

Recenzja pracy doktorskiej mgr Justyny Mokrzyckiej pt. „Bayesowskie modele Copula-GARCH w analizie zależności finansowych szeregów czasowych”

Tematyka i wkład pracy

Praca jest poświęcona tematyce wykorzystania modeli Copula-GARCH do analizy zależności na rynkach finansowych. Najczęściej stosowanymi w empirycznych badaniach finansowych wielowymiarowymi modelami zmienności są modele klasy GARCH. Istniejące parametryzacje modeli nie zawsze dają jednak zadowalające wyniki w przypadku modelowania i prognozowania finansowych szeregów czasowych. Ponadto własności estymatorów metody największej wiarygodności, która jest najczęściej wykorzystywana do estymacji parametrów tych modeli, nie są często określone i w pełni poznane. Istnieje zatem potrzeba poszukiwania i rozwijania innych metod. Praca Doktorantki dotyczy właśnie tego ważnego i cały czas aktualnego tematu badawczego. Autorka stosuje metody bayesowskie, które są trudniejsze i bardziej czasochłonne w zastosowaniu, ale dające większe możliwości w zakresie wnioskowania, szczególnie w przypadku małych prób. Z powyższych powodów wybór problematyki poruszanej w rozprawie doktorskiej uważam za trafiony.

Podstawowym wkładem omawianej pracy są rzetelnie przeprowadzone, badania empiryczne dotyczące modelowania zależności oraz prognozowania wartości zagrożonej oraz oczekiwanego niedoboru z wykorzystaniem bayesowskich modeli Copula-GARCH dla wybranych szeregów z polskiego rynku kapitałowego i walutowego. Rozprawa ma pewne walory poznawcze i zawiera elementy nowatorskie w stosunku do istniejącej literatury, np. ocenę jakości prognoz VaR i oczekiwanego niedoboru skonstruowanych na podstawie rozkładów predyktywnych bayesowskiego modelu VAR(1)-Copula-tGARCH oraz autorską metodę identyfikacji występowania efektu zarażania na rynkach finansowych. Ponadto warto podkreślić, że Autorka sama opracowywała kody w programie MATLAB do zrealizowanych w pracy badań.

Struktura pracy

Praca składa się z pięciu rozdziałów, poprzedzonych wstępem i podsumowanych zakończeniem. Rozprawa uzupełniona została bibliografią oraz spisem tabel i rysunków. Tekst pracy mieści się na 172 stronach. Pierwsze dwa rozdziały mają charakter teoretyczny, pozostałe teoretyczno-empiryczny lub empiryczny. Strukturę pracy oceniam jako prawidłową.

W rozdziale pierwszym przedstawiono wybrane dystrybuanty wektora losowego, oraz miary siły związku między zmiennymi losowymi. Zaprezentowano kopule i ich podstawowe własności, a także model Copula-GARCH. Na koniec omówiono podstawowe parametryzacje wielowymiarowych modeli GARCH.

W rozdziale drugim zaprezentowano podstawy wnioskowania bayesowskiego, omówiono specyfikację modeli Copula-GARCH oraz przedstawiono metodę Monte Carlo z funkcją ważności, która była wykorzystywana do estymacji rozkładów a posteriori, szacowania brzegowej gęstości macierzy obserwacji oraz charakterystyk rozkładów predyktywnych.

W rozdziale trzecim dokonano porównania 13 modeli Copula-GARCH oraz 3 wielowymiarowych modeli GARCH. Zastosowano 11 kopul statycznych: Franka, Claytona, Gumbela, Clayton-Gumbela, Joe-Claytona, symetryzowana Joe-Claytona, obrócona Claytona, obrócona Gumbela, normalna, t Studenta i zmiennych niezależnych oraz 2 kopule dynamiczne: normalna i t Studenta. Analizowano 3 wielowymiarowe modele GARCH: skalarną postać modelu BEKK, model stałych warunkowych współczynników korelacji (CCC) oraz model DCC. Badanie przeprowadzono dla modeli dwuwymiarowych dla par wybranych subindeksów sektorowych indeksu WIG: WIG-Banki, WIG-Budownictwo, WIG-Informatyka, WIG-Spożywczy oraz kursów walutowych EUR/PLN i USD/PLN.

Rozdział czwarty zawiera wyniki prognozowania wartości zagrożonej i oczekiwanego niedoboru konstruowanych na podstawie wybranych modeli Copula-GARCH i MGARCH, które uzyskały najwyższą moc wyjaśniającą. W celach porównawczych zastosowano również modele CAViaR i CARE. Badanie zostało przeprowadzone dla dwóch portfeli składających się z subindeksów WIG-Banki i WIG-Spożywczy oraz dwóch portfeli kursów walutowych EUR/PLN i USD/PLN.

