



**Politechnika Wroclawska**

**Wydział Informatyki i Zarządzania**

**Katedra Badań Operacyjnych, Finansów i Zastosowań Informatyki**

**Rozprawa doktorska**

# **Analiza relacji międzygieldowych - propozycja metodyki**

**mgr inż. Tomasz Karczyński**

**Promotor: prof. zw. dr hab. inż. Edward Radosiński**

**Wrocław 2015**

## Spis treści

Wstęp .....	3
1. Studium literaturowe .....	15
2. Specyfika rynku kapitałowego .....	27
3. Indeksy rynków giełdowych - dane badawcze .....	30
3.1. Zakres czasowy analizy .....	38
3.2. Założenia dotyczące analizy .....	40
4. Analiza empiryczna notowań indeksów giełdowych .....	43
5. Analiza opisowa notowań indeksów giełdowych .....	61
5.1. Analiza korelacji notowań .....	85
5.2. Analiza statystycznego podobieństwa .....	94
6. Analiza relacji krótkoterminowych .....	107
7. Analiza relacji długoterminowych .....	162
8. Metodyka analizy relacji międzygiełdowych .....	177
Podsumowanie .....	181
Spis literaturowy .....	185

## Wstęp

Obszarem badawczym niniejszej pracy są zależności pomiędzy indeksami wybranych giełd papierów wartościowych. Zdaniem autora, tak obrany przedmiot badań ma znaczenie:

- poznawcze, gdyż pozwala na lepsze zrozumienie mechanizmów wpływających na notowania giełdowe,
- użyteczne, ponieważ wnioski z proponowanych badań mogą być wykorzystane przez inwestorów giełdowych celem optymalizacji zarządzania swoimi finansami,
- metodyczne, ponieważ wypracowana metodyka analityczna może być użyta do wspomaganie innych studiów nad danymi giełdowymi.

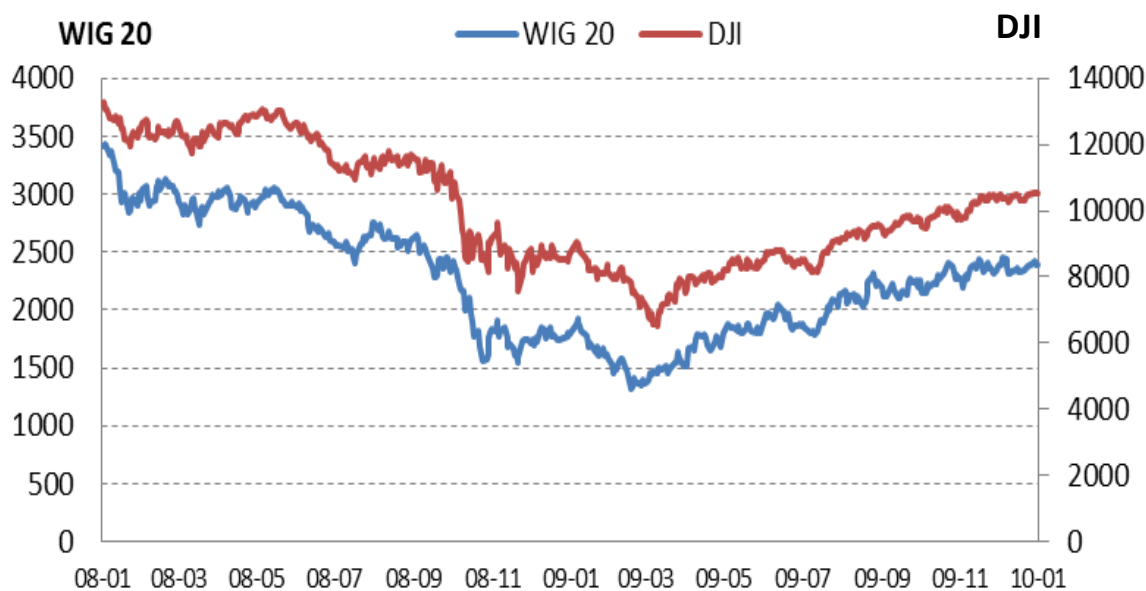
Tematyka analizy relacji międzygiełdowych jest od wielu lat przedmiotem zainteresowania środowisk naukowych oraz inwestorów giełdowych. Przykładowe publikacje, które podejmują próbę ukazania złożonych zależności między wybranymi rynkami giełdowymi na świecie, to prace: „*Evolution of worldwide stock markets, correlation structure and correlation based graphs*” [74] oraz „*International Capital Flows, Returns and World Financial Integration*” [23]. Ciągły rozwój rynków kapitałowych oraz narzędzi ich analizy pozwala stwierdzić, że problematyka relacji międzygiełdowych jest wciąż aktualna i nie należy uważać jej za wyczerpaną.

Przesłanką, która zainspirowała autora, aby zainteresować się tym obszarem zarządzania kapitałem były wcześniejsze studia „*The impact of the New York Stock Exchange (NYSE) indexes on the Warsaw Stock Exchange quotations (WGPW). The proposal of an econometric model*” autorstwa E. Radościńskiego i T. Karczynskiego nad relacjami pomiędzy indeksami Warszawskiej Giełdy Papierów Wartościowych (GPW) oraz Giełdy Nowojorskiej (ang. New York Stock Exchange

- NYSE). Już samo graficzne przedstawienie dynamiki tych indeksów, p. rys. 1, pozwoliło na sformułowanie wstępnej tezy badawczej:

*Dynamika zmian na GPW w Warszawie jest silnie uzależniona od trendów i zdarzeń zachodzących na NYSE.*

Aby zweryfikować tak postawioną hipotezę przeprowadzono tzw. badania pilotażowe, które poprzedziły realizację szerszego programu badawczego zreferowanego w pracy doktorskiej.



**Rysunek 1** Wykres notowań indeksów WIG20 oraz DJI w latach 2008 – 2009.

Na potrzeby badań pilotażowych opracowany i zweryfikowany został model ekonometryczny w postaci ogólnej:

$$\widehat{WIG\ 20}_j = a_0 + a_1 DJI_j \quad 1.$$

Po wykonaniu określonych testów model ten został uszczegółowiony do postaci:

$$\widehat{WIG\ 20}_j = - 547,06 + 0,2813 DJI_j \quad 2.$$

gdzie:

$\widehat{WIG\ 20}_j$  – estymowana wartość notowania indeksu WIG20 dla sesji  $j$ ,

$DJI_j$  – wartość notowania indeksu DJI dla sesji  $j$ .

Poniżej zaprezentowane zostały wyniki weryfikacji tak zdefiniowanego modelu ekonometrycznego.

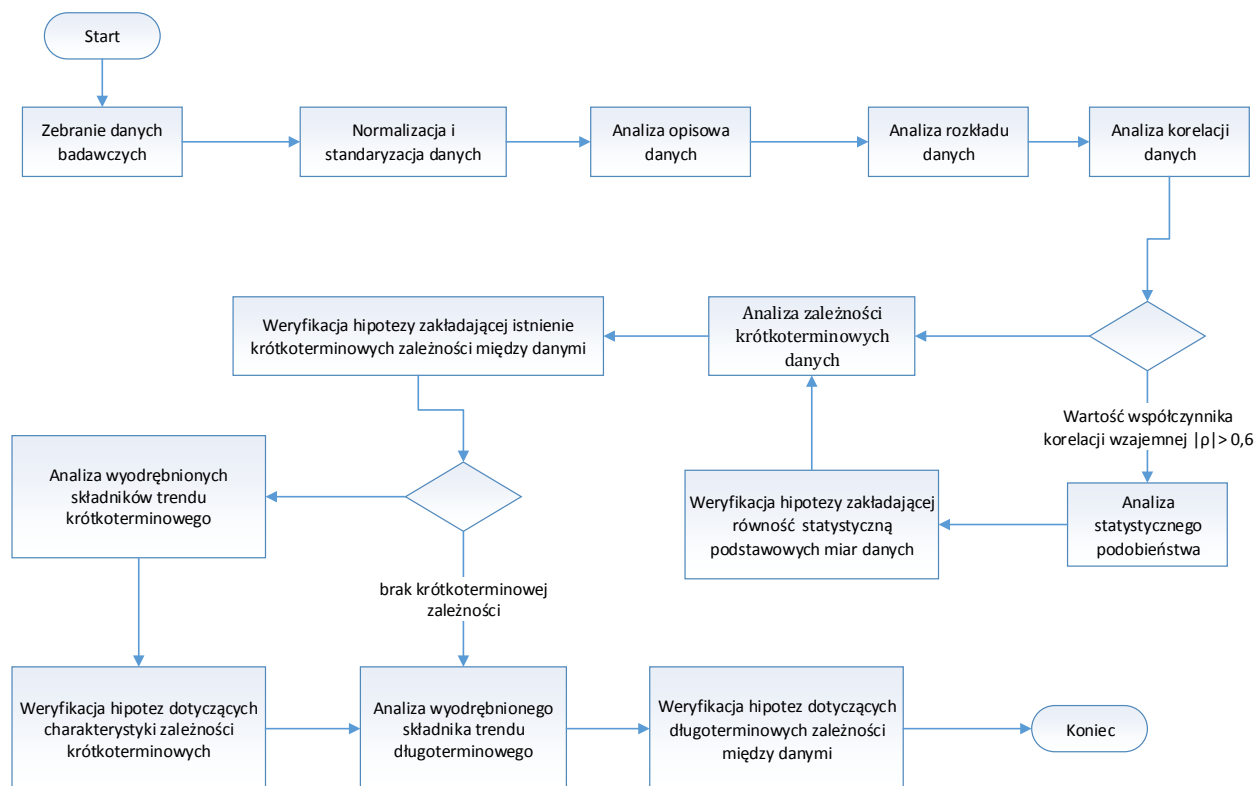
Ogólne parametry modelu	
Współczynnik dopasowania $R^2$	0,9554
Błąd standardowy SEM	106,985
Liczba obserwacji	487
Współczynnik zmienności V	0,01
Własności składników reszt	
Losowość	
Test serii	Rozkład reszt modelu nie jest losowy
Normalność rozkładu	
Test $\chi^2$	Rozkład reszt modelu jest rozkładem normalnym
Test Kolmogorova	Rozkład reszt modelu jest rozkładem normalnym
Test Shapiro-Wilka	Rozkład reszt modelu jest rozkładem normalnym
Symetryczność	
Test symetrii	Reszty modelu są symetryczne
Stacjonarność	
Test stacjonarności	Szereg czasowy reszt modelu nie jest stacjonarny
Homoskedastyczność	
Test homoskedastyczności	Rozkład reszt modelu jest homoscedastyczny
Test autokorelacji	
Test Durbina-Watsona	Autokorelacja składników losowych

**Tabela 1** Wynik weryfikacji modelu ekonometrycznego opisującego zależność notowań indeksu WIG20 od notowań indeksu DJI w latach 2008 – 2009.

Rezultaty badań pilotażowych pokazały, że pomiędzy zachowaniem się tego typu instytucji zachodzą silne, możliwe do ilościowego pomiaru, zależności, zwłaszcza w zakresie kształtowania się indeksów giełdowych.

Wydaje się, że charakterystyka zależności między giełdowych powinna być znana każdemu inwestorowi lokującym swoje pieniądze na dowolnej giełdzie liczącej się na międzynarodowym rynku kapitałowym. W związku z tym, jako podstawowy cel badawczy autor przyjął opracowanie kompleksowej metody analizy relacji międzygiełdowych, określanej dalej skrótowo jako metoda Stocker. W założeniu, metoda Stocker może stać się istotnym narzędziem wspomagającym proces decyzyjny inwestorów kapitałowych, stanowiąc gotowy zestaw reguł i metod pozwalających na dokonanie analizy zależności między rynkami finansowymi. W pierwszej części pracy zostanie sformułowana wstępna koncepcja metody Stocker. Następnie robocza wersja metody będzie wykorzystana do praktycznego badania relacji pomiędzy wybranymi giełdami, a zwłaszcza do weryfikacji hipotez dotyczących ich wzajemnego oddziaływania. Wykonane testy badawcze pozwolą na wypracowanie ostatecznej wersji metody Stocker z uwzględnieniem zebranych doświadczeń o charakterze metodycznym

Wstępna koncepcja metody Stocker została przedstawiona na schemacie blokowym



**Rysunek 2** Idea opracowanej metodyki analizy relacji międzygiełdowych Stocker - schemat poglądowy

Metodę Stocker otwiera etap zebrania danych dotyczących notowań indeksów giełdowych. W kolejnym kroku przeprowadzany jest proces ich standaryzacji i normalizacji. W zamierzeniu, czynności te mają wyeliminować te cechy danych, które mogą zaburzać wyniki analiz wykonanych w kolejnych krokach, ale które są nieistotne z punktu widzenia inwestorów giełdowych. Niezbędnym elementem zaprezentowanej metodyki jest dokonanie analizy opisowej danych. W jej ramach przedstawione i omówione są czynniki determinujące notowania indeksów giełdowych, takie jak zmiany trendów czy nagłe spadki bądź wzrosty wartości. Kolejnym etapem jest dokonanie analizy statystycznej rozkładu danych. Rozkład determinuje metody, jakie powinny zostać wykorzystane podczas analizy korelacji zbiorów danych. Dla notowań indeksów, które cechują się wysoką wartością współczynnika korelacji wzajemnej, przeprowadzona zostaje analiza weryfikująca ich wzajemne podobieństwo w sensie statystycznym. Wyniki analiz umożliwiają

weryfikacje hipotez badawczych zakładających równość statystyczną podstawowych miar danych. Wykazanie takiej równości jest przejawem istnienia bardzo silnego podobieństwa charakterystyk notowań indeksów giełdowych. Nie może jednak potwierdzać ich podobieństwa interpretowanego jako szeregi czasowe. Z tego względu w kolejnych etapach prezentowanej metodyki dokonywana jest analiza trendów notowań. Analiza zależności krótkoterminowych umożliwi weryfikację hipotez badawczych zakładających istnienie zależności krótkoterminowych między analizowanymi indeksami giełdowymi. W przypadku par indeksów, dla których zaobserwowano istnienie takich zależności, przeprowadzone zostają szczegółowe analizy wyodrębnionych składników trendu krótkoterminowego. Dzięki nim możliwa jest weryfikacja hipotez dotyczących charakterystyki zależności krótkoterminowych. W etapie końcowym dokonana jest analiza wyodrębnionego składnika trendu długoterminowego. Na jej podstawie weryfikowane są hipotezy dotyczące długoterminowych zależności między notowaniami indeksów giełdowych.

W metodzie Stocker będą wykorzystywane następujące techniki badawcze:

- DTW (*ang. Dynamic Time Wrapping*) – jest jedną z metod pomiaru stopnia podobieństwa między dwoma dowolnymi elementami szeregu czasowego, która dopuszcza transformacje czasowe szeregów danych.
- Kross-korelacja – umożliwi zbadanie stopnia podobieństwa dwóch różnych przebiegów czasowych jako funkcji wielkości przesunięcia czasowego pomiędzy nimi.
- Model liniowej zależności na podstawie, którego zweryfikowano hipotezę zakładającą istnienie silnej liniowej zależności między notowaniami indeksów giełdowych



- W oparciu o otrzymane składniki reszt modelu przeprowadzona została analiza istnienia nieliniowej zależności między notowaniami indeksów – w tym celu wykorzystano estymowany wykładnik Hursta .

Praktyczna ocena skuteczności metody Stocker zostanie dokonana poprzez analizę relacji pomiędzy wybranymi giełdami papierów wartościowych. W szczególności zostanie podjęta próba weryfikacji hipotez badawczych ujętych w trzech grupach:

- I. Opisujące wpływ zmian notowań indeksów amerykańskich na notowania indeksów zachodniej i środkowowschodniej Europy.
  1. *Notowania indeksów amerykańskich wywierają silny długoterminowy wpływ na notowania indeksów Europy Środkowej, a charakterystyka wpływu jest nieliniowa.*
  2. *Zmiany trendu krótkoterminowego indeksów amerykańskich dyskontowane są w długiej perspektywie czasu przez indeksy giełd Europy Środkowowschodniej – charakterystyka oddziaływania z długą pamięcią.*
  3. *Zmiany trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich wywierają jednorodny wpływ na zachowanie trendów krótkoterminowych indeksów Europy Zachodniej – charakterystyka wpływu determinowana jest przez uwarunkowania geopolityczne i powinna być względnie podobna dla wszystkich indeksów Europy Zachodniej.*
  4. *Zmiany trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich wywierają jednorodny wpływ na zachowanie trendów krótkoterminowych indeksów Europy Środkowej – charakterystyka wpływu determinowana jest przez uwarunkowania geopolityczne i powinna być względnie podobna dla wszystkich indeksów Europy Środkowej.*

II. Opisujące wpływ zmian notowań indeksów giełd zachodnioeuropejskich na notowania indeksów giełd środkowej i środkowowschodniej Europy.

5. *Notowania indeksów Europy Zachodniej wywierają silny długoterminowy wpływ o charakterystyce liniowej na notowania indeksów Europy Środkowej.*
6. *Wpływ zmian trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich na zachowanie trendów krótkoterminowych indeksów Europy Środkowej jest słabszy, niż wpływ zmian trendów krótkoterminowych indeksów Europy Zachodniej na trendy krótkoterminowe indeksów Europy Środkowej.*
7. *Zmiany notowań indeksów Europy Środkowowschodniej w perspektywie krótkoterminowej determinowane są przez zmiany notowań indeksów Europy Zachodniej.*

III. Dotyczące ogólnej charakterystyki danych badawczych.

8. *Różnica między wartościami wariancji notowań indeksów giełdowych jest istotna statystycznie.*
9. *Różnica między wartościami średnimi notowań indeksów giełdowych jest istotna statystycznie.*

Przez indeksy Europy Środkowej rozumiane są te indeksy, które związane są z rynkami giełdowymi krajów grupy wyszehradzkiej będących członkami Unii Europejskiej. W szczególności są to indeksy rynków giełdowych Polski, Czech i Węgier. Mianem krajów Europy Środkowowschodniej określane są kraje Europy Środkowej oraz kraje powstałe po rozpadzie Związku Radzieckiego należące do obszaru terytorialnego kontynentu europejskiego – reprezentowane w dalszej części pracy przez Rosję. Poprzez Europę Zachodnią rozumiane są kraje będące członkami Unii

Europejskiej przed rokiem 2004, w szczególności: Francja, Niemcy, Anglia i Austria. Do indeksów amerykańskich zaliczane są czołowe indeksy notowane na giełdzie nowojorskiej (ang. New York Stock Exchange - NYSE), a poprzez indeksy azjatyckie rozumiane te spośród nich, które reprezentują najbardziej rozwinięte rynki giełdowe wschodniej części kontynentu azjatyckiego, tj. rynki Japonii i Chin.

Indeksy	Przedstawiciele
Europy Środkowej	BUX; PX; WIG; WIG 20
Europy Środkowowschodniej	BUX; PX; RTS; WIG; WIG 20,
Europy Zachodniej	ATX; CAC 40; DAX; FTSE 100
Amerykańskie	DJI; SP 500
Azjatyckie	HANGSENG, NIKKEI 225

**Tabela 2** Indeksy giełdowe związane z omawianymi rynkami kapitałowymi.

Wyniki doświadczalnych zastosowań metody Stocker pozwoliły na realizację, wcześniej sformułowanych, zadań poznawczych, gdyż, przypomnijmy, pozwoliły na lepsze zrozumienie mechanizmów wpływających na notowania giełdowe, oraz utylitarne, ponieważ wnioski z proponowanych badań mogą być wykorzystane przez inwestorów giełdowych celem optymalizacji zarządzania swoimi finansami. Przede wszystkim jednak badania te pozwoliły na realizację głównego celu pracy, czyli wypracowania dojrzałej metody badania relacji między giełdowych. Ostateczna struktura metody Stocker, uwzględniająca zebrane doświadczenia, została przedstawiona w końcowym rozdziale pracy.

Struktura pracy doktorskiej została podzielona na sześć rozdziałów mających na celu wprowadzenie czytelnika w problematykę badawczą, przedstawienie metodyki analizy oraz prezentację wyników i wniosków końcowych pracy.

W rozdziale pierwszym przedstawiono wyniki studium literaturowego analizującego stan wiedzy oraz zbiór aktualnych prac badawczych o charakterze naukowym, związanych z tematyką pracy doktorskiej. Jednym z celów tego rozdziału było wykazanie słuszności przyjętych założeń i metod badawczych wykorzystanych w dalszych częściach pracy. W rozdziale drugim omówiono specyfikę rynków kapitałowych. Przedstawiono podstawowe definicje pojęć i procesów które wydają się być istotne z punktu widzenia niniejszej pracy. W rozdziale trzecim zaprezentowano dane badawcze. Przedstawiony został zbiór danych oraz charakterystyka indeksów giełdowych będących przedmiotem późniejszych prac badawczych. W kroku kolejnym określono zakres czasowy, dla którego wyłoniono notowania analizowanych indeksów. Notowania te stanowiły podstawę danych badawczych. W rozdziale tym zaprezentowana została również idea transformacji danych. Omówione zostały różnice między pierwotnymi danymi notowań indeksów giełdowych oraz danymi przewalutowanymi. W ramach rozdziału czwartego omówiono czynniki determinujące zachowanie indeksów giełdowych, takie jak zmiany trendów, czy nagłe spadki bądź wzrosty wartości. Na podstawie wyników analizy empirycznej możliwe jest wyjaśnienie przyczyn zmiany trendów i aberracji danych, które mogą zaburzać interpretację wyników późniejszych analiz. Rozdział piąty poświęcono prezentacji opisowej danych oraz wartości podstawowych miar statystycznych notowań indeksów giełdowych. W części tej opisano miary tendencji centralnej, miary rozrzutu oraz miary korelacji danych. Na zakończenie tej części pracy przeprowadzono analizę statystyczną podobieństwa notowań indeksów giełdowych. Ponadto zaprezentowano

wyniki testów statystycznych dotyczących równości wartości średnich oraz wariancji notowań poszczególnych indeksów giełdowych. Zweryfikowano hipotezy badawcze zakładające istnienie statystycznej zbieżności danych poszczególnych indeksów giełdowych w wybranych przedziałach czasu. Z perspektywy zastosowania praktycznego wyniki zaprezentowane w tej części mogą być cennym źródłem informacji dotyczących podobieństwa charakterystyk danych badawczych. Na podstawie przeprowadzonych analiz wykazane może zostać np. podobieństwo stopnia rozwoju rynku kapitałowego, wpływu otoczenia geopolitycznego czy analogiczny poziom ryzyka inwestycyjnego mierzonego zmiennością notowań. Czynniki te odgrywają kluczową rolę w procesie tworzenia portfeli inwestycyjnych. W rozdziale szóstym podjęto temat analizy zależności krótkoterminowych. Zaprezentowano i omówiono wyniki badań mających na celu zweryfikowanie stopnia i charakteru zbieżności między krótkoterminowymi trendami notowań indeksów giełdowych. Istotnym fragmentem rozdziału jest analiza współczynnika korelacji wzajemnej. Fragment ten poświęcono omówieniu wyników analizy wyodrębnionych składników trendu krótkoterminowego. Na podstawie przeprowadzonych analiz zweryfikowano hipotezy zakładające istnienie istotnego wpływu zmian notowań indeksów czołowych giełd światowych na notowania giełd rynków wschodzących. Wyniki tej części pracy mogą w istotny sposób wpłynąć na optymalizację procesu inwestycyjnego. Szczególne znaczenie praktyczne należy upatrywać na przykład w możliwości dynamicznej rekonfiguracji portfela inwestycyjnego. Właściwa reakcja na krótkoterminowe zmiany zachowania rynków giełdowych pozwoliłoby znacząco zwiększyć zyskowność, bądź zredukować ryzyko inwestycyjne. W rozdziale siódmym przedstawiono analizę długoterminowych zależności. Omówione zostały wyniki badań nad wyodrębnionymi składnikami trendu długoterminowego. Celem tej części pracy było dokonanie analizy charakterystyki

oddziaływania zmian trendów długoterminowych grup indeksów giełdowych na trendy wybranych indeksów giełdowych. Zweryfikowane zostały ponadto hipotezy badawcze dotyczące istnienia zależności długoterminowych między rynkami giełdowymi. Analizy dokonane w ramach rozdziału pozwalają na wykazanie ukrytych zależności nieliniowych o znacznym zakresie czasowym oddziaływania. Wyniki analizy tej części metodyki pozwalają na zdefiniowanie np. portfela inwestycyjnego, składającego się z aktywów związanych z różnymi rynkami giełdowymi. Tym samym rozdział realizuje cel użyteczny pracy. W ostatnim, ósmym rozdziale, zaprezentowano metodykę analizy relacji międzygiełdowych Stocker będącą celem zasadniczym pracy doktorskiej. Metodyka oparta została na opisanych we wcześniejszych rozdziałach metodach badawczych, a jej idea zaprezentowana w postaci schematu blokowego. Schemat opisuje metodykę analizy relacji międzygiełdowych z uwzględnieniem dekompozycji trendów notowań indeksów giełdowych. Przedstawia ona zarówno procedurę weryfikacji hipotez badawczych pracy, jak i opisuje proces skutecznej analizy rynków giełdowych mogącej znaleźć zastosowanie w kolejnych pracach.

## 1. Studium literaturowe

Rozdział ten poświęcony został przedstawieniu aktualnego stanu literatury naukowej powiązanej z tematyką pracy doktorskiej. Autor skoncentrował się na zaprezentowaniu ważniejszych publikacji naukowych z kraju i zagranicy, które w znacznej mierze wpłynęły na kierunek prac badawczych niniejszej pracy.

### Charakterystyka ogólna

Tematyka wzajemnej zależności notowań giełd światowych jest przedmiotem prac badawczych środowisk naukowych oraz biznesowych od dziesiątków lat. Nabrała ona szczególnego znaczenia w dobie rozwoju gospodarki globalnej. Wraz z nią rosła, bowiem potrzeba analizowania kierunku przepływu kapitału między rynkami finansowymi. Dzięki rozwojowi technik komputerowych i bankowości internetowej możliwy stał się transfer znaczących środków pieniężnych między poszczególnymi giełdami światowymi w przeciągu ułamków sekund. Wśród obserwatorów i inwestorów giełdowych zrodziło się przeświadczenie, że zmiany notowań aktywów na danym rynku giełdowym determinowane są przez szereg czynników nie związanych bezpośrednio z owym rynkiem. W związku z tym zarówno środowiska naukowe jak i biznesowe ze szczególną uwagą analizują wpływy i powiązania rynków giełdowych w dobie współczesnej gospodarki globalnej. W literaturze fachowej należy wyróżnić dwa dominujące podejścia do analizy zależności rynków giełdowych. Pierwsze związane jest z analizą o charakterze fundamentalnym, drugie z analizą o charakterze technicznym – powszechnie wykorzystujące techniki statystyczne oraz komputerowe.

W pracach opartych na podejściu fundamentalnym, ich autorzy starają się wyjaśnić zachowanie rynków giełdowych na podstawie danych charakteryzujących ich wzajemne powiązanie gospodarcze. Jedną z ciekawszych publikacji tego nurtu jest praca Z. Matkowskiego i M. Próchniaka „Zbieżność rozwoju gospodarczego Polski i innych krajów Europy Środkowowschodniej w stosunku do Unii Europejskiej” [48]. Autorzy przedstawiają szczegółową analizę zbieżności rozwoju 10 krajów Europy Środkowowschodniej, które przystąpiły do Unii Europejskiej. Analiza porównawcza oparta została o podstawowe wskaźniki makroekonomiczne takie jak: wysokość dochodu per capita, stopa wzrostu PKB na 1 mieszkańca, dynamika produkcji przemysłowej, wskaźniki koniunktury w przemyśle. Jednym z ważniejszych wniosków pracy jest wykazanie, że

kraje Europy Środkowowschodniej, które przystąpiły do strefy Euro wykazują znaczną zbieżność cyklicznych wahań koniunktury w stosunku do Europy Zachodniej. Kolejną istotną publikacją opartą na analizie fundamentalnej jest praca H. Wiśniewskiego „*Interakcje między wskaźnikami makroekonomicznymi a indeksami giełdowymi w wybranych krajach*” [81], w której autor dokonuje analizy zależności występujących między indeksem giełdowym i wybranymi wielkościami makroekonomicznymi. Ponadto przeprowadzona została analiza porównawczą najbardziej rozwiniętych rynków kapitałowych z rynkami wchodzącymi. W ramach wykonanych prac badawczych wykazany został wysoki stopień objaśniania zmienności indeksów za pomocą właściwych wielkości makroekonomicznych.

Również wśród publikacji zagranicznych odnaleźć można liczne źródła literaturowe oparte na podejściu fundamentalnym. Przykładem może być praca S. Choudhary oraz R. Siag „*Stock Market Interlinkages Among Major Developed Equity Markets: Critical Literature Review*” [12], w której autorzy dokonali syntetycznego omówienia pozycji literaturowych nurtu fundamentalnego opublikowanych na przestrzeni 25 lat, opisujących zależności między największymi gospodarkami i rynkami giełdowymi na świecie.

Nurt bazujący na analizie fundamentalnej opiera się na założeniu, że rynki giełdowe dyskontują wszystkie informacje w cenie aktywów. Tym samym obiektem zainteresowania są przede wszystkim notowania walorów giełdowych takich jak np. akcje czy indeksy giełdowe. Z punktu widzenia pracy doktorskiej, za szczególnie istotne należy uważać właśnie pozycje literaturowe oparte na tym założeniu. Jednymi z ciekawszych pozycji literaturowych tego nurtu są prace opisujące zachowania rynków giełdowych w momentach przełomowych. Za momenty takie autorzy uważają wszelkie kryzysy gospodarcze o zasięgu wykraczającym poza region gospodarczy jednego kraju. Część autorów poddaje analizie zachowanie rynków walutowych („*Recurrence Quantification Analysis of Financial Market Crashes and Crises*” O. Piskun, S. Piskun [63]), część analizuje wyłącznie zachowanie głównych indeksów giełdowych, uważając je za najbardziej miarodajne barometry stanu gospodarki danego regionu gospodarczego („*International Stock Markets: A Co-integration Analysis*” E. J. Thalassinou, E. D. Politis [77]). Oba podejścia są jednak wzajemnie komplementarne, gdyż wartość indeksu giełdowego, mimo że wyrażona jest w skali punktowej, zależna jest od notowań akcji wchodzących w skład indeksu. Kurs akcji wyrażony jest



z kolei w konkretnej walucie. Tym samym istnieje logiczna zależność, która pozwala twierdzić, że porównując zależności między notowaniami indeksów związanych z różnymi rynkami giełdowymi należy uwzględniać również kursy wymiany walut. Powyższy wywód znalazł swoje potwierdzenie w pracy „*Dynamic correlation analysis of financial contagion: Evidence from the Central and Eastern European markets*” M. N. Syllignakis, G. P. Kouretas [75]. Autorzy wykazali, że wskaźniki opisujące zachowanie rynków walutowych, w tym kursy wymiany walut, wywierają znaczący wpływ na korelacje między analizowanymi rynkami giełdowymi. Siła powiązania rynków walutowych oraz giełdowych była również tematem dogłębnej analizy przeprowadzonej przez Y. Cheung i F. Westermann w ramach publikacji „*Equity Price Dynamics Before And After Introduction Of The Euro*” [14]. Dowiedziono, że wprowadzenie waluty Euro wywarło bardzo znaczący wpływ na charakterystykę zachowania giełdy we Frankfurcie. W krótkim czasie, bowiem zmniejszyła się wartość wskaźników zmienności i persystencji notowań czołowych indeksów giełdowych. Bardzo ważnym problemem, który mógłby podważyć słuszność tez badawczych pracy jest efekt zmienności rynku w czasie przeprowadzanych analiz. Aby zredukować skalę błędu pomiaru i tym samym wykazać, że spadek zmienności podstawowych parametrów giełdowych nie był determinowany zmianami o charakterze światowym, autorzy posłużyli się tzw. rynkiem referencyjnym. Arbitralnie rynkiem tym został wybrany rynek amerykański.

Kolejną publikacją potwierdzającą istotność wpływu zachowania rynku walutowego na zachowanie rynku giełdowego jest praca „*Crossing the Lines: The Conditional Relation Between Exchange Rate Exposure and Stock Returns in Emerging and Developed Markets*” autorstwa S. M. Bartram i G. M. Bodnar [3]. Publikacja opisuje wyniki analizy zachowania notowań akcji przedsiębiorstw z 37 krajów świata. Autorzy omawiają wpływ zmian notowań na rynku walutowym na ryzyko związane z inwestycjami na poszczególnych rynkach giełdowych. W ramach pracy wykazane zostało, że zmiany notowań na rynku walutowym silniej wpływają na zmiany wskaźników ryzyka na rynkach wschodzących. Kolejną publikacją potwierdzającą istnienie silnej zależności między rynkiem walutowym a rynkiem giełdowym jest praca D. K. Patro, J. Walda i Y. Wu „*Currency Devaluation and Stock Market Response: An Empirical Analysis*” [60]. Dowodzi ona, że dewaluacja waluty skorelowana jest ujemnie ze zmianami zachodzącymi na rynku giełdowym, a średni zakres czasu oddziaływania wynosi 30 dni.

Wyniki powyższych publikacji są bardzo istotne z punktu widzenia niniejszej pracy doktorskiej. Potwierdzają one bowiem, że zmiany notowań walut są jednym z determinantów zmian zachodzących na rynkach giełdowych. Tym samym uwzględnienie kursu notowań walut związanych z danym rynkiem giełdowym może w istotny sposób zmienić percepcję zmian względem innych rynków giełdowych.

Wraz z postępującą globalizacją rynków i możliwością szybkiego transferu kapitału między poszczególnymi rynkami giełdowymi, coraz większa uwaga poświęcana jest analizie kierunku przepływu kapitału i powiązanej z tym współzależności rynków giełdowych. Wśród publikacji analizujących wpływ globalizacji na poszczególne rynki giełdowe należy wyróżnić prace „*International Dependence Of Chinese Stock Markets: A Forecasting Perspective*” A. Rösch H. Schmidbauer [68] oraz „*International Capital Flows, Returns and World Financial Integration*” M. Evans, V. Hnatkovska [23]. W ramach prac dokonana została analiza siły powiązań między największymi gospodarkami świata. Autorzy zwracają szczególną uwagę na znaczącą pozycję amerykańskiego rynku kapitałowego. Gospodarka amerykańska jest na chwilę obecną największą gospodarką świata, dlatego wszelkie zmiany jej kondycji wywierają istotny wpływ na stan gospodarki globalnej.

Ważnym aspektem globalizacji rynków kapitałowych jest proces ich klastryfikacji. Zmiany w czołowych gospodarkach światowych, takich jak gospodarka amerykańska czy chińska, odciskają piętno o charakterze długoterminowych. Z perspektywy pojedynczego rynku giełdowego znaczenie odgrywa również jego bezpośrednie otoczenie gospodarcze oraz finansowe. Zmiany w owym otoczeniu, zwanym klastrem, wywierają wpływ o charakterze krótko- i średnioterminowym. Potwierdzeniem tej tezy są wyniki prac E. J. Thalassinos, E. Politis przedstawione w ramach publikacji „*International Stock Markets: A Co-integration Analysis*” [77]. Autorzy na podstawie analizy zachowania 10 rynków giełdowych w latach 1993-2007 dowiedli istnienie silnej integracji rynków Europy Zachodniej. Współzależności rynków giełdowych Europy Środkowej została dowiedziona z kolei w pracy K. Guesmi i K. Nguyena „*Regional integration of stock markets in Southeast Europe*” [31]. Autorzy pracy podjęli się analizy 4 rynków giełdowych – polskiego, czeskiego, greckiego i rumuńskiego. Na szczególną uwagę zasługuje znaczące

podobieństwo ryzyka inwestycyjnego oraz fakt, że jest ono determinowane przez ryzyko walutowe oraz wartość akcji na otwarciu i zamknięciu sesji giełdowych.

Z punktu widzenia analizy powiązań rynków kapitałowych szczególnie istotne wydają się być wydarzenia przełomowe, takie jak np. kryzysy gospodarcze czy wojny. Wraz ze zwiększeniem się ryzyka inwestycyjnego, w sposób bardzo znaczący ujawniają się współzależności rynków giełdowych będące konsekwencją powiązań gospodarczych i kapitałowych. Wśród literatury związanej z tematyką pracy doktorskiej nie sposób pominąć opracowań, które analizują zachowania grupy rynków giełdowych w dobie wydarzeń przełomowych. Szczególną uwagę należy poświęcić publikacji „*Correlation of financial markets in times of crisis*” L. Sandovala i I. Franca [70]. Przedmiotem badań autorów było zachowanie rynków giełdowych podczas kryzysów gospodarczych w latach 1987 (tzw. Black Monday), 1998 (kryzys rosyjski), 2001 (pęknięcie banki spekulacyjnej spółek informatycznych) oraz 2008 (kryzys kredytów hipotecznych typu Subprime). Na tej podstawie dokonali analizy zmienności notowań instrumentów finansowych dowodząc jednocześnie, że wraz ze wzrostem owej zmienności w skali globalnej, rośnie również wartość wzajemnej i długoterminowej korelacji pozostałych wskaźników opisujących zachowanie rynków. Ważnym rezultatem badań było dowiedzenie, że w dobie kryzysu, rozkład stóp zwrotu nie jest rozkładem normalnym – zaobserwowano silne spłaszczenie rozkładu. Pracą opisującą zachowania rynków giełdowych w momentach przełomowych jest publikacja S. I. Bukowskiego „*Analiza porównawcza stopnia integracji węgierskiego i słowackiego giełdowego rynku akcji z giełdowym rynkiem akcji w obszarze Euro*” [9]. Opisuje ona, na podstawie analizy miesięcznych stóp zwrotu z akcji notowanych na giełdach węgierskiej, słowackiej, strefy Euro oraz amerykańskiej, że w dobie globalnego kryzysu gospodarczego istnieje znaczącą zależność zachowania rynku słowackiego oraz węgierskiego od zachowania rynku amerykańskiego. Autor nadmienia jednak, że charakterystyka giełd węgierskiej i słowackiej nie jest tożsama, mimo że giełdy związane są z krajami o podobnym potencjale ekonomicznym, to różnią się jednak wzajemnym stopniem rozwoju organizacyjnego oraz skalą działania. Fakt ten znalazł potwierdzenie w odmiennym zachowaniu giełd w latach 1999-2004. Giełda węgierska, jako bardziej rozwinięta, przejawiała silne powiązanie względem zachowania rynków strefy Euro, podczas gdy giełda słowacka, mniej płynna – wysokim stopniem zintegrowania z rynkiem globalnym.

