Metody zpracování výsledků, základy statistiky

Cílem kapitoly jsou základní informace o statistických metodách. Není zde uveden kompletní problematika jednotlivých statistických analýz, text je přizpůsoben a zjednodušen pro potřeby studentů, kteří se se statistikou setkávají poprvé. Zájemce odkazujeme na odbornou literaturu, zejména na knihu Jana Hendla - *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat* (Hendl, 2006).

Statistika je metoda analýzy dat, která nachází široké uplatnění v celé řadě odvětví, oblast sportu, tělesné výchovy a kinantropologie nevyjímaje. Její význam s rozvojem výpočetní techniky a specializovaných software roste, což umožňuje urychlení a zkvalitnění při sběru a přenosu dat a také při zpracování a ukládání informací.

Role statistiky je nezastupitelná, neboť nepřetržité vyhodnocování informací o celku i jeho částech dává důležité informace použitelné pro další rozhodovací procesy použitelné v běžné práce vysokoškolského pracovníka, studenta, managementu fakulty.

Přiměřená znalost základních statistických pojmů pomáhá porozumět odborným textům, kde je statistiky v hojné míře obsažena.

Aplikovat statistické metody a postupy znamená zaznamenávat data o jevech a zpracovávat je, tj. třídit, vyhodnocovat a interpretovat. Statistika se tak nachází v úzkém kontaktu s informačními technologie (informatika, výpočetní technika).

Typy proměnných, z body, t body

Při statistické analýze potřebujeme u každé proměnné určit její typ. Můžeme se setkat s několika způsoby klasifikace proměnných, v našem textu popisujeme přístup který za hlavní kritérium považuje *typy vztahů mezi hodnotami*. Podle Řezáčové u tohoto hlediska rozlišujeme proměnné:

- **Nominální.** Hodnotou je číslo nebo text. U těchto proměnných můžeme provádět jen rozdělení četností, případně operaci porovnání. ***Příklad***: student absolvoval motorický test „běh na 50 m“ s výkonem 7,4 s a motorický test „leh-sed s výsledkem 50 opakování za minutu. Číselné hodnoty 7,4 a 50 určují jen odlišné výsledků motorických testů, nic jiného se vyčíst nedá
- **Ordinální znaky** umožňuje provádět srovnání a tím určit pořadí. V případě textových proměnných je nutné tyto převést na čísla. ***Příklad***: v dotaznících vyjadřujeme míru souhlasu s daným tvrzením. Svou kondicí hodnotím jako: *vynikající – velmi dobrou – dobrou – slabou – špatnou*. Výroky respondentů můžeme určit pořadí, jak který respondent souhlasí s tvrzením. Však netvrdíme, že rozdíl mezi odpověďmi *vynikající* a *velmi dobrou* je stejný jako mezi *slabou* a *špatnou*.
- **Intervalové** kromě porovnání můžeme provádět operaci součtu a rozdílu. ***Příklad***: výška a hmotnost jedince. Naměříme-li u batolete výšku v cm po čtyřech měsících hodnoty 60, 62, 64, 66, znamená to, že každým měsícem dítě vyrostlo o 2 cm..
- **Poměrové znaky** umožňují interpretovat kromě operace rovnosti, uspořádání a rozdílu ještě operace podílu a součinu. ***Příklad***: zaběhne-li atlet 100 m za 11 s a druhý atlet za 22 s, je možné prohlásit, že první je dvakrát rychlejší než druhý.

Nominální a ordinální proměnné jsou souhrnně označovány jako kvalitativní; intervalové a poměrové proměnné jsou souhrnně označovány jako kvantitativní (numerické, kardinální). Kvantitativní proměnné můžeme podle jiného hlediska dělit na

- *diskrétní*, které nabývají pouze celočíselných obměn (*počet permanentek do posilovny*), a
- *spojité* (*metrické*), jež mohou nabývat libovolných hodnot z určitého intervalu (věk respondenta, výkon ve vrhu koulí).

Nominální, ordinální a kvantitativní diskrétní proměnné můžeme souhrnně označit jako **kategoriální** (obměny těchto proměnných nazýváme kategoriemi).

