

Dr Katarzyna Bień-Barkowska

Instytut Ekonometrii
Kolegium Analiz Ekonomicznych
Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

Autoreferat

Spis treści:

| | |
|---|-----------|
| 1. Syntetyczne informacje o wykształceniu i przebiegu zatrudnienia | 2 |
| 2. Badania naukowe przed uzyskaniem stopnia doktora | 3 |
| 3. Badania naukowe po uzyskaniu stopnia doktora | 4 |
| 4. Omówienie osiągnięcia przedstawionego do oceny | 15 |
| 5. Statystyka dorobku naukowego | 23 |
| 6. Inna aktywność naukowa | 25 |
| 7. Aktywność dydaktyczna i organizacyjna | 27 |
| 9. Nagrody i wyróżnienia | 28 |
| 10. Literatura cytowana w autoreferacie | 29 |

1. Syntetyczne informacje o wykształceniu i przebiegu zatrudnienia

Po ukończeniu I Liceum Ogólnokształcącego imienia Adama Mickiewicza w Białymstoku w 1996 r., w latach 1996-2001 studiowałam w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie (SGH) równoległe na kierunkach: Finanse i Rachunkowość oraz Metody Ilościowe i Systemy Informacyjne. Dyplom ukończenia studiów magisterskich z wynikiem celującym uzyskałam 5 kwietnia 2001 r. na kierunku Finanse i Rachunkowość. Promotorem mojej pracy magisterskiej pt. „Zastosowanie metodologii *Value at Risk* przy pomiarze ryzyka rynkowego” była prof. Zofia Zawadzka.

W październiku 2001 rozpoczęłam naukę na dziennych studiach doktoranckich w Kolegium Analiz Ekonomicznych (KAE) SGH, które ukończyłam we wrześniu 2005 r. W trakcie studiów doktoranckich ukończyłam również z wynikiem bardzo dobrym jednosemestralne studia podyplomowe w zakresie doskonalenia pedagogicznego dla nauczycieli akademickich, organizowane przez Centrum Pedagogiczne SGH. Równocześnie w latach 2001-2004 byłam zatrudniona na część etatu na stanowiskach: inspektora ekonomicznego, a następnie starszego inspektora w Departamencie Ryzyka Rynkowego w Centrali Powszechnego Banku Kredytowego SA (a następnie Banku Przemysłowo-Handlowego PBK SA) w Warszawie.

Dyplom doktora nauk ekonomicznych uzyskałam 20 czerwca 2006 r. na podstawie pracy doktorskiej pt. „Wybrane modele ekonometryczne finansowych szeregów czasowych o ultrawysokiej częstotliwości” napisanej pod kierunkiem naukowym prof. Krzysztofa Jajugi i obronionej w Kolegium Analiz Ekonomicznych SGH.

We wrześniu 2005 r. zostałam pracownikiem naukowym w Katedrze Ekonomii i Ekonometrii (*Chair of Economics and Econometrics*) w Centrum Finansów i Ekonometrii (*Center of Finance and Econometrics – CoFE*) Uniwersytetu w Konstancji¹ w Niemczech, gdzie do lutego 2007 r. prowadziłam badania na temat modeli ekonometrycznych finansowych szeregów czasowych o bardzo wysokiej częstotliwości w ramach projektu *Microstructure of Financial Markets in Europe* pod kierunkiem naukowym prof. Winfrieda Pohlmeiera.

Po powrocie do Polski, od kwietnia 2007 r. do listopada 2014 r. byłam zatrudniona na część etatu w Wydziale Rozwoju Systemu Finansowego, w Departamencie Systemu Finansowego Narodowego Banku Polskiego na stanowiskach specjalisty, a następnie głównego specjalisty oraz eksperta ekonomicznego. Do zakresu moich obowiązków należało m.in. prowadzenie badań naukowych nad wybranymi zagadnieniami funkcjonowania rynku walutowego i rynku akcji.

W październiku 2007 r. zostałam zatrudniona na stanowisku adiunkta w Zakładzie Ekonometrii Stosowanej, w Instytucie Ekonometrii Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie, gdzie pracuję do dnia dzisiejszego.

¹ Uniwersytet w Konstancji w 2016 plasował się na 7 miejscu najlepszych młodych uniwersytetów na świecie w rankingu „150 under 50” wg. *World University Rankings, the Times Higher Education* (<https://www.timeshighereducation.com>).

2. Badania naukowe przed uzyskaniem stopnia doktora

Badania na temat zagadnień mikrostruktury rynku w ujęciu ekonometrycznym rozpoczęłam 15 lat temu, po rozpoczęciu studiów doktoranckich w KAE SGH. Pod pojęciem badań mikrostruktury rynku należy rozumieć pewien dział nauki o finansach², w przypadku którego najlepszym materiałem do badań empirycznych są finansowe szeregi czasowe (dane) o bardzo wysokiej i ultrawysokiej częstotliwości (ang. *ultra-high-frequency* – *UHF*). Dane UHF to sekwencje uporządkowanych chronologicznie obserwacji zmiennych opisujących proces transakcyjny (np. ceny kwotowane lub transakcyjne, wielkości zleceń, wolumen transakcji, spread bid-ask) wraz z dokładnym czasem ich rejestracji (podanym zazwyczaj z dokładnością co najmniej do jednej setnej sekundy). W przypadku danych UHF obserwacje zmiennych są niesynchronicznie rozmieszczone względem jednostek czasu. Charakteryzują się przy tym wieloma specyficznymi własnościami statystycznymi, które wymagają korzystania z zaawansowanych metod ilościowych, często czerpiących z instrumentarium analizy przeżycia oraz narzędzi mikroekonometrycznych. W trakcie studiów doktoranckich w KAE SGH tematyka moich analiz dotyczyła przede wszystkim zagadnień mikrostruktury giełdowych rynków akcji oraz bardzo nowatorskich wówczas narzędzi ekonometrii finansowej, które umożliwiały empiryczną weryfikację wybranych hipotez wynikających z matematycznych, teoretycznych modeli mikrostruktury rynku.

Przedmiotem mojej rozprawy doktorskiej były nieznane wówczas w polskiej literaturze naukowej metody ekonometrycznego modelowania na podstawie danych UHF, przy szczególnym uwzględnieniu roli czynnika czasu oraz dyskretnych zmian cen w procesie zawierania transakcji. Punktem ciężkości wywodu były przede wszystkim liczne rozwinięcia jednorównaniowych modeli autoregresyjnego warunkowego czasu trwania (ang. *autoregressive conditional duration* – *ACD*, por. Engle i Russell 1998, Pacurar 2008) oraz dynamiczne modele zmiennych dyskretnych, na przykład autoregresyjne modele logitowe, autoregresyjne modele wielomianowe (ang. *autoregressive conditional multinomial* – *ACM*, por. Russell i Engle 2005), uogólnione modele liniowe ARMA (ang. *generalized linear ARMA* – *GLARMA*, por. Shephard 1995). Zaprezentowane w pracy wyniki badań empirycznych umożliwiły przeprowadzenie wnioskowania na temat dynamiki procesu zawierania transakcji na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. Omówiłam na przykład wzorce śróddziennej i śródtgodniowej sezonowości aktywności uczestników rynku oraz czynniki wpływające na częstotliwość zawierania transakcji, a także na kierunek i rozproszenie dyskretnych wartości zmian kursów transakcji wybranych akcji. Pierwsze propozycje zastosowań modeli czasu trwania do badań rynku akcji w Polsce przedstawiłam w pracach

² Według klasycznej definicji Maureen O'Hara badania mikrostruktury rynku to studia nad procesem wymiany aktywów, przy czym literatura nt. mikrostruktury rynku zajmuje się tym, jak mechanizm zawierania transakcji wpływa na proces formowania się ceny (por. O'Hara 1995, s. 5). Bardziej aktualna i kompleksowa definicja obszaru analiz mikrostruktury rynków zaproponowana przez Narodowe Biuro Badań Ekonomicznych (NBER) mówi, że są to „teoretyczne, empiryczne i eksperymentalne badania nad ekonomią rynków finansowych przy uwzględnieniu roli informacji w procesie cenotwórczym, definicją, pomiarem, kontrolą oraz determinantami płynności i kosztów transakcyjnych oraz ich implikacjami dla efektywności, dobrobytu i uregulowania alternatywnych systemów obrotu i struktur rynkowych” (por. <http://www.nber.org/workinggroups/mm/mm.html>).

oznaczonych [F.1] i [G.3] w załączonym wykazie publikacji naukowych (por. Załącznik nr 3), natomiast wybrane elementy pracy doktorskiej zaprezentowałam w artykułach [G.1] i [G.2].

Po złożeniu rozprawy doktorskiej w KAE SGH w 2005 r., ale przed uzyskaniem stopnia doktora nauk ekonomicznych rozpoczęłam współpracę naukową z prof. Winfriedem Pohlmeierem i dr. Ingmarem Nolte z Katedry Ekonomii i Ekonometrii na Uniwersytecie w Konstancji. Współpracę tę traktuję jako odrębny etap mojego rozwoju naukowego. Wspólne badania dotyczyły metod modelowania funkcjonowania rynków finansowych za pomocą probabilistycznej koncepcji kopuł. Przedmiotem naszego pierwszego artykułu był opis dynamiki miar chwilowej płynności rynku, a ściślej – modelowanie (warunkowej względem pewnego zbioru informacji) funkcji gęstości dla współczynnika nachylenia kwotowań (*quote slope*, QS) w arkuszu zleceń (por. pozycja [H.1]). W badaniu wykazaliśmy na przykład, że rozkład prawdopodobieństwa rozważanej miary chwilowej płynności dla akcji notowanych na Giełdzie Nowojorskiej (NYSE) przed wprowadzeniem decymalizacji 29 stycznia 2001 r. był rozkładem wielomodalnym, co implikowało występowanie z różnym prawdopodobieństwem odmiennych stanów podaży płynności (ang. *liquidity supply*) na rynku. Po reformie decymalizacji płynność rynku poprawiła się, a wielomodalny kształt funkcji gęstości współczynnika nachylenia kwotowań uległ wygładzeniu. Chociaż omawiane badanie ma jedynie status *University of Konstanz Working Paper*, było prezentowane na wielu renomowanych konferencjach, m.in. na *European Meeting of the Econometric Society (ESEM)* w Wiedniu w sierpniu 2006 r.

3. Badania naukowe po uzyskaniu stopnia doktora

Moje badania naukowe po uzyskaniu stopnia doktora można wpisać w trzy główne obszary zagadnień:

- (1) Obszar metodologiczny – w ramach którego proponuję nowe modele ekonometryczne lub nowe rozwinięcia istniejących modeli finansowych szeregów czasowych o wysokiej i ultrawysokiej częstotliwości;
- (2) Obszar empirycznych analiz mikrostruktury rynku – obejmujący badania wybranych mechanizmów rynkowych oraz własności zmiennych finansowych obserwowanych z wysoką częstotliwością;
- (3) Obszar zagadnień gerontologicznych – obejmujący badania przeżywalności, sprawności i samopoczucia osób starszych na podstawie elementów całościowej oceny geriatrycznej (COG) oraz przy wykorzystaniu wybranych narzędzi ekonometrycznych.

O ile obszar badawczy (3) dotyczy zupełnie innej tematyki niż dwa pierwsze, to granica pomiędzy obszarami zagadnień (1) i (2) jest bardzo płynna. Wszystkie autorskie propozycje i rozwinięcia konstrukcji ekonometrycznych w moich pracach naukowych starałam się bowiem wzbogacić przykładami ich zastosowań empirycznych, a także odpowiednią interpretacją ekonomiczną. Rozróżniam te dwa obszary zagadnień jedynie ze względu na subiektywną ocenę znaczenia wartości dodanej poszczególnych publikacji w zakresie rozwijania metod – por. (1) albo empirycznym – por. (2).

3.1. Badania naukowe w obszarze metodologicznym

3.1.1. Wielowymiarowe modele dla zmiennych dyskretnych

Metodologiczny nurt moich badań reprezentowany jest w publikacjach naukowych [B.1] i [C.7] we współautorstwie z dr. Ingmarem Nolte i prof. Winfriedem Pohlmeierem. Ich wspólną osią jest propozycja parametryzacji (warunkowego względem pewnego zbioru informacji) łącznego rozkładu prawdopodobieństwa dyskretnych zmian cen obserwowanych w bardzo krótkich odstępach czasu na rynkach finansowych.

