

## Posudek disertační práce

# Methods for periodic and irregular time series

Mgr. Tomáš Hanzák

---

Data ve formě časových řad se často vyskytují v různých oblastech a jsou vhodným informačním zdrojem pro řešení širokého spektra výzkumných úloh. Proto byla již v minulosti vyvinuta řada metod, které se pro zpracování takto uspořádaných dat využívají. Dominantní význam mají metody analýzy jednorozměrných časových řad, založené na lineárních modelech, rozvíjí se rovněž metody vycházející z nelineárních modelu, značný rozvoj zejména v posledních letech v ekonomické oblasti zaznamenaly metody vícerozměrných časových řad. Důležitou roli v konstrukci modelů má charakter časových řad. Časové řady z různých oblastí mají specifické vlastnosti a určitý typický tvar. Jiný charakter mají časové řady z ekonomické oblasti, jiný z oblastí přírodovědných nebo technických. Tyto odlišnosti souvisí nejen s věcnou podstatou zkoumané problematiky, ale také např. s různou frekvencí sledování dat, s jejich dostupností či možností pravidelných záznamů. Často, zejména v ekonomické oblasti, nejsou k dispozici přesné měřené hodnoty, ale pouze jejich odhady. Některé časové řady jsou typické chybějícími pozorováními, jiné „zašuměním“ nebo přítomností odlehklých hodnot nebo shluku hodnot. Progres v oblasti metod analýzy časových řad, který historicky souvisí s rozvojem výpočetní techniky, vede ke konstrukci takových modelů, které jsou schopny zachytit charakteristické rysy stále širšího spektra časových řad. Je otázka, jak daleko je rozumné a efektivní v tomto vývoji jít, může se stát, že v konečném důsledku je např. predikční schopnost jednodušších lineárních modelu vyšší než modelů složitých, které vyžadují speciálně vytvořený software a jsou při použití časově náročnější.

Výše uvedené skutečnosti si jistě uvědomuje autor předkládané disertační práce. Práce se zabývá problematikou poměrně známých metod exponenciálního vyrovnávání, které patří do třídy tzv. adaptivních metod a byly vyvíjeny od počátků 60. let minulého století za účelem vyhlazování a konstrukce předpovědí jednorozměrných časových řad. Metody exponenciálního vyrovnávání jsou svojí podstatou pružnější a flexibilnější ve srovnání s klasickými metodami založenými na deterministických modelech časových řad. Tyto metody byly postupně dále rozpracovávány s cílem zachytit širší spektrum typů časových řad. Právě tímto směrem se ubírá posuzovaná disertační práce, zabývá se úpravami metod exponenciálního vyrovnání, aby byly schopné efektivně zachytit různé nepravidelnosti v časových řadách. V minulosti byl již v těchto aktivitách učiněn určitý pokrok (např. Wright (1986), Čipra et al. (1995, 2006), Hanzák a Čipra (2008)). Cílem práce je jednak tyto modifikované metody uceleně prezentovat a jednak ukázat originální výsledky v této oblasti. Významnou součástí disertační práce je software, který pokrývá tuto třídu metod a je úspěšně prakticky využíván.

Práce se skládá ze 7 kapitol. První kapitola popisuje různé typy nepravidelností a nestandardní dynamiky v časových řadách. Druhá kapitola prezentuje přehled existujících modifikovaných metod exponenciálního vyrovnávání, které zachycují nepravidelnosti v časových řadách. Kapitola 3 se zabývá další modifikací Holtovy metody upravené Wrightem (1986) pro případ nepravidelných pozorování v časových řadách. Tato modifikace

