

# INFORMAČNÍ BULLETIN



České statistické společnosti

Ročník 29, číslo 1, březen 2018

# DOKTRÍNA ŠANČÍ: 300. VÝROČÍ PRVNÍ UČEBNICE TEORIE PRAVDĚPODOBNOSTI

## DOCTRINE OF CHANCES: 300 YEARS AFTER ITS FIRST EDITION

Jan Kalina<sup>a</sup>, Lubomír Soukup<sup>b</sup>

*Adresa:* <sup>a</sup>Ústav informatiky AV ČR, v.v.i., Pod Vodárenskou věží 2, 182 07 Praha 8. <sup>b</sup>Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, Pod Vodárenskou věží 4, 182 08 Praha 8

*E-mail:* kalina@cs.cas.cz, soukup@utia.cas.cz

**Abstrakt:** Historicky první učebnicí teorie pravděpodobnosti byla Doktrína šancí, která vyšla roku 1718. U příležitosti 300. výročí jejího prvního vydání si ji připomeňme v širším kontextu dějin teorie pravděpodobnosti. Doktrínu šancí napsal Abraham de Moivre (1667–1754), který byl autorem nejen dnes známé Moivreovy věty, ale i spoluautorem Stirlingova vzorce a dalších výsledků v různých partiích matematiky. Protože jeho životopis byl již podrobně studován, věnujeme se v tomto článku především Moivreově knize Doktrína šancí a také diskutujeme Moivreovu-Laplaceovu centrální limitní větu i spolu s jejím pozdějším významem pro matematickou statistiku, zejména teorii testování hypotéz.

**Klíčová slova:** Moivre, pravděpodobnost, centrální limitní věta.

**Abstract:** The first textbook of probability theory in the history was the Doctrine of Chances published in 1718. On the occasion of the anniversary of 300 years after its first edition, it is recalled here in a broader context of history of probability theory. Doctrine of Chances was written by Abraham de Moivre (1667–1754), who was the author not only of the well known Moivre formula, but also of other results in various fields of mathematics including the Stirling formula. Because Moivre's curriculum vitae has been already thoroughly investigated, this paper is devoted mainly to his Doctrine of Chances and we also discuss the Moivre-Laplace central limit theorem together with its later importance for mathematical statistics, primarily for the theory of hypothesis testing.

**Keywords:** Moivre, probability, central limit theorem.

## Abraham de Moivre

Moivre se narodil 26. 5. 1667 ve Francii, kde následně získal kvalitní vzdělání, a to v matematice (podrobně studoval zejména Euklidovy spisy [31]) a zároveň v humanitních oborech. Někdy mezi roky 1685 a 1688 byl nucen z důvodů svého přesvědčení (byl hugenot) odejít do Anglie, kde získal i anglické občanství a zbytek svého života pak strávil v Londýně. Toužil tam získat zaměstnání na univerzitě, ale to se mu nikdy nezdařilo. Žil tak po zbytek života jako soukromý učitel docházející učit děti šlechticů. To vyžadovalo chodit hodně pěšky, takže přesunům po Londýně snad věnoval víc času než výuce samotné [26]. Aby mohl proniknout mezi bohaté měšťany a šlechtice, přidal si (a to právě až v Londýně) ke svému jménu přídomek “de”. O přestávkách mezi lekcemi se mohl Moivre věnovat svým matematickým úlohám [1]. To mu sice umožnilo se již ve třiceti letech stát členem Královské vědecké společnosti a následně i členem dalších prestižních společností, ale žil prakticky celý život v chudobě, i když si později přivydělával i jako konzultant pro pojišťovací makléře či hazardní hráče, které potkával v kavárnách. Nakonec zemřel jako osamělý v 87 letech (27. 11. 1754) v Londýně.

Moivre vědecky přispěl k infinitesimálnímu počtu, teorii nekonečných řad, geometrii a algebře [14]. Z významných spisů napsal kromě Doktríny šancí (*Doctrine of Chances*, 1718) [18], které se budeme věnovat v příští kapitole, také knihu *Annuities upon Lives* (1725) o výpočtu pojistného pro životní pojištění a *Miscellanea Analytica* [Různé problémy z analýzy] (1730), kde se projevuje jako excelentní znalec matematické analýzy. Tato kniha [21] se někdy uvádí jako reference pro vzorec

$$(\cos x + i \sin x)^n = \cos(nx) + i \sin(nx), \quad (1)$$

který dnes známe jako Moivreovu větu. Ve skutečnosti Moivre nikdy nepoužil vzorec (1), ale tvrzení uvedl v ekvivalentním tvaru, a to jakožto užitečný mezivýsledek již roku 1707 [1], přičemž jednodušší forma (1) byla známa ještě před Moivrem [26].

Na internetu lze vyhledat řadu rozličných popularizačních prací, které se věnují Moivreovu životopisu a často i rozebírají matematické aspekty některých jeho aproximací. Tento článek je naproti tomu zaměřen na Moivreův způsob pravděpodobnostního uvažování a jeho přínos pro celou teorii pravděpodobnosti. Doktrínu šancí zasadíme do historického kontextu a zastavíme se u pojmů, které používá. Nakonec pojednáme o statistickém významu Moivreovy-Laplaceovy centrální limitní věty.

## Doktrína šancí

Za zakladatele počtu pravděpodobnosti jsou považováni Pierre de Fermat (1607–1665) a Blaise Pascal (1623–1662), kteří se snažili odpovědět rytíři de Méré na jeho dotaz, jak spravedlivě rozdělit sázku při nedokončené hazardní hře [3, 27]. Počátkem pravděpodobnostního uvažování se pak rozumí jejich korespondence z roku 1654 [10]. Fermat s Pascalem ovlivnili Christiana Huygense (1629–1695), který záhy napsal historicky první knihu věnovanou počtu pravděpodobnosti. Tento spis *De ratiociniis in ludo aleae* [O počítání při hře v kostky] vyšel již roku 1657 jako příloha knihy [32], kterou vydal Huygensův učitel.

Za zakladatele teorie pravděpodobnosti jako samostatného vědního oboru v dnešním pojetí pak považujeme Jacoba Bernoulliho (1655–1705) [16] především díky jeho mistrovské knize *Ars Conjectandi* [2]. Její český název [Umění předpokládat] evokuje, že vnímá počet pravděpodobnosti jako úlohu spočítat (vlastně přiřadit) různým náhodným jevům příslušnou pravděpodobnost. Knihu [2] vydal po autorově smrti jeho synovec Nicolaus Bernoulli (1687–1759). Kniha je inspirovaná Huygensem a věnuje se do značné míry kombinatorice či pokusům, které mohou nabývat jen dvou možných hodnot; těm dnes říkáme bernoulliiovské pokusy (pokusy s Bernoulliovým rozdělením). Kniha byla ve své době velmi vlivná a měla i přímý vliv na Moivre [31].

Doktrínu šancí [18], kterou bychom do dnešního jazyka lépe přeložili jako Teorie pravděpodobnosti, vydal Moivre v roce 1718 jako anglicky vydané rozšíření svého spisu *De Mensura Sortis* [O měření náhody] z roku 1711. Následně ji Moivre ještě přepracoval a dovedl k druhému vydání 1738 a pak třetímu (opět přepracovanému) vydání 1756. Oproti prvnímu vydání obohatil každé následující vydání vylepšeným úvodem i řadou nových úloh a jejich řešení. Třetí vydání lze i celé najít na internetu [19].

Knihu [18] považujeme za učebnici především proto, že byla napsána pro nematematiky. Jednalo se vlastně o anglicky psanou praktickou příručku pro hazardní hráče, která šla dobře na odbyt i díky tomu, že vše vysvětluje na srozumitelných praktických příkladech a postupuje od jednoduchých ke složitějším. Například hned v úvodu, kde Moivre prezentuje elementární příklady na pochopení náhody a dalších pojmů i svého způsobu uvažování, aby se pak mohl rychle dostat k praktičtějším úlohám. Celou knihu pak formuje snaha o systematizaci všech možných úloh z gamblerské praxe, a právě proto byl Moivre poeticky nazýván novým Euklidem [1] podle otce axiomatického systému v geometrii (325–260 př. n. l.).

Doktrína šancí představuje sbírku úloh, přičemž první vydání obsahuje 53 úloh, kde Moivre nejprve popíše zadání a pak prezentuje vzorové řešení.

I podtitul knihy prozrazuje, že se úlohy týkají hazardních her (doslova *games of chance*, tj. náhodných her), které se v Anglii těšily velké oblibě [1]. Uvedme nyní (pokud možno doslovně, i za cenu určité neohrabanosti) jen několik příkladů úloh z Doktríny šancí:

- Najít pravděpodobnost, že na kostce padne jednička třikrát po sobě.
- V loterii, která obsahuje 40 000 losů, z nichž tři vyhrávají, jaká je pravděpodobnost, že v sadě 8000 náhodně vybraných vyhraje aspoň jeden los?
- Najít pravděpodobnost, že padne panna v určeném počtu pokusů bez přerušení, v libovolném počtu pokusů.

Celkově lze typy uvedených úloh charakterizovat takto:

- Několik úloh se týká spravedlivého rozdělení výhry v sázkách, zejména při nedokončené hře.
- Mnoho úloh se týká speciálních her (s kartami i kostkami), konkrétně zmiňuje *Bassette*, *Pharaon*, *Piquet* nebo *Whisk*. Často jde o určení pravděpodobnosti výhry u těchto her, z nichž některé jsou již dnes zapomenuty.
- Další úlohy se týkají úlohy dělení sázky (obdobně jako v úloze rytíře de Méré), různých losování, tehdejších netradičních verzí britské tomboly i pojišťovnictví.

V knize Moivre také často počítá výskyt zdaru při  $n$  nezávislých bernoulliiovských pokusech, tedy pracuje s binomickým rozdělením  $Bi(n, p)$ , kde  $p$  je pravděpodobnost zdaru. Dále ho zajímají pravděpodobnosti extrémních hodnot nebo variabilita. Pochopil i význam směrodatné odchylky [31], přestože ji poprvé zavedl až roku 1894 Karl Pearson (1857–1936), první profesor statistiky na světě [22].

Doktrína šancí používá řadu dnes obvyklých pojmů, z nichž však některé mají u Moivre speciálnější význam v kontextu hazardních her. Například střední hodnotu (*expectation*) vnímá zejména jako očekávanou výhru. Přítomnost nebo nepřítomnost nějakého znaku u bernoulliiovských pokusů označuje Moivre jako *happening* nebo *failure*. Také dnes jim česky říkáme zdar a nezdar, a to třeba i při studiu onemocnění v medicíně; pokud je pacient nemocen, biostatistickí to vnímají za zdar, aniž tím vyjadřují nějaké citové zabarvení. Šancí (*chance*) Moivre rozumí četnost, kdežto dnešní šanci označuje jako *odds* a dnešní pojem *randomness* nepoužívá vůbec. Při popisu a rozboru hazardních her pracuje s intuitivně pojatou pravděpodobností výhry



Obrázek 1: Rytina z úvodní stránky knihy Doktrína šancí.

(*probability*). Zřejmě nepotřeboval pojem pravděpodobnost nějak formálně definovat.

Za pozornost stojí také úvodní rytina z Doktríny šancí (Obrázek 1), kterou zajímavým způsobem interpretoval Belhouse [1]. V pravé části tohoto alegorického obrazu diskutují antičtí filozofové a sám Moivre jim prstem ukazuje na hrací kostky. Vpředu leží šachovnice a karty. Vlevo stojí bohyně moudrosti Athéna v dominantní pozici nad pokořenou bohyní náhody Fortunou, která sice dosud mohla ovlivňovat osud svými vrtkavými náladami, ale v předložené Doktríně šancí je náhodnost poprvé zkrocena či ovládnuta pomocí triumfujících matematických znalostí.

## Moivreova-Laplaceova centrální limitní věta

Za nejdůležitější vědecký výsledek Moivreovy Doktríny šancí považujeme centrální limitní větu, i když se součástí knihy stala až od jejího druhého vydání. Moivre ji nejprve samostatně publikoval v roce 1733 v latinském článku, který bývá stručně označován jako *Approximatio*. Celý název byl *Approximatio ad Summam Terminorum Binomii  $a + b$   $n$  in Seriem expansi*. Anglický překlad tohoto článku pak přiložil do Doktríny šancí, kde jej nazval ještě delším ná-

zvem<sup>1</sup>. Jako jeho nejvhodnější překlad v dnešním značení a současné terminologii navrhuje [Aproximace součtu členů binomického rozvoje  $(a + b)^n$ , odkud jsou odvozeny některá praktická pravidla pro odhad stupně souhlasu, který je nutno dát experimentům]. Moivre zde odvodil aproximaci  $(a + b)^n$  pro velké  $n$  pomocí číselné řady. Za dlouhým názvem článku je myšlenka, že každý výsledek experimentu platí s určitým tzv. stupněm souhlasu, který je dán pravděpodobností v jeho prospěch [5]. Na internetu lze najít tento článek i samostatně [20].