W pracy [B.1] proponujemy nową wielorównaniową konstrukcję ekonometryczną dla zmiennych całkowitoliczbowych, czyli tzw. model *Multivariate Integer Count Hurdle* (MICH). W modelu tym rozkłady prawdopodobieństw (warunkowe względem pewnego zbioru informacji) poszczególnych zmiennych objaśnianych opisujemy za pomocą dynamicznych modeli *Integer Count Hurdle* (ICH) Liesenfelda i in. (2006)³, natomiast bieżące zależności pomiędzy zmiennymi całkowitoliczbowymi proponujemy uwzględnić za pomocą koncepcji kopuł. Łączny rozkład prawdopodobieństwa zmiennych w modelu uzyskujemy za pomocą odpowiedniej aproksymacji pochodnych funkcji kopuł metodą różnic skończonych (por. m.in. Meester i MacKay 1994, Cameron i in. 2004). Zaproponowany przez nas model MICH ma bardzo uniwersalny charakter i umożliwia opis wielowymiarowych procesów o złożonej dynamice. Zastosowanie specyfikacji ICH do parametryzacji rozkładów brzegowych poszczególnych zmiennych objaśnianych pozwala na uzyskanie odpowiednio dużej masy prawdopodobieństwa dla wartości zero. Autoregresyjna specyfikacja modelu umożliwia uwzględnienie silnej ujemnej lub dodatniej autokorelacji zmiennych, a także odpowiedniej korelacji krzyżowej. Ponadto zastosowanie różnych postaci kopuł pozwala na opisanie odmiennych schematów zależności (powiązań) pomiędzy opisywanymi zmiennymi. W przedstawionym w pracy [B.1] badaniu empirycznym pokazujemy, że model MICH dobrze opisuje dwuwymiarowy proces dyskretnych zmian kursów walutowych EUR/USD i EUR/GBP obserwowanych w bardzo krótkich (kilkuminutowych) przedziałach czasu. Umożliwia on m.in. uwzględnienie efektu grupowania zmienności, a więc tworzenia charakterystycznych zgrupowań w czasie relatywnie dużych dyskretnych zmian cen. Można go również wykorzystać do opisu dynamicznych zależności, które w bardzo krótkich okresach zachodzą pomiędzy parami walut.

Problem łącznego modelowania skorelowanych zmiennych całkowitoliczbowych rozwijamy w pracy [C.7]. Głównym celem tego artykułu jest propozycja nowego modelu ekonometrycznego *Inflated Multivariate Count Hurdle Model* (IMICH) jako szczególnego

³ Konstrukcja modelu ICH polega na odpowiedniej dekompozycji rozkładu prawdopodobieństwa zmiennych całkowitoliczbowych na: (1) rozkład dla pomocniczej zmiennej k o możliwych wartościach $-1, 0, 1$, oznaczających odpowiednio: ujemne, równe zero i dodatnie wartości wyjściowej zmiennej; (2) rozkład dla pomocniczej zmiennej l przyjmującej wartości ze zbioru dodatnich liczb naturalnych, oznaczającej wartość bezwzględną wyjściowej zmiennej (pod warunkiem, że wartość ta była różna od zera). Warunkowe rozkłady prawdopodobieństw zmiennych k i l w modelu ICH charakteryzują się oddzielną dynamiką.

rozwińnięcia modelu MICH. Przedstawiona parametryzacja dyskretnego rozkładu prawdopodobieństwa całkowitoliczbowych zmiennych objaśnianych ma na celu zwiększenie (ang. *inflation*) masy prawdopodobieństwa dla: (1) pewnych konkretnych wartości poszczególnych zmiennych objaśnianych oraz (2) pewnych konkretnych kombinacji wartości zmiennych objaśnianych. Naszą intencją było zaproponowanie takiego modelu ekonometrycznego, który w możliwie dokładny sposób imituje skomplikowaną dynamikę dyskretnych zmian cen ask i bid w arkuszu zleceń, a także ich różnicy czyli spreadu bid-ask, obserwowanych w ciągu bardzo krótkich odstępów czasu. Ponieważ zarówno zmiany cen, jak i zmiany wielkości spreadu bid-ask na rynkach finansowych są często wielokrotnościami 5 tików (pipsów) cenowych, w modelu IMICH uwzględniamy odpowiednie mieszaniny rozkładów statystycznych w celu zwiększenia masy prawdopodobieństwa dla szczególnych wartości zmiennych. Kolejną wartością dodaną badania w zakresie rozwoju metod jest propozycja zawarcia odpowiedniego mechanizmu korekty błędem w równaniach opisujących całkowitoliczbowe zmiany cen, jako że występowanie relacji kointegrującej pomiędzy cenami ask i bid pozwala na uzyskanie stacjonarności spreadu bid-ask. Dodatkowo, w artykule przedstawiamy również metodę oceny jakości dopasowania modelu do danych empirycznych za pomocą całkowitych transformacji prawdopodobieństwa (ang. *probability integral transforms*). Proponujemy również metodę symulacji łącznej funkcji gęstości zmian cen ask i bid z wykorzystaniem algorytmu Metropolisa-Hastingsa. Wyniki analizy empirycznej przeprowadzonej na podstawie zbioru danych TAQ (*Trade and Quotes*) z Giełdy Nowojorskiej (NYSE) wskazują, że model IMICH pozwala na uwzględnienie najważniejszych własności statystycznych zmian cen o bardzo wysokiej częstotliwości.

Tematykę modelowania zmiennych dyskretnych kontynuuję w artykule [D.4]. Przedstawiam w nim specyfikację warunkowego (względem pewnego zbioru informacji) łącznego rozkładu prawdopodobieństwa dla dodatniej zmiennej ciągłej oraz zmiennej dychotomicznej. Bieżące związki pomiędzy zmiennymi należącymi do obu wyróżnionych kategorii proponuję uwzględnić za pomocą koncepcji kopuł. W takim ujęciu zaproponowany przeze mnie model można traktować jako pewne rozwinięcie dwuwymiarowego modelu probitowego przedstawionego przez Winkelmana (2012), w którym postać kopuły odpowiada za związek pomiędzy dwoma ukrytymi zmiennymi ciągłymi powiązanych z obserwowalnymi wartościami zmiennych binarnych. W badaniu [D.4] postaci warunkowych (względem pewnego zbioru informacji) brzegowych rozkładów prawdopodobieństwa wyróżnionych zmiennych objaśnianych mają charakter dynamiczny. W przypadku dodatniej zmiennej ciągłej funkcję gęstości proponuję uzyskać na podstawie modelu ACD z rozkładem Burra, natomiast w przypadku zmiennej dychotomicznej – za pomocą modelu GLARMA. Obie te konstrukcje ekonometryczne umożliwiają opis procesów o dużej persistencji. Dzięki tej własności dwuwymiarowy model dla zmiennej ciągłej i zmiennej binarnej zyskuje bardzo uniwersalny charakter i można go wykorzystywać do szeregów czasowych zmiennych finansowych o bardzo- i ultrawysokiej częstotliwości. Wiele takich zmiennych, opisujących np. wielkość zleceń z limitem ceny, wolumen transakcji, głębokość rynku, spread bid-ask, odstępy czasu pomiędzy kolejnymi transakcjami lub zmianami cen, przyjmuje jedynie dodatnie wartości i zazwyczaj charakteryzuje się bardzo silną dodatnią autokorelacją. Z kolei zmienna binarna w modelu może definiować pewien indyktor zdarzenia np. w odniesieniu do wzrostu ceny

(w porównaniu do jej spadku), złożenia zlecenia rynkowego (w porównaniu ze złożeniem zlecenia z limitem ceny), złożenia zlecenia jawnego (w porównaniu ze złożeniem zlecenia ukrytego), itd. Dodatkową wartością artykułu w obszarze metodologicznym jest propozycja nowej metody weryfikacji jakości dopasowania modelu do danych empirycznych za pomocą całkowitych transformat prawdopodobieństwa. Warto podkreślić, że ta metoda umożliwia nie tylko ocenę adekwatności wyboru postaci parametrycznych rozkładów brzegowych modelowanych zmiennych, ale również ocenę dopasowania rozkładu warunkowego wybranej zmiennej ciągłej (nie tylko względem zbioru informacji, zawierającego odpowiednie realizacje zmiennych w przeszłości, ale również względem bieżących wartości zmiennej dychotomicznej). Taka procedura weryfikacji umożliwia np. porównanie dopasowania konkurencyjnych modeli o różnych postaciach kopuł.

3.1.2. Rozwinięcia modeli sekwencyjnego zawierania transakcji

W mojej pracy naukowej po uzyskaniu stopnia doktora dużo uwagi poświęciłam rozwinięciom modeli ekonometrycznych, w których oszacowaniu podlega tzw. prawdopodobieństwo zawierania transakcji na podstawie posiadanej informacji (ang. *probability of informed trading*, PIN), czyli w związku z przewagą informacyjną nad innymi uczestnikami rynku. Ten szczególny rodzaj ekonometrycznych modeli mikrostruktury rynku nazywany jest modelami sekwencyjnego zawierania transakcji (ang. *sequential trade models*) i stanowi odpowiedź na proponowane w literaturze tzw. teoretyczne modele informacji (ang. *information models*), w których podmioty zawierające transakcje na rynku finansowym zbierają informacje, czyli „uczą się” na podstawie zachowań innych uczestników rynku⁴. Obserwowalne liczby lub sekwencje transakcji kupna i sprzedaży mogą stanowić zatem czytelną przesłankę na temat oczekiwań dotyczących przyszłej wartości instrumentu finansowego. Pierwszy taki model zaproponowali Easley, Kiefer, O’Hara i Paperman w 1996 r., a w literaturze funkcjonuje on pod nazwą EKOP (od pierwszych liter nazwisk autorów). Opisuje on dwuwymiarowy proces liczby transakcji kupna i liczby transakcji sprzedaży jako pewną mieszaninę trzech dwuwymiarowych rozkładów Poissona (por. Easley i in. 1996). Zgodnie z propozycją przedstawioną w pracy Wünsche (2007), w artykule [D.6] do modelu EKOP wykorzystuję odpowiednią mieszaninę trzech dwuwymiarowych rozkładów ujemnych dwumianowych (NegBin). Rozwinięcie to pozwala na uzyskanie większej dyspersji rozkładu liczby transakcji kupna oraz, analogicznie, sprzedaży niż wynika to z zastosowania rozkładu Poissona. Na podstawie wyników estymacji modelu dla danych z międzybankowego kasowego rynku złotego dokonuję identyfikacji okresów, w których na rynek złotego napłynęła dobra informacja (ang. *good news*) i zła informacja (ang. *bad news*), a następnie interpretacji powiązań pomiędzy odpowiednimi szacunkami prawdopodobieństwa napływu nowych sygnałów informacyjnych a kursem EUR/PLN.

⁴ Bardzo istotne znaczenie w tym kontekście ma rozróżnienie pomiędzy transakcjami kupna i transakcjami sprzedaży. W transakcji kupna (sprzedaży) inicjatorem jest kupujący (sprzedający) instrument finansowy, a na rynku kierowanym zleceniami zazwyczaj dochodzi do takiej transakcji w wyniku realizacji rynkowego zlecenia kupna (sprzedaży) względem oczekującego na realizację najbardziej konkurencyjnego zlecenia sprzedaży (kupna) z limitem ceny.

W artykule [E.1] proponuję natomiast pewne rozszerzenie dynamicznej wersji modelu EKOP Easley'a i in. (2008). W oryginalnej wersji modelu pewne funkcje parametrów mieszaniny rozkładów Poissona są opisywane za pomocą specyfikacji VARMA, co umożliwia uzyskanie wahań wynikowej miary PIN w odpowiedzi na obserwowalne nierównowagi liczby zawartych transakcji kupna i sprzedaży. Wkładem badania [E.1] w zakresie rozwoju metod jest autorska propozycja adaptacji modelu EKOP do danych o częstotliwości śróddziennej – poprzez uwzględnienie odpowiednich czynników śróddziennej cykliczności. W artykule wykorzystuję koncepcję elastycznej formy fourierowskiej (ang. *Fourier Flexible Form*), a odpowiednie funkcje wielomianowe opisujące wzorce systematycznej zmienności uwzględniam w dwóch równaniach opisujących (warunkowo względem odpowiedniego zbioru informacji) oczekiwane liczby transakcji zawartych przez uczestników rynku, którzy mają dostęp do nowej informacji lub nie mają do niej dostępu. Zaproponowana modyfikacja pozwala na uzyskanie śróddziennych wahań szacunku prawdopodobieństwa zawierania transakcji w związku z posiadaną przewagą informacyjną. Na podstawie wyników estymacji modelu na przykładzie zbiorów danych z kasowego międzybankowego rynku złotego pokazuję np., że pomiędzy godziną 8:00 a 18:00 czasu środkowoeuropejskiego, największy udział transakcji inicjowanych na podstawie sygnałów informacyjnych ma miejsce rano, w godzinach południowych i późnym popołudniem. Wskazuję również, że wpływ nierównowagi liczby transakcji kupna i sprzedaży na poziom kursu zależy od oceny prawdopodobieństwa zawierania transakcji na podstawie posiadanej informacji, tj. jest odpowiednio większy w okresach o odpowiednio dużym udziale poinformowanych (ang. *informed*) uczestników rynku.

