

# SLOVENSKÁ ŠTATISTIKA a DEMOGRAFIA

SLOVAK STATISTICS  
and DEMOGRAPHY

2/2026

ročník/volume 36

Recenzovaný vedecký časopis so zameraním na prezentáciu moderných štatistických a demografických metód a postupov.

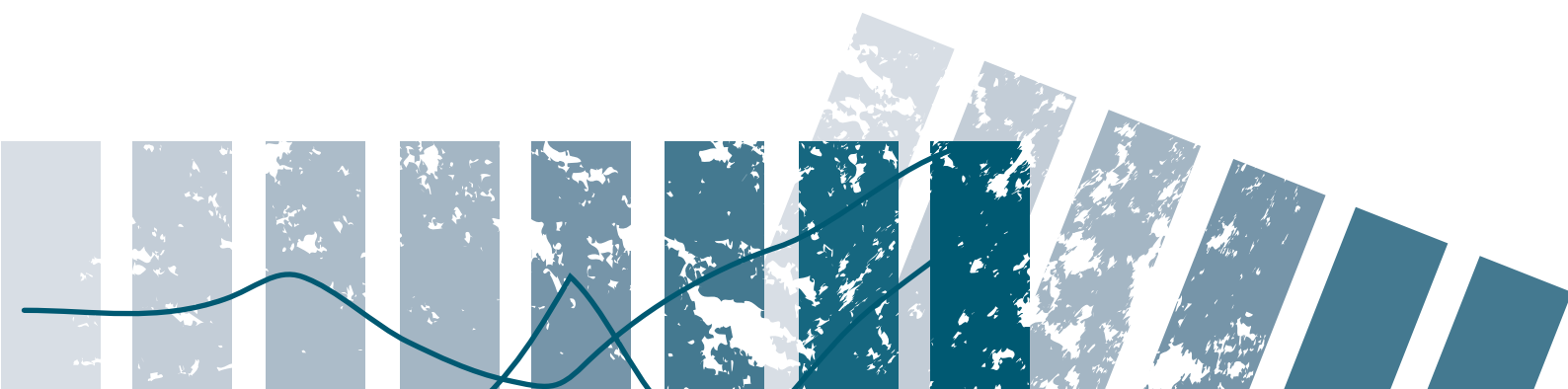
Scientific peer-reviewed journal focusing on the presentation of modern statistical and demographic methods and procedures.

Článok/Article: 3

Typ článku/Type of article: informatívny článok/informative article

Strany/Pages: 21 – 34

Dátum vydania/Publication date: 15. apríl 2026/April 15, 2026



Informatívny článok/Informative article

**Milan TEREK**  
Vysoká škola manažmentu

**KEDY MOŽNO POUŽIŤ BEŽNÉ INDUKTÍVNE ŠTATISTICKÉ METÓDY**

**WHEN CAN STANDARD INFERENTIAL STATISTICAL METHODS BE APPLIED**

**ABSTRAKT**

Bežné indukzívne štatistické metódy sa niekedy používajú nevhodne. Cieľom príspevku je vymedziť oblasti korektného používania týchto metód. Aplikácia bežných indukívnych štatistických metód vyžaduje náhodné výbery, v ktorých sú všetky pozorovania štatisticky nezávislé a rovnako rozdelené náhodné premenné. Všimneme si možnosti, ktoré vedú k získaniu náhodných výberov s takýmito vlastnosťami. Uvedieme aj prípady, keď možno niektoré z týchto metód použiť aj v zložitejších výberových schémach. Napokon vymedzíme základné okruhy chýb, ktoré vedú k nepatričným aplikáciám bežných štatistických indukívnych metód. To všetko môže pomôcť pri rozhodovaní o ich použití v konkrétnych situáciách.

**ABSTRACT**

Standard inferential statistical methods are sometimes inappropriately applied. The paper aims to define the proper application of these methods. Their application requires random samples in which all observations are statistically independent and identically distributed random variables. We will note the possibilities for obtaining random samples with such properties. We will also present cases in which some of these methods can be applied even with more complex sampling designs. Finally, we will define the basic categories of error that lead to the inappropriate application of standard statistical inferential methods. All this may help in deciding on their application in specific situations.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ**

bežné indukzívne štatistické metódy, náhodný výber, výberové skúmanie, chyby pri aplikáciách bežných indukívnych štatistických metód

**KEYWORDS**

standard inferential statistical methods, random sample, sample survey, errors in the applications of standard inferential statistical methods

**1. ÚVOD**

Článok je venovaný problematike korektného používania bežných indukívnych štatistických metód. Ide o metódy, ktorých aplikácia vyžaduje náhodné výbery, v ktorých sú všetky pozorovania štatisticky nezávislé a rovnako rozdelené náhodné premenné (i. i. d. – *independent and identically distributed*) a ktoré sa bežne prezentujú v učebniciach základov štatistiky. Tieto metódy sa totiž často používajú nekorektne. Výsledky takejto aplikácie nie sú dôveryhodné a často poskytujú skreslené pohľady na realitu. Uvedieme možnosti vedúce k získaniu náhodných výberov, v ktorých sú pozorovania i. i. d. Všimneme si aj možnosti použitia niektorých bežných indukívnych štatistických metód na výberových dátach z komplexných štatistických prieskumov.

Napokon vymedzíme základné okruhy chýb, ktoré vedú k nepatričným aplikáciám bežných induktívnych štatistických metód.

Výberovým skúmaním v širšom zmysle je každá štúdia, v ktorej sa na základe výsledkov analýzy výberového súboru robia úsudky o celom základnom súbore, z ktorého bol vybraný. Výberový súbor môže byť vybraný náhodným (pravdepodobnostným) alebo nenáhodným (nepravdepodobnostným, zámerným) vyberaním. Induktívne štatistické metódy umožňujú robiť úsudky o základných súboroch na základe výsledkov analýzy z nich vybraných výberov (Terek, 2017).

„Klasický“ prístup k výberovému skúmaniu predpokladá pravdepodobnostný model základného súboru, daný nejakým rozdelením pravdepodobnosti. Predpokladá sa, že hodnoty v základnom súbore sú realizácie náhodnej premennej s daným rozdelením pravdepodobnosti. S týmto prístupom súvisia bežné induktívne štatistické metódy a príslušný bežný štatistický softvér. Okrem „klasického“ prístupu k výberovému skúmaniu je známy aj iný prístup, známy ako výberové skúmanie v užšom zmysle (*survey sampling*). V tomto prístupe možno použiť bežné induktívne štatistické metódy len výnimočne. Uvedieme prípad, keď to je možné. V praxi sa často robia induktívne úsudky o základných súboroch aj na základe nenáhodných výberov. Nie je však známa žiadna štatistická teória, ktorá by pojednávala o tom, kedy a prečo možno očakávať na základe nenáhodného výberu presné závery o základnom súbore. Sú však známe niektoré prístupy modelovania, ktoré môžu zvýšiť očakávania dosiahnuť na základe nenáhodného výberu presnejšie závery o základnom súbore.

