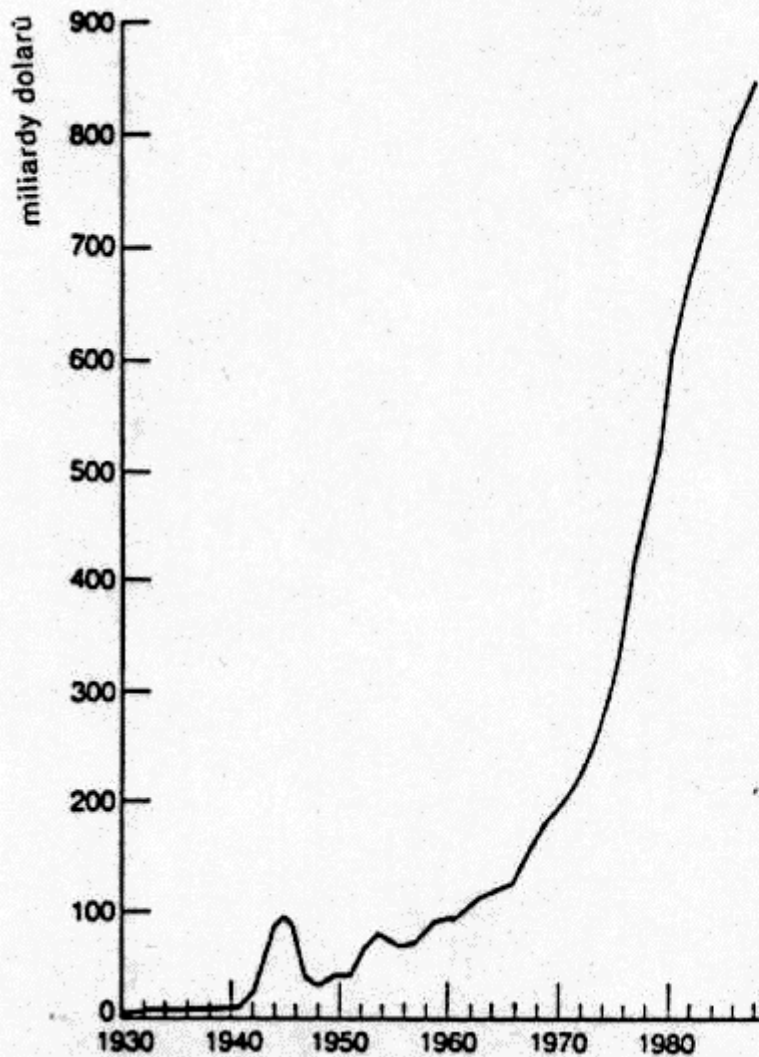
The soaraway Post — the daily paper New Yorkers trust



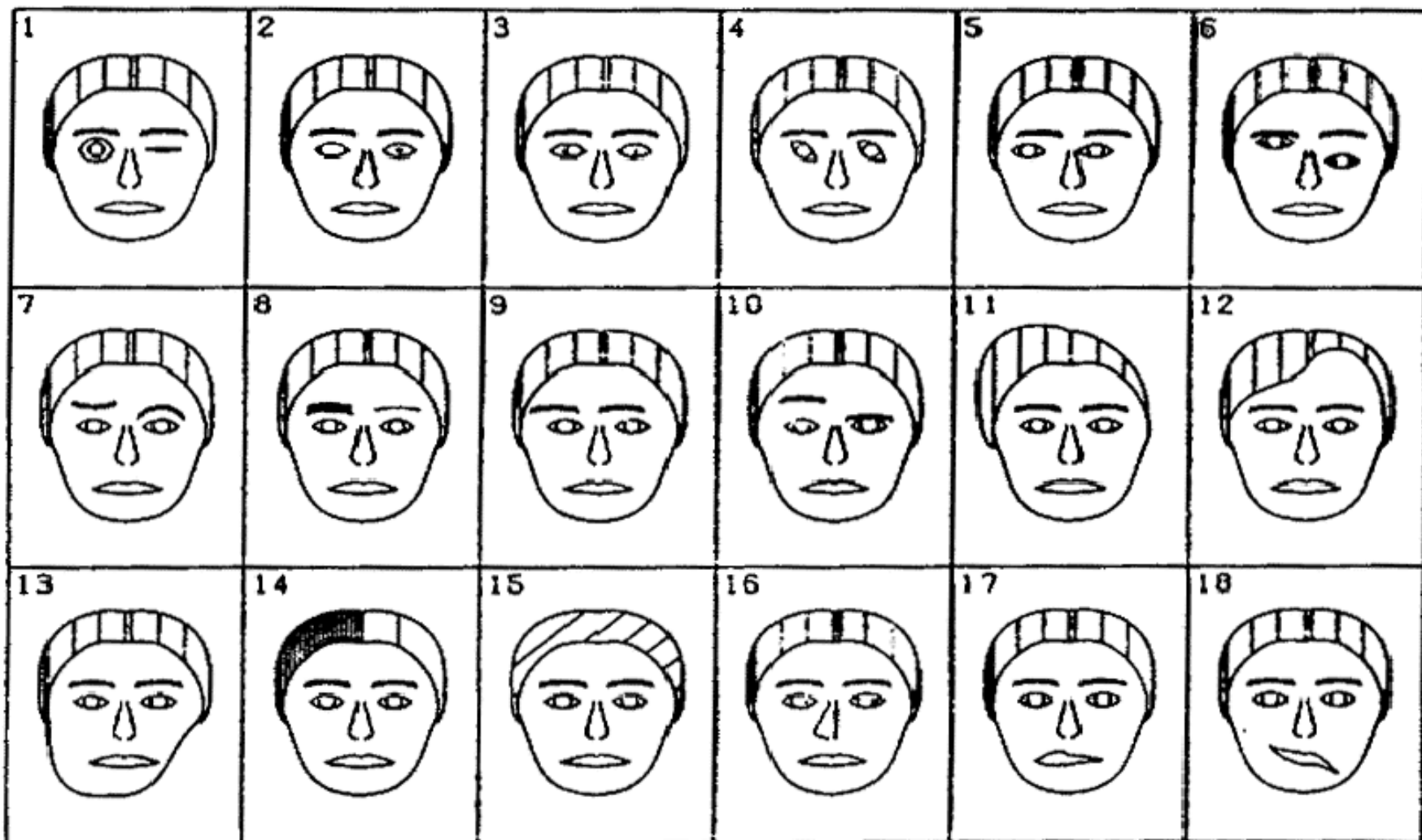
The Post struggles to catch up



Nesprávné užití grafů: problém standardizace hodnot



Grafy zaměřené na vícerozměrné soubory dokáží zviditelnit i veliké soubory dat



IV. Teoretické pozadí statistické analýzy



Jak vznikají informace
Rozložení dat

Anotace



- Základním principem statistiky je pravděpodobnost výskytu nějaké události. Prostřednictvím vzorkování se snažíme odhadnout skutečnou pravděpodobnost událostí. Klíčovou otázkou je velikost vzorku, čím větší vzorek, tím větší šance na projevení se skutečné pravděpodobnosti výskytu jevu.

JAK vznikají informace ? základní pojmy

Skutečnost

Náhoda

(vybere jednu z možností pokusu)

Jev

podmnožina všech možných výsledků pokusu/děje, o které lze říct, zda nastala nebo ne

Pozorovatel

Rozliší, co nastalo

a) **podle možností**

b) **podle toho, jak potřebuje**

Jevové pole

třída všech jevů, které jsme se rozhodli nebo jsme schopni sledovat

Skutečnost + Jevové pole = Měřitelný prostor

Experimentální jednotka - *objekt, na kterém se provádí šetření*

Populace - *soubor experimentálních jednotek* **Znak** - *vlastnost sledovaná na objektu*

Sledovaná veličina - *číselná hodnota vyjadřující výsledek náhodného experimentu*

Znak se stává náhodnou veličinou, pokud se jeho hodnota zjišťuje vylosováním objektu ze základního souboru

Výběr - výběrová populace - cílová populace

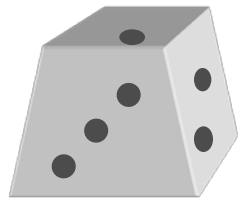
Náhodný výběr

Reprezentativnost

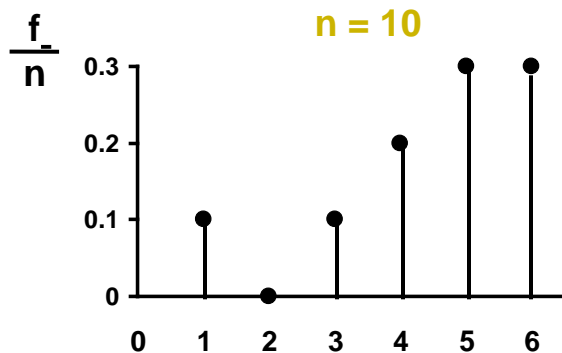
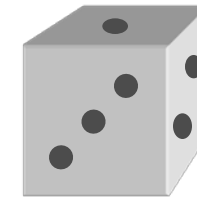
JAK vznikají informace ?

„Empirical approach“

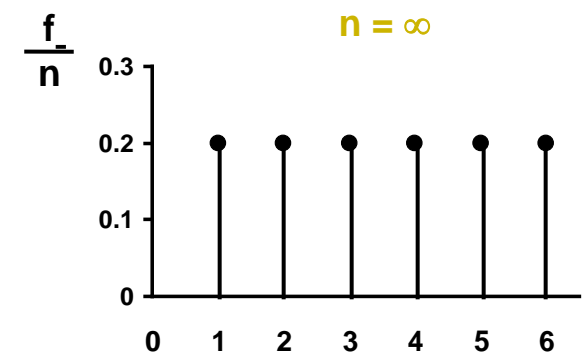
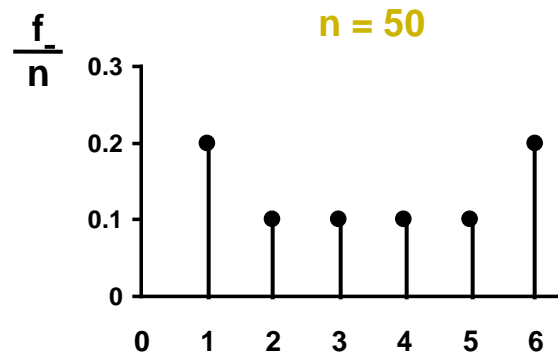
„Classical approach“



Empirický postup



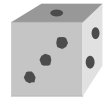
možné jevy: čísla 1 – 6



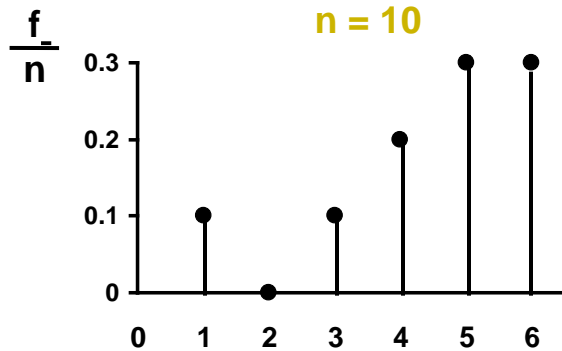
n – počet hodů (opakování)

U složitých stochastických systémů se pravda získá až po odvedení značného množství experimentální práce: musíme dát systému šanci se projevit

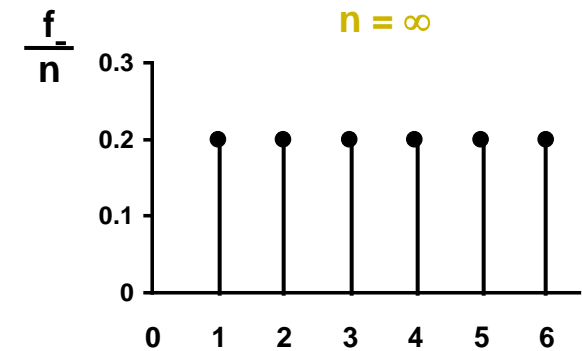
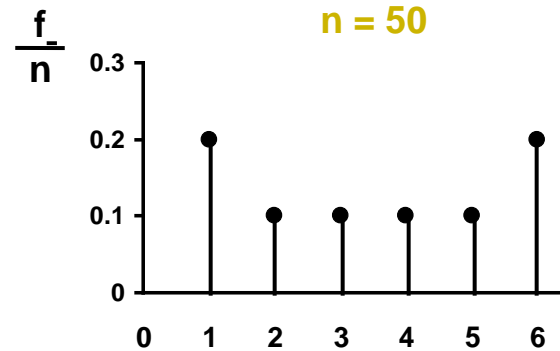
JAK vznikají informace ?



Empirický postup



možné jevy: čísla 1 – 6



n – počet hodů (opakování)



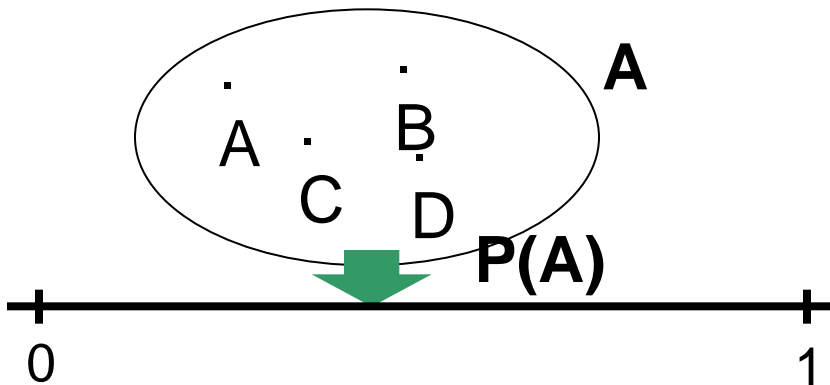
Při realizaci náhodného experimentu roste se zvyšujícím se počtem opakování pravdivá znalost systému (výsledky se stávají stabilnější) diskutabilní je ale ovšem míra zobecnění konkrétního experimentu

Empirický zákon velkých čísel



Při opětovné nezávislé realizaci téhož náhodného experimentu se podíl výskytů sledovaného jevu mezi všemi dosud provedenými realizacemi zpravidla ustaluje kolem konstanty.

Pravděpodobnost je libovolná reálná funkce definovaná na jevovém poli A , která každému jevu A přiřadí nezáporné reálné číslo $P(A)$ z intervalu $0 - 1$.



Z praktického hlediska je
pravděpodobnost
idealizovaná relativní četnost

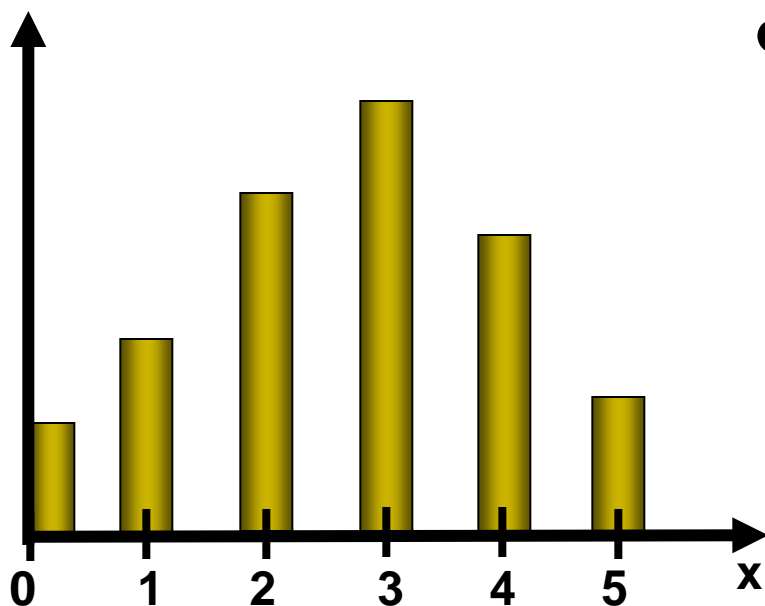
- $P(A) = 1$ jev jistý
- $P(A) = 0$ jev nemožný
- $P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$ nezávislé jevy
- $P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B/A)$ závislé jevy
- $P(A/B) = P(A \cap B) / P(B)$ podmíněná pravděpodobnost

Pravděpodobnost výskytu jevu – rozložení dat



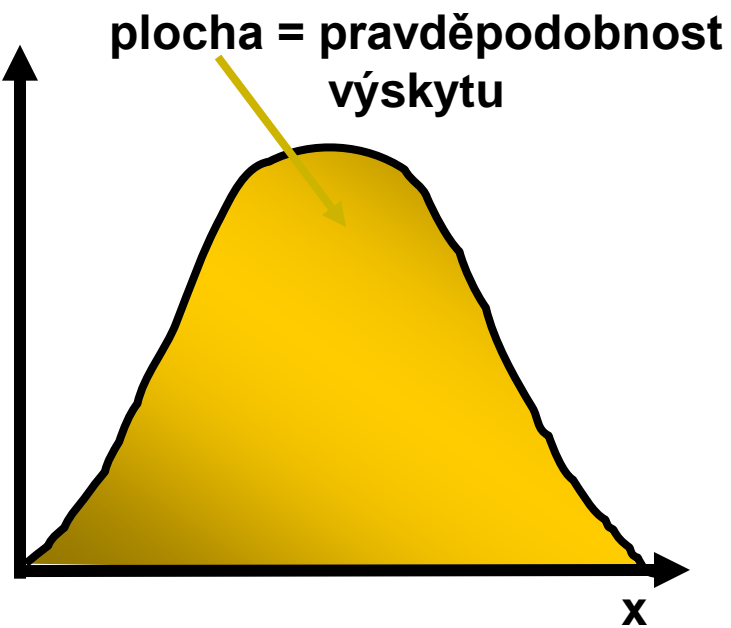
- ✦ existuje pravděpodobnost výskytu jevů (nedeterministické závěry)
- ✦ „vše je možné“: pouze jev s pravděpodobností 0 nikdy nenastane
- ✦ pravděpodobnost lze zkoumat retrospektivně i prospektivně

pravděpodobnost
výskytu



počet chlapců v rodině s X dětmi

$\varphi(x)$



výška postavy

V. Základní typy dat



Spojitá a kategoriální data
Základní popisné statistiky
Grafický popis dat

Anotace



- Realitu můžeme popisovat různými typy dat, každý z nich se specifickými vlastnostmi, výhodami, nevýhodami a vlastní sadou využitelných statistických metod - od binárních přes kategoriální, ordinální až po spojitá data roste míra informace v nich obsažené.
- Základním přístupem k popisné analýze dat je tvorba frekvenčních tabulek a jejich grafických reprezentací – histogramů.

Jak vznikají informace ?

– různé typy dat znamenají různou informaci

Data poměrová



Kolikrát ?

Data intervalová



O kolik ?

Data ordinální



Větší, menší ?

Data nominální

Rovná se ?

Spojité data

Diskrétní data

Kategoriální otázky

Otázky „Ano/Ne“

Podíl hodnot větší/menší než specifikovaná hodnota ?

Procenta odvozené hodnoty

Samotná znalost typu dat ale na dosažení informace nestačí

Jak vznikají informace ?

– různé typy dat znamenají různou informaci

Statistika středu



Data poměrová



PRŮMĚR

Spojité data

Data intervalová



MEDIÁN

Data ordinální

Diskrétní data

$Y = f$

Data nominální



MODUS

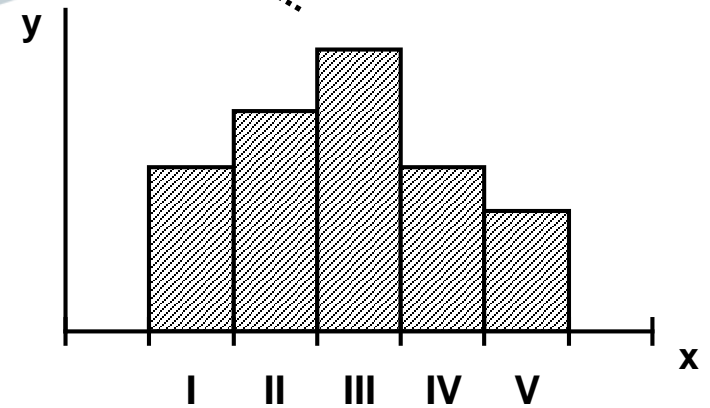
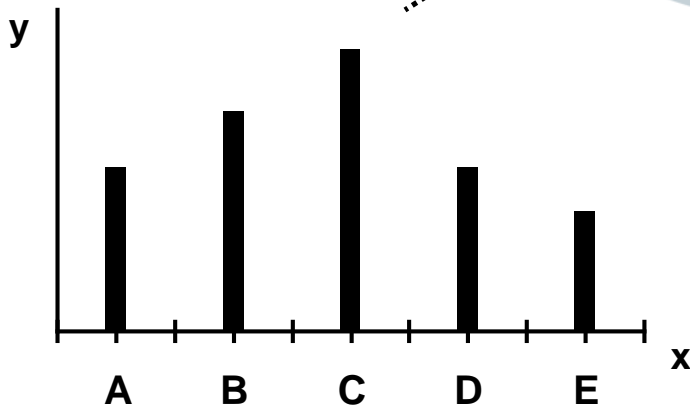
X

JAK vznikají informace ?

- opakovaná měření informují rozložením hodnot

Y: frekvence
- absolutní / relativní

KOLIK se
naměřilo



CO se
naměřilo

X: měřený znak

Diskrétní data

Spojité data

Odvozená data: Pozor na odvozené indexy



Příklad I: Znak X: Hmotnost
Znak Y: Plocha

Příklad II: X: Průměrný počet výrobků v prodejně
Y: Odhad prostoru průměrně nabízeného k vystavení výrobku

průměr : (min - max)

X: 1,2 : (1,15 - 1,24)



+ / - 3,8 %

Y: 1,8 : (1,75 - 1,84)



+ / - 2,5 %

$X/Y = 0,667 : \left(\frac{1,15}{1,84} - \frac{1,24}{1,75} \right)$



+ / - 6,2 %

Nová veličina má jinou šířku rozpětí než ty, ze kterých je odvozená

Jak vznikají informace ?

- frekvenční tabulka jako základní nástroj popisu

DISKRÉTNÍ DATA

Primární data

Počty epizod pro $n = 100$ hemofiliků

0
0
1
2
1
1
3
1
1
2
.
.
.
.
.
.
.
.
n = 100



Frekvenční sumarizace

N: 100 dětí (hemofiliků)

x: znak: počet krvácivých epizod za měsíc

x	n(x)	p(x)	N(x)	F(x)
0	20	0,2	20	0,2
1	10	0,1	30	0,3
2	30	0,3	60	0,6
3	40	0,4	100	1,0

n(x) – absolutní četnost x

p(x) – relativní četnost; $p(x) = n(x) / n$

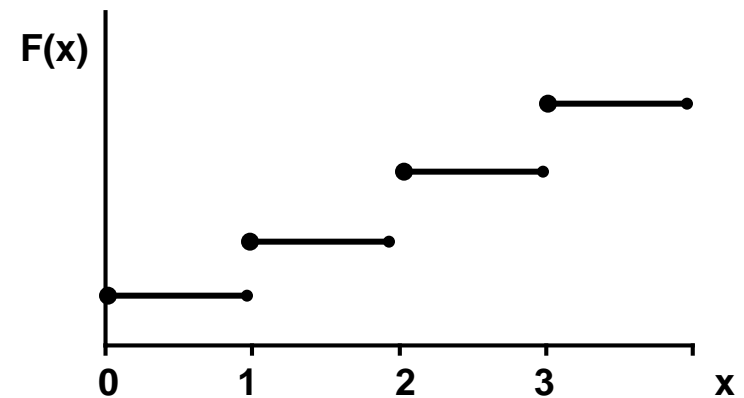
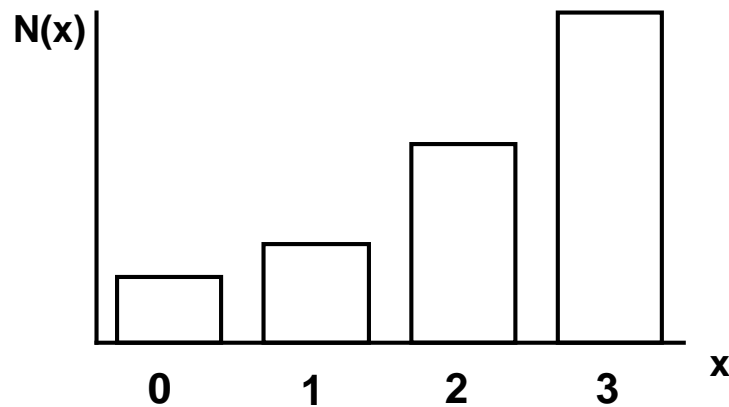
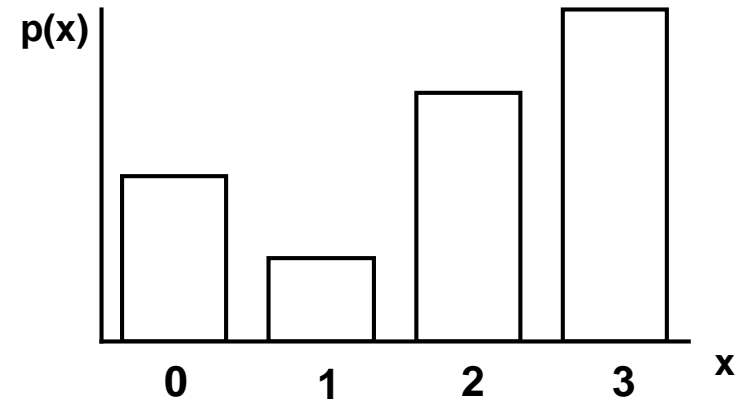
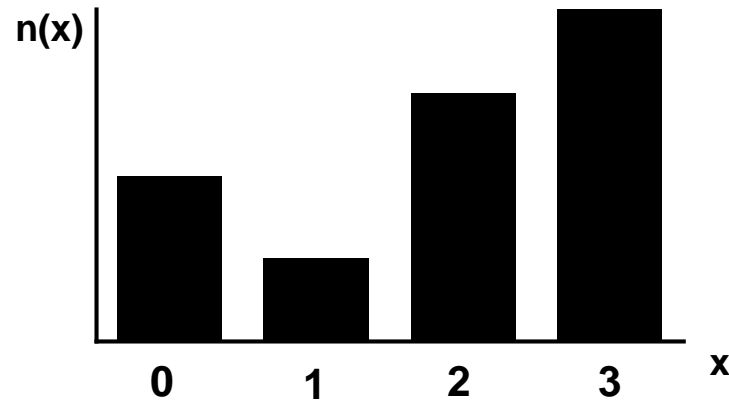
N(x) – kumulativní četnost hodnot nepřevyšujících x;

$$N(x) = \sum_{t \leq x} n(t)$$

F(x) – kumulativní relativní četnost hodnot nepřevyšujících x; $F(x) = N(x) / n$

Jak vznikají informace ?

Grafické výstupy z frekvenční tabulky



Jak vznikají informace ?

- frekvenční tabulka jako základní nástroj popisu

SPOJITÁ DATA

Příklad: **x: koncentrace látky v krvi n = 100 pacientů**

Primární data

Hodnoty pro $n = 100$ osob

1,21
1,48
1,56
0,31
1,21
1,33
0,33
.
.
.
n = 100



Frekvenční sumarizace

n = 100 opakovaných měření (100 pacientů)
x: koncentrace sledované látky v krvi (20 – 100 jednotek)

interv	d(l)	n(l)	n(l)/n	N(x'')	F(x'')
<20, 40)	20	20	0,2	20	0,2
<40, 60)	20	10	0,1	30	0,3
<60, 80)	20	40	0,4	70	0,7
<80, 100)	20	30	0,3	100	1,0

d(l) – šířka intervalu

n(l) – absolutní četnost

n(l) / n – intervalová relativní četnost

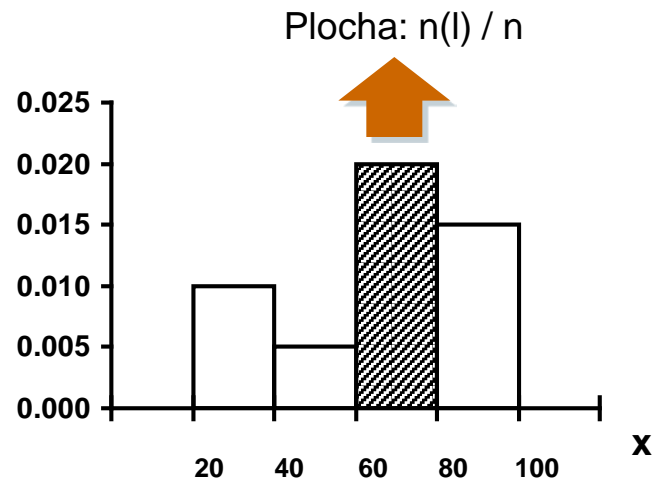
N(x'') – intervalová kumulativní četnost do horní hranice X''

F(x'') – intervalová relativní kumulativní četnost do horní hranice X''

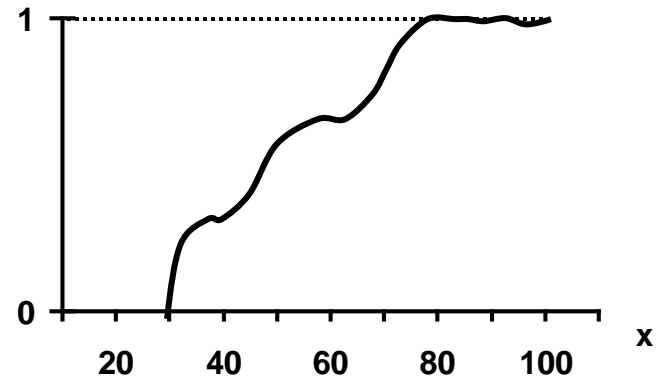
Jak vznikají informace ?

- frekvenční sumarizace spojitých dat

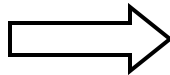
Histogram



Výběrová distribuční funkce

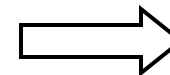


$$f(x) = \frac{n(l) / n}{d(l)}$$



Intervalová
hustota
četnosti

$F(x)$

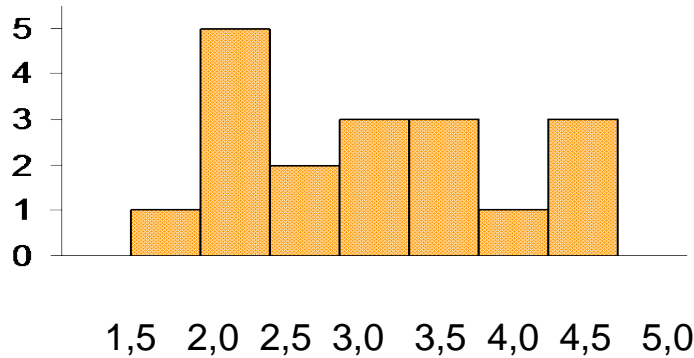


Intervalová
relativní
kumulativní
četnost

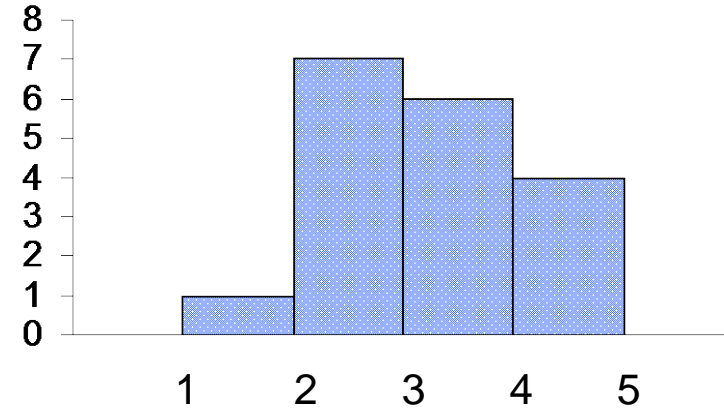
Počet zvolených tříd a velikost souboru určují kvalitu výstupu



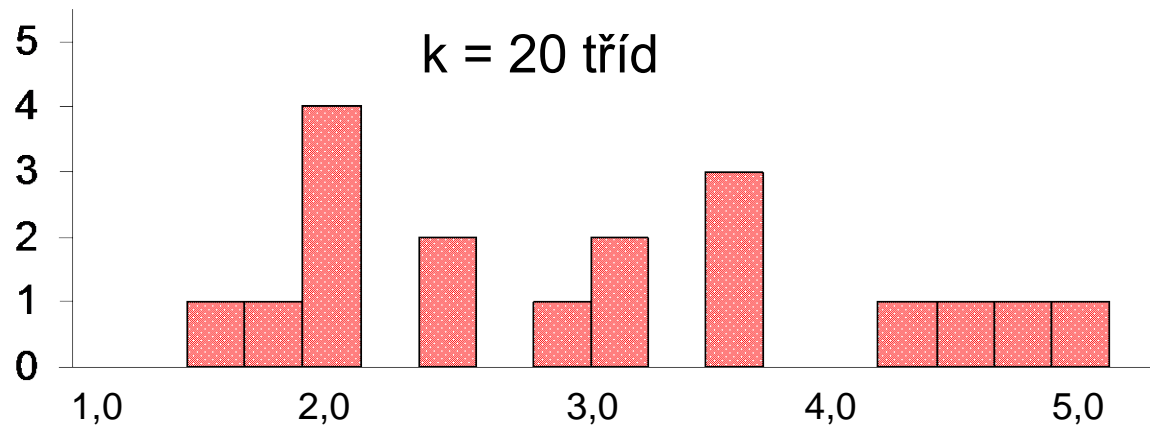
k = 10 tříd



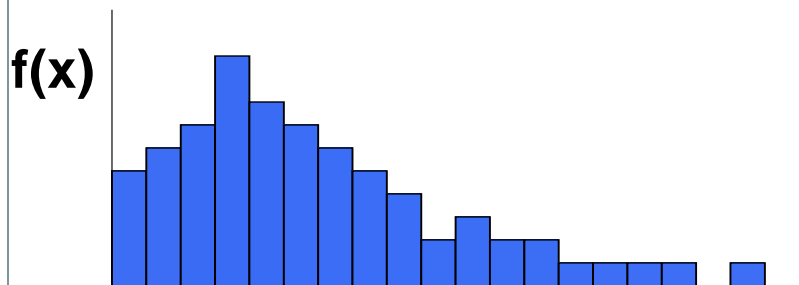
k = 5 tříd



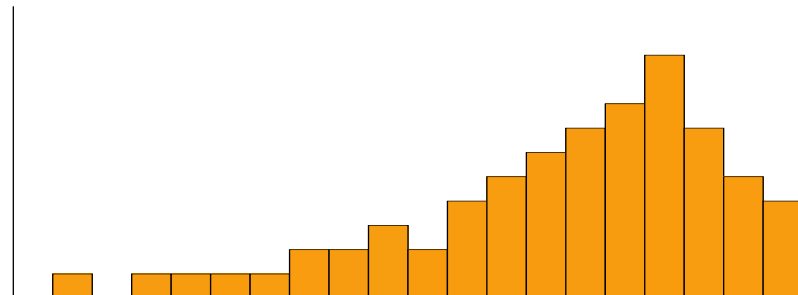
k = 20 tříd



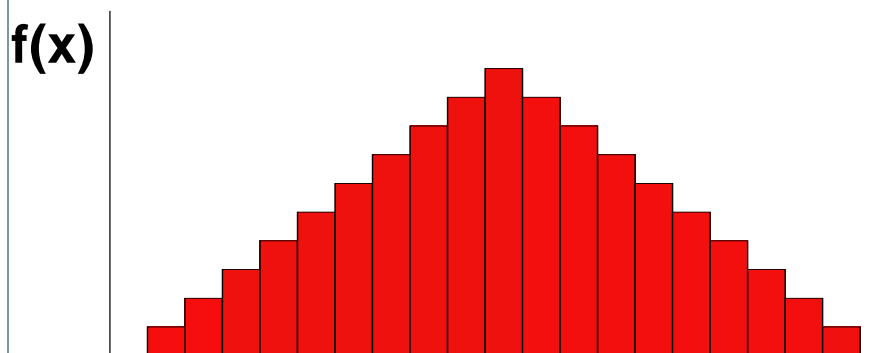
Histogram vyjadřuje tvar výběrového rozložení



X

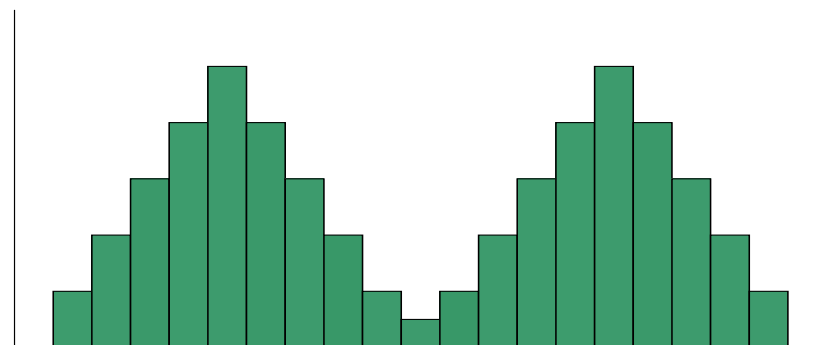


X



X

$f(x)$



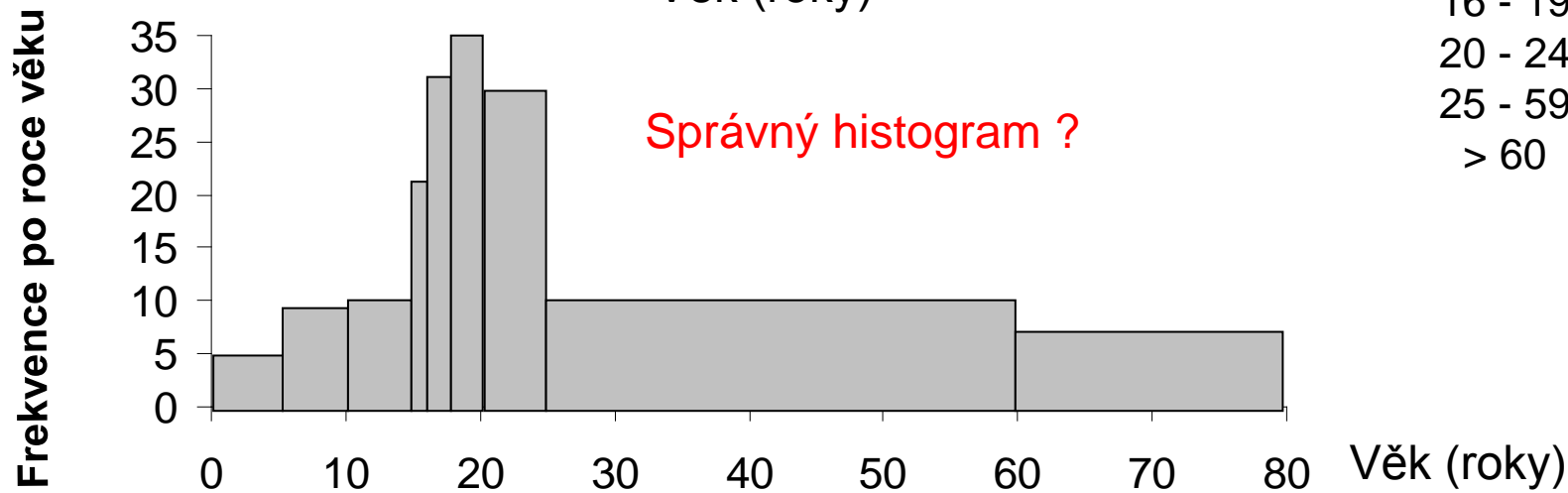
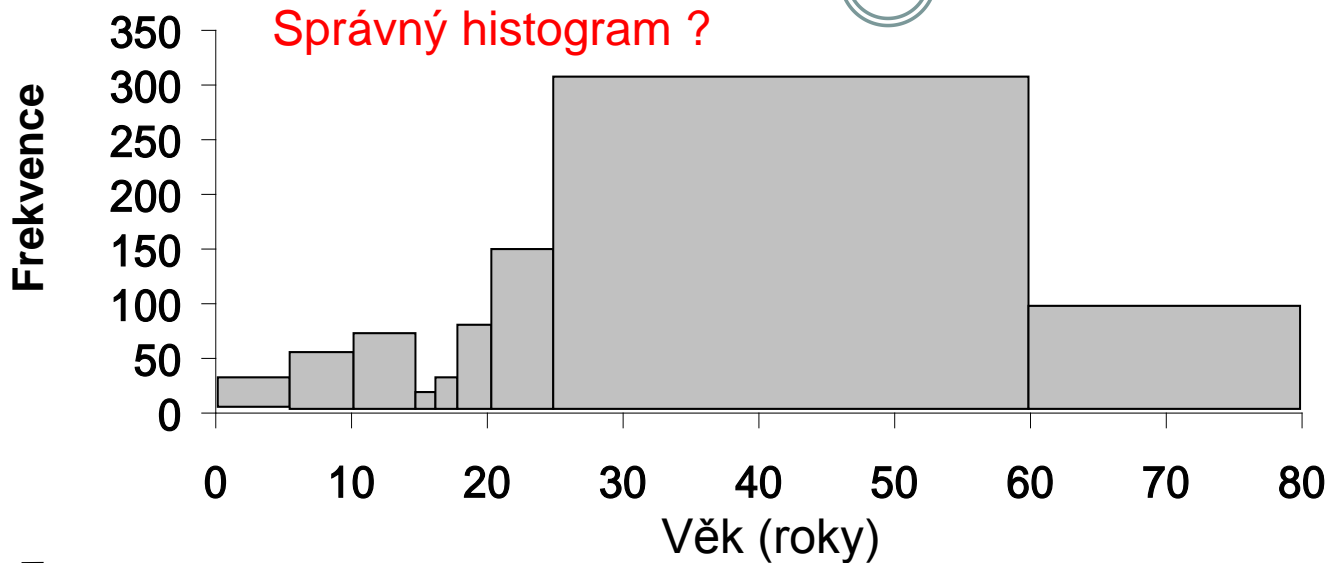
X

$f(x)$



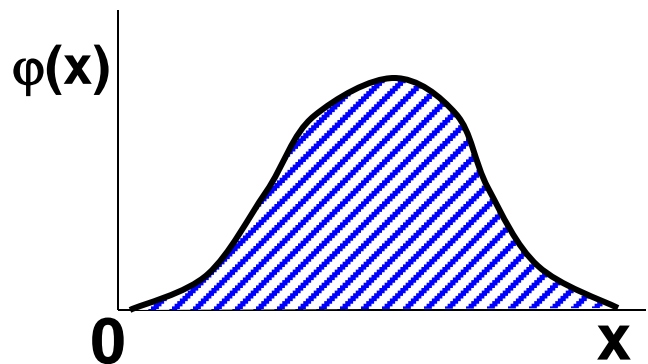
X

Příklad: věk účastníků vážných dopravních nehod

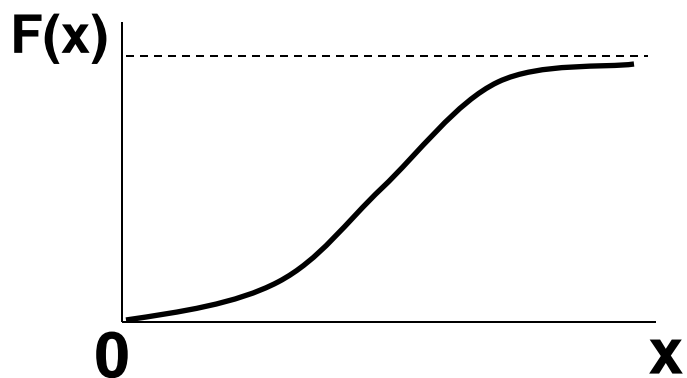


<u>Věk</u>	<u>f</u>
0 - 4	28
5 - 9	46
10 - 15	58
16 - 19	20
20 - 24	114
25 - 59	316
> 60	103

Pojem ROZLOŽENÍ - příklad spojitých dat



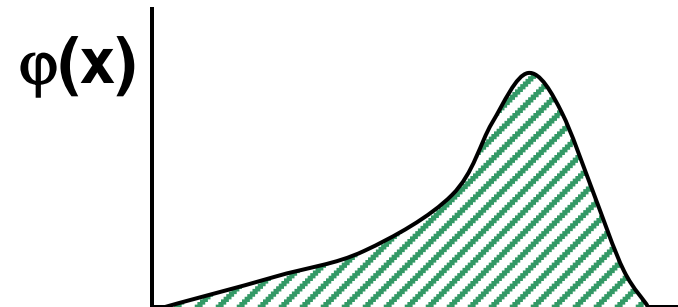
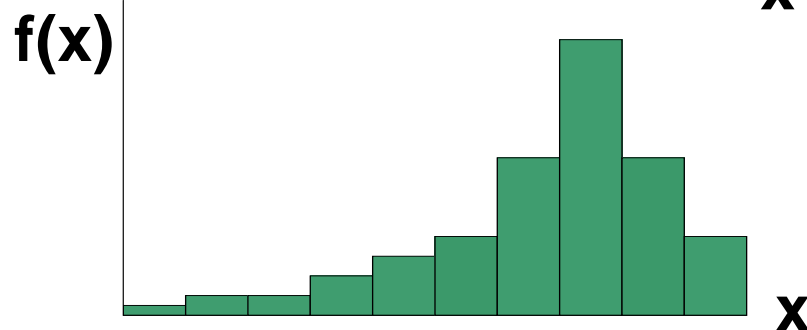
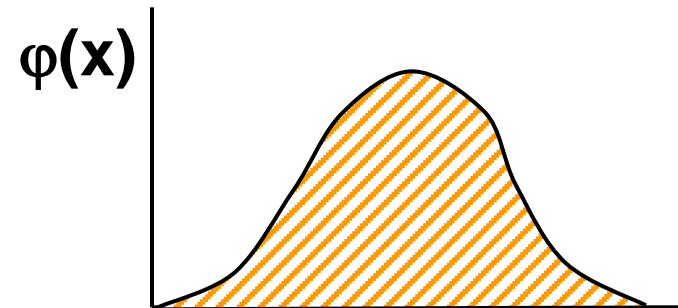
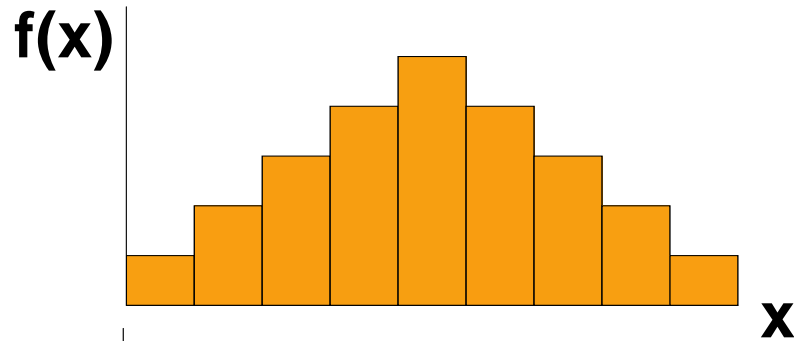
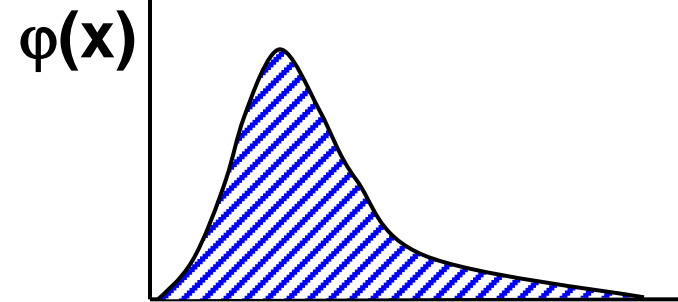
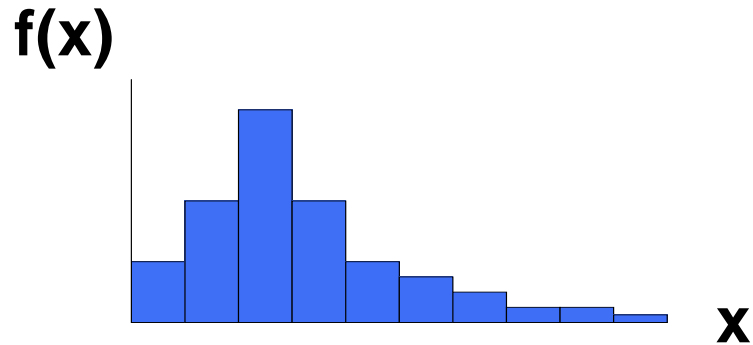
Rozložení



Distribuční
funkce

**Je - li dána
distribuční
funkce,
je dáno
rozložení**

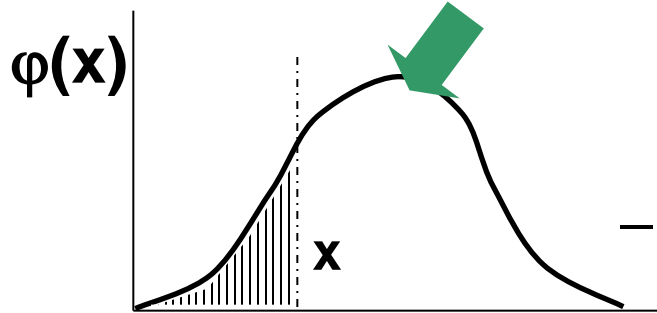
Výběrové rozložení hodnot lze modelově popsat a definovat tak pravděpodobnost výskytu X



Distribuční funkce jako užitečný nástroj pro práci s rozložením

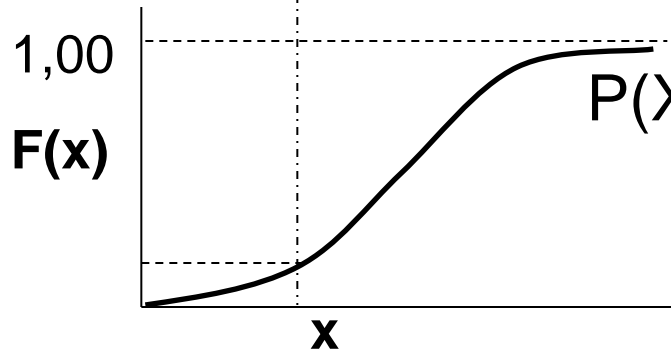
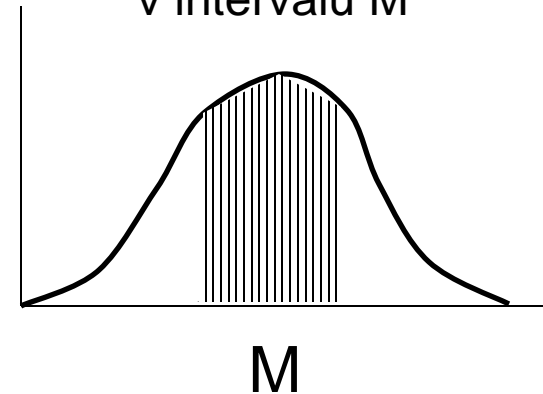


Plocha = relativní četnost



$$\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x) d(x) = 1$$

$F(x)$:
Pravděpodobnost, že se X vyskytne v intervalu M



$$P(X \leq x) = \Phi(x) = F(x)$$

$\Phi(x)$... distribuční funkce

$$P(X \leq x) = \int_M \varphi(x) d(x)$$

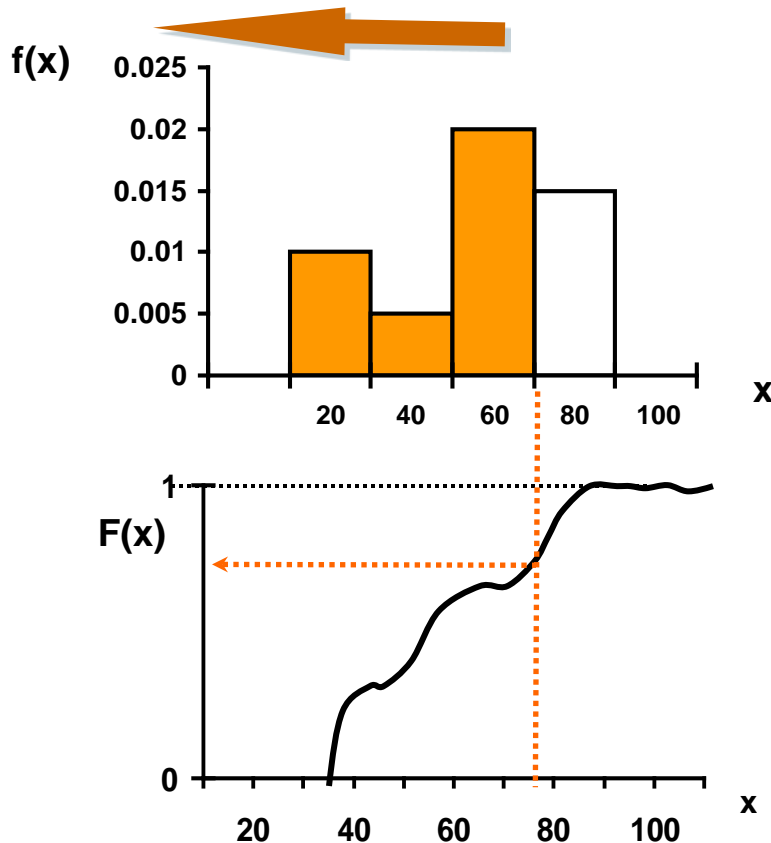
Známe-li distribuční funkci, pak známe rozložení sledované veličiny.