vede k robustnosti metody vzhledem k situaci, kdy dvě po sobě jdoucí pozorování mají kratší časovou vzdálenost, než je průměrná vzdálenost. Obsah této kapitoly publikoval autor disertační práce v roce 2008 v *WDS'08 Proceedings of Contributed Papers, Part I Mathematics and Computer Science*. Kapitola 4 spočívá v zobrazení Holt-Wintersovy metody pro sezónní časové řady, aby mohla být efektivně aplikována na širší spektrum časových řad s určitými zvláštnostmi. Tato kapitola vychází z autorova článku z roku 2012, který byl publikován v *Kybernetice*. Kapitola 5 se zabývá tzv. DLS (*Discounted Least Squares*) odhadem lineárního trendu se sezónními „dummy“ proměnnými. Autor ukázal, že tento odhad vede k zvláštnímu případu Holt-Wintersovy metody s aditivní sezónností. Kapitola 6 pojednává o problematice rozšíření klasického exponenciálního vyrovnávání o autokorelační složku. Tato modifikace je motivována zpřesněním předpovědi resp. odstraněním pozitivní autokorelace v předpovědních chybách. Autor zdurazňuje význam úpravy zejména v situacích časových řad s nepravidelnými pozorováními nebo časových řad s vyšší frekvencí sledování. Poslední 7 kapitola popisuje software DMITS (*Decomposition Methods for Irregular Time Series*), který autor vytvořil částečně pro diplomovou práci a dále rozšířil pro tuto práci. Software počítá bodové a intervalové předpovědi a měří jejich přesnost. Využívá k tomu metody exponenciálního vyrovnávání, které jsou popsány v této práci. Je běžně prakticky využíván v agentuře Mediaresearch.

Exponenciální vyrovnávání je metoda, která je prakticky využívána řadu let. Existují další metody modelování a předpovídání jednorozměrných časových řad, které jsou možná flexibilnější a v mnoha praktických případech vhodnější. Metody exponenciálního vyrovnávání mají však nespornou výhodu, pokud jsou naprogramované. Lze je využívat automaticky, prakticky bez vnějšího zásahu analytika. Z tohoto hlediska považují práci za aktuální a téma dobře zvolené.

V kapitolách 3 – 7 je zřetelný posun v metodologii, který je originálním přínosem autora disertační práce. Kapitoly 3 a 4 obsahují již publikované výsledky, výsledky kapitol 5 a 6 ještě nikde publikované nebyly. Program DMITS je původním dílem autora. Postupy, které autor při rozpracovávání metod exponenciálního vyrovnávání používá, jsou standardní pro danou výzkumnou oblast, je zde snaha o reflexi reálných problémů, které se při analýze časových řad vyskytují. Vědecký přínos autora v oblasti jednorozměrné analýzy časových řad považují za nesporný.

Autor se snažil ukázat také praktické aplikace inovovaných metod. Avšak vzhledem k tomu, že jeden z hlavních výstupů práce je software, počet zpracovávaných časových řad je poměrně malý, chybí ekonomické a zejména finanční časové řady, kde podle mého názoru mají tyto metody velmi dobré uplatnění. Domnívám se rovněž, že by komentář k empirickému zpracování mohl být detailnější a propracovanější.

Kapitola 5 zabývající se odhadem DLS žádnou praktickou aplikaci neobsahuje. Jak bylo výše uvedeno, autor ukázal, že DLS odhad lineárního trendu se sezónními „dummy“ proměnnými vede k zvláštnímu případu Holt-Wintersovy metody s aditivní sezónností. V závěru kapitoly píše, že tato metoda není prakticky významná v situacích, kdy lze využít Holt-Wintersovu metodu, ale v jiných situacích ji lze použít. Určitě bude zajímavé, když autor tyto situace uvede a dále upřesní smysl této kapitoly.


Je známé, že modely třídy ARIMA a SARIMA jsou dobře použitelné pro analýzu širokého spektra časových řad a také pro jejich predikci. Rád bych v této souvislosti položil

otázku, kde vidí autor hlavní přednosti a nedostatky exponenciálního vyrovnávání ve srovnání s těmito modely.

V práci jsem nenašel žádné chyby. Z terminologického hlediska je na zvážení zda by nebylo vhodné rozlišovat „nesystematickou složku“ a „reziduální složku“, která se získá až po odhadu parametrů. U grafů časových řad chybí osy, což znemožňuje bližší posouzení dynamiky časových řad. Z formálního hlediska je práce příkladně zpracovaná.

Disertační práci považuji za velice kvalitní, prokazuje předpoklady autora k samostatné tvořivé práci. Práci doporučuji k obhajobě před příslušnou komisí.

V Praze 3. 5. 2014

  
prof. Ing. Josef Arlt, CSc.  
Fakulta informatiky a statistiky  
VŠE v Praze