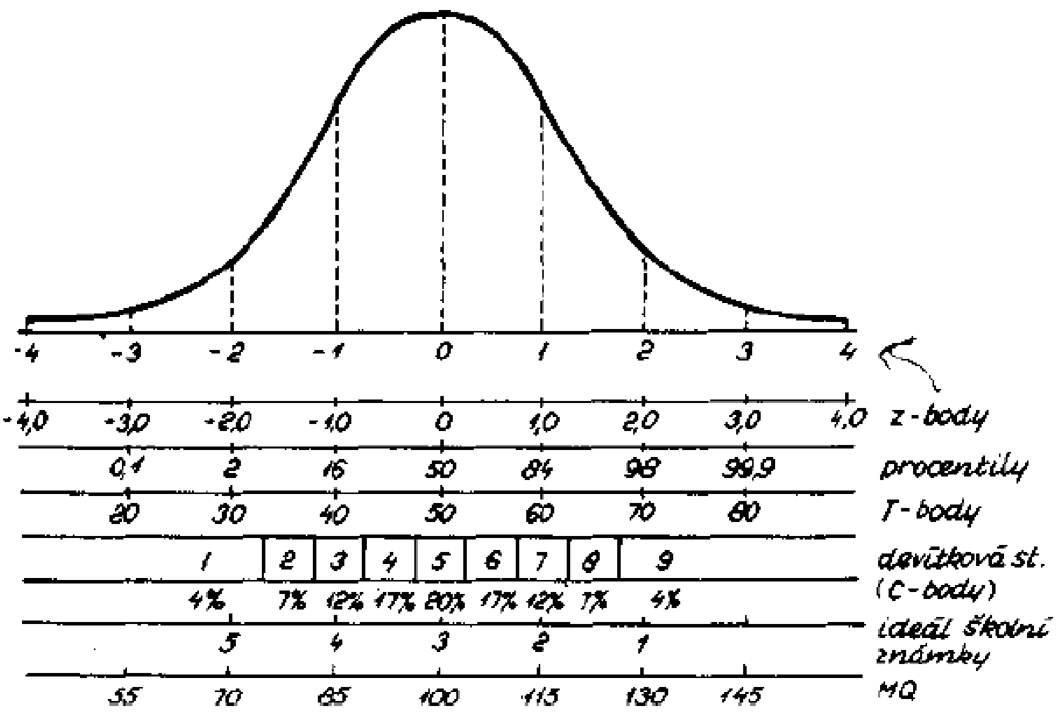
- *dichotomické* (*alternativní*), které nabývají pouze dvou kategorií (ekonomicky aktivní a neaktivní, kuřák a nekuřák), a
- *vícekategoriální* (*množné*), jež nabývají více než dvou kategorií (rodinný stav, obor).

Přepočty výsledků měření

Velmi často je nutné porovnávat výsledků z jednotlivých testů. Jsou-li ve stejných jednotkách, je srovnání jednoduché. V případě, kdy jsou vyjádřeny v různých jednotkách, je srovnání obtížné. Jedním ze způsobů, jak najít společný jmenovat pro porovnání, je převést výsledky na normované. Nejčastěji používané jsou percentily, z-body, t-body a c-body. Společnou vlastností normovaných výsledků je vyjádření o kolik směrodatných odchylek je sledovaný výsledek horší než aritmetický průměr

1. **Percentily.** Percentily (procenily) vyjadřují, kolik procent měřených osob podává horší výsledek než právě hodnocený jedinec. Hodnota 25 percentilu udává, že 25% naměřených výsledků je horší než daný výkon a 75% je lepší než naměřený výsledek.
2. **Kvantily** jsou čísla, která rozděluji řadu výsledků testu, uspořádanou podle velikosti, na určitý počet skupin o stejně velkém počtu prvků. 50 kvantil je medián.
3. **Z-body (z-skóre)**, rozdíl výsledku a průměru dělíme směrodatnou odchylkou souboru z=x-x/s. Interval z-hodnot je od -3 do 3. Aritmetický průměr má hodnotu 0 bodů, hodnota směrodatné odchylky se rovná 1 bodu.
4. **T-body**, je další metoda, kterou je odvozena ze z-bodů vztahem T = 50 + 2z. Interval t-bodů je od 0 do 100. Změnou naproti z-bodům je práce s nezápornými čísly.Průměr má hodnotu 50 bodů, směrodatná odchylka 10 bodů.
5. **C-body.** Jedná se o méně citlivější stupnici, kde C = 5+2z a interval c-bodů je od 1 do 9. Průměr má hodnotu 5 bodů.

Pro všechny normované výsledky platí důležité pravidlo: znaménko výsledků normovaných na z-body, T-body, C-body měníme na opačné u těch testů, jejichž škála má k smyslu vzrůstání výkonů smysl opačný (v bězích platí, že menší čas znamená lepší výkon; ve skoku do dálky platí, že větší hodnota skoku vyjádřená v cm, znamená lepší výkon).