Moivre považoval centrální limitní větu za nejnáročnější téma celé teorie pravděpodobnosti. Z ní také zároveň již triviálně plyne zákon velkých čísel, který před Moivrem zformuloval již výše zmíněný Jacob Bernoulli [2, 28]. Moivre spolu s Jamesem Stirlingem (1692–1770) hledali různé aproximační postupy [9], které by se dobře počítaly a také měly rychlou asymptotiku. Spolu odvodili vzorec pro aproximaci  $n!$  (nebo  $\log n!$ ) pro velké  $n$ , který dnes známe jako Stirlingův. Právě tyto aproximační výsledky spolu s Bernoulliovým výsledkem pro součet mocnin přirozených čísel [31] umožnily Moivreovi odvodit centrální limitní větu.

Centrální limitní věta představuje aproximaci binomického rozdělení normálním pro  $n \rightarrow \infty$  a pro pevné  $p$ . Pro tento účel Moivre jako první zavedl normální rozdělení, které dnes označujeme jako Gaussovo podle Carla Friedricha Gausse (1777–1855). Gaussovo jméno nese normální rozdělení zaslouženě, přestože Gauss jej odvodil až na počátku 19. stol. (v roce 1809 [8]). Byl však první, kdo použil teorii pravděpodobnosti k formulaci tzv. zákona chyb (*das Fehlergesetz*), kterým se řídí náhodné chyby při fyzikálních měřeních a který je ekvivalentní normálnímu rozdělení. Při tomto odvození Gauss vycházel z požadavku, aby maximálně věrohodným odhadem souboru měřených hodnot byl aritmetický průměr. Tím vystihl velmi důležitou vlastnost normálního rozdělení a položil tak teoretické základy metodě maximální věrohodnosti a metodě nejmenších čtverců.

Moivre vyjádřil centrální limitní větu jako aproximaci

$$\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi np(1-p)}} \exp \left\{ -\frac{(k-np)^2}{2np(1-p)} \right\}$$

pro  $p \in (0, 1)$ , ve skutečnosti ji ale dokázal jen pro  $p = 1/2$  [26]. V tomto vyjádření se elegantně vyhnul nejen potřebě vůbec uvažovat náhodnou veličinu, ale nemusí používat ani integrály. Dnes spíše používáme ekvivalentní

---

<sup>1</sup>A Method of approximating the Sum of the Terms of the Binomial  $\overline{a+b}^n$  expanded into a Series, from whence are deduced some practical Rules to estimate the Degree of Assent which is to be given to Experiments.

vyjádření, ve kterém uvažujeme posloupnost náhodných veličin  $X_n$ , které se řídí binomickým rozdělením  $\text{Bi}(n, p)$ . V moderním značení pak

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P \left( a \leq \frac{X_n - np}{\sqrt{np(1-p)}} \leq b \right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-t^2/2} dt,$$

kde  $a, b \in \mathbb{R}$ ,  $a < b$  a  $P$  značí pravděpodobnost. Jinými slovy se náhodná veličina  $X$  řídí rozdělením, které je pro velké  $n$  blízké normálnímu rozdělení  $N(np, np(1-p))$ . Charakteristikám  $EX = np$  a  $\text{var } X = np(1-p)$  dnes říkáme střední hodnota  $X$  a rozptyl  $X$ .

Moivre zároveň využil nově odvozené aproximační vzorce pro aproximaci binomického rozdělení Poissonovým a stal se tak prvním, kdo použil Poissonovo rozdělení. To představuje aproximaci binomického za předpokladu  $np \rightarrow \lambda$  s kladnou konstantou  $\lambda$ , a to při  $n \rightarrow \infty$  a současně  $p \rightarrow 0$ .

Moivre v Doktríně šancí vlastně podal, a to právě v pasáži o aproximaci normálního rozdělení, svůj pokus o vyřešení inverzní úlohy k Bernoulliově větě. Tou se rozumí původní forma slabého zákona velkých čísel. Pro praktické úlohy však bylo zejména důležité v tomto zákoně nahradit pravděpodobnosti pozorovanými četnostmi. Bernoulli si přitom byl vědom, že při dostatečně velkém počtu nezávislých bernoulliiovských pokusů se bude pozorovaná četnost jen velmi málo lišit od pravděpodobnosti zdaru [5].

Různé podoby tzv. inverzního pravděpodobnostního problému vedou na odhad pravděpodobnosti  $p$  pro binomické rozdělení [31, 9], což byla úloha inverzní k běžným pravděpodobnostním úlohám, které vždy předpokládaly známé  $p$ . Moivre zajímala také přesnost takového odhadu. Dnes jde o základní úlohu statistické teorie odhadu (a to i v bayesovském pojetí statistiky), přičemž tehdy se chápal odhad parametrů jako inverze k ostatním pravděpodobnostním úlohám a tedy dnešní statistika byla vnímána jako inverzní pravděpodobnost [4].

Moivreovo pojednání o centrální limitní větě je zakončeno úvahou, proč se vliv náhody při velkých počtech hodů kostkou snižuje a celkové počty hodů jednotlivých stran se navzájem přibližují. Náhodu vnímá jako nepravidelnost nebo nepredikovatelnost a především jako konstantní Boží aktivitu. Skrze ni vesmír, ve kterém se podle něj kombinují deterministické zákony s náhodností, směřuje k pořádku odpovídajícímu stvořitelským plánům [30]. Zde se nezdá, že by byl Moivre pod vlivem tehdejší módní filozofie empirismu, který vrhl nové světlo na pojmy jako jistota, možnost nebo pravděpodobnost [29]. Jeho teologické konotace jsou spíš projevem toho, že Moivre stejně jako Huygens a Bernoulli byli kalvinisty a věřili tak v predestinaci a tedy v pevný (deterministický) řád, který přesahuje dokonce i náhodné jevy [28].



## Od centrální limitní věty až k testům hypotéz

Podívejme se ještě, jak se centrální limitní věta dále vyvíjela i jaký pokrok přinesla do statistiky, pro kterou dnes představuje jeden z důležitých teoretických výsledků. Pierre Simon de Laplace (1749–1827) si uvědomil, že jde o centrální poznatek teorie pravděpodobnosti.

Zobecnil ji v roce 1812 pro součet nezávislých náhodných veličin se stejným diskrétním rozdělením (a dokázal ji nejen pro  $p = 1/2$ ) [15]. Proto známe centrální limitní větu jako větu Moivreovu-Laplaceovu. Právě Laplaceova kniha [15] ukončila období, kdy byla Doktrína šancí hodně oblíbená. Také dodejme, že Laplace jako pozitivista odmítal Moivreovu pojetí náhody a místo s náhodou při popisu světa a vesmíru pracoval raději s neurčitostí nebo neúplnou informací [4, 9].

Princip centrální limitní věty lze využít pro přibližné (asymptotické) ověřování dobré shody. Takovou úlohu intuitivně řešil Gregor Mendel (1822–1884), když potřeboval rozhodnout, zda jsou pozorované četnosti jednotlivých znaků pozorovaných na rostlinách hrachu v souladu s jeho genetickými zákony [17]. Jako člověk vzdělaný v kombinatorice i počtu pravděpodobnosti taková neformální porovnávání prováděl, a to jako první člověk v historii biologie. Zatím se nám však nepodařilo průkazně zjistit, zda Mendel centrální limitní větu znal [13].

Využití centrální limitní věty na testování dobré shody následně zformalizoval již zmíněný Karl Pearson. O něm ještě dodejme, že také pátral po historii statistického uvažování. Pearson pak upozornil jak na Moivreovo autorství Stirlingova vzorce, pro nějž doporučoval používat název Moivreův-Stirlingův vzorec [22], tak i na Moivreovo prvenství při definici normálního rozdělení [23].

Pearson přímo navázal na Moivreovu-Laplaceovu centrální limitní větu v roce 1900 návrhem  $\chi^2$ -testu pro binomické rozdělení. Speciální případ tohoto prvního statistického testu v historii nyní popíšeme. Půjde o test homogeneity pro dvě binomická rozdělení, který odvodíme přímo z centrální limitní věty. Pearsonův test je ovšem v obecné podobě výrazně složitější, o čemž svědčí to, že sám Pearson udělal ve svém vlastním testu chybu a opravil mu ji až Ronald A. Fisher (1890–1962) v roce 1922 [25].

Předpokládejme, že se výskyt určitého znaku zjišťuje u dvou nezávislých náhodných výběrů s pevnými, předem určenými rozsahy  $n_1$  a  $n_2$ . To znamená, že máme dva nezávislé náhodné výběry z Bernoulliho rozdělení s parametry  $p_1$  a  $p_2$  a úlohou je testovat nulovou hypotézu  $H_0 : p_1 = p_2$  proti alternativní hypotéze  $H_1 : p_1 \neq p_2$ .

Výsledky experimentu lze shrnout do čtyřpolní kontingenční tabulky

|          | 1. skupina    | 2. skupina    | $\Sigma$     |
|----------|---------------|---------------|--------------|
| zdar     | $n_{11}$      | $n_{12}$      | $n_{1\cdot}$ |
| nezdar   | $n_{21}$      | $n_{22}$      | $n_{2\cdot}$ |
| $\Sigma$ | $n_{\cdot 1}$ | $n_{\cdot 2}$ | $n$          |

(2)

Zatímco marginální sloupcové četnosti  $n_{\cdot 1}, n_{\cdot 2}$  jsou konstanty, jsou marginální řádkové četnosti  $n_{1\cdot}, n_{2\cdot}$  náhodné veličiny. Podle centrální limitní věty pak mají náhodné veličiny  $n_{11}$  a  $n_{12}$  pro velké rozsahy výběrů rozdělení blízká normálnímu.

Je rozumné založit testovou statistiku na odhadnuté hodnotě rozdílu  $p_1 - p_2$ , tedy na rozdílu  $n_{11}/n_{\cdot 1} - n_{12}/n_{\cdot 2}$ , který má také rozdělení blízké normálnímu. Dále je vhodné tento rozdíl standardizovat do tvaru

$$Z = \left( \frac{n_{11}}{n_{\cdot 1}} - \frac{n_{12}}{n_{\cdot 2}} \right) \cdot \sqrt{\frac{nn_{\cdot 1}n_{\cdot 2}}{n_{1\cdot}n_{2\cdot}}},$$

protože tato testová statistika  $Z$  se pak pro velké rozsahy výběrů přibližně řídí normovaným normálním rozdělením  $N(0, 1)$ . Označme distribuční funkci  $N(0, 1)$  rozdělení pomocí  $\Phi$ . Pokud  $Z \geq \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$ , pak test zamítá nulovou hypotézu. Druhá mocnina statistiky  $Z$  je rovna  $\chi^2$  statistice Pearsonova testu dobré shody, jak ukazuje snadný výpočet

$$Z^2 = \left( \frac{n_{12}n_{21} - n_{11}n_{22}}{n_{\cdot 1}n_{\cdot 2}} \right)^2 \cdot \frac{nn_{\cdot 1}n_{\cdot 2}}{n_{1\cdot}n_{2\cdot}} = \frac{n(n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21})^2}{n_{1\cdot}n_{2\cdot}n_{\cdot 1}n_{\cdot 2}} = \chi^2.$$

Pearsonův  $\chi^2$  test představuje asymptotickou aproximaci pro Fisherův exaktní test pro již zmíněnou  $H_0$  proti  $H_1$  [12]. Dnes tedy vnímáme asymptotický postup založený na  $Z$  nebo na  $\chi^2$  opravdu jako zjednodušení (aproximaci) exaktního (permutačního) postupu pro pevný rozsah výběrů. Exaktní test byl ovšem navržen až R. A. Fisherem roku 1935. To znamená, že jednodušší postup nevyužívající asymptotické aproximace si počkal celou první třetinu 20. století až na formální vybudování teorie testování hypotéz a ustálení definic důležitých pojmů jako test signifikance či hladina testu.

Závěrem lze říci, že Doktrína šancí ve své době neuznaného Abrahama de Moivre se nakonec stala významnou knihou, která stojí za připomenutí i po třech staletích. Moivre zde nejen vzbudil zájem o matematické postupy v hazardních hrách, ale i popularizoval tehdejší teorii pravděpodobnosti jako takovou. Především pak přispěl k důležitým asymptotickým výsledkům, z nichž vychází i některé pozdější metody s praktickým významem, což je i příklad zde zmíněných asymptotických testů hypotéz.