Najprv uvedieme spôsob náhodného vyberania z nekonečne veľkého a z konečného základného súboru a vymedzíme, kedy sú pozorovania i. i. d. Potom si podrobnejšie všimneme výberové skúmanie v užšom zmysle a induktívne metódy, ktoré sa používajú v tomto prístupe, spolu s jednou možnosťou využitia bežných induktívnych štatistických metód pri analýzach dát z komplexných štatistických prieskumov. Nasleduje analýza nenáhodného vyberania. Nakoniec uvedieme časté chyby pri aplikácii bežných induktívnych štatistických metód.

## 2. NÁHODNÉ VYBERANIE

V štatistike sa niekedy súbor dát (základný alebo výberový) chápe ako súbor jednotiek, niekedy sa chápe ako súbor hodnôt pozorovaní študovanej premennej (premenných). Najprv ho budeme chápať ako súbor jednotiek. Náhodný výber rozsahu  $n$  je výber  $n$  jednotiek, ktoré boli vybrané metódou náhodného (pravdepodobnostného) vyberania (STN ISO 3534-1, 2006). Keď má každá z možných kombinácií  $n$  jednotiek konkrétnu (*particular*) pravdepodobnosť že bude vybraná, výsledkom náhodného vyberania je náhodný výber rozsahu  $n$  z konečného základného súboru. Keď má každá z možných kombinácií  $n$  jednotiek rovnakú pravdepodobnosť, že bude vybraná, ide o jednoduché náhodné vyberanie z konečného základného súboru. Jeho výsledkom je jednoduchý náhodný výber rozsahu  $n$  (ISO 3534-2, 2006). Namiesto termínu jednoduché náhodné vyberanie sa často používa termín náhodné vyberanie bez ohľadu na to, či má každá z možných kombinácií  $n$  jednotiek rovnakú alebo nerovnakú pravdepodobnosť, že bude vybraná. Prívlastok „jednoduché“ sa potom používa na odlíšenie náhodného vyberania, pri ktorom sa priamo vyberajú jednotky z celého základného súboru, od zložitejších výberových schém, ktoré majú tiež prvky randomizácie (Agresti, 2018). V tomto príspevku budeme termínom jednoduché náhodné vyberanie rozumieť náhodné vyberanie, pri ktorom sa jednotky vyberajú

priamo z celého konečného základného súboru a každá z možných kombinácií  $n$  jednotiek má rovnakú pravdepodobnosť, že bude vybraná. Keď sa jednotka vo výbere môže viackrát opakovať<sup>1</sup>, ide o náhodné vyberanie s opakovaním, keď nie<sup>2</sup>, ide o náhodné vyberanie bez opakovania. Základný súbor, z ktorého sa vyberá, môže byť nekonečne veľký alebo konečný.

## 2.1. NÁHODNÉ VYBERANIE Z NEKONEČNE VEĽKÉHO ZÁKLADNÉHO SÚBORU

Niekedy je základný súbor, z ktorého sa vyberá, nekonečne veľký. Za nekonečne veľký sa považuje základný súbor, v ktorom je zaznamenanie každej jednotky nemožné alebo nerealizovateľné v reálnom čase. Za nekonečne veľké základné súbory sa obyčajne považujú súbory výstupov procesov, ktoré kontinuálne prebiehajú v čase. Napríklad produkty produkované na výrobní linke, transakcie, ktoré sa objavujú v banke, zákazníci, ktorí prichádzajú do obchodného domu, a podobne. Za náhodný výber z nekonečne veľkého základného súboru budeme považovať výber  $n$  jednotiek priamo z celého základného súboru, ktorý sa získa tak, že sa pri náhodnom vyberaní rešpektujú dve podmienky: každá vybraná jednotka je z toho istého základného súboru a každá jednotka je vybraná nezávisle (Anderson et al., 2020, p. 324).

## 2.2. JEDNODUCHÉ NÁHODNÉ VYBERANIE Z KONEČNÉHO ZÁKLADNÉHO SÚBORU

Pri jednoduchom náhodnom vyberaní z konečného základného súboru treba vykonať tieto kroky: vytvoriť výberovú bázu (*základ výberu, oporu výberu*) obsahujúcu úplný zoznam  $N$  jednotiek základného súboru, z ktorého sa vyberá; priradiť jednotkám výberovej bázy čísla od 1 po  $N$ ; určiť rozsah  $n$  náhodného výberu; vybrať  $n$  čísiel z množiny čísiel 1 až  $N$ , pričom vybratie každého čísla má rovnakú pravdepodobnosť. Vybrané čísla sú čísla jednotiek, ktoré tvoria náhodný výber rozsahu  $n$ . Náhodné vyberanie s opakovaním z konečného základného súboru možno považovať za náhodné vyberanie z nekonečne veľkého základného súboru s rovnakým rozdelením.

Niekedy možno náhodný výber z konečného základného súboru považovať za náhodný výber z nekonečne veľkého základného súboru aj pri náhodnom vyberaní bez opakovania. To je umožnené prijatím predpokladu o stabilite procesu – okolie, v ktorom proces prebieha, a jeho charakteristiky majú známky určitej stálosti, čo nevyklučuje určité výkyvy, čo sa týka okolia a jeho charakteristík, ale tieto výkyvy sú z hľadiska rytmu získavania informácií alebo produkcie pomalé. Proces sa teda považuje za stabilný, keď sa rozdelenie pravdepodobnosti generovaných dát v čase prakticky nemení. Potom možno reálny konečný základný súbor existujúci v určitom časovom úseku považovať za časť nejakého imaginárneho, nekonečne veľkého základného súboru existujúceho v čase, v ktorom sú podmienky, za ktorých proces prebieha stále, a realizovaný jednoduchý náhodný výber možno považovať za náhodný výber z tohto nekonečne veľkého základného súboru (Giard, 1985). Napríklad v štatistickom riadení kvality sa pri hľadaní vhodného časovo závislého distribučného modelu procesu uvažuje o okamžitých rozdeleniach, ktoré opisujú správanie charakteristiky počas krátkeho časového intervalu, zvyčajne v čase odberu vzorky z procesu náhodným vyberaním bez opakovania. V čase odberu vzorky sa

<sup>1</sup> Jednotka sa po vybratí vráti do základného súboru.