Obr. 46. Vztahy mezi různými typy normovaných testových výsledků dle *Měkota* (1997)

Příklad použití normovaných výsledků: porovnání různých výkonů u různých osob. Výsledek 7leté dívky ve skoku z místa je x_d = 130 cm, přičemž populace těchto dívek má $\bar{x}_d$ = 115 cm a s_d = 10 cm. Výkon 15 letého chlapce v hodu míčkem je x_{ch} = 41 m, přičemž populace těchto chlapců má $\bar{x}_{ch}$ = 32 m, s_{ch} = 4 m. Máme určit, který ze dvou výkonů x_d = 130 cm a x_{ch} = 41 cm je lepší. Provedeme převod na normované body.

		norma		norma
z-body	z_d = (130 - 115) : 10 =	1,50 z-bodů	z_{ch} = (41 - 32) : 4 =	2,22 z-bodů
T-body	T_d = 1,50 . 10 + 50 =	65 T-bodů	T_{ch} = 50 + 10.2,22 =	72 T-bodů
C-body	C_d= 5 + 2 . 1,50 =	8 C-bodů	C_{ch} = 5 + 2,22 =	9 C-bodů

Výkon chlapce v hodu 41 m je lepší než výkon dívky ve skoku 130 cm, neboť pravděpodobnost jeho výskytu v populaci je menší. Diference na T-stupnici je 72 T-bodů. Pozor: Rozdíly mezi normovanými výsledky jsou pochopitelně různé na různých stupnicích — např. 7 na T-, 0,7 na z-, l na C-stupnici. Podobně jsou však různé i poměry výkonů na různých stupnicích, *nelze tedy obecně říci, že jeden výkon je např. „dvakrát lepší" než druhý,* musíme současně udat stupnici, ve které to platí.

Popisná statistika

Procedury popisné statistiky použijeme k prvotnímu posouzení předložených dat. Nejčastěji používané statistické charakteristiky jsou

- aritmetický průměr

Definice následujících charakteristik předpokládají uspořádaný výběr, tj. $x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \ldots \leq x_{(n)}$

- minimální hodnota $x_{min} = x_{(1)}$
- maximální hodnota $x_{max} = x_{(n)}$
- medián $\tilde{x}_{0,50}$ pro n sudé $\tilde{x}_{0,50} = \dfrac{x_{(n/2)} + x_{(n/2+1)}}{2}$,
  pro n liché $\tilde{x}_{0,50} = x_{(n+1)/2}$
- dolní kvartil $\tilde{x}_{0,25} = x_{(k)}$, kde pro pořadový index k platí
  n .0,25 < k < n . 0,25 + 1
- horní kvartil $\tilde{x}_{0,75} = x_{(k)}$, kde pro pořadový index k platí
  n .0,75 < k < n . 0,75 + 1

Charakteristiky variability

- variační rozpětí $R = x_{max} - x_{min}$
- kvartilové rozpětí $R_Q = \tilde{x}_{0,75} - \tilde{x}_{0,25}$
- výběrový rozptyl $s_{n-1}^2 = \dfrac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2$
- výběrová směrodatná odchylka $s_{n-1} = \sqrt{s_{n-1}^2}$
- variační koeficient $v = \dfrac{s_n}{|\overline{x}|}$ nebo $v = \dfrac{s_{n-1}}{|\overline{x}|}$

Charakteristiky kategoriální proměnné

- *Modus* - hodnota nejčetnější kategorie
- *Četnost* - počet pozorování spadajících do příslušné kategorie
- Stanovení četností – absolutní a relativní

Příklad a řešení:

Máme k dispozici data 35 desetibojařů a jejich nejlepších výkonů v desetiboji, v běhu na 100 m a ve skoku do dálky v roce 2008, kteří přesáhli 8000 bodovou hranici:

	desetiboj	100m	dálka
1	8832	10,39	739
2	8585	10,98	768
3	8534	10,43	775
4	8527	10,9	733
5	8511	10,9	777
6	8504	10,85	723

	desetiboj	100m	dálka
7	8497	10,86	701
8	8434	10,81	731
9	8381	11,06	753
10	8372	10,85	735
11	8273	11,11	745
12	8253	11,26	708