Pro jakoukoli množinu hodnot (M) lze určit P , že X do této množiny patří.

Jak vznikají informace ?

- frekvenční sumarizace spojitých dat

Grafické výstupy z frekvenční tabulky – spojitá data



Uspořádání čísel podle velikosti a konstrukce rozložení umožňuje pravděpodobnostní zařazení každé jednotlivé hodnoty

KVANTIL

$X_{0.1}; X_{0.9}; X_{0.5}; X_{\theta}$

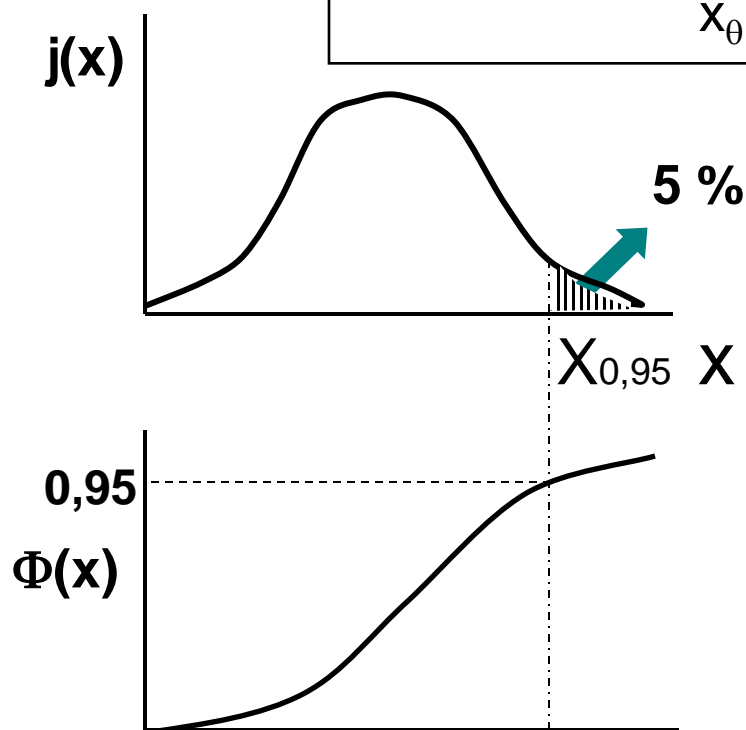
Otázka: Jak velké musí být X , aby 5 % všech hodnot bylo nad ním?



$\theta = 0,95$... Pravděpodobnost

Hledáme: $P(X \leq x_\theta) = 0,95 = \theta$

$$x_\theta = (X_{0,95}) = ?$$



$$F(x_\theta) = \theta$$



Kvantil je číslo, jehož hodnota distribuční funkce je rovna P , pro kterou je kvantil definován

Jakékoliv číslo na ose x je kvantilem

VI. Modelová rozložení



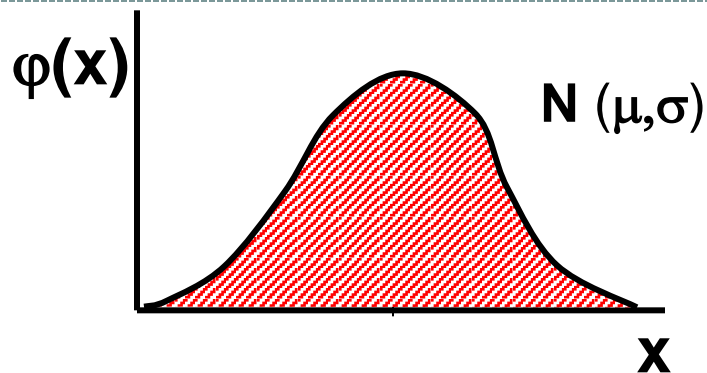
Normální rozložení jako statistický model
Aplikace modelových rozložení
Přehled modelových rozložení

Anotace



- Klasickým postupem statistické analýzy je na základě vzorku cílové populace identifikovat typ a charakteristiky modelového rozložení dat, využít jeho matematického modelu k popisu reality a získané výsledky zobecnit na hodnocenou cílovou populaci.
- Využití tohoto přístupu je možné pouze v případě shody reálných dat s modelovým rozložením, v opačném případě hrozí získání zavádějících výsledků.
- Nejklasičtějším modelovým rozložením, od něhož je odvozena celá řada statistických analýz je tzv. normální rozložení, známé též jako Gaussova křivka.

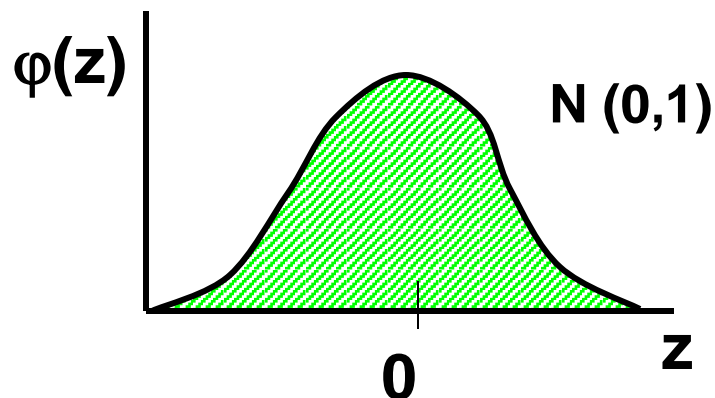
Rozložení hodnot jako model: Normální rozložení



$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Standardizovaná forma

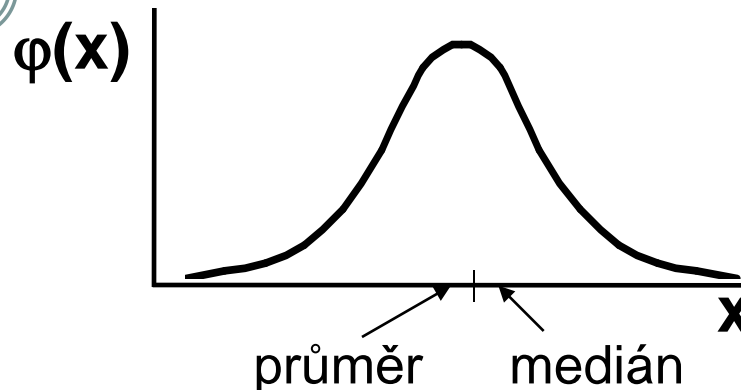


$$\varphi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{z^2}{2}}$$

Tabelovaná podoba

Parametry charakterizující normální rozložení a jejich význam

$$E(x) \sim \bar{x} \sim \mu$$
$$D(x) \sim s^2 \sim \sigma^2$$



a)

$$\mu \sim \bar{x}$$

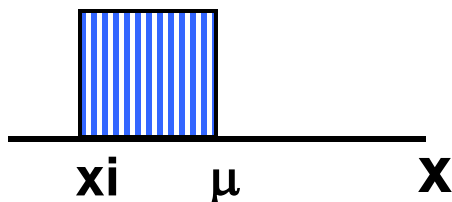
průměr - ukazatel středu

b)

$$\sigma^2 \sim s^2$$

rozptyl

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$



c)

$$\sigma \sim s$$

směrodatná odchylka

$$s = \sqrt{s^2}$$

Pravidlo $\pm 3s$

d)

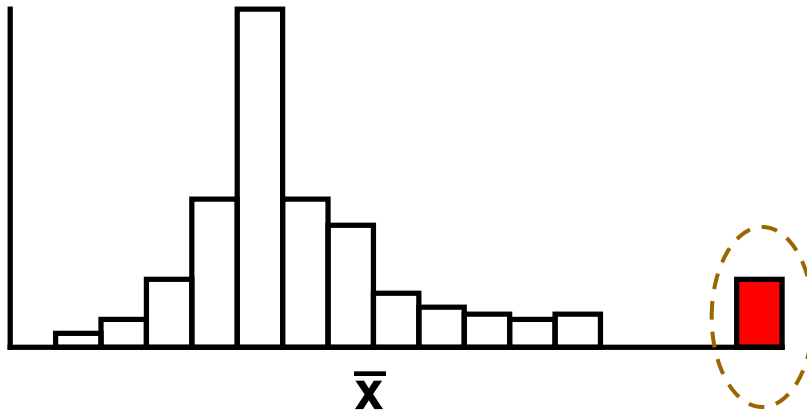
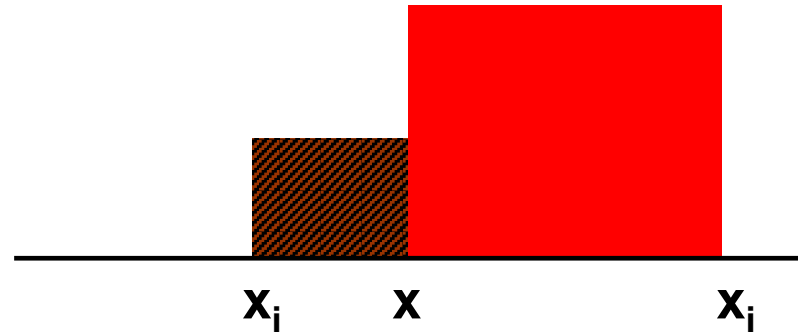
koeficient variance

$$c = s / \bar{x}$$

Rozptyl není univerzálním ukazatelem variability



$$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$



⇒ neúměrně zvýší s^2

Normální rozložení jako model

I. Použitelnost modelu

A) X: spojitý znak - hmotnost jedince (myši)

1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,4; 3,8

n = 7 opakování

medián = 1,8

$$\text{průměr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 x_i = \frac{1}{7} (1,2 + 1,4 + 1,6 + 1,8 + 2,0 + 2,4 + 3,8) = \frac{1}{7} 14,2 = 2,03$$

$$\text{rozptyl (s}^2\text{)} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^7 (x_i - 2,03)^2}{6} = 0,766$$

$$\text{sm. odchylka (s)} = \sqrt{s^2} = \sqrt{0,766} = 0,875$$

?

**Je předpoklad normálního rozložení oprávněný ?
Jaký předpokládáte možný rozsah hodnot tohoto znaku ?**

?

Normální rozložení jako model

I. Použitelnost modelu

B) X: spojitý znak - hmotnost jedince (myši)

1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 3,8; 8,9

n = 9 opakování

medián = 2

$$\text{průměr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 x_i = \frac{1}{9} (1,2 + 1,4 + 1,6 + 1,8 + 2,0 + 2,2 + 2,4 + 3,8 + 8,9) = \frac{1}{9} 25,3 = 2,81$$

$$\text{rozptyl (s}^2\text{)} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^9 (x_i - 2,81)^2}{8} = 5,79$$

$$\text{sm. odchylka (s)} = \sqrt{s^2} = \sqrt{5,79} = 2,269$$

Jak hodnotíte model u těchto dat ?

Stochastické rozložení jako model



1

Předpoklad: Znak x je rozložen podle daného modelu ✓

2

Znak x je naměřen o n hodnotách s modelovými parametry: \bar{x} a s



Platnost modelu ?



3

Znak x je převeden na formu odpovídající tabulkovému standardu:



$$Z_i = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

4

Využije se tabelované (modelové) distribuční funkce pro testy o rozložení hodnot x

Normální rozložení jako model - příklad

Tabulky distribuční funkce

- Data z průzkumu jsou publikována jako:

Kosti prehistorického zvířete:

n = 2000

průměrná délka = 60 cm

sm. odchylka (s) = 10 cm

✓ **Předpokládáme, že je oprávněný model normálního rozložení**


? Jaká je pravděpodobnost, že by velikost dané kosti překročila velikost 66 cm: $P(x > 66)$? $Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$

$P(x > 66) = 1 - P(x \leq 66)$ a platí, že $P(X \leq x) = F(X)$

tedy $P(x > 66) = 1 - P(x \leq 66) = 1 - P\left(\frac{x - m}{s} \leq \frac{66 - 60}{10}\right) = 1 - F(0,6) = 0,27425$

? Kolik kostí mělo zřejmě délku větší než 66 cm ? $P(x > 66) * n = 0,27425 * 2000 = 548$

? Jaký podíl kostí ležel svou délkou v rozsahu x od 60 cm do 66 cm ?

$P(60 < x < 66) = P\left(\frac{60 - 60}{10} < Z < \frac{66 - 60}{10}\right) = F(0,6) - F(0) = 0,22575$  22,6% kostí leží v rozsahu 60-66cm

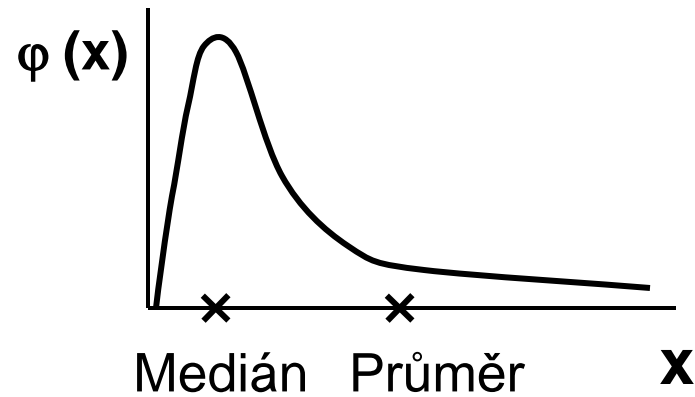
Stručný přehled modelových rozložení I.

Rozložení	Parametry	Stručný popis
Normální	Průměr (μ) Rozptyl (σ^2)	Symetrická funkce popisující intervalovou hustotu četnosti; nejpravděpodobnější jsou průměrné hodnoty znaku v populaci.
Log-normální	Medián Geometrický průměr Rozptyl (σ^2)	Funkce intervalové hustoty četnosti, která po logaritmické transformaci nabude tvaru normálního rozložení.
Weibullovo	α - parametr tvaru β - parametr rozsahu hodnot	Změnou parametru α lze modelovat distribuci doby přežití, např. stresovaného organismu. Rozložení využívané i jako model k odhadu LC_{50} nebo EC_{50} u testů toxicity.
Rovnoměrné	Medián Geometrický průměr Rozptyl (σ^2)	Funkce intervalové hustoty četnosti, která po logaritmické transformaci nabude tvaru normálního rozložení.
Triangulární	$f(x) = [b - \text{ABS}(x - a)] / b^2$ $a - b < x < a + b$	Pravděpodobnostní funkce pro typ rozložení, kdy jsou střední hodnoty výrazně pravděpodobnější než hodnoty okrajové.
Gamma	Parametry distribuční funkce: α - parametr tvaru β - parametr rozsahu hodnot	Umožňuje flexibilně modelování distribučních funkcí nejrůznějších tvarů. Např. χ^2 rozložení je rozložení typu Gamma. Gamma rozložení s $\alpha = 1$ je známo jako exponenciální rozložení.

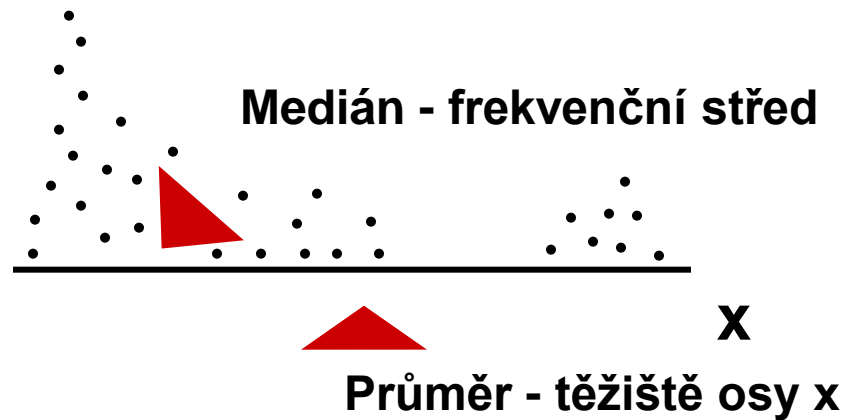
Stručný přehled modelových rozložení II.

Rozložení	Parametry	Stručný popis
Beta	Parametry distribuční funkce: α - parametr tvaru β - parametr rozsahu hodnot	Pravděpodobnostní funkce pro proměnnou omezenou rozsahem do intervalu [0; 1]. Je matematicky komplikovanější, ale velmi flexibilní při popisu změn hodnot proměnné v ohraničeném intervalu.
Studentovo	Stupně volnosti - uvažuje velikost vzorku Průměr Rozptyl	Simuluje normální rozložení pro menší vzorky čísel. Pro větší soubory ($n > 100$) se limitně blíží k normálnímu rozložení.
Pearsonovo	Stupně volnosti - uvažuje velikost vzorku	Slouží především k porovnání četností jevů ve dvou a více kategoriích. Používá se k modelování rozložení odhadu rozptylu normálně rozložených dat.
Fisher-Snedecorovo	Dvojí stupně volnosti - uvažuje velikost dvou vzorků	Používá se k testování hodnot průměrů - F test pro porovnání dvou výběrových rozptylů; F test, ANOVA atd.

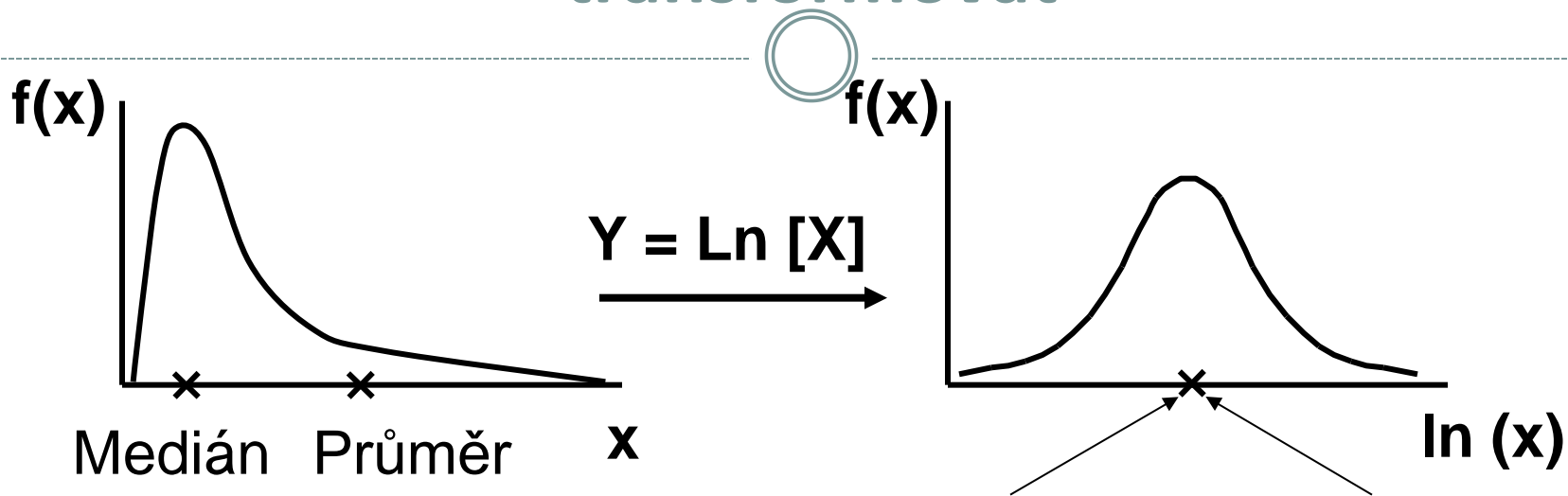
Log-normální rozložení jako častý model reálných znaků



U asymetrických rozložení je medián velmi vhodným alternativním ukazatelem středu



Log-normální rozložení lze jednoduše transformovat



Medián = Průměr

$\text{EXP}(Y) = \text{Geometrický průměr } X$

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \frac{Y_i}{n}$$

$\bar{Y} \pm \text{Standardní chyba}$

Transformace dat - legitimní úprava rozložení



✓ **Základní typy transformací vedou k normalitě rozložení nebo k homogenitě rozptylu**

Logaritmická transformace

Logaritmická transformace je velmi vhodná pro data s odlehlými hodnotami na horní hranici rozsahu. Při porovnání průměrů u více souborů dat je pro tuto transformaci indikující situace, kdy se s rostoucím průměrem mění proporcionálně i směrodatná odchylka, a tedy jednotlivé proměnné mají stejný koeficient variance, ačkoli mají různý průměr.

Za takovéto situace přináší logaritmická transformace nejen zeslabení asymetrie původního rozložení, ale také vyšší homogenitu rozptylu proměnných. Pro transformaci se nejčastěji používá přirozený logaritmus a pokud jsou v původním souboru dat nulové hodnoty, je vhodné použít operaci **$Y = \ln(X+1)$** .

Je-li průměr logaritmovaných dat (tedy průměrný logaritmus) zpětně transformován do původních hodnot, výsledkem není aritmetický, ale geometrický průměr původních dat.

Transformace dat - legitimní úprava rozložení



✓ **Základní typy transformací vedou k normalitě rozložení nebo k homogenitě rozptylu**

Odmocninová transformace

Transformace je vhodná pro proměnné mající Poissonovo rozložení, tedy proměnné vyjadřující celkový počet nastání určitého jevu (spíše vzácného) v n nezávisle opakovaných pokusech. Obecněji lze tento typ transformace doporučit v případě normalizace dat typu počtu jedinců (buněk, apod.). Jde o transformaci:

$$Y = \sqrt{x} \quad \text{nebo} \quad Y = \sqrt{x+1} \quad \text{nebo} \quad Y = \sqrt{x} + \sqrt{x+1}$$

Transformace s přičtenou hodnotou 1 jsou efektivní, pokud X nabývá velmi malých nebo nulových hodnot. Situace indikující vhodnost odmocninové transformace je také proporcionalita výběrového rozptylu a průměru, tedy obecně jestliže $s^2_x = k$ (výběrový průměr).

Transformace dat - legitimní úprava rozložení

Arcsin transformace

Tzv. **úhlová transformace** - velmi vhodná pro data typu podílů výskytu určitého jevu (znaku) mezi n hodnocenými jedinci - tedy pro data mající binomické rozložení. Pokud se určitý znak vyskytuje r -krát mezi n možnostmi (jedinci, opakováními), pak lze vyjádřit relativní četnost jeho výskytu jako $p = r/n$ s variabilitou $p \cdot (1-p)/n$. Arcsin transformace odstraní ze souborů dat podíly blízké 0 nebo 1, a tak efektivně sníží variabilitu odhadů středu. Transformace však není schopná odstranit variabilitu vyvolanou rozdílným počtem opakování v jednotlivých variantách - v takovém případě lze doporučit provedení vážených transformací dat. Velmi častou formou této transformace je:

$$Y = \arcsin \sqrt{p}$$

- tedy transformace podílů do hodnot, jejichž sinus je roven druhé odmocnině původních hodnot. Pokud celkový počet jedinců (opakování), mezi kterými je výskyt znaku monitorován, je $n < 50$, pak lze doporučit velmi efektivní empirická opatření pro transformaci podílů blízkých 0 nebo 1. Pro tento případ lze nahrazovat nulové podíly hodnotou $1/4n$ a 100 % podíly hodnotou $(n-1/4)/n$. Pokud se mezi hodnotami vyskytuje větší množství krajních hodnot (menší než 0,2 a větší než 0,8), lze doporučit transformaci:

$$Y = \frac{1}{2} \left[\arcsin \sqrt{\frac{x}{n+1}} + \arcsin \sqrt{\frac{x+1}{n+1}} \right]$$

VII. Popisná statistika dat



Popisné statistiky dat Vizualizace dat

Anotace



- Popisná analýza dat je po vizualizaci dat dalším krokem v procesu statistického hodnocení. Poskytuje představu o rozsazích hodnocených dat a umožňuje vyhodnotit, srovnání s literárními údaji nebo dosavadní zkušeností, jejich realističnost.
- Již při výběru vhodné popisné statistiky se uplatňuje znalost rozložení dat. Některé popisné statistiky, odvozené od modelových rozložení, je možné využít pouze v případě, že data mají dané modelové rozložení. Typickým příkladem je průměr a směrodatná odchylka, jejichž předpokladem je přítomnost normálního rozložení.

Typy proměnných



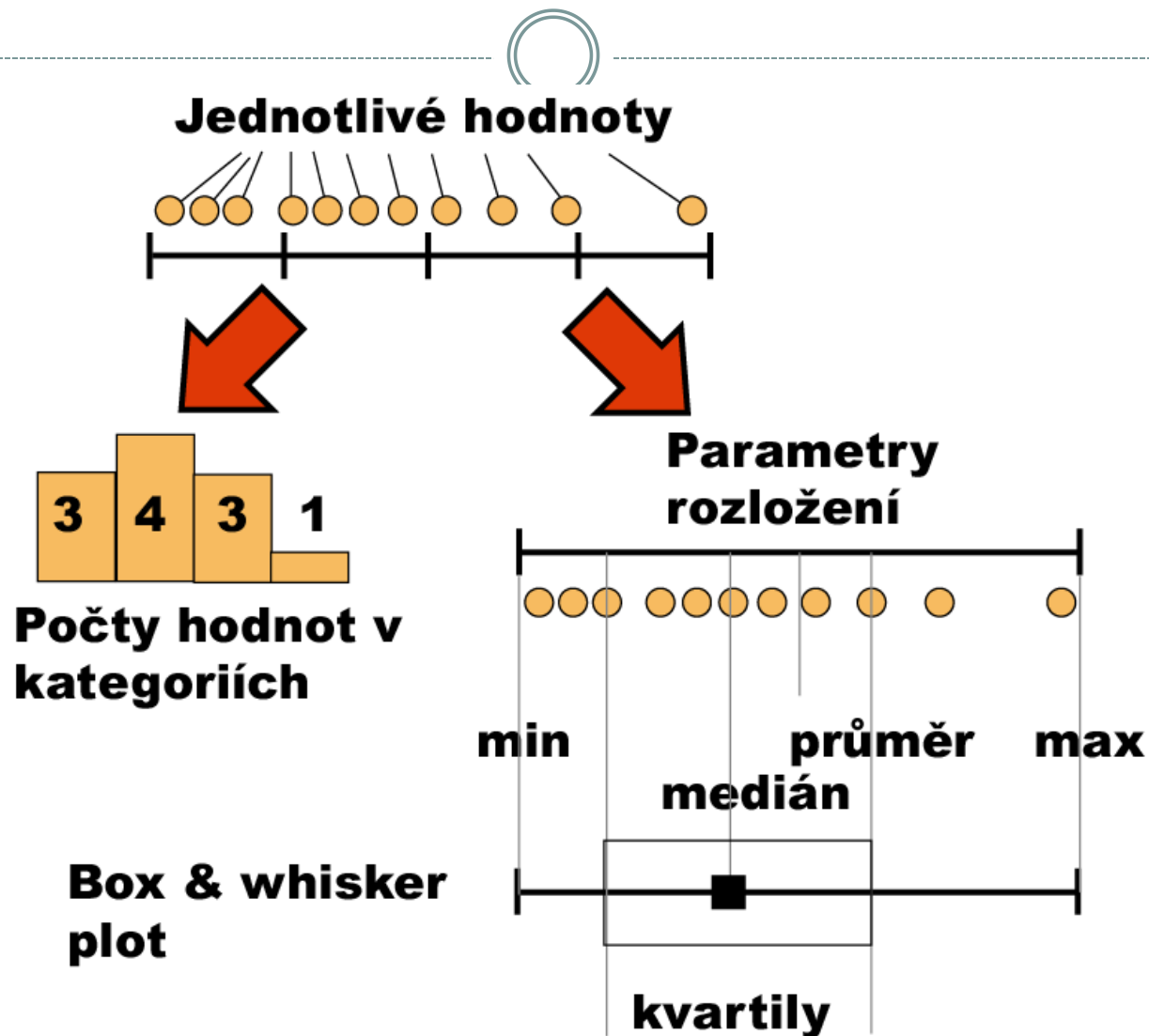
- **Kvalitativní/kategorická**

- binární - ano/ne
- nominální - A,B,C ... několik kategorií
- ordinální- $1 < 2 < 3$...několik kategorií a můžeme se ptát, která je větší

- **Kvantitativní**

- nespojitá – čísla, která však nemohou nabývat všech hodnot (např. počet porodů)
- spojitá – teoreticky jsou možné všechny hodnoty (např. krevní tlak)

Řada dat a její vlastnosti



Frekvenční rozložení



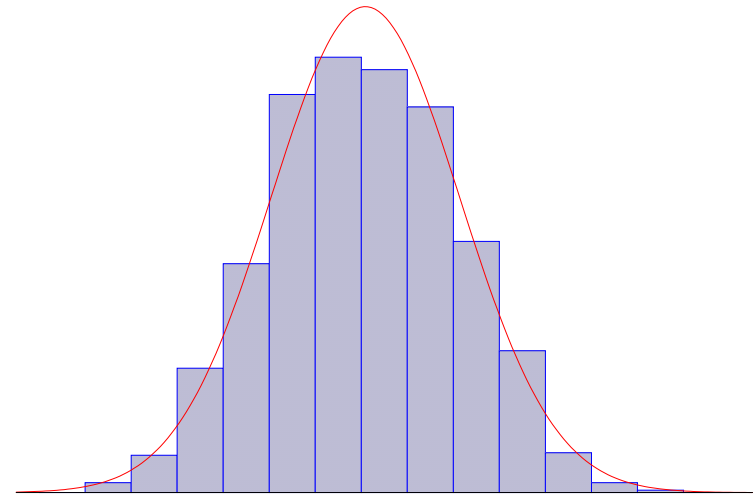
Kategorie	Četnost
B	5
C	8
D	1

Kvalitativní data

Tabulka s četností jednotlivých kategorií.

Kvantitativní data

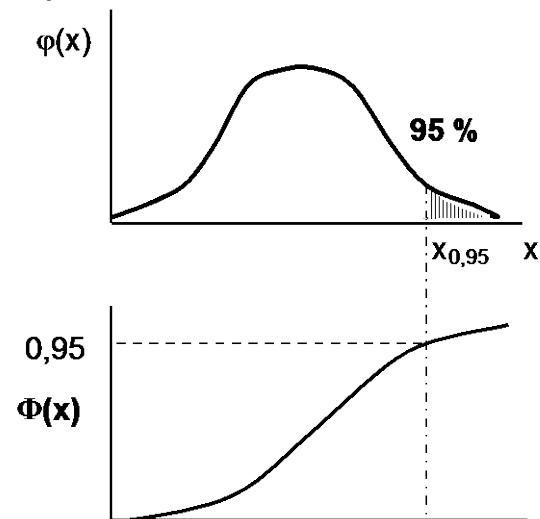
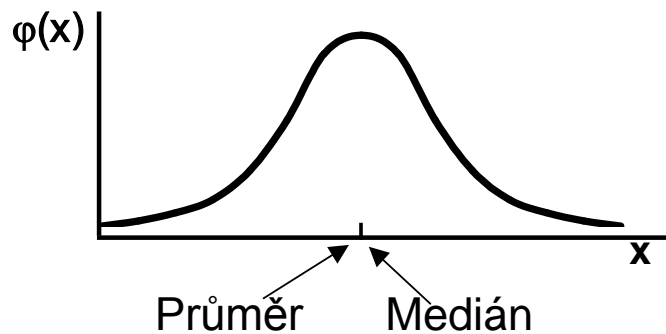
Četnost hodnot rozložení v jednotlivých intervalech.



Parametry rozložení



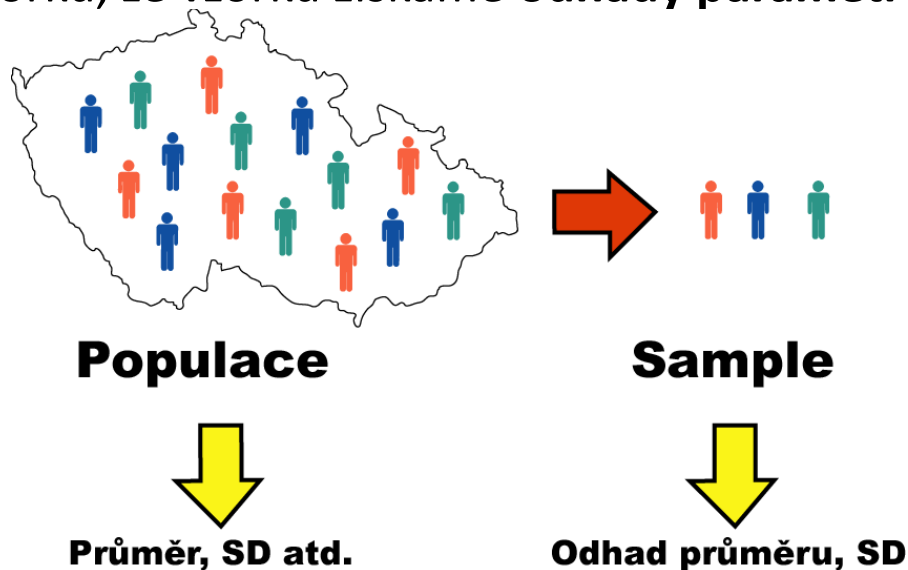
- Soubor dat (řada čísel) můžeme charakterizovat parametry jeho rozložení
- Hlavní skupiny těchto parametrů můžeme charakterizovat jako ukazatele:
 - Středu (medián, průměr, geometrický průměr)
 - Šířky rozložení (rozsah hodnot, rozptyl, směrodatná odchylka)
 - Tvaru rozložení (skewness, kurtosis)
 - Kvantily rozložení – kolik % řady dat leží nad a pod kvantilem



Populace a vzorek



- Populace představuje veškeré možné objekty vzorkování, např. veškeré obyvatelstvo ČR při sledování na úrovni ČR, z populace získáme reálné parametry rozložení
- Z populace je prováděno vzorkování za účelem získání reprezentativního vzorku (**sample**) populace, toto vzorkování by mělo být náhodné, důležitá je také velikost vzorku, ze vzorku získáme **odhady parametrů rozložení**



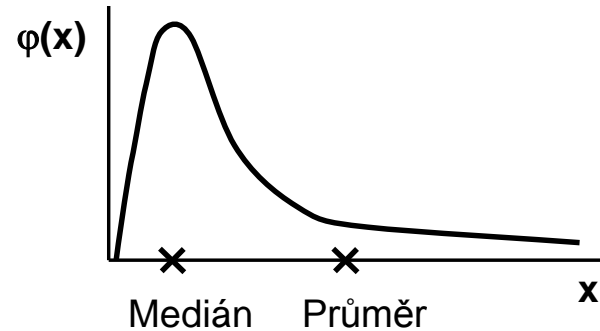
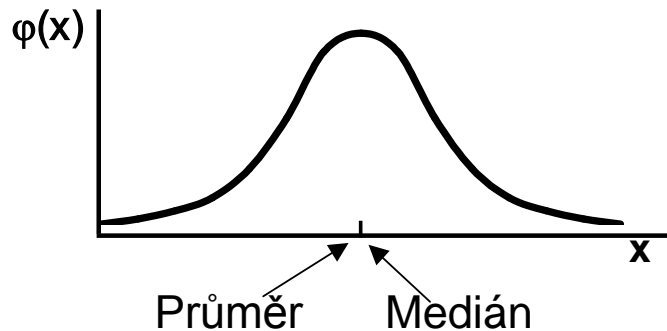
Ukazatele středu rozložení I



- **Průměr** – vhodný ukazatel středu u normálního/symetrického rozložení, kde x_i jsou jednotlivé hodnoty a n jejich počet

$$E(x) = \bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

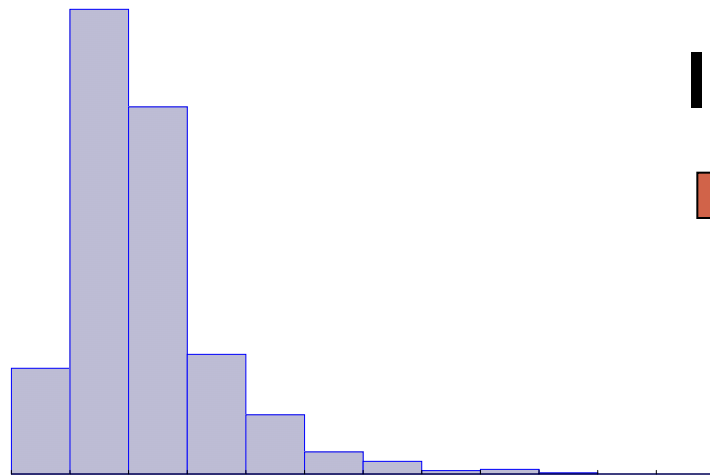
- **Medián** – jde vlastně o 50% kvantil, tj. polovina hodnot leží nad a polovina pod mediánem
- V případě symetrického rozložení jsou jejich hodnoty v podstatě shodné



Ukazatele středu rozložení II.

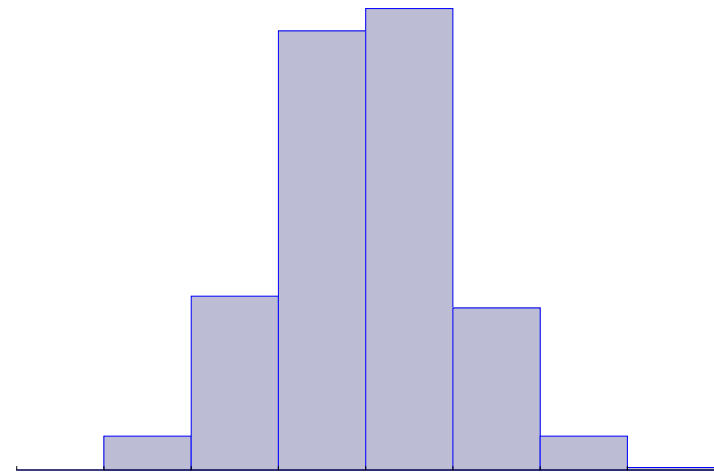
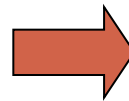


- Geometrický průměr – antilogaritmus průměru logaritmovaných dat, je vhodný pro doleva asymetrická data (lognormální rozložení), která jsou v biologii velmi častá, jeho hodnota v podstatě odpovídá mediánu
- Takto asymetrická data je možné převést logaritmickou transformací na normální rozložení



Medián, geometrický průměr

log



Průměr (logaritmovaných dat)

Ukazatele šířky rozložení

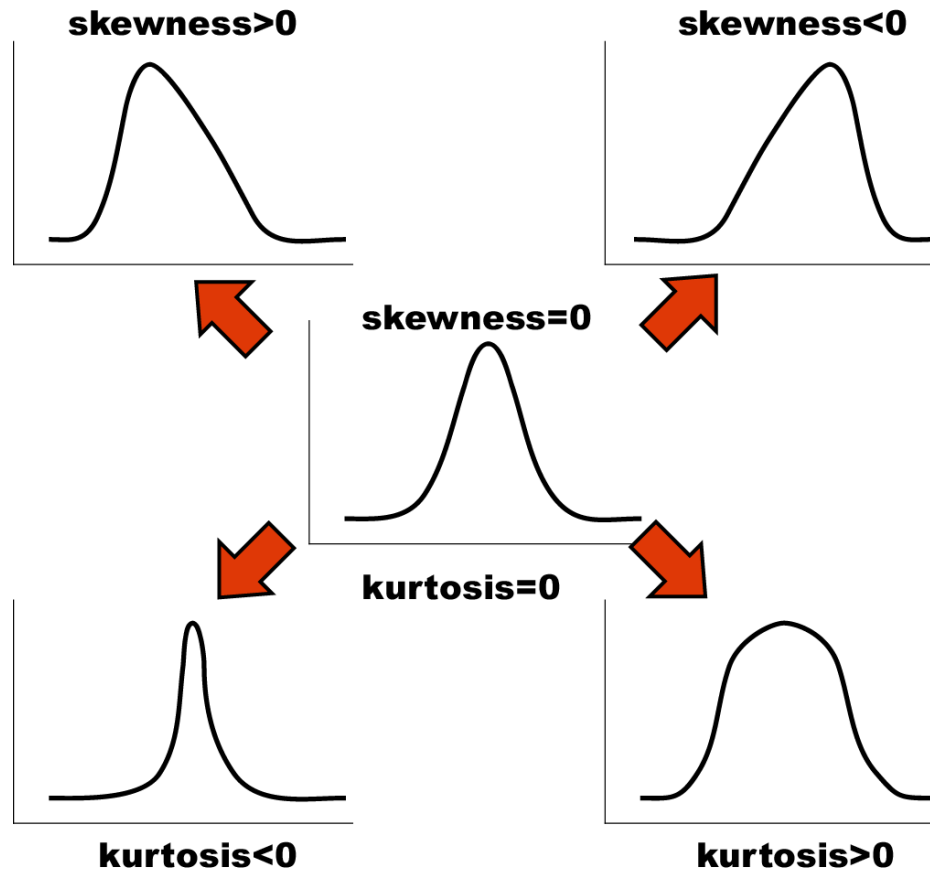


- **Rozptyl** je ukazatelem šířky rozložení získaný na základě odchylky jednotlivých hodnot od průměru.
$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$
- Obdobně jako u průměru je jeho vypovídací schopnost nejvyšší v případě symetrického/normálního rozložení
- **Směrodatná odchylka** je druhá odmocnina z rozptylu
- **Koeficient variance** - podíl SD ku průměru (u normálního rozložení by se 95% hodnot mělo vejít do průměr ± 3 SD), pokud je SD větší než 1/3 průměru jsou teoreticky pravděpodobné záporné hodnoty v rozložení – ukazatel problémů s normalitou dat

Ukazatele tvaru rozložení



- **Skewness** – ukazatel „šikmosti“ rozložení, asymetrie rozložení
- **Kurtosis** – ukazatel „špičatosti/plochosti“ rozložení



Další parametry rozložení



- **Počet hodnot** – důležitý ukazatel, znamená jak moc lze na data spoléhat
- **Střední chyba odhadu průměru** - je založena na směrodatné odchylce rozložení a **počtu hodnot**, vlastně jde o směrodatnou odchylku rozložení průměru. Říká jak přesný je náš výpočet průměru. Čím větší počet hodnot rozložení, tím je náš odhad skutečného průměru přesnější.
- **Suma hodnot**
- **Modus** – nejčastější hodnota, vhodný např. při kategoriálních datech
- **Minimum, maximum**
- **Rozsah hodnot**
- **Harmonický průměr** - převrácená hodnota průměru převrácených hodnot (vždy platí harmonický průměr < geometrický průměr < aritmetický průměr)

VIII. Provádění odhadů



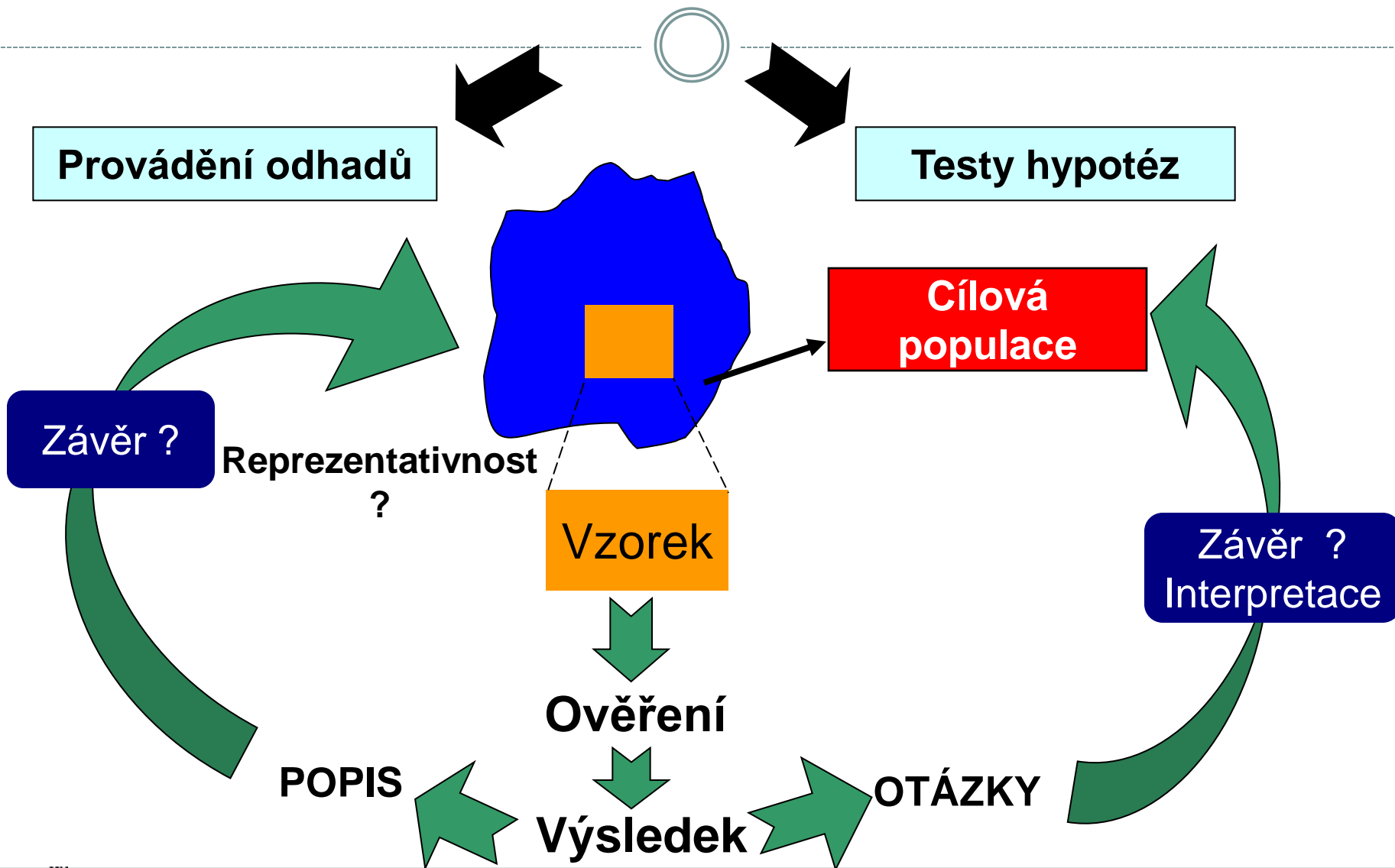
Bodové a intervalové odhady
Význam intervalu spolehlivosti

Anotace



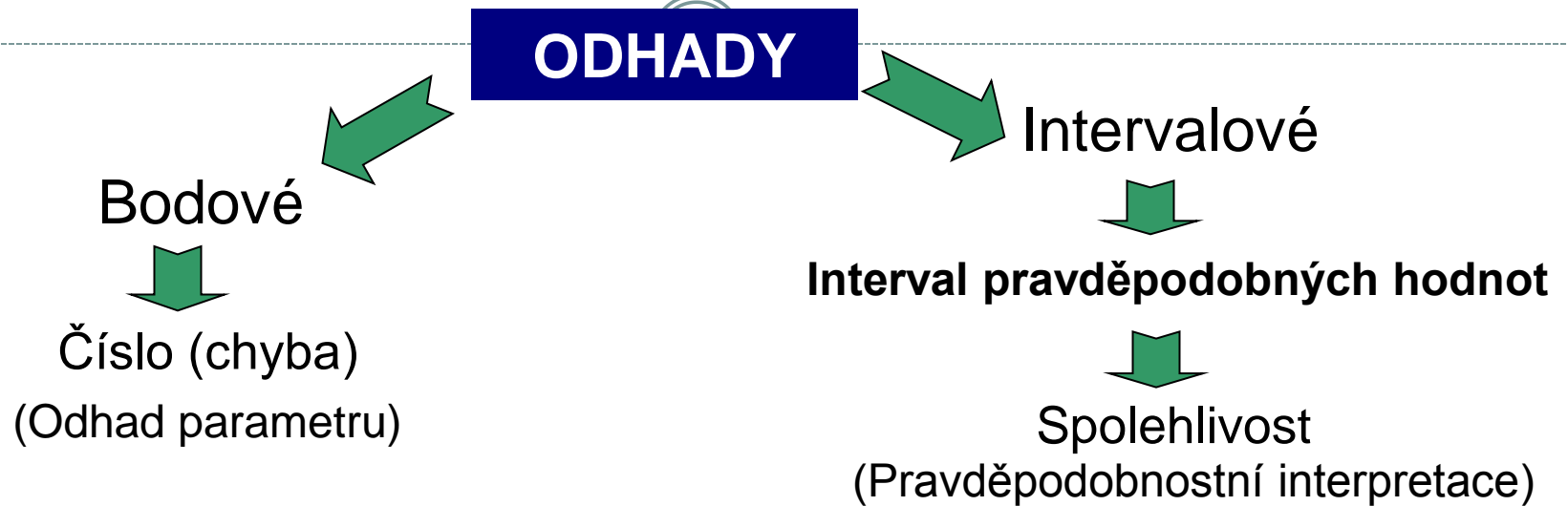
- Dva základní přístupy statistického hodnocení jsou popis dat a testování hypotéz. Při popisu dat je třeba si uvědomit, že popisné statistiky získané ze vzorku nejsou skutečnou hodnotou v cílové populaci, ale pouze jejím odhadem. Přesnost odhadu závisí jednak na variabilitě dat, jednak na velikosti vzorku, při navzorkování celé cílové populace by výsledná popisná statistika již byla přesnou hodnotou, nikoliv odhadem.
- Odhady a s nimi související intervaly spolehlivosti jsou univerzálním statistickým postupem a je možné je dopočítat k libovolné popisné statistice.

