

Michał Bernardelli* Mariusz Próchniak** 

Analiza podobieństwa państw Unii Europejskiej w zakresie stabilności systemu finansowego, ścieżek zmian cen i wzrostu gospodarczego przy wykorzystaniu metody Dynamic Time Warping

Streszczenie

W artykule podejmujemy próbę odpowiedzi na pytanie, na ile podobne są kraje Unii Europejskiej (UE) pod względem zachowania się systemu finansowego, a zwłaszcza jego stabilności. Weryfikujemy, czy zmiany stabilności sektora finansowego przebiegają analogicznie do ścieżek zmian stóp inflacji oraz dynamiki realnej wielkości produkcji i dochodów. Na podstawie podobieństwa w zakresie stabilności sektora finansowego oraz zmiennych mierzących realną sferę gospodarki grupujemy państwa UE w klastry. Elementem nowości jest zastosowanie w badaniu metody *Dynamic Time Warping* (DTW). Jest to innowacyjna metoda analizy szeregów czasowych, która w zastosowaniu do zmiennych makroekonomicznych jest stosunkowo rzadko spotykana w literaturze. Analiza obejmuje grupę 27 kra-

* Dr hab. Michał Bernardelli, prof. SGH – Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Instytut Ekometrii, Zakład Metod Probabilistycznych, mbernard@sgh.waw.pl, <https://orcid.org/0000-0002-5504-257X>

** Prof. dr hab. Mariusz Próchniak – Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Kolegium Gospodarki Światowej, Katedra Ekonomii II, mproch@sgh.waw.pl, <https://orcid.org/0000-0003-2642-9510>
Udział Mariusza Próchniaka powstał w ramach projektu badawczego finansowanego z Narodowego Centrum Nauki (nr projektu 2018/31/B/HS4/00164).



© by the author, licensee University of Lodz – Lodz University Press, Lodz, Poland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license CC BY-NC-ND 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

jów UE i okres 2010–2023. Wykorzystujemy pięć zmiennych: wolumen kredytów zagrożonych, współczynnik wypłacalności banków, stopa inflacji, dynamika PKB oraz dynamika produkcji przemysłowej. Wyniki pokazują, że względnie często państwa z tym samym modelem kapitalizmu (kontynentalny, nordycki, śródziemnomorski, liberalny i patchworkowy) są do siebie wysoce podobne. Oznacza to, że otoczenie instytucjonalne w danym kraju, w tym model kapitalizmu, wyjaśnia częściowo zbliżone ścieżki czasowe zmiennych finansowych i makroekonomicznych w wielu państwach UE.

Słowa kluczowe: system finansowy, stabilność systemu finansowego, wzrost gospodarczy, Dynamic Time Warping, Unia Europejska.

JEL: F44, G17, O47.

The similarity analysis of the EU countries in terms of financial system stability, price changes and economic growth using Dynamic Time Warping

Summary

The article attempts to answer how similar the European Union (EU) countries are regarding the financial system's behavior, especially its stability. We verify whether changes in the stability of the financial sector are analogous to changes in inflation rates as well as real output and income dynamics. Based on similarities in the financial sector stability and the real economy, we group EU countries into clusters. An element of novelty is the use of the Dynamic Time Warping (DTW) method. It is an innovative method for time series analysis, which has been relatively rarely applied to macroeconomic variables in the economic literature. The analysis covers 27 EU countries and the 2010–2023 period. We use five variables: non-performing loans, banks' capital adequacy ratio, inflation rate, GDP growth and industrial production index. The results show that countries with the same model of capitalism (Continental, Nordic, Mediterranean, Liberal, and Patchwork) are relatively often highly similar to each other. This means that the institutional environment in a given country, including the model of capitalism,

explains to some extent the similarity of time paths of financial and macroeconomic variables in many EU countries.

Keywords: financial system, financial system stability, economic growth, Dynamic Time Warping, European Union.

Wstęp

Charakterystyka zależności makroekonomicznych i związków między różnymi kategoriami gospodarczymi jest od wielu lat przedmiotem poszukiwań wśród ekonomistów. Wiele rzeczy nie zostało dotychczas rozstrzygniętych. Jednym z takich obszarów jest analiza stabilności systemu finansowego oraz jego związków z realną sferą gospodarki, w tym ze wzrostem gospodarczym. Nie ma jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, czym jest stabilność sektora finansowego: co to znaczy, że jeden kraj ma stabilniejszy sektor finansowy od drugiego czy też jakie są związki między stabilnością sektora finansowego a zachowaniem zmiennych realnych, np. produktu krajowego brutto (PKB).

W niniejszym artykule podejmujemy próbę odpowiedzi na niektóre z powyższych problemów badawczych. Cele artykułu można sformułować w trzech konkretnych obszarach. Po pierwsze, chcemy sprawdzić, na ile podobne (bądź niepodobne) są kraje Unii Europejskiej (UE), jeśli chodzi o zachowanie się systemu finansowego, a zwłaszcza jego stabilność. Po drugie, weryfikujemy, czy zmiany stabilności sektora finansowego przebiegają analogicznie do ścieżek zmian stóp inflacji oraz dynamiki realnej wielkości produkcji i dochodów. Po trzecie, na podstawie podobieństwa między członkami Unii w zakresie stabilności sektora finansowego oraz zmiennych mierzących realną sferę gospodarki próbujemy pogrupować państwa UE w klastry. Jednocześnie staramy się odpowiedzieć na pytanie, czy granice między klastrami wynikają z głębszych przesłanek (np. mają podstawy instytucjonalne i zależą od występujących w danych krajach modeli kapitalizmu), czy też mają bardziej przypadkowy charakter.

Do elementów nowości należy zaliczyć podejście metodologiczne. Mianowicie, do odpowiedzi na powyższe badania badawcze stosujemy metodę *Dynamic Time Warping* (DTW). Jest to efektywna metoda analizy szeregów czasowych, która w zastosowaniu do zmiennych makroekonomicznych jest stosunkowo rzadko spotykana w literaturze (choć w finansach jest ona stosowana znacznie częściej). Przykładowe badania, w których autorzy stosują algorytm DTW w badaniach ekonomicznych (również z zakresu finansów) to prace: Raihan (2017), Franses i Wiemann (2020), D'Urso, De Giovanni i Massari (2021), Denkowska i Wanat (2021), Bai, Cui, Zhang, Xu, Wang i Hancock (2023), Bernardelli (2023) oraz Gassouma, Benhamed i El Montasser (2023).

Warto zwrócić uwagę na artykuł Bernardello (2023), gdzie znajduje się propozycja wykorzystania metody DTW do analizy porównawczej różnych części tego samego szeregu czasowego ze sobą. Koncepcja ta sprawdziła się do analizy szeregów czasowych pochodzących z badań ankietowych dotyczących kondycji gospodarki Polski pozyskiwanych przez IRG SGH¹.

Metoda DTW nie jest nowa sama w sobie. W naukach technicznych stosuje się ją od wielu lat. Niemniej jednak, do rozwiązania problemu postawionego w niniejszym artykule należy ją uznać za *novum* na tle literatury przedmiotu. Zastosowanie metody DTW oraz wnioskowanie oparte na uzyskanych wynikach stanowią główną wartość dodaną badania.

Realizacja badania ma potencjał wzbogacenia wiedzy na temat procesów integracji. Przede wszystkim, umożliwi określenie, jak silnie zaszły procesy integracji w Unii Europejskiej, co jest ważne m.in. w kontekście wprowadzenia euro oraz realizacji innych wspólnych polityk. Pozwoli także na identyfikację państw, które zachowują się nietypowo na tle ogółu państw Unii Europejskiej, co może być przesłanką do wdrożenia reform instytucjonalnych w tych państwach, aby zacieśnić integrację.

Artykuł składa się z pięciu części. W kolejnej części przedstawiamy najważniejsze założenia i charakterystyki algorytmu DTW, po czym opisujemy dane i zakres analizy. Następnie przedstawiamy wyniki badania empirycznego wraz z ich interpretacją. Ostatnia część to syntetyczne podsumowanie.

Dynamic Time Warping

Koncepcja skwantyfikowania podobieństwa szeregów czasowych jest często eksplorowana w różnych obszarach nauki. Metoda *Dynamic Time Warping* pozwala na transformację osi czasu w celu zminimalizowania odległości między dwoma szeregami, nawet jeżeli ich długości nie są równe. Została ona wprowadzona niezależnie w Vintsyuk (1968) oraz Sakoe i Chiba (1978) jako narzędzie do rozpoznawania mowy. W następnych latach znajdowano kolejne dziedziny zastosowań, m.in. w analizę dźwięku, rozpoznawaniu gestów, robotyce czy bioinformatyce i innych obszarach, w których niezbędne jest wykrywanie wzorców w szeregach czasowych.

W uproszczeniu, idea stojąca za DTW sprowadza się do obliczenia odległości między sekwencjami punktów składających się na szeregi czasowe, przy czym sprawdzane są wszelkie możliwe przesunięcia względne szeregów w celu znalezienia optymalnego dopasowania między nimi poprzez minimalizowanie całkowitej odległości. Metryką odległości między dwoma punktami może być dowolna miara, taka jak odległość euklidesowa lub metryka Manhattan.

¹ Instytut Rozwoju Gospodarczego Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie.