Autor niniejszej pracy doktorskiej pragnie zwrócić uwagę, że rozwój technik komputerowych, jaki dokonał się w przeciągu dwóch ostatnich dekad sprawił, że możliwe stało się przetwarzanie oraz analizowanie znaczącej ilości danych. Niezwykłą popularność zyskały metody numeryczne pozwalające na dokonywanie analiz statystycznych obciążonych bardzo niskim błędem pomiaru. Również wśród pozycji literaturowych istotnych z punktu widzenia niniejszej pracy doktorskiej odnaleźć można opracowania wykorzystujące techniki informatyczne.

Jedną z powszechniej wykorzystywanych metod weryfikacji stopnia zależności między notowaniami instrumentów giełdowych bazuje na analizie korelacji między zbiorami danych. Przez zbiór danych należy rozumieć dane odzwierciedlające stopy zwrotu, zmienność lub wskaźniki analizy technicznej badanych instrumentów. Zagadnienie korelacji i kross-korelacji zostanie omówione szczegółowo w dalszej części pracy. Na potrzeby studium literaturowego autor pragnie jednak omówić kilka ważnych publikacji wykorzystujących owe metody.

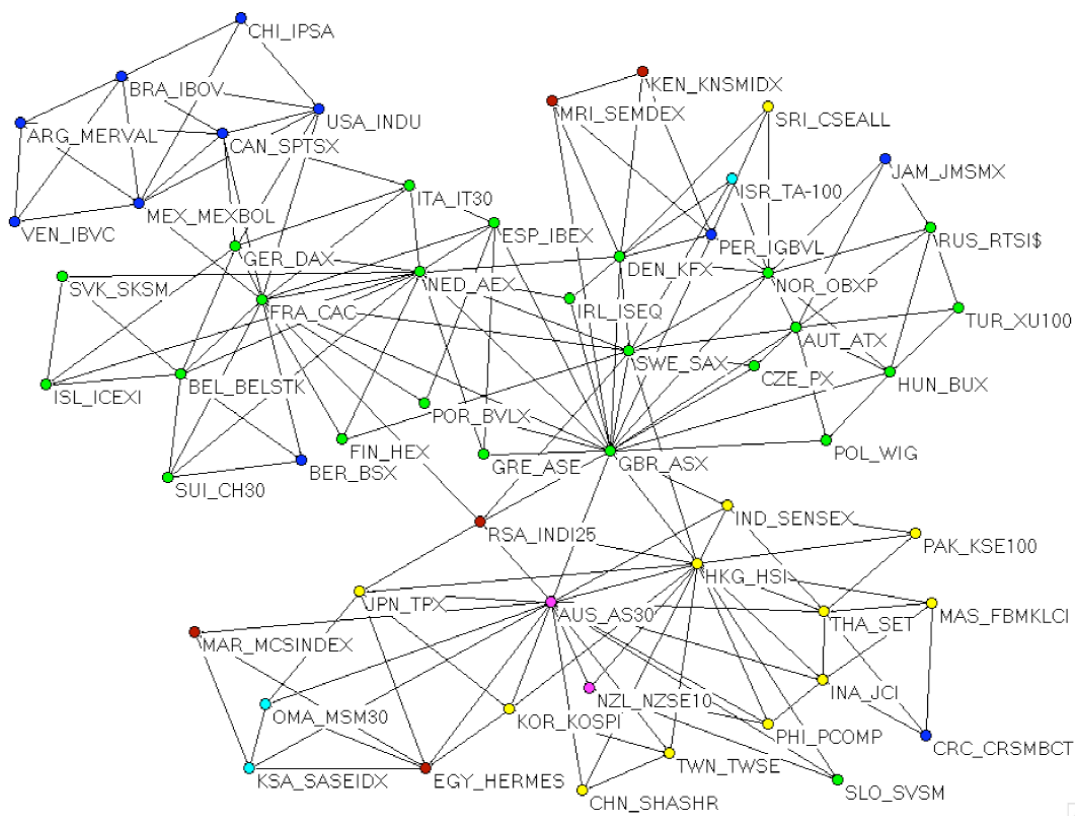
W pracy D. Wanga, B. Podobnika, D. Horvatica oraz E. Stanley „*Quantifying and Modeling Long-Range Cross-Correlations in Multiple Time Series with Applications to World Stock Indices*” [78] dokonana została analiza 48 indeksów giełdowych z wykorzystaniem techniki kross-korelacji. Opierając się na danych z lat 1999-2009 autorzy pracy dowiedli, że kross-korelacja między miarami ryzyka cechuje się znacznie dłuższą pamięcią niż korelacja między stopami zwrotu. Fakt ten, zdaniem autorów świadczy o tym, że negatywna informacja pochodząca z jednej z głównych giełd światowych wpływa na ryzyko inwestycyjne na pozostałych rynkach giełdowych świata w sposób długoterminowy. Dzięki analizie RMT (ang. Random matrix theory) dowiedli, że średnio 30% wariacji danych może zostać wytłumaczona przez oszacowany w części badawczej pracy czynnik globalny. Należy podkreślić, że w powyższej publikacji analizowane indeksy cechowały się znacząco różnym poziomem wartości korelacji wzajemnej. Niestety analiza zbieżności między poszczególnymi grupami indeksów, czy też próba ich klastyfikacji nie były przedmiotem prac autorów.

Analiza stopnia powiązania giełdy bukaresztańskiej z czołowymi giełdami światowymi oparta na technikach kross-korelacji była tematem pracy „*Study of the Correlation between the Romanian Stock Market and S&P500 Index during 2007-2009*” autorstwa I. Panaita [59]. Wyniki pracy dowiodły, że giełda rumuńska cechowała się podobnym poziomem korelacji notowań w stosunku

do giełdy nowojorskiej co do giełdy warszawskiej czy frankfurckiej. Istotne różnice można było z kolei zaobserwować w przypadku analizy zmienności – jednej z powszechnie wykorzystywanych miar ryzyka inwestycyjnego. Fakt ten dowodzi, że w dobie globalnych problemów rynków finansowych zachowania poszczególnych rynków kapitałowych są odmienne. Należy podkreślić, że podobny poziom korelacji notowań między notowaniami indeksów giełd bukaresztańskiej i warszawskiej oraz bukaresztańskiej i nowojorskiej nie implikuje identycznego poziomu korelacji w przypadku notowań indeksów giełd warszawskiej i nowojorskiej.

Z perspektywy tematyki niniejszej pracy doktorskiej, za jedną z kluczowych publikacji należy uznać pracę D. Songa, M. Tumminello, W. Zhou oraz R. Mantegna „*Evolution of worldwide stock markets, correlation structure and correlation based graphs*” [74]. Autorzy, opierając się na danych dotyczących notowań głównych indeksów giełd na świecie w latach 1996-2009, dokonali analizy ich wzajemnej korelacji. Wyniki badań potwierdziły, że zakres czasowy kross-korelacji jest zmienny w czasie. W dobie kryzysu ulega drastycznemu skróceniu względem okresów stabilizacji rynku globalnego. Ważny jest fakt, że zakres czasowy kross-korelacji umożliwia dokonanie klastrowania rynków, gdyż może on posłużyć jako jeden z determinantów charakteryzujących konkretny rynek giełdowy. Autorzy dowiedli, że średni zakres czasowy kross-korelacji nie przekracza 60 sesji giełdowych. Powyżej tego okresu siła zależności jest statystycznie nieistotna. W oparciu o analizę korelacji i analizę spektrum autorzy opracowali mapę powiązań między indeksami giełdowymi. Stopień powiązania między analizowanymi indeksami był zmienny w czasie, a opracowana mapa obrazuje wartości uśrednione. Tym samym wyniki pracy stanowią odzwierciedlenie powiązań rynków giełdowych w skali długoterminowej. W skali krótkoterminowej kształt mapy może być odmienny. Wyniki nie uwzględniają ponadto różnic notowań walut powiązanych z poszczególnymi rynkami giełdowymi.

Ważnym aspektem globalizacji rynków kapitałowych jest fakt, że giełda amerykańska związana jest z największą gospodarką światową – gospodarką USA. Jej wpływ na zachowanie rynków światowych jest znaczący. Siła jej oddziaływania mierzona za pomocą technik kross-korelacji jest częstym przedmiotem analiz. W artykule „*Towards identifying the world stock market cross-correlations: DAX versus Dow Jones*” S. Drożdża, F. Grummera, F. Ruf i J. Speth [20] autorzy, wykorzystując ponownie technikę analizy



Rysunek 3 Mapa powiązań między głównymi indeksami giełd na świecie. Na podstawie dziennych stóp zwrotu dla danych z lat 1996-2006. Źródło [74]

spectrum i kross-korelacji, dowiedli determinującego wpływu zachowania giełdy nowojorskiej na największą giełdę papierów wartościowych strefy Euro. Fakt ten obrazuje uniwersalność metody analizy szeregów czasowych opartej na kross-korelacji.

Omawiając pozycje literaturowe związane z analizą rynków giełdowych nie sposób pominąć tych spośród nich, które bazują na zaawansowanych metodach ekonometrii finansowej. Na szczególną uwagę zasługują te spośród nich, które wykorzystują modelowanie wielowymiarowe (MGARCH), modele parametryzacji równania warunkowej wariancji ARCH (ang. *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*) oraz GARCH (ang. *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*). Metody te znalazły zastosowanie w analizie podobieństwa ryzyka inwestycyjnego charakteryzującego poszczególne rynki giełdowe bądź instrumenty finansowe. W pracy „*Analiza transmisji szoków dla rynków giełdowych Czech, Węgier i Polski w okresie globalnego kryzysu*” W. Bieńkowskiego, B. Gawrońskiej-Nowak oraz W. Grabowskiego [6] zostały oszacowane transmisje stóp zwrotu, szoków i zmienności w okresie silnego wzrostu gospodarczego oraz w różnych fazach kryzysu finansowego. W tym celu autorzy posłużyli się modelami VAR-GARCH. W przypadku tego

opracowania wykazany został silny wzrost powiązania między stopami zwrotu z indeksów giełdowych w czasie kryzysu. Siła powiązania była znacząco mniejsza w okresach stabilności rynków finansowych.

Autor pracy doktorskiej pragnie omówić metodyki powszechnie związane z zagadnieniami teorii chaosu oraz matematyki fraktalnej. Również one zyskały w ostatnim czasie na szczególnym znaczeniu i stały się kolejnym istotnym narzędziem analizy zachowania rynków giełdowych. Należy nadmienić, że część spośród tych metodyk będzie wykorzystywana w procesie badawczym pracy doktorskiej.

Autorzy publikacji „*Dynamika powiązań polskiego rynku kapitałowego z rynkami Czech i Węgier oraz głównymi rynkami światowymi*” – M. Doman i R. Doman [18] – dokonują analizy polskiego rynku i stopnia jego powiązania z wybranymi rynkami światowymi. Problematyka ta jest przedmiotem wielu prac badawczych środowisk naukowych. W wymienionej pracy, na potrzeby analizy zmian siły i dynamiki powiązań między rynkami giełdowymi, wykorzystane zostały przełącznikowe modele Markowa. Ich idea opiera się na losowym przełączaniu procesu różnych reżimów, umożliwiając tym samym rozróżnienie okresów odpowiadających różnym poziomom zmienności analizowanej charakterystyki. Wyniki zaprezentowane w ramach publikacji ujawniły, że zależności pomiędzy indeksami WIG i DAX są trwałe i stabilne, przy czym regularne powiązania z indeksem DAX są silniejsze od powiązań z indeksem S&P 500. Powiązanie pomiędzy WIG20 a S&P 500 cechuje się wysokim poziomem trwałości. Wyniki tej publikacji stały się przyczynkiem do przeprowadzenia w ramach pracy doktorskiej szczegółowych analiz dotyczących wpływu oddziaływania giełd nowojorskiej oraz frankfurckiej na rynki środkowowschodniej Europy. Sugerują one bowiem, że zmiana notowań indeksu DAX może determinować zachowanie indeksów takich jak BUX, WIG20 czy PX w perspektywie krótkoterminowej, podczas gdy zmiany indeksów nowojorskich mogą determinować zachowanie indeksów w perspektywie długoterminowej.

Problematyka zależności krótko- i długoterminowej poruszana jest w publikacji „*Analysis of Linkages between Central and Eastern European Capital Markets*” autorstwa D. Witkowskiej, K. Kompa i A. Matuszewskej-Janicy [82]. Opierając się na analizie przyczynowości w sensie Grangera, dowiedzione zostało, że Warszawska Giełda Papierów Wartościowych odgrywa decydującą rolę

w regionie środkowej i wschodniej Europy oraz, że siła powiązań trendów krótkoterminowych między giełdami tego regionu świata cechuje się dużą zmiennością. Zależności długoterminowe zdiagnozowane w ramach publikacji są obserwowane znacznie rzadziej.

Wśród publikacji związanych z zagadnieniami teorii chaosu oraz matematyki fraktalnej należy wyróżnić pracę S. Mitra „*Is Hurst Exponent Value Useful in Forecasting Financial Time Series?*” [50]. Współczynnik Hursta jest jedną z miar wykorzystywanych w ramach niniejszej pracy doktorskiej, a publikacja S. Mitra potwierdza wysoką skuteczność zastosowania tej metody w analizie danych giełdowych. W ramach publikacji autor dokonał estymacji współczynnika Hursta dla 12 indeksów giełd światowych. Wyniki części badawczej potwierdzają efektywność rynków giełdowych w skali długoterminowej, jednak estymacja współczynnika Hursta dla krótkich przedziałów czasu ujawnia istnienie powiązań między analizowanymi indeksami charakteryzującymi się efektem tzw. długiej pamięci.

Omawiając pozycje literaturowe powiązane z problematyką bądź metodyką pracy doktorskiej, należy odwołać się do tych spośród nich, które wykraczają poza ramy analizy statystycznej i związane są z nowoczesnymi technikami analizy sygnałów czy komputerowej analizy danych typu Data Mining.

Wśród nowoczesnych metod analizy podobieństwa między seriami danych na szczególną uwagę zasługuje metoda DTW - szerzej omówiona w dalszej części pracy doktorskiej. Pierwotnie wykorzystywana była w analizie podobieństwa między sygnałami dźwiękowymi. W pracy S. Aghabozorgi i Y. Teh pod tytułem „*Stock market co-movement assessment using a three-phase clustering method*” [2] autorzy, posługując się analizami opartymi na metodzie DTW, dokonali klastryfikacji spółek notowanych na Bombay Stock Exchange (BSE). Opracowana przez autorów metodyka klastryfikacji potwierdziła znaczący potencjał metody DTW. Jej zastosowanie umożliwiło dokonanie klastryfikacji danych wielowymiarowych, dla których wykrycie zbieżności wymaga licznych transformacji szeregów czasowych.

Na koniec niniejszego rozdziału przywołano pracę S. K. Hua „*Information Mining Over Significant Interval on Historical Data A Study on World Major Indexes*” [33] ukazującą, że zastosowanie współczesnych metod przetwarzania gigantycznych zbiorów danych za pomocą technik komputerowych może w niedalekiej przyszłości stać się jednym ze standardów analizy danych



giełdowych. W pracy tej analizie poddane zostały dane obrazujące notowania sześciu czołowych indeksów giełd światowych na przestrzeni 10 lat. Wyniki badań potwierdziły, że dzięki zastosowaniu technik Data Miningu możliwe było opracowanie średnich kroczących o zmiennym interwale czasu zależnych od stanu rynku giełdowego. Tak opracowana średnia krocząca opisywała zachowanie rynków kapitałowych z większą precyzją. Wyniki otrzymane były obarczone bowiem niższym poziomem starty informacji niż klasyczne metody średnich kroczących. Praca ta potwierdza, że kierunek rozwoju współczesnych narzędzi analizy rynków giełdowych wyznaczany będzie przez nowoczesne techniki komputerowe.

Wśród omawianych prac związanych z problematyką analizy rynków giełdowych brakuje opracowań uwzględniających wpływ zmian notowań kursu walut. Z perspektywy dwóch analizowanych rynków giełdowych, wnioski oparte na analizie wartości indeksów giełdowych mogą w sposób znaczący różnić się od wniosków opartych na danych uwzględniających również zmiany kursu walut. Brak takiego podejścia wydaje się być istotną wadą opracowań. Z perspektywy inwestora dokonującego zakupu aktywów na zagranicznym rynku giełdowym istotna jest nie tylko zmiana notowań danego aktywa w czasie, ale również zmiana notowań waluty, w której wyrażona jest wartość nominalna zakupionego aktywa. Tym samym inwestor ponosi oczywiste ryzyko kursowe. Fakt ten nie jest jednak uwzględniany w opracowaniach literaturowych.

Chcąc dokonać szczegółowej analizy stopnia powiązania między rynkami kapitałowymi, która bazuje na założeniach analizy technicznej (cena aktywa dyskontuje wszelkie informacje rynkowe), należy rozgraniczyć perspektywę krótko-, średnio- i długoterminową. Wśród aktualnego stanu literaturowy brak jest opracowań kompleksowych poddających szczegółowej analizie składowe krótko-, średnio- i długoterminowych trendów notowań.

Mimo że wśród przytoczonych publikacji odnaleźć można te, które postulują istnienie znaczących różnic zależności krótko- i długoterminowych zachodzących między analizowanymi rynkami giełdowymi, jednak brakuje opracowań dokonujących dekompozycji trendów. Dekompozycja danych na trendy o różnym zakresie czasowym mogłaby przyczynić się do bardziej szczegółowej analizy charakterystyki zależności. Ponadto wśród opracowań naukowych związanych z analizą zależności między rynkami kapitałowymi brak jest prac opisujących metodykę analizy powiązań.

Mnogość technik analizy, ich wzajemna komplementarność sprawia, że opracowanie metodyki analizy wydaje się być niezwykle pożądanym przez inwestorów giełdowych. Opracowana metodyka może nie tylko zoptymalizować proces inwestycyjny, ale również umożliwić jego automatyzację. Uwzględnienie wpływu kursu wymiany walut oraz dekompozycja trendów notowań indeksów giełdowych będą zagadnieniami poruszonymi w ramach pracy doktorskiej. Potwierdzają jej unikalność na tle aktualnych dostępnych pozycji literaturowych. Przyjęcie odmiennego podejścia w kwestii przygotowania danych badawczych oraz sposobie ich analizy uzasadnia sensowność przeprowadzenia ponownej klastryfikacji rynków giełdowych. Uwzględniona zostanie bowiem różna perspektywa analizy trendów (analiza trendów krótko-, średnio- i długoterminowych), a ta z kolei może przynieść rezultaty odmienne od wyników opublikowanych w ramach przytoczonych publikacji.

## 2. Specyfika rynku kapitałowego

Chcąc przedstawić ideę niniejszej pracy doktorskiej należy pokrótce scharakteryzować zasady funkcjonowania współczesnych rynków kapitałowych w dobie gospodarki globalnej. To dzięki postępującej globalizacji rynków światowych możliwy stał się swobodny transfer kapitału między poszczególnymi gospodarkami. Aspekt ten w znaczącym stopniu determinuje charakterystykę rynków kapitałowych poszczególnych krajów świata.

Przyjmując definicję zaproponowaną przez [34] za rynki kapitałowe należy uznać elementy systemu finansowego, miejsca, gdzie dokonuje się transakcji instrumentami finansowymi. *„Rynek kapitałowy to rynek, na którym oczekiwania gotówkowe tych, którzy mają w danej chwili gotówkę (potocznie zwanych inwestorami zajmującymi pozycję długą) i tych, którym w danej chwili jest jej brak i jej potrzebują (zwanych inwestorami zajmującymi pozycję krótką) spotykają się z sobą”*. W wyniku transakcji dochodzi do przekazania prawa własności. Innymi słowy na rynku kapitałowym dochodzi do konfrontacji podaży z popytem, wskutek której wymieniane zostają prawa własności.

Należy podkreślić, że rynek kapitałowy jest nieodłącznym elementem systemu ekonomicznego, tj. zbioru zależności, procesów i mechanizmów umożliwiających krążenie siły nabywczej w gospodarce. W literaturze fachowej [7,8,10,13,16,21,34] bardzo często można spotkać się z następującym rozróżnieniem:

- Rynek kapitałowy – związany jest ze specyficzną grupą papierów wartościowych, których okres wykupu jest dłuższy niż 1 rok. Papiery te cechują się stosunkowo niskim poziomem płynności i przeznaczane są głównie na finansowanie inwestycji.
- Rynek pieniężny – tworzony przez transakcje instrumentami finansowymi o najwyższym stopniu płynności, reprezentującymi największe bezpieczeństwo, których termin wykupu nie przekracza 1 roku.

Autor pragnie podkreślić, że obiektem prac badawczych będą rynki kapitałowe z szczególnym nastawieniem na giełdowy rynek papierów wartościowych. Na rynku tym pośrednicy, tzw. maklerzy, dokonują na rachunek klientów transakcji kupna-sprzedaży papierów wartościowych dopuszczonych do obrotu. Do najczęściej spotykanych papierów wartościowych należy zaliczyć przede wszystkim: akcje, prawa do akcji i ich poboru, obligacje, kontrakty inwestycyjne, warranty, opcje, jednostki indeksowe czy certyfikaty inwestycyjne. Makler nabywa i sprzedaje papiery wartościowe (znajdujące się w publicznym obrocie) we własnym imieniu, ale dokonuje tego na rachunek dającego zlecenie. Rachunek ten stanowi podstawę rozliczenia klienta z tytułu posiadania, nabycia, bądź zbycia papierów wartościowych. Zadaniem giełdy jest regulacja obrotu papierami wartościowymi poprzez zapewnienie zaplecza technicznego.

Zaplecze to umożliwi uczestnikom giełdy dokonywanie rozliczeń między stronami, wypłatę dywidendy, naliczanie odsetek oraz pozostałych czynności pozwalających na zarządzanie procesem inwestycyjnym [25,26,29].

Giełdowe rynki papierów wartościowych z racji stopnia swojego rozwoju oraz skali działania bardzo często uważane są za barometry gospodarek krajów, z którymi są związane. Fakt ten sprawił, że na potrzeby oceny kondycji rynku giełdowego, bądź konkretnego sektora tegoż rynku, wykorzystywane są tzw. indeksy giełdowe. Są to mierniki, które obrazują zmianę kursów pewnej grupy aktywów notowanych na danej giełdzie papierów wartościowych. Tematyka niniejszej pracy doktorskiej poświęcona zostanie indeksom giełdowym związanym z rynkiem akcji. Tym samym za konieczne należy uznać, choć pobieżne, scharakteryzowanie tego typu aktywów finansowych.

Akcje to papiery wartościowe stanowiące jedną z form finansowania przedsiębiorstw. Potwierdzają udział właściciela w kapitale spółki. Są papierami wartościowymi bezterminowymi i w odróżnieniu od np. obligacji oraz papierów komercyjnych, długość okresu ich posiadania jest nieznaną i niedeterministyczną. Właściciel akcji – akcjonariusz, w każdej chwili może je sprzedać. Akcje nadają akcjonariuszom prawo do partycypacji w zyskach oraz do dochodu wynikającego z różnic kursowych [32,37,38,39]. Partycypacja w zyskach odbywa się za pośrednictwem dywidendy, tj. świadczenia pieniężnego lub towarowego, wypłaconego akcjonariuszom na podstawie decyzji walnego zgromadzenia akcjonariuszy. Źródło dochodu z akcji stanowią [21,26,29,32]:

- dywidendy – zapewniające udział w podziale zysku proporcjonalnie do wysokości udziału w kapitale spółki;
- różnice kursowe – wzrost bieżącej wartości akcji w momencie sprzedaży względem wartości, po jakiej akcje zostały zakupione.

Na rozwiniętych rynkach kapitałowych można spotkać kilka typów akcji:

- zwykłe – najbardziej powszechna forma tego papieru wartościowego, obecnie dominująca na rynkach giełdowych całego świata;
- uprzywilejowane – charakteryzujące się niskim poziomem ryzyka uzyskania dochodu, z góry określoną stopą dochodu lub prawem pierwszeństwa jego odbioru. Akcje tego typu mogą nadawać właścicielom prawo większej liczby głosów na walnym zgromadzeniu akcjonariuszy. W literaturze fachowej często podkreśla się, że posiadają one zarówno cechy długu, jak i kapitału;
- gotówkowe – otrzymywane przez akcjonariusza za pieniężne wkłady na rzecz spółki;

- aportowe – akcje tego typu akcjonariusz otrzymuje za wkłady niepieniężne na rzecz spółki (budynki, grunty, licencje);
- imienne – umożliwiające egzekucję praw jedynie przez osobę umieszczoną na dokumencie i w księdze akcyjnej. Często do grupy tej można zaliczyć akcje założycielskie.

Indeksy giełdowe związane z rynkiem akcji stanowią niezwykle cenne źródło informacji o:

- danej giełdzie papierów wartościowych,
- danej kategorii podmiotów (przynależność sektorowa, wielkość, region).

Jedną z podstawowych cech indeksów giełdowych jest ich względna ciągłość w długiej perspektywie czasu. Wartość indeksów obliczana jest, co pewien interwał czasu od momentu zero. Moment zero jest to punkt w czasie, od którego prowadzone są obliczenia wartości indeksu w oparciu o stały algorytm charakterystyczny dla konkretnego indeksu giełdowego. Dzięki takim cechom indeksów możliwe jest dokonywanie analiz historycznych obrazujących trendy zmian czy rentowność inwestycyjną. Z perspektywy niniejszej pracy doktorskiej kluczową cechą najbardziej znaczących indeksów giełdowych związanych z konkretnym parkietem giełdowym jest możliwość porównywania sytuacji gospodarczej różnych państw. Indeksy te mogą być uważane za wzorce inwestycyjne (*ang. benchmarki*) w ocenie jakości zarządzania portfelem aktywów – aspekt ten jest niezwykle istotny w dobie gospodarki globalnej. Dzięki możliwości szybkiego dystrybuowania kapitału między rynkami giełdowymi całego świata możliwa jest analiza charakterystyki zależności między poszczególnymi gospodarkami światowymi. Fakt ten jest bezpośrednim obszarem tematyki niniejszej pracy doktorskiej.

W dobie gospodarki globalnej i możliwości swobodnego transferu kapitału szczególne znaczenie nabiera minimalizowanie ryzyka portfela inwestycyjnego związanego z rynkami giełdowymi różnych stron świata. Nie bez znaczenia pozostaje również fakt, że owa charakterystyka zależności może ujawniać istotę powiązań gospodarczych między krajami. Aby tak było niezwykle istotny jest proces doboru takich indeksów giełdowych, które powszechnie uważane są za barometr kondycji konkretnej giełdy papierów wartościowych, a w konsekwencji gospodarki kraju związanego z tą giełdą. Z tego względu kolejny rozdział zostanie poświęcony prezentacji, wybranych na potrzeby mniejszej pracy doktorskiej, indeksom giełdowym. Ich notowania stanowią będą bezpośrednie źródło danych badawczych.

### 3. Indeksy rynków giełdowych - dane badawcze

Na potrzeby procesu weryfikacji hipotez badawczych, wyselekcjonowane zostały indeksy głównych rynków kapitałowych na świecie. Indeksy te często utożsamiane są z barometrami koniunktury na tychże rynkach. Kondycja samych rynków może odzwierciedlać z kolei z kondycję gospodarki państwa, na terenie, którego rynek jest zlokalizowany. Autor pragnie jednak nadmienić, że w dobie gospodarki globalnej istnieje wiele przypadków spółek giełdowych notowanych na danym rynku giełdowym, wchodzących w skład głównych indeksów, niezwiązanych bezpośrednio z tym rynkiem w sensie ekonomicznym bądź terytorialnym. Za przykład może posłużyć spółka ČEZ związana bardzo silnie z czeskim rynkiem energetycznym notowana zarówno na giełdzie w Pradze, jak i na giełdzie w Warszawie. Spółka ta wchodzi w skład indeksu PX będącego głównym barometrem giełdy czeskiej oraz indeksu WIG związanego z parkietem giełdowym w Warszawie. Istnieją liczne przykłady tzw. podwójnych notowań (ang. *secondary listing*) potwierdzających przytoczone przez autora zjawisko. W wyniku upowszechniania się strategii inwestycyjnych wykorzystujących techniki komputerowe oraz powszechnej globalizacji, zmianie ulega również ogólna charakterystyka samych rynków giełdowych. Szczególne znaczenie odgrywają tutaj zależności kapitałowe oraz gospodarcze między rynkami. W dobie systemów HFT (ang. *High Frequency Trading*) możliwe stało się dokonywanie olbrzymich transakcji kapitałowych o charakterze spekulacyjnym między odległymi rynkami giełdowymi. Naturalnie taki stan rzeczy zaburza zachowanie głównych indeksów giełdowych na całym świecie sprawiając, że w krótkiej perspektywie czasu zachowanie indeksów giełdowych może nie znajdować potwierdzenia w danych fundamentalnych. Na potrzeby niniejszej pracy doktorskiej przyjęte zostanie jednak założenie, że zachowanie czołowych indeksów giełdowych na świecie odzwierciedla stan gospodarki w konkretnym regionie. Poniżej zaprezentowana została lista wszystkich indeksów giełdowych będących przedmiotem części badawczej niniejszej pracy.

#### Indeksy Europy Zachodniej

- CAC 40 – indeks 40 spółek o największej kapitalizacji, notowanych na paryskiej giełdzie papierów wartościowych Euronext [22]. CAC 40 jest indeksem ważonym kapitalizacją spółek wchodzących w jego skład. Zmiany w wartości tego indeksu są konsekwencją zmian cen wszystkich spółek wchodzących w jego skład, wskaźnika wolnego obrotu (ang. *free float*) oraz wartości wag. Notowania spółek zaś wyrażone są w walucie Euro. Wartość indeksu w chwili  $t$  może być wyrażona wzorem:

$$\text{wartość indeksu}_t = 1000 \times \frac{1}{k_t} \sum_{i=1}^N \frac{q_{i,t} \times f_{i,t} \times ff_{i,t} \times p_{i,t}}{q_{i,0} \times p_{i,0}} \quad 1.$$

$q_{i,t}$  – liczba akcji spółki w dniu  $t$ ,

$f_{i,t}$  – współczynnik ograniczenia wpływu największych spółek na wartość indeksu,

$ff_{i,t}$  – współczynnik wolnego obrotu,

$p_{i,t}$  – wartość akcji spółki,

$k_t$  – współczynnik korygujący kapitalizację bazową.

- DAX – najważniejszy indeks niemieckiej giełdy we Frankfurcie, w skład którego wchodzi 30 spółek akcyjnych, największych pod względem kapitalizacji oraz obrotu. DAX zaliczany jest do grupy indeksów wynikowych, tzn. obrazuje on nie tylko wzrost ceny akcji, ale również wzrost kapitału poprzez wypłatę dywidendy [16]. Wpływ każdej ze spółek na wartość indeksu zależy od jej wielkości. Dla dowolnej chwili  $t$  wartość indeksu wyrażona jest wzorem:

$$\text{wartość indeksu}_t = \frac{1}{k_t} \sum_{i=1}^N \frac{q_{i,t} \times p_{i,t} \times ff_{i,t} \times c_{i,t}}{p_{i,0} \times q_{i,0}} \times \text{wartość indeksu}_0 \quad 2.$$

$q_{i,t}$  – liczba akcji spółki,

$p_{i,t}$  – cena akcji w momencie  $t$ ,

$ff_{i,t}$  – współczynnik wolnego obrotu,

$c_{i,t}$  – normalizowany współczynnik wagi dla spółki,

$k_t$  – współczynnik korygujący kapitalizację bazową.

- FTSE 100 – indeks 100 spółek o największej kapitalizacji oraz płynności notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Londynie (ang. *London Stock Exchange*). Łączna kapitalizacja spółek wchodzących w skład tego indeksu stanowi ponad 80% całkowitej kapitalizacji wszystkich spółek notowanych na tej giełdzie. FTSE 100, podobnie jak indeks CAC 40, zaliczany jest do grupy indeksów ważonych. Wpływ każdej ze spółek na wartość indeksu zależy od wartości rynkowej, współczynnika płynności rynkowej oraz wartości wagi [44]. Algorytm obliczania wartości indeksu FTSE 100 można wyrazić równaniem:

$$\text{wartość indeksu} = \frac{1}{k_t} \sum_{i=1}^{i=100} q_{i,t} \times p_{i,t} \times ff_{i,t} \quad 3.$$

$q_{i,t}$  – liczba akcji spółki,

$p_{i,t}$  – cena akcji w momencie  $t$ ,

$ff_{i,t}$  – współczynnik wolnego obrotu free float,

$k_t$  – współczynnik korygujący kapitalizację bazową.

- ATX – najważniejszy indeks Wiedeńskiej Giełdy Papierów Wartościowych (niem. *Wiener Börse*), oparty o notowania 21 spółek giełdowych o największej kapitalizacji. ATX zaliczany jest do indeksów cenowych, tzn. liczony jest na podstawie wartości spółek szacowanej na podstawie aktualnej ceny rynkowej. Tym samym wartość indeksu obliczana jest na podstawie cen transakcji. W odróżnieniu od indeksów wynikowych, w procesie wyliczeniowym nie uwzględnia się dochodów z akcji w postaci dywidend czy praw poboru. Notowania tego indeksu są szczególnie istotne z perspektywy niniejszej pracy. Specyfika giełdy wiedeńskiej bliska jest bowiem specyfice giełd Europy Środkowowschodniej. Na parkiecie w Wiedniu notowane są liczne spółki z Czech (indeks CEE), Węgier (indeks HTX), Polski (indeks PTX), Słowacji, Chorwacji i Rosji (indeks RTX). Zachowanie notowań głównego indeksu może być zależne pośrednio od notowań spółek giełdowych niezwiązanych z gospodarką austriacką [80]. W toku prac badawczych fakt ten będzie wielokrotnie podkreślany. Wartość indeksu w chwili  $t$  może być wyrażona wzorem:

$$\text{wartość indeksu}_t = \text{wartość indeksu}_0 \times \frac{c_t}{c_0} \times k_t \quad 4.$$

$k_t$  – współczynnik korekty kapitalizacji bazowej,

$c_t$  – wartość kapitalizacji w chwili  $t$ .

Wartość kapitalizacji dla indeksu ATX liczona jest według wzoru:

$$c_t = \sum_{i=1}^N q_{i,t} \times p_{i,t} \times ff_{i,t} \times w_{i,t} \quad 5.$$

$q_{i,t}$  – liczba akcji spółki,

$p_{i,t}$  – cena akcji w momencie  $t$ ,

$ff_{i,t}$  – współczynnik wolnego obrotu free float,

$w_{i,t}$  – współczynnik wagi zależny od wielkości kapitalizacji spółki.

### Indeksy Europy Środkowowschodniej

- BUX – główny indeks Węgierskiej Giełdy Papierów Wartościowych w Budapeszcie. Na chwilę obecną jest indeksem 12 spółek o największej kapitalizacji i płynności typu free float – spółki takie nazywane są potocznie blue chipami. BUX jest przykładem indeksu cenowego ważonego



wskaźnikiem wolnego obrotu spółek [8]. Dla dowolnej chwili  $t$  wartość indeksu wyrażona jest wzorem:

$$\begin{aligned} & \text{wartość indeksu}_t \\ & = \text{wartość indeksu}_0 \times \frac{1}{c_0} \times a_t \times \sum_{i=1}^N q_{i,t} \times p_{i,t} \times ff_{i,t} \times w_{i,t} \end{aligned} \quad 6.$$

$c_0$  – kapitalizacja bazowa spółek indeksu w chwili 0,

$q_{i,t}$  – liczba akcji spółki,

$p_{i,t}$  – cena akcji w momencie  $t$ ,

$ff_{i,t}$  – współczynnik wolnego obrotu free float,

$w_{i,t}$  – współczynnik wagi zależny od wielkości kapitalizacji spółki,

$a_t$  – współczynnik korekty kapitalizacji bazowej.