3.1.3. Rozwiązania asymetrycznych modeli ACD

Kolejny cykl moich prac naukowych dotyczy możliwych teoretycznych rozwinięć asymetrycznych modeli ACD (ang. *asymmetric ACD* – AACD) Bauwensa i Giota (2003). Z uwagi na dwurównaniową konstrukcję, a także na bardzo złożoną dynamikę, modele AACD wykorzystywane były w badaniach na podstawie danych UHF dużo rzadziej niż jednorównaniowe modele ACD, a w związku z tym ich podstawowa postać nie podlegała tak licznym modyfikacjom. Konstrukcja modeli AACD bazuje na dynamicznym rozwinięciu modeli konkurencyjnych ryzyk wykorzystywanych w analizie przeżycia, a przedmiotem opisu jest w nich dwuwymiarowa funkcja gęstości rozkładu prawdopodobieństwa dla pary zmiennych x_i i y_i , gdzie x_i oznacza odstęp czasu pomiędzy kolejnymi zdarzeniami procesu transakcyjnego (tzw. czas trwania lub czas oczekiwania), a y_i jest zmienną dychotomiczną, będącą odpowiednim indykatorem rodzaju zdarzenia zaobserwowanego na końcu czasu trwania x_i . W oryginalnej wersji modelu AACD składniki innowacji dla czasu trwania są zmiennymi losowymi o rozkładzie wykładniczym lub rozkładzie Weibulla i taka postać modelu wykorzystywana jest zazwyczaj w badaniach empirycznych (por. Lo i Sapp 2008, Tay i in. 2009, Zhang i in. 2009). W artykule [D.8] proponuję autorską postać modelu AACD, polegającą na wykorzystaniu bardziej ogólnych rodzin rozkładów, tj. rozkładu Burra oraz uogólnionego rozkładu gamma. W artykule [C.2] proponuję natomiast taką konstrukcję modelu ACD, w którym składniki losowe czasów trwania mają uogólniony rozkład beta drugiego rodzaju (ang. *generalized beta distribution of the second kind* – GB2). Wybór rozkładu GB2 w modelach AACD umożliwia uzyskanie niemonotonicznych funkcji hazardu o bardzo różnym

kształcie, co dobrze koresponduje z własnościami empirycznymi zmiennych. Ponadto, rozkład GB2 obejmuje jako szczególne przypadki kilka klas rozkładów dotychczas wykorzystywanych w literaturze do modelowania finansowych czasów trwania (np. rozkład wykładniczy, rozkład Weibulla, rozkład Burra). Rozwinięcia modeli AACD, które proponuję w pracach [D.8] i [C.2] – zgodnie z moją wiedzą po raz pierwszy w światowej literaturze – umożliwiają uzyskanie bardzo precyzyjnego opisu wzorców „skupiania się” bądź „rozpraszania się” zależnych od siebie momentów następowania dwóch rodzajów zdarzeń. W pracy [C.2] pokazuję, że modele AACD z rozkładem GB2 pozwalają na dużo lepsze dopasowanie modelu do danych rzeczywistych w porównaniu ze standardowymi proponowanymi w literaturze specyfikacjami modelu AACD z rozkładem wykładniczym lub rozkładem Weibulla.

W pracach [C.4] oraz [C.6] dokonuję pierwszego w światowej literaturze naukowej – zgodnie z moją wiedzą – rozwinięcia modeli AACD do opisu wielowymiarowego procesu punktowego (ang. *multidimensional point proces*), proponując tzw. wielostanowe asymetryczne modele ACD (ang. *Multistate Asymmetric ACD models* – MAACD). Modele te można traktować jako uogólnienie asymetrycznych modeli ACD na przypadek, w którym możliwych wartości zmiennej y_i , a więc klas (kategorii, rodzajów) zdarzeń na końcu czasu trwania x_i jest więcej niż dwie. Model ma konstrukcję wielorównaniową, a jego poszczególne równania opisują (warunkowe względem pewnego zbioru informacji) wartości oczekiwane odstępów czasu między momentami, w których następują zdarzenia. Konstrukcja modelu ma bardzo uniwersalny charakter i może być wykorzystywana do wnioskowania na temat dynamiki bardzo skomplikowanych systemów składających się z następujących w losowych momentach zdarzeń należących do różnych kategorii. W artykule [C.6] opisuję ogólną konstrukcję modelu MAACD i wyprowadzam odpowiadającą mu funkcję wiarygodności. Proponuję również algorytm symulacji trajektorii czasów trwania i odpowiadających im kategorii zdarzeń. Dziesięciorównaniowy model MAACD wykorzystuję do dogłębnego opisu dynamiki składania i wycofywania różnych rodzajów zleceń na kierowanym zleceniami międzybankowym kasowym rynku złotego (w systemie *Reuters Dealing 3000 Spot Matching*). Na podstawie uzyskanych wyników estymacji oraz symulacji modelu formułuję nowe w literaturze przedmiotu wnioski na temat wybranych mikromechanizmów procesu transakcyjnego, a także przeprowadzam empiryczną weryfikację siedmiu hipotez wynikających z teoretycznych, matematycznych modeli mikrostruktury rynku.

W artykule [C.4] przedstawiam możliwą modyfikację modelu MAACD na podstawie nieliniowej transformacji postaci funkcyjnych równań opisujących (warunkowe) wartości oczekiwane czasów trwania. Ponadto proponuję definicje reszt modelu w odniesieniu do wyjściowych zmiennych x_i i y_i , a także sposób wykorzystania oszacowań modelu MAACD do opisu zmiennych w czasie (warunkowych względem pewnego zbioru informacji) prawdopodobieństw zarejestrowania poszczególnych kategorii zdarzeń w wybranych momentach czasu w przeszłości. Prezentowane rozważania teoretyczne dają szerokie pole możliwych zastosowań empirycznych modelu MAACD. Narzędzie to może być bowiem wykorzystywane do predykcji nie tylko długości czasu jaki upływa do kolejnego zdarzenia (w przypadku badań mikrostruktury rynku – np. do kolejnej transakcji, zmiany kursu, zlecenia), ale również rodzaju takiego zdarzenia (w kontekście badań mikrostruktury rynku może to oznaczać np. czy w danym momencie należy oczekiwać transakcji kupna czy sprzedaży, czy

zlecenie będzie jawne czy ukryte, itd.). Należy podkreślić, że zagadnienia nt. teorii i zastosowań modeli AACD, które opisuję w języku angielskim w artykułach [C.2], [C.4] i [C.6] (w czasopismach z części A listy czasopism punktowanych MNiSW), a przez to poddaję ocenie środowiska międzynarodowego, szerzej omawiam w monografii [A.1].

3.1.4. Łączenie prognoz VaR

W krótkim artykule [D.3] proponuję nowy sposób łączenia (kombinowania) prognoz wartości zagrożonej (*Value at Risk* – VaR). Zaprezentowany pomysł ważenia prognoz polega na potraktowaniu oszacowań wartości zagrożonej wynikających z poszczególnych specyfikacji konkurencyjnych modeli zmienności jako potencjalnych zmiennych objaśniających w odpowiednim modelu regresji kwantylowej dla stóp zwrotu (przy założonym poziomie prawdopodobieństwa). Wartość zagrożona otrzymana na podstawie regresji kwantylowej stanowi wtedy pewną kombinacją liniową poszczególnych prognoz VaR, w przypadku których odpowiednie wagi są równe ocenom parametrów modelu. Do wyboru optymalnej kombinacji prognoz proponuję wykorzystanie algorytmu uczącego *boosting*. Ponieważ otrzymana na tej podstawie jakość modelu VaR dla stóp zwrotu z indeksu S&P500 uległa znacznej poprawie (w porównaniu z jej odpowiednikami otrzymanymi na podstawie klasycznych modeli zmienności), zaproponowana metoda wydaje się obiecująca, a badania w tym obszarze tematycznym planuję kontynuować w przyszłości.

3.2. Badania naukowe w obszarze empirycznych analiz mikrostruktury rynku

3.2.1. Analiza przepływu zleceń

W artykule [D.9]⁵ po raz pierwszy w polskiej literaturze naukowej omawiam problematykę modelowania kursu walutowego w kontekście mikrostruktury rynku. Przedmiotem badania jest koncepcja przepływu (strumienia) zleceń (ang. *order flow*), jako podstawowej miary niejednorodnego dostępu do informacji uczestników procesu transakcyjnego (por. m.in. Evans i Lyons 2002a, Evans i Lyons 2002b). Przepływ zleceń, zazwyczaj definiowany jako różnica pomiędzy liczbą lub wartością transakcji, których inicjatorem jest strona popytu (transakcji zakupu), a liczbą lub wartością transakcji, których inicjatorem jest strona podaży (transakcji sprzedaży), może mieć dużą wartość informacyjną w kontekście przyszłych zmian kursu, agregując poszczególne sygnały informacyjne i odzwierciedlając skalę zróżnicowania oczekiwań uczestników rynku⁶. W badaniu dokumentuję np. istotny statystycznie dodatni wpływ przepływu zleceń wyrażonego w mln. euro (zarejestrowanego w międzybankowym systemie transakcyjnym *Reuters Dealing 3000 Spot Matching*) na zmiany kursu EUR/PLN w II połowie 2004 r. oraz w 2007 r. dla różnych częstotliwości pomiaru tych zmiennych. Otrzymany wynik potwierdza wnioski z badań prezentowanych w literaturze światowej dla innych par

⁵ Artykuł [D.9] uzyskał Nagrodę w Konkursie Prezesa Narodowego Banku Polskiego na najlepszy artykuł opublikowany na łamach czasopisma „Bank i Kredyt” w 2010 r.

⁶ Problematykę przepływu zleceń, definicji i znaczenia informacji na rynku walutowym rozwijam w monografii [A.1].

walutowych. W artykule pokazuję ponadto, że siła związku strumienia zleceń z kursem złotego podlega wahaniom w czasie. Reakcja kursu EUR/PLN na zakup netto (ang. *net buy*) euro jest różna w 2004 r. i 2007 r., co wynika przede wszystkim z różnej wielkości rynku złotego w tych okresach. Na podstawie autorskiego rozwinięcia modelu ekonometrycznego klasy GARCH, który odpowiednio zmodyfikowałam za pomocą transformaty Fouriera, wykazuję ponadto, że skala wpływu strumienia zleceń na kurs złotego fluktuuje wraz z chwilowym poziomem płynności rynku przybliżonym porą dnia i wielkością spreadu bid-ask. Kolejnym ważnym elementem mojego badania jest dokonanie wszechstronnej analizy dynamiki przepływu zleceń. Z uwagi na szczególne własności tej zmiennej, przede wszystkim dyskretną przestrzeń jej wartości, znaczną koncentrację masy prawdopodobieństwa w wartości zero oraz autokorelację, do jej opisu wykorzystuję dynamiczny model *Integer Count Hurdle* Liesenfelda i in. (2006). Wyniki estymacji pozwoliły mi między innymi na sformułowanie wniosków na temat zjawiska podążania za trendem (ang. *trend chasing*) na rynku walutowym oraz czynników zwiększających skalę nierównowagi między wartościami transakcji kupna i sprzedaży.

Badania dynamicznych zależności pomiędzy przepływem zleceń a kursem walutowym są przeze mnie kontynuowane w artykule [D.7]. Opisuję w nim reakcję kursu złotego na publikację danych makroekonomicznych dotyczących sytuacji gospodarczej w Polsce w 2007 r. W badaniu korzystam z dwurówniowego modelu VAR dla stóp zwrotu z kursu EUR/PLN oraz przepływu zleceń, który szacuję na podstawie szeregów czasowych o dwuminutowej częstotliwości. Wykazuję, że prawie cały wpływ zaskoczenia informacyjnego uwzględniony jest w nowym poziomie kursu złotego w ciągu zaledwie kilku minut po publikacji komunikatu makroekonomicznego. Pośredni kanał transmisji wynikający z nierównowagi liczby transakcji kupna i sprzedaży odpowiada za około 50% wartości reakcji kursu walutowego na nową informację. Pozostała część dostosowań wynika z kwotowań kursu EUR/PLN uwzględnionych w napływających na rynek zleceniach z limitem ceny.

3.2.2. Zagadnienia związane z wyborem zleceń

W moich badaniach naukowych po uzyskaniu stopnia doktora dużo uwagi poświęciłam identyfikacji czynników wpływających na wybór rodzaju zleceń przez uczestników rynku. Ten obszar zagadnień mikrostruktury rynku jest wyjątkowo ważny, bowiem zagregowane „drobne” działania poszczególnych podmiotów odnośnie tego, kiedy (tzn. w jakim momencie?) oraz jakie zlecenie (tzn. konkretnie jakiego rodzaju?) należy złożyć (lub wycofać z arkusza) w skali makro determinują zarówno poziom cen, jak i podstawowe własności rynku kierowanego zleceniami – jego efektywność oraz poziom płynności. We wspomnianym wcześniej artykule [C.6], na podstawie wyników estymacji modelu MAACD poddaję dyskusji takie czynniki, które wpływają na preferencje dealerów na rynku międzybankowym odnośnie do wykorzystania zleceń rynkowych (skutkujących natychmiastowym zawarciem transakcji) i zleceń z limitem ceny (nie prowadzących do natychmiastowego zawarcia transakcji, ale powiększającym głębokość rynku) składanych na trzech różnych poziomach arkusza zleceń i po jego różnych stronach. Wyniki moich analiz uzupełniają wnioski formułowane w literaturze światowej w odniesieniu zarówno do rynku walutowego, jak i do giełdowych rynków akcji (por. m.in. Lo i Sapp 2010, Danielsson i Payne 2012, Malo i Pennanen 2012).