<sup>2</sup> Jednotka sa po vybratí nevráti do základného súboru.

predpokladá stabilita procesu a základný súbor možno považovať za nekonečne veľký, aj keď v čase odberu vzorky je konečný.

Je známa aj iná koncepcia, ktorá umožňuje považovať náhodný výber bez opakovania z konečného základného súboru za náhodný výber z nekonečne veľkého základného súboru. Keď je rozsah výberu oveľa menší ako rozsah reálneho konečného základného súboru, potom sú charakteristiky základného súboru len veľmi nepatrne ovplyvnené výberom, podobne ako pri náhodnom vyberaní z nekonečne veľkého základného súboru. V praxi sa za oveľa menší výber považuje výber, ktorého rozsah  $n$  je v porovnaní s rozsahom  $N$  základného súboru taký, že  $\frac{n}{N} \leq 0,05$  (Cochran, 1977).

### 2.3. NÁHODNÉ VYBERANIE, POZOROVANIA A BEŽNÉ INDUKTÍVNE ŠTATISTICKÉ METÓDY

Teraz budeme súbor dát chápať ako súbor hodnôt pozorovaní študovanej premennej  $x$ . V induktívnej štatistike sa úsudky o základnom súbore robia hlavne na základe náhodných výstupov v štatistických štúdiách. V konečnom prípade tieto náhodné výstupy vytvárajú výber hodnôt meraní alebo pozorovaní  $x_1, x_2, \dots, x_n$  z väčšej množiny hodnôt – zo základného súboru. Hodnoty  $x_1, x_2, \dots, x_n$  sa považujú za realizácie náhodných premenných  $X_1, X_2, \dots, X_n$  – pozorovaní. Všimnime si teraz samotné náhodné premenné  $X_1, X_2, \dots, X_n$ .

Nekonečne veľký základný súbor možno modelovať pomocou pravdepodobnostného modelu. V „klasickom“ prístupe k výberovému skúmaniu sa uvažuje o pravdepodobnostnom modeli reálneho základného súboru; tento model je daný nejakým rozdelením pravdepodobnosti. Hodnoty v základnom súbore sú realizácie náhodnej premennej s daným rozdelením pravdepodobnosti. Často sa napríklad vychádza z predpokladu, že základný súbor má normálne rozdelenie pravdepodobnosti. Niekedy rozdelenie pravdepodobnosti nepoznáme, ale predpokladáme, že nejaké existuje. Úvaha o pravdepodobnostnom modeli základného súboru sa týka aj aplikácie tzv. neparametrických metód založených na výberových charakteristikách, ktorých rozdelenie nezávisí od predpokladov o parametrickej triede rozdelení základného súboru, z ktorého pochádza výber. Tieto metódy možno použiť aj na výbery zo základných súborov, ktoré sú pomerne všeobecne špecifikované, napríklad ako spojité, symetrické, identické, líšiac sa len mediánom a pod. Aj tu sa však predpokladá nejaký pravdepodobnostný model základného súboru, aj keď je len veľmi slabo špecifikovaný.

Bežné induktívne štatistické metódy možno aplikovať len na náhodný výber, v ktorom sú pozorovania i. i. d. Takýto náhodný výber možno získať náhodným vyberaním jednotiek s opakovaním alebo bez opakovania priamo z celého nekonečne veľkého základného súboru, náhodným vyberaním s opakovaním z konečného základného súboru a náhodným vyberaním bez opakovania z konečného základného súboru, keď možno prijať predpoklad o stabilite procesu alebo je rozsah výberu  $n$  oveľa menší ako rozsah konečného základného súboru  $N$  ( $\frac{n}{N} \leq 0,05$ ).

### 3. VÝBEROVÉ SKÚMANIE V UŽŠOM ZMYSLE

Okrem „klasického“ prístupu k výberovému skúmaniu založenému na pravdepodobnostnom modeli základného súboru poznáme aj iný prístup, známy ako výberové

skúmanie v užšom zmysle. V tomto prístupe sa neuvažuje o pravdepodobnostnom modeli základného súboru. Možno ho charakterizovať ako prístup bez modelu alebo bez rozdelenia. Ďalšou odlišnosťou od „klasického“ prístupu je, že sa v ňom uvažuje len o konečných základných súboroch (Cochran, 1977). V tomto prístupe sa okrem náhodného vyberania jednotiek priamo z celého konečného základného súboru často pracuje aj so zložitejšími výberovými schémami. Ide napríklad o stratifikované náhodné vyberanie, skupinové náhodné vyberanie, viacstupňové náhodné vyberanie, vyberanie s nerovnakými pravdepodobnosťami a rozličné ich kombinácie. V rámci tejto koncepcie sú známe tri rozličné prístupy.

Prístup založený na modeli (*model-based approach*) využíva model, ktorý sa nazýva superpopulácia (*superpopulation*). Predpokladá sa, že hodnoty študovanej premennej na jednotkách v konečnom základnom súbore sú realizáciami náhodných premenných. Superpopulačný model definuje triedu rozdelení, do ktorej by tieto náhodné premenné mali patriť (Tillé, 2020, p. 8). Mohlo by sa zdať, že „klasický“ prístup k štatistickej indukcii a prístup založený na modeli vo výberovom skúmaní v užšom zmysle sa nelíšia. V skutočnosti sa výrazne líšia. V „klasickom“ prístupe sú pozorovania i. i. d. z nejakého rozdelenia pravdepodobnosti, ktorým modelujeme reálny základný súbor, a odhadujú sa parametre tohto rozdelenia pravdepodobnosti. V prístupe založenom na modeli vo výberovom skúmaní v užšom zmysle sa predpokladá, že hodnoty v konečnom základnom súbore sú realizácie zo superpopulačného modelu a odhadujú sa veličiny tohto konečného základného súboru (*population quantities*).

Prístup s asistenciou modelu (*model-assisted approach*) je hybridný prístup, ktorý umožňuje vyvodiť platné indukzívne závery v rámci modelu, ale je tiež robustný voči možnosti, že je model neadekvátny (Tillé, 2020, p. 9). Model využíva pomocné informácie (*auxiliary information*) a slúži len na zlepšovanie vlastností odhadov veličín konečného základného súboru.

