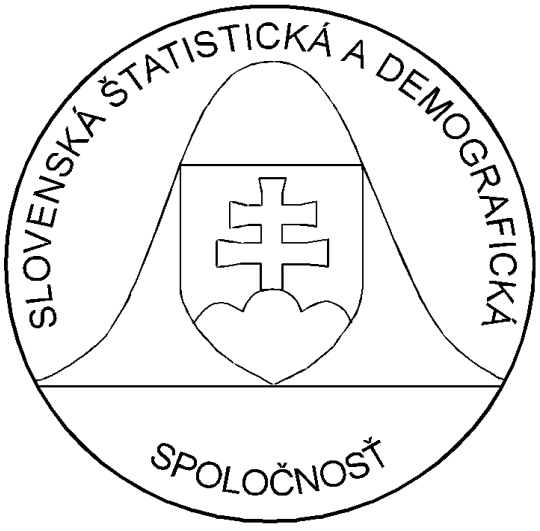
5/2007

FORUM STATISTICUM SLOVACUM



ISSN 1336-7420

Slovenská štatistická a demografická spoločnosť
Miletičova 3, 824 67 Bratislava
www.ssds.sk

Naše najbližšie akcie:

(pozri tiež www.ssds.sk, blok Poriadané akcie)

16. Medzinárodný seminár VÝPOČTOVÁ ŠTATISTIKA,
6. – 7. 12. 2007, Bratislava

Prehliadka prác mladých štatistikov a demografov
6. 12. 2007, Bratislava

SLÁVNOSTNÁ KONFERENCIA 40 ROKOV SŠDS,
27. 3. 2008, Bratislava

KONFERENCIA POHĽADY NA EKONOMIKU SLOVENSKA 2008,
tematické zameranie: *Vývoj HDP a dlhodobej nezamestnanosti*
15. 4. 2008, Bratislava, hotel Bôrik

EKOMSTAT 2008, 22. škola štatistiky
Tematické zameranie: *Štatistické metódy v praxi*
1. – 6. 6. 2008, Trenčianske Teplice

FernStat 2008
V. medzinárodná konferencia aplikovanej štatistiky
(**F**inancie, **E**konomika, **R**iadenie, **N**ázory)
tematické zameranie: *Aplikovaná, demografická, matematická štatistika, štatistické riadenie kvality*.
rok 2008, hotel Lesák, Tajov pri Banskej Bystrici

14. SLOVENSKÁ ŠTATISTICKÁ KONFERENCIA,
tematické zameranie: *Regionálna štatistika*
rok 2008, Žilinský kraj

12. SLOVENSKÁ DEMOGRAFICKÁ KONFERENCIA,
tematické zameranie: *Využitie GIS v demografii*
rok 2009, Trenčiansky kraj

ÚVOD

Vážené kolegyne, vážení kolegovia,

piate číslo tretieho ročníka vedeckého časopisu Slovenskej štatistickej a demografickej spoločnosti (SŠDS) je zostavené z príspevkov, ktoré autori pripravili pre konferenciu STAKAN 2007. Akcia sa uskutočnila v dňoch 25. – 27.5. 2007 v Rusave.

Spoločná akcia Slovenskej štatistickej a demografickej spoločnosti a Českej štatistickej spoločnosti organizovaná každé dva roky v Čechách a na Slovenku (Čechy - Stakan 1999, Slovensko - Prastan 2001, Čechy - Stakan 2003, Slovensko - Prastan 2005, Čechy – Stakan 2007). Konferencia je určená hlavne vysokoškolským učiteľom zaoberajúcim sa problematikou výučby a aplikácii štatistiky a príbuzných disciplín. Je výrazom pokračujúcej jednoty a spolupráce slovenských a českých štatistikov.

Pri príprave konferencie významne prispel Štatistický úrad SR. Výbor SŠDS ďakuje predsedníčke ŠÚ SR PhDr. Ľudmile Benkovičovej, CSc. za aktívnu podporu pri zabezpečení úspešného priebehu konferencie.

Výbor SŠDS

STATISTIKA NA FAKULTĚ MANAGEMENTU VŠE

STATISTICS AT THE UNIVERSITY OF ECONOMICS (CZECH REPUBLIC), THE FACULTY OF MANAGEMENT

Jitka Bartošová

Abstrakt: Statistika je jedním ze základních stavebních kamenů ekonomických teorií v oblasti mikroekonomie i makroekonomie. Z tohoto faktu vyplývá nezbytnost realizace výuky tohoto předmětu v návaznosti na výuku ekonomických předmětů. Při přípravě výuky statistických předmětů i při samotném vyučovacím procesu jsou také využívány statistické a matematické programy. Tento příspěvek se zabývá náplní výuky statistických a dalších navazujících předmětů na Fakultě managementu v Jindřichově Hradci a aplikacemi vhodných a snadno dostupných programů při výuce.

Klíčová slova: interdisciplinární předmět, seminární práce, statistika, výuka.

Abstract: Statistics forms one of the basic grounds of economic theories in micro- and macroeconomic area. This fact makes it necessary to link teaching of this subject matter to economic courses. For professor's preparation for statistic courses and for teaching itself, also statistical and mathematical programs are used. This contribution concerns the content of courses on statistics and related subjects in the Faculty of Management in Jindřichův Hradec (Czech Republic) and application of suitable and easily available programs for the purpose of teaching.

Key words: education, multispecialty subject, seminary work, statistics.

1. Úvod

Před dvěma roky (tj. v akad. roce 2005/06) proběhla na Fakultě managementu VŠE v Jindřichově Hradci transformace výuky podle požadavků ECTS. Důsledkem tohoto přechodu byla změna jak ve skladbě a náplni předmětů, tak i ve způsobu výuky a testování nabytých znalostí. Transformační proces vnesl významné změny do výuky všech předmětů, a to jak na bakalářském, tak i na magisterském stupni studia, tedy i do matematických, statistických

a informatických předmětů, jejichž výuku na fakultě zajišťují pracovníci katedra managementu informací (KMI).

Cílem výuky výše uvedených předmětů na ekonomických fakultách je vybavit studenty vhodným arzenálem prostředků potřebných pro kvantitativní vyjádření ekonomických zákonitostí a ověření jejich platnosti na reálných datech. Kvantitativní popis ekonomických vztahů by měl tvoři doplněk k popisu verbálnímu a grafickému, s nímž se studenti setkávají v ekonomických předmětech. Tento popis umožňuje využívat kvantitativní metody rozhodování, metody statického a dynamického modelování a prognózování. Důležitým předpokladem praktického využití kvantitativních metod je rovněž schopnost studentů efektivně využívat nejmodernější prostředky IT při získávání a zpracovávání dostupných kvantitativních i kvalitativních informací.

2. Výuka matematických, statistických a informatických předmětů na FM VŠE

Tento náročný úkol – vybudování kvantitativního ekonomického myšlení – plní na FM předměty vyučované pracovníky katedry managementu informací. Jedná se především o předměty povinné, které zajišťují jednotný znalostní standard, ale svou nezastupitelnou roli zde hrají rovněž předměty povinně či volně volitelné, které jsou vnímány do jisté míry jako předměty „nadstandardní“ a které studentovi umožňují individuální volbu a profilování (podle svých potřeb, schopností a zájmů). V současné době je na fakultě k dispozici následující nabídka předmětů garantovaných a vyučovaných pracovníky KMI:

1. Matematické předměty
   (a) povinné
      - Matematika pro ekonomy
      - Aplikovaná matematika
   (b) volitelné
      - Základy matematického myšlení
2. Statistické předměty
   (a) povinné
      - Analýza dat
      - Statistika pro manažery
      - Manažerské rozhodování

(b) volitelné

- Pravděpodobnostní modely
- Stochastické modely
- Základy ekonometrické analýzy
- Kvantitativní metody z operačního managementu
- Modelování z reálných dat

3. Informatické předměty

(a) povinné

- Informatika 1
- Informatika 2
- Manažerská informatika
- Management znalostí

(b) volitelné

- Informatika 3
- Geografické informační technologie
- Informační systémy veřejné sféry
- Technologie WWW
- Technologie informačních systémů
- Základy umělé inteligence
- Počítačový design a reklama
- Technologie WWW 2

4. Interdisciplinární předměty

(a) povinné

- Modelování v ekonomii

(b) volitelné

- Techniky ekonomického modelování na PC
- Modelování z reálných dat

Jak je patrné z uvedeného přehledu, na FM je nejbohatší nabídka předmětů informatických a statistických. Ze statistických předmětů studenti absolvují povinně na bakalářském stupni studia (ve 3. a 4. semestru) dva předměty – Analýzu dat a Statistiku pro manažery. Předmět **Analýza dat** je zaměřen na postupy potřebné pro prezentaci dat a jejich základní analýzy. Součástí

předmětu je též úvod do pravděpodobnostního a induktivního uvažování a seznámení se s vybraným statistickým softwarem. Na Fakultě managementu byl k tomuto účelu vybrán program ℝ, který patří mezi open source a student ho tedy bude mít k dispozici i po absolvování fakulty. Další předmět – **Statistika pro manažery** – je zaměřen na statistické postupy používané v analýze závislostí. Součástí předmětu je též aplikace těchto metod na reálná data. Podmínkou úspěšného zakončení je v obou uvedených kurzech získání dostatečného počtu bodů ze závěrečné písemné práce a vypracování a včasné odevzdání tří domácích úkolů vypracovávaných ve skupinách o 1 – 3 studentech. (Podrobná náplň je obsažena např. v Bartošová, 2006, Komárková, Komárek, Bína, 2006, Komárek, Komárková, 2006.)

Třetí povinný statistický předmět – **Manažerské rozhodování** – je zařazen do magisterského stupně studia. Studenti se v něm seznámí se základními pojmy a poznatky manažerského rozhodování, rozhodovacími procesy a jejich strukturou, racionálními postupy řešení rozhodovacích problémů, základními metodami rozhodovaní za jistoty, rizika a nejistoty, managementem rizika a volbou úspěšného stylu rozhodování. Získávají také informace o významu znalostních systémů pro manažerské rozhodování, základech učících se přístupů k rozhodování a metodách výběru nejdůležitějších informací pro rozhodování na základě učení (pomocí dobývání znalostí z dat).

3. Interdisciplinární předměty

Na FM VŠE jsou do výuky zařazeny rovněž předměty, které využívají znalosti získané v matematických, statistických a informatických předmětech – interdisciplinární předměty. Jedním z těchto předmětů je povinně volitelný předmět **Techniky ekonomického modelování na PC**, který je zařazen do 4. semestru. Tento předmět v sobě propojuje teoretické znalosti získané studiem mikroekonomie a makroekonomie s nástroji pro jejich kvantitativní rozbor (viz Bartošová, 2007, Stankovičová, 2006, Vlčková, 2006). Důraz je kladen na praktické využití nabytých znalostí při řešení konkrétních ekonomických problémů na PC.

Součástí úspěšného zakončení kurzu je vypracování kvalitní **seminární práce** a její prezentace na veřejnosti. Úkolem studenta je prokázat schopnost vyhledat zajímavý aktuální problém ze zadané teoretické oblasti, získat potřebné informace z dostupných datových zdrojů a za pomoci nabytých znalostí a vhodných softwarových prostředků tento problém vyřešit. V práci je nezbytné propojit teoretické a praktické znalosti z ekonomie, matematiky, statistiky a informatiky. Tento předmět si studenti FM mohli vybrat v letošním akad. roce poprvé. Je zajímavé, že přestože se jedná o předmět značně

náročný, studenti se s požadavky na jeho zakončení (získání dostatečného počtu bodů ze znalostního testu a vypracování a prezentace seminární práce) dokázali vypořádat velmi dobře. Při vypracování semestrální práce nebylo největším problémem vyhledání zajímavého tématu ani jeho kvantitativní zpracování na počítači, ale nalezení potřebných datových souborů. Získat veřejně dostupná kvalitní data, která by poskytovala dostatek informací, postihovala delší časový úsek a byla srovnatelná, není snadné. Požadavky, které byly kladeny na studenty v tomto interdisciplinárním předmětu, si můžeme demonstrovat na konkrétní ukázce seminární práce, která byla vypracována v rámci předmětu Techniky ekonomického modelování na PC.

3.1. Ukázka seminární práce z předmětu Techniky ekonomického modelování na PC

Struktura seminární práce i požadavky na její formální provedení jsou předem dané. Každá seminární práce se skládá ze dvou částí – z teoretické a praktické, dále pak ze seznamu použitých zdrojů (knižních a internetových) a příloh, které obsahují datové soubory a úplné znění motivačního článku. V **teoretické části** je vybraný problém kvantitativně i kvalitativně charakterizován z hlediska ekonomické teorie a jsou zde popsány kvantitativní metody a softwarové produkty, které budou při jeho řešení použity. **Praktická část** obsahuje motivaci, která vedla k výběru dané problematiky, postup řešení problému na PC, výsledky a závěry (tj. interpretaci získaných výsledků).

Témata, která byla studenty zpracovávána, lze rozdělit do tří skupin – na témata zaměřená na modelování situace ve výrobě, ve spotřebě a na trhu. Na ukázku zde byla vybrána seminární práce, která se zaměřila na problematiku trhu práce. Práce byla motivována článkem „Nobelova cena 2006 – Nobelův výbor s cenou za ekonomii zaspal dobu“, který byl publikován v Hospodářských novinách dne 10. 10. 2006. Autor se v článku vyjadřuje k udělení Nobelovy ceny za ekonomii, kterou získal ekonom Edmund S. Phelps za „analýzu intertemporálních substitučních vztahů v makroekonomické politice“. Ve své práci Phelps zkoumal, zda i v makroekonomii platí známé rčení „něco za něco“. Konkrétně zjišťoval, zda je možné, aby tvůrci hospodářské politiky dokázali „vyměnit“ úroveň některých veličin, pokud by shledali, že je to výhodné – tj. zda je např. možné vyměnit nižší nezaměstnanost za vyšší inflaci a naopak. Tím se autor článku dostává k Phillipsově křivce a popisuje její vývoj s tím, že Nobelova cena měla být udělena dříve, protože dnes už je ekonomická teorie trochu dál a je zřejmé, že Phillipsova křivka současný vývoj ekonomiky vždy dobře nevystihuje.

K ověření platnosti tohoto intertemporálního substitučního vztahu v podmínkách současné české ekonomiky bylo v práci použito několik modelů Phillipsovy křivky:

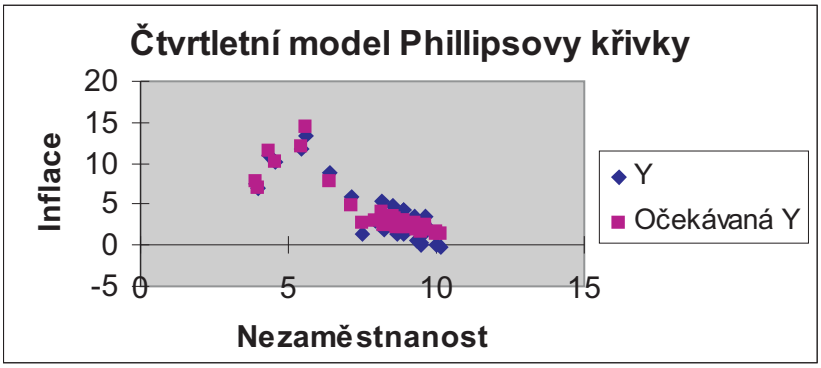
$$\hat{\pi}_t = 5,910 - 0,442U_t + 0,903(\pi_t^e)^2,$$

kde $\hat{\pi}_t$ je odhad skutečné inflace v %
U_t je úroveň nezaměstnanosti v %
π_t^e je očekávané inflace v %

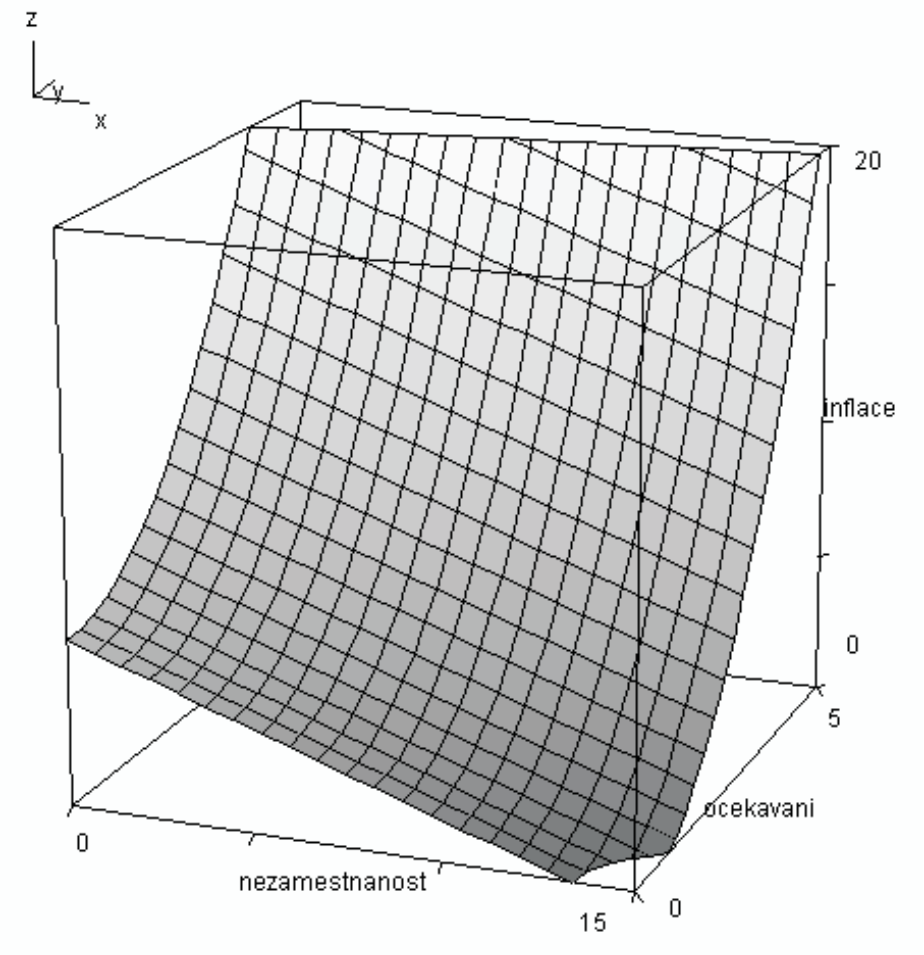
Tento model (zobrazený v grafech č. 1 a 2) vystihuje 93 % celkové variability a je statisticky významný, stejně jako všechny jeho parametry.

Ačkoliv příslušný neoklasický model je rovněž statisticky významný a vysvětluje závislost dokonce z 96 %, ukázalo se, že u této podoby Phillipsovy křivky je vývoj inflace závislý pouze na očekávané inflaci, neboť ostatní dva odhadnuté regresní parametry nejsou statisticky významné (viz obrázek č. 1). Naproti tomu v upraveném čtvrtletním modelu je vývoj inflace významně ovlivněn jak očekávanou inflací, tak i nezaměstnaností. Ovšem i v tomto modelu mají očekávání na vývoj skutečné inflace v ČR v období 1997 – 2006 mnohem výraznější vliv, neboť ji ovlivňují kvadraticky a oproti nezaměstnanosti mají prakticky dvojnásobnou hodnotu regresního koeficientu.

Obrázek 1: Závislost skutečné inflace na nezaměstnanosti ve čtvrtletním modelu krátkodobé Phillipsovy křivky speciálně upraveném pro českou ekonomiku (Výstup z programu MS Excel)



Obrázek 2: Graf odhadnutého modelu čtvrtletní krátkodobé Phillipsovy křivky speciálně upraveném pro českou ekonomiku (Výstup z programu Derive5)



Regresní statistika	
Násobné R	0,97983512
Hodnota spolehlivosti R	0,96007686
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,95939441
Chyba stř. hodnoty	0,66939053
Pozorování	120

	Koeficienty	*t stat*	*Hodnota P*
Hranice	0,947938896	1,510686471	0,133564470
Soubor X 1	−0,084581161	−1,332168719	0,185393806
Soubor X 2	0,947050148	29,677060190	2,75540E-56

ANOVA					
	Rozdíl	*SS*	*MS*	*F*	*Významnost F*
Regrese	2	1260,74213	630,37106300	1406,81551	1,48473E-82
Rezidua	117	52,42579	0,44808368		
Celkem	119	313,16792			

Tabulka 1: Výsledky odhadu parametrů neoklasického modelu Phillipsovy křivky (Výstup z programu MS Excel)

V ukázkové seminární práci byly použity dva knižní a tři internetové informační zdroje. Volba nejvhodnějšího modelu a odhad jeho parametrů byly provedeny v programu MS Excel (obrázek č. 1), pro grafická zobrazení odhadnutých modelů byl použit kromě Excelu (graf č. 1) také jednoduchý matematický program Derive5, který umožňuje tvorbu 3D grafů (graf č. 2).

4. Závěr

Můžeme konstatovat, že nabídka statistických předmětů, vyučovaných na Fakultě managementu v Jindřichově Hradci pracovníky katedry managementu informací, je široká a zahrnuje v sobě všechny základní matematické, statistické a informatické metody potřebné pro kvantitativní zpracování ekonomických dat i ověření platnosti ekonomických teorií.

Ze softwarových produktů, které jsou při výuce těchto předmětů na FM využívány, je dávána přednost široce rozšířeným a snadno dostupným produktům, jako jsou produkty firmy Microsoft, dále pak jednoduchý a levný matematický program Derive a volně šiřitelný nástroj ℝ, který je vhodný pro provádění statistických výpočtů a tvorbu grafických výstupů. Volba výukového softwaru vychází z požadavku, aby student mohl s tímto produktem pracovat i po absolvování fakulty. Tím se přístup na naší fakultě odlišuje od přístupu na Fakultě informatiky a statistiky VŠE, kde kromě programu MS Excel (viz Marek, 2006) využívají při výuce rovněž drahé softwarové produkty na profesionální úrovni, jako je SAS (viz Jarošová, Marek, Pecáková, Pourová, Vrabec, 2005) nebo SPSS (viz Řezanková, 2005).

Na závěr příspěvek poukazuje na přednosti zařazování interdisciplinárních předmětů do učebních plánů fakult s ekonomickým zaměřením, a to jak na bakalářském, tak i na magisterském stupni studia. Jejich nespornou výhodou je to, že umožňují těsné propojení matematických, statistických a informatických znalostí s ekonomickými teoriemi a praxí.

Reference

[1] Bartošová, J. 2007. *6MI420 Modelování v ekonomii (Podpůrný učební text k on-line kurzu).* Oeconomica, Praha, 255 s.
ISBN 978-80-245-1162-7.

[2] Bartošová, J. 2006. *Základy statistiky pro manažery.* Oeconomica, Praha, 198 s. ISBN 80-245-1019-7.

[3] Hušek R., Pelikán J. 2003. *Aplikovaná ekonometrie.* Professional Publishing, ISBN 80-86419-29-0.

[4] Jarošová, E., Marek, L., Pecáková, I., Pourová, Z., Vrabec, M. 2005. *Statistika pro ekonomy – Aplikace.* 1. vyd. Professional Publishing, Praha, 423 s. ISBN 80-86419-68-1.

[5] Komárková L., Komárek A., Bína V. 2006. *Základy analýzy dat a statistického úsudku, s příklady v R.* Elektronický výukový materiál.

[6] Komárek A., Komárková L. 2006. *Statistická analýza závislostí, s příklady v R.* Elektronický výukový materiál.

[7] Marek, L. 2006. Pravděpodobnostní rozdělení v MS Excel. *Statistika, 86(6), s.* 497-522. ISSN 0322-788X.

[8] Řezanková, H. 2005. Testy pro alternativní proměnné ve statistických programových systémech. *Forum Statisticum Slovacum 1(2)*, s. 114-118. ISSN 1336-7420.

[9] Stankovičová, I. 2006. Základné princípy stratégie modelovania. *Forum Statisticum Slovacum 2(1)*, s. 78-81. ISSN 1336-7420.

[10] Vlčková, V. 2006. Analýza dat. Strategický marketingový management. *CIMA, Praha, 12.1-12.20*, Výukové materiály v rámci projektu CZ.04.3.07/3.2.01.2/2145. ISBN 80-239-8387-3.

Adresa: RNDr. Jitka Bartošová, Ph.D.
VŠE Praha, Fakulta managementu
Jarošovská 1117/II
377 01 Jindřichův Hradec

E-mail: `bartosov@fm.vse.cz`

DYNAMICKÁ VERSUS KLASICKÁ SIMULAČNÁ METÓDA MONTE CARLO [1]

Mária Bohdalová

Abstrakt: V príspevku popisujeme známu simulačnú metódu Monte Carlo a jej zovšeobecnenie, ktoré využíva dynamické modelovanie vstupných údajov a kopula funkcie pre popis vzájomných vzťahov medzi vstupnými údajmi. Metódy budeme prezentovať na modelovaní rizika finančného portfólia.

1. Úvod

Stochastická simulačná metóda (alebo Monte Carlo simulácia)[2,3], nachádza svoje uplatnenie aj v meraní finančných rizík pomocou hodnoty VaR[4]. Metódou Monte Carlo je možné simulovať scenáre pre zmeny rizikových faktorov[5] z vhodného rozdelenia viazané ku konkrétnemu dátumu. Pre odhad hodnoty VaR používa veľký počet simulácií vývoja hodnoty portfólia[6]. Tie sú určené veľkým počtom náhodne generovaných rizikových faktorov, ktorých rozdelenia sú známe. Scenáre je možné generovať buď náhodným spôsobom (známa Monte Carlo metóda) alebo iným, systematickejším spôsobom. Simulácie môžu generovať vysoko pravdepodobné odhady hodnoty VaR. Ako vstupné údaje pre simulácie môžu slúžiť najnovšie informácie a historické údaje o rizikových faktoroch. Metódou Monte Carlo môžeme testovať napríklad jednodenné zmeny hodnoty portfólia na základe veľkého počtu náhodne zvolených kombinácií rôznych situácií rizikových faktorov. Následne stanovíme jednodňovú stratu s pravdepodobnosťou napr. 1%, ktorá sa rovná jed-

[1] Tento článok je podporený grantami č. VEGA-1/3014/06, VEGA-1/4024/07 a APVV-0375-06.

[2] JÍLEK, J.: *Finanční rizika.* Praha, Grada Publishing, 2000, s. 424-425.

[3] CROUHY, M. – GALAI, D. – MARK, R.: *Risk Management.* New York, McGraw-Hill Companies, 2001, s. 198.

[4] Hodnota VaR (Value at Risk) – hodnota v riziku. Je to potenciálna strata, ktorá môže nastať s určitou pravdepodobnosťou v priebehu nasledujúceho obdobia držania, stanovená na základe určitého historického obdobia, pre dané portfólio pri nepriaznivých trhových zmenách. (JÍLEK, J.: *Finanční rizika.* Praha, GRADA Publishing, 2000, s. 603.)

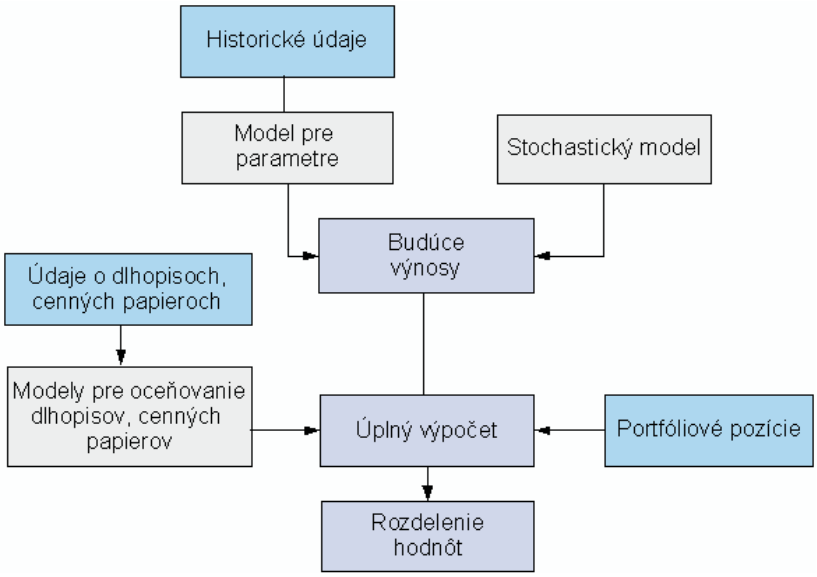
[5] Rizikový faktor predstavuje premennú, ktorej hodnota ovplyvňuje hodnotu jednotlivých nástrojov portfólia. Trhovými faktormi môžu byť úrokové miery, menové kurzy, ceny akcií a komodít.

[6] Portfóliom rozumieme istý súbor finančných nástrojov (aktív) v držbe individuálneho investora – buď fyzickej alebo právnickej osoby, určený nielen zložkami, ktoré zahŕňa ale aj ich objemom. (SKŘIVÁNKOVÁ, V. – SKŘIVÁNEK, J.: *Kvantitatívne metódy finančných operácií.* Bratislava, IURA Edition, 2006, s. 76.)

nodňovej hodnote v riziku. Metóda Monte Carlo je flexibilná a preto je ju možné použiť pre modelovanie rôznych druhov rizík, na výpočet expozitúry, na výpočet trhového rizika vrátane určenia nelineárneho cenového rizika, rizika volatility a pod. Môžeme ich použiť aj pri modelovaní VaR pre dlhšie časové horizonty, čo je dôležité pri meraní kreditného rizika a tiež ich môžeme použiť pri meraní operačného rizika[7].

Metódou Monte Carlo modelujeme stochastické procesy – procesy zahŕňajúce ľudský výber, či procesy s neúplnými informáciami. Metóda Monte Carlo je teoreticky najlepšou metódou pre výpočet hodnoty VaR. Jej nevýhodou je, že je časovo, respektíve výpočtovo náročnejšia v porovnaní s inými metódami na výpočet hodnoty VaR[8]. Naviac, v porovnaní s inými metódami, vyžaduje najviac skúseností a profesionality od jej tvorcov[9]. Kroky simulačnej metódy Monte Carlo vidíme na obrázku 1[10]:

Obrázek 1: Kroky simulačnej metódy Monte Carlo



[7]JORION, P.: *Value at Risk: The Benchmark for Controlling Market Risk.* Blacklick, OH, USA: McGraw-Hill Professional Book Group, 2000. s. 291.

[8]Napríklad s kovariančno-variančnou metódou, metódou historickej simulácie a pod.

[9]DELIANEDIS, G. – LAGNADO, R. – TIKHONOV, S.: *Monte Carlo Simulation of Non-normal Processes,* working paper, London: Midas-Kapiti Intl., 2000, s. 3.

[10]JORION, P.: *Value at Risk: The Benchmark for Controlling Market Risk.* Blacklick, OH,USA. McGraw-Hill Professional Book Group, 2000, s.225.

2. Základné kroky simulačnej metódy Monte Carlo pre určenie VaR

Označme hodnotu portfólia v aktuálnom čase t symbolom V_t. Predpokladajme, že hodnota V_t závisí od n rizikových faktorov, z ktorých uvedieme napríklad úrokovú sadzbu (interest rate), výmenný kurz (foreign exchange – FX), ceny akcií (share prices) a podobne.

Výpočet VaR metódou Monte Carlo pozostáva z nasledujúcich krokov:

Krok 1: Zvolíme hladinu významnosti α, na ktorú sa bude hodnota VaR odvolávať.

Krok 2: Simulujeme vývoj rizikových faktorov od aktuálneho času t po čas $t+1$ tým, že vygenerujeme n-ticu pseudonáhodných[11] čísel pre odpovedajúce marginálne rozdelenie a odpovedajúce združené rozdelenie, ktoré zodpovedá správaniu sa rizikových faktorov. Počet m týchto n-tíc je obyčajne veľké číslo, rádovo tisíc ($m = O(1000)$).

Krok 3: Vypočítame m rôznych hodnôt portfólia v čase $t+1$ použitím simulovaných n-tíc hodnôt rizikových faktorov. Tieto hodnoty označíme $V_{t+1,1}$, $V_{t+1,2}$, $\ldots$, $V_{t+1,m}$.

Krok 4: Vypočítame simulované výnosy/straty, tzn. rozdiely medzi simulovanými budúcimi hodnotami portfólia a aktuálnymi hodnotami portfólia, $\Delta V_{t,i} = V_{t+1,i} - V_{t,i}$, pre $i = 1, \ldots, m$.

Krok 5: Ignorujeme časť α najhorších zmien $\Delta V_{t,i}$. Minimum zo zvyšných $\Delta V_{t,i}$ je hodnota VaR portfólia v čase t. Označíme ho VaR(α,t,$t+1$).

So zmenou času z t na $t+1$, reálna hodnota (nezmenená) portfólia sa zmení z V_t na V_{t+1}. S týmito údajmi na druhej strane môžeme spätne testovať hodnotu VaR(α,t,$t+1$) porovnaním s $\Delta V_{t,i}$.

Je zrejmé, že ťažisko uvedeného postupu spočíva v kroku dva, čiže v generovaní pseudonáhodných čísel v súlade s odpovedajúcimi rozdeleniami. Väčšina metód využívajúca princíp Monte Carlo pre výpočet VaR používa v tomto kroku postup, ktorý detailne popisujeme v nasledujúcej časti, a na ktorý sa budeme v ďalšom texte odvolávať ako na „*tradičný*“ postup.

[11] O pseudonáhodných číslach hovoríme pretože ich generujeme pomocou algoritmu s vopred určenými pravidlami, pričom ak je počiatočná hodnota pre spustenie generovania rovnaká pre viac opakovaní, tak dostaneme rovnaké čísla.

3. Tradičná simulačná metóda Monte Carlo pre výpočet VaR

Úlohou druhého kroku výpočtu VaR metódou Monte Carlo je vygenerovať n-ticu pseudonáhodných čísel pre vhodné marginálne a vhodné združené rozdelenie, ktoré opisujú správanie sa rizikových faktorov (n je počet rizikových faktorov).

Ak vezmeme do úvahy len hodnoty výmenného kurzu a úrokovú mieru ako rizikové faktory, **tradičný postup** je nasledujúci [RAN02]:

Krok 1: Zhromaždíme historické údaje pre n rizikových faktorov, tzn. dostaneme n časových radov s rozsahom $N+1$ obchodných dní. Tieto údaje označíme $x_{i,0}$, $x_{i,1}$,..., $x_{i,N}$, pre $i = 1, 2, \ldots, n$, pričom dnešná hodnota je $x_{i,N}$. Obyčajne volíme $N + 1 = 250$, alebo viac.

Krok 2: Za predpokladu, že $x_{i,j} \neq 0$ vypočítame relatívne zmeny rizikových faktorov (výnosnosť rizikových faktorov)[12]:

$$r_{i,j} = \frac{x_{i,j} - x_{i,j-1}}{x_{i,j-1}}, \text{ prípadne } r_{i,j} = \ln \frac{x_{i,j}}{x_{i,j-1}}, \tag{1}$$

pre $i = 1, 2, \ldots, n$ a $j = 2, \ldots, N$
pričom hodnoty $r_{i,1}$,$r_{i,2}$,...,$r_{i,N}$ pre každé $i = 1, 2, \ldots, n$ prislúchajú náhodnej premennej r_i.

Krok 3: V tomto kroku zavedieme predpoklad o marginálnych rozdeleniach $f_1, f_2, \ldots, f_n$ pre náhodné premenné $r_{i,1}, r_{i,2}, \ldots, r_{i,N}$. Obyčajne vo finančných aplikáciách predpokladáme, že jednotlivé marginálne rozdelenia f_i pochádzajú z normálneho rozdelenia $N(\mu_i, \sigma_i^2)$:

$$f_i(r_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2}} \exp\left(\frac{-(r_i - \mu_i)^2}{2\sigma_i^2}\right), \tag{2}$$

kde $i = 1, 2, \ldots, n$, μ_i je priemer a σ_i^2 je rozptyl náhodnej premennej r_i, pričom

$$\mu_i = E(r_i) \text{ a } \sigma_i^2 = E((r_i - \mu_i)^2). \tag{3}$$

[12] CIPRA, T.: *Matematika cenných papírů.* Praha, Nakladatelství HZ Praha, 2000, s. 120.

Krok 4: Vo všeobecnosti sú parametre marginálnych rozdelení neznáme. Našou úlohou je určiť odhad týchto parametrov z historických údajov. V prípade normálneho rozdelenia je táto úloha jednoduchá[13], pretože parametre normálneho rozdelenia sú očakávaná hodnota a rozptyl rozdelenia historických údajov. Ich odhady spočítame nasledovne:

$$\hat{\mu}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} r_{i,j}, \tag{4}$$

$$\hat{\sigma}_i^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^{N} (r_{i,j} - \hat{\mu}_i)^2, \tag{5}$$

kde $i = 1, 2, \ldots, n$.

Poznamenajme, že priemer a rozptyl ľubovoľného rozdelenia môže byť definovaný rovnakými vzťahmi ((4), (5)). Vyplýva to zo zákona veľkých čísel[14]. Vo všetkých prípadoch sú tieto odhady nevychýlené a konzistentné[15].

Krok 5: V tomto kroku potrebujeme generovať n-tice pseudonáhodných čísel združeného rozdelenia. Preto zavedieme ďalšie predpoklady o tom, čo určuje závislostnú štruktúru medzi náhodnými premennými. Pretože marginálne rozdelenia už máme zvolené, stačí zvoliť (nie úplne ľubovoľne) združené rozdelenie. Nech $f(\vec{r})$ označuje príslušné združené rozdelenie. Je zrejmé, že nasledujúca podmienka je splnená:

$$f_i(r_i) = \int_{-\infty}^{\infty} \ldots \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \ldots \int_{-\infty}^{\infty} f(\vec{r}) dr_1 \ldots dr_{i-1} dr_{i+1} \ldots dr_n \tag{6}$$

pre každé $i = 1, 2, \ldots, n$.

V tradičných Monte Carlo simuláciách predpokladáme, že združené rozdelenie je multinormálne rozdelenie, tzn. má tvar:

[13] „Jednoduchá“ v tom zmysle, že odhady počítame priamo z historických údajov bez použitia akéhokoľvek numerického algoritmu (ide o tzv. bodové odhady).

[14] LAMOŠ, F. – POTOCKÝ, R.: *Pravdepodobnosť a matematická štatistika.*, Bratislava, ALFA, 1989, s. 45.

[15] F. – POTOCKÝ, R.: *Pravdepodobnosť a matematická štatistika.*, Bratislava, ALFA, 1989, s. 80-81.

$$f(\vec{r}) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n |\sum|}} \exp\left(\frac{-1}{2}(\vec{r}-\vec{\mu})^T \sum^{-1} (\vec{r}-\vec{\mu})\right), \tag{7}$$

kde $\vec{r} = (r_1 \dots r_n)^T$,

$$\vec{\mu} = (\mu_1 \dots \mu_n)^T \tag{8}$$

a $\sum$ je variačno-kovariančná matica:

$$\sum = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & c_{1,2} & c_{1,3} & \dots & c_{1,n} \\ c_{1,2} & \sigma_2^2 & c_{2,3} & \dots & c_{2,n} \\ c_{1,3} & c_{2,3} & \sigma_3^2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & c_{n-1,n} \\ c_{1,n} & c_{2,n} & \dots & c_{n-1,n} & \sigma_n^2 \end{pmatrix} \tag{9}$$

kde σ_i^2 je rozptyl výnosností r_i,
$c_{i,j}$ sú kovariancie medzi výnosnosťami r_i a r_j:

$$c_{i,j} = E((r_i - \mu_i)(r_j - \mu_j)). \tag{10}$$

Pre úplnosť zavedieme korelačný koeficient $\rho_{i,j}$:

$$\rho_{i,j} = \frac{c_{i,j}}{\sigma_i \sigma_j}, \tag{11}$$

pre $\sigma_i, \sigma_j \neq 0, i = 1, 2, \dots, n$ a $j = 1, 2, \dots, N$.

Ľahko sa dá ukázať, že funkcia f daná vzťahom (7) spĺňa podmienku (6).

Krok 6: V tomto kroku určíme kovariancie (11). Kovariancie môžeme odhadnúť podobne ako priemer a rozptyl z historických údajov:

$$\hat{c}_{i,j} = \frac{1}{N-1} \sum_{k-1}^{N} (r_{i,k} - \hat{\mu}_i)(r_{j,k} - \hat{\mu}_j) \tag{12}$$

pre $i = 1, 2, \dots, n$ a $j = 1, 2, \dots, N$.

Krok 7: Teraz máme určené marginálne rozdelenia (krok 3), združené rozdelenie (krok 5) a tiež máme odhadnuté aj ich parametre (kroky 4 a 6). n-tice pseudonáhodných čísel generujeme štandardnou procedúrou, ktorá využíva Choleského dekompozíciu matíc a nájdeme ju napríklad v prácach [MIK85, str. 80], [FIN96]. Predpokladajme teraz, že máme vygenerované potrebné n-tice hodnôt r_i. Označíme ich nasledovne:

$$\vec{r^k} = (r_1^k \dots r_n^k)^T, \tag{13}$$

kde $k = 1, \dots, m$ a m je počet Monte Carlo iterácií.

Krok 8: V predchádzajúcom kroku sme získali m nezávislých n-tíc náhodných čísel. Tieto čísla sa vzťahujú na relatívne zmeny v údajoch (výnosnosť) (pozri krok 2) a preto je na záver potrebné simulované rizikové faktory pretransformovať. Úpravami (1) a (13) získame m simulovaných hodnôt pre n rizikových faktorov v čase $N+1$ pre aritmetickú alebo geometrickú (spojitú) výnosnosť:

$$x_{i,N+1}^k = x_{i,N}(1 + r_i^k), \text{ alebo } x_{i,N+1}^k = \exp(r_{i,j}^k) \cdot x_{i,j-1} \tag{14}$$

kde $i = 1, 2, \dots, n; j = 2, 3, \dots, n$ a $k = 1, \dots, m$.

Vyššie uvedený postup simuluje rozdelenie výnosností jednotlivých rizikových faktorov. O jednotlivých marginálnych rozdeleniach predpokladá, že pochádzajú z normálneho rozdelenia (pozri krok 3, vzťah (2)). O združenom rozdelení výnosností rizikových faktorov zasa predpokladá, že je multinormálne (pozri krok 5, vzťah (6)). Je nutné poznamenať, že ak sú marginálne rozdelenia normálne, z toho ešte nevyplýva, že združené rozdelenie musí byť multinormálne (dá sa to ukázať priamo zo Sklarovej vety[16]). Avšak platí, že ak je združené rozdelenie multinormálne, tak marginálne rozdelenia sú normálne. Toto je podstatné pre pochopenie prístupu pomocou kopúl. Naviac, Embrechts, McNeil a Straumann vo svojich prácach ([EMB99], [EMB02]) ukázali, že závislostná štruktúra určená koreláciami spôsobuje problémy a podobne aj multinormálne rozdelenie spôsobuje problémy. Ďalšie problémy spôsobuje to, že rizikové faktory majú tzv. „ťažké“ chvosty[17] a generovanie

[16] NELSEN, R. B.: *An introduction to Copulas.* New York, Springer, 1999.

[17] „Ťažké“ chvosty rozdelenia znamenajú, že v praxi sa vyskytujú častejšie extrémne udalosti ako sa očakáva podľa normálneho rozdelenia.

údajov pomocou pseudonáhodných generátorov nie je vždy „najvhodnejšie“. Preto sa v modernej teórii manažmentu rizika hľadajú nové prístupy, ktoré tieto nedostatky odstraňujú. Jeden z nich uvádzame v nasledujúcej časti príspevku.

4. Zovšeobecnená metóda Monte Carlo

Zovšeobecnená metóda Monte Carlo dynamicky modeluje výnosnosti rizikových faktorov, pričom

- zachováva nenormalitu rozdelení výnosností rizikových faktorov,
- poskytuje prepojenie medzi výnosnosťami rizikových faktorov, ktoré môžu mať normálne ale i nenormálne rozdelenie,
- dynamicky kontroluje chyby každého modelu pre výnosnosť rizikového faktora[18].

Dynamické modelovanie rizikových faktorov zrozumiteľne vysvetľuje manažérom aké veľké je riziko v portfóliu. Rizikové faktory umožňuje modelovať buď samostatne, alebo súčasne. Modelované rizikové faktory môžu, ale nemusia mať normálne rozdelenie, a ich závislostnú štruktúru popisuje kopula funkciami. Tento prístup je možné použiť pre odhad nielen trhového ale i kreditného rizika obchodných portfólií a tiež pre rôzne finančné nástroje[19].

Zovšeobecnené riešenie:

Vyššie uvedené kroky tradičného algoritmu nahradíme nasledovnými[20]:

Krok 3: Určíme vhodný stochastický model pre výnosnosť každého rizikového faktora (hranice združeného rozdelenia)[21]

$$v_i = f_i(\mathbf{x}, \mathbf{y}, \theta_\mathbf{i}) + \varepsilon_i, \tag{15}$$

[18] SAS® RISK Dimensions®: *Dynamic Risk factor Modeling Methodology.* White Paper, dostupné na http//:www.riskadvisory.com/pdfs/sasriskdimensionsriskfactor.pdf, navštívené dňa 20. 9. 2006.

[19] Finančný nástroj predstavuje samostatný komponent portfólia. Najpoužívanejšími nástrojmi sú aktíva: akcie, cenné papiere, dlhopisy (obligácie), menové pozície. Medzi nástroje patria aj deriváty (kontrakty, ktorých hodnota závisí na cene podkladového nástroja) ako *forwardy*, *futurity*, *opcie*, *swapy* a podobne. (JÍLEK, J.: *Finanční rizika.* Praha, GRADA Publishing, 2000, s. 602, s. 599.)

[20] Pozri SAS online dokumentáciu http://www.sas.com/.

[21] V ekonometrickej literatúre poznáme dva druhy pozorovaných premenných: exogénne (nezávislé) premenné (obyčajne ich označujeme X) a endogénne (závislé) premenné (obyčajne ich označujeme Y).

kde $i = 1, 2, \ldots, m_{en}; m_{en}$ je počet endogénnych premenných,
x sú exogénne premenné (rizikové faktory),
y sú endogénne premenné,
θ vektor odhadnutých parametrov modelu
a ε je vektor chýb stochastického modelu pričom

$$\varepsilon_{\mathbf{i}} \sim \mathbf{F_i}(\chi_{\mathbf{i}}), \tag{16}$$

kde $F_i(\chi_i)$ je vopred špecifikované rozdelenie, určené vektorom parametrov χ_i.

Krok 4: Pre odhad vektora parametrov stochastického modelu θ použijeme známe štatistické metódy[22,23] (napr. metódu najmenších štvorcov, zovšeobecnenú metódu momentov alebo metódu maximálnej vierohodnosti).

Krok 5: Odhadneme združené rozdelenie $F(.)$ vektora chýb určeného kopulou $C : F(\varepsilon) = C(F_1^{-1}(\varepsilon_1), \ldots F_m^{-1}(\varepsilon m))$. Jednotlivé marginálne rozdelenia rizikových faktorov sú určené endogénnou premennou y, ktorej parametre sme odhadli v predchádzajúcom kroku.

Krok 6: Ak má vektor chýb ε napríklad normálne rozdelenie, tak neznáme parametre rozdelenia sú μ_i a σ_i^2 (priemer a rozptyl). Odhady týchto parametrov $\hat{\mu}_i$ a $\hat{\sigma}_i^2$ môžeme spočítať pomocou vzťahov (4) a (5), ako sme sa zmienili vo štvrtom kroku pôvodného algoritmu.

Krok 7: Odhadneme korelačnú maticu $\sum$ vektorov chýb (pozri vzťah (12)). Vygenerujeme nezávislé pseudonáhodné (kvázináhodné) čísla u, w z normálneho rozdelenia $N(0, 1)$. Pomocou korelačnej matice $\sum$ ich pretransformujeme do korelovaných premenných a z inverznej Gaussovej kopuly vypočítame číslo $v(v = C_u^{-1}(w))$. Nakoniec z inverzných distribučných funkcií rizikových faktorov určíme dvojicu chýb (e_1, e_2) : $(e_1 = F_1^{-1}, e_2 = F_2^{-1}(v))$. Dvojica chýb (e_1, e_2) je vygenerovaná pomocou pseudonáhodných (kvázináhodných) čísel a má želanú závislostnú štruktúru určenú kopulami.

[22]WONNACOTT, T. H. – WONNACOTT, R. J: *Statistika pro obchod a hospodářství.* New York, Victoria Publishing, 1992, s. 385-505, 611-630.

[23]LAMOŠ, F. – POTOCKÝ, R.: *Pravdepodobnosť a matematická štatistika.*, Bratislava, ALFA, 1989, s.79-107, s. 177-200.

Teraz poznáme chyby, poznáme model a spätne určíme odpovedajúce výnosnosti rizikových faktorov, tzn. pokračujeme krokom 8 tradičnej metódy Monte Carlo.

Na to, aby sme získali predstavu o vygenerovanej združenej funkcii a o tom ako vplýva na hodnotu portfólia zopakujeme dostatočne veľa krát siedmy krok Monte Carlo simulácie (napr. použijeme od 1000 do 10000 opakovaní). Výsledné hodnoty portfólia usporiadame podľa veľkosti a určíme príslušný kvantil (hodnotu VaR).

Efektívnu Monte Carlo simuláciu získame, keď dimenzia modelovaného priestoru (určená počtom rizikových faktorov) bude najmenšia možná. Nakoľko dimenzia modelovaného priestoru priamo vplýva na počet opakovaní krokov 3-6, je vhodné za účelom zníženia dimenzie modelovaného priestoru najskôr použiť metódu hlavných komponentov (PCA metódu)[24,25], a až potom pristúpiť ku generovaniu možných scenárov.

Tiež je dôležité, aby zvolené stochastické modely modelovali náhodné procesy určené historickými údajmi jednotlivých rizikových faktorov čo najpresnejšie. Presnosť modelu určuje, ako dobre opisuje viacrozmerná pravdepodobnostná funkcia hustoty aktuálne pravdepodobnosti budúcich udalosti (a tým aj správnosť odhadu hodnoty VaR). Porovnanie oboch tu uvádzaných metód nájdeme v Tabuľka 1.

5. Záver

Pre porovnanie oboch simulačných prístupov sme vytvorili portfólio obsahujúce 10 britských štátnych pokladničných poukážok s nulovým kupónom pri úrokovej sadzbe LIBORu 5,375 %, pričom každá poukážka má nominálnu hodnotu 100 000 GBP a splatnosť 1 mesiac (tzn. sú splatné k 1. 5. 2006). Portfólio chceme držať v slovenských korunách. Rizikové faktory vplývajúce na toto portfólio sú výmenný kurz britskej libry voči slovenskej korune[26] a úroková sadzba LIBOR[27]. Časové rady analyzovaných mien a úrokových sadzieb zahŕňajú obdobie od 2. 1. 2004 do 31. 3. 2006, čo predstavuje 580 obchodných dní pre každý časový rad. Porovnanie odhadov 1-dňových 99%

[24] LAMOŠ, F. – POTOCKÝ, R.: *Pravdepodobnosť a matematická štatistika.*, Bratislava, ALFA, 1989, s. 260-268.

[25] BOHDALOVÁ, M. – STANKOVIČOVÁ, I.: *Using the PCA in the Analyse of the risk Factors of the investment Portfolio.* In: Forum Statisticum Slovakum, 3/2006, s. 41-52, ISSN 1336-7420.

[26] Údaje o dennom výmennom kurze sú čerpané z http://www.nbs.sk/, navštívené dňa 30. 4. 2006

[27] Údaje o dennej úrokovej sadzbe sú čerpané z http://www.bba.org.uk/bba/jsp, navštívené dňa 30. 4. 2006.

Tradičná Monte Carlo simulačná metóda	**Zovšeobecnená Monte Carlo simulačná metóda**
Každý rizikový faktor má nornálne (lognormálne) rozdelenie.	Pre každý rizikový faktor vieme určiť vhodný, známy model.
Závislostná štruktúra medzi rizikovými faktormi je určená var.-kovar. maticou za predpokladu multinormálneho rozdelenia.	Závislostná štruktúra medzi chybami modelov rizikových faktorov je určená Gaussovou kopulou.
Vyžaduje numerický odhad korelačných koeficientov a parametrov normálnych rozdelení odpovedajúcich jednotlivým výnosnostiam rizikových faktorov.	Vyžaduje numerický odhad parametrov modelov výnosností rizikových faktorov, korelačných koeficientov a parametrov Gaussovej kopule pre rozdelenie vektorov chýb odpovedajúcim modelom.
Scenáre generuje pomocou pseudonáhodných čísel a korelačných koeficientov.	Scenáre generuje pomocou pseudonáhodných alebo kvázináhodných čísel a kopúl.

Tabulka 1: Porovnanie tradičnej a zovšeobecnenej Monte Carlo simulačnej metódy

hodnôt VaR získaných tradičnou metódou Monte Carlo a zovšeobecnenou metódou Monte Carlo uvádzame v Tabuľka 2. Pre obe metódy sme použili generovanie scenárov buď pseudonáhodnými alebo kvázináhodnými[28] (Faurovymi, Sobolovymi) postupnosťami čísel.

Hodnoty VaR získané tradičnou metódou Monte Carlo sú v porovnaní so zovšeobecnenou metódou Monte Carlo oveľa vyššie, čo v konečnom dôsledku núti investorov vyhradiť oveľa vyššie rezervy pre zabezpečenie portfólia. Tieto peniaze neprinášajú zisky, čo môže viesť investorov ku krachu. Dôvod prečo vznikli tieto rozdiely spočíva v tom, že tradičná metóda Monte Carlo predpokladá, že rizikové faktory majú normálne rozdelenie, čo pre dané rizikové faktory nebolo splnené. Pre zovšeobecnenú metódu Monte Carlo sme použili konštantný (mean) model pre popis výnosov rizikových faktorov.