- PX – indeks 14 największych pod względem kapitalizacji spółek Giełdy Papierów Wartościowych w Pradze. PX zaliczany jest do indeksów cenowych ważonych kapitalizacją rynkową poszczególnych spółek wchodzących w jego skład. Jedną z czołowych spółek tego indeksu ČEZ notowana jest również na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. Konstrukcja indeksu jest analogiczna jak w przypadku indeksu BUX [64] :

$$\begin{aligned} & \text{wartość indeksu}_t \\ & = \text{wartość indeksu}_0 \times \frac{1}{c_0} \times a_t \times \sum_{i=1}^N q_{i,t} \times p_{i,t} \times ff_{i,t} \times w_{i,t} \end{aligned} \quad 7.$$

$c_0$  – kapitalizacja bazowa spółek indeksu w chwili 0,

$q_{i,t}$  – liczba akcji spółki,

$p_{i,t}$  – cena akcji w momencie  $t$ ,

$ff_{i,t}$  – współczynnik wolnego obrotu free float,

$w_{i,t}$  – współczynnik wagi zależny od wielkości kapitalizacji spółki,

$a_t$  – współczynnik korekty kapitalizacji bazowej.

- RTS – główny indeks Moskiewskiej Giełdy Papierów Wartościowych skupiający 50 największych i najbardziej płynnych spółek notowanych na tamtejszym parkiecie. RTS, podobnie jak indeks BUX, jest indeksem cenowym ważonym wskaźnikami wolnego obrotu spółek. Jego cechą charakterystyczną jest wysoki wpływ notowań spółek surowcowych na wartość końcową indeksu. Cecha ta jest konsekwencją charakterystyki gospodarczej i przemysłowej Rosji [52]. Algorytm obliczania wartości indeksu RTS dla dowolnej chwili  $t$  przyjmuje postać równania:

$$\text{wartość indeksu}_t = \text{wartość indeksu}_0 \times k_t \times \frac{c_t}{c_0} \quad 8.$$

$k_t$  – współczynnik korekty kapitalizacji bazowej,

$c_t$  – wartość kapitalizacji w chwili  $t$ .

Wartość kapitalizacji dla indeksu RTS liczona jest według wzoru:

$$c_t = \sum_{i=1}^N q_{i,t} \times p_{i,t} \times f f_{i,t} \times w_{i,t} \quad 9.$$

$q_{i,t}$  – liczba akcji spółki,

$p_{i,t}$  – cena akcji w momencie  $t$ ,

$f f_{i,t}$  – współczynnik wolnego obrotu *free float*,

$w_{i,t}$  – współczynnik wagi zależny od wielkości kapitalizacji spółki.

- WIG – jeden z głównych indeksów Warszawskiej Giełdy Papierów Wartościowych (GPW). W jego skład wchodzi wszystkie spółki giełdowe rynku podstawowego spełniające minimalne kryteria dotyczące procentu i wartości akcji w wolnym obrocie (*free float*). WIG jest przykładem indeksu typu dochodowego, którego wartość determinowana jest ceną zawartych w nim akcji oraz dochodami z dywidend i praw poboru. W składzie indeksu WIG znajdują się zarówno spółki krajowe, jak i zagraniczne – głównie z Ukrainy, Czech, Izraela, Bułgarii i Wielkiej Brytanii. Na chwilę obecną warszawski parkiet zaliczany jest do najważniejszych parkietów giełdowych Europy Środkowowschodniej, tym samym bardzo znacząca jest rola indeksu WIG, jako barometru kondycji ekonomicznej i kapitałowej tego regionu świata [17,18]. Dla dowolnej chwili  $t$  wartość indeksu wyrażona jest wzorem:

$$\text{wartość indeksu}_t = 1000 \times \frac{c_t}{c_0 \times k_t} = 1000 \times \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{i=N} \frac{q_{i,t} \times p_{i,t}}{q_{i,0} \times p_{i,0}} \quad 10.$$

$q_{i,t}$  – liczba akcji spółki w chwili  $t$ ,

$p_{i,t}$  – cen akcji spółki w chwili  $t$ ,

$c_t$  – wartość kapitalizacji w chwili  $t$ ,

$k_t$  – współczynnik korekty dla sesji  $t$  w przypadku zmian strukturalnych indeksu.

Współczynnik korekty obliczany jest według wzoru:

$$k_t = k_{t-1} \times \frac{mz_t}{m_t} \quad 11.$$

$mz_t$  – wartość kapitalizacji giełdowej dla sesji  $t$  po zmianie strukturalnej w sesji  $t$ .

- WIG20 – jeden z najważniejszych indeksów Warszawskiej Giełdy Papierów Wartościowych, w skład którego wchodzi spółki o największej kapitalizacji rynkowej oraz wartości obrotu. WIG20 jest indeksem cenowym obrazującym wzrost kapitalizacji portfela indeksu od dnia bazowego, tj. 16.04.1994. Jego konstrukcja neutralizuje zmiany wielkości kapitalizacji giełdy w momencie modyfikacji portfela indeksu lub wypłaty dywidendy. WIG20 skupia największe i najbardziej płynne spółki warszawskiego parkietu giełdowego (tzw. *blue chipy*), dlatego dla wielu zagranicznych inwestorów instytucjonalnych stanowi on barometr stanu polskiej gospodarki, na podstawie którego podejmowane są decyzje inwestycyjne [17,18]. Algorytm obliczania wartości indeksu jest tożsamy z algorytmem indeksu WIG:

$$\text{wartość indeksu}_t = 1000 \times \frac{c_t}{c_0 \times k_t} = 1000 \times \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{i=N} \frac{q_{i,t} \times p_{i,t}}{q_{i,0} \times p_{i,0}} \quad 12.$$

$q_{i,t}$  – liczba akcji spółki w chwili  $t$ ,

$p_{i,t}$  – cen akcji spółki w chwili  $t$ ,

$c_t$  – wartość kapitalizacji w chwili  $t$ ,

$k_t$  – współczynnik korekty dla sesji  $t$  w przypadku zmian strukturalnych indeksu.

Współczynnik korekty, analogicznie jak w przypadku indeksu WIG, obliczany jest według wzoru:

$$k_t = k_{t-1} \times \frac{mz_t}{m_t} \quad 13.$$

$mz_t$  – wartość kapitalizacji giełdowej dla sesji  $t$  po zmianie strukturalnej w sesji  $t$ .

## Indeksy Azji

- Hangseng – indeks ponad 40 największych spółek notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Hongkongu, które łącznie stanowią około 70% łącznej kapitalizacji giełdy. Jest indeksem typu wynikowego, ważonym współczynnikiem wolnego obrotu każdej ze spółek. Hangseng zaliczany jest do najważniejszych indeksów giełdowych azjatyckiego rynku giełdowego. Sama giełda w Hongkongu odpowiedzialna jest za obrót akcjami największych spółek z krajów takich jak Chiny, Korea Południowa, Tajwan, a więc z krajów należących do grupy tzw. rynków wschodzących (ang. *emerging markets*). Znaczący udział spółek chińskich w składzie indeksu, a więc spółek związanych z drugą co do wielkości i jedną z najszybciej rozwijającą się gospodarką świata, stanowi główny powód, dlaczego Hangseng zaliczany jest do grona 4 najważniejszych indeksów giełdowych na świecie – obok indeksów giełdy nowojorskiej, londyńskiej i frankfurckiej [32].

wartość indeksu<sub>t</sub>

$$= \sum_{i=1}^k \left( \frac{p_{i,t}}{p_{t-1}} \times q_{i,t} \times cff_{i,t} \times cf_{i,t} \right) \times \text{wartość indeksu na zamknięcie}_{t-1} \quad 14.$$

$p_{i,t}$  – wartość akcji w dniu  $t$ ,

$q_{i,t}$  – liczba akcji wyemitowanych,

$cff_{i,t}$  – współczynnik wolnego obrotu  $\in (0,1)$  ustalany kwartalnie,

$cf_{i,t}$  – współczynnik kapitalizacji  $\in (0,1)$  ustalany kwartalnie.

- Nikkei 225 – najważniejszy indeks Tokijskiej Giełdy Papierów Wartościowych, w którego skład wchodzi 225 spółek japońskich o największej kapitalizacji rynkowej. Nikkei 225 jest przykładem indeksu cenowego – średnioważonej ceny opartej na wartości nominalnej wyrażonej w 50 jenach. Taka konstrukcja indeksu oznacza, że zmiana ceny akcji dowolnej spółki indeksu o 50 jenów wpływa na wartość średniej w ten sam sposób. Bez znaczenia jest cena jednostkowa akcji. Dla każdej spółki wchodzącej w skład indeksu przypisywany jest co pewien interwał czasu współczynnik korygujący. Wartość indeksu na konkretny moment czasu  $t$  obliczana jest według algorytmu [56]:

$$\text{wartość indeksu}_t = \sum_{i=1}^{i=225} (p_{i,t} \times q_{i,t} \times ff_{i,t} \times y_{i,t} \times k_{i,t}) \quad 15.$$

$p_i$  – cena akcji,

$q_{i,t}$  – liczba akcji,

$FF_i$  – współczynnik wolnego obrotu,

$y_i$  – kurs wymiany Jena,

$k_i$  – współczynnik korygujący.

$$k_{i,t} = \frac{s}{q_{i,t} \times cn_{i,t-1}} \quad 16.$$

$s$  – stała indeksu Nikkei 225,

$q_i$  – liczba akcji notowanych na giełdzie,

$cn_i$  – znormalizowana wartość rynkowa spółki z dnia poprzedzającego korektę.

### Indeksy Ameryki Północnej

- DJI – jeden z najważniejszych indeksów spółek notowanych na Nowojorskiej Giełdzie Papierów Wartościowych. Jego skład jest zmienny w czasie. Indeks tworzony jest w oparciu o notowania 30

największych przedsiębiorstw związanych z gospodarką amerykańską. Dow Jones Industrial jest przykładem indeksu cenowego – średnioważonej ceny dzielonej za pomocą specjalnego dzielnika mającego na celu zredukowanie skutków ewentualnych podziałów akcji lub innych zmian strukturalnych.

$$\text{wartość indeksu}_t = \frac{\sum_{i=1}^{i=30} p_{i,t}}{d_t} \quad 17.$$

$p_{i,t}$  – cena akcji spółki  $i$  wchodzącej w skład indeksu,

$d$  – dzielnik. Wartość na dzień 27 września 2013  $d = 0.15571590501117$ .

Każda zmiana strukturalna akcji w spółce wchodzącej w skład indeksu DJI pociąga za sobą konieczność wyliczenia i opublikowania nowej wartości dzielnika. Sam indeks zaliczany jest do ścisłego grona najważniejszych barometrów sytuacji gospodarczej w USA i na świecie.

- SP 500 – indeks obrazujący zmiany notowań giełdowych 500 największych spółek giełdowych notowanych na New York Stock Exchange. Kryterium wielkości determinowane jest głównie, podobnie jak w przypadku większości indeksów światowych, przez wielkość kapitalizacji spółki. Indeks S&P 500, bo taka jest jego prawidłowa nazwa, jest indeksem cenowym normalizowanym za pomocą wag poszczególnych spółek. Wartość wagi przydzielana jest spółce w oparciu o łączną wartość kapitału znajdującego się w obrocie giełdowym (*free float*). Wartość indeksu można przedstawić za pomocą następującego wzoru:

$$\text{wartość indeksu}_t = \frac{\sum_{i=1}^{i=500} (p_{i,t} \times q_{i,t})}{d_t} \quad 18.$$

$p_{i,t}$  – cena akcji spółki  $i$  wchodzącej w skład indeksu,

$q_{i,t}$  – liczba akcji dopuszczona do obrotu publicznego,

$d$  – dzielnik.

Analogicznie jak w przypadku indeksu DJI każda zmiana strukturalna akcji którejkolwiek ze spółek wchodzących w skład indeksu wymusza ponowne przeliczenie dzielnika.

Wybór indeksów giełdowych nie jest przypadkowy. Zbiór ten związany jest z czołowymi światowymi rynkami kapitałowymi. Z punktu widzenia głównych gospodarek świata, zbiór ten można uznać za niekompletny. Brak indeksów giełdowych związanych z gospodarkami krajów takich jak: Indie, Brazylia, Korea Południowa, czy Meksyk należy tłumaczyć faktem relatywnie słabego rynku kapitałowego, a w konsekwencji giełdowego tych regionów świata. Nie bez znaczenia pozostaje konieczność ograniczenia samego zbioru danych badawczych do tych rynków giełdowych, które są niezbędne do weryfikacji tez badawczych niniejszej pracy doktorskiej.

### 3.1. Zakres czasowy analizy

Na potrzeby niniejszej pracy doktorskiej wybrane zostały dane dotyczące notowań analizowanych indeksów giełdowych na przestrzeni lat 2007 – 2013. W roku 2007 na rynkach światowych nastąpiła zmiana trendu długoterminowego ze wzrostowego na spadkowy. Zmiana ta nie miała jednak charakteru korekty technicznej – znajdowała swoje uzasadnienie w danych fundamentalnych głównych gospodarek świata. Źródła coraz gorszej sytuacji fundamentalnej należy upatrywać w sprzedaży i obrocie finansowymi produktami pochodnymi, tzw. derywatami. Tworzone były one w głównej mierze na podstawie nie płynnych instrumentów finansowych pierwotnych, takich jak pożyczki i kredyty – w tym długoterminowych kredytów hipotecznych. Banki hipoteczne dzięki sprzedaży takich instrumentów funduszom inwestycyjnym (ang. *Asset-Based Securities*) zyskiwały dodatkowy kapitał. Ten z kolei przeznaczony był na wzmożenie akcji kredytowo-pożyczkowej redukując jednocześnie ryzyko portfela kredytowego. Wzmoczona akcja kredytowa oraz niskie stopy procentowe sprawiły, że wzrosła zarówno podaż, jak i popyt na kredyty hipoteczne. Wzrost stóp procentowych, głównie w USA, oraz spadek wartości nieruchomości sprawiły, że część kredytobiorców nie była w stanie spłacać terminowo swojego zadłużenia. Z rynków finansowych coraz częściej dochodziły informacje o ponadprzeciętnym wzroście ryzyka inwestycyjnego w sektorze bankowym związanym z tzw. pogorszeniem portfeli kredytowych. W roku 2007 w czołowych gospodarkach świata obserwowano również coraz silniejsze spowolnienie gospodarcze, konsekwencją którego był wzrost bezrobocia, a tym samym wzrost udziału zagrożonych kredytów (tzw. *subprime*) w portfelach kredytowych banków. Dla wyboru przedziału czasu znaczący wydaje się być również fakt upadku w 2007 roku amerykańskiego kredytodawcy NewCentury Financial związanego z segmentem ryzykownych kredytów hipotecznych oraz upadek funduszy hedgingowych związanych z bankiem inwestycyjnym Bear Stearns. Te wydarzenia były pierwszymi sygnałami dla inwestorów, aby zredukować udział papierów wartościowych opartych na kredytach typu *subprime*. Na rynkach kapitałowych wzrosła zatem podaż, która w konsekwencji spowodowała drastyczny spadek cen takich instrumentów finansowych. Ich duży udział w bilansie instytucji finansowych wywołał panikę na rynkach kapitałowych. W roku 2008 upadło ponad 300 instytucji finansowych związanych z kredytami typu *subprime*. Za jeden z najważniejszych punktów kulminacyjnych, który odcisnął swoje piętno na praktycznie każdej giełdzie światowej należy uznać upadek banku Bear Stearns oraz Lehman Brothers. Powszechnie panująca niepewność na rynkach kapitałowych była dyskontowana przez inwestorów na rynkach całego świata. Czynniki fundamentalne, a następnie panika na rynkach giełdowych sprawiły, że w okolicach lutego 2009 większość giełd światowych zanotowała swoje wieloletnie minima. Mimo dobrego stanu wielu

gospodarek świata, w tym polskiej, w latach 2007 – 2013 zachowanie rynku giełdowego w znaczącej mierze determinowane było przez sygnały pochodzące z rynków gospodarek wysoko rozwiniętych – zwłaszcza z rynków europejskich i amerykańskich.

Sytuacja na rynkach giełdowych w latach 2009 – 2013 była konsekwencją tzw. rozluźnienia polityki monetarnej w celu pobudzenia wzrostu gospodarczego. Kluczową rolę odgrywał tutaj bank centralny Stanów Zjednoczonych (ang. *Federal Reserve – FED*). Utrzymywał on stopy procentowe na rekordowo niskim poziomie oraz wydłużał termin zapadalności posiadanych obligacji poprzez sprzedaż zobowiązań krótkoterminowych na rzecz zakupu zobowiązań długoterminowych. Operacja Twist miała za zadanie doprowadzić do poluzowania warunków monetarnych poprzez obniżenie długookresowych stóp procentowych. Stopy krótkoterminowe utrzymywane były na niskim poziomie dzięki praktycznie zerowym bazowym stopom procentowym. W kolejnych latach FED ogłaszał kolejne akcje skupu obligacji długoterminowych finansowanych sprzedażą obligacji 3-letnich lub krótszych. Pozyskane środki dodatkowe z zapadających obligacji i agencji hipotecznych FED reinwestował (rolował) w zapadające obligacje rządowe. Taki stan rzeczy sprawił, że rynki giełdowe zasilone były tanim w pozyskaniu kapitałem. Wzrósł zatem popyt na rynku papierów wartościowych. W pierwszej fazie wzrostowej szczególne znaczenie odegrały tzw. spółki surowcowe związane z wydobywaniem i przetwarzaniem surowców wartościowych, takich jak złoto, srebro, platyna czy miedź. Inwestycje w surowce łatwo zbywalne stały się jedną z metod zabezpieczenia kapitału przed ryzykiem utraty wartości pieniądza. W latach 2009 – 2013, mimo powolnego ożywienia na rynkach giełdowych oraz stopniowej poprawy danych fundamentalnych głównych gospodarek świata, decyzje inwestycyjne inwestorów charakteryzowały się znaczną awersją do ryzyka będącą konsekwencją narastającej atmosfery strachu zapoczątkowanej w 2007 roku oraz brakiem wyraźnych sygnałów poprawy stanu gospodarek światowych.

Z naukowego punktu widzenia, szczególne znaczenie w procesie analizowania rynków mają momenty przełomowe, takie jakie można było zaobserwować na rynkach kapitałowych w latach 2007 – 2013. To one uwydatniają i demaskują najsilniejsze zależności między rynkami kapitałowymi. Zły sygnał płynący z rynku giełdowego natychmiastowo dyskontowany jest bowiem na wszystkich rynkach powiązanych. Scharakteryzowanie poszczególnych zależności między rynkami kapitałowymi jest jednym z podstawowych celów niniejszej pracy doktorskiej, dlatego wybór zakresu czasowego nie jest przypadkowy.

## 3.2. Założenia dotyczące analizy

Na potrzeby przeprowadzonych prac analitycznych, zaprezentowane i omówione zostaną założenia, których przyjęcie ma kluczowe znaczenie dla wyników i wniosków niniejszej pracy. Założenia determinują bowiem w sposób istotny charakter danych badawczych.

Z punktu widzenia analizy światowych rynków kapitałowych bardzo istotny wydaje się problem jednoznacznego punktu odniesienia. Autor pragnie podkreślić, że mimo powszechnego zjawiska globalizacji rynków kapitałowych, na wartość indeksu giełdowego znaczący wpływ wywiera kurs waluty związanej z gospodarką państwa, na którego terytoriach giełda ta się znajduje. Autor pragnie przedstawić następujące przypadki obrazujące problem punktu odniesienia:

### Problem kursu walut

#### Założenia:

- z dowolną giełdą  $X$  związana jest waluta  $A$ , z giełdą  $Y$  – waluta  $B$ ;
- niech giełda indeksu  $Y$  będzie arbitralnie wybranym punktem odniesienia;
- wartości indeksów giełdy  $X$  i  $Y$  na zamknięcie sesji giełdowej w dniu  $t$  nie uległy zmianie względem wartości indeksów na zamknięciu sesji w dniu  $t-1$ ;
- na koniec sesji giełdowej w dniu  $t$  kurs wymiany waluty  $A$  na walutę  $B$  był niższy niż w dniu poprzednim.

#### Problem:

- czy z perspektywy obserwatora związanego z giełdą  $Y$  stan gospodarki związanej z giełdą  $X$  uległ zmianie?

W opisywanym przypadku przyjęte zostanie założenie, że stan gospodarki związanej z giełdą  $X$  uległ poprawie. Za dowolny udział w spółkach związanych z indeksem giełdy  $X$  inwestor arbitralny musi bowiem zapłacić więcej niż w dniu wcześniejszym, tym samym wartość spółek wyrażona w walucie  $B$  wzrosła.

W toku prac badawczych za punkt odniesienia arbitralnie wybrany zostanie rynek polski związany z walutą PLN.

### Problem zawieszenia sesji

#### Założenia:

- z dowolną giełdą  $X$  związana jest waluta  $A$ , z giełdą  $Y$  – waluta  $B$ ;
- niech giełda  $Y$  będzie arbitralnie wybranym punktem odniesienia;
- w dniu  $t$  sesja na giełdzie  $Y$  została zawieszona. W dniu tym sesja na giełdzie  $X$  odbyła się normalnie.



Problem:

- czy można porównywać zmiany wartości indeksów giełd X i Y dla dnia  $t$ ?
- czy pominięcie sesji  $t$  w procesie porównawczym wiąże się ze znaczącą utratą informacji?

Na potrzeby części badawczej przyjęte zostanie założenie, że dla sesji  $t$  wartości indeksów nie mogą być porównywane. Uzasadnieniem takiego założenia jest fakt, że giełda  $Y$  nie mogła zdyskontować informacji płynących zarówno z rynku krajowego, jak i światowego. Pominięcie sesji  $t$  w procesie badawczym nie wiąże się jednak ze znaczącą utratą informacji. Praca doktorska oparta jest na założeniu, że rynki kapitałowe dyskontują wszystkie informacje. Dlatego informacje płynące z gospodarek krajowej oraz światowej zostaną zdyskontowane automatycznie w sesji następnej, tj.  $t+1$ . Na zakończenie sesji  $t+1$  zmiany wartości indeksów giełdy  $Y$  odzwierciedlać będą wszelkie sygnały z dnia  $t$  i  $t+1$ .

**Problem stref czasowych**

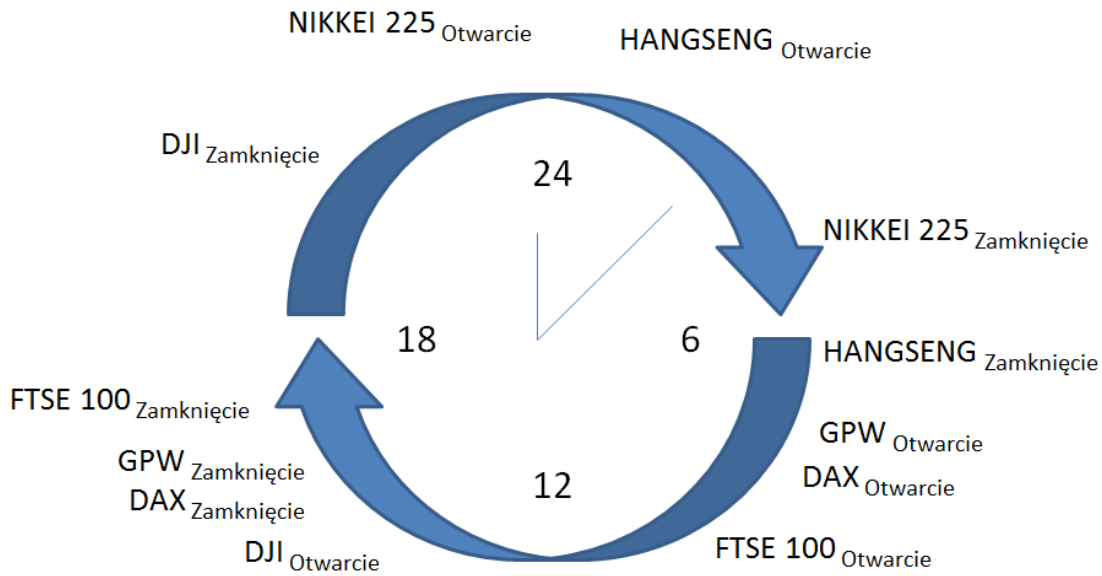
Założenia:

- z dowolną giełdą  $X$  związana jest waluta  $A$ , z giełdą  $Y$  – waluta  $B$ ;
- niech giełda  $Y$  będzie arbitralnie wybranym punktem odniesienia;
- dla dowolnej sesji termin rozpoczęcia lub zakończenia notowań na giełdzie  $X$  różni się od terminu zakończenia lub rozpoczęcia sesji giełdy  $Y$ . Przypadek szczególny – przedziały czasu są rozłączne.

Problem:

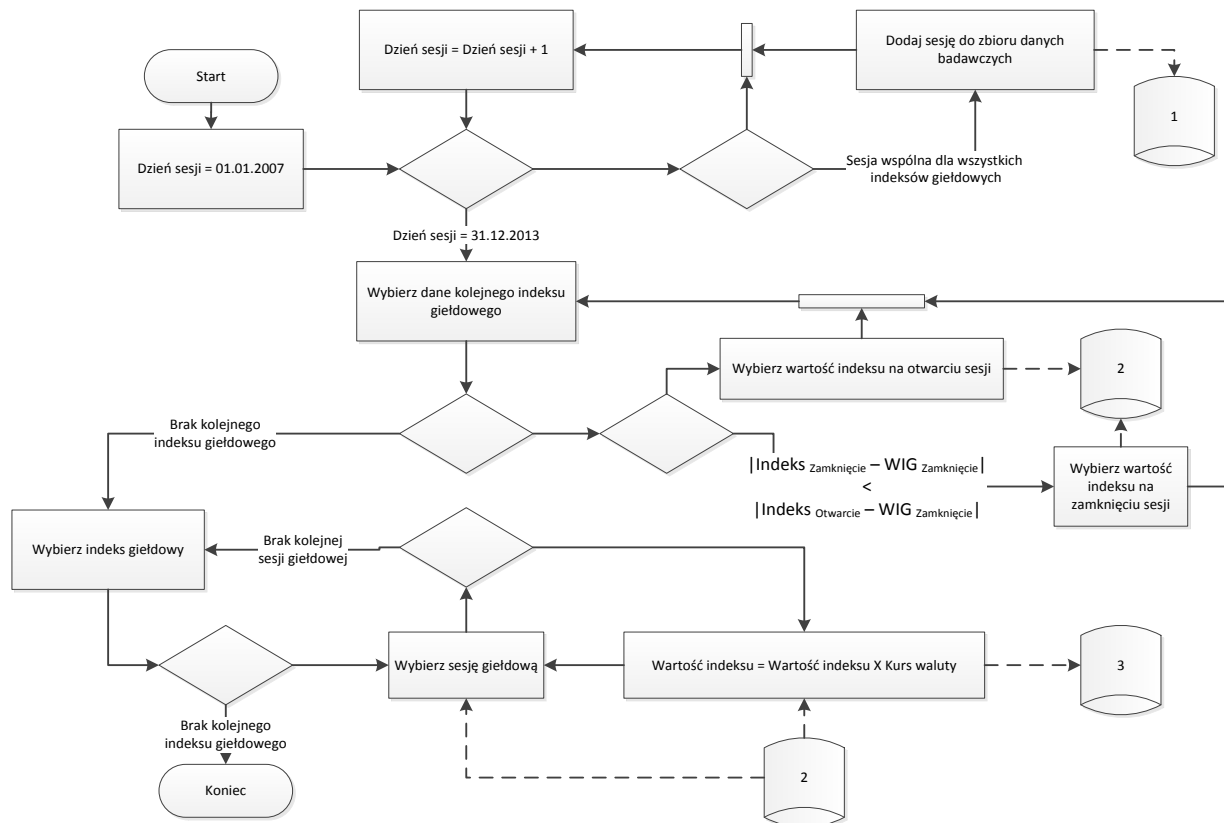
- czy można porównywać zmiany wartości indeksów giełd X i Y dla dnia  $t$ ?

W ramach przeprowadzonych prac badawczych przyjęte zostanie założenie, że możliwe będzie porównywanie danych dotyczące indeksów giełdowych nawet wówczas, gdy brak jest jednoznacznego punktu czasowego, dla którego ustalana byłaby wartość wszystkich analizowanych indeksów. Zakres danych badawczych bazuje na danych dotyczących wartości indeksów w momencie otwarcia i zamknięcia sesji giełdowych. Algorytm wyboru wartości indeksów na potrzeby badawcze opierać się będzie na zasadzie minimalizacji odległości czasowej między arbitralnym punktem. Za punkt arbitralny wybrany został moment zakończenia sesji na Warszawskiej Giełdzie Papierów Wartościowych.



**Rysunek 4** Punkty czasowe obliczania kluczowych wartości światowych indeksów - rysunek poglądowy oparty na czasie środkowoeuropejskim.

Przy następujących założeniach dotyczących danych badawczych algorytm przetwarzający dane pierwotne można wyrazić za pomocą następującego schematu blokowego.



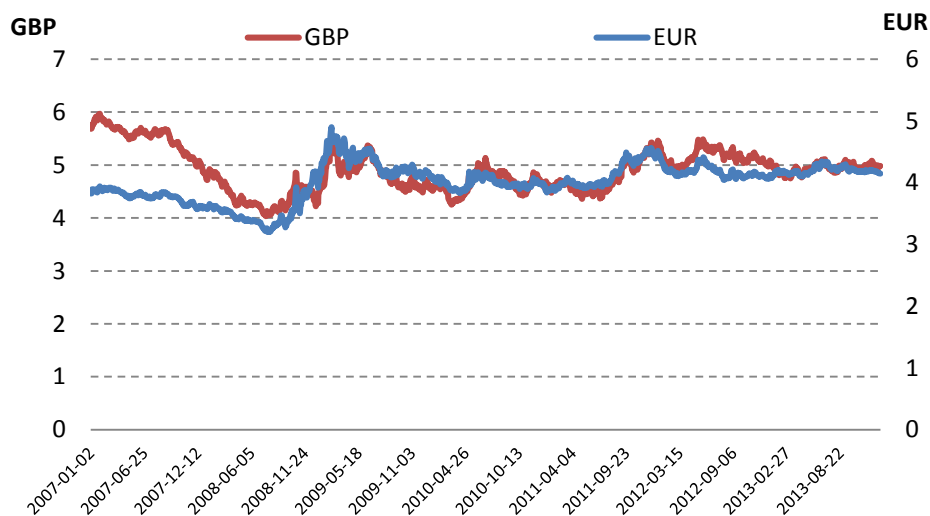
**Rysunek 5** Algorytm przetwarzania danych pierwotnych.

## 4. Analiza empiryczna notowań indeksów giełdowych

W dalszej części pracy zaprezentowane zostaną wykresy obrazujące wartości pierwotnych danych indeksów giełdowych oraz danych poddanych modyfikacji za pomocą kursu waluty – zwanych danymi przewalutowanymi. Autor skoncentruje się na słownym opisie przebiegu notowań indeksów w analizowanym czasie. Ważnym elementem analizy będzie próba opisanie czynników, które zdaniem autora mogły wpłynąć na zachowanie indeksu w konkretnym memencie. W tej części analizy przedstawione będą również opisy zachowania kursów walut oraz ich wpływu na interpretację zachowania indeksu z perspektywy rynku bazowego. Znacząca zmienność notowań danej waluty względem waluty referencyjne PLN wpłynie bowiem na różnicę w interpretacji zjawisk i trendów analizowanego indeksu giełdowego.

### Indeksy Europy Zachodniej

Z punktu widzenia analizy danych indeksów giełdowych tej części świata kluczowe wydaje się przedstawienie notowań dwóch najważniejszych walut tego regionu: euro oraz funta brytyjskiego.

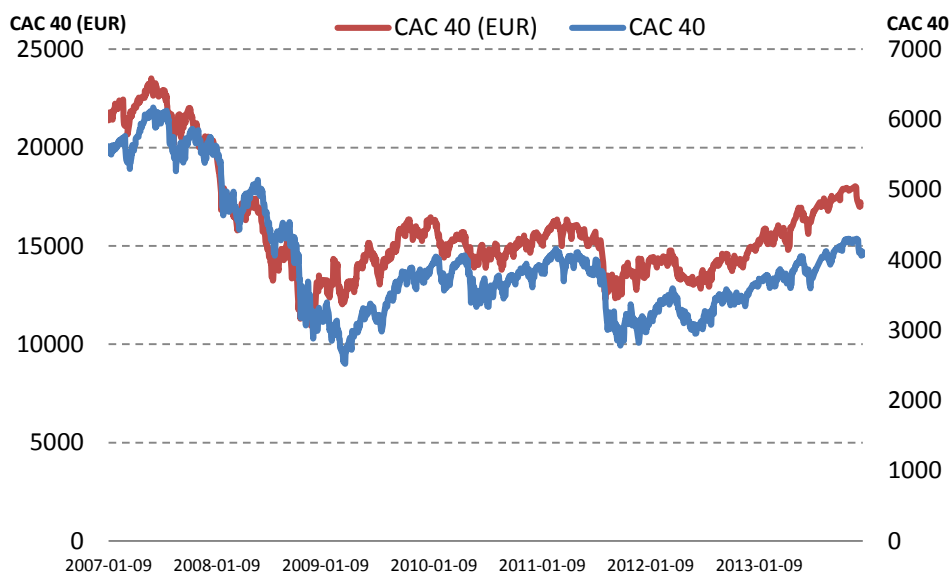


**Rysunek 6** Kurs wymiany waluty EUR oraz GPB na PLN w analizowanym okresie czasu.  
Wartość współczynnika korelacji 0,356.

Warte uwagi wydają się być dwa okresy. W latach 2007 – 2008 nastąpiła silna aprecjacja wartości polskiej złotówki względem przedstawionych walut. Aprecjacja w ujęciu procentowym była wyższa w przypadku brytyjskiego funta. W momencie kulminacji bessy trend ten uległ odwróceniu. Polska złotówka, jako waluta utożsamiana z rynkami wschodzącymi (*ang. emerging markets*), uznawana była przez inwestorów zagranicznych jako ryzykowna. Dlatego na przestrzeni lat 2008 – 2009 obserwować można znaczącą deprecjację wartości złotówki. Lata 2010 – 2013 przynoszą okres stabilizacji notowań walut euro i funta

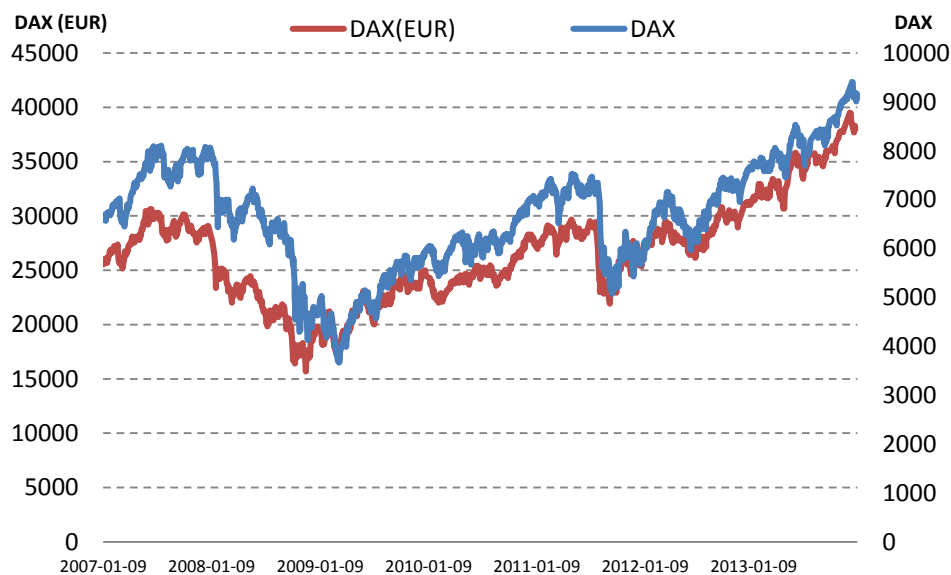
brytyjskiego. W przypadku euro kanał w całym tym okresie oscylował o przedziale 3,85 PLN – 4,45 PLN zaś w przypadku funta brytyjskiego wahał się między 4,20 PLN a 5,50 PLN. Należy jednak podkreślić, że zmiany nie miały charakteru skokowego jak w poprzednich okresach. Wartość współczynnika korelacji dla obu walut przyjmuje wartość 0,356. Relatywnie niska wartości tego współczynnika korelacji jest konsekwencją różnego poziomu deprecjacji wartości złotówki względem tych walut w okresie od 2007 do 2009 roku.

- CAC 40 – Opierając analizę empiryczną wyłącznie na danych pierwotnych, należy podkreślić ponad dwukrotny spadek wartości indeksu między szczytem w roku 2007 a dnem bessy w 2009 roku. Operacja przewalutowania wartości indeksu nie zachwiała w sposób drastyczny ogólnej charakterystyki trendów średnioterminowych indeksu CAC 40. Od roku 2009 do końca analizowanego okresu zaobserwować można wyraźne przesunięcie danych. Warto odnotowania jest ogólne zachowanie notowań indeksu CAC 40 po roku 2009 – konsolidacja w kanale długookresowym 2800 – 4100 pkt. Zachowanie to obrazuje stan gospodarki francuskiej borykającej się z problemem nadmiernego długu finansów publicznych, wysoką stopą bezrobocia oraz brakiem wyraźnego wzrostu gospodarczego. Punktem kulminacyjnym okazał się rok 2012, w którym to notowania indeksu zbliżyły się do wartości minimalnych ustanowionych w 2009 roku. Fakt ten związany był z kryzysem zadłużenia krajów południowej Europy należących do strefy walutowej euro.



