

# Aplikácia štatistických metód a etika

## Application of Statistical Methods and Ethics

Milan Terek<sup>1</sup>

Ekonomická univerzita v Bratislave

### Abstrakt:

Príspevok je venovaný dodržiavaniu etických princípov pri aplikácii štatistických metód v ekonomickej oblasti a pri prezentácii a interpretácii získaných výsledkov. Začína sa opisom možných neetických postupov pri prezentácii a interpretácii výsledkov aplikácie metód opisnej štatistiky. Ďalšia časť je venovaná problémom etického správania pri tvorbe výberu. Je charakterizované náhodné a nenáhodné vyberanie a možnosti tvorby úsudkov na základe príslušných výberov. Nasledujú časti o etických postupoch pri aplikácii intervalov spoľahlivosti, pri testovaní štatistických hypotéz, v regresnej analýze a pri interpretácii pravdepodobností. Potom sa uvádza problematika etických pravidiel. V závere je zdôraznený význam dodržiavania etických princípov pri aplikácii štatistických metód a pri prezentácii a interpretácii získaných výsledkov.

### Abstract:

The paper deals with the ethical principles keeping in the applications of statistical methods in economic area and in the presentation and interpretation of obtained results. It starts with the describing of possible non ethical activities in presentation and interpretation of the descriptive statistical methods applications results. The next part deals with the ethical behaviour in sample creation. The random and nonrandom sampling and the possibilities of inferences on the basis of the samples are characterized. The parts about ethical procedures in confidence intervals, hypothesis testing, regression analysis applications and probability interpretation, follow. Finally, the importance of keeping ethical principles in applications of statistical methods and in presentation and interpretation of obtained results is emphasized.

### Kľúčové slová:

etika, opisná štatistika, náhodné vyberanie, nenáhodné vyberanie, intervaly spoľahlivosti, testovanie hypotéz, regresná analýza.

### Key words:

ethics, descriptive statistics, random sampling, nonrandom sampling, confidence intervals, hypothesis testing, regression analysis.

## 1 Úvod

Často sa v dennej tlači, v odborných periodikách a inde stretávame s prezentáciou výsledkov aplikácie štatistických metód. Často ide o výsledky aplikácie metód opisnej štatistiky, niekedy sa prezentujú intervalové odhady alebo výsledky testovania štatistických hypotéz, prípadne sa prezentujú a interpretujú výsledky regresnej a korelačnej analýzy. Môže ísť aj o prezentáciu a interpretáciu výsledkov aplikácie metód teórie pravdepodobnosti.

Všimneme si každú z uvedených oblastí z pohľadu dodržiavania etických princípov.

## 2 Opisná štatistika a etika

Pri prezentácii a interpretácii výsledkov aplikácie metód opisnej štatistiky, súvisí s etikou rozhodovanie, ktoré výsledky budú zaradené do správy.

---

<sup>1</sup> Tento príspevok vznikol s príspevom grantovej agentúry VEGA v rámci projektu číslo 1/0761/12: Alternatívne prístupy k meraniu sociálnoekonomického rozvoja (v kontexte Stratégie 2020 a poučení z globálnej finančnej krízy).

V záverečnej správe by mali byť samozrejme zaradené, zdokumentované a interpretované „dobré“ aj „zlé“ výsledky. Tým máme na mysli výsledky ktoré podporujú prípadný preferovaný pohľad na situáciu ale aj tie, ktoré ho nepodporujú. Niektorí by mohli uvažovať tak, že keď sa niektoré výsledky do správy nezaradia, vlastne sa nič zlého nedeje. Selektívne nezaradenie výsledkov, ktoré sú nepriaznivé pre podporu nejakého preferovaného pohľadu na situáciu však skreslí celkové výsledky analýzy, čo je určite neetické.

Keď sa záverečná písomná správa ústne prezentuje, malo by sa to robiť korektne, objektívne a „neutrálnym“ spôsobom. Opäť treba zdôrazniť, že v prezentácii by nemali chýbať ani prípadné výsledky, ktoré nepodporujú prípadný preferovaný pohľad na situáciu. Keď tam chýbajú, opäť ide o neetické správanie.

### 3 Nenáhodné vyberanie, náhodné vyberanie a etika

Niekedy sa v praxi možno stretnúť s nenáhodným vyberaním založeným na prístupnosti jednotiek (*convenience sampling*). Takéto vyberanie môže byť lacné a jednoducho realizovateľné.

