

Posudek na doktorskou disertační práci Ing. Milana Fičury: “ **Modelling and Forecasting of Stochastic Volatility and Jumps**”

Ve své poměrně obsáhlé práci autor podává různé způsoby modelování volatility. Od poměrně známých a velice frekventovaných ARCH-GARCH modelů, modelů stochastické volatility, modelů se zahrnutím realizované volatility, volatility počítané na základě opcí, až po využití neuronových sítí v tomto problému. Hlavní pozornost v disertační práci je věnována modelování stochastické volatility s náhodnými skoky.

Předkládaná práce je psána s cílem podat zevrubný výklad metody SVJD, což je podáno na vysoké teoretické úrovni včetně původních aplikací, se kterých plynou poměrně zajímavé závěry. Této části předchází poměrně dobře napsaná přehledová část, která se zabývá tradičními modely volatility od známých a velice frekventovaných ARCH/GARCH modelů přes modely stochastické a realizované volatility až k modelům implikované volatility. Je nutné poznamenat, že tato část je pečlivě zpracována a přináší cenný přehled o složitějších modelech volatility. Otázkou zůstává, zda by si disertační práce věnovaná důkladné analýze jednoho typu modelu měla činit takové nároky, protože to podstatným způsobem zvyšuje její rozsah. Efekt případných nových informací, pokud mohu soudit po přečtení přehledové části, nemůže být tak velký, aby to významně přispělo k celkové úrovni práce. Z tohoto důvodu se domnívám, že autor se mohl věnovat pouze problémům kapitoly 2 – 5. Stránkový rozsah práce by zůstal i tak velký.

Stěžejní část práce tvoří text napsaný v kapitole 2-5. V kapitole 2. autor nabízí model stochastické volatility s náhodnými skoky (SVJD model) včetně složitějších variant. Jedná se o dynamické modely s třemi až osmi rovnicemi. Výklad je proveden se značnou erudicí, která plyne z dokonalé zkušenosti autora, kterou získal při tvorbě vlastních publikací na toto téma. V textu předkládá různé modifikace modelu SVJD, které jsou uspořádány z hlediska jejich složitosti se zřejmým cílem vytvořit model s velkou predikční silou. Má to svá úskalí, protože při vytváření modelů by se měl brát ohled na to, jestli vytvoření složitějšího modelu přináší zamýšlený efekt. Zejména poslední model uváděný v kapitole 2. sekci 2.4 nazvaný dvousložkový SVJD-Z je poměrně strukturálně složitý model reprezentovaný 8 rovnicemi, což podle mého názoru nemusí být nutně výhodné už z ohledem na větší počet parametrů a možné komplikace při odhadu. Kromě zmíněných problémů je tu navíc otázka efektivnosti modelu z hlediska jeho predikční síly. Zajímá mě názor autora na problém predikčních schopností modelů SVJD ve vztahu k jejich komplikovanosti.

Třetí kapitola se zabývá metodami odhadu. Zavádí se Markoff Chain-Monte Carlo metoda u které bych uvítal podrobnější výklad a vysvětlení. U výkladu Gibbsova algoritmu bych uvítal lepší propojení s MCMC. Dále pro lepší srozumitelnost by bylo vhodnější popsat Gibbsův algoritmus jako specifický případ algoritmu Metropolisova-Hastingsova. Rovněž by bylo vhodné uvést literární zdroje pro oba algoritmy. Sekce 3.3 a 3.4 jsou věnovány Particle filtraci. Obě sekce jsou podrobně zpracovány na odpovídající vědecké úrovni. Výklad zde obsažený poslouží jako teoretická podpora pro kapitolu 4, která pojednává o aplikacích Particle Filters v odhadech SVJD modelů. Dost dobře nechápu zařazení stavového modelu (95) (96) ze subsektu 3.3.2 do těchto míst. Domnívám se, že to narušuje teoretickou linii výkladu. Přes uvedené kritické poznámky hodnotím autorův přínos k metodám odhadu SVJD modelů velice pozitivně. Nejde jen o znalosti získané pečlivým studiem literatury, ale i získané zkušenosti a osobní autorův přínos prostřednictvím publikovaných výsledků jeho vlastní vědecké práce v oblasti moderní finanční teorie.