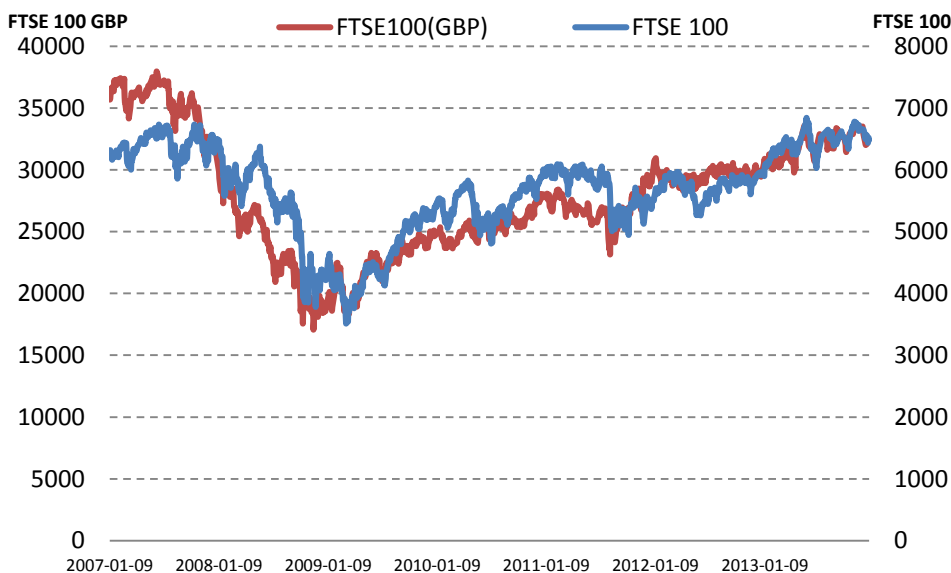
**Rysunek 7** Notowania indeksu CAC 40 – dane pierwotne oraz dane przewalutowane.

- DAX – mimo relatywnie dobrej sytuacji gospodarki niemieckiej w latach 2008 – 2010 indeks giełdowy DAX, podobnie jak wszystkie indeksy giełdy europejskiej, odnotował swoje wieloletnie minima w okolicach lutego 2009 roku. Procentowa wartość spadku między najwyższą wartością indeksu w 2007 a najniższą w 2009 była jednak niższa niż w przypadku indeksu CAC 40. Mimo dobrej kondycji finansowej gospodarki niemieckiej – niski wskaźnik zadłużeniu finansów publicznych, przyczyny spadku wartości indeksu należy upatrywać w znaczącym spowolnieniu wzrostu gospodarczego Niemiec oraz roli tego kraju jako głównego eksportera europejskiego. Wśród inwestorów zrodziły się bowiem obawy, że ogólnoświatowe spowolnienie gospodarcze będzie bezpośrednią przyczyną redukcji popytu na produkty niemieckie, redukując tym samym skalę eksportu i pogłębiając spowolnienie gospodarcze. Opierając analizę o dane poddane przewalutowaniu należy zauważyć, że silna deprecjacja wartości złotówki względem euro w 2008 i 2009 roku zredukowała negatywne skutki kryzysu gospodarczego – z perspektywy polskiej gospodarki jako punktu referencyjnego. Z punktu widzenia analizy empirycznej notowań indeksu, znaczący wydaje się gwałtowny spadek jego wartości w ostatnim kwartale 2011 roku. Źródłem tego spadku były rosnące problemy finansów publicznych południowych krajów Europy. Wydarzenia te niezwiązane bezpośrednio z gospodarką niemiecką świadczą o znaczącym wpływie kondycji gospodarczej krajów Unii Europejskiej na stan gospodarki niemieckiej, a tym samym na wartość indeksu DAX. Bardzo znaczący jest fakt, że na przestrzeni 4 lat od punktu kulminacyjnego kryzysu wartość indeksu DAX wróciła na poziom wyznaczony w 2007 roku. Fakt ten obrazuje relatywnie dobry stan fundamentalny gospodarki niemieckiej.



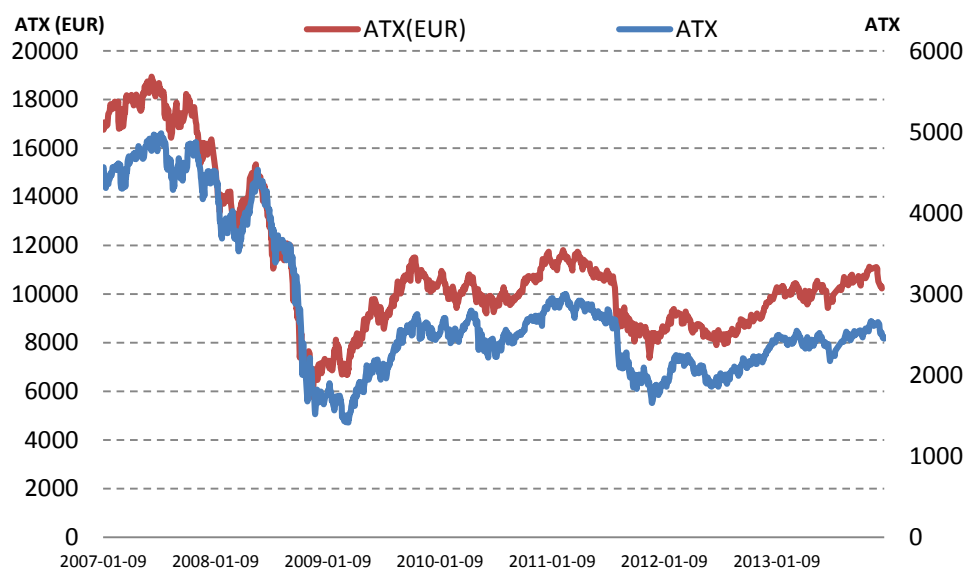
Rysunek 8 Notowania indeksu DAX – dane pierwotne oraz dane przewalutowane.

- FTSE 100 – indeks ten również odnotował swoje minima w okolicach lutego 2009 roku. Różnica między wartością maksymalną odnotowaną w połowie 2007 roku a wartością minimalną, w przypadku danych pierwotnych, nie przekracza 75%. Opierając jednak operacje na danych przewalutowanych, zmiana ta jest dużo bardziej znacząca i przekracza 100%. Istotna wydaje się również słaba reakcja notowań indeksu na „kryzys finansów publicznych” w krajach Europy Południowej. Z perspektywy danych przewalutowanych, zmiany te są znacznie mniej wyraźne, niż w przypadku indeksów DAX czy CAC 40. Zachowanie takie wynika z relatywnie dużej odrębności gospodarczej Wielkiej Brytanii, a także posiadania własnej waluty oraz polityki monetarnej niezależnej od strefy Euro. Mimo że największy udział w tworzeniu brytyjskiego PKB przypada usługom bankowym i ubezpieczeniowym, będącym źródłem kryzysu w latach 2008 – 2010, to zachowanie notowań indeksu FTSE 100 należy uznać za relatywnie łagodne. Taki stan można tłumaczyć wprowadzeniem przez Bank of England już w 2009 roku luźnej polityki monetarnej – programu luzowania ilościowego (ang. *quantitative easing*) oraz znaczącą rolę Wielkiej Brytanii w światowej produkcji surowców energetycznych – zwłaszcza ropy i gazu. Wraz z luzowaniem polityki monetarnej głównych gospodarek świata, rosło znaczenie inwestycji w surowce jako jednego ze sposobów na ustrzeżenie się przed problemem tzw. taniego pieniądza. Na przestrzeni lat 2009 – 2013 wartość indeksu FTSE 100 wróciła do poziomów sprzed kryzysu. Jest to wyraźny sygnał dobrego stanu gospodarki angielskiej na tle gospodarek światowych.



**Rysunek 9** Notowania indeksu FTSE 100 – dane pierwotne oraz dane przewalutowane.

- ATX – jak zostało już wspomniane wcześniej, giełda wiedeńska skupia wiele spółek związanych z gospodarkami krajów wschodniej i środkowej Europy. Gospodarki tych krajów zaliczane są do grupy tzw. gospodarek wschodzących (ang. *emerging markets*) cechujących się podwyższonym ryzykiem inwestycyjnym. W dobie kryzysu światowego naturalna zatem wydaje się być awersja inwestorów do ryzyka i wycofanie kapitału z takich inwestycji. Tak, zdaniem autora, należy wytłumaczyć blisko 3-krotny spadek wartości indeksu między rokiem 2007 a 2009. Podobnie jak w przypadku pozostałych analizowanych giełd Europy Zachodniej, tak również w przypadku indeksu ATX, europejski kryzys fiskalny odcisnął swe piętno w ostatnim kwartale 2011. Należy podkreślić, że na przestrzeni lat 2009 – 2013, podobnie jak w przypadku indeksu CAC 40, wartości indeksu ATX poruszają się w długoterminowym kanale konsolidacyjnym 1500 – 3000 pkt.



**Rysunek 10** Notowania indeksu ATX – dane pierwotne oraz dane przewalutowane.

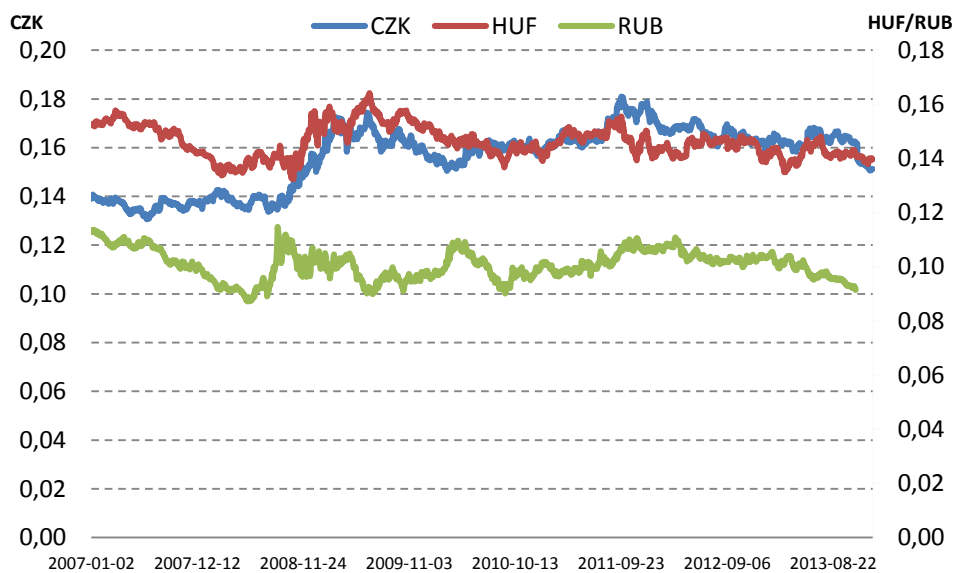
Wstępna empiryczna analiza danych ujawniła znaczącą niejednorodność zachowania analizowanych indeksów utożsamianych z gospodarkami krajów Europy Zachodniej. Indeksy DAX i FTSE 100 po 4 latach od kulminacyjnego momentu kryzysu powróciły do wartości z lat 2006 – 2007. Notowania indeksów ATX i CAC 40 nadal poruszają się w kanale konsolidacyjnym. Autor niniejszej pracy doktorskiej pragnie podkreślić, że dane notowań indeksów poddane operacji przewalutowania nie uległy znaczącym zmianom strukturalnym, tzn. w przypadku każdego indeksu zachowane zostały wszystkie trendy średniookresowe.

Waluta	Współczynnik korelacji
CAC 40	0,946532
DAX	0,907046
FTSE 100	0,832931
ATX	0,981218

**Tabela 3** Korelacja między danymi pierwotnymi a danymi przewalutowanymi dla indeksów Europy Zachodniej.

Powyższa tabela ukazuje bardzo wysokie poziomy korelacji między danymi pierwotnymi a przewalutowanymi. W przypadku indeksu FTSE 100 korelacja ta przyjmuje wartość najniższą. Taka wartość jest konsekwencją związania tego indeksu z notowaniami waluty GBP. W latach 2007 – 2009 aprecjacja polskiej złotówki względem tej waluty w ujęciu procentowym była znacząco wyższa niż w przypadku waluty EUR.

### Indeksy Europy Środkowowschodniej



**Rysunek 11** Kurs wymiany waluty CZK , HUF oraz RUB na PLN w analizowanym okresie czasu.

Wartość współczynnika korelacji CZK-HUF: 0,152

Wartość współczynnika korelacji CZK-RUB: 0,005

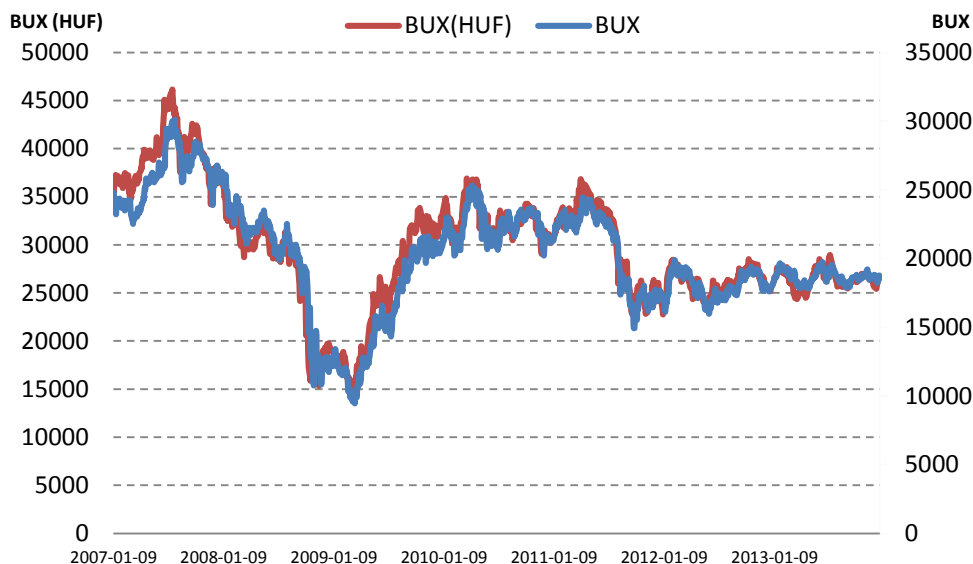
Wartość współczynnika korelacji HUF-RUB: 0,294

Przystępując do analizy empirycznej indeksów Europy Środkowowschodniej warto jest przedstawić ogólną charakterystykę notowań walut związanych z gospodarkami tych indeksów. Gospodarki Czech, Węgier, Polski i Rosji zaliczane są przez inwestorów światowych do grona rynków wschodzących. Na przestrzeni analizowanego przedziału czasu, zmiany notowań tych walut są względnie niewielkie – wynika to z faktu,



że walutą referencyjną jest PLN, zaliczana również do grona walut rynków wschodzących. W perspektywie średnio i krótkoterminowej notowania walut nie są jednak ze sobą istotnie skorelowane. Świadczą o tym niskie dodatnie wartości współczynników korelacji. Zachowanie takie można tłumaczyć różnymi charakterystykami gospodarek poszczególnych krajów. W przypadku gospodarki rosyjskiej bardzo silne wydaje się być uzależnienie jej kondycji od notowań surowców. Gospodarka Czech z kolei uważana jest za najbardziej rozwiniętą gospodarkę tego regionu Europy.

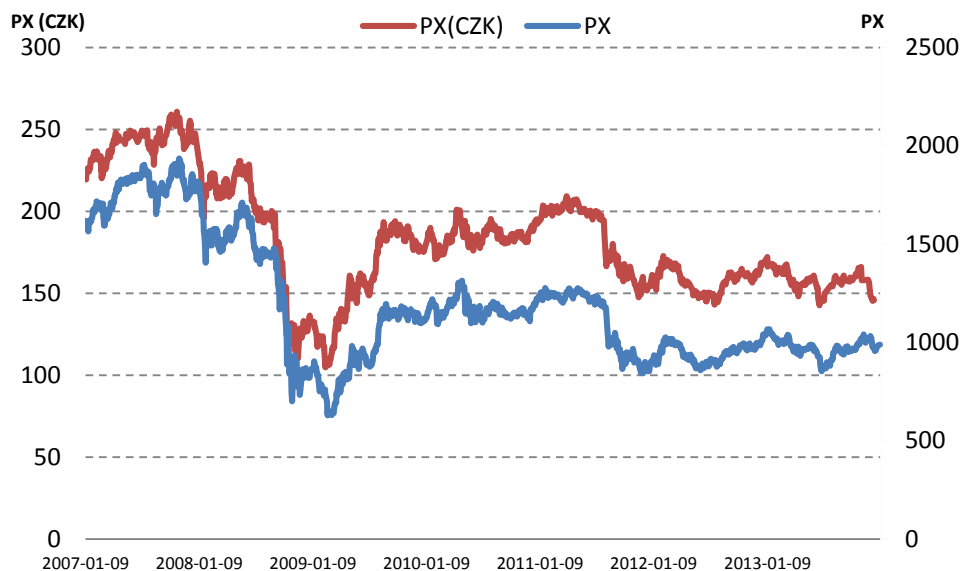
- BUX – na przestrzeni lat 2007 – 2009 wartość indeksu BUX uległa blisko 2,5-krotnej redukcji. Dzięki relatywnie wysokiej wartości eksportu netto oraz polityce „oddłużania konsumentów” indeks bardzo szybko powrócił do wartości sprzed kryzysu – już w okolicach 2010 roku. Kryzys strefy Euro, brak wyraźnego wzrostu gospodarczego Węgier, wprowadzenie ustawy ograniczającej niezależność Banku Centralnego, zerwanie rozmów z UE i MFW dotyczących pomocy finansowej oraz obniżenie ratingu obligacji skarbowych do poziomu „śmieciowego” sprawiły, że po roku 2011 indeks znacząco obniżył swoją wartość i trwa w kanale konsolidacyjnym na poziomie 15700 – 19500 pkt. Bardzo znaczący wydaje się być fakt, że dane przewalutowane nie zaburzają ogólnej charakterystyki zachowania notowań indeksu BUX. Zdaniem autora, fakt ten może być konsekwencją znaczącej zależności notowań waluty węgierskiej od zachowania giełdy w Budapeszcie oraz podobnej charakterystyki gospodarczej Polski i Węgier.



Rysunek 12 Notowania indeksu BUX – dane pierwotne oraz dane przewalutowane.

- PX – jest przykładem indeksu związanego z jedną z najbardziej rozwiniętych gospodarek tego regionu Europy. Mimo takiego stanu rzeczy notowania indeksu na przestrzeni lat 2007 – 2009 spadły o blisko 300%. Podobnie jak w przypadku indeksu BUX, po silnym odreagowaniu spadków

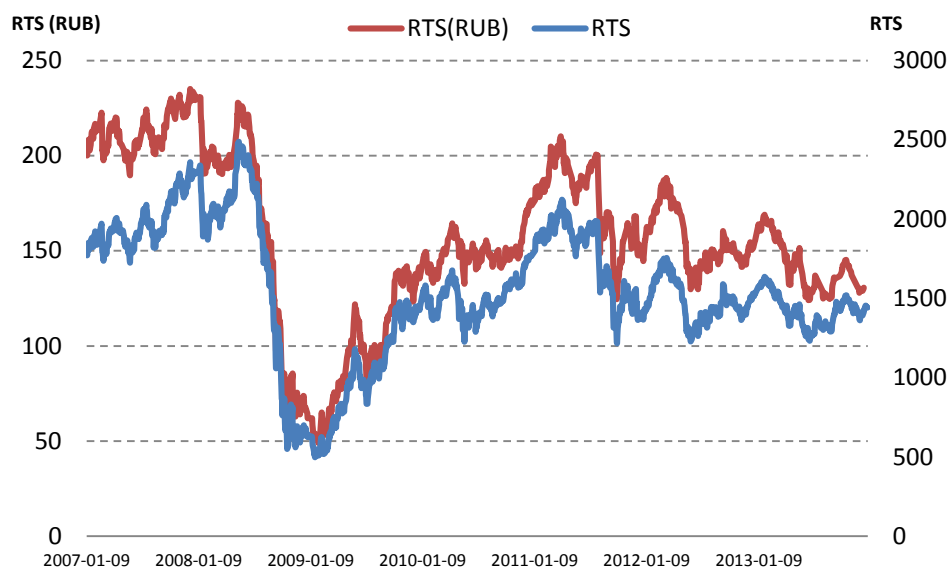
nastąpił szybki wzrost wartości indeksu w latach 2009 – 2011. Po kryzysie w strefie Euro w 2011 roku indeks porusza się w wąskim kanale konsolidacyjnym bliskim wartościowo minimum wyznaczonym w 2009 roku. Fakt ten wynika bezpośrednio z niskiego tempa wzrostu gospodarczego Czech, ale również ze specyfiki rynku kapitałowego tego kraju – niskiej płynności rynku finansowego. Giełda praska nie odgrywa dominującej roli w tym regionie Europy, a wiele istotnych spółek z perspektywy czeskiej gospodarki notowana jest na parkietach giełd polskiej czy austriackiej.



**Rysunek 13** Notowania indeksu PX – dane pierwotne oraz dane przewalutowane.

- RTS – indeks związany z gospodarką rosyjską, bardzo silnie zależną od cen surowców. Na uwagę zasługuje ponad 4-krotna utrata wartości indeksu RTS między czerwcem 2008 roku a styczniem 2009 roku. Fakt ten był konsekwencją znaczącego spadku cen surowców i świadczy dobitnie o słabości rynku kapitałowego tego kraju. Wraz ze wzrostem cen surowców zaobserwować można trend wzrostowy trwający od początku 2009 roku do połowy 2011 roku. Wraz z pojawianiem się kryzysu krajów strefy Euro oraz stopniowej stabilizacji cen surowców, notowania indeksu RTS systematycznie spadają. Od trzeciego kwartału 2011 roku do końca analizowanego okresu poruszają się w średnioterminowym kanale spadkowym. Zdaniem autora, powodem takiego stanu, poza uzależnieniem kondycji gospodarki rosyjskiej od popytu na surowce oraz ich cen, może być zmniejszenie skali inwestycji w sektorze dużych przedsiębiorstw oraz spadek konsumpcji indywidualnej. Podobnie jak w przypadku indeksu BUX, tak również w przypadku notowań indeksu RTS warta podkreślenia jest wysoka wartość współczynnika korelacji między danymi pierwotnymi

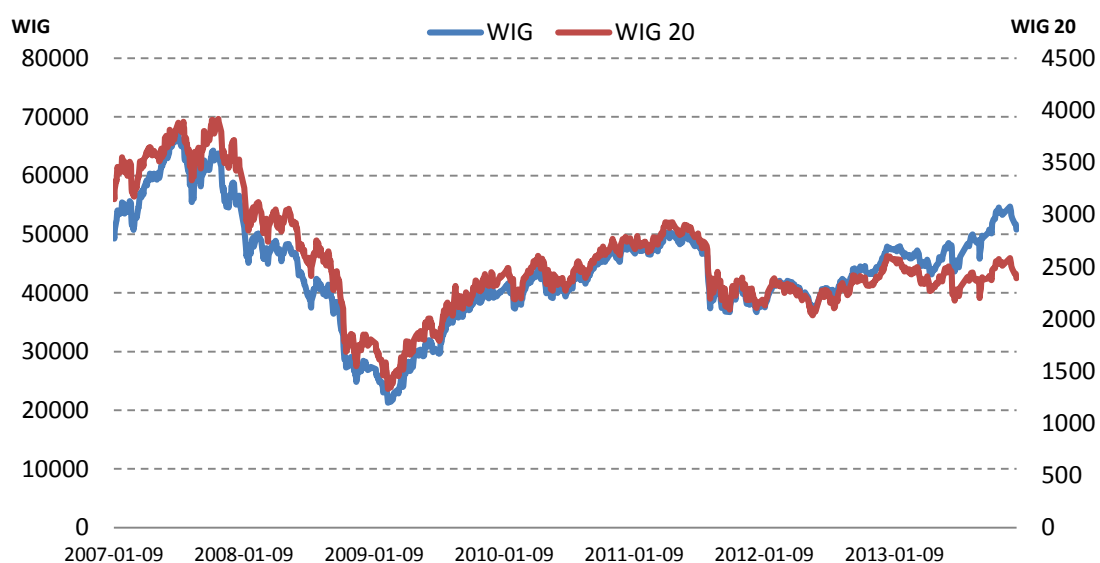
a przewalutowanymi. Z perspektywy giełdy warszawskiej, przyjętej jako punkt referencyjny, notowania rosyjskiego rubla oraz indeksu RTS są zatem bardzo silnie powiązane.



**Rysunek 14** Notowania indeksu RUB – dane pierwotne oraz dane przewalutowane.

- WIG i WIG20 – mimo braku recesji gospodarki polskiej w analizowanym okresie, również główne indeksy Warszawskiej Giełdy Papierów Wartościowych zanotowały wieloletnie minima w okolicach lutego 2009 roku. Dobra kondycja polskiej gospodarki wspierana przez niską wartość złotówki, a w efekcie wzrost konkurencyjności polskiego rynku pracy wynikający z relatywnie niskich kosztów zatrudnienia, nie zachęciły inwestorów do zatrzymania kapitału na rynku polskim. Podobnie jak w przypadku pozostałych indeksów Europy Środkowowschodniej, tak również WIG i WIG20 zaliczane są do indeksów rynków wschodzących. Tym samym w obliczu globalnego kryzysu gospodarczego i awersji do ryzyka inwestycyjnego takie zachowanie inwestorów nie powinno dziwić. Na przestrzeni lat 2007 – 2009 notowania zarówno WIG, jak i WIG20 spadły ponad 2-krotnie. W latach 2009 – 2011 natomiast notowania głównych warszawskich indeksów giełdowych systematycznie rosły. Skala wzrostu była jednak znacząco niższa niż w przypadku indeksu BUX czy RTS. Taki stan rzeczy, zdaniem autora, był konsekwencją rosnącego długu publicznego Polski oraz braku istotnych reform finansów państwa. W ostatnim półroczu 2011 roku raptowny spadek wartości indeksów był konsekwencją kryzysu strefy Euro. W latach 2007 – 2011 zmiany notowań indeksów WIG i WIG20 cechowały się wysoką korelacją wzajemną. Bazując na empirycznych obserwacjach zachowania indeksów w latach 2007 – 2009 należy podkreślić, że skala spadków notowań WIG20, w ujęciu procentowym, jest nieznacznie wyższa niż w przypadku WIG. Zdaniem autora, taki stan należy tłumaczyć wyższą płynnością indeksu WIG20 oraz większym udziałem

kapitału zagranicznego w spółkach związanych z tym indeksem. Naturalnie w dobie kryzysu kapitał taki dążył do redukcji swojego udziału w procesie inwestycyjnym na rynku podwyższonego ryzyka – stąd większa redukcja notowań indeksu WIG20. Warte uwagi jest jednak zachowanie indeksów po okresie kryzysu strefy Euro. Indeks WIG20, mimo że uważany jest za indeks o wyższej płynności względem indeksu WIG, trwa w kanale konsolidacyjnym. Indeks WIG z kolei znajduje się w średniookresowym trendzie wzrostowym. Zdaniem autora, taki stan rzeczy należy tłumaczyć polepszającą się kondycją średnich przedsiębiorstw w Polsce oraz niskim zaangażowaniem kapitału zagranicznego w procesie inwestycyjnym na Warszawskiej Giełdzie Papierów Wartościowych.



Rysunek 15 Notowania indeksu WIG i WIG20.

Wstępna analiza empiryczna danych ujawniła dużą zbieżność zachowania indeksów Europy Środkowowschodniej oraz notowań walut z nimi związanych. Warte podkreślenia jest jednak zachowanie indeksów RTS i WIG w latach 2012 – 2013. W przypadku pierwszego z nich zaobserwować można wyraźny średnioterminowy trend spadkowy, natomiast w przypadku indeksu WIG – trend rosnący.

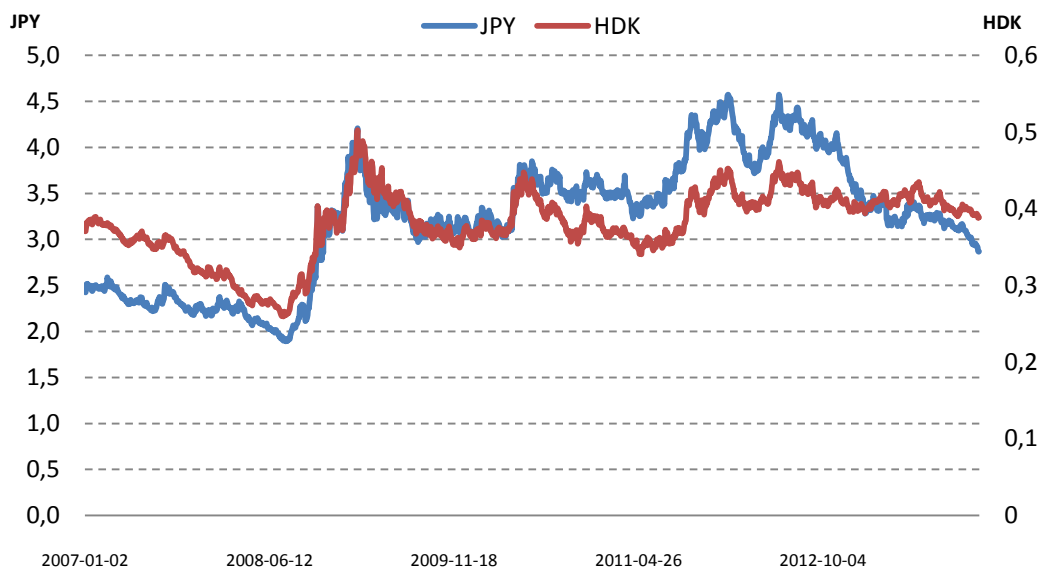
Waluta	Współczynnik korelacji
BUX	0,980795
PX	0,971910
RTS	0,972623

Tabela 4 Korelacja między danymi pierwotnymi a danymi przewalutowanymi indeksów Europy Środkowowschodniej.

Mimo że wybrane indeksy giełdowe związane są z aż czterema różnymi walutami, należy podkreślić bardzo wysoką wartość współczynnika korelacji między danymi pierwotnymi a danymi przewalutowanymi. W przypadku każdego wybranego indeksu tej części Europy, operacja przewalutowania nie zmieniła ogólnej

charakterystyki danych. Fakt ten dobitnie potwierdza silną korelację między notowaniami indeksu, stanem gospodarki oraz wartością waluty w przypadku każdego kraju będącego przedmiotem pośredniej analizy niniejszej pracy doktorskiej.

## Indeksy Azji

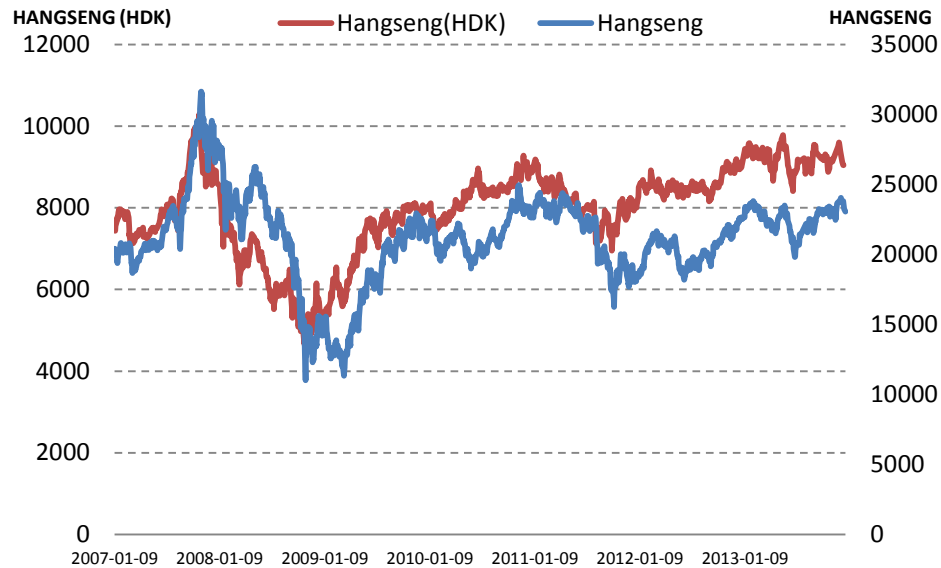


**Rysunek 16** Kurs wymiany waluty JPY oraz HDK na PLN w analizowanym okresie czasu.  
Wartość współczynnika korelacji: 0,821

Podobnie jak w przypadku indeksów wcześniejszych, empiryczną analizę notowań autor pragnie poprzedzić ogólnym opisem charakterystyki notowań walut JPY i HDK. Procentowa skala zmian jest wyraźnie większa w przypadku waluty JPY związanej z gospodarką Japonii niż waluty HDK. Z perspektywy polskiego rynku kapitałowego i polskiej złotówki, jako waluty odniesienia należy podkreślić, że do połowy 2008 roku zaobserwować można było ogólny trend osłabiania się walut rynku azjatyckiego. Fakt ten był konsekwencją bardzo silnej aprecjacji wartości złotówki. W dobie kryzysu nastąpiło jednak bardzo szybkie umocnienie się zarówno waluty JPY, jak i HDK. Takie zjawisko jest warte odnotowania zwłaszcza w przypadku dolara hongkońskiego. Mimo że uważany jest on za walutę związaną z rynkiem wschodzącym, na rynkach finansowych świata wyceniany był znacznie wyżej niż nasza rodzima waluta. Taki stan rzeczy nie powinien jednak dziwić. Hongkoński rynek kapitałowy powiązany jest z kapitałem chińskim. Gospodarka chińska, ze względu na wielkość, uważana jest za drugą gospodarkę świata. W momencie kryzysu jej stopień zadłużenia był znacząco niższy od gospodarek związanych z tzw. rynkiem krajów zachodnich. Naturalną konsekwencją takiego stanu był zatem wzrost wartości tej waluty. Od roku 2010 kurs waluty HDK porusza się w kanale konsolidacyjnym 0,36 – 0,45 PLN. W przypadku waluty japońskiej

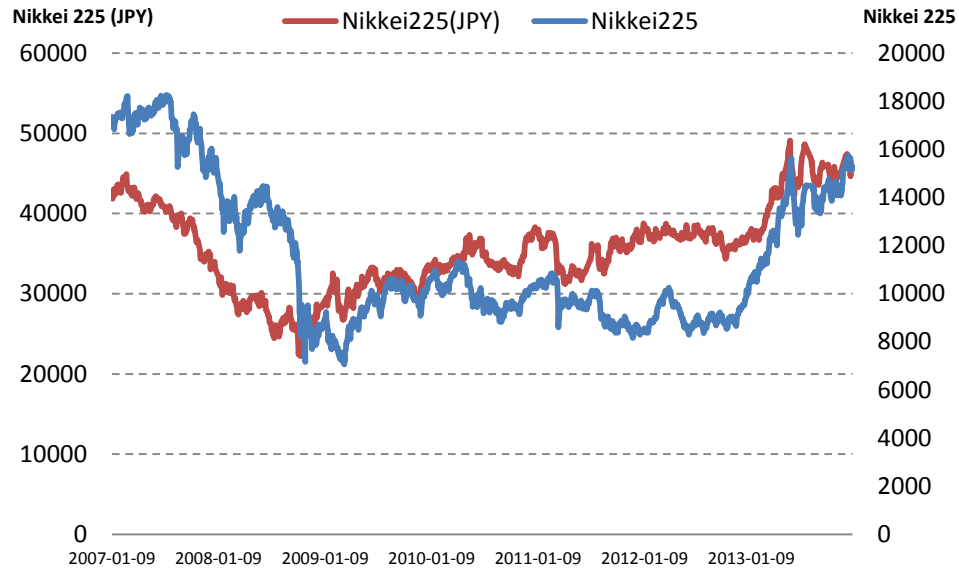
notowania między połową 2009 roku a połową 2011 roku poruszały się w trendzie wzrostowy. Trzęsienie ziemi oraz tsunami w marcu 2011 roku, ochłodzenie się stosunków politycznych z Chinami oraz rosnący problem deflacji były zdaniem autora jednymi z głównych powodów uformowania silnego trendu spadkowego jena od początku 2012 roku. Warto odnotowania jest relatywnie wysoka wartość korelacji wzajemnej notowań dolara hongkońskiego oraz japońskiego jena w analizowanym przedziale czasu. Wartość ta jest znacząco wyższa od wartości korelacji między walutami Europy Zachodniej czy Europy Środkowowschodniej.