Napríklad profesor robí prieskum v triede študentov, ktorých práve učí, alebo odberateľ dodávky hrušiek vyberie z niekoľkých debničiek jednu hrušku na kontrolu bez toho, že by uplatnil nejaký mechanizmus náhodného vyberania.

Veľa spoločností dáva návštevníkom ich webovských stránok možnosť vyplniť dotazník a elektronicky ho poslať. Získaný výber môže byť veľký, ale je založený na samo výbere návštevníkov webovej stránky. Podobne niektoré univerzity dávajú študentom možnosť na svojej webovej stránke vyplniť dotazník o kvalite kurzov, ktoré absolvovali. Takýto výber je tiež založený na samo výbere.

Niekedy štatistik zaradí do výberu jednotky o ktorých sa nazdáva, že najlepšie reprezentujú jednotky v základnom súbore (*judgement sampling*). Výber jednotiek závisí od jeho subjektívneho úsudku.

Často sa pri nenáhodnom vyberaní používa kvótová metóda. Opiera sa o hypotézu korelácie medzi niektorými premennými v základnom súbore. Výberový súbor sa vytvára tak, aby jeho rozdelenie početností podľa vybraných premenných bolo úmerné rozdeleniu početností podľa tých istých premenných v základnom súbore, z ktorého je výberový súbor vybraný. Takýto výberový súbor má „veľkú šancu“, že bude mať veľmi podobné rozdelenie početností ako základný súbor aj podľa iných premenných. Premenné ktoré boli vybrané na zabezpečenie konformnosti základného a výberového súboru, sa niekedy nazývajú riadiace premenné. Riadiace premenné by mali silno korelovať so študovanými premennými. Na aplikáciu kvótovej metódy je nevyhnutné poznať rozdelenie početností základného súboru podľa riadiacich premenných. Je nevyhnutné vypočítať kvóty, ktoré sa musia pri vyberaní rešpektovať. Vyberanie jednotiek v rámci kvóty sa necháva na voľný výber anketára.

Napríklad sa zisťujú politické preferencie voličov v SR. Povedzme že sa zistilo, že táto premenná silno koreluje s vekom a vzdelaním. Potom politická preferencia je študovaná premenná, vek a vzdelanie sú riadiace premenné. Prienik riadiacich premenných definuje stratá (vrstvy). Keď je známe rozdelenie početností základného súboru podľa riadiacich premenných, je známy aj rozsah strát v základnom súbore. Keď sa určí veľkosť výberového súboru, možno vypočítať v každom strate kvótu – počet respondentov, ktorí sa majú vybrať a u ktorých sa má zistiť politická preferencia. Respondentov vyberie anketár voľne, podľa svojej úvahy.

Keď výber vznikol nenáhodným vyberaním, neznamená to že by nemohol poskytnúť zaujímavé výsledky. Treba len ohraničiť platnosť prezentovaných záverov. Keď sa napríklad aplikovala kvótová metóda, treba spomenúť rozsah výberového súboru a zistenia ktoré sa týkajú tohto výberového súboru.

V uvedenom príklade by sa napríklad uviedlo: „Na vzorke 1000 respondentov sa zistilo, že 20 % z nich preferuje stranu A, 10 % preferuje stranu B atď.“ Uvedené závery ale nemožno rozšíriť na všetkých voličov v SR.

Niekedy sa v praxi štatistické metódy určené pre náhodné výbery použijú na nenáhodné výbery, pričom sa argumentuje, že nenáhodný výber bol vytvorený tak, že má vlastnosti ako náhodný výber. To je neakceptovateľné.

Postupy indukčnej štatistiky, predpokladajú náhodné výbery. Nemožno ich aplikovať na nenáhodných výberoch<sup>2</sup>.

Niekedy sa postupy indukčnej štatistiky aplikujú na nenáhodné výbery jednoducho na základe neznalosti. Ak ide o zámer, je to samozrejme neetické správanie.

### 4 Intervaly spoľahlivosti a etické problémy

Keď je k dispozícii náhodný výber, možno realizovať bodové a často aj intervalové odhadovanie.

---

<sup>2</sup> Aj keď isté výnimky existujú v prístupe k výberovým skúmaniam založenom na modeli (*model-based approach to sample surveys*).