## Poděkování

Děkujeme dvěma anonymním recenzentům za pečlivé přečtení rukopisu a konstruktivní připomínky.

## Literatura

- [1] Bellhouse D. R. (2011): *Abraham de Moivre: Setting the stage for classical probability and its applications*. CRC Press, Boca Raton.
- [2] Bernoulli J. (1713): *Ars conjectandi*. Thurnisiorum Fratrum, Basel.
- [3] Coufal J. (1994): *Alea iacta est aneb půl tisíciletí od vytištění úlohy rytíře de Méré*. Informační bulletin České statistické společnosti **5**(2), 3–10.
- [4] Čihák M. (2002): *Pierre-Simon de Laplace a inverzní pravděpodobnost*. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie **47**, 9–21.
- [5] Dale A. I. (1988): *On Bayes's theorem and the inverse Bernoulli theorem*. Historia Mathematica **15**, 348–260.
- [6] Deming W. E. (1933): *De Moivre's "Miscellanea analytica", and the origin of the normal curve*. Nature **132**, 713.
- [7] Devlin K. (2008): *The unfinished game: Pascal, Fermat, and the seventeenth-century letter that made the world modern*. Basic Books, New York.
- [8] Gauss C. F. (1809): *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis Solem ambientium*. Frid. Perthes et I. H. Besser, Hamburg, str. 208–212.
- [9] Hald A. (2007): *Laplace's theory of inverse probability, 1774–1786*. In: A history of parametric statistical inference from Bernoulli to Fisher, 1713–1935. Springer, New York, str. 33–46.
- [10] Hykšová M. (2011): *Filosofická pojetí pravděpodobnosti v pracích českých myslitelů*. Matfyzpress, Praha.
- [11] Kalina J. (2011): *K výročí úmrtí zakladatele biometrie*. Biologie, chemie, zeměpis **20**, 123–127.
- [12] Kalina J. (2012): *Ronald Fisher, otec biostatistiky*. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie **57**, 186–190.
- [13] Kalina J. (2014): *Gregor Mendel, his experiments and their statistical evaluation*. Acta Musei Moraviae, Scientiae biologicae **99**, 87–99.
- [14] Kotoučková H. (2009): *Historie robustních matematicko-statistických metod*. Dizertační práce. Masarykova univerzita v Brně, Brno.
- [15] Laplace P. S. (1812): *Théorie analytique des probabilités*. Svazek 1 a 2. Courcier Imprimeur, Paris.

- [16] Mačák K. (1996): *Huygensův spis "De ratiociniis in ludo aleae"*. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie **41**, 180–197.
- [17] Mendel G. (1866): *Versuche über Pflanzen-Hybriden*. Verhandlungen des Naturforschenden Vereines in Brünn **4**, 3–47.
- [18] de Moivre A. (1718): *The doctrine of chances: or, A method for calculating the probabilities of events in play*. W. Pearson, London.
- [19] de Moivre A.: Dostupné na <https://www.ime.usp.br/~walterfm/cursos/mac5796/DoctrineOfChances.pdf>
- [20] de Moivre A.: Dostupné na <https://www.york.ac.uk/depts/maths/histstat/demoivre.pdf>
- [21] de Moivre A. (1730): *Miscellanea analytica de seriebus et quadraturis*. J. Tonson & J. Watts, London.
- [22] Pearson K. (1900): *On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling*. Philosophical Magazine, Series 5 **50**, 151–175.
- [23] Pearson K. (1924): *Historical note on the origin of the normal curve of errors*. Biometrika **16**, 402–404.
- [24] Porter T. M. (1986): *The rise of statistical thinking, 1820–1900*. Princeton University Press, Princeton.
- [25] Porter T. M. (2004): *Karl Pearson, The scientific life in a statistical age*. Princeton University Press, Princeton.
- [26] Saxl I., Ilucová L. (2007): *Abraham de Moivre*. In: Bečvářová, M., Bečvář, J. (Eds.): *Matematika v proměnách věků, svazek 5*. Matfyzpress, Praha.
- [27] Saxl I. (2009): *Pravděpodobnost ve středověku*. Informační bulletin České statistické společnosti **20**(2), 1–9.
- [28] Seneta E. (2013): *A tricentenary history of the law of large numbers. Bernoulli* **19**, 1088–1121.
- [29] Shafer G., Vovk V. (2001): *Probability and finance: It's only a game!* Wiley, New York.
- [30] Schneider I. (1968): *Der Mathematiker Abraham de Moivre (1667–1754)*. Archive for History of Exact Sciences **5**, 177–317.
- [31] Schneider I. (2006): *Direct and indirect influences of Jakob Bernoulli's Ars Conjectandi in 18th century Great Britain*. Electronic Journal for History of Probability and Statistics **2**(1).
- [32] van Schooten F. (1657): *Exercitationum mathematicarum*. Svazek 5. Elsevier, Lugdunum Batavorum (Leiden).

# BALÍČEK PGFPLOTS: O TVORBĚ JEDNOHO GRAFU NA ZAKÁZKU

## THE PGFPLOTS PACKAGE: ABOUT PREPARATION OF ONE HIGHLY CUSTOMIZED GRAPH

Pavel Stríž

*E-mail:* pavel@striz.cz

**Abstrakt:** Článek představuje vybrané partie balíčku `pgfplots` z  $\text{\TeX}$ ového světa. Zdrojové kódy jsou pod 1 KiB. Autor ukazuje dílčí situace, které vyústí v netradiční, programovatelný graf na konci našich snah. Bude se jednat o graf (metrovou grafovou housenku), která je autorem představena v samotném závěru tohoto článku. A jako taková byla vystavena na konferencích Stakan 2011 v Železně Rudě a OSSConf 2011 v Žilině.

Mezi netradiční řešené partie můžeme zařadit: stupňovité měřítko vodorovné osy, několik hlavních a vedlejších svislých os v jednom grafu, mřížka umístěná do pozadí, umístění objektů absolutně či relativně vůči souřadnicovému systému, úprava dat za běhu  $\text{\TeX}$ u, změna vzhledu značek, nastavení stylu a sazba matematiky za účasti  $\text{\TeX}$ u, zvětšení grafu se zachováním os, příprava podkladů pro balíček `animate`, jako vhodné dělení grafu (s i bez překryvu) pro vložení dílčích částí pod sebe atp.

**Klíčová slova:**  $\text{\TeX}$ , `TikZ`, `pgfplots`, `pgfplotstable`, `animate`.

**Abstract:** The article presents several features from the `pgfplots` package from the  $\text{\TeX}$  world. The author introduces these selected parts using a minimal example (snippet, chunk). All presented codes have file size below 1 KiB. The source code is always briefly commented and followed by its preview. All our efforts shall help to create a special, highly programmable graph at the end. The one-meter caterpillar graph is introduced at the very end of this paper. Such as, the graph had its first performance at the Stakan 2011 in Železná Ruda and OSSConf 2011 conference in Žilina, Slovakia.

Among the nontrivial tasks we may find: cascade ticks, independent tick labeling, grid to be in the background layer, absolute and relative coordinate system object placement, input data modification on-the-fly, markers adjustment, direct interaction with  $\text{\TeX}$  typography system, graph zooming with added axes, slicing graph for use with the `animate` package as well as cutting graph into several pieces included below each other etc.

**Keywords:**  $\text{\TeX}$ , `TikZ`, `pgfplots`, `pgfplotstable`, `animate`.

## 1. O grafu samotném

Oslovila mě jedna studentka medicíny z cizí Alma Mater, že řeší SVOČ (Studentská vědecká a odborná činnost), a že se jí nedaří nastavit v grafu si vše dle jejích přání. Z obdržených vzorků lékařský dat jsem postupně skládal mozaiku až vzniklo dílo víceméně dle jejích představ. Dílo, které na soutěži nakonec nepoužila, ale posloužilo jí jako inspirace.

Graf, pracovně nazývaný „grafová housenka“, nám běží v článku na str. 23. Na první pohled vypadá komplikovaně a sofistikovaně, ale jak by měl tento článek čtenáři dokázat, je to vskutku jen mozaika, skládačka složená z dílčích vyřešených situací.

## 2. O pgfplots z T<sub>E</sub>Xového světa

Na své první setkání s `pgfplots` (dokumentace verze 1.4.1) si vzpomínám dobře. Tehdy jsem měl za sebou již několik experimentů v balíčku `TikZ` (autor Till Tantau; ukázky; s dilematem, jestli METAPOST stále ještě používat či ne, zvláště, když jsem se s vývojářem Tacem Hoekwaterem setkal osobně), a když mě bratr, nakladatelství Martin Stříž, požádal o jednoduchý sloupcový 2D graf, tušil jsem problém. V METAPOSTu je to dřina, `TikZ` se do toho také moc nehrnul, tak jsem hledal. Brzy jsem hledání završil úspěchem, s vědomím, že takto používaná oblast bude určitě řešena. Byl to objev hoden `pgfplots`! Podporou mu je balíček `pgfplotstable`. V roce 2011 ve vývoji, v roce 2018 již stabilní.

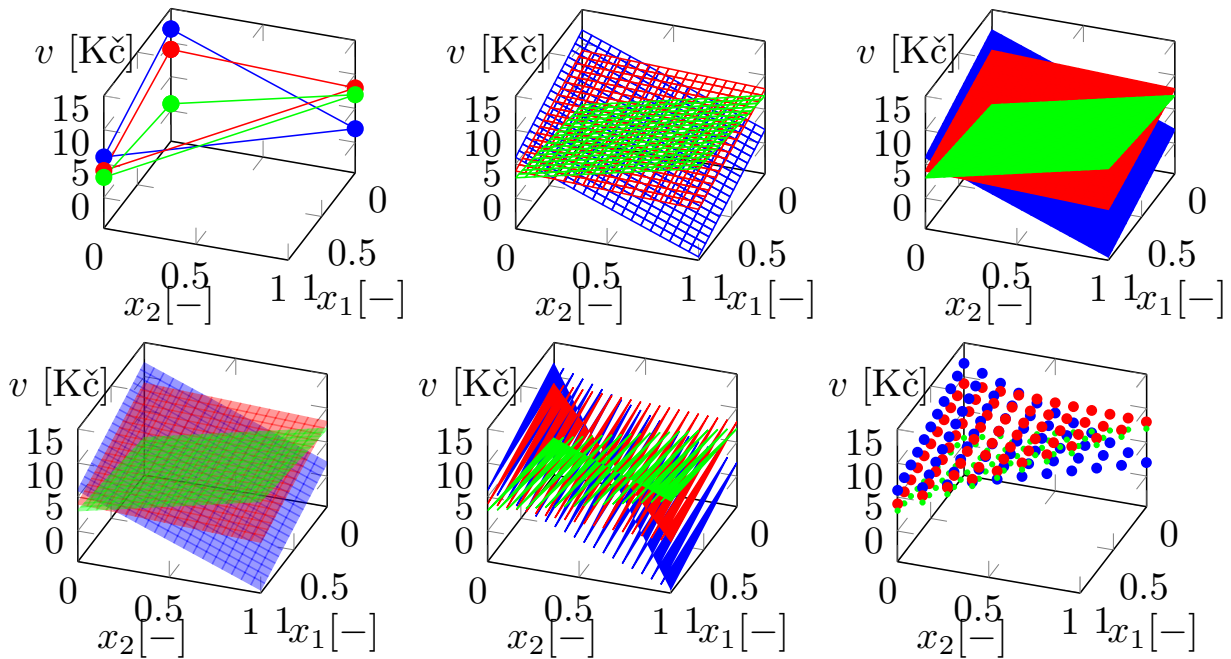
Neuplynulo ani pár týdnů a v teorii her jsem potřeboval nakreslit 3D grafy, grafické řešení her rozměru  $3 \times n$  a  $m \times 3$ . Nu, a byl jsem doma! Grafy vznikaly jedna radost. A když jsem dokázal vykreslit graf výpočtem jednotlivých bodů (na úrovni T<sub>E</sub>Xového programování; na další straně, v pořadí šestý 3D graf), zahrnout si i podmínky, tak si mě `pgfplots` získal.

Nemluvě o tom, že mně autor `pgfplots`, Christian Feuersänger z Německa, přes noc udělal nadstavbu (tehdy součástí experimentální verze; `unstable version`, str. 265 a 266) na vrstvy v PDF pro balíček OCG. Balíček `pgfplots` je založen na balíčku `TikZ`, kdo o něm ještě neslyšel, jistě uslyší, neb T<sub>E</sub>Xový svět (část grafika) se pohnul tímto směrem.