Statistika v průzkumném studiu



INTERVAL SPOLEHLIVOSTI

velmi užitečná míra věrohodnosti odhadů



Obecný tvar:

$$P (L_1 < \text{Odhad} < L_2) \geq 1 - \alpha/2$$

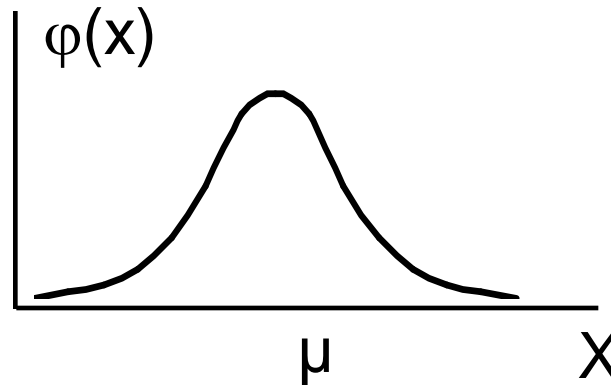
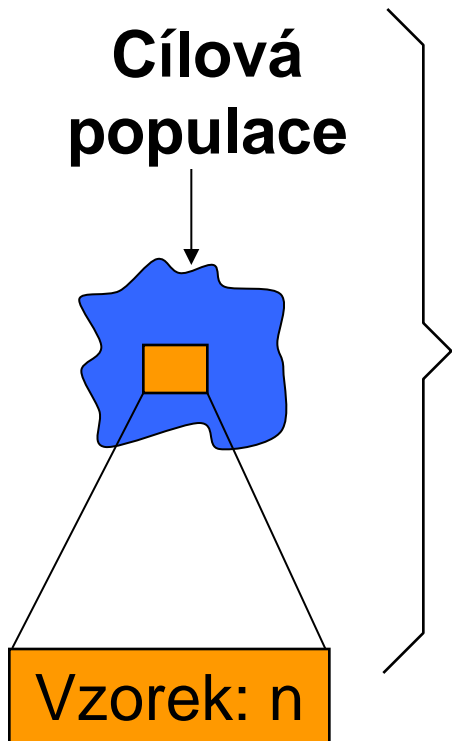
**Odhadovaný
parametr**

±

Kvantil
modelového rozložení × SE (odhadu)

K_V pro $(1 - \alpha/2)$

NORMÁLNÍ ROZLOŽENÍ: model pro odhad průměru



Prezentace

$n; \bar{x}; s$

$n; \bar{x}; \frac{s}{\sqrt{n}}$

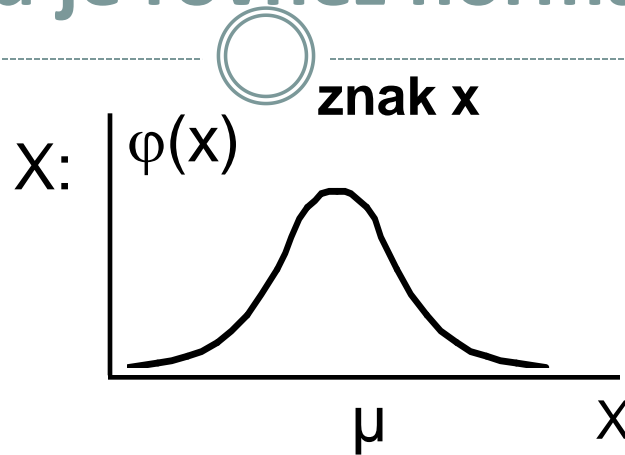
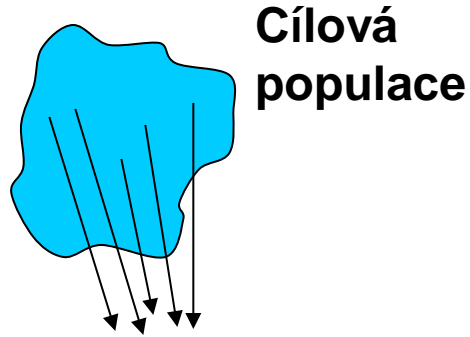
$n; \bar{x}; c$

$n; \bar{x};$ Interval
spolehlivost
i pro odhad
průměru

\bar{X} odhad průměru

NORMÁLNÍ ROZLOŽENÍ:

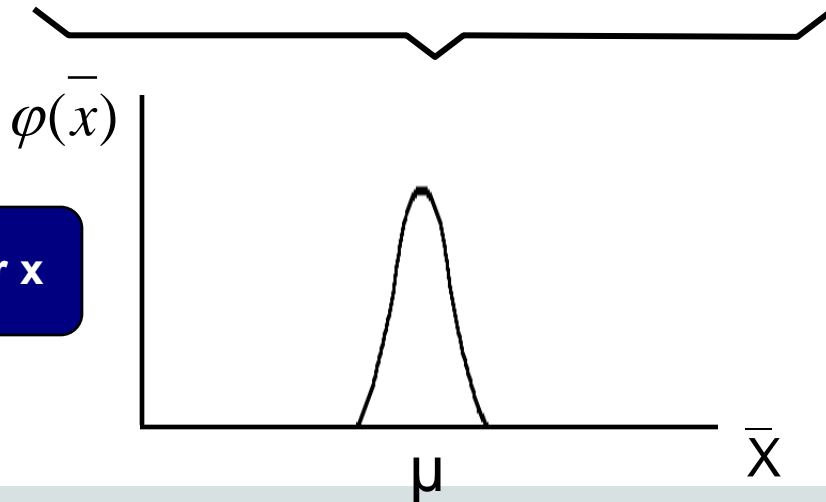
odhad průměru je rovněž normálně rozložen



$$x: \mu \pm 3s$$

Náhodné výběry o $n = 100$

\bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 \bar{X}_i



průměr x

$$\mu \pm 3 \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$\frac{s}{\sqrt{n}}$$

~ Standardní chyba odhadu průměru

ODHAD PRŮMĚRU: Vztahy



Bodový

$$\bar{x}; \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$



Intervalový

$$\bar{x} - t_{1-\alpha/2}^{(v=n-1)} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{1-\alpha/2}^{(v=n-1)} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

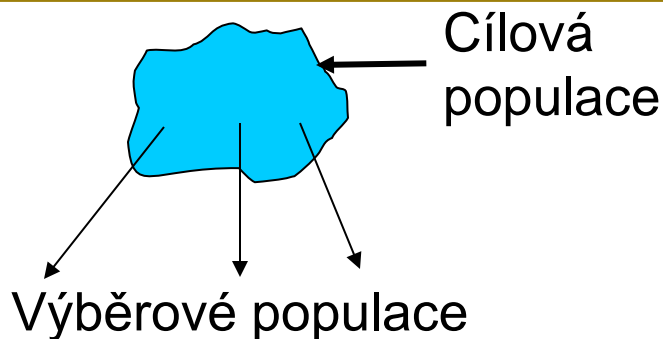
$$\mu : \bar{x} \pm t_{1-\alpha/2}^{(v=n-1)} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$\mu : \bar{x} \pm t_{1-\alpha/2}^{(v=n-1)} \cdot s_{\bar{x}}$$

t ... příslušný kvantil Studentova rozložení
1 - α ... spolehlivost hodnoceného intervalu

Interval spolehlivosti odhadu průměru je pouze informací o přesnosti tohoto odhadu

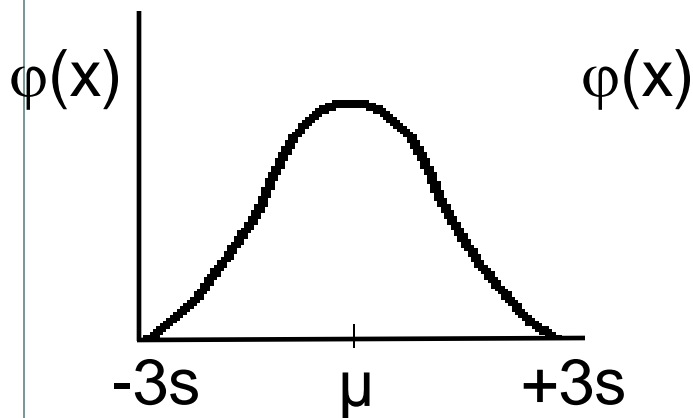
Interval spolehlivosti je hodnocen pro $(1 - \alpha)$ procentní spolehlivost



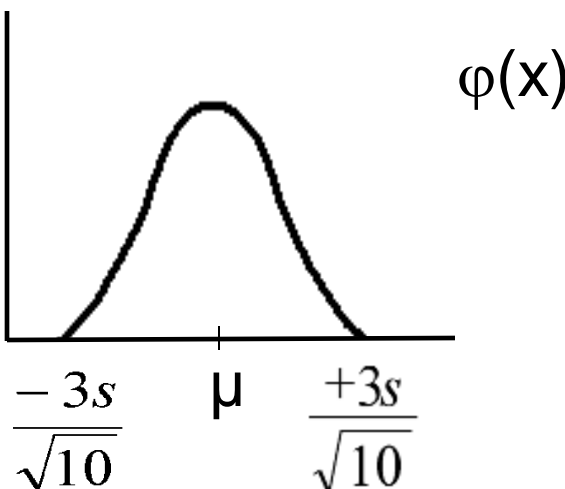
Šířku intervalu určuje:

- a) velikost vzorku
- b) rozptyl (variabilita) vzorku
- c) požadovaná spolehlivost

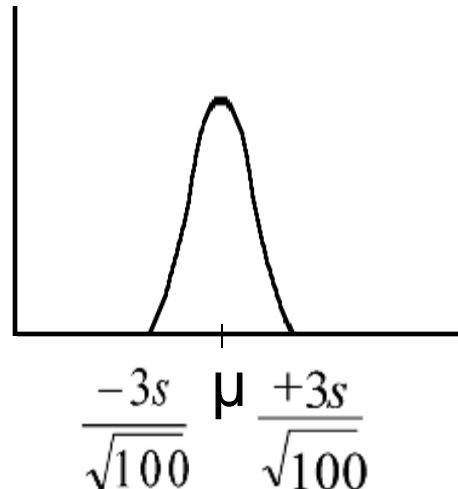
Původní proměnná x



Výběr $n=10$ pro odhad průměru



Výběr $n=100$ pro odhad průměru



ODHAD PRŮMĚRU: Příklad

X: Cena výrobku v n = 21 obchodech

Data:

$$n = 21; \bar{x} = 3,58; s^2 = 0,12$$

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{0,12/21} = 0,075$$

95% Interval spolehlivosti:

$$t_{1-\alpha/2}^{(u = n-1)} = t_{0,975}^{(20)} = 2,086$$

$$\mu : \bar{x} \pm 2,086 \cdot s_{\bar{x}}$$

$$3,58 - 2,086 \cdot 0,075 \leq \mu \leq 3,58 + 2,086 \cdot 0,075$$

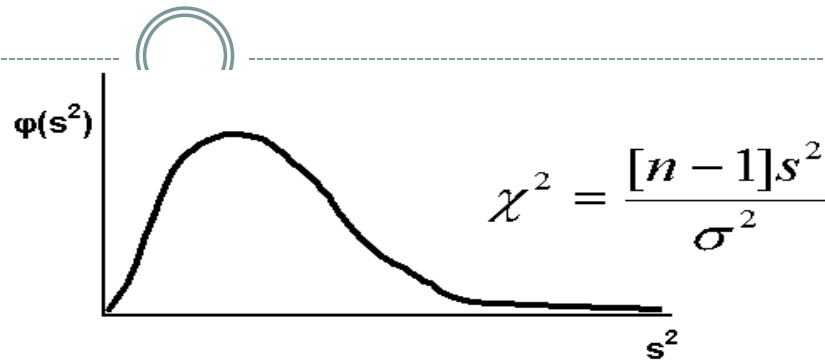
$$3,423 \leq \mu \leq 3,737$$



$$P(3,423 \leq \mu \leq 3,737) \geq 0,95$$

Interval spolehlivosti pro odhad rozptylu

$$s^2 \sim \sigma^2 \text{ pro velká } n$$



Interval spolehlivosti

$$\text{a) pro } \sigma^2 : \frac{(n-1)s^2}{\chi^2_{\alpha/2}(n-1)} \leq \sigma^2 \leq \frac{(n-1)s^2}{\chi^2_{(1-\alpha/2)}(n-1)}$$

$$\text{b) pro } \sigma : \sqrt{\frac{(n-1)s^2}{\chi^2_{\alpha/2}(n-1)}} \leq \sigma \leq \sqrt{\frac{(n-1)s^2}{\chi^2_{(1-\alpha/2)}(n-1)}}$$

$$\text{c) pro } \sigma/\sqrt{n} : \sqrt{\frac{(n-1)s^2}{n\chi^2_{\alpha/2}(n-1)}} \leq \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \sqrt{\frac{(n-1)s^2}{n\chi^2_{(1-\alpha/2)}(n-1)}}$$

$$\sigma/\sqrt{n}$$

-směrodatná odchylka
odhadu průměru (S.E.)

Interval spolehlivosti pro odhad rozptylu: příklad

Příklad: měření produkce metabolitu (x) u buněk dvou nádorových linií

Linie 1

$n = 50$

$s^2(x) = 10 \text{ (mg/ml)}^2$

$s(x) = 3,16 \text{ mg/ml}$

$\bar{x} = 2 \text{ mg/ml}$

$\bar{s}_x = 0,447 \text{ mg/ml}$

95% IS

$$\frac{49 * 10}{77,22} \leq \sigma^2 \leq \frac{49 * 10}{31,56}$$

$$6,98 \leq \sigma^2 \leq 15,53$$

c = 1,58

Linie 1

$n = 100$

$s^2(x) = 16 \text{ (mg/ml)}^2$

$s(x) = 4 \text{ mg/ml}$

$\bar{x} = 2,8 \text{ mg/ml}$

$\bar{s}_x = 0,4 \text{ mg/ml}$

95% IS

$$\frac{99 * 16}{128,42} \leq \sigma^2 \leq \frac{99 * 16}{73,36}$$

$$12,33 \leq \sigma^2 \leq 13,49$$

c = 1,43

Výpočet mediánu z frekvenčních dat a jeho odhady



a) Určete medián tohoto souboru dat: 1,3,4,5,7,8 [4,5]

b) Určete medián tohoto souboru dat: 5,1,8,3,4 [4]

c) Tento příklad je ukázkou výpočtu mediánu u velkého souboru dat. V následující tabulce je uveden rozbor rozložení souboru dat od 179 krav, kde sledovanou veličinou byl počet dní od narození telete do znovuobnovení menstruačního cyklu. Uvedená data jsou velmi zjednodušená a jsou zde uvedena pouze pro ilustraci:

Class limits (days)	0,5- 20,5	20,5- 40,5	40,5- 60,5	60,5- 80,5	80,5- 100,5	100,5- 120,5	120,5- 140,5	140,5- 160,5	160,5- 180,5	180,5- 200,5	200,5- 220,5
Frequency	8	33	50	32	15	20	11	6	2	1	1
Cumulative frequency	8	41	91	123	138	158	169	175	177	178	179

Frekvence zastoupení dosahuje nejvyšší hodnoty u třídy od 40,5 – 60,5 dnů. Druhý (menší) frekvenční pík lze pozorovat u intervalu od 100,5 do 120,5 dní. Existence dvou maxim (bimodální data) je důkazem nenormality tohoto konkrétního souboru.

Výpočet mediánu z frekvenčních dat a jeho odhady



Jelikož $n = 179$, pak je medián devadesátá hodnota od počátku souboru, a dále je zřejmé, že bude velmi blízko horní hranici třídy 40,5 – 60,5 dní. Za předpokladu, že 50 hodnot této třídy je v ní rovnoměrně rozmístěno lze použít následující vzorec:

$$M = X_L + \frac{gl}{f}, \text{ kde}$$

X_L = hodnota X (sledované veličiny) na spodní hranici třídy obsahující medián: zde 40,5 dní

g = pořadová hodnota mediánu minus kumulativní frekvence do horní hranice předchozí třídy, tj. $90 - 41 = 49$

l = třídní interval: 20 dní

f = frekvence ve třídě obsahující medián

Dosadíme-li do uvedeného vzorce, získáme odhad mediánu jako 60 dní. Průměr tohoto datového souboru je 69,9, což je významně odlišná hodnota, a potvrzuje znovu nenormální charakter dat.

U velkých vzorků z normálních populací je výběrový odhad mediánu normálně rozložen kolem populační hodnoty se směrodatnou odchylkou $1,253\sigma/\sqrt{n}$. U normálního rozložení, kde medián i průměr představují odhad stejné hodnoty, je medián méně přesný než průměr. Proto hlavní význam mediánu spočívá u nesymetrických distribucí.

Existuje velmi jednoduchá metoda pro výpočet intervalu spolehlivosti pro odhad mediánu a jako horní a spodní hranice slouží pořadová čísla vypočítaná podle následujícího vztahu:

$$\frac{(n+1)}{2} \pm \frac{z\sqrt{n}}{2}, \text{ kde}$$

n představuje velikost datového souboru, z je kvantil standardizovaného normálního rozložení pro příslušnou pravděpodobnost. U našeho příkladu je $n = 179$ a pro 95% interval spolehlivosti je z přibližně rovno 2. Horní a spodní limit pro odhad mediánu tedy je $90 \pm \sqrt{179} = 77$ a 103. 95% interval spolehlivosti je tedy tvořen počty dní, které mají pořadí 77 a 103:

77: Počet dní = $40,5 + (36)(20)/50 = 55$ dní

103: Počet dní = $60,5 + (12)(20)/32 = 68$ dní

Medián cílové populace byl tedy odhadnut 95% intervalem spolehlivosti jako hodnota ležící mezi 55 a 68 dny. Interpretujte tento výsledek.

IX. Základy testování hypotéz



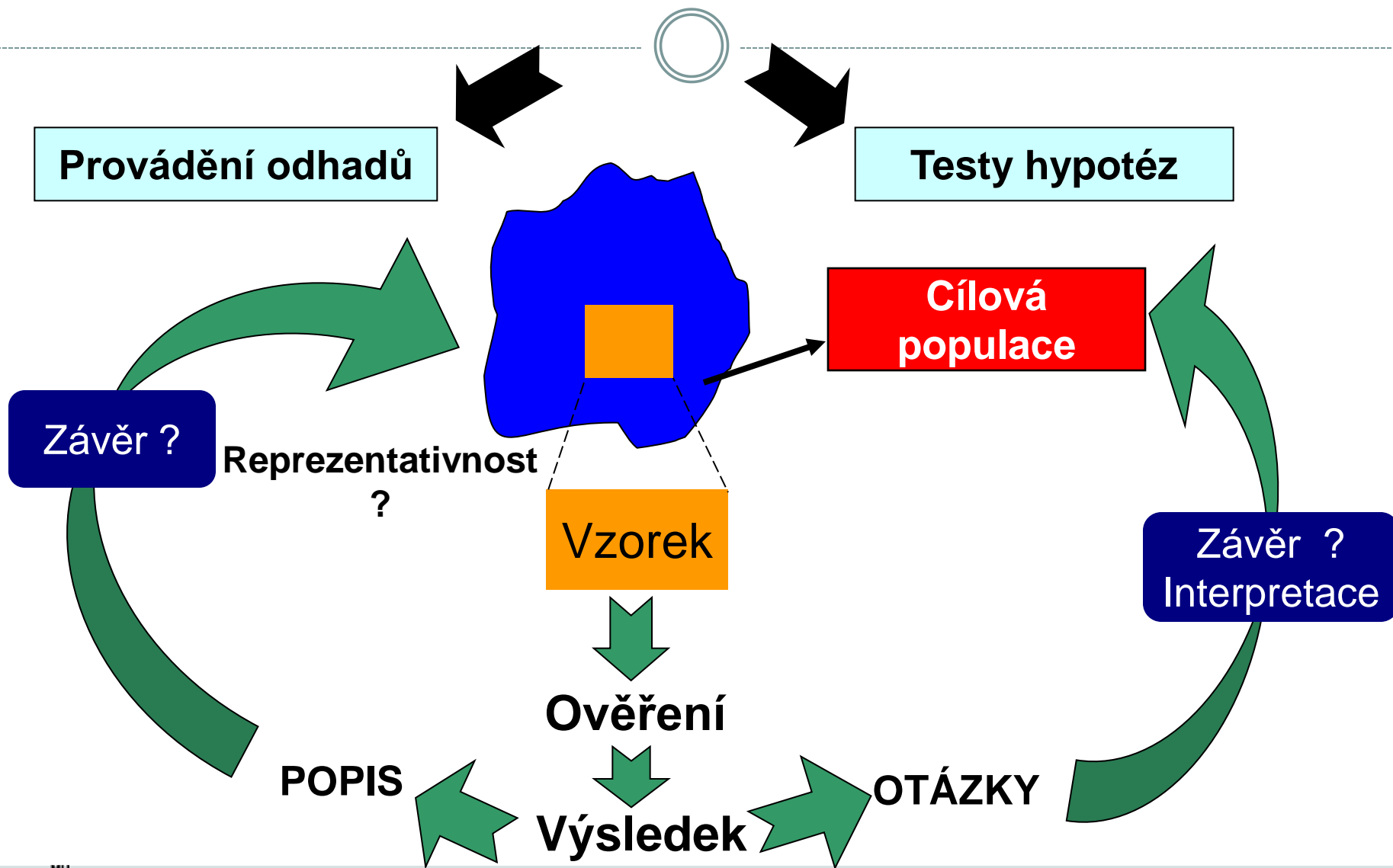
Princip statistického testování hypotéz
Pojmy statistických testů
Normalita dat a její význam pro testování

Anotace




- Testování hypotéz je po popisné statistice druhým hlavním směrem statistických analýz. Při testování pokládáme hypotézy, které se snažíme s určitou pravděpodobností potvrdit nebo vyvrátit.
- Tzv. nulovou hypotézu lze nejlépe popsat jako situaci, kdy předpokládáme vliv náhody (rozdíl mezi skupinami je pouhá náhoda, vztah dvou proměnných je pouhá náhoda apod.), alternativní hypotéza předpokládá vliv nenáhodného faktoru.
- Výsledkem statistického testu je v zásadě pravděpodobnost nakolik je hodnocený jev náhodný nebo ne, při překročení určité hranice (nejčastěji méně než 5% pravděpodobnost, že jev je pouhá náhoda) deklaruujeme, že pravděpodobnost náhody je pro nás dostatečně nízká abychom jev prohlásili za nenáhodný
- Statistická významnost je ovlivnitelná velikostí vzorku a tak je pouze indicií k prohlášení např. rozdílu dvou skupin pacientů za skutečně významný. V ideální situaci je nezbytné aby rozdíl byl významný nejenom statisticky (=nenáhodný), ale i prakticky (=nejde pouze o artefakt velikosti vzorku).

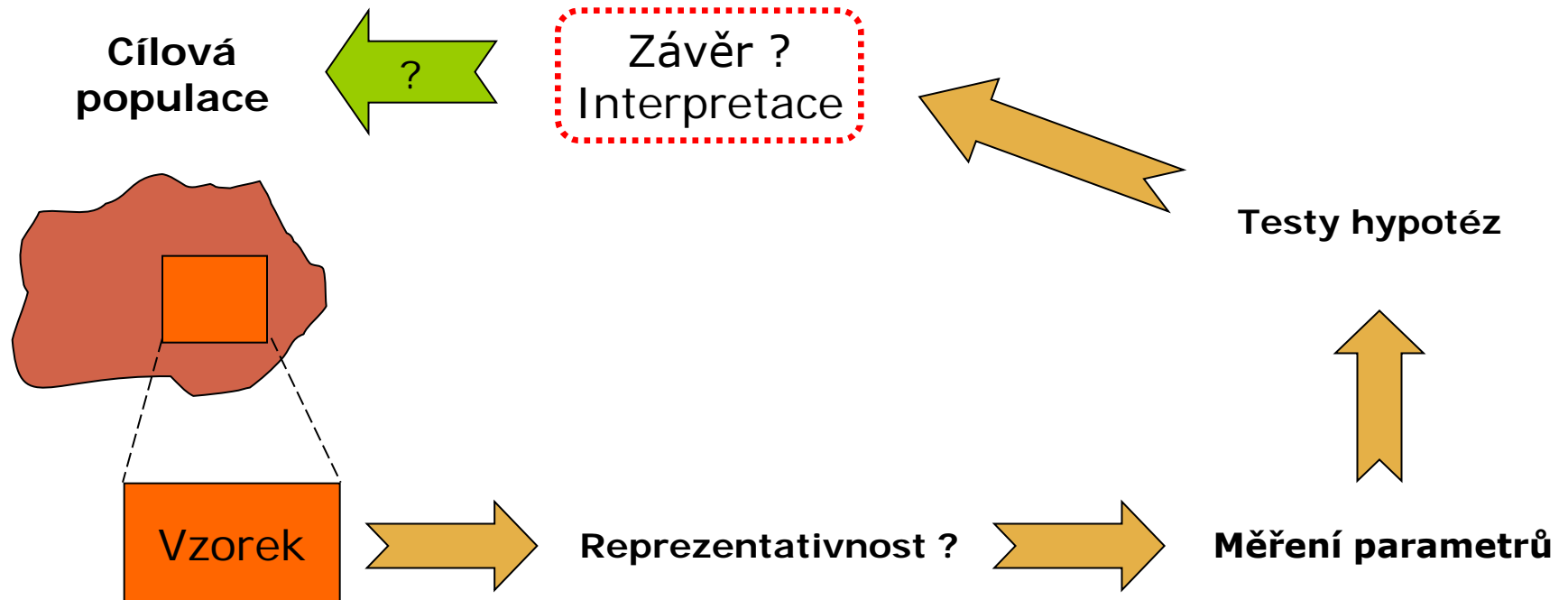
Statistika v průzkumném studiu



Princip testování hypotéz



- Formulace hypotézy
- Výběr cílové populace a z ní reprezentativního vzorku
- Měření sledovaných parametrů
- Použití odpovídajícího testu  závěr testu
- Interpretace výsledků



Statistické testování – základní pojmy



➤ **Nulová hypotéza H_0**

H_0 : sledovaný efekt je nulový

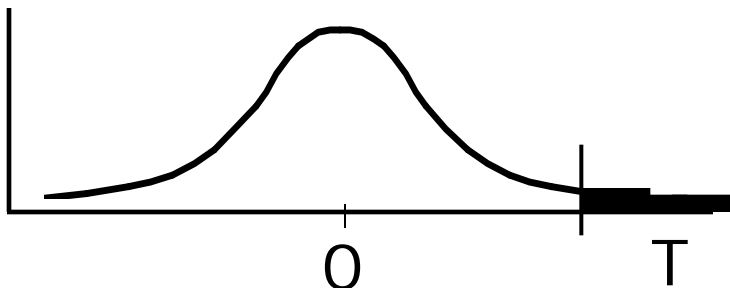
➤ **Alternativní hypotéza H_A**

H_A : sledovaný efekt je různý mezi skupinami

➤ **Testová statistika**

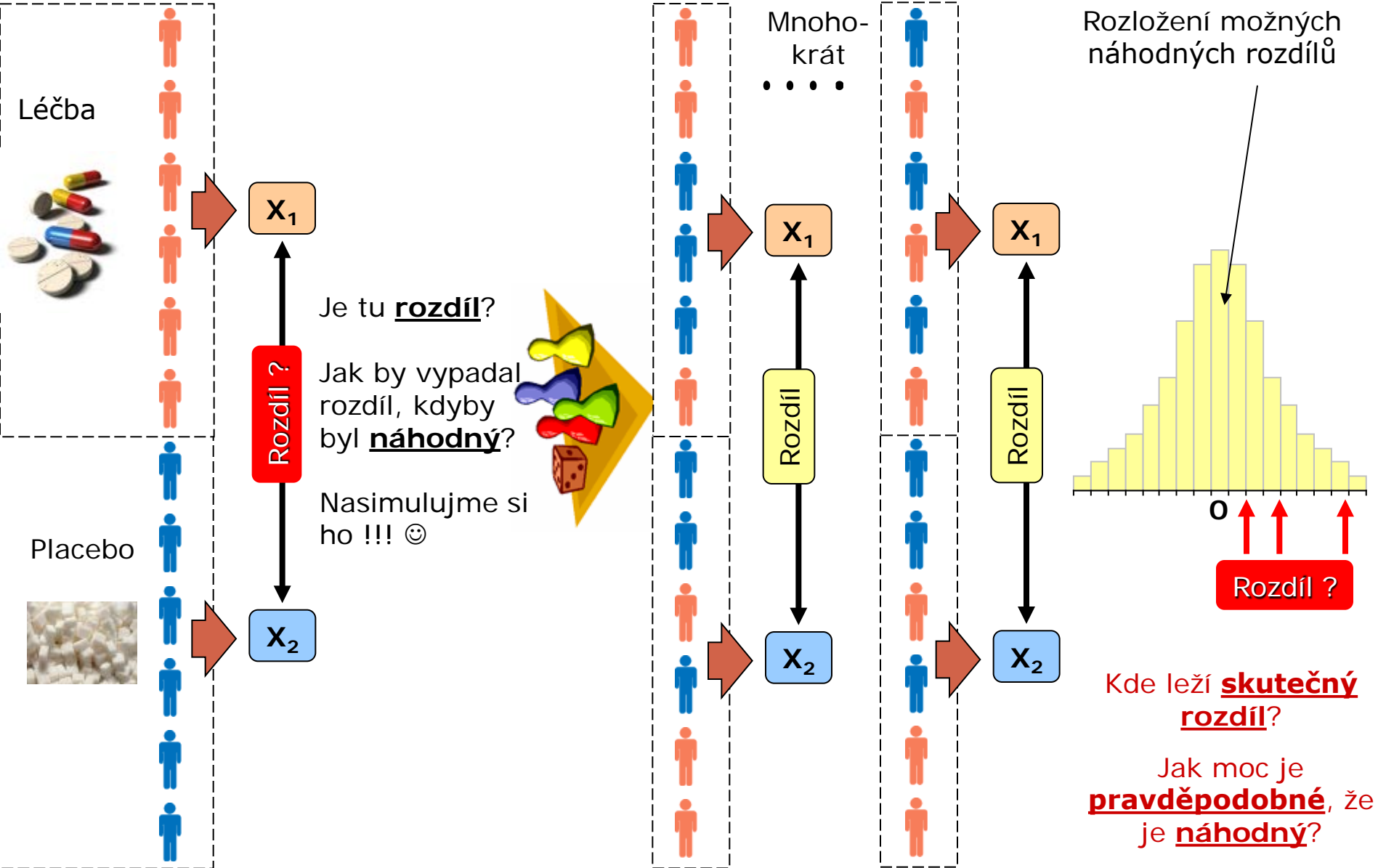
$$\text{Testová statistika} = \frac{\text{Pozorovaná hodnota} - \text{Očekávaná hodnota}}{\text{Variabilita dat}} \cdot \sqrt{\text{Velikost vzorku}}$$

➤ **Kritický obor testové statistiky**



Statistické testování odpovídá na otázku zda je pozorovaný rozdíl náhodný či nikoliv. K odpovědi na otázku je využít statistický model – testová statistika.

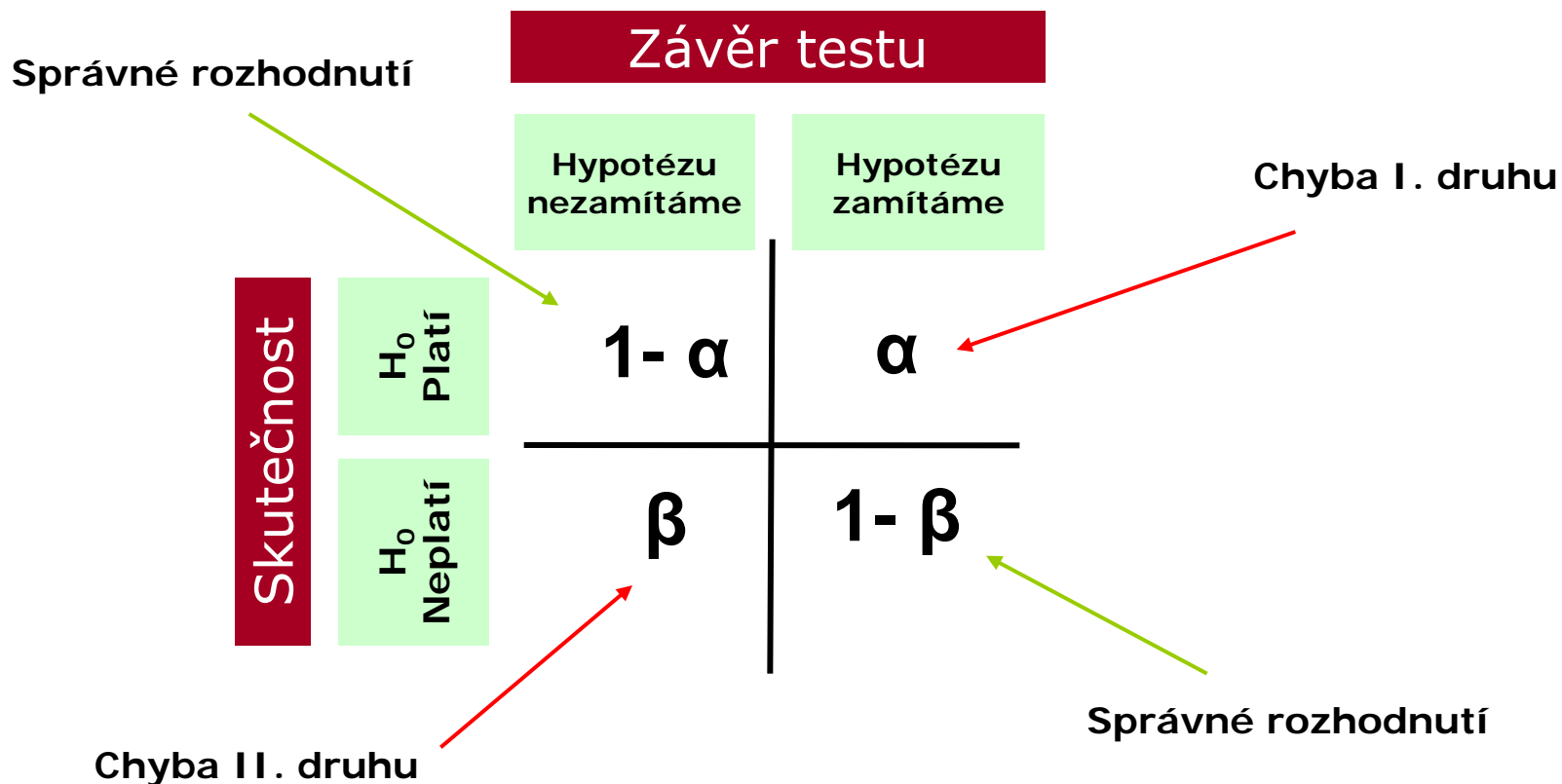
Co znamená náhodný rozdíl?



Možné chyby při testování hypotéz



- I přes dostatečnou velikost vzorku a kvalitní design experimentu se můžeme při rozhodnutí o zamítnutí/nezamítnutí nulové hypotézy dopustit chyby.

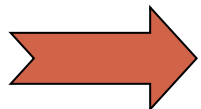


Význam chyb při testování hypotéz



Pravděpodobnost chyby 1. druhu

α



Pravděpodobnost nesprávného zamítnutí nulové hypotézy



Pravděpodobnost chyby 2. druhu

β



Pravděpodobnost nerozpoznání neplatné nulové hypotézy



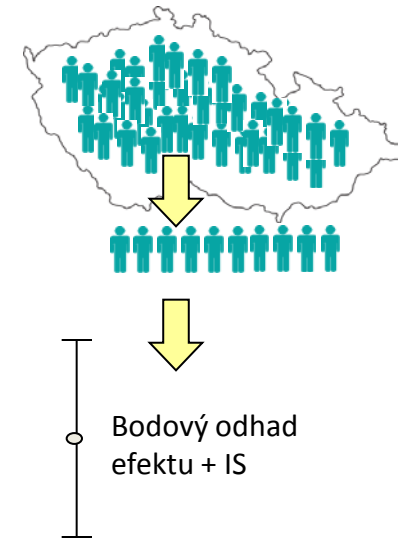
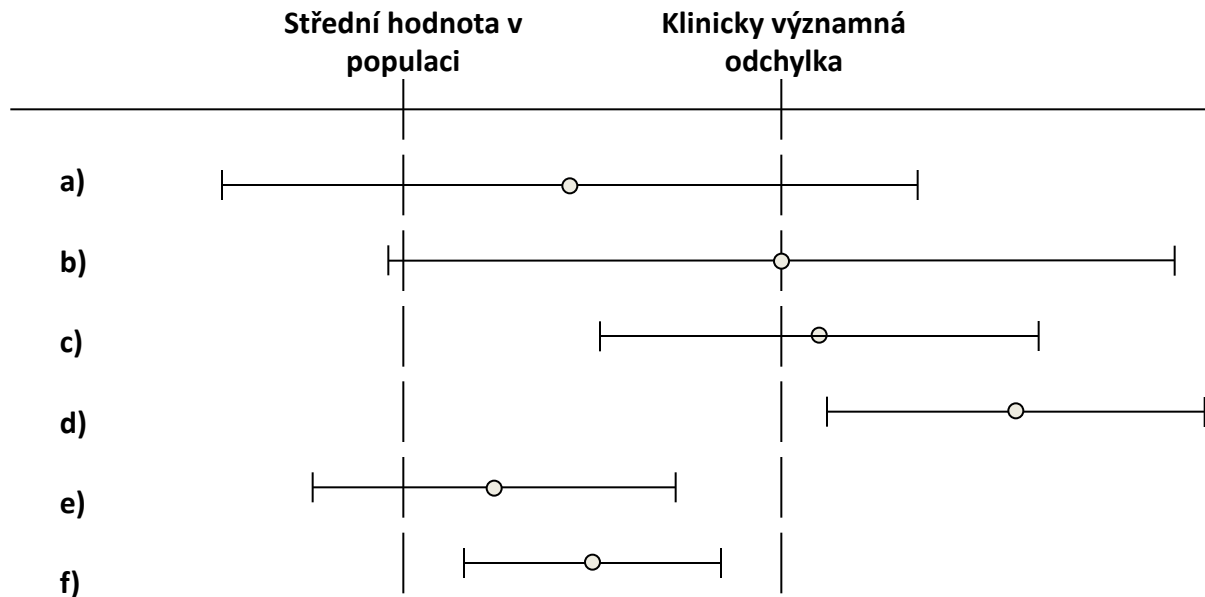
Síla testu

$1-\beta$



Pravděpodobnostně vyjádřená schopnost rozpoznat neplatnost hypotézy

Statistická vs. klinická významnost



Možnost	Statistická významnost	Klinická významnost
a)	ne	možná
b)	ne	možná
c)	ano	možná
d)	ano	ano
e)	ne	ne
f)	ano	ne



Parametrické vs. neparametrické testy



Parametrické testy

- Mají předpoklady o rozložení vstupujících dat (např. normální rozložení)
- Při stejném N a dodržení předpokladů mají vyšší sílu testu než testy neparametrické
- Pokud nejsou dodrženy předpoklady parametrických testů, potom jejich síla testu prudce klesá a výsledek testu může být zcela chybný a nesmyslný

Neparametrické testy

- Nemají předpoklady o rozložení vstupujících dat, lze je tedy použít i při asymetrickém rozložení, odlehlých hodnotách, či nedetekovatelném rozložení
- Snížená síla těchto testů je způsobena redukcí informační hodnoty původních dat, kdy neparametrické testy nevyužívají původní hodnoty, ale nejčastěji pouze jejich pořadí

One-sample vs. two sample testy



One – sample testy

- Srovnávají jeden vzorek (one sample, jednovýběrové testy) s referenční hodnotou (popřípadě se statistickým parametrem cílové populace)
- V testu je tedy srovnáváno rozložení hodnot (vzorek) s jediným číslem (referenční hodnota, hodnota cílové populace)
- Otázka položená v testu může být vztažena k průměru, rozptylu, podílu hodnot i dalším statistickým parametrům popisujícím vzorek

Two – sample testy

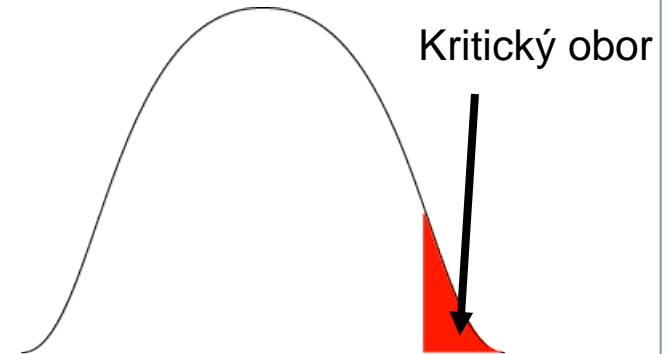
- Srovnávají navzájem dva vzorky (two sample, dvouvýběrové vzorky)
- V testu jsou srovnávány dvě rozložení hodnot
- Otázka položená v testu může být opět vztažena k průměru, rozptylu, podílu hodnot i dalším statistickým parametrům popisujícím vzorek
- Kromě testů pro dvě skupiny hodnot existují samozřejmě i testy pro více skupin dat

One-tailed vs. Two-tailed tests



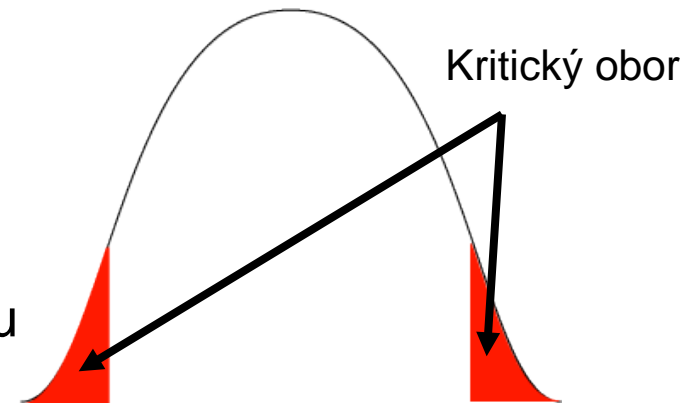
One – tailed testy

- Hypotéza testu je postavena asymetricky, tedy ptáme se na **větší než/ menší než**
- Test může mít pouze dvojí výstup – jedna z hodnot je větší (menší) než druhá a všechny ostatní případy



Two – tailed testy

- Hypotéza testu se ptá na otázku **rovná se/nerovná se**
- Test může mít trojí výstup – **menší - rovná se – větší než**
- Situace **nerovná se** je tedy souhrnem dvou možných výstupů testu (**menší+větší**)

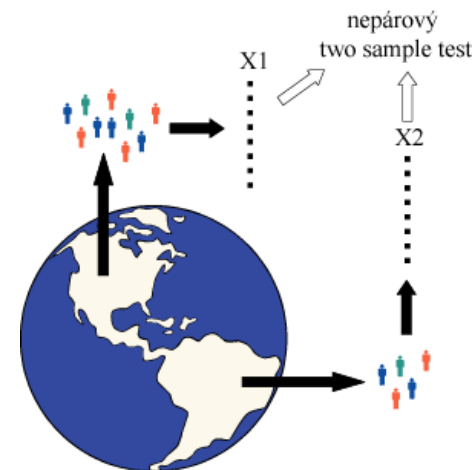


Nepárový vs. párový design



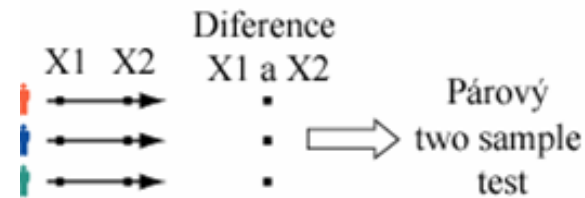
Nepárový design

- Skupiny srovnávaných dat jsou na sobě zcela nezávislé (též nezávislý, independent design), např. lidé z různých zemí, nezávislé skupiny pacientů s odlišnou léčbou atd.
- Při výpočtu je nezbytné brát v úvahu charakteristiky obou skupin dat



Párový design

- Mezi objekty v srovnávaných skupinách existuje vazba, daná např. člověkem před a po operaci, reakce stejného kmene krys atd.
- Vazba může být buď přímo dána nebo pouze předpokládána (v tom případě je nutné ji ověřit)
- Test je v podstatě prováděn na diferencích skupin, nikoliv na jejich původních datech



Statistické testy a normalita dat



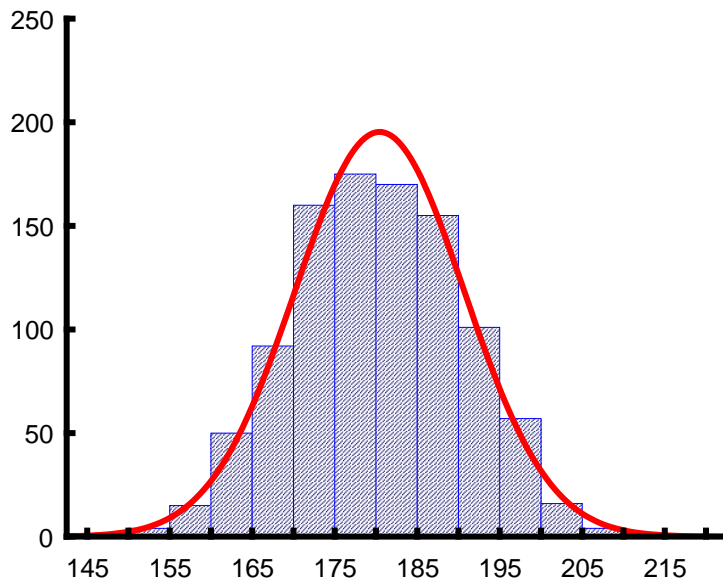
- Normalita dat je jedním z předpokladů tzv. parametrických testů (testů založených na předpokladu nějakého rozložení) – např. t -testy
- Pokud data nejsou normální, neodpovídají ani modelovému rozložení, které je použito pro výpočet (t -rozložení) a test tak může lhát
- Řešením je tedy:
 - Transformace dat za účelem dosažení normality jejich rozložení
 - Neparametrické testy – tyto testy nemají žádné předpoklady o rozložení dat

Typ srovnání	Parametrický test	Neparametrický test
2 skupiny dat nepárově:	Nepárový t -test	Mann Whitney test
2 skupiny dat párově:	Párový t -test	Wilcoxon test, sign test
Více skupin nepárově:	ANOVA	Kruskal- Wallis test
Korelace:	Pearsonův koeficient	Spearmanův koeficient

Testy normality



- Testy normality pracují s nulovou hypotézou, že není rozdíl mezi zpracovávaným rozložením a normálním rozložením. Vždy je ovšem dobré prohlédnout si i histogram, protože některé odchylky od normality, např. bimodalitu některé testy neodhalí.



•Test dobré shody

V testu dobré shody jsou data rozdělena do kategorií (obdobně jako při tvorbě histogramu), tyto intervaly jsou normalizovány (převedeny na normální rozložení) a podle obecných vzorců normálního rozložení jsou k nim dopočítány očekávané hodnoty v intervalech, pokud by rozložení bylo normální. Pozorované normalizované četnosti jsou poté srovnány s očekávanými četnostmi pomocí χ^2 testu dobré shody. Test dává dobré výsledky, ale je náročný na n , tedy množství dat, aby bylo možné vytvořit dostatečný počet tříd hodnot.

•Kolmogorov Smirnov test

Tento test je často používán, dokáže dobře najít odlehlé hodnoty, ale počítá spíše se symetrií hodnot než přímo s normalitou. Jde o neparametrický test pro srovnání rozdílu dvou rozložení. Je založen na zjištění rozdílu mezi reálným kumulativním rozložením (vzorek) a teoretickým kumulativním rozložením. Měl by být počítán pouze v případě, že známe průměr a směrodatnou odchylku hypotetického rozložení, pokud tyto hodnoty neznáme, měla by být použita jeho modifikace – Lilieforsův test.

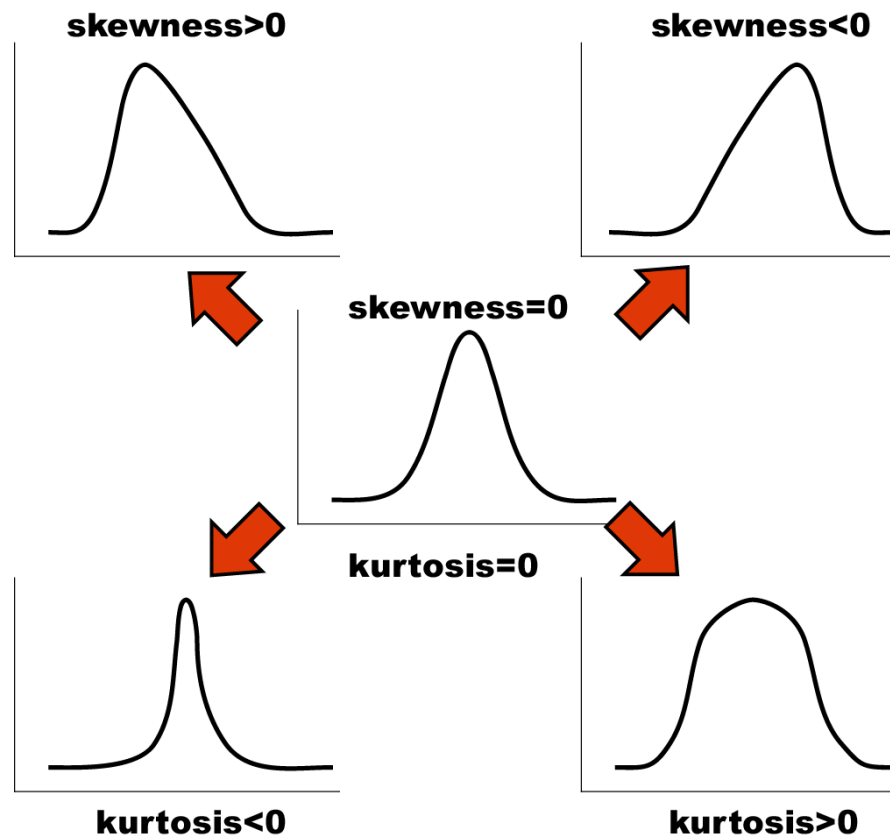
•Shapiro-Wilk`s test

Jde o neparametrický test použitelný i při velmi malých n (10) s dobrou silou testu, zvláště ve srovnání s alternativními typy testů, je zaměřen na testování symetrie.

Šikmost a špičatost jako testy normality



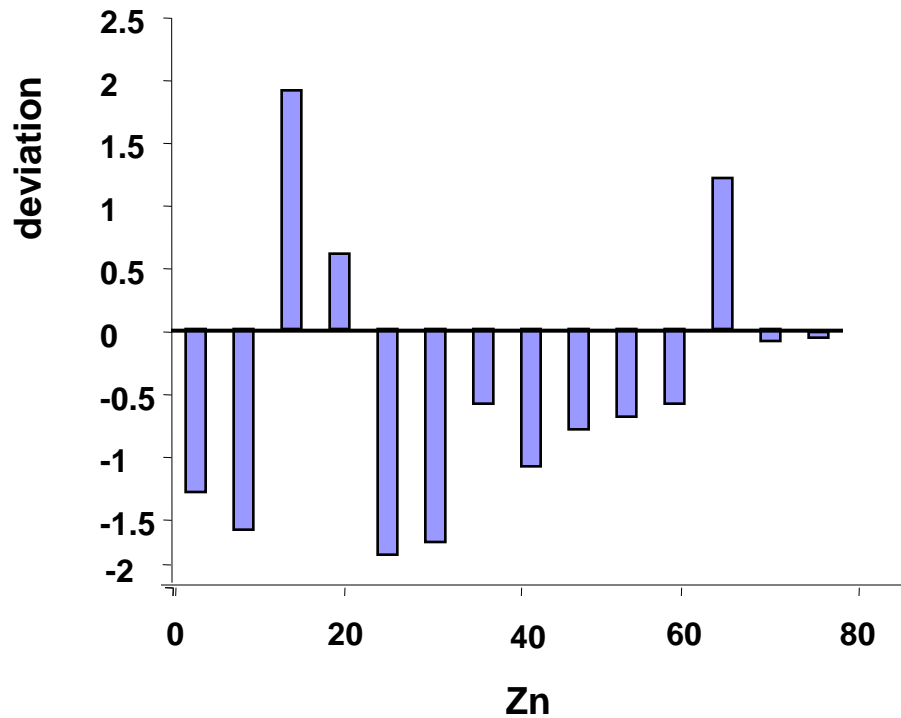
- Parametry normálního rozložení, skewness a kurtosis mohou být využity pro testování normality, ale pouze pro velké vzorky (šikmost – 100, špičatost – 500).