Sformułowanie matematyczne bazuje na dwóch szeregach czasowych lub sekwencjach liczb

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_n], Y = [y_1, y_2, \dots, y_m],$$

z których można utworzyć dwuwymiarową macierz n -by- m przechowującą skumulowaną odległość między każdą parą punktów w dwóch szeregach czasowych. Wiersze reprezentują elementy szeregów czasowych X , a kolumny elementy szeregów czasowych Y . Każdy element macierzy (i, j) reprezentuje odległość między x_i i y_j skorygowaną o dotychczas wyznaczone pomiary. Zakładając odległość euklidesową jako podstawę pomiaru DTW, zależności te można określić wzorem:

$$D_{i,j} = |x_i - y_j| + \min\{D_{i-1,j-1}, D_{i-1,j}, D_{i,j-1}\}$$

Ścieżka $D_{m,n}$, która minimalizuje odległość między dwoma szeregami czasowymi, musi spełniać warunki:

- Początek ścieżki znajduje się w punkcie (x_1, y_1) .
- Ścieżka kończy się w punkcie (x_n, y_m) .
- Sekwencja punktów na ścieżce jest monotonicznie rosnąca zarówno względem i , jak i j , zaś wszystkie indeksy szeregów czasowych powinny pojawić się przynajmniej raz.

Wynik końcowy DTW jest wartością skalarną reprezentującą podobieństwo lub odmienność dwóch szeregów czasowych. Im niższa wartość, tym bardziej podobne są szeregi czasowe.

Podejście DTW pozwala na wychwycenie podobieństw między dwoma realizacjami badanych zdarzeń nawet jeżeli są one zniekształcone poprzez zróżnicowane długości czy różne wielkości amplitud bądź czasu trwania analizowanych faz. Fakt niezmienniczości miary ze względu na wszelkie przesunięcia czyni z DTW wszechstronne i skuteczne narzędzie do porównywania danych ze zmienną czasową. Okazało się także skutecznym podejściem badań w zakresie cykli koniunkturalnych oraz danych makroekonomicznych. W szczególności DTW stawowi doskonałą podstawę do analizy podobieństwa pomiędzy fazami jednego cyklu koniunkturalnego (Bernardelli 2023). Sama miara może być również wykorzystana jako część składowa bardziej skomplikowanych analiz, np. klasteryzacji (porównaj np. Bernardelli, Próchniak 2023).

DTW ma jednak pewne ograniczenia. Przede wszystkim, w przypadku dużych zestawów danych z długimi sekwencjami złożoność czasowa tego rozwiązania może stanowić wyzwanie dla komputerów osobistych. Po drugie, wynik działania DTW jest bardzo wrażliwy na wybór funkcji odległości. W zależności od konkretnych zastosowań należy dokonać świadomego wyboru odpowiedniej miary. W przypadku niniejszego badania zdecydowano się na zastosowanie najbardziej popularnej odległości euklidesowej. Kolejnym, niemniej ważnym

ograniczeniem jest wymóg odpowiedniej długości analizowanych szeregów czasowych. W przypadku zbyt małej liczby obserwacji, interpretowalność wyników jest mocno dyskusyjna.

Dane i zakres analizy

Analiza obejmuje dane kwartalne z 27 krajów UE datowane od pierwszego kwartału 2010 r. do pierwszego kwartału 2023 r. W przypadku braku niektórych danych na początku lub na końcu badanego okresu, zakres czasowy danej zmiennej jest nieco krótszy. W badaniu wykorzystana została implementacja metody DTW oraz klastrowania z jej użyciem dostępna w bibliotekach *dtw* oraz *TSclust* pakietu obliczeniowego R.

W artykule uwzględniamy pięć zmiennych. Ich listę przedstawia tabela 1. Dwie zmienne (wolumen kredytów zagrożonych i współczynnik wypłacalności banków) mierzą stabilność systemu finansowego. Jedna zmienna (stopa inflacji) reprezentuje zarówno sektor finansowy (w tym politykę pieniężną banku centralnego), jak i sektor realny (inflacja jest silnie powiązana w charakterze zależności przyczynowo-skutkowej z tempem wzrostu gospodarczego). Dwie zmienne (dynamika PKB oraz dynamika produkcji przemysłowej) dotyczą realnej sfery gospodarki i mierzą zmiany ogólnej wielkości produkcji oraz dochodów.

Tabela 1. Zmienne wykorzystane w analizie

Lp.	Nazwa zmiennej	Liczba krajów objętych analizą
1	Wolumen kredytów zagrożonych (% kredytów ogółem)	22
2	Współczynnik wypłacalności banków (współczynnik adekwatności kapitałowej) (<i>capital adequacy ratio</i> – CAR)	17
3	Stopa inflacji CPI (% w stosunku do analogicznego kwartału poprzedniego roku)	27
4	Dynamika PKB (% w stosunku do analogicznego kwartału poprzedniego roku)	27
5	Dynamika produkcji przemysłowej (% w stosunku do analogicznego kwartału poprzedniego roku)	26

Źródło: zmienne pochodzą z bazy danych CEIC.

Z uwagi na brak danych, nie wszystkie zmienne są dostępne dla wszystkich krajów. Jedynie szeregi czasowe stopy inflacji oraz dynamiki PKB są do dyspozycji dla pełnej grupy 27 państw. Dobrze wypełnione danymi ma też wskaźnik produkcji przemysłowej (26 krajów). Zmienne reprezentujące sektor finansowy (współczynnik wypłacalności banków i wolumen kredytów zaproszonych) mają nieco gorszą dostępność.

O ile wybór zmiennych mierzących realną sferę gospodarki nie był trudny (dynamika PKB i produkcji przemysłowej to typowe zmienne reprezentujące zmiany produkcji i dochodów), o tyle znacznie trudniejszy był wybór zmiennych mierzących stabilność sektora finansowego. Jak wynika z przeglądu literatury (zob. np. Alińska, Wasiak, red. 2017, s. 17), nie ma jednej powszechnie stosowanej definicji stabilności systemu finansowego i zmiennej mierzącej to zjawisko. W badaniu uwzględniamy dwie wybrane zmienne z tego zakresu (wolumen kredytów zagrożonych oraz współczynnik wypłacalności banków). Zdajemy sobie jednak sprawę z tego, że zmienne te obejmują tylko pewne wybrane aspekty szeroko rozumianej stabilności sektora finansowego.

Dodatkowym ograniczeniem przy wyborze zmiennych był dostęp do danych. W celu uzyskania bardziej wiarygodnych pod względem statystycznym wyników zdecydowaliśmy się przeprowadzić analizę opartą na danych kwartalnych, co też ogranicza spektrum dostępnych szeregów czasowych.

Prezentacja i interpretacja wyników

Wyniki analizy przedstawiono na rysunkach 1–5 oraz w tabelach 2–6. Tabele zawierają odległości między krajami wyliczone metodą DTW dla poszczególnych zmiennych. Im niższa wartość liczbowa, tym kraje są do siebie bardziej podobne i jaśniejsze wypełnienie komórek. Rysunki ukazują dendrogramy wykreślone na podstawie tych odległości. Umożliwiają one pogrupowanie krajów w klastry w zależności od kształtowania się wartości poszczególnych zmiennych.

Tabela 2. Współczynniki podobieństwa obliczone metodą DTW dla zmiennej: wolumen kredytów zagrożonych

Państwo	Belgia	Bułgaria	Chorwacja	Cypr	Czechy	Dania	Estonia	Finlandia	Grecja	Hiszpania	Holandia	Irlandia	Litwa	Łotwa	Polska	Portugalia	Rumunia	Słowacja	Słowenia	Szwecja	Węgry	Włochy
Belgia	0,00	0,98	1,16	0,87	0,93	2,90	0,91	18,32	2,79	0,78	1,49	1,04	0,81	1,23	2,36	0,83	0,84	0,72	0,99	2,70	1,06	0,78
Bułgaria	0,98	0,00	0,99	1,08	1,22	3,01	1,35	21,34	2,86	1,10	1,49	1,22	1,03	1,69	2,77	1,02	1,12	0,93	1,00	2,43	1,19	1,13
Chorwacja	1,16	0,99	0,00	1,46	1,10	3,04	1,34	20,37	3,35	0,88	1,95	1,10	1,00	1,32	2,48	0,99	1,02	0,97	1,12	3,10	0,82	1,16
Cypr	0,87	1,08	1,46	0,00	1,15	2,96	1,23	17,29	2,30	1,11	1,78	1,24	1,08	1,53	2,48	0,89	1,02	1,01	1,08	2,62	1,21	1,07
Czechy	0,93	1,22	1,10	1,15	0,00	2,89	1,17	20,75	2,87	0,84	1,63	0,99	0,81	1,20	2,38	0,84	1,00	0,90	1,02	2,59	0,75	0,82
Dania	2,90	3,01	3,04	2,96	2,89	0,00	2,79	17,13	3,52	3,08	2,98	3,21	2,66	2,79	3,36	3,02	3,04	2,82	2,60	3,02	3,10	3,04
Estonia	0,91	1,35	1,34	1,23	1,17	2,79	0,00	20,56	2,82	0,97	1,65	1,29	0,91	1,24	2,65	1,05	0,99	0,93	1,02	2,39	1,28	1,01
Finlandia	18,32	21,34	20,37	17,29	20,75	17,13	20,56	0,00	13,52	21,36	17,47	21,14	20,75	17,96	14,00	19,64	19,36	20,80	18,86	20,16	19,52	19,81
Grecja	2,79	2,86	3,35	2,30	2,87	3,52	2,82	13,52	0,00	2,94	2,76	2,64	2,86	2,64	2,55	2,86	2,75	2,77	2,52	3,01	3,19	2,80
Hiszpania	0,78	1,10	0,88	1,11	0,84	3,08	0,97	21,36	2,94	0,00	1,51	0,90	0,72	1,16	2,42	0,62	0,83	0,75	0,86	2,19	0,97	0,79
Holandia	1,49	1,49	1,95	1,78	1,63	2,98	1,65	17,47	2,76	1,51	0,00	1,80	1,61	2,36	3,03	1,48	1,64	1,51	1,69	2,46	1,75	1,86
Irlandia	1,04	1,22	1,10	1,24	0,99	3,21	1,29	21,14	2,64	0,90	1,80	0,00	1,04	1,00	2,55	0,69	0,88	1,11	0,84	2,06	0,95	1,05
Litwa	0,81	1,03	1,00	1,08	0,81	2,66	0,91	20,75	2,86	0,72	1,61	1,04	0,00	1,15	2,24	0,92	0,76	0,84	0,72	2,83	0,95	0,86
Łotwa	1,23	1,69	1,32	1,53	1,20	2,79	1,24	17,96	2,64	1,16	2,36	1,00	1,15	0,00	1,95	1,13	1,14	1,30	1,15	3,07	1,33	1,31
Polska	2,36	2,77	2,48	2,48	2,38	3,36	2,65	14,00	2,55	2,42	3,03	2,55	2,24	1,95	0,00	2,48	2,49	2,43	2,11	4,01	2,56	2,41
Portugalia	0,83	1,02	0,99	0,89	0,84	3,02	1,05	19,64	2,86	0,62	1,48	0,69	0,92	1,13	2,48	0,00	0,90	0,85	0,79	2,14	0,83	0,73
Rumunia	0,84	1,12	1,02	1,02	1,00	3,04	0,99	19,36	2,75	0,83	1,64	0,88	0,76	1,14	2,49	0,90	0,00	0,93	0,75	2,31	1,02	1,07
Słowacja	0,72	0,93	0,97	1,01	0,90	2,82	0,93	20,80	2,77	0,75	1,51	1,11	0,84	1,30	2,43	0,85	0,93	0,00	0,92	2,35	0,96	0,91
Słowenia	0,99	1,00	1,12	1,08	1,02	2,60	1,02	18,86	2,52	0,86	1,69	0,84	0,72	1,15	2,11	0,79	0,75	0,92	0,00	2,54	0,92	0,98
Szwecja	2,70	2,43	3,10	2,62	2,59	3,02	2,39	20,16	3,01	2,19	2,46	2,06	2,83	3,07	4,01	2,14	2,31	2,35	2,54	0,00	2,45	2,53
Węgry	1,06	1,19	0,82	1,21	0,75	3,10	1,28	19,52	3,19	0,97	1,75	0,95	0,95	1,33	2,56	0,83	1,02	0,96	0,92	2,45	0,00	1,04
Włochy	0,78	1,13	1,16	1,07	0,82	3,04	1,01	19,81	2,80	0,79	1,86	1,05	0,86	1,31	2,41	0,73	1,07	0,91	0,98	2,53	1,04	0,00

