

Aneta Włodarczyk

Pakiet PC Give jako narzędzie wspomagające procesy decyzyjne w warunkach zmian strukturalnych

Ekonomiczne Problemy Usług nr 112, 469-479

2014

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach
dozwolonego użytku.

ANETA WŁODARCZYK
Politechnika Częstochowska

PAKIET PC GIVE JAKO NARZĘDZIE WSPOMAGAJĄCE PROCESY DECYZYJNE
W WARUNKACH ZMIAN STRUKTURALNYCH

Streszczenie

Pakiet PcGive umożliwia modelowanie szeregów czasowych charakteryzujących się występowaniem zmian strukturalnych. Użytkownicy tego pakietu mają dostęp do dodatkowych informacji na temat zmienności szeregów czasowych, a mianowicie momentów przełączania procesu ekonomicznego pomiędzy różnymi reżimami zmienności, średniego czasu trwania procesu ekonomicznego w poszczególnych reżimach zmienności oraz skali zmiany parametru zmienności w zależności od obowiązującego reżimu. Informacje te powinny być brane pod uwagę przy podejmowaniu decyzji o zabezpieczeniu się przed negatywnymi skutkami ryzyka towarzyszącego działalności podmiotów gospodarczych. Celem tego opracowania jest przedstawienie narzędzia, jakim jest moduł Regime Switching Models w pakiecie PcGive, oraz przykładowego jego zastosowania do analizy zmienności kursów wymiany złotego w okresie członkostwa Polski w Unii Europejskiej, tzn. 01.05.2004–31.12.2013.

Słowa kluczowe: PcGive, procesy decyzyjne, przełącznikowe modele Markowa, kurs walutowy.

Wprowadzenie

Dynamika, złożoność, nieprzewidywalność i wielowymiarowość zmian społecznych, ekonomicznych i technologicznych mających miejsce w środowisku biznesowym przekłada się na podejmowane przez menedżerów decyzji dotyczące wdrażania nowych rozwiązań modelowych w zakresie funkcjonowania przedsiębiorstwa. Decyzje dotyczące przyszłej działalności przedsiębiorstw podejmowane

są często w warunkach niepewności, przy czym skutki ich rozciągają się na wiele okresów. Rezultat decyzji podejmowanej w czasie teraźniejszym w dużym stopniu zależy od tego, w jakich przyszłych warunkach będzie ona realizowana. Zatem w gospodarce opartej na wiedzy kluczową rolę odgrywają wartości niematerialne, dzięki którym decydenci mogą korzystać z najnowszych osiągnięć technologicznych i telekomunikacyjnych podczas selekcji i przetwarzania obszernych zasobów informacji (Rowley 2007, s. 167). Jedną z ważniejszych informacji dotyczy ryzyka kursowego, na które narażone są podmioty gospodarcze prowadzące działalność produkcyjną bądź usługową będącą przedmiotem wymiany międzynarodowej. Świadomość negatywnych skutków tego rodzaju ryzyka przyczynia się do tego, iż coraz chętniej wykorzystywane są najnowsze osiągnięcia technologii informatycznej umożliwiające implementację zaawansowanych narzędzi ekonometrycznych do ewaluacji ryzyka kursowego. Przykładem nowoczesnego narzędzia jest pakiet komputerowy PcGive, działający w środowisku Ox, który zawiera m.in. moduł Regime Switching Models, umożliwiający modelowanie szeregów czasowych charakteryzujących się występowaniem zmian strukturalnych (Doornik i Hendry 2009, s. 131). Celem tego opracowania jest przedstawienie narzędzia, jakim jest moduł Regime Switching Models w pakiecie PcGive, oraz przykładowego jego zastosowania do analizy zmienności kursów wymiany złotego w okresie członkostwa Polski w Unii Europejskiej, tzn. 01.05.2004–31.12.2013.

