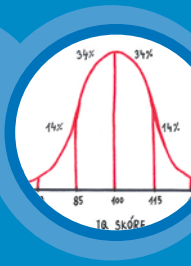
JULIUS JANÁČEK

Statistika jednoduše

PRŮVODCE SVĚTEM STATISTIKY



GRADA®


GRADA®

JULIUS JANÁČEK

Statistika *jednoduše*

PRŮVODCE SVĚTEM STATISTIKY

Grada Publishing

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy
Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude ***trestně stíháno****.*

ING. JULIUS JANÁČEK, Ph.D.

Statistika *jednoduše*

PRŮVODCE SVĚTEM STATISTIKY

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, 170 00 Praha 7
tel.: +420 234 264 401
www.grada.cz
jako svou 8651. publikaci

Redaktorka Lenka Zajíčková
Za odborný obsah odpovídá autor
Grafická úprava a sazba Eva Hradiláková
Návrh a zpracování obálky Eva Hradiláková
Ilustrace Kamila Andresová
Počet stran 120
První vydání, Praha 2022
Vytiskla tiskárna Tribun EU s.r.o. (knihovnicka.cz)

© Grada Publishing, a.s., 2022

ISBN 978-80-271-6640-4 (pdf)
ISBN 978-80-271-1738-3 (print)

Obsah

O autorovi

Julius Janáček vystudoval obor Statistika na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy. V současné době vyučuje ekonomii a statistiku na Univerzitě J. E. Purkyně v Ustí nad Labem. Ve své vědecké práci se věnuje výzkumu kvality života, štěstí a chování člověka z pohledu behaviorální ekonomie. Zaměřuje se na zkoumání, jak lidé vnímají a hodnotí změny ve veřejném prostoru (například vybudování kašny) a jaké dopady obecně mají opatření veřejných autorit na kvalitu života občanů. Za důležité považuje zapojení studentů do vědecké činnosti již od bakalářského studia včetně využití kvantitativních metod – k tomu má přispět i jeho kniha *Statistika jednoduše*.

O čem to bude?

Rád bych pomocí této knihy ukázal, že statistika je potřebná, atraktivní a jednoduchá. Se statistikou je to jako s auty: rozumět celé jeho struktuře je velmi složité, ale řídit auto je jednoduché. Stejně tak statistika: rozumět statistice dopodrobna v matematické teorii tak, jak je tomu vyučováno v mnoha kurzech, je složité, ale základy nutné k jejímu používání jsou jednoduché. Tato publikace zprostředkovává základní pochopení statistických metod a návod, jak je používat – nemusíme vědět, jak funguje motor – stačí nám umět auto řídit. Pokud potřebujete porozumět statistice více do detailu, tato kniha se může dobře doplňovat s klasickou učebnicí statistiky.

JAKÉ SCHOPNOSTI VÁM PŘINESE PŘEČTENÍ TÉTO PUBLIKACE?

- Porozumět základním statistickým pojmům.
- Správně interpretovat statistické výsledky.
- Vybrat a použít adekvátní statistické metody a testy.

CO STATISTIKA MIMO JINÉ DOKÁŽE?

- Ozřejmuje mnoho věcí, které jsou součástí běžného života.
- Umožňuje posoudit pravdivost mnoha tvrzení a zpráv.
- Činí nás imunními vůči manipulaci.

JAK NÁS STATISTIKA ČINÍ IMUNNÍMI VŮČI MANIPULACI?

PŘÍKLAD 0.1

Můj lékař mi jednou doporučoval pít občas červené víno, protože je prý zdravé. Ptal jsem se ho proč. Řekl mi, že lidé, které zná a kteří pijí červené víno, jsou prý zdravější. Touto úvahou se můj lékař dopustil chyby ve statistické analýze. Opravdu je možné, že existuje pozitivní korelace (vztah) mezi pitím červeného vína a zdravím (více vína, více zdraví). To ovšem neznamená, že

Věděli jste, že...