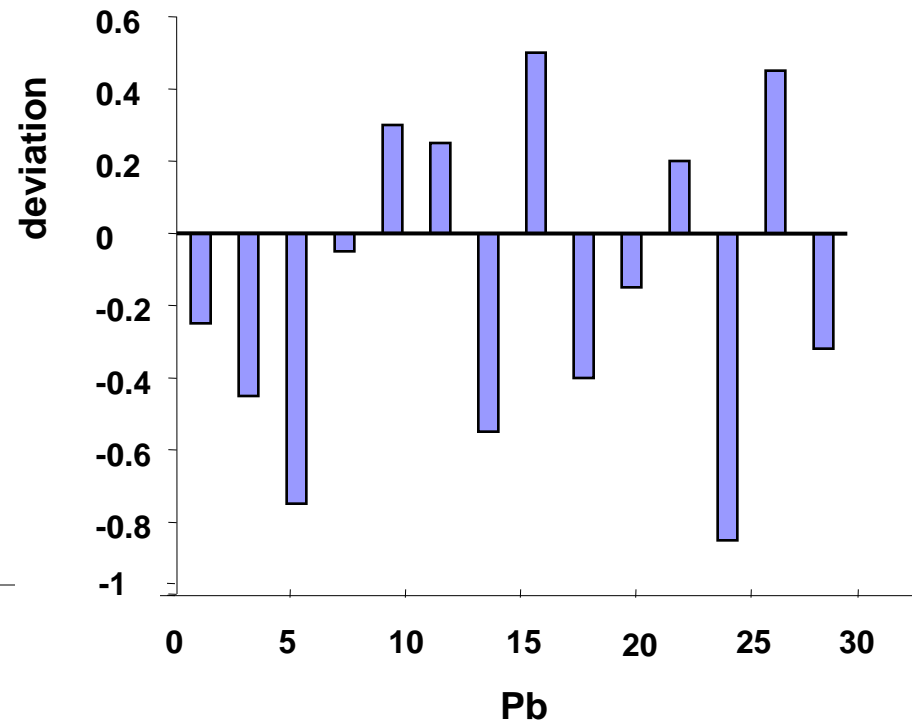
Grafická diagnostika normality



Rootgram



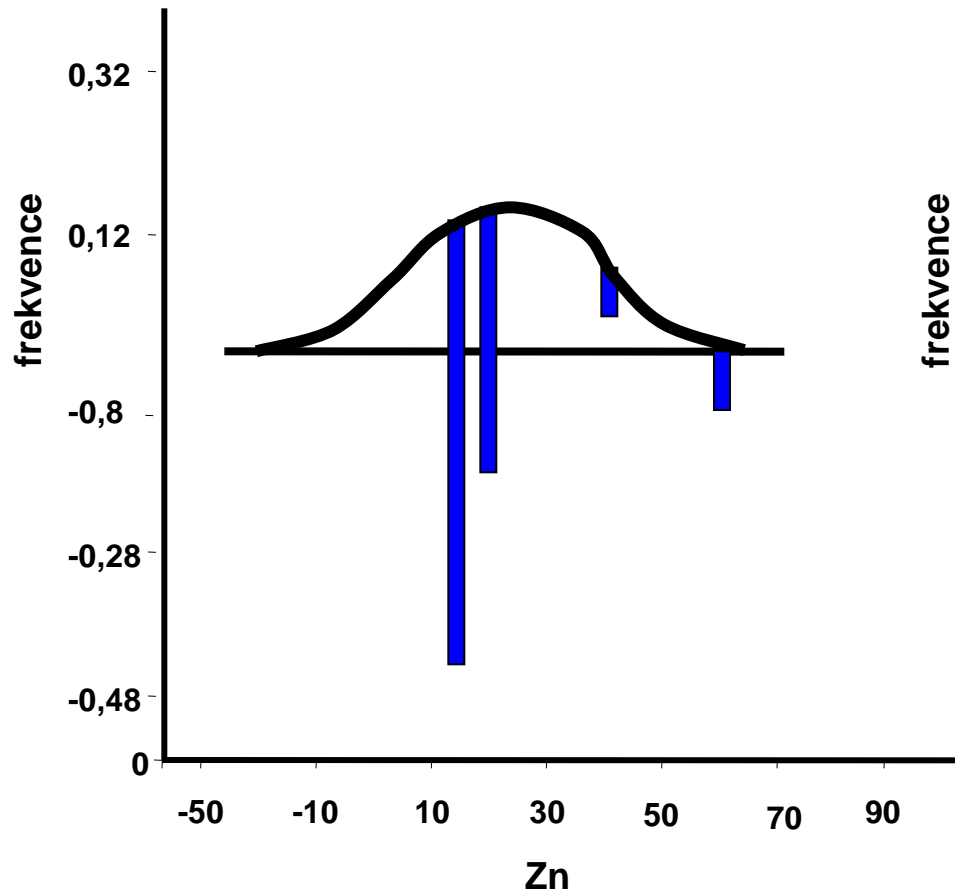
Rootgram



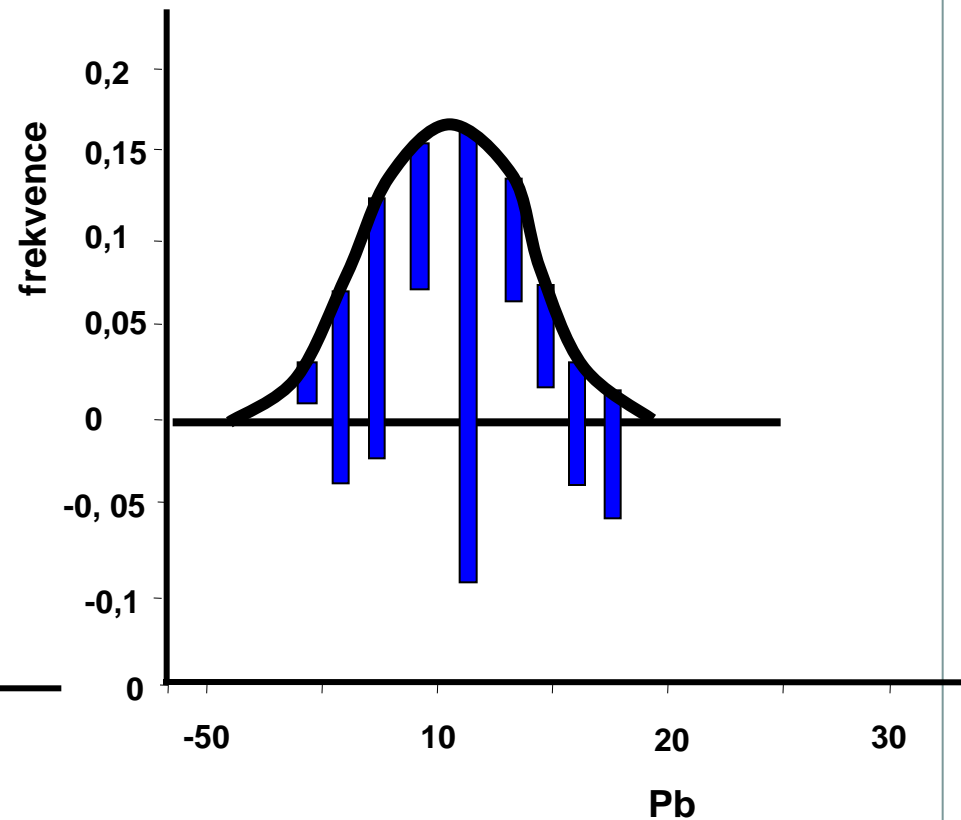
Grafická diagnostika normality



Hanging Histobars.



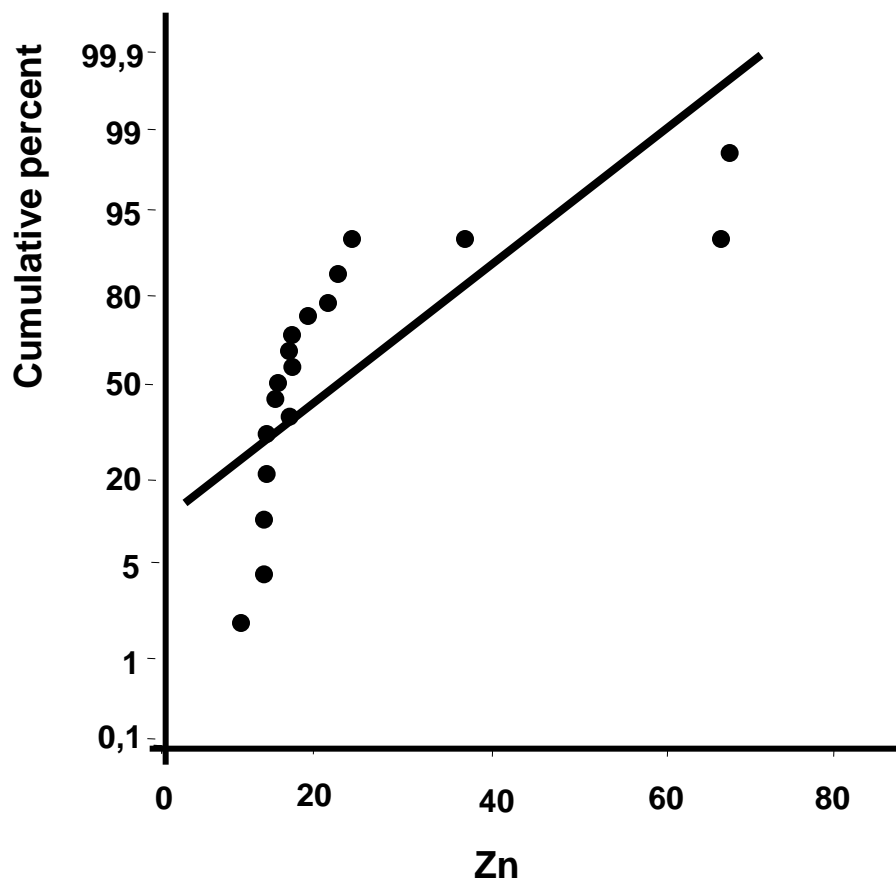
Hanging Histobars.



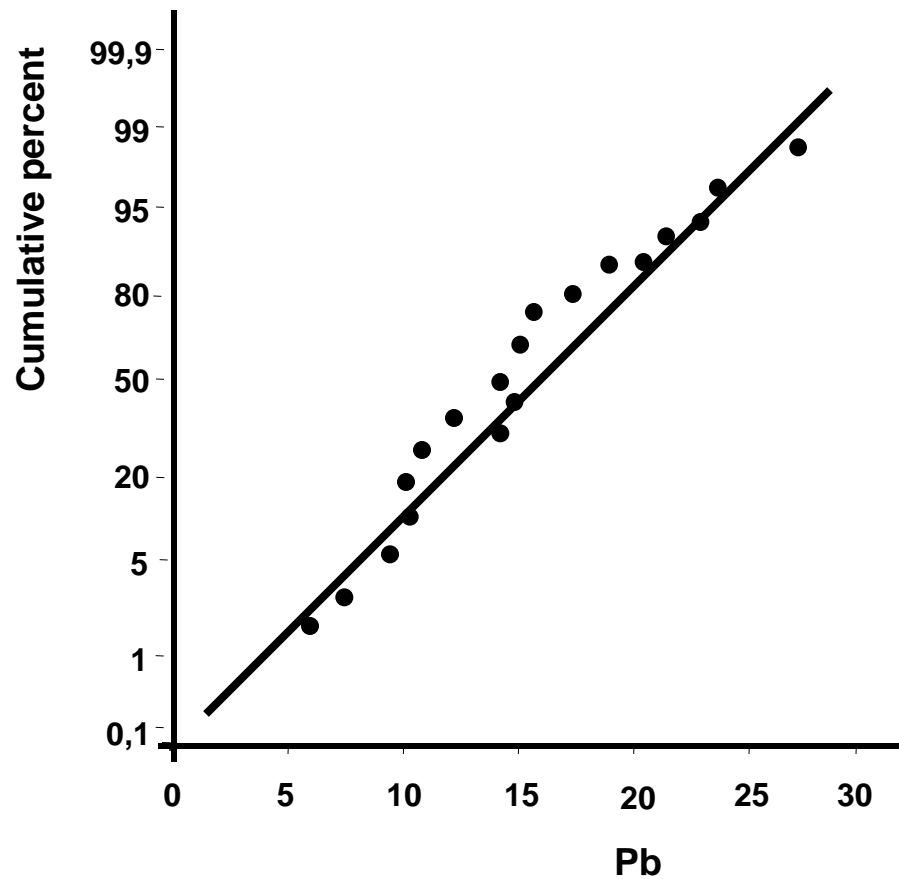
Grafická diagnostika normality



Normal Probability Plot



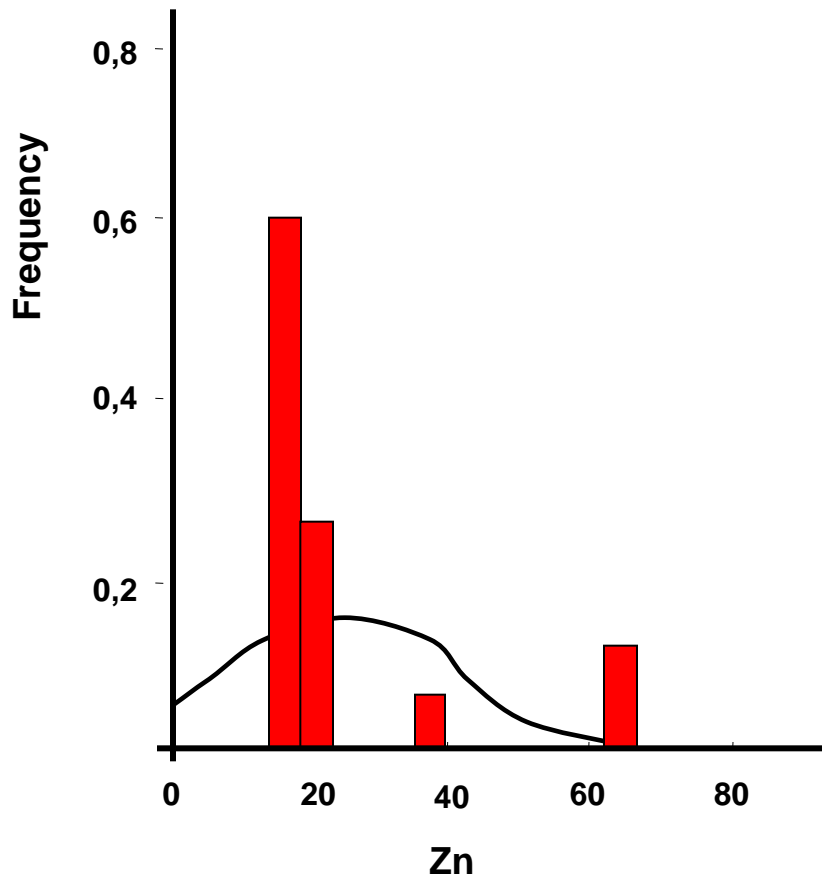
Normal Probability Plot



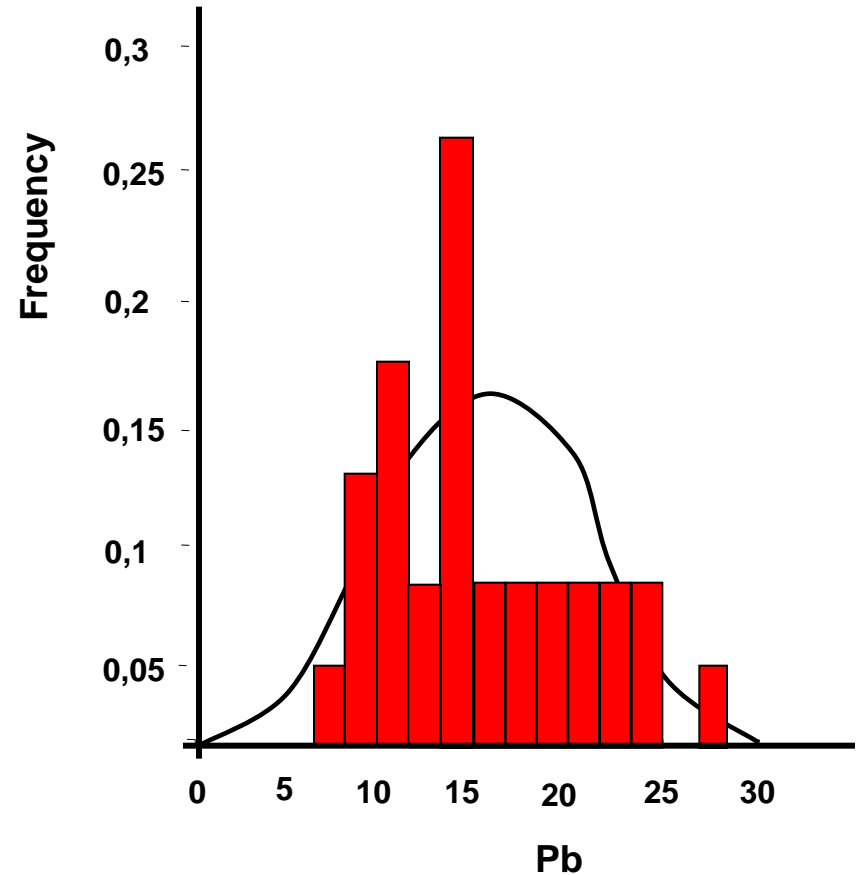
Grafická diagnostika normality



Frequency Histogram



Frequency Histogram



X. Statistické testy o parametrech jednoho výběrů



Jednovýběrový t-test
Jednovýběrový test rozptylu

Anotace

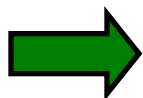


- Jednovýběrové statistické testy srovnávají některou popisnou statistiku vzorku (průměr, směrodatnou odchylku) s jediným číslem, jehož význam je ze statistické hlediska hodnota cílové populace
- Z hlediska statistické teorie jde o ověření, zda daný vzorek pochází z testované cílové populace.

“One sample“ testy I



V případě one sample testů jde o srovnání výběru dat (tedy one sample) s cílovou populací. Pro parametrické testy musí mít datový soubor normální rozložení.



Průměr – cílová vs. výběrová populace

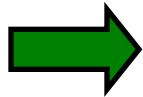
$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s} \sqrt{n}$$

H_0	H_A	Testová statistika	Interval spolehlivosti
$\bar{x} \leq \mu$	$\bar{x} > \mu$	t	$t > t_{1-\alpha}^{(n-1)}$
$\bar{x} \geq \mu$	$\bar{x} < \mu$	t	$t < t_{\alpha}^{(n-1)}$
$\bar{x} = \mu$	$\bar{x} \neq \mu$	t	$ t > t_{1-\alpha/2}^{(n-1)}$

“One sample“ testy II



V případě one sample testů jde o srovnání výběru dat (tedy one sample) s cílovou populací. Pro parametrické testy musí mít datový soubor normální rozložení.



Rozptyl – cílová vs. výběrová populace

$$\chi^2 = \frac{(n-1) \cdot s^2}{\sigma^2}$$

H_0	H_A	Testová statistika	Interval spolehlivosti
$s^2 \leq \sigma^2$	$s^2 > \sigma^2$	χ^2	$\chi^2 > \chi_{1-\alpha}^2 (n-1)$
$s^2 \geq \sigma^2$	$s^2 < \sigma^2$	χ^2	$\chi^2 < \chi_{\alpha}^2 (n-1)$
$s^2 = \sigma^2$	$s^2 \neq \sigma^2$	χ^2	$\chi^2 > \chi_{1-\alpha/2}^2$ nebo $\chi^2 < \chi_{\alpha/2}^2$

Srovnání odhadu průměru s předpokládanou hodnotou I



Koncentrace antibiotika v cílovém orgánu

Při 1000 měřeních antibiotika byla zjištěna v cílovém orgánu průměrná koncentrace 202,5 jednotek a směrodatná odchylka 44 jednotek.

Požadovaná koncentrace antibiotika je 200 jednotek.

- 1) Je daný rozdíl 2,5 významný vzhledem k variabilitě znaku na hladině významnosti 5%?
- 2) Jaká je skutečná hladina významnosti?

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s} \sqrt{n} = \frac{2,5}{44} \sqrt{1000} = 1,797$$

Srovnání odhadu průměru s předpokládanou hodnotou II



Aktivita enzymu v buňkách

Při zjišťování aktivity enzymu v buňkách na vzorku 25 měření byl zjištěn průměr 3,5 jednotek a směrodatná odchylka 1.

1. otázka zní, zda se naměřené hodnoty našeho vzorku liší od výsledků dřívější rozsáhlé studie zaměřené na celou cílovou populaci, kde byla zjištěna průměrná aktivita 2,5 jednotky?

H0: $x=\mu$ tedy two tailed test $t = \frac{\bar{x} - \mu}{s} \sqrt{n} = \frac{3,5 - 2,5}{1} \sqrt{25} = 5$



$t_{0,975}^{24} = 2,064 \rightarrow t > t_{1-\alpha/2}^{24} \rightarrow \text{H0 zamítnuta při } \alpha \leq 0,05$

od jiné hodnoty bychom zachytili při daných hodnotách?

2. otázka – jakou minimální odchylku X od jiné hodnoty bychom zachytili při daných hodnotách?

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s} \sqrt{n} = \frac{d}{s} \sqrt{n}$$



$$d = \frac{t_{1-\alpha/2}^v}{\sqrt{n}} s$$



$$d = \frac{2,064}{5} s$$

3. za předpokladu, že z praktického hlediska je významná odchylka již 0,2 jednotky, jaký minimální počet měření musíme provést, abychom ji byli schopni prokázat ?

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s} \sqrt{n} = \frac{d}{s} \sqrt{n}$$



$$n = \left(\frac{t_{1-\alpha/2}^v}{d} s \right)^2$$

XI. Statistické testy o parametrech dvou výběrů



Dvouvýběrový párový a nepárový t-test
Neparametrické alternativy t-testu

Anotace

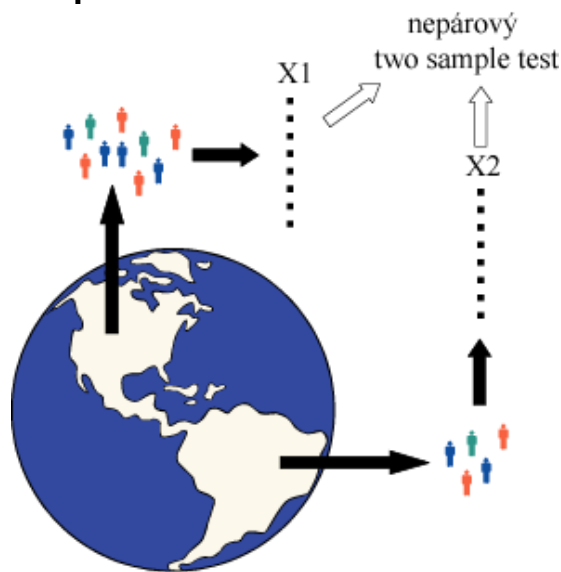


- Jedním z nejčastějších úkolů statistické analýzy dat je srovnání spojitých dat ve dvou skupinách pacientů. Na výběr je celá škála testů, výběr konkrétního testu se pak odvíjí od toho, zda je o srovnání párové nebo nepárové a zda je vhodné použít test parametrický (má předpoklady o rozložení dat) nebo neparametrický (nemá předpoklady o rozložení dat, nicméně má nižší vypovídací sílu).
- Nejznámějšími testy z této skupiny jsou tzv. t-testy používané pro srovnání průměrů dvou skupin hodnot

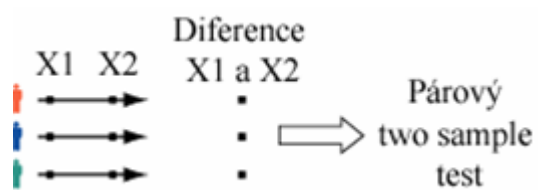
Dvouvýběrové testy: párové a nepárové I



- Při použití two sample testů srovnáváme spolu dvě rozložení. Jejich základním dělením je podle designu experimentu na testy párové a nepárové.

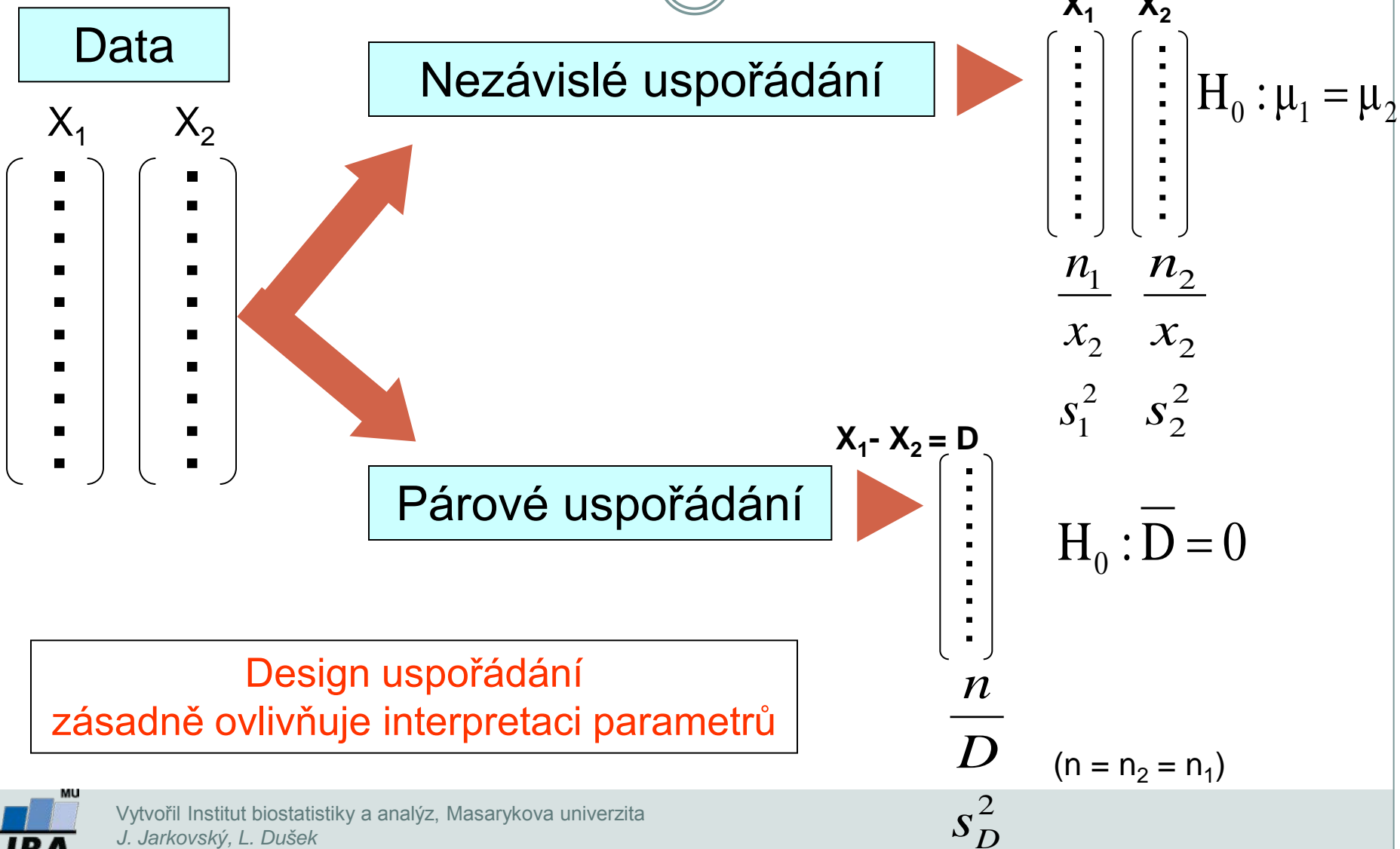


- Základním testem pro srovnání dvou nezávislých rozložení spojitých čísel je **nepárový two-sample t-test**



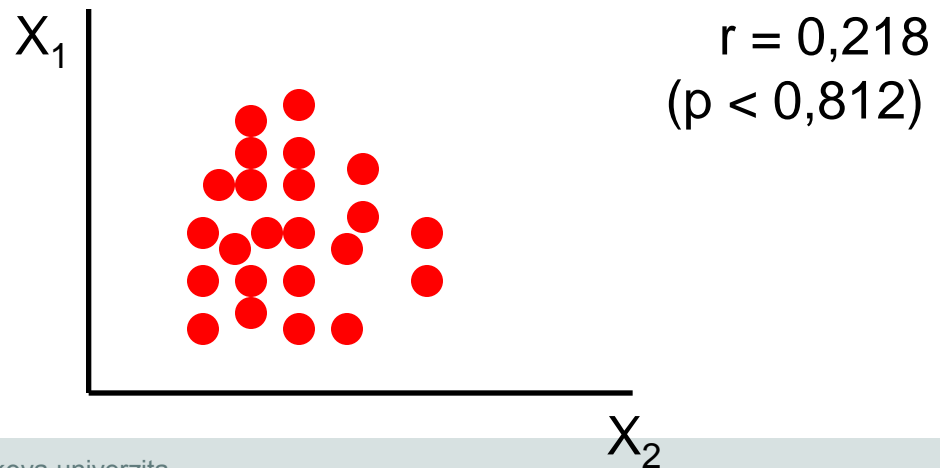
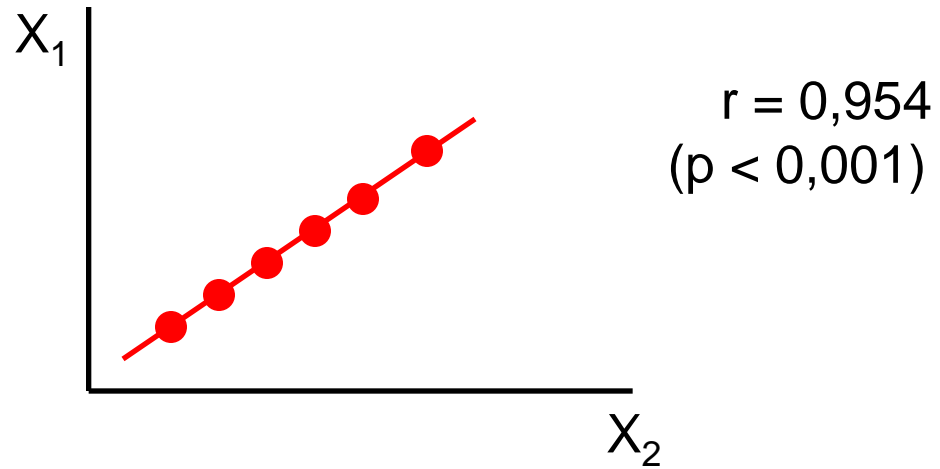
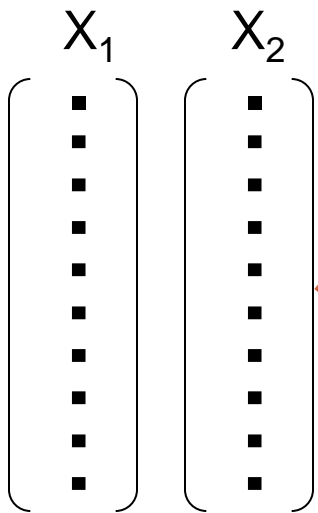
- Základním testem pro srovnání dvou závislých rozložení spojitých čísel je **párový two-sample t-test**

Dvouvýběrové testy: párové a nepárové II



Dvouvýběrové testy: párové a nepárové III

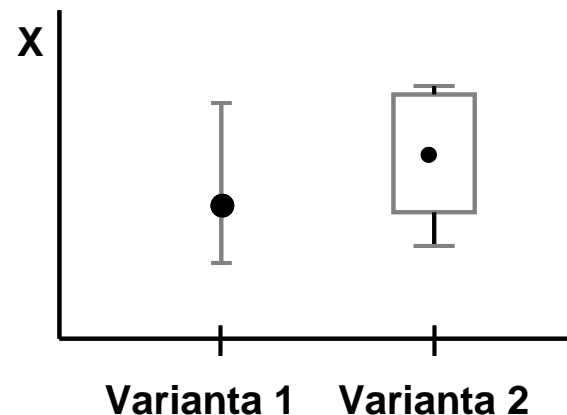
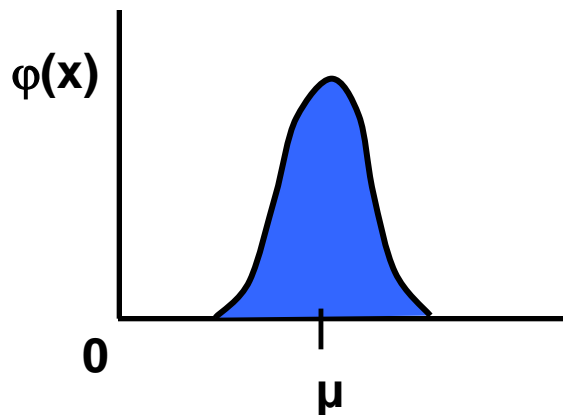
Identifikace párovitosti (Korelace, Kovariance)



Předpoklady nepárového dvouvýběrového t-testu



- Náhodný výběr subjektů jednotlivých skupin z jejich cílových populací
- Nezávislost obou srovnávaných vzorků
- Přibližně normální rozložení proměnné ve vzorcích, drobné odchylky od normality ovšem nejsou kritické, test je robustní proti drobným odchýlkám od tohoto předpokladu, normalita může být testována testy normality
- Rozptyl v obou vzorcích by měl být přibližně shodný (homoscedastic). Tento předpoklad je testován několika možnými testy – Levenův test nebo F-test.
- Vždy je vhodné prohlédnout histogramy proměnné v jednotlivých vzorcích pro okometrické srovnání a ověření předpokladů normality a homogenity rozptylu – nenahradí statistické testy, ale poskytne prvotní představu.



Nepárový dvouvýběrový t-test – výpočet I



1. nulová hypotéza: průměry obou skupin jsou shodné, alternativní hypotéza je, že nejsou shodné, two tailed test
2. prohlédnout průběh dat, průměr, medián apod. pro zjištění odchylek od normality a nehomogenita rozptylu, provést F –test

H_0	H_A	Testová statistika
$\sigma_1^2 \leq \sigma_2^2$	$\sigma_1^2 > \sigma_2^2$	$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$
$\sigma_1^2 \geq \sigma_2^2$	$\sigma_1^2 < \sigma_2^2$	$F = \frac{s_2^2}{s_1^2}$
$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	$\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$	$F = \frac{\max(s_1^2; s_2^2)}{\min(s_1^2; s_2^2)}$

F-test pro srovnání dvou výběrových rozptylů

- Používá se pro srovnání rozptylu dvou skupin hodnot, často za účelem ověření homogenity rozptylu těchto skupin dat.

- V případě ověření homogenity je testována hypotéza shody rozptylů (two tailed); v případě shodných rozptylů je vše v pořádku a je možné pokračovat ve výpočtu t-testu, v opačném případě není vhodné test počítat.

Nepárový dvouvýběrový t-test – výpočet II



3. Výpočet testové statistiky (stupně volnosti jsou $\nu = n_1 + n_2 - 2$):

$$t = \frac{\text{Rozdíl}_{\text{průmě}}}{SE(\text{rozdílprůměrů})} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$s^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad \text{vážený odhad rozptylu}$$

4. výsledné t srovnáme s tabulární hodnotou t pro dané stupně volnosti a α (obvykle $\alpha=0,05$)
5. Lze spočítat interval spolehlivosti pro rozdíl průměrů (např. 95%), počet stupňů volnosti a s^2 odpovídají předchozím vzorcům

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \pm t_{0,975} SE(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \pm t_{0,975} \sqrt{s^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$

Dvouvýběrový t-test - příklad



Průměrná hmotnost ovcí v čase páření byla srovnávána pro kontrolní skupinu a skupinu krmnou zvýšenou dávkou potravy. Kontrolní skupina obsahuje 30 ovcí, skupina se zvýšeným příjmem potravy pak 24 ovcí.

- Vlastní experiment byl prováděn tak, že na začátku máme 54 ovcí (ideálně stejného plemene, stejně staré atd.), které náhodně rozdělíme do dvou skupin (náhodné rozdělování objektů do pokusných skupin je objektem celého specializovaného odvětví statistiky nazývaného randomizace). Poté co experiment proběhne, musíme nejprve ověřit teoretický předpoklad pro využití nepárového t-testu. Pro obě proměnné jsou vykresleny grafy (můžeme též spočítat základní popisnou statistiku), na kterých můžeme posoudit normalitu a homogenitu rozptylu, kromě okometrického pohledu můžeme pro ověření normality použít testy normality, pro ověření homogenity rozptylu pak F-test
- Pokud platí všechny předpoklady Two sample nepárového t-testu, můžeme spočítat testovou charakteristiku, výsledné t je 2,43 s 52 stupni volnosti, podle tabulek je $t_{0,975(52)} = 2,01$, tedy $t > t_{0,975(52)}$ a nulovou hypotézu můžeme zamítnout, skutečná pravděpodobnost je pak 0,018. Rozdíl mezi skupinami je 1,59 kg ve prospěch skupiny s lepší výživou.

$$t = \frac{\text{Rozdíl} - \text{průrůmě}}{SE(\text{rozdílprůo ěrů})} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad s^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad \nu = n_1 + n_2 - 2$$

- Pro rozdíl mezi oběma soubory jsou počítány 95% konfidenční intervaly jako $1,59 \pm 2,01 \cdot (0,655)$ kg, což odpovídá rozsahu 0,28 až 2,91 kg. To, že konfidenční interval nezahrnuje 0 je dalším potvrzením, že mezi skupinami je významný rozdíl – jde o další způsob testování významnosti rozdílů mezi skupinami dat – nulovou hypotézu o tom, že rozdíl průměrů dvou skupin dat je roven nějaké hodnotě zamítáme v případě, kdy 95% konfidenční interval rozdílu nezahrnuje tuto hodnotu (v tomto případě 0).

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \pm t_{0,975} SE(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \pm t_{0,975} \sqrt{s^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$

Neparametrické alternativy nepárového t-testu



X1	X2	ALL	Rank ALL	X1 rank	X2 rank
27	25	25	5	6	5
35	29	29	7,5	11	7,5
38	31	31	9	13	9
37	23	23	4	12	4
39	18	18	2	14	2
29	17	17	1	7,5	1
41	32	32	10	15	10
	19	19	3		3
		27	6		
		35	11		
		38	13		
		37	12		
		39	14		
		29	7,5		
		41	15		

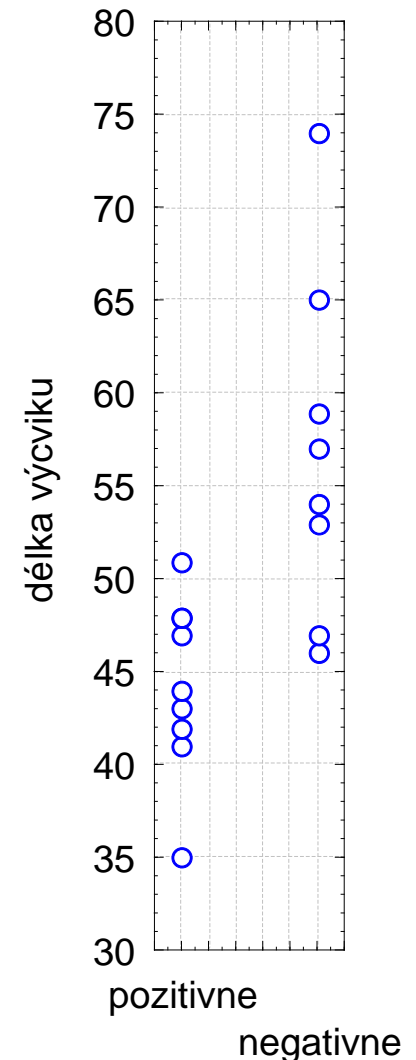
Mann Whitney U-test

- Stejně jako řada jiných neparametrických testů počítá i tento test s pořadím dat v souborech namísto s originálními daty. Jde o neparametrickou obdobu nepárového t-testu a z těchto neparametrických testů má nejvyšší sílu testu (95% párového t-testu).
- V případě Mann-Whitney testu jsou nejprve čísla obou souborů sloučena a je vytvořeno jejich pořadí v tomto sloučeném souboru, pak jsou hodnoty vráceny do původních souborů a nadále se pracuje již jen s jejich pořadím.
- Pro oba soubory je tedy vytvořen součet pořadí a menší z obou součtů je porovnán s kritickou hodnotou testu, pokud je tato hodnota menší než kritická hodnota testu, zamítáme nulovou hypotézu shody distribučních funkcí obou skupin.
- Podobným způsobem je počítán i **Wilcoxon rank sum test** (pozor, existuje ještě Wilcoxonův párový test!!!)

Mann – Whitney U test - příklad



- 17 štěňat bylo trénováno v chození na záchod metodou pozitivního posilování (pochvala, když jde na záchod venku) nebo negativního (trest, když jde na záchod doma). Jako parametr bylo měřeno, za kolik dní je štěně vycvičeno.
- nulová hypotéza je, že není rozdíl v metodách tréninku, tedy, že oběma metodami je štěně vycvičeno za stejnou dobu.
- po srovnání rozložení + malý počet hodnot je vhodné použít neparametrický test
- je vytvořeno pořadí sloučených hodnot
- pořadí hodnot v jednotlivých skupinách dat je sečteno a menší ze součtů je použit pro srovnání s kritickou hodnotou testu
- výsledkem testu je $p < \alpha$, nulovou hypotézu tedy zamítáme a výsledkem testu je, že pozitivní působení při výcviku štěňat dává lepší výsledky



Párové dvouvýběrové testy – předpoklady



- Skupiny dat jsou spojeny přes objekt měření, příkladem může být měření parametrů pacienta před léčbou a po léčbě (nemusí jít přímo o stejný objekt, dalším příkladem mohou být např. krysy ze stejné linie).
- Oba soubory musí mít shodný počet hodnot, protože všechna měření v jednom souboru musí být spárována s měřením v druhém souboru. Při vlastním výpočtu se potom počítá se změnou hodnot (diferencí) subjektů v obou souborech.
- Před párovým testem je vhodné ověřit si zda existuje vazba mezi oběma skupinami – vynesení do grafu, korelace.

Existuje několik možných designů experimentu, stručně lze sumarizovat:

1. pokus je párový a jako párový se projeví
2. párové provedení pokusu – párově se neprojeví
 - možná párovost není
 - špatně provedený pokus – malé n , velká variabilita, špatný výběr jedinců
3. čekali jsme nezávislé a jsou
4. čekali jsem nezávislé a nejsou
 - vazba
 - náhoda

Párový dvouvýběrový t-test



- Tento test nemá žádné předpoklady o rozložení vstupních dat, protože je počítán až na základě jejich diferencí.
- Tyto diference by měly být normálně rozloženy a otázkou v párovém t-testu je, zda se průměrná hodnota diferencí rovná nějakému číslu, typicky jde o srovnání s nulou jako důkaz neexistence změny mezi oběma spárovanými skupinami.
- V podstatě jde o one sample t-test, kde místo rozdílu průměru vzorku a cílové populace je uveden průměr diferencí a srovnávané číslo (0 v případě otázky, zda není rozdíl mezi vzorky).

- Pro srovnání s 0 (testovou statistikou je t rozložení):
$$t = \frac{\bar{D}}{s} \sqrt{n} \quad \nu = n - 1$$

- Někdy je obtížné rozhodnout, zda jde nebo nejde o párové uspořádání, párový test by měl být použit pouze v případě, že můžeme potvrdit vazbu (korelace, vynesení do grafu), jedním z důvodů proč toto ověřovat je fakt, že v případě párového t-testu není nutné brát ohled na variabilitu původních dvou souborů, tento předpoklad však platí pouze v případě vazby mezi proměnnými. Výpočet obou typů testů se vlastně liší v použité s , jednou jde o s diferencí, v druhém případě o složený odhad rozptylu obou souborů.
- Zda je párové uspořádání efektivnější lze určit na základě:
 - Síly vazby
 - Je-li s_D výrazně menší než $s_{x_1-x_2}$

- Závislost je možné rozepsat pomocí vzorce:
$$s_D^2 \cong \sigma_{x_1}^2 + \sigma_{x_2}^2 - 2Cov(x_1; x_2)$$

- v případě $Cov=0$, tedy v případě neexistence vazby pak s_D^2 odpovídá součtu původních rozptylů, tedy přibližně $S_{x_1-x_2}$.

Párový dvouvýběrový t-test – příklad

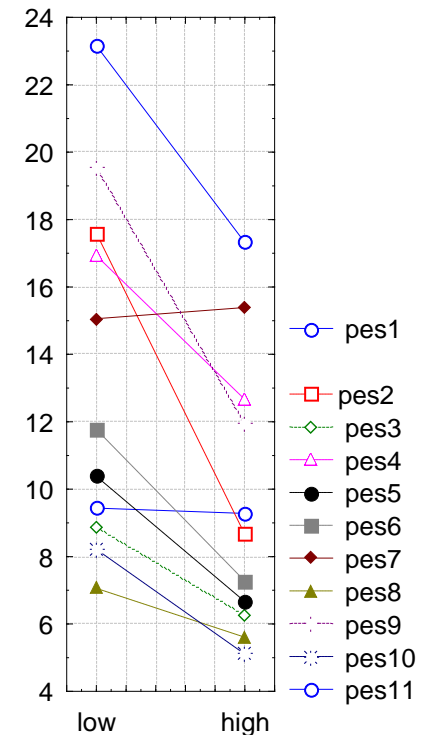


Byl prováděn pokus s dietou 11 diabetických psů, každý pes byl vystaven dvěma dietám s odlišným typem sacharidů (snadno vstřebatelné X pozvolna se rozkládající na glukózu), hodnoty krevní glukózy v průběhu jednotlivých diet mají být srovnány pro zjištění vlivu diety na hladinu krevní glukózy. Protože každý pes absolvoval obě diety, jde o párové uspořádání, kdy výsledky hodnoty v obou pokusech jsou spojeny přes pokusné zvíře.

1. Nulová hypotéza zní, že skutečný průměrný rozdíl mezi oběma dietami je 0, alternativní hypotéza zní, že to není 0.
2. Pro každého psa je spočítán rozdíl mezi jeho hladinou glukózy při obou dietách a měly by být ověřeny předpoklady pro one sample t-test – tedy alespoň přibližně normální rozložení.
3. Je spočítána testová charakteristika, výpočet vlastně probíhá jako one-sample t-test, kde je zjišťována významnost průměru diferencí obou souborů jako rozdíl mezi touto hodnotou a nulou (nula je hodnota, kterou by průměrná diference měla nabývat, pokud platí nulová hypotéza). $T=4.37$ s 10 stupni volnosti, skutečná hodnota $p=0,0014$ a tedy na hladině $p=0,05$ můžeme nulovou hypotézu zamítnout

$$t = \frac{\text{rozdíl}_\text{průměru}_\text{vzorku}_\text{a}_\text{populace}}{SE(\text{průměru})} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{\bar{x} - \mu}{s} \sqrt{n}$$

4. Závěrem můžeme říci, že nulová hypotéza neexistence rozdílu mezi oběma dietami byla zamítnuta, což znamená, že high-fibre dieta má významný vliv na snížení hladiny krevní glukózy.



Neparametrická obdoba párového t-testu



Wilcoxon test

- Jsou vytvořeny diference mezi soubory, je vytvořeno jejich pořadí bez ohledu na znaménko a poté je sečteno pořadí kladných a pořadí záporných rozdílů. Menší z těchto dvou hodnot je srovnána s kritickou hodnotou testu a pokud je menší než kritická hodnota testu, pak zamítáme hypotézu shody obou souborů hodnot. Pro test existuje aproximace na normální rozložení, ale pouze pro velká $n > 25$.

$$t = \frac{\text{Menší_suma_diferencí} - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}$$

Před zásahem	Po zásahu	Změna	Absolutní pořadí
6	2	4	10
2,5	3	-0,5	1,5
6,3	5	1,3	6
8,1	9	-0,9	5
1,5	2	-0,5	1,5
3,4	4	-0,6	3
2,5	1	1,5	8
1,11	2	0,89	4
2,6	4	-1,4	7
1	3	-2	9

Wilcoxonův test – příklad I



člověk	A	B	diference	pořadí
1	142	138	4	4,5
2	140	136	4	4,5
3	144	147	-3	3
4	144	139	5	7
5	142	143	-1	1
6	146	141	5	7
7	149	143	6	9,5
8	150	145	5	7
9	142	136	6	9,5
10	148	146	2	2

A.....parametr krve před podáním léku

B.....parametr krve po podání léku

W_+ ©pořadí kladných rozdílů = 51

W_- = 4

$W = \min(W_+; W_-) = 4$
počet párů = n = 10

Pokud je **W** menší než kritická hodnota testu, pak zamítáme hypotézu shody distribučních funkcí obou skupin.

Wilcoxonův test – příklad II



Byla testována nová dieta pro laboratorní krysy, při pokusu byl zjišťován její vliv na různých liniích krysy, bylo proto zvoleno párové uspořádání kdy krysy v obou dietách jsou spojeny přes svoji linii, tj. na začátku byly dvojice krysy stejné linie, jedna z nich byla náhodně přiřazena k dietě, druhá z dvojice pak do druhé diety.