1. Opis modułu Regime Switching Models pakietu PcGive

Niezwykle istotną kwestią w procesie modelowania zmienności szeregów czasowych jest wychwycenie momentów, w których występowały zmiany strukturalne będące efektem zmian otoczenia rynku (zmiany w przepisach legislacyjnych, występowanie kryzysów finansowych, konfliktów politycznych). Hamilton (1989) zaproponował nową klasę modeli – przełącznikowe modele Markowa – do opisu różnorodnych zjawisk gospodarczych w zmieniających się warunkach otoczenia, co umożliwia dodatkowa nieobserwowalna zmienna reżimowa, która jest modelowana jako jednorodny łańcuch Markowa. Modele tej klasy pozwalają na wyodrębnienie różnych stanów procesu, poprzez symulacyjną ocenę momentów przejścia z jednego reżimu do innego (przy czym rzadko kiedy znane są dokładne daty zmiany reżimów). Warto podkreślić, iż przełącznikowe modele Markowa mają możliwość opisu dynamiki procesu w szerokim zakresie, począwszy od częstych wahań o ograniczonej amplitudzie, a skończywszy na rzadkich i gwałtownych zmianach obserwowanych w poziomie zmiennej ekonomicznej (Hamilton, Rej 2002, s. 13–15).

Pierwsza wersja modułu Regime Switching Models przeznaczonego do konstrukcji przełącznikowych modeli Markowa dostępna była w wersji pakietu PcGive

13, będącego częścią oprogramowania OxMetrics 6.0, która była dostępna dla użytkowników od 2009 r. Pakiet PcGive 13 umożliwia estymację i weryfikację przełącznikowych modeli Markowa dla jednej z dwóch dostępnych specyfikacji równania średniej warunkowej i przy opcjonalnym wyborze przełączenia wariancji procesu pomiędzy różnymi reżimami zmienności. Ta wersja oprogramowania oferuje użytkownikom wybór pomiędzy wprowadzeniem przełączenia typu Markowa dla wyrazu wolnego, parametrów stojących przy kolejnych opóźnieniach zmiennej endogenicznej i dodatkowych zmiennych egzogenicznych (opcja *Markov-switching Dynamic Regression*, MS-DR) bądź uwzględnieniem przełączenia typu Markowa dla poszczególnych parametrów części autoregresyjnej procesu (opcja *Markov-switching AR model*, MS-AR), pod warunkiem, że wybrana przez użytkownika liczba reżimów N nie będzie zbyt duża dla zastosowanych numerycznych algorytmów optymalizacyjnych (Doornik, Hendry 2009, s. 13):

- modele regresji dynamicznej przełączane łańcuchem Markowa (MS-DR)

$$y_t = \nu(s_t) + \sum_{i=1}^k \alpha_i(s_t) y_{t-i} + \mathbf{x}'_t \boldsymbol{\beta}(s_t) + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2(s_t)) \quad (1)$$

- modele autoregresji przełączane łańcuchem Markowa (MS-AR(P))

$$y_t - \mu(s_t) - \mathbf{x}'_t \boldsymbol{\gamma} = \sum_{i=1}^p \rho_i (y_{t-i} - \mu(s_{t-i}) - \mathbf{x}'_{t-i} \boldsymbol{\gamma}) + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2(s_t)) \quad (2)$$

gdzie: y – zmienna endogeniczna, \mathbf{x} – macierz zmiennych egzogenicznych, s_t – nieobserwowalna zmienna modelowana jako jednorodny łańcuch Markowa o N stanach i macierzy prawdopodobieństw przejścia $P = [p_{ij}]_{i,j \in \{1, 2, \dots, N\}}$, $\mu(s_t)$ – średnia procesu, zależna od obowiązującego w danym momencie reżimu ($s_t = 0, 1, \dots, N-1$), $\nu(s_t)$, $\alpha(s_t)$, $\boldsymbol{\beta}(s_t)$ – parametry strukturalne modelu, przełączane łańcuchem Markowa, $\sigma^2(s_t)$ – wariancja procesu odpowiadająca danemu reżimowi zmienności.