- Hangseng – na przestrzeni 2008 i 2009 roku zaobserwować można ponad 2,5-krotny spadek wartości indeksu. Po odnotowaniu minimalnej wartości indeksu w momencie kulminacyjnym światowego kryzysu gospodarczego, indeks ten regularnie zwiększał swoją wartość aż do początku 2010 roku. Od tego momentu aż do końca analizowanego okresu wartości indeksu poruszały się w długoterminowym kanale konsolidacyjnym – przedział 16500 – 24500 pkt. Warty odnotowania jest fakt, że europejski kryzys gospodarczy z końca 2011 roku wywarł wpływ również i na ten indeks giełdowy. Taki stan jest konsekwencją specyfiki gospodarki chińskiej. Jej kondycja jest bowiem zależna od skali eksportu zagranicznego, a tym samym od poziomu popytu światowego na dobra wyprodukowane przez przemysł chiński. Problem strefy Euro ujawnił ciągły brak poprawy czynników fundamentalnych głównych gospodarek świata, mogących potwierdzić zażegnanie kryzysu gospodarczego. Tym samym wzrost popytu na dobra chińskie wydawał się scenariuszem mało prawdopodobnym. Autor pragnie podkreślić, że empiryczna obserwacja trendów danych pierwotnych i przewalutowanych ujawnia znacznie niższy poziom korelacji wzajemnej niż w przypadku indeksów gospodarek europejskich. Mimo wzrostu wartości indeksu od połowy 2009 roku jego wartość na koniec 2013 roku była znacząco niższa od wartości maksymalnej ustanowionej u szczytu hossy w 2007 roku. Od momentu kryzysu strefy Euro aż do końca analizowanego przedziału czasu, indeks Hangseng porusza się w średniookresowym trendzie wzrostowym. Zdaniem autora jest to konsekwencją pozytywnych danych o wzroście popytu wewnętrznego pochodzącego z rynku chińskiego.



**Rysunek 17** Notowania indeksu Hangseng – dane pierwotne oraz dane przewalutowane.

- Nikkei 225 – już od początku 2007 roku do lutego 2009 roku notowania indeksu poruszały się w trendzie spadkowym. Z obserwacji danych empirycznych wynika więc, że bessa na rynku tokijskim rozpoczęła się wcześniej niż w przypadku pozostałych giełd światowych. W latach 2009 do 2012 wartości indeksu poruszały się w kanale konsolidacyjnym bliskim wartości minimalnym ustanowionym w lutym 2009 roku. Takie zachowanie indeksu, zdaniem autora, jest konsekwencją wieloletniej stagnacji gospodarczej Japonii, problemu deflacji, a przede wszystkim olbrzymiego poziomu zadłużenia państwa sięgającego 200% rocznego PKB. Niezwykle ciekawe jest zachowanie wartości indeksu w 2013 roku, w którym to Nikkei 225 zwiększył swoją wartość o ponad 57%. Przyczyn takich wzrostów należy upatrywać w spadku wartości jena, a także łagodnej polityce monetarnej Banku Japonii oraz stymulacji fiskalnej przeprowadzonej przez rząd nowego premiera Japonii. Nie bez znaczenia były również deklaracje złożone przez szefa Banku Japonii dotyczące podwojenia bazy monetarnej w celu doprowadzenia do 2-procentowej inflacji. Taki komunikat dał nadzieję inwestorom, że jeden z najważniejszych problemów japońskiej gospodarki, tj. deflacja, zostanie rozwiązany.



**Rysunek 18** Notowania indeksu Nikkei 225 – dane pierwotne oraz dane przewalutowane.

Wstępna empiryczna analiza danych ujawniła znaczącą rozbieżność zachowania indeksów rynków azjatyckich. Różnica ta jest jednak znacznie mniej wyraźna w przypadku porównania notowań kursów walut związanych z tymi indeksami. Zdaniem autora, źródłem tak znaczących różnic jest odmienna specyfika rynków finansowych japońskiego i hongkońskiego. Warty podkreślenia jest fakt bardzo silnego wzrostu notowań indeksu Nikkei 225 w 2013 roku. Mimo że potencjał rozwoju gospodarki japońskiej jest znacząco niższy niż chińskiej, jest ona jednak utożsamiana przez inwestorów z niższym poziomem ryzyka inwestycyjnego. Fakt ten należy interpretować jako sygnał, że widmo pojawiania się kolejnych problemów rynków finansowych wciąż w sposób znaczący wpływa na ruchy inwestycyjne na giełdach azjatyckich.

Waluta	Współczynnik korelacji
Hangseng	0,646561
Nikkei 225	0,464518

**Tabela 5** Korelacja między danymi pierwotnymi a danymi przewalutowanymi analizowanych indeksów azjatyckich.

O ile wartość współczynnika korelacji wzajemnej notowań jena i dolara hongkońskiego kształtuje się na wysokim poziomie wynoszącym 0,821, o tyle różne zachowania indeksów w analizowanym okresie przekładają się na znacząco niższe wartości korelacji między danymi pierwotnymi a danymi przewalutowanymi. Wartości współczynników są wyraźnie niższe niż w przypadku rynków europejskich. Fakt ten sprawia, że interpretacja ruchów inwestycyjnych wykonywanych na parkietach azjatyckich, w sposób istotny różni się od interpretacji tych ruchów z perspektywy rynku polskiego, stanowiącego punkt odniesienia dalszych prac badawczych niniejszej pracy.



## Indeksy Ameryki Północnej



Rysunek 19 Kurs wymiany waluty USD na PLN w analizowanym okresie czasu.

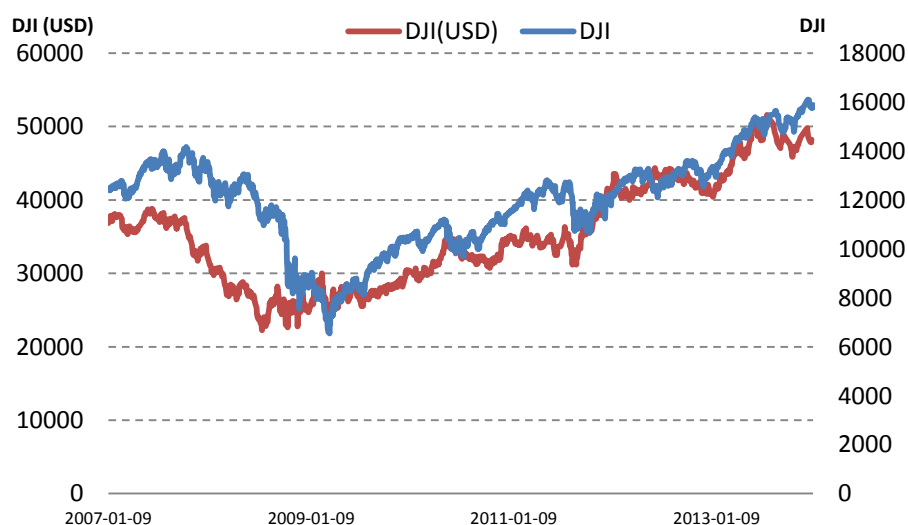
Dokonując opisu zachowania indeksów rynku amerykańskiego, autor pragnie pokrótce przedstawić charakterystykę notowań dolara amerykańskiego w analizowanym okresie czasu. Opis zachowania tej waluty jest szczególnie istotny, gdyż jest ona związana z największą gospodarką świata oraz walutą używaną powszechnie podczas transakcji finansowych na rynkach całego świata. W roku 2013 aż 19% łącznego produktu krajowego brutto na świecie wytwarzane było przez gospodarkę amerykańską. Ponadto autor pragnie nadmienić, że na kurs waluty bardzo znaczący wpływ miały decyzje dyrekcji Rezerw Federalnych, mające na celu zdynamizowanie wzrostu gospodarczego dzięki tzw. poluzowaniu polityki pieniężnej (ang. *quantitative easing*). Decyzje te przyczyniły się do zwiększenia podaży pieniądza w obiegu pieniężnym na rynkach kapitałowych całego świata. Tzw. tani pieniądz drastycznie obniżył koszty pozyskania kapitału obcego w wyniku nadpłynności kapitałowej. Owa nadpłynność spowodowana była w dużej mierze:

- wykorzystaniem posiadanych obligacji skarbu państwa o bliskim terminie zapadalności do zakupu długoterminowych bonów skarbu państwa, wprowadzając w ten sposób na stałe dodatkową masę pieniądza;
- sprzedażą krótkoterminowych obligacji i zakupieniem długoterminowych bonów skarbowych;
- obniżeniem oprocentowania kredytów udzielanym bankom komercyjnym – tym samym obniżeniem oprocentowania kredytów klientom końcowym.

Zastosowanie takich technik inżynierii finansowej było bezpośrednią przyczyną inflacji na rynku amerykańskim i rynkach zależnych. Autor pragnie jednak podkreślić, że w latach 2007 – 2008, z perspektywy rynku polskiego, następowała silna deprecjacja wartości dolara. Dopiero bardzo silne sygnały

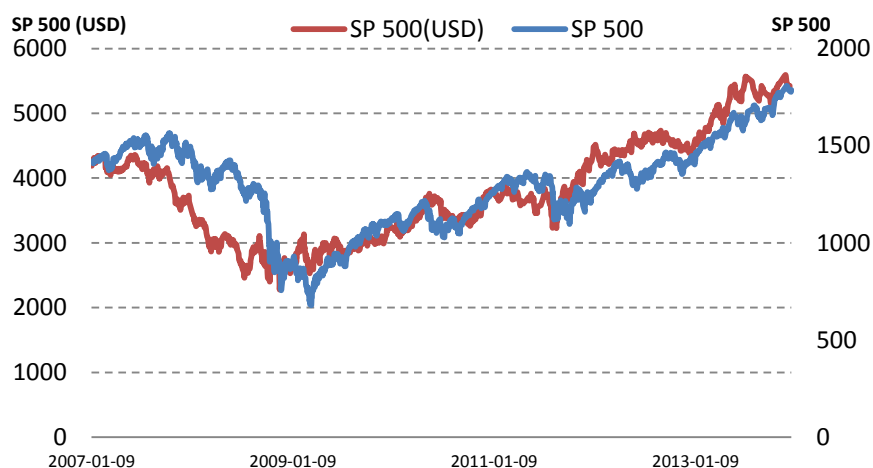
płynące z gospodarek całego świata, potwierdzające realny kryzys gospodarczy, przyczyniły się do znaczącej aprecjacji wartości waluty amerykańskiej. Taki stan należy tłumaczyć ogólnoswiatową awersją inwestorów do ryzyka, a tym samym wycofaniem się inwestorów zagranicznych z rynku polskiego. Takie ruchy inwestorów przyczyniły się do zwiększenia podaży waluty polskiej na rynkach światowych, a w efekcie do deprecjacji złotówki. W kolejnych latach kurs dolara ustabilizował się i poruszał się w kanale konsolidacyjnym 2,5 – 3,5 PLN. Decyzje FED o kontynuowaniu działań mających na celu luzowanie polityki pieniężnej przyczyniły się jednak do średnioterminowego spadku wartości dolara.

- DJI – na podstawie obserwacji empirycznych zachowania indeksu należy zauważyć, że odwrócenie trendu wzrostowego nastąpiło już w ostatnim kwartale 2007 roku. Szereg negatywnych sygnałów płynących z sektora finansowego sprawił, że skala przeceny na giełdzie nieustannie rosła aż do momentu kulminacyjnego w postaci upadku banku Lehman Brothers w dniu 15.09.2008. Od tego momentu na rynkach światowych zapanowała panika doprowadzająca do spadku wartości indeksu DJI do poziomu 7050 pkt w lutym 2009 roku. W wyniku działań FED mającym na celu luzowanie polityki pieniężnej, a w konsekwencji ożywienie gospodarki amerykańskiej, rynki kapitałowe zostały zasilone tzw. tanim pieniądzem, w wyniku czego nastąpiło zwiększenie podaży pieniądza w obiegu pieniężnym. Dzięki temu zabiegowi od końca lutego 2009 do końca analizowanego okresu notowania indeksu DJI poruszają się w trendzie wzrostowym. Drobne korekty o charakterze technicznym w latach 2010, 2011 i 2012 związane były z obawami inwestorów giełdowych dotyczącymi kontynuacji oraz skali kolejnych akcji ożywiania gospodarki amerykańskiej. Warto podkreślić, że w świetle analizy empirycznej, kryzys strefy Euro z końca 2011 roku nie wpłynął w znaczący sposób na notowania indeksu DJI.



Rysunek 20 Notowania indeksu DJI – dane pierwotne oraz dane przewalutowane.

- SP 500 – wstępna obserwacja empiryczna pozwala zauważyć znaczącą zbieżność zachowania indeksu SP 500 oraz DJI. Stan ten jednak nie powinien dziwić. Oba indeksy związane są bowiem z tym samym rynkiem kapitałowym. Warty odnotowania jest znaczący spadek wartości indeksu 500 największych spółek amerykańskich we wrześniu 2008 roku. Jak zostało już wcześniej wspomniane, zachowanie takie było spowodowane ogólnoswiatową paniką inwestorów jaka nastąpiła po ogłoszeniu upadku banku Lehman Brothers. W lutym 2009 roku indeks osiągnął wartość minimalną bliską 700 pkt. Od tego momentu, dzięki wdrażaniu przez dyrekcję Rezerw Federalnych działań związanych z poluzowaniem polityki pieniężnej, wartość indeksu utrzymuje się w silnym trendzie wzrostowym. Autor pragnie pokreślić, że kryzys strefy Euro z 2011 nie wpłynął znacząco na przebieg notowań indeksu. Skala przeceny wywołana tym problemem okazała się porównywalna ze skalą przecen wywołanych niepewnością dotyczącą kontynuacji działań związanych z luzowaniem polityki pieniężnej. Nieznaczna reakcja indeksów amerykańskich jest konsekwencją zorientowania gospodarczego USA na rynki wschodnie. Mimo zależności historycznych między kapitałami europejskim oraz amerykańskim, na chwilę obecną, z perspektywy rynku amerykańskiego ważniejsza stała się wymiana gospodarcza z Chinami i Indiami. Kraje te są obecnie największymi wierzycielami długów gospodarki amerykańskiej. Warty podkreślenia jest fakt, że już na początku 2013 roku wartość indeksu okazała się wyższa od wartości maksymalnej ustanowionej podczas szczytu hossy pod koniec 2007 roku. Analizy empiryczne danych przewalutowanych nie wpływają istotnie na wnioski wyciągnięte w tej części pracy. Nadmienić należy, że z perspektywy rynku referencyjnego procentowa skala spadku wartości indeksu w latach 2008 – 2009 była znacząco niższa niż w przypadku perspektywy rynku amerykańskiego.



**Rysunek 21** Notowania indeksu SP 500 – dane pierwotne oraz dane przewalutowane.

Zdaniem autora, wstępna analiza głównych indeksów giełdowych Ameryki Północnej ujawniła duży poziom ich zbieżności. Taki fakt nie powinien dziwić, gdyż indeksy te związane są największą gospodarką świata. Ich zachowanie determinowane było nie tylko sytuacją gospodarczą Stanów Zjednoczonych, ale również wydarzeniami o charakterze politycznym – decyzje FED. Warty podkreślenia jest fakt, że już na początku 2013 roku indeksy te osiągnęły wartość wyższą niż wartości maksymalne ustanowione w momencie hossy w latach 2006 – 2008.

Waluta	Współczynnik korelacji
DJI	0,805072
SP 500	0,814672

**Tabela 6** Korelacja między danymi pierwotnymi a danymi przewalutowanymi dla wybranych indeksów Ameryki Północnej.

Z punktu widzenia prac badawczych niniejszej pracy doktorskiej, godny podkreślenia jest fakt, że w przypadku wybranych indeksów Ameryki Północnej, korelacja między danymi pierwotnymi a przewalutowanymi jest niższa, niż miało to miejsce w przypadku indeksów europejskich. Autor pragnie podkreślić, że niższa wartość współczynnika korelacji wzajemnej ma istotne znaczenie dla dalszych prac badawczych. Z perspektywy rynku referencyjnego – rynku odniesienia jakim wybrany został rynek polski, pewne zachowania indeksu giełdowego mogą być postrzegane inaczej przez inwestorów giełdy warszawskiej oraz inwestorów giełdy nowojorskiej. Silna deprecjacja złotego w punkcie kulminacyjnym kryzysu sprawiła, że skala przeceny indeksów amerykańskich z perspektywy inwestora polskiego była mniejsza. Podobne przypadki mogą wystąpić w perspektywie krótkoterminowej. Fakt ten wynika bezpośrednio ze zmieniającego się kursu wymiany polskiej złotówki na amerykańskiego dolara.

## 5. Analiza opisowa notowań indeksów giełdowych

W tej części autor skoncentruje się na analizie danych poddanych operacji przewalutowania. Istotnym elementem będzie scharakteryzowanie notowań związanych z poszczególnymi indeksami giełdowymi za pomocą podstawowych metod analizy opisowej. W późniejszych etapach prac badawczych autor wielokrotnie odwoływać się będzie do wyników tej części pracy. Warte podkreślenia jest jednak to, że dane pierwotne nie będą bezpośrednim przedmiotem tej części analizy.

### Miary tendencji centralnej

Poniżej zaprezentowane zostaną wyniki analiz opisujących ogólną charakterystykę rozkładu danych. Autor pragnie podkreślić, że część wyników pracy badawczej, takich jak wartość średnia, nie pozwala na bezpośrednie porównywanie wyników poszczególnych indeksów giełdowych. Powodem jest różna skala wartości poszczególnych indeksów. Ich przedstawienie jest jednak celowe, gdyż autor odwoływać się będzie często do nich w kolejnych etapach pracy.

W tej części badawczej zaprezentowane zostaną miary obrazujące skalę spadków oraz skalę wzrostów wartości indeksów w analizowanym okresie czasu. Miary te w zamierzeniu udzielać mają informacji niezależnych od skali wartości indeksów. Ich definicję przedstawić można za pomocą następujących równań:

$$skala\ spadku = \frac{|Średnia - Min|}{Średnia} \quad 19.$$

$$skala\ wzrostu = \frac{|Średnia - Max|}{Średnia} \quad 20.$$

*Średnia* – średnia arytmetyczna wartości indeksu w analizowanym okresie,

*Min* – minimalna wartość indeksu w analizowanym okresie czasu,

*Max* – maksymalna wartość indeksu w analizowanym okresie czasu.

Indeks giełdowy	Średnia	Minimum	Maksimum	Skala spadku	Skala wzrostu
CAC 40	15879,54	10944,18	23519,16	0,310800	0,481098
DAX	26181,99	15677,55	39500,38	0,401208	0,508685
FTSE 100	27645,28	17058,56	37970,06	0,382949	0,373474
ATX	11153,93	5758,716	18936,53	0,483705	0,697744
BUX	29750,06	14299,81	46153,01	0,519335	0,551359
PX	183,5511	104,7081	260,7927	0,429543	0,420818
RTS	157,2137	49,09695	235,0411	0,687706	0,495042
WIG	43878,32	21274,28	67288,84	0,515153	0,533533
WIG20	2560,973	1327,64	3917,87	0,481588	0,529836
HANGSENG	7911,758	4665,47	10301,4	0,410312	0,302037
NIKKEI 225	35062,78	22212,74	49097,73	0,366487	0,40028
DJI	34679,25	22226,33	51591,08	0,359088	0,487664
SP 500	3743,089	2278,933	5593,982	0,391162	0,494483

**Tabela 7** Wartość średniej arytmetycznej, minimalnej i maksymalnej wartości oraz skali spadku i wzrostu dla analizowanych indeksów giełdowych.

Wysoka wartość wskaźnika skali spadku informuje o znaczącej przecenie indeksu o krótkim zakresie czasowym. Długi zakres czasowy przeceny miałby bowiem znaczący wpływ na kształtowanie wartości średniej, a tym samym na zmniejszenie wartości współczynnika. Wysoka wartości współczynnika skali spadku nie może zatem być utożsamiana ze złą kondycją gospodarczą rynku związanego z danym indeksem. Za przykład niech posłużą przypadki indeksów CAC 40 oraz DAX. Mimo że wartość współczynnika dla indeksu francuskiego jest wyraźnie niższa niż w przypadku indeksu DAX, to jednak w perspektywie analizowanego okresu należy zauważyć, że to indeks frankfurcki już od połowy 2009 roku znajdował się w stabilnym trendzie wzrostowym. Z perspektywy problematyki niniejszej pracy należy zwrócić uwagę, że współczynnik przyjmuje wartości najwyższe dla indeksów związanych z rynkami Europy Środkowowschodniej, utożsamianymi z rynkami podwyższonego ryzyka, tzw. *emerging markets*. Wyjątkiem od tej reguły są notowania czeskiego indeksu PX, dla którego wartość wskaźnika jest niższa od austriackiego indeksu ATX. Zdaniem autora, taki stan jest związany z trzema czynnikami:

- Udział spółek wschodnioeuropejskich, utożsamianych z rynkami wschodzącymi, w łącznej puli spółek notowanych na giełdzie wiedeńskiej jest znaczący. Fakt ten sprawia, że giełda wiedeńska postrzegana jest przez wielu inwestorów jako giełda podwyższonego ryzyka inwestycyjnego.
- Stopień rozwinięcia gospodarki Czech jest wysoki na tle pozostałych gospodarek tego regionu Europy.
- Płynność giełdy praskiej jest niska, co uniemożliwia natychmiastowe wycofanie zainwestowanego kapitału. Konsekwencją tego stanu jest niskie zaangażowanie kapitału zagranicznego preferującego bardziej płynne rynki giełdowe tego regionu.

Wartym podkreślenia jest fakt, że współczynniki skali spadku przyjmują relatywnie jednorodne wartości dla wszystkich indeksów związanych z określonym rejonem świata. Można zaobserwować wyraźny podział między rynkami gospodarek rozwiniętych a rynkami wschodzącymi.

Analogicznie do wskaźnika skali spadku, skala wzrostu informuje o skali maksymalnych wzrostów wartości indeksu w krótkiej perspektywie czasu. Długi zakres czasowy wzrostów miałby bowiem znaczący wpływ na wartość średniej arytmetycznej, a tym samym na zmniejszenie wartości współczynnika. Wysoka wartość współczynnika skali wzrostu nie powinna być utożsamiana z dobrą kondycją gospodarczą rynku związanego z danym indeksem. Za przykład tym razem posłużą indeksy BUX oraz DAX. Mimo że wartość współczynnika dla indeksu węgierskiego jest wyższa niż w przypadku indeksu niemieckiego, to w perspektywie analizowanego okresu to indeks frankfurcki, a nie budapesztański znajduje się w stabilnym trendzie wzrostowym od połowy 2009 roku. Wyniki tego wskaźnika nie są tak jednoznaczne jak w przypadku skali spadku. Mimo że wartości indeksów rynków Europy Wschodniej są do siebie zbliżone i przyjmują relatywnie wysoką wartość, to nie sposób nie zwrócić uwagi na bardzo wysoką wartość współczynnika dla indeksu ATX. Wartość ta jest konsekwencją skali przeceny będącej wynikiem kryzysu światowego z lat 2008 – 2009. Nie bez znaczenia było utrzymywanie się do końca analizowanego okresu trendu konsolidacyjnego, odległego wartościowo od wartości maksymalnych indeksu, ustanowionych w roku 2008. Indeks Hangseng z kolei charakteryzuje się najniższą wartością tego współczynnika. Jest to spowodowane faktem, że już na przełomie lat 2010 i 2011 wartość indeksu powróciła na poziom ustanowiony w szczycie hossy w 2008 roku. Od 2011 roku wartość indeksu Hangseng porusza się w kanale konsolidacyjnym bliskim wartościom maksymalnym analizowanego okresu.

Na potrzeby kolejnych prac badawczych konieczne jest wprowadzenie pojęcia normalizacji danych. Zadaniem normalizacji danych jest wyeliminowanie problemu różnic skali. Uniemożliwia on bowiem porównywanie wielu miar statystycznych dla danych związanych z wybranymi indeksami giełdowymi. Dla dowolnej przewalutowanej danej sesji  $t$ , transformację normalizującą definiujemy za pomocą wzoru:

$$x_{norm}(t) = \frac{x(t) - \bar{x}}{\sigma(x)} \quad 21.$$

$\bar{x}$  – średnia arytmetyczna wartości indeksu w analizowanym okresie,

$\sigma(x)$  – odchylenie standardowe wartości indeksu w analizowanym okresie.

Cechą charakterystyczną takiej transformacji jest niezmiennosc charakterystyk danych w skali bezwzględnej. Szeregi danych poddane takiej transformacji charakteryzują się następującymi cechami:

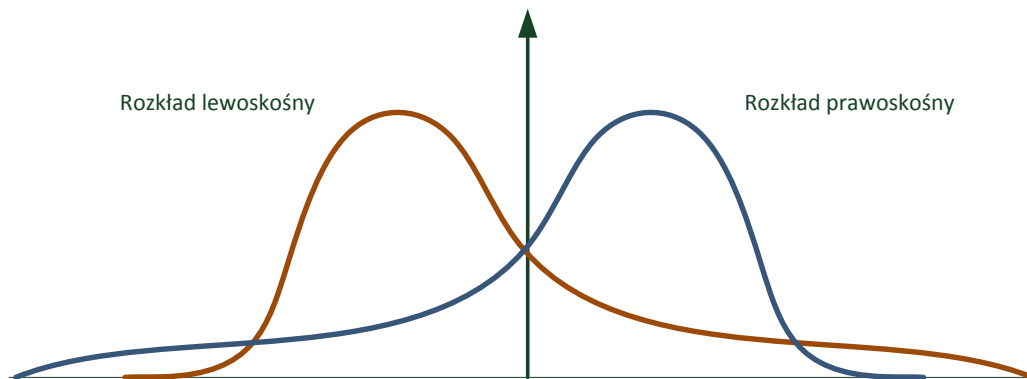
- Odchylenie standardowe jest stałe i wynosi 1;
- Średnia arytmetyczna zmiennej przyjmuje wartość 0;
- Zachowany zostaje kształt rozkładu statystycznego danych.

Poniżej zaprezentowane zostaną wyniki dwóch najbardziej typowych miar tendencji centralnych analizowanych danych. Aby możliwe było porównywanie wyników miar dla poszczególnych indeksów giełdowych, proces obliczeniowy bazować będzie na danych normalizowanych.

- Skośność – jest wskaźnikiem asymetrii rozkładu danych. Na jej podstawie możliwe jest określenie kształtu rozkładu danych wokół wartości średniej. Wartość współczynnika większa od 0 świadczy o lewoskośnym rozkładzie danych, czyli o przewadze przypadków skoncentrowanych poniżej wartości średniej. Wartość współczynnika mniejsza od 0 świadczy z kolei o prawoskośnym rozkładzie danych, czyli o przewadze przypadków, w których wartość jest większa od wartości średniej. Miarę skośności można wyrazić za pomocą następującego równania:

$$s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right)^2 \quad 22.$$

$n$  – liczba elementów szeregu danych,  
 $\bar{x}$  – wartość średnia szeregu danych,  
 $x_i$  – wartość elementu  $i$  szeregu danych,  
 $\sigma$  – odchylenie standardowe.



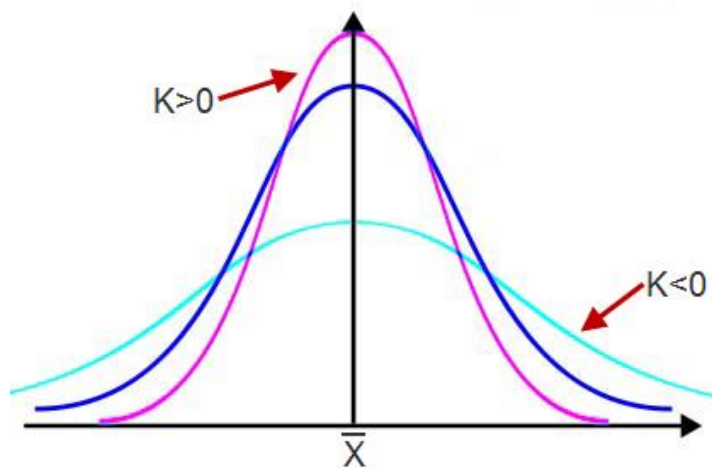
**Rysunek 22** Interpretacja graficzna wskaźnika skośności.

- Kurtoza – jest miarą charakteryzującą względną szczytowość lub płaskość rozkładu w porównaniu z rozkładem normalnym. Na jej podstawie możliwe jest określenie skali koncentracji szeregu danych wokół średniej. Dodatnia wartość oznacza znaczącą szczytowość rozkładu, tj. koncentrację wyników wokół wartości średniej. Ujemna wartość oznacza rozkład płaski o znaczącym zróżnicowaniu danych. Przy obliczeniach tego wskaźnika dla  $n$  obserwacji zastosowano następujący wzór:



$$k = \frac{m^4}{s^4} = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad 23.$$

$n$  – liczba elementów szeregu danych,  
 $\bar{x}$  – wartość średnia szeregu danych,  
 $x_i$  – wartość elementu  $i$  szeregu danych,  
 $m^4$  – moment centralny czwartego rzędu,  
 $\sigma$  – odchylenie standardowe.



Rysunek 23 Interpretacja graficzna wskaźnika kurtozy [Encyklopedia zarządzania].

Indeks giełdowy	Skośność	Kurtoza	Skośność norm	Kurtoza norm
CAC 40	10944,18	23519,16	1,230380	0,604236
DAX	15677,55	39500,38	0,224566	0,015304
FTSE 100	17058,56	37970,06	0,209525	-0,554347
ATX	5758,72	18936,53	1,069470	0,117437
BUX	14299,81	46153,01	0,024903	0,062228
PX	104,71	260,79	0,283145	-0,524011
RTS	49,10	235,04	-0,414422	-0,249734
WIG	21274,28	67288,84	0,086763	0,317499
WIG20	1327,64	3917,87	0,583279	0,103811
HANGSENG	4665,47	10301,40	-0,780319	0,170674
NIKKEI 225	22212,74	49097,73	0,171335	-0,301406
DJI	22226,33	51591,08	0,372246	-0,774748
SP 500	2278,93	5593,98	0,368627	-0,723324

Tabela 8 Wartość miary skośności oraz kurtozy dla analizowanych indeksów giełdowych.

Analizując wartość współczynnika skośności dla poszczególnych indeksów giełdowych, warto zwrócić uwagę na te spośród nich, dla których współczynnik przyjmuje wartość ujemną. Prawoskośność informuje o znaczącej koncentracji przypadków danych indeksu większych od średniej badanego okresu.

Oznacza to, że na wartość średnią badanego okresu znaczący wpływ wywarły nieliczne sesje giełdowe, w których wartość indeksu była znacząco niższa od wartości średniej. Zdaniem autora, współczynnik ten może posłużyć jako miara przecen spowodowanych kryzysem z lat 2008 – 2009 oraz jednoczesna miara ryzyka związanego z nagłą i wysoką wartością przeceny o krótkim zakresie czasowym. Prawoskośność danych indeksu Hangseng potwierdza interpretację zasugerowaną przez autora. Opierając się na danych normalizowanych należy przypomnieć, że indeks Hangseng już w 1,5 roku po dniu bessy z 2009 roku powrócił do wartości bliskich wartościom sprzed kryzysu. Do końca analizowanego okresu utrzymywał się w stałym trendzie konsolidacyjnym bliskim wartości średniej. Warta uwagi jest jednak skala przeceny dokonanej w lutym 2009 roku. Opierając się na danych normalizowanych, wynosiła ona blisko -3,1 pkt. wobec 2,25 pkt. będących wartością maksymalną ustanowioną u szczytu hossy w 2008 roku. Podobnie w przypadku indeksu RTS, ujemna wartość współczynnika skośności sugeruje, że przecena wartości indeksu w latach 2008 – 2009 miała krótkoterminowy charakter. Była jednak znacząca w ujęciu wartościowym. Lewoskośność informuje o znaczącej koncentracji przypadków danych indeksu mniejszych od średniej wartości badanego okresu. Wartość średnia badanego okresu determinowana jest w znacznym stopniu przez nieliczne sesje giełdowe, w których wartość indeksu była znacząco wyższa od wartości średniej. Warte podkreślenia są wysokie wartości współczynnika skośności dla indeksów CAC 40 oraz ATX. W obu przypadkach, na przestrzeni lat 2009 – 2013, wartości indeksów giełdowych nie zdołały wrócić do poziomów bliskich wartościom ustanowionym u szczytu hossy w 2008 roku. Po roku 2009 wartości indeksów CAC 40 i ATX poruszały się w kanale konsolidacyjnym bliskim wartościom minimalnym ustanowionym podczas bessy w roku 2009. Wysoka wartość dodatnia współczynnika skośności świadczy w tym przypadku o krótkoterminowym i znaczącym wzroście wartości indeksów tuż przed gospodarczym kryzysem światowym. Analizując wartości wskaźników skośności indeksów związanych z poszczególnymi regionami świata, należy podkreślić brak znamion jednorodności, która pozwalałaby na wysnucie tezy o uzależnieniu wartości skośności od przynależności geograficznej indeksu. Autor pragnie nadmienić, że zbliżone wartości wskaźnika dla indeksów DJI i SP 500 są konsekwencją związania tych indeksów z gospodarką amerykańską. Różnica w wartościach współczynnika skośności w przypadku indeksu WIG i WIG20 wynika z odmiennego zachowania się indeksów w roku 2013. Wartość indeksu WIG systematycznie rosła, podczas gdy wartość indeksu WIG20 utrzymywała się w trendzie konsolidacyjnym.

Dokonując analizy miary kurtozy należy zaznaczyć, że może być ona uważana za jedną z miar ryzyka inwestycyjnego. Z punktu widzenia inwestycji długoterminowych bardzo pożądaną cechą jest jej wysoka wartość. Świadczy bowiem o tym, że wartości indeksu są silnie skoncentrowane wokół wartości średniej. Autor pragnie pokreślić, że kurtoza nie może być jednak miernikiem skuteczności inwestycyjnej. Zarówno

silny i nagły trend spadkowy, jak i wzrostowy indeksu przyczynią się bowiem do spadku wartości tego miernika. Wzrost odnotowania jest niską wartością współczynnika w przypadku indeksów giełdy amerykańskiej. Wynik taki świadczy o spłaszczeniu rozkładu danych i sugeruje znaczną ich zmienność. Indeksy DJI i SP 500 od połowy 2009 roku poruszają się jednak nieprzerwanie w trendzie wzrostowym. Zdaniem autora, znacząca zmienność wartości indeksów jest konsekwencją skali przeceny, jaka miała miejsce w szczycie kryzysu giełdowego w latach 2008 – 2009 oraz silnego trendu wzrostowego od roku 2009. Można przyjąć, że w perspektywie średnioterminowej analizowanego zakresu czasu, indeksy nie poruszały się w trendzie konsolidacyjnym zwanym inaczej trendem bocznym. W analogiczny sposób należy tłumaczyć niskie wartości współczynnika kurtozy dla indeksów FTSE 100 i Nikkei 225. W przypadku tego ostatniego, mimo słabego trendu wzrostowego indeksu w latach 2009 – 2012, za kluczowe należy uznać zachowanie w całym roku 2013. Autor pragnie przypomnieć, że w roku tym nastąpiło znaczące wzmocnienie trendu wzrostowego, w konsekwencji którego indeks ten osiągnął wartości wyższe niż wartości maksymalne ustanowione u szczytu hossy w 2008 roku. Z punktu widzenia niniejszej pracy doktorskiej, odnotować należy ujemną wartość współczynnika kurtozy dla indeksów PX oraz RTS. Zdaniem autora, w przypadku indeksu praskiego, czynnikami determinującymi ujemną wartość kurtozy mogą być dwa „przesunięte” średnioterminowe trendy boczne. Pierwszy miał miejsce na przestrzeni lat 2009 – 2011, drugi rozpoczął się tuż po przecenach spowodowanych kryzysem zadłużenia południowych krajów strefy Euro i trwał do końca analizowanego okresu czasu. Nie bez znaczenia jest również fakt, że w wyniku kryzysu gospodarczego w latach 2008 – 2009 indeks PX zredukował swoją wartość 2,5-krotnie. W przypadku indeksu moskiewskiego zauważyć można ogólną wysoką zmienność wartości indeksu w czasie. Fakt ten znajdzie potwierdzenie w kolejnych etapach analizy danych. Ogólnie należy przyjąć, że w przypadku większości analizowanych indeksów wartość kurtozy, będącej miarą szczytowości, utrzymuje się w wąskim przedziale liczbowym  $<0;0,35>$ .

### **Miary rozrzutu**

W tej części zaprezentowane zostaną miary rozproszenia wokół wartości średniej. Miary te są niezbędne, gdyż analiza bazująca wyłącznie na miarach tendencji centralnej mogłaby doprowadzić do wysnucia nieprawidłowych wniosków. Dla potwierdzenia tej tezy należy rozważyć dwa szeregi danych charakteryzujące się identycznymi miarami tendencji centralnej, ale różniące się znacząco miarami rozproszenia. Brak analizy miar rozrzutu spowodowałby wyciągnięcie błędnych wniosków o podobieństwie badanych szeregów. Na potrzeby tej części pracy wybrane zostały następujące miary:

- Rozstęp – jest miarą będącą różnicą między wartością maksymalną a minimalną indeksu w analizowanym przedziale czasu. Na potrzeby niniejszej pracy miara rozstępu wyliczana będzie w oparciu o dane poddane operacji normalizacji. Zabieg ten pozwoli na porównanie ze sobą analizowanych indeksów giełdowych bez względu na skalę danych pierwotnych.
- Współczynnik zmienności – jest klasyczną miarą, dzięki której możliwa jest analiza siły rozproszenia wyników wokół średniej wartości indeksu. Miara ta jest niezależna od skali danych, a więc możliwe jest porównywanie wyników dla indeksów cechujących się diametralnie różnymi wartościami danych. Wykorzystywana jest ona w ocenie wartości poznawczej średniej arytmetycznej. Współczynnik zmienności uważany jest również za jedną z podstawowych miar ryzyka inwestycyjnego. Wartość współczynnika można wyrazić ją, jako iloraz odchylenia standardowego oraz średniej arytmetycznej w próbie:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} = \frac{\sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}}}{\bar{x}} \quad 24.$$

$\sigma$  – odchylenie standardowe,

$\bar{x}$  – średnia arytmetyczna,

$x_i$  – wartość indeksu dla sesji  $i$ ,

$n$  – liczba sesji giełdowych.