Przedmiotem badań prezentowanych w artykule [D.2]⁷ jest identyfikacja czynników, które aproksymując chwilowy poziom płynności międzybankowego kasowego rynku walutowego bądź sygnalizując napływ nowej informacji, oddziałują na decyzję dealerów o nieujawnieniu całkowitej wielkości zlecenia z limitem ceny w systemie transakcyjnym *Reuters Dealing 3000 Spot Matching*. Według mojej wiedzy jest to pierwsze badanie na świecie na temat wykorzystania zleceń ukrytych na kasowym rynku walutowym. Ponieważ czynniki wpływające na decyzję o ukryciu całkowitej wielkości zlecenia mogą być różne w przypadku zleceń składanych po różnych stronach rynku i w różnej odległości od kursu średniego (choćby z uwagi na różną podatność takich zleceń na drapieżne strategie transakcyjne – ang. *predatory trading*), w artykule prezentuję wyniki oszacowań różnych modeli probitowych dla zmiennych będących indykatorami zleceń ukrytych na różnych poziomach arkusza zleceń. Wyniki badania są bardzo obszerne i szczegółowe. Pokazują na przykład, że skłonność do nieujawniania zlecenia zależy od jego całkowitej wielkości. Dealerzy zazwyczaj ukrywają duże zlecenia, unikając w ten sposób ewentualnego ujawnienia swoich oczekiwań i strategii handlowych. Widoczne dla innych uczestników rynku zlecenia o bardzo małej wielkości są często zaledwie wierzchołkiem bardzo dużego zlecenia – „góry lodowej” (ang. *iceberg order*), którego zasadnicza część pozostaje nieujawniona. Pokazuję, że prawdopodobieństwo ukrycia całkowitej wielkości zlecenia rośnie wraz ze wzrostem jego konkurencyjności (wraz ze zmniejszaniem odległości od najlepszego kwotowania po przeciwnej stronie rynku). Zależy także od pory dnia, w której zlecenie zostało złożone, miar płynności rynku (np. spreadu bid-ask, całkowitej wielkości zleceń oczekujących w arkuszu), od kategorii zleceń złożonych bezpośrednio wcześniej, kierunku zmian kursu i jego zmienności, aczkolwiek wpływ tych czynników jest różny dla zleceń składanych na różnych poziomach arkusza.

3.2.3. Analiza płynności rynku

W empirycznych badaniach mikrostruktury rynków finansowych centralnym zagadnieniem jest pomiar i prognozowanie płynności rynku. Artykuł [D.1] wpisuje się w ten nurt analiz, gdyż tematem badania jest opis dynamiki ośmiu różnych miar chwilowej płynności kasowego międzybankowego rynku złotego (na przykładzie pary walutowej EUR/PLN), tj. spreadu bid-ask, głębokości rynku po stronie ask i bid, wielkości reakcji kursu na pojedynczą transakcję, a także autorskich propozycji współczynników opisujących strukturę arkusza zleceń. W tym kontekście proponuję np. tzw. „obszar płynności” (ang. *liquidity area*) jako pewną funkcję wielkości zleceń kupna lub sprzedaży z limitem ceny złożonych na pięciu najbardziej konkurencyjnych poziomach arkusza zleceń. W celu uwzględnienia własności długiej pamięci analizowanych zmiennych do ich opisu proponuję wykorzystanie zintegrowanych ułamkowo modeli ACD (ang. *fractionally integrated ACD*). W artykule omawiam schematy śróddziennej sezonowości miar płynności, identyfikuję również czynniki, które przyczyniają się do ich wahań w czasie. Otrzymane wyniki wskazują między innymi, że wartość spreadu bid-ask wzrasta, a głębokość rynku spada w okresach o dużej zmienności kursu walutowego. Wraz ze wzrostem wolumenu transakcji wpływ pojedynczych zleceń rynkowych na poziom kursu jest

⁷ Artykuł [D.2] otrzymał II Nagrodę w Konkursie Prezesa Narodowego Banku Polskiego na najlepszy artykuł opublikowany na łamach czasopisma „Bank i Kredyt” w 2014 r.

coraz mniejszy, natomiast równolegle ze wzrostem liczby zleceń rynkowych wzrasta również podaż płynności w postaci zleceń z limitem ceny. W badaniu [D.1] pokazuję również, że struktura arkusza zleceń ma wartość informacyjną w kontekście analizy quasi-technicznej, odzwierciedla bowiem pewne oczekiwania uczestników rynku odnośnie kierunku zmiany kursu, tzn. np. w okresach deprecjacji złotego spada głębokość rynku, a więc liczba wprowadzonych do arkusza zleceń z limitem ceny sprzedaży euro (kupna złotego).

W badaniu [D.5] podejmuję dyskusję na temat wpływu wolumenu transakcji na wartości różnych kwantyli rozkładu stóp zwrotu z kursu walutowego (na przykładzie kursu EUR/PLN). Na podstawie nieliniowych modeli regresji kwantylowej formułuję wnioski na temat śróddziennej sezonowości (warunkowego względem pewnego zbioru informacji) rozkładu stóp zwrotu, a także na temat różnego oddziaływania oczekiwanej (na podstawie wartości zaobserwowanych w przeszłości) i nieoczekiwanej (niewynikającej z kształtowania się zmiennych w przeszłości) wielkości transakcji wymiany walutowej na poszczególne kwantyle rozkładu stóp zwrotu z kursu EUR/PLN. Wynik badania wskazuje, że „niedoczekiwany” wolumen transakcji ma znacznie większy co do wartości wpływ na zakres wahań kursu niż wolumen, który można zaprognozować na podstawie jego opóźnionych wartości. Wpływ wolumenu transakcji jest przy tym największy dla skrajnych kwantyli rozkładu, odpowiadających ekstremalnym realizacjom stóp zwrotu. Wniosek ten ma zasadnicze znaczenie w kontekście modelowania ryzyka rynkowego, bowiem – w przypadku dostępu do odpowiednich zbiorów danych – wskazuje na zasadność uwzględnienia liczby dokonanych transakcji jako dodatkowej zmiennej objaśniającej bardzo duże wahania cen.

3.3. Badania naukowe w obszarze zagadnień gerontologicznych

W 2013 r. zostałam zaproszona do współpracy naukowej z Kliniką Geriatrii Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku (UMB) w zakresie zagadnień gerontologicznych.

Na początku zostałam włączona do projektu statutowego UMB nr 133-01615P, w którym byłam odpowiedzialna za konstrukcję, oszacowanie, weryfikację i interpretację ekonometrycznego modelu przeżycia pacjentów geriatrycznych. W tym retrospektywnym badaniu osób starszych wśród potencjalnych czynników prognozujących śmiertelność uwzględniłam obok zmiennych demograficznych wiele zmiennych klinicznych, wskaźników biochemicznych i chorobowych oraz opisujących sprawność funkcjonalną. Dokonane przeze mnie oszacowania (warunkowej względem pewnego zbioru informacji) oczekiwanej długości przeżycia na podstawie modelu proporcjonalnego hazardu Coxa wymagały zastosowania procedury wielokrotnej imputacji (ang. *multiple imputation*) brakujących obserwacji zmiennych objaśniających. Praca zaowocowała publikacją [C.5], której jestem drugim autorem nie tylko z powodu zastosowania odpowiednich narzędzi ilościowych, ale weryfikacji modeli, przedstawionej analizy graficznej oszacowań funkcji przeżycia i ich odpowiedniej interpretacji, a także opisanie i częściowej dyskusji otrzymanych wyników. Wnioski z przeprowadzonego badania wskazują np., iż nie tylko starszy wiek, gorsza sprawność funkcjonalna w życiu codziennym i wielochorobowość prognozują krótsze trwanie życia. Na wydłużenie życia schorowanych i najstarszych seniorów pozytywnie wpływa również umiarkowana otyłość, wyższy poziom cholesterolu i wyższy poziom hemoglobiny we krwi. Wyniki tej pracy

potwierdzają formułowane wspólnie w literaturze przedmiotu stanowisko na temat tzw. „paradoksu metabolicznego”, zgodnie z którym niższa śmiertelność wyjaśniana jest odpowiednimi zasobami rezerw ustrojowych populacji osób najstarszych, cechujących się najwyższym wskaźnikiem wielochorobowości i najmniej sprawnych.

Drugim badaniem, podjętym we współpracy reprezentowanego przez mnie Instytutu Ekonometrii Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie z Kliniką Geriatrii Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku, była praca statutowa UMB nr 153-01621P o czynnikach wpływających na subiektywne poczucie dobrostanu (ang. *subjective well-being*) u pacjentów geriatrycznych. Na podstawie oszacowań wielomianowych modeli logitowych zmiennych uporządkowanych wyłoniłam i poddałam interpretacji czynniki obiektywne, tj. zmienne demograficzne, mierzące rzeczywistą sytuację materialną, a także dotyczące aktualnego stanu zdrowia lub obecności sytuacji stresogennych, które wpływają na trzy wymiary subiektywnego dobrostanu, a mianowicie na poczucie samotności, samoocenę stanu zdrowia w porównaniu do rówieśników i natężenie objawów depresji u badanych. Artykuł [C.3] podsumowujący te analizy pozwala na sformułowanie wniosku, że subiektywne poczucie dobrostanu zależy nie tylko od obiektywnego stanu zdrowia i poziomu wykształcenia aproksymowanego liczbą lat edukacji, ale również od rzeczywistej mobilności, czyli szybkości poruszania się pacjentów mierzonej za pomocą testu „Wstań i Idź” (ang. *Timed Up & Go*), co stanowi *novum* w literaturze przedmiotu.

Trzecim projektem badawczym prowadzonym we współpracy z UMB (praca statutowa nr N/ST/ZB/16/002/3301) było badanie czynników wpływających na poziom obciążenia nieformalnych opiekunów rodzinnych (najczęściej jest to dziecko lub współmałżonek) osób starszych według tzw. skali COPE mierzącej negatywny wpływ opieki na opiekuna (ang. *negative impact of care*). W artykule [C.1] na podstawie wyników modeli regresji logistycznej popartych również statystycznymi metodami krosvalidacji wskazuję, że cierpienie opiekunów rodzinnych związane z opieką nad przewlekle chorymi seniorami wynika z samooceny ich ogólnego stanu zdrowia, wewnętrznego poczucia oparcia u rodziny, przyjaciół bądź instytucji, a także subiektywnego odczucia radzenia sobie z wyzwaniami. Wśród wielu rozpatrzonych czynników zależnych od podopiecznego jedyną zmienną istotnie wpływającą na zwiększenie cierpienia u opiekuna okazał się stopień unieruchomienia podopiecznego. Powierzenie mi funkcji pierwszego autora tej publikacji oznacza, że byłam odpowiedzialna nie tylko za przeprowadzenie analiz ekonometrycznych, ale również współodpowiedzialna za koncepcję badania, pisanie i redakcję artykułu oraz za sprawowanie funkcji autora korespondencyjnego z wydawcą.

Gerontologiczny wątek mojej aktywności naukowej stanowi dowód na to, że istnieje ogromne zapotrzebowanie interdyscyplinarnej współpracy statystyków lub ekonometryków z geriatrami lub gerontologami, zwłaszcza w dobie obserwowanego aktualnie przyspieszonego starzenia populacji światowej. Niejednorodność cech tego najstarszego segmentu populacji wymaga stosowania coraz bardziej zaawansowanych metod badawczych, a w szczególności metod ekonometrycznych, do opisywania złożonych zależności między zmiennymi zależnymi od naturalnego procesu starzenia a czynnikami modyfikującymi ten przebieg.

4. Omówienie osiągnięcia przedstawionego do oceny

Jako osiągnięcie, o którym mowa w art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.), wskazuję monografię mojego autorstwa pt. „Mikrostruktura rynku. Ekonometryczne modelowanie dynamiki procesu transakcyjnego” (rok wydania: 2016, wydawca: Oficyna Wydawnicza SGH, recenzent wydawniczy: prof. dr hab. Małgorzata Doman).

Przedmiotem monografii są zagadnienia mikrostruktury rynków kierowanych zleceniami przy szczególnym uwzględnieniu międzybankowego kasowego rynku walutowego. Głównym jej celem jest dogłębna dyskusja mechanizmów procesu transakcyjnego, prowadzących do formowania się w skali mikro poziomu cen i ich zmienności, a także różnych miar płynności rynku. Osią omówionych zagadnień jest dynamika, która rozumiana jest bardzo szeroko, a więc np. w odniesieniu do zmiennego tempa napływu różnych kategorii zleceń i ich wycofywania z rynku, fluktuacji intensywności zawierania transakcji oraz wahań cen. Główna tematyka monografii koncentruje się na sformalizowanych narzędziach badań mikrostruktury rynku, zarówno w odniesieniu do ich konstrukcji teoretycznej, jak i zastosowań empirycznych, np. wielowymiarowych modelach napływu zleceń lub nowatorskich metodach szacunku zmienności na podstawie sekwencji odstępów czasu między kolejnymi zmianami cen o zadanej wielkości.