### 0 Ukázky 3D grafů a zároveň geometrických klamů

Šest ukázek různých grafů ze stejných vstupních dat (zadány jsou tři roviny). Žádný z těchto grafů nelze v reálném světě fyzicky sestrojit. Věřte, autor to se studenty zkoušel! Nebo správně, skepticky autorovi článku nevěřte! ... ☺



```

\begin{group} \parindent=0pt
\pgfplotsset{width=0.33\textwidth, height=0.33\textwidth, compat=1.3}
\def\podminky{samples=20,domain=0:1,y domain=0:1,
  xlabel=$x_1[-]$,ylabel=$x_2[-]$,
  zlabel=$v$ [Kč], view={110}{35}, zmin=-4.5, zmax=15, ztick={0,5,10,15},
  every axis x label/.style={at={(rel axis cs:1,1.4,-0.2)}},
  every axis y label/.style={at={(rel axis cs:1.4,0.5,-0.2)}},
  every axis z label/.style={at={(rel axis cs:1,-0.1,1.3)}}}
% První graf... Popisek v je jako výhra či p jako payoff,
\begin{tikzpicture} % další osy jsou pravděpodobnosti voleb hráčů.
\begin{axis}[\podminky]
\addplot3[blue, mark=*] coordinates {(0,0,12) (0,1,2) (1,0,6) (0,0,12)};
\addplot3[red, mark=*] coordinates {(0,0,9) (0,1,8) (1,0,4) (0,0,9)};
\addplot3[green,mark=*] coordinates {(0,0,1) (0,1,7) (1,0,3) (0,0,1)};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
% Definování základu pro druhý až pátý graf.
\def\graf#1#2{%
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[\podminky, #1]
\addplot3[fill=blue, draw=blue, #2]{-6*x-10*y+12};
\addplot3[fill=red, draw=red, #2]{-5*x-1*y+9};
\addplot3[fill=green, draw=green, #2]{2*x+6*y+1};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
}% Konec příkazu \graf.
% Vygenerování druhého až pátého grafu.
\graf{mesh}{}% 2. graf
\graf{shader=flat, surf}{}\par% 3. graf
\graf{shader=flat, surf}{opacity=0.4}% 4. graf
\graf{}{}% 5. graf
% Šestý graf...

```

```

\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[\podminky, enlargelimits=0.001]
\foreach \myx in {0,0.1,...,1.05} {
  \foreach \myy in {0,0.1,...,1.05} {
    \pgfmathparse{\myx+\myy<1.1} % Sestavení podmínky.
    \ifnum\pgfmathresult=1 % Test pravdivosti podmínky.
      \pgfmathparse{-6*\myx-10*\myy+12} \let\mya=\pgfmathresult
      \pgfmathparse{-5*\myx-1*\myy+9} \let\myb=\pgfmathresult
      \pgfmathparse{2*\myx+6*\myy+1} \let\myc=\pgfmathresult
      \typeout{x=\myx, y=\myy, a=\mya, b=\myb, c=\myc} % Výpis do log souboru.
      \addplot3[blue, mark=*,mark options={scale=0.6}]
        coordinates{(\myx,\myy,\mya)};
      \addplot3[red, mark=*,mark options={scale=0.6}]
        coordinates{(\myx,\myy,\myb)};
      \addplot3[green,mark=*,mark options={scale=0.3}]
        coordinates{(\myx,\myy,\myc)};
    \fi % Konec \ifnum podmínky.
  } % Konec \myy.
} % Konec \myx.
\end{axis}
\end{tikzpicture}
\endgroup%
% Velikost nad 1 KiB: 2370 bajtů, tohle je však 6 snippetů. :-)

```

### 3. Skládačky mozaiky aneb dílky hrají svůj part

Postupně nahlédneme na jednotlivé partie grafu a uděláme si jejich minimální ukázky (anglicky a snippet nebo a chunk, slovensky zlomok kódu). V kódech nebudu dále uvádět řádky nutné zavést do preambule dokumentu:

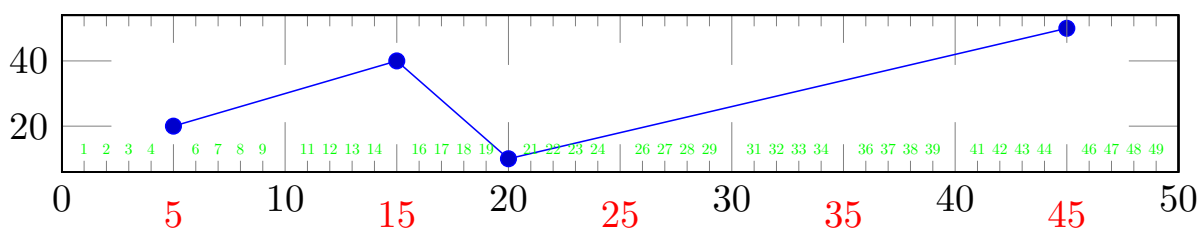
```

\usepackage{pgfplots,pgfplotstable,animate}
\pgfplotsset{width=1\textwidth,height=3cm}
% Velikost: 112 bajtů.

```

#### 1 Stupňovité měřítko vodorovných os

Vyrobil jsem je tak, že jsem přes sebe překresloval axis o identickém xmin a xmax, dále se nulovaly popisky na svislé ose: `only marks, no markers`. Ačkoliv můžeme použít `major` a `minor tick` u každé axis, v ukázce vidíme třikrát typ hlavního měřítka (`major`).



```

\def\nemenne{xmin=0, xmax=50}

```



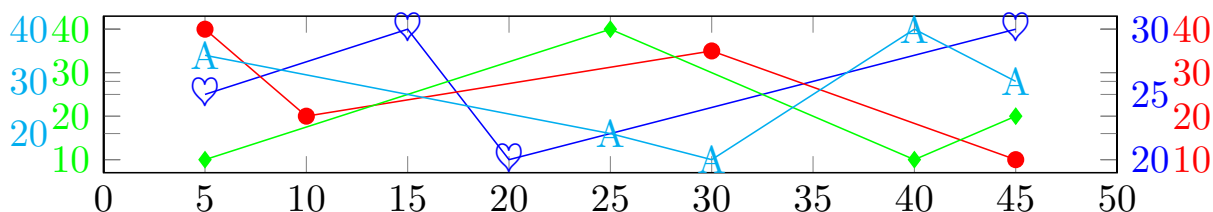
```

\def\nemenneb{only marks, no markers}
\def\data{\addplot coordinates {(5,20) (15,40) (20,10) (45,50)}; }
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[\nemenne, xtick={0,10,...,50}, major tick length=4.5mm] \data
\end{axis}
\begin{axis}[\nemenne, xtick={5,15,...,45}, \nemenneb, ytick=\empty,
tick label style={red, yshift=-1ex}, major tick length=2.5mm] \data
\end{axis}
% Jistá nezvyklá možnost, jak přeskočit čísla dělitelná pěti.
\foreach \osy/\osyb in {1/6,2/7,3/8,4/9} {
\begin{axis} [\nemenne, xtick={\osy,\osyb,...,50}, \nemenneb, ytick=\empty,
tick label style={green,scale=0.4,yshift=5ex}, major tick length=1mm] \data
\end{axis}
} % Konec \foreach cyklu.
\end{tikzpicture}% Velikost: 754 bajtů.

```

## 2 Násobné hlavní a vedlejší svislé osy

V grafu můžeme orientovat (left, right) popisky svislé osy (hlavní a vedlejší osa).



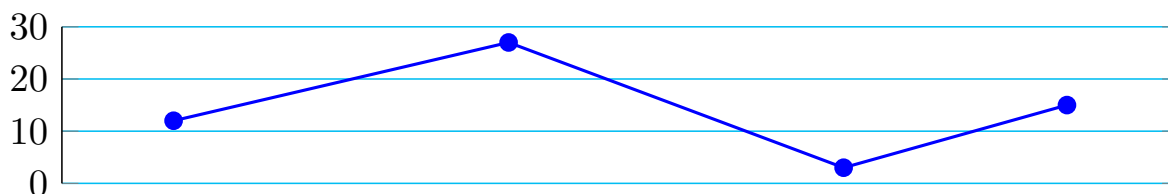
```

\def\nemenne{xmin=0, xmax=50}
\begin{tikzpicture}[every axis/.append style={width=0.92\textwidth}]
\begin{axis}[\nemenne, yticklabel pos=right, yticklabel style={blue}]
\addplot [blue, mark=text, text mark=$\heartsuit$]
coordinates {(5,25) (15,30) (20,20) (45,30)};
\end{axis}
\begin{axis}[\nemenne, yticklabel pos=right, yticklabel style={xshift=2.5ex,
red}, axis x line=none]
\addplot [red, mark=*] coordinates {(5,40) (10,20) (30,35) (45,10)};
\end{axis}
\begin{axis}[\nemenne, yticklabel pos=left, axis x line=none,
yticklabel style={green}]
\addplot [green, mark=diamond*] coordinates {(5,10) (25,40) (40,10) (45,20)};
\end{axis}
\begin{axis}[\nemenne, yticklabel pos=left, axis x line=none,
yticklabel style={xshift=-2.5ex, cyan}]
\addplot [cyan, mark=text, text mark=A] coordinates {(5,35) (25,20)
(30,15) (40,40) (45,30)};
\end{axis}
\end{tikzpicture}% Velikost: 896 bajtů.

```

### 3 Nastavitelná mřížka

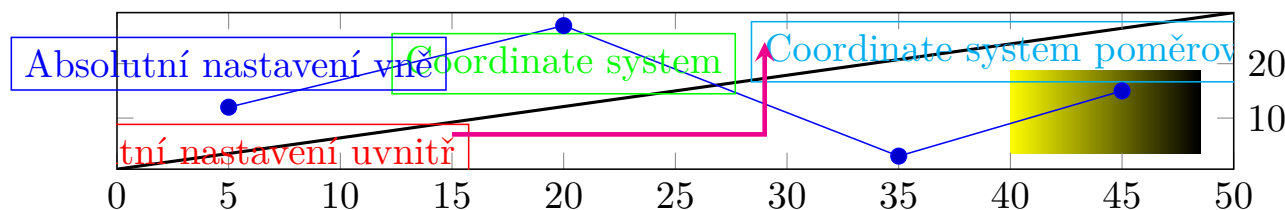
Z mřížek (bez zobrazení vstupních dat, nejčastěji znovunačtených z textového souboru) jsem si připravil speciální osy. Tudiž mohly být mřížky v pozadí jako nejspodnější vrstva. Na ukázce modrá vystupuje nad azurovou mřížkou a jsou při sazbě nezávisle nastavitelné.



```
\def\nemenne{xmin=0, xmax=50, axis x line=none, ymin=0, ymax=30}
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[\nemenne, grid=major, grid style=cyan!75, only marks, no markers]
\addplot coordinates {(5,12) (20,27) (35,3) (45,15)};
\end{axis}
\begin{axis}[\nemenne, axis y line=none]
\addplot [blue, thick, mark=*] coordinates {(5,12) (20,27) (35,3) (45,15)};
\end{axis}
\end{tikzpicture}% Velikost: 405 bajtů.
```