W rozdziale piątym omówiono wybrane metody badania efektu zarażania na rynkach finansowych i przedstawiono autorską metodę badania tego efektu z zastosowaniem podejścia bayesowskiego i modeli Copula-GARCH. Zaproponowana metoda polegała na modyfikacji

równania dynamiki parametru kopuli t Studenta, na skutek której może wystąpić zwiększenie siły zależności pomiędzy szeregami czasowymi. Następnie przeprowadzono badanie efektu zarażania na przykładzie wybranych indeksów rynku akcji: S&P500, TSX, DAX, WIG i BUX w okresie kryzysu finansowego 2007-2009.

Analiza źródeł została przeprowadzona w sposób właściwy. Bibliografia zawiera 147 pozycji, w zdecydowanej większości anglojęzycznych. Warto byłoby jednak uzupełnić ją o dwie poniższe publikacje:

Sampid M.G., Hasim H.M., Dai H., (2018), Refining value-at-risk estimates using a Bayesian Markov-switching GJR-GARCH copula-EVT model, PLoS ONE 13(6): e0198753.

Kreuzer A., (2020), Bayesian time series modeling with copula structures, Technischen Universität München, praca doktorska.

Strona formalna pracy nie budzi większych zastrzeżeń. Praca jest napisana w sposób jasny i zrozumiały dla czytelnika.

Hipotezy badawcze i cel pracy

We wstępie pracy sformułowano następującą hipotezę główną: struktura zależności pomiędzy szeregami czasowymi oraz ich zmienność są lepiej opisywane za pomocą modeli Copula-GARCH niż modeli MGARCH. Zawarto również trzy szczegółowe hipotezy badawcze:

1. Modele Copula-GARCH z dynamiczną lub asymetryczną strukturą zależności posiadają większą moc wyjaśniającą (mierzoną prawdopodobieństwem a posteriori modelu) niż wielowymiarowe modele z klasy GARCH;
2. Uwzględnienie nieliniowych i asymetrycznych zależności poprzez zastosowanie kopuli przyczynia się do poprawy jakości (badanej ex post) oszacowań miar ryzyka w stosunku do tych uzyskanych w modelach CAViaR i CARE;
3. Modele Copula-GARCH z dynamiczną strukturą zależności umożliwiają badanie efektu zarażania.

Głównym celem rozprawy było opracowanie i omówienie bayesowskich metod w zakresie estymacji, predykcji i porównania modeli Copula-GARCH oraz ich wykorzystanie do opisu zależności wybranych szeregów czasowych (danych dziennych), pochodzących z rynków finansowych. Sformułowano również cztery cele szczegółowe:

1. opracowanie bayesowskich modeli Copula-GARCH;
2. opracowanie metod numerycznych, umożliwiających uzyskanie charakterystyk rozkładów a posteriori i predyktywnych;
3. formalne porównanie modeli Copula-GARCH oraz MGARCH za pomocą prawdopodobieństw a posteriori modeli;
4. wykorzystanie opracowanych bayesowskich modeli Copula-GARCH do estymacji i prognozowania miar ryzyka oraz badania występowania efektu zarażania na rynkach finansowych.

Wszystkie cele zostały zrealizowane w pracy.

Uwagi polemiczne

Rozprawa jest bardzo dobrze napisana. Na tle lektury pracy pojawiły się jednak następujące uwagi oraz sugestie:

1. W przypadku analizy subindeksów sektorowych indeksu WIG lepszym rozwiązaniem byłoby badanie wszystkich rozpatrywanych sektorów razem. Ograniczenie rozważań tylko do modeli dwuwymiarowych powoduje, że pomijane są zależności z pozostałymi subindeksami. Doktorantka jest świadoma tego problemu, ponieważ pisze o takim rozszerzeniu badań w zakończeniu pracy.
2. W badaniu zastosowano skalarną postać modelu BEKK, która jest bardzo uproszczoną postacią modelu BEKK i zakłada, że dynamika zmienności wszystkich badanych szeregów jest zbliżona. W przypadku analizy różnych sektorów lub kursów walutowych takie założenie wydaje się być bardzo restrykcyjne, dlatego wskazane byłoby użycie do porównań pełnego modelu BEKK.
3. Dla wielu badanych zależności, w niektórych okresach, następował znacznie większy wzrost wartości współczynnika korelacji liniowej niż wartości współczynnika Kendalla. Doktorantka nie próbowała tego faktu w żaden sposób wyjaśnić ani skomentować.
4. Szkoda, że badanie dotyczące szacowania wartości zagrożonej oraz oczekiwanego niedoboru zostało przeprowadzone tylko dla dwóch portfeli składających się z subindeksów WIG-Banki i WIG-Spożywczy, a nie dla wszystkich par analizowanych w rozdziale 3. Może udałoby się wówczas wyciągnąć więcej wniosków.