Dostępna od 2013 r. najnowsza wersja modułu Regime Switching Models pakietu PcGive 14, stanowiąca część oprogramowania OxMetrics 7.0, stwarza dodatkowe możliwości w zakresie modelowania zmienności procesu ekonomicznego poprzez uwzględnienie przełączenia typu Markowa w strukturze GARCH oraz pozwala modelować wektorowe procesy autoregresyjne przełączane łańcuchem Markowa (Doornik 2013, s. 65–66, 77; Krolzing 1998). Aktualna wersja pakietu PcGive 14 pozwala na estymację równania wariancji warunkowej dla modelu MS-GARCH(1,1), (opcja *Switching GARCH*):

$$\varepsilon_t = h_t(s_t)^{1/2} u_t, \quad u_t \sim N(0, 1) \quad (3)$$

$$h_t(S_t) = \sigma^2(S_t) + \alpha_1(S_t) \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1(S_t) h_{t-1}(S_t); \alpha_1(S_t) \geq 0, \beta_1(S_t) \geq 0 \quad (4)$$

gdzie: u_t – standaryzowane reszty modelu, $h_t(S_t)$ – zależna od reżimu wariancja warunkowa składnika losowego ε_t ; $\alpha_1(S_t)$ – zależny od reżimu parametr obrazujący wpływ nowych napływających na rynek informacji (zawartych w y_{t-1}^2) na

zmiennosc procesu y_t ; $\beta_1(S_t)$ – zależny od reżimu parametr, odzwierciedlający oczekiwania uczestników rynku co do persystencji zmienności procesu y_t .

Szczególnym przypadkiem modelu MS-GARCH jest model, w którym jedynym parametrem podlegającym przełączeniu typu Markowa w równaniu (4) jest $\sigma^2(s_t)$, natomiast pozostałe parametry są niezmiennie (opcja *Switching variance with shared GARCH*): $\alpha_1(0) = \dots = \alpha_1(N-1) = \alpha_1$ oraz $\beta_1(0) = \dots = \beta_1(N-1) = \beta_1$.

Najczęściej stosowaną metodą estymacji parametrów przełącznikowego modelu Markowa jest metoda największej wiarygodności, przy czym w pakiecie PcGive wykorzystywany jest algorytm optymalizacyjny FSQP (*Feasible Sequential Quadratic Programming*) (Lawrence i Tits 2001, s. 1092–1118).

Warto podkreślić zalety tego pakietu obliczeniowego, które w istotny sposób ułatwiają wykonywanie w nim analiz ekonometrycznych, a mianowicie: przyjazny dla użytkownika interfejs wyposażony w rolowane menu, dostępność poprzez interfejs graficzny OxMetrics do wielu funkcji graficznych obrazujących własności rozkładu oraz własności dynamiczne analizowanych szeregów czasowych, kompatybilność tego oprogramowania z systemem operacyjnym Windows, Mac OS X, Linux, Solaris (wymagana jest instalacja konsoli Ox) oraz dostępność najnowszych, zaawansowanych metod statystyczno-ekonometrycznych wykorzystywanych do analiz jedno- lub wielowymiarowych szeregów czasowych. Aby po otwarciu pliku z danymi rozpocząć konstrukcję przełącznikowych modeli Markowa, w pakiecie PcGive 14 należy wybrać w okienku kategorii opcję *Models for time – series data*, a w okienku klasa modelu opcję *Regime Switching Models using PcGive* oraz kliknąć w okienko z napisem *Formulate*. W kolejnym kroku należy zdefiniować typy zmiennych uczestniczących w analizie: Y – zmienna endogeniczna, X – zmienna egzogeniczna, R – zmienna zależna od obowiązującego reżimu. Następnie w okienku *Regime Switching Model* należy przeprowadzić specyfikację równań średniej warunkowej procesu i wariancji warunkowej procesu zgodnie z wynikami wcześniej przeprowadzonych testów weryfikujących własności dynamiczne szeregów czasowych (Włodarczyk 2006, s. 533–536). Specyfikacja równania średniej warunkowej procesu wiąże się z wybraniem w okienku *Model type* jednej z dwóch opcji modelowych: *Markov-switching Dynamic Regression* lub *Markov-switching ARMA model*, przy czym dla drugiej opcji należy z góry wybrać rząd części autoregresyjnej, rząd części średniej ruchomej oraz ewentualnie zaznaczyć opcję przełączenia typu Markowa parametrów modelu ARMA. Specyfikację równania wariancji warunkowej procesu można określić w okienku *Variance type*, decydując się na jedną z kilku dostępnych opcji: *Fixed*, *Switching variance*, *Switching variance with shared GARCH*, *Switching GARCH*. W kolejnej zakładce *Regime switching variations* można wybrać m.in. opcję określania wartości początkowych dla prawdopodobieństw przejścia (prawdopodobieństwa jednostajne lub ergodyczne), jeden z czterech dostępnych algorytmów optymalizacyjnych (SQPF, EM, EM+SQPF,