1. nulová hypotéza je, že váha krysy není ovlivněna použitou dietou, alternativní, že ovlivnění dietou existuje
2. spočítáme difference – tyto difference jsou nenormální a proto je vhodné využít neparametrický test
3. Spočítáme sumu pořadí kladných a záporných diferencí, zde je menší suma záporných diferencí – 31
4. výsledkem výpočtu je $p > 0,05$ a tedy nemáme dostatečné důkazy pro zamítnutí nulové hypotézy, nelze říci, že by nová dieta byla efektivnější než stará
5. pro doplnění výsledků je vhodné zjistit také skutečnou velikost rozdílu hmotností ve skupinách, např. ve formě mediánu

Znaménkový test – příklad I



Párově uspořádaný experiment pro nominální data

I. Dva preparáty, každý na 1/2 listu

- sledovaná veličina: počet skvrn (hodnoceno pouze jako rozdíl)

	Počet skvrn									
A	V	V	M	V	V	M	M	V	V	V
B	M	M	V	M	M	V	V	M	M	M

V = větší, M = menší

n = 10 listů s rozdílnými výsledky

jeví → A je větší: + $n_+ = 7$

jeví → B je menší: - $n_- = 3$

$$\min(n_+, n_-) = 3$$

II. dvě protilátky z různých zdrojů (A;B)

- aplikované na vzorek s antigenem

n = 10

A	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-
B	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-

n – nenulových rozdílů: 6 → A: $n_+ = 4$

→ A: $n_- = 2$

$$\min(n_+, n_-) = 2$$

Znaménkový test – příklady II



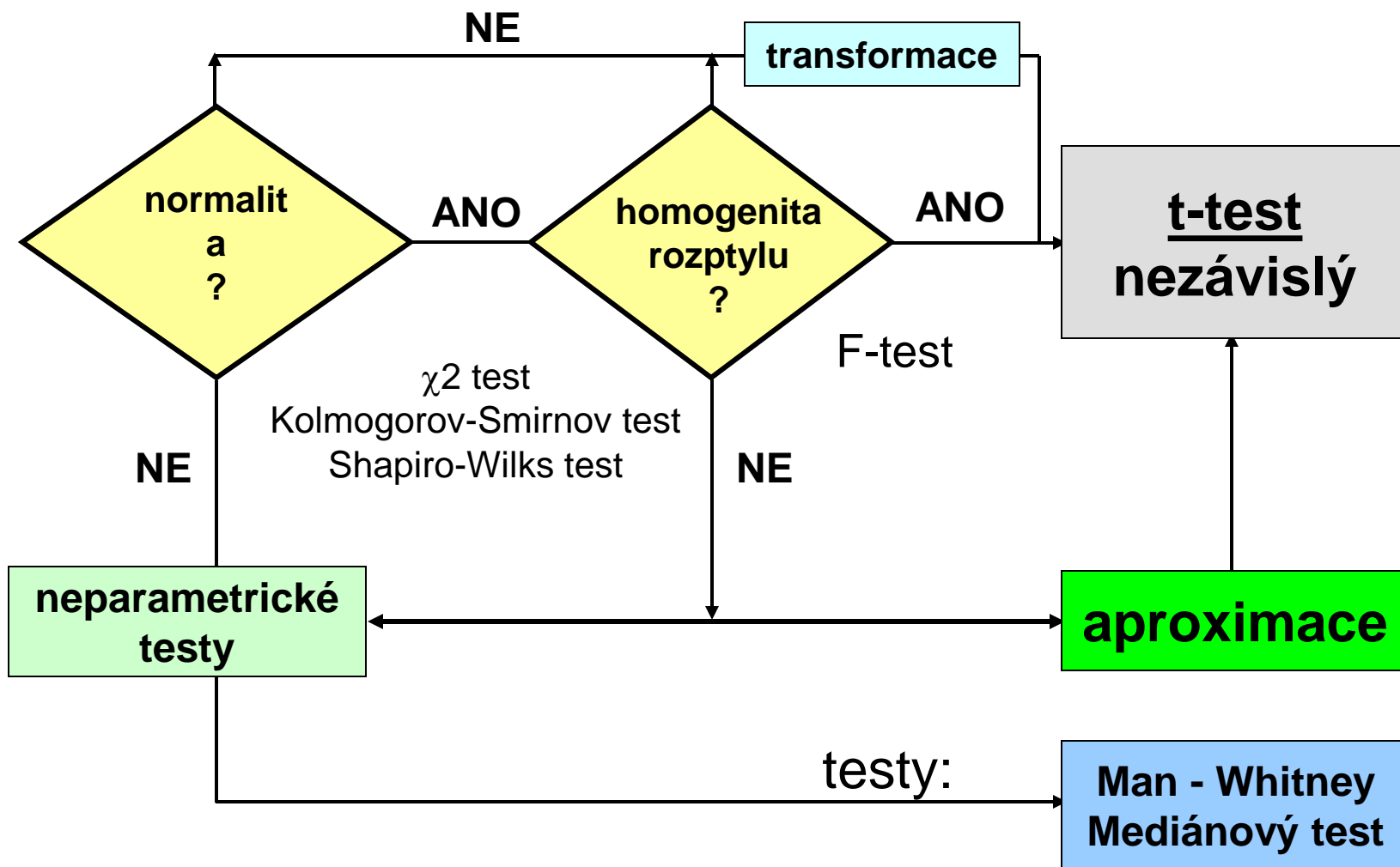
- Na konferenci veterinářů bylo předneseno, že průměrný čas konzultace je 12 minut. Následovala debata, zda je lepší použít medián nebo průměr. Jeden z nich se rozhodl ověřit teorii, že průměrná konzultace trvá 12 minut na vlastní praxi a zaznamenal si trvání svých 43 konzultací. K otestování hypotézy, že podíl konzultací kratších a delších než 12 minut použil znaménkový test.

Délka konzultace	Počet
<12	22
12	6
>12	15
Celkem	43

Další výpočet probíhá obdobně jako v případě klasického znaménkového testu na diferencích dvou skupin dat.

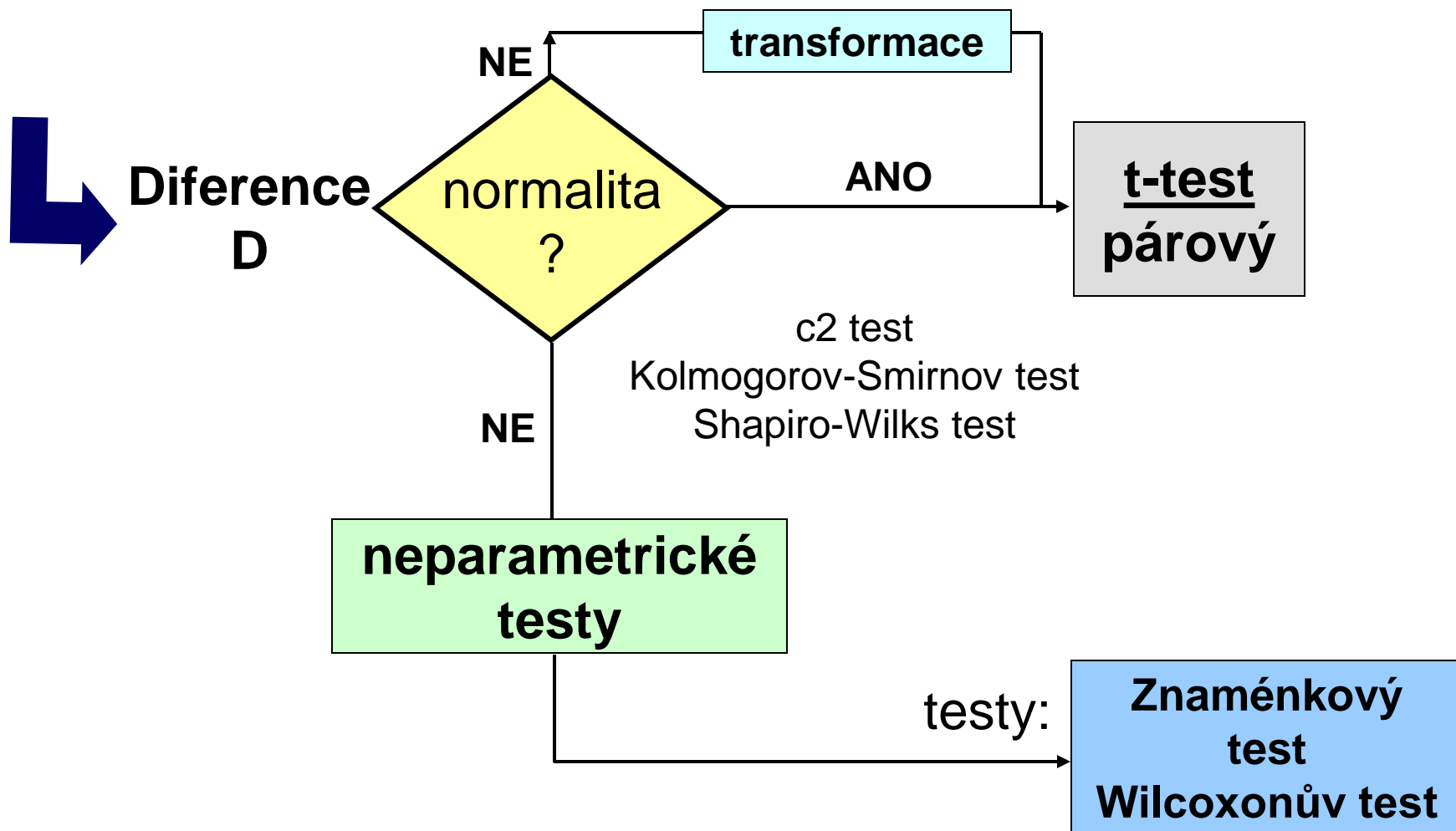
Dvouvýběrové testy: schéma analýzy

Nezávislé uspořádání



Dvouvýběrové testy: schéma analýzy

Párové uspořádání



XII. Binomické rozložení



Popis binomického rozložení
Testování hypotéz binomicky rozložených dat

Anotace



- Kromě spojitých dat se setkáváme také s daty kategoriálními, jejichž nejjednodušším případem jsou data binární. Binární data jsou popsána binomickým rozložením, od chování binomického rozložení je odvozena popisná statistika binárních dat (procento výskytu jevu), její interval spolehlivosti a binomické testy pro srovnání procentuálního výskytů jevů v různých skupinách.

Alternativní rozložení



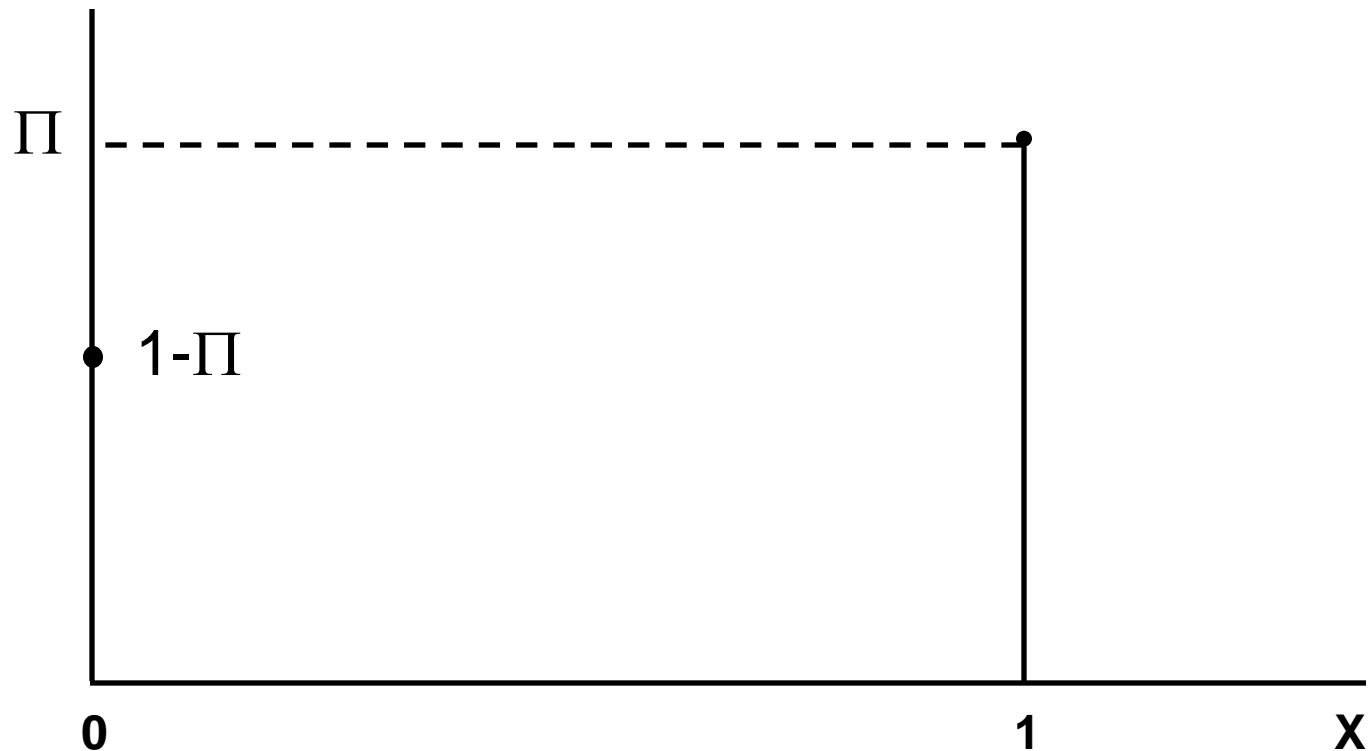
$$\Pi(x) = \Pi \text{ pro } X = 1$$

$$\Pi(x) = 1 - \Pi \text{ pro } X = 0$$

$$\Pi(x) = 0 \text{ jinak}$$



$X = 1 \dots\dots\text{jev}$



Binomické rozložení

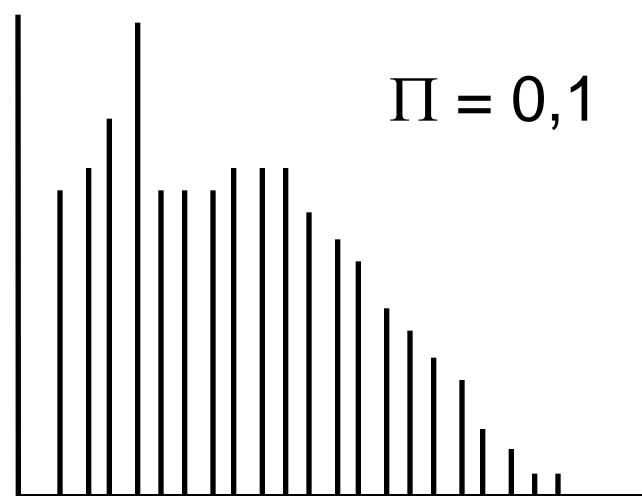
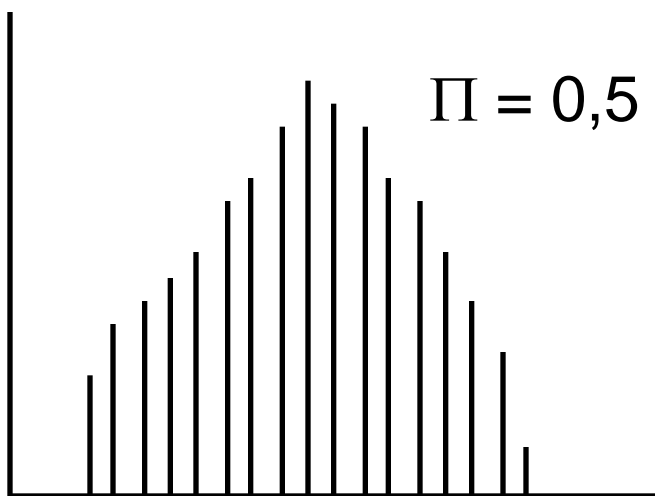


X celkový počet nastání jevu v n nezávislých pokusech

$$E(x) = n \cdot \Pi$$

$$D(x) = n \cdot \Pi (1 - \Pi)$$

$\Pi \sim p$ \rightarrow **jediný parametr distribuce**
 \rightarrow **určuje tvar distribuce**



Binomické rozložení jako model pro zkoumání výskytu sledovaného jevu



n počet nezávislých opakování (dotazů)

X počet lidí s jistým symptomem

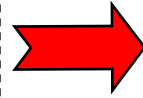
r znamená celkový počet nastání jevu v **n** nezávislých experimentech

r : 0 n

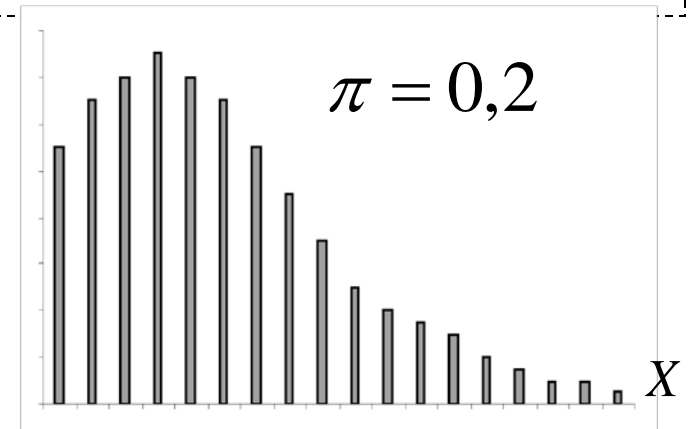
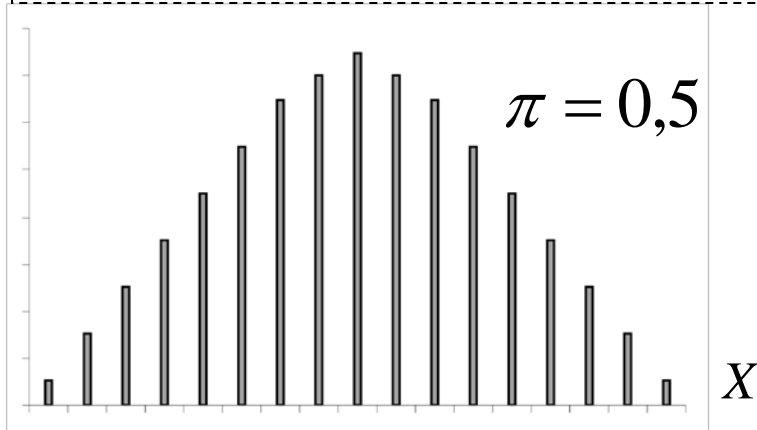
p ~ π .. jediný parametr binomického rozložení

p relativní četnost nastání jevu

p určuje tvar distribuce



$$p = \frac{r}{n}$$



Binomická proměnná X

Binomické rozložení jako model



Jev: narození chlapce $\Pi = 0,5$
n : rodina s 5 dětmi
r: 0,1,2,3,4,5 chlapců

$$P(r) = \binom{n}{r} \cdot p^r \cdot (1-p)^{(n-r)} = \frac{n!}{r!(n-r)!} \cdot p^r \cdot q^{(n-r)}$$

$$r = 0: \frac{5!}{(0! 5!)} \cdot (0,5)^0 \cdot (0,5)^5 = 0,031$$

$$r = 1: \frac{5!}{(1! 4!)} \cdot (0,5)^1 \cdot (0,5)^4 = 0,15625$$

$$r = 2: P(r) = 0,3125$$

$$r = 3: P(r) = 0,3125$$

$$r = 4: P(r) = 0,15625$$

$$r = 5: P(r) = 0,031$$

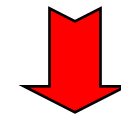
X: Binomická proměnná

Střed rozložení:

Rozptyl: $E(x) = n \cdot p$

$$D(x) = n \cdot p \cdot (1 - p)$$

Příklad: n = 100 respondentů
r = 20 má symptom



$$E(x) = n \cdot p = 20$$

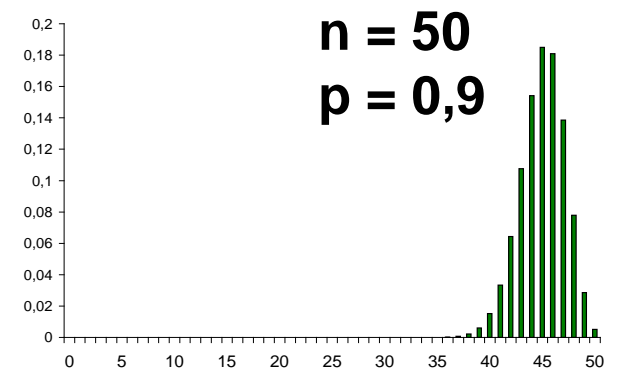
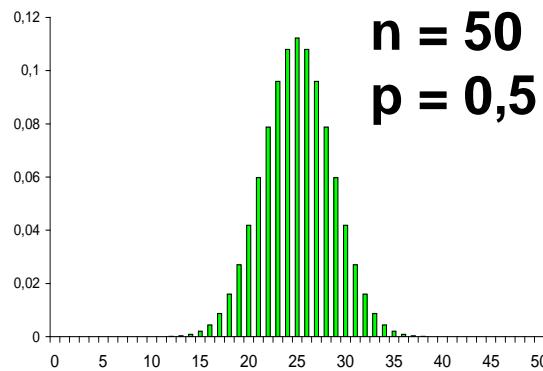
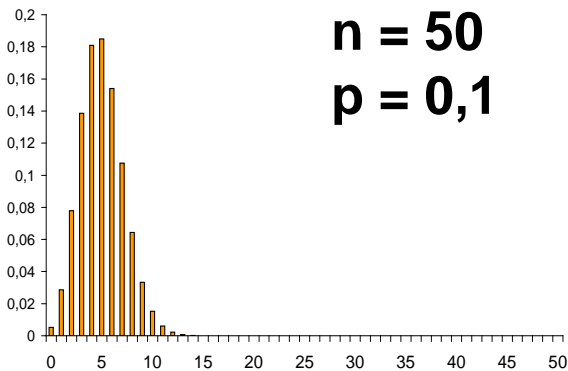
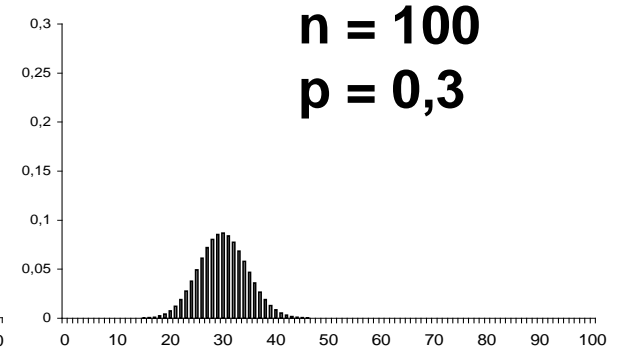
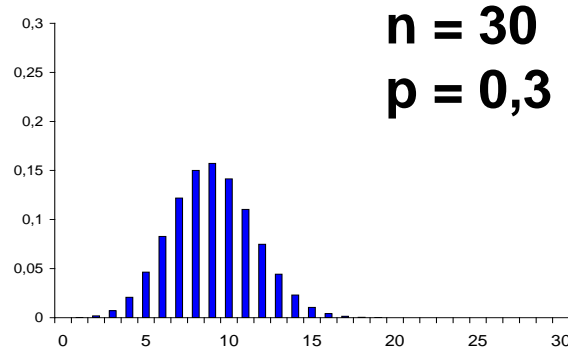
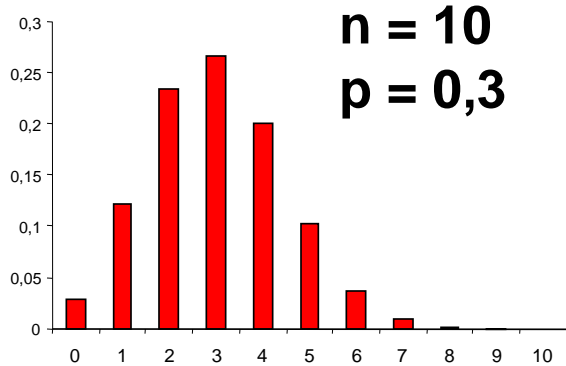
je střed rozložení
a nejpravděpodobnější
hodnota

Binomické rozložení jako model



$$P(x = r) = \frac{n!}{r!(n-r)!} \cdot p^r \cdot q^{(n-r)}$$

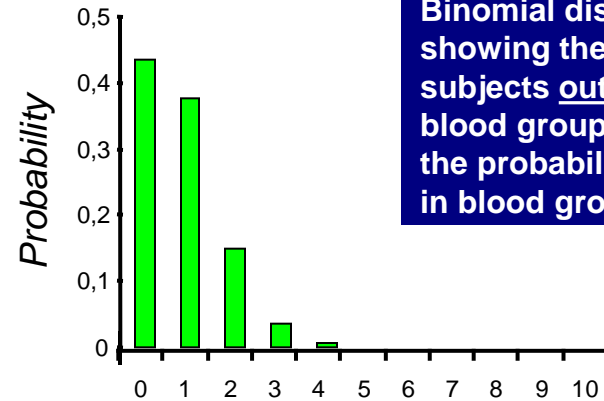
$$q = 1 - p$$



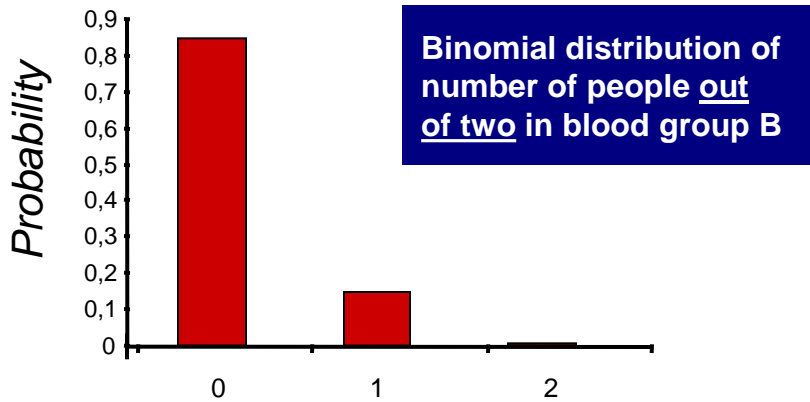
Aplikace binomického rozložení

Výskyt krevní skupiny B v určité populaci: $p = 0,08$

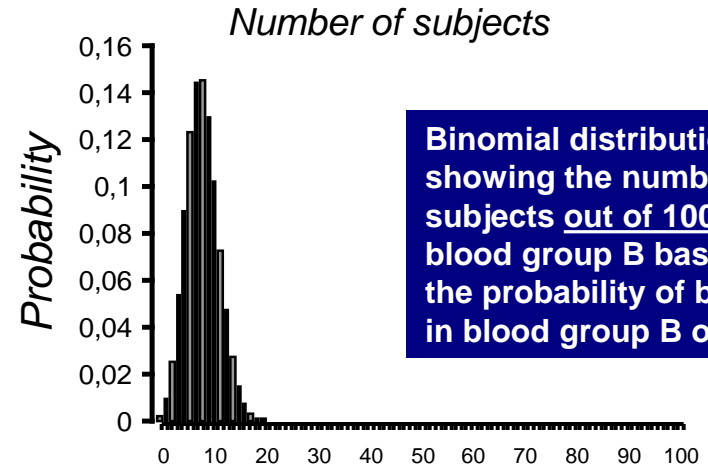
		<i>Number in blood group B</i>	<i>Probability</i>
B	B	2	0,0064
not B	B	1	0,0736
B	not B	1	0,0736
not B	not B	0	0,8464



Binomial distribution showing the number of subjects out of ten in blood group B based on the probability of being in blood group B of 0,08.



Binomial distribution of number of people out of two in blood group B



Binomial distribution showing the number of subjects out of 100 in blood group B based on the probability of being in blood group B of 0,08.

Number: blood group B in 2 cases

Number of subjects

Aplikace binomického rozložení

Populace: 60% jedinců má zvýšenou hladinu cholesterolu

Výběr: 5 lidí

I. Kolik lidí má ve výběru vyšší hladinu cholesterolu ?

$$n \cdot p = 5 \cdot 0,6 = 3 \text{ lidé} \quad \sim E(x)$$

$$n \cdot p (1-p) = 1,2 \quad \sim D(x)$$

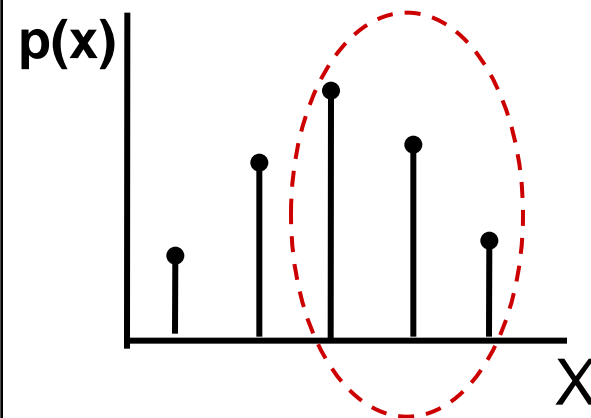
II. Jaká je P, že právě 3 lidé budou mít vyšší hladinu cholesterolu ? ~ Tzn. Výběr přesně odpovídá dané populaci ?

$$P(3) = ? \quad P_{(3)} = \frac{5!}{3!(5-3)!} \cdot (0,6)^3 \cdot (0,4)^2 = 0,346$$

$$P(3) = 35\%$$

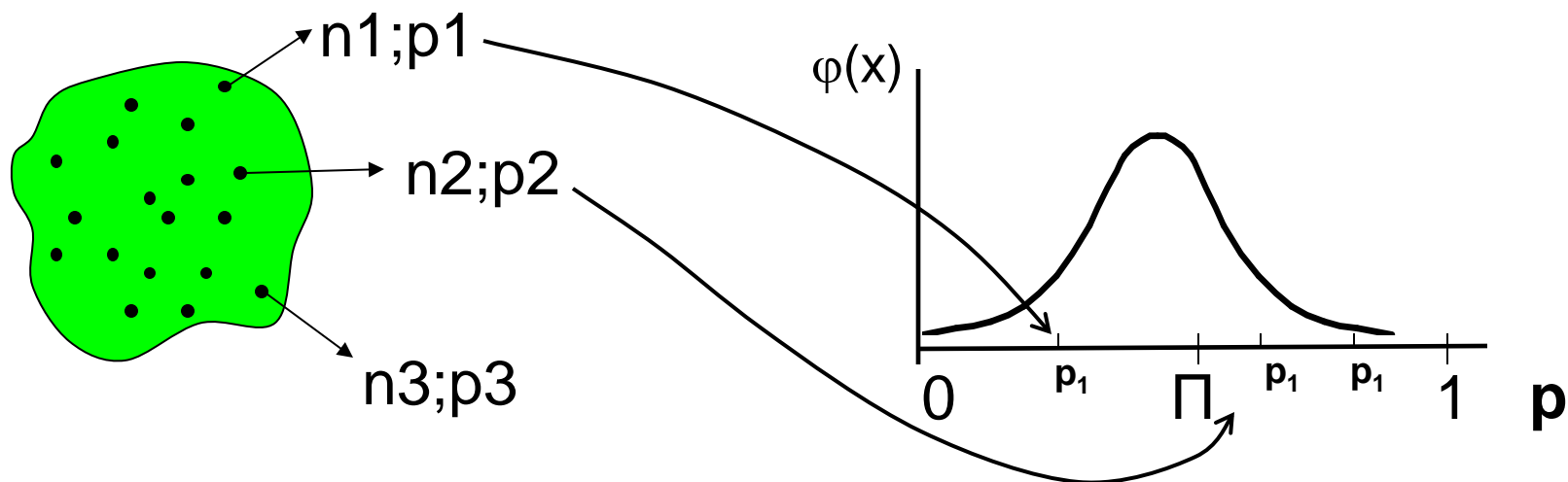
Jaká je P, že většina jedinců (tedy minimálně 3) má vyšší hladinu cholesterolu ? ~ Tzn. výběr alespoň obecně odpovídá zkoumané populaci ?

$$P(X > 3) = P(3) + P(4) + P(5) = 0,346 + 0,259 + 0,078 = 68 \%$$

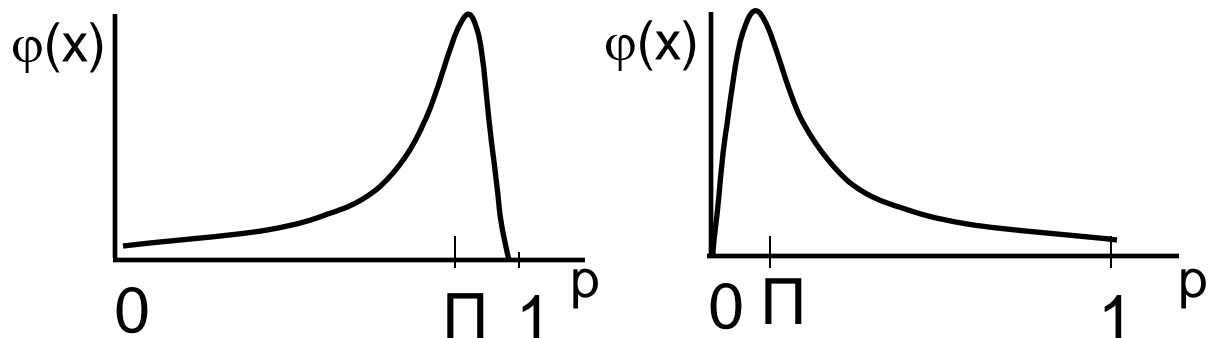


Odhad parametru Π binomického rozložení

Při vícenásobném odhadu se parametr Π chová jako normálně rozložen



U malých nebo velkých hodnot p (Π) je však předpoklad normality omezen



Odhad parametru Π binomického rozložení



$$\pi \approx \hat{p}; \quad \hat{p} = r/n$$

1) Bodový

$$\hat{p}; \quad s_{\hat{p}}^2 = \frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n-1}$$

2) Intervalový – aproximace

$$\hat{p} - Z_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n-1}} \leq \pi \leq \hat{p} + Z_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n-1}}$$

$$\pi : \hat{p} \pm Z_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n-1}}$$

Odhad parametru π binomického rozložení: příklad I



X: % jedinců s daným znakem

n = 100 jedinců

r = 60; $\hat{p} = 0,6$

$s_{\hat{p}} = 0,049$

Interval spolehlivosti : 95 %

$Z_{0,975} = 1,96$

$$0,6 - 1,96 \cdot 0,049 \leq \pi \leq 0,6 + 1,96 \cdot 0,049$$

$$0,504 \leq \pi \leq 0,697$$



$$P(0,504 \leq \pi \leq 0,697) \geq 0,95$$

Odhad parametru π binomického rozložení

Intervalový odhad bez aproximací na normální rozložení

$$L_1 = \frac{r}{r + (n - r + 1) \cdot F_{\alpha/2}^{(v_1; v_2)}}$$



spodní limit intervalu

$$v_1 = 2(n - r + 1); \quad v_2 = 2r$$

$$L_2 = \frac{(r + 1) \cdot F_{\alpha/2}^{(v'_1; v'_2)}}{n - r + (r + 1) \cdot F_{\alpha/2}^{(v'_1; v'_2)}}$$



horní limit intervalu

$$v'_1 = 2(r + 1) = v_2 + 2$$

$$v'_2 = 2(n - r) = v_1 - 2$$

$$P(L_1 \leq \pi \leq L_2) \geq 1 - \alpha$$

Odhad parametru Π binomického rozložení: příklad II



Náhodný vzorek $n = 200$ jedinců.

Zjištěno pouze $r = 4$ jedinci bez určitého znaku.

$$\hat{p} = \frac{4}{200} = \underline{\underline{0,02}}$$

95% interval spolehlivosti = ?

Spodní hranice

$$v_1 = 2(n - r + 1) = 2(200 - 4 + 1) = 394$$

$$v_2 = 2r = 2 \cdot 4 = 8$$

$$F_{1-\alpha/2}^{(394;8)} = \underline{\underline{3,67}}$$

$$L_1 = \frac{4}{4 + (200 - 4 + 1) \cdot 3,67} = \underline{\underline{0,0055}}$$

Horní hranice

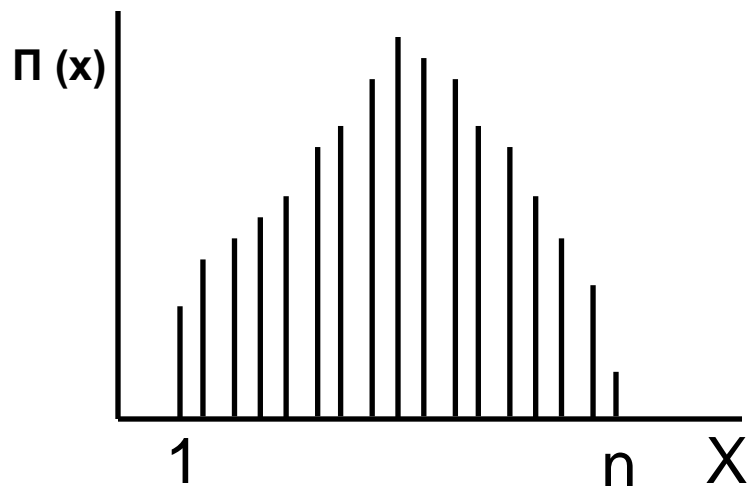
$$v'_1 = 2(r + 1) = 10$$

$$v'_2 = 2(n - r) = 2(200 - 4) = 392$$

$$F_{1-\alpha/2}^{(10;392)} = \underline{\underline{2,08}}$$

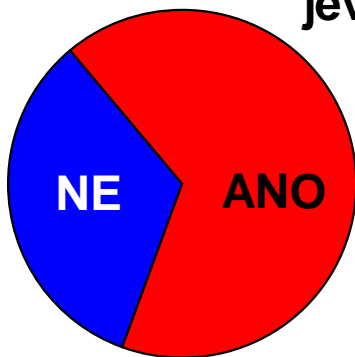
$$L_2 = \frac{(4 + 1) \cdot 2,08}{200 - 4 + (4 + 1) \cdot 2,08} = \underline{\underline{0,051}}$$

Binomické rozložení v datech: vizualizace

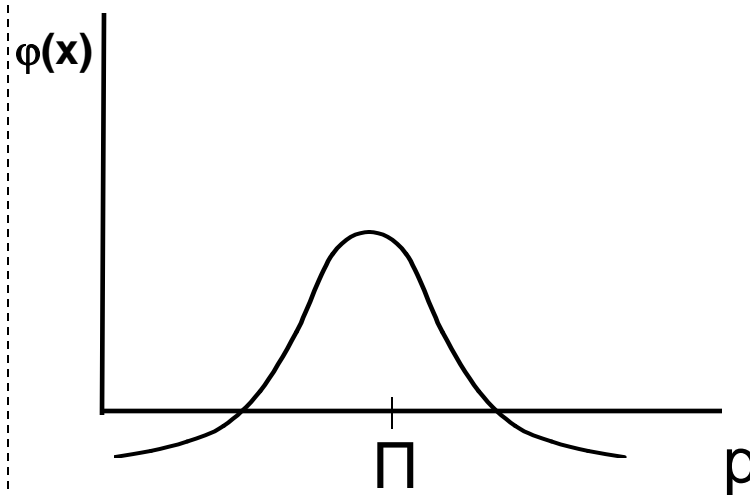


Pravděpodobnost výskytu hodnot X

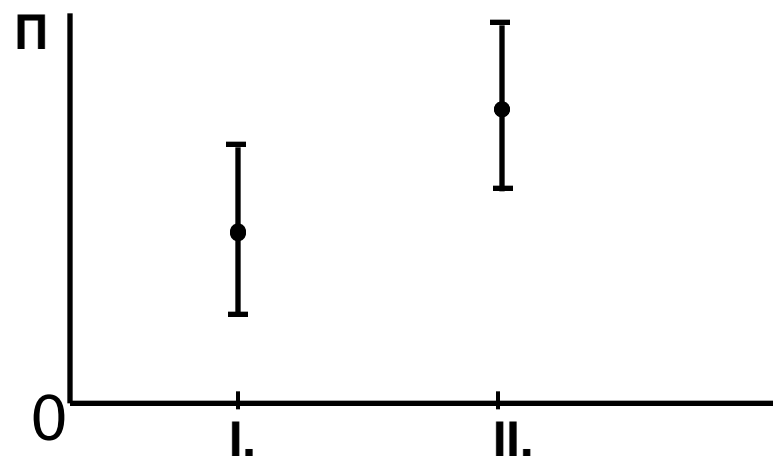
n opakování jev ANO
jev NE



Binární podstata původních hodnot



Modelové rozložení odhadovaného parametru



Interval spolehlivosti pro Π

Statistické testování binomických dat

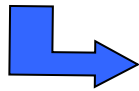


I.

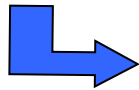
Liší se odhad \underline{p} od předpokládané hodnoty P ?

II.

Liší se dva nebo více odhadů \underline{p} ?



- závislé odhady -



- nezávislé odhady -

III.

Je výskyt kategorií dvou jevů nezávislý ?

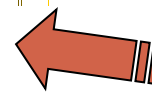
IV.

Hodnocení relativního rizika z výskytu určitého jevu v rámci skupiny lidí

Jednovýběrový binomický test

H_0	H_A	Testová statistika	Interval spolehlivosti
$p \leq \Pi$	$p > \Pi$	z	$z > z_{1-\alpha}$
$p \geq \Pi$	$p < \Pi$	z	$z < z_{\alpha}$
$p = \Pi$	$p \neq \Pi$	z	$1/2z > z_{1-\alpha/2}$

$$Z = \frac{n \cdot \hat{p} - n \cdot \pi}{\sqrt{n \cdot \hat{p}(1 - \hat{p})}} \cong \frac{|n \cdot \hat{p} - n \cdot \pi| - 0,5}{\sqrt{n \cdot \hat{p}(1 - \hat{p})}}$$



Korekce na
kontinuitu

H_0	H_A	Testová statistika	Interval spolehlivosti
$p \leq \Pi$	$p > \Pi$	$L_1 = \frac{(r + 1)F_{\alpha, v_1', v_2'}}{n - r + (r + 1)F_{\alpha, v_1', v_2'}}$	$p = r / n > L_1$
$p \geq \Pi$	$p < \Pi$	$L_2 = \frac{r}{r + (n - r + 1)F_{\alpha, v_1', v_2'}}$	$p < L_2$
$p = \Pi$	$p \neq \Pi$	$L_1; L_2 (F_{\alpha/2}; F_{1-\alpha/2})$	$p < L_2 \vee p > L_1$

Test $\pi ? p$



✓ Stromy s pozmeněným tvarem koruny

$n = 9\ 000$ jedinců

$r = 2\ 250$ změněných jedinců

?

Jak je pravděpodobná změna u až 1/3 jedinců?

?

$$Z = \frac{n \cdot p - n \cdot \pi}{\sqrt{p(1-p) \cdot n}} = \frac{2250 - 3000}{\sqrt{0,25 \cdot 0,75 \cdot 9000}} = \underline{\underline{-18,26}}$$

$$\alpha = 5\ %; \quad Z_{1-\alpha/2} = 1,96; \quad Z_{1-\alpha} = 1,645$$

$Z > Z_{1-\alpha/2}$ zamítáme $H_0: p < 0,01$

95 % Interval spolehlivosti ... $p: (0,241; 0,258)$

Test $\pi ? p$

Příklad testu bez aproximace na normální rozložení

- ✓ 12 jedinců bylo zkoumáno pro výskyt určitého znaku,
10 jedinců znak nemělo
- ? Jak hodně se tento výsledek liší od výsledku 6 - 6: tedy od situace, kdy polovina jedinců znak má?

a) Využití distribuční funkce

r	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P(r)	0,0002 4	0,0029 3	0,0161 1	0,0537 1	0,1208 5	0,1933 5	0,2255 9	0,1933 6	0,1208 5	0,0537 1	0,0161 1	0,0029 3	0,0002 4

$$P(r \geq 10) = 0,01611 + 0,00393 + 0,00024 = 0,01928$$

$H_0: p = 0,5$ je tedy značně nepravděpodobná

b) Pozorované $\hat{p} = \frac{10}{12} = 0,833$ překročilo horní limit 95 % intervalu spolehlivosti pro p :

$$p = 0,5: L_2 = \frac{(6+1) \cdot 2,64}{12 - 6 + (6+1) \cdot 2,64} = \underline{\underline{0,755}}$$

Dvouvýběrový binomický test ($p_1 \neq p_2$)



$$Z = \frac{|\hat{p}_1 - \hat{p}_2|}{\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_1} + \frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_2}}}$$

$$\bar{p} = \frac{n_1 \cdot \bar{p}_1 + n_2 \cdot \bar{p}_2}{n_1 + n_2}$$

$$(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) \pm Z_{(1-\alpha/2)} \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_1} + \frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_2}}$$

Dvouvýběrový binomický test ($p_1 ? p_2$)

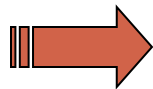
Tento příklad je ukázkou testování rozdílů mezi dvěma binomickými populacemi (tedy srovnání dvou odhadů parametru p).

✓ Celkem 49 pokusných myší bylo použito k testování toxického preparátu během dvouměsíční kultivace. Následující tabulka obsahuje původní data zároveň s testem nulové hypotézy: Podíl přežívajících jedinců je u zasažené populace stejný.

	Alive	Dead	Total	Proportion alive	Proportion dead
Treated	15	9	24	$\hat{p}_1 = 0,625$	$\hat{q}_1 = 0,375$
Not Treated	10	15	25	$\hat{p}_2 = 0,400$	$\hat{q}_2 = 0,600$
Total	25	24	49	$\hat{p} = 0,510$	$\hat{q} = 0,490$

$$Z = \frac{0,625 - 0,400}{\sqrt{\frac{(0,510)(0,490)}{24} + \frac{(0,510)(0,490)}{25}}} = \frac{0,225}{\sqrt{0,010413 + 0,009996}} = 1,573$$

$$Z_{0,05(2)} = t_{0,05(2)} = 1,96$$

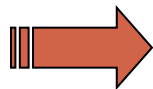


Nezamítáme H_0 : $0,10 < P < 0,20$

S korekcí
na kontinuitu:

$$Z = \frac{\frac{15 - 0,5}{24} - \frac{10 + 0,5}{25}}{0,143} = \frac{0,604 - 0,420}{0,143} = 1,287$$

$$Z_{0,05(2)} = t_{0,05(2)} = 1,96$$



Nezamítáme H_0 : $0,10 < P < 0,20$

Příklad I



a) Pravděpodobnost narození chlapce je asi 1/2. Máte zhodnotit výsledky průzkumu populace, která žije v silně poškozeném životním prostředí. Průzkum se týká 1000 náhodně vybraných rodin a zjištěný podíl narozených chlapců je 0.41.

Jaké jsou vaše závěry o této populaci?

Jak se váš odhad zpřesní, když použijete vzorek $n = 10\,000$ rodin při zachování odhadu $p = 0.41$?

Použijeme jednovýběrový binomický test s nulovou hypotézou $H_0: p = \pi$, hladina významnosti $\alpha = 0,05$

testová statistika
$$Z = \frac{n \cdot \hat{p} - n \cdot \pi}{\sqrt{n \cdot \hat{p}(1 - \hat{p})}} = \frac{1000 \cdot 0,41 - 1000 \cdot 0,5}{\sqrt{1000 \cdot 0,41 \cdot 0,59}} = -5,79$$
 a příslušný kvantil $Z_{1 - \frac{\alpha}{2}} = Z_{0,975} = 1,96$

protože $|Z| > Z_{0,975}$ nulovou hypotézu zamítáme. Chlapci se ve zkoumané populaci nerodí s pravděpodobností 0,5.

interval spolehlivosti $\pi: \hat{p} \pm Z_{1 - \frac{\alpha}{2}} \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n-1}} = 0,4 \pm Z_{0,975} \cdot 0,046 = 0,41 \pm 1,96 \cdot 0,016 = 0,41 \pm 0,03$

pokud použijeme $n = 10\,000$, bude int. spolehlivosti užší $\pi: \hat{p} \pm Z_{1 - \frac{\alpha}{2}} \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n-1}} = 0,41 \pm 1,96 \cdot 0,005 = 0,41 \pm 0,01$

b) Jaká je pravděpodobnost, že rodina se třemi dětmi bude mít 2 (3) chlapce?

Podrobně analyzujte problém a použijte obecného definičního vztahu pro binomické rozložení.

$$n = 3$$

$$r = 2$$

$p = 0,5$ (stejná pravděpodobnost narození chlapce jako narození dívky)

$$P(r) = \binom{n}{r} \cdot p^r \cdot (1-p)^{(n-r)} = \frac{n!}{r!(n-r)!} \cdot p^r \cdot q^{(n-r)}$$

$$P(2) = \binom{3}{2} \cdot 0,5^2 \cdot 0,5^{(1)} = \frac{3!}{2!(1)!} \cdot 0,5^2 \cdot 0,5^{(1)} = 0,375$$

pravděpodobnost narození 2 chlapců v rodině se třemi dětmi je 0,375

$$r = 3 \text{ platí } P(3) = \binom{3}{3} \cdot 0,5^3 \cdot 0,5^0 = 1 \cdot 0,5^3 \cdot 0,5^0 = 0,125$$

pravděpodobnost narození 3 chlapců v rodině se třemi dětmi je 0,125

Příklad II



Předpokládá se, že lidé trpící určitou krevní chorobou mají abnormální jeden z chromozómů. S cílem odhadnout podíl takto postižených chromozómů bylo studováno 5 buněk od každého ze 120 pacientů a byl zjišťován počet buněk s postiženým chromozómem (tento počet = sledovaný jev = r). Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce. Odhadněte podíl postižených chromozómů u populace nemocných lidí.

r(četnost jevu)	0	1	2	3	4	5	celkem
f(poč. pacientů)	6	31	42	29	10	2	120

Pro odhad p se používá vztah
$$\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^k f_i X_i}{\sum_{i=1}^k f_i} \cdot \frac{1}{n}$$

X_i	f_i	$X_i f_i$
0	6	0
1	31	31
2	42	84
3	29	87
4	10	40
5	2	10

$$\sum_{i=1}^k f_i X_i = 252$$

$$\sum_{i=1}^k f_i = 120$$

$$n = 5$$



$$\hat{p} = \frac{252/120}{5} = 0,42$$

pravděpodobnost výskytu postiženého chromozómu

XIII. Kontingenční tabulky



Test dobré shody
Fisherův přesný test
McNemar test
Odds ratio a relativní riziko

Anotace

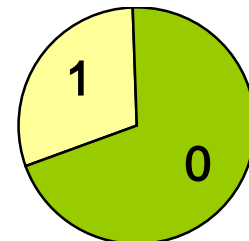


- Analýza kontingenčních tabulek umožňuje analyzovat vazbu mezi dvěma kategoriálními proměnnými. Základním způsobem testování je tzv. chi-square test, který srovnává pozorované četnosti kombinací kategorií oproti očekávaným četnostem, které vychází z teoretické situace, kdy je vztah mezi proměnnými náhodný.
- Test dobré shody je využíván také pro srovnání pozorovaných četností proti očekávaným četnostem daným určitým pravidlem (typickým příkladem je Hardy-Weinbergova rovnováha v genetice)
- Specifickým typem výstupů odvozených z kontingenčních tabulek jsou tzv. odds ratio a relativní rizika, využívaná často v medicíně pro identifikaci a popis rizikových skupin pacientů.