Źródło: obliczenia własne.

Tabela 3. Współczynniki podobieństwa obliczone metodą DTW dla zmiennej: współczynnik wypłacalności banków

Państwo	Bułgaria	Chorwacja	Cypr	Czechy	Grecja	Holandia	Irlandia	Litwa	Łotwa	Niemcy	Polska	Portugalia	Rumunia	Słowacja	Szwecja	Węgry	Włochy
Bułgaria	0,00	9,29	10,85	10,61	7,44	8,81	5,59	6,09	7,42	6,60	9,11	10,74	10,34	9,79	7,79	7,33	10,17
Chorwacja	9,29	0,00	2,78	2,60	9,63	5,21	8,42	7,65	4,42	5,16	2,81	2,24	3,91	2,47	11,35	8,40	2,55
Cypr	10,85	2,78	0,00	4,09	12,03	7,37	11,72	6,36	5,38	6,61	4,64	1,97	5,02	4,37	16,26	8,98	1,93
Czechy	10,61	2,60	4,09	0,00	9,07	5,34	7,91	5,52	3,22	4,02	2,65	2,96	2,50	2,52	12,34	8,20	3,14
Grecja	7,44	9,63	12,03	9,07	0,00	7,45	4,56	7,81	7,93	6,02	6,73	13,97	8,58	8,46	6,93	7,35	12,69
Holandia	8,81	5,21	7,37	5,34	7,45	0,00	8,11	6,44	5,11	5,58	4,74	5,36	5,43	4,60	5,95	8,74	5,84
Irlandia	5,59	8,42	11,72	7,91	4,56	8,11	0,00	8,14	7,13	6,32	5,46	10,74	7,58	6,97	4,89	7,88	9,99
Litwa	6,09	7,65	6,36	5,52	7,81	6,44	8,14	0,00	5,15	5,32	5,93	6,94	4,96	6,31	7,93	6,99	6,30
Łotwa	7,42	4,42	5,38	3,22	7,93	5,11	7,13	5,15	0,00	4,68	3,68	4,42	2,87	2,48	10,59	7,16	4,79
Niemcy	6,60	5,16	6,61	4,02	6,02	5,58	6,32	5,32	4,68	0,00	3,89	6,72	4,12	4,34	8,52	6,96	6,16
Polska	9,11	2,81	4,64	2,65	6,73	4,74	5,46	5,93	3,68	3,89	0,00	3,21	2,97	2,48	8,16	8,86	3,16
Portugalia	10,74	2,24	1,97	2,96	13,97	5,36	10,74	6,94	4,42	6,72	3,21	0,00	3,91	3,08	13,71	9,53	1,64
Rumunia	10,34	3,91	5,02	2,50	8,58	5,43	7,58	4,96	2,87	4,12	2,97	3,91	0,00	2,21	11,78	7,49	4,06
Słowacja	9,79	2,47	4,37	2,52	8,46	4,60	6,97	6,31	2,48	4,34	2,48	3,08	2,21	0,00	11,72	7,88	3,63
Szwecja	7,79	11,35	16,26	12,34	6,93	5,95	4,89	7,93	10,59	8,52	8,16	13,71	11,78	11,72	0,00	8,95	13,48
Węgry	7,33	8,40	8,98	8,20	7,35	8,74	7,88	6,99	7,16	6,96	8,86	9,53	7,49	7,88	8,95	0,00	9,70
Włochy	10,17	2,55	1,93	3,14	12,69	5,84	9,99	6,30	4,79	6,16	3,16	1,64	4,06	3,63	13,48	9,70	0,00

Źródło: obliczenia własne.

Tabela 4. Współczynniki podobieństwa obliczone metodą DTW dla zmiennej: stopa inflacji CPI