V praxi sa najčastejšie využíva prístup založený na pláne výberového skúmania (*design-based approach*), v ktorom sú indukzívne úsudky založené len na náhodnom vyberaní z konečného základného súboru a sú spojené len s plánom výberového skúmania, nie s nejakým teoretickým modelom, ktorý generuje hodnoty v konečnom základnom súbore. Vo výberových schémach tejto koncepcie pozorovania nie sú i. i. d. Všimnime si napríklad najjednoduchšiu výberovú schému v tejto koncepcii – jednoduché náhodné vyberanie bez opakovania z konečného základného súboru. Keď nemožno prijať predpoklad o stabilite procesu alebo rozsah výberu  $n$  nie je oveľa menší ako rozsah konečného základného súboru  $N$  ( $\frac{n}{N} > 0,05$ ), pozorovania nie sú štatisticky nezávislé ani rovnako rozdelené a bežné indukzívne štatistické metódy nemožno použiť. Napríklad interval spoľahlivosti pre strednú hodnotu konečného základného súboru  $\mu_K$  je definovaný takto<sup>3</sup>:

<sup>3</sup> Centrálnu limitnú teorému pre jednoduchý náhodný výber bez opakovania z konečného základného súboru formuloval Hájek, J. (1960): *Limiting distributions in simple random sampling from a finite population. Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences* 5, 361 – 371 (Lohr, 2022, p. 105).

Keď  $\bar{x}$  je hodnota výberového priemeru náhodného výberu bez opakovania z konečného základného súboru a  $n, N$  a  $(N - n)$  sú všetky „dostatočne veľké“<sup>4</sup>, potom interval

$$\bar{x} - z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \cdot \frac{\sigma_K}{\sqrt{n}} \leq \mu_K \leq \bar{x} + z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \cdot \frac{\sigma_K}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

kde

- $z_{1-\frac{\alpha}{2}}$  je  $(1 - \frac{\alpha}{2})$  100 % kvantil normovaného normálneho rozdelenia,
- $N$  je rozsah konečného základného súboru,
- $n$  je rozsah výberu,
- $\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$  je tzv. korekčný faktor pre konečný základný súbor (*finite population correction factor*),
- $\sigma_K$  je smerodajná odchýlka konečného základného súboru,
- $\mu_K$  je stredná hodnota konečného základného súboru,

je približný  $(1 - \alpha)$  100 % interval spoľahlivosti pre strednú hodnotu  $\mu_K$  (podrobnejšie pozri Lohr, 2022; Levy and Lemeshow, 2008; Terek, 2019).

Keď je  $\frac{n}{N} \leq 0,05$  alebo možno prijať predpoklad o stabilite procesu, možno náhodný výber bez opakovania z konečného základného súboru považovať za náhodný výber z nekonečne veľkého základného súboru, korekčný faktor zanedbať<sup>5</sup> a  $\mu_K$  a  $\sigma_K$  – veličiny konečného základného súboru zameniť za  $\mu$  a  $\sigma$  – parametre rozdelenia pravdepodobnosti základného súboru (jeho pravdepodobnostného modelu). Interval spoľahlivosti pre strednú hodnotu je potom definovaný takto (podrobnejšie Terek (2019)):

Keď  $\bar{x}$  je hodnota výberového priemeru náhodného výberu rozsahu  $n$  zo základného súboru s normálnym rozdelením so známym rozptylom  $\sigma^2$ , potom interval

$$\bar{x} - z_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + z_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

je  $(1 - \alpha)$  100 % interval spoľahlivosti pre strednú hodnotu  $\mu$ . Keď je rozsah náhodného výberu dostatočne veľký ( $n \geq 30$ ), možno vzťah (2) použiť na výpočet približného  $(1 - \alpha)$  100 % intervalu spoľahlivosti pre strednú hodnotu  $\mu$ , aj keď základný súbor, z ktorého je výber, nemá normálne rozdelenie. Vtedy môžeme aj smerodajnú odchýlku  $\sigma$  vo vzťahu (2) odhadnúť hodnotou výberovej smerodajnej odchýlky  $s$ .

Tu sme využili fakt, že jednoduchý náhodný výber bez opakovania z konečného základného súboru môžeme považovať za náhodný výber z nekonečne veľkého základného súboru. Tým sme sa vrátili do oblasti „klasickej“ indukčnej štatistiky, v ktorej môžeme na odhadovanie strednej hodnoty použiť bežnú indukčnú metódu,

<sup>4</sup> Za dostatočne veľký sa najčastejšie považuje rozsah výberu aspoň 50 (Lohr, 2022, pp. 105 – 106).

<sup>5</sup> Jeho hodnota sa blíži k jednej.

známu z učebníc základov štatistiky. Pri zložitejších výberových schémach už takýto „návrh“ nie je možný. Všimnime si napríklad stratifikované náhodné vyberanie.

Keď študovaná premenná nadobúda rozličné priemerné hodnoty v rozličných podsúboroch jednotiek, možno získať presnejšie odhady veličín konečného základného súboru pomocou stratifikovaného náhodného výberu. Stratifikácia (rozvrstvenie) je rozdelenie základného súboru na vzájomne sa vylučujúce a základný súbor celkom pokrývajúce podsúbory (stratá alebo vrstvy), ktoré sa vzhľadom na študovanú premennú považujú za viac homogénne ako celý základný súbor. Stratifikované náhodné vyberanie je náhodné vyberanie vykonávané zo stratifikovaného základného súboru tak, že určená časť výberu sa vyberie z rôznych strát a z každého strata sa vyberie aspoň jedna jednotka. Súhrn vybraných jednotiek zo všetkých strát tvorí stratifikovaný náhodný výber. Kvantitatívne alebo kategoriálne premenné, ktoré slúžia ako kritériá stratifikácie, sa obyčajne nazývajú stratifikačné premenné. Keď stratifikácia predchádza realizáciu vyberania, ide o stratifikáciu (stratifikáciu a priori), keď sa stratifikácia používa v etape extrapolácie výsledkov, ide o poststratifikáciu (stratifikáciu a posteriori). Pri poststratifikácii sa stratá definujú až po vytvorení výberu a vyžaduje sa pomocná informácia – rozdelenie základného súboru podľa stratifikačných premenných. Táto požiadavka je menej silná ako pri stratifikácii a priori, kde sa vyžaduje znalosť hodnôt stratifikačných premenných pre všetky jednotky základného súboru. Stratifikácia a poststratifikácia umožňujú zlepšiť presnosť odhadov získaných na základe náhodných výberov. Vhodná stratifikačná premenná by mala silno korelovať so študovanými premennými. Účinnosť stratifikácie totiž závisí od homogenity strát vzhľadom na stratifikačné premenné.