Test dobré shody - základní teorie

Binomické jevy (1/0)

$$\chi^2_{(1)} = \frac{\left[\begin{array}{c} \text{pozorovaná} \\ \text{četnost} \end{array} - \begin{array}{c} \text{očekávaná} \\ \text{četnost} \end{array} \right]^2}{\underbrace{\text{očekávaná četnost}}_{\text{I. jev 1}}} + \frac{\left[\begin{array}{c} \text{pozorovaná} \\ \text{četnost} \end{array} - \begin{array}{c} \text{očekávaná} \\ \text{četnost} \end{array} \right]^2}{\underbrace{\text{očekávaná četnost}}_{\text{II. jev 2}}}$$



Příklad



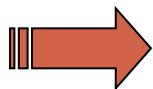
10 000 lidí hází mincí \rightarrow rub: 4 000 případů (R)
líc: 6 000 případů (L)



Lze výsledek považovat za statisticky významně odlišný (nebo neodlišný) od očekávaného poměru R : L = 1 : 1 ?

$$\chi^2_{(1)} = \frac{(4000 - 5000)^2}{5000} + \frac{(6000 - 5000)^2}{5000} = 400$$

Tabulková hodnota: $\chi^2_{(0,95)} (v = 1) = \underline{\underline{3,84}}$ (0,95 = 1 - α)



Rozdíl je vysoce statisticky významný (p << 0,001)

Kontingenční tabulky

H0 :Nezávislost dvou jevů A a B



↙ B ↘ ↗ A ↖	+	-	Podíl (+)
+	a	b	$\frac{a}{(a+b)}$ $\mathbf{p_1}$
-	c	d	$\frac{c}{(c+d)}$ $\mathbf{p_2}$
Podíl (+)	$\frac{a}{(a+c)}$	$\frac{b}{(b+d)}$	

$$N = a + b + c + d$$

$$P(B^+) = \frac{(a+b)}{N}$$

$$P(B^-) = \frac{(c+d)}{N}$$

**Kontingenční
tabulka
2 x 2**

Očekávané četnosti:

$$F_{(A)} = \frac{(a+b)(a+c)}{N}$$

$$F_{(C)} = \frac{(a+c)(d+c)}{N}$$

$$\chi^2_{\nu=1} = \sum_{i=1}^4 \frac{(f_i - F_i)^2}{F_i}$$

$$F_{(B)} = \frac{(a+b)(b+d)}{N}$$

$$F_{(D)} = \frac{(b+d)(c+d)}{N}$$

$$\nu = 1 = (r-1) * (c-1)$$

$$P_{(A)}; P_{(B)}$$

$$\chi^2_c = \sum \sum \frac{(|f_{ij} - F_{ij}| - 0,5)^2}{F_{ij}}$$

Kontingenční tabulky: příklad

gen \ †	Ano	Ne	Σ
Ano	20	82	102
Ne	10	54	64
Σ	30	136	166

$$F_A = 102 * 30 / 166 = 18,43$$

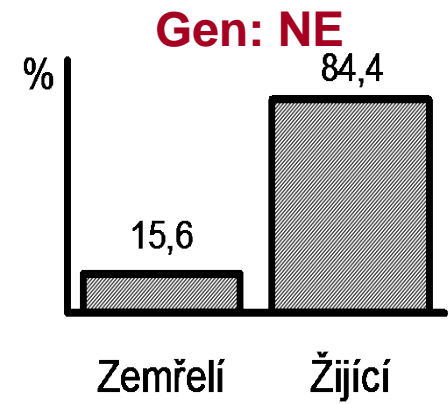
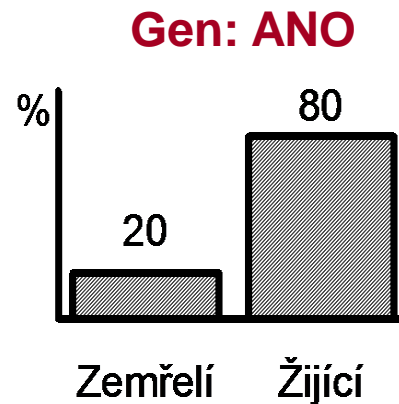
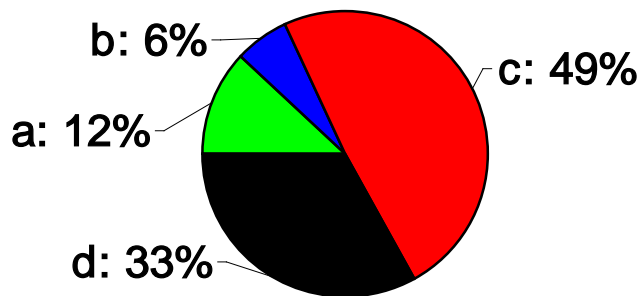
$$F_B = 102 * 136 / 166 = 83,57$$

$$F_C = 11,57$$

$$F_D = 52,43$$

$$\chi^2_{(1)} = \frac{(20 - 18,43)^2}{18,43} + \frac{(82 - 83,57)^2}{83,57} + \frac{(10 - 11,57)^2}{11,57} + \frac{(54 - 52,43)^2}{52,43} = 0,423 \quad 0,423 < \chi^2_{0,95}^{(1)} = 3,84$$

Kontingenční tabulka v obrázku



R x C kontingenční tabulka



Výběr: N lidí ze sociologického průzkumu (delikventi)

Jev **A**: Původ z rozvrácených rodin

Jev **B**: Stupeň zločinnosti I < II < III < IV

A \ B	I.	II.	III.	IV.	Σ
ANO	a	b	c	d	číslo 1
NE	e	f	g	h	
Σ	číslo2				

Stupně volnosti:

$$(R-1) * (C-1) = 1 * 3 = 3$$

$$F_a = \frac{\text{číslo 1} \cdot \text{číslo 2}}{N}$$

Tabulky: $\chi^2_{(1-\alpha)}^{(v)}$

Očekávané četnosti:

$$p_a = \frac{a}{a+e}$$

$$p_b = \frac{b}{b+f}$$

$$p_c = \frac{c}{c+g}$$

$$p_d = \frac{d}{d+h}$$

Test dobré shody: příklad I



Ověřte na datech z pokusu se 100 květinami určitého druhu, že barva květů se geneticky štěpí v poměru žlutá : červená = 3 : 1.



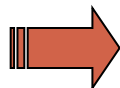
H_0 : Pozorovaná frekvence pro jednotlivé barvy květů jsou vzorkem populace mající poměr mezi žlutými a červenými květy 3 : 1.

Součet frekvencí u obou barev květů (f_i) se rovná 100 a pozorované frekvence u kategorií barvy budou srovnány s očekávanými frekvencemi (uvedeny v závorkách):

	Kategorie barvy		n
	Žlutá	Červená	
$f_{\text{poz.}}$	84	16	100
$f_{\text{oček.}}$	75	25	

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_{\text{poz.}} - f_{\text{oč.}})^2}{f_{\text{oč.}}} = \frac{(84 - 75)^2}{75} + \frac{(16 - 25)^2}{25} = 4,320$$

$$\text{St. volnosti} = n = k - 1 = 1$$



Zamítáme hypotézu shody srovnávaných četností

Při testování H_0 jsme použili matematický zápis ($0,025 < P < 0,05$). Z tabulek χ^2 rozložení vidíme, že pravděpodobnost překročení hranice 2,706 je 0,1 (10 %), což může být stručně zapsáno jako $P(\chi^2 \geq 2,706) = 0,10$.

Dále lze zjistit pro $P(\chi^2 \geq 3,841) = 0,05$. V řešené úloze jsme dospěli k hodnotě testové statistiky $\chi^2 = 4,320$. Pro tento případ lze tedy psát $0,025 < P(\chi^2 \geq 4,320) < 0,05$; a jednodušeji $0,025 < P < 0,05$. Jde v podstatě o přibližné určení hranic chyby 1. druhu.

Test dobré shody: příklad II



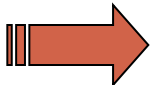
Tento příklad je rozšířením problému z příkladu 1 na srovnání pozorovaných a očekávaných frekvencí pro více kategorií sledovaného znaku:

✓ Celkem bylo zkoumáno 250 semen určitého druhu rostliny a roztríděno do následujících kategorií: žluté/hladké; žluté/vrásčité; zelené/hladké; zelené/vrásčité. Předpokládaný poměr výskytu těchto kategorií v populaci je 9 : 3 : 3 : 1. Následující tabulka obsahuje původní data z pozorování a dále postup při testování H_0 .

	žluté/hladké	žluté/vrásčité	zelené/hladké	zelené/vrásčité	n
$f_{\text{poz.}}$	152	39	53	6	250
$f_{\text{oček.}}$	140,6250	46,8750	46,8750	15,6250	

$$\nu = k - 1 = 3$$

$$\chi^2 = \frac{11,3750^2}{140,6250} + \frac{7,8750^2}{46,8750} + \frac{6,1250^2}{46,8750} + \frac{9,6250^2}{15,6250} = 8,972$$



Zamítáme hypotézu shody pozorovaných četností s očekávanými

Test dobré shody: příklad III

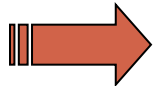
Složitější příklady řešené srovnáváním frekvencí je možné rozdělit na testování dílčích hypotéz:

- ✓ Předpokládejme, že chceme pro data z předchozí úlohy testovat hypotézu existence štěpného poměru 9 : 3 : 3 pro první tři kategorie semen:

	žluté/hladké	žluté/vrásčité	zelené/hladké	n
$f_{\text{poz.}}$	152	39	53	244
$f_{\text{oček.}}$	146,400	48,800	48,800	

$$n = k - 1 = 2$$

$$\chi^2 = \frac{5,600^2}{146,40} + \frac{9,800^2}{48,80} + \frac{4,200^2}{48,80} = 2,544$$



Nezamítáme hypotézu shody pozorovaných četností s očekávanými.

- ✓ Nyní otestujeme hypotézu štěpného poměru kategorií zelené/vrásčité:ostatní typy = 1:15

	zelené/vrásčité	ostatní	n
$f_{\text{poz.}}$	6	244	25
$f_{\text{oček}}$	15,625	234,375	

$$n = k - 1 = 1$$

$$\chi^2 = \frac{9,625^2}{15,625} + \frac{9,625^2}{234,375} = 6,324$$



Zamítáme hypotézu shody pozorovaných četností s očekávanými.

Test dobré shody: příklad IV - využití aditivity testu



U 193 párů dvojčat byly zjištěny následující poměry pohlaví: 56 Ch - Ch
72 Ch - H
65 H - H

Za předpokladu, že narození chlapečka má stejnou pravděpodobnost jako narození holčičky, lze očekávat poměry pro výše uvedené skupiny = 0,25 : 0,5 : 0,25.
Ověřte tento předpoklad na uvedeném vzorku populace.

Σ 193 párů 1/4 : 1/2 : 1/4
očekávané četnosti = 48,25 : 96,50 : 48,25

$$\chi^2_{(2)} = 13,28$$

Proč lze v předchozím případě očekávat zamítnutí H_0 ?

Testujte následující hypotézy:

- 1) Jsou relativní počty párů se shodným pohlavím ve shodě s očekávanými četnostmi? (ignorujte Ch - H páry)
- 2) Je relativní četnost kombinace Ch - Ch a H - H párů oproti párům s rozdílným pohlavím ve shodě s očekávanými četnostmi?

Σ 121 párů 1 : 1
očekávané četnosti = 60,5 : 60,5

$$\chi^2_{(1)} = 0,669$$

$$\frac{H - H}{Ch - Ch}$$

Σ 193 párů 1 : 1
očekávané četnosti = 96,5 : 96,5

$$\chi^2_{(1)} = 12,44$$

Test dobré shody: příklad V

Města - zatížení exhalacemi - třídy (A > B > C > D)

Svět: A : B : C : D = 2 : 3 : 6 : 4

Konkrétní země (n = 184 měst): A : B : C : D = 32 : 151 : 182 : 116

H_0 : shoda f_i a F_i $\alpha = 0,05$

F_A : 64,13

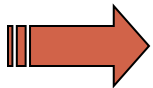
F_C : 192,39

F_B : 96,19

F_D : 128,27

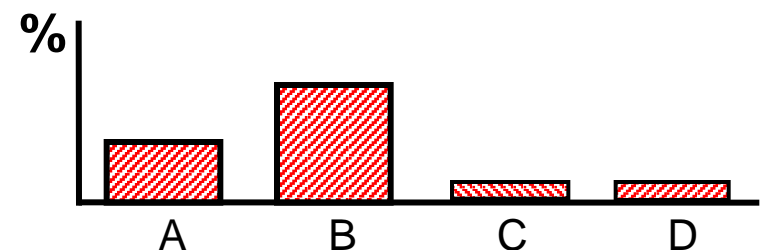
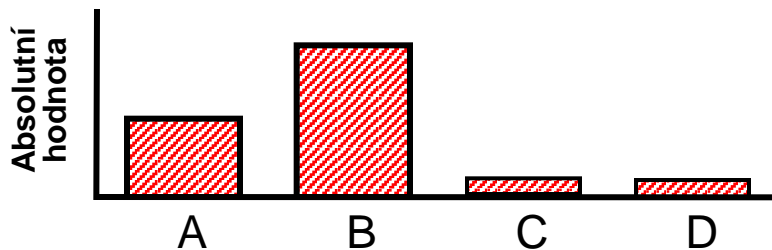
$$\chi^2_{(3)} = \frac{(32 - 64,13)^2}{64,13} + \dots + \frac{(116 - 128,27)^2}{128,27} = \underline{\underline{49,06}}$$

Tabulky: $\chi^2_{1-\alpha}^{(v)} = \chi^2_{0,95}^{(3)} = 7,81$



Zamítáme hypotézu shody pozorovaných četností s očekávanými.

Příspěvek kategorií A, B, C, D k celkové hodnotě χ^2



Test homogenity binomických rozložení

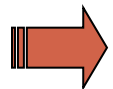


Jev: Úmrtnost na leukemii
 Předpoklad: $\Pi = 0,6$
 Absolutní četnost jevu označena r_i

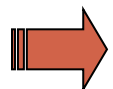
$$\bar{p} = \frac{\sum p_i}{S}$$

Sledovalo s autorů z s zemí:

Autor	n_i	r_i	p_i
1			
2			
⋮			
⋮			
⋮			
s	$\sum n_i = N$		



Test homogenity binomických rozložení



Po možném sloučení s výběrů

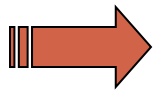
Test shody reálného r ($\sum r_i$) a $n \cdot \Pi$

$$\chi_{S-1}^2 = \frac{\left(\sum r_i p_i - \bar{p} \sum r_i \right)}{\bar{p} (1 - \bar{p})}$$

$$\chi_{(1)}^2 = \frac{\left(\left| \sum r_i - N \cdot \Pi \right| - \frac{1}{2} \right)^2}{N \cdot \Pi \cdot (1 - \Pi)}$$

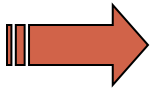
Test homogenity binomických četností: příklad

Pomocí χ^2 rozložení lze rovněž posuzovat homogenitu většího množství nezávislých pokusů testujících tutéž hypotézu.



Bylo provedeno 6 nezávislých výběrů z populace mladých mužů, kteří v dětství onemocněli těžkým zánětem mozkových blan.

H_0 : V této populaci se vyskytují praváci a leváci v poměru 1 : 1.



Nalezněte v literatuře příslušné vztahy pro testování homogenity všech šesti výběrových populací a na základě výsledků tohoto testu rozhodněte o dalším postupu.

Vzorek	Praváci	Leváci	n	χ^2	St. volnosti
1	3 (7)	11 (7)	14	4,5714	1
2	4 (8)	12 (8)	16	4,000	1
3	15 (10)	5 (10)	20	5,000	1
4	14 (9)	14 (9)	18	5,5556	1
5	13 (8,5)	4 (8,5)	17	4,7647	1
6	17 (11)	5 (11)	22	6,5455	1

Následující tabulka obsahuje původní data a výsledek testování (v závorkách jsou uvedeny očekávané četnosti):

$$\chi^2_{heterogenita} = 30,2$$

$$\nu = s - 1 = 5$$

$$P < 0,001$$

Jednoduchým testováním lze zjistit, že všechny testy pro jednotlivé výběry jsou významné, což znamená, že ani v jednom případě nebyla potvrzena shoda očekávaných a pozorovaných četností. Test homogenity štěpného poměru v zkoumaných populacích rovněž vedl k zamítnutí možnosti sloučit jednotlivé výběry a posuzovat je jako celek (kromě testovaného poměru 1 : 1 neexistuje tedy v datech žádný jiný jednotný štěpný poměr mezi oběma vlastnostmi).

V případě, že by tento test neprokázal odchylky mezi jednotlivými výběrovými populacemi, bylo by možné jednotlivé odběry sloučit a posuzovat jako homogenní vzorek.

χ^2 test - příklad složitější kontingenční tabulky I



Caffeine consumption and marital status in antenatal patients (from Martin and Bracken, 1987)

Marital status	Caffeine consumption (mg/day)				Total
	0	1 - 150	151 - 300	> 300	
Married	652	1537	598	242	3029
Divorced, separed or widowed	36	46	38	21	141
Single	218	327	106	67	718
Total	906	1910	742	330	3888

Caffeine consumption and marital status data

Marital status	Caffeine consumption (mg/day)				Total
	0	1 - 150	151 - 300	> 300	
Married	22 %	51 %	20 %	8 %	3029 (100 %)
Divorced, separed or widowed	26 %	33 %	27 %	15 %	141 (100 %)
Single	30 %	46 %	15 %	9 %	718 (100 %)
Total	23 %	49 %	19 %	8 %	3888 (100 %)

χ^2 test - příklad složitější kontingenční tabulky II



Expected frequencies

Marital status	Caffeine consumption (mg/day)				Total
	0	1 - 150	151 - 300	> 300	
Married	705,8	1488	578,1	257,1	3029
Divorced, separed or widowed	32,9	69,3	26,9	12,0	141
Single	167,3	352,7	137	60,9	718
Total	906	1910	742	330	3888

Contributions of each cell

Marital status	Caffeine consumption (mg/day)				Total
	0	1 - 150	151 - 300	> 300	
Married	4,11	1,61	0,69	0,89	7,30
Divorced, separed or widowed	0,30	7,82	4,57	6,82	19,51
Single	15,36	1,88	7,02	0,60	24,86
Total	19,77	11,31	12,28	8,31	51,66

χ^2 test - příklad frakcionace složitější kontingenční tabulky I



Cílem rozsáhlejšího průzkumu populace bylo prozkoumat vztah mezi dvěma typy chorob a krevními skupinami u lidí. Konkrétní data jsou uvedena v tabulce:

Krevní skupina	Žaludeční vředy	Rakovina žaludku	Kontrola	Celkem
0	983	383	2892	4258
A	679	416	2625	3720
B	134	84	570	788
Celkem	1796	883	6087	8766

Vypočítejte testovou charakteristiku pro tuto kontingenční tabulku a otestujte nulovou hypotézu nezávislosti jevů ($\chi^2 = 40,54$; 4 st. volnosti)

χ^2 test - příklad frakcionace složitější kontingenční tabulky II

K podrobnějšímu průzkumu složitějších tabulek výrazně napomáhá přepis původní tabulky do podoby procentického zastoupení kategorií:

Krevní skupina	Žaludeční vředy	Rakovina žaludku	Kontrola
0	983	383	2892
A	679	416	2625
B	134	84	570
Celkem	1796	883	6087

Z této tabulky je patrné:

- 1.** Jsou jenom malé rozdíly v distribuci krevních skupin u kontroly a u skupiny nemocných rakovinou žaludku.
- 2.** Pacienti s vředy mají mnohem častěji krevní skupinu 0.

Na základě těchto poznatků je možné sestavit menší kontingenční tabulku, která otestuje hypotézu o shodné distribuci krevních skupin pro nemocné rakovinou a pro zdravé lidi.

Sestavte tuto tabulku a otestujte nulovou hypotézu.

($\chi^2 = 5,64$ (2 st. v.), P je přibližně rovna 0,06)

χ^2 test - příklad frakcionace složitější kontingenční tabulky III



- Z tohoto dílčího testu vyplývá možnost sloučení skupiny nemocných rakovinou a zdravých lidí neboť se vzhledem k distribuci krevních skupin chovají jako homogenní populace. Dalším logickým krokem v podrobné analýze je testování shody relativních četností výskytu krevních skupin A a B mezi kombinovaným vzorkem (sloučená skupina s rakovinou a kontrola) a mezi vzorkem lidí nemocných žaludečními vředy - tzn. nyní neuvažujeme krevní skupinu 0. Výsledkem tohoto testu je $\chi^2 = 0,68$ (1 st. vol.); $P > 0,7$. Vzorky pro krevní skupiny A a B lze tedy sloučit do směsného vzorku A + B.
- Nyní otestujeme shodu relativních četností výskytu skupiny 0 oproti A + B, a to mezi kombinovanou populací (kontrola + nemocní rakovinou) a mezi vzorkem nemocných vředařů ($\chi^2 = 34,29$; 1 st. vol.). Lze tedy shrnout, že vysoká hodnota původního χ^2 se 4 st. volnosti byla způsobena zvýšenou četností lidí s krevní skupinou 0 mezi nemocnými žaludečními vředy.

χ^2 test - příklad frakcionace složitější kontingenční tabulky IV



Průběh hodnocení lze shrnout do tabulky:

Srovnání	St. volnosti	χ^2
0, A, B skupina u pacientů s rakovinou (r) x kontrola (k)	2	5,64
A, B skupina u pacientů s vředy x kombinovaný vzorek (r + k)	1	0,68
0, A, B skupina u pacientů s s vředy x kombinovaný vzorek (r + k)	1	34,29
Celkem	4	40,61

Celkový součet testových statistik χ^2 (40,61) odpovídá přibližně původní hodnotě χ^2 (40,54). Což platí i o stupních volnosti (4). Tato skutečnost potvrzuje, že jsme detailním rozbořem vyčerpali informační obsah původní kontingenční tabulky a kromě popsané závislosti (zvýšený výskyt krevní skupiny 0 u lidí s žaludečními vředy) jsou jednotlivé kategorie zkoumaných jevů zcela nezávislé.

Kontingenční tabulka 2 x 2: Řešení při nedostatečné velikosti vzorku



Yates' corection

Fisher's exact test



H_0 : Nezávislost jevů

Test analyzuje všechny možné 2 x 2 tabulky, které dávají stejnou sumu řádků a sloupců jako tabulka zdrojová.

Algoritmus každé tabulce přiřazuje pravděpodobnost, že taková situace nastane, je-li H_0 pravdivá.

Spectacle wearing among juvenile delinquents and non-delinquents who failed a vision test (Weindling et al., 1986)

		Juvenile delinquents	Non- delinquents	Total
Spectacle wearers	Yes	1	5	6
	No	8	2	10
	Total	9	7	16

Kontingenční tabulka 2 x 2:

Řešení při nedostatečné velikosti vzorku

Všechny možné varianty tabulky s danou sumou řádků a sloupců

Pravděpodobnost náhodného vzniku variant tabulky

(I)	0	6	(V)	4	2
	9	1		5	5
(II)	1	5	(VI)	5	1
	8	2		4	6
(III)	2	4	(VII)	6	0
	7	3		3	7
(IV)	3	3			
	6	4			

	a	b	c	d	P
(I)	0	6	9	1	0,00087
(II)	1	5	8	2	0,02360
(III)	2	4	7	3	0,15734
(IV)	3	3	6	4	0,36713
(V)	4	2	5	5	0,33042
(VI)	5	1	4	6	0,11014
(VII)	6	0	3	7	0,01049
Total					0,99999

2 x 2 frekvenční tabulka pro párové uspořádání: Mc Nemar's test



Příklad: Srovnání 2 metod stanovení antigenu v krvi (antigen vždy přítomen)



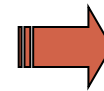
H_0 : metoda 1 = metoda 2

Metoda 1	Metoda 2	Frekvence
úspěch	úspěch	202
úspěch	neúspěch	60
neúspěch	úspěch	42
neúspěch	neúspěch	10

} $\Sigma = 102$

$$\chi^2_{(c)} = \frac{(|60 - 42| - 1)^2}{102} = 2,83$$

Tabulky: $\chi^2_{1-\alpha} (v=1) = 3,84$



H_0 nezamítnuta

Aplikace analýzy 2 x 2 tabulky pro hodnocení rizika

I. Prospektivní studie - odhad relativního rizika

Jedinci jsou sledováni prospektivně, zda se vyskytne nějaká vlastnost.

VÝBĚR JE DÁN SLOUPCEM

OBEČNĚ

		Skupina 1	Skupina 2
Znak	ANO	a	b
	NE	c	d

$$\text{Riziko: } \frac{a}{(a+c)} \quad \frac{b}{(b+d)}$$

$$RR = \frac{\frac{a}{(a+c)}}{\frac{b}{(b+d)}}$$



$$H_0: RR = 1$$

PŘÍKLAD

		Retardace plodu	
		Symetrická	Asymetrická
Agar skore > 7	ANO	2	33
	NE	14	58
		2/16=0,13	33/91=0,36

$$RR = \frac{2/16}{33/91} = 0,345$$

Riziko u "symetrické skupiny" je asi 35 % rizika u asymetrické skupiny

$$SE(\ln RR) = \sqrt{\frac{1}{a} - \frac{1}{a+c} + \frac{1}{b} - \frac{1}{b+d}}$$

$$\text{IS: } \ln RR - Z_{1-\alpha/2} \cdot SE(\ln RR) \\ \ln RR + Z_{1-\alpha/2} \cdot SE(\ln RR)$$

Aplikace analýzy 2 x 2 tabulky pro hodnocení rizika

II. Retrospektivní studie - "ODDS RATIO"

Zcela zásadně odlišný přístup od retrospektivní studie

VÝBĚR JE DÁN VLASTNOSTÍ - ŘÁDKEM

Není tedy možné analyzovat relativní riziko, protože přípravou řádků můžeme měnit velikost kontrol.

OBEČNĚ

		Skupina 1	Skupina 2
Znak	ANO	a	b
	NE	c	d
odds		a/c	b/d

$$\text{Odds ratio} : \frac{a/c}{b/d}$$

$$SE(\ln OR) = \sqrt{\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} + \frac{1}{d}}$$

PŘÍKLAD

		Vady chrupu	
		ANO	NE
Plavání týdně	< 6h	32	118
	≥ 6h	17	127

$$OR = (32/17) / (118/127) = 2,026$$

$$\ln(OR) = 0,706$$

$$SE(\ln(OR)) = 0,326$$

Relative risk vs. Odds ratio ?



Relative risk
(relativní riziko)



Odds ratio
(poměr šancí)

- Smysl RR a OR
- Výpočet
- Srovnatelnost
- Interpretace
- Výhody a nevýhody

- Aplikace v klinickém hodnocení

Smysl RR a OR



- Popis vlivu faktoru (léčba, klinický parametr) na výskyt události (úmrtí, progrese aj.)

Relative risk
(relativní riziko)



Odds ratio
(poměr šancí)

- ✓ Snadná přirozená interpretace rizik vyjádřených jako procento událostí

ALE

- ✓ Matematická omezení pro některé aplikace

- ✓ Pouze málo lidí má přirozenou schopnost interpretovat OR

ALE

- ✓ OR v řadě aplikací výhodnější matematické vlastnosti

Výpočet



event



bez eventu

- Srovnání výskytu události mezi dvěma rameny (A,B) studie

Relative risk
(relativní riziko)

$$RR = \frac{\frac{6}{10}}{\frac{3}{10}} = 2$$



Odds ratio
(poměr šancí)

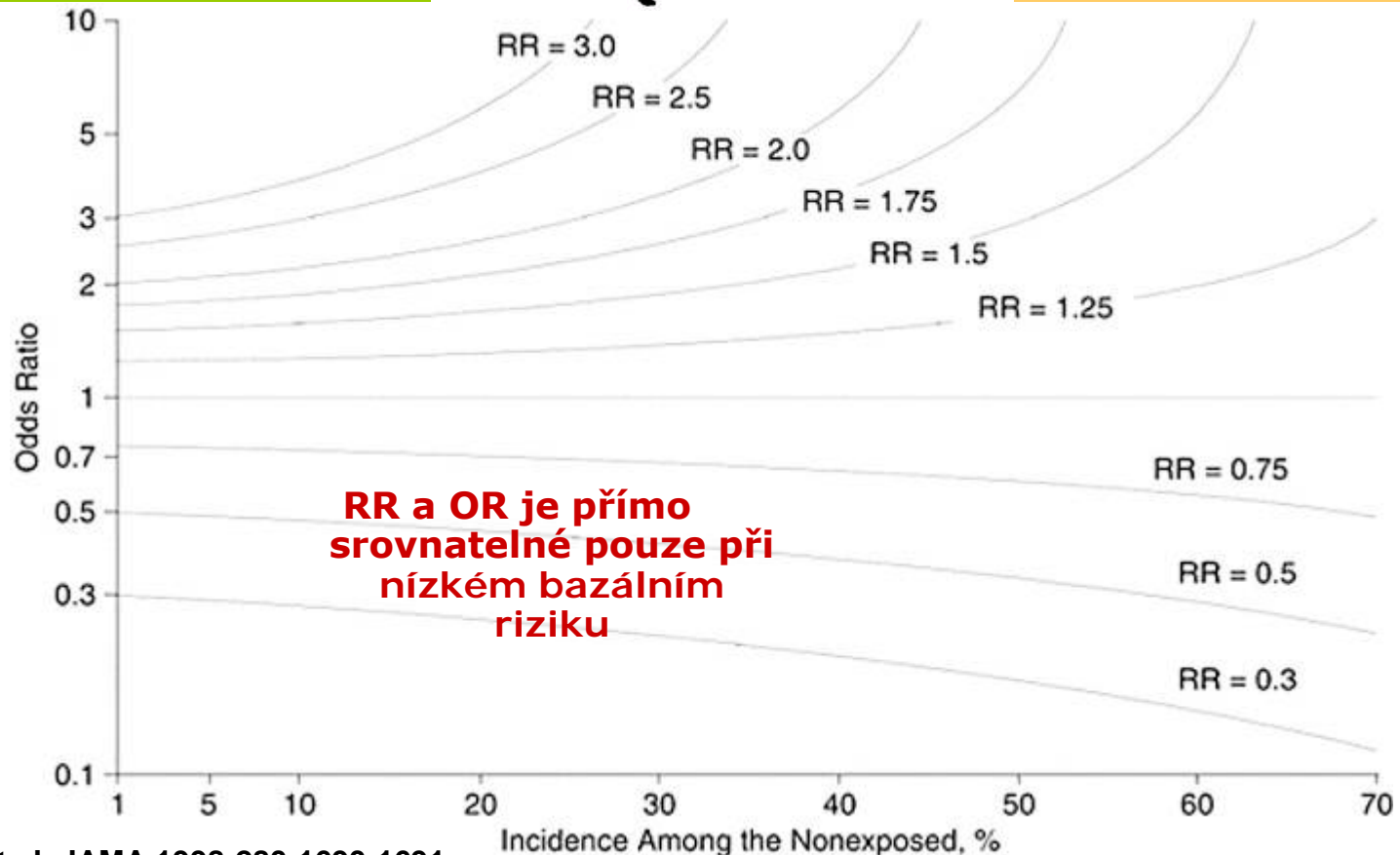
$$OR = \frac{\frac{6}{4}}{\frac{3}{7}} = 3.5$$

Vztah mezi RR a OR

Relative risk
(relativní riziko)



Odds ratio
(poměr šancí)



Zhang, J. et al. JAMA 1998;280:1690-1691.

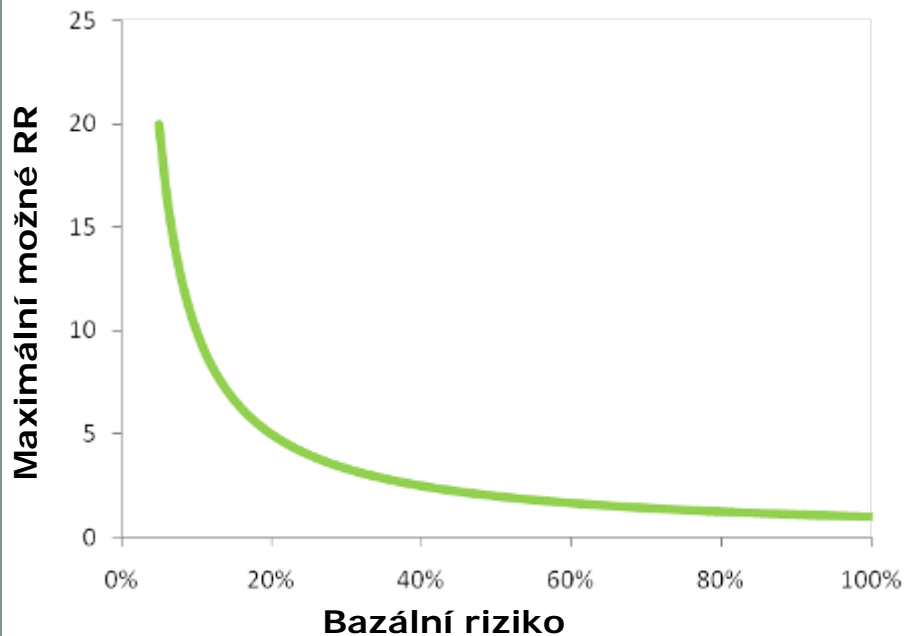
Srovnatelnost RR a OR I: maximum

Relative risk
(relativní riziko)



Odds ratio
(poměr šancí)

- RR mění své maximum podle bazálního rizika



- ☑ Odds ratio má vždy rozsah od 0 do nekonečna
- ☑ Velikost OR není závislá na velikosti bazálního rizika

- ☑ OR lze použít pro srovnání studií s různým bazálním rizikem !!!!

- ☑ Výhodné pro metaanalýzu

- ☑ **RR ve studiích s různým bazálním rizikem jsou nesrovnatelná !!!!**

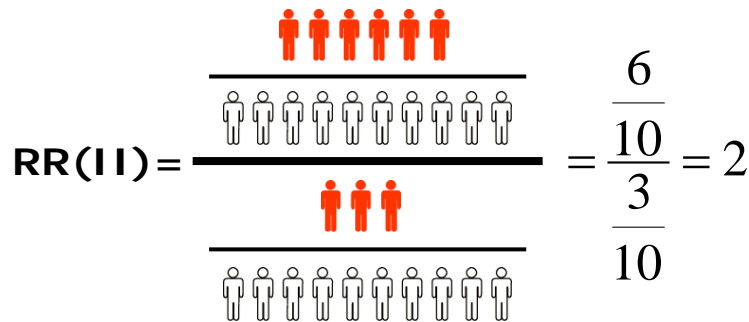
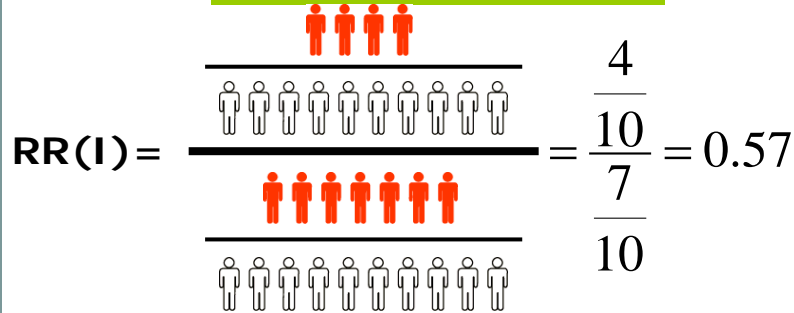
Srovnatelnost RR a OR I: symetrie

- Existuje mezi RR a O rozdíl v případě

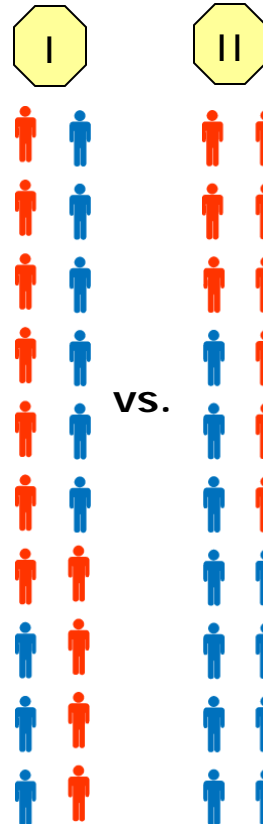
výměny definice eventu a non-eventu?



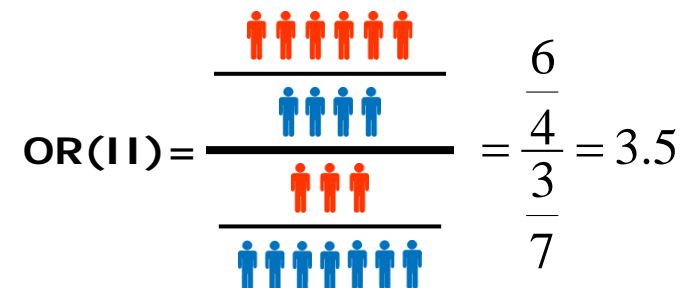
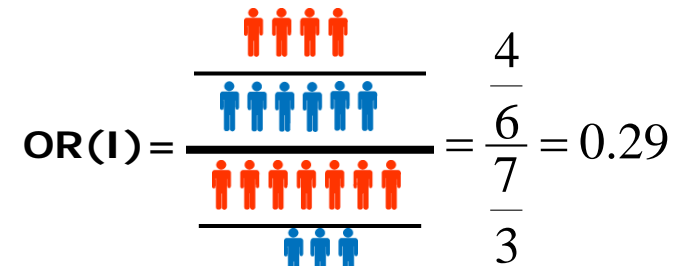
**Relative risk
(relativní riziko)**



$$RR(I) \neq \frac{1}{RR(II)}$$



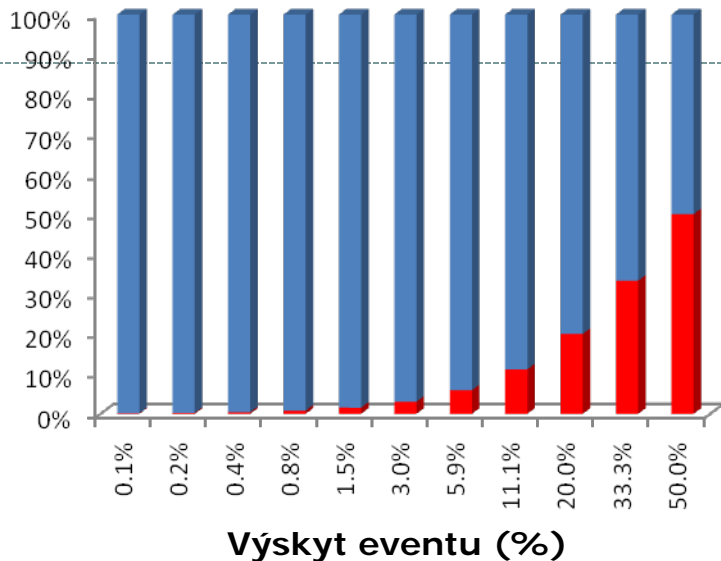
**Odds ratio
(poměr šancí)**



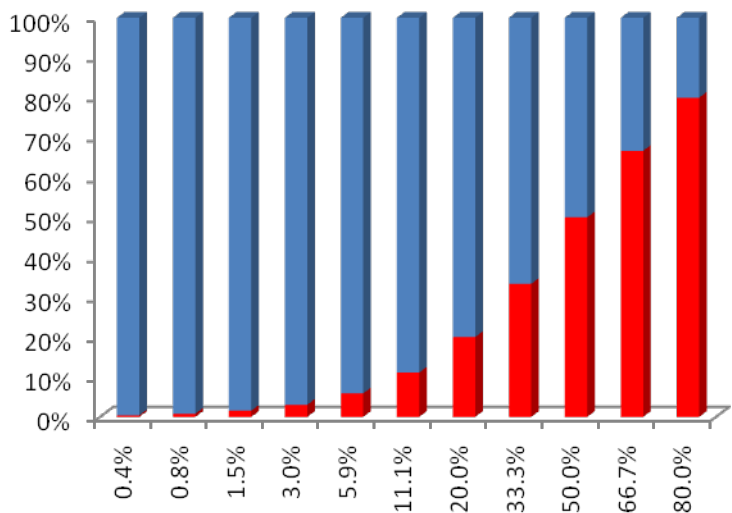
$$OR(I) = \frac{1}{OR(II)}$$

RR a OR ve studiích s různou mírou bazálního rizika

Control

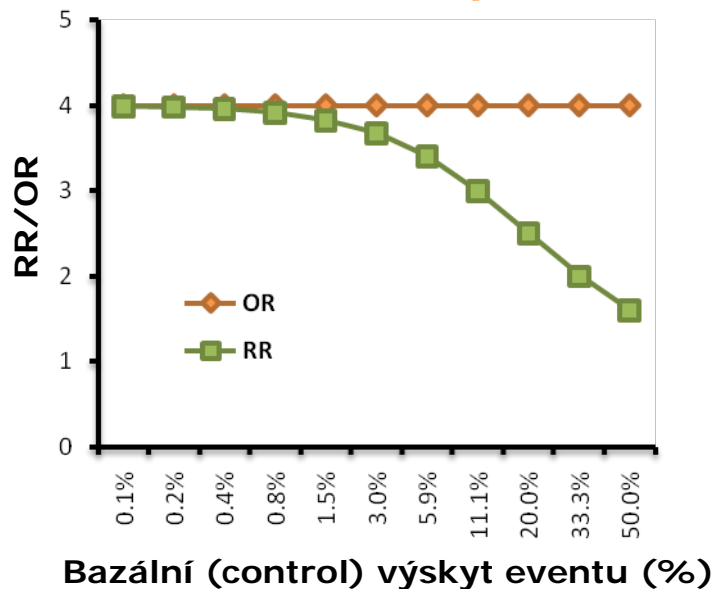


Case



Odds ratio

Ve skupině „Case“ připadá na jednoho pacienta bez eventů 4x tolik pacientů s eventem než ve skupině „Control“



Relative risk

Pacient ve skupině „Case“ má x-krát zvýšenou pravděpodobnost výskytu eventů než pacient ve skupině „Control“. X-krát závisí na bazálním výskytu eventů.

RR a OR v prospektivních a retrospektivních studiích

Prospektivní studie

- ✓ Sledování výskytu eventů a následná analýza jeho příčin
- ✓ Převážně kohortní studie



- ✓ Bazální výskyt eventů je dán vlastnostmi kohorty pacientů
- ✓ Bezproblémové využití RR



Relative risk
(relativní riziko)

Retrospektivní studie

- ✓ Zpětné sledování příčin eventů
- ✓ Převážně case-control studie
- ✓ Výběrem pacientů ovlivňujeme bazální výskyt eventů



- ✓ RR nelze použít – ovlivněno bazálním výskytem eventů
- ✓ Využití OR – není ovlivněno designem studie



Odds ratio
(poměr šancí)

Relative risk vs. Odds ratio: shrnutí



Relative risk (relativní riziko)



Odds ratio (poměr šancí)

- ✓ Intuitivně snadno interpretovatelné
- ✓ Pro prospektivní studie
- ✓ Standardní výstup Coxovy regrese
- ✓ Maximum se liší podle bazální hodnoty výskytu eventů

- ✓ Retrospektivní studie
- ✓ Aplikace v metaanalýze
- ✓ Standardní výstup logistické regrese
- ✓ Rozsah vždy 0 až nekonečno, není ovlivněno bazálním výskytem eventů
- ✓ Obtížnější interpretace

XIV. Poissonovo rozložení



Popis rozložení a jeho využití

Anotace



- Poissonovo rozložení se používá pro popis četnosti výskytu jevu na experimentální jednotku, příkladem může být počet mutací bakterií na Petriho misku nebo počet srdečních poruch na jednotku času

Poissonovo rozložení



Celkový počet jevů v n nezávislých pokusech

$$\left. \begin{array}{l} E(x) = n p \\ D(x) = n p \end{array} \right\} E(x) = D(x)$$

$$P(r) = \frac{e^{-\mu} \cdot \mu^r}{r!} = e^{-\lambda} \cdot \frac{\lambda^r}{r!}$$

$\mu = \lambda =$ průměrný počet jevů z n pokusů



$$P(X = 0) = e^{-\mu}$$



$$P(X = 1) = e^{-\mu} \cdot \mu^1$$



$$P(X = 2) = \frac{e^{-\mu} \cdot \mu^2}{2}$$



$$P(X = 3) = \frac{e^{-\mu} \cdot \mu^3}{(3)(2)}$$

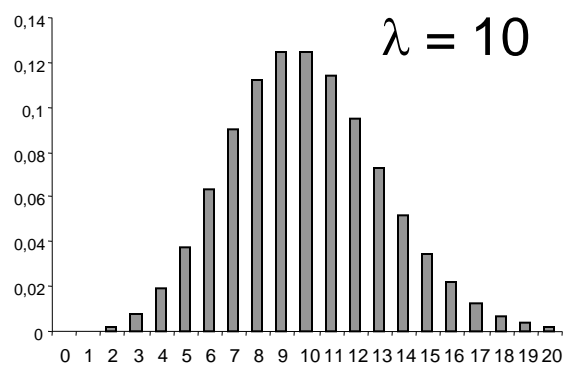
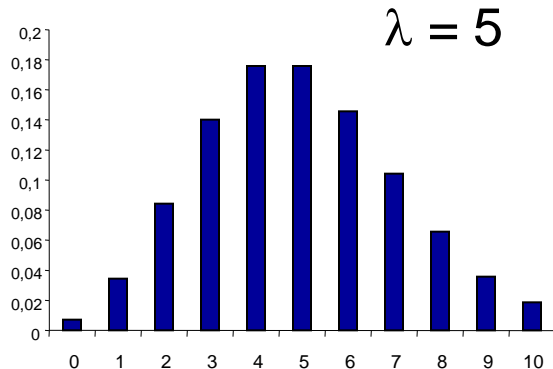
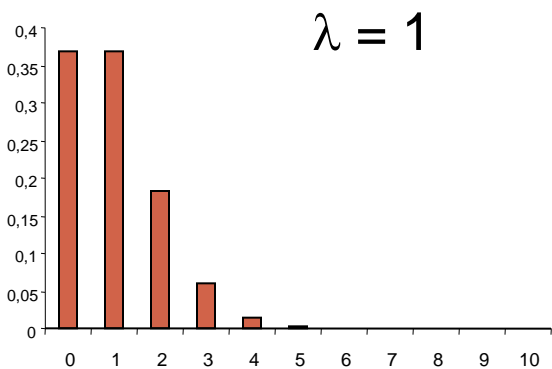
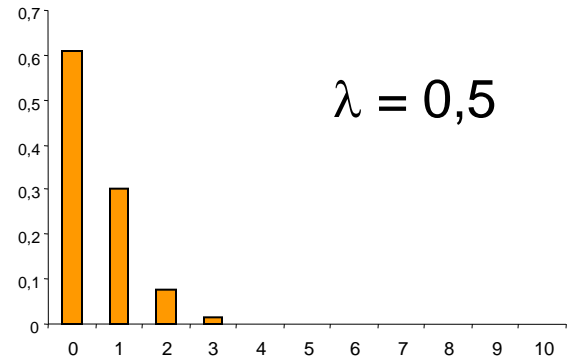
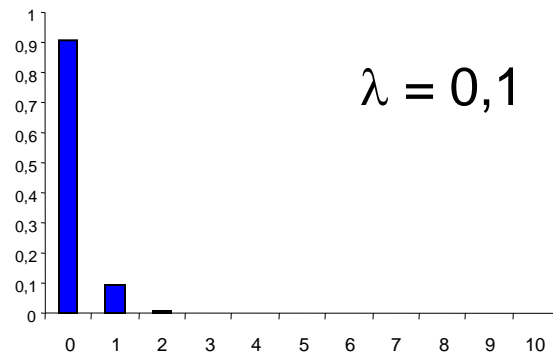
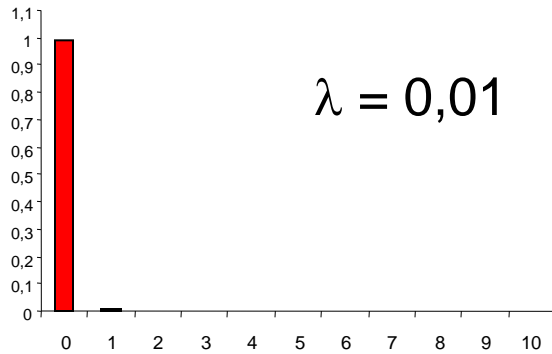


$$P(X = 4) = \frac{e^{-\mu} \cdot \mu^4}{(4)(3)(2)}$$

Poissonovo rozložení jako model

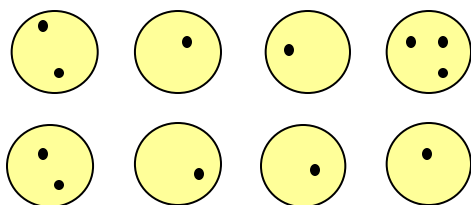


$$P(x = r) = e^{-\lambda} \cdot \frac{\lambda^r}{r!}$$



Poissonovo rozložení v přírodě existuje

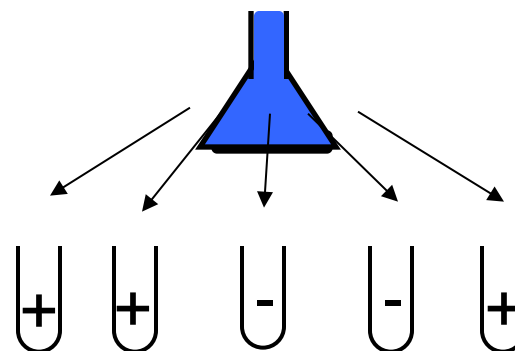
Mutace bakterií na inkubačních miskách



**Výskyt jevu v prostoru
(počet žížal na určitou plochu pole)**

3	40	1	0
0		2	12
2	10	7	4

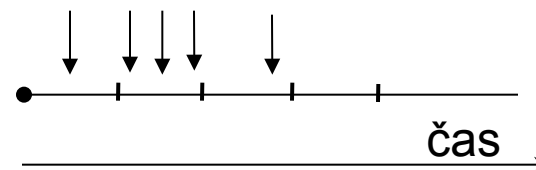
**Orientační stanovení jevu
(při produkci plynu bakteriemi)**



**The most probable number
technique**

Výskyt jevu v čase

(srdeční arytmie v určitých časových intervalech)

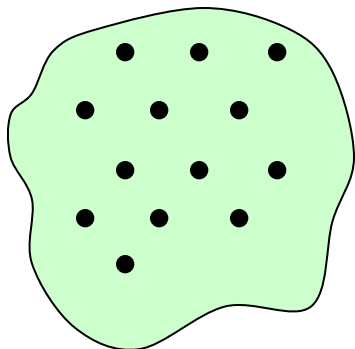


Poissonovo rozložení jako model pro náhodný výskyt jevů



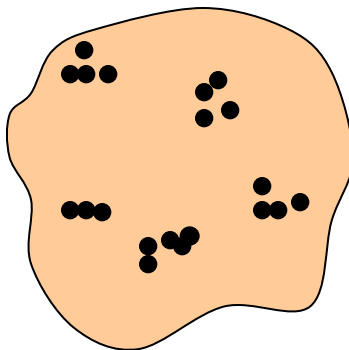
Předpoklad: náhodná distribuce jevu mezi studovanými objekty (příp. v čase, v prostoru).

$$\sigma^2 < \mu$$



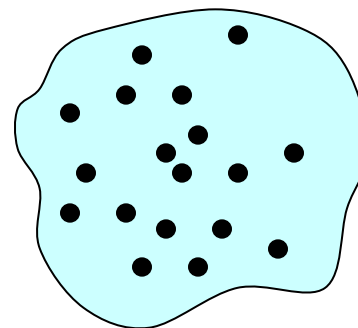
Uniform

$$\sigma^2 > \mu$$



Clustered

$$\sigma^2 = \mu$$



Random



Poisson

Pokud je λ spíše větší (~ 5 - 10), pak Poisson odpovídá spíše binomickému až normálnímu rozložení.

Formální prezentace Poissonova rozložení

Př: pokus.....10 000 bakterií na misce
n = 10 misek
Jev: mutace (r=25)
 λprůměrný počet mutantů na
jednu misku

$$r = 25$$

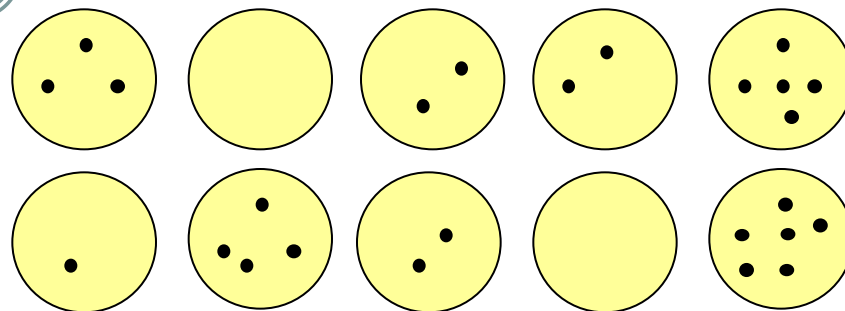
$$\bar{x} \approx \lambda = 25/10 = 2,5$$

95 % IS:

$$\bar{x} - Z_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{\bar{x}}{n}} \leq \lambda \leq \bar{x} + Z_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{\bar{x}}{n}}$$

$$2,5 - 1,96 \cdot \sqrt{0,25} \leq \lambda \leq 2,5 + 1,96 \cdot \sqrt{0,25}$$

$$1,52 \leq \lambda \leq 3,48$$



Poissonova náhodná proměnná



Při měření počtu krvinek změněných určitou chorobou (relativně vzácné) je pozorován zředěný vzorek krve pod mikroskopem v komůrce rozdělené na stejně velká pole. Sledovaná veličina, udávající počet krvinek v i -tém poli může být považována za rozdělenou podle Poissonova rozložení:

$n = 169$ = počet nezávislých pozorování proměnné
 $r = 10$ = počet pozorovaných krvinek

Jaká je hodnota parametru λ Poissonova rozložení a jaká je jeho interpretace ?