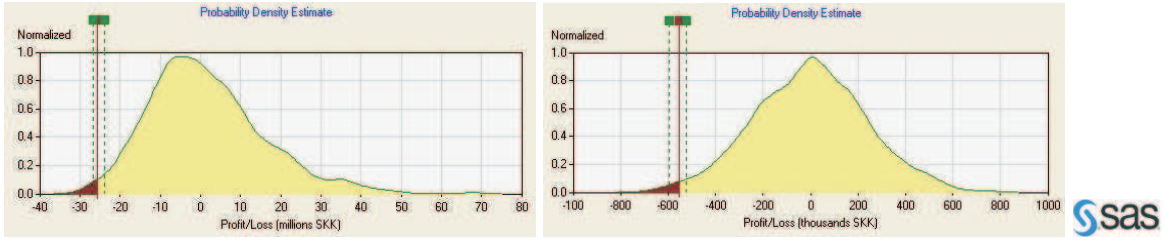
Rozdelenie výnosov a strát získaných oboma metódami vidíme na grafoch Graf 1-Graf 3. Všetky výstupy sú získané pomocou softvérového riešenia systému SAS® RISK Dimensions®.

[28]Generátor kvázináhodných čísel generuje čísla, ktoré nemajú náhodnú zložku. Používanie generátora kvázináhodných čísel môže viesť k zvýšeniu výkonnosti Monte Carlo simulácií v tom zmysle, že sa zníži čas a/alebo sa zvýši presnosť výpočtu.

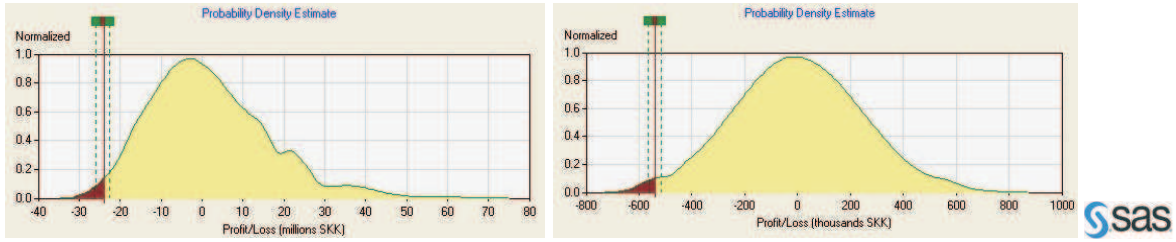
Methods	Mark to Market Value (SKK)	At-Risk Value (SKK)	At-Risk Value as percent of Base Value	Lower Tolerance Limit of At-Risk Value (SKK)	Upper Tolerance Limit of At-Risk Value (SKK)	Lower Tol Limit of VaR as percent of Base	Upper Tol Limit of VaR as percent of Base
MMC-Vš-SkN	53993907,96	553048,05	1,02	481172,83	666391,24	0,89	1,23
MMC-Vš-FkN	53993907,96	583371,13	1,08	552263,85	612294,63	1,02	1,13
MMC-VK-FkN	53993907,96	24755464,62	45,85	22975382,26	27097004,14	42,55	50,19
MMC-Vš-PsN	53993907,96	583261,93	1,08	519808,82	639833,05	0,96	1,19
MMC-Vš-SkN	53993907,96	553048,05	1,02	481172,83	666391,24	0,89	1,23
MMC-Vš-FkN	53993907,96	583371,13	1,08	552263,85	612294,63	1,02	1,13

Tabulka 2: Prehľad odhadnutých 1-dňových 99 % hodnôt VaR jednotlivými metódami pre portfólio držané v SKK

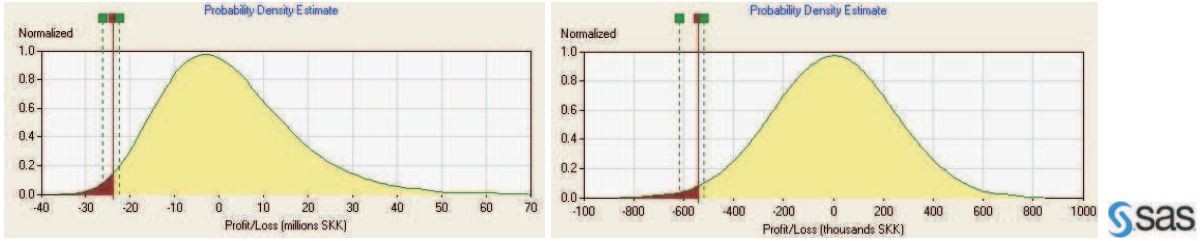
Obrázek 2: VaR vypočítané pomocou Monte Carlo tradičnej a zovšeobecnenej metódy (pseudonáhodný generátor čísel)



Obrázek 3: VaR vypočítané pomocou Monte Carlo tradičnej a zovšeobecnenej metódy (Faurov kvázináhodný generátor čísel)



Obrázek 4: VaR vypočítané pomocou Monte Carlo tradičnej a zovšeobecnenej metódy (Sobolov kvázináhodný generátor čísel)



V príspevku sme uviedli zovšeobecnenie známej metódy Monte Carlo, ktorá je vhodná na popísanie rizikových faktorov s tzv. „ťažkými“ chvostami, pričom sa zachová závislostná štruktúra medzi rizikovými faktormi.

Reference

[BOHN06] BOHDALOVÁ, M. – NÁNÁSIOVÁ, O: *A Note to Copula Functions.* In: E-leader Bratislava, 11. – 15. jun 2006, http://www.g-casa.com/BratislavaSlovakia.php.

[BOHS06] BOHDALOVÁ, M. – STANKOVIČOVÁ, I.: *Using the PCA in the Analyse of the risk Factors of the investment Portfolio.* In: Forum Statisticum Slovakum, 3/2006, s. 41-52, ISSN 1336-7420.

[CIP00] CIPRA, T.: *Matematika cenných papírů.* Praha, Nakladatelství HZ Praha, 2000, 241 s., ISBN 80-86009-35-1.

[DEL00] DELIANEDIS, G. – LAGNADO, R. – TIKHONOV, S.: *Monte Carlo Simulation of Non-normal Processes,* working paper, London: Midas-Kapiti Intl., 2000.

[EMB99] EMBRECHTS, P. – DE HAAN, L. – HUANG, X.: *Modeling Multivariate Extremes.* Working paper. http://www.math.ethz.ch/∼baltes/ftp/papers.html 1999, navštívené 27. 5. 2006.

[EMB01] EMBRECHTS, P. – LINDSKOG, F. – McNEIL, A. J.: *Modelling Dependence with Copulas and Applications to Risk Management.* Zürich, 2001, http://www.math.ethz.ch/finance, navštívené 27. 5. 2006.

[EMB02] EMBRECHTS, P. – McNEIL, A. J. – STRAUMANN, D.: *Correlation and Dependence in Risk Management: Properties and Pitfalls.* In: Dempster, M. A.H.: Risk management: Value at Risk and Beyond. West Nyack, NY, USA: Cambrige University Press, 2002, s. 176-223.

[FIN96] FINGER, CH. C.: *Monte Carlo Simulation.* Morgan Guaranty Trust Company. Risk management Research, 1996.

[JIL00] JÍLEK, J.: *Finanční rizika.* Praha, GRADA Publishing, 2000, 635 s., ISBN 80-7169-579-3.

[JOR00] JORION, P.: *Value at Risk: The Benchmark for Controlling Market Risk.* Blacklick, OH, USA: McGraw-Hill Professional Book Group, 2000, 535 s., ISBN 0-07-137921-5.

[KOM98] KOMORNÍK, J. – KOMORNÍKOVÁ, M. – MIKULA, K.: *Modelovanie ekonomických a finančných procesov.* Bratislava, skriptá Univerzita Komenského Bratislava, 196 s., ISBN 80-223-1259-2.

[LAM89] LAMOŠ, F. – POTOCKÝ, R.: *Pravdepodobnosť a matematická štatistika.* Bratislava, ALFA, 1989; 342 s., ISBN 80-05-00115-0.

[MEL05] MELICHERČÍK, I. – OLŠAROVÁ, L. – ÚRADNÍČEK, V.: *Kapitoly z finančnej matematiky.* Bratislava, EPOS, 2005, 242 s., ISBN 80-8057-651-3.

[MÍK85] MÍKA, S.: *Numerické metody algebry.* Praha, SNTL, 1985, 169 s.

[NEL99] NELSEN, R.B.: *An introduction to Copulas.* New York, Springer, 1999.

[NAN03] NÁNÁSIOVÁ, O.: *Map for simultaneusly measurements for a Quantum logic,* Int. Jour. of Theor. Phys., vol. 42, 2003, s. 1889-1903.

[RAN02] RANK, J.: *Improving VaR Calculations by using Copulas and Non-Gaussian Margins.* MathFinance Workshop, 3. apríla, 2002, http://workshop.mathfinance.de/2002/papers/-Joern_Rank_Copula_20020403.pdf, navštívené dňa 25. 6. 2006.

[URB06] URBANÍKOVÁ, M.: *Financial derivatives and their usage in corporate practice.* In: CO-MAT-TECH 2006. 14. medzinárodná vedecká konferencia (Trnava, 19. – 20. 10. 2006). Bratislava: STU v Bratislave, 2006, s. 1449-1456. ISBN 80-227-2472-6.

[WON95] WONNACOTT, T. H. – WONNACOTT, R. J.: *Statistika pro obchod a hospodářství.* Praha, Victoria Publishing, 1995, 891 s., ISBN 80-85605-09-0.

[1] SAS® RISK Dimensions®: Dynamic Risk factor Modeling Methodology. White Paper, dostupné na www.riskadvisory.com/pdfs/sasriskdimensionsriskfactor.pdf, navštívené dňa 20. 9. 2006.

[2] http://www.bba.org.uk/bba/jsp

[3] http://www.finance-research.net/

[4] http://www.nbs.sk/

[5] http://www.sas.com/

Adresa: RNDr. Mária Bohdalová, Ph.D.
KIS FM UK, Odbojárov 10
820 05 Bratislava
E-mail: maria.bohdalova@fm.uniba.sk

ZAŘAZENÍ GEOGRAFICKÝCH INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ DO VÝUKY PŘEDMĚTU INFORMATIKA VE VEŘEJNÉ SPRÁVĚ

INCLUSION OF THE GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS IN INFORMATICS IN THE PUBLIC ADMINISTRATION

Miroslava Dolejšová

Abstract: This paper deals with a new conception of the subject "Informatics in the public administration" taught in the second year of the field of study "Public administration and the regional development" and guaranteed by the Institute of the Informatics and Statistics at the Tomas Bata University in Zlín. The main purpose is to point out the significance of the geographical information systems in the public administration, to describe and clearly demonstrate the ways of their application both from the eye of citizens and the public authorities and to indicate the further development in this area.

Отвлеченное понятне

Включение географических информационных систем в обучении предмета Информатика в публичной администрации

Статья занимается новым предмета Информатика в пудличной администрации во втором курсе учебной специальнсти Публичная администрация и региональное развитие. Предмет обеспечивает Институт информатики и статистики Универзитета Фомы Бата в Злине. Основная цель настоящей статьи состоит в ассигновании значения географических информационных систем в области пуличной администрации, характеристике и демонстрации метод их использования с точки зоркия гражданина и организации публичной администрации и также в подсказе следующего возможного пазвития в этой области.

V současné době informační a znalostní společnosti se bez kvalitních informací prakticky neobejdeme. Na jedné straně existuje dostatek informací, ale stačí nám to k rozhodování? Víme, které informace máme použít, abychom

učinili správné rozhodnutí? Máme k dispozici nástroje, které by nám byly schopny pomoci rozhodování usnadnit?

Odpověď je poměrně jednoduchá. Tyto nástroje k dispozici jsou a nazývají se geografické informační systémy.

Geografické informační systémy mají uplatnění v řadě oblastí. Jednou z nejvyužívanějších oblastí je oblast veřejné správy. Cílem tohoto příspěvku je popsat možnosti zavedení geografických informačních systémů do předmětu Informatika ve veřejné správě, který je vyučován na Fakultě ekonomiky a managementu Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

Stručné představení předmětu IVS

Ústav informatiky a statistiky zajišťuje výuku povinného předmětu Informatika ve veřejné správě ve 2. ročníku zimního semestru studijního programu Hospodářská politika a správa ve studijním oboru Veřejná správa a regionální rozvoj, a to ve všech formách studia. Výuka v prezenční formě studia probíhá v rozsahu dvou cvičení po dobu 14 týdnů na počítačových učebnách, pro kombinovanou a celoživotní formu studia je vymezeno 9 konzultací.

Předmět je v prvé řadě zaměřen na práci s informačními zdroji, které jsou potřebné v oblasti veřejné správy. Neméně důležitým cílem tohoto předmětu je rozšíření počítačové gramotnosti studentů o kreslení diagramů v programu Microsoft Word, rozšíření znalostí programu Excel (grafy, jednoduché databázové funkce), případně další problémy, které budou potřeba pro vypracování bakalářské nebo diplomové práce.

Předmět je ukončen klasifikovaným zápočtem. Podmínkou pro jeho získání je vypracování seminární práce a úspěšné absolvování znalostního testu. Charakter seminární práce je zcela tvůrčí. Jejím cílem je provést analýzu toku informací ve studentem vybrané organizaci veřejné správy. V případě, že se studentům vypracování seminární práce zalíbí, mohou pokračovat v jejím podstatném rozšíření i v podobě bakalářské nebo diplomové práce.

Proč právě GIS v předmětu IVS?

Zásadním nedostatkem oboru Veřejná správa a regionální rozvoj jsou chybějící předměty, které jsou vyučovány Ústavem informatiky a statistiky ve studijním oboru Management a ekonomika. V oboru Management a ekonomika jsou navíc vyučovány předměty Databáze a programování (letní semestr 1. ročníku) a Aplikovaná informatika (zimní semestr 2. ročníku), který je věnován řešení konkrétních manažerských úloh v programu Excel. Studenti oboru Veřejná správa a regionální rozvoj mají pouze předmět Informatika

pro ekonomy (pro oba obory je předmět společný) a ve druhém ročníku pak předmět Informatika ve veřejné správě.

Pouhé vyhledávání informačních zdrojů, rozšíření počítačové gramotnosti o možnosti Wordu a Excelu podle názoru autorky nestačí. Návaznost na další předměty oboru Veřejná správa a regionální rozvoj (především předmět Regionální analýza) vyvolala potřebu úpravy obsahu tohoto předmětu, který by propojil obsah obou předmětů z různých úhlů pohledu. Předmět Informatika ve veřejné správě by se mohl stát doplňkem předmětu Regionální analýza, případně dalších předmětů, které jsou vyučovány Ústavem veřejné správy a regionálního rozvoje. V každém případě by se jednalo o obohacení obsahu obou uvedených předmětů, rozšíření znalostí studentů a navázání úzké pedagogické i vědeckovýzkumné spolupráce mezi oběma ústavy.

Proč využívat GIS?

K nejčastějším typům informací, které potřebuje každý člověk i organizace, jsou geografické informace. Pravidelně hledáme cestu do konkrétního místa, rozhodujeme se, kde umístíme další provozovnu, chceme vědět, jak dlouho nám přeprava do zvoleného místa bude trvat a také chceme znát vzdálenost mezi oběma místy. Geografické informační systémy nám tyto (a nejenom tyto) typy informací poskytují.

Možná se na první pohled bude zdát, že geografické informační systémy jsou jen software. GIS však možnosti klasického programu převyšují. Nejen, že nám usnadňují rozhodování, ale především se jedná o kvalitní grafický nástroj pro analýzu a modelování dat, která jsou ve většině případů volně k dispozici na Internetu ke stažení.

Geografické informační systémy jsou obvykle spojovány s mapami a navigačním systémem. Mapy jsou však výstupem geografických informačních systémů a navigační systém (myšleno systém globální navigace GPS) nebývají zahrnuty do těchto systémů.

Základem jsou však data

V minulosti i dnes lidé získávali znalosti a sdíleli je v různých podobách. Dorozumívali se prostřednictvím slov, textu, symbolů v podobě hieroglyfů, hudby, obrazů a kreseb. V dnešní době digitalizace sdílíme znalosti prostřednictvím různých sítí (především World Wide Web). Postupně se možnosti rozšiřují o počítačové modelování a simulace, digitální zpracování obrazu i textu, správu obsahu a zejména o využívání metod statistické analýzy.

Tři pohledy na GIS

Na geografické informační systémy lze pohlížet ze tří hledisek: mapového, databázového a modelového.

Mapový pohled je nejjednodušší. Pomocí geografických informačních systémů můžeme mapy vytvářet a upravovat. Výsledná mapa je pak souborem námi vybraných vrstev, které chceme v mapě zobrazit.

Mapa jako obraz nám nebude stačit. Potřebujeme ji doplnit o konkrétní údaje. Tato data jsou uložena v různých databázích, které se často označují jako geodatabáze.

Pokud máme k dispozici obraz i data, můžeme prostřednictvím různých analytických nástrojů získávat další informace potřebné pro rozhodování. Výběrem dat, různými dotazy, aplikací statistických a analytických funkcí a dalších vhodných nástrojů získáme nová data, která nám umožní získat komplexnější pohled na studovaný problém.

Geografické informační systémy lze proto definovat jako prostředek zobrazení, manipulace a analýzy prostorových dat.

Typy dat, se kterými GIS pracují

Geografické informační systémy pracují s různými typy dat. K nejpoužívanějším z nich patří vektorová a rastrová data. Vektorová data mohou být vyjádřena jako polygony (typické pro lesy, území krajů a velkých měst, vodní plochy), čáry pro zobrazení silnic, železnic, řek, ulic nebo jako body (stromy, obchody, malá města a obce). Rastrová data jsou vyjádřena jako matice bodů. K rastrovým datům patří družicové a letecké snímky, zobrazení terénů a sítí.

Co můžeme zjišťovat prostřednictvím GIS?

- Zjišťovat počty (KOLIK?): počet nemocnic, počet úřadů.
- Zjišťovat hustotu (JAK MNOHO?): počet lékařů připadajících na 1 000 pacientů.
- Zjišťovat, co je uvnitř určité oblasti: počet obchodů v určitém regionu.
- Zjišťovat, co je poblíž: nejbližší nemocnice, nejbližší rekreační středisko.
- Modelovat změny (obvykle předpovědi počasí).

Praktické ukázky

Další část příspěvku bude popisovat možné aplikace geografických informačních systémů (nebo lépe řečeno ne přímo jejich podoby) v předmětu Informatika ve veřejné správě. Jelikož se studenti v tomto předmětu seznamují

také s nejpoužívanějším informačním zdrojem ve veřejné správě, Portálem veřejné správy České republiky, bude potřeba jejich znalosti rozšířit i o aplikaci mapových služeb. Příspěvek bude charakterizovat ilustrativní příklady, které byly vytvořeny Portálu veřejné správy [1] a prostřednictvím internetové stránky http://www.mapy.cz/ [2].

Protože se již druhým rokem konference STAKAN koná v krásném prostředí Rusavy, rozhodla jsem se ukázat možnosti, které geografické informační systémy nabízejí, právě v okolí Rusavy.

Při pokusu najít přesnou polohu rekreačního zařízení Rusava (chata Jestřabí) budeme úspěšní přes internetové stránky http://www.mapy.cz/. Pokud se o totéž pokusíme přes Portál veřejné správy, zobrazí se jen turistická mapa. Práce s mapovými službami není vůbec složitá. Mapové služby spustíme kliknutím na odkaz Mapy v pravé horní části Portálu veřejné správy. Největší část této aplikace tvoří prostor pro zobrazení mapy. Postupným kreslením obdélníků pomocí myši specifikujeme region, který chceme prozkoumat. Jakmile jsme s výběrem zcela spokojeni, vybereme z části Funkce aplikace odkaz na obrázek tří map, který představuje seznam tématických úloh. K dispozici je jich celkem padesát.

Velmi důležitou součástí aplikace jsou karty Vrstvy a Legenda. Na kartě Vrstvy lze vybrat, co konkrétního si přejeme zobrazit, na kartě Legenda vidíme vysvětlení popisků mapy a vybrané statistické údaje. Zrušením zaškrtnutí před příslušnou vrstvou odstraníme z mapy všechno, co v ní vidět nechceme. Změna se však provede pouze překreslením mapy (zakulacená šipka nacházející se vlevo od karty Vrstvy). Podle barevného rozlišení jsme schopni zjistit potřebné informace. Rozsah využívaných dat je však omezen pouze na údaje Českého statistického úřadu a na informace týkající se životního prostředí. Přesto můžeme zjišťovat velmi zajímavé informace.

Budeme-li se zajímat o hustotu zalidnění v okolí Rusavy, vybereme tématickou úlohu Hustota zalidnění. Z karty Vrstvy necháme zobrazeny hranice územních jednotek, obce a komunikace a hustotu zalidnění (obr. 1). Z obrázku 1 je patrno, že v okolí Rusavy je hustota obyvatel asi 2 až 14 obyvatel na km^2.

Autorku příspěvku také zajímalo, zda má obec Rusava veřejnou knihovnu. Přímo v Rusavě i v jejím okolí se nachází jedna knihovna (obr. 2). Další zajímavou otázkou je vybavení obce Rusava kanalizací. K velkému překvapení bylo zjištěno, že v okolí Rusavy není kanalizace vybudována vůbec (obr. 3).

K dalším součástem mapových služeb patří i vektorová mapa pozemních komunikací. Tato mapa umožňuje zkoumat, jaké objekty se v dané lokalitě vyskytují. Z obrázku 4 je patrno, že v Rusavě je pouze 7 mostů (malá kolečka na silnici).

Jinou, velmi zajímavou možností, je měření vzdálenosti mezi dvěma náhodně zvolenými místy. Protože máme zájem vidět dvě konkrétní místa v okolí Rusavy, musíme si vybrat jiný, způsob zobrazení mapy. Zobrazení podrobnějších informací nejlépe nabízí topografická mapa Armády České republiky. Hledáme možnosti, jak se dostat z místa A (zelený text RUSAVA pod kótou 536 vlevo nad obcí Rusava) do místa B (část Ráztoka, kóta 422). První možností je chůze po silnici (obr. 5). Délka trasy je delší než 4 km (přesněji 4 406 m). Druhou možností je vydat se přímo bez ohledu na překážky v terénu, což bude činit přes 2,5 km (přesněji 2 566 m). To znázorňuje obrázek 6.

To, co mapové služby Portálu veřejné správy nedovedou, je plánování tras. Zde byly použity údaje internetové stránky http://www.mapy.cz/. Můžeme si naplánovat trasu ze Zlína do Rusavy a zjišťovat jednak nejrychlejší trasu (obr. 7), která trvá 40 minut a její délka je 30,88 km a jednak nejkratší trasu (obr. 8), která trvá 45 minut a její délka je téměř 30 km (přesněji 29,48 km). Můžeme si detailně prohlédnout celou trasu.

Internetová stránka http://www.mapy.cz/ umožňuje také vyhledávat nejbližší objekty v okolí. Pokud se budeme zajímat o nejbližší ubytování v Rusavě, najdeme celkem tři možnosti, které jsou označeny číselně. V pravé části obrazovky si můžeme prohlížet i detailní informace o daném místě. Chata Jestřabí však nebyla v seznamu ubytování na Rusavě nalezena.

Po zadání klíčového slova „rekreační zařízení“ se chata Jestřabí již objeví (obr. 9). Nyní si z tohoto místa naplánujeme cestu do Zlína. Výsledkem bude popis trasy s uvedením počtu kilometrů na jednotlivých úsecích trasy a odhadovaný čas přepravy. Celková délka trasy bude cca 31 km (přesněji 30,88 km) a cesta bude trvat 40 minut, což je vlastně nejrychlejší cesta (obr. 10).

Jak již bylo řečeno, je rozsah zjišťovaných informací, které jsou k dispozici na Portálu veřejné správy, dost omezený. Můžeme čerpat podklady o životním prostředí, údaje z integrovaného registru znečišťování, hranice územních jednotek, volebních obvodů a příslušných úřadů, lze využívat vojenské i staré mapy, údaje Českého statistického úřadu týkající se obyvatelstva a vybavenosti obcí, údaje České pošty, zjišťovat informace o kvalitě koupacích vod a omezené informace o dopravě. I když není tématických úloh tak velký počet, umožňují i tyto informace pomoci naleznout odpovědi na otázky, které nás zajímají. Uživatelé, kteří nedovedou ještě pracovat s geografickými informačními systémy, získají alespoň základní přehled možností mapových služeb Portálu veřejné správy i informační stránky http://www.mapy.cz/. Dalším krokem pro ně již bude naučit se pracovat s konkrétním geografickým informačním systémem.

Další možnosti výuky předmětu Informatika ve veřejné správě

Z výše uvedených popisů je patrné, že geografické informační systémy si pozornost určitě zasluhují. Ukázky uvedené na přednášce STAKAN 2007, které doplňuje krátká videoukázka, jsou první vlaštovkou pro inovaci předmětu Informatika ve veřejné správě.

Přesto je vhodné ukázat a naučit studenty oboru Veřejná správa a regionální rozvoj pracovat prakticky s konkrétním produktem geografického informačního systému minimálně v rozsahu dvou až tří cvičení. Tento krok bude podle názoru autorky velkým oživením výuky.

V souvislosti s vypracováním seminární práce na téma analýzy informačních toků se nabízí otázka rozšíření obsahu tohoto předmětu o analýzu rizik informačních toků a informačních systémů v oblasti veřejné správy. Předmět lze rozšířit i o aplikaci metod kontroly a auditu ve veřejné správě, jednoduchých metod pro hodnocení veřejných projektů a veřejných zakázek, pomocí nichž by bylo možné řešit studenty vybraný problém týkající se veřejné správy. Zvažuje se i výuka krizového řízení ve veřejné správě v podobě konkrétního softwarového produktu. Nabízí se celá řada možností, které obohacují obsah tohoto předmětu ve všech jeho stránkách.

V neposlední řadě bude tento předmět inspirací pro vypracování bakalářských i diplomových prací a současně jednou z oblastí vědeckovýzkumné činnosti Ústavu informatiky a statistiky.

Autorka příspěvku přivítá jakékoliv podněty i kritické připomínky týkající se geografických informačních systémů a problematiky veřejné správy.

Internetové zdroje: Odkazy byly funkční k 15. červnu 2007.

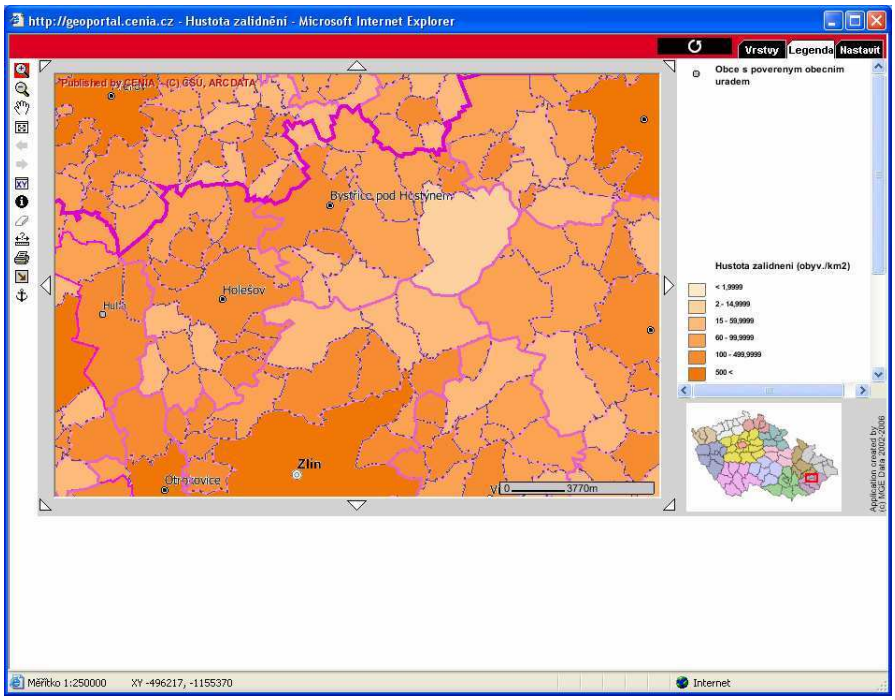
Reference

[1] Ministerstvo vnitra. *Portál veřejné správy České republiky* [online]. 2003-2007 [cit. 2007-06-15]. Dostupný z WWW: <http://geoportal.cenia.cz/mapmaker/cenia/portal/>.

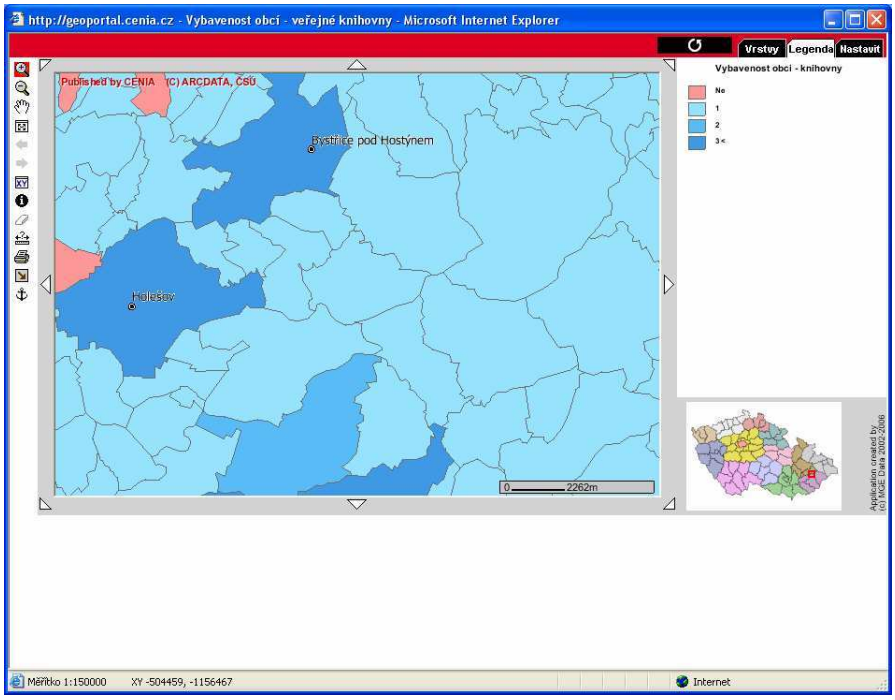
[2] Seznam.cz. *Mapy.cz – mapa Evropy, České republiky, plány měst a obcí v ČR* [online]. 1996-2007 [cit. 2007-06-15]. Dostupný z WWW: <http://www.mapy.cz/#>.

Adresa: Ing. Miroslava Dolejšová, Ph.D., ÚIS FaME, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Náměstí T. G. Masaryka 1279, 760 01 Zlín

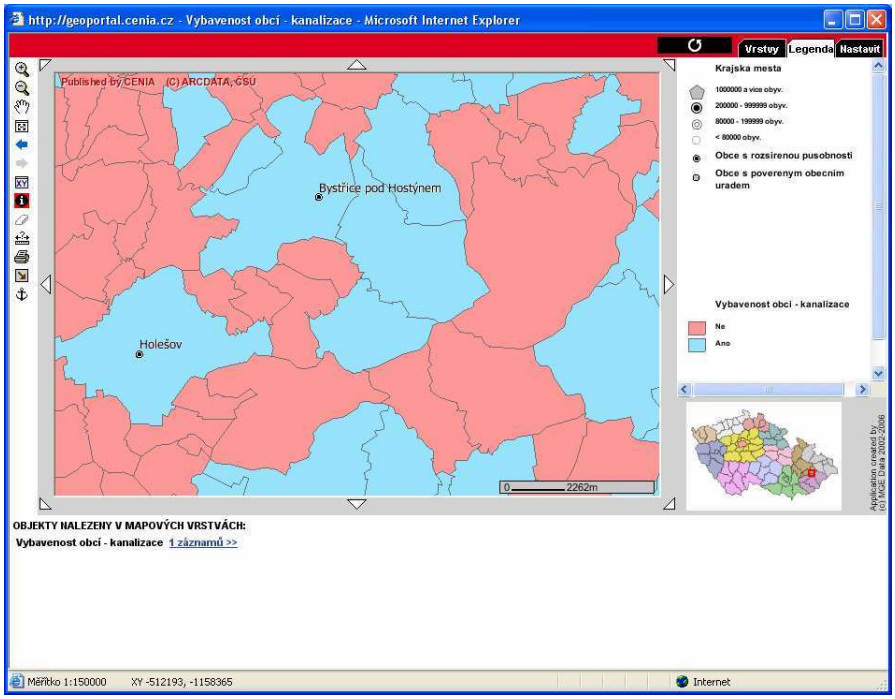
Telefon: `+420 576 037 430`
E-mail: `dolejsova@fame.utb.cz`



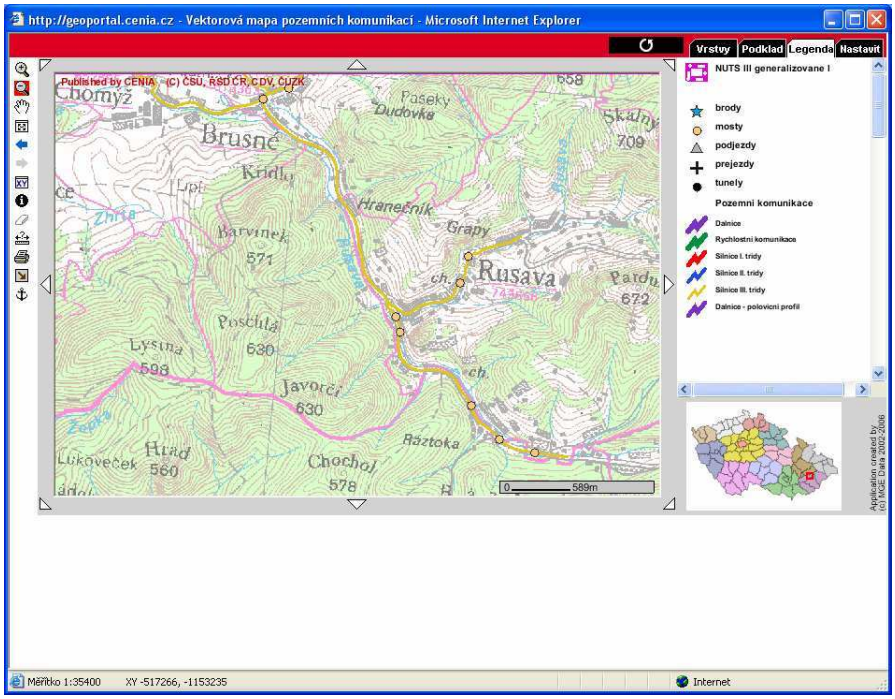
Obrázek 1: Hustota zalidnění v obci Rusava [1]



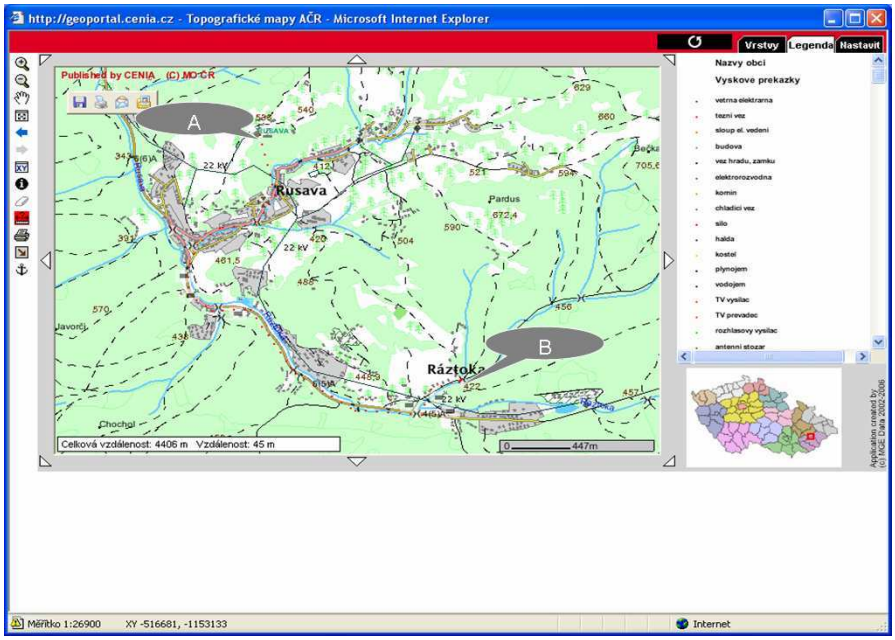
Obrázek 2: Vybavenost obce Rusava veřejnou knihovnou [1]



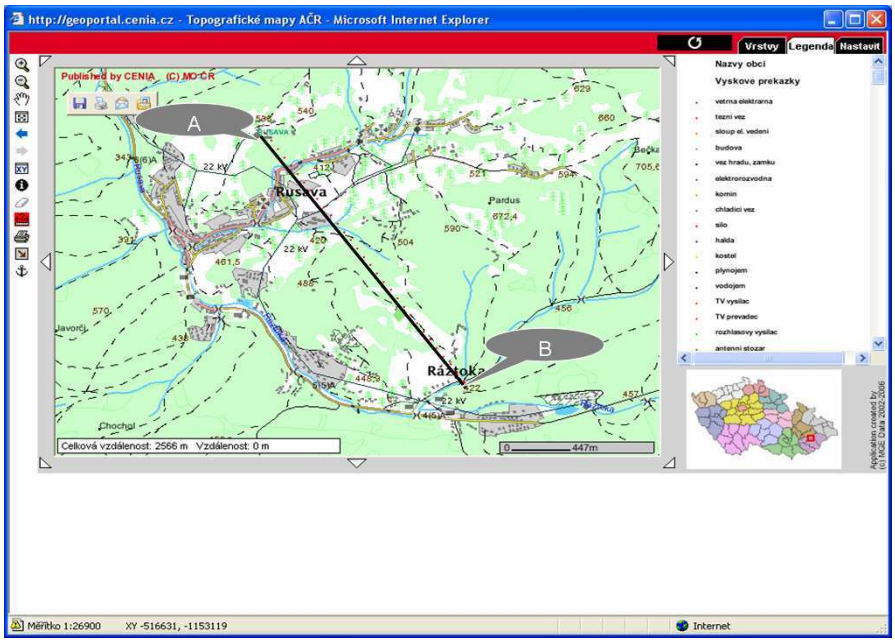
Obrázek 3: Vybavenost obce Rusava kanalizací [1]



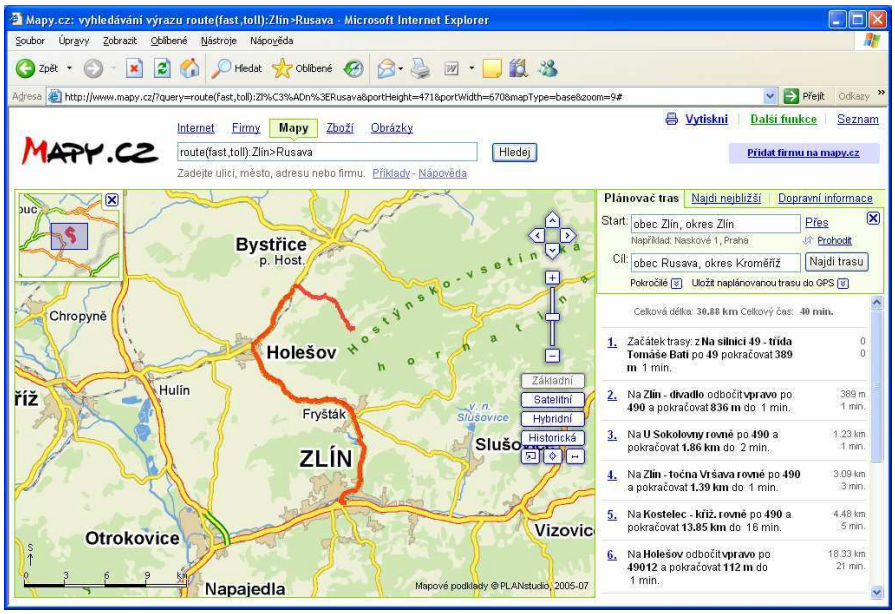
Obrázek 4: Vektorová mapa pozemních komunikací [1]



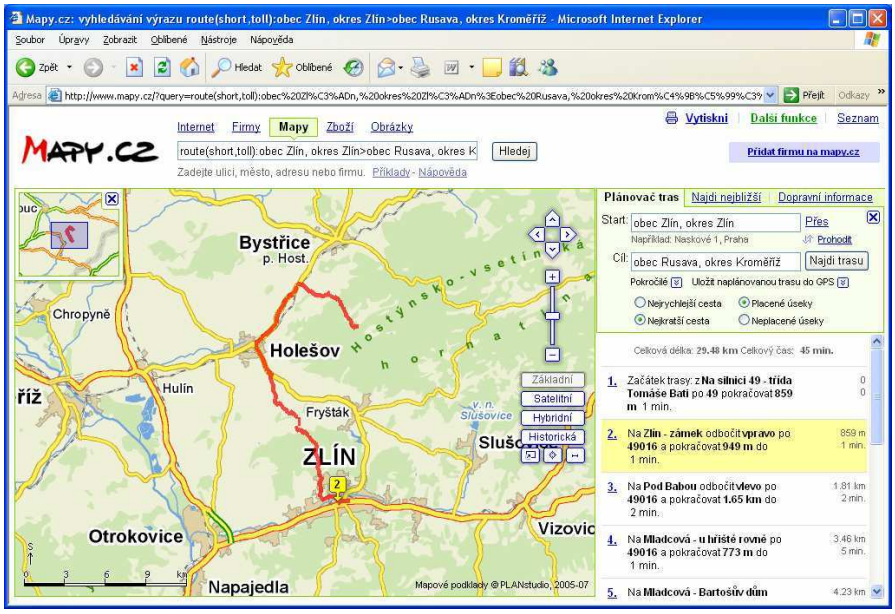
Obrázek 5: Měření vzdálenosti mezi dvěma zvolenými místy: delší trasa [1]



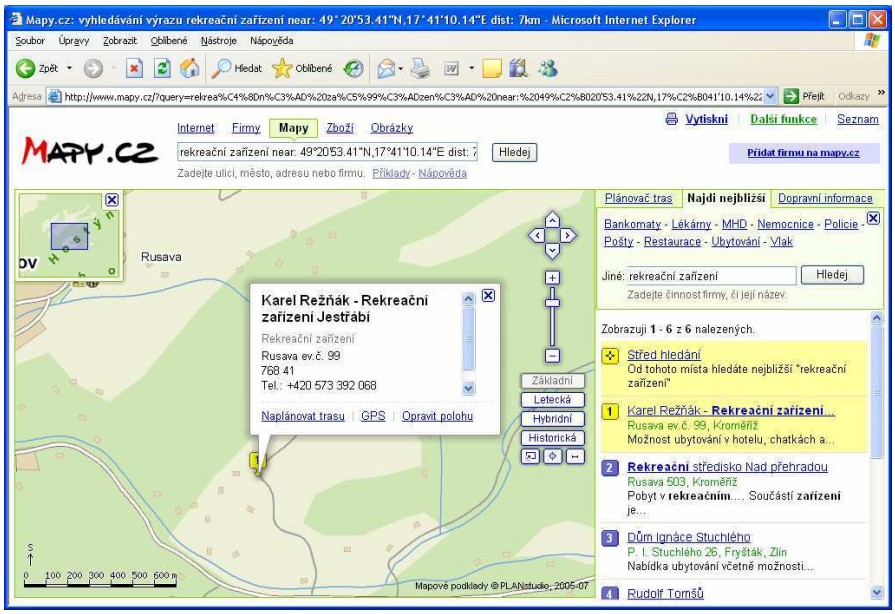
Obrázek 6: Měření vzdálenosti mezi dvěma zvolenými místy: přímá trasa [1]



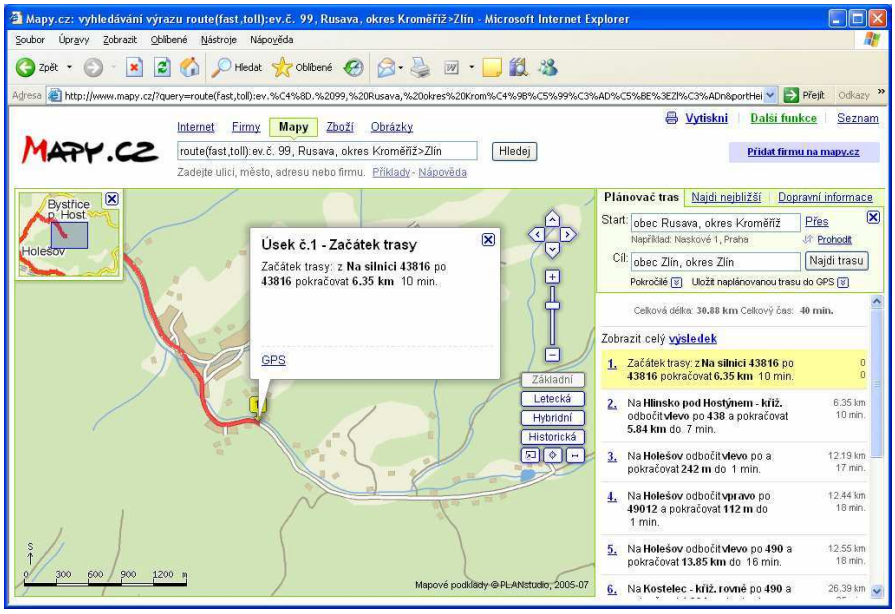
Obrázek 7: Nejrychlejší cesta ze Zlína do Rusavy [2]



Obrázek 8: Nejkratší cesta ze Zlína do Rusavy [2]



Obrázek 9: Zobrazení rekreační chaty Jestřabí [2]



Obrázek 10: Zobrazení trasy z Rusavy do Zlína [2]

VÝUKA STATISTIKY 2007

Petr Hebák

Vážení kolegové,

opakovaně a možná mylně či neoprávněně předpokládám, že zdejší jednání navazuje na naše dvě předchozí setkání. Na Stakanu v roce 1999 se z různých hledisek poměrně dlouze a (podle mého názoru) důkladně diskutovalo o různých otázkách a problémech souvisících s výukou statistiky na různých školách či úrovních studia, jakož i o užitečnosti využití statistiky nestejně obsahově i datově orientovanými (současnými či očekávanými budoucími) uživateli statistických postupů a metod. Rovněž dnes považuji za užitečné si nejdříve připomenout základní myšlenky tehdejšího příspěvku, který pak pod názvem *Učíme statistiku* vyšel ve statistickém bulletinu a je i zde pro případné zájemce v počítači k dispozici. Hlavně se však budu v tomto úvodu snažit posoudit (dnes, stejně jako o čtyři roky později v roce 2003) stav, ke kterému jsme došli za osm let od mého prvního vystoupení na toto téma. Těmito a podobnými sliby jsem zahájil i přednášku na Stakanu v roce 2003 pod názvem Výuka *nestatistiků*. Již tehdy jsem se společně s účastníky setkání zamýšlel nad změnami a zkušenostmi v oblasti významu a výuky statistiky, jakož i nad oprávněností obav o budoucí postavení a přežití *statistiky* v jednadvacátém století, které jsou i dnes (z mnoha článků renomovaných statistiků ve význačných odborných časopisech) stále zřetelnější. Jak však uvidíme, není to všude stejné a zvláště na otázku o postavení statistiky odpovídají někteří jinak, než bychom asi odpověděli dnes my. V roce 1999 jsem řekl, že některé pesimistické úvahy úzce souvisí nejen se zaměřením výuky, ale rovněž s užitečností a všeobecnou úctou k výsledkům naší činností, jež jsou v různých podobách předkládány veřejnosti. Důsledky našeho pedagogického statistického působení částečně vycházejí z postoje, který máme sami k sobě a k našemu oboru, ale i z postoje, který oprávněně či neoprávněně mají jiní k nám a naší disciplíně. Stále jsem totiž přesvědčen, že otázka *postavení statistiky v budoucnosti* je neoddělitelná od obsahu i způsobu výuky *nestatistiků*. Nevím, zda na VŠE v Praze je situace netypická (ve skrytu duše doufám, že tomu tak je), protože u nás (podle mého hodnocení) situace v oblasti výuky statistiky pro *nestatistiky* a možná brzy i pro *statistiky* se ještě výrazně zhoršila. Co říci, když místo dvousemestrového předmětu 3/1 je zařazen jednosemestrový předmět 2/2, když sjednocování způsobu zkoušení různých předmětů ve svých důsledcích vede k situaci, kdy od studentů nelze příliš mnoho chtít a navíc

některé fakulty či katedry se snaží minimalizovat výuku matematiky, statistiky či jiných i jen velmi málo exaktně orientovaných předmětů. Ve smyslu bývalého hesla „*Za masovost – za rekordy!*“ u nás začíná převládat snaha o masové (velice všeobecné) tříleté bakalářské studium s nejrůznějšími předměty údajně manažerského typu před klasickým univerzitním vzděláním. Do pozadí (myslím si, že chybně) ustupuje magisterské, jakož i ucelené pětileté studium s hlubší orientací na zvolený obor studia. Ukazatel počet studentů na jednoho učitele ani nechci komentovat, i když jeho důsledky všichni velmi dobře známe. Je určitě velice dobré, že přicházející absolventi středních škol mají výrazně lepší jazykové znalosti (zvláště angličtiny) než ti dřívější či někdy i důkladnější než jejich učitelé a je užitečné, že vědí poměrně hodně o práci a možnostech počítačů. Méně je už povzbudivé, že tradičně k nám přicházejí studenti z různých typů středních škol bez aspoň minimalistického matematického základu. Myslím, že předmět *logika* či nějaký podobný dnes na gymnáziu ani není vyučován. Odhaduji, že pokud jde o význam pravděpodobnostního nebo statistického myšlení více než 90 % zájemců o studium (bohužel i těch, kteří se hlásí na obor statistika) ani nemá tušení, že něco takového existuje. Nejen starší politici, vystudovaní novináři či komentátoři v rozhlase a televizi (jak až na vzácné výjimky neustále vidíme), ale i žadatelé o studium, kteří se narodili buď těsně před, nebo už po roce 1989 nemají ani elementární schopnost posoudit význam *čísel* různého typu a mají k nim spíše až podvědomý odpor. Po přijetí ke studiu je tím už dopředu dána velmi neurčitá (spíše velmi malá) naděje, že v průběhu krátkého (často zcela jinak orientovaného) studia se situace výrazně změní. Zkušenosti říkají, že pokud sami nebo díky rodičům, pedagogům či kamarádům někteří z nich zásadně nezmění svůj *osobní postoj* k exaktnímu a kvantitativnímu uvažování, lze jen těžko předpokládat, že po ukončení studií ve své budoucí běžné činnosti nebo odpovědné funkci budou sledovat nějaké numerické analýzy či dokonce je doporučovat a s úspěchem využívat.

Před čtyřmi i osmi roky obdrželi účastníci Stakanu jako jeden z podkladů pro diskusi rozsáhlé příspěvky k výuce statistiky, takže jsem se při slovním doprovodu textu zaměřil jen na některé sporné nebo zajímavější oblasti. Týkalo se to nejen hlavního tématu, kterým byla *výuka statistiky pro nestatistiky*, ale i některých otázek studijních programů na oborech s převážně či výhradně *statistickým zaměřením*. Obsahově byla celá problematika rozdělená do následujících (myslím si, že pořád aktuálních) bodů. Některé z nich přesahovaly obsahové pojetí tehdy mnohem úžeji zaměřené debaty, takže jim byla věnována menší nebo téměř žádná pozornost. Pro připomenutí to byly tyto body:

1. Jaké je postavení statistiky v zahraničí a u nás?
2. V čem se statistika za posledních dvacet let změnila a co lze očekávat?
3. Co se od nás statistiků při výuce statistiky požaduje?
4. Jsme pedagogové, vědci nebo obojí?
5. Jakou formu výuky zvolit?
6. Jak jsme na tom se statistickou literaturou?
7. Jaký obsahový a časový rozsah výuky statistiky bychom doporučili?
8. Kdo a jak statistiku učí kromě nás?
9. Jaký by měl být obsah základního kurzu statistiky pro bakaláře?
10. Jaký by měl být obsah kurzu statistiky pro magistry na různých oborech?
11. Jaké máme naděje na obchodních, podnikatelských či MBA kurzech?
12. Jak organizovat studium na oboru *Statistika*?
13. Jak organizovat doktorské či jiné postgraduální studium statistiků?

Už v minulém vystoupení bylo jedním ze záměrů ukázat nejen na současný stav, ale zamyslet se nad obecně možným vývojem různých vědních oborů, nad interdisciplinárním přístupem k některým obecnější otázkám zpracování dat a v této souvislosti i nad očekávaným postavením statistiky v budoucnosti. Vzhledem k mému zájmu, jsem se i minule snažil vyvolat debatu o možnosti využití *bayesovského* pojetí pravděpodobnosti v základním kurzu pro nestatistiky a zmínit nezbytnost propojení některých metod s dalšími informacemi teoretického i empirického charakteru (tedy s informacemi pocházejícími odjinud než z analyzovaných dat) při větším zapojení lidského úsudku, a to zvláště při řešení úloh postrádajících bezprostřední analogii. Souvisí to nejen s filozoficky orientovanými debatami o *subjektivní pravděpodobnosti* a s odlišnými názory na různé možnosti pojetí výuky statistiky, na které jsem se v přednášce odvolával současně s prezentací jedné takto orientované učebnice. Má se to obecněji dotýkat otázky využití statistiky v oblasti společenských věd a inspirovat k zamyšlení nad všeobecně *nedostatečným využíváním* dat a nad běžnou absencí datových analýz při *rozhodování*.

Na závěr tohoto úvodu připomínám pár shrnujících poznámek k příspěvku z roku 1999, o kterých po letech s uspokojením konstatuji, že bych na nich dnes změnil pouze drobnosti, zatímco v zásadních bodech bych s nimi stále souhlasil.

Co chceme, aby si studenti z výuky statistiky odnesli?