Keď použijeme hodnotu  $v$  nejakej výberovej charakteristiky  $V$  na odhadnutie parametra  $\theta$  základného súboru, ide o bodové odhadovanie (*point estimation*). Pri bodovom odhadovaní sa parameter základného súboru odhaduje jediným číslom. Keď sa napríklad použije hodnota  $\bar{x}$  výberového priemeru  $\bar{X}$  na odhadnutie strednej hodnoty základného súboru  $\mu$ , ide o bodové odhadovanie, pričom  $\bar{x}$  je bodový odhad strednej hodnoty  $\mu$  a  $\bar{x}$  je jeho hodnota (realizácia). Tento spôsob odhadovania nehovorí nič o tom, aké množstvo informácie sa použilo na získanie hodnoty bodového odhadu, ani o možnej veľkosti chyby.

Hodnotu bodového odhadu možno doplniť o rozsah výberu, hodnotu rozptylu bodového odhadu, prípadne o ďalšie informácie o rozdelení bodového odhadu. To umožní určiť možnú veľkosť chyby. Alternatívou k bodovému odhadovaniu je potom intervalové odhadovanie. Všimneme si intervalové odhadovanie pomocou intervalov spoľahlivosti. Parameter  $\theta$  základného súboru sa odhaduje pomocou intervalu  $v_1 < \square < v_2$ , kde  $v_1$ ,  $v_2$  sú hodnoty náhodných premenných  $V_1$  a  $V_2$  takých, že pre nejakú danú pravdepodobnosť  $(1 - \square)$ :

$$P(V_1 < \square < V_2) = 1 - \square$$

Pre danú pravdepodobnosť  $(1 - \square)$  sa interval:

$$v_1 < \square < v_2$$

nazýva  $(1 - \square)$ 100%-ný interval spoľahlivosti pre  $\square$ .

Pravdepodobnosť  $(1 - \square)$  sa nazýva spoľahlivosť alebo úroveň spoľahlivosti. Pravdepodobnosť  $\square$  sa nazýva riziko odhadu. Hodnoty  $v_1$  a  $v_2$  sa nazývajú dolná a horná hranica intervalu spoľahlivosti.

$(1 - \square)$ 100%-ný interval spoľahlivosti pre  $\square$  sa interpretuje ako interval, ktorý so spoľahlivosťou  $(1 - \square)$  (alebo  $(1 - \square)$ 100%) pokrýva neznámu, skutočnú hodnotu parametra  $\square$  a s rizikom  $\square$  (alebo  $\square \cdot 100\%$ ) ju nepokrýva.

Okrem hodnoty bodového odhadu by sa vždy keď je to možné, mali poskytovať aj hranice intervalu spoľahlivosti, spolu s použitým rozsahom náhodného výberu. Okrem toho by záverečná správa mala obsahovať interpretáciu intervalu spoľahlivosti v „jazyku“, zrozumiteľnom aj osobám, ktoré nemajú hlbšie, prípadne žiadne vzdelanie v oblasti štatistiky. To je etický postup.

Napríklad sa odhadoval podiel  $\pi$  dospelých obyvateľov SR, ktorí sú za ďalšiu výstavbu jadrových elektrární v SR a povedzme, že na základe náhodného výberu rozsahu  $n = 500$  sa získal takýto 95%-ný interval spoľahlivosti:

$$0,4503 < \pi < 0,4509$$

So spoľahlivosťou 0,95 vypočítaný interval pokrýva neznámy, skutočný podiel obyvateľov SR, ktorí sú za ďalšiu výstavbu jadrových elektrární. Výsledok ale možno interpretovať aj takto: Teoreticky, v 19 prípadoch z 20, sa budú výsledky získané na náhodných výberoch rovnakého rozsahu odlišovať od toho výsledku, ktorý by sme získali, keby sme sa boli opýtali všetkých dospelých obyvateľov SR, nie o viac ako o 3 percentuálne body na každú stranu<sup>3</sup>.

Keď sa napríklad uvedie len hodnota bodového odhadu, môže to používateľa výsledkov viesť k mylnej domnienke, že pomocou hodnoty bodového odhadu možno bez neurčitosti odhadnúť parameter základného súboru. Keď je k dispozícii len hodnota bodového odhadu, malo by sa uviesť, že je nevyhnutné počítať s výberovou chybou, ktorá je daná tým, že skúmame len náhodný výber zo základného súboru, nie samotný základný súbor.