Jaký je interval 95% spolehlivosti pro parametr λ ?

Pokud bychom sledovali celkový počet červených krvinek (opět v $n = 169$ nezávislých políčkách), bylo by i tuto proměnnou možno považovat za rozloženou podle Poissonova rozložení ? Uvažujte celkový počet pozorovaných krvinek jako 2013.

Výpočet intervalu spolehlivosti pro λ (bez aproximace na normální rozložení)

Spodní hranice IS

$$L_1 = \frac{\chi_{1-\alpha/2}^2 \quad (f_1=2r)}{2}$$

Horní hranice IS

$$L_2 = \frac{\chi_{\alpha/2}^2 \quad (f_2=f_1+2)}{2}$$

Poissonova náhodná proměnná



Konstantní zářič: $n = 2608$ časových intervalů (každý 7,5 s)

i : počet částic v intervalu (x)

s_i : pozorovaná četnost intervalů s i částicemi

$$P(x = i) = \frac{\lambda^i \cdot e^{-\lambda}}{i!} \sim p_i$$

i	Počet intervalů s právě i zaznamenanými částicemi s_i	teoretické četnosti np_i	$\frac{(s_i - np_i)^2}{np_i}$
0	57	54,399	0,1244
1	203	210,523	0,2688
2	383	407,361	1,4568
3	525	525,496	0,0005
4	532	508,418	1,0938
5	408	393,515	0,5332
6	273	253,817	1,4498
7	139	140,325	0,0125
8	45	67,882	7,7132
9	27	29,189	0,1642
10	10	17,075 (= $P\{\xi \geq 10\}$)	0,0677
11	4		
12	2		
13	0		
	$n = 2608$	2608,00	12,8849

Poissonova proměnná:

* Výborný model pro experimenty, v nichž je během časového průběhu zjišťován počet výskytu určitého jevu

Poissonovo rozložení: jednovýběrový test

$$P_{(r)} = \frac{(e^{-\lambda} \cdot \lambda^r)}{r!}$$

Př: Počet hnízd křepelek na dané ploše

$$\left. \begin{array}{l} n = 8\,000 \quad \text{"pod lokalit"} \\ r = 28 \end{array} \right\} \hat{p} = 0,0035$$

Nechť je srovnávací soubor
(předchozí průzkum)

$$p_o = 0,0020$$

$$\underline{p_o \cdot 8\,000 = 16 = \mu = \lambda}$$

$$H_o : p \leq p_o \sim \mu \leq 16 \quad ?$$

1) Vztít data jako pocházející z populace:

$$P(r = 28) = \frac{e^{-16} \cdot 16^{28}}{28!} = 0,00192 \dots\dots\dots$$

$$2) \left. \begin{array}{l} P(r \geq 28) = ? \\ [0,00411] \end{array} \right\} < 0,05 \Rightarrow H_o \text{ zamítnuta} \dots\dots\dots$$



r = 28 je příliš velké pro populaci s p_o



$\underline{p > p_o}$, aby r = 28 bylo pravděpodobnější

XV. Analýza rozptylu



Parametrická analýza rozptylu Post hoc testy

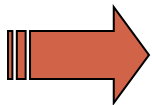
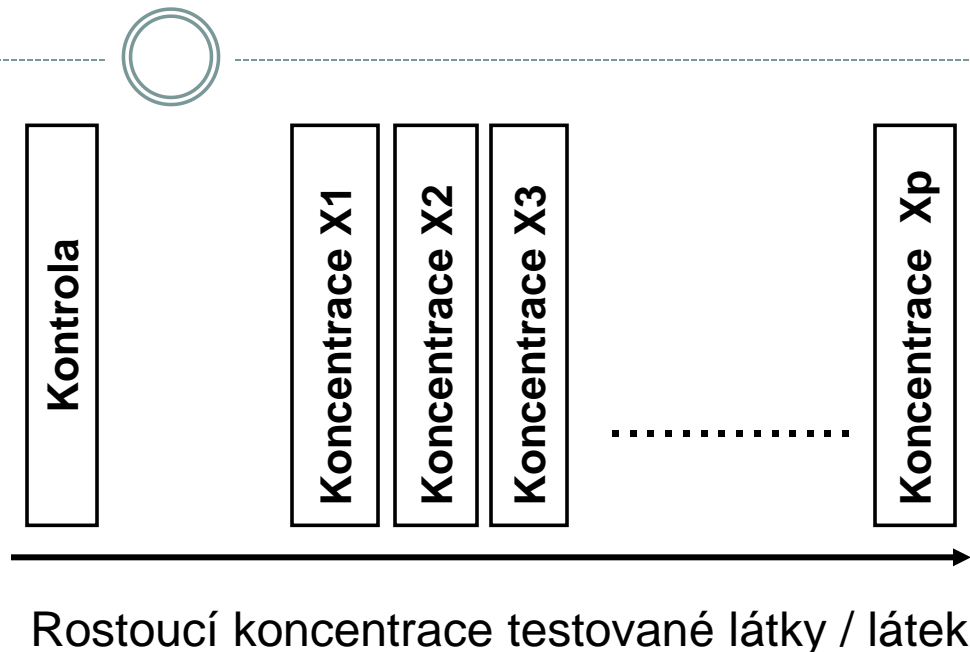
Anotace



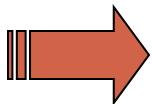
- Analýza rozptylu je základním nástrojem pro analýzu rozdílů mezi průměry v několika skupinách pacientů.
- Základní myšlenka, na níž je ANOVA založena, je rozdělení celkové variability v datech (neznámé, dané pouze náhodným rozložením) na část systematickou (spjatou s kategoriemi pacientů, vysvětlená variabilita) a část náhodnou. Pokud systematická, tedy nenáhodná a vysvětlitelná část variability převažujeme, považujeme daný kategoriální faktor za významný pro vysvětlení variability dat.
- Analýza rozptylu vyhodnocuje pouze celkový vliv faktoru na variabilitu, v případě analýzy jednotlivých kategorií je třeba využít tzv. post-hoc testy

Analýza rozptylu - ANOVA

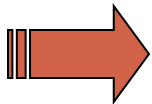
Základní technika
sloužící
k posouzení rozdílů
mezi více úrovněmi
pokusného zásahu



Celkově významné změny v reakci biologického systému



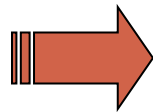
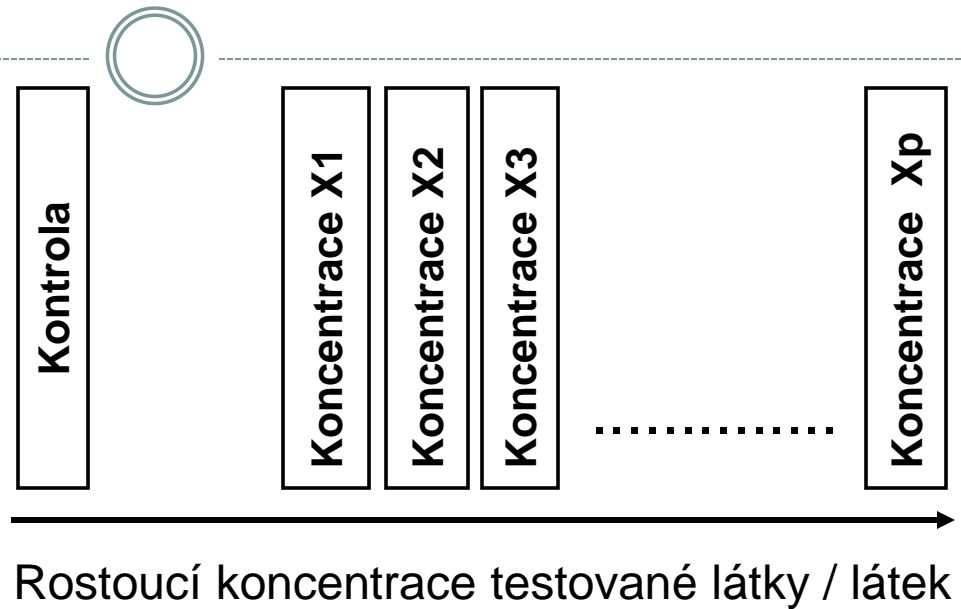
Vzájemné rozdíly účinku jednotlivých dávek



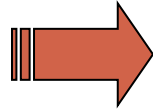
Rozdíly účinku dávek od kontroly

Analýza rozptylu - ANOVA

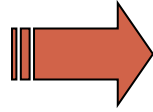
Významné kroky
analýzy, vedoucí k
efektivnímu srovnání
variant



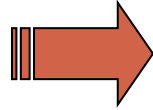
Splnění předpokladů analýzy
Transformace dat



Relevantnost kontroly
(vliv vlastní aplikace látek)



Vhodnost modelu ANOVA pro účely testu



Vlastní srovnání variant
Minimalizace chyb při ověřování hypotéz

Analýza rozptylu - ANOVA

***SPLNĚNÍ PŘEDPOKLADŮ ANOVA JE NEZBYTNOU PODMÍNKOU
POUŽITÍ TÉTO TECHNIKY***

**ANOVA
= parametrická
analýza dat**

1. **Předpoklad nezávislosti
opakování experimentu**

2. **Homogenita
rozptylu v rámci
pokusných variant**

3. **Normalita rozložení
v rámci pokusných
variant**

ALTERNATIVOU JSOU NEPARAMETRICKÉ METODY

Analýza rozptylu - ANOVA

Předpoklady analýzy rozptylu jsou nezbytné pro dosažení síly testu

• **Symetrické rozložení hodnot a normalita odchylek** od hodnoceného modelu ANOVA. Velkou část dat lze adekvátně normalizovat použitím logaritmické transformace. Předpoklad lognormální transformace může pochopitelně být teoreticky vyloučen u mnoha datových souborů obsahujících diskretní parametry, kde je indikována vhodnost jiného typu transformace. U asymetricky rozložených a u diskretních dat je nutné využít neparametrické alternativy analýzy rozptylu.

• **Statistická nezávislost reziduí** vyhodnocovaného modelu ANOVA. Pokud odhad a posouzení korelačních vztahů mezi pokusnými variantami není přímo předmětem výzkumu, lze jejich vliv na vyhodnocení odstranit znáhodněním dat v rámci pokusných variant - tedy změnou pořadí v náhodné. Rozsah vlivu těchto autokorelačních vztahů musí být ovšem primárně omezen správností experimentálního uspořádání.

• **Homogenita rozptylu** je nutným předpokladem pro smysluplnost vzájemných srovnání pokusných variant. U testů toxicity by splnění tohoto předpokladu mělo být ověřováno (Bartlettův test), neboť vážné rozdíly (až řádové) v jednotkách testovaného parametru mohou nastat v důsledku inhibice dávkami látky. Nehomogenita rozptylu je často ve vztahu k nenormalitě (asymetrii) dat a lze ji odstranit vhodnou normalizující transformací.

• **Aditivita** jako předpoklad týkající se složitějších experimentálních uspořádání. Exaktní otestování aditivity více pokusných faktorů je procedura poměrně náročná na experimentální design vyvážený co do počtu opakování. Je rovněž obtížné testovat interakci na nestandardních datech, neboť případná transformace může změnit charakter odchylek původních dat od hodnoceného modelu ANOVA.

Analýza rozptylu - ANOVA

Omezení aplikace ANOVA lze řešit

• **Chybějící data.** Vážným problémem jsou chybějící údaje o celé skupině kombinací testovaných látek, například u faktoriálních pokusů, kdy je znemožněno hodnocení experimentu jako celku.

• **Různé počty opakování** Jde o typický jev pro experimentální datové soubory. Při různých počtech opakování v experimentálních variantách jsou testy ANOVA citlivější na nenormalitu dat. Pokud jsou počty opakování zcela odlišné (až na řádové rozdíly), je nutno použít neparametrické techniky nebo analýzu rozptylu nevyvážených pokusů.

• **Odlehlé hodnoty.** Ojedinelé odlehlé hodnoty musí být před parametrickou analýzou rozptylu vyloučeny.

• **Nedostatek nezávislosti mezi rezidui modelu.** Jde o závažný nedostatek, zkreslující výsledek F-testu. Velmi často je tato skutečnost důsledkem špatného provedení nebo naplánování experimentu.

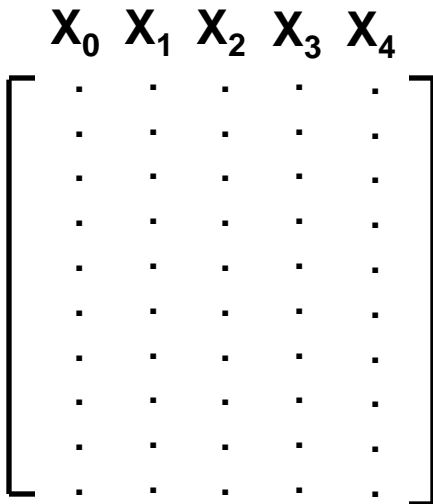
• **Nehomogenita rozptylu.** Velmi častý nedostatek experimentálních dat, často související s nenormalitou rozložení nebo s odlehlými hodnotami.

• **Nenormalita dat.** I v tomto případě lze situaci upravit vyloučením odlehlých hodnot nebo normalizující transformací.

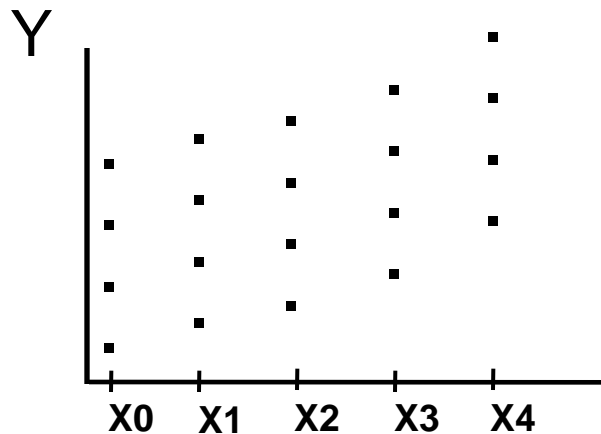
• **Neadditivita kombinovaného vlivu více pokusných zásahů.** Tuto situaci lze testovat jednak speciálními testy aditivity nebo přímo F testem kontrolujícím významnost vlivu interakce pokusných zásahů. Při významné interakci je nutné prozkoumat především její charakter ve vhodném experimentálním uspořádání.

Modely analýzy rozptylu

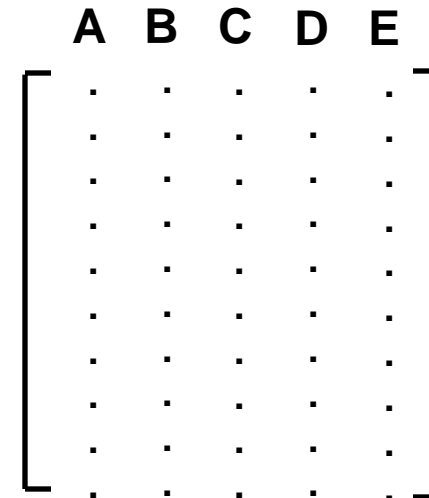
Model I. Pevný model



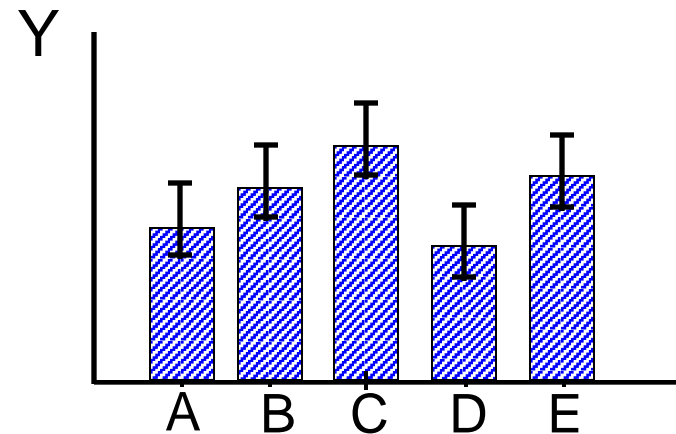
$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$



Model II. Náhodný model



$$y_{ij} = \mu + A_i + \varepsilon_{ij}$$



ANOVA – základní výpočet

- Základním principem ANOVY je porovnání rozptylu připadajícího na:
 - Rozdělení dat do skupin (tzv. effect, variance between groups)
 - Variabilitu objektů uvnitř skupin (tzv. error, variance within groups), předpokládá se, že jde o náhodnou variabilitu (=error)

1. Variabilita mezi skupinami

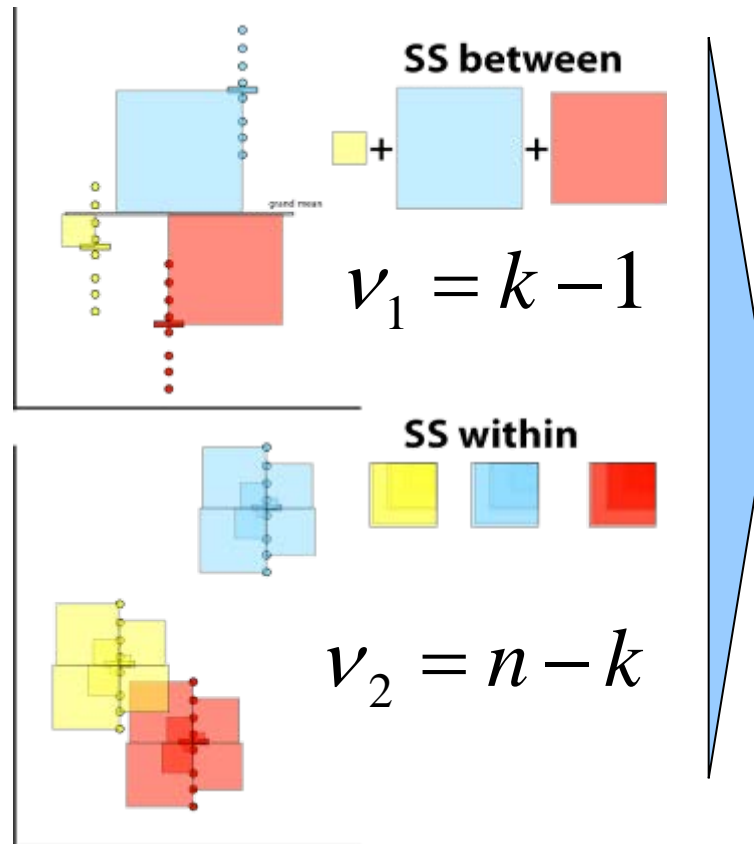
Rozptyl je počítán pro celkový průměr (tzv. grand mean) a průměry v jednotlivých skupinách dat

Stupně volnosti jsou odvozeny od počtu skupin (= počet skupin - 1)

2. Variabilita uvnitř skupin

Rozptyl je počítán pro průměry jednotlivých skupin a objekty uvnitř příslušných, celková variabilita je pak sečtena pro všechny skupiny

Stupně volnosti jsou odvozeny od počtu hodnot (= počet hodnot - počet skupin)



$$F = \frac{\text{between_groups}}{\text{within_groups}}$$

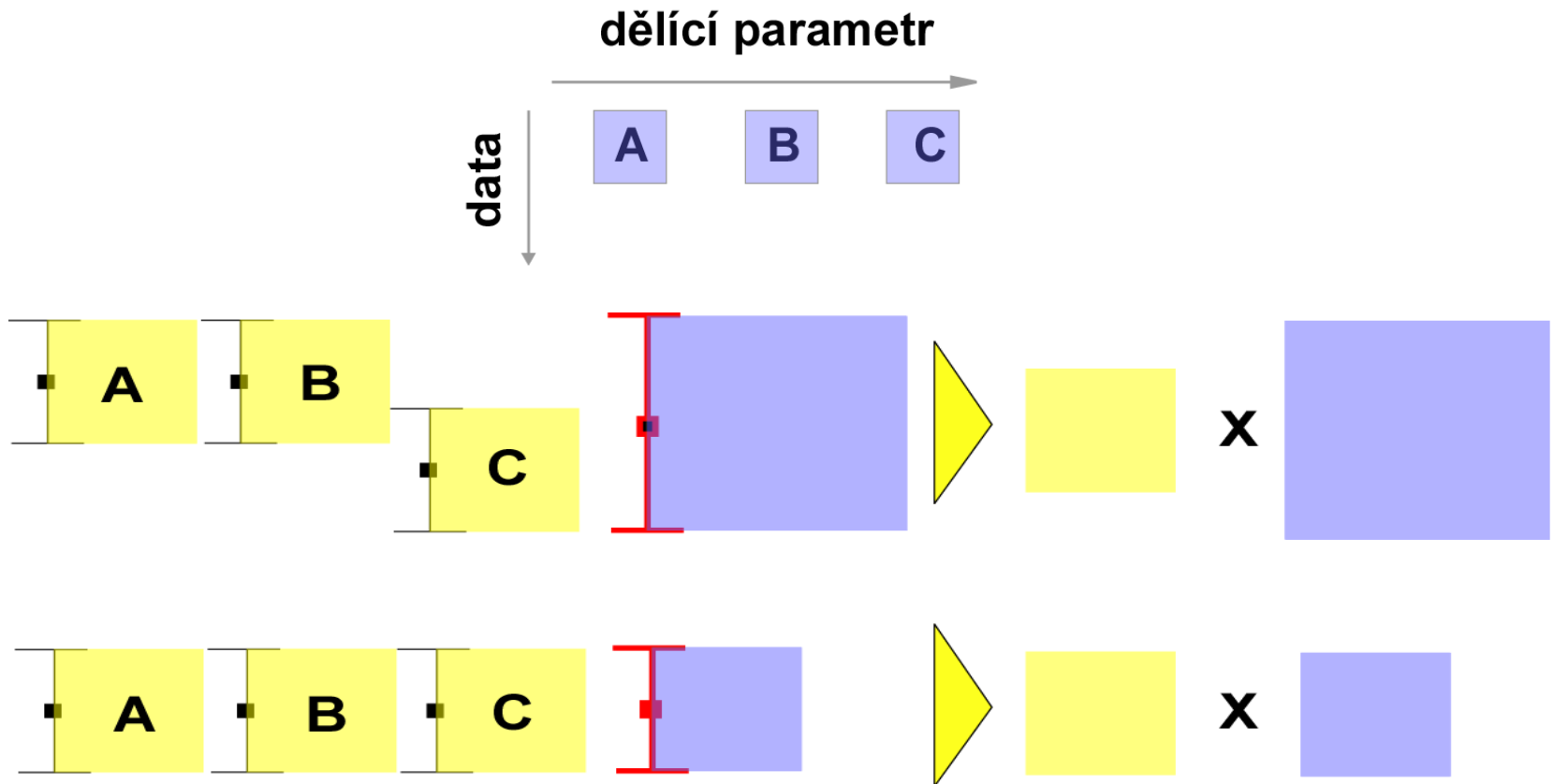
Výsledný poměr (F) porovnáme s tabulkami F rozložení pro v_1 a v_2 stupňů volnosti

SS=sum of squares

Jednoduchý ANOVA design



Nejjednodušším případem ANOVA designu je rozdělení na skupiny podle jednoho parametru.



Nested ANOVA

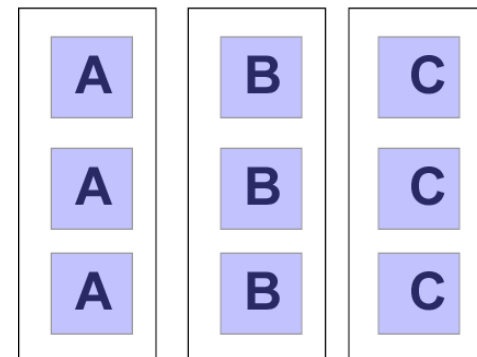


- Rozdělení skupin na náhodné podskupiny (např. opakování experimentu)
- Cílem je zjistit, zda data v jedné skupině nejsou pouhou náhodou
- Nejprve je testována shoda podskupin v hlavních skupinách,
 - pokud jsou shodné, je vše v pořádku
 - pokud nejsou, stále lze zjišťovat, zda se variabilita uvnitř hlavních skupin liší od celkové variability

jednoduchá ANOVA



nested ANOVA



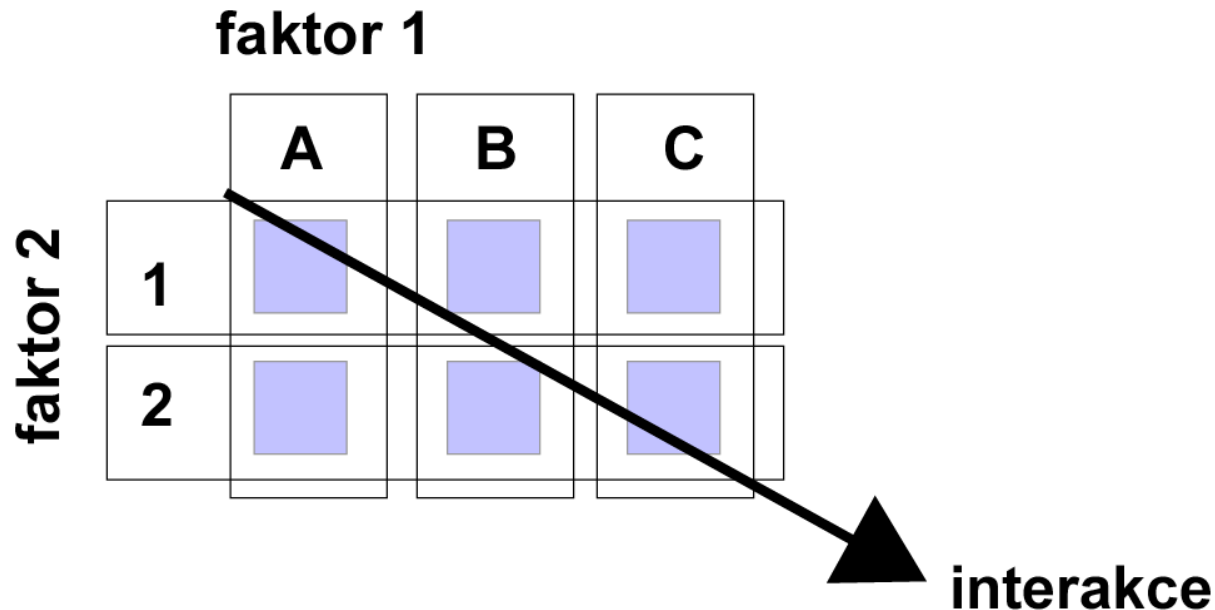
Two way ANOVA



Pro rozdělení do kategorií je zde více parametrů

Na rozdíl od nested ANOVY nejde o náhodná opakování experimentu, ale o řízené zásahy (např. vliv pH a koncentrace O_2)

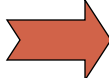
Kromě vlivu hlavních faktorů se uplatňuje i jejich interakce



Modely analýzy rozptylu - základní výstup

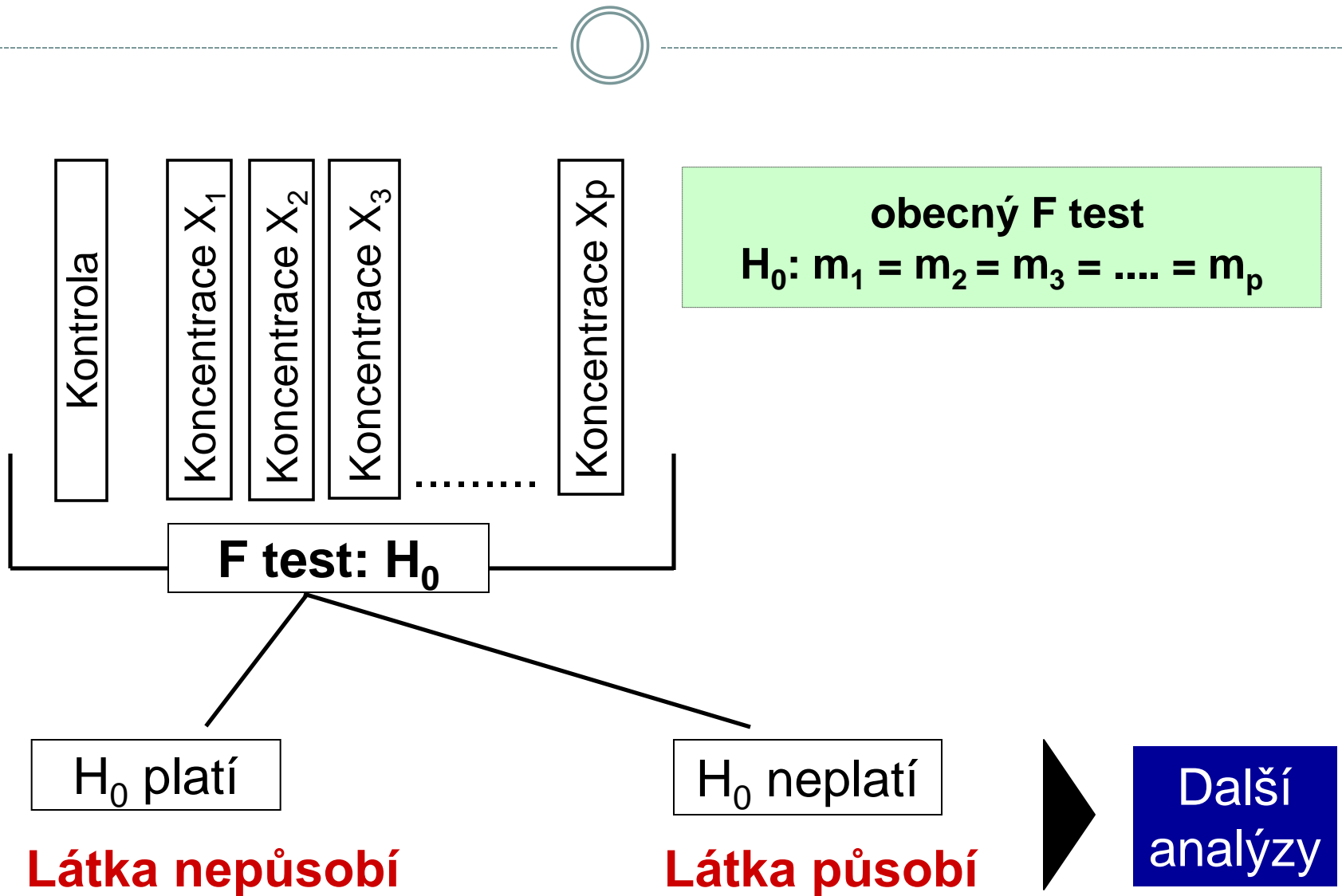
*Základním výstupem analýzy rozptylu je
Tabulka ANOVA - frakcionace komponent rozptylu*

Zdroj rozptylu	St. v.	SS	MS	F
Pok. zásah (mezi skupinami)	$a - 1$	SS_B	$SS_B / (a - 1)$	MS_B / MS_E
Uvnitř skupin	$N - a$	SS_E	$SS_E / (N - a)$	
Celkem	$N - 1$	SS_T		

SS_B / SS_T  Kvantifikovaný podíl rozdílu mezi pokusnými zásahy na celkovém rozptylu

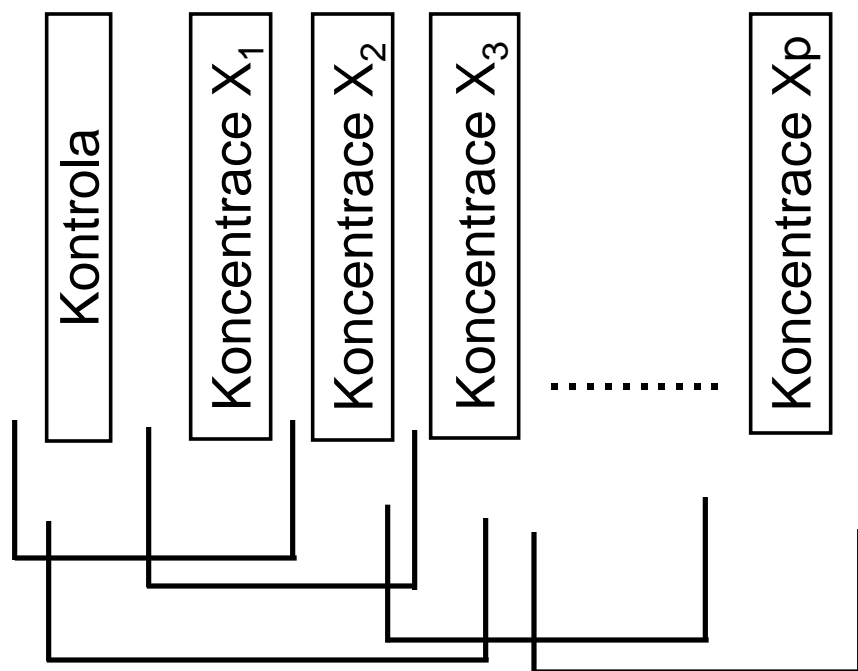
MS_B / MS_T  Statistická významnost rozdílu

Analýza rozptylu - obecný F test



Analýza rozptylu - Testy kontrastů

ANOVA: H_0 zamítnuta
Testy kontrastů



Plánované

Neplánované

Pro srovnání variant s kontrolou

Testování kontrastů
"Multiple range testy"

Parametrické

Neparametrické

Příklad: Anova - One way



Dávka rostlinného stimulantu (0, 4, 8, 12 mg/l)

$A = 4$; $n = 8$

I. ANOVA

Bartlett's test: $P = 0,9847$

K-S test: $P = 0,482 - 0,6525$ pro jednotlivé kategorie

Source	D. f.	SS	MS	F
Between Groups	3	305,8	101,9	8,56
Within Groups	28	322,2	11,9	
Total (corr.)	31	638,0		

II. Multiple Range Test

NKS -test

Level	Average	Homogenous Groups
0	34,8	x
4	41,4	x
12	41,8	x
8	52,6	x

Příklad: Anova - One way



- I. Zásah: 4 klinická stadia virové choroby (napadá kr. buňky)
Sledovaná veličina: aktivita enzymu v těchto krevních buňkách

$$H_o : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

n = 3
 MODEL = ?

	I	II	III	IV
	22,8	16,4	11,2	14,2
	19,4	17,8	18,2	10,1
	12,5	19,1	15,8	12,8
Σ	65,7	53,3	45,2	37,1
průměr	21,9	17,8	15,1	12,4

II.

Source	D.f.	MS	F	P
Between groups	3	49,6	8,39	0,0075
Within groups	8	5,9		
Total (corr.)	11	-		

III. Komponenta rozptylu:

$$\sigma_A^2 \sim S_A^2 = \frac{MS_A - MS_e}{n} = \frac{49,6 - 5,9}{3} = 14,57$$

$$S_A^2 = 2,5 \cdot S_e^2$$

IV.

$$\rho_I \sim r_I = \frac{S_A^2}{S_A^2 + S_e^2} = 0,7142$$

Srovnání variant v testech

Srovnávání variant po celkovém testu ANOVA

Mnoho existujících algoritmů není vhodných pro konkrétní případ

Day and Quin
Ecological Monographs, 1989

Test	Využití	Poznámka
Dunnett Williams	Srovnání s kontrolou	Ex. i modifikace pro různá n.
ANOVA testy (F)	Orthogonální kontrasty	Plánovaná srovnání
Ryan Q test	Jednoduché kontrasty	Vyhodnocen jako nejlepší test

Testy pro jednoduché kontrasty

Scheffe	Tukey	LSD
Bonferroni	Dunn-Sidák	Kramer

Testy nevhodné

Duncan	Student - Newmann-Keuls	Waller-Duncan k ratio
--------	-------------------------	-----------------------

Řada post-hoc testů v různých SW

One-Way ANOVA for PRODUCTS

Task Roles
Tests
Means
Means
Comparison
Breakdown
Plots
Results
Titles

Means > Comparison

The main effect is: ProductName.

Confidence level: 95%

Methods to use

- Bonferroni t test
- Tukey's studentized range test (HSD)
- Duncan's multiple-range test
- Dunnett's t test
- Fisher's least significant-difference test
- Gabriel's multiple-comparison procedure
- Student-Newman-Keuls multiple range test
- Waller-Duncan k-ratio t test
- Scheffe's multiple comparison procedure
- Ryan-Einot-Gabriel-Welsch multiple-range test

sas

ANOVA Results 1: srovnani hmotnosti ovci

Profiler | Custom tests | Residuals 1 | Residuals 2 | Matrix | Report
Summary | Means | Planned comps | Post-hoc | Assumptions

Effect: Skupina

Dependent variables: Hmotnost

Display

- Significant differences
- Homogeneous groups: .05
- Confidence intervals
- Critical ranges: .05

Error term

- Between error
- Within error
- Between; within; pooled
- MS: 0.00

Fisher LSD | Bonferroni | Tukey HSD | Unequal N HSD

Range tests (multi-stage tests)

Duncan's | Crit. ranges

CG cell #: 1

StatSoft

One-Way ANOVA: Post Hoc Multiple Comparisons

Equal Variances Assumed

- LSD
- Bonferroni
- Sidak
- Scheffe
- R-E-G-W F
- R-E-G-W Q
- S-N-K
- Tukey
- Tukey's-b
- Duncan
- Hochberg's GT2
- Gabriel
- Waller-Duncan
- Dunnett

Type I/Type II Error Ratio: 100

Control Category: Last

Test: 2-sided < Control > Control

Equal Variances Not Assumed

- Tamhane's T2
- Dunnett's T3
- Games-Howell
- Dunnett's C

Significance level: .05

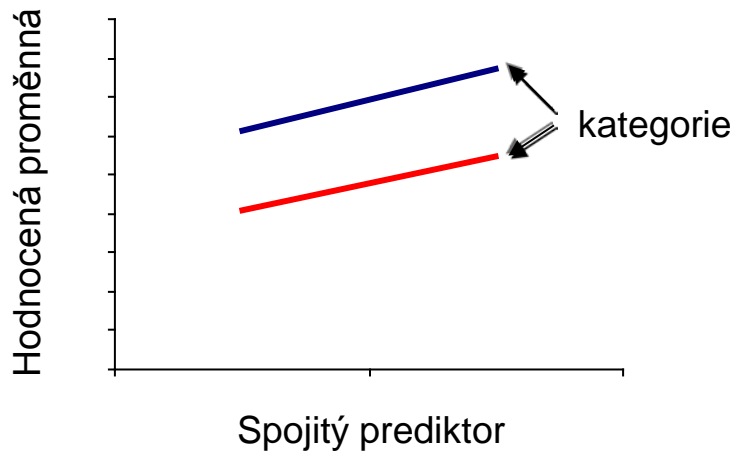
SPSS

Continue | Cancel | Help

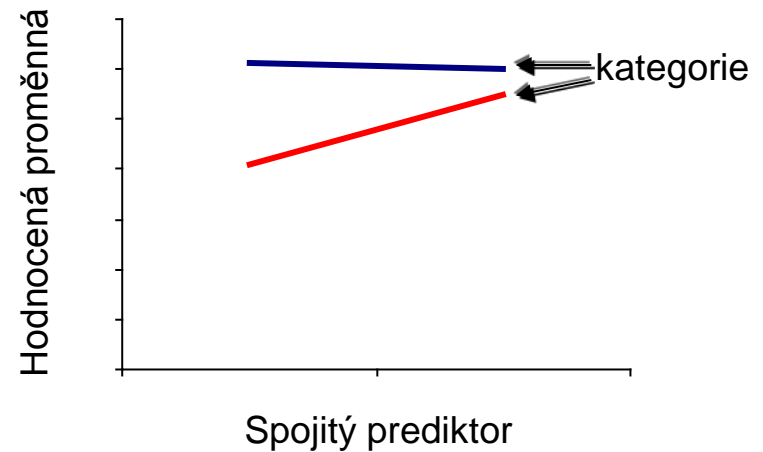
ANCOVA



- Rozšíření ANOVA
- Současná analýza kategoriálních a spojitých prediktorů
- Testování hypotézy paralelismu regresních vztahů



Kategorie pacientů (pokusný zásah)
neovlivňuje vztah proměnných



Kategorie pacientů (pokusný zásah)
ovlivňuje vztah proměnných

XVI. Korelace a regrese



Parametrická a neparametrická korelace
Lineární regrese

Anotace

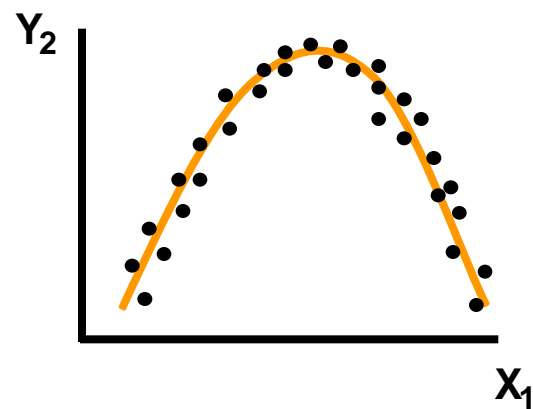
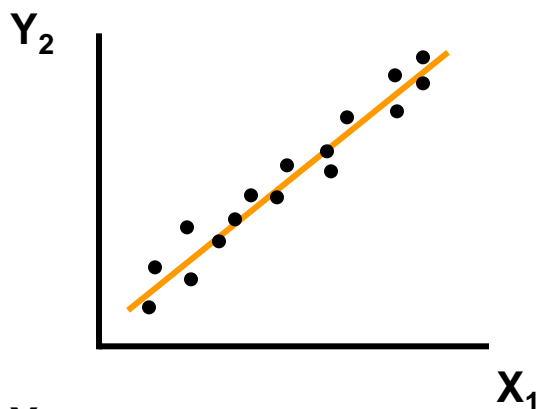


- Korelační analýza je využívána pro vyhodnocení míry vztahu dvou spojitých proměnných. Obdobně jako jiné statistické metody, i korelace mohou být parametrické nebo neparametrické
- Regresní analýza vytváří model vztahu dvou nebo více proměnných, tedy jakým způsobem jedna proměnná (vysvětlovaná) závisí na jiných proměnných (prediktorech). Regresní analýza je obdobně jako ANOVA nástrojem pro vysvětlení variability hodnocené proměnné

Základy korelační analýzy - I.



Korelace - vztah (závislost) dvou znaků (parametrů)



$X_2 \backslash X_1$	ANO	NE
ANO	a	b
NE	c	d

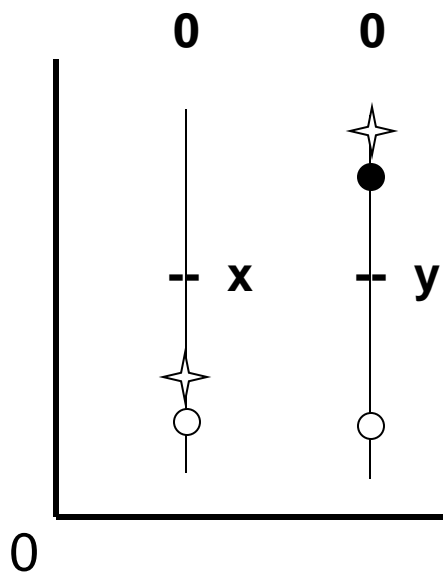
Základy korelační analýzy - II.



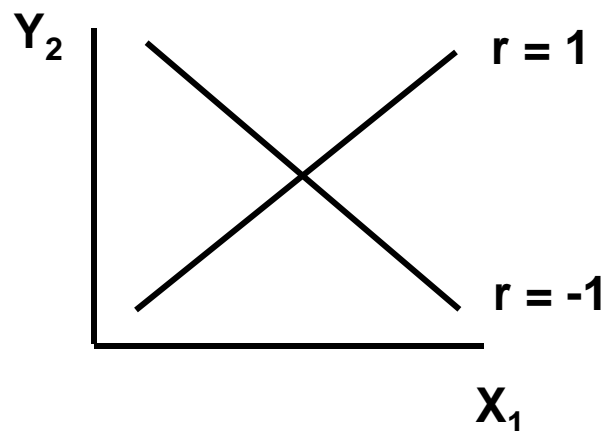
Parametrické míry korelace

Kovariance

$$\text{Cov}(x, y) = E(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})$$



Pearsonův
koeficient korelace



Základy korelační analýzy - III.



P_i (zem)	10	14	15	32	40	20	16	50
P_i (rostl.)	19	22	26	41	35	32	25	40

$I = 1, \dots, n; n = 8; v = 6$

$$r = \frac{Cov(x, y)}{S_x \cdot S_y} = \frac{\sum x_i y_i - \frac{1}{n} \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{\left[\sum x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum x_i)^2 \right] \left[\sum y_i^2 - \frac{1}{n} (\sum y_i)^2 \right]}} = 0,7176$$

I. $H_0 : \rho = \phi : \alpha = 0,05$

tab : $r(v=6) = 0,7076$

II. $H_0 : \rho = \phi$

$$t = \left[\frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \right] \cdot \sqrt{n-2} \quad v = n-2$$

$$\left. \begin{aligned} t &= \frac{0,7176}{0,6965} \cdot \sqrt{6} = 2,524 \\ \text{tab : } t_{0,975}^{(n-2)} &= 2,447 \end{aligned} \right\} P \leq 0,05$$

Základy korelační analýzy - IV.

Srovnání dvou korelačních koeficientů (r)

1. $n_1 = 1258$
 $r_1 = 0,682$

2. $n_2 = 462$
 $r_2 = 0,402$

Krevní tlak x koncentrace kysl. radikálů

$$Z_i = 1.1513 \cdot \log \frac{(1 + r_i)}{(1 - r_i)}$$

$Z_1 = 0,833$

$Z_2 = 0,426$

Test: $H_0: \rho_1 = \rho_2$; $\alpha = 0,05$

$$Z = \frac{Z_1 - Z_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1 - 3} + \frac{1}{n_2 - 3}}} = \frac{0,407}{0,0545} = 7,461$$

tabulky: $Z_{0,975} = 1,96$

7,461 >> 1,96 => P << 0,01

Základy korelační analýzy - V.

Neparametrická korelace (rs)



P_i v půdě	1	2	3	6	7	5	4	8
P_i v rostl.	1	2	4	8	6	5	3	7
d_i	0	0	1	2	-1	0	-1	-1

$$i = 1, \dots, n; \quad n = 8 \Rightarrow v = 6$$

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot \sum di^2}{n(n^2 - 1)} = 0,9048$$

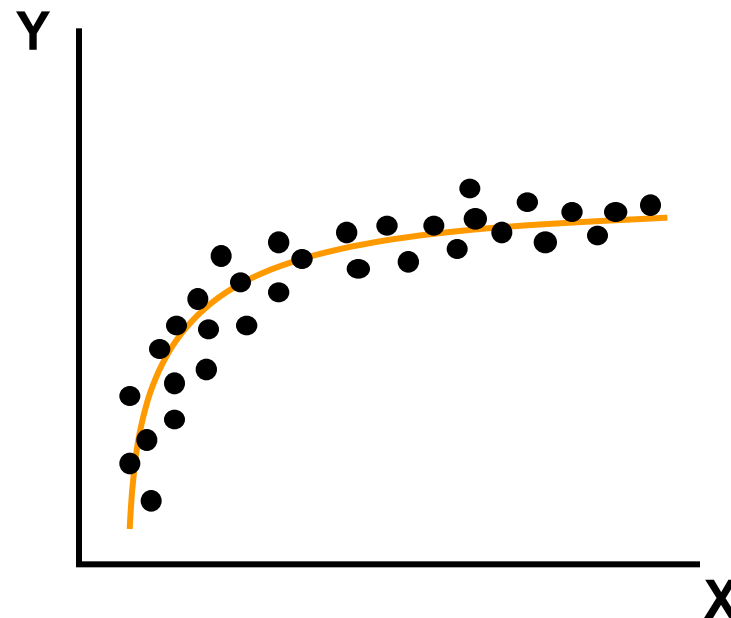
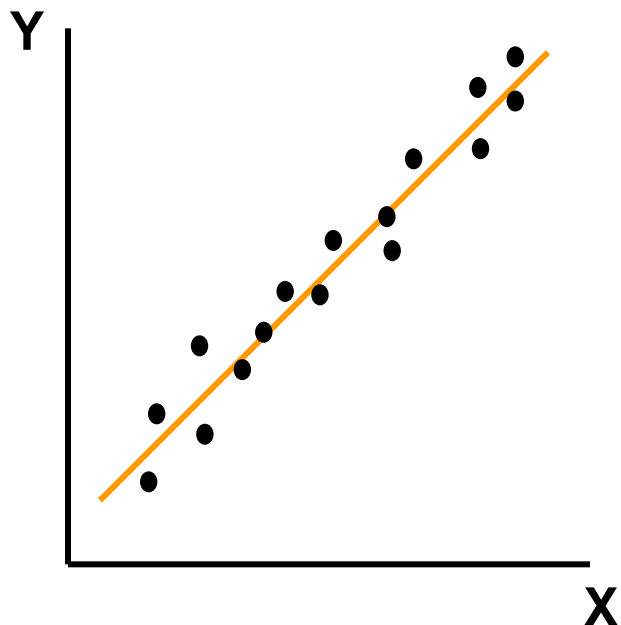
$$\text{tab: } r_s(v = 6) = 0,89$$

Pacient č.	1	2	3	4	5	6	7
Lékař 1	4	1	6	5	3	2	7
Lékař 2	4	2	5	6	1	3	7
d_i	0	-1	1	-1	2	-1	0

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot 8}{7(49 - 1)} = 0,857$$

P = 0,358

Korelace v grafech I.



Vztahy velmi často implikují funkční vztah mezi Y a X.

$$Y = a + b \cdot X$$

$$Y = a + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3$$

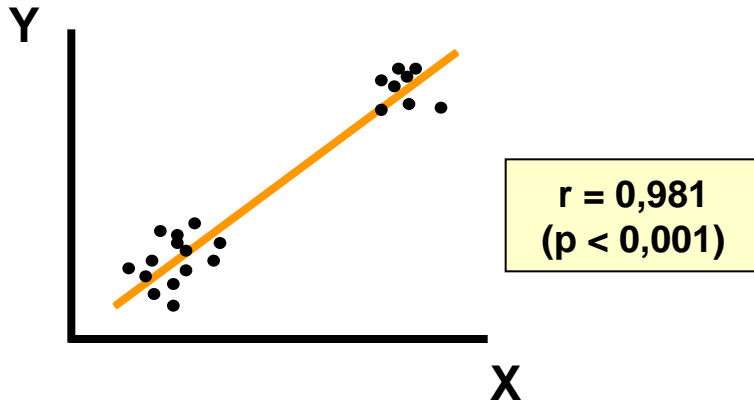
$$Y = a + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2$$

$$Y = a + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_1 \cdot X_2$$

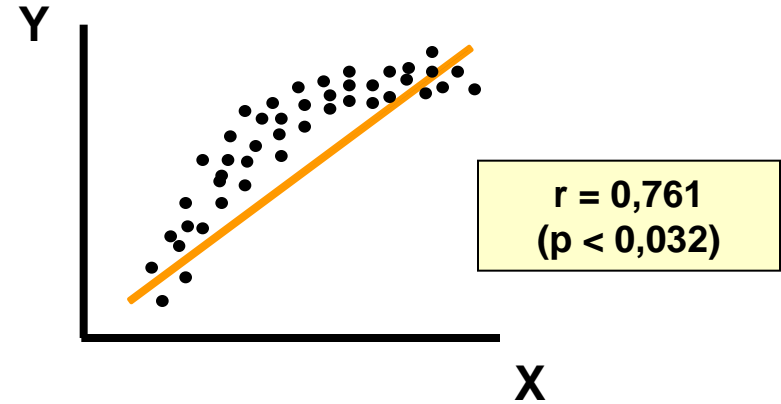
Korelace v grafech II.