A) Budoucí statistici absolventi oboru statistiky (na VŠE či jinde):

- Solidní matematické základy.
- Různé aspekty pravděpodobnostního a statistického myšlení.
- Široké znalosti statistických metod a technik.
- Způsob přípravy experimentu a organizace různých šetření a zjišťování.
- Vše co souvisí s přípravou a pořízením dat.
- Ovládání statistického počítačového zázemí.
- Práce s velkými databázemi a obecně rozsáhlými soubory.
- Znalost problematiky oboru či oblastí používání.

B) Nestatistici (jedno semestrový až tří semestrový kurz statistiky typu 2/0 až 2/2):

- Základy pravděpodobnostního a statistického myšlení.
- Pochopení významu čísel, charakteristik či ukazatelů.
- Argumenty proti přílišné demokratizaci statistiky.
- Schopnost předcházet bagatelizaci a vulgarizaci při používání statistiky.
- Odlišení různých typů dat a způsobů jejich pořízení.
- Důsledky agregace a kategorizace dat.
- Odlišení možností různých statistických metod.
- Plné pochopení jednoduchých ilustrativních úloh s výsledky z počítače.
- Schopnost debat nad výstupy z počítačů (vstup a výstup metod).

Co z toho plyne pro výuku statistiky pro nestatistiky?

- Ústup od převážně formálně matematického přístupu k výkladu.
- Výklad ve smyslu „les místo stromů a nadhled před podrobnostmi.“
- Minimum vzorců a podrobností o výpočetních algoritmech.
- Důkazy jen zcela výjimečně pro objasnění myšlenky.
- Významná úloha výběru a statistické literatury a kvality výkladu.
- Hluboké znalosti přednášejících a malá demokratizace statistiky.
- Výklad nemá být zaměřen tak, aby se absolventi kurzu stali statistiky.
- Užitečnost výuky statistiky u počítače je při nejmenším sporná.
- Čas nelze ztrácet psaním vzorců či výkladem počítačového postupu.
- Jsem přesvědčen, že teorii opakovaných výběrů student téměř nikdy nepochopí.

Undergraduate Statistical Education (podle S. S. Wilkse před 50 lety)

Na rozdíl od mých pesimistických obav o budoucnost uplatnění statistiky u nás je mnohem radostnější si znovu přečíst příspěvek *Samuela Stanleyho Wilkse* na pravidelném ročním setkání *American Statistical Association*, i když byl přednesen už v roce 1950! Proslov Wilkse byl velice zajímavý a hlavně je tak stále aktuální, že jej znovu uvedl prestižní časopis *The American Statistician* v prvním čísle minulého roku pod názvem *Undergraduate Statistical Education*. Wilks tehdy vyšel z jakoby už v té době nesporné skutečnosti, že vývoj přinesl všeobecné široké uplatnění statistiky a statistických metod ve všech oblastech veřejného života a vědeckého výzkumu. Wilks konstantoval (jakoby už na přelomu minulého století samozřejmou) skutečnost, že statistika a její uplatnění se už netýká jen profesionálních statistiků, ale tisíců lidí, kteří poznali nutnost stát se *inteligentními konzumenty* statistiky a statistických metod. Za vážný a dlouhodobě vleklý problém však už tehdy označil situaci v oblasti statistického vysokoškolského vzdělávání. Název i obsah příspěvku ukazuje, že se Wilks zabýval přesně stejnými otázkami, o kterých my už (říkejme o téměř 60 let později) stále debatujeme. Nevím, zda jeho myšlenky tehdy vstoupily do amerického vzdělávacího systému, ale každopádně jsem považoval za užitečné si jeho slova aspoň částečně připomenout.

Než přejdu k systému, který Wilks na setkání členů americké statistické asociace předložil, bych rád poznamenal, že kromě výše zmíněného všeobecného rozšíření oblastí využití statistiky byly pro mne rovněž velice překvapující další odstavce příspěvku, ve kterých Wilks řekl, že nemá v úmyslu zabývat se *postgraduálním statistickým vzděláním, protože podle jeho slov je tato oblast široce a úspěšně* ***vyřešena***. Důvodem byla (a snad stále jsou) *silná centra pro pokročilou výuku aplikované i teoretické statistiky s rostoucím počtem úspěšných absolventů a dalších schopných zájemců o studium*. V této souvislosti Wilks zmínil i *užitečný důsledek dřívějších rozsáhlých debat o způsobu výuky pokročilé statistiky a obrovské zásluhy řady význačných (v článku jmenovaných) statistických institucí i skutečnost, že na trhu je dostatek velice kvalitních knih a studenti mají k dispozici spoustu užitečných studijních materiálů*. Mohu jen konstatovat, že je mi velice líto, že pro argumentaci týkající se našeho dnešního postgraduálního studia na oboru statistika jsem nikdy neměl aspoň k nahlédnutí výsledky zmiňovaných debat o výuce pokročilé statistiky ani důsledky jím navrženého systému vysokoškolského statistického vzdělávání.

Méně už pro mne bylo překvapivé konstatování Wilkse, že zmíněný i další (v článku podrobně popsaný) růst zájmu o uplatnění statistiky odhalil, že

v USA (a určitě nejen tam) je spousta (říká tisíce) lidí nedostatečně statisticky vzdělaných a velmi málo vybavených elementárními základy statistiky. Většina z nich totiž nezískala téměř žádné nebo zcela žádné statistické vzdělání na střední ani vysoké škole. Wilks se pak nediví velkému zájmu o večerní studium o krátké kurzy nebo jednoduché knížky či jiné studijní materiály, který dodatečně projevují mnozí lidé s nejrůznějším zaměstnáním, zaměřením či odlišným odborným vzděláním. Někteří univerzitní učitelé statistiky se pak na této *ad hoc* zaměřené výuce aktivně podílejí, což je sice jistě chvályhodné, ale vůbec neřešící dlouhodobé potřeby v této oblasti. Podle Wilkse takové statistické vzdělávání připomíná (cituji volným překladem) *skupinu dočasných kasárenských baráků, které byly postaveny ve spěchu kousek po kousku, nepěkně vyhlížejících a stojících na velmi chatrných základech.* Wilks shrnuje, že pokud to je (říkejme *tehdy bylo*) zapotřebí nebo není k dispozici lepší řešení velkého zájmu o získání elementárních informací o statistice, nelze k tomu nic říci či namítat, ale dříve či později to stejně bude vyžadovat nějaký propracovanější systém.

Nemusím asi příliš vysvětlovat, že mi jeho slova zvláště v této části připadají velice současná. Dokonce natolik současná, že jsem se při prvním čtení mylně domníval, že jeho příspěvek je z poslední doby a nikoli přes půl století starý.

Podle Wilkse ve výuce základů statistiky je zapotřebí (cituji bez překladu):

„ *. . . We need in statistics elementary courses at elementary levels in which the student can concentrate on fundamental concepts and basic skills in a graduated manner, doing just enough problems and laboratory exercises to fix these ideas without losing himself in the meaningless manipulation of formulas. If these elements are presented clearly and systematically to a student early in his college career he will be in positron to use them with facility and understanding in later courses, in thesis work, and in life-sized problems. If properly organized this basic material can be presented eventually in a sequence of two full-year courses, just as the basic mathematics for students in the physical sciences and engineering . . .*“

Jaké s tím souvisí organizační aspekty výuky elementární statistiky?

a) Kdo a jak má učit základní kurzy statistiky?

Základy statistické analýzy a principy statistických úsudků jsou v zásadě stejné, když se odpovídajícím způsobem vyučují v biologii, ekonomii, matematice, psychologii či sociologii. Jde o elementární vysokoškolské kurzy a na různých školách mohou být odlišné přístupy k jejich zabezpečení. Někde existuje katedra statistiky, jinde může pro tento účel takto zaměřená katedra vzniknout a vzácností není, že taková výuka je svěřená katedře matematiky. Může se dokonce i stát, že (v rámci tzv. demokratizace statistiky) se budou snažit výuku statistiky nabízet i zástupci jiných (více či méně příbuzných) kateder a už teď je možné říci, že nejsou dobré zkušenosti s tím, když statistiku učí někdo jiný než statistik. Například katedry matematiky jen zřídka mají členy zaměřené výhradně nebo převážně na počet pravděpodobnosti a jsou tak soustředěny na klasickou matematickou výuku. Je pro ně velice obtížné si představit, že studenti ať už třeba v biologii či ve společenských vědách potřebují trénink kvantitativních metod, a pokud si takovou potřebu uvědomují, pak většinou nevidí žádné důvody k tomu, aby se výuka studentů ekonomie, sociologie či biologie nějak zásadněji odlišovala od klasického matematického vzdělávání fyzikálně či technicky orientovaných studentů. Poznamenejme, že pod dojmem existujících statistických paketů a *kuchařkovitých* návodů k jejich použití, se vedoucí pracovníci některých fakult či kateder (více než kdy dříve) domnívají, že si elementární statistické vzdělávání zabezpečí i sami vlastními silami bez statistiků. Osobně si myslím, že my statistici nutně potřebujeme najít takový způsob výuky základů statistiky, který bude na jedné straně plnohodnotným výkladem principů pravděpodobnostního i statistického myšlení a na druhé straně bude atraktivním seznámením s možnostmi statistických metod. Jinak riskujeme, že nám ujede vlak a může se stát i těm mladším, že nová šance už nepřijde.

Pozoruji už delší dobu, že náš přístup k výuce statistiky je poznamenán chybami, které se ve větší či menší míře projevují (podle mého názoru asi) téměř ve všech běžných způsobech výuky statistiky pro nestatisticky:

b) Tradiční výuka základního kurzu (říkejme aspoň ročního v rozsahu 2/2)

Problém je už na samém začátku, že výuka základů statistiky vychází z často neoprávněného předpokladu, že většina studentů je schopna logicky vnímat

výklad, trochu rozumí *číslům* a má aspoň minimalistické znalosti z matematiky (třeba v rozsahu nepovinného předmětu na nepřírodovědném gymnáziu). Při začátku kurzu se naráží na další rovněž mnohdy neoprávněný předpoklad, že je k dispozici taková učebnice *základů statistického myšlení*, kde je nejenom kvalitní výklad všech používaných pojmů, přehled potřebných vzorců, řada ilustrativních řešených příkladů i neřešených cvičení s výsledky, Ale i ukázkové úlohy, kde v rámci studovaného oboru a zaměření školy je možné se přesvědčit o užitečnosti kvantitativního přístupu. Pedagog, který si tyto skutečnosti uvědomuje, se pak (asi rovněž většinou neoprávněně) snaží suplovat výchozí neznalosti studentů, neexistenci odpovídající učebnice (*ušité na tělo probíhajícímu kurzu*) a vyložit na přednáškách vše tak, aby ti co si všechno z přednášek zaznamenají byli dostatečně vybaveni *povinnou literaturou*. Potíž je v tom, že toho je pak mnoho a v daném čase to přednášející ani technicky nemůže stihnout, natož aby studenti stihli si dělat jakýsi nadhled nad celým předmětem a vnímat pocit užitečnosti svých rozsáhlých poznámek z přednášek. Ti, co občas nebo dokonce vždy nepřijdou ani nemají možnost tento pocit získat, a ti co chodí pravidelně si spíše jen píšou než by o tom hlouběji přemýšleli. Na cvičeních to potom vypadá tak, že studenti nikdy nic nikde o statistice neslyšeli ani nepřečetli, takže cvičící si opět chybně vytvoří názor, že to teď bude muset studentům pořádně vysvětlit a navíc jim i ukázat, že leccos z toho počítač umí udělat po příslušných příkazech za nás. Domácí cvičení se už tradičně v českých podmínkách stávají spíše výzvou pro ty nejlepší, aby těm druhým pomohli odevzdat aspoň minimum. Toto vše každý z nás důvěrně zná a není potom vůbec divné, že u zkoušek to potom (opět většinově, ale naštěstí nikoli výhradně) působí dojmem, že žádná výuka nebyla, studijní materiály nejsou a počítačové zázemí příliš nepomáhá. Přes tento stav většina studentů zkoušku dříve či později udělá, aby členové jiných kateder i vedení fakult či školy nedošli k názoru, že ta statistika studentům příliš nepomáhá, pravděpodobnostní ani statistické myšlení nenabízí a konkrétní úlohy daného oboru neřeší. Po absolvování školy tito studenti s „úspěšně“ absolvovanou zkouškou ze statistiky konstatují, že jim to nic nedalo a svůj vnitřní odpor k *číslům* se promítá do jejich činnosti a stanou-li se později vedoucími pracovníky firmy, institucí, odborů atd. i do činnosti týmu, který řídí. Namítnete, že to není tak zlé, jak to zde popisuji, že je celá řada talentovaných, vědění chtivých studentů, kteří dobře vnímají potřebu kvantitativních znalostí. Máte jistě pravdu, ale to neřeší skutečnost, že způsob, kterým se statistika učí je částečně velice zastaralý a neodpovídající současným možnostem a částečně naopak příliš zahleděný do nutnosti (a neexistujícího tlaku) naučit statistiku nestatistiky dělat přímo s počítačem a tak je vybavit pro (jak se s oblibou říká) *praktický život*.

Wilks tedy žádal už v roce 1950 aspoň minimální znalosti z pravděpodobnosti a logiky ze střední školy. Dále pak na vysoké škole dvouleté plnohodnotné kurzy statistiky (nejlépe hned v prvním a druhém ročníku studia), které budou zabezpečené dobrými učebnicemi a kvalitními pedagogy (jak říká *netoužícími po výzkumu ani význačných institucích*), ale připraveni právě na závažný úkol popularizace statistiky ve vědomí veřejnosti s tím, že zároveň nabídnou nejlepším studentům možnost získat základy pro hlubší pochopení metod výzkumu v dalším studiu i rozhodovací znalosti v běžném životě. Vzhledem ke stále aktuálnosti tohoto již 56 let starého příspěvku pro *110th Annual Meeting of the American Statistical Association, Chicago, 28. 12. 1950* si dovoluji shrnout hlavní myšlenky Wilkse do krátkého závěru této části mého vystoupení.

1. Už v roce 1950 považuje Wilks otázku statistického vzdělávání na vysokých školách za největší problém a hlavní úkol pro statistiky ve druhé polovině 20. století. Úkol může být splněn, když se najde schopnost reagovat na úlohu statistiky ve výrobních a obchodních úlohách, jakož i ve všech oblastech výzkumu. Na vzdělávací škále to musí jít dostatečně *dolu a hluboko, protože to je učeno pozdě a povrchně*! Mnozí opouštějí vysokou školu nedotčeni nejen speciálně statistikou, ale kvantitativním myšlením vůbec.

2. Podstatou řešení jsou two full years courses, obsahující základy pravděpodobnosti, statistiky, logiky a experimentální filozofie, přičemž je nutné mít aspoň nějaké znalosti z matematiky.

   Poznámka PH: Dnes k tomu přistupuje (cituji z materiálů QMSS při ESF) *katastrofický nedostatek kvantitativního vzdělání pracovníků ve společenských vědách*, jakož i zaběhnutá snaha statistiků naučit studenty mačkat *správné* počítačové klávesy a provádět *nejlepší* volby z nabídek statistických paketů. Již mnohokrát jsme diskutovali problémy výuky, ale jakékoli zlepšení nevidím.

3. Elementární kurzy statistiky by měli učit statistici. Vzhledem k tomu, že ti dobří odcházejí jinam, by to mohli být přednostně B. A. či M. A. studenti anebo skupina učitelů, která se právě pro tuto výuku nejlépe hodí.

4. Dvouletý kurz by měl být nejlépe v prvním a druhém ročníku VŠ studia, takže přicházející studenti musí mít už ze střední školy jisté základy, aby to mohli dobře chápat.

5. Pro střední školy to znamená úkol vytvořit časový prostor pro výuku, přičemž si Wilks myslí, že zde by měli matematici upustit od výkladu třeba trigonometrických rovnic, prostorové geometrie, vypustit neefektivní důkazy ve prospěch myšlenek elementární pravděpodobnosti, statistiky a hlavně logiky.

   Wilks končí slovy ....*the chalenge is great and it must be met.*

   Poznámka PH: Pochopitelně Wilkse tehdy nemohlo napadnout zmínit nebo dokonce doporučit vhodné řečení pro situaci, kdy matematika je zcela vytlačována ze středních i ekonomických VŠ, na gymnáziu často existuje jen jako nepovinný předmět, ze kterého tedy většina studentů ani nematuruje a výklad logiky či jiných příbuzných oblastí téměř neexistuje. Netušil, že po 57 letech budeme stát před situací, kdy postoj univerzit či jiných vysokých škol ke kvantitativnímu vzdělání obecně je více než sporný a získat dvouletý plnohodnotný prostor pro výuku nestatistiků téměř nepřichází v úvahu.

Klasický či bayesovský přístup k výkladu elementární statistiky?

Asi před čtrnácti dny po ukončení nepovinného kurzu Bayesovské statistiky jsem dostal pro mne velice příjemné hodnocení a vyjádření jednoho z účastníků tohoto kurzu, který je ve čtvrtém ročníku našeho oboru. Z jeho dvoustránkového dopisu vybírám jednu část, kde říká.

„. . . úplně jsem nevěděl, co bych měl od tohoto předmětu očekávat a spíše jsem si ho zapsal ze zkušenosti s předměty absolvovanými s Vámi. Musím ale říct, že jsem byl velmi příjemně překvapen. Po absolvování předmětu se pro mě sice pan Bayes a jeho přístup ke statistice nenastali něčím, čemu bych bezmezně důvěřoval a zavrhl veškeré poznatky o klasických přístupech, ale znamená to pro mě poznání, že bayesiánství je více než jen Bayesův vzorec a je mnohdy velmi užitečné se na statistiku dívat i přes bayesovské brýle. Navíc to byla opravdu příjemná změna, kdy se člověk může dívat na statistiku v trošku lidštější formě. V rámci výuky na VŠE na to bohužel ve většině případů nezbývá čas. Zajímavý byl pak článek o výuce statistiky už od počátku na bayesovských základech. Z vlastních zkušeností vím, že orientovat se ve statistických základech je pro začátečníka velmi obtížná záležitost. Neříkám, že by se měla změnit koncepce výuky statistiky na bayesovský přístup, ale pro obor Statistika by tento předmět měl být povinný – podat studentům statistický základ tak, jak to bylo v článku pojato, tedy že na většinu věcí

mohou přijít sami. To v klasické statistice z pohledu začátečníka jde opravdu ve velmi málo případech . . . “

Za téměř třicet let (postupně menšího až dnes většího) zájmu o bayesovský přístup k pojetí pravděpodobnosti a induktivních, deduktivních a reproduktivních úsudků jsem postupně přecházel od osoby Thomase Bayese a začátků neobayesiánství či pozdějšího bayesiánství, přes bayesovskou teorii, bayesovské výpočty až k bayesovským aplikacím a dnešním snahám vyučovat základy počtu pravděpodobnosti a základů statistiky z bayesovského hlediska. Článků na toto téma mám desítky, ale zde zmiňuji jen jeden, ale pokud jde o bayesovsky orientované knihy, jež mne zaujaly, uvádím je v pořadí jak vycházely:

Edward E. Leamer.: Ad Hoc Inference with Nonexperimental Data. Wiley 1978.
Chamont Wang.: Sense and Nonsense of Statistical inference. Dekker 1993.
José M. Bernardo – Adrian F. M. Smith: Bayesian Theory. Wiley 1994.
Christian P. Robert: The Bayesian Choice. Springer 1994.
Donald A. Berry: Statistics – A Bayesian Perspektive. Duxbury Press 1996.
Mike West – Heft Harrison: Bayesian Forecasting and Dynamic Models 1997.
Bradley Efron: R. A. Fischer in the 21st Century. Statistical Science 1998.
S. James Press – Judith M. Tanur: The Subjektivity of Scientists and the Bayesian Approach. Wiley 2001.
William M. Bolstad: Introduction to Bayesian Statistics. Wiley 2004.

Odmysleme si souboj mezi *subjektivisty* a *objektivisty*, který trval přibližně dvě století a respektujme současný stav, kdy kritika bayesovského způsobu myšlení je už spíše *umíněností*, částečnou nebo úplnou *neznalostí argumentů* anebo jen *neochotou* některých klasiků respektovat vývoj, ke kterému v této oblasti nesporně došlo. Bayesovský přístup přestal být veřejně kritizován, i když se ještě dnes v soukromých debatách či polemikách setkám s výroky typu *. . . je to možná zajímavé, ale já se zabývám něčím jiným; není to můj šálek kávy; příliš tomu nevěřím . . .* či s podobnými dalšími. Za zlomový považuji rok 1997, kdy M. Kendall do slavné série knih (pod společným zastřešujícím názvem *Advance Theory of Statistics*) zařadil díl 2e pod názvem *Bayesian Inference*, jehož autorem je *D. W. Lindley*. Je možné bez přehánění říci, že dnes neexistuje významný statistický časopis, který by pravidelně nezařazoval nejrůzněji zaměřené články k rozvoji bayesovské statistiky. Výše uvedená kniha o subjektivitě vědců je nádherným důkazem, že dvanáct pro knihu vybraných osobnosti (Aristoteles, Galileo Galilei, Viliam Harvey, Isaac Newton, Antoine Lavoisier, Alexander von Humboldt, Michael Faraday, Charles Darwin,

Louis Pasteur, Sigmund Freud, Marie Curie a Albert Einstein), všeobecně považovaných za ikony vědy, jednoznačně svým přístupem demonstrují potřebu i schopnost vědeckého využití osobního přesvědčení, intuice, předchozích znalostí. Tito odborníci ve své profesi prokázali význam subjektivity pro získání nových poznatků a schopnost její kombinace s empirickými výsledky bádání.

Přibližně rok 1996 znamenal i začátek období rozsáhlých debat o přednostech různých způsobů výuky statistiky pro nestatisticky, a tedy i o možnosti vyučovat statistiku pro nestatistiky z bayesovského hlediska. Od tohoto roku také začaly častěji vycházet takto zaměřené učebnice kombinované s argumenty ve prospěch bayesovského přístupu, i když takové publikace existovaly už v šedesátých letech (např. učebnice *D. Blackwella:* Basic Statistics. McGraw-Hill 1969). Tyto knihy pochopitelně využívají apriorní znalosti o posuzované skutečnosti a používají Bayesův vzorec jako nástroj kombinace dosavadních znalostí s výsledky provedených pokusů či získaných nových pozorování a zjišťování. Cílem příznivců bayesovského způsobu myšlení v těchto debatách o vhodném způsobu výuky statistiky výuce bylo a je prokázat, že klasická teorie opakovaných pokusů nevyužívá pro výpočet pravděpodobností nic z daného konkrétního výběru, ale opírá se výhradně jen o hůře představitelnou situaci *všech možných výběrů* z dané populace. Bayesovci tvrdí, že výsledky *opakovaných výběrů* nebo pojmy typu výběrové rozdělení jsou pro začátečníka mnohem méně pochopitelné a představitelné, a navíc jejich využití vede k méně přesným výsledkům než jednodušší bayesovský přístup. Podle bayesovců by tedy pro rozhodnutí, jak učit statistiku pro nestatisticky, mělo být podstatné, zda jednodušší, pochopitelnější a přesnější jsou *klasické* úsudky (založené na teorii opakovaných výběrů) anebo bayesovské úsudky opírající se o kombinaci apriorní informace a nově získaných dat při využití Bayesova vzorce pro získání posteriorního rozdělení a jeho charakteristik.

Pro aspoň orientační představu o jedné části bayesovské argumentace si ukažme aspoň jeden z řady příkladů výše jmenované knihy Williama Bolstada (Introduction to Bayesian Statistics. Wiley 2004), který se týká odhadu populačního podílu:

Tři studenti byli požádáni, aby vyjádřili svůj postoj k π, což je podíl trvale bydlících osob v Hamiltonu podporujících výstavbu kasina v jejich městě. *Anna* si myslí, že její apriorní průměr (podíl) je $0,2$ a její směrodatná odchylka je $0,08$. Použití beta rozdělení jako modelu jejího postoje vede k parametrům $a = 4,8$ a $b = 19,2$. *Bart* žije v Hamiltonu teprve krátce, nezná kritické debaty k myšlence výstavby kasina a na dotazovaný podíl nemá žádný názor a nic o něm neví. Zná teorii doporučující jako model beta rozdělení a pro něj parametry jsou $a = b = 1$. *Chris* neumí použít beta roz-

dělení a svůj postoj vyjádřil pomocí vah, které upravil tak, aby získal spojité apriorní rozdělení. Po úpravách dostáváme apriorní rozdělení ve tvaru

$$g(\pi) = \begin{cases} 20\pi & \text{pro } \pi \text{ od } 0,0 \text{ do } 0,2 \\ 0,2 & \text{pro } \pi \text{ od } 0,2 \text{ do } 0,3 \\ 5 - 10\pi & \text{pro } \pi \text{ od } 0,3 \text{ do } 0,5 \end{cases}$$

Úmyslně je použito apriorní rozdělení ve třech různých podobách a z prvního obrázku (označený jako Figure 8.2 na následující straně) je vidět, že se tato apriorní rozdělení zřetelně liší. Tito tři studenti dostali náhodný výběr $n = 100$ trvale bydlících osob Hamiltonu, ze kterých jich 26 vyjádřilo podporu výstavbě kasina, zatímco zbývajících 74 se vyjádřilo proti. *Anna* má posteriorní rozdělení beta s parametry $30,8$ a $93,2$, *Bart* ná posteriorní rozdělení rovněž beta, ale s parametry 27 a 75, zatímco výpočet posteriorního rozdělení *Chrise* vyžaduje numerickou integraci součinu apriorního rozdělení a věrohodnostní funkce (Bolstad nabízí na internetu dostupné makro Minitabu). Druhý obrázek (označený jako Figure 8.3 na následující straně) ukazuje, že opticky se od sebe posteriorní rozdělení všech tří studentů málo liší a potvrzuje to i tabulka charakteristik i následující tabulka charakteristik posteriorního rozdělení.

Pro větší přehlednost shrnutí hlavních bodů *Bolstada* (týkajícího se odhadu podílu)

(podrobnější velmi jednoduchý a srozumitelný výklad je v příslušné kapitole citované knihy)

- Vztah: *posteriorní rozdělení je úměrné součinu apriorního rozdělení a věrohodnostní funkce* je podstatný pro určení tvaru posteriorního rozdělení. Potřebné konstanty je třeba vypočíst tak, aby se integrál z hustoty pravděpodobnost rovnal jedné.
- Je-li apriorní rozdělení beta s parametry a, b je posteriorní rozdělení rovněž beta s parametry $a+y$, $b+y$, kde y je počet výskytů sledovaného jevu z n náhodných pokusů (n náhodně vybraných jednotek souboru z populace).
- Nevíme-li nic o π, můžeme použít beta rozdělení s parametry $a = b = 1$.
- Máme-li nějakou apriorní znalost o neznámém podílu, můžeme ji vyjádřit pomocí vah, které lze lineární interpolací převést na spojité apriorní rozdělení.
- Posteriorní střední hodnota je odhad, který má nejmenší posteriorní čtvercovou chybu. Je to optimální *post-data* odhad.

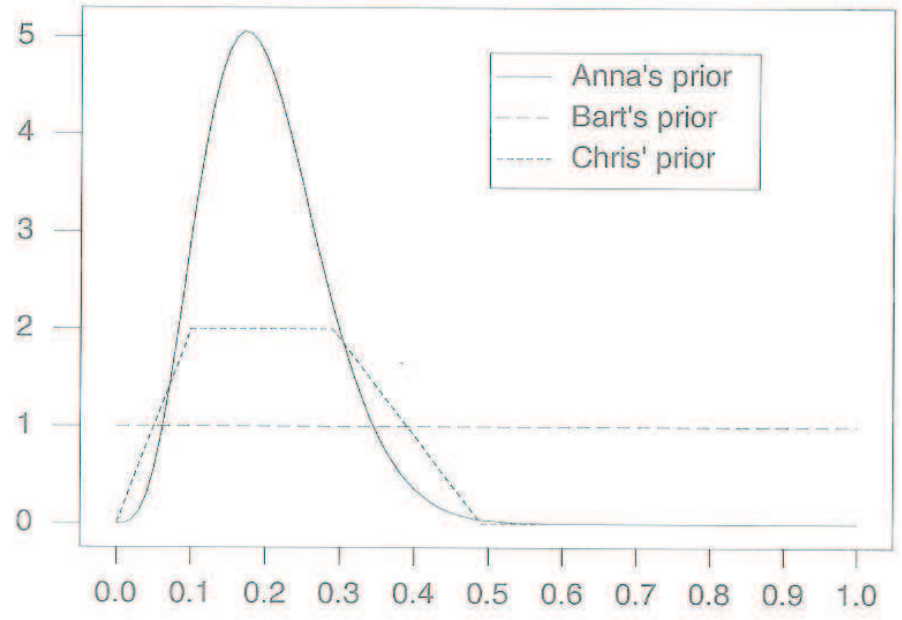


Figure 8.2 Anna's, Bart's, and Chris' prior distributions.

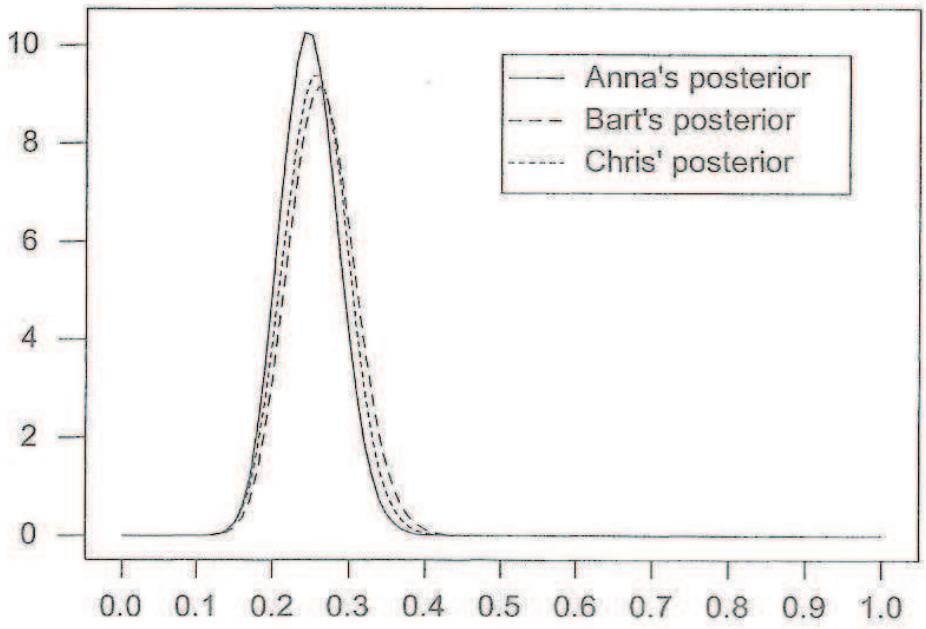


Figure 8.3 Anna's, Bart's, and Chris' posterior distributions.

Osoba	Posteriorní rozdělení.	Střední hodnota	Medián	Směrodatná odchylka	Kvadrilové rozpětí
Anna	B(30,8;93,2)	0,248	0,247	0,039	0,053
Bart	B(27,0;75,0)	0,270	0,263	0,044	0,059
Chris	Numerické	0,261	0,255	0,041	0,057

Anna, Bart i Chris vypočítali svůj dvoustranný 95% *credible interval* (pojem, který pro odlišení od klasického *intervalu spolehlivosti* Bolstad úmyslně používá). Výpočet je provedený přesně (na základě uvedených hustot) i s využitím normální aproximace, aby bylo možné srovnání rozdílů obou výpočtů. Výsledky jsou v následující tabulce.

Osoba	Posteriorní rozdělení.	*Credible Interval* – přesně	*Credible interval* – normální aproximace
Anna	B(30,8;93,2)	0,177 až 0,328	0,172 až 0,324
Bart	B(27,0;75,0)	0,184 až 0,354	0,183 až 0,355
Chris	Numerické	0,181 až 0,340	0,181 až 0,341

- $(1-\alpha)100\%$ bayesovský *credible interval je interval*, který má posteriorní pravděpodobnost $1-\alpha$, že obsahuje hodnotu odhadovaného parametru.

Klasický interval spolehlivosti

Klasické intervaly spolehlivosti všichni dobře známe, takže jakýkoli výklad je snad zbytečný. Vyjděme z toho, že běžném klasickém vnímání je parametr (v tomto případě π alternativního rozdělení) nějaká neznámá *konstanta*. Proti tomu krajní body intervalu spolehlivosti (D, H) jsou *před provedením výběru* náhodné veličiny, zatímco *po provedení výběru* jsou to vypočtené hodnoty těchto veličin. Jakmile tedy konkrétní výběr byl proveden už nic náhodného není. Pak vypočítaný interval buď obsahuje neznámou hodnotu parametru či nikoli, ale my nevíme, který z těchto dvou případů nastal. Na tento interval se už tedy dále nemůžeme dívat jako na náhodný. Podle klasického (četnostního) paradigma je správná interpretace, že $(1-\alpha)100\%$ náhodných intervalů (ze všech možných), vypočítaných tímto způsobem, bude obsahovat skutečnou hodnotu neznámého parametru π . V tomto smyslu máme tedy $(1-\alpha)100\%$ *důvěru* (úmyslně využívám možnosti neoznačit slovo *confidence* za spolehlivost, ale častějším slovníkovým překladem – poznámka PH), že právě náš interval hodnotu π obsahuje. Bayesovci říkají, že činit pravděpodobnostní úsudky na základě takto pojímaných intervalů spolehlivosti představuje chybnou a zavádějící interpretaci. K tomu se ještě vrátíme v závěrečné diskusi o výhodách a nevýhodách jednotlivých přístupů.

Po použití normální aporoximace interval spolehlivosti pro π je známý běžně používaný interval

$$p \pm u_{1-\alpha/2}\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}},$$

kde $p = y/n$ je výběrová relativní četnost a $u_{1-\alpha/2}$ je $(1-\alpha/2)100\%$ kvantil normovaného normálního rozdělení.

Srovnání klasického intervalu spolehlivosti s bayesovským *credible* intervalem

Pravděpodobnostní výpočty pro interval spolehlivosti jsou založené na *výběrovém rozdělení* použité statistiky. Jinými slovy, jak se hodnoty této statistiky mění (liší) ve všech možných výběrech. Z toho vyplývá, že pravděpodobnosti s tím souvisící jsou *pre-data*, protože nezávisí na konkrétním posuzovaném výběru. To je zásadní rozdíl ve srovnání s bayesovským *credible* intervalem, který se určuje na základě posteriorního rozdělení, takže má přímou pravděpodobnostní interpretaci (ve smyslu bayesovského *degree of belief*), která je podmíněná napozorovanými daty. To je pro výzkumníka velmi užitečné.

Může se (ale nemusí) zajímat se i o skutečnosti, které nenastaly, ale mohly nastat. Bayesovský přístup je *post-data*, protože sumarizuje informaci, která je získaná z dat, jež bylo úkolem posoudit.

V našem příkladu klasický 95% interval spolehlivosti je

$$0,26 \pm 1,96\sqrt{\frac{0,26 \cdot 0,74}{100}},$$

což je tedy interval od $0,174$ do $0,346$. Rozdíly nejsou velké pro $n = 100$, ale přesto je vidět, že z hlediska délky intervalu (přesnosti odhadu), je klasický interval srovnatelný jen s intervalem *Barta* (který žádnou apriorní představu neměl), ale je zřetelně horší než *credible* intervaly obou zbývajících studentů (kteří jistou výchozí představu využívali).

Na závěr si ještě jen velice stručně připomeňme hlavní a nejčastější argumenty, které byly probírány v referátech i diskusi po přednáškách Donalda A. Berryho, Davida S. Moora a Jima Alberta při příležitosti setkání statistiků v Chicagu v srpnu 1996 a uvedl je *The American Statistician* v čísle 3 v roce 1997 na str. 241 – 268.

Výchozí referát přednesl Donald A. Berry pod názvem *Teaching Elementary Bayesian statistics with Real Applications in Science*. Berry je i autorem výše uvedené učebnice základů statistiky z bayesovského hlediska a před přibližně deseti roky už byl jedním z nejvýraznějších propagátorů výuky kurzu statistiky z bayesovského hlediska. Berry polemizuje s názorem, že bayesovská statistika není vhodná pro výuku elementárního kurzu. Snaží se ukázat výhody, které může právě tento přístup studentům přinést. Podle jeho názoru je bayesovský přístup ve vědě vhodnější než klasický. Platí to především ve výuce, kdy lze jen velmi těžko přenést na studenty svoje osobní zkušenosti a cit pro volbu vhodné metody, případně její modifikaci při řešení konkrétní úlohy klasickými postupy. Postupně se zabývá nejčastějšími důvody skutečnosti, že existuje jen málo základních (všichni víme, že i pokročilých – PH) bayesovských kurzů. Říká, že (srovnejme s ČR – PH) na většině univerzit existují bayesovské kurzy, ale jen velmi málo z nich nabízí tyto kurzy i začátečníkům. Dokonce i skalní zastánci bayesovského přístupu vyučují základní kurzy většinou z klasického pohledu. Jmenuje tyto nejčastěji uváděné důvody této skutečnosti.

1. Bayesovská statistika je příliš komplikovaná na to, aby byla přednášena v základních kurzech.

   Právě naopak. Bayesovský přístup je založen pouze na některých základních myšlenkách, ze kterých se odvíjí vše ostatní. Studenti musí být schopni sledovat logický vývoj problému a musí být ochotni myslet, ale to je vše. Na rozdíl od logického vývoje a intuitivní interpretace výsledků bayesovského přístupu, jsou klasické metody téměř nepochopitelné i pro ty nejlepší studenty. Například intervaly spolehlivosti. Mnoho vyučujících (a dokonce i některé knihy) se dopouštějí nepřesností při interpretaci intervalů spolehlivosti. Vypočítat interval spolehlivosti je jednoduché, ale téměř každý (kromě odborníků) se domnívá, že 95% interval spolehlivosti např. 2,6 až 7,9 říká, že s pravděpodobností 95% zjišťovaný parametr leží v intervalu od 2,6 do 7,9. p-hodnoty jsou stejně podivné a vších (snad kromě statistiků) dávají klasickým výsledkům inverzní bayesovskou interpretaci. Někteří statistici se domnívají, že bayesovská statistika je obtížná, protože ji sami nerozumějí, nebo zastávají názor, že bayesovský přístup má být vyučován v pokročilých kurzech, podobně jako regresní analýza nebo neparametrické metody. Ve skutečnosti se však bayesovský pohled uplatňuje na celou statistiku a také na celou vědu.

2. Bayesovský přístup je subjektivní.

   Ano je aspoň podle mého názoru (říká Berry). Základem všech bayesovských úsudků a rozhodnutí je současné rozdělení různých neznámých (myslí se apriorní, pokud se vztahuje k začátku experimentu a posteriorní, pokud závisí na výsledcích pokusu). Každý jednotlivec má své vlastní rozdělení pravděpodobností neznámých. Posteriorní rozdělení dvou lidí účastnících se jednoho pokusu jsou obvykle bližší než rozdělení výchozí, ale nikdo nemůže zaručit, že se názory lidí budou shodovat, a to dokonce ani pod tíhou přesvědčivých důkazů. V tomto smyslu bayesovský princip odpovídá vědeckému přístupu. Mezi lidmi převládá představa, že věda je objektivní. Proto by i statistici měli být objektivní jako u klasického přístupu. Tato představa je však mylná ve většině vědeckých přístupů se používají výrazy jako . . . bylo všeobecně přijato, věřili jsme nebo pokud věříme. To, co je ve vědě známo, je obvykle to, čemu většina vědců věří, i když možná ne všichni. Věda se vyvíjí upravováním a opravováním názorů po získání nových informací. Vědci málokdy používají Bayesův vzorec, ale kdyby ho použili byla by jejich komunikace mnohem efektivnější.

3. Bayesovci se nemohou shodnout na výchozím rozdělení.

   Ano nemohou. Neexistuje žádné jediné apriorní rozdělení, které by bylo vhodné pro každou situaci. Pokud by existovalo, ztratily by se tím mnohé výhody bayesovského přístupu. Bayesovci používají informace, získané mimo daný pokus. Tyto informace mohou být těžko shodné ve dvou situacích. Touha po jediném výchozím rozdělení je přenesena z klasického přístupu a svědčí o nepochopení velmi důležitého rozdílu mezi těmito dvěma pohledy: Bayesovský přístup používá i k vytváření úsudku všechny dostupné informace, zatímco klasický přístup využívá pouze data získaná experimentem nebo zjišťováním. Neexistence předepsaného výchozího rozdělení je velkou silou bayesovského pohledu, protože zabraňuje mechanické analýze sebraných dat. Statistici jsou nuceni zjistit vše, co znají vědci i jak k tomu došli a to zvyšuje míru spolupráce mezi příslušníky jiných oborů a statistiky. Také to lépe umožňuje statistikům navrhovat další směr vývoje pokusů, které by jinak nemuseli provádět.

4. Návrh nového kurzu vyžaduje vyšší úsilí.

   To je zajisté pravda. A možná to je jeden ze základních důvodů, proč se základní bayesovské kurzy nepřednášejí. Ale to se možná brzy změní.

   (Zatím se tak nestalo i když sylaby a učebnice přibývají – poznámka PH.)

5. Studenti potřebují znát klasické metody a přístupy.

   Dnešní studenti (říká Berry v roce 1996) dostudují v době, kdy klasické metody v praxi převažují. Je student, který absolvoval kurzy z bayesovské statistiky znevýhodněn? Například intervaly spolehlivosti. Studenti bayesovských kurzů se naučí určovat posteriorní rozdělení a pravděpodobnostní intervaly těchto rozdělení. Je snadné vysvětlit, že interval spolehlivosti je vlastně pravděpodobnostní interval při výchozím rovnoměrném rozdělení. Podobný vztah existuje i pro testování hypotéz. Ocitnou se vlastně ve výhodě. Vědí, že obvyklá (a nesprávná) interpretace intervalu spolehlivosti (že zjištěný interval obsahuje neznámý parametr s jistou pravděpodobností) platí pouze při zvláštních výchozích informacích. Někteří lidé tvrdí, že bayesovský přístup je ve vědě málo využíván, a proto by neměl být vyučován. Tento argument je nejen nepodstatný, ale navíc ani není pravdivý. Vědci sice Bayese většinou odmítají, ale obvykle sami uvažují jako Bayes, ať již jeho vzorec znají či nikoli (viz uvedená kniha o subjektivitě vědců PH). Kupříkladu si upravují názor podle výsledků pokusu.

6. Neexistují žádné vhodné výukové materiály.

   To může být problém. Učebních textů opravdu není mnoho, ale tento problém se možná podaří časem odstranit. Tím se však dostáváme do určitého kruhu. Nedostatek textů vede k vyučování klasického přístupu, a tím pádem žádné bayesovské texty nejsou zapotřebí.

Pokračování Berryho příspěvku i dalších dvou, které přednesli (zastánce klasického způsobu výuky) David S. Moore pod názvem Bayes for Beginners? Some Reasons to Hesitate a (rovněž příznivec bayesovského pohledu) Jim Albert pod názvem Teaching Bayes' Rule: A Data-Oriented Approach, jakož i reakce v následné diskusi si nechám v případě zájmu a času až pro samotnou přednášku. Nemyslím však, že je to nutné, protože zájemci mají možnost si vše sami důkladně přečíst a zaujmout názor podle originálu, což je určitě vhodnější.

Adresa: Petr Hebák, Katedra statistiky a pravděpodobnosti, Fakulty informatiky a statistiky, Vysoká škola ekonomická v Praze

E-mail: `hebak@centrum.cz`
Telefon: `+420 606 657 456`

SPOLUPRÁCE MEZI ČSÚ A UNIVERZITOU TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ

Pavel Hrbáček a Pavel Stříž

Abstract: The article informs about three-year cooperation between Czech Statistical Office in Zlín and Tomas Bata University in Zlín. At the beginning of this cooperation, both institutions agreed with and signed the official document listing specific and also general items of the agreement.

1. O spolupráci

V polovině září 2004 navštívil pracoviště informačních služeb tehdejší Krajské reprezentace Českého statistického úřadu ve Zlíně doktorand Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně ing. Pavel Stříž, za účelem získání statistických podkladů pro zpracování své disertační práce. Z následné diskuse, která pak proběhla u ředitele krajské reprezentace ČSÚ (dále jen KR) ing. Pavla Hrbáčka bylo nejen dohodnuto předání potřebných dat ke zpracování zadaného úkolu, ale nastínily se i možnosti spolupráce mezi oběma institucemi, jako např. poskytování dat studentům pro vypracování seminárních nebo diplomových prací, bezplatné předávání potřebných informačních materiálů pro studijní potřeby fakulty, hostování zaměstnance ČSÚ v předmětu Metody statistické analýzy, či přidání odkazu internetových stránek KR Zlín na webové adrese fakulty.

2. O dohodě

Ještě koncem měsíce proběhlo na půdě zlínské univerzity první oficiální jednání představitelů fakulty a KR, na kterém zástupci obou subjektů potvrdili velký zájem o spolupráci s tím, že kromě již sjednaných okruhů by obě strany dle potřeb a svých možností vzájemně spolupracovaly i v dalších oblastech (hledání vhodných témat pro zpracování analytických publikací a studentských prací, konzultování možných přístupů při vyhodnocování statistických dat, využívání vhodných matematicko-statistických metod v regionálních analýzách, účastí na vybraných jednorázových akcích druhé strany aj.).

Vzhledem k tomu, že se jednalo o poměrně široký okruh zájmů, bylo dohodnuto, že se sjedná písemná smlouva o spolupráci. Návrh dohody se při konzultacích musel několikrát přepracovávat, to však neovlivnilo postupné naplňování předjednané formy spolupráce. V první polovině roku 2005 se

KR prezentovala v první hodině letního semestru studentům 1. a 2. ročníku studia v předmětech Metody statistické analýzy a Aplikovaná statistika. Fakulta vypsala bakalářské a diplomové práce z oblasti demografické statistiky a pomáhala při stanovení vah pro párové srovnávání u demografických ukazatelů do publikace KR Demografický, sociální a ekonomický vývoj Zlínského kraje v letech 2000 až 2004.

Předseda ČSÚ, ing. Jan Fischer, CSc., souhlasil s písemnou dohodou s tím, že bude uzavřena na nejvyšší úrovni, to je mezi ČSÚ a univerzitou. Rektor univerzity, prof. Ing. Petr Sáha, CSc., s tímto návrhem rovněž souhlasil, takže po dalších dílčích textových úpravách a zapracování připomínek právních oddělení byl dokument připraven k podpisu. Bylo dohodnuto, že k oficiálnímu setkání představitelů obou institucí a k slavnostnímu podepsání dokumentu dojde na půdě univerzity.

Vzhledem k vysokému pracovnímu vytížení předsedy a rektora se nakonec podařilo zorganizovat setkání až na třetí termín 23. května 2005. Za ČSÚ se s panem předsedou zúčastnili tohoto slavnostního aktu ještě vrchní ředitel sekce regionálních orgánů ing. Jiří Rolenc, ředitel KR ing. Pavel Hrbáček a vedoucí oddělení informačních služeb KR ing. Soňa Vařeková. Delegaci univerzity vedenou rektorem tvořili dále proděkan Fakulty managementu a ekonomiky pro vědecko-výzkumnou činnost a propagaci doc. Ing. Roman Bobák, Ph.D. (za nemocného děkana doc. PhDr. Vnislava Nováčka, CSc.), dále ředitel ústavu informatiky a statistiky doc. Ing. Rudolf Pomazal, CSc., a lektor statistických předmětů ing. Pavel Stříž. Po úvodních slovech nejvyšších představitelů těchto institucí a podepsání dohody, následovala diskuze, při které obě strany mimo jiné vysoce vyzdvihly možnosti spolupráce, a na závěr proběhla tisková konference s novináři. O uzavření dohody byly zveřejněny tiskové zprávy a také informace na intranetu ČSÚ a v místním univerzitním časopise Universalia.

3. Forma a způsoby spolupráce

Postupně se naplňovaly a dále rozvíjely dohodnuté formy a způsoby spolupráce:

- na konferenci Ústavu veřejné správy a regionálního rozvoje pracovníků UTB vyšel článek ing. Stříže a ing. Kasala z FaME o spolupráci mezi UTB a ČSÚ a o vydaném Lexikonu obcí ČR,
- děkanovi FaME byl ředitelem KR předán dárkový výtisk publikace Lexikon obcí ČR a Pramenné dílo ze sčítání lidu domů a bytů v ČR 2001,
- ČSÚ Zlín průběžně předává do knihovny univerzity vlastní publikace v tištěné i elektronické podobě,

- fakulta vytiskla skripta pro studenty „Metody statistické analýzy“ s desetistránkovou přílohou prezentace o ČSÚ,
- fakulta nabídla možnost výuky předmětu Metody statistické analýzy zaměstnanci ČSÚ Zlín,
- pro studenty denního a kombinovaného studia připravil ČSÚ Zlín na jaře 2006 i v letošním roce jednohodinové prezentace o činnosti ČSÚ se zaměřením na krajské pracoviště (první ročníky) a o používaných databázích na krajských pracovištích (druhé ročníky),
- v loňském zimním semestru se poprvé uskutečnila prezentace ČSÚ pro studenty 4. ročníku na téma Zahraniční databáze se zaměřením na evropská data v rámci předmětu Ekonometrie v podání ing. Martina Černého z odboru veřejných databází ČSÚ. Přitom bylo dohodnuto její pravidelné každoroční opakování,
- na webových stránkách ČSÚ Zlín mají studenti FaME odkaz na soubory prezentací, které jim byly odpřednášeny a které si mohou stáhnout,
- po prezentacích vždy vzrostl zájem studentů o statistické informace, který se mimo jiné projevil v posledních dvou letech ve zvýšené návštěvnosti webových stránek ČSÚ Zlín v měsících únor až duben,
- fakulta na vyžádání ČSÚ Zlín vypracovala další posudek ke stanovení vah při párovém srovnávání požadovaných ukazatelů tentokrát pro další statistickou publikaci Vývoj lidských zdrojů ve Zlínském kraji v letech 2000 až 2005,
- zástupce fakulty je zván na veřejné prezentace ČSÚ ve Zlíně k vydávaným publikacím, naopak zástupce ČSÚ se zúčastňuje konferencí, které pořádá fakulta,
- v dubnu 2007 se uskutečnilo setkání děkana fakulty a regionálního zmocněnce ČSÚ,
- poslední akcí, která byla společná, byl příspěvek na semináři o výuce a aplikacích statistiky STAKAN 2007, který pořádala Česká statistická společnost ve dnech 25. – 27. května na Rusavě (okres Kroměříž). V prezentaci pro kantory statistiky byly zmíněny zkušenosti, úspěchy i neúspěchy za poslední tři roky, kdy byla připravována a realizována dohoda o spolupráci mezi oběma subjekty.

4. Shrneme-li

Bilancujeme-li poslední dva roky od oficiálního podepsání dohody, musíme ale i konstatovat, že ne všechny přijaté závazky se plní. Zatím se nám dobře

nedaří získat studenty ke zpracování bakalářské nebo diplomové práce ze statistické oblasti a naplňovat dohodu v oblasti analyticko-publikační činnosti, to je zpracování společných materiálů, využívání vhodných matematicko-statistických metod v analýzách ČSÚ Zlín, či ve společném hledání nových témat pro zpracování analytických materiálů nebo studentských prací s regionální nebo euroregionální tématikou.

Dohodu ale nepojímáme jako neměnnou, naopak může být dále rozvíjena, doplňována o nové iniciativy, resp. mohou být některá ustanovení dohody vypuštěna, pokud to obě strany uznají za vhodné.

E-mail: `pavel.hrbacek@czso.cz, striz@fame.utb.cz`

Příloha: Dohoda o spolupráci

Mezi subjektem 1
se sídlem: / jehož jménem jedná: / IČO: / (dále jen) / na straně jedné
a subjektem 2
se sídlem: / jehož jménem jedná: / IČO: / (dále jen) / na straně druhé.

Realizace spolupráce: krajská reprezentace (dále jen) a fakulta (dále jen).
Odpovědní pracovníci: osoba 1 a osoba 2.

I. Předmět dohody

Účelem této dohody je vytvoření užších všestranných vazeb mezi oběma stranami v oblasti využití, zpracování a prezentace statistických informací charakterizujících region a jeho postavení v České republice.

V rámci dohody je realizována vzájemná výměna potřebných informačních a studijních materiálů.

II. Hlavní formy spolupráce

Subjekt 1 se zavazuje:

- Poskytovat statistické informace a anonymní údaje v tištěné i elektronické podobě, a to v souladu se zákonem č. 89/1995 Sb., o státní statistické službě, ve znění pozdějších předpisů a zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Předmětem této dohody není poskytování důvěrných statistických údajů.

- Informovat studenty o tom, za které oblasti a v jakém územním členění má data subjekt 1 k dispozici, k tomuto připravit jednou v roce prezentaci pro studenty 1. ročníku subjektu 2.
- Spolupracovat se subjektem 2 při navrhování témat pro bakalářské a diplomové práce studentů s ohledem na dostupnost dat v požadovaném členění.
- Metodicky pomáhat studentům a lektorům při získávání statistických dat pro bakalářské, diplomové a disertační práce.
- Umožnit lektorům publikování odborných článků se statistickou tématikou v časopisu Statistika.

Subjekt 2 se zavazuje:

- Zapojovat se do oponentních řízení publikací regionálního kraje.
- Odborně a metodicky pomáhat při využívání matematicko-statistických metod v analytických materiálech subjektu 1.
- Konzultovat se subjektem 1 možné přístupy při vyhodnocování statistických dat v připravovaných rozborech a analýzách subjektu 1.

Obě strany se zavazují:

- Spolupracovat na zpracování předem dohodnutých společných publikací v souladu s právními předpisy.
- Společně hledat nová vhodná témata pro zpracování analytických publikací a studentských prací s regionální i euroregionální problematikou.
- Vzájemně se informovat a účastnit se vybraných jednorázových akcí druhé strany (např. odborných konferencí, seminářů, prezentací, setkání v regionu – možné využití poslucháren subjektu 2).
- Při zveřejňování informací ze zdrojů druhé strany uvádět stranu jako zdroj informací.