- Ryzyko inwestycyjne – to odchylenie standardowe danych poddanych transformacji różnicowej. Transformacja ta obrazuje procentowe zmiany wartości indeksów dla kolejnych sesji giełdowych. Analiza tak przetworzonych danych stanowi istotne źródło informacji o wahaniami dziennych wartości indeksów. Za indeksy mniej ryzykowne należy uznać te, które cechują się niskim poziomem wartości wskaźnika na tle pozostałych indeksów giełdowych. Dla dowolnej sesji giełdowej transformacja różnicowa wartości indeksu  $x$  przyjmuje postać:

$$diff_i = \frac{x_i - x_{i-1}}{x_i} \quad 25.$$

$x_i$  – wartość indeksu giełdowego dla sesji  $i$ .

Z punktu widzenia niniejszej pracy doktorskiej istotne jest nie tylko ryzyko inwestycyjne oparte na danych poddanych transformacji różnicowej, ale również zróżnicowanie wartości samego indeksu w analizowanym przedziale czasu. Przeprowadzając niniejszą analizę, za błędne należy uznać wyliczenia dokonane jedynie na podstawie danych przewalutowanych. Powodem jest różnica skali wartości poszczególnych indeksów. Dane normalizowane również nie mogą być źródłem takiej analizy, gdyż z definicji normalizacji, ich wariancja, a w konsekwencji odchylenie standardowe, wynosi 1. W tym celu autor

dokonał przeskalowania danych przewalutowanych za pomocą wartości średniej. Takie przeskalowanie danych umożliwia porównywanie zmienności wartości analizowanych indeksów. Przeskalowanie eliminuje problem skali wartości dla poszczególnych indeksów. Poniżej zaprezentowane zostały trzy miary. Rozstęp wyliczony został w oparciu o dane normalizowane. W procesie obliczeniowym współczynnika zmienności wykorzystane zostały dane przewalutowane poddane przeskalowaniu. Dane poddane transformacji różnicowej wykorzystane zostały do obliczeń miary ryzyka inwestycyjnego.

Indeks giełdowy	Rozstęp	Współczynnik zmienności	Ryzyko inwestycyjne
CAC 40	4,534483	0,17464	0,01754
DAX	5,550767	0,16392	0,01685
FTSE 100	4,405070	0,17172	0,01622
ATX	4,206498	0,28086	0,02096
BUX	5,243079	0,20421	0,02221
PX	4,532009	0,18763	0,01767
RTS	4,351400	0,27181	0,02658
WIG	5,044179	0,20790	0,01624
WIG20	4,748917	0,21300	0,01887
HANGSENG	5,314705	0,13403	0,01803
NIKKEI 225	5,244862	0,14619	0,01599
DJI	4,305482	0,19667	0,01602
SP 500	4,404182	0,20109	0,01636

**Tabela 9** Wartości rozstępu, współczynnika zmienności oraz ryzyka inwestycyjnego dla analizowanych indeksów giełdowych.

Analizując podstawowe miary rozrzutu, warte odnotowania są wysokie wartości współczynnika rozstępu dla indeksów DAX, BUX, WIG oraz indeksów azjatyckich. Wysoka wartość rozstępu w przypadku indeksów DAX i Nikkei 225 była wynikiem osiągnięcia przez nie wartości maksymalnych pod koniec 2013 roku. Skala przeceny między szczytem hossy w 2008 roku a dnem bessy w lutym 2009 roku była mniejsza niż różnica między wartością maksymalną indeksów w 2013 roku a dnem bessy w 2009. Z punktu widzenia obserwatora referencyjnego giełdy warszawskiej, w dobie taniego kapitału zarówno gospodarka japońska, jak i niemiecka znajdowały się w lepszej sytuacji pod koniec analizowanego okresu niż na jego początku. W przypadku indeksów WIG, BUX czy HANGSENG, źródeł wysokiej wartości rozstępu należy upatrywać w skali przecen, jakie dokonały się w latach 2008 – 2009, będących konsekwencją światowego kryzysu gospodarczego i panującej paniki na rynkach kapitałowych. Nie bez znaczenia jest fakt, że indeksy te zaliczane są do grona indeksów gospodarek wschodzących, a więc utożsamianych z podwyższonym ryzykiem inwestycyjnym. Zdaniem autora, istnieje jeszcze jeden powód, dla którego indeksy te charakteryzują się tak wysoką wartością wskaźnika rozstępu. Zarówno giełda hongkońska, warszawska, jak i budapesztańska zaliczane są do najbardziej płynnych giełd regionu. Jest to niewątpliwie bardzo pożądana

cecha rynków kapitałowych, ale to właśnie ta cecha umożliwiła wycofanie znaczącej ilości kapitału inwestycyjnego, a tym samym zwiększenie skali przecen.

Mimo że geneza światowego kryzysu gospodarczego w latach 2008 – 2009 związana jest z amerykańskim rynkiem kapitałowym, to wartość wskaźnika rozstępu dla indeksów DJI i SP 500 jest wyraźnie niższa niż wartość rozstępu dla dowolnego indeksu związanego z rynkiem wschodzącym. Autor pragnie podkreślić, że do wyliczeń tego wskaźnika użyte zostały wyłącznie dane przewalutowane poddane operacji normalizacji. To właśnie operacja przewalutowania sprawiła, że mimo znaczącej skali redukcji pierwotnych wartości indeksu ATX w latach 2008 – 2009, wartość wskaźnika rozstępu należała do najniższych spośród analizowanych indeksów giełdowych.

Analiza wartości odchylenia standardowego danych przeskalowanych wartością średnią potwierdza, że indeksy związane z rynkami wschodzącymi Europy Środkowowschodniej cechują się wyższym poziomem zmienności wartości. Najwyższa wartość odchylenia standardowego odnotowana została jednak w przypadku indeksu ATX. Indeks ten, mimo że geograficznie związany jest z gospodarką austriacką, bardzo często klasyfikowany jest jako indeks Europy Środkowowschodniej. Na parkiecie wiedeńskim notowanych jest bowiem wiele spółek z tej części Europy. W przypadku pozostałych indeksów Europy Zachodniej miara zmienności, jaką jest odchylenie standardowe, jest wyraźnie niższa. Warto odnotowania jest relatywnie niska wartość odchylenia w przypadku indeksu HANGSENG. Indeks ten, związany z gospodarką rynków wschodzących, wykazywał cechy rynku dojrzałego, a więc niski poziom zmienności wokół wartości średniej. Autor pragnie zwrócić również uwagę na wysoką wartość odchylenia standardowego w przypadku indeksów rynku amerykańskiego. Źródła tak wysokiej wartości odchylenia należy upatrywać w wartościach indeksów na koniec analizowanego okresu czasu. Tezę tą potwierdza wysoka wartość skali wzrostu tych indeksów.

Kolejnym ważnym wskaźnikiem jest ryzyko inwestycyjne obrazujące zmienność wartości indeksu dla kolejnych sesji giełdowych. W dobie panującego kryzysu gospodarczego na świecie bardzo pożądana jest niska wartość tego współczynnika. Często utożsamiana jest ona bowiem z główną miarą ryzyka inwestycyjnego. Analizując jego wartość warto podkreślić, że dla indeksów gospodarek wysokorozwiniętych przyjmuje on wyraźnie niższe wartości niż w przypadku indeksów rynków wschodzących. Ponownie, jak w przypadkach wcześniejszych, wyjątkiem od tej reguły jest indeks ATX. Relatywnie dobry stan polskiej gospodarki na przestrzeni analizowanego okresu jest powodem niskiej wartości współczynnika ryzyka inwestycyjnego indeksów WIG i WIG20 na tle pozostałych indeksów regionu środkowoeuropejskiego. Jego wartość kształtuje się bowiem na poziomie indeksów związanych z gospodarkami wysokorozwiniętymi.

Jako ostatnie miary rozrzutu zaprezentowane zostaną:

- Rozstęp ćwiartkowy – zaliczany jest do tzw. pozycyjnych współczynników zmienności. Często wykorzystywany jest jako zastępcza miara odchylenia standardowego, gdy z uwagi na rozkład zmiennej, obliczenie wartości odchylenia jest pozbawione waloru analitycznego – np. gdy dane poddane zostały operacji normalizacji. Miara ta informuje o obszarach zmienności typowych. Wskazuje tym samym na stopień rozkładu zmiennej i jej odchylenie od mediany. Rozstęp ćwiartkowy obliczany jest jako różnica między trzecim i pierwszym kwartyłem.

$$R_Q = Q_3 - Q_1 \quad 26.$$

$Q_i$  – kwartył rzędu  $i$ .

Należy podkreślić, że między trzecim a pierwszym kwartyłem znajduje się połowa wszystkich przypadków danych. Zatem większa różnica między wartościami trzeciego i pierwszego kwartyła powinna być interpretowana jako większe zróżnicowanie danych.

- Zróżnicowanie decylowe – stanowi iloraz dziewiątego i pierwszego decyla wartości zmiennej. Obrazuje skrajne zróżnicowanie danych. Przyjmuje wartości z przedziału  $(-\infty; +\infty)$ . Niski poziom zróżnicowania wyrażony jest przez wartości miary bliskie jedności.

$$D = \frac{D_9}{D_1} \quad 27.$$

$D_i$  – decyl rzędu  $i$ .

Wraz ze wzrostem dysproporcji między danymi rośnie bezwzględna wartość miary. Z punktu widzenia niniejszej pracy miara ta jest bardzo istotna, gdyż pozwala scharakteryzować zachowanie indeksów w sytuacjach skrajnych, tj. w szczycie hossy bądź dnie bessy.

Indeks giełdowy	Rozstęp ćwiartkowy	$D_1$	$D_9$	Zróżnicowanie decylowe
CAC 40	0,86751	-0,96703	1,94660	-2,01296
DAX	1,26462	-1,27158	1,26377	-0,99385
FTSE 100	1,27697	-1,24239	1,56691	-1,26121
ATX	0,84660	-0,94445	1,93506	-2,04887
BUX	1,24491	-1,02217	1,26864	-1,24113
PX	1,29395	-1,07089	1,65205	-1,54269
RTS	1,33696	-1,44499	1,30878	-0,90574
WIG	0,93507	-1,40563	1,41380	-1,00581
WIG20	1,01103	-1,18288	1,74914	-1,47871
HANGSENG	1,11256	-1,66252	1,14247	-0,68719
NIKKEI 225	1,18433	-1,32608	1,45837	-1,09976
DJI	1,76922	-1,20770	1,32665	-1,09850
SP 500	1,66605	-1,20626	1,24269	-1,03020

**Tabela 10** Wartości rozstępu ćwiartkowego oraz zróżnicowania decylowego dla analizowanych indeksów giełdowych.

Analizując rozstęp ćwiartkowy należy zwrócić uwagę na jego wysoką wartość w przypadku indeksów giełdy amerykańskiej. Zmienność wartości indeksów DJI i SP 500 jest zatem szczególnie duża w obszarach zmienności typowych, a więc w okolicach wartości średniej. Wartość taka jest konsekwencją znaczącej ogólnej zmienności wartości indeksów. Potwierdzeniem jest analiza współczynnika zmienności oraz zróżnicowania decylowego. W przypadku indeksów związanych z rynkami Europy Środkowowschodniej wartość rozstępu ćwiartkowego kształtuje się na wysokim poziomie. Wyjątki stanowią indeksy warszawskie WIG i WIG20. Analiza zróżnicowania decylowego potwierdza jednak wzrost zróżnicowania w skrajnych zakresach wartości indeksów. Analogiczne wartości charakteryzują indeksy zachodnioeuropejskie DAX oraz FTSE 100. Warte odnotowania jest niska wartość rozstępu decylowego dla indeksów CAC 40 oraz ATX. Wartości tych indeksów charakteryzują się więc względnie niskim poziomem zmienności typowych. Analiza zróżnicowania decylowego ujawnia jednak prawdziwą charakterystykę zmienności. Jest ona bardzo wysoka dla wartości skrajnych, tzn. związanych z wartościami indeksów w szczycie hossy oraz dnie bessy. W przypadku indeksów azjatyckich zmienność typowa wyrażona wartością rozstępu ćwiartkowego kształtuje się na relatywnie niskim poziomie względem pozostałych analizowanych indeksów. Należy przypomnieć, że w przypadku tych indeksów współczynnik zmienności również kształtował się na niskim poziomie. Warte podkreślenia jest bardzo niska wartość zróżnicowania decylowego skrajnego dla indeksu HANGSENG. W świetle przeprowadzonej analizy miar rozrzutu należy podkreślić równomierność rozrzutu wartości indeksów azjatyckich względem wartości średniej.

### **Pozostałe miary**

W części tej zaprezentowane zostaną miary obrazujące skalę podobieństwa między wartościami notowań indeksów giełdowych. Jedną z takich miar jest korelacja. W dalszej części pracy autor przedstawi wyniki korelacji r-Pearsona między notowaniami analizowanych indeksów. Powołując się na źródła literaturowe, jednym z założeń poprawności wyników korelacji r-Pearsona jest to, aby korelowane zmienne miały rozkłady zbliżone do rozkładu normalnego. W tym celu za niezbędną uznać należy analizę mającą na celu weryfikację hipotezy, że rozkład notowań indeksów giełdowych w analizowanym okresie czasu ma rozkład normalny. Na potrzeby weryfikacji hipotezy przeprowadzony został statystyczny test Shapiro-Wilka. Alternatywą dla tego testu jest test Kołmogorowa-Smirnowa. Liczne źródła literaturowe podkreślają jednak fakt, że test Shapiro-Wilka charakteryzuje się większą mocą statystyczną.

Test Shapiro-Wilka testuje hipotezę zerową zakładającą, że rozkład zmiennej jest zbliżony do normalnego. Istotny wynik testu Shapiro-Wilka świadczy o tym, że rozkład zmiennej obserwowanej nie jest podobny do rozkładu normalnego. Z perspektywy wartości statystyki, wartość większa od wartości granicznej dla danej



próbki danych świadczy o konieczności odrzucenia hipotezy zerowej na rzecz hipotezy alternatywnej.

Wartość statystyki Shapiro-Wilka wyliczona została według wzoru:

$$W = \frac{[\sum_{i=1}^n a_i(n)(X_{n-i+1} - X_i)]^2}{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2} \quad 28.$$

$a_i(n)$  – stała testu odczytywana z tablicy, zależna od liczby obserwacji w próbie badanej,

$X_{n-i+1} - X_i$  – różnica między skrajnymi obserwacjami; dla  $i = 1$  jest to różnica między maksymalną oraz minimalną wartością w próbie badanej,

$\bar{X}$  – wartość średnia dla notowań indeksów stanowiących próbę badawczą,

$j$  – kolejne obserwacje w próbie badawczej,

$i$  – kolejne różnice między skrajnymi obserwacjami.

Poniżej zaprezentowane zostały wyniki testu Shapiro-Wilka. Dla 1305 obserwacji wartość krytyczna wynosi 0,997598. Wartości mniejsze od wartości krytycznej są podstawą do przyjęcia hipotezy zerowej. Prawdopodobieństwo, że notowania analizowanych indeksów giełdowych nie cechują się rozkładem normalnym jest w tym przypadku niższe niż 5%.

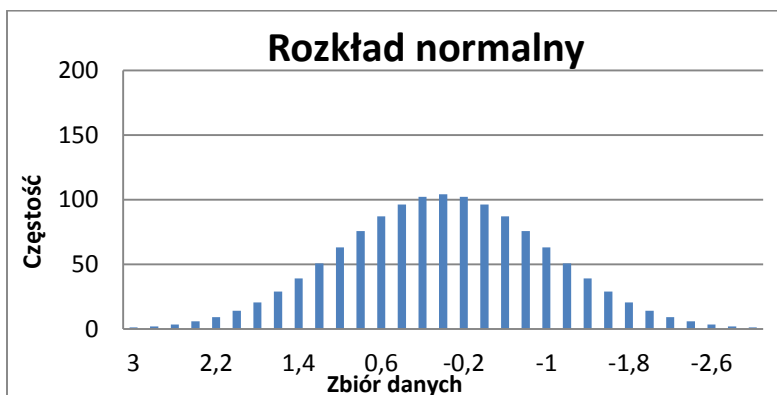
Indeks giełdowy	Statystyka Shapiro-Wilka
CAC 40	0,851114
DAX	0,989120
FTSE 100	0,979683
ATX	0,863275
BUX	0,985767
PX	0,971531
RTS	0,961904
WIG	0,970965
WIG20	0,942856
HANGSENG	0,947401
NIKKEI 225	0,990193
DJI	0,964358
SP 500	0,965192

**Tabela 11** Wyniki testu normalności rozkładu Shapiro-Wilka. Wartość krytyczna 1305 próbek dla  $p=0,05$  wynosi 0,997598.

Na podstawie przeprowadzonych testów wynika, że rozkład wartości każdego z analizowanych indeksów giełdowych jest zbliżony z rozkładem normalnym. Wartość statystyki Shapiro-Wilka dla każdego z indeksów była niższa niż wartość graniczna. Nie było zatem podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej testu. Fakt ten jest niezwykle istotny dla dalszych prac badawczych niniejszej pracy doktorskiej. Przeprowadzenie poprawnej analizy, jak również wyciągnięcie właściwych wniosków badawczych zależne jest bowiem od doboru i zastosowania narzędzi analitycznych. Wśród bogactwa narzędzi analitycznych należy wybrać te

spośród nich, które dedykowane są danej charakterystyce zmiennych. Jedną z najbardziej kluczowych charakterystyk danych jest z kolei ich rozkład.

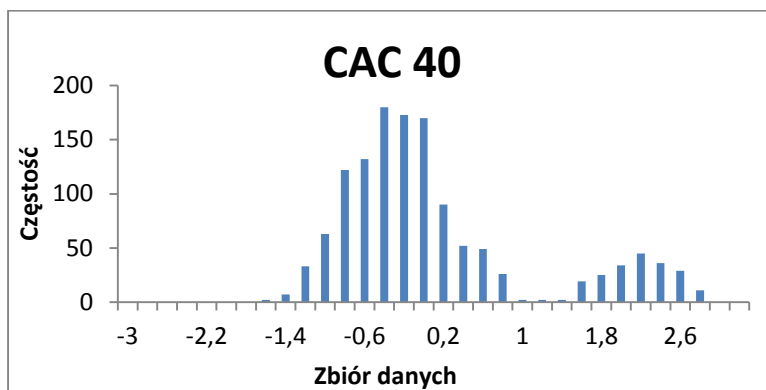
Poniżej zaprezentowane zostaną histogramy prezentujące rozkład empirycznych danych indeksów giełdowych. Taka prezentacja danych pozwala na analizę graficzną podstawowych parametrów danych i powinna stanowić potwierdzenie wcześniejszych wyników analiz. Histogramy zaprezentowane poniżej opracowane zostały w oparciu o dane normalizowane. Prezentują 30 przedziałów równej długości z zakresu  $\langle -3,3 \rangle$ . Autor pragnie przypomnieć, że dzięki normalizacji danych wartość średnia danych każdego z analizowanych indeksów giełdowych wynosi 0. Należy podkreślić, że test Shapiro-Wilka zweryfikował dane indeksów giełdowych pod względem zbieżności ich rozkładu z rozkładem normalnym. Histogramy notowań poszczególnych indeksów giełdowych mogą nieznacznie różnić się od rozkładu normalnego. Różnica ta nie jest jednak statystycznie istotna. Poniżej zaprezentowany został przykład rozkładu normalnego, jaki powstałby w przypadku modelowego rozkładu notowań indeksów giełdowych.



**Rysunek 24** Modelowy rozkład normalny dla hipotetycznych danych notowań indeksu. Punkt odniesienia dla kolejnych histogramów.

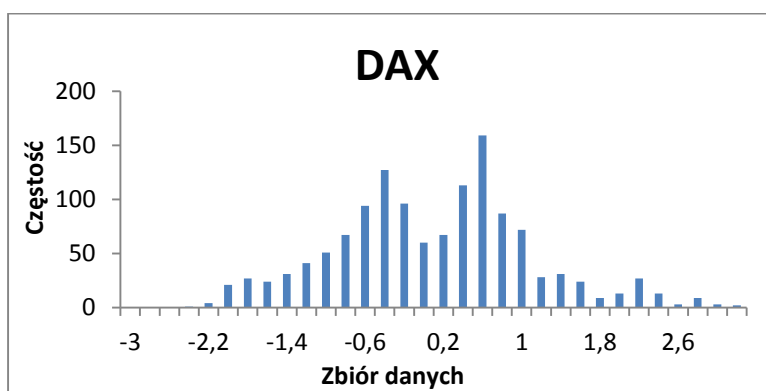
Dla modelowego rozkładu normalnego aż 68,2% wyników mieściłoby się w przedziale  $\langle -\sigma; \sigma \rangle$ . W przypadku analizowanego zakresu danych byłby to przedział  $\langle -1; 1 \rangle$ . Przedział ten jest konsekwencją przyjęcia określonej metody normalizacji danych. Poniżej zaprezentowano histogramy poszczególnych indeksów giełdowych.

## Indeksy Europy Zachodniej



Rysunek 25 Histogram rozkładu wyników notowań indeksu CAC 40. Na podstawie danych normalizowanych.

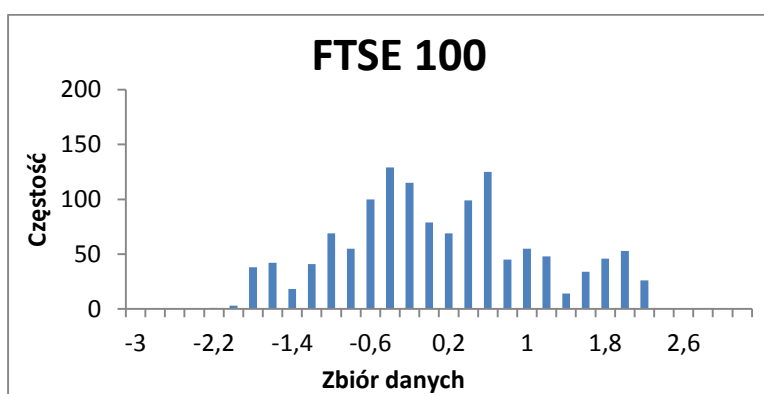
Analizując histogram wartości notowań indeksu CAC 40 należy zwrócić uwagę na przesunięcie rozkładu w lewą stronę względem wartości średniej. Owa lewoskośność znalazła swoje potwierdzenie w dodatniej wartości współczynnika skośności wynoszącej 1,23. Wartość kurtozy większa od 0 świadczy z kolei o znaczącej koncentracji wyników wokół wartości średniej. Prezentacja graficzna rozkładu wartości indeksu paryskiego potwierdza taki stan. Znaczący udział wyników indeksów giełdowych w przedziale  $(1,6; 2,8)$  znajduje swoje odzwierciedlenie w wysokiej wartości współczynnika zróżnicowania decylowego. Zdaniem autora, źródłem takiego rozkładu danych jest bardzo wysoka wartość indeksu w latach 2007 – 2008. Od tego czasu aż do końca 2013 roku indeks CAC 40 nie zdołał wrócić do poziomów wartości ustanowionych u szczytu hossy przed kryzysem światowym. Fakt ten wpłynął na wartość średnią indeksu w analizowanym okresie czasu. Notowania CAC 40 z lat 2007 – 2008 należy traktować jako aberrację względem wartości z pozostałych okresów. Są one znacząco wyższe od wartości średniej.



Rysunek 26 Histogram rozkładu wyników notowań indeksu DAX. Na podstawie danych normalizowanych.

W przypadku indeksu frankfurckiego niska wartość współczynnika skośności bliska 0 świadczy o równomiernym rozłożeniu wartości indeksu względem wartości średniej. Wartość współczynnika kurtozy bliska zero znajduje potwierdzenie w powyższym histogramie. Spłaszczenie rozkładu zbliżone jest bowiem

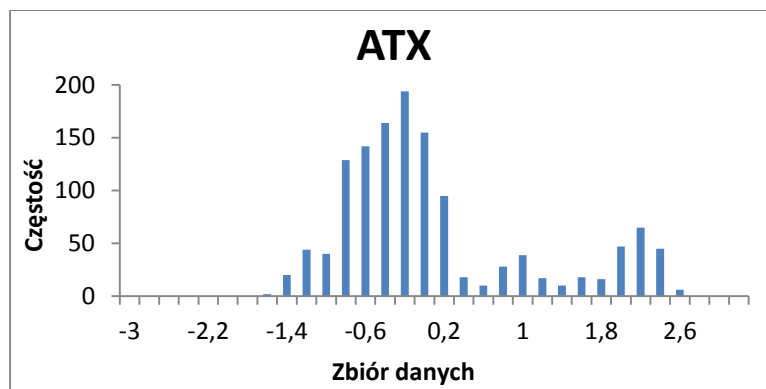
do rozkładu normalnego. Autor pragnie zwrócić jednak uwagę na rozkład wartości indeksu DAX w przedziałach  $\langle -0,6; -0,2 \rangle$  oraz  $\langle 0,4; 1 \rangle$ . Mieściły się w nich wartości na zakończenie znaczącej części sesji giełdowych. Koncentracja przypadków dla pierwszego z przedziałów jest konsekwencją utrzymywania się wartości indeksów nieznacznie poniżej wartości średniej od połowy 2009 do końca 2010 roku. Znacząca koncentracja przypadków w drugim przedziale jest konsekwencją zachowania się indeksu w latach 2007 – 2008 oraz w roku 2011. W latach tych wartość indeksu utrzymywała się w średniookresowym trendzie konsolidacyjnym mieszczącym się nieznacznie powyżej wartości średniej. Znacząca koncentracja wartości w okolicach wartości średniej znajduje swoje potwierdzenie w niskiej wartości miary współczynnika zmienności i wysokiej wartości rozstępu ćwiartkowego. Relatywnie mała ilość sesji giełdowych, w których wartość indeksu w sposób znaczący odbiegała od wartości średniej, wpłynęła na niską wartość miary zróżnicowania decylogowego. Zdaniem autora, specyficzny rozkład wartości indeksu DAX, tj. koncentracja rozkładu wartości wokół wartości średniej oraz fakt, że indeks DAX na koniec 2013 osiągnął znacznie wyższe wartości niż w szczycie hossy w latach 2007 – 2008, świadczą o niskim ryzyku inwestycyjnym oraz znajdują swoje potwierdzenie w relatywnie dobrym stanie niemieckiej gospodarki.



**Rysunek 27** Histogram rozkładu wyników notowań indeksu FTSE 100. Na podstawie danych normalizowanych.

Rozkład wartości dla indeksu FTSE 100 charakteryzuje się wartością skośności bliską 0. Fakt ten znajduje swoje odzwierciedlenie również w prezentacji graficznej w postaci histogramu. Analogicznie do rozkładu indeksu DAX, jest on równomiernie rozdystrybuowany względem wartości średniej. Ujemna wartość kurtozy potwierdza z kolei spłaszczenie względem rozkładu normalnego. Autor pragnie zwrócić uwagę na koncentrację rozkładu w przedziale  $\langle -0,6; -0,2 \rangle$ . Jest to spowodowane zachowaniem indeksu w latach 2010 – 2012, kiedy to wartość indeksu poruszała się w średnioterminowym kanale konsolidacyjnym, którego skrajne wartości znajdowały się poniżej wartość średniej badanego okresu. W przypadku przedziału  $\langle 0,4; 0,6 \rangle$  koncentracja wartości indeksu FTSE 100 jest konsekwencją trwającego od 2011 do końca 2012 roku trendu konsolidacyjnego, w trakcie którego wartości indeksu poruszały się w przedziale nieznacznie wyższym od wartości średniej. Koncentracja wyników w okolicach wartości średniej znalazła

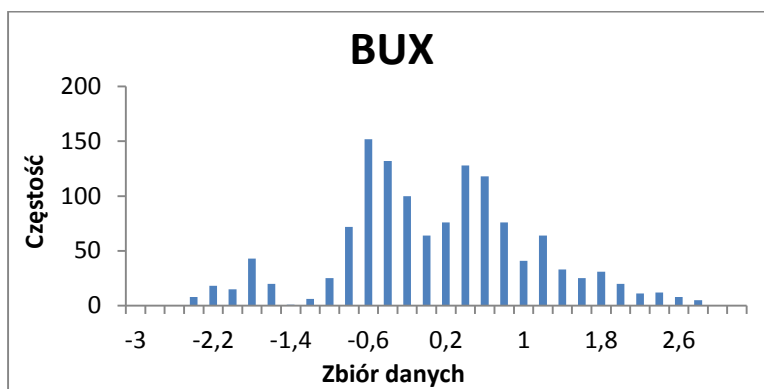
swoje odzwierciedlenie w wysokiej wartości miary rozstępu ćwiartkowego oraz relatywnie niskich wartościach współczynnika zmienności. Autor pragnie zwrócić uwagę na niski udział wartości skrajnych w zbiorze wartości londyńskiego indeksu w latach 2007 i 2013. Brak jest bowiem przypadków wartości indeksu mieszczących się w przedziale  $\langle -3; -1,8 \rangle$  oraz  $\langle 2,6; 3 \rangle$ . Wyniki analizy zróżnicowania decylowego oraz miary spadku i wzrostu są w tym przypadku zbieżne z obserwacjami empirycznymi histogramu rozkładu.



**Rysunek 28** Histogram rozkładu wyników notowań indeksu ATX. Na podstawie danych normalizowanych.

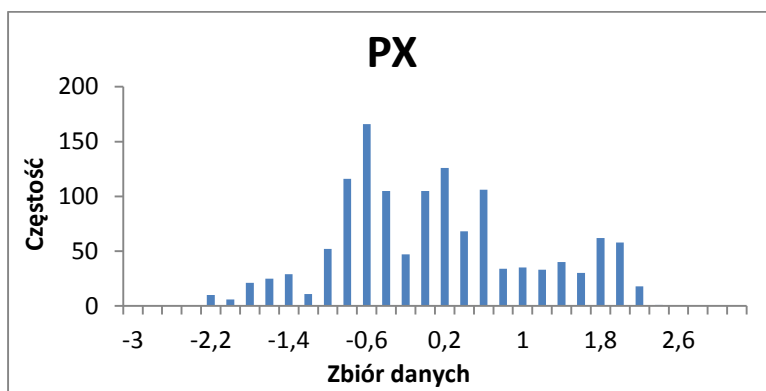
Jak już zostało to wielokrotnie podkreślone, indeks ATX posiada wiele cech charakterystycznych dla indeksów Europy Środkowowschodniej. Rozkład danych charakteryzuje się wysoką, na tle innych indeksów, wartością współczynnika skośności. Analiza histogramu rozkładu potwierdza lewoskośność danych. Znaczący jest bowiem udział danych z przedziału  $\langle -1; 0 \rangle$ . Wartość współczynnika kurtozy informuje o spłaszczeniu rozkładu danych bliskim spłaszczeniu rozkładu normalnego. Obserwacje histogramu zdają się jednak temu zaprzeczać. Autor pragnie jednak zaznaczyć, że współczynnik kurtozy informuje o spłaszczeniu rozkładu w całym zakresie zmienności danych. Znacząca koncentracja danych w przedziale  $\langle -1; 0 \rangle$  niwelowana jest bowiem przez niski poziom koncentracji w przedziale  $\langle 0; 1 \rangle$ . Wysoka wartość współczynnika wzrostu z kolei informuje o udziale wartości znacząco wyższych od wartości średniej. Fakt ten przekłada się bezpośrednio na najwyższą wśród porównywanych indeksów wartość współczynnika zmienności oraz wysoką wartość zróżnicowania decylowego. Niska wartość miary rozstępu ćwiartkowego znajduje swoje potwierdzenie w wysokiej koncentracji sesji giełdowych, podczas których wartość indeksu zawierała się w przedziale  $\langle -1; 1 \rangle$ . Autor chce podkreślić, że od początku 2009 roku notowania indeksu ATX poruszają się w przedziale mieszczącym się poniżej wartości średniej. Fakt ten obrazuje złą kondycję giełdy wiedeńskiej. Ta z kolei jest wynikiem złego stanu gospodarki austriackiej oraz gospodarek państw, których liczne spółki notowane są na tym parkiecie.

## Indeksy Europy Środkowowschodniej



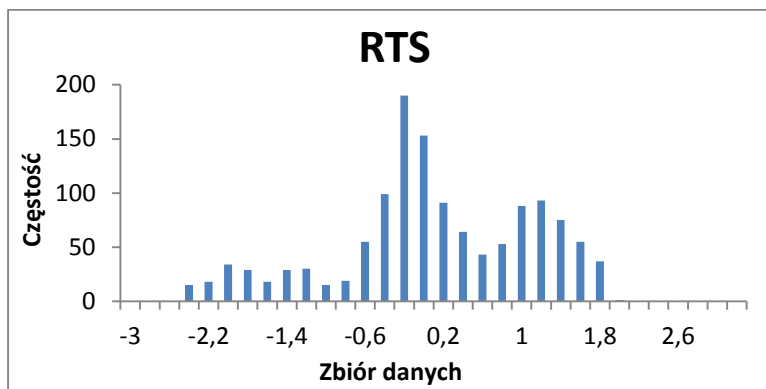
Rysunek 29 Histogram rozkładu wyników notowań indeksu BUX. Na podstawie danych normalizowanych.

Indeks giełdy budapesztańskiej charakteryzuje się brakiem asymetrii rozkładu. Wartość współczynnika skośności jest bowiem bliska 0. Spłaszczenie rozkładu wartości indeksu bliskie jest wzorcowemu rozkładowi normalnemu. Należy jednak podkreślić, że rozkład wartości notowań indeksu różni się w sposób znaczący w przedziałach  $\langle -0,6; -0,2 \rangle$  oraz  $\langle 0,4; 0,8 \rangle$ . Fakt ten znajduje swoje potwierdzenie w wysokiej, na tle pozostałych indeksów, wartości miary rozstępu ćwiartkowego. Koncentracja licznych przypadków danych w przedziale  $\langle -0,6; -0,2 \rangle$  jest wynikiem trendu konsolidacyjnego trwającego od początku 2012 roku do końca analizowanego okresu. Koncentracja w przedziale  $\langle 0,4; 0,8 \rangle$  jest z kolei wynikiem trwającego od początku 2010 roku do połowy 2011 trendu konsolidacyjnego. Autor pragnie nadmienić, że w wyniku kryzysu zadłużenia państw strefy Euro w 2011 roku nastąpiła znacząca redukcja wartości indeksu BUX. Sam kryzys z lat 2008 – 2009 również doprowadził do znaczącego spadku wartości indeksu. Wydarzenie to znalazło swoje odzwierciedlenie we względnie wysokiej wartości skali spadku i skali wzrostu. Wydarzenia z lat 2008 – 2009 zachwiały w sposób znaczący wartość indeksu. Miały one jednak charakter krótkoterminowy. Potwierdza to wysoka wartość zróżnicowania decylogowego na tle pozostałych indeksów giełdowych. Indeks BUX wykazuje szereg cech charakterystycznych dla pozostałych indeksów giełd środkowowschodniej Europy. Charakteryzuje się bowiem względnie wysoką wartością współczynnika zmienności oraz ryzyka inwestycyjnego. Fakt ten znajduje potwierdzenie również w kształcie histogramu rozkładu. Koncentracja wartości wokół wartości średniej jest wyraźnie niższa niż w przypadku indeksów Europy Zachodniej.



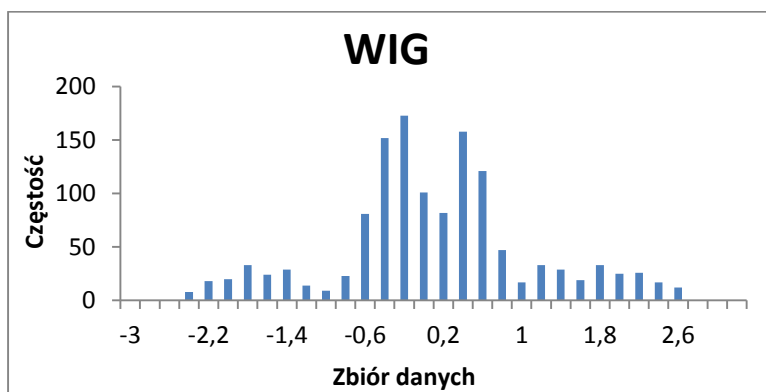
**Rysunek 30** Histogram rozkładu wyników notowań indeksu PX. Na podstawie danych normalizowanych.