Państwo	Austria	Belgia	Bulgaria	Chorwacja	Cypr	Czechy	Dania	Estonia	Finlandia	Francja	Grecja	Hiszpania	Holandia	Irlandia	Litwa	Luksemburg	Łotwa	Malta	Niemcy	Polska	Portugalia	Rumunia	Słowacja	Słowenia	Szwecja	Węgry	Włochy
Austria	0,00	1,94	3,15	2,18	3,83	1,93	3,15	2,48	3,46	2,56	6,63	3,08	2,90	5,03	1,98	3,47	4,65	3,25	3,11	2,88	2,52	6,81	2,49	3,34	2,85	2,33	3,36
Belgia	1,94	0,00	3,84	2,45	4,63	1,82	4,24	2,94	4,85	2,96	8,02	3,14	3,04	4,02	2,09	4,13	5,16	2,89	2,96	2,79	2,75	8,99	2,93	2,92	2,68	2,35	3,42
Bulgaria	3,15	3,84	0,00	3,04	3,07	3,31	2,75	2,63	2,81	3,04	3,78	3,14	3,07	6,51	3,16	3,13	4,25	4,48	4,53	1,93	3,13	4,53	2,62	3,83	2,42	3,18	2,38
Chorwacja	2,18	2,45	3,04	0,00	4,05	1,99	3,27	2,48	3,70	2,73	6,52	2,19	3,20	5,03	1,92	3,68	4,09	3,28	3,29	2,76	2,50	7,38	1,80	2,52	2,42	2,15	3,48
Cypr	3,83	4,63	3,07	4,05	0,00	4,64	3,45	3,18	3,45	3,25	4,04	3,16	3,52	6,09	5,06	2,77	4,75	3,35	3,64	3,90	3,08	5,37	4,59	3,76	3,87	5,09	3,08
Czechy	1,93	1,82	3,31	1,99	4,64	0,00	4,28	3,28	4,60	2,88	7,17	3,09	2,79	4,14	1,64	4,70	3,01	3,62	2,83	2,71	2,77	8,80	2,02	3,04	2,59	1,94	3,95
Dania	3,15	4,24	2,75	3,27	3,45	4,28	0,00	3,50	2,58	2,35	4,93	3,09	3,15	6,57	4,46	2,74	7,09	4,29	4,94	2,46	2,99	5,62	3,61	3,79	2,69	3,62	2,84
Estonia	2,48	2,94	2,63	2,48	3,18	3,28	3,50	0,00	3,50	2,98	3,59	2,62	3,40	5,70	2,79	3,22	2,54	3,40	2,66	2,64	2,39	5,05	2,60	3,12	3,87	3,67	3,59
Finlandia	3,46	4,85	2,81	3,70	3,45	4,60	2,58	3,50	0,00	2,42	4,84	3,18	3,19	6,93	4,36	2,53	5,36	4,38	4,41	2,74	2,75	5,09	3,35	3,87	3,57	4,81	2,62
Francja	2,56	2,96	3,04	2,73	3,25	2,88	2,35	2,98	2,42	0,00	5,63	3,27	2,55	5,85	3,25	2,60	4,96	3,76	3,14	2,17	2,57	6,31	2,91	2,48	2,43	2,99	2,81
Grecja	6,63	8,02	3,78	6,52	4,04	7,17	4,93	3,59	4,84	5,63	0,00	5,89	5,69	6,18	6,71	5,02	5,18	4,89	6,76	4,35	5,13	3,22	6,57	5,89	5,44	6,61	4,69
Hiszpania	3,08	3,14	3,14	2,19	3,16	3,09	3,09	2,62	3,18	3,27	5,89	0,00	2,87	6,22	3,41	3,13	4,54	2,61	3,55	3,72	1,86	6,47	2,35	3,01	3,47	3,22	2,97
Holandia	2,90	3,04	3,07	3,20	3,52	2,79	3,15	3,40	3,19	2,55	5,69	2,87	0,00	6,37	3,52	3,44	4,89	3,62	3,47	2,92	3,12	7,30	2,99	3,00	3,30	3,14	3,15
Irlandia	5,03	4,02	6,51	5,03	6,09	4,14	6,57	5,70	6,93	5,85	6,18	6,22	6,37	0,00	4,75	7,32	3,66	7,41	6,16	4,61	6,53	7,63	4,87	5,27	6,19	5,99	9,08
Litwa	1,98	2,09	3,16	1,92	5,06	1,64	4,46	2,79	4,36	3,25	6,71	3,41	3,52	4,75	0,00	4,73	3,56	3,51	3,13	3,36	2,93	8,42	2,40	3,00	2,62	2,38	4,49
Luksemburg	3,47	4,13	3,13	3,68	2,77	4,70	2,74	3,22	2,53	2,60	5,02	3,13	3,44	7,32	4,73	0,00	5,31	3,41	3,95	3,66	2,90	5,63	3,95	3,41	3,61	4,61	2,86
Łotwa	4,65	5,16	4,25	4,09	4,75	3,01	7,09	2,54	5,36	4,96	5,18	4,54	4,89	3,66	3,56	5,31	0,00	4,90	3,66	4,92	4,36	5,80	4,46	3,52	4,65	4,22	6,06
Malta	3,25	2,89	4,48	3,28	3,35	3,62	4,29	3,40	4,38	3,76	4,89	2,61	3,62	7,41	3,51	3,41	4,90	0,00	2,86	4,75	2,68	8,02	3,56	3,18	3,87	4,35	3,45
Niemcy	3,11	2,96	4,53	3,29	3,64	2,83	4,94	2,66	4,41	3,14	6,76	3,55	3,47	6,16	3,13	3,95	3,66	2,86	0,00	4,31	3,21	8,88	3,54	3,09	2,79	3,33	4,23
Polska	2,88	2,79	1,93	2,76	3,90	2,71	2,46	2,64	2,74	2,17	4,35	3,72	2,92	4,61	3,36	3,66	4,92	4,75	4,31	0,00	3,49	4,85	2,19	3,45	2,28	2,26	3,09
Portugalia	2,52	2,75	3,13	2,50	3,08	2,77	2,99	2,39	2,75	2,57	5,13	1,86	3,12	6,53	2,93	2,90	4,36	2,68	3,21	3,49	0,00	6,06	2,82	3,08	3,39	3,36	2,81
Rumunia	6,81	8,99	4,53	7,38	5,37	8,80	5,62	5,05	5,09	6,31	3,22	6,47	7,30	7,63	8,42	5,63	5,80	8,02	8,88	4,85	6,06	0,00	7,20	7,65	4,98	6,73	5,11
Słowacja	2,49	2,93	2,62	1,80	4,59	2,02	3,61	2,60	3,35	2,91	6,57	2,35	2,99	4,87	2,40	3,95	4,46	3,56	3,54	2,19	2,82	7,20	0,00	3,00	2,82	2,15	3,50
Słowenia	3,34	2,92	3,83	2,52	3,76	3,04	3,79	3,12	3,87	2,48	5,89	3,01	3,00	5,27	3,00	3,41	3,52	3,18	3,09	3,45	3,08	7,65	3,00	0,00	2,98	3,71	4,42
Szwecja	2,85	2,68	2,42	2,42	3,87	2,59	2,69	3,87	3,57	2,43	5,44	3,47	3,30	6,19	2,62	3,61	4,65	3,87	2,79	2,28	3,39	4,98	2,82	2,98	0,00	1,97	2,87
Węgry	2,33	2,35	3,18	2,15	5,09	1,94	3,62	3,67	4,81	2,99	6,61	3,22	3,14	5,99	2,38	4,61	4,22	4,35	3,33	2,26	3,36	6,73	2,15	3,71	1,97	0,00	3,87
Włochy	3,36	3,42	2,38	3,48	3,08	3,95	2,84	3,59	2,62	2,81	4,69	2,97	3,15	9,08	4,49	2,86	6,06	3,45	4,23	3,09	2,81	5,11	3,50	4,42	2,87	3,87	0,00

Źródło: obliczenia własne.

Tabela 5. Współczynniki podobieństwa obliczone metodą DTW dla zmiennej: dynamika PKB

Państwo	Austria	Belgia	Bułgaria	Chorwacja	Cypr	Czechy	Dania	Estonia	Finlandia	Francja	Grecja	Hiszpania	Holandia	Irlandia	Litwa	Luksemburg	Łotwa	Malta	Niemcy	Polska	Portugalia	Rumunia	Słowacja	Słowenia	Szwecja	Węgry	Włochy
Austria	0,00	2,17	4,05	4,39	6,60	4,47	2,79	6,98	4,31	2,78	5,23	2,24	2,28	16,33	5,52	6,15	5,29	5,16	3,15	3,84	2,00	4,68	4,41	4,01	3,74	3,21	2,77
Belgia	2,17	0,00	4,62	3,83	6,49	5,70	2,80	5,88	4,54	1,38	5,20	2,64	2,47	16,39	5,81	5,05	5,59	6,05	3,01	4,56	2,58	4,47	3,59	3,56	3,78	2,79	1,43
Bułgaria	4,05	4,62	0,00	5,88	5,08	4,07	4,49	6,72	4,14	4,77	4,91	3,59	3,91	13,71	5,04	5,70	5,29	4,82	4,53	3,84	3,69	4,53	4,88	5,22	4,87	4,62	5,39
Chorwacja	4,39	3,83	5,88	0,00	6,99	7,51	3,77	5,94	5,79	4,50	3,52	5,48	3,00	12,39	6,36	5,89	6,55	7,35	5,75	5,76	4,20	4,43	6,34	3,13	4,93	2,74	3,05
Cypr	6,60	6,49	5,08	6,99	0,00	4,43	4,69	7,96	4,53	7,71	4,08	5,66	4,83	12,69	7,15	7,40	7,33	5,34	6,67	4,60	5,29	5,35	6,65	5,19	5,17	6,74	7,00
Czechy	4,47	5,70	4,07	7,51	4,43	0,00	4,11	6,62	4,21	6,19	6,24	3,88	4,48	17,59	5,22	5,97	5,34	3,16	4,18	3,37	3,94	4,96	4,64	5,91	4,11	6,21	6,12
Dania	2,79	2,80	4,49	3,77	4,69	4,11	0,00	5,82	3,81	3,21	4,32	3,01	2,43	13,79	5,07	5,73	4,99	5,24	3,51	3,55	2,38	3,36	4,37	3,34	3,30	3,52	2,65
Estonia	6,98	5,88	6,72	5,94	7,96	6,62	5,82	0,00	5,54	6,24	7,25	6,76	5,95	10,13	4,95	5,94	8,00	8,25	6,87	5,19	6,54	5,49	7,59	5,40	5,30	5,14	5,81
Finlandia	4,31	4,54	4,14	5,79	4,53	4,21	3,81	5,54	0,00	5,24	4,65	4,20	3,98	16,23	4,36	5,68	5,93	5,06	3,48	3,65	4,15	4,50	4,09	4,35	2,98	4,56	4,84
Francja	2,78	1,38	4,77	4,50	7,71	6,19	3,21	6,24	5,24	0,00	5,68	3,09	3,22	15,74	6,00	5,05	6,05	6,64	3,18	5,00	3,32	4,57	2,93	3,51	4,21	3,26	1,56
Grecja	5,23	5,20	4,91	3,52	4,08	6,24	4,32	7,25	4,65	5,68	0,00	4,90	3,32	11,09	6,12	6,43	5,98	6,42	6,24	5,16	3,81	4,84	6,66	3,58	4,58	4,13	4,64
Hiszpania	2,24	2,64	3,59	5,48	5,66	3,88	3,01	6,76	4,20	3,09	4,90	0,00	2,12	18,45	5,75	5,77	5,65	4,54	3,76	3,58	1,50	4,58	4,22	4,23	4,43	3,41	3,42
Holandia	2,28	2,47	3,91	3,00	4,83	4,48	2,43	5,95	3,98	3,22	3,32	2,12	0,00	15,50	5,72	6,18	5,78	5,40	3,86	3,14	1,74	3,91	4,73	3,06	3,20	2,42	2,69
Irlandia	16,33	16,39	13,71	12,39	12,69	17,59	13,79	10,13	16,23	15,74	11,09	18,45	15,50	0,00	12,11	15,95	11,06	18,52	18,87	16,25	17,91	11,48	20,42	12,57	16,62	13,42	16,32
Litwa	5,52	5,81	5,04	6,36	7,15	5,22	5,07	4,95	4,36	6,00	6,12	5,75	5,72	12,11	0,00	6,75	4,69	6,24	5,16	4,22	5,77	5,50	5,38	6,07	4,67	5,81	6,12
Luksemburg	6,15	5,05	5,70	5,89	7,40	5,97	5,73	5,94	5,68	5,05	6,43	5,77	6,18	15,95	6,75	0,00	7,47	6,19	4,80	6,07	5,64	6,88	5,13	6,07	5,15	5,38	5,23
Łotwa	5,29	5,59	5,29	6,55	7,33	5,34	4,99	8,00	5,93	6,05	5,98	5,65	5,78	11,06	4,69	7,47	0,00	5,64	5,03	5,18	6,02	5,43	6,38	6,25	5,82	6,08	6,83
Malta	5,16	6,05	4,82	7,35	5,34	3,16	5,24	8,25	5,06	6,64	6,42	4,54	5,40	18,52	6,24	6,19	5,64	0,00	4,86	4,59	5,06	6,18	4,93	7,15	5,39	6,91	6,66
Niemcy	3,15	3,01	4,53	5,75	6,67	4,18	3,51	6,87	3,48	3,18	6,24	3,76	3,86	18,87	5,16	4,80	5,03	4,86	0,00	4,08	3,27	5,24	2,59	4,99	3,18	4,79	3,55
Polska	3,84	4,56	3,84	5,76	4,60	3,37	3,55	5,19	3,65	5,00	5,16	3,58	3,14	16,25	4,22	6,07	5,18	4,59	4,08	0,00	3,60	4,09	4,83	4,38	3,96	4,00	4,79
Portugalia	2,00	2,58	3,69	4,20	5,29	3,94	2,38	6,54	4,15	3,32	3,81	1,50	1,74	17,91	5,77	5,64	6,02	5,06	3,27	3,60	0,00	4,56	4,12	3,73	3,67	2,96	2,80
Rumunia	4,68	4,47	4,53	4,43	5,35	4,96	3,36	5,49	4,50	4,57	4,84	4,58	3,91	11,48	5,50	6,88	5,43	6,18	5,24	4,09	4,56	0,00	6,25	4,26	5,13	4,00	4,21
Słowacja	4,41	3,59	4,88	6,34	6,65	4,64	4,37	7,59	4,09	2,93	6,66	4,22	4,73	20,42	5,38	5,13	6,38	4,93	2,59	4,83	4,12	6,25	0,00	5,26	3,88	5,45	3,59
Słowenia	4,01	3,56	5,22	3,13	5,19	5,91	3,34	5,40	4,35	3,51	3,58	4,23	3,06	12,57	6,07	6,07	6,25	7,15	4,99	4,38	3,73	4,26	5,26	0,00	3,87	2,60	2,81
Szwecja	3,74	3,78	4,87	4,93	5,17	4,11	3,30	5,30	2,98	4,21	4,58	4,43	3,20	16,62	4,67	5,15	5,82	5,39	3,18	3,96	3,67	5,13	3,88	3,87	0,00	4,01	3,60
Węgry	3,21	2,79	4,62	2,74	6,74	6,21	3,52	5,14	4,56	3,26	4,13	3,41	2,42	13,42	5,81	5,38	6,08	6,91	4,79	4,00	2,96	4,00	5,45	2,60	4,01	0,00	2,73
Włochy	2,77	1,43	5,39	3,05	7,00	6,12	2,65	5,81	4,84	1,56	4,64	3,42	2,69	16,32	6,12	5,23	6,83	6,66	3,55	4,79	2,80	4,21	3,59	2,81	3,60	2,73	0,00