III. Závěrečné ujednání

Tato dohoda se uzavírá na dobu neurčitou a nabývá účinnosti dnem podpisu oběma stranami. Vyhotovuje se v šesti vyhotoveních, tři pro každou stranu.

Změny a doplňky této dohody lze provádět pouze formou písemných dodatků, schválených a podepsaných oběma stranami.

Dohodu lze ukončit se souhlasem obou stran na návrh kterékoliv z nich s tím, že rozpracované akce (úkoly) se reálně dokončí.

Dohoda nabývá platnosti a účinnosti dnem podpisu obou stran.

Kde, kdy, osoba 1, osoba 2 a jejich podpisy, případně razítka.

NIEKOLKO POZNÁMOK K VÝUČBE ZÁKLADNÉHO KURZU STATISTIKY

Jozef Chajdiak

Úlohou štatistiky je ukázať svet taký aký je! Štatistika je súčasťou procesu rozhodovania – nerozhoduje, dáva len podklady pre rozhodovanie, podporuje rozhodovanie:

- dáva číselné podklady,
- poukazuje na atypické merania a javy,
- poukazuje na závislosť resp. nezávislosť a jej mieru,
- prezentuje hromadne napozorované údaje,
- prezentuje trend a sezónnosť vývoja,
- modeluje stav alebo vývoj skúmaných objektov,
- ...

Štatistika nachádza svoje vyjadrenie v štatistickom skúmaní. To má:

- cieľ: podpora procesu rozhodovania,
  etapu zisťovania,
  etapu spracovania,
  etapu rozboru,
- odporúčania pre rozhodovací proces.

V procese výučby sa čiastočne vytráca zdôraznenie faktu, že štatistika je súčasťou procesu rozhodovania, jej cieľom je podpora procesu rozhodovania a výsledkom sú odporúčania pre rozhodovací proces.

V rozhodovacom procese principiálnym je potreba sa rozhodnúť. Existuje viacero schém prijatia rozhodnutia. Jedna z nich využíva štatistické podklady. Úlohou je ukázať svet taký aký je a odhadnúť, aký bude svet po realizácii prijatého rozhodnutia.

V etape zisťovania treba špecifikovať:

- množinu zisťovaných znakov (model „sveta“),
- spôsob zisťovania (úplné a neúplné zisťovanie),
  - výberové zisťovanie (poznáme pravdepodobnosť zaradenia každej jednotky do vyberanej vzorky),
  - ostatné neúplné zisťovania.

Problematika špecifikácie množiny analyzovaných znakov sa čiastočne prenáša na iné disciplíny (na tie, ktorých sa analýza obsahove dotýka). Na druhej strane, bez množiny zisťovaných znakov nemáme čo zisťovať, potom analyzovať a nakoniec vypracovávať podporné stanoviská pre rozhodovanie. Tak špecifikovanie množiny zisťovaných znakov je podstatnou súčasťou štatistiky.

Štatistika je súčasťou rozhodovacieho procesu.
Z tohto pohľadu je dôležité, že:

- Výsledky analýz (a teda aj odporúčania pre rozhodovanie) sú tak kvalitné, ako sú kvalitné zistené a spracované údaje, alebo horšie!
- Nezistenie, chybné zistenie, vynechanie, zmena zisteného znamená analýzu iného sveta než v skutočnosti je!

Môžeme podrobnejšie pozerať aj na obsah (kvalitu) analyzovaných údajov, ktoré obsahujú:

- **objektívny odraz** obsahu analyzovanej skutočnosti a **chyby**:
- náhodná chyba ($E[e] = 0$),
- systematická chyba (záujmy),
- nepoznanie/skreslenie časti skutočnosti (nedostatočné poznanie).

V etape spracovania sa realizuje:

- zaznamenanie zistených hodnôt,
- kontrola zistených hodnôt,
- korekcie chybných resp. nejasných hodnôt,
- vytvorenie počítačového súboru údajov.

Z tohto pohľadu sa zdá potrebné presunúť časť výučby z oblasti IT (vytváranie, napĺňanie a vyberanie údajov z databáz resp. databánk) do štatistiky.

Štatistická podstata údajov:

- **každý** údaj patrí do nejakého súboru údajov,
- hodnoty v súbore údajov majú nejaké **rozdelenie**,
- o rozdelenia hodnôt údajov sa modelujú zákonom rozdelenia pravdepodobností výskytu hodnôt (hodnota x sa vyskytuje s pravdepodobnosťou $p(x)$),
- zákon rozdelenia pravdepodobností výskytu hodnôt (hodnota x sa vyskytuje s pravdepodobnosťou $p(x)$) má silu **prírodného** zákona:

– nevieme aká hodnota sa vyskytne v individuálnom meraní, ale v stovke meraní podiel výskytu hodnoty x bude okolo $p(x)$,
– štatistická podstata znamená „**okolo**“ $p(x)$.

Rastom (n) počtu napozorovaných hodnôt empirické zistenia (u_n) **konvergujú** k objektívnym hodnotám (Q).

$$\lim_{x\to\infty} \Pr\{|u_n - Q| < \varepsilon\} = 1$$

Vzťah matematiky a štatistiky:

- sú samostatné disciplíny,
- pravdepodobnosť je čisto matematická disciplína,
- matematická štatistika predstavuje aplikáciu matematiky v štatistike resp. riešenie štatistických úloh matematikou,
- zisťovanie a spracovanie údajov sú čisto štatistické disciplíny.

Niekedy máme sklony zjednodušujúco za štatistiku považovať len matematickú štatistiku.

Uvedené poznámky nie sú výkladom Ústavného súdu k problematike čo a ako učiť v základnom kurze štatistiky. Sú len autorovým odporúčaním pri rozhodovaní sa k niektorých aspektom výučby štatistiky. „Čo a ako“ sa musí rozhodnúť učiteľ.

Adresa: Doc. Ing. Jozef Chajdiak, CSc., Statis Bratislava

E-mail: `chajdiak@statis.biz`

HISTORIE A SOUČASNOST VÝUKY STATISTIKY NA FAME, UTB VE ZLÍNĚ

Petr Klímek

Abstrakt: Tento příspěvek si klade za cíl seznámit čtenáře s výukou statistiky a dalších souvisejících předmětů na Fakultě managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, kterou zajišťují pracovníci Ústavu informatiky a statistiky. V úvodu je stručně popsána historie vývoje UTB a FaME. V dalších částech příspěvku jsou uvedeny studijní opory, programy a další detaily o statistických předmětech. Taktéž jsou v závěru vyjmenovány potíže, se kterými se vyučující setkávají ve své pedagogické praxi.

Klíčová slova: UTB, FaME, ÚIS, metody statistické analýzy, aplikovaná statistika, počítačové zpracování dat.

1. O Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně (UTB) byla zřízena ke dni 1. 1. 2001. UTB ve Zlíně je v současné době tvořena pěti fakultami: Fakultou technologickou, Fakultou managementu a ekonomiky, Fakultou multimediálních komunikací, Fakultou aplikované informatiky a Fakultou humanitních studií. Zájemcům o studium nabízí univerzita celkem 61 studijních oborů v 32 akreditovaných studijních programech. Všechny studijní programy byly nově akreditovány nebo reakreditovány ve smyslu Boloňské deklarace, jako navazující dvou-, resp. třístupňové studium bakalářské, magisterské a doktorské (3+2+3). Na UTB působí celkem 343 akademických a vědeckých pracovníků. Personální strukturu tvoří 40 profesorů, 63 docentů, 133 odborných asistentů, 48 asistentů, 34 lektorů a 25 vědeckých pracovníků. Celkový počet zaměstnanců je 649 (k 25. 8. 2006).

V akademickém roce 2006/07 na UTB ve Zlíně studuje 10 158 studentů. UTB má kvalitní informační zázemí. K univerzitní počítačové síti je připojeno 1720 počítačů, z toho více než 600 v počítačových učebnách a internetových studovnách. Vysokoškolské koleje mají kapacitu 758 přípojných míst. Studenti mají možnost připojení vlastních počítačů a notebooků.

Ústřední knihovna UTB registruje okolo 5000 čtenářů. Ročně vyřídí asi 30 000 výpůjček, z toho více než 600 meziknihovních. Knihovna disponuje více než 33 000 knihami a periodiky a téměř 4 000 ostatními dokumenty. Roční přírůstek knihovních jednotek činí asi 3 000. Knihovna ročně zorganizuje na 30 vzdělávacích a výchovných akcí. V knihovně, ve studovnách a čítárně je

110 míst k sezení. Součástí celoškolské knihovny je i 12 menších, ústavních knihoven s odbornou literaturou. Studentům slouží také 2 areálové studovny v budovách na Mostní ulici a na Jižních Svazích.

Kongresové centrum s názvem Academia Centrum UTB organizuje na 200 akcí ročně pro externí objednavatele (přednášky, semináře, školení, prezentace firem, kongresy, konference apod.) Academia Centrum dále zajišťuje asi 100 neziskových akcí podle požadavků jednotlivých fakult a pracovišť univerzity. Významným přínosem pro studenty UTB všech forem studia je ediční činnost Academia Centra: vydávání skript (na 50 ročně),

Projekt vzniku budoucí univerzity byl připravován v 90. letech. Tehdy byla založena Fakulta managementu a ekonomiky a Institut reklamní tvorby a marketingových komunikací (budoucí FMK). K úspěšnému završení snah o zřízení univerzity došlo dne 14. listopadu 2000, kdy tehdejší prezident Václav Havel podepsal zákon o zřízení Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně (UTB) ke dni 1. 1. 2001. Zlín se tak stal univerzitním městem, poskytujícím zájemcům vysokoškolské vzdělání v širokém spektru oborů. Slavnostní inaugurace Univerzity Tomáše Bati a jejího prvního rektora, prof. Petra Sáhy, proběhla 16. května 2001 a zúčastnilo se jí přes 400 hostů z řad reprezentantů všech českých univerzit a vysokých škol, členů parlamentu, zástupců místní samosprávy, podnikatelů, ale i mnoho hostů ze zahraničí.

V lednu roku 2002 se univerzita rozrostla o třetí fakultu, Fakultu multimediálních komunikací, jež je unikátním pracovištěm svého druhu v ČR nabízejícím studijní programy Mediální a komunikační studia a Výtvarná umění. Od 1. 1. 2006 je v provozu čtvrtá fakulta s názvem Fakulta aplikované informatiky a od 1. 1. 2007 pátá fakulta s názvem Fakulty humanitních studií. Na UTB nyní studuje více než 10 000 studentů.

2. O Fakultě managementu a ekonomiky

Fakulta managementu a ekonomiky (FaME) byla založena v roce 1995. Fakulta je složena z osmi ústavů: Ústav managementu, Ústav ekonomie, Ústav podnikové ekonomiky, Ústav managementu výroby – průmyslového inženýrství, Ústav financí a účetnictví, Ústav veřejné správy a regionálního rozvoje, Ústav informatiky a statistiky, Ústav tělesné výchovy.

V akademickém roce 2005/6 na FaME ve Zlíně studuje:

2056	studentů v bakalářských studijních programech
953	studentů v navazujících magisterských studijních programech
824	v bakalářských studijních programech realizovaných na VOŠE Zlín
97	studentů v doktorských studijních programech

Na FaME působí celkem 88 akademických pracovníků. Personální strukturu tvoří 12 profesorů, 20 docentů, 36 odborných asistentů, 17 asistentů, 3 lektoři. Neakademických pracovníků (ostatní zaměstnanci) má FaME 23. Celkový počet zaměstnanců je 111.

Fakulta managementu a ekonomiky prošla od svého založení v roce 1995 dynamickým vývojem z pohledu počtu studentů, počtu pracovníků i počtu zabezpečovaných studijních programů.

V současné době nabízí ve vzdělávací činnosti v prezenční a kombinované formě studia dva bakalářské, dva navazující magisterské a jeden doktorský studijní program. Rozvíjí formy celoživotního vzdělávání identické bakalářským a navazujícím magisterským studijním programům. Garantuje v rámci Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně dva bakalářské studijní programy realizované na Vyšší odborné škole ekonomické ve Zlíně v prezenční i kombinované formě. Zejména při výuce v kombinované formě studia a celoživotním vzdělávání jsou postupně aplikovány formy distančního e-learningového studia přes portál *http://education.utb.cz/*. Fakulta má od roku 2003 oprávnění uskutečňovat habilitační řízení v oboru management a ekonomika podniku.

Vědecko-výzkumná činnost fakulty se postupně rozvíjela v zaměření na transformační marketing a inovační management řešením dvou projektů agentur GAČR v období 1995-1998 a projektů Fondu rozvoje VUT v Brně. Současné dlouhodobé cíle výzkumu vycházejí z výsledků řešení výzkumného záměru MSM 265300021 Výzkum konkurenční schopnosti českých průmyslových výrobců a jsou orientovány na formulaci teoretických zásad a východisek pro koncipování průmyslové politiky euroregionu ve vztahu ke globalizaci ekonomiky a na vypracování metodických materiálů pro české firmy k zavedení systémů modernizace podnikových procesů, směřujících ke zvýšení jejich konkurenceschopnosti. Pozornost je věnována problémům teorie konkurenceschopnosti, specifikům konkurenceschopnosti malých a středních firem, úloze řízení lidských zdrojů, marketingu a marketingového řízení, ekonomických (hodnotových) procesů, logistické a informační podpory konkurenceschopných procesů u českých průmyslových výrobců. Vytvoření samostatné Fakulty managementu a ekonomiky VUT BRNO se sídlem ve Zlíně vyrostlo z naléhavé potřeby rozvoje moravských regionů Zlín, Uherské Hradiště, Kroměříž, Vsetín a Hodonín, zvláště pak z nutnosti dynamického rozvoje průmyslových, obchodních a veřejně správních institucí ve východomoravských regionech.

3. Ústav informatiky a statistiky

ÚIS zajišťuje výuku v oblastech informatiky, matematiky, statistiky, kvantitativních metod a ekonometrie na všech oborech studia FaME (PS, KS, CŽV, e-learning (EDEN, RIUS), Sokrates-Erasmus, PGS). Na ÚIS působí celkem 14 zaměstnanců (2 profesoři, 2 docenti, zbytek OA + 3 doktorandi). Ředitelem je doc. Ing. Rudolf Pomazal, CSc.

Ústav informatiky a statistiky byl založen v roce 1998 s cílem rozvinout a výrazně zkvalitnit výuku informatiky a statistiky na Fakultě managementu a ekonomiky na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně.

Ústav byl od začátku ústavem mladých dynamicky se rozvíjejících pracovníků, zejména doktorandů, kteří postupně přecházeli na pozice asistentů. Do garance ústavu byly zařazeny nejen dosavadní předměty z informatiky, statistiky a operačního výzkumu vyučované na FaME, ale zejména byly postupně budovány předměty nové, které výrazně modernizovaly dosavadní výuku v oblasti informatiky a to zejména směrem k využívání databázových a internetových technologií, podnikových informačních systémů a jejich ochrany a bezpečnosti. Učitelé ústavu také garantují výuku na studiu doktorandském, a to předměty Informační systémy pro vědu a výzkum, Metodika vědecké práce a Matematické metody v ekonomickém výzkumu.

Pracovníci ústavu se věnují výzkumu v oblasti efektivnosti informačních systémů, metodám dolování znalostí z dat a ochraně podnikových znalostí a dat a zejména zavádění metod e-learningu. Právě v této poslední oblasti zaznamenali pracovníci ústavu velký úspěch řešením grantů Fondu rozvoje vysokých škol a grantu LEONARDO Batcos.

Pracovníci ústavu pravidelně garantují a organizují konference s názvem Internet a konkurenceschopnost podniku, které se již od roku 1999 konají ve Zlíně v rámci celostátní akce Březen měsíc Internetu.

Další rozvoj ústavu by se měl ubírat cestou vyšší vnitřní odborné integrace a synergie informačních technologií a metod statistického a operačního výzkumu. Postupně by také výuka všech ústavem zabezpečovaných předmětů měla být převedena do virtuálního vzdělávacího prostředí v Learning Management Systemu EDEN.

Ústav dále spolupracuje s řadou firem a s Českým statistickým úřadem, krajskou reprezentací Zlín.

4. Výuka statistiky na ÚIS

Výuka statistiky je zajišťována 4 pedagogy. Ve studijních programech nalezneme dva hlavní předměty:

- **Metody statistické analýzy** (Statistical Analysis Methods, garant doc. Pomazal, rozsah 2-2-0, z, zk);
- **Aplikovaná statistika** (Applied Statistics, garant dr. Klímek, rozsah 2-2-0, z, zk).

Jsou vyučovány v prezenční a kombinované formě BS (MSA pro oba obory, APS pro obor ekonomika a management) a také v CŽV.

A. Metody statistické analýzy (Statistical Analysis Methods)

Jedná se o první statistiku. Je povinná pro oba obory: tzn. pro cca 300 posluchačů PS a 150 KS.

Pro tento kurz byly vydány studijní opory (skripta):

1. STŘÍŽ P., RYTÍŘ, V., KLÍMEK, P., KASAL, R.: *Přednášky z Metod statistické analýzy.* 2. upravené vydání. Zlín: FaME, 2006.
2. STŘÍŽ P. a kolektiv: *Cvičebnice do Metod statistické analýzy.* Zlín: FaME, 2007.

Další opory jsou připraveny na portálu ÚIS *http://uis.fame.utb.cz/.*

Program MSA obsahuje tyto hlavní oblasti:

1. Jednoduché prostředky popisu statistických souborů.
2. Úvod do teorie pravděpodobnosti.
3. Náhodné veličiny.
4. Podstata a základní úlohy matematické statistiky (odhady a testování hypotéz).

Cvičení pro MSA je rozděleno do 8 skupin (2 hodiny týdně). Vede je ing. Beranová spolu s ing. Kasalem. Výuka je založena na ručních výpočtech a vlastních seminárních úkolech – probíhají prezentace. Dále je základní statistika procvičována v Excelu (funkce, analýza dat) a v demoverzích statistických programů.

B. Aplikovaná statistika (Applied Statistics)

Aplikovaná statistika je povinná pro jeden obor: 200 PS, 100 KS+10 CŽV
Pro tento kurz byly vydány studijní opory (skripta):

1. KLÍMEK, P. *Aplikovaná statistika pro ekonomy.* Skripta pro 2. ročník denního studia. Zlín: UTB, FaME, 2003.

2. KLÍMEK, P. *Aplikovaná statistika – cvičení.* 2. upravené vydání. Zlín: FaME, 2004.
3. KLÍMEK, P. *Aplikovaná statistika – studijní pomůcka pro distanční studium.* Zlín: FaME, 2005.

Další studijní opory lze nalézt na následujících adresách:
na portálu ÚIS (PS + KS) *http://uis.fame.utb.cz/*,
na portálu e-learningu (KS) *http://education.utb.cz/* a
na ftp serveru (PS + KS) *ftp://study.uis.fame.utb.cz/*.

Program Aplikované statistiky obsahuje tyto části:

1. Analýza závislostí.
   (a) χ^2 test v kombinační tabulce.
   (b) ANOVA (1 faktor, 2 faktory).
   (c) Regresní a korelační analýza.
2. Neparametrické testy.
3. Časové řady.
4. Indexy a diference.

Cvičení pro APS je rozděleno do 7 skupin (2 hodiny týdně). Vede je dr. Klímek a ing. Kasal. Ve výuce je probírána sbírka příkladů, dále si studenti připravují vlastní seminární práce (presentace + diskuse). Během cvičení je používán MS Excel (funkce, analýza dat – česká terminologie!), dále nadstavba XLStats (pracuje pod Excelem, dobré zkušenosti), z ryze statistických programů Statistica 7Cz, a na doplnění demo Statgraphics Centurion XV (StatReporter).

5. Výuka statistice příbuzných disciplín

Kromě výše uvedených kurzů ÚIS zajišťuje výuku i následujících příbuzných disciplín:

- Počítačové zpracování dat (PZD – 2. ročník, LS, paralelně s APS, prof. Molnár + dr. Stříž, rozsah 2-1-0, klz).
- Kvantitativní metody rozhodování (KMR – 4. ročník, ZS, všechny obory, garant dr. Zimola + dr. Kolčavová, rozsah 2-2-0, z, zk).
- Manažerské rozhodování při riziku a nejistotě (MRRN – 4. ročník, ZS, vybrané obory doc. Pomazal, dr. Brychta + ing. Beranová, rozsah 2-1-0, klz).

- Ekonometrie (EKN – 5. ročník, ZS, vybrané obory, dr. Klímek, rozsah 2-1-0, klz).

6. Problémy při výuce statistiky

Při výuce statistiky se můžeme setkat na FaME s těmito problémy:

- vysoká fluktuace garantů MSA,
- doktorandi – časté odchody do komerční oblasti,
- studenti – navyšování počtů, pokles kvality, malý podíl gymnázií (nedostatky v základní matematice a teorii pravděpodobnosti),
- česká terminologie v Excelu.

Abychom nejmenovali pouze problémy, můžeme hledět s nadějí do budoucnosti. Sledujeme zvyšující se zájem o statistiku u výborných studentů. Máme řadu SVČ, diplomových prací (BDP, MDP), nové studenty na PGS. Také probíhá neustálé rozšiřování výuky formou e-learningu: EDEN (UTB) a RIUS (Rozběh interuniverzitního studia v síti vybraných univerzit ČR: ZU v Plzni, UHK a UTB). Tento zájem zaznamenáváme nejen u českých, ale i zahraničních studentů – souběžně totiž probíhá výuka obou statistik (Statistical Analysis Methods, Applied Statistics) v rámci projektů Sokrates-Erasmus (tvorba nových materiálů v angličtině).

7. Literatura

Studijní opory pro výuku statistiky na FaME jsou uvedeny přímo v textu, rovněž i relevantní URL adresy jsou psány kurzívou tamtéž.

Adresa: Ing. Petr Klímek, Ph.D.
Ústav informatiky a statistiky, Fakulta managementu a ekonomiky, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Mostní 5139, 760 01 Zlín

E-mail: `klimek@fame.utb.cz`

O VYUČOVANÍ VIACROZMERNÝCH ŠTATISTICKÝCH METÓD NA ŠKOLÁCH EKONOMICKÉHO ZAMERANIA

Pavol Kráľ, Gabriela Nedelová

Abstrakt: V našom príspevku sa pokúsime poukázať na možnosti výučby viacrozmerných štatistických metód v podmienkach ekonomických fakúlt, ktoré nemajú akreditované kvantitatívne zamerané odbory. Budeme diskutovať o spôsoboch, ktoré nám môžu pomôct eliminovať problém s často nedostatočnými matematickými i štatistickými základmi študentov ekonómie, najmä o použití systému Moodle v kombinácii so štatistickým softvérom (ℝ, SPSS,...) pri vyučovaní.

Kľúčové slová: viacrozmerné štatistické metódy, ℝ, SPSS, Moodle.

1. Úvod

Ako napovedá názov príspevku, budeme sa v našom článku venovať spôsobu a možnostiam vyučovania viacrozmerných štatistických metód na vysokých školách ekonomického zamerania. Hoci by to mohol názov článku naznačovať, nejde o žiadnu vyčerpávajúcu komparatívnu štúdiu venujúcu sa vyučovaniu viacrozmerných štatistických metód na fakultách s ekonomickým zameraním rôznych vysokých škôl a univerzít, ale o niekoľko úvah učiteľov štatistiky na tému viacrozmerné štatistické metódy v príprave budúcich ekonómov.

Naše myšlienky a názory budeme ilustrovať na príklade materskej fakulty autorov, Ekonomickej fakulty Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici (v ďalšom texte EF UMB), ktorú si dovolíme považovať za pomerne dobrú reprezentáciu súčasného stavu problematiky nášho článku. Aby sme sa vyhli prípadnému nedorozumeniu, pokúsime sa charakterizovať typ fakúlt, ktorým sa budeme v našom príspevku venovať.

Inými slovami, pokúsime sa vysvetliť, čo presne myslíme pod školou ekonomického zamerania, ktorá nemá akreditované kvantitatívne orientované odbory. Pre jednoduchosť budeme za kvantitatívne orientovaný odbor považovať odbor, ktorého študenti absolvujú základný kurz matematiky a štatistiky v úvodných dvoch ročníkoch svojho štúdia a počas svojho ďalšieho štúdia sa s ďalšími predmetmi obsahujúcimi doplňujúce poznatky z matematiky a štatistiky stretávajú najmä v podobe povinne voliteľných a výberových predmetov. Za postačujúce identifikačné znaky považujeme to, že odbor nemá

v názve kvantitatívne metódy a pracovisko (katedra) zabezpečujúca vyučovanie kvantitatívnych metód nie je odborovou katedrou.

2. Kvantitatívne metódy na EF UMB

Domnievame sa, že takúto definíciu spĺňajú všetky odbory, ktoré je možné v súčasnosti študovať na EF UMB. Existujú tam nasledujúce odbory:

- Verejná ekonomika a služby (VES),
- Verejná správa a regionálny rozvoj (RRVS),
- Cestovný ruch (CR),
- Ekonomika a manažment podniku (EMP),
- Financie, bankovníctvo a investovanie (FBI).

Pre všetky tieto odbory zabezpečuje vyučovanie kvantitatívnych metód Katedra kvantitatívnych metód a informatiky. S kvantitatívnymi metódami sa študenti jednotlivých odborov stretnú prvýkrát, keď absolvujú základný kurz matematiky a štatistiky v nasledujúcich predmetoch:

- VES (Matematika 1, Matematika 2, Štatistika 1),
- RRVS (Matematika 1, Matematika 2, Štatistika 1),
- CR (Matematika 1, Matematika 2, Štatistika 1, Štatistika 2),
- EMP (Matematika 1, Matematika 2, Štatistika 1, Štatistika 2),
- BEM (anglická mutácia programu EMP, Mathematics 1, Mathematics 2, Statistics 1, Statistics 2),
- FBI (Matematika 1, Matematika 2, Štatistika 1, Štatistika 2).

Obsah základného kurzu matematiky a štatistiky je typický pre školy tohto zamerania. V matematike sú to základy limitného počtu, diferenciálneho a integrálneho počtu jednej premennej a viacerých premenných, základné informácie o postupnostiach a nekonečných radoch, základy lineárnej algebry. Všetky preberané témy obsahujú časti ilustrujúce možné aplikácie preberaných častí matematiky v ekonómii.

Obsahom základného kurzu štatistiky je popisná štatistika, základy pravdepodobnosti, indexy, časové rady, základy induktívnej štatistiky (bodové a intervalové odhady, testovanie hypotéz), regresná a korelačná analýza, analýza kategoriálnych znakov. Drtivú väčšinu príkladov, ktoré sú používané pri výučbe tohto kurzu, tvoria príklady s ekonomickou problematikou. Môžeme povedať, že sa v podstate jedná o kurz jednorozmernej štatistiky (okrem častí viacrozmerná lineárna regresia, korelačná analýza, jednofaktorová ANOVA,

analýza kategoriálnych znakov), ktorý je porovnateľný s obdobnými úvodnými kurzami štatistiky na fakultách rovnakého typu.

Na rozdiel od matematiky ale nie je základná štatistická príprava všetkých odborov rovnaká, pretože odbory VES a RRVS majú štatistiku len v jednom semestri. Z toho vyplýva, že tieto odbory majú niektoré časti štatistiky z časových dôvodov „okliešténé“ alebo dokonca úplne vynechané.

Na druhej strane prekvapujúco rozsah a obsah výučby štatistiky odboru CR je úplne rovnaký ako pri odboroch EMP a FBI. Vďaka tomu študenti rôznych odborov vstupujú do ďalšieho štúdia s rôznym rozsahom predpokladaných štatistických znalostí. Bez ohľadu na rozsah výučby majú ale študenti všetkých odborov v priemere pomerne rezervovaný vzťah k matematicko-štatistickým metódam. To je z veľkej časti spôsobené tým, že absolvovať úspešne vyššie uvedené predmety predstavuje pre časť študentov pomerne veľký problém.

To má za následok, že štatistika je často považovaná za nepríjemnosť pri ceste za titulom, pričom sa mnohí študenti domnievajú, že pri svojom budúcom uplatnení ju nebudú potrebovať. Tento názor je žiaľ často podporovaný aj niektorými kolegami z ďalších katedier, ktorí majú voči kvantitatívnym metódam a obzvlášť štatistike pomerne chladný postoj.

V dôsledku toho sa aplikácie štatistických metód často neobjavujú ani v predmetoch, kde by to bolo možné, prirodzené, ba dokonca žiadúce. Predpokladáme, že uvedené skutočnosti nie sú špecifické len pre EF UMB, ale že podobný problém je typický a rôznym spôsobom sa ho pokúšajú riešiť aj ďalšie fakulty s ekonomickým zameraním. Predpokladáme, že práve v dôsledku uvedených skutočností sa štatistické znalosti študentov prudko v priebehu štúdia redukujú až na tak nízku úroveň, že v podstate neumožňuje bezproblémovú štatistickú konzultáciu diplomovej práce, pretože študent má často už vo štvrtom a piatom ročníku problém so základnými štatistickými pojmami.

Okrem základného kurzu sa matematicko-štatistické metódy vyskytujú v množstve povinných, povinne voliteľných a výberových predmetov, napríklad: Ekonometria, Optimalizačné metódy v ekonómii, Analýza časových radov, Matematicko-štatistické metódy, Poistná matematika, Poistná matematika a štatistika, Finančná matematika 1, Finančná matematika 2, Kvantitatívny manažment...

3. Ako na viacrozmerné štatistické metódy?

Viacrozmerné štatistické metódy na EF UMB sú obsahom práve predmetu Kvantitatívny manažment, ktorý je určený ako povinne voliteľný predmet

pre štvrtý alebo piaty rok štúdia. Tento predmet bol zahrnutý do študijných plánov, pretože považujeme za dôležité, aby budúci ekonómovia získali určitý prehľad aj o viacrozmerných štatistických metódach. Najmä z hľadiska ich možného využitia ako podporného nástroja pri prijímaní rozhodnutí.

Z toho vyplývajú aj hlavné ciele tohto predmetu, ktorým je poskytnúť študentom pomerne ucelený prehľad najčastejšie používaných viacrozmerných štatistických metód a do určitej miery eliminovať ich negatívne skúsenosti so štatistikou v nižších ročníkoch. Okrem viacrozmerných štatistických metód sú obsahom tohto predmetu aj základy teórie rozhodovania. Študent by teda mal vďaka tomuto predmetu získať predstavu o spôsobe využitia matematicko-štatistických metód v prípade, že má k dispozícii rozsahom malé i primerané dátové súbory.

Pri zavedení predmetu bolo potrebné vyriešiť niekoľko kľúčových otázok. Predpokladáme, že rovnaký typ problémov je spojený so zavedením predmetu obsahujúcom viacrozmerné štatistické metódy aj na iných školách ekonomického zamerania. Základnou otázkou bolo určiť, ktoré viacrozmerné štatistické metódy vzhľadom na obmedzenú hodinovú dotáciu predmetu (80 minút týždenne) vybrať. Inšpirovali sme sa výbornou trilógiou prof. Hebáka a kol. Viacrozmerné štatistické metódy 1, 2, 3, ktorá je aj základnou študijnou literatúrou predmetu Kvantitatívny manažment. Momentálne tvoria obsah predmetu nasledujúce metódy: diskriminačná analýza, logistická regresia, metóda hlavných komponentov, faktorová analýza, korešpondenčná analýza, zhluková analýza, ANOVA.

Základnou motiváciou pre ich zaradenie do kurzu bola skutočnosť, že sa často vyskytujú problémy ekonomickej praxe, ktoré môžu byť riešené práve s použitím uvedených metód. Ďalším problémom bolo určiť spôsob, akým uvedené metódy vyučovať. Museli sme prihliadať na to, že matematický aparát našich študentov nie je dostatočný na podrobné matematické odvodenie spomínaných metód. Rozhodli sme sa preto, že pri každej metóde uvedieme len základné princípy, na ktorých je založená a podmienky, ktoré musia byť splnené, aby sme ju mohli použiť. Postup riešenia sme sa rozhodli neodvodzovať, len ukázať možnosti riešenia vybraných metód pomocou vhodného štatistického softvéru.

Zvažovali sme voľne dostupný štatistický softvér $\mathbb{R}$ a komerčný program SPSS 13.0, ktorý bol fakultou zakúpený z projektu ESF 11230100060. Najmä vzhľadom na kvalitu grafického rozhrania sme sa zatiaľ rozhodli pre použitie programu SPSS 13.0. Použitiu tohto softvéru sme prispôsobili aj spôsob vysvetlenia jednotlivých metód, keď sme rešpektovali obmedzenia vyplývajúce z implementácie jednotlivých metód v tomto programe. Vysvetlenie každej metódy sme sa rozhodli založiť na reálnom (pokiaľ je to možné nielen na

potenciálne existujúcom, ale skutočne sa vyskytujúcom) ekonomickom probléme. Študent by tak mal získať určitý receptár na použitie viacrozmerných štatistických metód s využitím programu SPSS 13.0.

Presnejšie povedané, na aké problémy je daná metóda vhodná, ako je možné daný problém riešiť s použitím programu SPSS 13.0 a najmä ako interpretovať získané výsledky zo štatistického a ekonomického hľadiska. Keďže sa jedná o povinne voliteľný predmet, je dôležité, aby sme zabezpečili aj dostatočný počet študentov, ktorí budú chcieť tento predmet absolvovať, čím by sa umožnil jeho kontinuálny rozvoj. Stratégia ako to dosiahnuť je v podstate zrejmá. Prvým krokom je vhodná voľba názvu predmetu. Pokiaľ je to možné, v názve by sa vôbec nemali priamo objavovať štatistické metódy, ale pokiaľ je to čo i len trochu možné najmä známe ekonomické pojmy. Týmto spôsobom sa čiastočne eliminuje dopad negatívnej skúsenosti študentov so štatistikou v nižších ročníkoch.

Študenti samozrejme v prípade záujmu o daný predmet pravdepodobne podrobnejšie preskúmajú sylabus predmetu a veľmi skoro zistia, čo sa skutočne skrýva za nami zvoleným názvom. Dosiahneme tak ale aspoň to, aby o zapísaní daného predmetu uvažovali dlhší čas. Za ukážku vhodne zvoleného názvu považujeme napríklad názov predmetu Kvantitatívny manažment.

Ďalším významným determinantom záujmu o predmet je nepochybne aj osobnosť vyučujúceho. Pokiaľ je to možné, mal by to byť vyučujúci, ktorého študenti poznajú zo základného kurzu štatistiky, považujú ho za erudovaného v oblasti štatistiky a majú s ním v podstate len pozitívne osobné skúsenosti najmä s ohľadom vo vzťahu k študentom. Túto časť stratégie je vo väčšine prípadov ťažko naplniť.

V neposlednom rade a otvorene môžeme priznať, že pre študentov je jedným z najdôležitejších kritérii pri voľbe voliteľného alebo povinne voliteľného predmetu charakter jeho záverečného hodnotenia. Na základe vlastných skúseností so skúšaním v tomto predmete považujeme za optimálne riešenie seminárnu prácu so stanoveným ohraničením počtu strán, napr. na maximálne päť, pričom všetko presahujúce tento rozsah môže byť zaradené ako elektronická príloha. Praktickú tému seminárnej práce si po konzultácii s vyučujúcim volia študenti samostatne, pričom sa prihliada na kvalitu a samostatnosť riešenia.

Na zjednodušenie komunikácie medzi študentom a vyučujúcim je vhodné použiť niektorý LMS systém. Vhodnou voľbou je napríklad elearningový systém MOODLE, v ktorom bol implemetovaný aj predmet Kvantitatívny manažment. Je zrejmé, že študenti obľubujú elektronickú komunikáciu, ktorá im často šetrí čas, ktorý takto môžu teoreticky venovať štúdiu. Veľkou nevýhodou ale je, že väčšina študentov ešte nemá vyvinutý zmysel pre kontrolu

svojej elektronickej komunikácie, t.j. nepoužívajú voľne dostupné nástroje na kontrolu, či nimi zadanú otázku alebo uploadovanú prácu skutočne dostal predpokladaný adresát (vyučujúci daného predmetu).

Napriek tomu Moodle vďaka svojej jednoduchosti a užívateľskej príveti-vosti umožňuje pomerne ľahko získať silný podporný nástroj pri vyučovaní študentov denného štúdia a zároveň môžeme na ňom založiť aj vzdelávanie externých študentov. Môže slúžiť ako úložisko materiálov pre študentov daného predmetu, miesto ich sebahodnotenia i odborných diskusií.

Posledným problémom, ktorý je vždy potrebné riešiť je voľba vhodnej literatúry. Za najlepšiu alternatívu pre danú situáciu asi môžeme považovať už spomínanú trilógiu prof. Hebáka, ale stále narastá tlak na zabezpečenie predmetov vlastnou študijnou literatúrou. Tieto požiadavky viedli k podaniu projektu Kega 3/5214/07: Platformovo nezávislá voľne prístupná elektronická učebnica: *Viacrozmerné štatistické metódy so zameraním na riešenie projektov ekonomickej praxe.*

Výsledkom riešenia tohto projektu by mala byť voľne prístupná učebnica viacrozmerných štatistických metód vo formáte PDF, implementovaná zároveň v LMS Moodle. Vzhľadom na požadovanú platformovú nezávislosť a voľnú dostupnosť sme sa pre učebnicu rozhodli pripraviť riešenia problémov nielen v programe SPSS 13.0, ale aj vo voľne dostupnom softvéri $\mathbb{R}$.

Základným predpokladom pre vznik kvalitnej učebnice je podľa nášho názoru hlavne dostatok vhodných praktických problémov. Na ich získanie je nevyhnutné rozvinúť hlbšiu spoluprácu s kolegami z ekonomických katedier.

Pomerne vhodným spôsobom sa nám javí vytváranie kombinovaných autorských kolektívov pri riešení projektových úloh, pri príprave článkov na publikovanie i vedení diplomových prác.

Domnievame sa, že napriek pozitívnym náznakom v tejto oblasti ešte stále množstvo vecí ostáva v rámci ekonomických fakúlt nedokončených.

4. Záver

V tomto článku sme sa snažili naznačiť spôsob ako implementovať vyučovanie viacrozmerných štatistických metód do odbornej prípravy budúcich ekonómov. Vhodným sa nám javí najmä zaradenie povinne voliteľného predmetu zameraného na tieto metódy v kombinácii so základmi teórie rozhodovania do štvrtého ročníka, kde finišuje špecializácia budúcich absolventov. Tento spôsob je podľa nášho názoru vhodný najmä preto, že sa viacrozmerné štatistické metódy môžu dostať do povedomia študentov ako účinná podpora rozhodovania.

Vďaka použitiu štatistického softvéru SPSS 13.0 je asi možné sa v budúcnosti priblížiť aj ideálnej situácii, keď sa absolventi v prípade možnosti už nebudú vyhýbať použitiu viacrozmerných štatistických metód na riešenie vhodných štatistických problémov, s ktorými sa vo svojej budúcej praxi stretnú.

Samozrejme je dôležité, aby zároveň správne odhadli aj limity svojich vedomostí zo štatistiky a v prípade potreby vyhľadali odbornú pomoc štatistika, napríklad na fakulte, na ktorej získali svoje vzdelanie. Z dlhodobého hľadiska by tak mohlo dôjsť k vytvoreniu hromadného aktívne fungujúceho prepojenia ekonomickej praxe reprezentovanej absolventami so štatistikou a štatistikmi pôsobiacimi na univerzitách a vysokých školách.

Tento, dúfajme, že nie utopický stav, by pravdepodobne priniesol nesporné výhody každej zo zúčastnených strán. Na jednej strane by firmy mohli ušetriť alebo získať finančné prostriedky, na druhej strane by to minimálne prospelo odbornému rastu vyučujúcich štatistiky a zlepšilo štatistickú prípravu budúcich ekonómov.

Adresa: Pavol Kráľ a Gabriela Nedelová
Ekonomická fakulta, Tajovského 10
975 90 Banská Bystrica, Slovenská Republika

E-mail: `pavol.kral@umb.sk, gabriela.nedelova@umb.sk`

Poďakovanie: Tento článok vznikol s podporou grantu Kega 3/5214/07.

K OTÁZKÁM VÝUKY STATISTICKÝCH KONZULTACÍ

Marek Malý

Abstrakt: Běžné univerzitní vzdělávací programy pro statistiky se zpravidla nevěnují výuce umění statistických konzultací a nepřipravují své absolventy na skutečnost, že budou muset efektivně komunikovat a spolupracovat se specialisty z jiného oboru. Argumentem bývá, že absolvent znalý teoretické statistiky se praktické záležitosti snadno doučí. Zkušenosti literární i z naší praxe ukazují, že tomu tak často není a že do určité míry lze vhodnou výukou na dráhu statistického konzultanta připravit. Příspěvek se zabývá otázkami spojenými s takovouto výukou a její možnou náplní i problematikou statistických konzultací obecněji.

Úvod

Statistické konzultace provázejí vývoj statistiky a pravděpodobnosti prakticky od počátku a stály u zrodu nejednoho originálního postupu. I mnohé práce K. Pearsona a R. A. Fishera byly motivovány praktickými požadavky na analýzu dat vycházejícími z konzultací. Přitom dodnes stojí výuka statistických konzultací a její výklad ve statistické literatuře na okraji zájmu, i když jsou již k dispozici podnětné monografie [2, 5, 6] či přehledové články [20]. Často se setkáváme s tvrzením, že absolvent matematické statistiky s dobrou teoretickou výbavou se praxi statistických konzultací a aplikací rychle naučí. Ve skutečnosti jde o dlouhodobý, mnohaletý proces, který zřejmě nelze plně naučit ve škole, nicméně je dobré, když absolvent nemusí na vše přicházet intuitivně; škola jej rozhodně může alespoň částečně připravit a nasměrovat. Širokým tématem statistických konzultací se zabývá velmi bohatá škála autorů, jak shrnují např. přehledy [12, 19, 24].

V tomto textu chceme jednak shrnout základní požadavky kladené v praxi na statistického konzultanta (se zaměřením na medicínu a biologii) a jednak poukázat na některé aspekty spojené s výukou konzultací.

Statistik se musí v procesu statistické konzultace seznámit s problémem v podobě prezentované klientem. V interakci s klientem se pak pokouší odvodit reálnou podobu problému a převést ji do statistické formulace. Po vlastním matematicko-statistickém řešení následuje sepsání zprávy o provedených analýzách a jejich výsledcích a interpretace, která by měla používat pojmů srozumitelných klientovi při zachování správnosti ze statistického pohledu.

Požadavky kladené na biostatistického konzultanta

V literatuře je popsána spousta vlastností a dovedností, které by měl konzultant mít, od schopností matematických přes komunikační až po osobnostní. Základní je asi zájem a schopnost řešit reálné problémy a pomáhat klientům s jejich řešením. Podle [11, 18] lze shrnout, že dobrý statistický konzultant by měl především:

- umět pracovat s reálnými problémy, vyhledávat jejich podstatu a převádět je do statistické mluvy, tedy umět nazírat problémy jak globálně, tak v detailu [4],
- umět data vhodně zpracovávat, a to i nestandardními či originálními postupy,
- mít cit pro interpretaci a schopnost formulovat závěry v mluvené i psané podobě,
- umět komunikovat, a to i s klienty, které třeba statistika odrazuje, ale jsou nuceni se jí zabývat.

Podrobněji můžeme zmínit následující ne vždy reálně splnitelné požadavky:

- schopnost konzultovat včetně ovládnutí psychologických aspektů konzultační praxe, tj. klást správné a cílené otázky (lékaři a biologové často nejsou schopni přesně sdělit své požadavky, dokonce ani cíle výzkumu, viz též [7]), vyhledávat problémová místa, naslouchat – a to zejména nestatistikům, pozorovat, diskutovat a vést diskusi,
- schopnost z volného rozhovoru s klientem extrahovat podstatné informace a zformulovat je tak, aby to odpovídalo klientovým představám, případně s taktem usměrnit jeho nereálné požadavky,
- schopnost navrhnout optimálním způsobem metodiku realizace studie včetně otázek stanovení rozsahu výběru a způsobu sběru dat,
- schopnost nazírat na problémy jako na obecně vědeckou problematiku, ne čistě statistickou,
- schopnost technické i statistické práce s reálnými datovými soubory se všemi jejich typickými rysy a nectnostmi (nečistoty a chyby v datech, chybějící pozorování) – tj. znalosti postupů čištění, kontroly a přípravy dat pro konkrétní software,
- umění vytipovat problematická místa studie i dat samotných a zjistit si podrobnosti, ochota prověřovat postupy přípravy i zpracování dat,
- dobré teoretické znalosti statistiky a široké škály metod včetně schopnosti vyhledat a správně aplikovat ne zcela běžné statistické techniky,

případně rozvíjet statistickou metodologii, to vše s ohledem na předpoklady použitých metod a důsledky jejich porušení,

- znalost základních pojmů a reálií z oboru, v němž je statistika aplikována,
- schopnost efektivně řešit problémy a pracovat v reálných podmínkách se všemi z toho vyplývajícími omezeními, zejména časovými,
- schopnost samostatné práce, ochota se průběžně vzdělávat,
- schopnost aktivní tvořivé a nekonfliktní vědecké komunikace a spolupráce v interdisciplinárním týmu při potlačení primární orientace na své vlastní odborné cíle,
- organizační schopnosti potřebné při zpracování rozsáhlejších analýz i při usměrňování chodu celé studie,
- schopnost formulovat závěry a presentovat je v mluvené, psané i grafické podobě,
- schopnost pedagogicky působit (formálně i neformálně v průběhu konzultací),
- aplikace postupů v souladu s etickými standardy.

Statistická konzultace, tak jako obecně každá konzultace, je dvousměrný proces, v jehož rámci musí jak klient tak konzultant být schopen vzájemné komunikace. Podoba konkrétní statistické konzultace se vždy odvíjí od vlastností, schopností a možností konzultanta i jeho klienta a záleží také na povaze jejich spolupráce. Podle [8, 14, 17, 22] může být biostatistik v různém postavení vůči klientům – výzkumníkům jiných oborů. Často je „pouze“ pomocníkem, statistické konzultace s klientem jsou limitovány vymezeným časem a záběrem, mnohdy jde o jednorázovou konzultaci, při níž se statistik setkává s problémem poprvé a musí ho vyřešit hned či v krátké době. Statistik se bez podrobné znalosti problematiky vyjadřuje k nějakému detailu práce (ale zákonitě nemůže prověřit všechny souvislosti). Existují i klienti, kteří statistika nutí do vedoucí role, předají mu komplikovaná data a chtějí, aby z nich vše vyčetl, přesouvají na něj zodpovědnost. Přitom prakticky vždy klient ví o datech a jejich souvislostech více než statistik.

Kimball [13] zavedl pojem chyba třetího druhu pro označení chyby vyplývající ze správné odpovědi na nesprávnou otázku. Tento problém typicky vzniká, pokud výzkumník (např. z časových důvodů) nevysvětlí statistikovi podstatu věci dostatečně podrobně a statistik se na podrobnosti nevyptá. Kimball uvádí příklad statistika, který v časové tísni poradil telefonicky klientovi, jak testovat shodu dvou korelačních koeficientů a až posléze při prezentaci zjistil, že se nejedná o nezávislé koeficienty, jak implicitně předpokládal.

Zde se jednoznačně jedná o problém v komunikaci, který právě u jednorázových konzultací může snadno nastat. Proto také jeden z našich nejzkušenějších statistických konzultantů MgMat. M. Josífko vždy zdůrazňoval, že statistik musí s klientem obšírně hovořit, aby odhalil problematická místa a zjistil co nejvíce o povaze celého problému i jednotlivých analyzovaných veličin. Tato rada dnes ještě nabývá na důležitosti, protože data se zasílají elektronicky a statistik s klientem se třeba ani nesejdou.

Kvalitativně výše nad popsanými nevyváženými vztahy stojí statistická spolupráce s klientem, k níž zpravidla dochází při závažnějších projektech a po dlouhodobější spolupráci. Statistik je do značné míry obeznámen s problematikou a často je integrálním členem vědeckého týmu, klienty je chápán jako kolega. Ne vždy lze ale tohoto ideálu dosáhnout, i jednorázové konzultace budou vždy existovat a konzultant si s nimi musí umět poradit co nejlépe.

L. Hyams [9, 10] už před více než 35 lety vymezil se svěžím humorem hlavní typy statistiků a klientů potkávajících se v průběhu statistických konzultací. Jeho klasifikace jsou trvale platné, a proto je zde ve stručné podobě přebíráme. Navzdory svému ladění přináší článek mnoho závažných otázek a jednotlivé charakteristiky, i když úsměvné, by nás měly vést k zamyšlení, k jakým situacím může v průběhu konzultací docházet, na co by měl být statistický konzultant připraven a čeho by se měl vyvarovat.
Stereotypy klientů:

1. **Pravděpodobnostník** (The Probabilist). Neví sice moc o statistice, ale i jeho tvrdý obličej se rozzáří pohledem na $p < 0.001$.
2. **Sběrač čísel** (The Numbers Collector). Přichází s plnou náručí datových formulářů, na nichž pracoval 3 roky a provedl N^N pokusů. Těžko vysvětlí, co vlastně dělal, je to moc složité. V haldě jaloviny jsou jistě ukryty drahokamy – statistiku najdi je. Nutno provést do 3 dnů, aby se nepromeškala lhůta!
3. **Občasná pijavice** (The Sporadic Leech). Nepřichází do pracovny, potká jako mimochodem statistika u oběda, probere počasí a poslední události a pak se zeptá „Co myslíte, že bych měl udělat s mými daty?“. Nedbale vyslechne radu, ale pak vše udělá sám a jen požádá o přehled literatury. Naštěstí nikdy svého poradce nezařadí mezi autory, ani mu nepoděkuje.
4. **Statistik amatér** (The Amateur Statistician). Dle něj každý může být politikem, psychologem nebo statistikem i bez odborné průpravy. Přichází proto, že nemá čas věnovat 7-8 hodin na prostudování statistické literatury. Žádá pouze o technickou pomoc s výpočty, jinak všechno ví sám. Neříkejte mu, že nemá pravdu, to by se ho velmi dotklo.

5. **Vytrvalec** (The Long Distance Runner). Přijímá statistika ve své přepychové pracovně, pohovoří s hřejivým úsměvem a potřesením ruky a pět minut vypráví o vzrušujících perspektivách své práce. O práci samé nic a rychle končí rozhovor pro neodkladný telefon. Statistika dovede k některému ze svých asistentů, aby mu řekl o špinavých detailech. Nemá pro statistika čas, ale je milý a dobře platí.

Stereotypy statistiků:

1. **Stavitel modelů** (The Model Builder). Na jakákoli data použije statistický model, kterým se momentálně zabývá nebo o kterém něco ví. Vůbec nahraje roli, zda to souvisí s otázkami, které klient klade nebo které jsou biologicky důležité. Připomíná opilce, který hledá v tmavé uličce ztracené klíče pod lucernou, protože je tam světlo.
2. **Lovec** (The Hunter). Je to statistický protipól sběrače dat. Jakákoli data podrobí rozsáhlé a vyčerpávající počítačové analýze. I když jsou data prostá, zavalí klienta půlmetrovým štosem počítačových výstupů se 17 signifikantními výsledky, které však nejsou v žádném vztahu s klientovými otázkami.
3. **Zvonař** (The Gong). Začíná každou poradu kreslením zvonovitých křivek.
4. **Tradicionalista** (The Traditionalist). Je přesvědčen, že se od časů R. A. Fishera ve statistice nic důležitého nestalo. Má proto omezený odborný slovník a počítače považuje za ďáblův vynález.
5. **Randomofil** (The Randomophiliac). Pevně věří, že nezáleží na tom, co děláte, pokud jste dobře „randomizovali“. Připomíná matku, která zastihne 14-tiletou dceru v sexuálně choulostivé situaci a pochválí ji „Hlavně že nekouříš, miláčku“.
6. **Quantofrenik** (The Quantophreniac). Není podstatné, zda měříš to, co chceš, hlavně že jsou to „tvrdá“ data.
7. **Řvoun žádající více dat** (The More Data Yeller). Název říká vše.
8. **Hnidopich** (The Nit Picker). Soustřeďuje se vždy na to, jak najít v datech nedostatky. U podružných věcí dělá z komára velblouda, zatímco rozumným výsledkům nevěnuje pozornost.

Kategorizaci klientů a statistiků lze najít i v dílech dalších autorů. Van Belle [23] uvádí např. klienta, který oč méně ví i o statistice, o to více požaduje – nerozumí sice ani t-testu, ale požaduje faktorovou analýzu 50 proměnných na 20 případech (Innocent Abroad). Pro takového klienta je adekvátní statistik – kouzelník. Jiný typ zákazníka (Tinkerer) chce „jen“ nějakou drobnou úpravu

v datech a poté provést analýzu znovu. Ta ovšem zabrala 5 týdnů. Toho je schopen jen statistik – Sisyfos.

Otázky výuky statistických konzultací

K hlavním problémům absolventů statistického vzdělávání, kteří začínají s praxí statistických konzultací patří zejména to, že neumějí zacházet se skutečně reálnými daty majícími typicky mnoho nedostatků a že nejsou připraveni komunikovat s nestatistiky nematematickým jazykem o tématech jiných oborů. I když znají mnohé metody teoreticky (včetně odvození), neumějí je dobře aplikovat. Spektrum metod potřebných v praxi je navíc podstatně širší než to, s nímž se setkali při studiu. Např. statistické ukazatele používané v epidemiologii, jako relativní riziko či poměr šancí, podobně jako analýza longitudinálních a korelovaných dat nebývají v centru statistických výukových plánů. Zákazníci přicházejí mnohdy s daty, na která nelze jednoduše aplikovat některou z běžných metod či která nesplňují předpoklady běžných metod.
Jak shrnul Kulich [15], studenti statistiky by se měli naučit aplikovat všechny metody, které probírají na přednáškách. Zejména by se měli učit:

- aplikovat statistické metody na úlohy s neurčitou formulací,
- analyzovat reálná nesimulovaná data obsahující nečistoty, chyby, chybějící hodnoty, veličiny nejasného původu,
- zamýšlet se nad platností předpokladů a důsledky jejich porušení,
- porovnat alternativní přístupy řešení a umět zvolit a obhájit ten optimální.