### 4 Objekty vkládané do grafu

V grafové housence na str. 23 si můžeme všimnout šipek, žlutých kruhů s číslem s i bez šipečky i obdélníkových přechodů. Po bližším prozkoumání zjistíme, že jsou ve spodní, středních i nejvrchnější vrstvě. U některých šipek lze nalézt mřížky nad i pod.



```
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[axis x line=none, axis y line=none, only marks, no markers]
\addplot coordinates {(0,0)}; % Stejný graf, linka v pozadí pod vším ostatním.
\draw[black,thick] (rel axis cs:0,0)--(rel axis cs:1,1);% Linka přes celý graf.
\shade[left color=yellow, right color=black] (rel axis cs:0.8,0.1)
rectangle (rel axis cs:0.97,0.63); % Přechod poměrově v prázdném grafu.
\end{axis}
\begin{axis}[xmin=0, xmax=50, yticklabel pos=right, every axis/.append style={
after end axis/.code={\node[blue,draw] at (50,170)
{Absolutní nastavení vně};}}]
\addplot coordinates {(5,12) (20,27) (35,3) (45,15)};
\node[red, draw] at (50,10) {Absolutní nastavení uvnitř};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

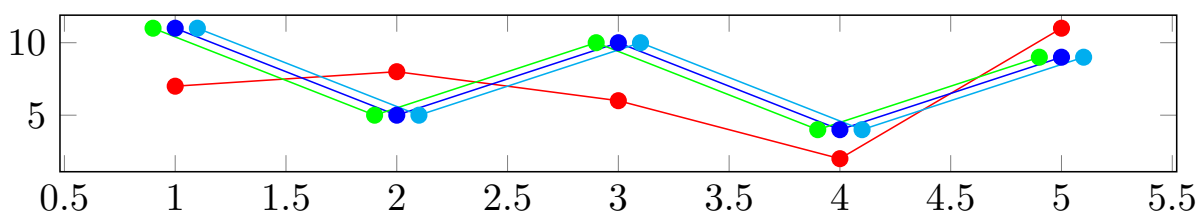
```
\node[green,draw] at (axis cs:20,20) {\Coordinate system};
\node[cyan, draw] at (rel axis cs:0.8,0.75) {\Coordinate system poměrově};
\draw[magenta,->,>=stealth,very thick] (axis cs:15,7)-|(axis cs:29,24);
\end{axis}
\end{tikzpicture}% Velikost: 976 bajtů.
```

## 5 Výpočty ze vstupních dat

Uvažme soubor `data.txt` (středníky jsou přechody na nový řádek, v článku záměrně takto použito z důvodu úspory místa; velikost souboru je 59 bajtů):

Time Mu1 Mu2; 1 7 11; 2 8 5; 3 6 10; 4 2 4; 5 11 9;

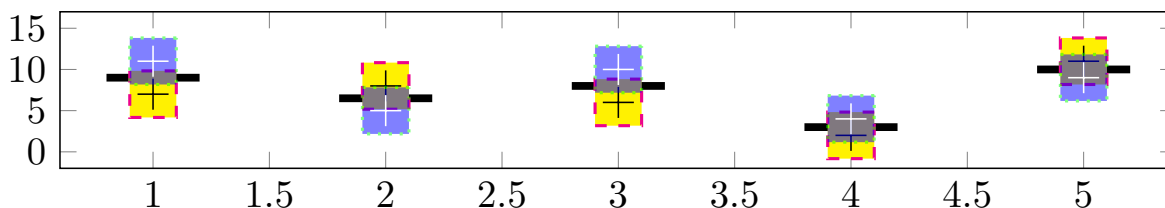
Překreslení mezi červenými a modrými daty nepostřehneme, ale pokud by data byla identická, jeden graf začne překreslovat druhý. Proto jemně posuneme zelenou (doleva) i azurovou křivku (doprava). Ačkoliv máme identická data, všechny naměřené údaje vidíme.



```
\pgfplotstableread{figures/data.txt}\loadedtable
\begin{tikzpicture} \begin{axis}
\addplot[color=red, mark=*] table [x=Time, y=M1] {\loadedtable};
\addplot[color=blue, mark=*] table [x=Time, y=M2] {\loadedtable};
\addplot[color=green,mark=*] table [x expr=\thisrow{Time}-0.1,
y=M2]{\loadedtable};
\addplot[color=cyan, mark=*] table [x expr=\thisrow{Time}+0.1,
y=M2]{\loadedtable};
\end{axis} \end{tikzpicture}% Velikost: 441 bajtů.
```

## 6 Data vykreslená jako uzly

Nepřekvapí nás, že si lze z `TikZ` volat téměř cokoli, například překreslení značek se děje přes parametr `mark options`, což je de facto volání `\node` v `TikZ`.



```
\pgfplotstableread{figures/data.txt}\loadedtable % Průměr jde do pozadí,
\begin{tikzpicture} \begin{axis} [ymin=-2, ymax=17] % poté následují značky...
\addplot[black, only marks, mark=-, mark options={scale=6, line width=2pt}]
```

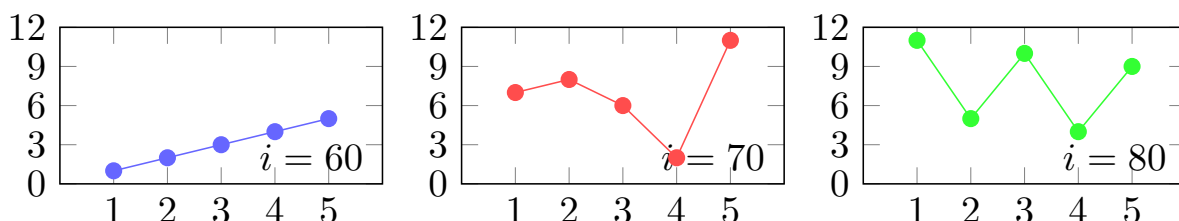
```

table [x=Time, y expr=0.5*(\thisrow{Mu1}+\thisrow{Mu2})] {\loadedtable};
\addplot[magenta, only marks, mark=square*, mark options={scale=3,
fill=yellow, thick, dashed}] table [x=Time, y=Mu1] {\loadedtable};
\addplot[black, only marks, mark=+, mark options={scale=2, thin}]
table [x=Time, y=Mu1] {\loadedtable};
\addplot[green, only marks, mark=square*, mark options={scale=3, fill=blue,
opacity=0.5, thick, dotted}] table [x=Time, y=Mu2] {\loadedtable};
\addplot[white, only marks, mark=+, mark options={scale=2, thin}]
table [x=Time, y=Mu2] {\loadedtable};
\end{axis} \end{tikzpicture}% Velikost: 876 bajtů.

```

## 7 Přímá interakce s T<sub>E</sub>Xem

Jak bylo doposud vidět, nepracujeme v ničem jiném (vyjma záměrného načtení dat) než v T<sub>E</sub>Xovém souboru. To oceníme především u přípravy stylů, užití barev, volby písma, vkládání poznámek (znak procenta), zařazení matematiky a prvků automatizace.



```

\pgfplotstableread{figures/data.txt}\loadedtable
\def\nemenne{xmin=0,xmax=6,xtick=data,ytick={0,3,...,12},ymin=0,ymax=12}
\def\graf #1; #2, #3 {%
\begin{tikzpicture} [every axis/.append style={width=0.385\textwidth},
mujstyl/.style={#1!#2, mark=*}]
\begin{axis}[\nemenne]
\addplot[mujstyl] table [x=Time, y=#3] {\loadedtable};
\node [anchor=south east] at (axis cs:5.9,0) {$i=#2$};
\end{axis} % i je jako intenzita užitá barvy
\end{tikzpicture}
}% Konec definice příkazu \graf.
\graf blue; 60, Time
\graf red; 70, Mu1
\graf green; 80, Mu2
% Velikost: 587 bajtů.

```

## 4. Bonusy

Zmíníme dva plus jeden bonus, které se na papír už nedaly zahrnout.

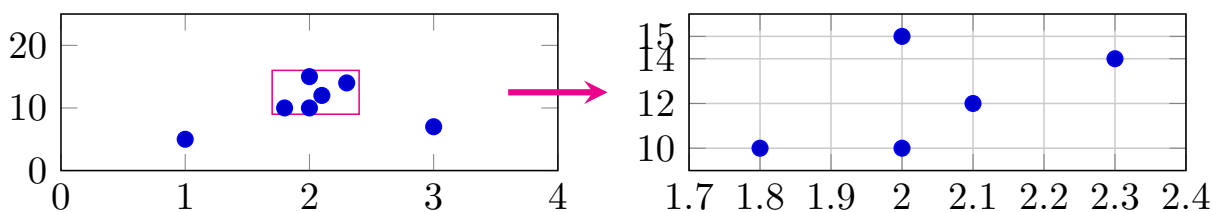
## 8 Zvětšování grafu

Balíček pgfplots přinesl několik osvěžujících myšlenek (řada z nich ještě není ve verzi v T<sub>E</sub>X distribucích, ale je testována pod experimentální verzí).

Zvětšit si výřez zkušenější T<sub>E</sub>Xista už zvládne parametry `viewport` a `clip` pod příkazem `\includegraphics` z balíčku `graphicx`, viz též poslední ukázka tohoto článku, str. 22 a 23. Ovšem okamžitě přijdeme o informaci o osách a užitém měřítku. To je u grafů poměrně zásadní záležitost.

V dokumentaci `pgfplots` na str. 230 a 231 najdeme toto zvětšování grafu, viz prostředí `groupplot`. Ukažme si jednodušší variantu této úvahy.

Ukázka se tváří nebezpečně, ale způsob je jednoduchý. Nakreslit graf znovu se stejnými daty, jen nastavit nové `xmin`, `xmax`, `ymin` a `ymax`. U 3D grafů navíc `zmin` a `zmax`.



```
\def\mabarva{magenta}%
\def\mujxmin{1.7}%
\def\mujxmax{2.4}%
\def\mujymin{9}%
\def\mujymax{16}%
\def\data{\addplot coordinates {(1,5)(2,15)(1.8,10)
(2.1,12)(2.3,14)(2,10)(3,7)};}%
\begin{group}%
\pgfplotsset{width=0.52\textwidth}%
\begin{tikzpicture}
\begin{axis} [only marks, xmin=0, xmax=4, ymin=0, ymax=25, xtick={0,1,...,4},
every axis/.append style={after end axis/.code={
\draw[magenta,ultra thick,->,>stealth] (rel axis cs:0.9,0.5)
--(rel axis cs:1.1,0.5); }} ]
\draw[\mabarva] (axis cs:\mujxmin,\mujymin)
rectangle (axis cs:\mujxmax,\mujymax);
\data
\end{axis}
\end{tikzpicture}
% Nový graf, na levém grafu nezávislý...
\begin{tikzpicture}
\begin{axis} [only marks, xmin={\mujxmin}, xmax={\mujxmax}, ymin={\mujymin},
ymax={\mujymax},xtick={1.7,1.8,...,2.5}, ytick=data,
grid=major, grid style=black!20]
\data
\end{axis}
\end{tikzpicture}
\end{group}
% Velikost: 925 bajtů.
```

## 9 Běžící grafová housenka

Rozporcováním dlouhého PDF či rastrového obrázku, např. PNG či JPG, lze získat běžící banner. Vytvoříme si v souboru `graf.tex` dlouhý graf:

```
\documentclass{article}
\pagestyle{empty}
\usepackage{pgfplots}
\paperwidth=42in
\pdfpagewidth=\paperwidth
\textwidth=0.9\paperwidth
\pgfplotsset{width=1\textwidth,height=3cm}
\begin{document}
\begin{tikzpicture}
\begin{axis} [xmin=0, xmax=360, xtick={0,5,...,360}]
\addplot coordinates {(0,10) (180,30) (360,20)};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
\end{document}% Velikost: 394 bajtů.
```

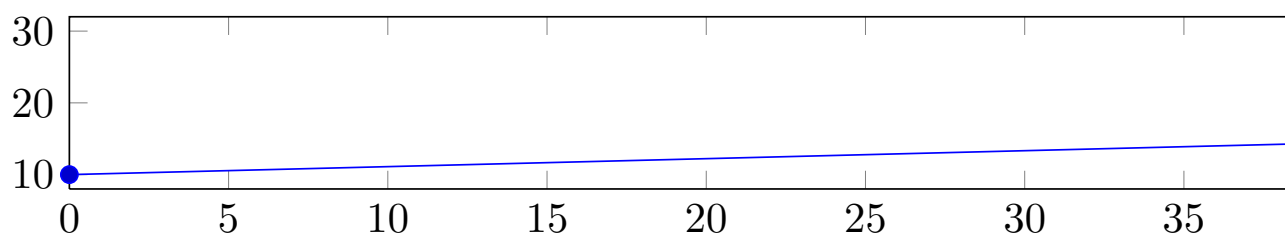
Ten si ořežeme s např. 1 bp (cca třetina milimetru) ochrannou zónou (velikost 70 bajtů):

```
pdflatex graf.tex
pdfcrop --hires --margins 1 graf.pdf graf-final.pdf
```

Například v programu PS\_View zjistíme rozměry pravého horního rohu v bp jednotkách (dolní levý roh je obvykle nula-nula). Pokud použijeme `pdfinfo graf-final.pdf` zjistíme pt jednotky, tedy náš výsledek bude drobně jiný. Převést délkové jednotky lze operativně, např. na [www.jednotky.cz](http://www.jednotky.cz), z menu v levé části zvolíme Délka.

Po chvíli zkoumání balíčku `animate` (byla o něm řeč např. na OSSConf 2010) si nastavíme počty snímků, levý dolní a pravý horní roh zobrazované oblasti, případný přesah a rychlost zobrazování snímků (počet snímků za vteřinu, očekává se kladná hodnota).

Nu a pak si animaci můžeme vložit do dokumentu, připravované prezentace, např. ve třídě BEAMER (o tom více příspěvek Aleše Kozubíka na OSSConf 2011), atp. Adobe Reader umí v PDF vložený banner zobrazit.