Dříve jste mohli dostat láhev červeného vína na předpis? Mnoho lékařů si dříve myslelo, že pití červeného vína je velmi zdravé. Ještě v padesátých letech 20. století bylo v ČR červené víno předepisováno jako lék. Pokud jste si chtěli udělat pěkný večer s vaším partnerem, stačilo (pokud se to dá) předstírat vysoký tlak. Stejným způsobem mohla být dříve předepisována i čokoláda. Dříve se tedy velmi vyplatilo mít dobrý vztah s praktickým lékařem.

platí kauzalita (vliv) „víno přináší zdraví“. Daná korelace (vztah) může platit například díky tomu, že bohatší lidé si mohou dovolit zdravější životní styl a možná i kvalitnější lékařskou péči, a proto jsou zdravější. A mimo to pijí i červené víno. Naproti tomu méně bohatí lidé občas pijí tvrdý alkohol, mohou žít méně zdravě a možná si někdy nemohou dovolit kvalitní zdravotní péči. Příčinou zdraví a dlouhověkosti tedy nemusí být přímo víno, ale zdravější životní styl a kvalitní lékařská péče. Finanční bohatství tedy může způsobovat jak zdraví, tak pití červeného vína – proto statistický pozitivní vztah „červené víno – zdraví“. Víno jako takové je možná zdravé a možná nikoliv. Jeho vliv ovšem nelze určit na základě znalosti, že konzumenti vína jsou zdravější. Bližší vysvětlení rozdílu mezi korelací (vztahem) a kauzalitou (vlivem) se nachází v kapitole 4 Korelace.

PŘÍKLAD 0.2

Podobným způsobem může manipulovat firma snažící se prodat své výrobky. Říká: „Lidé, kteří užívají náš lék, jsou zdravější.“ Tím se snaží přesvědčit zákazníky, aby kupovali její výrobek. Ovšem to, že lidé, kteří daný lék užívají, jsou zdravější, neznamená, že tento lék zlepšuje zdraví. Korelace mezi užíváním tohoto léku a zdravím může platit ze stejného důvodu, jako v případě červeného vína a zdraví v příkladu 0.1: bohatší lidé více dbají o své zdraví, a proto jsou zdravější. Také mohou mít více peněz na nějaký lék. Tyto léky tedy nemusí přinášet zdraví. Korelace mezi lékem a zdravím může platit jen díky třetímu faktoru peníze. Ten přináší jak zdraví, tak užívání léku. Umět rozlišovat korelaci a kauzalitu nám umožňuje nebýt cílem manipulace.

PŘÍKLAD 0.3

Premiéři různých zemí často mluví takto: „Naše vláda hospodařila v roce 2014 odpovědně a dosáhla nejnižšího schodku státního rozpočtu od roku 2003." Takto dotyčný premiér chválí svou vládu. Toto může být manipulativní tvrzení, které hraje na neschopnost lidí správně interpretovat informace. Premiér vlastně řekl, že existuje negativní korelace mezi vládnutím jeho vlády a schodkem rozpočtu (když jeho strana vládne, tak je nižší schodek). Tímto vychloubáním dal najevo, že korelaci chybně ztotožňuje s kauzalitou (vlivem). Situace může být odlišná. Ano, v roce 2014 byl nízký schodek rozpočtu. Ale je jeho vláda skutečnou příčinou, nebo je zde jiný faktor, který schodek snížil? Nižší schodek rozpočtu mohl například být důsledkem úsporných opatření minulé vlády, která snížila státní výdaje. Možností je více: možná, že schodek byl nižší díky nové vládě, možná díky staré vládě a možná z úplně jiného důvodu. Ale skutečnost, že v roce vlády nového premiéra je schodek nižší, neříká nic o tom, čí je to zásluha. Daný premiér by si tedy neměl automaticky přisvojovat zásluhu za úspornost. Toto je konkrétní situace, ve které schopnost statisticky a logicky uvažovat funguje jako ochrana proti manipulaci – statisticky znalý člověk zde nepodléhá lži.