Pri stratifikácii a priori sa po rozdelení základného súboru na stratá z každého strata vyberie náhodným vyberaním bez opakovania výber. Súhrn výberov zo všetkých strát tvorí stratifikovaný náhodný výber, ktorý možno použiť na tvorbu indukčných úsudkov o základnom súbore. Interval spoľahlivosti pre strednú hodnotu základného súboru je napríklad definovaný takto<sup>6</sup>:

Keď sú rozsahy výberov z každého strata veľké alebo je počet strát veľký, potom približný  $(1 - \alpha)$  100 % interval spoľahlivosti pre strednú hodnotu  $\mu_K$  je:

$$\bar{x}_{str} - z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\sum_{h=1}^H \frac{N_h(N_h - n_h)}{N^2} \cdot \frac{s_h^2}{n_h}} \leq \mu_K \leq \bar{x}_{str} + z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\sum_{h=1}^H \frac{N_h(N_h - n_h)}{N^2} \cdot \frac{s_h^2}{n_h}}$$

kde

- $\bar{x}_{str}$  je hodnota výberového priemeru stratifikovaného výberu  
 $(\bar{x}_{str} = \sum_{h=1}^H \frac{N_h}{N} \bar{x}_h),$
- $H$  je počet strát,

<sup>6</sup> Bližšie o centrálnej limitnej teoréme použitej pri formulácii tohto intervalu spoľahlivosti pozri Krewski, D. – Rao, J. N. K.: *Inference from stratified samples: Properties of the linearization, jackknife, and balanced repeated replication methods*. *Annals of Statistics* 9/1981, pp. 1010 – 1019. Niektorí autori používajú v uvedenom vzťahu namiesto kvantilu normovaného normálneho rozdelenia, kvantil Studentovho rozdelenia so stupňami voľnosti  $(n - H)$  (Lohr, 2022, p. 151).

- $N_h$  je počet jednotiek v  $h$ -tom strate ( $h = 1, 2, \dots, H$ ),
- $N$  je rozsah základného súboru,
- $\bar{x}_h$  je hodnota výberového priemeru v  $h$ -tom strate
 
$$(\bar{x}_h = \frac{1}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} x_{hi} \quad \text{pre } h = 1, 2, \dots, H),$$
- $x_{hi}$  je hodnota študovanej premennej  $x$ ,  $i$ -tej jednotky vo výbere z  $h$ -teho strata ( $i = 1, 2, \dots, n_h$ ),
- $n_h$  je počet jednotiek náhodne vybraných z  $h$ -teho strata ( $h = 1, 2, \dots, H$ ),
- $s_h^2$  je hodnota výberového rozptylu v  $h$ -tom strate,
 
$$(s_h^2 = \frac{1}{n_h - 1} \sum_{i=1}^{n_h} (x_{hi} - \bar{x}_h)^2 \quad \text{pre } h = 1, 2, \dots, H).$$

Pri stratifikovanom náhodnom vyberaní pozorovania nie sú štatisticky nezávislé, pretože sa realizuje jednoduché náhodné vyberanie bez opakovania z konečného strata, a nemožno ani prijať predpoklad o ich rovnakom rozdelení, pretože sa vyberajú z rozličných strát. Napríklad použitie vzťahu (2) na výpočet intervalu spoľahlivosti pre strednú hodnotu na báze stratifikovaného náhodného výberu by bolo chybné.

Podobné je to aj pri ostatných zložitejších výberových schémach – napríklad pri jednostupňovom alebo viacstupňovom skupinovom náhodnom vyberaní a pri náhodnom vyberaní s nerovnakými pravdepodobnosťami. Základné koncepty sa môžu rozličným spôsobom kombinovať v rámci tzv. komplexných prieskumov (*complex surveys*). V nich môže byť napríklad náhodný výber stratifikovaný vo viacstupňovom skupinovom vyberaní, môžu sa využívať pomerové a regresné odhady a podobne.

### 3.1. DÁTA Z KOMPLEXNÝCH ŠTATISTICKÝCH PRIESKUMOV

V praxi sú často k dispozícii dáta z komplexných štatistických prieskumov. Bodové odhady veličín základného súboru na báze dát z komplexných prieskumov možno vyjadriť pomocou výberových váh. Všimnime si stručne tento pojem.

Nech  $p_i$  je pravdepodobnosť zahrnutia (*inclusion probability*) jednotky  $z_i$  do výberu:

$$p_i = P(\text{jednotka } z_i \text{ je vo výbere}).$$

Pravdepodobnosť zahrnutia možno vypočítať pre každú jednotku v základnom súbore pre ľubovoľnú výberovú schému.

Výberová váha  $w_i$  (*sampling weight, design weight*) jednotky  $z_i$  vo výbere pre ľubovoľnú výberovú schému je obrátená hodnota pravdepodobnosti zahrnutia

$$w_i = \frac{1}{p_i}$$

Výberovú váhu  $w_i$  možno interpretovať ako počet jednotiek v základnom súbore reprezentovaných jednotkou  $z_i$  vo výbere.

Hodnoty bodových odhadov veličín základného súboru možno vypočítať aj pomocou výberových váh. V jednoduchom náhodnom vyberaní má každá jednotka v základnom súbore pravdepodobnosť zahrnutia  $p_i = n/N$ . Potom sú aj výberové váhy pre všetky jednotky vo výbere rovnaké:  $w_i = 1/p_i = N/n$ . To znamená, že každá

jednotka vo výbere reprezentuje rovnaký počet  $N/n$  jednotiek v základnom súbore. Pre jednoduchý náhodný výber môžeme pomocou výberových váh odhadnúť niektoré veličiny základného súboru takto:

$$\sum_{i=1}^n w_i x_i = \sum_{i=1}^n \frac{N}{n} x_i = \hat{t},$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} = \frac{\hat{t}}{N} = \hat{\mu}_K,$$

kde

- $\hat{t}$ ,  $\hat{\mu}_K$  sú v tomto poradí odhadnutý úhrn a odhadnutá stredná hodnota.

Výber, v ktorom majú všetky jednotky rovnakú výberovú váhu, sa nazýva samovážiaci výber (*self-weighting sample*). Napríklad aj stratifikovaný výber s rovnakým výberovým pomerom (z každého strata sa vyberie rovnaký podiel jednotiek) je samovážiaci. Výberové váhy môžu byť modifikované vzhľadom na neodpovedanie a (alebo) neúplné pokrytie. V dátových súboroch z komplexných štatistických prieskumov, ktoré sú k dispozícii na analýzy, bývajú uvedené aj výberové váhy, prípadne výberové váhy modifikované vzhľadom na neodpovedanie a (alebo) na neúplné pokrytie.