Zagadnienia mikrostruktury rynku przedstawiam w ujęciu ekonometrycznym, co znajduje odzwierciedlenie w doborze diskutowanych wątków i wyważeniu poszczególnych bloków tematycznych. Przeważająca część wywodu dotyczy *stricte* warsztatu badań empirycznych mikrostruktury rynku, a więc ma charakter ilościowy. Instrumentarium w tym zakresie stanowią specjalistyczne metody analizy danych o ultrawysokiej częstotliwości, służące modelowaniu tempa następowania poszczególnych mikro zdarzeń procesu transakcyjnego: składania zleceń lub ich usuwania z arkusza, zmian cen lub zaobserwowania odpowiednio dużych przyrostów skumulowanego wolumenu transakcji. Ponieważ momenty następowania takich mikro zdarzeń są losowe, a zatem nieregularnie rozmieszczone względem jednostek czasu, ich łączną dynamikę opisuję za pomocą jedno- i wielowymiarowych modeli procesów punktowych. Za szczególną wartość dodaną monografii uważam dyskusję nt. autorskich propozycji konstrukcji ekonometrycznych, czyli modeli MAACD oraz prezentację autorskich metod oceny jakości dopasowania modeli ekonometrycznych procesów punktowych do danych empirycznych. Ponadto, w książce przedstawiam modele opisywane w zagranicznej literaturze naukowej, tj. modele Hawkesa (ang. *Hawkes models*) lub modele autoregresyjnej warunkowej intensywności (ang. *autoregressive conditional intensity models* – ACI), a także, niekiedy, modele opisywane w polskiej literaturze naukowej, tj. modele ACD. Chciałabym podkreślić, że poza modelami ACD, wszystkie omawiane w monografii narzędzia analizy finansowych szeregów czasowych o ultrawysokiej częstotliwości nie były dotychczas wykorzystywane w polskich badaniach naukowych.

Oprócz szerokich studiów literaturowych i wywodu metodologicznego monografię bogato ilustruję autorskimi badaniami międzybankowego kasowego rynku walutowego na podstawie zbiorów danych z systemu *Reuters Dealing 3000 Spot Matching* w odniesieniu do pary walutowej EUR/PLN. Wszystkie przykłady empiryczne mają charakter oryginalny, a więc nie były przeze mnie wcześniej publikowane. Dotyczą one bardzo wielu aspektów funkcjonowania

rynku, m.in. zmiennego w czasie oddziaływania strumienia zleceń na kurs EUR/PLN, efektu skupiania się (grupowania) różnych kategorii mikro zdarzeń w czasie (transakcji, zleceń, przyrostów wolumenu transakcji, zmian kursu), zależności pomiędzy różnymi kategoriami następujących po sobie mikro zdarzeń. W prezentowanych badaniach empirycznych przeprowadzam dogłębne i wszechstronne studium aktywności dealerów walutowych, których każda decyzja i działanie utrwalana jest w zmianie struktury arkusza zleceń. Dokonuję również konfrontacji wyników otrzymanych na podstawie autorskich modeli ekonometrycznych z wnioskami wynikającymi z proponowanych w literaturze teoretycznych, matematycznych modeli mikrostruktury rynku. Empirycznej weryfikacji poddaję jedenaście hipotez odnoszących się do systematycznych wzorców następowania po sobie różnych rodzajów zleceń, a także czynników wpływających na wybór rodzaju zlecenia. Ponieważ szczegółowe cele badawcze, wyniki analiz oraz ich znaczenie dla rozwoju nauki są zróżnicowane tematycznie, poniżej omawiam je zgodnie z podziałem na poszczególne rozdziały monografii.

W rozdziale 1 pt. „Mikrostruktura rynków kierowanych zleceniami – podstawowe wiadomości” podejmuję dyskusję na temat głównych zagadnień mikrostruktury rynku. Ze względu na kierunek badań prezentowanych w dalszej części książki, na podstawie szerokich studiów literaturowych omawiam przede wszystkim własności i dynamikę wybranych kategorii zleceń, a także powiązanie z nimi szanse i zagrożenia. W tym rozdziale dokonuję również syntetycznego przeglądu formułowanych w literaturze matematycznych modeli opisujących proces składania zleceń jako pewną wieloetapową grę strategiczną pomiędzy podmiotami rynku. Przedstawiam jedenaście wynikających z takich modeli hipotez badawczych, które w dalszej części monografii są przedmiotem weryfikacji empirycznej. Ponadto, naświetlam aktualnie „gorące tematy” wśród zagadnień mikrostruktury rynku, np. zagadnienia obrotu ukrytą płynnością (ang. *dark liquidity*), czyli składanie niejawnych zleceń kupna/sprzedazy; a także coraz bardziej powszechne strategie handlu wysokiej częstotliwości (ang. *high-frequency trading*), w przypadku których zlecenia inicjowane są najczęściej przez algorytmy komputerowe po upływie ułamku sekundy od zarejestrowania impulsu informacyjnego.

Zaprezentowane w rozdziale 1 aspekty funkcjonowania rynków finansowych w ujęciu mikro i przy szczególnym zaakcentowaniu problematyki wyboru rodzaju zlecenia stanowią *novum* w polskiej literaturze naukowej. Za wartość dodaną tego rozdziału uważam w szczególności dyskusję na temat powiązań napływu lub realizacji poszczególnych typów zleceń z fluktuacją różnych wymiarów płynności rynku oraz obserwowanych zmian poziomu cen. W tym kontekście wskazuję na czynniki, które odzwierciedlając chwilowy „stan rynku”, a więc np. jego płynność aproksymowaną strukturą arkusza zleceń oraz kierunek zmian cen i ich zmienność, oddziałują na podejmowane przez uczestników rynku szczegółowe decyzje odnośnie tego, kiedy i jakie zlecenie należy złożyć lub – w przypadku zleceń z limitem ceny – wycofać z arkusza. Na podstawie szerokich studiów literaturowych wykazuję, że zarówno wybór rodzaju, jak i momentu złożenia bądź wycofania zlecenia z arkusza zleceń jest bardzo skomplikowanym problemem decyzyjnym, który zależy zarówno od określonych czynników egzogenicznych, jak i obserwowalnych oraz oczekiwanych działań podejmowanych przez pozostałe podmioty rynku.

Wywód prezentowany w rozdziale 1 uważam za ważny, bowiem dotyczy on przede wszystkim rynków kierowanych zleceniami, które są coraz bardziej powszechne głównie dzięki różnym

funkcjonalnościom elektronicznych systemów transakcyjnych. Unaocznienie istoty omawianych w tym rozdziale prawidłowości jest ważne nie tylko z punktu widzenia środowisk akademickich zainteresowanych wkładem w rozwój ekonomii w zakresie badań podstawowych, czyli *per se* naturą obserwowanych mechanizmów. Ze względu na rozwój strategii obrotu wysokich częstotliwości, może mieć także znaczenie poznawcze i utylitarne dla regulatora rynku, a więc instytucji troszczących się o stabilność funkcjonowania rynków finansowych.

Przedmiotem rozdziału 2 pt. „Mikrostruktura rynku FX” są główne zagadnienia mikrostruktury kasowego rynku walutowego. Omawiam w nim funkcjonowanie takiego rynku przy szczególnym uwzględnieniu elektronicznych systemów transakcyjnych, które automatycznie kojarzą napływające zlecenia kupna i sprzedaży (na przykładzie systemu *Reuters Dealing 3000 Spot Matching*). Zasadniczą kwestią dyskutowaną w tej części monografii jest pojęcie informacji oraz możliwego spektrum sygnałów mających znaczenie informacyjne w kontekście procesu zawierania transakcji na rynku walutowym. Akcentuję przy tym fakt, że w odróżnieniu od rynku akcji, w przypadku rynku walutowego źródła nowej informacji są dużo bardziej heterogeniczne. Mogą być nimi np. komunikaty makroekonomiczne, chwilowy poziom płynności rynku, trendy dotyczące kształtowania się kursów walutowych i ich zmienności, a także – w przypadku rynku międzybankowego – popyt zgłaszany na daną walutę przez klientów banku.

Za wartość dodaną rozdziału 2 uważam w szczególności dyskusję nt. znaczenia informacji w procesie cenotwórczym. Wskazuję, że zagregowana wiedza poszczególnych uczestników rynku oraz suma ich preferencji i oczekiwań, a więc wypadkowa wszelkich sygnałów informacyjnych, są odzwierciedlane w wartości obserwowanego przepływu (strumienia) zleceń, czyli dysproporcji pomiędzy liczbą lub wartością transakcji kupna i sprzedaży. Na tle prowadzonego w tym rozdziale wywodu eksponuję relację wiążącą strumień zleceń z kursem walutowym, jako pewien mechanizm „głosowania” uczestników rynku odpowiednio za aprecjacją waluty bazowej (dodatni przepływ zleceń) lub deprecjacją waluty bazowej (ujemny przepływ zleceń). W tym ujęciu przepływ zleceń można postrzegać jako pewien kanał transmisji, dzięki któremu rozproszone między uczestnikami rynku sygnały informacyjne w sposób systematyczny wbudowywane są w poziom kursu walutowego. Oprócz szerokiej dyskusji koncepcyjnej na temat specyfiki mechanizmu formowania się kursu walutowego w ujęciu mikro, w rozdziale drugim omawiam wzorce śróddziennej sezonowości wybranych zmiennych opisujących funkcjonowanie kasowego rynku walutowego. Czynię to zarówno na podstawie autorskich analiz empirycznych, jak i stosunkowo nielicznych wyników badań zagranicznych. Moim wkładem jest także zaproponowanie sposobu pomiaru siły związku pomiędzy strumieniem zleceń i kursem EUR/PLN w latach 2007-2009 za pomocą modelu ze zmiennymi w czasie parametrami oraz warunkową heteroskedastycznością (TVP-GARCH model). Dzięki takiej specyfikacji modelu, dynamika relacji wiążącej zmienne jest opisywana za pomocą modelu zapisanego w przestrzeni stanów, co umożliwia oszacowanie w zamierzeniu niestabilnego (podlegającego wahaniom w czasie) parametru określającego wpływ strumienia zleceń na kurs walutowy. Wyniki przedstawionego w rozdziale 2 badania empirycznego kwestionują często zakładaną w zagranicznej literaturze naukowej stabilność relacji pomiędzy zmiennymi, co w przypadku analizowanego kursu EUR/PLN można wytłumaczyć m.in. silną

i gwałtowną deprecjacją złotego w okresie sierpień 2008 - luty 2009. W badaniu pokazuję np., że w okresie stabilnej aprecjacji złotego między styczniem 2007 r. a lipcem 2008 r., wpływ nadwyżki liczby transakcji kupna nad liczbą transakcji sprzedaży na poziom kursu był o co najmniej kilkanaście pipsów (setnych grosza) niższy niż w okresie deprecjacji polskiej waluty.

Celem rozdziału 3 pt. „Proces transakcyjny jako wielowymiarowy proces punktowy” jest omówienie podstawowych koncepcji i pojęć ilościowych wykorzystywanych w badaniach empirycznych mikrostruktury rynku, a także szczególnych własności statystycznych zmiennych finansowych rejestrowanych z ultrawysoką częstotliwością, tj. w momentach zachodzenia odpowiadających im mikro zdarzeń. W rozdziale tym definiuję pojęcia probabilistyczne oraz statystyczne, takie jak np. jedno- i wielowymiarowy proces punktowy oraz funkcja intensywności. Szczególną uwagę skupiam na tych własnościach finansowych szeregów czasowych o ultrawysokiej częstotliwości, które wiążą się z czynnikiem czasu i implikują obserwowalną w skali mikro dynamikę funkcjonowania rynku finansowego.

Wartością dodaną rozdziału 3 jest pogłębienie wiedzy na temat zjawiska sekwencyjności oraz skupiania w czasie różnych rodzajów mikro zdarzeń procesu transakcyjnego (tj. zleceń, transakcji, zmian kursu, przyrostów wolumenu transakcji), przy dodatkowym uwzględnieniu składnika śróddziennej cykliczności. Na szczególną uwagę w tym kontekście zasługuje unikalne pod względem stopnia szczegółowości (również na tle badań zagranicznych) badanie empiryczne dynamiki procesu składania i odwoływania zleceń kupna i sprzedaży waluty bazowej przez dealerów walutowych, w przypadku którego wyodrębniam aż 10 kategorii mikro zdarzeń. Jako możliwe mikro zdarzenia wyróżniam m.in. składanie zleceń skutkujących natychmiastowym zawarciem transakcji (zleceń rynkowych i tzw. „agresywnych” zleceń z limitem ceny), a także zleceń z limitem ceny, które odpowiednio kwalifikuję do różnych kategorii w zależności od różnicy kursu takich zleceń od chwilowego kursu średniego – tzn. w zależności od tego, na jakim poziomie arkusza zlecenia takie zostały złożone. Wyniki zaprezentowanych w rozdziale 3 opisowych analiz statystycznych wskazują, że scenariusz następowania po sobie mikro zdarzeń procesu punktowego, a więc utrwalonych „śladów” decyzji poszczególnych uczestników rynku, jest bardzo złożony, chociaż sekwencje mikro zdarzeń mają w dużym stopniu charakter systematyczny. W rozdziale tym dowodzę przede wszystkim, że poszczególne mikro zdarzenia „grawitują ku sobie” na osi czasu, a więc mają tendencję do pojawiania się „falami”, czyli w pewnych zgrupowaniach (skupiskach) w czasie. Ponadto – co jest bardzo ważne w kontekście proponowanych przeze mnie w dalszej części monografii modeli MAACD – kategorie, czyli rodzaje oczekiwanych w przyszłości mikro zdarzeń w ogromnym stopniu zależą od rodzajów mikro zdarzeń zaobserwowanych wcześniej. Moim wkładem jest np. wykazanie, że charakterystyczne wzorce sekwencji na rynku walutowym dotyczą m.in. (1) tendencji do układania się rynkowych zleceń kupna, a więc także transakcji kupna (analogicznie sprzedaży) w długie serie i stosunkowo rzadkie następowanie rynkowych zleceń kupna (sprzedaży) po rynkowych zleceniach sprzedaży (kupna); (2) składania zleceń kupna (sprzedaży) z limitem ceny między widełkami spreadu bid-ask, tj. między najlepszą ceną bid i ask w arkuszu, bezpośrednio po zaobserwowaniu dokonującej erozji płynności transakcji sprzedaży (kupna); (3) napływu zleceń rynkowych kupna (sprzedaży) bezpośrednio po zaobserwowaniu poprawiających najlepszą cenę ask zleceń sprzedaży (poprawiających najlepszą cenę bid zleceń kupna) z limitem ceny; (4) składania

i natychmiastowego odwoływania bardzo konkurencyjnych zleceń kupna (sprzedaży) z limitem ceny w celu stworzenia iluzji podaży płynności. Według mojej wiedzy są to jedne z pierwszych na świecie i wciąż bardzo nielicznych wyników analiz procesu zawierania transakcji na rynku walutowym.