```
\noindent % Běž, grafe, běž!
\begin{animateinline}[autoplay,loop]{1} % Jeden snímek za vteřinu.
```

```
\multiframe{13}{ioldmuj=0+240, imuj=300+240}{%  
  \includegraphics[viewport={\ioldmuj} 0 {\imuj} 52.5, clip,  
    width=1\textwidth]{graf-final.pdf}%  
  }% Velikost souboru: 309 bajtů.  
\end{animateinline}
```



## Stříhání grafu místo Závěru

Pokud v T<sub>E</sub>Xu použijeme cyklus, můžeme docílit podobného efektu, jako v předchozím dílu skládačky. Na závěr článku se pokusme i o to!

Máme připravený a ořezaný soubor `housenka-orez.pdf`, přípravou i vzhledem podobný souboru `graf-final.pdf` ze strany 21. Vložíme si následující kód, který nám obrázek připraví na  $n$  částí. Výsledek pro  $n = 4$  s přesahem 30 bp (přibližně jeden centimetr původního rozměru před zmenšením) můžeme shlédnout na str. 23.

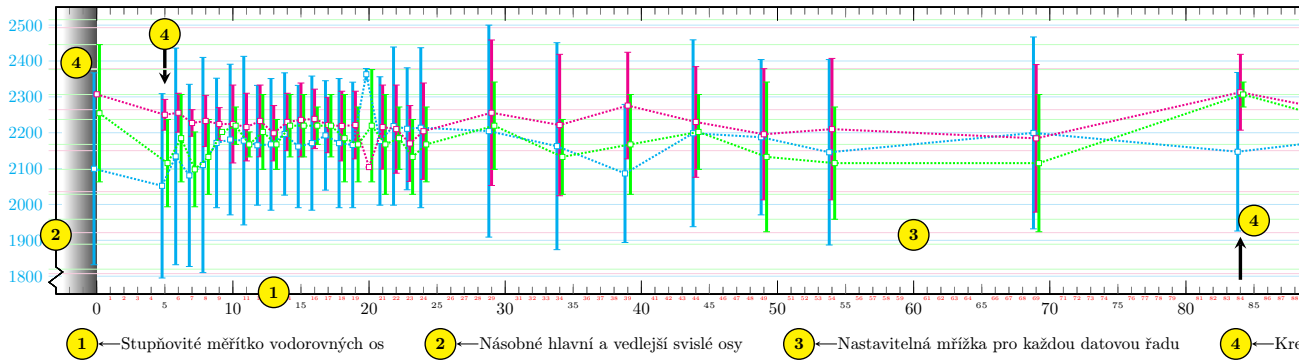
```
\begin{figure}[p]  
\label{housenka}%Na křížové odkazy  
\newcount\casti \casti=4% Počet dílků  
\newcount\citac \citac=0% Čítač dílků  
\newdimen\delka \delka=2930bp% Délka obrázku  
\newdimen\delkaold \delkaold=0bp% x-rozměr levý  
\newdimen\delkanew \delkanew=30bp% x-rozměr pravý  
\advance\delka by -\delkanew% Zrušení závěrečného přesahu  
\divide\delka by \casti% Délka zobrazované části  
\loop% y-rozměry jsou fixní  
\advance\citac by 1%  
\advance\delkanew by \delka%  
%Kontrolní výpis:  
%\noindent\the\citac. díl: \the\delkaold\ \the\delkanew\par  
%1. díl: 0.0pt 757.83124pt  
%2. díl: 727.71875pt 1485.54999pt  
%3. díl: 1455.4375pt 2213.26874pt  
%4. díl: 2183.15625pt 2940.98749pt  
\noindent%Části jsou s přesahem hodnoty \delkanew  
\includegraphics[viewport={\the\delkaold} 0 {\the\delkanew} 228,  
  clip, width=1\textwidth]{housenka-orez.pdf}\par\vspace{8mm}%  
\advance\delkaold by \delka%  
\ifnum\citac<\casti\repeat%  
\end{figure}% Velikost: 999 bajtů.
```

## 5. Post Mortem

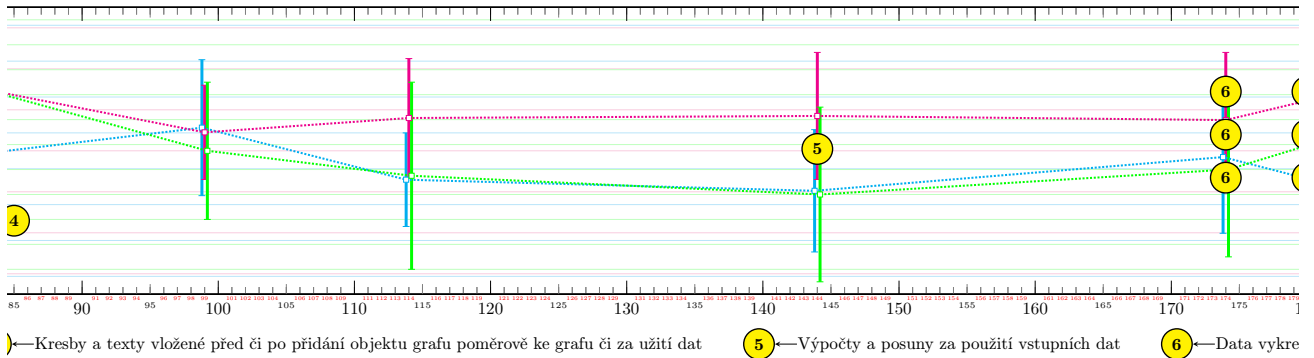
Každá část zdrojového kódu byla pod jeden KiB, včetně části X. Výborně, zadařilo se nám! Pro vášnivého čtenáře tip, aby si zkusil obdobnou housenku složit sám jako domácí úkol. Toho se nebojme, jde o to mít ze sazby radost a zaexperimentovat si přitom ve fázi učení se!



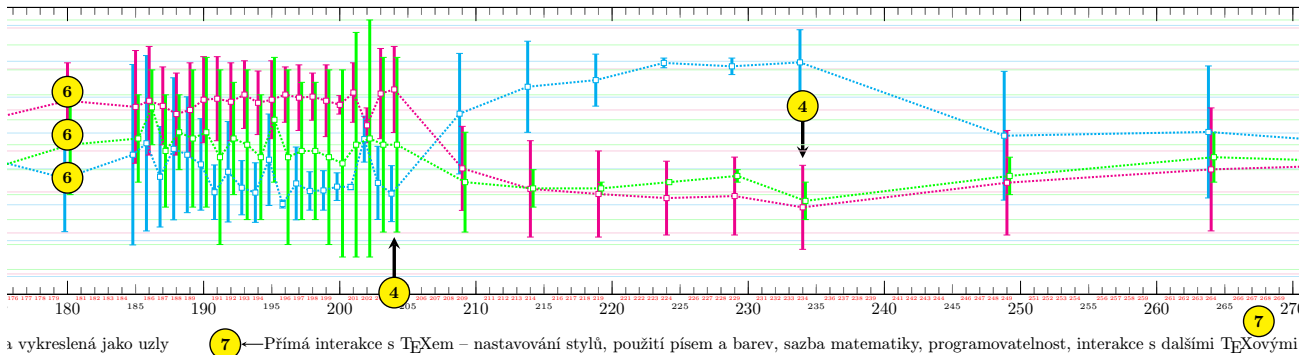
Třítapadesátičtyřminutové odměřené cykly... (maximum, prů



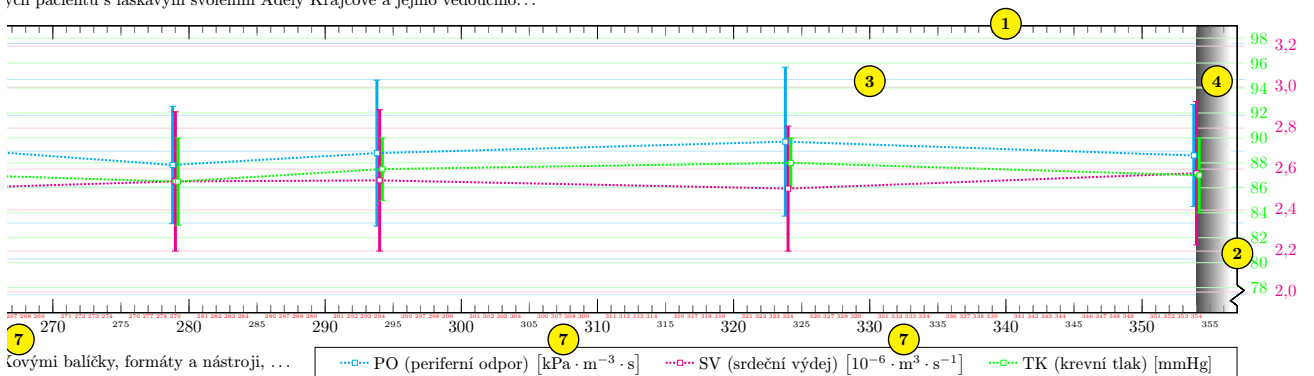
a, průměr, minimum)... měřený čas [min]... ukázka práce s  $\text{\TeX}$ ovými balíčky TikZ (v2.1), pgfplots (v1.4.1) a pgfplotstable (v1.4.1) z distribuce  $\text{\TeX}$  Live (v2010), tech



0), technická dokumentace balíčků se volá z příkazové řádky: texdoc mezera název\_balíčku enter... reálná data byla použita z lékařského experimentu šesti dobrovolných pac



ých pacientů s laskavým svolením Adély Krajčové a jejího vedoucího...



čkovými balíčky, formáty a nástroji, ...

PO (periferní odpor)  $[\text{kPa} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}]$  SV (srdeční výdej)  $[10^{-6} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$  TK (krevní tlak)  $[\text{mmHg}]$



## POSLEDNÍ ODCHÁZENÍ DANA POKORNÉHO LAST LEAVING OF DAN POKORNÝ

Jan Klaschka

*E-mail:* klaschka@cs.cas.cz

Jen náhodou a s více než dvouměsíčním zpožděním jsem se ze smutečního oznámení nalezeného na internetu dozvěděl, že 29. listopadu 2017 zemřel v německém Ulmu ve věku 66 let Dan Pokorný.

Svého času byl v české statistické komunitě nepřehlédnutelnou postavou. Byl ohromně vtipný, hravý, nekonvenční, opředený spoustou historek. Na jeho přednášky se všichni těšili, slibovaly plno legrace. Humorná forma ovšem nebyla zástěrkou pro nedostatek myšlenek – jeho vystoupení (ústní i písemná) nepostrádala vědeckou hloubku. Snad moc nepřestřelím, nazvu-li Dana Pokorného moudrým klaunem české statistiky. „Nepamětníkům“ by ho asi nejlépe mohl přiblížit jeho článek *Kontingenční paradoxy* ve sborníku Robustu 1984 nebo výběru *Robust 1980–1990* (obojí je dostupné na webu ČStS).

Dan tu ale už dlouho nežil a léta o něm nebylo téměř slyšet. Má tedy vůbec smysl si ho dnes ještě připomínat? (Takovou otázku cítím v reakcích některých kolegů.) Moje osobní odpověď je, že setkání s Danem bylo v mých začátcích v profesi jedním z důležitých formativních zážitků, na které se nikdy nezapomíná. A že doufám, že mezi čtenáři IB najdu aspoň někoho, s kým bych své vzpomínky mohl sdílet. (Pokud ne, budu zklamán. Společností. Že v ní nemám společnost.)

Danův život a jeho kariéru vnímám jako řetězec odcházení. Začínal ve 2. polovině 70. let v „týmu snů“ kolem Tomáše Havránka v Matematickém středisku biologických ústavů ČSAV v Praze – Krči, odkud v r. 1983 nebo 1984 odešel do Výzkumného ústavu psychiatrického v Praze – Bohnicích. Brzy ale „zvedl kotvy“ radikálně a v r. 1987 emigroval do Německa. Tehdy Západního. Usadil se pak v Ulmu, kde pracoval na univerzitní Klinice psychosomatické medicíny a psychoterapie.

Emigrací Dan setřásl StB s jejími nechutnými nápady, jak ho přimět, aby donášel na svého přítele, disidenta Václava Bendu. Pád starého režimu ale pro něj neznamenal konec těžkostí: Jakkoli to zní nesmyslně, byl pro německé úřady celá 90. léta stále politickým uprchlíkem. A jako takový nemohl navštěvovat svou původní vlast. Tedy alespoň otevřeně. Ještě v roce 2000 tak musel pro hrozící nepříjemnosti s úřady odříct původně přislíbenou účast na Robustu.

Teprve v r. 2002 přijel Dan do Prahy už s německým pasem v kapse a měl u nás v Ústavu informatiky AV ČR velmi poutavou a vtipnou přednášku o svých výzkumech v Ulmu. Místo toho, aby to byl začátek návratu do českého prostředí, to ale bylo naopak naposled, kdy jsem Dana viděl. Mj. už nikdy nepřijel na Robust. A nejspíš se vytratil ze života ne-li všem, pak většině českých statistiků. (Podotýkám ovšem, že od založení v r. 1990 až do konce života byl členem ČStS.)

S textem, který by vyhověl strohému formátu vyhrazenému v IB pro nekrology a přitom aspoň naznačil, čím byl Dan Pokorný výjimečný, se peru řadu dní. Jednu z prvních verzí jsem zakončil slovy: *Ze smutečního oznámení z univerzity je stejně jako z bibliografických databází zřejmé, že ty roky, kdy se mi Dan ztratil z dohledu, byly plodné. Mohu jen doufat, že pro něj byly i šťastné. Amen.*

Až potom jsem na internetu našel dojemný text, kterým se s Danem loučí jeho kolegové a přátelé z vídeňské Soukromé univerzity Sigmunda Freuda, s nimiž posledních 10 let života intenzivně spolupracoval. Ty řádky plné nadšení z Dana vědce, učitele, spolupracovníka, rádce i přítele, mi daly jistotu: Pořád to byl on, jak jsme ho znávali, jen snad ještě víc ve svém živlu a šťastnější. Celý text si lze přečíst zde: <https://www.sfu.ac.at/en/news/a-room-with-a-view-orbituary-to-dan-pokorny>.

Dovolím si z něj parafrázovat aspoň jednu myšlenku: *Budeme se snažit následovat Dana v tom, jak jedinečně dokázal spojovat vědu a radost, být radostným vědcem (joyful scientist).* Připojíme se? Aspoň někdo? Aspoň trochu?

Tak sbohem, Dane.

## POZVÁNKA NA APPLIED STATISTICS 2018 INVITATION TO APPLIED STATISTICS 2018

**Andrej Blejec**

*E-mail:* `andrej.blejec@nib.si`

Dear colleagues from statistical societies and offices,

As the chair of Applied Statistics 2018 (AS2018) conference Organizing Committee, I would like to inform you about this yearly conference and ask you for help to disseminate the information to your statistical society members. Statistical Society of Slovenia organizes the 15th international conference Applied Statistics 2018, which will take place between September 23. – 26. in Ribno (Bled), Slovenia.

The aim of the conference (organized yearly since 2004) is to bring together statisticians, working in diverse fields of statistics and its applications. You can find more information on our web site <http://conferences.nib.si/AS2018/>.

We hope that the conference will be the opportunity to meet statisticians from many countries, fostering new connections and tightening the old ones. In accordance with the FENStatS initiative of closer cooperation of European statistical societies we provide a discounted registration fee for members of FENStatS societies.

We would be pleased to have participants from as many world and European statistical societies as possible and would like to invite your members to join us at the AS2018. Beside the conference, Ljubljana and Slovenia provide also lots of natural, cultural, and culinary beauties which are not to be neglected. Please be so kind and inform members of your national statistical society about Applied Statistics 2018. The circular text for dissemination is copied below.

If you need any additional information do not hesitate to contact me by the conference e-mail `info.as@nib.si` or my personal address `andrej.blejec@nib.si`.

Sincerely yours

Andrej Blejec

former president of Statistical Society of Slovenia

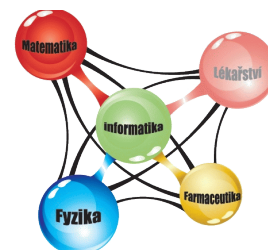