Źródło: obliczenia własne.

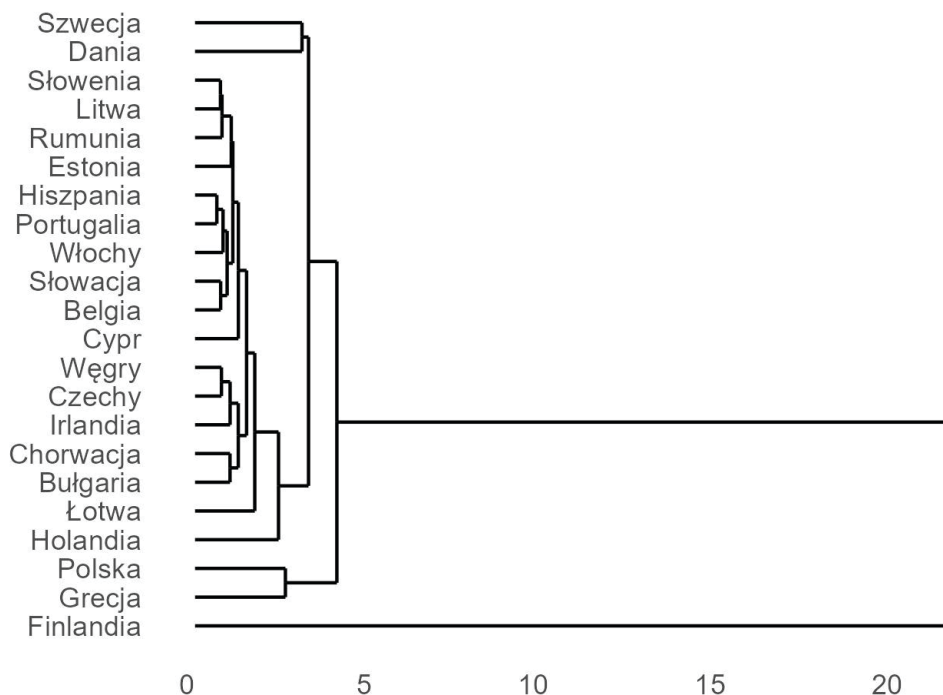
Tabela 6. Współczynniki podobieństwa obliczone metodą DTW dla zmiennej: dynamika produkcji przemysłowej

Państwo	Belgia	Bułgaria	Chorwacja	Cypr	Czechy	Dania	Estonia	Finlandia	Francja	Grecja	Hiszpania	Holandia	Irlandia	Litwa	Luksemburg	Łotwa	Malta	Niemcy	Polska	Portugalia	Rumunia	Słowacja	Słowenia	Szwecja	Węgry	Włochy
Belgia	0,00	6,27	4,92	6,64	4,95	7,35	4,53	8,09	4,97	5,35	4,88	6,33	8,97	3,64	4,59	6,41	8,81	6,01	3,48	6,21	5,07	5,11	4,64	4,59	4,47	3,59
Bułgaria	6,27	0,00	6,02	5,24	3,47	5,83	6,03	6,04	2,87	5,86	3,44	5,16	9,38	5,14	3,33	6,52	8,28	2,97	3,97	3,74	3,40	4,07	3,04	3,48	3,57	5,07
Chorwacja	4,92	6,02	0,00	4,15	5,10	7,70	6,99	6,95	5,19	4,75	4,64	5,98	7,03	5,26	4,34	7,36	9,06	6,34	4,36	5,51	6,22	5,21	4,04	4,74	4,67	4,41
Cypr	6,64	5,24	4,15	0,00	4,58	8,26	6,52	6,38	5,07	5,03	4,07	5,03	7,16	6,52	4,34	7,52	8,77	5,19	4,80	4,49	5,86	5,71	3,56	3,92	4,49	5,62
Czechy	4,95	3,47	5,10	4,58	0,00	7,68	5,90	7,54	2,02	6,23	1,82	5,79	9,12	5,09	2,42	6,78	8,11	2,67	3,09	2,31	1,99	2,17	2,59	3,08	1,62	2,89
Dania	7,35	5,83	7,70	8,26	7,68	0,00	8,18	7,28	7,55	6,92	7,46	6,76	8,52	6,24	7,39	9,81	8,55	8,77	6,28	7,89	9,00	8,18	7,64	7,17	7,27	7,17
Estonia	4,53	6,03	6,99	6,52	5,90	8,18	0,00	6,83	6,80	6,87	5,80	7,30	9,94	5,51	5,34	6,11	8,74	6,04	5,19	7,40	7,61	6,20	5,32	4,92	5,82	5,03
Finlandia	8,09	6,04	6,95	6,38	7,54	7,28	6,83	0,00	8,30	7,41	7,82	7,07	8,71	8,49	7,09	7,77	8,51	7,44	7,85	7,79	8,75	8,06	6,68	6,79	7,63	8,02
Francja	4,97	2,87	5,19	5,07	2,02	7,55	6,80	8,30	0,00	6,38	1,98	5,39	10,60	4,66	2,13	6,62	7,82	2,52	2,76	2,47	2,06	2,02	1,95	3,52	2,19	3,10
Grecja	5,35	5,86	4,75	5,03	6,23	6,92	6,87	7,41	6,38	0,00	5,02	6,17	7,16	5,55	5,16	8,83	9,50	7,41	5,36	5,87	7,57	6,36	4,82	4,91	5,64	5,01
Hiszpania	4,88	3,44	4,64	4,07	1,82	7,46	5,80	7,82	1,98	5,02	0,00	5,02	8,70	4,63	2,34	7,21	7,82	3,30	2,58	2,01	2,77	2,44	2,38	3,19	2,01	2,65
Holandia	6,33	5,16	5,98	5,03	5,79	6,76	7,30	7,07	5,39	6,17	5,02	0,00	8,35	6,12	5,29	7,77	8,51	5,53	5,04	5,53	6,12	6,29	5,07	5,25	5,46	6,38
Irlandia	8,97	9,38	7,03	7,16	9,12	8,52	9,94	8,71	10,60	7,16	8,70	8,35	0,00	7,56	9,87	10,91	9,94	11,41	8,98	9,65	10,61	10,07	9,23	8,94	9,10	8,32
Litwa	3,64	5,14	5,26	6,52	5,09	6,24	5,51	8,49	4,66	5,55	4,63	6,12	7,56	0,00	5,19	6,80	9,39	5,14	4,41	6,07	5,87	5,43	5,18	5,46	4,94	3,99
Luksemburg	4,59	3,33	4,34	4,34	2,42	7,39	5,34	7,09	2,13	5,16	2,34	5,29	9,87	5,19	0,00	5,87	7,91	3,00	2,62	3,05	2,80	2,50	2,22	2,72	2,26	3,00
Łotwa	6,41	6,52	7,36	7,52	6,78	9,81	6,11	7,77	6,62	8,83	7,21	7,77	10,91	6,80	5,87	0,00	8,96	5,98	6,81	7,33	7,54	7,38	5,99	5,72	7,11	7,47
Malta	8,81	8,28	9,06	8,77	8,11	8,55	8,74	8,51	7,82	9,50	7,82	8,51	9,94	9,39	7,91	8,96	0,00	8,26	7,71	8,66	8,42	8,33	8,20	7,68	8,07	8,19
Niemcy	6,01	2,97	6,34	5,19	2,67	8,77	6,04	7,44	2,52	7,41	3,30	5,53	11,41	5,14	3,00	5,98	8,26	0,00	4,01	3,05	2,51	3,55	2,93	3,07	2,92	4,73
Polska	3,48	3,97	4,36	4,80	3,09	6,28	5,19	7,85	2,76	5,36	2,58	5,04	8,98	4,41	2,62	6,81	7,71	4,01	0,00	3,64	3,64	2,91	2,50	3,07	2,45	2,44
Portugalia	6,21	3,74	5,51	4,49	2,31	7,89	7,40	7,79	2,47	5,87	2,01	5,53	9,65	6,07	3,05	7,33	8,66	3,05	3,64	0,00	2,78	2,69	2,82	3,32	2,23	3,76
Rumunia	5,07	3,40	6,22	5,86	1,99	9,00	7,61	8,75	2,06	7,57	2,77	6,12	10,61	5,87	2,80	7,54	8,42	2,51	3,64	2,78	0,00	1,82	2,90	4,23	2,43	3,52
Słowacja	5,11	4,07	5,21	5,71	2,17	8,18	6,20	8,06	2,02	6,36	2,44	6,29	10,07	5,43	2,50	7,38	8,33	3,55	2,91	2,69	1,82	0,00	2,52	4,00	2,07	2,52
Słowenia	4,64	3,04	4,04	3,56	2,59	7,64	5,32	6,68	1,95	4,82	2,38	5,07	9,23	5,18	2,22	5,99	8,20	2,93	2,50	2,82	2,90	2,52	0,00	2,96	2,38	3,33
Szwecja	4,59	3,48	4,74	3,92	3,08	7,17	4,92	6,79	3,52	4,91	3,19	5,25	8,94	5,46	2,72	5,72	7,68	3,07	3,07	3,32	4,23	4,00	2,96	0,00	3,00	3,56
Węgry	4,47	3,57	4,67	4,49	1,62	7,27	5,82	7,63	2,19	5,64	2,01	5,46	9,10	4,94	2,26	7,11	8,07	2,92	2,45	2,23	2,43	2,07	2,38	3,00	0,00	2,20
Włochy	3,59	5,07	4,41	5,62	2,89	7,17	5,03	8,02	3,10	5,01	2,65	6,38	8,32	3,99	3,00	7,47	8,19	4,73	2,44	3,76	3,52	2,52	3,33	3,56	2,20	0,00