Možné přístupy k výuce konzultací jsou popsány např. v instruktivní monografii Janice Derr [5], která je doplněna i ukázkovými videosekvencemi modelových situací. Obecně jde především o přechod od pasivní k aktivní výuce, k tomu, aby studenti byli nuceni řešit opravdu reálné problémy. Jedině tím, že se aktivně utkají se skutečně reálnými daty se všemi jejich záludnostmi se mohou dostat na kvalitativně vyšší úroveň v chápání procesu statistické analýzy dat. Studenti by se měli seznámit se zkušenostmi statistiků, kteří běžně vedou konzultace. Měli by mít možnost se reálných konzultací účastnit jako pozorovatelé. Případně se mohou přímo na takových konzultacích a jejich vyhodnocení podílet a zkusit pod dohledem učitele vyřešit reálný problém, s nímž klient přichází. Zkušenost učitele z konzultační praxe nepochybně velmi přispívá ke kvalitě jeho výuky – jednak získá cit pro potřeby lékařů (např. dovede vnímat rozdíly mezi statistickou a klinickou významností) a jednak má dobrý zdroj reálných příkladů.

Další možnost výuky skýtá uspořádání výukových konzultací, při nichž jako klient vystupuje např. pedagog jiného oboru. V jiném modelu zastává roli klienta pedagog – statistik a studenti mohou přispívat k průběhu konzultace kolektivně. Studenti mohou pod vedením pedagoga sehrát krátké scénky statistik – klient. Mohou sledovat a probírat videozáznamy reálných konzultací. Každopádně musí pochopit nezbytnost a komplikovanost vzájemné interakce mezi statistikem a biologem.

Studenti by se měli intenzivně cvičit v psaní zpráv o provedených analýzách [1]. Nemělo by ovšem jít o pouhý výčet, kde co je ve výstupu ze statistického programu, ale o skutečnou interpretaci – v reálné situaci je k úspěšné interpretaci zpravidla nutná spolupráce se zadavatelem. Studenti by poté měli své zpracování presentovat a obhajovat v diskusi s vyučujícím a spolužáky. I výuka slovního projevu a sdělování výsledků analýz menším či větším skupinám posluchačů – nestatistiků za pomoci presentačního software je velmi důležitá a přitom opomíjená [4]. K tomu patří i umění přehledného a věcně správného grafického znázornění výsledků. Pro slovní vyjádření může studentům napomoci studium různých interpretací výstupů a rozbor publikovaných článků prezentujících výsledky statistického zpracování v časopisech daného oboru aplikace. Obecně by se studenti měli seznámit s literaturou týkající se statistické praxe a učebnice o konzultacích [21]. Někteří autoři navrhují kursy na téma jako *Biologie pro statistiky*, atp. [3], čímž je poukazováno na jistou asymetrii, neboť studenti biologie či medicíny zpravidla absolvují základní kurs statistiky, i když mnohdy v nedostatečné míře či v nevhodné fázi studia [16]. Ovšem i biologové a lékaři by se měli učit nejen o statistice, ale i o konzultacích. V neposlední řadě by se studenti měli zabývat etickými otázkami statistických analýz a měli by být důsledně vedeni k pečlivé, přesné a korektní práci s daty.

Požadavky zde vyřčené jdou zřejmě nad rámec reálných možností výuky statistiků, nicméně by bylo dobré, kdyby vedly k zamyšlení, zda alespoň částečně nelze výuku modifikovat ve prospěch usnadnění vstupu absolventů do praxe.

Reference

[1] Baskerville, J. C. (1981). A systematic study on the consulting literature as an integral part of applied training in statistics. Am. Statist. 35, 121--123.

[2] Boen, J., Zahn, D. A. (1982). The human side of statistical consulting. Lifetime Learning Publications, Belmont.

[3] Cox, C. P. (1968). Some observations on the teaching of statistical consulting. Biometrics 24, 789-801.

[4] DeMets, D. L., Anbar, D., Fairweather, W., Louis, T. A., O'Neill, R. T. (1994). Training the next generation of biostatisticians. Amer. Statist. 48, 280-284.

[5] Derr, J. (2000). Statistical Consulting: A Guide to Effective Communication. Duxburry, Pacific Grove.

[6] Hand, D. J., Everitt, B. S., eds. (1987). The statistical consultant in action. Cambridge University Press, Cambridge.

[7] Hand, D. J. (1994). Deconstructing statistical questions. With discussion. J. R. Statist. Soc. A 157, 317-356.

[8] Hunter, W. G. (1981). The practice of statistics: The real world is an idea whose time has come. Am. Statist. 35, 72-76.

[9] Hyams, L. (1969). Letter to the Editor. Biometrics 25, 431-434.

[10] Hyams, L. (1971). The practical psychology of biostatistical consultation. Biometrics 27, 201-211.

[11] Kenett, R., Thyregod, P. (2006). Aspects of statistical consulting not taught by academia. Statistica Neerlandica 60, 396-411.

[12] Khurshid, A., Sahai, H. (1993). A second bibliography on the teaching of statistics in biological, medical, and health sciences. Statistica Applicata 5, 309-397.

[13] Kimball, A. W. (1957). Errors of the third kind in statistical consulting. J.Amer. Statist. Assoc. 52, 133-142.

[14] Kirk, R. E. (1991). Statistical consulting in a university: dealing with people and other challenges. Am. Statist. 45, 28-34.

[15] Kulich, M. (2000). Úvahy nad výukou matematické statistiky na KPMS MFF UK. In: Sborník semináře TPA'2000 Diskuse k výuce statistiky. Preprint.

[16] Malý, M., Roth, Z. (2001). Otázky komunikace statistika s lékařem. Sborník Prastan.

[17] Pocock, S. J. (1995) Life as an academic medical statistician and how to survive it. Stat. Med. 14, 209-222.

[18] Russell, K. G. (2001). The teaching of statistical consulting. J. Appl. Probab. 38A, 20-26.

[19] Sahai, H., Khurshid, A. (1999). A bibliography on statistical consulting and training. Journal of Official Statistics 15 (4), 587-629.

[20] Sprent, P. (1970). Some problems of statistical consultancy (with discussion). J. Roy. Stat. Soc. A 133, 139-165.

[21] Taplin, R. H. (2003). Teaching statistical consulting before statistical methodology. Aust. N. Z. J. Stat. 45, 141-152.

[22] Tobi, H., Kuik, D. J., Bezemer, P. D., Ket, P. (2001). Towards a curriculum for the consultant biostatistician: identification of central disciplines. Statist. Med. 20, 3921-3929.

[23] van Belle, G. (1982). Some aspects of teching biostatistical consulting. In: Rustagi, J. G., Wolfe, D. A. (eds.). Teaching Statistics and Statistical Consulting. Academic Press, New York, 343-365.

[24] Woodward, W. A., Schucany, W. R. (1977). Bibliography of statistical consulting. Biometrics 33, 564-565.

Adresa: Marek Malý
Státní zdravotní ústav Praha a Ústav informatiky AV ČR Praha

Poděkování: Práce byla částečně podpořena výzkumným záměrem Ústavu informatiky AV ČR AV0Z10300504.

VYUČOVANIE ŠTATISTIKY V NEMATEMATICKÝCH ODBOROCH

Michal Munk, Marta Vrábelová

Abstrakt: Príspevok pozostáva zo štyroch častí. V prvej časti je zdôvodnená potreba vytvorenia špecifického učebného materiálu na podporu vyučovania výpočtovej štatistiky aj pre nematematikov. V druhej časti je predstavená elektronická kniha *Analýza dát*, ktorá okrem všeobecného základu zo štatistiky (*Získavanie dát*, *Exploračná analýza*, *Inferenčná analýza*) obsahuje popis konkrétnych modulov (*Základná štatistika (popisná štatistika, parametrické a neparametrické metódy), Analýza spoľahlivosti/prvkov (položiek), Regresná analýza, Analýza rozptylu a kovariancie*), ktorých použitie je ilustrované na riešených príkladoch prostredníctvom štatistického programového systému. V tretej časti je popísaná elektronická pomôcka *Stromový graf analytických metód*, ktorá slúži k výberu správnej metódy a je prepojená s obsahom knihy. V závere sú naznačené možnosti rozšírenia jej obsahu o aplikovanie metód strojového učenia za účelom analýzy dát z databáz (objavovanie znalostí z databáz, hĺbková analýza) a viacrozmerných prieskumných techník.

1. Učebný materiál na podporu vyučovania štatistiky alebo HelpDesk k analýze dát

Učebný materiál *Analýza dát* na podporu vyučovania výpočtovej štatistiky má podobu elektronickej knihy, ktorá môže byť publikovaná ako na CD nosiči, tak aj priamo na webe:

http://www.stat.studnet.sk/

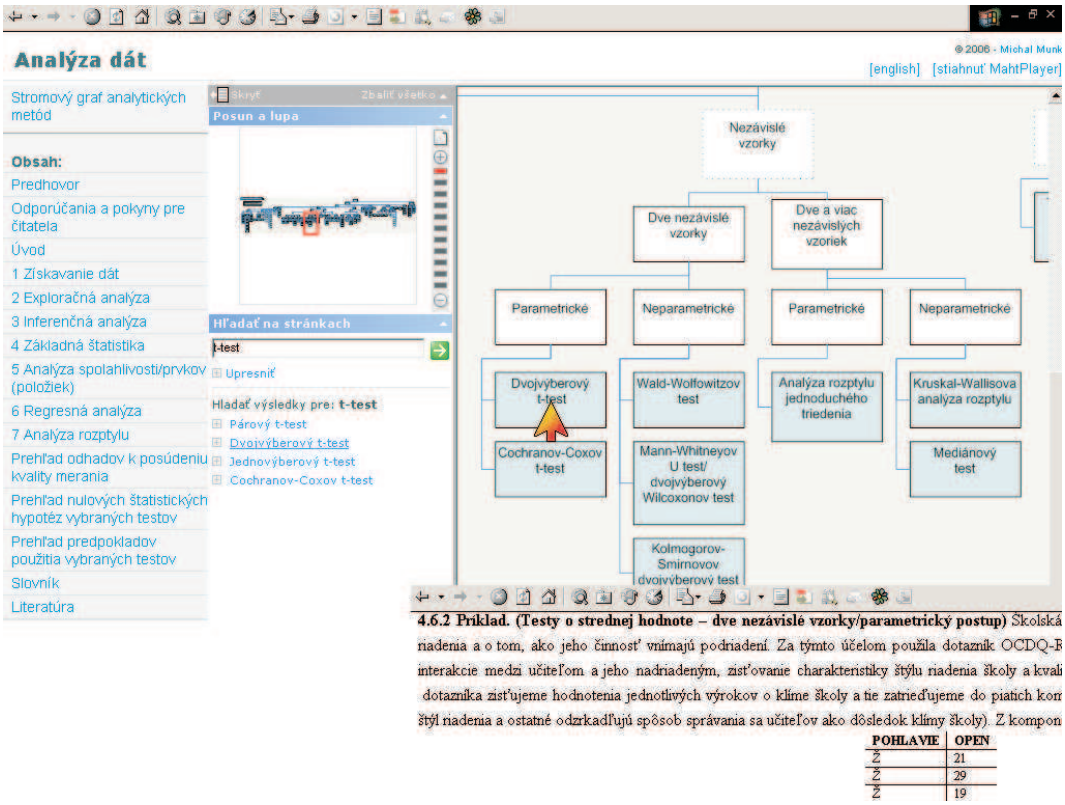
Táto elektronická kniha je primárne určená pre univerzitné kurzy zo štatistiky aj pre nematematikov. Snažili sme sa ňou, čo najlepšie pokryť hlavne najpoužívanejšie štatistické metódy. V podobe webu sekundárne slúži ako HelpDesk k analýze dát, napr. pri realizácii výskumu k záverečným prácam tým, že je do nej implementovaný *Stromový graf analytických metód*, ktorý slúži k výberu správnej metódy s prepojením na jej obsah. Z obrázka 1 je vidieť výber metódy a následné prepojenie s obsahom – v tomto prípade s riešeným príkladom, ktorý ilustruje použitie dvojvýberového t-testu.

Využívať „silné“ nástroje, ktoré nám dnes ponúka štatistický softvér sa dá iba za predpokladu, že budeme mať komplexný prehľad o analytických metódach, budeme si vedieť vybrať správnu metódu a správny postup pri

analýze dát. Vychádzali sme z potreby vytvoriť materiál, ktorý by bol aj pomôckou pri analýze dát a nie len klasickým učebným materiálom, pričom sme veľký dôraz kládli na vizualizáciu problematiky.

Technické požiadavky na spustenie:

- Pre prístup k elektronickej knihe je možný akýkoľvek počítač s prehliadačom Internet Explorer 6.0 a novším.
- MathPlayer, ktorý zabezpečí zobrazenie MathML v prehliadači.
- Doporučené grafické rozlíšenie 1024x768.



Obr. 1: HelpDesk k analýze dát

2. Obsah, štruktúra a odporúčania k vytvorenej elektronickej knihe

Naším cieľom bolo napísať prehľadovú publikáciu zo štatistiky, ktorá by prostredníctvom riešených príkladov oboznámila čitateľa s analýzou dát a s prácou so štatistickým softvérom.

Text je členený do dvoch častí.

Prvá viac-menej teoretická časť sa delí na získavanie dát, exploračnú analýzu a inferenčnú analýzu. V tejto časti čitateľ získa celkový prehľad zo štatistiky a v nasledujúcej praktickej časti si potom môže prehlbovať poznatky o konkrétnych štatistických metódach na riešených príkladoch.

V kapitole *Získavanie dát* sa čitateľ oboznámi s meracími procedúrami a posudzovaním ich kvality, so základnými výskumnými plánmi a postupmi pri ich realizácii.

V ďalšej kapitole *Exploračná analýza* sa oboznámi s jej základnými zložkami: popisnou štatistikou, vizualizáciou dát, analýzou reziduálnych hodnôt, transformáciou dát a viacrozmernými prieskumnými technikami.

V poslednej kapitole tejto časti *Inferenčná analýza* sa oboznámi s pravdepodobnosťou ako teoretickým základom inferenčnej analýzy, s odhadmi parametrov a testovaním hypotéz.

Druhá obsiahlejšia časť, sa venuje konkrétnym štatistickým metódam. Čitateľ získa teoretické poznatky o konkrétnych metódach a na riešených príkladoch sa oboznámi s postupom pri riešení konkrétnych problémov, s overovaním validity použitých metód, interpretáciou výsledkov a to prostredníctvom štatistického softvéru.

V kapitole *Základná štatistika* sa venujeme popisnej štatistike a základným parametrickým a neparametrickým metódam. V tejto časti je uvedená séria jedenástich príkladov z danej problematiky. V príkladoch okrem vysvetlenia a interpretovania použitých štatistík, mier a grafov nájdeme aj návody ako overiť predpoklady použitia jednotlivých metód a ako riešiť ich prípadné porušenia.

V kapitole *Analýza spoľahlivosti/prvkov (položiek)* sú uvedené dva príklady. V prvom príklade je vysvetlené posúdenie kvality škály dotazníka, v druhom kvality testu.

V predposlednej kapitole *Regresná analýza* je uvedená séria ôsmich príkladov. V prvom príklade sú vysvetlené a interpretované všetky možné štatistiky, miery a grafy, ktoré ponúka modul viacnásobná lineárna regresia (Multiple Regression) systému STATISTICA. V druhom nájdeme ukážku ako overiť predpoklady pre regresnú analýzu. Ďalšie príklady sa zaoberajú špeciálnymi prípadmi a metódami a to: regresnou priamkou prechádzajúcou počiatkom, kvadratickou regresiou, overovaním stability modelu, transformáciou premenných, metódou umelých premenných, korelačnou maticou ako vstupným súborom, krokovou regresnou analýzou a predpovedaním závislej premennej.

V poslednej kapitole *Analýza rozptylu* je uvedená séria siedmich príkladov. V prvom príklade sú vysvetlené a interpretované všetky možné štatistiky, miery a grafy, ktoré ponúka modul analýza rozptylu (ANOVA/MANOVA)

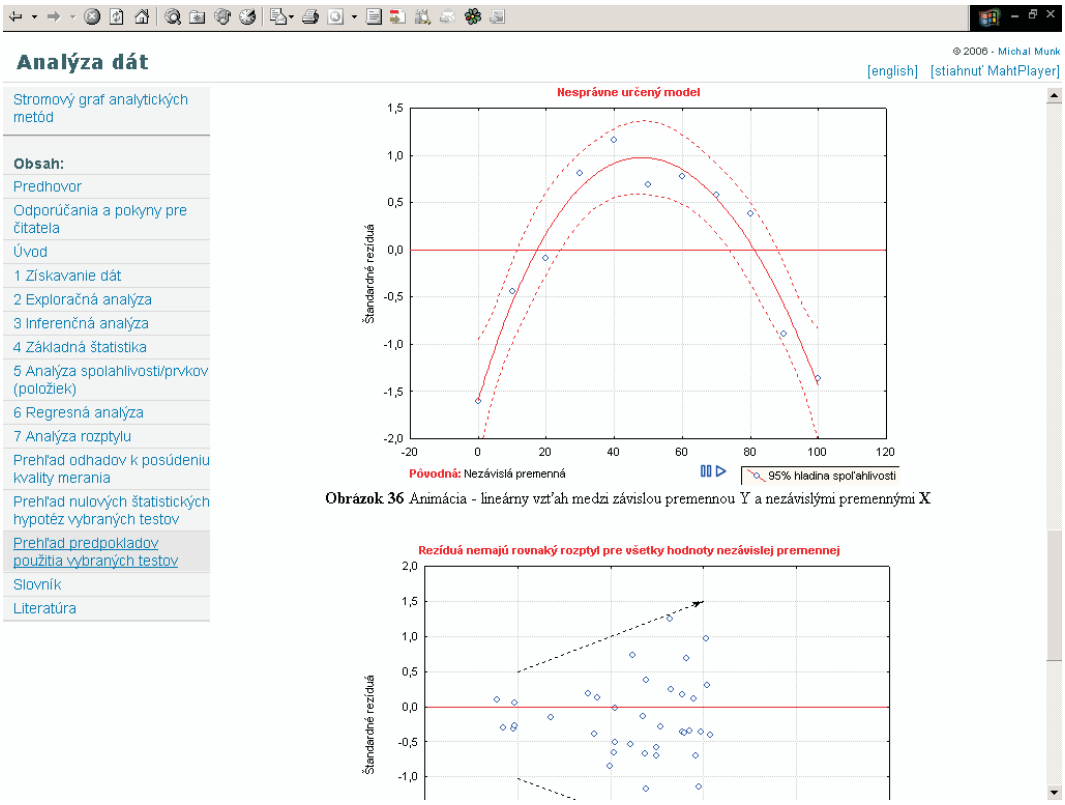
systému STATISTICA. V nasledujúcich troch nájdeme návod ako overiť predpoklady použitia (validity) jednotlivých analýz (ANOVA, MANOVA, opakované merania ANOVA, ANCOVA/MANCOVA). Ďalšie dva príklady sa zaoberajú špeciálnymi dizajnmi analýzy rozptylu (dizajn s náhodným efektom a hniezdny dizajn). Posledný príklad je ukážkou použitia kontrastnej analýzy – plánované porovnania.

Na záver sú ponúknuté ešte tri súhrny – *Prehľad odhadov k posúdeniu kvality merania*, *Prehľad nulových štatistických hypotéz vybraných testov* a *Prehľad predpokladov použitia vybraných testov*, ktorý je doplnený animáciami (obr. 2) pre zdôraznenie potreby overovať predpoklady použitia a potreby vizualizácie dát.

Pri tvorbe publikácie sme predovšetkým vychádzali z vlastných skúseností s analýzou dát a s prácou so štatistickým softvérom STATISTICA. Tomu odpovedá i dôraz na oblasť výpočtovej štatistiky. Pri spracovaní tém sme čerpali z reprezentatívnej slovenskej, českej a anglickej literatúry, ale i z množstva odborných článkov. Za všetky zdroje by sme chceli na tomto mieste uviesť knihy *Statistické metody* od Jiřího Anděla, *Pravdepodobnosť a štatistika* od Marty Vrábelovej a Dagmar Markechovej, *Přehled statistických metod zpracování dat* od Jana Hendla, *Štatistické metódy v pedagogike* od Gejzu Wimmera, *Basic practice of statistics* od Davida S. Moora, *Exploratory data analysis* od Johna W. Tukeya a *Electronic Statistics Textbook* od spoločnosti StatSoft.

Jeden z problémov, na ktorý sme pri písaní narazili, bola malá alebo skôr žiadna dostupnosť štatistického softvéru lokalizovaného do slovenčiny. Sčasti výnimku tvorí softvér STATISTICA od spoločnosti StatSoft, ktorý je lokalizovaný do češtiny, rovnako ako doplnok MS Excelu Analýza dát. Problémom lokalizovaných programov je, že nie ku všetkým anglickým termínom existujú jednoznačné slovenské, respektíve české ekvivalenty. Okrem toho sa často vyskytujú terminologické nepresnosti, ako príklad môžeme uviesť českú lokalizáciu Analýzy dát v Exceli, kde „df – degrees of freedom“ (stupne voľnosti) sú preložené ako „rozdíl“. Z týchto dôvodov sme pri riešení príkladov používali štatistický softvér lokalizovaný do angličtiny, čím sa tento materiál stáva použiteľný pre širšiu skupinu užívateľov, vzhľadom na fakt, že v tomto jazyku je k dispozícii väčšina štatistických programov. Anglické termíny sme sa snažili, čo najsprávnejšie preložiť a vysvetliť. Súčasťou elektronickej knihy *Analýza dát* je aj *Štatistický slovník*, ktorý obsahuje cez 300 odborných anglických termínov preložených do slovenčiny. Čitateľ má tak možnosť rozšíriť si odbornú terminológiu zo štatistiky v angličtine.

Práca nie je určená iba užívateľom programov radu STATISTICA, ale všetkým tým, ktorí k analýze dát používajú nejaký štatistický softvér, vzhľa-



Obrázok 36 Animácia - lineárny vzťah medzi závislou premennou Y a nezávislými premennými X

Obr. 2: Animácie doplňujúce Prehľad predpokladov použitia vybraných testov

dom na ich veľkú podobnosť. STATISTICU sme si vybrali z dôvodu, že obsahuje širokú paletu metód a nástrojov a tým predpokladáme, že aj užívatelia iných programov tu nájdu interpretáciu potrebných mier, štatistík a grafov.

Čitateľovi, ktorý nemá základné znalosti zo štatistiky odporúčame pred zoznamovaním sa s konkrétnou metódou v kapitolách 4, 5, 6 a 7, preštudovať si najskôr kapitoly 1, 2 a 3.

Pri realizácii výskumného plánu môže použiť metodiky uvedené v kapitole 1.

Tabuľky a obrázky (grafy, schémy a pod.) sú číslované a pomenované v celej práci okrem riešených príkladov, vzhľadom na to, že názvy tabuliek a grafov sú zhodné s príslušnou vysvetľovanou voľbou z ponuky príslušnej metódy.

Štatistický softvér nám ponúka v rámci každej metódy/analýzy ponuku s množstvom volieb. Použité voľby v riešených príkladoch sú pod oddeľovacou čiarou vždy preložené, stručne popísané a vysvetlené, ak už tak nebolo

učinené v teoretickej časti. Pod ďalšou čiarou čitateľ nájde interpretáciu výsledkov vybranej voľby (obr. 3).

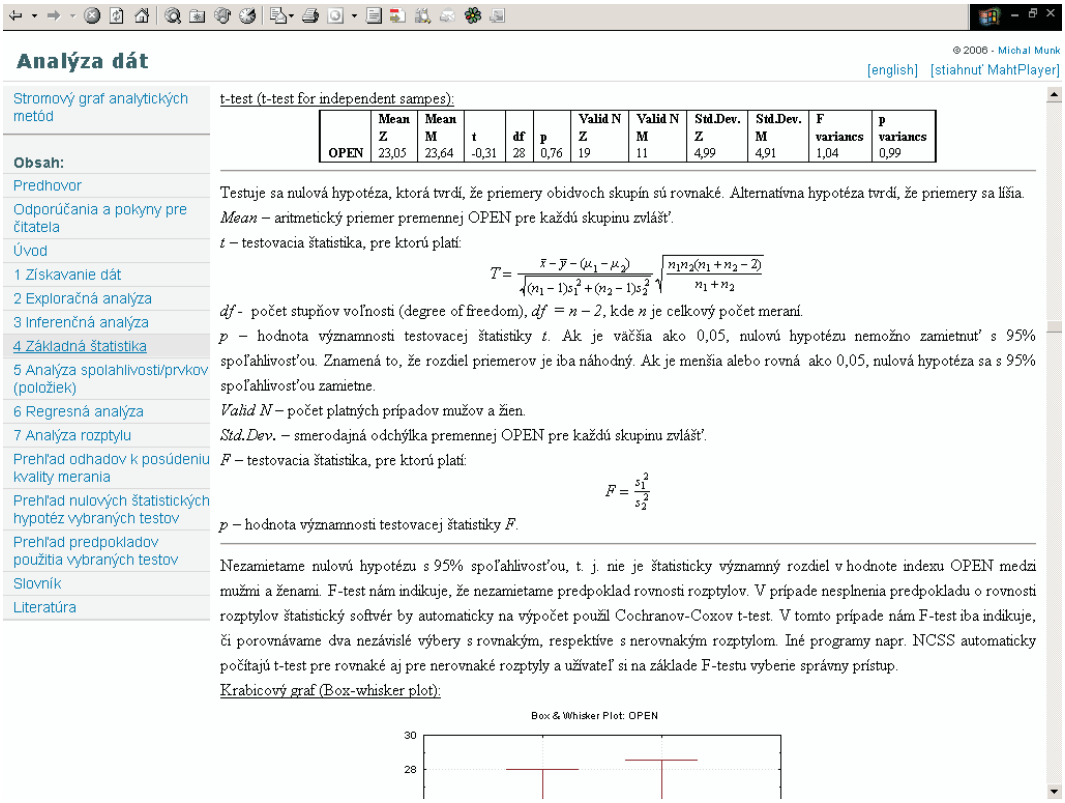
Napríklad:

Slovenský názov voľby (anglický ekvivalent):

Výstup v podobe tabuľky alebo grafu.

Popis a vysvetlenie.

Interpretácia.



Obr. 3: Výstup, popis, vysvetlenie a interpretácia voľby pre výpočet t-testu

3. Výber metódy

V prípade, že čitateľ má záujem o použitie konkrétnej analytickej metódy (štatistické metódy a metódy strojového učenia), respektíve nevie akú metódu má použiť na riešenie problému, odporúčame použiť *Stromový graf ana-*

lytických metód, ktorého úlohou je navigovať používateľa pri výbere správnej metódy.

Zobrazuje všetky dnes používané metódy, ktoré sú zatriedené do skupín. Jednotlivé úrovne v grafe majú rovnaké orámovanie. Konkrétne metódy (analýzy, testy, miery a grafy) sú zobrazené v jednej farbe. Korene, ktoré zatrieďujú metódy a pomáhajú pri výbere tej správnej, nie sú farebne zvýraznené vzhľadom na ich pomocnú funkciu. Graf je doplnený o nástroje na vyhľadávanie metód („hľadať na stránkach“, „posun a lupa“), ktoré v ňom zjednodušujú orientáciu.

Graf môžeme prehľadávať dvojakým spôsobom:

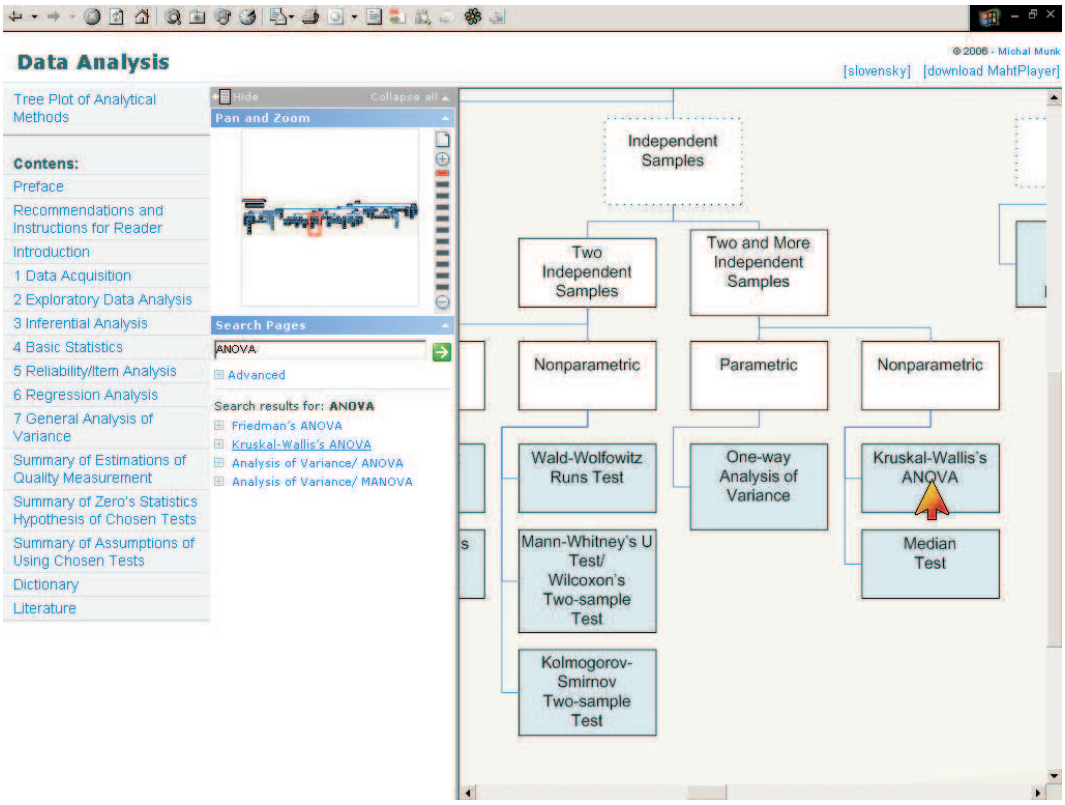
- Od všeobecného ku konkrétnemu (zhora dole), napríklad: *Štatistické metódy – Základná štatistika – Testy rozdielov medzi premennými – Testy o strednej hodnote a ich neparametrické alternatívy – Nezávislé vzorky – Dve a viac nezávislých vzoriek – Neparametrické – Kruskalova-Wallisova analýza rozptylu.*
- Od konkrétneho ku všeobecnému (zdola hore), napríklad: zadáme do vyhľadávača metód – *Znamienkový test* a zistíme na testovanie čoho a za akých podmienok (parametrické verzus neparametrické štatistiky, závislé verzus nezávislé vzorky) sa používa.

Po výbere konkrétnej metódy z grafu je čitateľovi ponúknutý materiál z danej problematiky za predpokladu, že táto metóda bola nami spracovaná. Vzhľadom na to, že graf obsahuje takmer všetky metódy, ktoré sa dnes používajú k analýze dát nebolo možné všetky spracovať. Z tohto dôvodu sme sa snažili spracovať iba tie najpoužívanejšie, a to v rozsahu 300 strán. Tým, že sú materiály v elektronickej podobe publikované na webe sú neustále prístupné študentom a navzájom prepojené. V inej podobe ako elektronickej nie je možné *Stromový graf analytických metód* publikovať, vzhľadom na jeho rozmery 1400 mm x 290 mm, pri veľkosti písma 10 b.

Elektronická kniha *Analýza dát* je z časti lokalizovaná do anglického jazyka, konkrétne bola lokalizovaná úvodná strana a *Stromový graf analytických metód* (obr. 4), na ktorom je celý materiál postavený.

4. Rozšírenie elektronickej knihy

V budúcnosti by sme radi rozšírili elektronickú knihu Analýza dát o možnosti aplikovania metód strojového učenia za účelom analýzy dát z databáz. To si vyžaduje rozšíriť kapitolu *Získavanie dát* o poznatky z databáz, objavovania znalostí z databáz (Knowledge Discovery in Databases, KDD) a doplniť ďalšiu kapitolu *Hĺbková analýza (Data Mining).*



Obr. 4: *Tree Plot of Analytical Methods*

V literatúre sa často odlišujú tieto dva prístupy k analýze dát a tieto prístupy nebývajú predmetom jednej publikácie. Nepopierame, že sú tu podstatné rozdiely, napr. kým pri výskumných plánoch sú dáta získané cielene, tak aby odpovedali na dané ciele (hypotézy), v KDD sú získané z databáz, ktoré nevznikli s cieľom ich následnej analýzy, ale sú zhromaždené primárne z iných dôvodov a nemusia obsahovať požadované informácie, v KDD sa spracovávajú a analyzujú „veľké dáta“ (GB, TB) a použitie analytických metód v KDD je formalizované, kým pri výskumných plánoch použité metódy závisia na hypotézach a ich návrh je súčasťou plánu.

My sa však snažíme hľadať spoločné body v týchto na prvý pohľad odlišných prístupoch k analýze dát. V podstate môžeme KDD prirovnať k výskumným plánom. Rovnako ako v prípade výskumných plánov musíme získať dáta, napr. z nejakej výskumnej vzorky, tak aj v prípade KDD musíme zhromaždiť validné dáta z databáz. Výskumné plány rovnako ako aj KDD predstavujú určitý proces a vznikajú k nim metodiky, ktoré nám umožňujú prenášať skúsenosti z úspešných projektov. V obidvoch prístupoch na získané a spracované

dáta aplikujeme štatistické metódy, ako metódy exploračnej analýzy, tak aj metódy inferenčnej analýzy.

V KDD však okrem tradičných štatistických metód sa na analýzu dát z databáz začali používať aj metódy strojového učenia. Tieto metódy vychádzajú z empirického učenia, ktoré sa používajú pri učení sa konceptom na základe príkladov, pozorovania a objavovania. Tieto metódy sú použiteľné vďaka tomu, že v prípade analýz dát z databáz vychádzame z veľkého objemu dát. Preberaním takýchto metód, ktoré sú založené na heuristickom prieskume dát, rozvíjame otvorenú matematiku a dovolíme si tvrdiť, že aj popularizujeme analýzu dát ako takú. Aplikáciou metód hĺbkovej analýzy študenti dokážu objaviť skryté znalosti vo veľkých dátach. A hlavne v prípade symbolických metód sa výsledky veľmi ľahko interpretujú – rozhodovacie a asociačné pravidlá sa dajú vyjadriť v prirodzenej reči a teda ľudia im ľahko rozumejú, čo je veľmi dôležité na to, aby sa získané znalosti mohli uplatniť v praxi. Napríklad aj OLAP analýzy sú v praxi veľmi často preferované len preto, že výstupy sa veľmi ľahko interpretujú a hlavne nevyžadujú hlboké vedomosti zo štatistiky a analýzy dát. Ale na druhej strane ich použitím získa užívateľ iba sumarizáciu napr. objemu predaja podľa rôznych dimenzií.

Vzhľadom na to, že chceme, aby kniha slúžila čo najširšiemu okruhu študentov i doktorandov našej univerzity, potrebujeme ju rozšíriť o niektoré mnohorozmerné štatistické metódy a to metódy klasifikačné (hlavne pre biológov a geografov) a metódy ordinačné (pre ekológov, študenti sociológie, sociálnej práce, doktorandi rôznych odborov teórie vyučovania tiež potrebujú faktorovú analýzu). Keď bude treba, budeme používať špeciálny softvér. Faktorovú analýzu ([4]) i ďalšie metódy máme čiastočne pripravené. Touto problematikou sa zaoberajú Marhold – Suda v knihe *Statistické spracovaní mnohorozmerných dat v taxonomii. Fenetické metody* prístupnej napr. na stránke http://botany.upol.cz/prezentace/duch/analyza.pdf, Lepš – Šmilauer v učebnom texte *Mnohorozmerná analýza ekologických dat* prístupnej na stránke http://botany.upol.cz/prezentace/duch/leps.pdf, Meloun – Milický – Hill v knihe *Počítačová analýza vícerozmerných dat v příkladech* (Academia 2005). Túto problematiku by sme však chceli preštudovať hlbšie, prečítať aj články od Tera Braaka, napr. [2].

5. Záver

Teoretickú časť k databázam, KDD a hĺbkovej analýze máme v súčasnosti už spracovanú. V budúcnosti by sme radi spracovali konkrétne metódy zo symbolických metód strojového učenia, aby sme prezentovali použitie aj ne-

štatistických metód na analýzu dát, rozvíjali otvorenú matematiku a popularizovali analýzu dát vzhľadom na jednoduchú interpretáciu výstupov a tým, že študenti dokážu objaviť skryté znalosti vo veľkých dátach. Zaoberať by sme sa tiež chceli viacrozmernými prieskumnými technikami využiteľnými pri spracovaní výsledkov výskumu v biologických, ekologických a pedagogických vedách.

Literatúra

[1] MUNK, M. – KAPUSTA, J.: Virtuálna škola „Štatistika“. *Forum Statisticum Slovacum,* 2005, č. 3, s. 44-49, ISSN 1336-7420.

[2] TER BRAAK, C. J. F.: Canonical Correspondece Analysis: A new Eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67 (5), 1986, s. 1167-1179.

[3] URBANÍKOVÁ, M.: O testovaní štatistických hypotéz trochu inak. In *Zborník: 25. konferencia VŠTEP.* Praha: JČMF, 1998, s. 323-328.

[4] VRÁBELOVÁ, M.: Faktorová analýza a jej výpočet v počítačových systémoch. *IKT vo vyučovaní matematiky,* UKF Nitra 2005, s. 131-142, ISBN 80-8050-925-5.

Adresa: RNDr. Michal Munk
ÚTV PF UKF v Nitre, Drážovská 4, 949 74 Nitra
E-mail: `mmunk@ukf.sk`

Adresa: doc. RNDr. Marta Vrábelová, CSc.
KM FPV UKF v Nitre, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
E-mail: `mvrabelova@ukf.sk`

PROBABILITY AND QUANTUM LOGIC

Olga Nánásiová, Mária Minárová, Ahmad Mohammed

Abstrakt: This paper is a short report of some results in the theory of quantum logic. The theory of quantum logic is a generalisation of the classical probability theory.

Introduction

It is well-known fact that the classical probability space $(\Omega, \mathcal{S}, P)$ is constructed for compatible random events, it means for every couple of random events $A, B \in \mathcal{S}$ $A = (A \cap B^c) \cup (A \cap B)$ and so

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B).$$

Indeed we can rewrite this as a function of two variables $Q : \mathcal{S} \times \mathcal{S} \to [0, 1]$ such that $Q(A, B) = P(A \cup B)$. The same situation we obtain for intersection and symmetric difference.

Theory of quantum logic includes various algebraic structures which describe the alternative approach to random events. We consider as a basic structure an orthomodular lattice with a state, briefly an OML. In the language of quantum logic a set σ-algebra is a Boolean algebra. Each Boolean algebra is an OML but not the reverse. If we consider the function of union, intersection and symmetric difference as a function of two variables, than we can introduce such a measure also on an OML.

If we compare approaches to random events in the probability theory and in the theory of quantum logic we can find the same source. The theory of quantum logic works with the similar notions as the probability theory, but the algebraic structure is more general. Let $(\Omega, \mathcal{S}, P)$ be a probability space and $(L, I, O, \vee, \wedge, \perp)$ be an orthomodular lattice with a state (briefly quantum logic). Some relevant notions follow:

1. Ω is relevant to I, $\emptyset$ is relevant to O and $\mathcal{S}$ is relevant to L;
2. a probability measure P is relevant to a state m;
3. $\cup$ is relevant to $\vee$ and $\cap$ is relevant to $\wedge$;
4. A^c, where $A \in \mathcal{S}$ is relevant to $a^\perp$, where $a \in L$;
5. a probability of intersection two random events is relevant to s-map p;
6. a probability of union two random events is relevant to j-map q;
7. a probability of symmetric differential two random events is relevant to d-map d.

We can find some results in [2]-[9].

1. Basic notions and properties

Definition 1. 1. *Let L be a nonempty set endowed with a partial ordering $\leq$. Let the greatest element (I) and the smallest element (O) exist and let the operations supremum ($\vee$), infimum ($\wedge$) (the lattice operations) be defined. Let $\perp\colon L \to L$ be a map with the following properties:*

(i) $\forall a, b \in L\ a \vee b, a \wedge b \in L$.

(ii) $\forall a \in L\ \exists! a^{\perp} \in L$ *such that* $(a^{\perp})^{\perp} = a$ *and* $a \vee a^{\perp} = I$.

(iii) If $a, b \in L$ *and* $a \leq b$, *then* $b^{\perp} \leq a^{\perp}$.

(iv) If $a, b \in L$ *and if* $a \leq b$, *then* $b = a \vee (a^{\perp} \wedge b)$ *(orthomodular law).*

Then $(L, O, I, \vee, \wedge, \perp)$ *is called an orthomodular lattice (briefly an OML).*

Let L be an OML. Then elements $a, b \in L$ will be called:

- *orthogonal* $(a \perp b)$ if $a \leq b^{\perp}$;
- *compatible* $(a \leftrightarrow b)$ if $a = (a \wedge b) \vee (a \wedge b^{\perp})$

If $a, b_1, b_2 \in L$, such that $a \leftrightarrow b_i$ for $i = 1, 2$, then $a \leftrightarrow b_1 \vee b_2$ and

$$a \wedge (b_1 \vee b_2) = (a \wedge b_1) \vee (a \wedge b_2) \qquad ([3]).$$

Definition 1. 2. *A map $m : L \to [0, 1]$ such that*

(i) $m(O) = 0$ *and* $m(I) = 1$;

(ii) If $a \perp b$ *then* $m(a \vee b) = m(a) + m(b)$;

is called a state on L.

Definition 1. 3. *Let L be a OML. A map $d : L \times L \to [0.1]$ will be called a difference map (d-map) if the following conditions hold:*

(d1) $d(O, I) = d(I, O) = 1\ \forall a \in L\ d(a, a) = 0$;

(d2) $d(a, b) = d(a, O) + d(O, b)$ *for* $a \perp b$;

(d3) If $a \perp b$, $c \in L$,

$$d(a \vee b, c) = d(a, c) + d(b, c) - d(O, c)$$

$$d(c, a \vee b) = d(c, a) + d(c, b) - d(c, O).$$

It is possible to show that

(1.) $\forall a \in L\ d(O,a) = d(a,O)$ is a state on L;

(2.) if $a \leftrightarrow b$, then $d(a,b) = d(a \wedge b^{\perp}, O) + d(O, a^{\perp} \wedge b)$;

(3.) $\forall a \in L\ d(a,a^{\perp}) = 1$;

(4.) If $a \perp b$, $c \in L$,

$$d(a \vee b, c) \leq d(a,c) + d(b,c)$$

$$d(c, a \vee b) \leq d(c,a) + d(c,b);$$

(5.) $\forall a \in L\ d(a,I) = d(a^{\perp}, O)$;

(6.) if $a \leftrightarrow b$, then $d(a,b) = d(b,a)$.

We can see, that for compatible elements, a d-map is a measure of a symmetric difference. One of the important notion on an OML is an s-map (the relevant notion to a measure of intersection on a Boolean algebra and a j-map (the relevant notion to a measure of union on a Boolean algebra). In the following, we introduce an s-map and a j-map and we show that it is possible to define these functions with a d-map.

Definition 1. 4 (7)**.** *Let L be a OML. The map $p : L^2 \to [0,1]$ will be called s-map if the following conditions hold:*

(s1) $p(I,I) = 1$*;*

(s2) if $a \perp b$*, then* $p(a,b) = 0$*;*

(s3) if $a \perp b$ *and* $\forall c \in L$

$$p(a \vee b, c) = p(a,c) + p(b,c)$$

$$p(c, a \vee b) = p(c,a) + p(c,b).$$

In the paper [5] has been proved, that

1. For $\forall a \in L$ a map $\nu(a) = p(a,a)$ is a state on L;
2. If $a \leftrightarrow b$, then $p(a,b) = \nu(a \wedge b) = p(b,a)$;
3. For $\forall a, b \in L\ p(a,b) \leq p(b,b)$.

There is an example that shows, that $p(a,b)$ is not equal to $p(b,a)$ in general. We say that p is commuting if $\forall a,b \in L\ p(a,b) = p(b,a)$.

In the following part we put some properties for the map q, which is defined as follow: $q(a,b) = p(a,a) + p(b,b) - p(a,b)$.

In [8] has been shown that

1. For $\forall a \in L\ q(a,O) = q(O,a) = q(a,a)$;
2. For $\forall a \in L\ q(a,I) = q(I,a) = 1$.
3. if $a \leq b$, then $q(a,b) = q(b,b)$;
4. for $\forall a \in L$, $q(a,a) = p(a,a) = \nu(a)$;
5. if $a \leftrightarrow b$, then $q(a,b) = q(a \vee b, a \vee b)$.

Definition 1. 5 (8)**.** *Let L be an OML. A map $q : L \times L \to [0,1]$ will be called a join map (j-map) if the following conditions hold:*

(q1) $q(O,O) = 0$ *and* $q(I,I) = 1$*;*

(q2) If $a,b \in L$ *and* $a \perp b$*, then* $q(a,b) = q(a,a) + q(b,b)$*;*

(q3) If $a,b \in L$*, then for each* $c \in L$

$$q(a \vee b, c) = q(a,c) + q(b,c) - q(c,c)$$

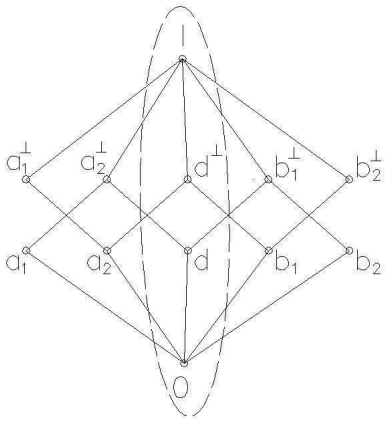
$$q(c, a \vee b) = q(c,a) + q(c,b) - q(c,c).$$

Proposition 1. 1. *Let L be an OML and let p be an s-map. Let $q(a,b) = p(a,a) + p(b,b) - p(a,b)$. Then*

(i.) if $\forall a,b \in L\ d(a,b) = p(a,b^{\perp}) + p(a^{\perp}b)$*, then d is a d-map;*

(ii.) if $\forall a,b\ d(a,b) = q(a,b) - p(a,b)$*, then d is a d-map;*

(iii.) $\forall a \in L\ p(a,a) = q(a,a) = d(a,O)$.



2. Examples

In this part we show two examples of quantum logics.

Example 2. 1. *Let* $\Omega = \{1,2,3,4,5\} = I$ *and* $\emptyset = O$. *Let* $a_1 = \{1,2\}$, $a_2 = \{3,4\}$, $d = \{5\}$, $b_1 = \{1,3\}$ *and* $b_2 = \{2,4\}$. *The orthomodular lattice* L, *which is generated by these elements is in the following picture.*

It is clear, that in this case $c \in L$ *implies* $c \in 2^\Omega$. *Let* P *be a probability measure on* 2^Ω. *Let us denote*

$$p(u,v) = P(u \cap v),$$

for example $p(a_1,b_1) = P(\{1,2\} \cap \{1,3\}) = P(\{1\})$. *We can see, that* $a_1 \wedge b_1 = O$, *but* $a_1 \cap b_1 = \{1\}$. *It is not dificult to show, that* p *is s-map.*

Example 2. 2. *Let* L *be the set of all symmetrical matrices over* R^n *such that* $AA = A$. *It can be shown, that a map* $p(A,B) = \frac{Tr(AB)}{n}$ *is the s-map. Then*

$$q(A,B) = \frac{Tr(A)}{n} + \frac{Tr(B)}{n} - \frac{Tr(AB)}{n}$$

is the j-map. Especially, if $n = 2$ *and* $A \neq O, I$, *where* I *is the identity matrix and* O *is the zero matrix, then*

$$A = \begin{pmatrix} a^2 & ab \\ ab & b^2 \end{pmatrix},$$

where $a^2 + b^2 = 1$ *and* I, O.

If we put $a = cos(\alpha)$, then

$$A = \begin{pmatrix} \cos^2\alpha & \cos\alpha\sin\alpha \\ \cos\alpha\sin\alpha & \sin^2\alpha \end{pmatrix},$$

where $\alpha \in R$ ($A := a(\alpha)$). $\mathcal{B}_a = \{O, I, A, A^\perp = I - A\}$ is the Boolean sub-algebra of L. In this case

$$p(a(\alpha), a(\beta)) = \frac{cos(\alpha - \beta)^2}{2}$$

$$q(a(\alpha), a(\beta)) = \frac{1 + sin(\alpha - \beta)^2}{2}$$

$$d((\alpha), a(\beta)) = q(a(\alpha), a(\beta)) - p(a(\alpha), a(\beta).$$

Acknowledgement

This work was supported by Science and Technology Assistance Agency under the contract No. APVV-0375-06, VEGA 1/4024/07, VEGA-1/3321/06.

References

[1] Adenier G., Khrennikov A., Yu.: Anomalies in EPR-Bell Experiments. AIP Conference Proceedings, QUANTUM THEORY: Reconsideration of Foundations 3, Jan.4, *810* (2006), pp. 283-293.

[2] Dvurečenskij A., Pulmannová S.: New Trends in Quantum Structures. Kluwer Acad. Publ., *516* (2000).

[3] Pták, P., Pulmannová S.: Quantum Logics. Kluwer Acad. Press, Bratislava (1991).

[4] Riečan, B., Neubrun, T. Integral, Measure and Ordering, Kluwer Acad. Press, Bratislava (1997).

[5] Khrennikov, A., Nánásiová, O.: Representation theorem of observables on a quantum system. Int. Journ. of Theor. Phys. (2006).

[6] Nánásiová, O.: Principle conditioning. Int. Jour. of Theor. Phys., *43* (2004), pp. 1383-1395.

[7] Nánásiová, O.: Map for Simultaneous Measurements for a Quantum Logic. Int. Journ. of Theor. Phys., *42* (2003), pp. 1889-1903.

[8] Bohdalová M., Minárová M., Nánásiová O.: A note to algebraic approache to uncertainty. Forum Stat. Slovacum, (2006),*3*, pp. 31-39.

[9] Nánásiová O., Minárová M., Mohammed A.: Measure of "symmetric difference", Proc. Magia, (2006), ISBN 978-80-227-2583-5, ISBN 80-227--2583-8, pp. 55-60.

Address: Olga Nánásiová, Mária Minárová, Ahmad Mohammed
Department of Mathematics, FCE Slovak University of Technology,
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovak Republic

E-mail: olga@math.sk, minarova@math.sk, mohammed@math.sk

VÝUKA JEDNOROZMĚRNÉ A DVOUROZMĚRNÉ ANALÝZY KATEGORIÁLNÍCH DAT

Hana Řezanková

Abstract: The paper is focused on teaching one-way and two-way analysis of categorical data. It is based on experiences with teaching at the University of Economics, Prague. The preparing of teaching, the choice of the software and data files and the comparison of some software packages are dealt with. The possibilities of systems SAS Enterprise Guide, SPSS, S-PLUS. STATGRAPHICS and STATISTICA are compared in the area of categorical data analysis.

1. Příprava předmětu

Tento příspěvek se věnuje jednak obecně předmětům zaměřeným na analýzu dat, jednak konkrétně výuce základů analýzy kategoriálních dat v bakalářském, event. magisterském studiu. Předpokládá se tedy, že buď celá nebo část výuky se koná na počítačové učebně vybavené vhodným programovým vybavením. Mnohé úvahy vycházejí ze specifické organizace studia na Vysoké škole ekonomické v Praze. Avšak vzhledem k tomu, že kreditní způsob studia, včetně ECTS kreditů, má jistý obecný základ, neměly by být mezi vysokými školami zásadní odlišnosti v oblastech, o kterých bude dále pojednáno.

Připravuje-li pedagog na vysoké škole výuku předmětu, je často limitován různými faktory. Málokdy má plnou volnost, aby předmět akreditoval podle svých představ. Někdy je již předmět akreditován a pedagog má k dispozici obsah, který v rámci stanoveného počtu hodin naplňuje výkladem teorie a řešením příkladů.

Pokud je pedagog garantem a připravuje podklady pro akreditaci předmětu, pak je třeba zohlednit zejména následující:

- zda je pro předmět určeno, *kolik hodin týdně* má být vyučován, případně je-li dána dolní či horní hranice této hodinové dotace (pokud je v této oblasti určitá volnost, pak záleží na rozsahu a hloubce látky, kterou by v rámci daného tématu měli zvládnout studenti určitého oboru, stupně studia, případně semestru či ročníku),
- zda je u předmětu vymezeno *členění na přednášky a cvičení* a pokud ano, zda se bude na počítačové učebně konat také přednáška, či nikoli

(nemusí být součástí akreditace, lze měnit operativně například podle počtu přihlášených studentů v semestru, viz níže),

- jaký *software* je pro analýzu dat k dispozici (v době akreditace nemusí být žádný, může být jeden, či více specializovaných programových produktů, používaný software lze měnit operativně podle znalostí či zájmů studentů účastnících se kurzů),
- zda existuje vhodný *studijní materiál* dostupný v potřebném počtu studentům.

K prvnímu bodu zřejmě není potřeba žádný komentář. Přejděme tedy k bodu druhému. Pokud má smysl rozlišovat přednášky a cvičení, pak můžeme uvažovat dvě základní situace. Je-li studentů více, než předpokládaná kapacita učebny na cvičení, a je menší kapacita pedagogů, pak je výhodné zorganizovat přednášku pro všechny studenty daného předmětu v semestru (varianta A). Na druhou stranu, pokud kapacita počítačových učeben s vhodným programovým vybavením stačí pojmout všechny zájemce o předmět a je dostatečná kapacita pedagogů, je výhodné, aby se i přednášky konaly na počítačové učebně, případně se přednášky a cvičení nerozlišovaly, tj. forma výuky může být buď označena jako přednáška nebo jako cvičení (varianta B). Pak lze kombinovat teoretický výklad s bezprostředním praktickým využitím určité metody. Nevýhodou může být někde menší tabule na počítačových učebnách, což lze kompenzovat například promítáním vzorců z dokumentu na počítači pomocí datového projektoru.