# MFILF 2018: DOJMY ZE SEMINÁŘE

## IMPRESSIONS FROM THE MFILF 2018 SEMINAR

**Pavel Stríž**

*E-mail:* pavel@striz.cz

Zajímám se v současné době o bioinformatiku, k čemuž přispělo mj. řešení úloh na Rosalindě<sup>1</sup> a bioinformatická soutěž<sup>2</sup>. Proto, zvláště když jsem na podobné akci dlouho nebyl, jsem uvítal možnost vyrazit v pátek třináctého dubna 2018 na jednodenní mezioborový seminář MFILF 2018 (Co mohou matematici, fyzici a informatici nabídnout lékařům a farmaceutům) do Prahy, na Malostranské náměstí 25.



Před odjezdem jsem se ze stránek konference<sup>3</sup> dozvěděl, že to bude třetí ročník, po letech 2013 a 2014. Těšil jsem se, byť člověk vstával ve tři ráno.

\* \* \*

Po registraci a zahájení se ujal slova Peter Mouton. Hovořil o stereologii a problému počítání tělísek<sup>4</sup>. Zaměřil se na Alzheimerovu nemoc, kde je neúspěšnost léčby 99,6 %. Pohovořil o historii problému, metodách výpočtu počtu 3D tělísek z 2D řezů/profilů, principu Disector od D. C. Steria<sup>5</sup> a skončil u automatizované formy FAST (Fully Automatic Stereology Technology), kterou vyvíjí na Stereology Resource Center na Floridě. Vzpomněl na Karla Čapka a jeho rozumově (Rossumovy) univerzální roboty, když zmínil, že mikroskop je ovládán ve všech třech osách. Závěr zpracování dat tvořila konvoluční neuronová síť (CNN). Zájemci nechtě nahlédnou do jejich posledního článku<sup>6</sup>. Na závěr neopomenul připomenout perličku, že D. C. Sterio je neznámý autor či autorka a Disector je přesmyčka z písmen.

Zdeněk Hlávka pohovořil o úspěších biostatistiky na KPMS MFF UK. Mezi kantory najdeme dva doktory se zaměřením na biostatistiku (Michal Kulich, Arnošt Komárek) a nespočet absolventů. V úvodu zmínil ideální spolupráci se statistikem (konzultace, návrh designu experimentu, sběr dat, kontrola a ověření dat, analýza dat, interpretace výsledků a jejich publikování).

<sup>1</sup> <http://rosalind.info/>

<sup>2</sup> <https://bioinf.me/contest/>

<sup>3</sup> <http://siret.ms.mff.cuni.cz/MFiLF/2018/>

<sup>4</sup> Wicksell, S. D.: The corpuscle problem. *Biometrika* 17(1–2), 84–99, 1925.

<sup>5</sup> *Journal of Microscopy* 134(2), 127–136, 1984, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2818.1984.tb02501.x>.

<sup>6</sup> Unbiased estimation of cell number using the automatic optical fractionator, *Journal of Chemical Neuroanatomy* 80(2), A1–A8, 2017.

Zájemce určitě potěší odkaz na článek<sup>7</sup>. A navázal praktickými zkušenostmi ve spolupráci s 2. lékařskou fakultou UK. Dostali se na úroveň 16 projektů a 7 statistiků. Zaujalo mě, že kantoři nabízí konzultace zadarmo, což je ideální možnost, jak vstoupit do diskuze se statistikem. Funguje jim to tak, že mají koordinátorku projektů<sup>8</sup> a zvažují možnost vzniku centra (Campus Albertov?). Byla zmíněna konkrétní spolupráce u skoků do dálky<sup>9</sup> s ukázkou zlomu u proměnné věk<sup>10</sup>. Zájemci o statistickou metodu nechť se podívají např. na novější přednášku<sup>11</sup>.

Anna Fučíková pohovořila o měření na úrovni nanokrystalů, důležité pro fyziky, chemiky i biology. Hovořila o používaných modulech a srovnala současné možnosti s novým nakoupeným přístrojem (Akigama-Probe), který by měl umět měřit i ve vodě. Zájemci nechť nahlédnou do článku<sup>12</sup>, případně do její dizertační práce z roku 2011<sup>13</sup>.

Príspevek Václava Profanta se týkal převážně oblasti biofyziky a lékařství. Zmínil možnosti měření přes ROA (Raman scattering & spectral, Ramanova optická aktivita) se zmínkou na 3 vibrační schémata u vody. Zmínil možnosti semisyntetické přípravy látek/léků s odkazem na firmu TEVA<sup>14</sup>. Zájemci nechť nahlédnou do jeho dizertační práce z roku 2017<sup>15</sup>. V přílohách nalezneme publikované články přednášejícího o zmíněné problematice.

Poslední příspěvek před přestávkou byl od Barbary Zitové a jednalo se o průřez oblastí s možností zpracování obrazu. Zaujala mě především videokymografie, tedy rychlý záznam hlasivek, jejich následné zobrazení a detekce chorob. Jako alternativu k vysokorychlostním kamerám to předložila česko-holandská dvojice. Zájemce odkazují na článek<sup>16</sup>. Zmíněných oblastí

---

<sup>7</sup> J. W. Tukey: Unsolved problems of experimental statistics, *JASA* 49(268), 706–731, 1954, <http://booksc.org/book/27790663/1fe3fc>.

<sup>8</sup> Markéta Pavlíková, [marketa@ucw.cz](mailto:marketa@ucw.cz)

<sup>9</sup> Z. Šumník et al.: Reference data for jumping mechanography in healthy children and adolescents aged 6–18 years, *J. Musculoskelet Neuronal Interact.* 13(3): 297–311, 2013, <http://www.ismni.org/jmni/pdf/53/05SUMNIK.pdf>.

<sup>10</sup> M. Hušková: Estimators in the location model with gradual changes, *Comment. Math. Univ. Carolin.* 39(1), 147–157, 1998, [kurims.kyoto-u.ac.jp/EMIS/journals/CMUC/pdf/cmuc9801/huskova.pdf](http://kurims.kyoto-u.ac.jp/EMIS/journals/CMUC/pdf/cmuc9801/huskova.pdf).

<sup>11</sup> <http://auc.cz/ipb/vpk/doc/zmena062012/huskova.pdf>

<sup>12</sup> K. Aftiska, A. Fučíková et al.: Modification of C Terminus Provides New Insights into the Mechanism of  $\alpha$ -Synuclein Aggregation, *Biophys J.* 113(10), 2182–2191, 2017.

<sup>13</sup> *Bioapplications of novel nanostructured materials*, <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/140012160/>.

<sup>14</sup> <http://www.teva.cz/>

<sup>15</sup> *Struktura a dynamika peptidů a proteinů v roztoku: aplikace Ramanovy optické aktivity*, <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/92899>.

<sup>16</sup> J. Švec a H. Schutte: Videokymography: High-speed line scanning of vocal fold vibration, *Journal of Voice* 10(2), 201–205, 1996, <http://booksc.org/book/17873661/e221b7>.

bylo mnoho: segmentace mozku (DCE MRI), endoskopie (automatická detekce krve), ultrasonografie (u testovaných softwarových produktů zazněl trackSTAR), zpracování termálních obrazů (radiologie), detekce bodu změny v nukleární medicíně, zaostřování dat (detekce SPZ u jezdícího vozu, OCR u skenů), podobnost obrazů, počítání částic, spojování obrazů s různým zaostřením, rekonstrukce 3D povrchu a mnoho dalších. Ze zmíněných řešených projektů zaujal projekt ASSISLT<sup>17</sup> (Automated Software System in Speech-language Therapy), tedy automatizovaného softwarového řešení pro podporu léčení poruch řeči.

\* \* \*

Po přestávce David Hoksza zmínil pokroky a úspěchy jejich nového studijního oboru Bioinformatika na Karlově univerzitě. Jedná se o spolupráci dvou fakult (MFF a PřF UK) se zapojením přednášejících z jiných institucí (MPI-CBG Dresden, EMBL Heidelberg). Mladší čtenáře by jistě zaujala komunitní stránka na Facebooku Bioinformatika na UK<sup>18</sup>. Jak se jim zvedá počet studujících, chybí jim vypsání bakalářská a magisterská témata. Možná tip pro čtenáře bulletinu. Zájemce o detaily odkazují na stránku<sup>19</sup>. Pro úplnost bych měl doplnit, že podobný studijní projekt má i VŠCHT, ČVUT a AV ČR, viz Studuj bioinformatiku<sup>20</sup>. Bioinformatiku lze v ČR studovat i jinde, např. v Brně (VUT a MU), Olomouci (UPOL), Českých Budějovicích (JČU) a Plzni (ZČU). Je pravděpodobné, že výčet není úplný.

O histologii, interaktivní stereologii a rentgenové mikrotomografii pohovořil Zbyněk Tonar. Analyzovaly se orgány a tkáně, konkrétně stěna aorty. V aplikacích několikrát padla Gaussova a von Mises-Fisherova distribuce a odhady jejich směsí. Zaujal mě vývoj vlastních programů. Dovolím si i upozornit na knihu a skupinu na Facebooku Memorix Histologie<sup>21</sup>.

Do vyšší matematiky se pustil Jurjen Duintjer Tebbens. Měl jsem možnost přednášejícího potkat na CompStatu 2004. Ten čas letí! Zmínil matematické pozadí u interakce léčivo-léčivo (DDI, drug-drug interaction). V paměti mi utkvěla zkratka PBPK (Physiologically Based Pharmacokinetics). V rámci simulací šel autor na úroveň buněk. Otestoval řadu programů (CellDesigner, ADAPT, Simcyp, NONMEM, Phoenix WinNonlin, GastroPlus, SimBiology, PK-Sim), ale hlavně představil svůj smíšený PDE/ODE model. Za ODE (obyčejné diferenciální rovnice) byly zmíněny: Fick's diffusion law, Mass-action kinetics, Michaelis-Menten kinetics a Hill equation, za PDE (parciální diferen-

---

<sup>17</sup> <http://www.utia.cas.cz/cs/projects/2790>

<sup>18</sup> <http://www.facebook.com/bioinformatika.uk/>

<sup>19</sup> <http://bioinformatika.mff.cuni.cz/>

<sup>20</sup> <http://studuj.bioinformatiku.cz/>

<sup>21</sup> <http://www.facebook.com/MemorixAnatomie/>

ciální rovnice): Navier-Stokes, Krylov subspace a Precondition. Za pozornost stojí i zmínka nákladů u opakování výpočtů. Zájemce o problematiku odkazují na zmíněný článek<sup>22</sup>. Při zběžném procházení programů mě nejvíc zaujal Simcyp<sup>23</sup>, který užívá Lua, což je, řekněme, odlehčená verze C++ a Pythonu, jako  $\text{\TeX}$ nika mě to potěšilo. Zájemce odkazují na tutoriál<sup>24</sup>.