Keď je výber samovážiaci, možno bežné induktívne štatistické metódy a príslušný bežný štatistický softvér použiť na získanie hodnôt bodových odhadov. Histogramom rozdelenia početností dát z výberu možno odhadovať rozdelenie početností základného súboru, výberovým priemerom, výberovým mediánom a inými výberovými charakteristikami možno odhadovať príslušné charakteristiky v základnom súbore. Smerodajné chyby a intervaly spoľahlivosti, ktoré poskytne bežný softvér, však už budú nesprávne. Keď je výber nesamovážiaci, nemožno bežné induktívne štatistické metódy a príslušný bežný štatistický softvér použiť ani na bodové odhadovanie. Pri bodovom odhadovaní je potrebné využiť výberové váhy, pomocou ktorých sa zohľadní štruktúra dát (Lohr, 2022, p. 360).

Čo sa týka softvéru, napríklad systém SAS má niekoľko procedúr na analýzu dát z komplexných štatistických prieskumov, a to PROC SURVEYMEANS na výpočet stredných hodnôt, smerodajných chýb a intervalov spoľahlivosti, PROC SURVEYFREQ na analýzu kontingenčných tabuliek, PROC SURVEYREG na regresnú analýzu, PROC SURVEYLOGISTIC na logistickú regresiu a pod. Sú známe aj softvéry špecializované na analýzy dát z komplexných prieskumov, napr. SUDAAN a SuperCROSS.

#### 4. DÁTA Z NENÁHODNÝCH VÝBEROV

Nenáhodné (*zámerné, nepravdepodobnostné*) vyberanie možno podľa Elliotta & Vallianta (2017) rozdeliť do troch skupín: vyberanie založené na prístupnosti jednotiek (*convenience sampling*), vyberanie založené na zhode (*sample matching*) a sieťové vyberanie (*network sampling*). Žiadna schéma nenáhodného vyberania neumožňuje získať i. i. d. pozorovania a aplikovať bežné induktívne štatistické metódy.

Vyberanie založené na prístupnosti jednotiek je forma nenáhodného vyberania, pri ktorej je prvoradá ľahká lokalizácia a výber jednotiek. Nepoužíva sa žiadna formálna výberová schéma. Ide napríklad o zastavovanie v nákupných centrách (*mall intercepts*), výbery dobrovoľníkov (*volunteer samples*), tokové výbery (*river samples*) a RDE výbery (*random device engagement samples*).

Pri vyberaní založenom na zhode sa jednotky do nenáhodného výberu vyberajú tak, aby štruktúra výberu zodpovedala štruktúre základného súboru podľa dôležitých charakteristík. Napríklad výber osôb môže byť vytvorený tak, aby jeho rozdelenie podľa veku a pohlavia bolo blízke rozdeleniu základného súboru podľa týchto charakteristík. Príkladom vyberania založeného na zhode je tzv. kvótové vyberanie.

Pri sieťovom vyberaní jednotky z nejakého základného súboru (zvyčajne zriedkavejšie skupiny obyvateľov) sú požiadaní, aby identifikovali iných členov základného súboru, s ktorými sú nejakým spôsobom spojení. Takto identifikovaní členovia základného súboru sú požiadaní, aby sa pripojili k výberu. Tento spôsob náboru sa môže realizovať v niekoľkých kolách. Vyberanie metódou snehovej gule (*snow ball sampling, chain sampling, chain-referral sampling, referral sampling*) je príkladom sieťového vyberania. Sieťové vyberanie je vhodný spôsob zhromaždenia veľkého výberu jednotiek zo zriedkavejšieho základného súboru (podrobnejšie o zámernom vyberaní pozri Terek, 2024).

Neexistuje žiadna všeobecná štatistická teória nenáhodného vyberania, ktorá by odôvodňovala, kedy a prečo možno očakávať na základe nenáhodného výberu presné závery o základnom súbore. Nie je zaručené, že nenáhodné výbery budú reprezentatívne. Napriek tomu je často žiaduce použiť ich na formulovanie záverov o základnom súbore (Lohr, 2022, p. 715). To potvrdzuje aj prax. Na konci 20. storočia sa nenáhodné vyberanie opäť stalo populárnym. Súvisí to hlavne s rozmachom internetu, ktorý umožňuje rýchle a lacné nenáhodné vyberanie. Preto sa začali intenzívne hľadať možnosti využitia nenáhodných výberov. Sú známe niektoré prístupy modelovania, ktoré môžu zvýšiť očakávania dosiahnuť na základe nenáhodného výberu presnejšie závery o základnom súbore (podrobnejšie Terek, 2024). Všeobecne však treba pri tvorbe indukívnych úsudkov o základnom súbore jednoznačne preferovať náhodné výbery.

## 5. ČASTÉ CHYBY PRI APLIKÁCIÍ BEŽNÝCH INDUKTÍVNYCH ŠTATISTICKÝCH METÓD

Všimneme si dve rozličné skupiny prípadov, v ktorých je použitie bežných indukívnych štatistických metód nekorektné. Prvá skupina sa týka ich použitia na nenáhodných výberoch, druhá sa týka ich použitia na náhodných výberoch, ktoré boli získané nejakou zložitejšou výberovou schémou.

### 5.1. POUŽITIE BEŽNÝCH INDUKTÍVNYCH ŠTATISTICKÝCH METÓD NA NENÁHODNÝCH VÝBEROCH

Niekedy analytik považuje výber získaný pomocou nejakej metódy nenáhodného vyberania za náhodný výber. Použitie bežných indukívnych štatistických metód a príslušného softvéru na takýchto výberoch je nekorektné. Ak to analytik vie a napriek tomu to robí, ide o neetický postup. McClave et al. (2022, p. 41) napríklad uvádzajú: „Výskumníci, ktorí si sú týchto problémov vedomí a naďalej používajú dáta z výberov na vyvodzovanie záverov, praktizujú neetickú štatistiku (*unethical statistics*).“

V podobných prípadoch je určite cennejšie zostať pri opisnej analýze výberového súboru, s prípadnou formuláciou nejakých subjektívnych záverov o základnom súbore. To, že ide o subjektívne, nie o teoreticky zdôvodniteľné závery, by malo byť v texte jasne naznačené. Hodnotnejšie výsledky určite poskytnú jednoduchšia korektná analýza ako nekorektné použitie „pokročilejších“ metód.