Není-li zatím k dispozici *specializovaný software*, je vhodné podniknout kroky k jeho získání (zakoupit z prostředků školy, resp. fakulty, požádat o grant FRVŠ apod.). Otázkou je, který produkt pořídit. Problematika výběru vhodného softwaru bude probrána v dalším odstavci a následně později podrobně v souvislosti s výukou analýzy kategoriálních dat. Na většině škol[1] je hlavním hlediskem cena. Ovšem když vezmeme v úvahu, že lze o pořízení programového systému zažádat prostřednictvím grantu, nemusí být nutně cena limitujícím faktorem. Je důležité zohlednit, zda by mohl být software využit i v jiných předmětech. Pokud by se nepodařilo software získat do začátku výuky, pak lze provádět některé výpočty v systému MS Excel (zejména transformace dat, tabulky rozdělení četností, dosazování do vzorců), využívat prostředků na Internetu (viz [7]) aj.

Je-li softwarových produktů k dispozici více, je třeba zvážit, který je pro studenty daného oboru a stupně studia nejvhodnější. Buď ten, který již znají,

[1] Termínem „škola“ bude nadále označován vysoká škola či fakulta, přesněji řešeno subjekt, který spravuje počítačové učebny, zabezpečuje nákup a instalaci programových systémů aj.

nebo ten, ve kterém jsou vyučované metody zastoupeny co nejvíce, a to jak pokud jde o počet metod, tak co se týká použitých postupů, dílčích možností, grafických výstupů apod. Nejsou-li studenti se softwarem obeznámeni, dalším zvažovaným faktorem by měla být snadnost ovládání. Studenti by se měli soustředit na analýzu dat a interpretaci výsledků a neměli by se příliš „rozptylovat“ výukou programového systému (s výjimkou situace, kdyby byl software využíván v dalších navazujících předmětech a součástí stávajícího předmětu by měla být výuka samotného programového systému).

Kromě samotných metod je třeba vzít v úvahu možnosti programového systému v oblasti přípravy dat, jejich popisu, transformací a práce s chybějícími údaji. Důležitým faktorem je také to, jaké *existující datové soubory* by měly být při výuce využívány. Převést samotná data z jednoho systému do druhého problém obvykle není. Problémem je to, že se třeba nepřevedou popisy proměnných, popisy použitých kódů (číselníky), či identifikace chybějících údajů, což může znesnadnit výuku.

Se softwarem úzce souvisí dostupný studijní materiál. Pokud jsou k dispozici skripta nebo existuje cenově dostupná kniha zaměřená na vyučované téma a obsahuje příklady s využitím určitého programového systému, pak při možnosti výběru produktu by tato skutečnost měla být zohledněna. Jinak je vhodné nějaký materiál připravit, alespoň formou dílčích dokumentů poskytovaných pouze účastníkům příslušných kurzů. I když si v současné době ještě někteří studenti zapisují při výuce poznámky, stále více se dožadují skript nebo knih obsahově přesně korespondujících s vyučovaným předmětem.

Dosud nerozsáhlejším studijním materiálem k předmětům zaměřeným na analýzu kategoriálních dat, který je dostupný v češtině, je kniha [4]. Na VŠE jsou používána například skripta [5]. Částečný výklad některých pasáží je též k dispozici elektronicky na Internetu v rámci interaktivní učebnice IASTAT, viz [7]. Text však již nebyl delší dobu aktualizován a některé úpravy by bylo vhodné provést. Při přípravě studijních materiálů se lze kromě anglické a české literatury (seznam základní viz [5]) inspirovat i na Slovensku, viz např. [2], [3] a [8].

2. Dopad volné tvorby studijního plánu na obsah a způsob výuky

Vezměme konkrétnější situaci týkající se VŠE v Praze. Studijní plán studenta je individuální, jediným omezujícím faktorem je splnění studijních povinnosti ve formě počtu získaných kreditů a počtu složených zkoušek. I když s novým způsobem studia založeném na ECTS kreditech je v prvním semestru tzv. pevný rozvrh, již ve druhém a dalších semestrech se může skladba předmětů

jednotlivých studentů lišit vzhledem k tomu, že někteří neuspěli u zkoušek, jiným z důvodu nemoci byly některé předměty omluveny, další přerušili studium.

Na přednáškách a cvičeních se pak setkávají studenti různých semestrů a ročníků jednoho oboru. Pokud je předmět určen jako oborově povinný, nebo je součástí skupiny předmětů, z níž si student musí něco vybrat (oborově volitelný), jeho volná kapacita (volná místa v učebně po zapsání studentů určitého oboru) je dána k dispozici studentům ostatních oborů v podobě celoškolně volitelného předmětu. Vzhledem k malým počtům studentů v jednotlivých oborech se také často stává, že je předmět akreditován jako povinně či volně volitelný pro více studijních oborů, resp. specializací[2]. Na přednáškách a cvičeních se pak setkávají také studenti různých oborů.

Nejde samozřejmě o to, že se tam studenti setkají, jde o to, že je potřeba pro ně připravit výuku tak, aby byla pro všechny srozumitelná a aby se pokročilejší nenudili. Je potřeba vzít v úvahu, že někteří studenti již absolvovali různé předměty a jiní ne. To souvisí i se znalostí určitého softwarového produktu. V případě, že je na škole k dispozici více programových systémů, které je možno využít, každý student může znát jiný a někdo třeba žádný. Ideální řešení pro tuto situaci asi nalézt nelze a pedagog je ve velmi obtížné pozici.

Na VŠE se navíc situace zkomplikovala tím, že byl zaveden nový způsob studia s jinými pravidly a vzhledem k malým počtům studentů v jednotlivých oborech je potřeba slučovat výuku pro různé obory. Například v původním způsobu studia byl akreditován předmět se dvěma hodinami přednášek a dvěma hodinami cvičení za 14 dní, což bylo realizováno střídavou výukou přednášek a cvičení podle lichých a sudých týdnů. V novém způsobu studia se již liché a sudé týdny nerozlišují, takže vzhledem k tomu, že jsou při výuce využívány počítače, je nový předmět akreditován se dvěma hodinami cvičení týdně. Jednoho konkrétního kurzu by se tedy měli účastnit studenti různých oborů s tím, že u některého by rozdělení na přenášky a cvičení bylo již pouze formální (výuka ve variantě B). Bohužel výše uvedené nelze zobecnit a v některých případech jsou buď nové předměty akreditovány s jiným počtem hodin výuky, nebo jsou akreditovány předměty zcela odlišné.

3. Výběr softwaru a datových souborů

Problematiku výběru softwaru lze ilustrovat na předmětu, jehož cílem je seznámit studenty především bakalářského stupně studia se základy analýzy dat uspořádaných do kontingenčních tabulek a se související problematikou.

[2]Na VŠE existuje tzv. vedlejší specializace, kterou si volí studenti magisterského stupně studia. Z této vedlejší specializace skládají státní zkoušku.

Na VŠE je již léta takový předmět vyučován s využitím programového systému SPSS. Dále jsou k dispozici starší systém STATGRAPHICS a systém SAS. Před několika lety byl výpočetním centrem zaveden nový způsob evidence softwaru, který vystřídal způsob sledování počtu současně spuštěných licencí s možností používání produktů s omezeným počtem licencí pouze na určitých učebnách. To je potřeba zohlednit při sestavování rozvrhu. V minulé semestru jsem jednak zapomněla dát takový požadavek na učebnu se systémem SPSS, jednak bylo z důvodu velkého počtu zájemců o předmět přidáno cvičení. Přesunutí výuky na potřebnou učebnu bylo z různých důvodů nerealizovatelné (hlavní roli hrál fakt, že počítačové učebny mají rozdílné kapacity). Při výuce byl tedy využíván především systém SAS Enterpise Guide (v dalším textu bude zkratka SAS používána výhradně pro tento produkt) a částečně též STATGRAPHICS.

Pro analýzy jsou používány různé *datové soubory*. Především to jsou datové soubory dodávané se systémem SPSS, jejichž součástí jsou popisy proměnných, popisy použitých kódů (číselníky) a specifikace kódů pro chybějící údaje. Dále je to soubor odpovědí řešitelů chemického korespondenčního semináře na několik jednoduchých otázek. Dotazník pro anketu připravili synové, kteří mi poskytli získané údaje. Soubor ve formátu SPSS je řádně popsán, ke kategoriálním proměnným existují číselníky. Na základě této tématiky jsem pro studenty připravila vzorové příklady k probírané látce, které s upravenými texty ze skript poskytuji studentům jako PDF soubory.

Zmíněné datové soubory lze v jiných souborech používat pouze omezeně, protože se převedou pouze data, nikoli popisy. Postupně jsem v systému SAS přidala popisy alespoň k proměnným souboru týkajícího se korespondenčního semináře. Ve stejném semestru mi jeden student kurzu nabídl data, která získal pro svou diplomovou práci od jedné cestovní kanceláře. Data byla pořízena na základě dotazníku, který nebyl profesionální a volba otázek a nabízených odpovědí nebyla v některých případech příliš šťastná. Také vložení do systému MS Excel nebylo provedeno způsobem odpovídajícím datovým souborům vytvořeným na základě profesionálních sociologických šetřeních. Přesto jsem začala tento soubor s oblibou používat, dokonce i v následujícím semestru, abych jednak poukázala na rozdíly mezi programovými systémy, jednak odůvodnila, proč je v případě kategoriálních dat je vhodnější vložit do tabulky pouze kódy a používat číselník.

Omezená možnost používání zavedených datových souborů vedla k tomu, že jsem ve větší míře začala používat zadání ve formě kontingenční tabulky. Tím se mohou studenti seznámit s rozdíly mezi systémem STATGRAPHICS, do jehož datového editoru lze tuto tabulku zadat přímo, a ostatními systémy (SAS, příp. SPSS), kde je třeba data vložit jako kombinaci kódů a jejich

četností. Zadání v podobě kontingenční tabulky používám například u souborů, které nemohu studentům poskytnout. Je to zejména datový soubor, který jsem na základě smlouvy získala z archivu Sociologického ústavu AV ČR. K tomu později přibyl datový soubor z průzkumu o uplatnění absolventů vysokých škol. Dále lze tímto způsobem vkládat různá data publikovaná v literatuře, například známé příklady na paradoxy poměru šancí, viz [1].

Doplňkem k výše uvedeným pomůckám je již dříve zmíněná interaktivní učebnice IASTAT, pomocí níž jsou ilustrovány zejména míry variability pro nominální a ordinální proměnné, které jsou základem při zkoumání asymetrické závislosti. Možnosti jsou ovšem omezené, výpočty lze provádět pouze pro maximálně pět kategorií.

4. Porovnání programových systémů a datových souborů

V předchozí části byly zmíněny programové systémy SPSS, SAS a STATGRAPHICS (dále SG), které lze využít pro analýzu kategoriálních dat. Do dalšího porovnání bude navíc zahrnut systém STATISTICA (dále ST) a částečně také systém S-PLUS (možnosti nabídkového režimu), tj. systémy s jednoduchým ovládáním vhodným pro výuku.

Hledisek pro porovnání programových systémů lze vymyslet velké množství. V tomto příspěvku budou vybrány pouze některé. Výše byl již například zmíněn ***způsob vstupu dat***. Programové systémy obvykle umožňují vstup zdrojových dat, tj. vstup datové matice, v níž řádky odpovídají statistickým jednotkám a sloupce statistickým znakům (proměnným). Není to však pravidlem.

Pokud jde *o jednorozměrnou analýzu*, pak k provedení *binomického testu* některé systémy požadují zadat již zjištěné četnosti. Systém SG vyžaduje relativní četnost sledované kategorie (předtím tedy musí být vytvořena tabulka četností jiným způsobem), pro S-PLUS jsou vstupními parametry absolutní četnost sledované kategorie a celkový rozsah výběru. Systém ST tímto testem zřejmě nedisponuje, pro soubory většího rozsahu může být pro použit *chí-kvadrát test dobré shody*. Pokud jde o chí-kvadrát test, pak v SG existuje pouze jeho aplikace na shodu s konkrétním pravděpodobnostním rozdělením, systém S-PLUS touto nabídkou také přímo nedisponuje. V systému ST je potřeba zadat do jedné „proměnné“ (sloupce) zjištěné četnosti a do druhé četnosti očekávané. To je však z hlediska vstupu dat v systému ST výjimka.

Obecně ST, stejně jako systémy SAS a SPSS, umožňují jak vstup zdrojových dat, tak *vstup četností*. Ve druhém případě se do jedné proměnné zadají varianty hodnot a do druhé četnosti odpovídající jednotlivým varian-

tám. V SPSS se pak najednou před všemi analýzami specifikuje, že proměnná s četnostmi obsahuje *váhy*. V systému SAS se obdobná specifikace musí provést před každou analýzou tím, že se proměnná obsahující četnosti definuje jako *frequency variable*. V systému ST je tato možnost obsažena v rámci každé analýzy s tím, že lze specifikovat, zda mají být váhy použity pouze pro danou analýzu, nebo i pro všechny další (bohužel tuto možnost nelze využít pro chí-kvadrát test).

V případě *dvourozměrné analýzy* lze v systémech SAS, SPSS a ST postupovat zcela stejným způsobem. Zadáváme tedy buď zdrojová data, nebo kombinace variant hodnot do dvou proměnných a do třetí četnosti odpovídající jednotlivým kombinacím. Systém ST navíc v případě čtyřpolních tabulek umožňuje zadávat přímo sdružené četnosti, a to do čtyř speciálních políček. V systémech SG a S-PLUS může datový editor obsahovat buď zdrojová data, nebo sdružené četnosti uspořádané do kontingenční tabulky. V systému SG je třeba zvolit vhodnou proceduru, v S-PLUS lze při analýze specifikovat, že datový editor obsahuje kontingenční tabulku.

Zdánlivě podružnější se může jevit *možnost popisu jednotlivých variant hodnot*, která je nejvíce propracována v SPSS. Tento systém je primárně určen ke zpracování dat z dotazníků, kde převažují kategoriální proměnné. Vytvoření datového souboru pomocí číselných kódů odpovědí a číselníků těchto kódů poskytuje řadu výhod. Jedna výhoda se týká vkládání a uchování dat, kdy jsou data snadněji kontrolovatelná a menší co do objemu. Druhá výhoda je při analýzách, zejména v případě ordinálních proměnných. Tabulky a grafy četností se v případě textových hodnot vytvářejí dat, že se kategorie uspořádají podle abecedy, což nemusí odpovídat jejich pořadí na ordinální škále. Z toho vyplývá potřeba použití číselných kódů. Bez odpovídajících číselníků však jsou výsledné tabulky a grafy obtížně interpretovatelné, analytik je musí v konečné fázi jednotlivě popsat. Číselníky v systému SPSS umožňují výsledné tabulky a grafy popisovat automaticky.

Dalším specifikem datových souborů vytvořených na základě dotazníků je *velký podíl chybějících údajů*. Pro proměnné obsahující číselné kódy (a čísla) umožňují některé systémy specifikovat kódy pro chybějící údaje. Výhodou systému SPSS je, že umožňuje specifikovat až tři takové kódy, případně celý interval, jehož hodnoty lze označit jako chybějící údaje. Je-li datový soubor tvořen textovými hodnotami a některý údaj chybí, pak v políčku není vložena žádná hodnota. V *tabulce četností* je pak v SPSS tato varianta uvedena jako první a její četnost se zahrnuje do výpočtu relativních a kumulativních četností. Číselné kódy jsou pro vytvoření tabulky četností přímo nutné. Při jejich použití a definování kódů pro chybějící údaje se v jednorozměrné ta-

bulce počítají dvě varianty relativních četností, jedna pro všechny hodnoty včetně chybějících údajů a druhá pouze pro tzv. platné hodnoty.

V systému SAS se v případě chybějících údajů nevkládá nic. Pro jednorozměrnou tabulku četností se řádky s takovými políčky nezahrnují do analýzy, pouze se pod tabulkou vypíše jejich počet. Jsou-li v proměnné vyjadřující určité aktivity pouze jedničky a prázdná políčka, pak výsledná tabulka četností obsahuje pouze jeden řádek a nelze přímo vyčíst, kolik procent respondentů na danou otázku odpovědělo kladně (řešením je nahradit prázdná políčka nulovou hodnotou). Obdobný výsledek pro data obsahující prázdná políčka získáme v systému SG s tím, že se nevypisuje počet chybějících údajů. Ten si tedy musíme zjistit odečtením zjištěného počtu platných hodnot od celkového rozsahu výběru (počtu řádků v tabulce).

Systém ST chybějící údaje bere do úvahy. Tabulku četností můžeme získat dvěma různými způsoby. Při způsobu, kdy systém sám navrhuje intervaly (bez ohledu na počet variant hodnot), se zobrazují dvě varianty četností stejně jako v SPSS, tj. pouze pro platné hodnoty a včetně chybějících údajů. Při zobrazení četností pro jednotlivé kategorie se při výpočtu relativních četností vychází z celého rozsahu výběru, tj. včetně chybějících údajů.

Pokud jde o porovnání systémů z hlediska samotné analýzy kategoriálních dat, pak se v tomto příspěvku zaměříme pouze na její základy. V oblasti ***jednorozměrné analýzy*** to jsou kromě tabulek a grafů četností již výše binomický test a chí-kvadrát test dobré shody. V oblasti dvourozměrné analýzy pak testy a míry závislosti pro kontingenční tabulky, případně některé další neparametrické testy.

Binomický test se v programových systémech vyskytuje ve třech implementacích, a to jako exaktní s využitím binomického rozdělení, jako asymptotický s využitím aproximace normovaným normálním rozdělením bez korekce a jako asymptotický s korekcí (při výpočtu testové statistiky se v čitateli přičítá hodnota 0,5). Podrobnější popis této problematiky lze nalézt v [6]. SAS zahrnuje první dvě možnosti s tím, že jejich výběr zcela závisí na uživateli. SPSS dle popisu algoritmů disponuje možností první a třetí, přičemž pro rozsah výběru do 25 včetně je na výstupu uvedeno, že je použito binomické rozdělení, a pro větší výběry se uvádí, že byla použita aproximace. Výsledky pro tyto větší výběry však odpovídají hodnotám distribuční funkce binomického rozdělení. Systémy SG a S-PLUS aplikují pouze exaktní test. Tyto systémy také umožňují, aby si uživatel zvolil jednu ze tří variant alternativní hypotézy. SAS zobrazuje výsledky pro relevantní jednostrannou a pro oboustrannou hypotézu, SPSS zobrazuje výsledky pouze jedné varianty dle kontextu, viz [6].

Chí-kvadrát test dobré shody může (stejně jako binomický test) v různých systémech vyžadovat různý vstup dat, viz výše. SAS umožňuje testovat pouze shodu s diskrétním rovnoměrným rozdělením (tj. shodu relativních četností pro všechny kategorie). SPSS má tuto možnost sice prioritně nastavenu, ale umožňuje též zadat seznam očekávaných četností. Systém ST vychází z četností zadaných do datového editoru, viz výše. SAS na rozdíl od ostatních systémů nabízí navíc exaktní variantu, jejíž výsledek je v případě dvou kategorií shodný s výsledkem exaktního binomického testu.

Zajímavé je také zařazení výše uvedených testů do nabídek systému. V SPSS jsou oba testy zařazeny do skupiny neparametrických testů. V systému SAS jsou testy nabízeny v rámci možností jednorozměrné tabulky četností. Binomický test je v systému SG zařazen k testování hypotéz pro jednu proměnnou (tedy do stejné skupiny jako parametrické testy) a v S-PLUS ve stejné skupině jako kontingenční tabulky, viz níže. Chí-kvadrát test v systému ST najdeme v nabídce *Neparametrická statistika*.

Kontingenční tabulky zahrnují vždy dvě základní oblasti, a to charakteristiky políček tabulky a charakteristiky závislostí dvou sledovaných kategoriálních proměnných. V prvním případě jde kromě sdružených a marginálních zjištěných absolutních četností též o různé varianty relativních četností (řádkové, sloupcové a na základě celé tabulky), o četnosti očekávané, rezidua a dílčí výpočty pro chí-kvadrát test o nezávislosti. I když možnosti jednotlivých uvažovaných systémů se i v této oblasti liší, nebudou zde podrobně rozvedeny, protože je jde pouze o pomocné nástroje pro sledování závislostí.

Ve druhém případě jde o různé testy a o výběrové míry závislosti. *Z testů* jde především o testy nezávislosti v kontingenční tabulce, případně o McNemarův test shody četností v políčkách na (vedlejší) diagonále ve čtyřpolní tabulce. Další testy se týkají testování nulovosti některých koeficientů závislosti (resp. logaritmu odhadu míry, jako v případě poměru šancí). Pokud jsou však tyto testy implementovány, jejich výsledky jsou zobrazovány spolu s příslušnými výběrovými koeficienty.

První dva typy testů systémy obvykle nabízejí odděleně od měr závislosti (výjimkou je systém ST). Základem u *testů nezávislosti* je Pearsonova statistika chí-kvadrát. Pro čyřpolní tabulku bývá navíc součástí výstupu statistika s Yatesovou korekcí a výsledek Fisherova exaktního testu (pro relevantní jednostrannou a pro oboustrannou alternativní hypotézu). Tyto možnosti zahrnují všechny zde uvažované programové systémy. Odlišnosti existují, ale nejsou rozsáhlé. S výjimkou S-PLUS je v systémech zahrnut věrohodnostní poměr, v systémech SAS a SPSS navíc Mantelova-Haenszelova statistika chí-kvadrát. SAS zobrazuje u Fisherova exaktního testu výsledky pro obě jednostranné alternativní hypotézy.

Test McNemarův není obsažen v systému SG. Protože tento test je v podstatě speciálním případem binomického testu pro shodu četností, rozdíly odpovídají rozdílům binomického testu. Můžeme tedy rozlišit exaktní test s využitím binomického rozdělení, asymptotický s využitím chí-kvadrát rozdělení bez korekce a asymptotický s korekcí (při výpočtu testové statistiky se v čitateli před umocnění odečítá hodnota 1). Podrobnější popis této problematiky lze nalézt v [6]. SAS zahrnuje první dvě možnosti s tím, že jejich výběr zcela závisí na uživateli. SPSS disponuje možností první a třetí, přičemž pro součet četností do 25 včetně je použito binomické rozdělení, a pro větší výběry aproximace. Tak je tomu ovšem pouze v případě implementace zařazené k neparametrickým testům. V rámci kontingečních tabulek je implementován McNemarův-Bowkerův test, který umožňuje porovnávat četnosti v políčkách označených vzájemně opačným pořadím indexů. McNemarův test je tedy speciálním případem pro čtyřpolní tabulku a vždy je prováděn jako exaktní. V S-PLUS je nabízena druhá a třetí varianta (standardně nastavená je možnost s korekcí, lze vypnout). V systému ST je použita třetí varianta, tj. asymptotický chí-kvadrát s korekcí. Zvláštností je, že se kromě shody četností v políčkách na vedlejší diagonále testuje také shoda četností v políčkách na hlavní diagonále. Jak je vidět, každý systém zaujímá jiný přístup.

Větší odlišnosti se vyskytují u *měr závislosti*. Nabídkový režimu systému S-PLUS nenabízí žádné. U ostatních jsou samozřejmostí *míry založené na Pearsonově chí-kvadrát statistice*, jako Pearsonův kontingenční koeficient a Cramérovo V, příp. koeficient fí. V systému SAS jsou tyto koeficienty součástí výstupu týkajícího se výsledku chí-kvadrát testu, v systému SG jsou zařazeny k symetrickým mírám. V systémech SPSS a ST je třeba vybrat je z nabídky.

Dále můžeme míry rozlišit jednak podle typu proměnných, jednak podle toho, zda jde o závislost vzájemnou (symetrické míry), nebo jednostrannou (asymetrické míry). SAS a ST neuplatňují žádnou z těchto klasifikací. Lze pouze odlišit asymetrické míry, u nichž jsou v systému SAS uváděny symboly C|R, resp. R|C (závislost sloupcové proměnné na řádkové nebo řádkové proměnné na sloupcové) a v systému ST symboly X|Y, resp. Y|X. Systém SG organizuje výstup do dvou částí, přičemž první zahrnuje asymetrické míry (včetně jejich symetrických variant – pokud existují) a druhá míry symetrické (včetně měr založených na Pearsonově chí-kvadrát statistice). Nabídka SPSS je členěna podle typů proměnných, výstup pak primárně podle symetrických a asymetrických měr a v rámci těchto skupin pak podle typů proměnných. Jsou rozlišeny míry pro dvě nominální, dvě ordinální a dvě kvantitativní (intervalové) proměnné a míra pro závislost kvantitativní (intervalové)

proměnné na nominální (odmocnina z poměru determinace počítaného při analýze rozptylu).

Z *asymetrických měr pro nominální proměnné* obsahují všechny čtyři systémy koeficient nejistoty. V systému ST je to jediná míra pro tento typ proměnných. Ostatní tři systémy obsahují ještě koeficient lambda a SPSS navíc koeficient tau (podrobněji viz [5]). Největší zastoupení je u *měr pro ordinální proměnné*. Všechny čtyři systémy zahrnují symetrické koeficienty gama, Kendallovo tau-b a tau-c a asymetrické Somersovo d. Kromě systému SG dále obsahují Spearmanův korelační koeficient. *Míra pro kvantitativní proměnné* je zastoupena jedna, a to Pearsonův korelační koeficient (v SPSS jsou korelační koeficienty nabízeny odděleně). Tento koeficient chybí v systému ST. Dále můžeme v systémech nalézt koeficient éta určující *míru jednostranné závislosti kvantitativní vysvětlované proměnné na proměnné nominální*. Je obsažen pouze v systémech SPSS a SG.

Systém SPSS a zvláště systém SAS poskytují ještě některé další analýzy. Jsou to především charakteristiky souhlasu ve čtvercových tabulkách. Kromě již výše uvedeného McNemarova testu sem patří koeficient souhlasu kappa a analýza poměru šancí ve čtyřpolní tabulce. Ta je velmi detailně implementována právě v systému SAS.

Jak již bylo uvedeno dříve, některé koeficienty lze *testovat na nulovost* (netýká se koeficientů určených pro kvantitativní proměnné, u nichž vzhledem k diskrétnímu charakteru není splněn předpoklad normality). SPSS uvádí výsledky testů pro všechny koeficienty určené pro nominální a ordinální proměnné automaticky, v systému SAS lze tuto možnost zvolit. Výsledky jsou uvedeny pouze pro koeficienty týkající se ordinálních proměnných a koeficientu kappa. Systém SG uvádí výsledky u koeficientů korelace, tj. Pearsonova a Kendallova tau-b, systém ST u korelačního koeficientu Spearmanova. SAS na rozdíl od ostatních systémů uvádí navíc dolní a horní meze intervalového odhadu.

Závěrem této problematiky si naznačme, pod jakými nabídkami se analýza kontingenčních tabulek skrývá. V systému SAS je to jedna z hlavních analýz pod názvem *Table Analysis*. V systému SPSS jde o dílčí analýzu v rámci popisných metod, tj. v části analýz se vybírá *Descriptive Statistics* a *Crosstabs*. Obdobné je to v systému SG, kde jde o nabídky *Describe*, *Categorical Data* a *Crosstabulation* (resp. *Contingency Tables* při zadávání již zjištěných sdružených četností). V systému ST v české verzi vybereme Základní statistiky/tabulky a v rámci nich *Kontingenční tabulky* (nabídka testů a měr závislosti je k dispozici až po specifikaci proměnných a přechodu do druhé fáze analýzy). Poněkud jinak je tomu v S-PLUS, kde v nabídce statistických metod je třeba zvolit *Compare Samples*, *Counts and Proportions*

a *Chí-square Test*, případně jiný test. K dispozici jsou Fisherův exaktní a McNemarův test.

Další *neparametrické testy* použitelné pro kategoriální data a neuvedené výše jsou implementovány v systémech SPSS a ST. V oblasti dvourozměrné analýzy jde o testy pro dva či více nezávislých výběrů (sleduje se závislost ordinální proměnné na nominální) a testy pro dva závislé výběry (pro dvě ordinální proměnné, v SPSS zahrnut i McNemarův test).

Při obecném porovnání programových systémů by bylo dalším hlediskem organizace a formát výstupů, možnost jejich úpravy a převodu do systémů pro přípravu textových dokumentů a prezentací. Z hlediska výuky jde však o záležitost podružnou. Hraje sice důležitou úlohu při zpracování seminárních prací, ale ve vztahu k výše uvedeným faktorům je její význam menší.

Při výuce je kladen důraz především na získání výsledků a jejich interpretaci. Z tohoto hlediska lze drobné nedostatky vytknout systému ST v oblasti kontingenčních tabulek, kde například u koeficientu nejistoty jsou 3 varianty označeny jako X, Y a X|Y, kde poslední symbol je určen pro vzájemnou závislost, kdežto u Somersova d symboly X|Y a Y|X označují závislost jednostrannou. U výsledků testů je jeden ze sloupečků nadepsán „sv“ (stupně volnosti), ale obsahy políček zůstaly nepřeloženy, takže se vyskytuje např. „df = 1“. Dále u procedury určené pouze pro čtyřpolní tabulky je výsledek McNemarova testu označen názvem „Chí-kvadrát“ (tento název se tedy ve výstupu objevuje dvakrát, v prvním případě označuje Pearsonovu statistiku). Pod názvem „McNemarův chí-kvadrát“ se skrývá neobvyklá varianta testování shody četností v políčkách na hlavní diagonále.

5. Závěr

Pokud pedagog vyučuje již akreditovaný předmět, je omezen počtem hodin, případně rozdělením výuky na přednášky a cvičení. Obvykle je omezen také softwarovým vybavením. To však nemusí být trvalý stav, škola může získat finanční prostředky a vybavit počítačovou učebnu jiným systémem, či novější verzí stávajícího. I když pro základní výuku statistiky disponují široce zaměřené statistické systémy potřebnými metodami, v určitých oblastech se mohou implementace lišit, jak bylo uvedeno výše.

Z hlediska výuky je třeba se zaměřit, zda testy jsou prováděny jako exaktní, či jako aproximace, event. zda je při této aproximaci použita korekce, či nikoli. To se týká například binomického a McNemarova testu. Pokud jsou přednášky organizovány odděleně od cvičení, je vhodné výklad látky zaměřit primárně na možnosti používaného softwaru (a v rámci časových možností zmínit také možnosti jiné).

Pokud jde o výuku analýzy kategoriálních dat, tak z porovnávaných systémů je co do rozsahu metod je nejvíce vybaven systém SAS, v některých směrech je ovšem omezen. Chí-kvadrát test dobré shody umožňuje testovat pouze shodu četností, nejsou používány korekce při aproximaci binomického rozdělení normálním a chí-kvadrát. Dále SAS neobsahuje všechny koeficienty závislosti, které jsou zahrnuty v SPSS, a neuvádí výsledky testů na nulovost těchto koeficientů v případě měr pro nominální proměnné. Na druhou stranu jsou součástí výstupu intervaly spolehlivosti.

Systém SPSS je zase uživatelsky příjemnější v oblasti práce s popisy kódů a s chybějícími údaji. Každý systém má své určité přednosti, ať už co se týká možnosti vstupu dat, či práce s výstupy. K výuce lze tedy použít různé systémy. Ideální jsou alespoň dva, aby si studenti uvědomili, v čem se mohou programové systémy lišit a co je potřeba zohlednit při interpretaci výsledků.

Reference

[1] Anděl, J.: Statistické modely. *Statistika,* 2003, č. 2, s. 1-17.

[2] Luha J.: Metódy štatistickej analýzy kvalitatívnych znakov. *EKOMSTAT´93.* SŠDS, Trenčianske Teplice 1993.

[3] Luha J.: Analýza nominálnych a ordinálnych znakov. *EKOMSTAT 2000.* SŠDS, Trenčianske Teplice 2000

[4] Řehák, J., Řeháková, B.: *Analýza kategorizovaných dat v sociologii.* Academia, Praha 1986.

[5] Řezanková, H.: *Analýza kategoriálních dat.* Oeconomica, Praha 2005.

[6] Řezanková, H.: Testy pro alternativní proměnné ve statistických programových systémech. *Forum Statisticum Slovacum,* 2005, č. 2, s. 114-118.

[7] Řezanková, H., Marek, L., Vrabec, M.: *IASTAT – Interaktivní učebnice statistiky.* http://iastat.vse.cz/.

[8] Stankovičová, I.: Ako robiť štatistiku v systéme SAS. *Výpočtová štatistika 2000,* SŠDS, Bratislava 2000, s. 74-78.

Adresa: doc. Ing. Hana Řezanková, CSc.
Katedra statistiky a pravděpodobnosti, Vysoká škola ekonomická v Praze, Nám. W. Churchilla 4, 130 67 Praha 3

E-mail: `rezanka@vse.cz`

VOLUNTARY UNIVERSITY COURSE: COMPUTERISED DATA PROCESSING

Pavel Stříž

Abstract: The article briefly introduces a new concept of Computerised Data Processing course at Tomas Bata University in Zlín.

Key words: Voluntary university course, basics of statistics, visualization, programming, teaching the mathematical and statistical software.

Abstrakt: Článek informuje o plánech a ideích povinně volitelného předmětu Počítačové zpracování dat, který je vyučován na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně.

Klíčová slova: Volitelný univerzitní předmět, základy statistiky, vizualizace, programování, výuka programů matematických a statistických.

1. Starting Position

We hope that you will find this article inspiring, because animations saved in flash files *via screen recorders* (.swf) give us a tool to improve our classes and students' self-study materials *not caring* of time disposals in the class.

We think that lecturers of such a new subject, or similar one, should teach students *after* their successful passes of two or three semesters of mathematics and two semesters of probability and mathematical statistics at the first place.

At the Faculty of Management and Economics, we call these preceding subjects Mathematics I, II and III, Statistical Analysis Methods (Statistics A or 1) and Applied Statistics (Statistics B or 2).

2. Course Characteristics

Course type: Voluntary.
Time: 1 hour of lectures and 2 hours of seminars per week plus self-study.
Number of credits: 3; 3 hours a week in PC laboratory.
Semester: Summer / once a year.
Preceding subjects: None.
Best way: 3 semesters of mathematics and 2 semesters of statistics.
Parallel teaching in Czech: daily and combined students; RIUS project.
Parallel teaching in English: ERASMUS and EVENE projects.

The subject focuses on general mathematical and statistical software products, visualization, and basics of programming. We try to use software under GNU licences or trial versions of commercial products available from the official websites for students, or any other person, for the study purposes.

Of course, first we need *either* previously bought university licence *or prior* written or *email permission* from the author(s) to use *the trial version.* That is the beginning of development in our course outline.

3. Course Outline

We recommend the students a lot of study materials in English, starting with summary and formula cards. Please, check this Formula Card out[1]. We try to support classes with colourful graphs and animations to catch students' interest. We carefully choose problems, applied methods, assessments and examination topics, which *should not be equal to* content of all presented flash animations and other study materials.

The outline should look like, sorted in semester weeks:

1. Downloading data: FTP, Web, DC++, eMule, BitTorrent, iTunes.
   Web server package AEOnServ, FTP server FileZilla, RealVNC.
   XLStatistics and XLMathematics refreshments.
   Typesetting: TEX, Microsoft Word, MathType and OO.org Writer.
2. EuroStat: European data – ESDS.
   Electronic forms: AEOnServ via PHP and OO.org Writer.
   Image, sound and video processing: Gimp2, TS-Midi, VirtualDub.
   Data processing: VBA in Microsoft Word and Microsoft Excel.
3. Simulation: partly MuPAD, Extend 5LT and ARENA[2].
4. Minitab, Statgraphics, JMP, Origin.
5. Exact procedures in StatXact[3].
   Artificial neural networks: SNNS.
6. List of difficult, tricky and unsolveable problems from the real life.
7. First exam: General knowledge of working with statistical software; editing and building own ARENA models.
8. Statistica 1: ANOVA, nonparametric tests.
9. Statistica 2: Regression and correlation analysis, time series analysis.
10. Extend, Evolver, Mathematica, Maple.

[1] <bcs.wiley.com/he-bcs/Books?action=index&bcsId=2850&itemId=0471755303>
[2] <http://www.arenasimulation.com/>
[3] <http://www.cytel.com/>

11. MATLAB plus complex example on taking vacation decision.
12. GIS: Grass, OpenDX. Visualization tools: ViSta, VisiCube.
    $\mathbb{R}$+PHP, $\mathbb{R}$+$\mathbb{R}$pad, graphic tools in $\mathbb{R}$[4].
    Quantian:[5] Maxima, Scilab, Octave, Mayavi, GnuPlot, Ggobi, ...
    TEX and three related wysiwyg editors: TEXmacs, LyX and kile.
13. Expedition to planetarium: selected lecture and seeing the night sky.
    Selected lecture series[6].
14. Final *self-evaluation* exam on time series analysis:
    Decomposition, ARIMA, Fourier analysis, ANN, technical analysis.

4. The Future Plans

We will animate and voice comment software products using *Wink*[7] and *InstantDemo*[8]. It gives us a new perspective on teaching mathematics, statistics and programming. What to teach and what rather not is a weekly decision depending on students' interest and teacher's time disposal for preparations.

The advantage is that we may use those files in the next year again.

Initial experimental server without animations:
<http://study.uis.fame.utb.cz/courses/>

Forthcoming EXPerimental server with animations in flash files:
{Running at full capacity approximately from September 2008.}
<http://exp.uis.fame.utb.cz/>, username: student, password: exp.

5. A Final Note

Flash examples in Czech may be found under [01] to [12f].[9] An inspiring example of whole course in English may be found under Video Lectures.[10] The best site known to the author that uses screen recording is Total Training.[11]

Address: Pavel Stříž, Faculty of Management and Economics, Tomas Bata University in Zlín, Mostní 5139, 760 01 Zlín, The Czech Republic

E-mail: striz@fame.utb.cz

[4] <http://bg9.imslab.co.jp/Rhelp/servlet/getImage>
[5] <http://dirk.eddelbuettel.com/quantian.html>
[6] <http://www.avc-cvut.cz/>
[7] <http://www.debugmode.com/wink/>
[8] <http://www.instant-demo.com/>
[9] <http://study.uis.fame.utb.cz/courses/pdar/>
[10] <http://www.math.tamu.edu/~mpilant/math696/>
[11] <http://www.totaltraining.com/>

VYUŽITIE ŠTATISTIKY V POISTNEJ MATEMATIKE

Marta Urbaníková

Abstrakt: Cieľom príspevku je stručne informovať o niektorých možnostiach aplikácie pravdepodobnosti a matematickej štatistiky v poistení osôb a poistení majetku.

1. Úvod

Teória pravdepodobnosti a matematickej štatistiky tvorí dôležitú zložku poistných vied. Vyplýva to zo samotnej podstaty poistenia. Poistenie predstavuje nástroj na elimináciu dôsledkov poistných udalostí, ktoré sú predmetom poistenia. Každá poistná udalosť má charakter náhodnej udalosti o ktorej nevieme dopredu povedať či nastane a kedy nastane. Niet pochýb, že základom poisťovníctva sú pravdepodobnostné zákonitosti výskytu týchto náhodných udalostí. Na poistenie sa možno pozerať ako na ochranu proti rizikám. Poistený prenáša svoje riziká na poisťovňu, ktorá pri dostatočne veľkom súbore rizík podobného charakteru je schopná tieto riziká zvládať, nakoľko s rastom počtu uzavretých poistných zmlúv sa poistno-technické riziko znižuje.

2. Životné poistenie

Základným nástrojom využívaným v životnom poistení sú úmrtnostné tabuľky. Úmrtnostné tabuľky predstavujú model úmrtnosti. V jednotlivých stĺpcoch úmrtnostnej tabuľky sú nasledujúce údaje:

- x – *vek osoby*
  $x = 0, 1, 2, \ldots, \omega; \omega$ je maximálny sledovaný vek v tabuľke
- l_x – *počet osôb dožívajúcich sa veku* x
  počet jedincov z koreňa l_0, ktorí sa dožijú veku x, $\{l_i\}_{i=0}^{i=\omega}$ je nerastúca postupnosť
- d_x – *počet zomretých vo veku* x
  počet jedincov z koreňa, ktorý zomrú vo veku x
  $d_x = l_x - l_{x+1}$,
- q_x – *pravdepodobnosť úmrtia vo veku* x
  pravdepodobnosť toho, že jedinec, ktorý je nažive vo veku x, zomrie

pred dosiahnutím veku $x+1$.

$$q_x = \frac{l_x - l_{x+1}}{l_x},$$

- p_x – *pravdepodobnosť dožitia veku* $x+1$
  pravdepodobnosť toho, že jedinec, ktorý je nažive vo veku x, sa dožije veku $x+1$

$$p_x = \frac{l_{x+1}}{l_x}, p_x + q_x = 1$$

- ${}_np_x$ – *pravdepodobnosť žitia vo vekovom intervale* $(x, x+n)$
  pravdepodobnosť toho, že jedinec, ktorý je nažive vo veku x sa dožije veku $x+n$

$${}_np_x = \frac{l_{x+n}}{l_x} \quad {}_nq_x = 1 - {}_np_x = \frac{l_x - l_{x+n}}{l_x}$$

Komutačné čísla sú pomocné hodnoty, ktoré vznikajú diskontovaním hodnôt z úmrtnostných tabuliek. Umožňujú ľahší a rýchlejší výpočet všetkých hodnôt používaných v poistení. Sú tabelované pri najčastejšie používaných úrokových mierach. Najčastejšie sa používa šesť komutačných čísel:

- D_x – *diskontovaný počet dožívajúcich sa veku* x

$$D_x = l_x \cdot v^x$$

  pričom $v = (1+i)^{-1}$.
- C_x – *diskontovaný počet zomrelých vo veku* x

$$C_x = d_x \cdot v^{x+1}$$

- N_x – *je súčet* D_{x+k} *od veku* x *až po koniec úmrtnostnej tabuľky*

$$N_x = \sum_{k=0}^{\omega - x} D_{x+k}$$

- S_x – *je súčet* N_{x+k} *od veku* x *až po koniec úmrtnostnej tabuľky*

$$S_x = \sum_{k=0}^{\omega - x} N_{x+k}$$

- *M_x – je súčet C_{x+k} od veku x až po koniec úmrtnostnej tabuľky*

$$M_x = \sum_{k=0}^{\omega-x} C_{x+k}$$

- *R_x – je súčet M_{x+k} od veku x až po koniec úmrtnostnej tabuľky*

$$R_x = \sum_{k=0}^{\omega-x} M_{x+k}$$

Výpočet poistného

Pri výpočte poistných sadzieb – brutto poistného pre jednotlivé produkty poisťovňa postupuje tak, že najskôr vypočíta pre daný produkt netto poistné, ku ktorému potom pripočíta správne náklady poisťovne a bezpečnostnú prirážku.

Netto poistné je počítané tak, aby v priemere pokrylo poistné plnenie poisťovne. Všetky výpočty spojené s poistením osôb vychádzajú z dvoch základných princípov:

- *Princíp fiktívneho súboru* vychádza z predpokladu, že počet osôb uzatvárajúcich vo veku x určitý typ poistnej zmluvy sa rovná hodnote l_x z používanej úmrtnostnej tabuľky.
- *Princíp ekvivalencie* vyjadruje tú základnú požiadavku, že pri uzatváraní súboru poistných zmlúv rovnakého typu musia byť v rámci tohto súboru všetky príjmy poisťovne v rovnováhe s jej výdavkami, pričom sa príjmy a výdavky diskontujú k spoločnej časovej základni.

Tieto predpoklady neodzrkadľujú plne realitu, ale podstatne zjednodušujú všetky úvahy a vedú k správnym výsledkom.

Nakoľko poistné sa môže platiť buď jednorazovo pri podpísaní zmluvy, alebo v pravidelných splátkach, rozlišujeme

- jednorazové poistné pre jednotlivé produkty kapitálového životného poistenia,
- bežné poistné pre jednotlivé produkty kapitálového životného poistenia.

Netto poistné sa počíta vždy pre jednotkovú poistnú sumu, t. j. pre poistné plnenie vo výške 1 Sk.

Poisťovňa oceňuje svoje budúce príjmy (prijaté poistné) a výdaje (poistné plnenia) pomocou očakávaných počiatočných hodnôt. Na základe princípu ekvivalencie platí

$$\begin{array}{ccc} \textit{očakávaná počiatočná} \\ \textit{hodnota poistného} \end{array} \quad = \quad \begin{array}{c} \textit{očakávaná počiatočná hodnota} \\ \textit{poistného plnenia} \end{array}$$

Ako príklad uvedieme výpočet jednorazového netto poistného pre poistenie pre prípad dožitia.

Predpokladajme, že osoba vo veku x uzavrie tento typ poistenia na dobu n rokov. Poisťovňa je povinná vyplatiť poistnú sumu, ak sa poistený dožije konca dojednanej poistnej doby, t. j. veku $x+n$. Ak poistený zomrie pred uplynutím poistnej doby, poistenie zaniká bez náhrady. Nech ${}_nE_x$ je suma, ktorú poistník musí zaplatiť, aby mu na konci poistnej doby poisťovňa vyplatila *1 Sk*. Podľa princípu ekvivalencie, kde príjmy poisťovne sa musia rovnať výdajom platí:

$${}_nE_x \cdot l_x \cdot \upsilon^x = l_{x+n} \cdot \upsilon^{x+n}$$

t. j. hodnota poistného vynásobená počtom poistených v čase x sa má rovnať súčtu všetkých poistných plnení vyplatených poisťovňou osobám, ktoré žijú v čase $x+n$, pričom obidve strany sú diskontované k tomu istému okamihu, v tomto prípade k okamihu narodenia jedincov sledovaného súboru. Potom platí:

$${}_nE_x = \frac{D_{x+n}}{D_x}$$

Výpočet poistného sa dá formulovať aj ako výpočet strednej hodnoty vhodne zvolenej náhodnej premennej. Nech náhodná premenná Z je definovaná nasledovne:

$$Z = \begin{cases} \upsilon^n & \text{s pravdepodobnosťou } {}_np_x \\ 0 & \text{s pravdepodobnosťou } {}_nq_x \end{cases}$$

$${}_nE_x = E(Z) = {}_np_x \cdot \upsilon^n + {}_nq_x \cdot 0 = {}_np_x \cdot \upsilon^n = \upsilon^n \cdot \frac{l_{x+n}}{l_x} = \frac{D_{x+n}}{D_x}$$

Skutočne realizované hodnoty sa môžu výrazne líšiť od strednej hodnoty. Treba uvažovať s poistno-technickým rizikom poisťovne. Pre ocenenie takéhoto rizika by sa okrem výpočtu stredných hodnôt mali skúmať aj ich pravdepodobnostné rozdelenia. V praxi sa však prevažne počítajú iba smerodajné odchýlky.

Presnosť stanovenia poistného, t. j. smerodajná odchýlka náhodnej premennej Z:

$$\sqrt{var(Z)} = \sqrt{{}_nE_x^2 - ({}_nE_x)^2} = \sqrt{v^{2n} \cdot {}_np_x - {}_np_x^2}$$

3. Neživotné poistenie

Na rozdiel od poistenia osôb v neživotnom poistení býva výška škody a zodpovedajúce poistné plnenie zvyčajne menšie než poistná suma. Teda aj keď poisťovňa pozná rozsah prevzatých záväzkov, nevie aké budú jej výdavky. Tie môže odhadnúť zo získaných štatistických údajov. Zdrojmi údajov sú väčšinou vlastné dáta poisťovne z minulosti, zaisťovatelia, štatistiky, alebo iné údaje z trhu. Najlepšie sú vlastné údaje poisťovne, ale tie pri novom type rizika často nie sú k dispozícii.

Pri stanovení poistného používajú poisťovne okrem škodových ukazovateľov aj škodové tabuľky alebo výlukový poriadok zo škodového stavu. *Škodové tabuľky* sú analógiou úmrtnostných tabuliek v životnom poistení. Používajú sa na určenie škodového stupňa, sú konštruované na základe skutočných dát pre hypotetický súbor škôd. Škodová tabuľka je zjednodušene povedané tabuľkou rozdelenia početnosti výšky škôd. *Výlukový poriadok zo škodového stavu* nahrádza škodovú tabuľku v tých poistných produktoch, kde výška škody závisí od doby trvania jej následkov. Napr. pri úrazovom zdravotnom poistení, kde poistné plnenie bude vyplácané po dobu nevyhnutného liečenia, pri poistení ušlej mzdy pri práceneschopnosti a iné.

Škodovú frekvenciu a škodový stupeň možno určiť na základe pravdepodobnostných rozdelení. Každá poistná udalosť je náhodnou udalosťou. Pravdepodobnostné rozdelenia sú vhodné na modelovanie počtu a výšky poistných plnení pri rôznych poistných produktoch.

Počet škôd, teda počet poistných plnení n má najčastejšie niektoré z nasledujúcich rozdelení:

- binomické,
- Poissonovo,
- negatívne binomické rozdelenie.

V prípade Poissonovho rozdelenia sa jeho parameter λ rovná škodovej frekvencii q_1.

Výber vhodného rozdelenia počtu poistných plnení (škôd) možno uskutočniť na základe vzťahu medzi strednou hodnotou a disperziou náhodnej premennej takto:

$$
\begin{array}{lcl}
E(n) > D(n) & \rightarrow & \text{binomické rozdelenie,} \\
E(n) = D(n) & \rightarrow & \text{Poissonovo rozdelenie,} \\
E(n) < D(n) & \rightarrow & \text{negatívne binomické rozdelenie.}
\end{array}
$$

Na základe Centrálnej limitnej vety môžeme dané diskrétne rozdelenia za splnenia istých podmienok aproximovať normálnym rozdelením.

Výška škody X je tiež náhodná premenná. Na opis výšky škôd možno použiť niektoré z nasledujúcich rozdelení:

- Lognormálne rozdelenie
  Je vhodné na modelovanie výšky škôd v havarijnom poistení, v požiarnom poistení, v poistení proti víchriciam a v úrazovom poistení.
- Paretovo rozdelenie
  Je vhodné na modelovanie škôd, ktoré môžu nadobúdať extrémne hodnoty, napr. v nemocenskom poistení a v poistení proti požiarom.
- Gama rozdelenie
  Je vhodné na modelovanie výšky škôd pri poistení motorových vozidiel.
- Beta rozdelenie
  Používa sa na modelovanie výšky škôd v požiarnom poistení, kde často nastávajú buď veľmi malé alebo veľmi veľké škody.

Všetky uvedené rozdelenie závisia od jedného, alebo viacerých parametrov. V praxi poisťovní je treba tieto parametre rozdelení odhadnúť na základe výberových údajov. Na odhad týchto parametrov možno využiť metódu maximálnej vierohodnosti. Takéto odhady majú vynikajúce asymptotické vlastnosti.

Ďalšia oblasť kde možno aplikovať teóriu pravdepodobnosti a matematickej štatistiky je oblasť kolektívneho rizika.

Modely kolektívneho rizika
Riziko poisťovateľa spočíva v nebezpečenstve, že prijaté poistné nebude postačovať na vyplatenie všetkých poistných plnení. Pri riešení týchto problémov sa využívajú zložené rozdelenia celkových poistných plnení, založené na kombinácii rozdelenia počtu aj výšky poistných plnení.

Teória krachu
Zaoberá modelmi kolektívneho rizika pre dlhšie časové obdobie. Vychádza z analýzy stochastických modelov poistných rezerv pri neživotnom poistení.

Teória kredibility
Predstavuje súbor postupov a techník na výpočet poistného pri krátkodobých kontraktoch a na systematickú úpravu poistných sadzieb tak ako sú zaznamenávané nové údaje o škodovom priebehu. Kredibilné poistné sa určuje ako lineárna kombinácia poistného odhadnutého pomocou údajov z vlastného portfólia a poistného odhadnutého z cudzích, porovnateľných rizík. Základom týchto metód je moderná bayesovská štatistika.

Literatúra

[1] Cipra, T.: *Pojistná matematika.* Ekopress, Praha 1999.

[2] Cipra, T.: *Zajištění a přenos rizik v pojišťovnictví.* Grada 2004.

[3] Markechová, D. – Tirpáková, A.: *O matematických metódach ako interdisciplinárnych metódach vo vedecko-výskumnej praxi.* Zborník z medzinárodného vedeckého sympózia „Kultúra – priestor interdisciplnárneho myslenia“ konaného v dňoch 21. – 22. septembra 2004 na UKF v Nitre (2004), 92-97, ISBN 80-8050-837-2.

[4] Pacáková, V.: *Aplikovaná poistná štatistika.* Elita, Bratislava 2000.

[5] Pacáková, V. – Bohdalová, M.: *Simulácia kolektívneho rizika metódou Monte Carlo.* In: SAS Letná škola 2006, Bratislava, 7. 6. 2006, s. 1-16.

Adresa: RNDr. Marta Urbaníková, CSc.
UMIT FPV UKF v Nitre, Slovenská republika
E-mail: murbanikova@ukf.sks

ZKUŠENOSTI S VYUŽITÍM EXCELU PŘI VÝUCE APLIKOVANÉ STATISTIKY

Vladimíra Vlčková, Otakar Machač

Abstract: This paper deals with experiences in spreadsheet Excel utilization for teaching subject applied statistics on Faculty of Chemical Technology, University of Pardubice. The reasons which led authors to choose Excel are described together with summarization of problems which authors met during practical education with Excel. Authors see as major advantage its broad accessibility and its relative simplicity, easy import into text editor Word, possibility of project education, possibility to carry out simultaneously calculations and exploit many of Excel functions, mainly contingent tables and charts. As imperfection of Czech version authors see mainly inconsistent and very often even incorrect translation of some functions titles, their non systemic sorting and often incomprehensible help to particular functions.