U matematického modelování zůstala i další přednášející, Helena Švihlová. Představila současné postupy a problémy v hemodynamice. Jedná se o hydrodynamické proudění v krevním oběhu. Zaujatého čtenáře odkazují na dvoudílný článek autorky a kolektivu<sup>25</sup>. Podrobněji o problematice viz její dizertační práce z roku 2017<sup>26</sup>.

Obří téma a zkušenosti z Pittsburghu ze všech stran personalizované medicíny (Personalized Medicine, Precision Medicine) představil Petr Pančoška. Klíčová zkratka k zapamatování byla TC<sup>2</sup>I (Transparent Clinical Computational Intelligence) a klíčová fráze Patient-driven Healthcare Economy. Byla představena metoda NPS (Network Phenotyping Strategy volně zmíněno jako person is a graph), kdy parametry osoby představuje graf a dochází ke srovnání s nemocnými osobami, různým stupněm nemoci a různými časovými hledisky. V této souvislosti bylo zmíněno, že se jim data o osobě podařilo zúžit na 178 tabulek, k dispozici měli 645 miliard dat (UPMC, řádově pět velkých nemocnic v USA pod jednou hlavičkou), neboť přešli na elektronický sběr dat o pacientech cca 10–12 let nazpět. V této souvislosti byly představeny dvě verze programu (Microsoft Excel, pak vlastní program) nazvaném Prototype Risk Calculator. Volně řečeno grafické rozhraní pro lékaře a co vše si může ošetřující lékař nastavit a zobrazit u pacienta v kontextu zkoumané nemoci. Programy vznikaly v interakci s lékaři.

Petr Pančoška a kolektiv vyvíjí třetí verzi, kdy by mělo dojít k rozšíření o denní sledování (např. případ astma). Zkušenosti byly shrnuty, že je model časově nezávislý a stabilní. Nevýhodou zůstává, že jiné instituce, např. Kaiser, nemohou jejich produkt převzít (právní omezení v USA). V této souvislosti byla otevřena otázka volných dat (OpenData), kdy plánují některá

---

<sup>22</sup> N. S. Luke, M. J. DeVito et al.: Development of a quantitative model of pregnane X receptor (PXR) mediated xenobiotic metabolizing enzyme induction, *Bulletin of Math. Biology* 72(7), 1799–1819, 2010.

<sup>23</sup> <http://www.certara.com/software/pbpbk-modeling-and-simulation/simcyp-simulator/>

<sup>24</sup> <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5036420/>

<sup>25</sup> Determination of pressure data from velocity data with a view towards its application in cardiovascular mechanics, *Int. J. of Eng. Science* 105, 108–127, 2016 a *Int. J. of Eng. Science* 113, 37–50, 2017.

<sup>26</sup> *Flow of biological fluids in patient specific geometries*, <http://www.karlin.mff.cuni.cz/~svihlova/SvihlovaThesis.pdf>.

data zpřístupnit veřejnosti. Zkoumají dostupné možnosti. Taktéž bylo zmíněno, jestli je možné srovnávat pacienty v USA a u nás. Vizi mají, aby se data a analýzy mohly rozšířit o DNA pacientů. Neuvěřitelná přednáška, kam se v analýze velkých dat vztažené na jednotlivce dá dojít.

\* \* \*

Poslední dvě přednášky patřily Filipovi Ježkovi a Jiřímu Kofránkovi. Filip Ježek shrnul historii jejich malých a velkých modelů (v ruce, Fortran, Simulink, Modelica a Simscape). Prošel kompletně jejich pomůckami pro výuku (Atlas fyziologie a patofyziologie) a neopomenul zmínit, že některé staré nástroje jsou nyní nepoužitelné a museli modely přepracovávat. Přes samostatné modely na webu zkusili Microsoft Silverlight a doufají v užití FMI-2.0. Přednášející má vizi naprogramovat interaktivní modely pro studenty medicíny obohacené o modely rozšířené reality (Augmented Reality, AR). Kladl si otázku, koho všeho by do týmu potřeboval. Dochází k závěru: lékaře, osobu na modelování, matematika, softwarového architekta a vývojáře, ale i učitele.

Závěr konference si vzal na starosti Jiří Kofránek a na pěti případových studiích poukázal na historii a vývoj mezioborové spolupráce. Byl to jediný příspěvek, jehož tištěnou verzi si mohli účastníci při registraci vzít.

– První studií byla soutěž DARPA na samořídící auto. První rok soutěže první cenu nevyhrál nikdo ze 67 zúčastněných. 1. cena byla 1 milion dolarů. Týmu Read Team se podařilo ujet 7,4 ze 142 mil. Ovšem již druhý ročník vyhrál tým Sebastiana Thrana ze Stanfordské univerzity.

– Druhá studie byla zaměřena na přípravu lékařských trenažerů. Jinými slovy učit lékaře jako piloty v leteckých simulátorech. Zájemce o problematiku odkazují na následující knihu<sup>27</sup>. Také odkazují na webové stránky Laboratoře biokybernetiky a počítačové podpory<sup>28</sup>. Nezapomeňte mrknout na jejich Atlas fyziologie a patofyziologie<sup>29</sup>.

– Třetí studie zmínila vývoj simulačního nástroje Modelica<sup>30</sup> od Hidinga Elmqvista. Za pozornost stojí jejich netriviální implementace pro lékařské účely Physiome<sup>31</sup> a Physiobank<sup>32</sup>. Podrobněji o problematice viz habilitační práce přednášejícího z roku 2011<sup>33</sup>.

<sup>27</sup> Willem van Meurs: *Modeling and Simulation in Biomedical Engineering: Applications in Cardiorespiratory Physiology*, 2011, <http://b-ok.org/book/1246008/9e4f9f>.

<sup>28</sup> <http://www.physiome.cz/>

<sup>29</sup> <http://www.physiome.cz/atlas/>

<sup>30</sup> <http://www.modelica.org/>

<sup>31</sup> <http://www.physiome.org/>

<sup>32</sup> <http://www.physiolibrary.org/>

<sup>33</sup> [http://www.physiome.cz/references/jirikofranekhabilitacni praceuk\\_text.pdf](http://www.physiome.cz/references/jirikofranekhabilitacni praceuk_text.pdf)



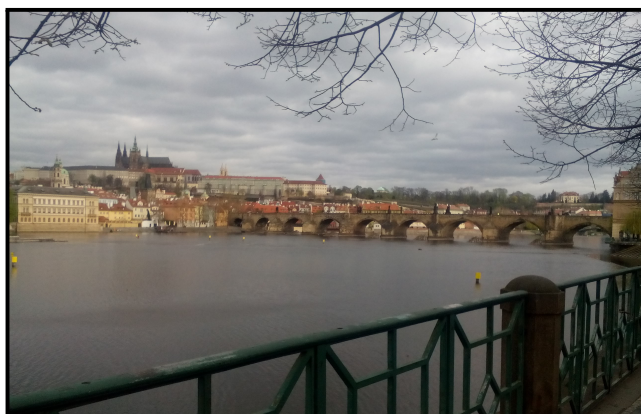
– Předposlední studie ukázala vývoj masivních on-line otevřených kurzů typu Khan Academy, Udacity, Coursera a edX. Za pozornost stojí iniciativa mezifakultní spolupráce MEFANET<sup>34</sup> a projekt WikiSkript<sup>35</sup>).

– Čas se krátil a mírně se přetahovalo. Alespoň pár slov zbylo na poslední studii o pokrocích z garáže (zavzpomínání na vznik Silicon Valley roku 1938) a jak na tu mezioborovou spolupráci jít v našich krajích.

Musím uznat, že to byla příjemná tečka za seminářem a vhodné čtení do vlaku. I přesto, že článek Jiřího Kofránka už na webu visí<sup>36</sup>, zájemce odkazují i na příspěvek z konference MedSoft, str. 38–70 z roku 2016<sup>37</sup>, který se do hloubky zabývá především druhou a třetí studií.

Volba místa, přednášejících, občerstvení a oběda „na stojáka“ byla výborná! Bylo to poučné a příjemné odpoledne, s chutí jsem vyrazil ten den dál, a to po krásách Jihočeského kraje, do Plzně a jejího okolí. Snad jediná nevýhoda byla, že se seminář nenatáčel na kameru. Snad se však objeví prezentace na webových stránkách semináře. Uvidíme!

\* \* \*



---

<sup>34</sup> <http://www.mefanet.cz/>

<sup>35</sup> <http://www.wikiskripta.eu/>

<sup>36</sup> <http://creativeconnections.cz/mfilf2018/>

<sup>37</sup> [http://www.creativeconnections.cz/medsoft/2016/Medsoft\\_2016\\_Kofranek.pdf](http://www.creativeconnections.cz/medsoft/2016/Medsoft_2016_Kofranek.pdf)

## Obsah

### Vědecké a odborné články

*Jan Kalina, Lubomír Soukup*

Doktrína šancí: 300. výročí první učebnice teorie pravděpodobnosti ..... 1

*Pavel Stříž*

Balíček pgfplots: O tvorbě jednoho grafu na zakázku ..... 12

### Zprávy a informace

*Jan Klaschka*

Poslední odcházení Dana Pokorného ..... 24

*Andrej Blejec*

Pozvánka na Applied Statistics 2018 ..... 26

*Pavel Stříž*

MFiLF 2018: dojmy ze semináře ..... 27

**Informační bulletin České statistické společnosti** vychází čtyřikrát do roka v českém vydání. Příležitostně i mimořádné české a anglické číslo. Vydavatelem je Česká statistická společnost, IČ 00550795, adresa společnosti je Na padesátém 81, 100 82 Praha 10. Evidenční číslo registrace vedené Ministerstvem kultury ČR dle zákona č. 46/2000 Sb. je E 21214. Časopis je na Seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR, více viz server <http://www.vyzkum.cz/>.

The Information Bulletin of the Czech Statistical Society is published quarterly.  
The contributions in the journal are published in English, Czech and Slovak languages.

**Předseda společnosti:** RNDr. Marek MALÝ, CSc., Státní zdravotní ústav, Šrobárova 48, Praha 10, 100 42, e-mail: [mmaly@szu.cz](mailto:mmaly@szu.cz).

**Redakce:** prof. RNDr. Gejza DOHNAL, CSc. (šéfredaktor), prof. RNDr. Jaromír ANTOCH, CSc., prof. Ing. Václav ČERMÁK, DrSc., doc. Ing. Jozef CHAJDIK, CSc., doc. RNDr. Zdeněk KARPÍŠEK, CSc., RNDr. Marek MALÝ, CSc., doc. RNDr. Jiří MICHÁLEK, CSc., prof. Ing. Jiří MILITKÝ, CSc., doc. Ing. Iveta STANKOVIČOVÁ, Ph.D., doc. Ing. Josef TVRDÍK, CSc., Mgr. Ondřej VENCÁLEK, Ph.D.

**Redaktor časopisu:** Mgr. Ondřej VENCÁLEK, Ph.D., [ondrej.vencalek@upol.cz](mailto:ondrej.vencalek@upol.cz).  
Informace pro autory jsou na stránkách společnosti, <http://www.statspol.cz/>.

**DOI:** 10.5300/IB, <http://dx.doi.org/10.5300/IB>  
**ISSN** 1210–8022 (Print), ISSN 1804–8617 (Online)

Toto číslo bylo vytištěno s laskavou podporou Českého statistického úřadu.