Źródło: obliczenia własne.

Prezentację i interpretację wyników rozpoczniemy od wolumenu kredytów zagrożonych. Analiza danych zawartych w tabeli 2 i na rysunku 1 pozwala na wstępne wysunięcie interesującego wniosku. Mianowicie, kraje można pogrupować wzdłuż pewnej granicy instytucjonalnej wyznaczonej przez występujące w nich modele kapitalizmu.

Rysunek 1. Dendrogram grupujący kraje w klastry dla zmiennej: wolumen kredytów zagrożonych



Źródło: obliczenia własne.

Zgodnie z podejściem *Diversity of Capitalism*², spopularyzowanym m.in. przez francuskiego ekonomistę Bruno Amable'a (2003), można wyróżnić cztery modele kapitalizmu występujące w Europie Zachodniej: model anglosaski (liberalny) (np. Wielka Brytania lub Irlandia), model kontynentalny (np. Niemcy lub Francja), model śródziemnomorski (np. Hiszpania lub Włochy) oraz model nordycki (inaczej – skandynawski) (np. Szwecja)³. Rozszerzeniem podejścia Amable'a na kraje Europy Środkowo-Wschodniej (EŚW) jest koncepcja kapitalizmu patchworkowego, zgodnie z którą w państwach EŚW wytworzył się pewien

² Innym podejściem jest *Varieties of Capitalism*, autorstwa m.in. Hall'a i Soskice'a (2001), którzy wyróżniają koordynowaną i liberalną gospodarkę rynkową.

³ Amable wyróżnia także model azjatycki, występujący m.in. w Japonii, jednak z uwagi na przedmiot niniejszego badania, model ten z natury rzeczy jest pominięty.

specyficzny model kapitalizmu, przyjmujący cechy z różnych zachodnioeuropejskich modeli i zwany kapitalizmem patchworkowym (Próchniak i in. 2019; Rapacki, red. 2019).

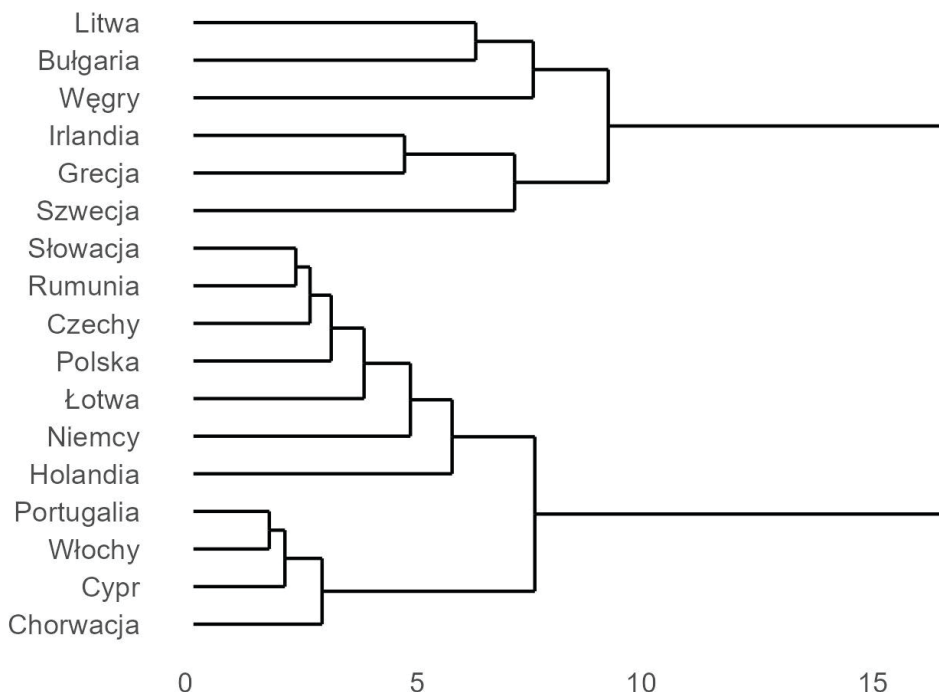
Jeśli spojrzymy na kształtowanie się współczynników podobieństwa między krajami ucieleśniającymi dany model kapitalizmu dla zmiennej mierzącej kredyty zagrożone, to względnie często państwa z tym samym modelem kapitalizmu są do siebie wysoce podobne. I tak, jak przedstawia tabela 2, Włochy są najbardziej podobne do Portugalii (współczynnik podobieństwa 0,73) oraz silnie zbliżone – na trzecim miejscu w kolejności – do Hiszpanii (0,79). Wysokie jest także podobieństwo Hiszpanii i Portugalii (Portugalia jest najbardziej zbliżona do Hiszpanii i *vice versa*), ze współczynnikiem 0,62. Wyniki te pokazują, że kraje ucieleśniające śródziemnomorski model kapitalizmu podążają dość analogiczną ścieżką w zakresie kształtowania się wolumenu kredytów zagrożonych. Można wnioskować, że otoczenie instytucjonalne w danym kraju, w tym model kapitalizmu⁴, wyjaśnia częściowo zbliżone ścieżki zmian kredytów zagrożonych w niektórych krajach Europy Południowej.

Gdy spojrzymy na dendrogram na rysunku 1, widzimy także pewną bliskość Szwecji i Dani, które tworzą odrębny klaster pod względem kształtowania się kredytów zagrożonych. Rysunek 1 pokazuje nietypowe zachowanie Finlandii. Jest ona daleko położona pod względem odległości od pozostałych państw badanej grupy. Wynika to częściowo z tego, że wolumen kredytów zagrożonych był w Finlandii bardzo niski (średnio 1,2% w badanym okresie). Warto dodać, że niższe średnie wartości zostały jedynie zaobserwowane w Belgii (1,1%), a także w Szwecji (0,7%). Ten ostatni wynik jest potwierdzeniem pewnej bliskości instytucjonalnej krajów należących do skandynawskiego modelu kapitalizmu. Grupowanie w klastry kierując się odległością DTW uwzględnia jednak całą dynamikę zmian danej zmiennej (a nie tylko wartości średnie), stąd też tak odmienne na dendrogramie zachowanie Finlandii, a nie np. Szwecji czy Belgii.

Jeśli chodzi o współczynnik wypłacalności, to nadal mamy bliskość niektórych państw reprezentujących śródziemnomorski model kapitalizmu (rysunek 2 i tabela 3). Włochy są najbardziej zbliżone do Portugalii (współczynnik podobieństwa 1,64). Na rysunku 2 Włochy i Portugalia tworzą odrębny klaster, w którym znajdują się także: Cypr (częściowo mający cechy śródziemnomorskiego modelu kapitalizmu z racji położenia i instytucji nieformalnych, chociaż historycznie pasujący też do modelu liberalnego, zwłaszcza w kontekście instytucji formalnych wprowadzonych w czasach, gdy był kolonią brytyjską) oraz znajdująca się w basenie Morza Śródziemnego Chorwacja.

⁴ Amable, badając modele kapitalizmu, uwzględniał pięć obszarów instytucjonalnych: rozwój sektora finansowego, co jest szczególnie istotne z punktu widzenia niniejszego badania, gdyż pozwala wnioskować, iż wyniki nie są przypadkowe, ale także konkurencję na rynku produktów, rynek pracy, zabezpieczenie społeczne oraz system tworzenia wiedzy (edukację).