JAK PROVÁDĚT VÝPOČTY

Pro základní výpočty a využití metod popsaných v této publikaci (např. průměr a směrodatná odchylka) stačí tužka a papír, případně kalkulačka. Pro použití pokročilejších metod (např. korelace či některé statistické testy) je dostatečný program Microsoft Excel. Pro složité operace a metody (např. regresní analýza a složitější statistické testy) je víceméně nutné použít statistický software – např. SPSS (placený) či Gretl (volně dostupný). Pro některé statistické výpočty lze také využít mnoho online statistických softwarů. Počítat regresní modely samozřejmě můžete i na papíře, ale tvorba a výpočet středně složitého logistického modelu vám může zabrat přibližně sedm týdnů čistého času. Doporučuji spíše počítač.

FUNKCE

Pro názornost a vyšší porozumění jsou v této knize často používány klasické matematické grafy. Matematický graf ukazuje, jaká je hodnota jedné proměnné (osa y), při určité hodnotě jiné proměnné (osa x). Graf tedy ilustruje vztah mezi dvěma proměnnými.

SUMY

V knize je používán matematický koncept „suma“, jehož symbolem je $\sum_{k=0}^{n}$. Konkrétním příkladem sumy je $\sum_{k=0}^{n} x_k$. Tento symbol říká, že máme sečíst všechna x přes k od nuly do n. Tedy $\sum_{k=0}^{n} x_k = x_0 + x_1 + x_2 + \ldots + x_n$.

DESETINNÁ ČÍSLA JSOU LEPŠÍ NEŽ PROCENTA

Pro pravděpodobnost je lepší používat desetinná čísla než procenta. Například říkáme, že jev A nastane s pravděpodobností 0,7. Neříkáme 70 procent. Proč? Protože s desetinnými čísly se lépe pracuje. Například pokud jev A nastane s pravděpodobností 0,7 (70 %) a jev B nezávisle s pravděpodobností 0,3 (30 %), tak pravděpodobnost, že nastane A i B je 0,7 × 0,3 = 0,21 (21 %). S procenty to nefunguje: 70 × 30 = 2100. V textu se tedy pracuje s pravděpodobnostmi vyjádřenými desetinnými čísly.

Poděkování

Příčinou vzniku této publikace jsou konzultace s vysokoškolskými studenty, kterým jsem měl tu čest pomáhat. Všem patří můj dík. Obzvláště těm, kteří se nestyděli a kladli mi otázky, díky kterým jsem poznával, co je dobře pochopitelné a co je třeba vysvětlit lépe. Dále děkuji Michaele Ulrichové, Janu Popelkovi a Marku Vokounovi, kteří mi pomohli s finálními úpravami textu. Velké poděkování patří Kamile Andresové, která svými ilustracemi vdechla knize více života. Na závěr děkuji pracovníkům vietnamského původu z blízkého obchodu s potravinami: kdykoliv jsem měl hlad, byli připraveni.

Struktura

Kapitoly 1–4 pojednávají o základních statistických principech. Ty by měly být dobře stravitelné a použitelné pro všechny. Běžnému člověku, který chce získat základní orientaci ve statistice, by měly stačit.

Kapitola 5 popisuje systém statistického testování. V kapitole 9 pak najdete seznam statistických testů a jejich použití. Pro běžného vysokoškoláka tedy stačí kapitoly 1–5 a 9.

Kapitoly 6–8 mluví o regresní analýze. Tato statistická metoda je již relativně složitější. Pro porozumění je třeba více času.

1. Deskriptivní statistika

Abychom dosáhli co nejvyššího porozumění statistice, začneme od nejjednoduššího – od základů. Stejně jako při stavbě domu.

Termínem deskriptivní statistika označujeme oblast základních statistických ukazatelů (průměr, směrodatná odchylka atd.). Při zkoumání určitého datového souboru nám tyto informace poskytují základní orientaci.

1.1 Náhodná veličina

Náhodná veličina je veličina, která může při opakované realizaci (měření) nabývat různých hodnot s určitou pravděpodobností.