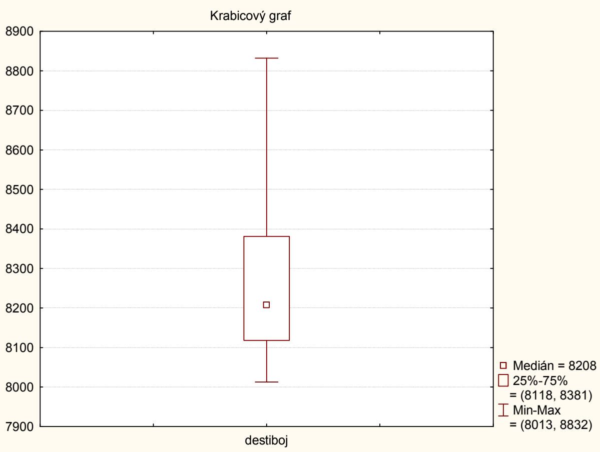
	desetiboj	100m	dálka
13	8248	10,76	774
14	8242	11	696
15	8241	11,21	768
16	8238	10,53	756
17	8233	11,17	727
18	8208	11,13	778

	desetiboj	100m	dálka
19	8199	11,06	757
20	8191	11,03	722
21	8178	11,15	704
22	8175	10,74	744
23	8143	11,16	709
24	8142	11,42	733
25	8123	10,85	747
26	8122	10,61	749
27	8118	10,89	729
28	8066	11,26	735
29	8057	10,4	774
30	8048	11,04	715
31	8040	11,14	695
32	8034	11,21	695
33	8025	10,77	720
34	8014	10,89	719
35	8013	11,25	714

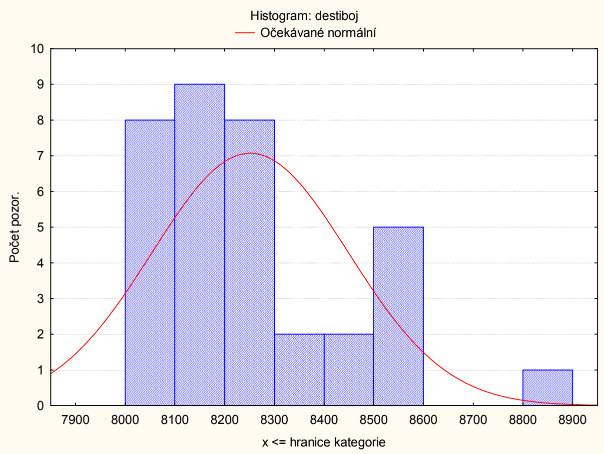
	desetiboj	Popis
N platných	35	počet hodnot
Aritmetický průměr	8251,45	• statistická veličina, která v jistém smyslu vyjadřuje typickou hodnotu popisující soubor mnoha hodnot • nejčastější chybou je aplikace aritmetického průměru tam, kde je na místě využít jinou statistiku. Např. aritmetickým průměrem souboru { 10, 10, 10, 10, 10, 100 } je 25, přestože pět ze šesti hodnot tohoto souboru je menších. V obdobných případech je mnohem vhodnější použít pro vyjádření typické hodnoty medián (který je u této množiny roven 10, což je mnohem lepší popis typické hodnoty)
Minimum	8013	• nejmenší hodnota
Maximum	8832	• nejvyšší hodnota
Medián	8208	• medián (označován Me nebo $\tilde{x}$) je hodnota, jež dělí řadu podle velikosti seřazených výsledků na dvě stejně početné poloviny. • není ovlivněný extrémními hodnotami. • medián lze definovat na každém souboru uspořádaném relací „menší nebo rovno“, i když se nejedná o soubor čísel. Například medián souboru {absolvent ZŠ, vyučen, vyučen s maturitou, vysokoškolák} je roven hodnotě „vyučen“, pokud kategorie vzdělání považujeme za seřazené podle náročnosti školy.
Spodní kvartil	8118	• kvartily oddělují ze statistického souboru čtvrtiny. Rozlišuje se spodní kvartil $Q_{0,25}$ a horní kvartil $Q_{0,75}$. Data předpokládají uspořádaný výběr.
Horní kvartil	8381	
Rozpětí	819	• rozdíl mezi maximem a minimem
Kvartilové rozpětí	263	• pomocí horního a spodního kvartilu lze zavést mezikvartilové rozpětí, které definujeme jako hodnotu $Q_{0,75} - Q_{0,25}$.
Rozptyl	38993,73	• rozptyl - jedná se o charakteristiku variability rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny, která vyjadřuje variabilitu rozdělení souboru kolem střední hodnoty.
Směrodatná odchylka	197,46	• jedná se o kvadratický průměr odchylek hodnot znaku od jejich aritmetického průměru. Vypovídá o tom, jak moc se od sebe navzájem liší typické případy v souboru zkoumaných čísel. Je-li malá, jsou si prvky souboru většinou navzájem podobné, a naopak velká směrodatná odchylka signalizuje velké vzájemné odlišnosti.
Variační koeficient	2,39	• variační koeficient je použitelný i při porovnávání variability proměnných, které jsou v různých jednotkách

Grafické posouzení dat

Prvotní informaci o datech nám přinesou 2 základní grafy. Krabicový graf a histogram. Krabicový graf je znázornění pěti hodnot: minima, prvního kvartilu, mediánu, třetího kvartilu a maxima. Druhým typem grafu je histogram, který zobrazuje intervalové četnosti. V tabulce četností ve sloupci „četnosti“ obsahuje počet výskytů desetibojařského výkonu v stanovených intervalech (od 8000 bodů po 100 bodech).