W rozdziale 4 pt. „Podstawowe koncepcje modeli intensywności” omawiam definicje i twierdzenia probabilistyczne, umożliwiające zarówno konstrukcję, jak również estymację i weryfikację ekonometrycznych modeli procesów punktowych. Na podstawie probabilistycznego twierdzenia o losowej zmianie czasu (ang. *random time change theorem*) proponuję autorską metodę weryfikacji zarówno jedno-, jak i wielowymiarowych modeli intensywności oraz modeli czasów trwania, polegającą na ocenie kształtu histogramu określonej transformacji oszacowań funkcji intensywności procesu punktowego. W pewnym uproszczeniu, idea procedury weryfikacji polega na odpowiedniej ocenie wizualnej histogramu transformacji całkowitych prognoz gęstości czasów trwania dla poszczególnych mikro zdarzeń. Zaproponowana metoda ma istotne znaczenie w kontekście wyboru w modelu ekonometrycznym postaci funkcyjnych warunkowych funkcji intensywności procesów punktowych, odzwierciedlających losowe momenty następowania wybranych zdarzeń.

Przedmiotem rozdziału 5 pt. „Model Hawkesa” i 6 pt. „Model autoregresyjnej warunkowej intensywności (ACI)” jest omówienie dwóch głównych klas ekonometrycznych modeli intensywności, umożliwiających opis dynamiki następowania po sobie różnych mikro zdarzeń, a więc okresowego „przyspieszania” i „spowalniania” tempa: składania zleceń, wycofywania zleceń z limitem ceny z arkusza, zawierania transakcji, wahań wolumenu transakcji czy też fluktuacji zmian cen. Modele mogą mieć konstrukcję zarówno jednowymiarową – opisując efekt skupiania zdarzeń należących do jednej wybranej kategorii, jak i wielowymiarową – opisując wielowymiarowy proces punktowy, którego realizacją są momenty zdarzeń należących do różnych kategorii. „Objaśnianiu” podlega w nich warunkowa funkcja intensywności procesu punktowego, której nadaje się odpowiednią parametryczną specyfikację dynamiczną. Teoretyczna prezentacja ekonometrycznych modeli intensywności jest potrzebna, ponieważ nie były one dotychczas opisywane w polskiej literaturze naukowej, a w literaturze zagranicznej, oprócz badań mikrostruktury rynku, są one z powodzeniem wykorzystywane również w innych obszarach nauki o finansach, np. przy pomiarze ryzyka rynkowego, ocenie ryzyka kredytowego oraz wnioskowaniu o efekcie zarażania na rynkach finansowych. Modele te są szczególnie ważnym narzędziem modelowania szeregów czasowych, w których momenty następowania poszczególnych zdarzeń są niesynchronicznie rozmieszczone względem jednostek czasu. Warunkowa (względem pewnego zbioru informacji) funkcja intensywności dla poszczególnych klas zdarzeń może być bowiem w różny sposób wzbudzana (ang. *excited*), a więc jej wartości mogą w odmienny sposób wzrastać wskutek pojawiania się zdarzeń należących do tej samej lub innej kategorii. W przypadku wszelkich analiz prowadzonych na podstawie obserwacji nieregularnie rozmieszczonych względem jednostek czasu ta szczególna własność umożliwia uzyskanie skomplikowanych wzorców skupiania się momentów różnych zdarzeń, a także opis przyczynowości pomiędzy klasami zdarzeń.

Głównym wkładem własnym w rozdziałach 5 i 6 jest zilustrowanie wywołu teoretycznego trzema różnymi badaniami empirycznymi. Na podstawie dwuwymiarowego modelu Hawkesa opisuję współzależności między momentami zawierania transakcji kupna i sprzedaży na rynku

walutowym, w szczególności w odniesieniu do dwóch głównych własności statystycznych takiego procesu: (1) skupiania się transakcji w czasie, które odpowiada cyklicznym wzrostom i spadkom aktywności uczestników rynku; (2) relatywnie częstego następowania po sobie transakcji inicjowanych po tej samej stronie rynku. Ponadto, szczególnie ważnym elementem treści omawianych rozdziałów jest wskazanie utylitarnych zastosowań modeli intensywności w kontekście pionierskich metod pomiaru ryzyka rynkowego. Pokazuję, że chociaż modele Hawkesa i modele ACI służą opisowi *per se* funkcji intensywności procesu punktowego momentów wybranych zdarzeń, to można je z powodzeniem wykorzystywać do oszacowań chwilowych i dziennych miar zmienności cen instrumentów finansowych. Omówione metody estymacji zmienności nie wykorzystują obserwacji stóp zwrotu z cen – jak ma to miejsce w przypadku tradycyjnych narzędzi ekonometrycznych czyli modeli zmienności zrealizowanej lub modeli klasy GARCH. Polegają one natomiast na specyfikacji warunkowej funkcji intensywności skumulowanych zmian cen o zadaną wartość progową, oszacowanej na podstawie nieregularnych odstępów czasu pomiędzy takimi odpowiednio dużymi zmianami cen. Zmienność chwilową i zmienność dzienną kursu EUR/PLN szacuję zarówno na podstawie modelu Hawkesa, jak i modelu ACI, weryfikując jakość dopasowania tych modeli za pomocą metod opisywanych w rozdziale 4. Pokazuję przy tym, że dwuwymiarowy model ACI umożliwia uzyskanie różnej intensywności rejestrowania wzrostów i spadków kursu walutowego. Co ważne, własność ta pozwala na opisanie skupiania odpowiednio dużych zmian kursu w czasie (czyli *de facto* na opis efektu grupowania zmienności), a także na uzyskanie ewentualnych współzależności pomiędzy oczekiwanymi momentami wzrostów i spadków kursu. Omawiane w rozdziałach 5 i 6 instrumentarium pomiaru intensywności jest bardzo ważne i obiecujące z praktycznego punktu widzenia, szczególnie w kontekście oceny ryzyka rynkowego. W odróżnieniu od pomiaru zmienności teoretycznej za pomocą standardowej koncepcji zmienności zrealizowanej, modele, które bazują na koncepcji intensywności pozwalają np. ograniczyć obciążenie szacunku zmienności wynikające z obecności szumu mikrostruktury rynku.

Przedmiotem rozdziału 7 pt. „Model autoregresyjnego warunkowego czasu trwania (ACD)” jest przedstawienie teoretycznej konstrukcji modeli ACD jako najczęściej spotykanego instrumentu analiz danych UHF. Ponieważ modele te były opisywane wcześniej w polskiej literaturze naukowej, omawiam je w sposób syntetyczny. W treści rozdziału po raz pierwszy w polskiej literaturze przedmiotu akcentuję jednak podobieństwa i różnice pomiędzy modelami ACD, czyli modelami opisującymi warunkową (względem pewnego zbioru informacji) wartość oczekiwaną czasu trwania (odstęp czasu pomiędzy zdarzeniami) a modelami Hawkesa i ACI opisującymi warunkową funkcję intensywności procesu punktowego.

Przedmiotem rozdziału 8 pt. „Wielostanowy asymetryczny model ACD (MAACD)” jest szczegółowe omówienie autorskiej klasy ekonometrycznych modeli MAACD jako wielorównaniowej konstrukcji ekonometrycznej, która umożliwia kompleksowy opis łącznej dynamiki losowych momentów różnych kategorii mikro zdarzeń. Chociaż modele te po raz pierwszy opisałam w sposób skrótowy w artykułach opublikowanych w czasopiśmie zagranicznych (por. pozycje [C.4] i [C.6]), wartością dodaną tej części monografii w zakresie metod jest omówienie własności modeli MAACD, a także szczególnych postaci takich modeli. Pierwszy kierunek rozwinięć dotyczy propozycji nieliniowych postaci funkcyjnych

warunkowych (względem pewnego zbioru informacji) wartości oczekiwanych czasów trwania dla wyróżnionych rodzajów zdarzeń. Drugi nurt rozwinąć dotyczy wyboru rozkładów statystycznych dla składników losowych. Jako najbardziej ogólną specyfikację proponuję model MAACD, w którym składniki losowe poszczególnych równań czasów trwania mają uogólniony rozkład beta drugiego rodzaju o różnych parametrach kształtu. Spośród istotnych elementów wywodu teoretycznego proponuję m.in. sposób uzyskania prawdopodobieństwa przejścia pomiędzy wyróżnionymi klasami zdarzeń na podstawie metod symulacyjnych, a także metodę oceny dopasowania modelu MAACD do danych empirycznych na podstawie własności statystycznych odpowiednio zdefiniowanych reszt oraz odpowiednich transformacji intensywności dla poszczególnych komponentów wielowymiarowego procesu punktowego odzwierciedlającego dynamikę następowania wybranych kategorii zależnych od siebie zdarzeń.

Wkładem własnym rozdziału 8 w obszarze empirycznym jest prezentacja dwóch obszernych badań. Pierwsze badanie dotyczy zastosowania dwustanowych modeli AACD do analizy trzech różnych procesów czasów trwania, zakończonych odpowiednio: (1) transakcjami kupna lub transakcjami sprzedaży; (2) odpowiednio dużą nadwyżką wolumenu transakcji kupna (nad wolumenem transakcji sprzedaży) lub odpowiednio dużą nadwyżką wolumenu transakcji sprzedaży (nad wolumenem transakcji kupna) oraz (3) wzrostem kursu EUR/PLN lub spadkiem kursu EUR/PLN o zadaną wartość. Wyniki badania prowadzą do licznych wniosków na temat procesu zawierania transakcji i formowania się kursu na kasowym rynku walutowym ściśle w kontekście jego mikrostruktury, a także na temat czynników (np. kierunek zmian kursu, zmienność kursu, miary płynności rynku), które oddziałują na taki mechanizm poprzez odpowiednie wydłużenie lub skrócenie czasu oczekiwania na uwzględnione rodzaje zdarzeń. W drugim obszernym badaniu empirycznym prezentowanym w rozdziale 8 wykorzystuję model MAACD (dziesięciostanowy) do opisu łącznej dynamiki składania i wycofywania różnych kategorii zleceń na międzybankowym kasowym rynku złotego w dwóch różnych okresach: w kwietniu 2008 r. (okres stabilnej aprecjacji złotego) oraz w grudniu 2008 r. (okres gwałtownej deprecjacji złotego). Zastosowanie modelu umożliwia uzyskanie dokładnego opisu szczegółowych decyzji podejmowanych przez dealerów na międzybankowym rynku walutowym w różnych warunkach rynkowych. Badanie prowadzi do bardzo wielu wniosków na temat przyspieszania lub spowalniania tempa składania poszczególnych rodzajów zleceń w reakcji na zachowania innych współuczestników rynku, a także na temat charakterystycznych regularności w sekwencjach składanych i wycofywanych zleceń. Otrzymane wyniki wskazują, że dealerzy walutowi bardzo uważnie monitorują zmieniające się warunki rynkowe w odniesieniu do różnych miar chwilowej płynności rynku, kierunku zmian kursu walutowego i jego zmienności. Ich decyzje w kwestii złożenia lub odwołania konkretnego rodzaju zlecenia w konkretnym momencie w ogromnym stopniu zależą od działań podejmowanych w określonych chwilach przez innych uczestników rynku, a także od wielu innych czynników egzogenicznych, które w rozdziale 8 dokładnie omawiam. Należy podkreślić, że ze ściśle metodologicznego punktu widzenia zaproponowany model MAACD okazuje się bardzo dobrym narzędziem do sformalizowanego opisu własności statystycznych danych UHF, na co wskazują wyniki przeprowadzonej symulacji. W modelu tym długości oczekiwania na poszczególne rodzaje zleceń zależą zarówno od zaobserwowanych w przeszłości odstępów czasu pomiędzy momentami napływu/wycofania zleceń, jak i od

zaobserwowanej sekwencji kategorii złożonych/wycofanych zleceń. Wyniki przeprowadzonego badania wskazują przy tym, że bardzo ważnymi determinantami tempa następowania poszczególnych zleceń są przede wszystkim: spread bid-ask (np. im szerszy spread bid-ask, tym krótszy czas oczekiwania na konkurencyjne zlecenia z limitem ceny, tj. zlecenia składane między najlepszymi kwotowaniami ask i bid, a także tym dłuższy czas oczekiwania na zlecenia rynkowe), kierunek kursu (np. intensywność następowania zleceń rynkowych po danej stronie rynku odwzorowuje krótkookresowy trend, któremu podlega kurs) i zmienność (im większa zmienność kursu, tym krótszy czas oczekiwania na zlecenia rynkowe oraz odpowiednio dłuższy czas oczekiwania na konkurencyjne zlecenia z limitem ceny, tj. zlecenia składane pomiędzy najlepszymi cenami ask i bid). Wyniki przeprowadzonych w rozdziale 8 analiz empirycznych pozwalają również na weryfikację empiryczną sformułowanych w rozdziale 1 hipotez dotyczących teoretycznego funkcjonowania rynku na podstawie modeli matematycznych.