BFGS), opcję szukania maksimum globalnego funkcji wiarygodności po znalezieniu jednego z maksimum lokalnych (Doornik 2013, s. 32–37). Następny etap budowy przełącznikowego modelu Markowa w pakiecie PcGive dotyczy weryfikacji standaryzowanych reszt modelu ze względu na występowanie efektu autokorelacji (test Boxa-Pierce'a), efektu ARCH (test Boxa-Pierce'a dla kwadratów reszt, test Engle'a), zgodności dopasowania rozkładu normalnego do rozkładu empirycznego (test Jarque-Bera), co umożliwiają procedury testowe dostępne w zakładce *Test Menu*. Program PcGive wylicza również wartości dwóch kryteriów informacyjnych: Akaike, Schwartz, statystykę LR pozwalającą ocenić zasadność wprowadzenia przełączenia typu Markowa do równań modelu oraz wartości prawdopodobieństw wyglądzonych, filtrowanych lub predyktywnych (Doornik 2013, s. 39, 56)¹.

2. Identyfikacja reżimów zmienności kursów wymiany złotego w pakiecie PcGive

W niniejszej pracy oszacowano różne specyfikacje przełącznikowych modeli Markowa dla szeregów logarytmicznych stóp zwrotu kursów wymiany złotego: PLN/EUR, PLN/USD, PLN/GBP, PLN/UAH, PLN/RUB, PLN/CZK, PLN/HUF w okresie członkostwa Polski w Unii Europejskiej, tzn. 01.05.2004–31.12.2013 (por. rys. 1)². Obserwowany w okresach kryzysów wzrost zmienności kursów walutowych przyczynił się do poszukiwania nie tylko przyczyn takiego stanu rzeczy, ale również rozwoju badań nad wykorzystaniem narzędzi statystyczno-ekonometrycznych umożliwiających wychwycenie zmian strukturalnych w szeregach stóp zwrotu kursów walutowych (Frömmel 2004, s. 5–14). Stąd też zainteresowanie modelami klasy MS-ARMA-GARCH.

Estymację parametrów modeli MS(2)-ARMA(P,Q)-GARCH(p,q) przeprowadzono przy wykorzystaniu modułu Regime Switching Models w pakiecie PcGive, uzyskując następujące wyniki (por. tabela 1)³. Dodatkowo przy wyborze właściwej specyfikacji równania wariancji warunkowej kierowano się miarą klasyfikacji reżimów (RCM) zaproponowaną przez Ang i Bekaert (2002) (Cho i Hammoudeh 2010, s. 4394):

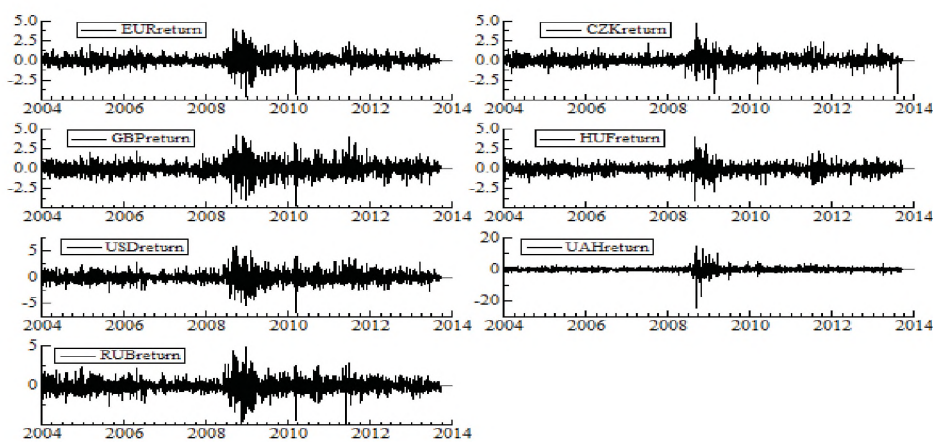
¹ Dodatkowym produktem estymacji parametrów przełącznikowego modelu typu Markowa są szeregi prawdopodobieństw wyglądzonych, filtrowanych lub predyktywnych określających szanse tego, że obserwacja w chwili t została wygenerowana w nieobserwowalnym reżimie zmienności.