Rysunek 2. Dendrogram grupujący kraje w klastry dla zmiennej: współczynnik wypłacalności banków



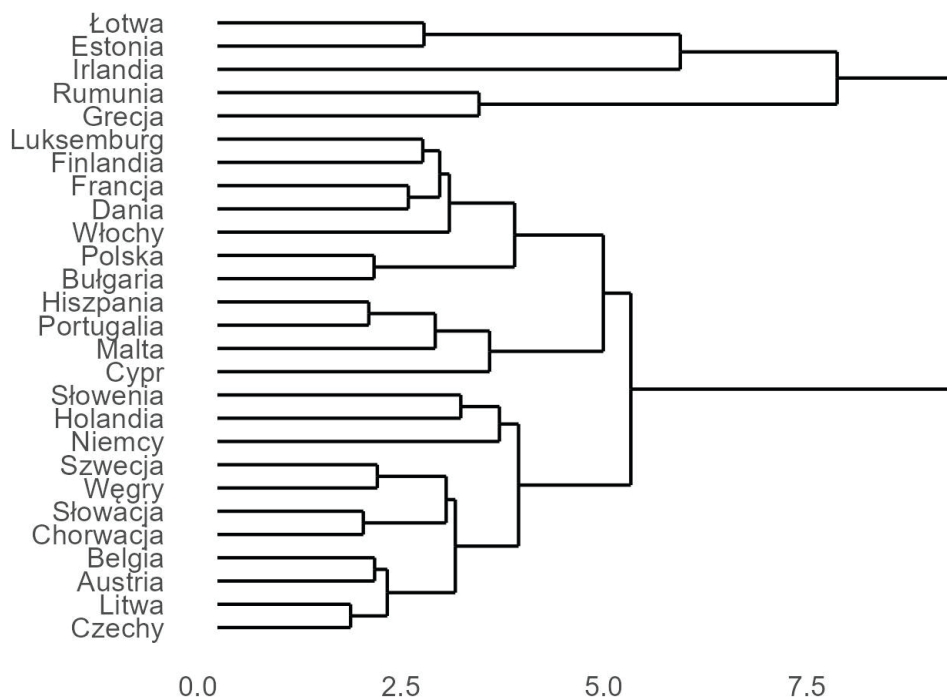
Źródło: obliczenia własne.

Analizując poszczególne kraje pod względem zachowania się współczynnika wypłacalności banków można także wyodrębnić klaster skupiający wybrane państwa z kapitalizmem patchworkowym, w tym zwłaszcza trzech członków Grupy Wyszehradzkiej. Jeśli spojrzymy na współczynniki podobieństwa dla Polski, to widzimy, że Polska jest najbardziej podobna do Słowacji (współczynnik podobieństwa 2,48) oraz Czech (2,65). Polska okazuje się leżeć blisko także dwóch innych krajów EŚW: Chorwacji i Rumunii (odpowiednio trzecie i czwarte miejsce pod względem podobieństwa). Wyniki te utwierdzają nas w przekonaniu, że granice instytucjonalne wynikające z różnorodnych modeli kapitalizmu wywierają wpływ na kształtowanie się zmiennych dotyczących stabilności sektora finansowego powodując, że kraje z takim samym modelem kapitalizmu są do siebie dość podobne.

Kolejną zmienną nominalną poddaną analizie jest stopa inflacji. Odpowiednie wyniki przedstawia tabela 4 i rysunek 3. Patrząc na wartości współczynników podobieństwa podane w tabeli 4 można dostrzec pewną bliskość w zachowaniu się państw ze śródziemnomorskim i patchworkowym modelem kapitalizmu. W ramach tej pierwszej grupy Hiszpania jest najbardziej podobna do Portugalii (współczynnik podobieństwa 1,86); niedaleko jej także do Malty i Włoch

(odpowiednio 2,61 i 2,97). Jednocześnie dla Grecji czwartym krajem pod względem bliskości kształtowania się ścieżki zmian inflacji jest Cypr (4,04), a szóstym – Włochy (4,69). Z kolei w modelu patchworkowym najbardziej podobnymi krajami do Polski są: Bułgaria (pierwsze miejsce) oraz Słowacja i Węgry (odpowiednio trzecie i czwarte miejsce). W przypadku państw EŚW duże podobieństwo wynika z występowania konwergencji nominalnej wśród nowych członków UE. Po wejściu do Unii nastąpiła konwergencja cen do poziomu obserwowanego w Europie Zachodniej. Jednocześnie podatność państw EŚW na analogiczne wstrząsy o charakterze wewnętrznym i zewnętrznym spowodowała, że zbieżność cenowa miała bardzo podobny do siebie charakter, co wychwyciły współczynniki podobieństwa obliczone metodą DTW.

Rysunek 3. Dendrogram grupujący kraje w klastry dla zmiennej: stopa inflacji CPI

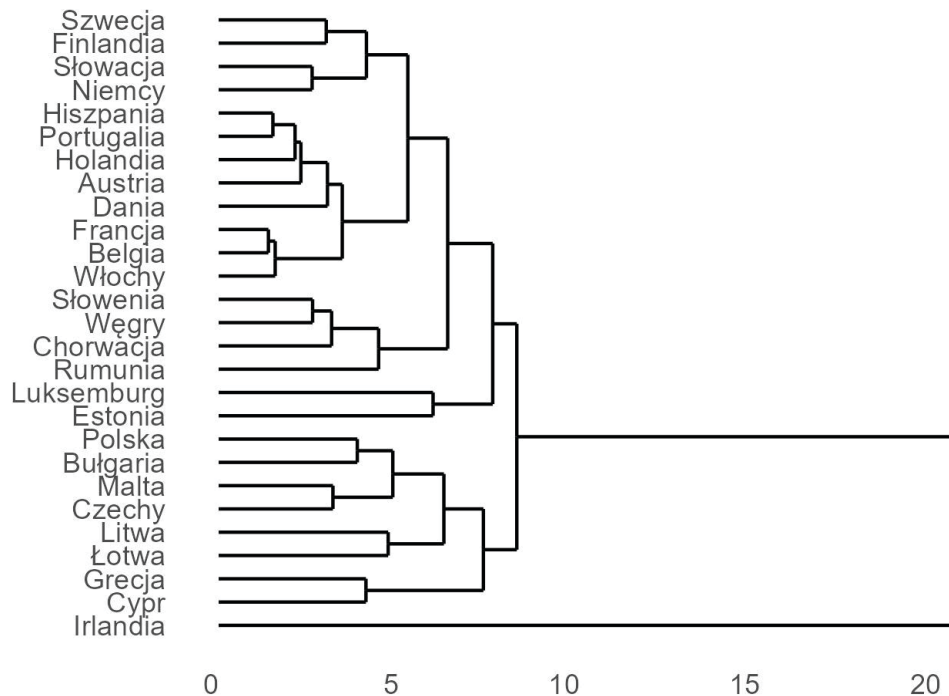


Źródło: obliczenia własne.

Rysunek 4 przedstawia dendrogram dla tempa wzrostu gospodarczego, a odpowiednie wartości współczynników podobieństwa zawiera tabela 5. Analiza rysunku potwierdza nasz wcześniejszy wniosek, że różnice między badanymi krajami w zakresie ścieżki zmian realnego PKB zachodzą wzdłuż konkretnej granicy instytucjonalnej wyjaśnionej przez występujące w Europie modele kapitalizmu. Na dendrogramie widzimy niewielkie klastry skupiające Hiszpanię i Portugalię

(państwa reprezentujące śródziemnomorski model kapitalizmu), Francję i Belgię (model kontynentalny), Szwecję i Finlandię (model nordycki), czy też Grecję i Cypr (model śródziemnomorski).

Rysunek 4. Dendrogram grupujący kraje w klastry dla zmiennej: dynamika PKB



Źródło: obliczenia własne.

Warto zwrócić uwagę na pewien większy klaster znajdujący się w dolnej części dendrogramu. Skupia on Polskę, Bułgarię, Malte, Czechy oraz Litwę i Łotwę. Wszystkie te państwa są nowymi członkami UE i – pomijając Malte – ucieleśniają patchworkowy model kapitalizmu. Jak widać, ścieżka zmian PKB była w tych krajach na tyle analogiczna, że metoda DTW wyodrębniła oddzielny klaster. Co więcej, jak spojrzymy na ten klaster jeszcze szerzej i uwzględnimy w nim Grecję i Cypr, to uzyskujemy klaster względnie podobnych do siebie pod względem historycznym i instytucjonalnym krajów, w których PKB podążał ścieżką o pewnych zbliżonych parametrach.