Obr. 47. Krabicový graf



Obr. 49. Histogram

Tabulka četností: desetiboj

	Četnost	Kumulativní četnost	Relativní četnost	Kumulativní relativní četnost
8000<x<=8100	8	8	22,86	22,86
8100<x<=8200	9	17	25,71	48,57
8200<x<=8300	8	25	22,86	71,43
8300<x<=8400	2	27	5,71	77,14
8400<x<=8500	2	29	5,71	82,86
8500<x<=8600	5	34	14,29	97,14
8600<x<=8700	0	34	0,00	97,14
8700<x<=8800	0	34	0,00	97,14
8800<x<=8900	1	35	2,86	100,00
8900<x<=9000	0	35	0,00	100,00

Vyhodnocení příkladu:

Ze 35 zkoumaných hodnot můžeme konstatovat, že průměrný výkon je 8251 bodů. Nejlepší výkonu v roce 2008 byl 8832 a nejmenší osmitisícový výkon pak 8013 bodů. Medián je roven 8208. V tomto případě nejsou obě dvě střední hodnoty (aritmetický průměr a medián) extrémně odlišné. Směrodatná odchylka 197 bodů též signalizuje, že sledované výkony jsou navzájem podobné, neboli odchýlení od aritmetického průměru je v průměru 197 bodů. Z histogramu můžeme odhadnout, že hodnoty nebudou pocházet z normálního rozdělení (očekávaná křivka normálního rozdělení je v grafu naznačena). Nejčastěji výkon padne do intervalu 8100-8200 (celkem 9x) bodů a v intervalech 8000-8100 a 8200-8300 (celkem 8x).

TESTOVÁNÍ HYPOTÉZ

Princip testování hypotéz

Statistická hypotéza je předpoklad o hodnotě neznámého parametru nebo o zákonu rozdělení sledované veličiny. Statistické hypotézy jsou tedy domněnky o populaci, jejichž pravdivost lze ověřovat prostřednictvím statistických testů.

Hypotézu, jejíž platnost ověřujeme, nazýváme *testovanou (nulovou) hypotézou* a značíme ji H (H_0). Proti testované hypotéze stanovíme *alternativní hypotézu A* (H_1), která hypotézu H popírá.

Testování sledované hypotézy H proti alternativní hypotéze A je postup, podle něhož na základě náhodného výběru rozhodneme mezi dvěma tvrzeními – sledovanou hypotézou H a alternativní hypotézou A.

Testové kritériem je statistika T(X), jejíž rozdělení známe. Testy (výběrové statistiky) jsou náhodné veličiny (funkce náhodného výběru), pomocí kterých na základě výsledků z náhodného výběru rozhodneme, zda má být ověřovaná hypotéza zamítnuta či nikoliv.

Kritický obor W_α, je interval, který je ohraničený tzv. kritickými hodnotami, což jsou kvantily rozdělení příslušného testového kritéria. Kritický obor W_α tvoří doplněk k 100 (1-α) %-nímu intervalu spolehlivosti. Jestliže hodnota testové statistiky $T(X) \in W_\alpha$, potom hypotézu H zamítáme.

Výsledkem testování je buď ***zamítnutí hypotézy H ve prospěch alternativy A či nezamítnutí hypotézy H***. Skutečnost, že hypotézu H nezamítáme, neznamená že naměřená data tuto hypotézu potvrzují, ale pouze to, že ji nevyvracejí.

Číslo α se nazývá ***hladina statistické významnosti testu.*** Hladina statistické významnosti α tedy určuje pravděpodobnost, že testovací charakteristika padne mimo obor přijetí. Obvykle nabývá hodnot od 0,001 do 0,3 v závislosti na povaze zkoumaného problému (tedy nemusí to být jen hodnota 0,05, jak je v mnoha učebních textech doporučováno).

Při testování hypotéz se můžeme dopustit chyby dvěma způsoby: Buď zamítneme hypotézu, která platí – to je chyba prvního druhu α - nebo naopak tuto hypotézu nezamítneme i když je nesprávná – v tomto případě se jedná o chybu druhého druhu β.