Často pri zámene nenáhodného vyberania za náhodné nejde o zámer. To je bežné napríklad v študentských prácach. Totiž v hovorovom jazyku sa napríklad realizácia vyberania založeného na prístupnosti jednotiek bežne označí za náhodné vyberanie. Ak si nie sme istí, či zvolená výberová schéma je alebo nie je výberovou schémou náhodného vyberania z konečného základného súboru, možno sa pri rozhodovaní oprieť o jednoduché pravidlo. Každá schéma vyberania z konečného základného súboru s prvkami randomizácie totiž umožňuje určiť pre každú jednotku v základnom súbore pravdepodobnosť zahrnutia. Ani v jednej z uvádzaných metód nenáhodného vyberania nie je možné určiť tieto pravdepodobnosti pre každú jednotku základného súboru. Je napríklad nemožné určiť pravdepodobnosť, že jednotka bude vo výbere pri samovýbere, v ktorom sa jednotka sama rozhodne, či sa zaradí do výberu (podrobnejšie Terek, 2023).

V prípade vyberania z nekonečne veľkého základného súboru treba overiť, či boli pri vyberaní dodržané podmienky: každá vybraná jednotka je z toho istého základného súboru a každá jednotka je vybraná nezávisle. Ak sa pri vyberaní nerešpektuje aspoň jedna z týchto dvoch podmienok, nejde o náhodné vyberanie z nekonečne veľkého základného súboru.

Pri aplikácii niektorého zo známych prístupov modelovania, ktorý môže zvýšiť očakávania dosiahnuť na základe nenáhodného výberu presnejšie závery o základnom súbore, treba postupovať veľmi uvažlivo.

## **5.2. POUŽITIE BEŽNÝCH INDUKTÍVNYCH ŠTATISTICKÝCH METÓD NA NÁHODNÝCH VÝBEROCH ZÍSKANÝCH NEJAKOU ZLOŽITEJŠOU VÝBEROVOU SCHÉMOU**

Uviedli sme metódy náhodného vyberania, pri ktorých sú pozorovania i. i. d. Pri náhodnom vyberaní z konečného základného súboru pomocou nejakej zložitejšej výberovej schémy tieto predpoklady nie sú splnené a bežné induktívne štatistické metódy možno použiť len v obmedzenej miere, konkrétne v prípade samovážiacich výberov možno aplikovať bežné bodové odhadovanie. Bežné intervalové odhadovanie je už nekorektné. Pri nesamovážiacich výberoch je už nekorektné použitie akýchkoľvek bežných induktívnych štatistických metód.

Niekedy sa na dáta z komplexného štatistického prieskumu aplikujú bežné induktívne štatistické metódy a príslušný bežný štatistický softvér. Lohr (2022, p. 360) uvádza: „Keď čítate článok alebo knihu, v ktorej autori analyzujú dáta z komplexného štatistického prieskumu, všimnite si, či zobrali do úvahy štruktúru analyzovaných dát alebo či len realizovali výpočty pomocou bežného štatistického softvéru ktorý nie je určený na analýzy dát z komplexných štatistických prieskumov. Ak nezobrali do úvahy štruktúru dát, mali by ste sa na výsledky, ktoré prezentujú pozerat' s veľkým podozrením. Je možné, že uvádzajú štatistickú významnosť len preto, že v smerodajných chybách nezohľadňujú dizajn prieskumu.“

## 6. ZÁVER

V článku sme sa venovali korektnému používaniu bežných induktívnych štatistických metód. Uviedli sme možnosti vedúce k získaniu náhodných výberov, v ktorých sú pozorovania i. i. d. Všimli sme si aj dáta z komplexných štatistických prieskumov a možnosti využitia bežných induktívnych štatistických metód a príslušného štatistického softvéru na takýchto dátach. Napokon sme vymedzili základné okruhy chýb, ktoré vedú k nekorektným aplikáciám bežných induktívnych štatistických metód. Prvý okruh sa týka ich používania na nenáhodných výberoch, druhý ich používania na náhodných výberoch získaných nejakou zložitejšou výberovou schémou.

Bežné induktívne štatistické metódy možno použiť vtedy, keď sú v „klasickom“ prístupe k štatistickej indukcii, v ktorom sa uvažuje o pravdepodobnostnom modeli základného súboru, splnené predpoklady i. i. d. Tie sú splnené pri náhodnom vyberaní jednotiek priamo z celého základného súboru pre náhodný výber s opakovaním alebo bez opakovania z nekonečne veľkého základného súboru, pre náhodný výber s opakovaním z konečného základného súboru a náhodný výber bez opakovania z konečného základného súboru, keď možno prijať predpoklad o stabilite procesu alebo je rozsah výberu  $n$  oveľa menší ako rozsah konečného základného súboru  $N$  ( $\frac{n}{N} \leq 0,05$ ). Keď je výber v rámci komplexného štatistického prieskumu samovážiaci, možno bežné induktívne štatistické metódy a príslušný bežný štatistický softvér použiť na získanie hodnôt bodových odhadov.

Zaujímavé sú možnosti zvyšovania očakávania dosiahnuť na základe nenáhodného výberu presnejšie závery o základnom súbore. V poslednom období sa v tejto oblasti objavilo množstvo zaujímavých prác. Nenáhodné vyberanie sa totiž opäť stáva populárne, hlavne kvôli tomu, že je vďaka rozvoju internetu rýchle a lacné. Preto sa začali intenzívne hľadať možnosti využitia nenáhodných výberov.

V prípadoch, keď nie sú splnené predpoklady na použitie bežných induktívnych štatistických metód a z nejakých dôvodov nemožno použiť vhodné induktívne štatistické metódy alebo vhodný špeciálny softvér, je lepšie zostať pri jednoduchších metódach opisnej štatistiky. Výsledky analýzy výberového súboru môžu byť nakoniec tiež veľmi cenné a môžu poskytnúť aj cennú predstavu o základnom súbore.

## LITERATÚRA

- Agresti, A. (2018). *Statistical methods for the social sciences* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camm, J. D., Cochran, J. J., Fry, M. J., & Ohlmann, J. W. (2020). *Statistics for business & economics* (14th ed.). Cengage Learning.
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Cornesse, C., Blom, A. G., Dutwin, D., Krosnick, J. A., De Leeuw, E. D., Legleye, S., Pasek, J., Pennay, D., Phillips, B., Sakshaug, J. W., Struminskaya, B., & Wenz, A. (2020). A review of conceptual approaches and empirical evidence on probability and nonprobability sample surveys. *Journal of Survey Statistics and Methodology*, 8(1), 4 – 36. <https://doi.org/10.1093/jssam/szm041>
- Elliott, M. R., & Valliant, R. (2017). Inference for nonprobability samples. *Statistical Science*, 32(2), 249 – 264. <https://doi.org/10.1214/16-STS598>
- Giard, V. (1985). *Statistique appliquée à la gestion* (5e éd.). Economica.

