

## Posudek disertační práce

# Selected problems of financial time series modelling

Radek Hendrych

---

Velká část kvantitativních informací o finančním trhu je poskytována ve formě tzv. finančních časových řad. Tyto časové řady mají ve srovnání s ostatními typy ekonomických časových řad určité specifické rysy, které vyžadují jiné přístupy k jejich analýze. Významná odlišnost od ostatních ekonomických časových řad spočívá v časové frekvenci sledování hodnot. Běžné ekonomické časové řady se sledují v roční, čtvrtletní či měsíční frekvenci, hodnoty finančních časových řad jsou monitorovány v denní nebo vyšší časové frekvenci. Právě vysoká frekvence sledování umožňuje zkoumat takové vlastnosti časových řad, které u řad s nižší frekvencí sledování často nejsou rozlišitelné. Jednou z nich je proměnlivá volatilita (variabilita) tzv. výnosů. Modely typu ARCH, GARCH a dalších odvozených forem jsou v praxi nejčastěji používané modely volatility. Literatura, která vznikla k tomuto tématu od doby jejich navržení (Engle (1982)) je rozsáhlá a v současnosti se jedná o celou samostatnou výzkumnou oblast. V roce 2003 získal Robert Engle Nobelovu cenu v ekonomii za odvození modelů volatility typu ARCH, v roce 2009 byl založen Volatility Institut na New York University Stern School of Business.

Předkládaná práce se zabývá problematikou jednorozměrných a vícerozměrných modelů volatility, konkrétně otázkami rekurzivních odhadů parametrů jednorozměrných modelů a problematikou modelování podmíněných kovariancí u vícerozměrných modelů a následných odhadů navrženého schématu. Práce se skládá ze dvou kapitol. První kapitola má 6 částí, v první autor přibližuje problematiku modelování finančních časových řad, druhá část se zabývá přehledem metod rekurzivních odhadů modelů finančních časových řad, třetí část popisuje strukturu modelů GARCH, IGARCH a GJR-GARCH, ve čtvrté části jsou přiblíženy dvě metody rekurzivních odhadů, v páté části autor navrhuje svojí originální metodu rekurzivních odhadů, šestá část obsahuje numerické simulační studie a praktické aplikace navržené metody. Zbývající tři části spadají do druhé kapitoly. V první z nich je podán přehled vícerozměrných modelů volatility. Ve druhé je obsažen autorův návrh modelu podmíněných kovariancí a poslední část obsahuje simulační studii a dva empirické příklady praktického použití navržené metody.

Pátá a šestá část představuje původní autorův přínos do oblasti rekurzivních odhadů parametrů jednorozměrných modelů volatility. Obsahem těchto částí je matematické rozpracování a zdůvodnění navržené metody včetně teoretických vlastností odhadů a praktických aspektů, jako je např. volba počátečních podmínek, problematika akceleračních faktorů, či identifikace typu modelu nebo robustifikace. Dále tato část obsahuje návrhy rekurzivních odhadů parametrů pro konkrétní modely volatility. Šestá část obsahuje simulační studie, ve kterých autor pomocí Monte Carlo analýzy zkoumá statistické vlastnosti navržené metody. Zejména v této části je ukázáno, že navržená metoda je zcela funkční a konkurenceschopná vzhledem k již existujícím metodám a že je dokonce v některých případech přesnější. Praktickou aplikovatelnost ukazují dvě empirické studie. Ve druhé kapitole je originálním vlastním přínosem autora část druhá, návrh modelu kovariancí a návrh



odhadu parametrů modelu. Také tato část je doplněná simulační studií, ve které je ukázáno, že i tato metoda je funkční a konkurenceschopná a prakticky aplikovatelná, vede k obdobným výsledkům jako již navržené metody. V některých situacích je metoda výhodnější.