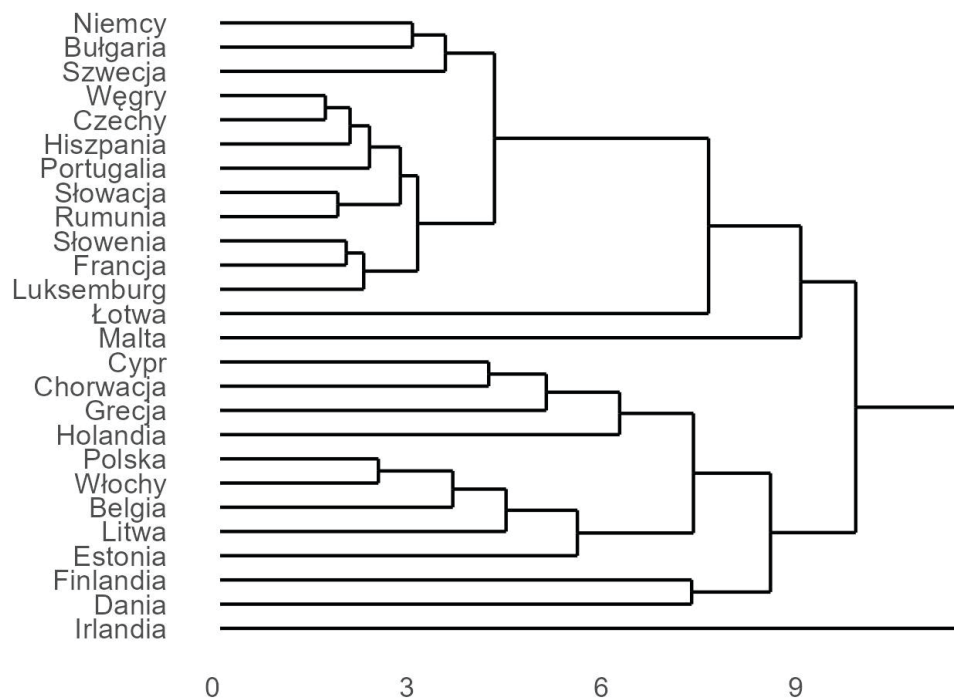
Jednocześnie 12 krajów umieszczonych w górnej części dendrogramu też można zaliczyć do jednego klastra. Są to następujące państwa: Szwecja, Finlandia, Słowacja, Niemcy, Hiszpania, Portugalia, Holandia, Austria, Dania, Francja, Belgia i Włochy. Pomijając Słowację, wszystkie powyższe kraje można traktować jako dojrzałe gospodarki rynkowe. Metoda DTW pokazała, że podążają one

zbliżoną do siebie ścieżką wzrostu gospodarczego. Analiza rysunku 4 pozwala dostrzec jeszcze jeden klaster skupiający Słowenię, Węgry, Chorwację i Rumunię, a więc państwa EŚW o patchworkowym modelu kapitalizmu.

Jeśli podsumujemy analizę podobieństw dla tempa wzrostu gospodarczego, to okazuje się, że pomijając Luksemburg, Estonię i Irlandię, państwa UE można pogrupować – z pewnymi wyjątkami – w trzy klastry. Jeden klaster zawiera kraje Europy Zachodniej, a dwa pozostałe klastry – państwa Europy Środkowo-Wschodniej z patchworkowym modelem kapitalizmu.

Wyniki dla wskaźnika produkcji przemysłowej są przedstawione w tabeli 6 i na rysunku 5. Potwierdzają one bliskość w zachowaniu się produkcji przemysłowej w krajach mających ten sam model kapitalizmu (choć na rysunku klastry są mniej widoczne). Jeśli chodzi o model kontynentalny, to Niemcy są podobne do Francji, która jest drugim dla Niemiec krajem pod względem stopnia podobieństwa. W śródziemnomorskiej odmianie kapitalizmu krajem najbardziej podobnym do Portugalii jest Hiszpania. Dla Finlandii Szwecja znajduje się na czwartym miejscu pod względem stopnia podobieństwa (model nordycki). Natomiast dla Polski drugim krajem w zakresie bliskości zmian dynamiki produkcji przemysłowej są Węgry, a trzecim – Słowenia.

Rysunek 5. Dendrogram grupujący kraje w klastry dla zmiennej: dynamika produkcji przemysłowej



Źródło: obliczenia własne.

Generalizując, mimo pewnych specyficznych cech poszczególnych krajów i konkretnych zmiennych, można zaobserwować, że kraje ucieleśniające pewien zbliżony system instytucjonalny, czego odzwierciedleniem jest występujący w nich model kapitalizmu, zachowują się względnie podobnie w zakresie stabilności systemu finansowego, ścieżek zmian cen oraz dynamiki produkcji i dochodów. Podział na klastry przebiega wzdłuż tej granicy instytucjonalnej. Prowadzenie polityki gospodarczej jest osadzone w określonych ramach instytucjonalnych, co powinno się wziąć pod uwagę przy podejmowaniu decyzji politycznych, społecznych i ekonomicznych.

Podsumowanie

W artykule podejmujemy próbę odpowiedzi na pytanie, na ile podobne (bądź niepodobne) są kraje UE pod względem zachowania się systemu finansowego, a zwłaszcza jego stabilności. Weryfikujemy, czy zmiany stabilności sektora finansowego przebiegają analogicznie do ścieżek zmian stóp inflacji oraz dynamiki realnej wielkości produkcji i dochodów. Na podstawie podobieństwa w zakresie stabilności sektora finansowego oraz zmiennych mierzących realną sferę gospodarki grupujemy państwa UE w klastry. Elementem nowości jest zastosowanie w badaniu metody *Dynamic Time Warping*. Jest to innowacyjna metoda do analizy szeregów czasowych, która w zastosowaniu do zmiennych makroekonomicznych jest stosunkowo rzadko spotykana w literaturze.

Analiza obejmuje dane kwartalne z 27 krajów UE datowane od pierwszego kwartału 2010 r. do pierwszego kwartału 2023 r. Badanie oparte jest na pięciu zmiennych: wolumen kredytów zagrożonych, współczynnik wypłacalności banków, stopa inflacji, dynamika PKB oraz dynamika produkcji przemysłowej.

Wyniki pokazują, że względnie często państwa z tym samym modelem kapitalizmu (kontynentalny, nordycki, śródziemnomorski, liberalny i patchworkowy) są do siebie wysoce podobne. Oznacza to, że otoczenie instytucjonalne w danym kraju, w tym model kapitalizmu, wyjaśnia częściowo zbliżone ścieżki czasowe zmiennych finansowych i makroekonomicznych w wielu państwach UE. Na przykład, dla tempa wzrostu gospodarczego, państwa UE można pogrupować – z pewnymi wyjątkami – w trzy klastry. Jeden klaster zawiera kraje Europy Zachodniej, a dwa pozostałe klastry – państwa Europy Środkowo-Wschodniej z patchworkowym modelem kapitalizmu. Oznacza to, że jeśli celem polityków gospodarczych byłoby dalsze zacieśnianie integracji państw w ramach Unii Europejskiej, to uwagę trzeba przede wszystkim skupić na zmianach instytucjonalnych i upodabnianiu systemu instytucjonalnego do systemu występującego w najbardziej rozwiniętych krajach UE. Bariery instytucjonalne mogą być przeszkodą w dalszej integracji gospodarek niżej i wyżej rozwiniętych państw Unii.

Badania nad tym tematem warto kontynuować. Ciekawym pomysłem na dalsze kierunki analiz jest uwzględnienie zagregowanych wskaźników kompozytowych reprezentujących dany sektor gospodarki i na podstawie takich indeksów porównanie krajów metodą DTW. Warto także porównać kraje z wykorzystaniem algorytmu DTW pod względem większej liczby obszarów – również obszarów instytucjonalnych analizowanych przez Amable’a (np. konkurencja na rynku produktów, system tworzenia wiedzy). Interesującym kierunkiem badań jest uwzględnienie alternatywnych miar odległości między obiektami oraz sposobu wyznaczania klastrów.

Bibliografia

- Alińska A., Wasiak K. (red.) (2017), *Mechanizmy stabilności systemu finansowego*, CH Beck, Warszawa.
- Amable B. (2003), *The Diversity of Modern Capitalism*, Oxford University Press, Oxford.
- Bai L., Cui L., Zhang Z., Xu L., Wang Y., Hancock E.R. (2023), *Entropic Dynamic Time Warping Kernels for Co-Evolving Financial Time Series Analysis*, „IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems”, 34(4): 1808–1822.
- Bernardelli M. (2023), *Monitorowanie działalności gospodarczej. Gospodarka po pandemii Covid-19*, monografia pokonferencyjna z okazji 50-lecia Instytutu Rozwoju Gospodarczego SGH, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa (red. M. Radzikowski) (w druku).
- Bernardelli M., Próchniak M. (2023), *Wykorzystanie Dynamic Time Warping do analizy polityki pieniężnej, sektora finansowego i wzrostu gospodarczego Polski i wybranych innych krajów Europy Środkowo-Wschodniej*, „Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie”, (191): 101–122; <https://doi.org/10.33119/SIP.2023.191.7>
- D’Urso P., De Giovanni L., Massari R. (2021), *Trimmed fuzzy clustering of financial time series based on dynamic time warping*, „Annals of Operations Research”, 299: 1379–1395.
- Denkowska A., Wanat S. (2021), *Dynamic Time Warping Algorithm in Modeling Systemic Risk in the European Insurance Sector*, „Entropy”, 23(8): 1022.
- Franses P.H., Wiemann T. (2020), *Intertemporal Similarity of Economic Time Series: An Application of Dynamic Time Warping*, „Computational Economics”, 56: 59–75.

- Gassouma M.S., Benhamed A., El Montasser G. (2023), *Investigating similarities between Islamic and conventional banks in GCC countries: a dynamic time warping approach*, „International Journal of Islamic and Middle Eastern Finance and Management”, 16(1): 103–129.
- Hall P., Soskice D. (2001), *Varieties of Capitalism. The Institutional Foundations of Comparative Advantage*, Oxford University Press, Oxford.
- Próchniak M., Czerniak A., Gardawski J., Horbaczewska B., Karbowski A., Maszczyk P., Rapacki R., Towalski R. (2019), *Kapitalizm patchworkowy w Polsce i krajach Europy Środkowo-Wschodniej*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Raihan T. (2017), *Predicting US Recessions: A Dynamic Time Warping Exercise in Economics*, SSRN Working Paper Nr 3047649.
- Rapacki R. (red.) (2019), *Diversity of Patchwork Capitalism in Central and Eastern Europe*, Routledge, London.
- Sakoe H., Chiba S. (1978), *Dynamic programming algorithm optimisation for spoken word recognition*, „IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing”, 26(1): 43–49.
- Vintsyuk T. (1968), *Speech discrimination by dynamic programming*, „Cybernetics”, 4(1): 81–88.