- International Organization for Standardization. (2006). *Statistics – Vocabulary and symbols – Part 2: Applied statistics* (ISO 3534-2).
- Levy, P. S., & Lemeshow, S. (2008). *Sampling of populations: Methods and applications* (4th ed.). John Wiley & Sons
- Lohr, S. L. (2022). *Sampling: Design and analysis* (3rd ed.). CRC Press.
- McClave, J. T., Benson, P. G., & Sincich, T. (2022). *Statistics for business and economics* (14th ed.). Pearson Education Limited
- Terek, M. (2017). *Interpretácia štatistiky a dát* (5. doplnené vydanie). Equilibria.
- Terek, M. (2019). *Dotazníkové prieskumy a analýzy získaných dát*. Equilibria.
- Terek, M. (2023). Metodológia určovania rozsahu výberového súboru [Sample size determination methodology]. *Slovenská štatistika a demografia*, 33(1). 3 – 21.
- Terek, M. (2024). Výberové skúmanie na báze nenáhodných výberov [Sample survey based on nonprobability samples]. *Slovenská štatistika a demografia*, 34(3), 82 – 100.
- Tillé, Y. (2020). *Sampling and estimation from finite populations*. John Wiley & Sons.
- Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky (ÚNMS SR). (2006). *Štatistika. Slovník a značky. Časť 1: Všeobecné štatistické termíny a termíny používané v teórii pravdepodobnosti* (STN ISO 3534-1).

## RESUMÉ

Článok je venovaný problematike korektného používania bežných induktívnych štatistických metód. Uvádzajú sa podmienky, ktoré treba rešpektovať pri náhodnom vyberaní z nekonečne veľkého základného súboru, a kroky, ktoré treba vykonať pri jednoduchom náhodnom vyberaní z konečného základného súboru. Bežné induktívne štatistické metódy a príslušný štatistický softvér možno aplikovať len na náhodný výber, v ktorom sú pozorovania i. i. d. Takýto náhodný výber možno získať náhodným vyberaním s opakovaním alebo bez opakovania z nekonečne veľkého základného súboru, náhodným vyberaním s opakovaním z konečného základného súboru a náhodným vyberaním bez opakovania z konečného základného súboru, keď možno prijať predpoklad o stabilite procesu alebo je rozsah výberu oveľa menší ako rozsah konečného základného súboru. Okrem „klasického“ prístupu k výberovému skúmaniu, založenému na formulácii pravdepodobnostného modelu základného súboru, je známy aj iný prístup, ktorý možno charakterizovať ako prístup bez modelu alebo bez rozdelenia, v ktorom sa uvažuje len o konečných základných súboroch. Uvádza sa príklad formulácie intervalu spoľahlivosti pre strednú hodnotu konečného základného súboru na základe jednoduchého náhodného výberu a na základe stratifikovaného náhodného výberu. Pri týchto ani pri iných zložitejších výberových schémach a rozličných ich kombináciách, ktoré tvoria komplexné štatistické prieskumy, pozorovania nie sú i. i. d. a použitie bežných induktívnych štatistických metód je nekorektné. V praxi sú často k dispozícii dáta z komplexných štatistických prieskumov. Keď majú vo výbere všetky jednotky rovnakú výberovú váhu, možno bežné induktívne štatistické metódy a príslušný bežný štatistický softvér použiť na získanie hodnôt bodových odhadov. Keď ju nemajú, nemožno bežné induktívne štatistické metódy a príslušný bežný štatistický softvér použiť ani na bodové odhadovanie. Sú uvedené aj možnosti tvorby induktívnych úsudkov na základe nenáhodných výberov. Napokon sa uvádzajú dve rozličné skupiny prípadov, v ktorých je použitie bežných induktívnych štatistických metód nekorektné. Prvá skupina sa týka ich použitia na nenáhodných výberoch, druhá sa týka ich použitia na náhodných výberoch, ktoré boli získané nejakou zložitejšou výberovou schémou.

## RESUME

The article addresses the proper use of standard inferential statistical methods. It outlines the conditions for random sampling from an infinite population and the procedures for simple random sampling from a finite population. Standard inferential statistical methods and the associated statistical software can be applied only to random samples in which the observations are independent and identically distributed (i.i.d.). Such a random sample can be obtained by random sampling with or without replacement from an infinitely large population, by random sampling with replacement from a finite population, and by random sampling without replacement from a finite population, when the assumption of process stability can be justified, or when the size of the sample is much smaller than the size of the finite population. In addition to the "classical" approach to sample surveys, based on the formulation of a probability model of the population, an alternative approach is also recognized one that may be characterized as a model-free or distribution-free approach and that considers only finite populations. As an illustration, we present the confidence interval for the mean of a finite population based on simple random sampling and on stratified random sampling. For these, as well as in other more complex sampling schemes and their various combinations forming complex surveys, the observations are not independent and identically distributed (i.i.d), and the use of standard inferential statistical methods is therefore inappropriate. In practice, data from complex surveys are frequently available. When all units in the sample have equal sampling weight, standard inferential statistical methods and the corresponding conventional statistical software may be used to obtain point estimates. When this is not the case, standard inferential statistical methods and conventional statistical software cannot be used, even for point estimation. Possible approaches to statistical inference based on non-random samples are also discussed. Finally, two different groups of situations in which the use of standard inferential statistical methods is inappropriate, are identified. The first group concerns their application to non-random samples, the second concerns their application to random samples obtained through more complex sampling designs.

## PROFESIJNÝ ŽIVOTOPIS

*Prof. Ing. Milan Terek, PhD., od roku 2018 pracuje ako profesor na Vysokej škole manažmentu/City University of Seattle Programs v Bratislave. Vede predmety základy štatistiky, štatistika, matematika pre manažérov I a II, kvantitatívne metódy pre manažérov a kvantitatívne metódy vo výskume v oblasti podnikového manažmentu. V rokoch 1977 – 2018 pracoval na Ekonomickej univerzite v Bratislave. Viedol predmety štatistika, štatistické riadenie kvality, analýza rozhodovania, hĺbková analýza dát, výberové skúmanie, lineárne programovanie, nelineárne programovanie, operačný výskum a systémové modelovanie. Vo výskume sa zameriava na aplikácie štatistických metód v ekonómii a manažmente. Je autorom alebo spoluautorom 6 monografií, 10 vysokoškolských učebníc, 17 skript, 84 článkov vo vedeckých a odborných časopisoch a 115 príspevkov na vedeckých konferenciách publikovaných v zborníkoch.*

## KONTAKT

[mterek@vsm.sk](mailto:mterek@vsm.sk)