² W badaniu wykorzystano średnie dzienne kursy wymiany walut podawane przez NBP, www.nbp.pl (2014).

³ Estymowano różne specyfikacje modeli (dla $N = 2, 3$; $P = 0, 1$ i $Q = 0, 1$; $p = q = 0, 1$), a następnie wybrano najlepszą z nich w sensie kryteriów informacyjnych, istotności oszacowań parametrów modelu, testów diagnostycznych przeprowadzanych na resztach modelu oraz wartości prawdopodobieństw przejścia pomiędzy reżimami zmienności.

$$\text{RCM} = 400 \cdot \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T p_t \cdot (1 - p_t), \quad (5)$$

gdzie p_t oznacza prawdopodobieństwo przebywania procesu w reżimie wysokiej zmienności w chwili t . Miara ta przyjmuje wartości pomiędzy 0 a 100, przy czym niskie wartości miernika RCM potwierdzają dobrą klasyfikację obserwacji do poszczególnych reżimów zmienności w przełącznikowym modelu Markowa.



Rys. 1. Szereg dziennych logarymicznych stóp zwrotu wybranych kursów walutowych w okresie 01.05.2004–31.12.2013

Źródło: opracowanie własne.

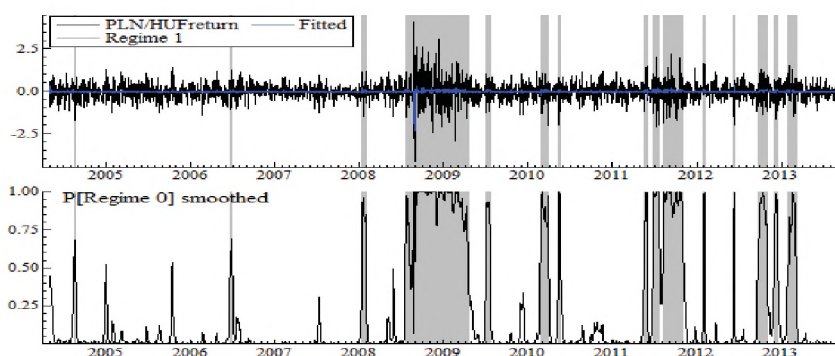
W modelowaniu wyróżniono dwa reżimy zmienności: reżim wysokiej zmienności – 0, reżim niskiej zmienności – 1. Można zauważyć, iż każdy z dwóch reżimów jest raczej zachowawczy (stabilny), ponieważ oszacowane prawdopodobieństwa przejścia procesu z jednego do drugiego reżimu są małe (poniżej 0.1). Ponadto każdy kurs walutowy relatywnie łatwiej przechodzi ze stanu wysokiej zmienności do stanu niskiej zmienności (prawdopodobieństwo oscylujące pomiędzy 0.0335 a 0.0657) niż odwrotnie (około 0.0057–0.0135). Na podstawie uzyskanych w procedurze estymacji wartości prawdopodobieństw wygładzonych można również oszacować moment przełączenia procesu pomiędzy poszczególnymi reżimami zmienności. Dla kursu PLN/HUF momenty te zostały przedstawione na rysunku 2.