## 5 Testovanie štatistických hypotéz a etické problémy

Je nevyhnutné rozlišovať medzi nevhodnou použitou metodológiou a neetickým správaním. O neetické správanie ide vtedy, keď je proces testovania štatistických hypotéz manipulovaný.

Niektoré z oblastí, v ktorých sa niekedy etické postupy porušujú, sú výber osôb v experimentoch, metódy zhromaždenia dát, typ testu (jednostranný alebo obojstranný), voľba hladiny významnosti, čistenie a vyradovanie dát a absencia významných zistení v správe (LEVINE, D. M. et al. (2011), s. 354).

<sup>3</sup> Tu je charakterizovaný výberový podiel  $P$ .

Neetické napríklad je, keď sa v rámci štatistického prieskumu vyberú (aj keď náhodne) len respondenti z istej skupiny, u ktorej sa predpokladá prevaha nejakého preferovaného pohľadu. Niekedy sa z dotazníka vyradia otázky, ktoré by mohli spôsobiť spochybnenie nejakého preferovaného pohľadu.

Typ testu a voľba hladiny významnosti môže niekedy tiež poslúžiť ako nástroj manipulácie. Niekedy sa v záverečnej správe „zabudnú“ uviesť niektoré závažné výsledky, ktoré by mohli spochybníť nejaký preferovaný pohľad.

Povedzme, že sa testuje, či preferencie nejakej politickej strany stúpili v porovnaní s časom minulého prieskumu kedy boli odhadnuté napríklad na 20%. Rieši sa úloha:

$$H_0 : \pi = 0,20$$

$$H_1 : \pi > 0,20$$

$$\alpha = 0,01$$

Povedzme že  $p$ -hodnota vyjde 0,12. Na hladine významnosti 0,01 sa  $H_0$  nezamieta. To znamená, že na tejto hladine významnosti nemáme dôvod zamietnuť predpoklad, že sa preferencie strany nezmenili. Tento predpoklad sa nezamieta ani na hladine významnosti 0,05, ale na hladine významnosti 0,12 a väčšej sa už zamieta. Uvedie sa, že na základe testu štatistických hypotéz bolo zistené, že možno prijať predpoklad, že preferencie strany stúpili. Hladina významnosti na ktorej možno takýto predpoklad prijať sa neuviede. To znamená, že sa neuviede veľkosť rizika že sa zamietne hypotéza  $H_0$ , keď je správna. V záverečnej správe sa „zabudol“ uviesť fakt, ktorý by mohol spochybníť to, čo chce objednávateľ analýzy počuť.

## 6 Regresná analýza a etika

Keď používateľ regresného modelu, ktorý ho chce využívať na predikcie, manipuluje formuláciu modelu, ide o neetický postup.

Niekedy sa pri formulácii regresného modelu vedome nevyradia nezávislé premenné ktoré vykazujú vysokú kolinearitu s inými nezávislé premennými. To môže „umelo“ zväčšiť hodnotu koeficienta determinácie a zmenšiť smerodajnú chybu regresie.

Niekedy sa vedome použije metóda najmenších štvorcov aj keď sú predpoklady normálnej regresnej analýzy významne porušené. V oboch prípadoch ide o neetický postup.

Keď sa neoverí splnenie predpokladov normálnej regresnej analýzy, ide väčšinou o neznalosť. Iné je, keď sa predpoklady overia, zistí sa že niektoré nie sú splnené a napriek tomu sa s modelom pracuje ako keby splnené boli. Vtedy už ide o neetický postup.

## 7 Niektoré etické aspekty interpretácie pravdepodobností

S etikou súvisí prezentácia skutočností, ktoré súvisia s pravdepodobnosťami, verejnosti, hlavne keď ide o reklamnú kampaň na nejaký produkt. Mnoho ľudí základy teórie pravdepodobnosti nepozná a v dôsledku toho môže chybné interpretovať pravdepodobnosti. Niekedy sa však pravdepodobnosti nesprávne interpretujú zámerne, s cieľom uviesť potenciálnych zákazníkov do omylu. Tu už ide o neetické správanie.