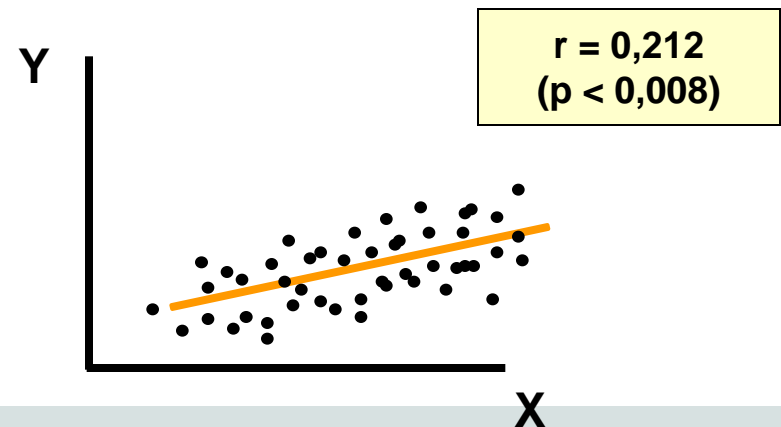
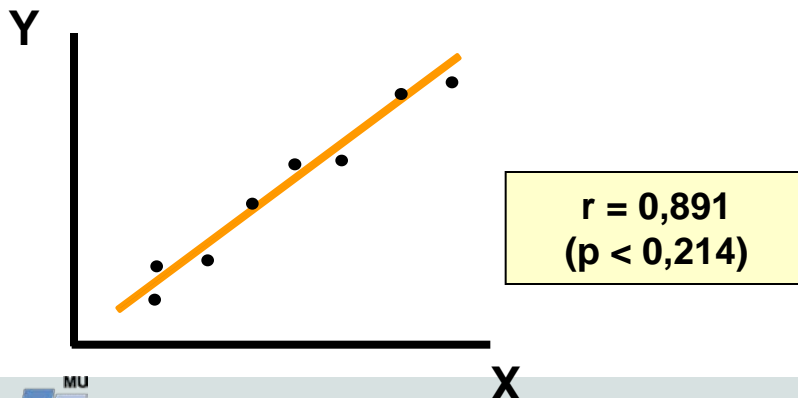
Problém rozložení hodnot



Problém typu modelu

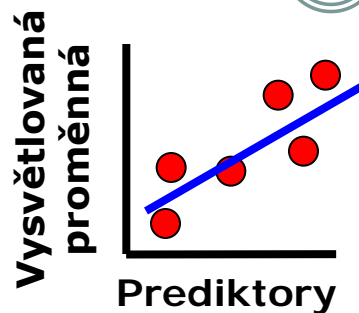


Problém velikosti vzorku



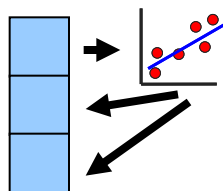
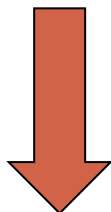
Modelování klinických dat

1. Tvorba modelu



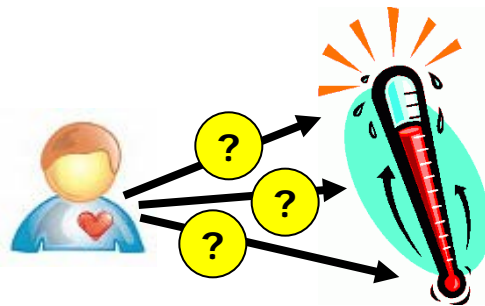
- Parametry ovlivňující vysvětlovanou charakteristiku pacienta
- Rovnice umožňující predikci
- Platnost modelu pouze v rozsahu prediktorů

2. Validace modelu



- Nebezpečí „přeučení“ modelu
- Testování modelu na známých datech
- Krosvalidace

3. Aplikace modelu



- Individuální predikce stavu nenámých pacientů
- Model musí být podložen korektní statistikou a rozsáhlými daty

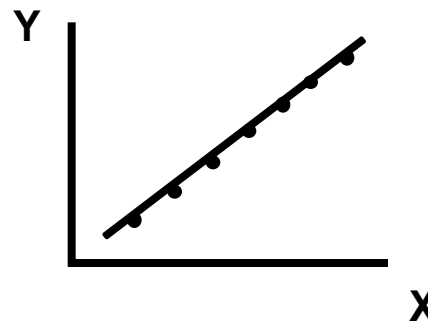
Základy regresní analýzy

Regrese - funkční vztah dvou nebo více proměnných

Jednorozměrná
 $y = f(x)$

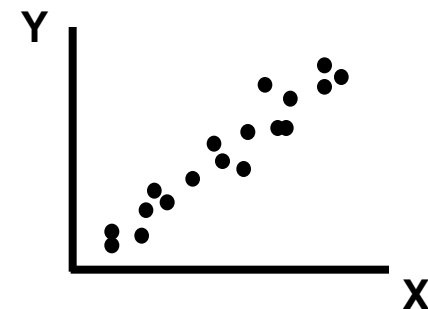
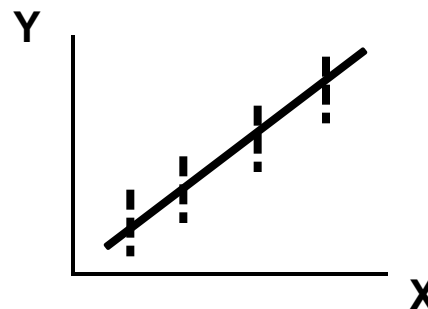
Vícerozměrná
 $y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_p)$

Deterministický



Vztah x, y

Regresní, stochastický



Pro každé x existuje pravděpodobnostní rozložení y

Regresní analýza přímky: lineární regrese



$$Y = a + b \cdot x + e \approx \alpha + \beta \cdot X + \varepsilon$$

$\alpha \approx a$ (intercept): $a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$

$\beta \cdot X \approx b \cdot x$ (sklon; slope)

$\varepsilon \approx e$ - náhodná složka: $N(0; \sigma_e^2) = N(0; \sigma_{y \cdot x}^2)$

Komponenty
tvořící y se
sčítají

ε - náhodná složka modelu přímky = rezidua přímky

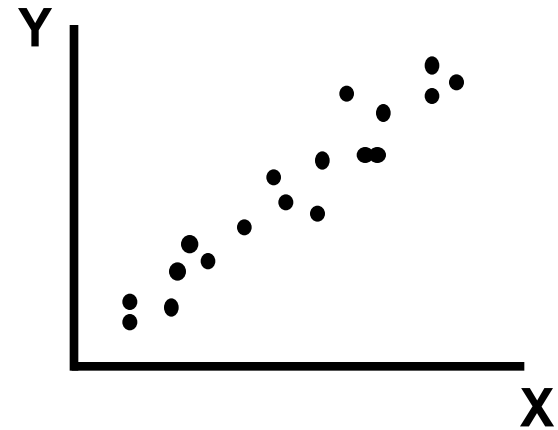
$$\sigma_e^2 \left(\sigma_{y \cdot x}^2 \right) \Rightarrow \text{rozptyl reziduí}$$

Základní regresní analýzy: model přímky v datech I



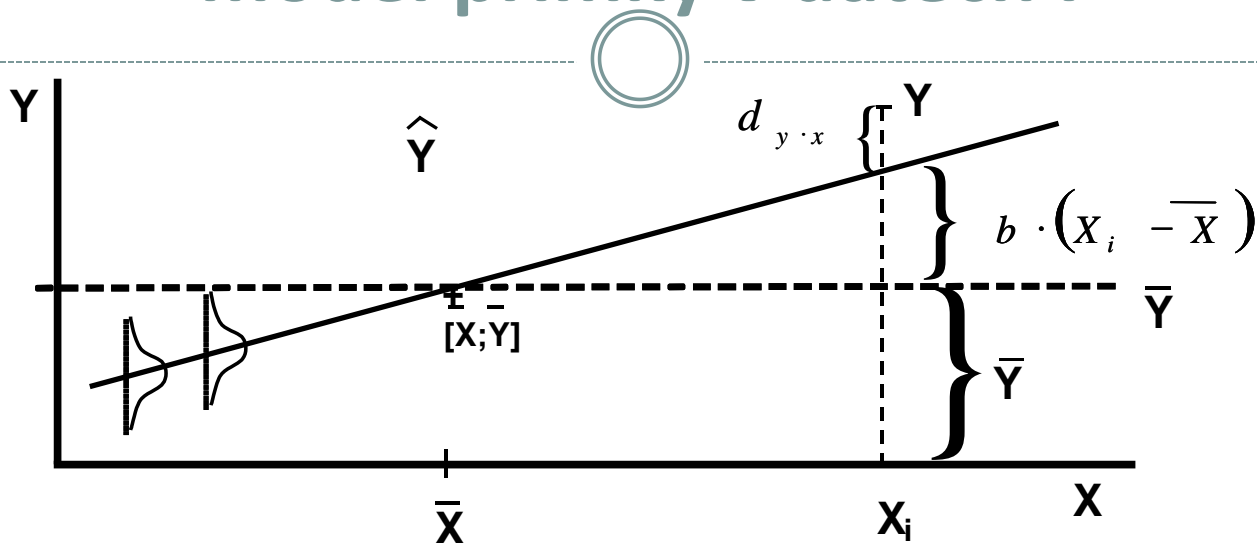
$$\begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ n \end{matrix} \quad \mathbf{x} \quad \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$\begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ n \end{matrix} \quad \mathbf{y} \quad \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix}$$



$$\begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ n \end{matrix} \quad \hat{\mathbf{y}} \quad \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} = a + b \cdot \begin{matrix} \mathbf{x} \\ \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \rightarrow \quad \begin{matrix} \mathbf{y} \\ \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} \end{matrix} - \begin{matrix} \hat{\mathbf{y}} \\ \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} \end{matrix} = \begin{matrix} \mathbf{e} \\ \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Základní regresní analýzy: model přímky v datech I



$$d_{y \cdot x} = y - \hat{y} \quad \boxed{d_{y \cdot x} = y - \bar{y} - b(X_i - \bar{X})} \quad \hat{y} = \bar{y} + b(X_i - \bar{X})$$

Smysl proložení přímky
minimalizace odchylek

$$d_{y \cdot x}^2 \rightarrow \sum [y - \hat{\alpha} - \hat{\beta}(X_i - \bar{X})]$$

Metoda nejmenších čtverců

- 1) **X**: Pevná, nestochastická proměnná
- 2) Rozložení hodnot y pro každé x je normální
- 3) Rozložení hodnot y pro každé x má stejný rozptyl
- 4) Rezidua jsou navzájem nezávislá a mají normální rozložení: $N(0; \sigma_e^2)$

Základní regresní analýzy: model přímky v datech I



I. $b \sim \beta: b = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$ $S_b^2 \sim \sigma_\beta^2: \frac{1}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \cdot S_{y \cdot x}^2$

$S_{y \cdot x}^2$ = mean squared deviation from regression

$S_{y \cdot x}$ = sample standard deviation from regression

$$S_{y \cdot x}^2 = \frac{\sum d_{y \cdot x}^2}{n-2} = \frac{\sum Y_i^2 - \frac{\sum Y_i^2}{n} - b^2 \cdot \sum (X_i - \bar{X})^2}{n-2}$$

II. $a \sim \alpha: a = \bar{Y} - b \cdot \bar{X}$ $S_a^2 \sim \sigma_\alpha^2$ $S_\alpha^2 = \left[\frac{1}{n} + \frac{\bar{X}^2}{\sum X^2} \right] \cdot S_{y \cdot x}^2$
intercept

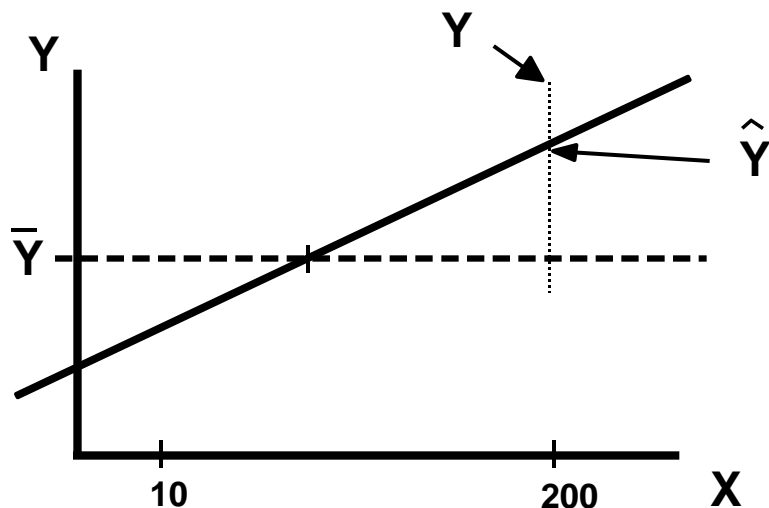
III. \hat{Y} : modelová hodnota

$$\hat{Y}_i = a - b \cdot X_i$$

$$S_{\hat{y}_i} = (S_{y \cdot x}) \cdot \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\sum X^2}}$$

Smysl lineární regrese

X: Množství spáleného odpadu (tuny)
Y: Koncentrace kovu ve vzduchu(ng/m³)



Platí: X = 0; 10; 100; 150; 200; 250; 300 tun

Model: $Y = a + b \cdot X$

Výsledek : $\hat{Y} = 14 + 0,123 \cdot X$; $\hat{Y} \rightarrow \left[\frac{\text{ng kov}}{m^3} \right]$



Např. : Skutečná data pro X = 200 t:

$Y_i = 16; 25; 41; 28; 31; 20 \Rightarrow Y_i = 26.8$

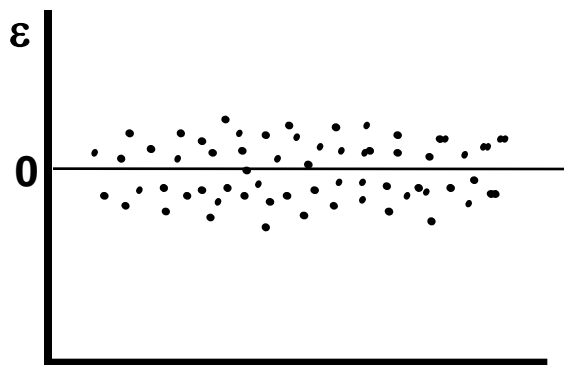
Odhadnuto z modelu pro X = 200 t:

$\hat{Y} = 14 + 0,123 \cdot 200 = 38,6$

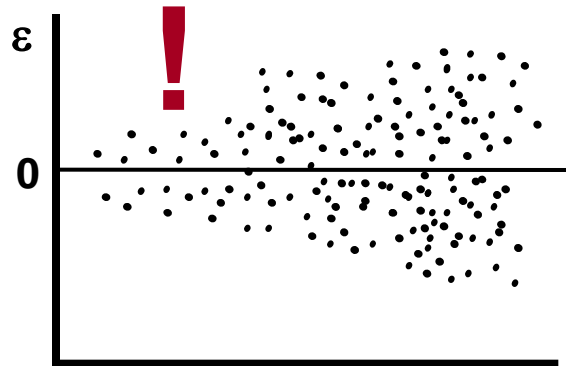
$$\left. \begin{aligned} \hat{Y} &= \bar{Y} + b \cdot (X - \bar{X}) \\ \hat{Y} &= a + b \cdot X \end{aligned} \right\} a = \bar{Y} - b \cdot \bar{X}$$

Regresní analýza v grafech I

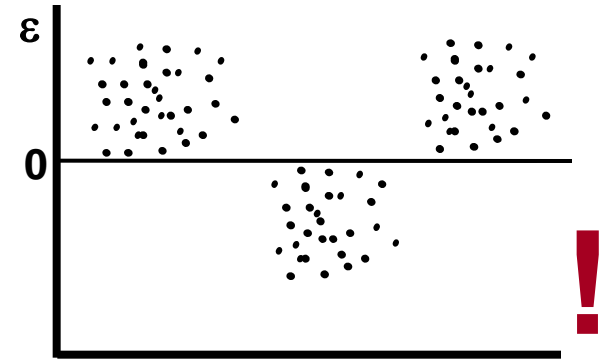
Grafy residuí modelů (příklady)



$y(i; x)$

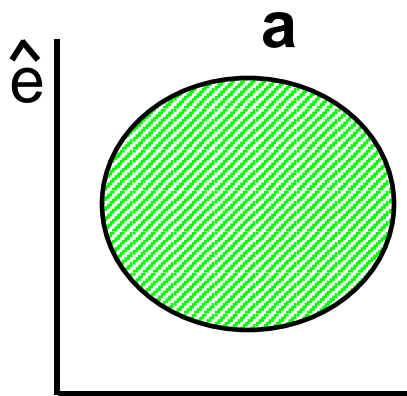


$y(i; x)$

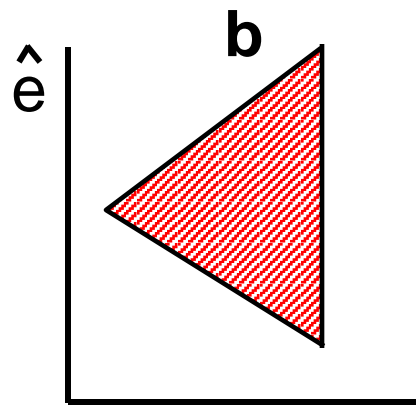


$y(i; x)$

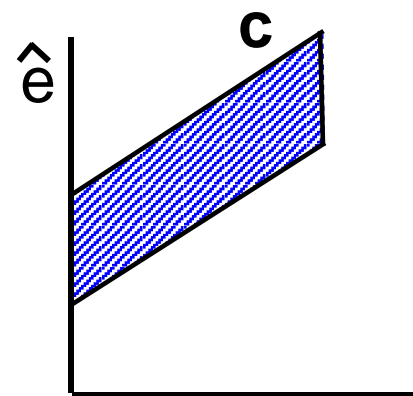
Obecné tvary residuí modelů (schéma)



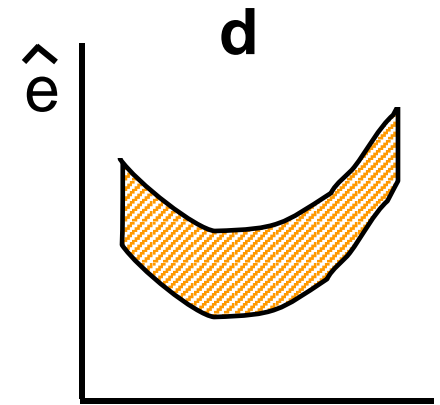
i, x_j, y



i, x_j, y



i, x_j, y

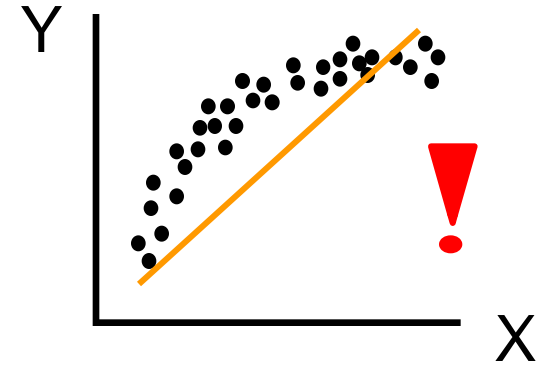
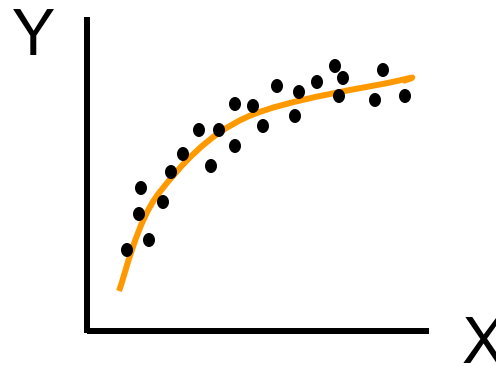
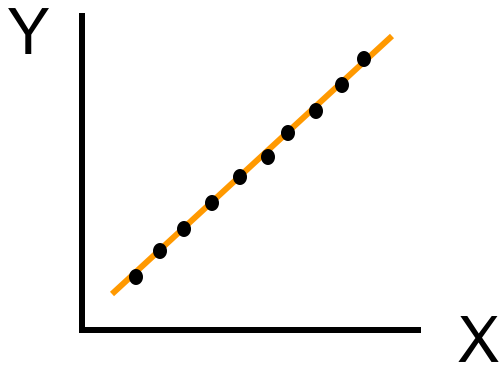


i, x_j, y

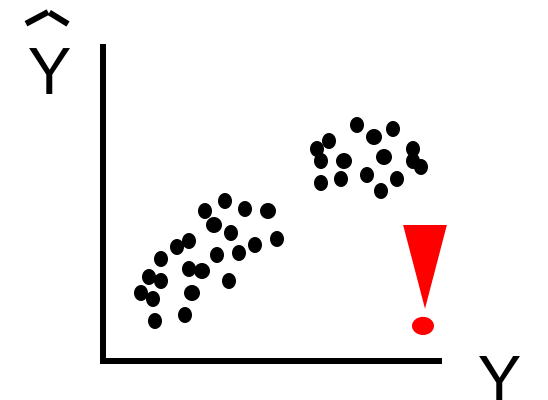
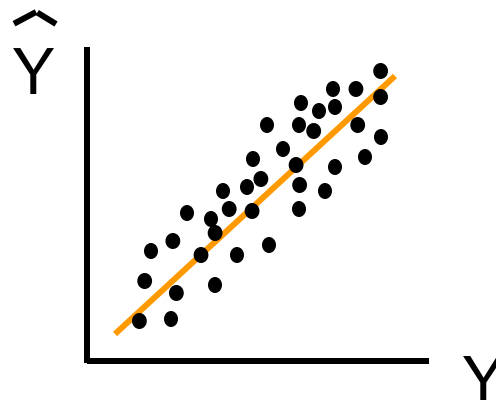
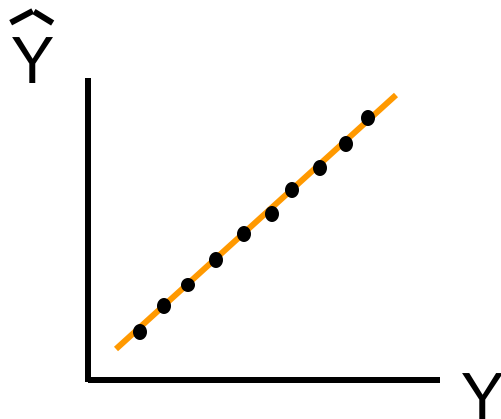
Regresní analýza v grafech II



1) Y vs. X



2) Y vs. \hat{Y}



Lineární regrese - příklad



X: Koncentrace drogy: 0; 2; 6; 8; 10; 12; 15 mg/ml krve

Y: Koncentrace volných metabolitů

Pro každé X: 3 opakování Y

Model: $Y = a + b \cdot x \rightarrow Y = 0,11 + 0,092 \cdot X$

$$t_{0,975}^{(v=19)} = 2,093$$

$$\text{I. } \left. \begin{array}{l} H_0 : \beta = 0; \alpha = 0,05 \\ b = 0,092; s_b = 0,023 \end{array} \right\} t = \frac{b}{S_b} = 4,00$$

$$\beta : b \pm t_{1-\alpha/2}^{(n-2)} \cdot S_b$$

P < 0,01

$$P(0,044 \leq \beta \leq 0,140) = 0,95$$

$$\text{II. } \left. \begin{array}{l} H_0 : \alpha = 0; \alpha = 0,05 \\ a = 0,11; s_a = 0,029 \end{array} \right\} t = \frac{a}{S_a} = 3,793$$

$$t_{0,975}^{(v=19)} = 2,093$$

$$\alpha : \alpha \pm t_{1-\alpha/2}^{(n-2)} \cdot S_a$$

$$P(0,049 \leq \alpha \leq 0,171) = 0,95$$

Analýza rozptylu jako nástroj analýzy regresních modelů: příklad na modelu přímky



3) **→ Celková ANOVA** $\begin{cases} SS_B/SS_T & \text{(variance ratio)} \\ MS_B/MS_E = F \end{cases}$

4) **Analýza rozptylu regresního modelu (zde přímky)**

Zdroj rozptylu	st.v.	SS	MS	F
Model (přímka)	1	SS_{MOD}	MS_{MOD}	MS_{MOD} / MS_R
Residuum	na - 2	SS_R	MS_R	
celkem	na - 1	SS_T		

$(SS_{MOD}/SS_T) \cdot 100 =$
% rozptylu Y
"vyčerpaného"
přímkou = koeficient
determinace (R^2)

Lineární regrese - příklad



X: konc.Cd: 1,2,3,4,5,6 ng/ml

Y: absorb: 0,23; 0,49; 0,72; 0,90; 1,16; 1,39

b=0,228

S_b=4,99.10⁻³

P = 0,000

a=0,016

S_a=0,019

P = 0,457

r = 0,999

R₂ = 99,81%

St. Error of est: 0,021

ANOVA

Source	D.f.	SS	MS	F	P
Model	1	0,912	0,912	2086,3	0
Residual	4	0,0017	0,000425		
Total (c)	5	0,9138			

$$s^2_{y,x} = 4,25 \cdot 10^{-4}$$

$$s^2_y = 0,18275$$

XVII. Vícerozměrná analýza dat: úvod



Principy a využití vícerozměrné analýzy dat

Anotace



- Vícerozměrná analýza dat představuje nadstavbu nad klasickou, jednorozměrnou statistikou a je zvláště vhodná pro biologická a medicínská data, která jsou vícerozměrná již svou podstatou
- Při vícerozměrné analýze je nicméně nezbytné si uvědomit, že povětšinou vychází ze stejných principů jako jednorozměrné analýzy a tedy i zde je nezbytné dodržovat předpoklady na nichž je výpočet založen. Tento fakt je důležité si uvědomit zejména vzhledem k relativní dostupnosti vícerozměrných analýz v moderních statistických software.

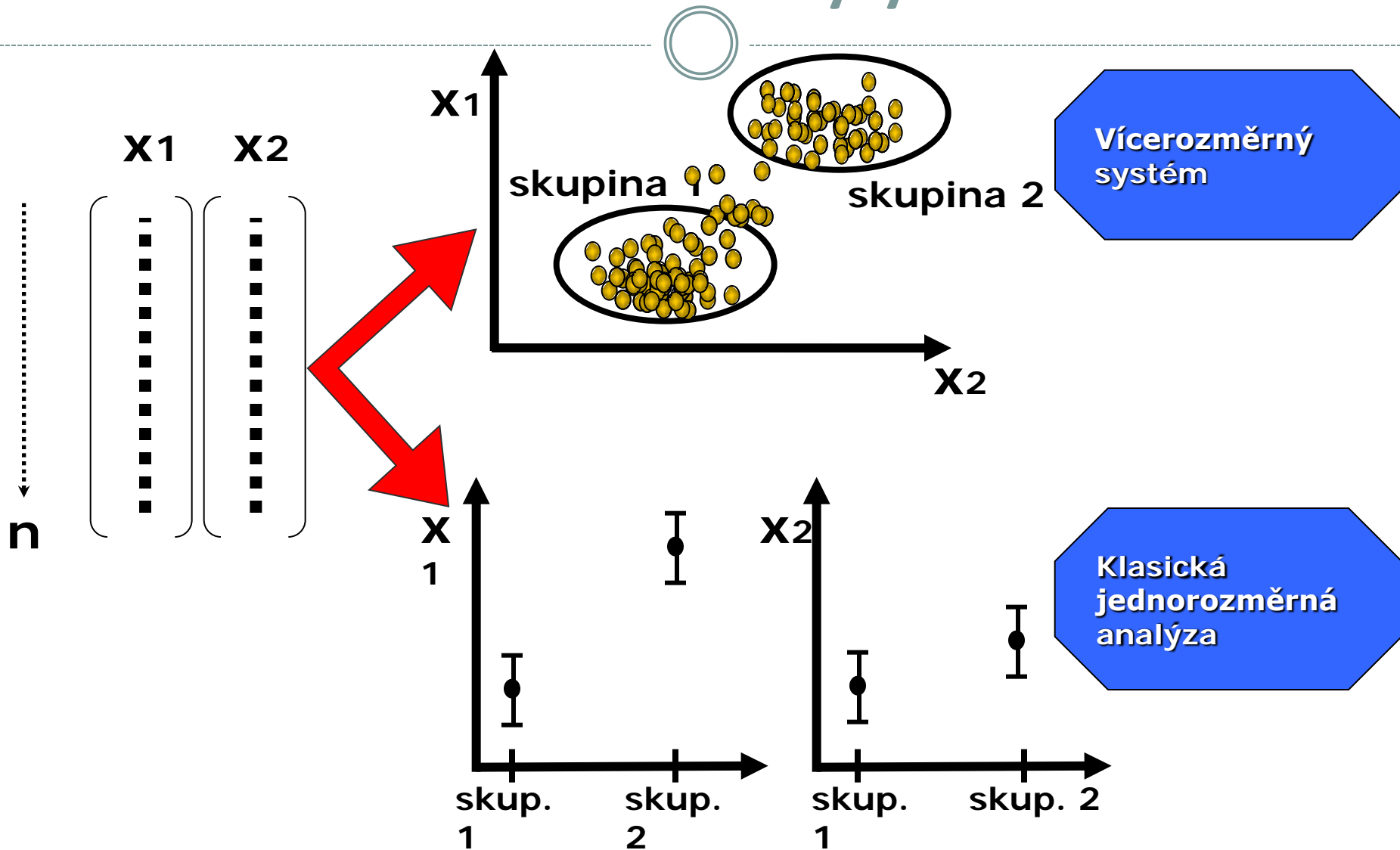
Vztah klasické a vícerozměrné statistiky



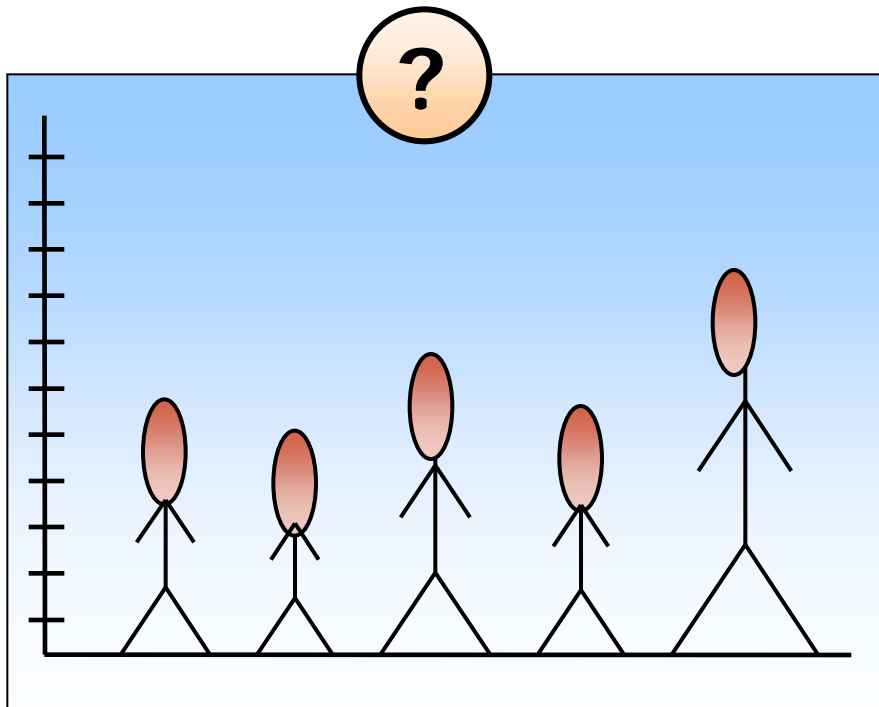
- Vícerozměrná analýza dat využívá přístupů klasické statistiky
- Zároveň je citlivá i na jejich problémy
- Agregace dat přes sumární statistiku nebo kontingenční tabulky – korespondenční analýza
- Korelace – analýza hlavních komponent, faktorová analýza, diskriminační analýza



Vícerozměrné vnímání skutečnosti – nová kvalita analýzy dat



Běžná sumarizace dat „likviduje“ individualitu jedince



Průměr \pm SE

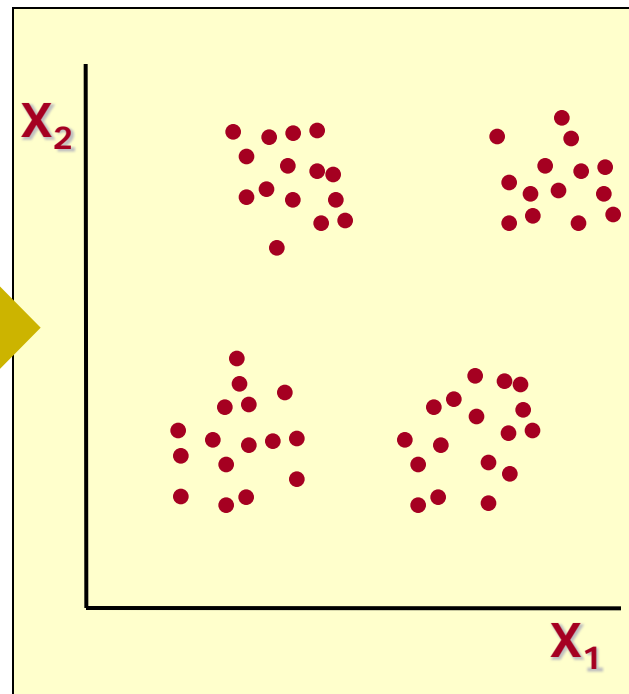
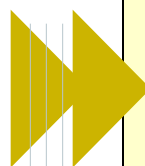
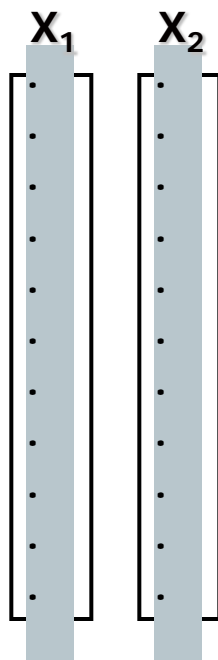
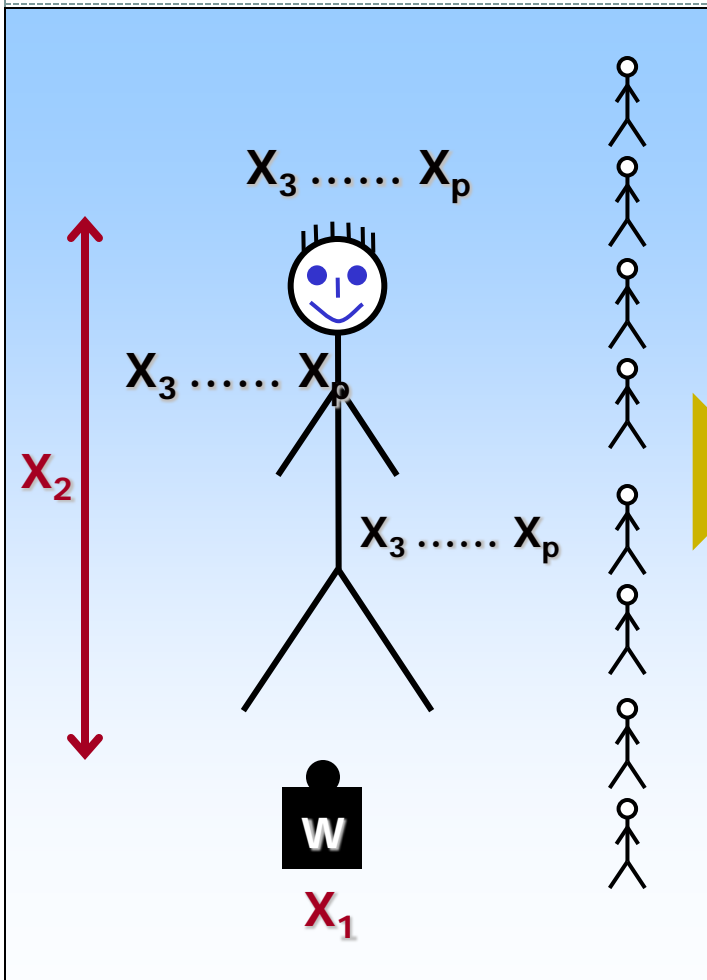
BĚŽNÁ STATISTICKÁ
SUMARIZACE

- ✓ *Zpřehlednění dat*
- ✓ *Neodliší původní měření*

Vícerozměrné hodnocení



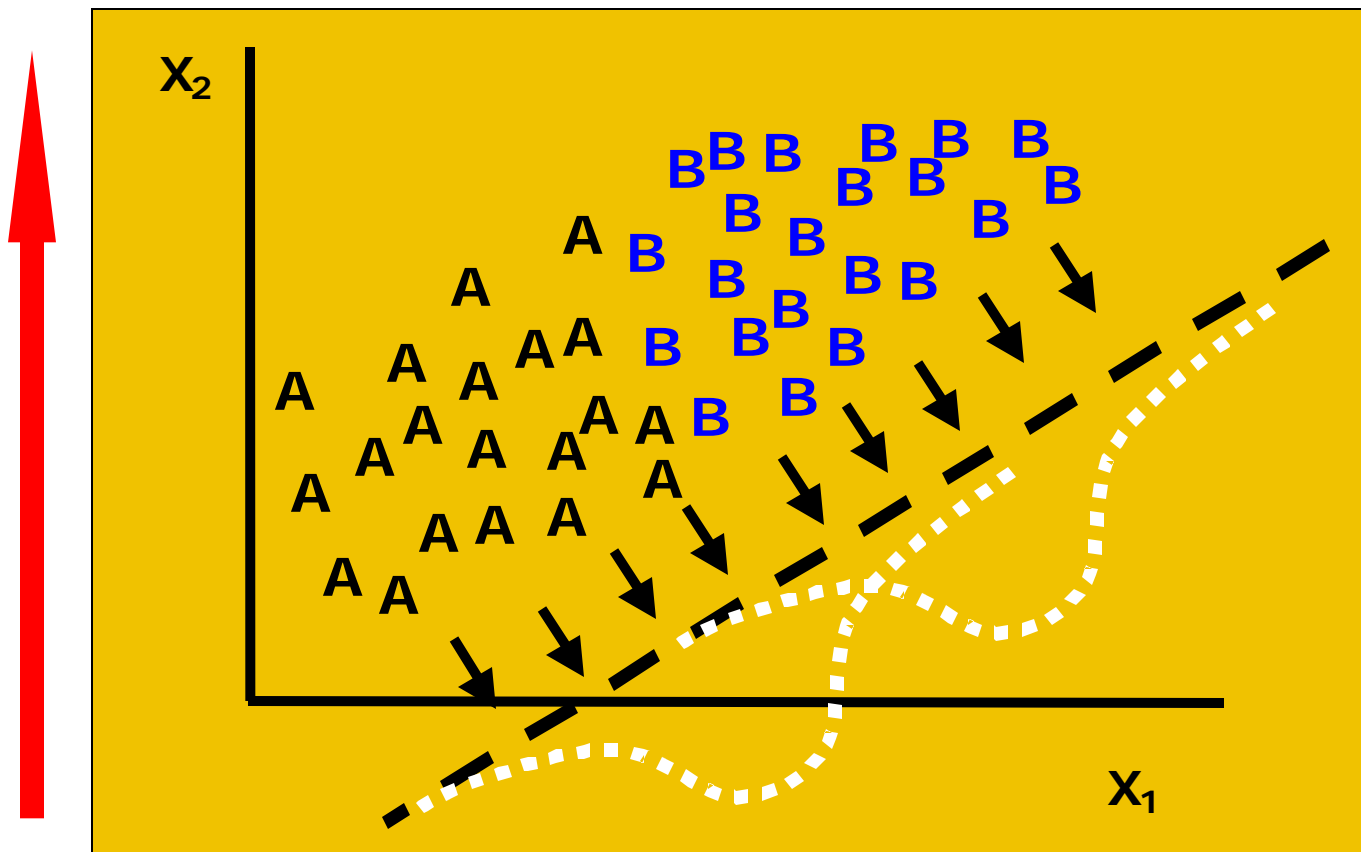
... s ohledem na individualitu !



Vícerozměrné hodnocení – nová kvalita

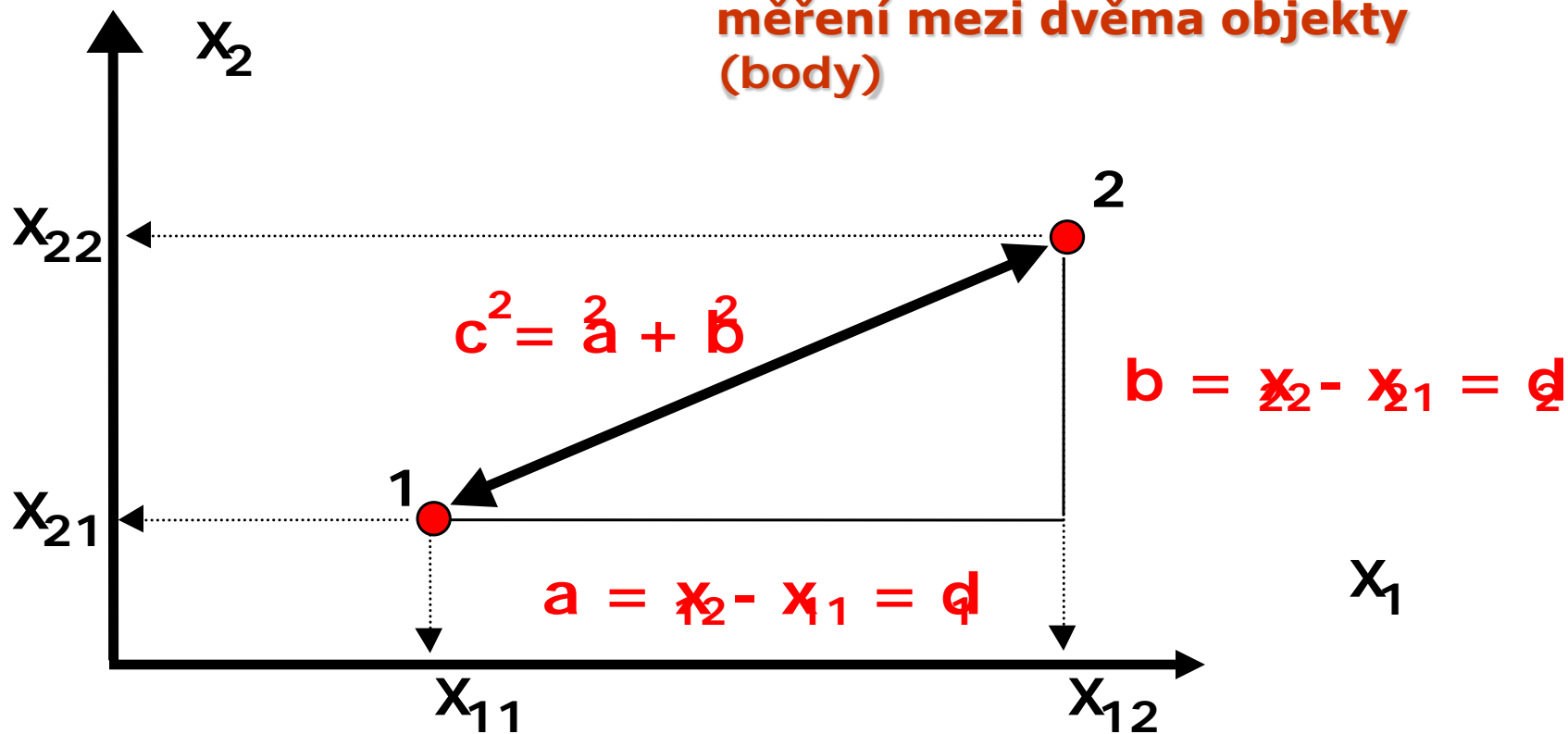


Pouze kombinované parametry mají odpovídající informační sílu



Vícerozměrné hodnocení vychází z jednoduchých principů

příklad: vícerozměrná vzdálenost měření mezi dvěma objekty (body)



Vícerozměrné modelování je strategickou disciplínou



$X_1 \dots X_n$

**technické parametry
automobilu**

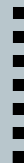
$X_{n+1} \dots X_p$

**řidičovy schopnosti
a jeho stav**

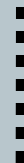
$X_{p+1} \dots X_2$

**rychlost, povrch,
situace**

X_1



X_2



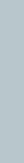
X_3



X_4



X_5



.....

X_p



Pojmy vícerozměrných analýz



- Vícerozměrné metody: Název vícerozměrné vychází z typu vstupních dat, tato data jsou tvořena jednotlivými objekty (i.e. klienti) a každý z nich je charakterizován svými parametry (věk, příjem atd.) a každý z těchto parametrů můžeme považovat za jeden rozměr objektu.
- Maticová algebra: Základem práce s daty a výpočtů vícerozměrných metod je maticová algebra, matice tvoří jak vstupní, tak výstupní data a probíhají na nich výpočty.
- $N \times P$ matice: N objektů s p parametry pak vytváří tzv. $N \times P$ matici, která je prvním typem vstupu dat do vícerozměrných analýz.
- Asociační matice: Na základě těchto matic jsou počítány matice asociační na nichž pak probíhají další výpočty, jde o čtvercové matice obsahující informace o podobnosti nebo rozdílnosti (tzv. metriky) buď objektů (Q mode analýza) nebo parametrů (R mode analýza). Měřítko podobnosti se liší podle použité metody a typu dat, některé metody umožňují použití uživatelských metrik.

Vstupní matice vícerozměrných analýz

NxP MATICE

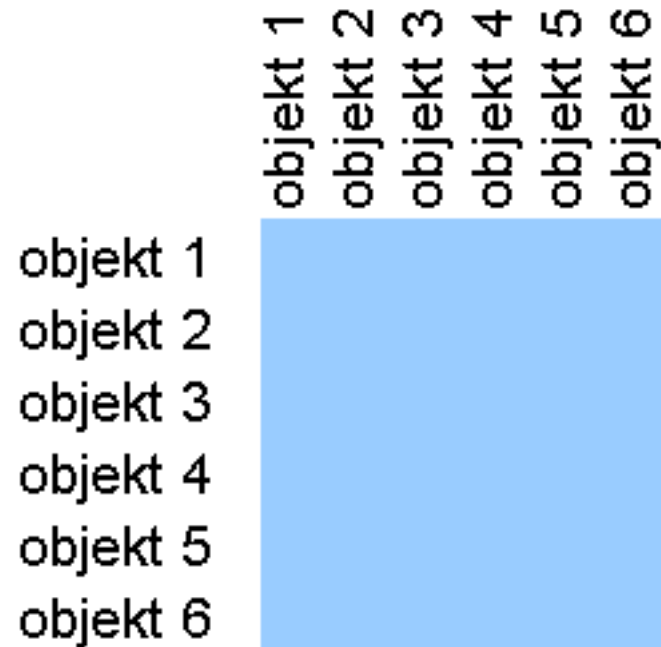


Hodnoty parametrů pro jednotlivé objekty

Výpočet metriky
podobností/
vzdáleností



ASOCIAČNÍ MATICE



Korelace, kovariance, vzdálenost,
podobnost

Základní typy vícerozměrných analýz



SHLUKOVÁ ANALÝZA

- vytváření shluků objektů na základě jejich podobnosti
- identifikace typů objektů

KLASIFIKACE

- Model zařazení neznámých pacientů do předem daných skupin
- Řada algoritmů

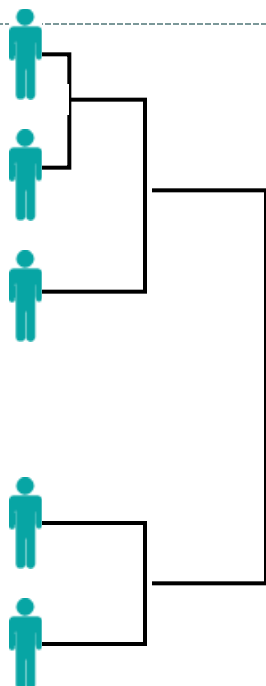
ORDINAČNÍ METODY

- zjednodušení vícerozměrného problému do menšího počtu rozměrů
- principem je tvorba nových rozměrů, které lépe vyčerpávají variabilitu dat

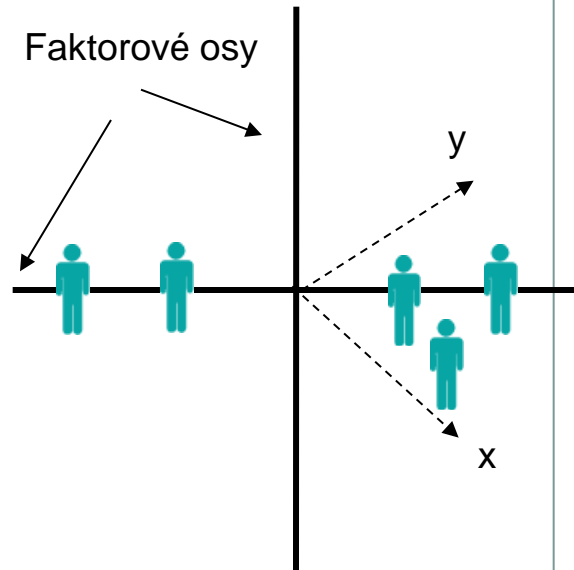
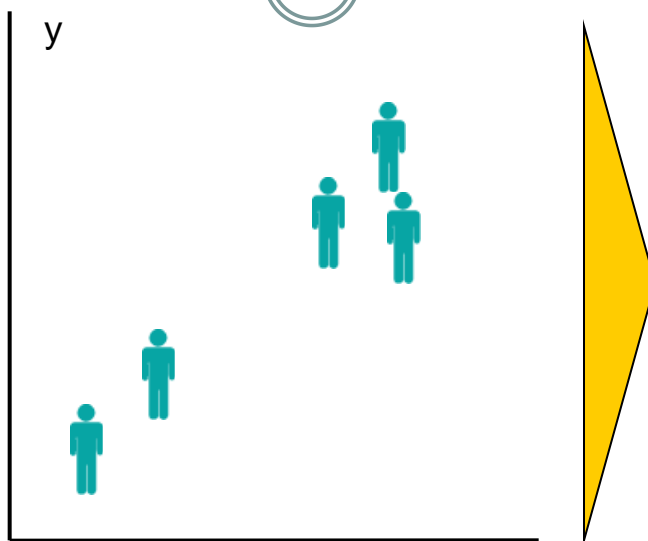
Typy vícerozměrných analýz

SHLUKOVÁ ANALÝZA

ORDINAČNÍ METODY



podobnost



KLASIFIKACE