Tabela 1

Oceny parametrów MS(2)-ARMA(1,1)-GARCH(0,0) dla wybranych kursów wymiany złotego

Parametr	PLN/EUR		PLN/HUF		PLN/RUB	
	ocena parametru	p-value/ odchylenia standardowe ocen	ocena parametru	p-value/ odchylenia standardowe ocen	ocena parametru	p-value/ odchylenia standardowe ocen
Stała (0)	0.0625	[0.078]	0.0176	[0.491]	0.0470	[0.296]
Stała (1)	-0.0180	[0.013]	-0.0110	[0.132]	-0.0211	[0.031]
AR-1 (0)	-0.9535	[0.000]	-0.7591	[0.000]	0.6437	[0.006]
AR-1 (1)	-0.4678	[0.006]	-0.3394	[0.014]	-0.4345	[0.116]
MA-1 (0)	0.9013	[0.000]	0.8101	[0.000]	0.5773	[0.015]
MA-1 (1)	0.4807	[0.006]	0.4043	[0.003]	0.4654	[0.083]
sigma (0)	1.2667	0.062	0.9197	0.041	1.4620	0.065
sigma (1)	0.4602	0.010	0.4172	0.009	0.5705	0.013
P matrix	R (0, t)	R (1, t)	R (0, t)	R (1, t)	R (0, t)	R (1, t)
R (0, t+1)	0.9665	0.0057	0.9446	0.0122	0.9343	0.0135
R (1, t+1)	0.0335	0.9943	0.0554	0.9878	0.0657	0.9865
AIC/SC	1.6458 / 1.6689		1.4720 / 1.4951		2.1402 / 2.1633	
B-P (40)	43.785	[0.720]	33.437	[0.965]	53.949	[0.326]
ARCH(5)	2.1999	[0.052]	1.2824	[0.269]	1.7826	[0.113]
J-B	24.629	[0.000]	3.3872	[0.184]	4.4222	[0.110]

Źródło: obliczenia własne. P-value podano w nawiasach, odchylenia standardowe ocen parametrów bez nawiasów.



Rys. 2. Szereg dziennych logarytmicznych stóp zwrotu kursu PLN/HUF w okresie 02.05.2004–31.12.2013 oraz prawdopodobieństwa wygładzone dla reżimu wysokiej zmienności.

Źródło: opracowanie własne.

Autorka porównując momenty rozpoczęcia i zakończenia stanów wysokiej zmienności dla każdego kursu walutowego, zauważyła pewne podobieństwa w ich

występowaniu (por. tabela 2) związane z oddziaływaniem kryzysu finansowego subprime (sierpień/wrzesień 2008 – kwiecień 2009) oraz napływającymi na rynek walutowy informacjami o rozprzestrzenianiu się kryzysu zadłużenia pomiędzy krajami peryferyjnymi UE (wrzesień–październik 2009, wrzesień–listopad 2011). Na szczególną uwagę zasługuje jeszcze jeden wspólny dla wszystkich kursów walutowych okres występowania stanu wysokiej zmienności, a mianowicie kwiecień–maj 2010. W tym okresie rynek walutowy doświadczył pierwszej od ponad dziesięciu lat oficjalnej interwencji NBP, mającej na celu odwrócenie silnego trendu aprecjacyjnego złotówki. Dla analizowanego kursu PLN/HUF można zauważyć wysoką wahliwość w okresie 8–13.10.2008, co mogło się wiązać z próbą przeprowadzenia ataku spekulacyjnego na forinta.

Tabela 2

Macierz korelacji pomiędzy wygładzonymi prawdopodobieństwami dla reżimu wysokiej zmienności

	CZK	EUR	GBP	HUF	USA	UAH	RUB
CZK	1	0.778	0.625	0.669	0.687	0.720	0.646
EUR	0.778	1	0.792	0.639	0.789	0.871	0.748
GBP	0.625	0.792	1	0.535	0.854	0.707	0.689
HUF	0.669	0.639	0.535	1	0.603	0.630	0.575
USA	0.687	0.789	0.854	0.603	1	0.768	0.724
UAH	0.720	0.871	0.707	0.630	0.768	1	0.713
RUB	0.646	0.748	0.689	0.575	0.724	0.713	1

Źródło: obliczenia własne.

Współczynniki korelacji wyznaczone pomiędzy wygładzonymi prawdopodobieństwami dla reżimu wysokiej zmienności są wysokie, co może wskazywać na podobne okresy obowiązywania reżimu wysokiej zmienności kursowej dla analizowanych kursów wymiany złotego.

Na podstawie oszacowanych prawdopodobieństw przejścia do poszczególnych stanów zmienności (elementy macierzy stochastycznej \mathbf{P}), można wyznaczyć oczekiwany dalszy czas trwania systemu w reżimie i (Cho i Hammoudeh 2010, s. 4391):

$$d_i = \frac{1}{1 - p_{ii}} \quad (i = 0, 1, \dots, N - 1), \quad (6)$$

gdzie: d_i – średni czas przebywania zmiennej ekonomicznej w i -tym reżimie.