Podsumowując, za szczególnie istotne osiągnięcia zawarte w monografii przedstawionej do oceny uważam:

- (1) Wyjaśnienie złożoności funkcjonowania rynków kierowanych zleceniami w ujęciu mikro wraz ze zilustrowaniem określonych aspektów za pomocą nowatorskich modeli opartych na danych empirycznych.
- (2) Pogłębienie wiedzy nt. mikrostruktury międzybankowego kasowego rynku walutowego w zakresie roli i znaczenia informacji, a także koncepcji przepływu zleceń jako mechanizmu jej utrwalania w obserwowanym poziomie kursu walutowego.
- (3) Autorską propozycję odzwierciedlenia niestabilnej w czasie relacji pomiędzy przepływem zleceń a kursem walutowym za pomocą modelu ze zmiennymi w czasie parametrami oraz warunkową heteroskedastycznością.
- (4) Przedstawienie kompendium wiedzy o modelach intensywności i czasu trwania, jako narzędziach modelowania mechanizmów finansowych na podstawie szeregów czasowych o obserwacjach niesynchronicznie rozmieszczonych względem jednostek czasu.
- (5) Identyfikację, sformalizowany opis i ekonomiczną interpretację specyficznych własności statystycznych zmiennych ilustrujących łączną dynamikę różnych mikro zdarzeń na rynku finansowym, tj. zleceń, transakcji, przyrostów wolumenu, zmian cen.
- (6) Propozycję klasy modeli MAACD, ich możliwych specyfikacji szczegółowych, a także metod ich symulacji i weryfikacji, jako narzędzi opisu losowych momentów następowania zdarzeń na rynku finansowym.
- (7) Analizę funkcjonowania rynku walutowego w ujęciu mikro poprzez dogłębne studium empiryczne aktywności uczestników rynku walutowego w zakresie różnych czynników endo- i egzogenicznych wpływających na poszczególne decyzje handlowe.

Ponadto, przedstawiona monografia stanowi pierwszą na polskim rynku pozycję wydawniczą na temat mikrostruktury rynku walutowego i drugą po monografii prof. Małgorzaty Doman (2010) książkę poświęconą *per se* zagadnieniom mikrostruktury rynku. Nowatorskość zarówno mojej monografii, jak i przedstawionego dorobku naukowego dotyczy przede wszystkim dyscypliny naukowej ekonomii, a w szczególności ekonometrii – w odniesieniu do narzędzi

modelowania szeregów czasowych o ultrawysokiej częstotliwości, lecz także dyscypliny nauki o finansach – w odniesieniu do wielowątkowych dyskusji mechanizmu funkcjonowania rynków kierowanych zleceniami. Zaprezentowane badania wytyczają na przyszłość całkiem nowe kierunki możliwych rozwinięć w obu analizowanych obszarach badawczych. Należy się spodziewać, że będą wywierały istotny wpływ na rozwój takich szczegółowych dyscyplin naukowych jak np. ekonometria finansowa lub finanse behawioralne. Empiryczne badania mikrostruktury rynku są ważne, gdyż umożliwiają zrozumienie natury funkcjonowania (w skali mikro) rynków kierowanych zleceniami, fluktuacje poziomu płynności rynku i dostosowania cen w reakcji na napływ różnych sygnałów informacyjnych. Ta wiedza ma liczne zastosowania utylitarne, umożliwia bowiem m.in. optymalizację strategii handlowych, konstrukcję modeli śróddziennego zarządzania ryzykiem rynkowym, czy też podejmowanie działań niwelujących ewentualne zagrożenia wynikające z obrotu wysokiej częstotliwości. Co więcej, zaproponowane przeze mnie narzędzia ilościowe mogą mieć zastosowanie do różnorodnych analiz empirycznych prowadzonych przez innych badaczy na podstawie szeregów czasowych o obserwacjach niesynchronicznie rozmieszczonych względem jednostek czasu, niekoniecznie w obszarze zagadnień mikrostruktury rynku.

5. Statystyka dorobku naukowego

5.1. Dorobek publikacyjny przed uzyskaniem stopnia doktora

Mój dorobek publikacyjny przed uzyskaniem stopnia doktora lub bezpośrednio po uzyskaniu stopnia doktora, ale ściśle na podstawie analiz prezentowanych w rozprawie doktorskiej obejmuje 3 publikacje w postaci artykułów w czasopismach naukowych z listy B MNiSW (w języku polskim), 1 rozdział w monografii (w języku polskim) i 1 opracowanie upublicznione w Internecie jako *University of Konstanz Working Paper* (w języku angielskim).

5.2. Dorobek publikacyjny po uzyskaniu stopnia doktora

Mój dorobek publikacyjny po uzyskaniu stopnia doktora obejmuje:

- 1 monografię w języku polskim;
- 1 rozdział w monografii w języku angielskim (wydawnictwo: *Springer*);
- 7 artykułów opublikowanych w czasopismach znajdujących się w bazie JCR, tj. na liście A czasopism punktowanych MNiSW;
- 1 artykuł opublikowany w czasopiśmie zagranicznym, które zostało uwzględnione w bazie JCR dwa lata po mojej publikacji⁸;
- 10 artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych z listy B MNiSW.

Spośród 18 artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych po uzyskaniu stopnia doktora 14 zostało napisanych w języku angielskim, a 4 w języku polskim. Wszystkie artykuły

⁸ Mowa o artykule [E.1], który opublikowałam na łamach czasopisma *Applied Financial Economics*. Czasopismo to zostało od roku 2015 włączone do siostrzanego czasopisma *Applied Economics* wydawnictwa *Taylor & Francis Group* i od tej pory pod tą nazwą można je znaleźć w bazie JCR.

mojego autorstwa mają charakter międzynarodowy, bądź – w przypadku artykułów w języku polskim – ogólnokrajowy (ekspozycja pełnej treści wszystkich moich artykułów w wersji elektronicznej jest możliwa w Internecie: w bazach elektronicznych czasopism lub z wolnym dostępem – tzw. *open access*). Wśród 20 publikacji w 19 przedstawiam wyniki źródłowe, a więc dotyczące oryginalnych empirycznych badań naukowych, a w 1 recenzję książki.

5.3. Parametryczna ocena dorobku publikacyjnego

Parametryczna ocena moich publikacji przedstawia się w sposób następujący:

| | |
|--|--|
| Sumaryczny <i>Impact Factor</i> (IF) według <i>JCR</i> | 10,621 |
| Liczba cytowań według <i>Web of Science</i> | 11 z autocytowaniami 10 bez autocytowań |
| Indeks Hirscha według <i>Web of Science</i> | 3 z autocytowaniami 2 bez autocytowań |
| Liczba cytowań według <i>Google Scholar</i> , w tym: | 46 bez autocytowań |
| - cytowania zagraniczne | 21 |
| Punkty według MNiSW ⁹ | 312 |
| - przed lub po uzyskaniu stopnia doktora, ale na podstawie wyników zawartych w rozprawie doktorskiej | 22 |
| - po uzyskaniu stopnia doktora | 290 |
| - monografia | 20 |
| - rozdział w monografii w jęz. angielskim | 5 |
| - publikacje w czasopismach naukowych | 265 |

Szczegółowy wykaz moich wszystkich publikacji wraz ze współczynnikami IF oraz punktacją MNiSW przedstawiam w Załączniku nr 3. Oprócz wyróżnionych publikacji naukowych, po uzyskaniu stopnia doktora byłam również czterokrotnie autorem recenzowanych opracowań pisemnych, w tym również dwóch opracowań o statusie *Working Paper* upubliczniętych w wersji elektronicznej w Internecie (1 *NBP Working Paper*, 1 artykuł w ramach *Department of Applied Econometrics Working Papers*). Ponieważ jednak wszystkie te badania zostały w późniejszym okresie opublikowane w poprawionych wersjach w czasopismach naukowych, nie wyróżniam ich jako oddzielnych elementów mojego dorobku naukowego.

⁹ Punkty MNiSW podaję na podstawie list czasopism punktowanych obowiązujących w latach moich poszczególnych publikacji. Zgodnie z wytycznymi MNiSW w przypadku prac napisanych we współautorstwie pozostawiam pełen wymiar punktów, ponieważ współautorami nie były osoby o afiliacji w KAE SGH.

W okresie mojego zatrudnienia w Departamencie Systemu Finansowego w Narodowym Banku Polskim byłam również współautorem publikacji o charakterze opracowań analitycznych: NBP (2008), NBP (2010), NBP (2011a) i NBP (2011b).

Wyniki badań poddawałam wielokrotnie, zarówno przed i po uzyskaniu stopnia doktora, publicznej dyskusji na konferencjach i seminariach; o randze zarówno międzynarodowej (16 wystąpień naukowych w formie ustnych prezentacji w języku angielskim, z czego 12 odbywało się za granicą), jak i randze krajowej (11 wygłoszonych referatów w języku polskim). Spośród referatów prezentowanych za granicą na uwagę zasługują wygłoszone na prestiżowych konferencjach: *European Economic Association & Econometric Society Meetings (EEA-ESEM)*, *Frontiers of Finance*, *Econophysics Colloquium*, *Computational and Financial Econometrics (CFE)*. Szczegółową listę moich wystąpień w roli prelegenta na konferencjach i seminariach naukowych przedstawiam w Załączniku nr 4.

6. Inna aktywność naukowa

6.1. Granty i projekty naukowe

Od września 2005 r. do lutego 2007 r. byłam zatrudniona w Centrum Finansów i Ekonometrii (*Center of Finance and Econometrics, COFE*) Uniwersytetu w Konstancji, w ramach finansowanej przez Unię Europejską sieci naukowej *Microstructure of Financial Markets in Europe (MCFINMA)*. Wyniki badań prowadzonych przeze mnie we współpracy naukowej z dr. Ingmarem Nolte oraz prof. Winfriedem Pohlmeierem zostały zaprezentowane w artykułach naukowych [H.1] i [C.7] oraz rozdziale monografii [B.1]. Informacje na temat analiz prowadzonych przeze mnie w ramach tego międzynarodowego projektu przedstawiłam w sekcji 3.1.1. autoreferatu.

W 2011 r. uzyskałam stypendium naukowe DAAD na realizację projektu badawczego *Development of Liquidity-Adjusted Risk Valuation Measures* w ośrodku akademickim w Niemczech. W ramach projektu, od października do grudnia 2011 r. w Katedrze Ekonomii i Ekonometrii Uniwersytetu w Konstancji prowadziłam badania na temat ekonometrycznych metod modelowania współzależności pomiędzy miarami ryzyka rynkowego a śróddziennymi miarami ryzyka płynności na podstawie danych o bardzo wysokiej częstotliwości z rynku akcji.

Od września 2013 do lutego 2016 r. kierowałam grantem Narodowego Centrum Nauki pt. „Mikrostruktura międzybankowego kasowego rynku walutowego” (OPUS 5, DEC-2013/09/B/HS4/01319). Wyniki prowadzonych przeze mnie badań w ramach tego projektu opublikowałam w trzech artykułach naukowych [C.2], [C.4] i [D.1] oraz monografii [A.1].

Jako adiunkt w Instytucie Ekonometrii pięciokrotnie, jako kierownik bądź jako wykonawca, prowadziłam projekty w ramach badań własnych lub statutowych w Kolegium Analiz Ekonomicznych SGH. Prowadziłam również aktywną współpracę naukową z Kliniką Geriatrii Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku. Od 2013 r. byłam w tym ośrodku wykonawcą trzech badań statutowych na temat czynników wpływających na sprawność i oczekiwaną długość życia osób starszych oraz ich subiektywnego poczucia samotności.

6.2. Staże i szkolenia zagraniczne

Sześciokrotnie odbywałam staże naukowe lub dydaktyczne w Katedrze Ekonomii i Ekonometrii Uniwersytetu w Konstancji. Moje pobyty na tej uczelni wiązały się z realizacją międzynarodowych projektów naukowych (od września 2005 r. do lutego 2007 r. oraz od października do grudnia 2011 r.) oraz cztery razy byłam zapraszana w charakterze wykładowcy (cykle wykładów lub seminariów dla studentów prowadziłam w czerwcu 2012 r., w październiku 2013 r., październiku 2014 r. oraz październiku 2015 r.).