Mezi základní nedostatky statistické významnosti patří:

- použití je možné jen v případě reprezentativního vzorku pomocí náhodného výběru.
- závislost a na počtu pozorování (měření, respondentů)
- statisticky významné neznamená důležité

Tab. Možné výsledky testování hypotézy

Skutečnost	**Rozhodnutí** **přijímáme H**	 **zamítáme H**
Hypotéza H platí	správné rozhodnutí pravděpodobnost = 1-α	chyba I. druhu pravděpodobnost = α
Platí alternativa A	chyba II. druhu pravděpodobnost = β	správné rozhodnutí pravděpodobnost = 1-β = síla testu

- Jestliže snížíme α, zvýší se β
- Snížení chyby II. druhu bez toho abychom ovlivnili chybu I. druhu je možné pouze zvýšením rozsahu výběru.

Věcná významnost

- používání nestatistického hodnocení velikosti rozdílu či vztahu ve výzkumných výsledcích, tzv. „size of effect“, zvláště pomocí tzv. koeficientu $□^2$ jakožto podílu, resp. procenta vysvětleného rozptylu
- Např. ke kvantifikování velikosti účinku, tj. k hodnocení věcné významnosti je možné použít *Cohenův koeficient účinku d.* Jednou z hlavních výhod koeficientu je jeho nezávislost na rozsahu výběru. Platí pro něj konvenční hodnoty, jež usnadňují rozhodnutí, kdy lze hovořit o velkém efektu. Pokud je *d* větší než 0,8, je efekt velký; pro *d* z intervalu 0,5 – 0,8 je efekt střední; efekt pod hodnotou 0,2 lze považovat za malý.

Postup při práci s hypotézami by měl vypadat následovně: 1. nejprve zhodnotit věcnou významnost jak absolutně (v jednotkách měření), tak i relativně k podílu vlivu ostatních faktorů (pomocí $□^2$), a jen jde-li o randomizovaný výzkum pak 2. použít statistickou významnost □ jakožto riziko zobecnění..

Testování statistické významnosti pak probíhá tak, že vypočítáme hodnotu testové statistiky, porovnáme ji s kritickými hodnotami (kvantily), odpovídajícími hladině významnosti α, a rozhodneme o zamítnutí či nezamítnutí hypotézy H. Při **testování pomocí statistických programů** se používá jiný postup: Spočte se hodnota testové statistiky a k ní nejmenší kritický obor, při kterém bychom ještě mohli na základě této hodnoty zamítnout hypotézu H_0 proti dané alternativě. Hladina významnosti, odpovídající tomuto kritickému oboru, se nazývá **minimální hladina významnosti** (**p-hodnota)**.

Pokud je p > □, pak hypotézu H_0 nezamítáme.V opačném případu, kdy p ≤ □, pak hypotézu H_0 zamítáme.

KORELAČNÍ ANALÝZA

Korelace znamená vzájemný vztah mezi dvěma procesy nebo veličinami. Pokud se mezi dvěma procesy ukáže korelace, je pravděpodobné, že na sobě závisejí, nelze z toho však ještě usoudit, že by jeden z nich musel být příčinou a druhý následkem. To samotná korelace nedovoluje rozhodnout.

V určitějším slova smyslu se pojem korelace užívá ve statistice, kde znamená vzájemný lineární vztah mezi znaky či veličinami *x* a *y*. Tento vztah může být kladný, pokud (přibližně) platí $y = kx$, nebo záporný ($y = -kx$). Míru korelace pak vyjadřuje korelační koeficient, který může nabývat hodnot od −1 až po +1.

Hodnota korelačního koeficientu −1 značí zcela nepřímou závislost, tedy čím více se zvětší hodnoty v první skupině znaků, tím více se zmenší hodnoty v druhé skupině znaků, např. vztah mezi uplynulým a zbývajícím časem. Hodnota korelačního koeficientu +1 značí zcela přímou závislost, např. vztah mezi rychlostí běhu a běžeckou frekvencí kroků sprintera. Pokud je korelační koeficient roven 0, pak mezi znaky není žádná statisticky zjistitelná lineární závislost. Je dobré si uvědomit, že i při nulovém korelačním koeficientu na sobě veličiny mohou záviset, pouze tento vztah nelze vyjádřit lineární funkcí, a to ani přibližně. Může jít např. o nelineární závislost (kvadratickou, ...).

Hendl (1997) uvádí nevýhody korelačního koeficientu, který je citlivý k náhodné chybě. Proto se používá ve srovnávacím experimentu. Naneštěstí je citlivý také k rozmezí měření. Často zvětšením rozsahu měření, dosáhneme značného přiblížení korelačního koeficientu k 1. Snad největší chyba spočívá v tom, že přisuzujeme důležitost tomu, že korelační koeficient je významné různý od nuly. Ve srovnávacích experimentech není tento typ uvažování na místě, přesto se údaje o této významnosti pravidelně objevují v hodnotících zprávách. Závažná je skutečnost, že korelační koeficient neodhaluje ani přítomnost proporcionální chyby ani chyby konstantní. Odpůrci korelačního koeficientu tvrdí, že tato statistika by se neměla nikdy používat při hodnocení dat srovnávacích experimentů.