W tabeli 3 zamieszczono – wyznaczone zgodnie z relacją (6) – średnie czasy trwania procesu stóp zwrotu kursów walutowych w reżimie wysokiej i niskiej zmienności.

Najdłuższym oczekiwanym czasem trwania stanu wysokiej zmienności charakteryzował się kurs PLN/USD (około 48 dni), przy czym 17,11% obserwacji

zostało przypisanych do tego stanu zmienności. Z kolei dla kursu PLN/EUR oczekiwany czas trwania w reżimie wysokiej zmienności wynosił niecałe 39 dni, jednakże tylko 13.83% obserwacji odpowiadało temu stanowi zmienności kursowej. W przypadku kursu PLN/GBP najwięcej obserwacji zostało przypisanych do reżimu wysokiej zmienności (21,38%), w którym to proces średnio przebywał 30 dni.

Tabela 3

Średnie czasy trwania procesu stóp zwrotu kursów walutowych w reżimach zmienności

Kurs wymiany	Średni czas trwania w reżimie 0 (dni)	Liczba obserwacji przypisanych do reżimu 0	Średni czas trwania w reżimie 1 (dni)	Liczba obserwacji przypisanych do reżimu 1	$\sigma(0)/\sigma(1)$	Miara RCM
PLN/EUR	38.89	350 (13.83%)	218.00	2180 (86.17%)	2.752	8.0436
PLN/GBP	30.06	541 (21.38%)	104.68	1989 (78.62%)	2.229	15.2444
PLN/USD	48.11	433 (17.11%)	209.70	2097 (82.89%)	2.335	8.7588
PLN/UAH	27.90	279 (11.03%)	204.64	2251 (88.97%)	4.261	4.6484
PLN/CZK	11.44	286 (11.30%)	86.31	2244 (88.70%)	2.518	15.3460
PLN/HUF	24.00	432 (17.08%)	116.56	2098 (82.92%)	2.204	15.3356
PLN/RUB	18.14	399 (15.77%)	96.86	2131 (84.23%)	2.563	14.3456

Źródło: obliczenia własne.

Następnie analizie poddano wskaźniki odzwierciedlające stosunek oszacowanych dla przełącznikowego modelu Markowa wariancji odpowiadających reżimowi wysokiej zmienności względem niskiej zmienności ($\sigma(0)/\sigma(1)$). Miernik ten przyjmuje najwyższe wartości dla kursu PLN/UAH (4.261), PLN/EUR (2.752), PLN/RUB (2.563), co wskazywać może na większą niż w przypadku innych walut różnicę w poziomie zmienności złotego względem unijnej, ukraińskiej i rosyjskiej waluty w okresach charakteryzujących się wystąpieniem zawirowań na globalnym rynku finansowym w stosunku do okresów uspokojenia rynków. Porównując wartości miary RCM, można zauważyć, iż w przypadku każdego rozważanego kursu walutowego przyjęła ona stosunkowo niskie wartości, zatem oszacowane modele są w stanie poprawnie zidentyfikować obowiązujący w danym momencie reżim zmienności.

Podsumowanie

Podsumowując powyższe analizy, należy zwrócić uwagę, iż przełącznikowe modele Markowa, które można konstruować w pakiecie PcGive, umożliwiają (Choi i Hammoudeh, 2010, s. 4389):

- identyfikację momentów przełączenia procesu ekonomicznego pomiędzy reżimami niskiej i wysokiej zmienności;

- zmierzenie średniego czasu trwania procesu ekonomicznego w poszczególnych reżimach zmienności, co umożliwi przeprowadzenie analizy porównawczej persystencji reżimu wysokiej i niskiej zmienności, celem identyfikacji stanu szybciej zanikającego;
- wskazanie na zmieniającą się siłę lub kierunek korelacji między różnymi szeregami ekonomicznymi, reprezentującymi czasami różne rynki (np. rynek surowców, walutowy, kapitałowy), w zależności od obowiązującego reżimu zmienności (modele MSVAR);
- porównanie oczekiwanych czasów trwania różnych procesów ekonomicznych w reżimie wysokiej zmienności, co pozwoli zidentyfikować te zmienne oraz charakteryzowane przez nie segmenty rynku, które są bardziej wrażliwe i w większym stopniu narażone na wystąpienie zmian strukturalnych.