Po otrzymaniu stopnia doktora uczestniczyłam w kursach i szkoleniach z ekonomii lub ekonometrii. W kontekście prowadzonych przeze mnie badań naukowych największe znaczenie poznawcze miały trzy pobyty zagraniczne:

- Konferencja *Lindau Meeting of the Winners of the Bank of Sweden Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel* w Lindau, w Niemczech (16–19 sierpnia 2006 r.), będąca spotkaniem najlepszych młodych naukowców z Laureatami Nagrody Nobla z ekonomii. Na konferencji miałam zaszczyt wysłuchania cyklu wykładów wygłaszanych przez najwybitniejszych ekonomistów na świecie (m.in. prof. Roberta F. Engle’a, prof. Clive’a W. J. Grangera, prof. Johna F. Nasha Jr.), a także aktywnego uczestnictwa w towarzyszących im sesjach dyskusyjnych.
- Kurs *Exchange Rate Economics* w Waszyngtonie D.C., w USA (12–16 kwietnia 2010 r.), prowadzony przez prof. Lucio Sarno w siedzibie Międzynarodowego Funduszu Walutowego. Tematyką kursu były teoretyczne i empiryczne zagadnienia dotyczące metod modelowania kursów walutowych, przedstawione w ujęciu makroekonomicznym, a także z perspektywy specyfiki mikrostruktury rynku walutowego.
- Kurs *Advanced Topics in Empirical Finance* w Gerzensee, w Szwajcarii (4–15 lutego 2013 r.), finansowany przez Bank Centralny Szwajcarii. Wykładowcami byli prof. Michael Rockinger, prof. Casper G. de Vries oraz prof. Thierry Foucault, a tematyką szkolenia zaawansowane narzędzia matematyki finansowej i ekonometrii oraz ich wykorzystanie do wyceny instrumentów pochodnych, pomiaru ryzyka rynkowego i badań mikrostruktury rynku.

6.3. Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych:

Chciałabym w sposób szczególny podkreślić swój wyjątkowo aktywny udział w dyskusji wyników badań prowadzonych przez innych naukowców. Jako adiunkt w SGH sporządziłam recenzje 51 artykułów w czasopismach naukowych. Były to artykuły dla czasopism z listy A czasopism punktowanych MNiSW:

- *Journal of Banking and Finance* (1 artykuł),
- *The European Journal of Finance* (1 artykuł),
- *Emerging Markets Finance and Trade* (1 artykuł),
- *Applied Economics* (4 artykuły),
- *Acta Physica Polonica A* (1 artykuł)

oraz innych czasopism krajowych lub zagranicznych:

- *Acta Scientiarum Polonorum. Oeconomia* (1 artykuł),
- *Acta Universitatis Nicolai Copernici* (1 artykuł),
- *Applied Financial Economics* (2 artykuły),
- *Bank i Kredyt* (34 artykuły),
- *Central European Journal of Economic Modelling and Econometrics* (2 artykuły),
- *Journal for Studies in Economics and Econometrics* (1 artykuł),
- *Przegląd Statystyczny* (1 artykuł),
- *Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów* (1 artykuł).

Ponadto byłam również recenzentem prac składanych do publikacji w *Department of Applied Econometrics Working Papers* (1 artykuł) oraz w *Materiałach i Studiach NBP* (1 artykuł), jednego rozdziału w monografii wydawnictwa *ASERS Publishing* oraz jednego opracowania naukowego złożonego w ramach badań własnych na SGH.

6.4. Udział w komitetach redakcyjnych czasopism

Od lutego 2009 r. do grudnia 2014 r. byłam członkiem Kolegium Redakcyjnego czasopisma naukowego *Bank i Kredyt* (wydawnictwo Narodowego Banku Polskiego). Od stycznia 2016 r. jestem członkiem Kolegium Redakcyjnego czasopisma *Econometric Research in Finance* (wydawnictwo Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie).

7. Aktywność dydaktyczna i organizacyjna

W trakcie swojej pracy w Instytucie Ekonometrii SGH prowadzę zajęcia na studiach licencjackich, magisterskich lub doktoranckich z następujących przedmiotów w języku polskim:

- Ekonometria,
- Ekonometria finansowa

oraz w języku angielskim:

- *Empirical Finance*,
- *Financial Econometrics*,
- *Applied Econometrics*.

W Katedrze Ekonomii i Ekonometrii Uniwersytetu w Konstancji w Niemczech prowadziłam natomiast kursy z przedmiotów:

- *Econometrics*,
- *Time Series for Financial Econometrics*.

W czerwcu 2012 r. na Uniwersytecie w Konstancji byłam również organizatorem oraz opiekunem naukowym seminarium dla studentów *Seminar in Empirical Finance*. W ramach tego przedmiotu studenci opracowywali projekty, czyli studia przypadku, w ramach których korzystali z metod ekonometrycznych do empirycznej weryfikacji wybranych tez nauki o finansach. Moją rolą było zaproponowanie zagadnień badawczych, formułowanie konstruktywnych uwag i dyskusji na etapie przygotowania projektów i ich końcowej ustnej

prezentacji przez studentów, a także ewaluacja powstałych w wyniku poszczególnych projektów opracowań pisemnych.

Byłam promotorem 15 prac magisterskich oraz 20 prac licencjackich. Pierwsza z wypromowanych przeze mnie prac dyplomowych (mgr. Piotra Orłowskiego) uzyskała w 2008 r. III nagrodę Prezesa NBP na najlepszą pracę magisterską z zakresu nauk ekonomicznych. Obecnie pod moją opieką naukową przygotowywane są trzy kolejne prace magisterskie. Na SGH wielokrotnie recenzowałam również prace licencjackie lub magisterskie.

Oprócz pracy ze studentami prowadziłam zajęcia dla pracowników SGH w ramach warsztatów doszkalających z ekonometrii finansowej.

W 2012 r. uczestniczyłam we współfinansowanym ze środków UE projekcie dydaktycznym „Innowacyjna SGH – program rozwoju i internacjonalizacji”, w ramach którego przygotowywałam w języku angielskim materiały dydaktyczne (sylabus, literatura, prezentacje do wykładów, zadania) do przedmiotu *Financial Econometrics*.

W roku akademickim 2013/2014 sprawowałam funkcję koordynatora przedmiotu ekonometria na studiach licencjackich SGH. Do moich zadań należało opracowanie obsady ćwiczeń (laboratoriów) dla około 1000-1100 studentów na roku oraz organizacja jednolitego egzaminu w ramach studiów dziennych i popołudniowych oraz sobotnio-niedzielných.

W okresie wrzesień 2008 – sierpień 2012 byłam przedstawicielem pracowników naukowo-dydaktycznych niemających stopnia doktora habilitowanego ani tytułu profesora w Radzie Naukowej Kolegium Analiz Ekonomicznych SGH. Od listopada 2012 roku jestem natomiast powołana do Rady Młodych Naukowców KAE, jako ciała opiniodawczego i doradczego Dziekana KAE.

W latach 2010-2014 pomagałam w procesie rekrutacji studentów SGH jako członek lub jako sekretarz podkomisji rekrutacyjnej.

8. Nagrody i wyróżnienia

1. Przyznanie zaproszenia na spotkanie najlepszych młodych naukowców z laureatami Nagrody im. A. Nobla w dziedzinie ekonomii (2nd *Lindau Meeting of the Winners of the Bank of Sweden Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel*, 16–19 sierpnia 2006 r., Lindau, Niemcy).
2. Nagroda Prezesa Narodowego Banku Polskiego w konkursie na najlepszy artykuł opublikowany na łamach czasopisma naukowego „Bank i Kredyt” w 2010 r. (por. artykuł [D.9]).
3. Nagroda Rektora Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie w zakresie działalności naukowej za publikację w roku 2011 artykułu w czasopiśmie z listy *Journal Citation Reports*.
4. Dyplom za najlepsze doniesienie naukowe w Sesji Plakatowej II na VI ogólnopolskiej konferencji naukowej „Kardiologia Prewencyjna 2013 – wytyczne, wątpliwości, gorące tematy” zorganizowanej przez Sekcję Prewencji i Epidemiologii Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego, Kraków, Polska 15–16 listopada 2013 r. za referat pt.

- „Kardiologia prewencyjna – czy ma sens w starości?”, (współautorzy: Wojskowicz A., Kasiukiewicz A., Wojszel B., Bień B.).
5. I miejsce w konkursie prac naukowych „II Międzynarodowego Kongresu Medycznego Kobieta i Mężczyzna 65+. Zdrowe Starzenie” w Białymstoku, Polska, 10–11 października 2014 r. za pracę „Czynniki prognozujące długoterminowe przeżycie u pacjentów geriatrycznych – analiza retrospektywna” (współautorzy: Wojskowicz A., Kasiukiewicz A., Bień B., Wojszel B.).
 6. Wyróżnienie Rektora Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie za najlepsze wyniki publikacyjne w 2014 r.
 7. Dyplom uznania Rektora Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie za najlepsze wyniki publikacyjne w 2014 r.
 8. II Nagroda Prezesa Narodowego Banku Polskiego w konkursie na najlepszy artykuł opublikowany na łamach czasopisma naukowego „Bank i Kredyt” w 2014 r. (por. artykuł [D.2]).
 9. Dyplom uznania Rektora Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie za najlepsze wyniki publikacyjne w roku 2015.
 10. Wyróżnienie w konkursie prac naukowych „III Międzynarodowego Kongresu Medycznego Kobieta i Mężczyzna 65+. Jak leczyć i pomagać” w Józefowie, Polska, 21–22 października 2016 r., za pracę „Jakie czynniki prognozują subiektywne obciążenie opiekunów rodzinnych najstarszych seniorów?” (współautorzy: Doroszkiewicz H., Bień B.).

10. Literatura cytowana w autoreferacie

- Bauwens L., Giot, P., (2003), Asymmetric ACD Models: Introducing Price Information in ACD Models, *Empirical Economics* 28(4), 709–731.
- Cameron A. C., Li T., Trivedi P. K., Zimmer D. M., (2004), Modelling the differences in counted outcomes using bivariate copula models with application to mismeasured counts, *The Econometrics Journal* 7, 566–584.
- Danielsson J., Payne R., (2012), Liquidity determination in an order-driven market, *The European Journal of Finance* 18, 799–821.
- Diebold F. X., Gunther T. A., Tay A. S., (1998), Evaluating density forecasts, with applications to financial risk management, *International Economic Review* 39, 863–883.
- Doman M., (2011), *Mikrostruktura Giełd Papierów Wartościowych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań.
- Easley D., Engle R. F., O’Hara M., Wu L., (2008), Time-varying arrival rates of informed and uninformed trades, *Journal of Financial Econometrics* 6, 171–207.
- Easley D., Kiefer N., O’Hara M., Paperman J., (1996), Liquidity, information and infrequently traded stocks, *Journal of Finance* 51, 1405–1436.

- Engle R. F., Russell J. R., (1998), Autoregressive conditional duration: A new model for irregularly spaced transaction data, *Econometrica* 66, 1127–1162.
- Evans M. D., Lyons R. K., (2002a), Informational integration and FX trading, *Journal of International Money and Finance* 21, 807–831.
- Evans M. D., Lyons R. K., (2002b), Order flow and exchange rate dynamics, *Journal of Political Economy* 110, 170–180.
- Liesenfeld R., Nolte I., Pohlmeier W., (2006), Modelling financial transaction price movements: a dynamic integer count data model. *Empirical Economics* 30, 795–825.
- Lo I., Sapp S., (2008), The submission of limit orders or market orders, the role of timing and information in the Reuters D2000–2 System, *Journal of International Money and Finance* 27, 1056–1073.
- Lo I., Sapp S., (2010), Order aggressiveness and quantity: How are they determined in a limit order market?, *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money* 20, 213–237.
- Malo P., Pennanen T., (2012), Reduced form modeling of limit order markets, *Quantitative Finance* 12, 1025–1036.
- Meester S. G., MacKay J., (1994), A parametric model for cluster correlated categorical data, *Biometrics* 50, 954–963.
- NBP, (2008), *Rozwój Systemu Finansowego w Polsce w 2007 r.*, Narodowy Bank Polski, Warszawa 2008 r., Warszawa.
- NBP, (2010), *Rozwój Systemu Finansowego w Polsce w 2008 r.*, Narodowy Bank Polski, Warszawa 2010 r., Warszawa.
- NBP, (2011a), *Rozwój Systemu Finansowego w Polsce w 2009 r.*, Narodowy Bank Polski, Warszawa 2011 r., Warszawa.
- NBP, (2011b), *Rozwój Systemu Finansowego w Polsce w 2010 r.*, Narodowy Bank Polski, Warszawa 2011 r., Warszawa.
- O'Hara M., (1995), *Market Microstructure Theory*, Basil Blackwell, Oxford.
- Pacurar M., (2008), Autoregressive conditional duration models in finance: a survey of the theoretical and empirical literature, *Journal of Economic Surveys* 22, 711–751.
- Russell J. R., Engle R. F., (2005), A Discrete-State Continuous-Time Model of Financial Transactions Prices and Times: The Autoregressive Conditional Multinomial: Autoregressive Conditional Duration Model, *Journal of Business and Economic Statistics* 23, 166–180.
- Shephard N., (1995), Generalized linear autoregressions, *Working paper*, Nuffield College, Oxford.
- Tay A., Ting C., Tse Y. K., Warachka M., (2009), Using high-frequency transaction data to estimate the probability of informed trading, *Journal of Financial Econometrics* 7, 288–311.
- Winkelmann R., (2012), Copula bivariate probit models: with an application to medical expenditures, *Health Economics* 21, 1444–1455.

Wünsche O., (2007), Using mixed Poisson distributions in sequential trade models, *Working Paper*, Group Quantitative Risk Methodology.

Zhang Q., Cai C. X., Keasey K., (2009), Forecasting using high-frequency data: a comparison of asymmetric financial duration models, *Journal of Forecasting* 28, 371–386.

K. Bieć

.....
(podpis)