Téma práce je dobře zvolené, umožnilo autorovi prokázat matematickou a zejména statistickou erudici na vysoké úrovni. Práce obsahuje to co obsahovat má, je zde uveden přehled stávajících poznatků, vlastní originální návrhy autora, které jsou teoreticky zdůvodněné, jsou zde rozebrány statistické vlastnosti navržených odhadů, které jsou empiricky ověřené pomocí simulační studie. Jsou zde praktické empirické aplikace. Práci považuji za velice kvalitní a pěknou, a to jak z hlediska věcného a obsahového, tak i z hlediska formálního zpracování. Autor věnoval práci značné úsilí. Přesto si dovoluji několik poznámek, dotazů či námětů pro diskusi:

1. Práci by prospělo, kdyby některé pasáže byly lépe zasazené do ekonomického resp. finančního kontextu. Týká se to zejména motivací jednotlivých tříd modelů. Jejich vznik byl inspirován např. určitými typickými vlastnostmi finančních časových řad, které odráží realitu finančního trhu. Domnívám se také, že dosažené empirické výsledky by si zasloužily obsáhlejší komentář.
2. Str. 6, odst. 2: Píše se zde „*Typical financial time series is not (weakly) stationary. The associated autocorrelation coefficient is usually close to one at the first lag. For example, one can hardly consider that the daily foreign exchange rate between the US dollar and Euro currency significantly changes from today to tomorrow. Therefore, most empirical studies treat asset returns instead of asset prices since they operate with more attractive statistical properties. Thus, they are more relevant from the methodological perspective. Additionally, returns of assets introduce a complete and scale-free summary of the investment opportunity from the viewpoint of an average investor.*“ Domnívám se, že zdůvodnění proč se finanční časové řady transformují na „returns“ je zjednodušené a zaslouží si větší pozornost. Autor mohl pohovořit o předpokladu modelu náhodné procházky a log-normality finančních dat, o modelové logice této transformace a jejích výhodných statistických vlastnostech.
3. Str. 7, Stylized fact 5: Z mnoha empirických analýz naopak vyplývá, že „returns“ vykazují autokorelaci, není příliš silná, nicméně je statisticky prokazatelná.
4. Str. 10 a další strany: Je vhodné odlišovat termín „calibration“ od termínu „estimation“. V praxi ekonomického modelování se často používá termín kalibrace pro nestatistické určení parametrů modelu. Přitom se nevychází z konkrétních dat v daném čase a prostoru, ale např. ze zkušeností z jiného času a prostoru či intuice.
5. Str. 10, 11: V této části by bylo užitečné podrobněji srovnat a popsat výhody a nevýhody „off-line“ a „on-line“ metod a zdůvodnit užitečnost „on-line“ metod.
6. Str. 61, 62: Bylo by vhodné definovat „absolute errors of the final estimates“ resp. je zvláštní, že v Tab. 6.1, 6.2 a 6.2 jsou tyto hodnoty např. pro metodu 2S-RPLR velmi blízké hodnotám odhadovaných parametrů.
7. Str. 75, Fig. 6.17, Tab. 6.5: Tři metody odhadu parametrů vedou k téměř stejným výsledkům, metoda „On-line“ (constant forgetting factor) je sice nejlepší, rozdíl mezi log-likelihood této metody a metody „Off-line MLE“ je však nepatrný. Je tedy otázka, kde hledat praktickou přednost navržené on-line metody. Má význam např. při analýze stability modelu, viz Obr. 6.16?

8. Str. 76: Podle mého názoru je třeba lépe zdůvodnit, proč právě v tomto příkladu má smysl používat „on-line“ metody.
9. Str. 107: Co jsou „Short-run correlations“ a „Long-run correlations“?

Disertační práce prokazuje předpoklady autora k samostatné tvořivé práci. Vzhledem k vysoké kvalitě doporučuji práci k obhajobě před příslušnou komisí.

V Praze 20. 9. 2015

  
prof. Ing. Josef Arlt, CSc.  
katedra statistiky a pravděpodobnosti  
VŠE v Praze