Ve čtvrté kapitole najdeme tři testy provedené za účelem odfiltrování skrytých stavů modelu. Předně se jedná o simulační test provedený za podmínky známých parametrů a za účelem zjištění schopnosti odfiltrovat tzv. skryté stavy SVJD a SVJD-RV-Z modelů. Za druhé je to simulační test Sequential Gibbs Particle Filter (SGPF) provedený za podmínek neznámých parametrů za účelem získání parametrů a odfiltrování latentních stavů. Za třetí je proveden test konvergence parametrů získaných sekvenciální Gibbsovou filtrací za účelem, jestli opakované použití sekvenciální Gibbsovy filtrace vede ke stejným hodnotám odhadovaných parametrů. Kapitola je poměrně rozsáhlá, testuje se řada případů při

použití několika postupů. Úvod kapitoly by zasluhoval podrobnější informaci nejen o počtu pozorování, ale i o časovém určení periody, kdy se testovalo. Rovněž by měla být už v úvodu uvedena informace o ekonomické povaze testovaných údajů tj. kursy měn, kde by nemělo chybět, o jaké měny se jedná. Na tom nic nemění skutečnost, že tyto informace samozřejmě pečlivý čtenář najde v dalším textu.

V závěrečné páté kapitole jsou prováděny testy prediktivní síly SVJD modelů, které jsou odhadnuty pomocí SGPF. Tyto testy jsou prováděny za účelem předpovědi realizované volatility sedmi měnových kursů a deseti ETN/ETF. Jako měřítko jsou použity modely GARCH(1,1), EGARCH(1,1) a GJR-GARCH(1,1). Prediktivní síla vybraných SVJD modelů je srovnávána z řadou modelů (GARCH, HAR, HARQ). Pátá kapitola je podle mého názoru přehledněji napsána než například kapitola 4, na jejím začátku je přehledně charakterizována datová základna a frekvence pozorování. V následující subsekcí je proveden odhad parametrů různých modifikací SVJD modelů. V subsekcí 5.4.3 jsou uvedeny výsledky předpovědi v přehledných tabulkách. Pátá kapitola z hlediska zpracování a z hlediska struktury patří k nejlépe uspořádaným částem předložené disertační práce. Závěr je dobře napsán, ale přesto jsem nenalezl nějaké explicitní srovnání mezi jednotlivými modely SVJD navzájem a verbální souhrnné zhodnocení. Přičemž mám na mysli souhrnné verbální vyhodnocení.

Na závěr posudku této práce uvádím několik spíše formálních komentářů nebo otázek. Na straně 54 autor disertační práce v subsekcí 2.1 prezentuje v model stochastické volatility SVJD. Model je třírovnicový popsán soustavou diferenčních rovni (87). Čtenář narazí na některé termíny a postupy, které nejsou úplně zřejmé. Tak například výraz logarithmic return (viz první rovnice soustavy (87)). Logaritmovat něco, co je procentuálně obvykle v jednotkách, je poněkud zvláštní, tudíž se domnívám, že se jedná o terminologický zmatek a return je používán místo raw return, což v tomto případě je cenový řetězový index p_t/p_{t-1} . Dále na straně 54 se setkáme s veličinami jako dlouhodobý logaritmský rozptyl (long-term log-variance) θ a dlouhodobá intenzita skoků (long-term jump intensity) θ_j . Domnívám se, že se jedná o rovnovážné (stacionární) řešení posledních dvou rovnic soustavy (87) na str. 54. Převod druhé rovnice soustavy (87) na stacionární tvar není žádný problém a tak dostaneme explicitní řešení pro dlouhodobý logaritmský rozptyl $\theta = \frac{\alpha}{1-\beta}$. Nechápu ovšem dost dobře, proč autor používá implicitní tvar výrazu pro θ . Stanovení dlouhodobé skokové intenzity je problém, který vyžaduje, aby ho autor objasnil při ústní obhajobě. Posledním problémem pravděpodobně technického rázu jsou opakované otazníky na straně 90. Je to autorova značka, kterou zapomněl odstranit?

Závěr:

Práce předložená Ing. Milanem Fičurou je práce kvalitní, která splňuje všechny požadavky kladené na doktorskou disertační práci. Určitou slabinou práce je její až příliš veliký rozsah, který je způsoben snahou autora ukázat jeho teoretické znalosti a předložit co nejvíce výsledků jeho vědecké práce, což ovšem nejen ztěžuje práci posuzovatele, ale rovněž nepřispívá k přehledné struktuře práce a viditelné prezentaci zajímavých výsledků, které práce bezpochyby obsahuje. Tato slabina práce je vyvážena původními výsledky, které bezesporu obohatily poznání na vědním poli modelování a predikce v oblasti finančních trhů. Z těchto důvodů doporučuji práci k obhajobě před příslušnou komisí.

Prof. RNDr. Ing. Jan Kodera, CSc.
Katedra měnové teorie a politiky
Fakulta financí a účetnictví
Vysoká škola ekonomická v Praze