Rozkład indeksu praskiego charakteryzuje się niewielką lewoskośnością – niska dodatnia wartość współczynnika skośności. W porównaniu do wzorcowego rozkładu normalnego, rozkład indeksu PX cechuje większy stopień spłaszczenia. Podobnie jak w przypadku analizy wcześniejszych indeksów, tak również w przypadku tego indeksu należy wyróżnić dwa przedziały wartości znajdujące się po przeciwnych stronach wartości średniej. W przedziale  $\langle -0,8; -0,4 \rangle$  widoczna jest znacząca koncentracja przypadków danych. Jest to konsekwencja zachowania się indeksu PX w latach 2012 – 2013. Na przestrzeni tych lat wartości indeksu poruszały się w kanale konsolidacyjnym wyznaczonym przez granice przedziału. Drugim przedziałem wartym uwagi jest  $\langle 0; 0,6 \rangle$ . Przedział ten również charakteryzuje się wysokim poziomem koncentracji przypadków danych. Tak wysoki poziom koncentracji jest konsekwencją trwającego od połowy 2009 roku do połowy 2011 roku trendu konsolidacyjnego. Podczas jego trwania indeks przyjmował wartości właśnie z zakresu  $\langle 0; 0,6 \rangle$ . Autor pragnie podkreślić, że w odróżnieniu od pozostałych indeksów Europy Środkowowschodniej, indeks PX charakteryzuje się niską wartością współczynników skali spadku i wzrostu oraz ryzyka inwestycyjnego i miary rozstępu. Zdaniem autora jest to konsekwencją niskiego poziomu płynności giełdy praskiej oraz rozwiniętej gospodarki czeskiej na tle pozostałych gospodarek tego regionu Europy. Wydarzenia z lat 2008 – 2009 zachwiały w sposób znaczący wartość indeksu i miały charakter krótkoterminowy. Świadczy o tym wysoka wartość zróżnicowania decylowego. Wahania nie były jednak tak znaczące jak w przypadku indeksu ATX czy CAC 40.



**Rysunek 31** Histogram rozkładu wyników notowań indeksu RTS. Na podstawie danych normalizowanych.

W przypadku indeksu RTS rozkład wartości cechuje się prawoskośnością. Wniosek taki znajduje swoje potwierdzenie w ujemnej wartości współczynnika skośności oraz w analizie samego histogramu. Warto odnotowania jest wysoki stopień koncentracji wartości indeksu w okolicach wartości średniej. Potwierdza to również wysoka wartość rozstępu ćwiartkowego. Mimo znaczącej koncentracji przypadków danych w okolicach wartości średniej, współczynnik kurtozy przyjmuje wartości ujemne. Jest to wynik płaszczenia rozkładu w przedziale  $(-2,4; -0,4)$ . Obserwacje graficzne wykresu danych normalizowanych pozwalają na wyciągnięcie wniosku, że spadek wartości kursu w latach 2008 – 2009 był znaczący, ale krótkotrwały. Znajduje to również potwierdzenie w wysokiej wartości miernika skali spadku. Jak zostało już wspomniane podczas analizy empirycznej danych, notowania indeksu cechują się wysoką zmiennością. Dotyczy to również zmienności wartości między kolejnymi sesjami giełdowymi. Potwierdza to najwyższa spośród analizowanych indeksów wartość współczynnika zmienności oraz ryzyka inwestycyjnego.

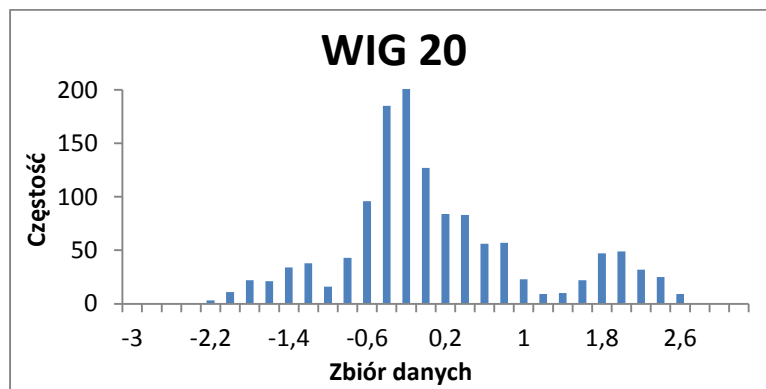


**Rysunek 32** Histogram rozkładu wyników notowań indeksu WIG. Na podstawie danych normalizowanych.

Wartości Warszawskiego Indeksu Giełdowego charakteryzują się niską wartością współczynnika skośności. Na wykresie histogramu widoczny jest równomierny rozkład wartości ujemnych oraz dodatnich. Wartość współczynnika kurtozy bliska jest wartości charakterystycznej dla wzorcowego rozkładu normalnego. Koncentracja przyjmowanych wartości indeksu WIG wokół wartości średniej w przedziale



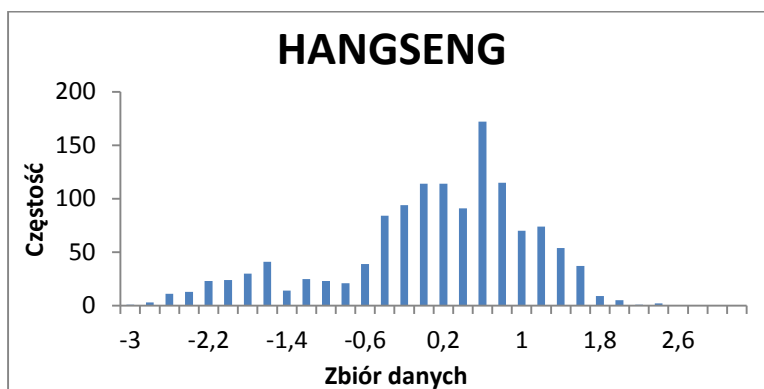
$\langle -0,6; 0,6 \rangle$  niwelowana jest przez znaczące spłaszczenie rozkładu w obszarach skrajnych. Owe spłaszczenie znajduje swoje odzwierciedlenie w najwyższej spośród analizowanych indeksów giełdowych wartości pierwszego i dziewiątego decyla. Taki rozkład danych przekłada się na relatywnie wysoką wartość współczynnika zmienności. Autor pragnie nadmienić, że wysoka wartość zmienności nie przekłada się na wysoką wartość ryzyka inwestycyjnego. Skala zmian wartości indeksu między sąsiednimi sesjami giełdowymi zbieżna jest ze skalą zmian indeksów zachodniej Europy. Zdaniem autora, potwierdza to wysoki stopień rozwoju polskiego rynku kapitałowego. Analizując rozkład wartości indeksu w przypadkach skrajnych należy podkreślić niski stopień koncentracji. Odwołując się do wykresu notowań indeksu na przestrzeni analizowanego okresu czasu podkreślić należy, że już od połowy 2009 roku do końca 2013 roku wartości indeksu poruszały się w przedziale  $\langle -0,8; 0,8 \rangle$ . Fakt ten wpłynął w znaczący sposób na wysoką koncentrację przypadków wartości wokół wartości średniej.



**Rysunek 33** Histogram rozkładu wyników notowań indeksu WIG20. Na podstawie danych normalizowanych.

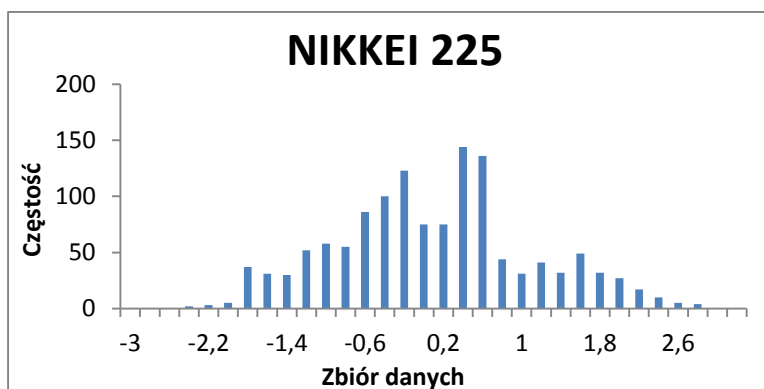
Analiza empiryczna danych oraz wykres notowań indeksu wykazują zbieżność charakterystyk indeksów WIG i WIG20. Potwierdza to np. znacząca zbieżność miar spadku, wzrostu oraz rozrzutu. Zbieżność ta dotyczy zarówno wartości współczynnika zmienności, jak i ryzyka inwestycyjnego. Analiza kształtu histogramu rozkładu wartości sugeruje jednak istnienie pewnych różnic. Warto zwrócić uwagę na wartość współczynnika skośności. Jest on wyraźnie większy niż w przypadku indeksu WIG. Analiza histogramu potwierdza lewoskośność rozkładu danych. Analiza współczynnika kurtozy potwierdza nieznaczną koncentrację danych wokół wartości średniej. Godna odnotowania jest jednak koncentracja w przedziale  $\langle -0,4; -0,2 \rangle$ . Jest ona wynikiem zachowania się indeksu w roku 2010 oraz na przestrzeni lat 2012 i 2013. Odmienny rozkład danych niż w przypadku indeksu WIG znajduje swoje odzwierciedlenie również w niższej wartości zróżnicowania decylowego oraz wartości pierwszego oraz dziewiątego decyla. Jest to sygnał odmiennej charakterystyki danych w przedziałach skrajnych.

## Indeksy Azji



Rysunek 34 Histogram rozkładu wyników notowań indeksu HANGSENG. Na podstawie danych normalizowanych.

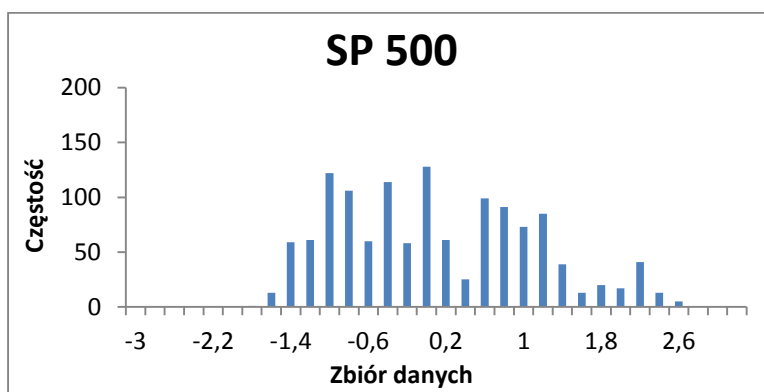
Analizując histogram rozkładu warto podkreślić bardzo znaczące zróżnicowanie rozkładu ujemnych oraz dodatnich wartości. W przypadku wartości ujemnych rozkład charakteryzuje się znaczącym stopniem spłaszczenia. W przypadku wartości dodatnich – koncentracją przypadków w okolicach wartości średnich. Wartość współczynnika skośności potwierdza wyraźną prawoskośność rozkładu. Taka charakterystyka rozkładu jest unikatowa na tle analizowanych indeksów giełdowych. Wartość współczynnika kurtozy wykazuje koncentrację rozkładu wokół wartości średniej. Zdaniem autora, jest ono wynikiem rozkładu danych w przedziale wartości dodatnich. Wartość współczynnika zmienności jest z kolei najniższa spośród wszystkich analizowanych indeksów giełdowych. Jest to spowodowane niską wartością odchylenia standardowego. Miara ryzyka inwestycyjnego informuje jednak, że dzienna zmienność wartości indeksu nie odbiega od średniej wartości charakterystycznej dla rynków rozwiniętych. Zdaniem autora, jest to wyraźny sygnał, że hongkoński rynek nieustannie uważany jest nadal za rynek wschodzący. W czasach globalnego kryzysu gospodarczego rynek ten wykazuje bowiem cechy charakterystyczne dla rynków rozwiniętych.



Rysunek 35 Histogram rozkładu wyników notowań indeksu NIKKEI 225. Na podstawie danych normalizowanych.

Rozkład wartości dla głównego indeksu giełdy tokijskiej charakteryzuje się wartością skośności bliską 0. Analiza współczynnika kurtozy wskazuje z kolei na spłaszczenie rozkładu nieznacznie większe, niż ma to miejsce w przypadku rozkładu normalnego. Podobnie jak w przypadku analizy wcześniejszych indeksów, tak również w przypadku indeksu NIKKEI 225 należy wyróżnić dwa przedziały wartości znajdujące się po przeciwnych stronach wartości średniej. W przedziale  $(-0,4; -0,2)$  widoczna jest znacząca koncentracja przypadków danych będąca konsekwencją zachowania indeksu na przestrzeni lat 2010 – 2012. Wtedy to indeks NIKKEI 225 przyjmował wartości głównie z tego przedziału. W przedziale  $(0,4; 0,6)$  z kolei widoczna jest koncentracja przypadków danych będąca konsekwencją zachowania indeksu w pierwszym kwartale 2011 roku oraz w roku 2012. Wartości współczynników zmienności oraz ryzyka inwestycyjnego należą do najniższych spośród analizowanych indeksów giełdowych. Fakt ten oraz niska wartość skali spadku oraz wzrostu potwierdzają znaczącą stabilność tokijskiego rynku giełdowego. Niska wartość rozstępu ćwiartkowego informuje o niskim poziomie zróżnicowania wartości indeksu w obszarze zmienności typowych. W obszarach skrajnych z kolei widoczne jest znaczące spłaszczenie rozkładu.

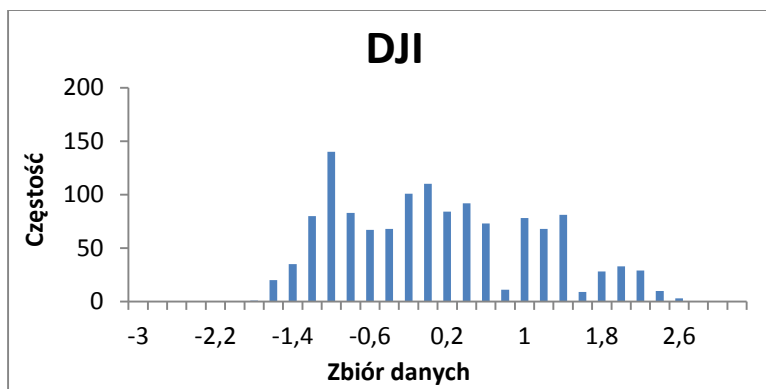
### Indeksy Ameryki Północnej



**Rysunek 36** Histogram rozkładu wyników notowań indeksu SP 500. Na podstawie danych normalizowanych.

Analizę histogramu wartości indeksu SP 500 należy rozpocząć od podkreślenia znaczącej asymetrii rozkładu. W przedziale wartości ujemnych widoczna jest bowiem koncentracja wokół wartości średniej. Fakt ten znajduje swoje odzwierciedlenie w dodatniej wartości współczynnika skośności. Potwierdza to lewoskośność rozkładu wartości. Współczynnik kurtozy odzwierciedla z kolei znaczące spłaszczenie rozkładu. Zdaniem autora, jest to konsekwencją zachowania indeksu w latach 2009 – 2013. W okresie tym wartości indeksu SP 500 poruszają się nieprzerwanie w trendzie wzrostowym. Wartość skali spadku jest wyraźnie niższa niż skali wzrostu. Dlatego też w przedziale  $(-3; -1,8)$  nie odnotowano żadnych przypadków danych, podczas gdy w przeciwnym obszarze  $(1,8; 3)$  znajduje się ponad 7% wszystkich przypadków wartości indeksu. Wysoka koncentracja rozkładu w okolicach wartości średniej potwierdzona

została przez najwyższą wartość rozstępu ćwiartkowego. Znacząca jest zatem zmienność wartości indeksu w obszarze wartości typowych, bliskich wartości średniej. Sama wartość współczynnika zmienności jest zatem niewystarczająca, gdyż sugeruje, że zmienność wartości indeksu SP 500 nie odbiega od pozostałych indeksów gospodarek rozwiniętych. Wartość ryzyka inwestycyjnego, a więc miary dziennej zmienności wartości indeksu, kształtuje się na względnie niskim poziomie – charakterystycznym dla rynków wysoko rozwiniętych.



**Rysunek 37** Histogram rozkładu wyników notowań indeksu DJI. Na podstawie danych normalizowanych.

Indeks DJI jest, podobnie jak indeks SP 500, znaczącym barometrem giełdy nowojorskiej. Oba indeksy są więc związane z tym samym rynkiem kapitałowym. Ich histogramy wykazują zatem wiele cech wspólnych. Podobnie jak w przypadku SP 500, również indeks DJI wykazuje znaczącą asymetrię rozkładu. W obszarze wartości ujemnych widoczna jest koncentracja wokół wartości średniej, a współczynnik skośności potwierdza lewoskośność rozkładu danych. Wartość miary kurtozy potwierdza z kolei wyraźne spłaszczenie rozkładu. Również skala spadku jest wyraźnie niższa niż skali wzrostu. W przedziale  $(-3; -1,8)$  nie odnotowano żadnych przypadków danych. Koncentracja w przeciwnym obszarze  $(1,8; 3)$  jest niemal identyczna jak w przypadku indeksu SP 500. Warto odnotowania jest nieznacznie niższa wartość współczynników zmienności oraz ryzyka inwestycyjnego. Nieznacznie wyższa jest również zmienność w obszarze krańcowym. Informuje o tym wartość dziewiątego decyla.

## 5.1. Analiza korelacji notowań

W części tej przeprowadzona zostanie analiza mająca na celu ukazanie jednej z miar siły zależności między zbiorami danych. Nie bez znaczenie dla tej części pracy jest wynik przeprowadzonych wcześniej testów Shapiro-Wilka. Dzięki temu testowi zweryfikowana i podtrzymana została hipoteza, że rozkład wartości wszystkich analizowanych indeksów giełdowych zbieżny jest z rozkładem normalnym. Tym samym interpretacje wartości współczynnika korelacji Pearsona między danymi nie będą obarczone błędem statystycznym. Jednym z wymogów dotyczących rozkładu danych podczas obliczania korelacji liniowej Pearsona jest ich zbieżność z rozkładem normalnym. Współczynnik korelacji obliczany jest według wzoru:

$$r(x, y) = \frac{cov(x, y)}{\sigma_x \times \sigma_y} \quad 29.$$

Sam współczynnik kowariancji między populacjami  $x$  i  $y$  wyliczany jest według wzoru:

$$cov(x, y) = E(x \times y) - E(x) \times E(y) \quad 30.$$

$\sigma_x$  – odchylenie standardowe populacji  $x$ ,

$E$  – wartość oczekiwana.

	CAC 40	DAX	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
CAC 40	1												
DAX	0,4119	1											
FTSE 100	0,7855	0,7833	1										
ATX	0,9512	0,2510	0,6760	1									
BUX	0,7983	0,3129	0,6009	0,8344	1								
PX	0,8292	0,1857	0,5498	0,9305	0,9174	1							
RTS	0,6886	0,4310	0,6803	0,7811	0,7920	0,8568	1						
WIG	0,8598	0,6495	0,8555	0,8447	0,8526	0,8303	0,8491	1					
WIG20	0,8930	0,3971	0,7415	0,9382	0,8978	0,9405	0,8839	0,9479	1				
HANGSENG	0,2505	0,8281	0,6137	0,1160	0,3494	0,1654	0,3619	0,5087	0,2955	1			
NIKKEI 225	0,5001	0,8344	0,8366	0,3029	0,3010	0,1561	0,3140	0,5634	0,3542	0,7068	1		
DJI	0,1941	0,8927	0,7224	0,0092	0,0497	-0,1001	0,2178	0,4099	0,1477	0,7416	0,8702	1	
SP 500	0,2963	0,9171	0,7843	0,1142	0,1250	-0,0108	0,2814	0,4900	0,2354	0,7401	0,9019	0,9915	1

Tabela 12 Współczynnik korelacji Pearsona dla notowań analizowanych indeksów giełdowych. Dane z lat 2007 – 2013.

Powyżej zaprezentowano tabelę współczynników korelacji, ukazującą zależność liniową między wartościami analizowanych indeksów giełdowych. Na potrzeby tej części pracy badawczej ukazana została zależność między wartościami indeksów w latach 2007 – 2013.

Analizując tabelę wartości współczynników, warto zwrócić uwagę na wysoką wartość korelacji wzajemnej dla wszystkich indeksów Europy Środkowowschodniej. W przypadku tych indeksów współczynnik korelacji

przyjmuje wartości większe niż 0,83. Fakt ten nie powinien jednak dziwić, gdyż z punktu widzenia gospodarki światowej rynki kapitałowe tej części Europy zaliczane są do grupy rynków wschodzących o podobnej specyfice – dla zagranicznych inwestorów instytucjonalnych postrzegane są często jako rynki niemal tożsame. Analiza korelacji potwierdziła sugerowaną przez autora wysoką zbieżność zachowania indeksu ATX z indeksami Europy Środkowowschodniej. W przypadku tej grupy indeksów znacząca jest również wysoka wartość współczynnika korelacji z indeksami Europy Zachodniej. Wyjątkiem od tej reguły jest indeks DAX. Frankfurcki indeks wykazuje niski poziom zbieżności z indeksami praskim oraz wiedeńskim. Fakt ten może dziwić, gdyż powiązania gospodarcze Niemiec, Austrii i Czech są oczywiste, a mimo to zachowanie rynków kapitałowych tych krajów jest odmienne. Kolejną konkluzją analizy jest wysoka wartość współczynnika dla indeksów rynków azjatyckich oraz amerykańskich. Zdaniem autora, źródłem tej zależności są nie tylko powiązania gospodarcze, ale również fakt, że indeksy te zaliczane są do barometrów gospodarki światowej. Dlatego też nie powinien dziwić fakt wysokiej wartości współczynnika między indeksami azjatyckimi a indeksami DAX czy FTSE 100. Zachowanie tych sześciu indeksów, mimo że związanych z gospodarkami odległych regionów świata, wpływa jednak w bardzo znaczący sposób na zachowanie globalnego rynku kapitałowego. Analizując owe sześć kluczowych indeksów warto wspomnieć o ich relatywnie wysokim stopniu korelacji z indeksem WIG. Zdaniem autora, fakt ten dobitnie potwierdza, że główny warszawski indeks giełdowy bardzo silnie związany jest z kondycją rynków światowych, a sam może być uważany za najważniejszy barometr kondycji gospodarczej i kapitałowej Europy Środkowowschodniej.

Z punktu widzenia niniejszej pracy doktorskiej ważne jest jednak ukazanie zależności między notowaniami analizowanych indeksów giełdowych również w perspektywie krótszej niż siedmioletniej. Dlatego w kolejnym etapie analizy korelacji danych przedstawione zostaną wartości współczynników Pearsona dla poszczególnych lat. Zestawienie to jest istotne, gdyż może ukazać istotne powiązania między notowaniami analizowanych indeksów w momentach kluczowych. Autor ma na myśli w szczególności lata 2008 – 2009, w których to rynki giełdowe dyskutowały negatywne informacje płynące z sektora bankowego oraz rok 2011, w którym punkt kulminacyjny osiągnął kryzys finansów państw południowej Europy. Podobnie jak w przypadku analizy korelacji w perspektywie siedmioletniej, tak również teraz należy dokonać weryfikacji, czy dane notowań indeksów w poszczególnych latach mają rozkład zbliżony do normalnego. Analogicznie do weryfikacji tej hipotezy wykorzystany został test Shapiro-Wilka. Jego wyniki zaprezentowane zostały w tabeli poniżej.

Indeks giełdowy	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
CAC 40	0,975	0,955	0,956	0,993	0,898	0,950	0,939
DAX	0,963	0,973	0,953	0,939	0,910	0,962	0,947
FTSE 100	0,903	0,956	0,936	0,956	0,980	0,994	0,952
ATX	0,964	0,862	0,945	0,950	0,860	0,972	0,990
BUX	0,950	0,829	0,912	0,951	0,892	0,984	0,986
PX	0,963	0,822	0,911	0,983	0,829	0,962	0,976
RTS	0,980	0,836	0,946	0,936	0,955	0,930	0,927
WIG	0,978	0,873	0,919	0,965	0,838	0,975	0,915
WIG20	0,984	0,870	0,945	0,979	0,871	0,984	0,979
HANGSENG	0,909	0,982	0,866	0,971	0,987	0,907	0,971
NIKKEI 225	0,923	0,981	0,952	0,905	0,920	0,967	0,933
DJI	0,867	0,976	0,988	0,962	0,895	0,947	0,957
SP 500	0,854	0,967	0,980	0,960	0,957	0,970	0,942
Wartość krytyczna	0,9862	0,9861	0,9862	0,9862	0,9852	0,9855	0,9819

Tabela 13 Wartość statystyki Shapiro-Wilka dla notowań indeksów giełdowych w latach 2007 – 2013.

Przypadki, w których należy odrzucić hipotezę o zbieżności rozkładów danych z rozkładem normalnym zostały oznaczone kolorem czerwony. W dalszej części analizy korelacji należy mieć na uwadze, że wyniki wartości korelacji dla tych danych mogą być obarczone błędem analitycznym. Poniżej zaprezentowane zostały wyniki współczynników korelacji dla indeksów giełdowych w podziale rocznym.

	CAC 40	DAX	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
CAC 40	1	0,274	0,911	0,918	0,409	0,047	-0,481	0,465	0,298	-0,490	0,699	0,792	0,834
DAX	0,987	1	0,026	0,335	0,755	0,828	0,200	0,885	0,835	0,438	-0,383	0,135	-0,067
FTSE 100	0,984	0,911	1	0,885	0,298	-0,186	-0,526	0,270	0,122	-0,517	0,871	0,887	0,950
ATX	0,911	0,925	0,918	1	0,503	0,173	-0,379	0,580	0,418	-0,367	0,658	0,775	0,796
BUX	0,875	0,911	0,894	0,951	1	0,546	0,032	0,882	0,779	0,178	-0,033	0,421	0,224
PX	0,872	0,898	0,883	0,988	0,962	1	0,500	0,743	0,837	0,644	-0,564	-0,181	-0,324
RTS	0,858	0,881	0,870	0,972	0,924	0,972	1	0,053	0,364	0,705	-0,623	-0,620	-0,645
WIG	0,930	0,932	0,943	0,967	0,957	0,964	0,926	1	0,918	0,239	-0,126	0,315	0,151
WIG20	0,921	0,930	0,932	0,968	0,970	0,970	0,931	0,997	1	0,494	-0,286	0,112	-0,035
HANGSENG	0,959	0,954	0,955	0,844	0,829	0,802	0,793	0,867	0,861	1	-0,713	-0,429	-0,576
NIKKEI 225	0,858	0,846	0,831	0,664	0,607	0,603	0,604	0,666	0,646	0,894	1	0,781	0,911
DJI	0,812	0,770	0,812	0,565	0,539	0,496	0,466	0,629	0,599	0,846	0,898	1	0,955
SP 500	0,910	0,893	0,920	0,758	0,744	0,705	0,664	0,797	0,777	0,920	0,888	0,953	1

Tabela 14 Współczynnik korelacji Pearsona dla notowań analizowanych indeksów giełdowych. Dane roku 2007 w prawym górnym rogu. Dane roku 2008 w lewym dolnym rogu.

W roku 2007 wartość części indeksów giełdowych rosła. Brak było wyraźnych sygnałów zapowiadających nagłą zmianę trendu. Zdaniem autora, taka sytuacja sprawiła, że zmiany notowania większości indeksów nie były zależne tylko od światowej sytuacji rynków kapitałowych, ale w znaczącej mierze od stanu

gospodarek poszczególnych krajów. Analizując wartość współczynnika korelacji indeksów Europy Środkowowschodniej warto zwrócić uwagę, że siła współzależności wykazana podczas analizy danych z lat 2007 – 2013 jest znacząco niższa w roku 2007. Warta podkreślenia jest bardzo niska korelacja zmian notowań między indeksami Europy Środkowowschodniej a indeksem moskiewskim. Podczas gdy wartość większości indeksów poruszała się w trendzie wzrostowym, indeks RTS trwał w trendzie konsolidacyjnym. W przypadku indeksów Europy Zachodniej zaobserwować można wyraźną współzależność liniową między wartościami notowań. Wyjątek stanowi jednak indeks DAX. W jego przypadku korelacja z notowaniami indeksów Europy Środkowej jest silniejsza niż z notowaniami indeksów CAC 40, FTSE 100 czy ATX. Autor pragnie jednak zwrócić uwagę na fakt wysokiej współzależności między indeksami rynków bardzo odległych geograficznie. Współczynnik korelacji między indeksami CAC 40, FTSE 100, NIKKEI 225, DJI oraz SP 500 jest większy niż 0,699. Notowania tych indeksów poruszały się bowiem w lekkim trendzie spadkowym, a rynki giełdowe dyskutowały coraz to gorsze informacje o stanie gospodarek – zwłaszcza pogarszającej się sytuacji w sektorze finansowym.

W roku 2008 sygnały o złym stanie głównych gospodarek świata stawały się coraz bardziej wyraźne. Bardzo złe dane dotyczyły zwłaszcza kondycji sektora finansowego. Notowania wszystkich analizowanych indeksów giełdowych poruszały się w bardzo silnym trendzie spadkowym. To z kolei przełożyło się na bardzo wysoką wartość współczynników korelacji między notowaniami analizowanych indeksów giełdowych. Wartość ta, w większości przypadków, była większa niż 0,8. Wyjątek stanowią indeksy Europy Środkowowschodniej, w przypadku których współczynnik korelacji przyjmuje wartości z zakresu (0,46; 0,86). Taka różnica jest w znacznej mierze spowodowana zmianami notowań walut tych rynków. Waluty te, jako utożsamiane z rynkami wchodzącymi, uważane były za bardziej ryzykowne niż waluty krajów rozwiniętych gospodarczo. To z kolei przekładało się na ich znaczącą deprecjację i tym samym zwiększenie skali spadku wartości indeksu. Należy przypomnieć, że analiza wykonana została na danych przewalutowanych, poddanych operacji normalizacji. Silna deprecjacja walut rynków Europy Środkowowschodniej sprawiła, że z perspektywy referencyjnego rynku warszawskiego względna skala spadku wartości indeksów zachodnich była niższa. Była ona bowiem niwelowana przez względną aprecjację wartości dolara, funta brytyjskiego, japońskiego jena czy euro względem polskiej złotówki. Z perspektywy niniejszej pracy znaczące jest jednak to, że w dobie globalnego kryzysu gospodarczego zachowania indeksów były ze sobą w znaczący sposób skorelowane.



	CAC 40	DAX	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
CAC 40	1	0,983	0,956	0,945	0,935	0,872	0,911	0,899	0,892	0,879	0,682	0,716	0,859
DAX	0,189	1	0,961	0,955	0,948	0,896	0,922	0,921	0,916	0,928	0,718	0,680	0,848
FTSE 100	0,211	0,736	1	0,911	0,925	0,844	0,873	0,878	0,870	0,916	0,717	0,721	0,862
ATX	0,736	0,635	0,640	1	0,975	0,965	0,930	0,954	0,942	0,938	0,656	0,527	0,727
BUX	0,504	-0,251	-0,213	0,182	1	0,957	0,924	0,980	0,971	0,931	0,633	0,557	0,729
PX	0,289	0,362	0,456	0,447	0,426	1	0,871	0,964	0,950	0,912	0,633	0,416	0,624
RTS	0,446	0,695	0,738	0,723	0,175	0,702	1	0,917	0,921	0,909	0,536	0,551	0,719
WIG	0,342	0,828	0,857	0,722	0,075	0,431	0,667	1	0,996	0,912	0,573	0,518	0,683
WIG20	0,450	0,787	0,826	0,778	0,163	0,483	0,703	0,988	1	0,901	0,563	0,523	0,679
HANGSENG	-0,163	0,886	0,832	0,308	-0,399	0,209	0,491	0,682	0,598	1	0,705	0,519	0,733
NIKKEI 225	-0,043	0,580	0,502	0,264	-0,306	0,206	0,595	0,197	0,175	0,577	1	0,593	0,746
DJI	-0,281	0,674	0,615	0,138	-0,315	0,331	0,550	0,335	0,272	0,768	0,867	1	0,945
SP 500	-0,135	0,680	0,622	0,253	-0,227	0,362	0,644	0,364	0,322	0,715	0,915	0,978	1

**Tabela 15** Współczynnik korelacji Pearsona dla notowań analizowanych indeksów giełdowych. Dane roku 2009 w prawym górnym rogu. Dane roku 2010 w lewym dolnym rogu.

Rok 2009 jest szczególnie istotny z punktu widzenia prac badawczych niniejszej pracy. W roku tym wszystkie analizowane indeksy giełdowe zanotowały swoje wieloletnie minima. Dla części indeksów, takich jak np. DAX, FTSE 100, DJI czy SP 500, w roku tym zapoczątkowany został długoterminowy trend wzrostowy trwający aż do końca analizowanego okresu. Dla pozostałych indeksów odbicie od dna bessy miało charakter korekty technicznej. Analogicznie jak w roku 2008, zaobserwować można wysoką współzależność zmian notowań wszystkich indeksów Europy oraz hongkońskiego HANGSENG. W przypadku indeksów NIKKEI 225, DJI oraz SP 500 wartości współczynnika korelacji są wyraźnie niższe. Źródła takich wartości należy upatrywać w sile odbicia wartości indeksów od dna bessy. W przypadku wymienionych indeksów nowojorskich i tokijskich wzrost wartości indeksów był wyraźnie rozciągnięty w czasie. Potwierdzają to obserwacje wykresów notowań zamieszczone we wcześniejszych częściach pracy. W 2010 roku na wielu rynkach giełdowych nastąpiło przejście z trendu wzrostowego na trend konsolidacyjny. Analizę współzależności zmian notowań w roku 2010 autor również i tym razem chce rozpocząć od rynków Europy Środkowowschodniej. W przypadku tej grupy indeksów warto jest zwrócić uwagę na znacząco niższe wartości współczynnika dla indeksu praskiego i budapesztańskiego. Notowania indeksów giełd warszawskiej i moskiewskiej były wyraźnie skorelowane z notowaniami DAX, FTSE 100, HANGSENG, DJI oraz SP 500. Zmiany notowań pozostałych indeksów giełdowych coraz wyraźniej podążały w kierunku innym niż ogólnoswiatowy trend. Był to wynik braku pozytywnych sygnałów płynących z gospodarek krajowych oraz rosnącego kosztu obsługi długu publicznego.

	CAC 40	DAX	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
CAC 40	1	0,920	0,305	0,925	0,887	0,870	0,815	0,914	0,894	0,797	-0,202	-0,245	-0,040
DAX	0,828	1	0,395	0,778	0,787	0,735	0,755	0,842	0,821	0,690	-0,128	-0,065	0,105
FTSE 100	0,393	0,835	1	0,006	-0,094	-0,147	0,004	-0,018	-0,059	0,530	0,577	0,789	0,895
ATX	0,835	0,793	0,082	1	0,944	0,977	0,874	0,949	0,938	0,727	-0,322	-0,536	-0,336
BUX	0,516	0,470	0,101	0,498	1	0,962	0,895	0,964	0,966	0,623	-0,515	-0,565	-0,410
PX	0,789	0,633	-0,035	0,863	0,642	1	0,877	0,957	0,955	0,627	-0,428	-0,635	-0,460
RTS	0,374	0,105	-0,268	0,423	0,358	0,664	1	0,893	0,895	0,673	-0,392	-0,445	-0,286
WIG	0,741	0,889	0,300	0,774	0,513	0,584	0,022	1	0,997	0,669	-0,461	-0,513	-0,339
WIG20	0,789	0,819	0,247	0,834	0,551	0,687	0,170	0,961	1	0,642	-0,510	-0,540	-0,374
HANGSENG	0,486	0,593	0,332	0,641	0,229	0,318	-0,083	0,648	0,599	1	0,103	0,019	0,237
NIKKEI 225	-0,234	-0,521	-0,047	-0,375	-0,530	-0,265	0,196	-0,573	-0,482	-0,382	1	0,601	0,642
DJI	-0,480	-0,344	0,433	-0,744	-0,413	-0,766	-0,678	-0,413	-0,533	-0,296	0,211	1	0,968
SP 500	-0,267	0,011	0,498	-0,521	-0,281	-0,622	-0,736	-0,058	-0,247	-0,089	-0,005	0,901	1

**Tabela 16** Współczynnik korelacji Pearsona dla notowań analizowanych indeksów giełdowych. Dane roku 2011 w prawym górnym rogu. Dane roku 2012 w lewym dolnym rogu.

Zmiany notowań indeksów pod koniec roku 2010 i w całym roku 2011 dyskutowały negatywne sygnały płynące z gospodarek państw Europy Południowej. Nadmierne zadłużenie państw tego regionu oraz problemy gospodarcze sprawiły, że drastycznie wzrosło ryzyko spłaty długu. Wzrost ryzyka z kolei doprowadził do wzrostu kosztu obsługi długu. Gospodarką najbardziej dotkniętą tym problemem była bez wątpienia gospodarka grecka. Autor pragnie jednak zauważyć, że ów problem dotyczył również w niewiele mniejszym stopniu gospodarek hiszpańskiej, portugalskiej, a nawet włoskiej. Taki stan rzeczy naturalnie wpłynął najbardziej dotkliwie na europejskie rynki finansowe. Obawy dotyczyły przede wszystkim rynków związanych z walutą Euro. Nie powinna zatem dziwić wysoka wartość współczynnika korelacji indeksów zachodniej Europy związanych z tą walutą. Współczynniki korelacji związane z indeksem londyńskim są znacząco niższe. Londyński rynek finansowy jest bowiem związany z brytyjskim funtem. Warte podkreślenia jest bardzo wysoka wartość współczynników korelacji między zachodnimi rynkami związanymi z walutą Euro a rynkami Europy Środkowowschodniej. Podkreśla to fakt dużego stopnia powiązania gospodarczego i kapitałowego tych rynków finansowych. Dotyczy to zarówno wartości inwestycji bezpośrednich, jak i wartości wymiany gospodarczej. Nie bez znaczenia jest fakt, że w dłuższej perspektywie czasu gospodarki Polski, Czech i Węgier chcą przyjąć walutę Euro. Autor pragnie zwrócić uwagę, że kryzys strefy Euro nie był dyskutowany przez cztery indeksy giełdowe. Zarówno indeksy londyński, tokijski, jak i nowojorski nie dyskutowały negatywnych informacji płynących z Europy. Jedną z przyczyn takiego stanu mógł być fakt, że gospodarki związane z owymi czterema rynkami kapitałowymi realizowały wówczas kolejne plany poluzowania polityki pieniężnej. Tym samym restrukturyzowały w

pewnym stopniu swój dług publiczny. Warto omówić również relatywnie wysoką wartość współczynników korelacji między rynkami Europy oraz rynkiem hongkońskim. Gospodarki chińska ani hongkońska nie były objęte żadnym planem luzowania polityki pieniężnej. Nie bez znaczenia jest także wartość inwestycji bezpośrednich oraz wartość wymiany między krajami Europy a państwem środka. Zły stan finansów krajów Unii Europejskiej przekładałby się bowiem na pogorszenie kondycji gospodarki chińskiej.