PŘÍKLAD 1.1

To, co nám padne na šestistranné hrací kostce, je náhodná veličina, protože může při opakovaném měření (zde házení) nabývat různých hodnot s určitou pravděpodobností.

1.2 Střední hodnota a výběrový průměr

Střední hodnota je charakteristika náhodné veličiny. Značí se μ. Je to číslo, které je průměrem při mnoha pozorováních. Odhadem střední hodnoty je výběrový průměr – značí se písmenem s pruhem nad ním (např. $\bar{x}$ – „x s pruhem“). Vypočítá se jako **součet daných čísel podělený jejich počtem**:

$$\bar{x}\ \{x_1, x_2, \ldots, x_n\} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n},$$

$x_1, x_2, \ldots, x_n$ jsou naměřené hodnoty
n je počet pozorování (naměřených hodnot)

PŘÍKLAD 1.2

$$\text{Průměr } \bar{x}\ \{3, 4, 9, 20, 22\} = \frac{3 + 4 + 9 + 20 + 22}{5} = \frac{58}{5} = 11{,}6$$

Věděli jste, že...

Průměrný počet nohou u člověka je 1,99? Tedy (pravděpodobně) máte nadprůměrný počet nohou. To je důvod k radosti!

Průměrný lidský mozek obsahuje 78 % vody? Teď už nás tedy nemusí překvapovat, když vidíme, co všechno děláme.

Člověk v průměru stráví během svého života ve spánku 25 let?

1.3 Medián

Medián je prostřední hodnota číselné řady, která vznikla seřazením všech čísel od nejmenšího po největší. Pokud je počet čísel sudý, tak se za medián považuje buď jedno ze dvou čísel uprostřed, anebo průměr dvou čísel uprostřed.

PŘÍKLAD 1.3

Medián {3, 4, 9, 20, 22} = 9

Někdy je vhodné použít medián místo průměru. Proč? Protože mediánová hodnota může lépe charakterizovat statistický vzorek.

PŘÍKLAD 1.4

Představme si zemi, ve které tři lidé vydělávají 20 000 Kč měsíčně a jeden člověk 100 000 Kč měsíčně. Průměrná mzda je pak 40 000 Kč měsíčně. Na základě této hodnoty by si někdo mohl myslet, že většina obyvatel této země je velmi bohatá. Ovšem ztracenou informací by bylo, že tři čtvrtiny obyvatel této země vydělávají vysoce podprůměrnou mzdu (20 000 Kč). Mediánová mzda je v této zemi 20 000 Kč / měsíc. Tato hodnota zde lépe popisuje platovou situaci.

Věděli jste, že...

Průměrná měsíční nominální mzda v České republice ve druhém čtvrtletí roku 2019 byla 34 105 Kč? Naproti tomu mediánová měsíční mzda byla 29 127 Kč (ČSÚ, 2020). Proč takový rozdíl? Vysvětlení je podobné jako v příkladu 1.4. V ČR žije určité malé procento lidí, jejichž plat je velmi vysoký (statisíce). Tito lidé výrazně zvyšují českou průměrnou mzdu, ovšem více než 60 procent Čechů pobírá podprůměrnou mzdu.

1.4 Modus

Modus je hodnota, která se v dané skupině čísel vyskytuje nejčastěji.

PŘÍKLAD 1.5

Modus {1, 2, 8, 29, 29} = 29

Pokud neexistuje v souboru čísel hodnota, která se vyskytuje častěji než ostatní, tak modus neurčujeme.

1.5 Rozptyl

Rozptyl je charakteristika variability náhodné veličiny. Čím vyšší je rozptyl, tím budou hodnoty dále od sebe. Rozptyl se značí σ^2. Odhad rozptylu na základě naměřených dat se nazývá výběrový rozptyl, značí se s^2 a vypočítá se takto:

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

$x_1, x_2, \ldots x_n$ jsou naměřené hodnoty
$\bar{x}$ je výběrový průměr
n je počet pozorování

Věděli jste, že...