Doporučuje se nahradit/doplnit posouzení korelačního koeficientu, který je pouze mírou lineární závislosti výsledků, jinými postupy, např. Bland-Altmanovým rozdílovým grafem (Bland a Altman 1986).

Příklad a řešení:
Zjistěte míru závislosti výkonů v běhu na 100 m a skoku do dálky na celkovém bodovém součtu.

	desetiboj	**100m**	**skok do dálky**
desetiboj	1,00	-0,38	0,29
		p=,02	p=,08
100m		1,00	-0,40
			p=,017
skok do dálky			1,00

Vyhodnocení příkladu: Velikost korelačního koeficientu mezi proměnnými „100 m“ a „desetiboj“ je -0,38. Znaménko minus značí nepřímou úměru (čas v sekundách-menší hodnota znamená kvalitnější výkon). Korelační koeficient mezi proměnnou „desetiboj“ a „skok do dálky“ je roven hodnotě 0,29 (znaménko plus značí přímou úměru). Obě dvě hodnoty korelačního koeficientu značí vztah, který zde může považovat za prokazatelný, není však příliš těsný. Ani hodnota korelačního koeficientu mezi „stovkou“ a „dálkou“ není výrazný. Hodnota -0,40 napovídá, že výsledný výkon ve skoku do dálky závisí i na jiných faktorech (např. technické zvládnutí předodrazového rytmu), než je jen náběhová rychlost atleta.

T-test

T-test je metodou, která umožňuje ověřit hypotézu, zda dvě normální rozdělení mající stejný (byť neznámý) rozptyl, z nichž pocházejí dva nezávislé náhodné výběry, mají stejné střední hodnoty (resp. rozdíl těchto středních hodnot je roven určitému danému číslu).

V praxi se t-test často používá k porovnání, zda se výsledky měření na jedné skupině významně liší od výsledků měření na druhé skupině.

Princip t-testu

Předpoklad, že oba výběry pocházejí z normálního rozdělení, nemusí být za každou cenu dodržen. Dle definice z encyklopedie Wikipedia T-test totiž pracuje s průměry obou výběrů, a ty již při rozsahu výběru v řádu desítek mají přibližně normální rozdělení díky centrální limitní větě.

Před provedením t-testu by mělo být prověřeno, že oba náhodné výběry mají stejný rozptyl. K tomu může posloužit F-test. Existují i modifikace t-testu pro výběry s různými rozptyly. Pokud je rozsah výběru (resp. obou výběrů) velký (v řádu stovek a víc), lze místo kritických hodnot T rozdělení použít kritické hodnoty normálního rozdělení.

Příklad

Výkony desetibojařů z minulého příkladu jsme přepočítali na body pomocí oficiálních bodovacích tabulek pro atletický desetiboj. Pomocí t-testu chceme zjistit, zda desetibojaři získávají z obou disciplín stejný počet bodů.

100m	dálka
1001	908
865	980
992	997
883	893
883	1002
894	869
892	816
903	888
847	942
894	898
836	922
804	833
915	995
861	804
814	980
968	950
823	878
832	1005

100m	dálka
847	952
854	866
828	823
919	920
825	835
769	893
894	927
949	932
885	883
804	898
999	995
852	850
830	802
814	802
913	862
885	859
806	847

Řešení:

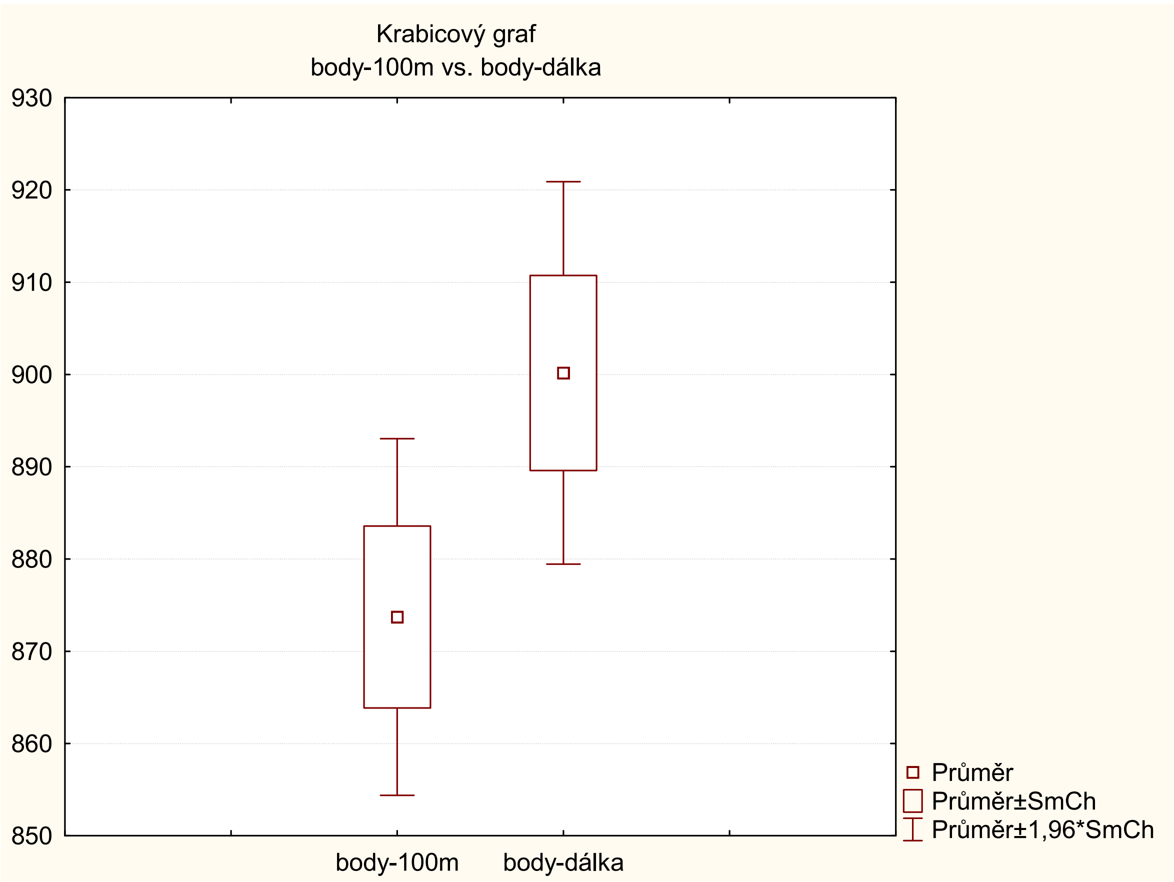
t-test pro závislé vzorky (Tabulka1)
Označ. rozdíly jsou významné na hlad. p < ,05000

Proměnná	Průměr	Sm.odch.	N	Rozdíl	Sm.odch. rozdílu	t	sv	p
body-100m	873,71	58,32						
body-dálka	900,17	62,56	35	-26,46	66,16	-2,37	34	0,02

Krabicový graf naznačuje, že průměrný bodový zisk v skoku do dály je vyšší než v běhu na 100 m. Což potrzuje i tabulka výpočtu t-testu. Na 5% hladině statistické významnosti tvrdíme, že bodové zisky u obou disciplín jsou různé.

Hladina věcné významnosti („size of effect“) byla posouzena pomocí Cohenova koeficientu účinku *d* (Blahuš, 2000). Velikost věcné významnosti („size of effect“) je definována jako relativní podíl experimentálního faktoru na rozptylu velikosti efektu, oproti jiným vlivům, zvláště náhodným, neznámým atp. Ve stručnosti to je podíl „vysvětleného“ rozptylu. Jednou z hlavních výhod koeficientu je jeho nezávislost na rozsahu výběru. Platí pro něj konvenční hodnoty, jež usnadňují rozhodnutí, kdy lze hovořit o velkém efektu. Pokud je *d* větší než 0,8, je efekt velký; pro *d* z intervalu 0,5 – 0,8 je efekt střední; efekt pod hodnotou 0,2 lze považovat za malý.

V našem případě je d = 0,44 což můžeme považovat, že rozdíl mezi oběma disciplínami je i věcně i stastictiky významný. Sledovaní desetibojaři získali více bodů ze skoku do dálky než z běhu na 100 m.



Obr. 5O. Krabicový graf

Závěrečné poznámky

V předchozím textu není zmíněna problematika tvorby norem testů. Při standardizačním procesu však dle našeho názoru není pro použití v disertačních a diplomových pracích tak nutná (s výjimkou studií, kde je standardizace testu hlavním výzkumným problémem). Normy jsou závislé na populaci a měly by být součástí standardizované testové baterie či dotazníku. Domníváme se však, že v naprosté většině studií je primární obsahová analýza výsledků testu, k jejichž správné interpretaci je potřeba zjistit základní charakteristiky testů, jako jsou validita a reliabilita, podle návodu uvedeného výše.