Úvod

Nově koncipovaný předmět aplikovaná statistika byl akreditován na chemicko-technologické fakultě Univerzity Pardubice v roce 2003. Výuka probíhá od školního roku 2005/6, a to jak v prezenční tak i v kombinované formě ve druhém ročníku dvou studijních programů bakalářského studia: Chemie a technologie potravin, studijní obor Hodnocení a analýza potravin jako povinný předmět a Chemie a technická chemie ve všech studijních oborech jako povinně volitelný předmět. Od příštího roku bude v této podobě vyučován také ve studijním programu Polygrafie jako povinný předmět v 1. ročníku magisterského studia. Rozsah výuky je 2 hodiny přednášek a 2 hodiny semináře po dobu jednoho semestru. Tématicky na něj navazují v 1. ročníku magisterského studia podle typu studijního oboru předměty: ekonomická statistika, výpočetní technika v životním prostředí, chemometrie, statistika, a to buď ve formě povinného a nebo povinně volitelného předmětu. Pro některé studenty je to tak jediný předmět zabývající se statistikou, protože není mnoho studentů, kteří si vyberou některý z uvedených nadstavbových předmětů pokud je pouze volitelný. Alespoň základní znalosti statistiky však studenti potřebují při řešení bakalářské, případně diplomové práce, o další vědecké či manažerské praxi ani nemluvě.

Pro nás, jako garanty tohoto předmětu, nebylo proto jednoduché vytvořit koncepci takto široce pojatého předmětu s jednosemestrální dotací a rozhodnout se pro vhodný způsob počítačové podpory. Statistické softwary nemalou

mírou napomáhají ke změnám ve způsobu výuky statistiky. Dnes je zřejmá tendence přecházet od výkladu a také zkoušení důkazů a vzorců spíše k praktickým aplikacím, tedy skutečně k aplikované statistice. Specializované statistické programy (pakety) sice často přinášejí větší komfort při analýze dat a výpočtu požadovaných charakteristik, ale mají na druhé straně i své nevýhody. Statistických paketů je nabízeno velké množství, což také znamená, že nejsou všude a vždy dostupné, jsou na různé úrovni, nejsou vždy plně kompatibilní s Excelem, vyžadují mnohdy speciální školení a ty lepší jsou zpravidla neúnosně nákladné pro výuku. Zřejmou nevýhodou jejich používání ve výuce v bakalářských programech je, že studenti, kteří se statistikou teprve začínají, se nenaučí hledat souvislosti, přemýšlet nad daným problémem a formulovat předpoklady pro platnost závěrů z vybraných statistických charakteristik. V krajním případě může používání takovýchto specifických softwarů sklouznout až k pouhému naučenému sledu příkazů, s cílem získání určitých charakteristik bez znalosti jejich významu a předpokladů pro jejich použití. To se pak projeví v zavádějících nebo až chybných interpretacích výsledků. Proto jsme se rozhodli pro používání Excelu při výuce aplikované statistiky. Za jeho přednost považujeme především jeho relativní jednoduchost a dostupnost. Lze ho tak snadno použít i pro projektovou výuku [5], [7].

Pro statistické analýzy a výpočty lze využívat mnoho excelovských funkcí, např. matematických, logických, ale především databázových a statistických [1]. Jsme přesvědčeni, že Excel plně postačuje pro řešení většiny základních úloh aplikované statistiky a že je pro výuku v bakalářských programech názornější a vhodnější. Také na zahraničních univerzitách, jak jsem měla možnost se přesvědčit na College of Business and Economics, Lehigh University, Bethlehem, USA, je Excel považován za základní, vhodný a dostačující prostředek pro statistické analýzy [2], [4]. Při praktické výuce s používáním Excelu jsme se však také setkali s problémy, které jsme se pokusili v tomto článku shrnout.

1. Statistické funkce v Excelu

Jako nedostatek české verze statistických funkcí v Excelu vidíme nedůsledné a často i nesprávné překlady názvů některých funkcí, jejich nesystémové třídění (zařazování) a také mnohdy nesrozumitelné nápovědy k jednotlivým funkcím. Je škoda, že autoři české verze nekonzultovali názvy a označení jednotlivých funkcí se statistiky a při volbě názvů zcela nesystémově kombinují názvy anglické s českými. Tak máme např. směrodatnou odchylku, ale varianci (VAR) místo rozptylu, odmocninu, ale power místo mocniny atd. Takových příkladů lze najít mnohem více.

Některé názvy funkcí jsou nedůsledné a ve své podstatě přímo chybné. Např. počet permutací je zde definován jako:

$$P_{k,n} = \frac{n!}{(n-k)!},$$

což je však počet variací, které nejsou v Excelu definovány, resp. jsou, ale pod chybným názvem permutace. Kombinace pak nelze nalézt, na rozdíl od permutací, ve statistických funkcích, ale ve funkcích matematických.

Dalším problémem je určování kvantilů v Excelu. Jsou zde definovány odlišně od běžně používaných tabulek. Hledáme-li v tabulkách např. kvantil $\chi^2_{0,975\ (2)}$ rozdělení chí-kvadrát, zadáme v Excelu ve funkcích CHIIN pro pravděpodobnost hodnotu 0,025, tj. hledáme $\chi^2_{0,025\ (2)}$ a získáme hodnotu 7,377758908. Obdobné problémy jsou také s kvantily jiných, v Excelu definovaných rozdělení pravděpodobností, jak můžeme vidět v tab. 1.

Tabulka 1: Příklady určování kvantilů některých pravděpodobnostních rozdělení

Pravděpod. rozdělení	**Kvantil v tabulkách**	**Kvantil v Excelu**	
chí-kvadrát rozdělení	$1-\alpha/2$	CHIINV	$\alpha/2$
	$\alpha/2$	CHIINV	$1-\alpha/2$
Studentovo rozdělení	$1-\alpha/2$	TINV	α
	$1-\alpha$	TINV	2α

Doporučujeme proto být při určování kvantilů v Excelu obezřetní a pečlivě si přečíst nápovědu k dané funkci, případně hodnoty, alespoň ze začátku, zkonfrontovat s odpovídajícími tabulkami. Za určitý přínos lze pak považovat skutečnost, že studenti získají zkušenost a snad i návyk, automaticky nepřebírat výsledky z počítačových programů. Uvědomí si, že je nutné si ověřit v manuálech nebo v nápovědě co skutečně bylo spočítáno a kontrolovat důsledně zjištěné výsledky během zpracovávání dat.

2. Kontingenční a korelační tabulka

Korelační a kontingenční tabulky patří ve statistických aplikacích k často používaným nástrojům zpřehlednění rozsáhlých dvourozměrných statistických souborů při zkoumání závislostí mezi dvěma znaky (proměnnými) [6]. Starší z autorů ještě vzpomíná na úmorné sestavování korelační tabulky „čárkovací metodou“, což byla u rozsáhlých souborů práce velmi lopotná a nikterak

inspirativní. Tím více dnes oceňuje možnosti, které poskytuje při tvorbě korelační tabulky ze základních dat právě funkce Kontingenční tabulka a graf v hlavní nabídce Data v rámci programu Excel. Tuto funkci považujeme z hlediska metodiky výuky základů aplikované statistiky za jednu z nejsilnějších nástrojů Excelu. Také studenti řadí tuto funkci mezi nejužitečnější a nejefektivnější nástroje použitelné v jejich další práci.

Přestože tato funkce je v Excelu označena jako **Kontingenční tabulka**, její využití je mnohem širší než jako klasická kontingenční tabulka, která je dnes ve statistické literatuře obvykle definována pro zkoumání závislosti dvou kategoriálních znaků (Srovn. [3] str. 102 a další.). Dvourozměrná tabulka dvou numerických proměnných se standardně nazývá **korelační tabulka**. Určitou mezeru v názvu jsme ve statistické literatuře zjistili pro označení tabulky, kde závisle proměnná je numerická a nezávisle proměnná kategoriální znak.

Kontingenční tabulka v Excelu umožňuje pracovat s kategoriálními i numerickými proměnnými, a to jak s diskrétními, tak i spojitými, které lze seskupovat do libovolně velkých intervalů. Může tedy plnit funkci jak klasické kontingenční tabulky, tak i tabulky korelační.

Dále se soustředíme na případy, kdy závisle proměnná y je numerický (kvantitativní) znak a závislost na proměnné x lze zkoumat na základě analýzy rozptylu S_y^2 této závisle proměnné veličiny y. Při další analýze je třeba rozlišovat minimálně dvě rozdílné situace z hlediska charakteru nezávisle proměnné x:

- Jestliže nezávisle proměnnou je kategoriální znak nebo kvantitativní diskrétní veličina, která nabývá malého počtu obměn (např. počet členů v rodině), pak je relevantní a jednoznačnou mírou těsnosti statistické závislosti y na x tzv. *poměr determinace*. Tuto charakteristiku však Excel neumí určit přímo jako funkci. Musí se proto spočítat na základě známého rozkladu celkového rozptylu závisle proměnné y na dvě složky, a to rozptyl podmíněných průměrů a průměr z podmíněných rozptylů. Jako míra těsnosti se používá i odmocnina poměru determinace, tj. korelační poměr.
- V případě, že nezávisle proměnná je kvantitativní veličina, srovnává se často poměr determinace s indexem determinace, který vyjadřuje těsnot závislosti vyjádřené zvolenou regresní funkcí.

Pro tento typ korelační tabulky platí vztah: $\eta_{yx}^2 \geq I_{yx}^2$ (1)

Z velikosti rozdílu $\eta_{yx}^2 - I_{yx}^2$ lze za jistých podmínek usuzovat na vhodnost (výstižnost) zvolené regresní funkce pro popis zkoumané závislosti. Vztah (1) však nemusí platit pro případ, že nezávisle proměnná je spojitá nebo diskrétní veličina, která může nabývat velkého počtu obměn a je pro účely konstrukce korelační tabulky seskupována do určitých skupin neboli intervalů.

Prozkoumejme nyní podrobněji situaci, kdy nezávisle proměnnou veličinou x je také kvantitativní veličina, která může nabývat velkého počtu obměn a je třeba ji pro přehlednost korelační tabulky seskupit do určitých zvolených intervalů. V těchto případech se pro zjednodušení výpočtů nebo v situaci, kdy už původní data, z nichž tabulka vznikla, nejsou k dispozici, doporučují výpočty, v nichž proměnné x a y v jednotlivých intervalech zastupují středy intervalů. Je zřejmé, že celkový rozptyl S_y^2 je pak vždy podhodnocen, neboť v něm chybí složka, která představuje rozptyly v jednotlivých políčkách (buňkách) tabulky. Protože korelační tabulka v Excelu je konstruována z původních dat, lze pro výpočet podmíněných průměrů a rozptylů použít přesnější postup: Místo středu intervalů se použijí průměrné hodnoty a dílčí rozptyly, které lze v excelovské tabulce snadno získat pro každé políčko tabulky.

Pro podmíněné průměry v každé j-té skupině nezávisle proměnné x platí jednoduchý vztah:

$$\bar{y}_j = \frac{\sum_{i=1}^{m} \bar{y}_{ij} n_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} n_{ij}},$$

kde $\bar{y}_{ij}$ je průměrná hodnota proměnné y v každém jednotlivém políčku tabulky, tj. pro $i = 1, 2, \ldots, m$ řádků a $j = 1, 2, \ldots, n$ sloupců.

Složitější situace nastává při stanovení podmíněných rozptylů. Pokud chceme získat přesné hodnoty podmíněných rozptylů S_j^2, musíme je vyjádřit jako součet dvou složek, a to průměru z dílčích rozptylů S_{ij}^2 v jednotlivých buňkách tabulky a rozptylů dílčích průměrů kolem podmíněných průměrů.

Přesný výpočet dostaneme tak, že v každém políčku tabulky použijeme dílčí průměry a rozptyly podle vztahů:

$$s_j^2 = \frac{\sum_{j=1}^{m} y_{ij}^2 n_{ij}}{\sum_{j=1}^{m} n_{ij}} - \bar{y}_j = \overline{s_j^2} + s_{\bar{y}_j}^2 \tag{1}$$

kde první složka je průměr z dílčích rozptylů uvnitř buněk (i,j) pro každý j-tý sloupec

$$\overline{s_j^2} = \frac{\sum_{i=1}^{m} s_{ij}^2 n_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} n_{ij}} \tag{2}$$

a druhá složka je rozptyl dílčích průměrů v j-tém sloupci kolem j-tého podmíněného průměru:

$$s_{\bar{y}_j}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{m} (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_j)^2 n_{ij}}{\sum_{j=1}^{m} n_{ij}} \tag{3}$$

Přestože podmíněné rozptyly pro jednotlivé i-té skupiny nezávisle proměnné x lze také z excelovské kontingenční tabulky získat, použijeme dále pro výpočet poměru determinace rozptyl podmíněných průměrů a vyčíslíme jej dle vztahu:

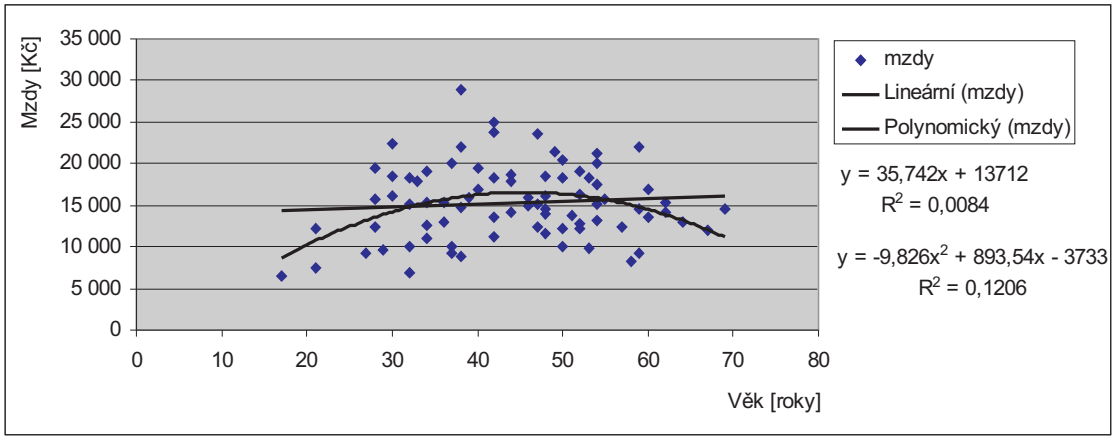
$$\eta_{yx}^2 = \frac{s_{\bar{y}}^2}{s_y^2} \tag{4}$$

Pro názornost ukážeme postup řešení na příkladu jak je řeší studenti na seminářích.

Jako vstupní data byly zadány údaje o mzdách v Kč (y) a stáří (v letech) osmdesáti zaměstnanců jistého podniku. Základní představu o zkoumané závislosti výše mzdy na stáří zaměstnanců poskytl bodový diagram, viz obr. 1.

Zadáme-li v bodovém grafu funkci spojnice trendu, můžeme dále zvolit různé typy regresních funkcí i s výpočtem indexu determinace. Ten je však v Excelu nazýván jako „hodnota spolehlivosti“ a je označován symbolem R^2, který je obvykle ve statistické literatuře vyhrazen pro koeficient determinace. To ukazuje na další nedůslednost a nepřesnost českého označování charakteristik v Excelu a je potřeba na tuto skutečnost studenty upozornit.

Obrázek 1: Bodový diagram závislosti mezd na stáří zaměstnanců



Zadáme-li v bodovém grafu funkci spojnice trendu, můžeme dále zvolit různé typy regresních funkcí i s výpočtem indexu determinace. Ten je však v Excelu nazýván jako „hodnota spolehlivosti“ a je označován symbolem R^2, který je obvykle ve statistické literatuře vyhrazen pro koeficient determinace. To ukazuje na další nedůslednost a nepřesnost českého označování charakteristik v Excelu a je potřeba na tuto skutečnost studenty upozornit.

Tabulka 2: Rozdělení četností pro zkoumání závislosti mezd na stáří

Počet z mzdy	Věk [roky]						
Mzdy [Kč]	15-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74	Celkem
6000 – 8999	2	1	1		1		5
9000 – 11999		4	3	3	1		11
12000 – 14999	1	2	4	8	5	2	22
15000 – 17999		5	4	7	3		19
18000 – 20999		4	4	6			14
21000 – 23999		1	2	3	1		7
24000 – 26999			1				1
27000 – 29999			1				1
Celkový součet	3	17	20	27	11	2	80

S tabulkou lze v Excelu dále pracovat. Např. pomocí funkce „Nastavení pole“ lze v celé tabulce získat průměry, rozptyly, součty a další charakteristiky. Nastavíme-li pole na „průměry“, zobrazí se v každém políčku průměrná hodnota mzdy a v součtovém řádku se zobrazí podmíněné průměrné mzdy

pro každý sloupec nastaveného intervalu stáří zaměstnanců. Pomocí těchto podmíněných průměrů a celkové průměrné mzdy pak vyjádříme rozptyl podmíněných průměrů a jeho podíl na celkovém rozptylu mezd dle (5) je 0,1375.

To znamená, že zhruba 13,75 % rozptylu mezd lze vysvětlit závislostí na stáří lidí, kdežto zbytek, tj. 86,25 % rozptylu lze vysvětlit jinými proměnnými a náhodnými vlivy.

Nastavíme-li pole na „rozptyly“ získáme jednak dílčí rozptyly v jednotlivých políčkách tabulky a podmíněné rozptyly jako okrajové (součtové) hodnoty.

Dále excelovská kontingenční tabulka umožňuje jednoduše zjistit, jaký vliv bude mít změna nastavení délky intervalu nezávisle proměnné veličiny na podmíněné průměry a poměr determinace. Tak např. při nastavení délky intervalů věku na 5 let jsme získali hodnotu poměru determinace 0,1668. Část rozptylu, vysvětlená závislostí mezd se tedy při zmenšení intervalů na polovinu zvětšila zhruba o 3 %.

Výhodou excelovské kontingenční tabulky tedy je, že můžeme snadno experimentovat s délkou intervalů a zjišťovat vliv délky intervalů na poměr determinace. Obecně platné závěry však při těchto experimentech nelze přijímat. Takovéto postupné hledání řešení, při měnících se vstupních podmínkách pak, na rozdíl od přímého použití sofistikovaných statistických softwarů, pomáhá rozvíjet myšlení studentů a lépe chápat statistické procedury a zjištěné výsledky.

Závěr

I přes výše uvedená úskalí používání Excelu se domníváme, že je pro výuku základů aplikované statistiky velmi vhodným nástrojem, a to z několika důvodů. Mezi hlavní přednosti patří jeho široká dostupnost a tudíž i předpoklad dalšího používání v praxi. Univerzitní příprava studentů je tak více konzistentní s pracovním prostředím, pro které jsou studenti vzděláváni.

Možnost současně provádět výpočty a využívat excelovských funkcí pomáhá studentům lépe porozumět statistickým charakteristikám a tím i kvalifikovaněji a přesněji interpretovat zjištěné charakteristiky.

Snadná ovladatelnost a předpoklad poměrně dobré znalosti studentů práce s programy firmy Microsoft, by měla studentům usnadnit a zejména zefektivnit statistické zpracování dat proti klasickému zpracování kalkulátorem. V praxi však ještě stále často není tento předpoklad, proti našemu očekávání, splněn. To sice ztěžuje práci nám vyučujícím a na některé studenty to klade zpočátku vyšší nároky, ale tím spíš se domníváme, že je nezbytné tyto studenty práci s Excelem naučit. Proto je vhodné zařadit do požadavků ke

zkoušce z předmětu aplikovaná statistika také odevzdání studentem vypracovaného projektu, ve kterém řeší statistickou úlohu z praxe.

Pohodlný import z tabulkového editoru Excel do textového editoru Word pak zjednodušuje psaní zpráv z laboratoří (protokolů), později bakalářských a diplomových prací, čímž je vytvářen předpoklad pro jeho další používání a zdokonalování se.

Reference

[1] Bartošová, J.: *Základy statistiky pro manažery.* Oeconomica, Praha, 2006, 198 stran. ISBN 80-245-1019-7.

[2] Black, K.: *Business Statistics for Contemporary Decision Making.* 4th edition, Wiley, USA, 2004, ISBN 0-471-42983-X.

[3] Hindls, R., Hronová, S., Novák, I.: *Analýza dat v manažerském rozhodování.* Grada Publishing, 1999, ISBN 80-7169-255-7.

[4] Levine, M., D., Stephan, D., Krehbiel, T. C., Berenson,M., L.: *Statistics for Managers using Microsoft Excel.* 3rd edition Prentice Hall, New Jersey, USA, 2002, ISBN 0-13-060016-4.

[5] Stankovičová, I., Ďurčíková, A.: *Projektové vyučovanie predmetu Základy štatistiky na FM UK,* In: Matematická štatistika a numerická matematika a ich aplikácie. Stavebná fakulta STU, Bratislava, 1999.

[6] Vojtková, M.: *Riešenie problému závislosti medzi vybranými ukazovateľmi efektívnosti.* In: Zborník príspevkov,Výpočtová štatistika 2002. SŠDS, Bratislava, 2002.

[7] Vlčková, V.: *Inovace výuky statistiky na KEMCH Univerzity Pardubice.* In: Sborník příspěvků, Výuka a výzkum v odvětvových ekonomikách a podnikovém managementu na technických vysokých školách. Univerzita Pardubice, 2000, ISBN 80-7194-301-0.

Adresa: Vladimíra Vlčková a Otakar Machač
Univerzita Pardubice, Studentská 84, 532 10 Pardubice

E-mail: `vladimira.vlckova@upce.cz, otakar.machac@upce.cz`

METODA LATINSKÝCH ČTVERCŮ VE SPOLEHLIVOSTNÍCH ÚLOHÁCH

Jan Záruba a Daniela Jarušková

Abstrakt: V mnoha úlohách z oblasti spolehlivosti je možno odhadnout pravděpodobnost poruchy pomocí metod Monte Carlo. Cílem tohoto příspěvku je porovnat rozptyly odhadů získaných pomocí prosté metody Monte Carlo s rozptyly odhadů získaných pomocí metody latinských čtverců.

Klíčová slova: Metody Monte Carlo, metoda latinských čtverců, odhad pravděpodobnosti poruchy.

Abstract: The Monte Carlo methods may be applied to get an estimate of probability of failure in many reliability problems. The aim of this paper is to compare variances of estimates of failure probability obtained by the brute Monte Carlo method and by the Latin hypercube sampling.

1. Úvod

Jednou z nejčastějších úloh, která se řeší metodou Monte Carlo je odhad střední hodnoty veličiny Z, která je známou funkcí jiných náhodných veličin $X_1, \ldots, X_k$, jejichž rozdělení je rovněž známé. V následujícím budeme předpokládat, že veličiny $X_1, \ldots, X_k$ jsou nezávislé. Vzhledem k tomu, že distribuční funkce veličin $X_1, \ldots, X_k$ jsou známé, můžeme $X_1, \ldots, X_k$ transformovat na veličiny, které mají rovnoměrné rozdělení na intervalu (0, 1). Bez újmy na obecnosti budeme proto dále předpokládat, že veličiny $X_1, \ldots, X_k$ mají rovnoměrné rozdělení na intervalu (0, 1).

Při použití prosté metody Monte Carlo (brute Monte Carlo) se generují nezávislé realizace vektoru $\{(X_{i1}, \ldots, X_{ik}),\ i = 1, \ldots, n\}$, pro jednotlivé realizace vstupů se počítají hodnoty výstupu $\{Z_i = h(X_{i1}, \ldots, X_{ik}),\ i = 1, \ldots, n\}$, (které jsou samozřejmě vzájemně nezávislé) a nakonec se odhadne střední hodnota

$$\mu = EZ = E\left(h\left(X_1, \ldots, X_k\right)\right)$$

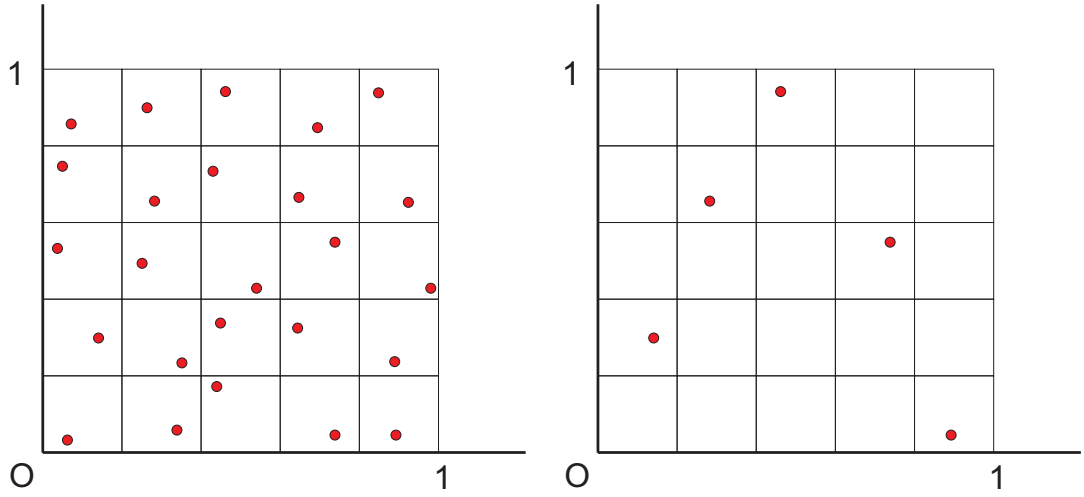
pomocí průměru

$$\widehat{\mu} = \bar{Z} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Z_i.$$

Pokud je počet obdržených výstupů n nízký, může být získaný odhad značně nepřesný; jinými slovy odhad $\widehat{\mu}$ má velký rozptyl. Taková situace může nastat

například tehdy, když je výpočet funkce $h(x_1, \ldots, x_k)$ časově náročný, takže můžeme získat jen malý počet výstupů $\{Z_i\}$.

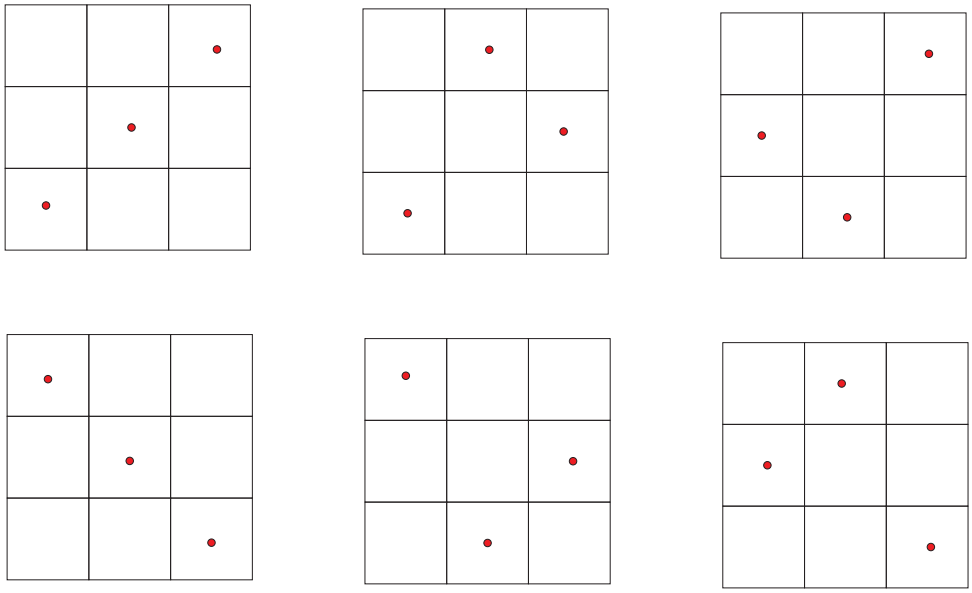
Metoda latinských čtverců je jednou z metod, které pomáhají rozptyl snižovat. Vychází z metody stratifikovaného výběru (metody vrstev). Metoda vrstev spočívá v rozdělení každého intervalu $(0, 1)$, $i = 1, \ldots, k$ do N podintervalů: $(0, \frac{1}{N}), \ldots, (\frac{N-1}{N}, 1)$. Zřejmě $P\big(X_i \in (\frac{j-1}{N}, \frac{j}{N})\big) = \frac{1}{N}$ pro $i = 1, \ldots, k$ a $j = 1, \ldots, N$. Nadkrychle $(0, 1) \times \cdots \times (0, 1)$ je tak rozdělena do N^k nadkrychliček. Zřejmě $P\Big(X_1 \in \big(\frac{j_1-1}{N}, \frac{j_1}{N}\big), \ldots, X_k \in \big(\frac{j_k-1}{N}, \frac{j_k}{N}\big)\Big) = \frac{1}{N^k}$ pro $j_1 = 1, \ldots, N, \ldots, j_k = 1, \ldots, N$. Realizace náhodných veličin jsou pak generovány z jednotlivých nadkrychliček, a to buď z každé nadkrychličky jedna realizace, nebo může být rozsah výběru snížen tím, že vybíráme jen z menšího počtu nadkrychliček. Metoda latinských čtverců spočívá ve speciálním výběru nadkrychliček. Nadkrychličky zde nevolíme zcela náhodně, nýbrž tak, že v každé vrstvě budeme vybírat pouze jednou. Rozdíl mezi generováním pomocí metody vrstev a pomocí latinských čtverců ilustrují následující obrázky, odpovídající situaci se dvěma vstupními náhodnými veličinami.



Všimněme si toho, že zatímco v případě metody vrstev vybíráme z 25 čtverečků, v případě latinských čtverců z 5 čtverečků. Náhoda zde vystupuje:

- ve výběru, ve kterých čtverečkách budeme generovat,
- v rovnoměrném (náhodném) výběru hodnoty uvnitř vybraného čtverečku.

Pro ilustraci ukažme, jaké jsou možnosti, jestliže chceme získat tři realizace vektoru o dvou složkách.



Praktický postup pro generování dvou proměnných:

(a) Rozhodneme, kolik chceme získat simulací. (Chceme-li získat například 5 simulací, rozdělíme čtverec $(0,1) \times (0,1)$ na 25 čtverečků, které můžeme označit například následovně: $(1,1), (1,2), \ldots, (5,5)$.)

(b) Vygenerujeme dvě náhodné permutace čísel $\{1,2,3,4,5\}$. Jestliže například dostaneme:

$$\begin{array}{l} 2\,4 \\ 3\,5 \\ 4\,3 \\ 1\,2 \\ 5\,1, \end{array}$$

pak budeme vybírat ze čtverečků: $(2,4)$, $(3,5)$, $(4,3)$, $(1,2)$, $(5,1)$.

(c) Vybereme rovnoměrně náhodně hodnotu (x, y) uvnitř vybraných pěti čtverečků.

Je zřejmé, že v případě k veličin je třeba generovat k náhodných permutací. (Přesněji řečeno stačí generovat $k-1$ náhodných permutací.)

2. Vlastnosti metody latinských čtverců

Metoda latinských čtverců byla navržena autory McKayem, Beckmanem a Conoverem. Ve svém článku, viz McKay a spol. (1979), autoři ukazují, že odhad pomocí metody latinských čtverců má menší rozptyl v případě, že funkce $h(x_1, \ldots, x_k)$ je monotónní v každé proměnné. Tvrzení je důsledkem toho, že v případě monotónnosti funkce h jsou hodnoty Z_i^{LHS}, $i = 1, \ldots, n$ získané použitím metody latinských čtverců záporně zkorelované, a tudíž je rozptyl jejich průměrů menší než v případě nezávislých hodnot Z_i^{BMC}, $i = 1, \ldots, n$, které získáváme, generujeme-li prostou metodou Monte Carlo. V důkazu se používají výsledky získané Lehmannem (1966) o různých druzích závislostí (kvadrantová závislost a korelovanost).

Stein (1987) ukázal, že pokud $\int h^2(x_1, \ldots, x_k)\, dF(x_1, \ldots, x_k) < \infty$, pak lze funkci h rozložit následovně:

$$h(x_1, \ldots, x_k) = \mu + \sum_{j=1}^{k} \alpha_j(x_j) + r(x_1, \ldots, x_k),$$

kde $\mu = \int h(x_1, \ldots, x_k)\, dF(x_1, \ldots, x_k)$ je hledaný integrál,

$$\alpha_j(x_j) = \int \big(h(x_1, \ldots, x_k) - \mu\big)\, dF_{-j}(x_1, \ldots, x_{j-1}, x_{j+1}, \ldots, x_k)$$

je hlavní efekt a $r(x_1, \ldots, x_k)$ je reziduální člen. (V předchozím jsme použili značení $F(x_1, \ldots, x_k) = \prod_{i=1}^{k} F_i(x_i)$, $F_{-j}(x_1, \ldots, x_k) = \prod_{i \neq j} F_i(x_i)$, přičemž $F_i(x_i)$ je distribuční funkce náhodné veličiny X_i). Stein (1987) ukazuje, že pro $n \to \infty$ pro metodu latinských čtverců platí:

$$var_{LHS}\bar{Z} = \tfrac{1}{n} \int \big(r(x_1, \ldots, x_k)\big)^2\, dF(x_1, \ldots, x_k) + o\big(\tfrac{1}{n}\big),$$

zatímco pro prostou metodu Monte Carlo platí:

$$var_{BMC}\bar{Z} = \tfrac{1}{n} \int \big(r(x_1, \ldots, x_k)\big)^2\, dF(x_1, \ldots, x_k) + \tfrac{1}{n} \sum_{j=1}^{k} \int (\alpha_j(x_j))^2\, dF_j(x_j).$$

Steinovo tvrzení umožňuje v některých případech odhadnout, o kolik procent je metoda latinských čtverců asymptoticky vydatnější, tj. má menší rozptyl.

3. Metoda latinských čtverců v problémech určování spolehlivosti

V následující kapitole se chceme zabývat problémem, zda a do jaké míry je metoda latinských čtverců vhodná pro úlohy z teorie spolehlivosti.

Teorie spolehlivosti (např. stavebních konstrukcí) vychází ze základního vztahu účinku zatížení konstrukce a její schopnosti odolávat takovému zatížení. Označme Q celkový účinek zatížení na konstrukci a R odolnost konstrukce. Pro bezpečný stav konstrukce musí platit

$$Q < R \, .$$

Kritický rovnovážný stav nastane právě, když

$$R - Q = 0 \, .$$

Cílem je stanovit pravděpodobnost poruchy konstrukce p_p ze vztahu

$$p_p = P(Q \geq R).$$

V případě, že celkový účinek zatížení konstrukce Q i odolnost R jsou nezávislé veličiny s normálním rozdělením, lze pravděpodobnost poruchy explicitně vypočítat, protože rezerva spolehlivosti W, definovaná rozdílem $W = R - Q$, má také normální rozdělení s parametry:

$$\mu_W = \mu_R - \mu_Q \, ,$$

$$\sigma_W^2 = \sigma_R^2 + \sigma_Q^2 \, .$$

Pravděpodobnost poruchy je zde dána vztahem

$$p_p = P(Q \geq R) = (W \leq 0) = \Phi\left(\frac{\mu_R - \mu_Q}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_Q^2}} \right) \, .$$

Následující jednoduchý příklad může sloužit k provnání prosté metody Monte Carlo s metodou latinských čtverců. Předpokládejme, že odolnost $R \sim N(55, 6^2)[-]$, a účinek zatížení konstrukce $Q \sim N(40, 5^2)[-]$. Nejdříve spočtěme analytické řešení:

$$\mu_W = \mu_R - \mu_Q = 55 - 40 = 15 \, ,$$

$$\sigma_W^2 = \sigma_R^2 + \sigma_Q^2 = 6^2 + 4^2 = 7.2111^2 \, .$$

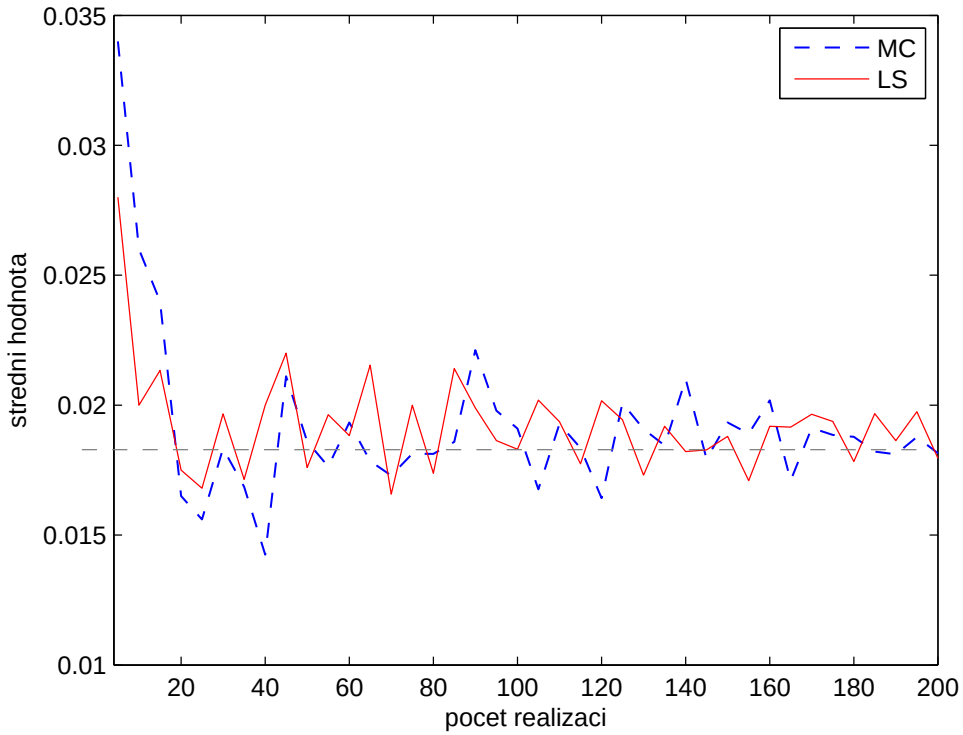
Pravděpodobnost poruchy je

$$p_p = P(Q \geq R) = (W \geq 0) = \Phi_W(0) = 0.0188 \,.$$

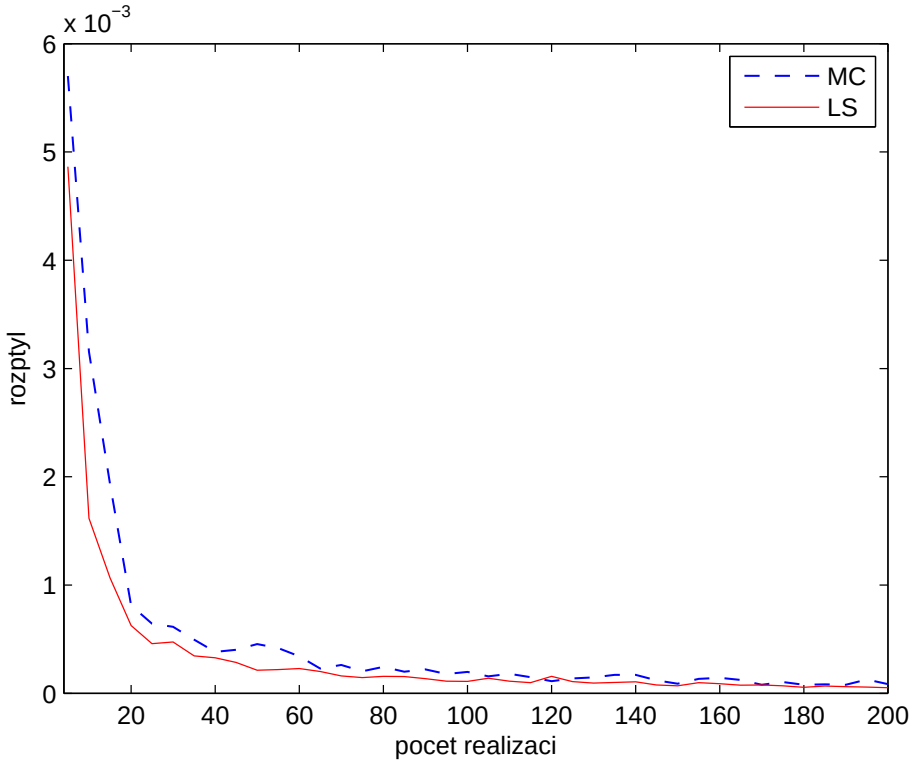
Nyní budeme stejnou úlohu řešit prostou metodou Monte Carlo a metodou latinských čtverců. Především nás bude zajímat vliv počtu realizací n na přesnost odhadu poruchy.

Pro daný pevný počet simulací n jsme opakovaně počítali odhady pravděpodobnosti poruchy jak prostou metodou Monte Carlo, tak i metodou latinských čtverců. Poté, co jsme z použitím každé z těchto metod získali soubor o sta odhadech, spočetli jsme z nich průměr a rozptyl.

Následující obrázek ukazuje rychlost konvergence odhadů (průměrů) ke správné hodnotě.



Vliv počtu realizací na rozptyl odhadu je ilustrován následujícím obrázkem.



Následující dvě úlohy ilustrují, do jaké míry se sníží rozptyl, použijeme-li metodu latinských čtverců.

Prostý nosník

Předpokládejme, že máme k dispozici nosník zatížený uprostřed koncentrovanou silou P [kN]. Délka nosníku je L [m]. Ohybová momentová kapacita nosníku je $W \cdot T$, kde W $[m^3]$ je plastický průřezový modul a T [kPa] je napětí na mezi plasticity. Všechny veličiny jsou nezávislé, normálně rozdělené, přičemž:

$$P \sim N\,(10, 4),\ L \sim N\,(8, 0.01),\ W \sim N\,(100 \cdot 10^{-6}, 400 \cdot 10^{-12}),$$
$$T \sim N\,(600 \cdot 10^3, 10 \cdot 10^9)\ .$$

K porušení nosníku dojde v situaci, kdy platí:

$$\frac{P \cdot L}{4} > W \cdot T\ .$$

Hodnotu pravděpodobnosti, s jakou dojde k poruše nosníku, odhadneme ze 100, 1000 a 10000 simulací. Experiment 100× zopakujeme a z obdržených

hodnot vypočteme střední hodnotu a rozptyl odhadu. Pro simulování použijeme prostou metodu Monte Carlo a metodu latinských čtverců. Výsledné hodnoty porovnáme.

Pro 100 realizací:

metoda	μ	σ^2	$\frac{\sigma}{\mu}$
$Monte\,Carlo$	0.0024	$2.4485 \cdot 10^{-5}$	2.0618
LS	0.0017	$1.4253 \cdot 10^{-5}$	2.2207

Pro 1000 realizací:

metoda	μ	σ^2	$\frac{\sigma}{\mu}$
$Monte\,Carlo$	0.00235	$2.5126 \cdot 10^{-6}$	0.6745
LS	0.00222	$1.5067 \cdot 10^{-6}$	0.5529

Pro 10000 realizací:

metoda	μ	σ^2	$\frac{\sigma}{\mu}$
$Monte\,Carlo$	0.002196	$1.9918 \cdot 10^{-7}$	0.2032
LS	0.002173	$1.5351 \cdot 10^{-7}$	0.1803

Metodou latinských čtverců se nám podařilo snížit rozptyl, a to následovně:

realizace	snížení σ^2 o:
100	41.8%
1000	40.0%
10000	22.9%

Železo – betonový nosník (průvlak)

Je známo, že k poruše železo – betonového nosníku dojde pravě když platí $M < Z_1$,
kde Z_1 je ohybový moment definovaný $Z_1 \sim N\,(0.01, 0.003^2)[MNm]$.

Proti němu působí moment únosnosti průřezu M, který je definován:

$$M = Z_2 \cdot Z_3 \cdot Z_4 \cdot - \frac{Z_5 \cdot Z_3^2 \cdot Z_4^2}{Z_6 \cdot Z_7} \ ,$$

kde Z_2 je efektivní umístění výztuže $\sim N(0.30, 0.015^2)[m]$,
Z_3 je napětí na mezi plasticity $\sim N(360, 36^2)[MPa]$,

Z_4 je plocha průřezu výztuže $\sim N(226 \cdot 10^{-6}, 11.3^2 \cdot 10^{-12})[m^2]$,
Z_5 je faktor vztažený k pracovnímu diagramu $\sim N(0.5, 0.05^2)[-]$,
Z_6 je šířka nosníku $\sim N(0.12, 0.006^2)[m]$,
Z_7 je maximální napětí betonu v tlaku $\sim N(40, 6^2)[MPa]$.

Opět jako v předchozím příkladu experiment 100× zopakujeme pro 100, 1000 a 10000 realizací výpočtu.

Výsledky: Pro 100 realizací:

metoda	μ	σ^2	$\frac{\sigma}{\mu}$
Monte Carlo	0.0007	$6.5758 \cdot 10^{-6}$	3.6633
LS	0.0005	$4.7980 \cdot 10^{-6}$	4.3809

Pro 1000 realizací:

metoda	μ	σ^2	$\frac{\sigma}{\mu}$
Monte Carlo	0.00052	$7.7737 \cdot 10^{-7}$	1.6956
LS	0.00047	$4.7380 \cdot 10^{-7}$	1.4646

Pro 10000 realizací:

metoda	μ	σ^2	$\frac{\sigma}{\mu}$
Monte Carlo	0.000475	$5.3409 \cdot 10^{-8}$	0.4865
LS	0.000455	$4.7551 \cdot 10^{-8}$	0.4793

Metodou latinských čtverců se nám podařilo snížit rozptyl a to:

realizace	snížení σ^2 o:
100	27.0%
1000	39.1%
10000	11.0%

4. Odhad vydatnosti pro některé jednoduché problémy

Na základě simulací, případně úvah založených na Steinově tvrzení, bychom rádi uvedli několik závěrů týkajích se vydatnosti (eficience) metody latinských čtverců. Pod pojmem vydatnost (eficience) zde rozumíme poměr mezi rozptylem odhadu získaného metodou latinských čtverců a rozptylem odhadu získaného prostou metodou Monte Carlo. Všechny odhady vydatnosti v následujích tabulkách byly odhadnuty na základě 100 000 simulací.

Odhadujeme-li pravděpodobnost $P(X + Y > C)$ pro X a Y se standardním normálním rozdělením, pak je metoda latinských čtverců tím méně eficientní, čím je hodnota C dále od 0. Následující tabulka uvádí pro ilustraci vydatnosti pro odhad pravděpodobnosti $P(X + Y > \sqrt{2}\,C)$ pro různé hodnoty C.

C	0	0.4	0.8	1.0	1.4	1.8	2.0	2.4	2.8	3.0
$\frac{var_{LHS}}{var_{BMC}}$	0.333	0.352	0.407	0.442	0.533	0.635	0.690	0.780	0.851	0.902

Vydatnost odhadu $P(X + Y > \sqrt{2}\,C)$ metodou latinských čtverců.

Odhadujeme-li pravděpodobnost $P\Big(\frac{X_1+\cdots+X_k}{\sqrt{k}} > C\Big)$, kde $X_i, i = 1, \ldots, k$ jsou nezávislé náhodné veličiny rozdělené podle standardního normálního rozdělení, pak při daném C a daném počtu simulací n se eficience metody latinských čtverců snižuje s počtem proměnných k. Následující tabulky ukazují, jak se mění vydatnost s rostoucím k pro $C = 1, 2, 3$.

k	2	4	6	8	10
$\frac{var_{LHS}}{var_{BMC}}$	0.44	0.51	0.53	0.54	0.54

Vydatnost odhadu $P\Big(\frac{X_1+\cdots+X_k}{\sqrt{k}} > 1\Big)$ metodou latinských čtverců.

k	2	4	6	8	10
$\frac{var_{LHS}}{var_{BMC}}$	0.68	0.78	0.81	0.83	0.84

Vydatnost odhadu $P\Big(\frac{X_1+\cdots+X_k}{\sqrt{k}} > 2\Big)$ metodou latinských čtverců.

k	2	4	6	8	10
$\frac{var_{LHS}}{var_{BMC}}$	0.90	0.96	0.97	0.98	0.99

Vydatnost odhadu $P\Big(\frac{X_1+\cdots+X_k}{\sqrt{k}} > 3\Big)$ metodou latinských čtverců.

Odhadujeme-li pravděpodobnost $P\big(a\,X_1 + X_2 > C\big)$, kde X_1 a X_2 jsou nezávislé veličiny rozdělené podle standardního normálního rozdělení, pak je metoda latinských čtverců při daném C a daném n tím vydatnější, čím je a větší. Následující tabulky uvádějí vydatnosti pro odhad pravděpodobnosti $P(a\,X_1 + X_2 > C\,\sqrt{a^2 + 1})$ pro $C = 1$ a $C = 2$ pro různé hodnoty a.

a	1	2	3	4	5
$\frac{var_{LHS}}{var_{BMC}}$	0.67	0.62	0.53	0.46	0.42

Vydatnost odhadu $P(a\,X + Y > \sqrt{a^2+1})$ *metodou latinských čtverců.*

a	1	2	3	4	5
$\frac{var_{LHS}}{var_{BMC}}$	0.84	0.74	0.64	0.57	0.50

Vydatnost odhadu $P(a\,X + Y > 2\,\sqrt{a^2+1})$ *metodou latinských čtverců.*

5. Závěr

Obecně platí, že pokud je pravděpodobnost poruchy monotónní funkcí sledovaných veličin, pak metoda latinských čtverců poskytuje odhad s nižším rozptylem, a tedy je přesnější. Rozdíl v rozptylech odhadů se však zmenšuje se vzrůstajícím počtem simulací. Vzhledem k tomu, že pro rozumný odhad malých pravděpodobností poruchy je třeba provést poměrně značný počet simulací, pak zde není metoda latinských čtverců tak výhodná jako je při odhadování jiných charakteristik. Generování náhodných čísel pomocí metody latinských čtverců je totiž časově náročnější než prostou metodou Monte Carlo. Metoda je vhodná tedy především tam, kde je výpočet hodnot Z_i, $i = 1, \ldots, n$ obtížný, a tedy časově náročný.

Reference

[1] E. L. Lehmann (1966): Some concepts of dependence. *Ann. Math. Statist.*, **37**, No 5, 1137 – 1153.

[2] M. D. McKay, R. J. Beckman and W. J. Conover (1979): A comparison of three methods for selecting values of input variables in the analysis of output from a computer code. *Technometrics*, **21**, No 2, 239 – 245.

[3] A. B. Owen (1992): A central limit theorem for latin hypercube sampling. *Jour. of Royal Stat. Soc., Series B.* **54**, No 2, 541 – 551.

[4] M. Stein (1999): Large sample properties of simulations using Latin hypercube sampling. *Technometrics*, **29**, 143 – 151.

JAK NA ROZHODOVACÍ STROMY

Marta Žambochová

Abstract: The tree structure is a popular instrument of the information presentation in many spheres of common life. It finds its use in data analysis on account of its siplicity and its clarity. The expanded group of trees in data modelling and simulation is the group of assorted decision trees. We can solve the classification and prediction tasks by means of decision trees. The paper deals with a comparison of some algorithms for a creation of decision trees. This article shows a way how and why to include decisions trees in an education on faculties of economics. It shows using the trees for finding the resolution of some economic problems.

Key words: The decision tree, CART, QUEST, an education on faculties of economics, facultative subjects.

Úvod

Velmi rozšířenou skupinou stromů, kterých se využívá v datových modelech, jsou různé typy rozhodovacích stromů. Rozhodovací stromy jsou struktury, které rekurzivně rozdělují zkoumaná data dle určitých rozhodovacích kritérií. Kořen stromu reprezentuje celý populační soubor. Vnitřní uzly stromu reprezentují podmnožiny populačního souboru. V listech stromu můžeme vyčíst hodnoty vysvětlované proměnné.

Rozhodovací strom se vytváří rekurzivně dělením prostoru hodnot prediktorů. Máme-li strom s jedním listem, hledáme otázku (podmínku větvení), která nejlépe rozděluje prostor zkoumaných dat do podmnožin. Takto nám vznikne strom s více listy. Nyní pro každý nový list hledáme otázku, která množinu dat náležící tomuto listu co nejlépe dělí do podmnožin.

Proces dělení se zastaví, pokud bude splněno kritérium pro zastavení. Omezení obsažená v kritériu pro zastavení mohou být např. „hloubka“ stromu, počet listů stromu, stupeň homogennosti množin dat v listech, ...

Dalším krokem algoritmů je prořezávání stromu (prunning). Je nutno určit „správnou“ velikost stromu (příliš malé stromy dostatečně nevystihují všechny zákonitosti v datech, příliš veliké stromy zahrnují do popisu i nahodilé vlastnosti dat). Vygenerují se podstromy stromu vzniklého algoritmem a porovnává se jejich kvalita generalizace (jak dobře vystihují data).

Postup může být takový, že se rozhodovací stromy nejdříve vytváří na tzv. trénovacích datech a poté se jejich kvalita ověří na tzv. testovacích datech.

Jiným způsobem je křížová validace (cross validation), kdy k vytváření stromu a jeho podstromů použijí všechna data. Poté se data rozdělí na několik disjunktních, přibližně stejně velkých částí a postupně se vždy jedna část dat ze souboru vyjme. Pomocí vzniklých souborů dat se ověřuje kvalita stromu a jeho podstromů.

Vybere se takový podstrom, který má nejnižší odhad skutečné chyby. Pokud existuje více podstromů se srovnatelným odhadem skutečné chyby, vybírá se ten nejmenší.

Jednotlivé algoritmy vytváření rozhodovacích stromů se liší následnými charakteristikami:

- pravidlo dělení (splitting rule)
- kritérium pro zastavení (stopping rule)
- typ podmínek větvení
  - multivariantní (testuje se několik prediktorů)
  - univariantní (v daném kroku se testuje pouze jeden z prediktorů)
- způsob větvení
  - binární (každý z uzlů, kromě listů, se dělí na dva následníky)
  - k-ární (některý z uzlů se dělí na více než dvě části)
- typ výsledného stromu, popis obsahu listů
  - klasifikační stromy (v každém listu je přiřazení třídy)
  - regresní stromy (v každém listu je přiřazení konstanty – odhad hodnoty závislé proměnné)
- typ prediktorů
  - kategoriální
  - ordinální

Algoritmy pro vytváření rozhodovacích stromů

Pro vytváření rozhodovacích stromů bylo vyvinuto velké množství algoritmů. Nejvíce používané jsou CART (L. Breiman, J. H. Freidman, R. A. Olshen, C. J. Stone, 1984), ID3 (J. R. Quinlan, 1975), C4.5 (J. R. Quinlan, 1993), AID (J. N. Morgan a J. A. Sonquist, 1963), CHAID (G. V. Kass, 1980) a QUEST (W. Y. Loh and Y. S. Shih, 1997).