Existuje hypotéza, podle které muži vykazují vyšší variabilitu v mnoha psychických znacích? (Patalie, 2018) Tato hypotéza například tvrdí, že průměrné IQ je stejné u mužů jako u žen, ale variabilita mužů je vyšší než variabilita žen.

To znamená, že mezi muži se častěji vyskytují extrémní hodnoty (více vzdálené od průměru). Mezi muži je tedy dle této hypotézy více géniů, ale také více hlupáků.

1.6 Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka je stejně jako rozptyl charakteristika variability náhodné veličiny. Čím vyšší je směrodatná odchylka, tím budou hodnoty náhodné veličiny dále od sebe. Směrodatná odchylka se značí σ a je to odmocnina z rozptylu: $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$. Odhad směrodatné odchylky se nazývá výběrová směrodatná odchylka, značí se s a vypočítá se takto:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n\text{-}1} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}$$

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

$x_1, x_2, \ldots x_n$ jsou naměřené hodnoty
$\bar{x}$ je výběrový průměr
n je počet pozorování
s^2 je výběrový rozptyl

Důvodem, proč se počítá směrodatná odchylka a nestačí rozptyl, je ten, že rozptyl nevychází ve stejných jednotkách jako čísla, ze kterých se počítá (ve výpočtu je vše umocněno na druhou). Naopak směrodatná odchylka vychází ve stejných jednotkách, ve kterých jsou naměřené hodnoty (ve výpočtu je vše umocněno na druhou a součet je pak zpětně odmocněn).

PŘÍKLAD 1.6

Máme dva soubory čísel: x {4, 5, 6} a y {1, 5, 9}. Spočítáme-li průměry a směrodatné odchylky, dostaneme: $\bar{x}$ {4, 5, 6} = 5, s {4, 5, 6} = 1 a naproti tomu $\bar{y}$ {1, 5, 9} = 5, s {1, 5, 9} = 4. Vidíme, že oba soubory čísel mají stejný průměr, tedy 5. Ovšem druhý soubor je rozptýlenější (více se odchyluje od průměru). Tato skutečnost je vidět na vyšší hodnotě směrodatné odchylky.

PŘÍKLAD 1.7

Pokud máme soubor čísel 5 jedniček {1, 1, 1, 1, 1}, či jiných stejných čísel, tak rozptyl i směrodatná odchylka se rovnají 0 – v souboru není žádná „rozptýlenost“ – variabilita.

PŘÍKLAD 1.8

Symbolicky by se koncept směrodatné odchylky dal přirovnat k situaci, kdy dva lidé střílí lukem na terč. Ten, kdo je méně přesný střelec, má při střelbě větší směrodatnou odchylku.

Věděli jste, že...

Statistik je na lovu kachen. Když střílí po první kachně, střelí o metr doleva. Když střílí po druhé kachně, tak mine o metr doprava. Když se ho potom doma manželka ptá, jak se mu dařilo, tak řekne: „V průměru jsem přesně trefil dvě kachny.“

2. Náhodné veličiny

2.1 Diskrétní náhodná veličina

Diskrétní náhodná veličina je náhodná veličina, která může nabývat pouze jednotlivých (diskrétních) hodnot.

PŘÍKLAD 2.1

Hodnota, která může padnout na hrací kostce je diskrétní náhodná veličina, protože může padnout pouze šest diskrétních hodnot.

2.2 Spojitá náhodná veličina

Spojitá náhodná veličina je náhodná veličina, která může nabývat všech hodnot z konečného nebo nekonečného intervalu.

PŘÍKLAD 2.2

Doba, kterou budete čekat na autobus po příchodu na zastávku je spojitá náhodná veličina. Tato doba může nabývat všech hodnot z konečného intervalu – např. 0–20 min.

2.3 Rozdělení pravděpodobnosti

Rozdělení pravděpodobnosti je schéma, které každému možnému jevu či intervalu jevů přiřazuje pravděpodobnost, se kterou tento jev nastane. Rozdělení pravděpodobnosti se vztahuje k určité náhodné veličině – buď diskrétní, nebo spojité.