5. W rozdziale 4 do oceny trafności prognoz VaR i oczekiwanego niedoboru przyjęto bardzo długi okres obejmujący również niezwykle dużą zmienność na rynkach finansowych spowodowaną wybuchem pandemii COVID-19. Warto byłoby zbadać, czy uzyskane przed Doktorantką wyniki nie były w dużym stopniu zdeterminowane wystąpieniem tego okresu.
6. Badanie efektu zarażania na podstawie długich przedziałów czasowych, które są niezbędne do estymacji wielowymiarowych modeli zmienności jest zadaniem bardzo trudnym, bo takie okresy nie są na ogół jednorodne z uwagi na charakterystyki badanych procesów. To może powodować obciążenie uzyskanych wyników. Ponadto przyjęty w badaniu jako moment rozpoczęcia kryzysu dzień, w którym upadł Lehman Brothers był faktycznie dniem zaostrzenia kryzysu, a nie jego początkiem.
7. Z uwagi na różne strefy czasowe większość notowań w Stanach Zjednoczonych odbywa się już po zamknięciu rynków akcji w Europie. Z tego względu dynamiczne zależności między indeksami rynku akcji w Ameryce i Europie mogą mieć inny charakter w przypadku zależności jednoczesnych i opóźnionych w czasie. Warto badać oba rodzaje takich zależności.

Uwagi szczegółowe

Wyraz aktywa występuje tylko w liczbie mnogiej, wyrażenie „aktywo” jest niepoprawne.

Numeracja lewych stron powinna być po lewej stronie.

Str. 6, wiersz 6, zamiast Pattona powinno być Patton.

Str. 10, wiersz 10 od dołu, jest: w stosunku tych, powinno być: w stosunku do tych.

Str. 11, wiersz 17, jest: Analizę i ocenę przeprowadzana będzie, powinno być: Analiza i ocena przeprowadzana będzie.

Str. 25, nieprawidłowa numeracja równań, zamiast (1.6) powinno być (1.7). Korekty wymaga również dalsza numeracja.

Str. 32, wiersz 15, model VAR to nie jest proces autoregresyjny.

Str. 35, tabela 1.2 powinna być nazwana rysunkiem.

Str. 41, wiersz 16, zamiast: dodatnio określoność powinno być: dodatnią określoność

Str. 41, równanie (1.20), zapis macierzy do potęgi $-1/2$ jest w tym przypadku wykonalny, ale jest to zapis nieformalny.

Str. 51, w tabeli 2.2, w kopuli t Studenta z autorską modyfikacją brakuje przecinka dla zakresu ρ^* . Powinno być (-1,1).

Str. 53, wiersz 9, jest: z kasy GARCH, powinno być: z klasy GARCH.

Str. 65, wiersz 15 od dołu, jest: Na rysunku 3.1, powinno być: Na rysunku 3.2.

Str. 66 i 77, tabela 3.5 i 3.11 niewidoczne są w pełni nazwy modeli w boczkach tabeli.

Str. 88, wiersz 14 od góry, oraz wiersz 8 od dołu, występuje różny sposób cytowania do tej samej pozycji: Zarządzanie ryzykiem, 2019; Jajuga (red.), 2019.

Str. 96, wiersz 6, jest: obywa się, powinno być: odbywa się.

Str. 116, wiersz 2, jest: zastosowane metod nie dają, powinno być: zastosowane metody nie dają.

Str. 137, wiersz 5 od dołu, jest: odrzucenia hipoteza zerowej, powinno być: odrzucenia hipotezy zerowej.

Str. 143, podrozdział 5.3, zamiast SP500 powinno być S&P 500.

Wnioski końcowe

Moja ocena rozprawy doktorskiej jest jednoznacznie pozytywna. W pracy zawarte są oryginalne rozwiązania konkretnych problemów naukowych. Tymi problemami są: porównanie modeli Copula-GARCH z wielowymiarowymi modelami GARCH, porównanie trafności prognoz miar ryzyka formułowanych na podstawie modeli Copula-GARCH i metod konkurencyjnych oraz analiza efektu zarażania. Podjęty temat jest aktualny i wpisuje się w główny nurt badań w zakresie finansów empirycznych. Autorka zastosowała w analizach zaawansowane metody ekonometryczne i dowiodła, że potrafi samodzielnie prowadzić badania naukowe.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana praca doktorska Pani mgr Justyny Mokrzyckiej pt. „Bayesowskie modele Copula-GARCH w analizie zależności finansowych szeregów czasowych” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w Prawie o szkolnictwie wyższym i nauce i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Z poważaniem