Zaujímavý príklad neetického použitia pravdepodobností je uvedený v LEVINE, D. M. et al. (2011), s. 182. Investičná spoločnosť ponúka možnosť investovať prostriedky s 90%-nou pravdepodobnosťou 20%-ného ročného výnosu. Etický postup spoločnosti by vyžadoval vysvetlenie na základe čoho sa pravdepodobnosť odhadla, čo investícia poskytne v 10% prípadov, v ktorých sa nedosiahne 20%-ný výnos, prípadne aj poskytnúť informáciu o pravdepodobnosti v inej forme (napríklad v deviatich z desiatich prípadov sa dosiahne...).

## 8 Etické pravidlá

Sú známe etické pravidlá, ktoré boli vypracované niektorými profesionálnymi organizáciami alebo združeniami. Pravidlá vychádzajú zo všeobecných zásad, ktorú sú potom konkretizované pre uvažované oblasti. Napríklad Americká štatistická asociácia v Ethical Guidelines for Statistical Practice uvádza tieto pravidlá: profesionalizmus, zodpovednosť k zákazníkovi a zamestnancom, zodpovednosť v publikáciách, zodpovednosť k objektu prieskumu, zodpovednosť k členom pracovného kolektívu ktorý realizuje prieskum, zodpovednosť

k iným štatistikom, zodpovednosť zamestnancov. Každá z uvedených zásad je v uvedenej publikácii veľmi podrobne konkretizovaná.

Podobne aj niektoré naše organizácie, ktoré využívajú štatistické metódy majú vypracované svoje podrobné pravidlá, konkretizované na svoju oblasť aktivít, napríklad v prieskume trhu a v sociálnom výskume (ESOMAR kódex v slovenčine) a pod.

## 9 Záver

Etické správanie je určite mimoriadne dôležitým predpokladom zmysluplných aplikácií štatistických metód a prezentácie ich výsledkov.

Štatistika sa v ekonómii a podnikaní využíva na tvorbu podkladov pre rozhodovanie. Umožňuje lepšie porozumieť zdrojom variability a objavovať rozličné vzťahy a vzťahy medzi dátami. V dôsledku toho možno prijímať lepšie rozhodnutia.

Možno ale prijímať lepšie rozhodnutia na základe výsledkov analýzy zmanipulovaného súboru dát, zmanipulovanej aplikácie štatistických metód alebo nekorektnej interpretácie a prezentácie výsledkov? V takomto prípade sa stráca zmysel celej aplikácie. Jej výsledky sa použijú na podporu nejakého preferovaného pohľadu alebo stanoviska. Určite nemožno tvrdiť že by sa na základe podobných postupov prijímali lepšie rozhodnutia.

## Literatúra

ANDERSON, D. R. – SWEENEY, D. J. – WILLIAMS, T. A. – FREEMAN, J. – SHOESMITH, E. 2007. *Statistics for Business and Economics*. USA: Thomson Learning, 2007. ISBN 978-1-84480-313-2.

LEVINE, D. M. – STEPHAN, D. F. – KREHBIEL, T. C. – BERENSON, M. L. 2011. *Statistics for Managers*. Boston: Pearson 2011. ISBN 0-13-611349-4.

LOHR, S. L. 1999. *Sampling: Design and Analysis*. Duxbury Press, 1999. ISBN 0-534-35361-4.

SHARPE, N. – DE VEAUX, R. D. – VELLEMAN, P. 2010. *Business Statistics*. Boston: Pearson 2010. ISBN 0-321-76272-X.

TEREK, M. 2012. *Interpretácia štatistiky a dát*. Košice: Equilibria 2012. 317 s. ISBN 978-80-8143-057-2.

TEREK, M. 2012. *Interpretácia štatistiky a dát. Podporný učebný materiál*. Košice: Equilibria 2012. 165 s. ISBN 978-80-8143-058-9.

TEREK, M. 2012. Štatistické metódy a etika. In: *Forum Statisticum Slovacum* 4/2012, s. 239-242. ISSN 1336-7420.

Ethical Guidelines for Statistical Practice. Dostupné na: <http://www.amstat.org/committees/ethics/index.html>.

ESOMAR kódex v slovenčine. Dostupné na:

<http://www.sava.sk/index.php?page=content&subpage=esomar&id=104>

### Kontakt:

prof. Ing. Milan Terek, PhD.

Katedra štatistiky

Fakulta hospodárskej informatiky

Ekonomická univerzita

Dolnozemska cesta 1

852 35 Bratislava

[milan.terek@euba.sk](mailto:milan.terek@euba.sk)