Dodatkowo należy zaznaczyć, iż modele ekonometryczne o stałych parametrach nie są w stanie w pełni opisać zmienności niektórych procesów ekonomicznych charakteryzujących się występowaniem zmian strukturalnych. Pojawienie się bowiem pojedynczych nietypowych obserwacji w takim szeregu ekonomicznym może wskazywać na dużą wahlliwość procesu zmienności i dawać efekt pozornej persystencji zmienności w modelach uwzględniających tylko jeden reżim zmienności (Hammoudeh i Li 2006, s. 358–360). Warto zatem poznać możliwości, jakie daje decydantom pakiet PcGive w zakresie estymacji i weryfikacji różnych specyfikacji przełącznikowych modeli Markowa. Dodatkowe informacje o zmienności procesów ekonomicznych, w tym w szczególności kursów wymiany walut, powinny być również brane pod uwagę przy podejmowaniu decyzji o zabezpieczeniu się przed negatywnymi skutkami ryzyka towarzyszącego działalności podmiotów gospodarczych, zgodnie z koncepcją zintegrowanego podejścia do zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie (Kuziak 2011, s. 84).

Literatura

- Choi K., Hammoudeh S. (2010), *Volatility behavior of oil, industrial commodity and stock markets in a regime – switching environment*, „Energy Policy”, No. 38.
- Doornik J.A. (2013), *Econometric Analysis with Markov Switching Models. PCGive™ 14*, vol. 5, Timberlake Consultants Ltd., London.
- Doornik J.A., Hendry D.F. (2009), *Econometric Modelling-PcGive™ 13*, vol. 3, Timberlake Consultants Ltd., London 2009.
- Frömmel M. (2010), *Volatility Regimes in Central and Eastern European Countries' Exchange Rates*, „Czech Journal of Economics and Finance”, No. 1.

- Hamilton J.D., Raj B. (2002), *New directions in business cycle research and financial analysis*, in: *Advances in Markov-Switching Models*, eds. J.D. Hamilton, B. Raj, Physica-Verlag, Heidelberg.
- Hammoudeh S., Li H. (2006), *Sudden changes in volatility in emerging markets: the case of GCC stock markets*, „International Review of Financial Analysis”, No. 16.
- Krolzig H.-M. (1998), *Econometric Modeling of Markov-Switching Vector Autoregressions using MSVAR for Ox*, Institute of Economics and Statistics, Nuffield College, Oxford.
- Kuziak K. (2011), *Pomiar ryzyka przedsiębiorstwa. Modele pomiaru i ich ryzyko*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław.
- Lawrence C.T., Tits A.L. (2001), *A computationally efficient feasible sequential quadratic programming algorithm*, „SIAM Journal of Optimization”, No. 11.
- Rowley J. (2007), *The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy*, „Journal of Information Science”, No. 2.
- Włodarczyk A. (2006), *Using Markov Switching Models for Forecasting Zloty Exchange Rate Volatility*, in: *The Challenges for Reconversion. Innovation – Sustainability – Knowledge Management*, ed. P. Pachura, ISI Pierrard, HEC du Luxembourg, Virton.
- www.nbp.pl (2014).

PC GIVE PACKAGE AS A TOOL SUPPORTING DECISION-MAKING PROCESSES UNDER STRUCTURAL BREAKS

Summary

PcGive package enables the modeling of time series which are characterized by the occurrence of structural breaks. PcGive's users have access to additional information about volatility of these time series, namely the moments of switching the economic process between different volatility regimes, the average duration of the economic process in different volatility regimes and the scale of changes in variance level depending on the volatility regime. This information should be taken into account when deciding whether to hedging against the negative effects of risk associated with business entities activity. The purpose of this paper is to present a tool which is the "Regime Switching Models" module of PcGive package and an exemplary of its application to the analysis of volatility of the zloty exchange rate in the period of Polish membership in the European Union, i.e. 01.05.2004–31.12.2013.

Keywords: PcGive, decision-making processes, Markov switching models, exchange rate.

Translated by Aneta Włodarczyk