Ve článku budou stručně zmíněny dva ze jmenovaných algoritmů, CART a QUEST, které jsou základem algoritmů v SW produktu STATISTICA, jenž jsou použity ke zpracování dat v motivačním příkladu uvedeném ve článku.

Algoritmus CART

Algoritmus poprvé popsali autoři L. Breiman, J. H. Freidman, R. A. Olshen, C. J. Stone v roce 1984 ve článku „Classification and Regression trees“.

Algoritmus je použitelný v případě, že máme jednu nebo více nezávislých proměnných. Tyto proměnné mohou být buď spojité nebo kategoriální (ordinální i nominální). Dále máme jednu závislou proměnnou, která také může být kategoriální (nominální i ordinální) nebo spojitá.

Výsledkem jsou binární stromy, protože jsou zde přípustné pouze otázky (podmínky dělení), na které je možno odpovědět ano/ne (Je věk menší než 30 let? Je pohlaví mužské? ...).

Algoritmus dělení je různý pro klasifikační stromy a pro stromy regresní.

Klasifikační stromy používáme v případě, že je závislá proměnná kategoriální. To znamená, že se soubor původních dat snažíme v závislosti na nezávislých proměnných rozdělit do skupin, přičemž, v ideálním případě, každá skupina má přiřazení ke stejné kategorii závislé proměnné.

Homogenita uzlů-potomků je měřena pomocí tzv. funkce znečištění (impurity function) $i(t)$. Maximální homogenita vzniklých dvou potomků je počítána jako maximální změna (snížení) znečištění $\Delta i(t)$.

Algoritmus CART řeší pro každý uzel maximalizační problém pro funkci $\Delta i(t)$ přes všechna možná dělení uzlu, to znamená, že hledá dělení, které přináší maximální zlepšení homogenity dat.

Regresní stromy se používají v případě, že závislá proměnná není kategoriální. Každá její hodnota může být v obecnosti různá.

V tomto případě algoritmus hledá nejlepší dělení na základě minimalizace součtu rozptylů v rámci jednotlivých dvou vzniklých uzlů-potomků. Algoritmus pracuje na základě algoritmu minimalizace součtu čtverců.

Algoritmus QUEST

Metoda je popsána ve článku z roku 1997 W. Y. Loh and Y. S. Shih: „Split selection methods for classification trees“. Algoritmus je použitelný pouze pro nominální závislou proměnnou. Obdobně, jako v případu CART, jsou vytvářeny binární stromy. Na rozdíl od metody CART, provádí metoda QUEST v průběhu budování stromu odděleně výběr proměnné pro štěpení uzlu a výběr dělícího bodu. Metoda QUEST (for Quick, Unbiased, Efficient, Statistical Tree) odstraňuje některé nevýhody algoritmů používajících vyčerpávající hledání (např. CART), jako je náročnost zpracování, snížení obecnosti výsledku, a podobně.

Tato metoda je vylepšením algoritmu FACT, který popsali v roce 1988 autoři W. Y. Loh a N. Vanichsetakul. V prvním kroku algoritmus převede všechny kategoriální nezávislé proměnné na „ordinální“ pomocí CRIMCO-ORD transformace.

Dále v každém listovém uzlu, je pro každou proměnnou prováděn ANOVA F-test. Pokud největší ze vzniklých F-statistik je větší než předem daná hodnota F_0, pak příslušná proměnná je vybrána pro dělení uzlu. Pokud tomu tak není, je pro všechny proměnné proveden Levenův F-test. Pokud je největší Levenova F-statistika větší než F_0, pak je pro dělení uzlu vybrána tato proměnná. Jinak (tzn. není žádná ANOVA F-statistika ani Levenova F-statistika větší než F_0) je pro dělení vybrána proměnná s největší ANOVA F-statistikou. Pro dělení uzlu je tedy vybrána ten prediktor, který je se závislou proměnnou nejvíce asociován.

Pro hledání dělícího bodu pro vybranou nezávislou proměnnou je využívána metoda Kvadratické diskriminační analýzy (QDA), na rozdíl od algoritmu FACT, kde je využívána metoda Lineární diskriminační analýzy (LDA).

Postup je rekurzivně opakován až do zastavení (na základě kritéria pro zastavení).

SW pro zpracování rozhodovacích stromů

- velké statistické SW balíky
  - výhody
    - přehlednost
    - dobrá dostupnost
    - relativně dobrá dokumentace
  - nevýhody
    - vysoké pořizovací náklady
    - nutno kupovat několik modulů
    - velké nároky na HW
    - nepřesný popis použitých metod
- ostatní (komerční a nekomerční)
  - výhody
    - malé (resp. žádné) pořizovací náklady
    - je možno koupit samostatně modul na tvorbu rozhodovacích stromů

    - relativně malé nároky na HW
- nevýhody
    - mnohdy nedostatečná dokumentace
    - většinou chybí jakákoliv zmínka o použitých metodách

Motivační příklad

Studovali jsme vzorek studentů střední a vysoké školy a zkoumali jsme, zda lze z určitých hledisek životního stylu vyvodit váhovou kategorii získanou na základě BMI (Body Mass Index) vypočítaného ze zjištěné váhy a výšky osoby.

Ze sledovaných položek jsme za nezávislé proměnné vybrali počet hodin denně strávených u počítače a u televize, průměrný počet hodin sportu za týden, průměrný počet hodin spánku, průměrný počet jídel během dne, převažující druh stravování (fast food, stravování v jídelně resp. restauraci, domácí strava, studená kuchyně).

Jako závislou proměnnou jsme zvolili kategoriální proměnnou nabývající hodnot „podváha“, „normální váha“, „nadváha“ a „obezita“.

Ve statistickém SW STATISTICA jsme použili různé možnosti sestrojení rozhodovacího stromu, vypovídajícího o struktuře sledovaného vzorku studentů. Jednak jsme vytvořili klasifikační strom pomocí algoritmu C&RT vyčerpávajícího prohledávání (viz obr. 1, tab. 1), jednak pomocí metody založené na principu QUEST (viz obr. 2, tab. 2). Dále jsme vytvořili strom pomocí standardní metody C&RT z modulu Data-Mining, včetně V-fold Crossvalidation – metody na výběr nejoptimálnějšího stromu (viz obr. 3, tab. 3).

- Global CV cost = 0,13636; s.d. CV cost = 0,03272 (vyčerpávající C&RT)
- Global CV cost = 0,22727; s.d. CV cost = 0,03996 (QUEST)
- Global CV cost = 0,081818; s.d. CV cost = 0,026133 (standard C&RT)

Z tohoto hlediska se tedy jeví jako nejoptimálnější strom vytvořený posledním způsobem.

Pokud rozhodovací strom převedeme na pravidla, pak se dostáváme k závěru, že největší vliv (ze sledovaných hledisek) na váhovou kategorii má druh stravy. Nejvíce ohroženy jsou osoby stravující se ve „fast foodech“ a jídelnách, resp. restauracích.

Ve skupině osob ohrožených vysokou hmotností se oddělují tři skupiny, a to na základě množství sportu. Sport je tedy druhým faktorem ovlivňujícím váhu osob. Osoby trpící obezitou se projevují velkým nedostatkem sportu.

Osoby s nadváhou sportují pouze málo a osoby s normální vahou mají nejvyšší intenzitu sportování.

Skupina stravujících se jiným způsobem se dělí na dvě skupiny odlišné množstvím spánku. Obě tyto skupiny se dále dělí na základě počtu denních jídel. Délka spánku a počet denních jídel tedy také ovlivňují váhovou kategorii.

Ze struktury stromu je zřejmé, jak se výše zmíněné faktory projevují na zařazení osob do váhové kategorie.

Zařazení problematiky rozhodovacích stromů do výuky

V posledních letech se většina ekonomicky zaměřených vysokých škol potýká s problémem snižování hodinových dotací tzv. kvantitativních předmětů (matematika, statistika, ...). Náhrada povinných předmětů nepovinnými však není vždy jednoduchá.

Jedním z problémů je zajištění potřebné návaznosti jednotlivých předmětů. Zavedení výběrových seminářů s matematickou či statistickou tématikou se také potýká s malým zájmem ze strany studentů, kteří mají většinou z obdobných předmětů strach.

Pomoci by mohlo zavedení předmětů, které studenty na první pohled neodradí. Částečným řešením může být i pouze vhodná volba názvu předmětu. To ale není dlouhodobě příliš účinné. Účinnější možností je zavádění předmětů, které názorně ukazují řešení reálných situací z oborů blízkých studijnímu zaměření studentů za skrytého použití matematických či statistických metod. Pokud se podaří studenty zaujmout problematikou, budou více přístupni přijmout vysvětlení metod, na kterých je řešení založeno, i kdyby se jednalo o metody matematické či statistické.

Výklad látky pak neprobíhá standardním způsobem hierarchicky od nejjednoduššího postupně stále ke složitějšímu, ale naopak se začne cílovým stupněm, to znamená nejsložitějším, postupně se pak osvětlují potřebné informace na nižším stupni složitosti a to až do úplného porozumění problematice.

Rozhodovací stromy jsou problematikou, která splňuje předchozí požadavky. Na první pohled jsou rozhodovací stromy velmi názorné, i laik se velmi rychle zorientuje v grafice stromové struktury a je schopen vyčíst potřebné informace. Využití rozhodovacích stromů je v ekonomickém oboru velice široké, takže je možno studenty seznámit s konkrétními příklady z ekonomického života.

V teorii rozhodovacích stromů jsou jednak využity základní poznatky z oblasti teorie grafů a jednak poněkud širší poznatky ze statistiky. Studenti se

učí jednotlivým informacím s vědomím jejich využitelnosti a důležitosti pro tvorbu rozhodovacích stromů. Tím odpadá potřeba přesvědčovat studenty o potřebě daného učiva.

Celkově si myslím, že zavedení tématu rozhodovacích stromů (a jiných podobných témat) do výuky ve formě výběrových seminářů, je velmi dobrou cestou k rozšíření látky s matematickým zaměřením.

Reference

[1] Antoch J., Klasifikace a regresní stromy. Sborník ROBUST 88.

[2] Bentley, J. L.: Multidimensional Binary Search Trees Used for Associative Searching. Comm. ACM, vol. 18, pp. 509-517, 1975.

[3] Berikov, V., Litvinenko, A.: Methods for statistical data analysis with decision trees,
http://www.math.nsc.ru/AP/datamine/eng/decisiontree.htm

[4] Loh, W.-Y. and Shih, Y.-S., Split selection methods for classification trees, Statistica Sinica, vol. 7, 815-840., 1997.

[5] Savický, P., Klaschka, J., a Antoch J.: Optimální klasifikační stromy. Sborník ROBUST 2000.

[6] SPSS-white paper-AnswerTree Algorithm Summary.

[7] Timofeev R.: Classification and Regression Trees (CART) Theory and Applications, CASE – Center of Applied Statistics and Economics, Humboldt University, Berlin, 2004.

[8] Wilkinson, L.: Tree Structured Data Analysis: AID, CHAID and CART – Sun Valley, ID, Sawtooth/SYSTAT Joint Software Konference, 1992.

[9] Žambochová M.: Použití stromů ve statistice – Sborník, 2006, Ústí n. L., ISBN 80-7044-795-8.

[10] Classification Trees: http://www.statsoft.com/textbook/stclatre.html.

[11] Classification and Regression Trees (C&RT): http://www.fmi.uni-sofia.bg/fmi/statist/education/textbook/ENG/stcart.html.

Adresa: RNDr. Marta Žambochová, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. L., Fakulta sociálně ekonomická, Katedra matematiky a statistiky

E-mail: `zambochova@FSE.UJEP.cz`

Node	Node branch	Left branch	Right normální	n in cls podváha	n in cls nadváha	n in cls obezita	n in cls Predict.	Split	Split	Split	Split
1	2	3	51	15	31	13	normální		strava	2	1
2	4	5	2	0	28	13	nadváha	−0,5	sport		
3	6	7	49	15	3	0	normální	−6,5	spánek		
4			0	0	0	11	obezita				
5			2	0	28	2	nadváha				
6	8	9	4	13	0	0	podváha	−3,5	počet		
7			45	2	3	0	normální				
8			1	13	0	0	podváha				
9			3	0	0	0	normální				

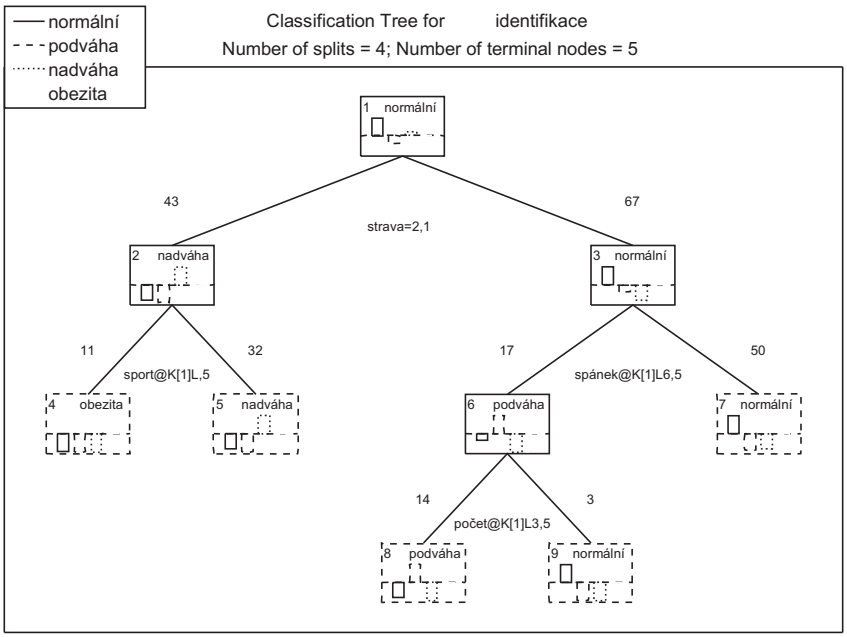
Tabulka 1: Popis uzlů klasifikačního stromu vytvořeného pomocí algoritmu C&RT vyčerpávajícího prohledávání

Node	Node branch	Left branch	Right normální	n in cls podváha	n in cls nadváha	n in cls obezita	n in cls Predict.	Split	Split	Split	Split
1	2	3	51	15	31	13	normální	−3,57773	televize		
2	4	5	48	10	7	0	normální	−5,90627	spánek		
3	6	7	3	5	24	13	nadváha	−4,32758	sport		
4			0	4	0	0	podváha				
5	8	9	48	6	7	0	normální		strava	3	4
6	10	11	2	3	24	13	nadváha	−3,49525	sport		
7			1	2	0	0	podváha				
8	12	13	47	6	2	0	normální	−2,33213	počet		
9			1	0	1	0	normální				
10	14	15	1	3	23	13	nadváha	−2,05128	sport		
11			1	0	1	0	normální				
12			0	3	1	0	podváha				
13			47	3	1	0	normální				
14	16	17	0	3	21	13	nadváha	−0,634035	sport		
15			1	0	2	0	nadváha				
16			0	1	0	11	obezita				
17	18	19	0	2	21	2	nadváha		strava	1	2
18			0	0	21	2	nadváha				
19			0	2	0	0	podváha				

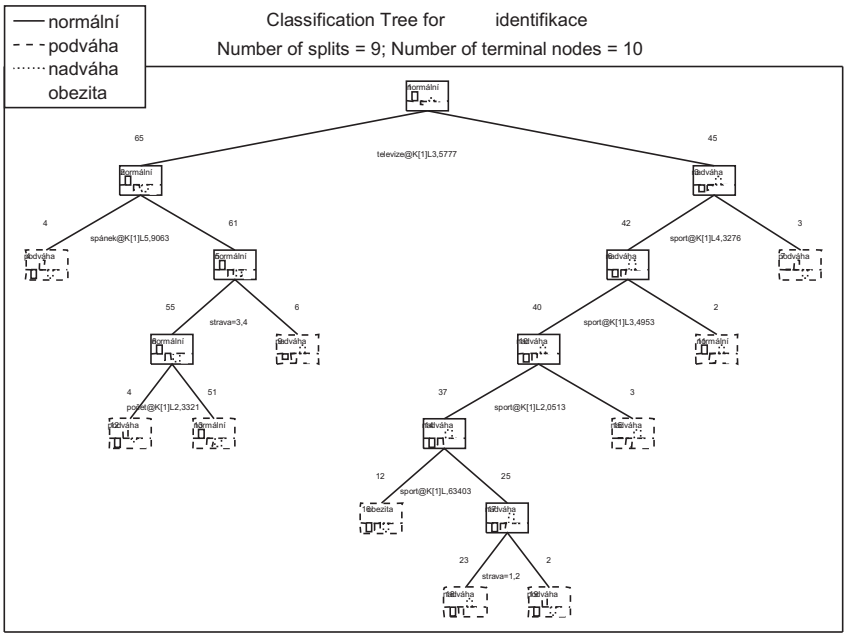
Tabulka 2: Popis uzlů klasifikačního stromu vytvořeného na základě algoritmu QUEST

Node	Left branch	Right branch	Size of node	N in class normální	N in class podváha	N in class nadváha	N in class obezita	Selected	Split	Split	Split	Split
1	2	3	110	51	15	31	13	normální	strava		4	3
2	4	5	67	49	15	3	0	normální	spánek	6,5		
4	6	7	17	4	13	0	0	podváha	počet	3,5		
6			14	1	13	0	0	podváha				
7			3	3	0	0	0	normální				
5	10		11	50	45	2	3	normální	počet	2,5		
5	10		11	50	45	2	3	normální	počet	2,5		
10			4	0	2	2	0	podváha				
11			46	45	0	1	0	normální				
3	14	15	43	2	0	28	13	nadváha	sport	0,5		
14			11	0	0	0	11	obezita				
15	16	17	32	2	0	28	2	nadváha	sport	3,5		
16			30	0	0	28	2	nadváha				
17			2	2	0	0	0	normální				

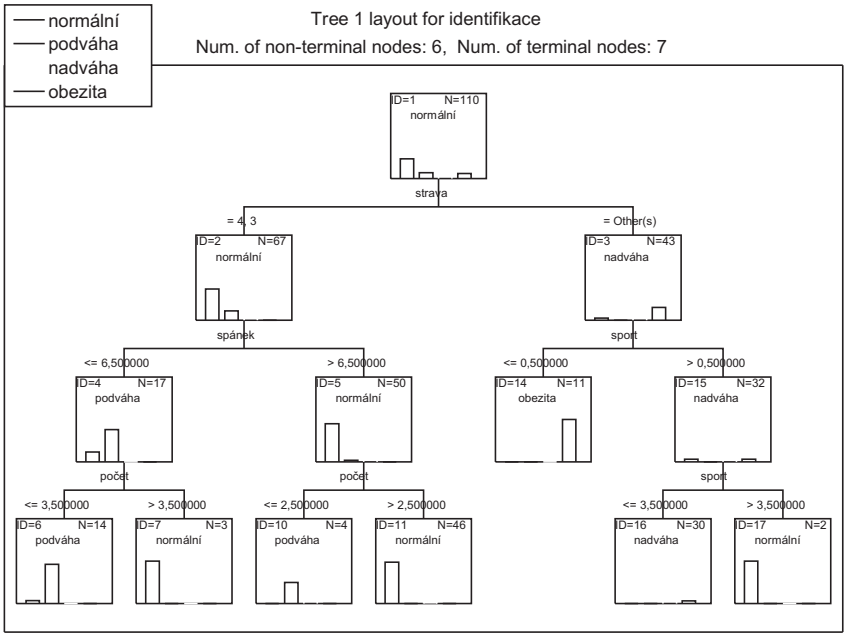
Tabulka 3: Popis uzlů klasifikačního stromu vytvořeného na základě standardní metody C&RT z modulu Data Mining



Obrázek 1: Klasifikační strom vytvořený pomocí algoritmu C&RT vyčerpávajícího prohledávání



Obrázek 2: Klasifikační strom vytvořený na základě algoritmu QUEST



Obrázek 3: Strom vytvořený pomocí standardní metody C&RT z modulu Data-Mining, včetně V-fold Crossvalidation – metody na výběr nejoptimálnějšího stromu

STATISTICKÉ VÝPOČETNÍ PROSTŘEDÍ 2007

STATISTICAL COMPUTING ENVIROMENT 2007

Jiří Žváček

Abstrakt: V článku jsou popsány současné tendence ve vývoji software a jeho využívání, které poněkud rozšiřuje pojetí Statistického výpočetního prostředí a je navrhován termín Statistické informační technologie.
Ve druhé části je popsán současný stav v oblasti statistického softwaru.

Abstract: New tendencies in the development of information technology are described in the paper and the term Statistical information technology instead of Statistical computing enviroment is suggested.
In the second part of the paper the situation in the statistical computing software is described.

Před dávnými časy (1987) jsme na VŠE spolu s kolegy ze Slovenska začali zavádět předměty z oblasti výpočetní statistiky. Cílem bylo zavést kurzy, které by učily statistiky zpracovávat statistické úlohy na současné výpočetní technice.

V Čechách jsme zavedli předmět **Výpočetní statistika**, ve které jsme probírali širší spektrum oblastí od programování a speciálních numerických metod až po ovládání softwarových produktů, zatímco kolegové se zaměřili spíše přímo na **Statistické pakety**.

Vzhledem k dynamice vývoje softwaru vznikla i u nás lidovější varianta kursu Výpočetní statistika, který tvořílo ovládání softwarových prostředků pro statistické výpočty a který jsme nazvali **Statistické výpočetní prostředí**. Zahrnoval zejména práci se statistickými pakety, tabulkovými procesory a práci s databázemi. Vzhledem k tomu, že zejména tabulkový procesor často pro jednodušší statistické výpočty a zejména přípravu dat postačuje a že prostředí je třeba ještě rozšířit přinejmenším o prostředky publikování, převažují dnes spíše takovéto kurzy.

V tomto přehledu se pokusím shrnout to, co se podle mého názoru podstatného událo v oblasti statistického výpočetního prostředí za tento rok.

1. Zásadní změna prostředí

Duchu doby by lépe odpovídal název **statistické informační technologie**, protože dochází k zásadním změnám.

Statistikové totiž kromě vlastního počítání potřebují výpočetní prostředky například i ke

komunikaci kam lze zařadit třeba vyhledávání, sběr a výměnu informací,

prezentaci tedy jakým způsobem publikovat statistiku tiskem a na internetu moderními technologiemi,

výpočtům v širším slova smyslu včetně interaktivní analýzy a stále důležitější grafické prezentace,

podpoře výuky včetně online komunikace a multimediálních interaktivních učebnic vytvářených pomocí matematického a statistického softwaru.

Přirozeně už nejde pouze o počítače (a tím méně o stolní počítače), ale o všechny technické prostředky, které statistik či student při své práci využívá. Sledovat je tedy třeba širší okruh prostředků, softwaru a zejména a v první řadě internet.

V tomto směru bude tedy třeba doplnit své vzdělání (a příslušný kurs) a naučit se tato zařízení ovládat a programovat.

2. Vývoj v oblasti informačních technologií

Málokterá oblast lidské činnosti vykazuje tak dlouhé období dynamického vývoje.

2.1. Hardware

Posledních třicet let exponenciálně rostou technické možnosti a za nimi pádí naše schopnost je využívat. Konec platnosti Moorova zákona[1] je stále v nedohlednu.

Základní tendence jsou

- jsme v oblasti **nanotechnologií**, procesory i další zařízení jsou stále menší,
- mění se architektura, procesory jsou 64bitové a vícejádrové,
- ceny hardwaru dramaticky klesají,

[1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Moore's_law>

- procesory se vyskytují v mnoha zařízeních a produktech (platební karty, RFID identifikace, ...).

Důsledkem je, že z mnoha dalších zařízení se postupně stávají specializované počítače (obsahují kromě procesoru i paměti, operační systémy a komunikaci). Zřejmě již zanedlouho budeme obklopeni miniaturními chipy, po zvířatech a zboží dostáváme i my postupně svůj RFID[2].

I počítače budou vypadat úplně jinak. Přinejmenším již dnes začínají převažovat levné notebooky a nastupují ultramobilní UMPC[3].

Počítat se bude zejména na mobilních zařízeních a i na jiných zařízeních než jsou počítače. Pro statistiky jsou aktuální zejména:

- **Kalkulačky** což jsou dnes specializované vědeckotechnické počítače, které mají stejné schopnosti jako matematické pakety a jsou navrhovány specielně pro výuku a mobilní výpočty. (Viz třeba TI-Nspire[4], který umí i symbolické výpočty.)
- **Mobily** dnes mají operační systémy, prohlížeče a přístup k internetu (třeba Nokia má Symbian S60[5]) a existuje řada programů pro podporu matematiky a statistiky na mobilech (viz např. matematika[6]). Programování mobilů se příliš neliší od programování počítačů a potenciálně mají stejné možnosti.
- **PDA** jsou malé počítače do ruky, které dnes už mohou totéž co stolní počítače. Pokud mají operační systém Windows Mobile, tak mají i trochu redukovaný EXCEL a WORD. Existují již i první statistické pakety pro mobilní zařízení (třeba Statgraphics Mobile[7]), na němž lze počítat i spolupracovat s počítačem. Nejnovější (např. Fooleo[8]) již pracují s plnohodnotným prohlížečem (Opera 9) a mohou tedy využívat všech služeb internetu.

[2] <http://www.pcworld.cz/pcw.nsf/redakcni-blok/-cipovani_lidi_vstoupilo_do_dalsiho_kola>

[3] <http://www.itnews.sk/buxus_dev/generate_page.php?page_id=43273&-buxus_itnews=71bce3993137526cb5fd0752fd0fb461>

[4] <http://en.wikipedia.org/wiki/TI-Nspire>

[5] <http://www.s60.cz/c/s60-cz/>

[6] <http://milanl.wz.cz/java/matematika/index.htm>

[7] <http://www.statgraphics.com/statgraphics_mobile.htm>

[8] <http://digiweb.ihned.cz/c4-10050430-21293980-i00000_d-palm-uvadi-na--trh-foleo-zarizeni-podobne-mininotebooku>

2.2. Internet

Masová dostupnost internetu spolu s rostoucí kvalitou připojení již má za následek, že mnoho činností expanduje na internet. Kromě informací a komunikace jsou to zejména ekonomické činnosti, který již je významnější než mnohé klasické ekonomické činnosti. Zájmem významných ekonomických subjektů se stává **všeobecná dostupnost internetu** a internet se postupně stává **primárním zdrojem informací**. Postupně se na něj přenáší i většina písemných a vizuálních dat.

Mění se dokonce hovorový jazyk, i čeština přejímá krátká anglická slova jako jsou **web**, **blog**, **chat**, **web2**, **wiki** atd. (viz třeba Slovníček[9]). Ten kdo je mimo oblast informatiky (lama) může mít trochu problémy při hovoru s mladou generací.

Širokopásmový rychlý internet umožňuje využívat i prostředky, které mění náš pohled na výpočetní prostředky (multimedialita, interaktivita).

Internet se stává nejenom nejvýznamnějším motorem vývoje v mnoha oblastech ale i prostředím, ve kterém jsme každodenně.

2.3. Software

Výpočetní prostředky se paradoxně stávají mnohem jednodušší – hardware je velmi podobný a většina rozdílů je v softwaru.

Dnešní software většiny moderních přístrojů si již nelze představit bez internetu. I ve statistice každý program či paket (dokonce i výrobek) musí mít internetovou stránku, která umožňuje realizovat celou řadu služeb. Úspěšnost softwaru je přitom stále více závislá na kvalitě poskytovaných služeb.

Novinkou poslední doby je zejména **Web 2**. Není druhá generace webu ale nové anglické slovo. V anglickém jazyce je to foneticky **„web k“**, tedy něco co je poskytováno z webu uživateli nebo naopak od uživatele na web. Týká se to celého postoje k internetu, ale projevuje se to zejména u softwaru.

2.3.1. Uživatelská podpora Snad ke každému úspěšnějšímu softwaru si prodávající vytváří možnosti pro kumulaci zkušeností a znalostí uživatelů. Kromě diskusního fóra existuje mnoho dalších aktivit jako je nabídka maker, tutoriálů, webinářů (seminářů na internetu) atd.

Velmi se osvědčilo **umožnění tvorby uživatelských pluginů**, které umožňují operativně doplňovat do základní aplikace jednoduchým způsobem další činnosti. Umožňují to ty nejpokročilejší programy právě proto, aby zbytečně nebobtnaly a přitáhly pozornost hravé odborné veřejnosti (snad každý

[9] <http://www.root.cz/slovnicek/>

je zná z Total Commanderu, všech prohlížečů atd.). Podmínkou je, aby implementace byla i pro průměrně zdatného uživatele snadná.

2.3.2. Stahovatelný software Velká většina dnešního softwaru je k dispozici na internetu a i komerční software lze přinejmenším na zkušební dobu použít. Kromě známých komerčních programů a služeb hraje stále důležitější roli software zdarma, který má více forem (viz pěkný graf vztahů[10]), založených zejména na vlastní aktivitě uživatelů.

Zřejmě nejdynamičtější oblastí vývoje software je opensource[11] software. Model otevřené spolupráce je tak úspěšný, že často vzniká i na základě komerčního programu, na který již nemá autor či firma dost sil pro adekvátní podporu. Kolem skupiny nadšenců se vytvoří okruh přispívajících a produkt se rychle vyvíjí. Příkladů je mnoho (Linux, Firefox, Open Office, PHP) a okruh se stále rozšiřuje (přibyla Java). Přehled je na stránce SourceForge.net[12], která eviduje více než 132 000 projektů a poskytuje základní služby.

2.3.3. Webové aplikace Webová aplikace, též **online software** je software, který ovládáme z internetu (program je mimo počítač uživatele).

Vznikla řada internetových služeb, které umožňují přenést mnohé činnosti a data na internet a jistou formou je sdílet s dalšími uživateli. Tímto směrem vrhly i velké softwarové firmy Microsoft, Google a AOL.

Je to také reakce na přechod k mobilním zařízením a současné práci na více počítačích.

2.3.4. Wiki Fenomén internetové encyklopedie Wikipedia[13] vytvářené uživateli internetu inicioval vytvoření nového mezinárodního slova a zavedl nový způsob práce na webu. **Wiki** je internetový obsah vytvářený a editovatelný návštěvníky.

Wikipedia je realizována jako opensource software MediaWiki[14], takže ji může provozovat každý a existuje řada serverů, které umožňují hostování wiki stránek.

[10] <http://www.gnu.org/philosophy/category.png>
[11] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Open_source_software>
[12] <http://sourceforge.net/index.php>
[13] <http://www.wikipedia.com/>
[14] <http://www.mediawiki.org/wiki/MediaWiki>

Vzniká mnoho nejrůznějších wiki stránek a stránek s obdobnou filozofií. Jsou to například Wikibooks[15] což jsou kolektivně upravované knihy, obdobně Wiktionery[16] jsou slovníky a třeba Wikinews[17] jsou novinky.

Stránky typu wiki jsou vhodné pro dokumenty, na kterých pracuje více autorů a kde záleží na rychlosti aktualizace.

3. Statistický software

I na statistický software je vhodné se podívat z hlediska současných tendencí.

3.1. Software zdarma

Stále více produktů je k dispozici zdarma, zejména pro nekomerční účely. Je toho mnoho a musí se to umět najít a naučit ovládat. Důležitou roli hrají přehledy

- Free Statistical Software[18] je rozsáhlý přehled Pezullův,
- FreeBSD/math[19] je přehled matematického softwaru zdarma.

Software poskytovaný zdarma má nejrůznější formy, které se liší zejména způsobem přístupu k vlastnickým právům.

3.1.1. Opensource Je i hodně statistických opensource projektů (řádově 900 jich souvisí se statistikou). Mezi nejvýznamnější patří

The R Project <http://www.r-project.org/> Jazyk **R** je opensource klon komerčního paketu **S+** s velmi širokou škálou navazujících produktů a dynamickým vývojem. Nové verze by měly vycházet vždy 1.4. a 1.9., lze se zúčastnit vývoje na beta verzích a objednat si novinky. Současná verze je 2.5.0, vše podstatné je na specializované rwiki stránce[20]. R má wikibook Statistical Analysis using R.[21]

OCTAVE <http://octave.sourceforge.net/> je open source varianta paketu MATLAB. Viz wiki/GNU_Octave[22]. Časté inovace. V 3/2007 reorganizován do paketového systému. Vznikla česká podpůrná stránka Octave[23].

[15] <http://wikibooks.org/>
[16] <http://wiktionery.org/>
[17] <http://en.wikinews.org/wiki/Main_Page>
[18] <http://statpages.org/javasta2.html#Freebies>
[19] <http://www.freebsdsoftware.org/math/>
[20] <http://wiki.r-project.org/rwiki/doku.php>
[21] <http://en.wikibooks.org/wiki/Statistical_Analysis:_an_Introduction_using_R>
[22] <http://en.wikipedia.org/wiki/GNU_Octave>
[23] <http://www.octave.cz/>

MATLAB klonů je více, např.

SciLab <http://www.scilab.com/> je podobný MATLABu (popis viz Scilab-Wikipedia[24]) a má nyní verzi 4.1.

Z mnoha dalších jsou „živé“ například

- Gretl[25] zajímavý opensource pro časové řady a ekonometrii (s možným výstupem do TeXu).
- OpenEpi[26] epidemiologická statistika.
- Gnumeric[27] spreadsheet s mnoha funkcemi.
- Tanagra[28] je pro datamining.
- Slovak Math Ubuntu[29] je speciální implementace Linuxu obsahující některé OS matematické programy.
- PAST[30] je pro statistiku v paleontologii.

3.1.2. Online software Prakticky vše lze dnes spočítat online. Například

- Interactive Statistical Calculation Pages[31] přehled (Pezullo).
- Interaktivní prostředí pro R (opensource R commander[32]) lze instalovat na vlastní stránky.
  Funkční verze tohoto prostředí je na R Online[33].
- Wessa[34] je další verze pokročilého interaktivního rozhraní pro R, kde je mnoho hotových interaktivních statistických výpočtů. Zde je možno publikovat i vlastní algoritmy (postarají se o úpravy při změnách verzí R).
- Fyzikální generátor náhodných čísel online[35].

[24] <http://en.wikipedia.org/wiki/Scilab>
[25] <http://en.wikipedia.org/wiki/Gretl>
[26] <http://www.openepi.com/Menu/OpenEpiMenu.htm>
[27] <http://www.gnome.org/projects/gnumeric/>
[28] <http://chirouble.univ-lyon2.fr/~ricco/tanagra/en/tanagra.html>
[29] <http://people.tuke.sk/peter.mann/ubuntu/slovak-math-ubuntu-livecd.html>
[30] <http://folk.uio.no/ohammer/past/>
[31] <http://statpages.org/>
[32] <http://en.wikipedia.org/wiki/R_Commander>
[33] <http://user.cs.tu-berlin.de/~ulfi/cgi-bin/r-online/r-online.cgi>
[34] <http://www.wessa.net/stat.wasp>
[35] <http://www.randomnumbers.info/>

- WebMathematica[36] obsahuje mnoho online matematických výpočtů, např. eFunda: Exponential Curve Fitting[37].

3.1.3. Statistické wiki Existují rozšíření wiki pro matematiku, které umožňují implementovat spousty užitečných vlastností. Třeba textové zadávání grafů (Graphviz[38], grafika Graph[39], interaktivní grafy TeX editor[40], hodnoty matematických a statistických funkcí[41], výpočty[42] atd.

Speciálně pro statistiku jsou již aktivní anglické wikiknihy

- Handbook of Descriptive Statistics – Wikibooks, collection of open-content textbooks.[43]
- Probability – Wikibooks, collection of open-content textbooks.[44]
- Statistics – Wikibooks, collection of open-content textbooks.[45]

3.2. Novinky v oblasti paketů

Statistické pakety si stále udržují svou zdánlivou nezbytnost.

Rozšiřuje se okruh služeb poskytovaných k paketu. Jsou to např. videozáznamy přednášek (podcast, viz vysvětlení termínu[46], webcasty[47]), internetové vysílání kursů (Webcasts, webcast[48]), odpovídání na technické dotazy, internetový deník (blog)), výměna souborů, analýz a skriptů. Řada novinek a zejména chyb statistického software je na stránkách IASC[49].

Za největší letošní novinku pokládám vznik seznamu statistických paketů List[50] a popisů jednotlivých produktů na internetové encyklopedii Wikipedia. Paráda je, že můžeme prakticky na jednom místě sledovat celou problematiku paketů.

[36] <http://www.efunda.com/webM/home/webM_home.cfm>
[37] <http://www.efunda.com/webM/numerical/curvefitexp.cfm>
[38] <http://graphviz.org/>
[39] <http://meta.wikimedia.org/wiki/Graph_extension>
[40] <http://meta.wikimedia.org/wiki/Touchgraph_Extension>
[41] <http://meta.wikimedia.org/wiki/MathStatFunctions>
[42] <http://meta.wikimedia.org/wiki/Help:Calculation>
[43] <http://en.wikibooks.org/wiki/Handbook_of_Descriptive_Statistics>
[44] <http://en.wikibooks.org/wiki/Probability>
[45] <http://en.wikibooks.org/wiki/Statistics>
[46] <http://www.lupa.cz/clanky/podcast-revoluce-v-internetovem-vysilani/>
[47] <http://www.akamonitor.cz/webcasting.htm>
[48] <http://www.akamonitor.cz/eseminar.htm>
[49] <http://www.csdassn.org/softlist.cfm>
[50] <http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_statistical_packages>

Nejnovější stav můžeme sledovat na stránce Comparison of statistical packages[51].

Věcně za nejzajímavější pokládám rozšiřující pluginy v Pythonu a vůbec vývoj u SPSS a verze pro PDA u STATGRAPHICSu a WINKSe.

Významnější inovace nastaly zejména u následujících produktů (subjektivně v pořadí užitečnosti změn)

JMP <http://www.jmp.com/> Paket původně pro Apple koupený firmou SAS. Nyní verze 7. Online kursy (Webcasts). Má emailové novinky i RSS. Také rostoucí sbírku skriptů na nejrůznější témata.

SPSS <http://www.spss.com/> U nás spss.cz[52]. Jeden z nejstarších a nejrozšířenějších paketů vypustil verzi SPSS 15[53] s větší podporou pdf. Jde cestou uživatelských pluginů a moderních jazyků (Python). Pro Vistu potřebuje doinstalovat plugin. Připravuje se verze 16 s rozhraním pro projekt R.

STATGRAPHICS Plus <http://www.statgraphics.com/> Inovoval na verzi 15.2 a zejména vznikla verze **Statgraphics Mobile** pro handheldy s operačním systémem Windows Mobile.

SYSTAT <http://www.systat.com/> Oblíbený paket, nyní ve verzi 12.

BMDP <http://www.statsol.ie/bmdp/bmdp.htm> Nyní verze BMDP 2007.

STATISTICA <http://www.statsoftinc.com/> inovovala na verzi STATISTICA 8[54]. České zastoupení[55] o tom mlčí a ceny pouze na optání, tedy asi individuální. Zaujala mne propagace pomocí lákavých titulků: **STATISTICA je skutečný lídr mezi statistickými balíky**.

Xplore <http://www.xplore-stat.de/> Humboldtovy university je nyní ve verzi 4.7. A ve vykleštěné podobě pro akademické účely zdarma.

GAUSS <http://www.aptech.com/> Inovoval na verzi 8.

MINITAB <http://www.minitab.com/> Inovoval na verzi 15. **ActivStats** for MINITAB je interaktivní multimediální statistický text, ve kterém jsou animace, dynamické grafy a videoklipy.

S-PLUS <http://www.insightful.com/> U nás podporuje tento paket firma TriloByte[56], **Veliký pokrok**. Verze 7 pracuje s obrovskými soubory, implementuje pokročilou statistiku atd. Nyní už verze 8 umožňuje snadné doplňování dalších funkcí. Vhodný pro profesionály, lze v něm napsat vlastní aplikace.

[51] <http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_statistical_packages>
[52] <http://spss.cz/>
[53] <http://spss.cz/sw_spss_whatsnew.htm>
[54] <http://www.statsoft.com/list.htm>
[55] <http://www.statsoft.cz/>
[56] <http://www.trilobyte.cz/>

WINKS <http://www.texasoft.com/> Malý, jednoduchý a levný (od 99 dolarů i méně) paket, naprosto postačující pro výuku. Nyní verze 6 a verze pro PDA. On-line manual, tutoriály metod atd.

NCSS <http://www.ncss.com/> Rozsáhlý paket je ve verzi NCSS 2007, přibyla řada procedur, makra atd. Studentská verze 6 je pro výuku zdarma.

GENSTAT <http://www.vsn-intl.com/> Britský paket s dobrou podporou, inovoval na verzi 9. Je **zdarma pro 85 rozvojových zemí.**

StatPlus 2007 <http://www.analystsoft.com/en/>
Jednoduchý a levný paket (120 $).

QCexpert <http://www.trilobyte.cz/extras/qcexpert_3.pdf>
Jediný větší český statistický paket, má verzi 3.

Na rozumný levný paket pro výuku milionů studentů stále čekáme.

3.3. Tabulkové procesory

Prakticky zbyl pouze EXCEL, který je nyní ve verzi EXCEL 2007. Podrobný přehled ze statistického hlediska je na stránce Chyby, problémy a opravy[57], včetně základních numerických problémů a oprav.

K EXCELu existuje mnoho statistických nadstaveb (viz přehled EXCEL Add-Ins[58]). Konkrétně třeba UNISTAT[59], který je dokonce lokalizován do češtiny (už pracuje i s Windows Vista a Office 2007), ale i mnohem levnější Winstat[60], Sigmazone[61], Lumeaut[62] je pro studenty a učitele na rok zdarma, statistiXL[63] stojí na rok 40 $ a australský XLStat[64] je zcela zdarma. I u nás se objevují hotové statistické skripty pro EXCEL (letos zejména Klára Mrázová[65]), objevila se i učebnice Mat-MAPLE[66] s návody pro EXCEL a MATLAB.

Počítat v EXCELu lze interaktivně i na webu XL2Web[67].

[57] <http://www.daheiser.info/EXCEL/frontpage.html>
[58] <http://dmoz.org/Computers/Software/Spreadsheets/EXCEL/Add-Ins/>
[59] <http://www.unistat.com/>
[60] <http://www.winstat.cz/>
[61] <http://www.sigmazone.com/>
[62] <http://www.lumenaut.com/statistics.htm>
[63] <http://www.statistixl.com/>
[64] <http://www.deakin.edu.au/~rodneyc/XLSTATS.HTM>
[65] <http://www.pcsvet.cz/art/author.php?id=429&page=2%20>
[66] <http://www.vscht.cz/mat/matstat/stat_m_e/Stat_MATLAB_EXCEL.html>
[67] <http://www.itksoftware.com/home.jsp>

3.4. Matematické systémy

Matematické systémy začínají dnes být vážným konkurentem statistických paketů v oblasti výuky. Obchodně se zaměřují na pozdější úspěch, takže jejich znalost lze očekávat u lepších středoškoláků. Pracují i se symbolickou matematikou, takže jsou dobře použitelné i v oblasti teorie.

Nejvhodnější jsou podle mne nyní:

MATHEMATICA <http://www.wolfram.com/> (u nás Elkan[68]).
Popis nejlépe na Wiki Mathematica[69].
Nová, údajně revoluční verze **Mathematica 6** přináší dynamické a interaktivní grafy a výpočty. Pro statistiku jsou zajímavé zejména symbolické statistické výpočty a zpracování dat.
Vzhledem k tomu, že existuje zdarma Mathematica Player[70], který po instalaci umožňuje prohlížení dokumentů vytvořených v Mathematice, je tedy možno psát výukové stránky pro internet (viz třeba pravděpodobnost[71] či statistika[72]).
Mathematica umožňuje také publikovat interaktivní výpočty na stránce. Na firemní stránce je mnoho aplikací zdarma od uživatelů, v 17. 6. 2007 to bylo 268[73] statistických úloh. Problém je v tom, že jsou publikovány zejména ve firemním časopise The Mathematica Journal[74] a je třeba zaplatit za přístup. Zdarma jsou wiki Mathematica[75] např. eFunda[76] ale jsou jich tisíce z mnoha oborů.

MAPLE <http://de.wikipedia.org/wiki/MAPLE> popis na wikiMAPLE[77].
Je vzhledem k cenám častější (na internetu Evropané nadávají, že MATHEMATICA je v Evropě o 70 % dražší než v USA). Verze **MAPLE 11** podporuje **interaktivní dokumenty** a **pracuje se na prohlížeči MAPLE dokumentů zdarma**. Už MAPLE 10 umožňovala

[68] <http://www.elkan.cz/>
[69] <http://en.wikipedia.org/wiki/Mathematica>
[70] <http://www.wolfram.com/products/player/download.cgi>
[71] <http://demonstrations.wolfram.com/topic.html?topic=Probability&limit=20>
[72] <http://demonstrations.wolfram.com/topic.html?topic=Statistics&limit=100>
[73] <http://library.wolfram.com/infocenter/BySubject/Mathematics/-ProbabilityStatistics/?page=1;pages_count=100000>
[74] <http://www.mathematica-journal.com/issue/v10i2/>
[75] <http://www.mathematica-users.org/webMathematica/-wiki/wiki.jsp?pageName=Main_Page>
[76] <http://www.efunda.com/webM/home/webM_home.cfm>
[77] <http://en.wikipedia.org/wiki/MAPLE_(software)>

publikovat do HTML dynamické grafy (viz výukové listy k pravděpodobnosti[78]).

MATHCAD <http://www.mathcad.com/products/mathcad/> též Mathsoft.cz[79] a informace na Wiki/Mathcad[80]. Každoroční inovace je 14, demo 13.1 pro studenty a učitele je prodlouženo na 4 měsíce. Spousty řešení statistických úloh na uživatelském fóru[81].

MATLAB <http://www.mathworks.com/> Wiki/MATLAB[82] (speciálně programování[83]). Statistic Toolbox inovoval na verzi 5.3. MATLAB je populární zejména u inženýrů a má výbornou podporu uživatelů.

Matematické systémy jsou velmi vhodné pro psaní dynamických interaktivních výukových textů.

3.5. Specializované programy

Sem zařazujeme zpravidla **dílčí statistické systémy,** které pokrývají pouze určité statistické metody. Je jich obrovská spousta pro nejrůznější úlohy a často to jsou astronomicky drahé speciální programy pro bohaté firmy a úřady. Mnoho statistických firem si vytváří vlastní software.

Vystopovat lze zejména některé okruhy šířeji použitelných metod, které mají vlastní statistické programy a pakety. Dynamický vývoj je zejména ve dvou oblastech:

Datamining Datamining je tak trochu paběrkování na datových smetištích, kde vyslovovat klasické předpoklady o náhodných veličinách se zdá být neadekvátní, takže klasické statistické usuzování jde trochu stranou. Metody jsou spíše heuristické, fundamentalističtí statistikové trochu ohrnují nos, takže se převážně zařazují do informatiky. Metody bývají jako samostatné programy u všech významnějších firem. Asi nejpokročilejší je asi nová SPSS Clementine 10.

Statistické grafy Význam grafiky obecně stoupá, možnosti počítačů a požadavky na estetické ztvárnění se zvyšují.
Toho využily spousty firem specializovaných na statistickou grafiku. Novinek je příliš mnoho, bylo by to na několik samostatných článků.

[78] <http://phi.kenyon.edu/personal/hartlaub/MellonProject/mellon.html>
[79] <http://www.mathsoft.cz/>
[80] <http://en.wikipedia.org/wiki/MathCad>
[81] <http://collab.mathsoft.com/>
[82] <http://en.wikipedia.org/wiki/MATLAB>
[83] <http://en.wikibooks.org/wiki/Programming:MATLAB>

Z ostatních novinek mne zaujaly zejména:

AM <http://am.air.org/> Analýza složitých výběrů.

JMP Genomics 3.0 [84] Je určen pro statistické analýzy v genetice.

Interactive Neural Network Book [85] Je interaktivní učebnice teorie odhadu pomocí neuronových sítí (funkční demo zdarma).

SSI <http://www.ssicentral.com/index.html> Má novou stránku a nejslavnější program LISREL (strukturální modely) je ve verzi 8.8. Starší verze pro výuku zdarma.

Xtremes Webpage <http://www.xtremes.math.uni-siegen.de/xtremes/> Stránka ke knize Extremální rozdělení a specializovanému programu (starší verze pro výuku zdarma). Nová kniha (3. vydání, vyjde tuto zimu), program 4.0, StatPascal.

Resampling Stats <http://www.resample.com/> Samotný program už ve verzi 5.0, ad-ony k EXCELu a MATLABu.

Specializované programy sice odebírají paketům významnou část trhu, ale zejména v oblasti výuky je plně nahradit nemohou.

3.6. Výukové stránky

Výukové stránky pomalu vznikají na stránkách kateder, někde i oddělené od katedrální stránky (VŠE) a sem tam některý učitel dává konečně alespoň vzorce na web. Jsou projekty ve výhledu, vše co víme je na stránkách kateder na Statspol[86].

4. Závěr?

Z pohledu informačních technologií vidím tyto tendence:

- Klasický model výuky statistiky v počítačové učebně skomírá. Studenti mají mobilní hardware, mnoho interaktivity lze nahradit internetem a stejně není na přímou výuku čas.
- Kvůli ceně se ani při výuce nepoužívají jednotným způsobem statistické pakety (když vůbec). Chybí jednoduchý rozšířený statistický paket, jakási minimální norma znalostí a nejhorší je, že u statistiků mizí tradiční vynalézavost a kutilství.

[84] <http://blogs.sas.com/jmp/index.php?/archives/-11-JMP-Genomics-3.0-is-into-production!.html>

[85] <http://www.neurosolutions.com/products/nsbook/>

[86] <http://www.statspol.cz/>

- Aktivita uživatelů začíná převažovat nad možnostmi specializovaných firem. Řada firem dokonce vzdává vlastní vývoj a svůj software převádí na opensource. Kdysi to udělal Netscape, dnes SONY a rozumný software bez uživatelské podpory nenajdete. Na wiki stránce k produktu se dozvíme více než než na stránce výrobce a v širších souvislostech. I ve statistice je spousta diskutovaných a řešených problémů uživatelů ba i jejich softwaru na uživatelských stánkách.

4.1. Co by šlo udělat

To je hlavně na Vás, to nemůže udělat jeden.

Opensource minipaket Ve spolupráci s informatiky, obsahující pouze skutečně potřebné metody pro základní výuku a umožňující pluginy.
Možnost se nabízí – diplomka u informatiků jako základ **opensource projektu**.
V Čechách i na Slovensku je dost programátorů, kteří s tím mají zkušenosti. Určitě to umí studenti informatiky a měli by to umět statistikové, kteří se specializují na Výpočetní statistiku.

Statistické wiki stránky Šlo by vytvořit statistický wikislovník, wikibook atd. Pokud by chtěla alespoň malá skupina lidí spolupracovat, lze to založit. Přinejmenším by se omezila rostoucí terminologická džungle. Určitý návrh podal student (jak symptomatické) pod značkou Glivi[87] podle fungujícího WikiProject_Mathematics[88].

Publikovat na webu Spousta článků má dočasný charakter, přibývají odkazy, barevné a dynamické obrázky, videa. To vše je možno snadno realizovat na internetu. Je třeba se jenom dohodnout, bylo by dobré, kdyby to zájemce nalezl vše co nejdříve na určitém místě.

Kdo není na internetu, jako by nebyl.

Z akcí České statistické společnosti se pravidelně vytvářejí CD, které obsahují texty referátů, prezentace atd. S určitým zpožděním se objevují i na stránce www.statspol.cz[89] (jsou zde všechny dosavadní sborníky z akcí společnosti a kompletní texty statistických bulletinů v pdf).
Bylo by vhodné, aby takto postupovali i další organizátoři, lze to zařídit i na stránce společnosti.

[87] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Wikipedista:Glivi/Návrh_projektu_matematika>
[88] <http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:WikiProject_Mathematics>
[89] <http://www.statspol.cz/>

Výpočetní statistika Měl by být zaveden jiný způsob výuky. Výpočetní statistiky a navázána těsnější spolupráce s informatiky, aby statistika navázala na dynamiku vývoje. Statistikové musí znovu začít pracovat s daty, programovat a publikovat na současné úrovni a nebýt pouze mačkači knoflíků.

Řekl bych, že zejména současné pokolení studentů, zvyklé na počítače, hry a dynamiku, musí současná výuka Výpočetní statistiky spíše odrazovat (alespoň podle toho, co čtu na internetu).

Internetovská, průběžně inovovaná verze bude na adrese:
http://www.stahroun.me.cz/eseje/stakan2007/index.htm.

Adresa: Jiří Žváček, V úvalu 84, Nem. Motol, LDN, 7. stanice

E-mail: jzvacek@seznam.cz

SEZNAM AUTORŮ

OBSAH SBORNÍKU

FORUM STATISTICUM SLOVACUM

vedecký časopis Slovenskej štatistickej a demografickej spoločnosti

Vydavateľ
Slovenská štatistická a demografická spoločnosť
Miletičova 3
824 67 Bratislava 24
Slovenská republika

Redakcia
Miletičova 3
824 67 Bratislava 24
Slovenská republika

Fax
02/63812565

e-mail
chajdiak@statis.biz
Jan.Luha@statistics.sk

Registráciu vykonalo
Ministerstvo kultúry Slovenskej republiky

Registračné číslo
3416/2005

Tematická skupina
B1

Dátum registrácie
22. 7. 2005

Objednávky
Slovenská štatistická a demografická spoločnosť
Miletičova 3, 824 67 Bratislava 24
Slovenská republika
IČO: 178764
Číslo účtu: 0011469672/0900

ISSN 1336-7420

Ročník
III.

Číslo
5/2007

Cena výtlačku 500 SKK / 20 EUR
Ročné predplatné 1500 SKK / 60 EUR