W roku 2012 na analizowanych rynkach giełdowych kontynuowane były trendy zapoczątkowane pod koniec 2010 roku. Mimo że wartość współczynnika korelacji między indeksami Europy Zachodniej a rynkami Europy Środkowej jest niższa, to jednak nadal wyraźna jest ich współzależność. Warto jednak podkreślić, że ze schematu tego wyłączony został indeks moskiewski. Było to spowodowane coraz większymi problemami gospodarczymi Rosji oraz malejącym popytem wewnętrznym. Bardzo istotna, z punktu widzenia analizy współzależności rynków, jest ujemna wartość współczynnika korelacji między indeksami Europy a indeksami amerykańskimi – wyjątek stanowi indeks londyński. Fakt ten jest konsekwencją silnego i niemal nieprzerwanego wzrostu wartości indeksów nowojorskich w roku 2012. W przypadku zmian wartości indeksów europejskich trwały one do połowy roku 2012 w średnioterminowym trendzie spadkowym. Ujemna wartość współczynnika korelacji między indeksami europejskimi a indeksem tokijskim jest z kolei konsekwencją niewielkich zmian wartości indeksu NIKKEI 225. W całym roku 2012 poruszał się on bowiem w wąskim kanale konsolidacyjnym.

	CAC 40	DAX	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
CAC 40	1												
DAX	0,953	1											
FTSE 100	0,889	0,769	1										
ATX	0,769	0,705	0,654	1									
BUX	0,127	0,184	0,116	0,045	1								
PX	-0,119	-0,218	-0,206	0,429	0,157	1							
RTS	-0,549	-0,567	-0,532	-0,084	0,096	0,744	1						
WIG	0,779	0,793	0,536	0,814	0,178	0,247	-0,193	1					
WIG20	0,084	0,115	-0,071	0,500	0,275	0,778	0,529	0,603	1				
HANGSENG	0,089	0,038	0,233	0,439	0,050	0,584	0,532	0,111	0,383	1			
NIKKEI 225	0,705	0,702	0,815	0,268	-0,079	-0,632	-0,784	0,216	-0,487	-0,120	1		
DJI	0,612	0,652	0,752	0,153	0,023	-0,679	-0,815	0,131	-0,507	-0,224	0,926	1	
SP 500	0,804	0,836	0,865	0,380	0,042	-0,576	-0,816	0,400	-0,346	-0,156	0,937	0,952	1

Tabela 17 Współczynnik korelacji Pearsona dla notowań analizowanych indeksów giełdowych. Dane roku 2013 w lewym dolnym rogu

Rok 2013 jest ostatnim z analizowanych okresów czasu. W okresie tym na rynki giełdowe nie docierały nowe negatywne informacje z głównych gospodarek świata, a sam problem zadłużenia finansów

publicznych zszedł na dalszy plan. Z perspektywy rynków kapitałowych coraz ważniejsze stało się luzowanie polityki pieniężnej czołowych gospodarek świata. Obniżenie kosztu kredytu i zasilenie rynku tzw. tanim pieniądzem skłoniły inwestorów do obniżenia poziomu awersji do ryzyka. Fakt ten nie pozostał bez znaczenia dla notowań większości z analizowanych indeksów giełdowych. Wzrost wartości indeksów dotyczył przede wszystkim indeksów związanych z gospodarkami krajów wysokorozwiniętych. Rynki takie postrzegane są bowiem za mniej ryzykowne. Autor pragnie jednak zwrócić szczególną uwagę na wartości współczynników korelacji indeksu WIG. Wartość współczynnika sugeruje wysoki poziom współzależności jego notowań z notowaniami rynków wysokorozwiniętych. Fakt ten potwierdza rosnącą pozycję warszawskiego indeksu giełdowego na arenie światowej. Wysoka płynność warszawskiej giełdy i relatywnie stabilna kondycja polskiej gospodarki zostały zdyskontowane przez inwestorów giełdowych.

## **Wnioski wstępne analizy opisowej**

Na podstawie przeprowadzonej analizy opisowej danych należy potwierdzić tezę, że zachowania notowań indeksów giełdowych w perspektywie długoterminowej są w znacznej mierze determinowane przynależnością geopolityczną rynków giełdowych. Potwierdzeniem tej tezy jest fakt, znaczącej zbieżności kluczowych charakterystyk danych dla indeksów przynależących do tego samego obszaru geopolitycznego. W toku prac badawczych wykazana została bowiem zbieżność między indeksami Europy Środkowowschodniej, Europy Zachodniej i Azji.

W toku prac badawczych zweryfikowana została również teza, że wiedeński indeks ATX wykazuje cechy zbieżne z indeksami rynków Europy Środkowowschodniej. Tym samym znaczący udział spółek z określonego regionu geopolitycznego ma determinujący wpływ na zachowanie wiedeńskiego indeksu giełdowego. Wpływu tego nie jest w stanie zniwelować związanie austriackiego rynku kapitałowego z walutą Euro.

Analiza korelacji między notowaniami indeksów giełdowych potwierdza wcześniejsze tezy. Analiza wartości współczynników w przedziałach rocznych ujawniła, że globalne problemy gospodarcze determinują zmiany notowań indeksów silniej niż realna sytuacja gospodarcza kraju związanego z konkretnym rynkiem giełdowym.

Z punktu widzenia inżynierii finansowej ważny wydaje się być fakt, że luzowanie polityki finansowej głównych gospodarek światowych jest skutecznym narzędziem ożywiania rynków giełdowych. To właśnie dzięki niej podczas trwającego w 2011 roku kryzysu fiskalnego strefy Euro notowania indeksów giełd w Londynie, Nowym Jorku i Tokio zwiększały swoją wartość. W roku 2013 z kolei kontynuowanie takiej

polityki sprawiło, że wartości większości indeksów giełdowych rosły za sprawą obniżenia poziomu awersji do ryzyka inwestycyjnego.

Kolejną ważną konkluzją jest fakt silnego powiązania rynków zachodniej i środkowowschodniej Europy. Teza ta została potwierdzona przez wysokie wartości współczynników korelacji w latach 2008 – 2012. W toku dalszych prac badawczych zweryfikowane zostaną tezy dotyczące kierunku i charakteru powiązania między analizowanymi indeksami giełdowymi. Należy bowiem mieć świadomość, że sama analiza korelacji i podstawowych miar danych jest niewystarczająca. Autor pragnie podkreślić, że korelacja nie implikuje przyczynowości (ang. *correlation does not imply causation*). Niemożliwe jest więc zweryfikowanie za jej pomocą rzeczywistej natury zależności między rynkami giełdowymi. Z perspektywy czysto matematycznej teza, że notowania indeksów rynków Europy Zachodniej determinują notowania indeksów rynków Europy Środkowowschodniej, jest tak samo prawdopodobna jak teza, że to indeksów rynków Europy Środkowowschodniej determinują notowania indeksów rynków Europy Zachodniej.

## 5.2. Analiza statystycznego podobieństwa

Genezą tej części badawczej były wyniki analizy wykonanej we wcześniejszej części pracy doktorskiej. Wyniki te wykazały bardzo wysoki poziom korelacji między notowaniami wybranych indeksów giełdowych. Poziom współzależności był jednak zmienny w czasie. Na tej podstawie zaprezentowane zostaną wyniki testów statystycznych mających na celu weryfikację hipotezy, że różnica między wartościami średnimi notowań indeksów giełdowych jest nieistotna statystycznie. Przyjęcie takiej hipotezy dla dowolnej pary indeksów w wybranym okresie czasu świadczyłoby o bardzo silnym stopniu powiązania między wartościami notowań. Jeżeli powiązanie to zostałoby podparte dodatkowo zbieżnością zmian notowań indeksów, możliwa byłaby weryfikacja tezy, że w wybranych przedziałach czasu dwa odrębne indeksy giełdowe są tożsame z perspektywy globalnego rynku kapitałowego. Zachodziłaby bowiem nie tylko zbieżność kierunku zmian notowań indeksów, ale również zbieżność ich wartości średnich. Fakt ten implikowałby również wysoki poziom zbieżności w każdym z podokresów analizowanego przedziału czasu. Na potrzeby niniejszej części badawczej wykorzystany został test t-Studenta dla dwóch prób niezależnych. Przeprowadzenie testu dla wartości notowań każdej z par analizowanych indeksów giełdowych w perspektywie rocznej pozwoli na zweryfikowanie hipotezy:

*Różnica między wartościami średnimi notowań indeksów giełdowych jest istotna statystycznie.*

Zastosowanie tego rodzaju testu statystycznego wymaga jednak spełnienia następujących założeń:

- Rozkład wartości analizowanych indeksów giełdowych powinien być zbliżony do rozkładu normalnego. Cecha ta została zweryfikowana we wcześniejszych etapach niniejszej pracy. Na potrzeby weryfikacji wykorzystany został bowiem test Shapiro-Wilka dla okresów rocznych.
- Zbiory wartości dwóch porównywanych ze sobą indeksów muszą mieć podobną liczebność. Cecha ta została spełniona przy okazji przygotowania danych badawczych. W celu wyeliminowania problemu „zawieszenia sesji”, ze zbioru danych wyeliminowane zostały wszystkie te sesje giełdowe, które nie były wspólne dla wszystkich analizowanych indeksów giełdowych. Tym samym, dla każdego analizowanego okresu rocznego dowolnych dwóch indeksów giełdowych, spełniony został warunek ich równoliczności zbioru danych. Nie zachodzi zatem konieczność weryfikacji hipotezy o równoliczności zbiorów danych np. za pomocą testu chi-kwadrat zgodności.
- Porównywane wartości powinny być mierzone w skali ilościowej. Jest to podstawowe założenie testów parametrycznych. Grupa takich testów bazuje bowiem na obliczaniu wartości średniej i odchylenia standardowego. Warunek ten również jest spełniony, gdyż notowania indeksu są wartościami liczbowymi, a zatem ilościowymi.

- Homogeniczność wariancji – dla porównywanych notowań dwóch indeksów giełdowych konieczne jest statystyczne podobieństwo wartości wariancji. W tym celu przeprowadzony zostanie test F-Snedecora, w ramach którego zweryfikowana zostanie hipoteza równości wariancji w dwóch porównywanych grupach wartości notowań indeksów giełdowych. Test F-Snedecora weryfikuje hipotezę zerową zakładającą równość wariancji:

$$H_0: \delta_1^2 = \delta_2^2 \quad 31.$$

$\delta_i^2$  – wariancja dla jednej z grup danych.

Na potrzeby weryfikacji hipotezy  $H_0$  obliczone zostaną wariancje dla każdej z analizowanych grup notowań. Wykorzystane zostaną do obliczenia statystyki F:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad 32.$$

$S_i^2$  – estymator wariancji z niezależnych prób prostych pobranych ze zbioru o rozkładzie normalnym, gdzie  $S_1^2 > S_2^2$ .

Statystyka F ma rozkład F-Snedecora z  $k_1 = n_1 - 1$  oraz  $k_2 = n_2 - 1$  stopniami swobody. Sama relacja wyznaczająca prawostronny obszar krytyczny jest postaci:

$$P(F \geq F_\alpha) \leq \alpha \quad 33.$$

$F$  – wartość statystyki,

$F_\alpha$  – wartość odczytana z rozkładu F-Snedecora,

$\alpha$  – poziom istotności testu.

Jeżeli relacja jest spełniona, należy odrzucić hipotezę  $H_0$  na rzecz hipotezy alternatywnej, zakładającej nierówność wariancji w dwóch porównywanych ze sobą grupach danych. Na potrzeby niniejszej pracy badawczej poziom istotności został arbitralnie ustalony na 0,05.

W procesie weryfikacji hipotezy istotności statystycznej różnicy między wartościami średnimi notowań indeksów giełdowych wykorzystany zostanie następujący wzór:

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{x_1-x_2}} \quad 34.$$

$\bar{X}_n$  – wartość średnia dla grupy  $n$ .  $n \in \{0,1\}$ ,

$T$  – wartość testu  $t$  – Studenta.

$$S_{x_1-x_2} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \times s_1^2 + (n_2 - 1) \times s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \times \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)} \quad 35.$$

$n_i$  – liczebność grupy numer  $i$  gdzie  $i \in \{1,2\}$ ,

$s_i^2$  – wariancja grupy numer  $i$  gdzie  $i \in \{1,2\}$ .

W dalszej części pracy zaprezentowane zostały wyniki przeprowadzonych testów t-Studenta oraz F-Snedecora dla wszystkich par analizowanych indeksów giełdowych. Dane dotyczące notowań indeksów giełdowych zostały podzielone na siedem niezależnych bloków. Każdy z bloków zawiera dane związane z notowaniami indeksów w jednym z analizowanych lat. Poniżej, w formie tabelarycznej, zaprezentowane zostały wartości prawdopodobieństwa testowego dla przeprowadzonych testów. Na potrzeby przeprowadzonej analizy przyjęto poziom istotności równy 0,05. W przypadku testu F-Snedecora wartość prawdopodobieństwa testowego niższa od 0,05 świadczyć będzie o konieczności przyjęcia hipotezy  $h_0$ :

*Różnica między wartościami wariancji notowań indeksów giełdowych jest istotna statystycznie.*

W przeciwnym wypadku zostanie przyjęta hipoteza alternatywna:

*Różnica między wartościami wariancji notowań indeksów giełdowych jest nieistotna statystycznie.*

Analogicznie, w przypadku testu t-Studenta wartość prawdopodobieństwa testowego niższa od 0,05 świadczyć będzie o konieczności przyjęcia hipotezy  $h_0$ :

*Różnica między wartościami średnimi notowań indeksów giełdowych jest istotna statystycznie.*

W przeciwnym wypadku zostanie przyjęta hipoteza alternatywna:

*Różnica między wartościami średnimi notowań indeksów giełdowych jest nieistotna statystycznie.*

	CAC 40	DAX	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
CAC 40		<b>0,5249</b>	<b>0,3425</b>	0,0003	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	<b>0,6170</b>	0,0000	0,0000	0,0008	<b>0,1305</b>
DAX	0,0000		<b>0,1132</b>	0,0027	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	<b>0,8920</b>	0,0000	0,0000	0,0064	<b>0,3802</b>
FTSE 100	0,0000	0,0000		0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0001	<b>0,1475</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0140
ATX	0,0172	0,0000	0,0000		0,0000	<b>0,9076</b>	<b>0,1835</b>	0,0000	0,0017	0,0000	0,0000	<b>0,7792</b>	0,0330
BUX	0,0000	0,0000	<b>0,1184</b>	0,0000		0,0000	0,0000	<b>0,8095</b>	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000
PX	0,0000	0,0000	<b>0,0597</b>	0,0000	0,0011		<b>0,2246</b>	0,0000	0,0012	0,0000	0,0000	<b>0,6919</b>	0,0246
RTS	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,1075</b>	0,0006
WIG	0,0000	0,0000	<b>0,5597</b>	0,0000	<b>0,0576</b>	<b>0,3698</b>	0,0000		0,0000	0,0000	0,0014	0,0000	0,0000
WIG20	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0042	<b>0,3110</b>
HANGSENG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0024	0,0000	0,0000
NIKKEI 225	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000
DJI	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,7083</b>	0,0000		<b>0,0639</b>
SP 500	0,0000	<b>0,3301</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	

**Tabela 18** Wartości prawdopodobieństwa testowego dla testu równości średnich t-Studenta (lewa dolna część) oraz testu równości wariancji F-Snedecora (prawa górna część). Na podstawie danych normalizowanych z 2007 roku.

Analizując dane z 2007 roku należy zwrócić uwagę na statystyczną zbieżność wariancji w przypadku indeksów DAX, FTSE 100, SP 500 oraz WIG20. Szczególnie warta podkreślenia jest statystyczna zbieżność



wariancji indeksu WIG20. Indeks ten związany jest z giełdą rynków wschodzących. Mimo to, w roku 2007 wariancja notowań zbieżna jest z rynkami gospodarek wysokorozwiniętych. Autor pragnie podkreślić, że przyjęta została również hipoteza o statystycznej równości wariancji między indeksami WIG a WIG20. Notowania indeksu WIG wykazują jednak statystyczną równość wariancji z notowaniami indeksów BUX oraz ATX. Fakt ten jest szczególnie warty podkreślenia, gdyż oba indeksy związane są z tym samym rynkiem giełdowym, a mimo to wykazują statystyczną zbieżność zmienności notowań z notowaniami odmiennych indeksów giełdowych.

Analiza równości wartości średnich wykazała statystyczną równość w przypadku indeksów FTSE, BUX, PX oraz WIG. Ponownie równość ta dotyczy indeksów związanych z różnymi obszarami geopolitycznymi. Z punktu widzenia niniejszej pracy doktorskiej bardzo istotna jest potwierdzona statystyczna równość wartości średnich w przypadku indeksów DAX oraz SP 500. Na podstawie przeprowadzonych analiz potwierdzona została statystyczna zbieżność notowań indeksu warszawskiego **WIG** oraz budapesztańskiego **BUX**. Zbieżność ta wykazana została również w przypadku par **DAX – SP 500**, **DJI – SP 500** oraz **WIG – WIG20**. Wyniki badań potwierdziły równość zarówno wartości wariancji, jak i wartości średniej. Na tej podstawie można przyjąć hipotezę, że w roku 2007 pary indeksów **WIG – BUX**, **DAX – SP 500**, **DJI – SP 500** i **WIG – WIG20** były tożsame z perspektywy globalnego rynku kapitałowego.

	CAC 40	DAX	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
CAC 40		0,0199	<b>0,6756</b>	0,0022	0,0084	0,0000	0,0000	0,0293	0,0240	<b>0,3208</b>	0,0000	0,0000	0,0000
DAX	0,0000		<b>0,0559</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000
FTSE 100	0,0000	0,0011		0,0005	0,0023	0,0000	0,0000	0,0095	0,0075	<b>0,1584</b>	0,0000	0,0000	0,0000
ATX	0,0000	0,0000	0,0000		<b>0,6706</b>	0,0209	0,0000	<b>0,3752</b>	<b>0,4189</b>	0,0382	0,0000	0,0000	0,0000
BUX	<b>0,2829</b>	0,0000	0,0000	0,0000		0,0063	0,0000	<b>0,6443</b>	<b>0,7016</b>	<b>0,0990</b>	0,0000	0,0000	0,0000
PX	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,8089</b>	0,0000		0,0022	0,0014	0,0019	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
RTS	0,0003	0,0000	0,0000	<b>0,5921</b>	0,0000	<b>0,4816</b>		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
WIG	<b>0,3317</b>	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,9094</b>	0,0000	0,0000		<b>0,9375</b>	<b>0,2344</b>	0,0000	0,0000	0,0000
WIG20	0,0003	0,0000	0,0000	<b>0,0633</b>	0,0000	<b>0,0528</b>	<b>0,3577</b>	0,0000		<b>0,2050</b>	0,0000	0,0000	0,0000
HANGSENG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000
NIKKEI 225	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,2784</b>		0,0008	0,0235
DJI	0,0000	0,0154	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		<b>0,2735</b>
SP 500	0,0000	<b>0,1154</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,2306</b>	

Tabela 19 Wartości prawdopodobieństwa testowego dla testu równości średnich t-Studenta (lewa dolna część) oraz testu równości wariancji F-Snedecora (prawa górna część). Na podstawie danych normalizowanych z 2008 roku.

W 2008 roku na światowych rynkach giełdowych rozpoczęła się wyprzedaż spowodowana licznymi negatywnymi informacjami napływającymi z rynku amerykańskiego. Umownie przyjmuje się, że w roku tym rozpoczął się globalny kryzys gospodarczy. Powszechnie panująca panika na rynkach giełdowych

wpłynęła na percepcję rynków giełdowych. Analiza współczynnika korelacji potwierdziła, że w chwilach kryzysowych rynki związane z podobnym otoczeniem geopolitycznym wykazują znaczący stopień zbieżności. Również wyniki testów F-Snedecora potwierdzają statystyczną równość indeksów związanych z analogicznym otoczeniem geopolitycznym. W toku prac badawczych wykazana została statystyczna równość zmienności indeksów RTS, WIG, WIG20 oraz ATX. Ponownie indeks ATX wykazał znaczącą zbieżność z indeksami Europy Środkowowschodniej. Statystyczną równość zmienności notowań można również zaobserwować w przypadku indeksów Europy Zachodniej. Równość ta nie dotyczy jednak indeksów DAX i FTSE 100. Warte odnotowania jest równość wariancji w przypadku indeksów PX oraz HANGSENG. Równość ta może być konsekwencją postrzegania obu rynków jako rynków wschodzących. Warte odnotowania jest konieczność odrzucenia hipotezy zakładającej równość wariancji w przypadku indeksów WIG i WIG20. Fakt ten jest o tyle istotny, że oba indeksy związane są z tym samym rynkiem giełdowym. Jest to wyraźny sygnał, że w dobie problemów rynków giełdowych indeksy te postrzegane są odmiennie. Indeks WIG20 cechuje się bowiem wyższym poziomem płynności w porównaniu do indeksu WIG.

Wyniki testu t-Studenta potwierdzają z kolei równość wartości średnich w przypadku par indeksów związanych z rynkami wschodzącymi. Statystyczna wartość średnich dotyczy notowań par indeksów PX – BUX, RTS – WIG, PX – HANGSENG, ATX – HANGSENG, BUX – HANGSENG. Ponadto zaobserwowana została równość w przypadku danych notowań indeksów azjatyckich. Autor pragnie podkreślić, że notowania WIG20 ponownie wykazują zbieżność statystyczną z notowaniami indeksów Europy Zachodniej, tj. DAX, FTSE 100 oraz indeksów amerykańskich. Analogicznie do wyników przeprowadzonych w roku 2007, również w roku 2008 zaobserwować można równość wartości średnich w przypadku notowań DAX oraz indeksów amerykańskich.

Na podstawie przeprowadzonych analiz notowań z roku 2008 należy przyjąć zatem hipotezę, że pary indeksów **RTS – WIG, PX – HANGSENG, DJI – SP 500** były tożsame z perspektywy globalnego rynku kapitałowego. Warty podkreślenia jest brak tożsamości w przypadku indeksów WIG oraz WIG20. Indeks WIG20 jako indeks wysokiej płynności wykazywał podobieństwo z notowaniami czołowych indeksów światowych, podczas gdy indeks WIG wykazywał cechy bliższe rynkom wschodzącym. Powiązanie indeksów z tym samym rynkiem giełdowym nie determinuje zatem podobieństwa statystycznego notowań tych indeksów. Zdaniem autora, jednym z kluczowych dyskryminatorów jest poziom płynności spółek wchodzących w skład indeksów. W dobie paniki panującej na rynkach giełdowych w roku 2008 różnice poziomu płynności indeksów WIG i WIG20 wpłynęły na zmienność notowań. Owa różnica zmienności

przyczyniła się w konsekwencji do statystycznych różnic wariancji i wartości średnich notowań tych indeksów.

	CAC 40	DAX	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
CAC 40		<b>0,2602</b>	<b>0,1499</b>	<b>0,7753</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
DAX	0,0000		0,0104	<b>0,4005</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0029	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
FTSE 100	0,0000	0,0180		<b>0,0846</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
ATX	0,0438	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
BUX	0,0005	0,0013	0,0000	0,0193		0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000
PX	0,0006	0,0000	0,0000	0,0425	<b>0,5689</b>		0,0054	0,0233	0,0000	<b>0,8345</b>	0,0000	0,0000	0,0000
RTS	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		<b>0,6027</b>	<b>0,1398</b>	0,0099	0,0000	0,0000	0,0000
WIG	0,0000	0,0001	0,0164	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,1325</b>		0,0460	0,0393	0,0000	0,0000	0,0000
WIG20	0,0000	<b>0,2371</b>	<b>0,4178</b>	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0063		0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
HANGSENG	0,0078	0,0000	0,0000	<b>0,2093</b>	<b>0,2552</b>	<b>0,5182</b>	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000
NIKKEI 225	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,9331</b>	<b>0,4495</b>	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,1044</b>		0,0000	0,0000
DJI	0,0000	<b>0,9377</b>	0,0011	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,1649</b>	0,0000	0,0000		<b>0,4146</b>
SP 500	0,0000	<b>0,4339</b>	0,0155	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,4246</b>	0,0000	0,0000	<b>0,1690</b>	

**Tabela 20** Wartości prawdopodobieństwa testowego dla testu równości średnich t-Studenta (lewa dolna część) oraz testu równości wariancji F-Snedecora (prawa górna część). Na podstawie danych normalizowanych z 2009 roku.

Jak zostało już wielokrotnie wspomniane, w 2009 roku wszystkie analizowane indeksy giełdowe odnotowały swoje minima. W roku tym nastąpiło również odwrócenie trendu ze spadkowego na wzrostowy. Na rynkach kapitałowych panował jednak strach, przekładający się na globalną awersję do ryzyka inwestycyjnego. Taki stan rzeczy, podobnie jak w latach wcześniejszych, przekładał się na sposób postrzegania rynków giełdowych. Analizując równość statystyczną wariancji notowań indeksów należy zwrócić szczególną uwagę na dwie grupy. Pierwsza z nich związana jest z rynkami Europy Zachodniej. Jedynym odstępstwem od tej reguły jest brak statystycznie równej wariancji notowań w przypadku pary indeksów DAX i FTSE 100. Drugą grupę stanowią wybrane indeksy utożsamiane z rynkami wschodzącymi. Kolejny raz można zaobserwować statystyczną zbieżność zmienności notowań indeksu moskiewskiego z indeksami giełdy warszawskiej. Analogicznie jak w roku 2008, testy F-Snedecora potwierdziły zbieżność zachowania indeksów praskiego i hongkońskiego. Autor pragnie zwrócić uwagę, że w toku prac badawczych, ponownie odrzucona została hipoteza zakładająca równość wariancji indeksów WIG i WIG20. W roku tym oba indeksy postrzegane były odmiennie przez inwestorów giełdowych.

Analizując wyniki testów t-Studenta należy zwrócić uwagę na zbieżność wartości średnich w przypadku indeksów amerykańskich oraz indeksu DAX. Równość ta odnotowywana była również w latach wcześniejszych. Warta uwagi jest również statystyczna równość wartości średnich notowań w przypadku indeksów azjatyckich, części indeksów Europy Środkowowschodniej, tj. indeksów BUX i PX oraz indeksu

zachodnioeuropejskiego ATX. Autor pragnie zwrócić uwagę na statystyczną równość wartości średnich w przypadku indeksów WIG20 i frankfurckiego DAX oraz indeksów nowojorskich. Brak równości statystycznej wariancji notowań tych indeksów dyskredytuje jednak przyjęcie hipotezy zakładającej tożsamość tych rynków w 2009 roku. Hipotezę o tożsamości rynków należy przyjąć z kolei ponownie w przypadku par indeksów **RTS – WIG** oraz **HANGSENG – PX**. Ponownie, przyjęcie hipotezy o tożsamości indeksów z perspektywy globalnego rynku kapitałowego dotyczy indeksów rynków wschodzących. Mimo statystycznej identyczności zachowania indeksów **DJI i SP 500** należy odrzucić hipotezę, że zbieżność ta determinowana jest przez przynależność do tego samego rynku giełdowego. Przyczyną odrzucenia takiej hipotezy jest niepotwierdzona równość statystyczna wartości średniej oraz wariancji w przypadku indeksów giełdy warszawskiej.

	CAC 40	DAX	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
CAC 40		0,0000	0,0192	<b>0,3844</b>	0,0000	<b>0,3869</b>	<b>0,1722</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0004
DAX	<b>0,7851</b>		0,0000	0,0000	0,0120	0,0000	0,0000	0,0172	0,0004	0,0163	0,0010	0,0000	0,0000
FTSE 100	0,0000	0,0001		0,0014	0,0000	0,0014	<b>0,3272</b>	0,0000	0,0011	0,0000	0,0004	<b>0,2553</b>	<b>0,2192</b>
ATX	<b>0,0752</b>	<b>0,1570</b>	0,0000		0,0000	<b>0,9963</b>	0,0257	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
BUX	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	<b>0,8954</b>	<b>0,2862</b>	0,0000	<b>0,4294</b>	0,0013	0,0018
PX	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0260	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
RTS	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0345	0,0274
WIG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0367		<b>0,2310</b>	0,0000	<b>0,3567</b>	0,0009	0,0012
WIG20	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0312	<b>0,9617</b>		0,0000	<b>0,7821</b>	0,0317	0,0396
HANGSENG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0150	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000
NIKKEI 225	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,0652</b>	<b>0,7733</b>	<b>0,8016</b>	0,0000		0,0154	0,0197
DJI	<b>0,0740</b>	<b>0,3169</b>	0,0001	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		<b>0,9273</b>
SP 500	0,0002	0,0185	0,0343	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,0825</b>	

Tabela 21 Wartości prawdopodobieństwa testowego dla testu równości średnich t-Studenta (lewa dolna część) oraz testu równości wariancji F-Snedecora (prawa górna część). Na podstawie danych normalizowanych z 2010 roku.

Analizując wyniki testów przeprowadzonych na danych dotyczących notowań indeksów w 2010 roku, warto odwołać się do sytuacji rynkowej tamtego okresu. Na rynkach giełdowych całego świata nastąpiło odreagowanie spadków notowań z roku 2009. Wszystkie z analizowanych indeksów giełdowych zdołały zwiększyć swoją wartość. Należy nadmienić jednak, że pod koniec roku ujawniły się problemy fiskalne krajów południowej Europy. Nie powinna zatem dziwić statystyczna równość wariancji zaobserwowana między indeksami CAC 40, ATX, PX oraz RTS. Równość ta zatem nie była uwarunkowana przynależnością geopolityczną. Dotyczy ona także indeksów niepowiązanych bezpośrednio więzami gospodarczymi, tj. indeksów BUX, WIG, WIG20 oraz NIKKEI 225. Warto jednak nadmienić, że statystyczną równość wariancji notowań indeksów WIG, WIG20 oraz BUX można przypisać sposobom postrzegania obu rynków

giełdowych przez inwestorów globalnych. Nie bez znaczenia dla wyników testów F-Snedecora pozostał fakt luzowania polityki pieniężnej gospodarek amerykańskiej oraz brytyjskiej. Zdaniem autora fakt ten był przyczyną zaobserwowanej statystycznej równości zmienności notowań indeksów FTSE 100, DJI oraz SP 500. Wyniki testów t-Studenta potwierdziły także równość wartości średnich indeksów ATX i CAC 40 oraz indeksu DAX. Wszystkie trzy indeksy związane są z tym samym otoczeniem geopolitycznym, tzn. z gospodarkami krajów Europy Zachodniej. Po raz kolejny zaobserwowana została równość wartości średnich frankfurckiego indeksu DAX oraz nowojorskiego DJI. Warto odnotowania jest również odrzucenie hipotezy zerowej dla indeksów warszawskich oraz moskiewskiego i tokijskiego. Autor pragnie zwrócić uwagę na wartość prawdopodobieństwa testowego w przypadku pary indeksów FTSE 100 oraz SP 500. Wartość ta, zgodnie z przyjętym założeniem poziomu istotności testu, nie pozwala przyjąć hipotezy zakładającej równość wartości średnich. Należy jednak pokreślić, że przyjęcie innych założeń spowodowałoby, że notowania indeksów byłyby tożsame. Tym samym byłaby to wyraźna przesłanka do przyjęcia hipotezy, że wpływ luzowania polityki pieniężnej jest na tyle silny, aby spowodować jednoznaczność postrzegania indeksów giełdowych. W wyniku przeprowadzonych testów równości wartości średnich oraz wariancji należy przyjąć, że w roku 2010 pary indeksów **ATX – CAC 40**, **NIKKEI 225 – WIG**, **NIKKEI 225 – WIG20** oraz **DJI – SP 500** były tożsame z perspektywy globalnego rynku kapitałowego.

	CAC 40	DAX	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
CAC 40		<b>0,4093</b>	0,0000	<b>0,7570</b>	0,0000	0,0002	<b>0,1862</b>	0,0285	<b>0,0673</b>	<b>0,6780</b>	<b>0,0500</b>	0,0016	0,0000
DAX	0,0000		0,0000	<b>0,2567</b>	0,0000	0,0042	<b>0,6187</b>	<b>0,1712</b>	<b>0,3142</b>	<b>0,6818</b>	0,0054	0,0001	0,0000
FTSE 100	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	<b>0,1587</b>
ATX	<b>0,0726</b>	0,0000	0,0000		0,0000	0,0001	<b>0,1030</b>	0,0125	0,0326	<b>0,4687</b>	<b>0,0985</b>	0,0043	0,0000
BUX	0,0000	<b>0,1160</b>	0,0000	0,0000		0,0122	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
PX	0,0000	0,0124	0,0000	0,0000	<b>0,5461</b>		0,0179	<b>0,1336</b>	<b>0,0627</b>	0,0011	0,0000	0,0000	0,0000
RTS	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		<b>0,3834</b>	<b>0,6106</b>	<b>0,3642</b>	0,0011	0,0000	0,0000
WIG	0,0000	0,0328	0,0000	0,0000	<b>0,8433</b>	<b>0,6289</b>	0,0000		<b>0,7169</b>	<b>0,0755</b>	0,0000	0,0000	0,0000
WIG20	0,0000	0,0017	0,0001	0,0000	<b>0,3221</b>	<b>0,6907</b>	0,0000	<b>0,3464</b>		<b>0,1568</b>	0,0002	0,0000	0,0000
HANGSENG	0,0000	<b>0,9056</b>	0,0000	0,0000	<b>0,1352</b>	0,0152	0,0000	0,0402	0,0021		0,0176	0,0004	0,0000
NIKKEI 225	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	<b>0,0714</b>	<b>0,2000</b>	0,0000	0,0497	<b>0,3560</b>	0,0000		<b>0,2254</b>	0,0004
DJI	0,0000	<b>0,0828</b>	0,0000	0,0000	<b>0,6915</b>	<b>0,2051</b>	0,0000	<b>0,4406</b>	<b>0,0583</b>	<b>0,1022</b>	0,0008		0,0190
SP 500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,1868</b>	<b>0,4856</b>	0,0000	<b>0,1643</b>	<b>0,8011</b>	0,0000	0,3630	0,0041	

**Tabela 22** Wartości prawdopodobieństwa testowego dla testu równości średnich T-Studenta (lewa dolna część) oraz testu równości wariancji F-Snedecora (prawa górna część). Na podstawie danych normalizowanych z 2011 roku.

Analizując wyniki testów statystycznych z 2011 roku należy przypomnieć, że w roku tym ruchy europejskich rynków giełdowych w znacznej mierze determinowane były przez informacje o złym stanie finansów

publicznych krajów Europy Południowej. Poziom zadłużenia gospodarek krajów takich jak Grecja, Hiszpania czy Włochy oraz trwająca recesja gospodarcza były bezpośrednimi przyczynami obaw inwestorów dotyczących wypłacalności tych gospodarek. Nie powinna zatem dziwić statystyczna równość wariancji w przypadku indeksów związanych ze strefą waluty EURO. Indeksy ATX oraz CAC 40 związane są z gospodarkami będącymi źródłem kryzysu europejskiego w 2011 roku. Indeks frankfurcki związany jest z kolei z gospodarką niemiecką będącą największym płatnikiem netto Unii Europejskiej. W dobie kryzysu strefy Euro istniała silna presja na rynek kapitałowy tego państwa. Miało być ono bowiem głównym wierzycielem tzw. Euroobligacji, mającym zapobiec kryzysowi strefy Euro. Fakt ten wpłynął również na zachowanie rynków giełdowych silnie powiązanych gospodarczo z gospodarką europejską. Zarówno indeksy warszawskie, jak i moskiewski oraz hongkoński wykazywały statystyczną równość wariancji – zmienności notowań z notowaniami indeksów DAX i CAC 40. Należy podkreślić, że w dobie kryzysu fiskalnego strefy Euro zaobserwowano statystyczną równość wariancji w przypadku indeksów rynków wschodzących. Dotyczy to zarówno indeksów Europy Środkowowschodniej, takich jak PX, RTS, WIG i WIG20, jak i rynku azjatyckiego reprezentowanego przez indeks HANGSENG. Warta odnotowania jest także równość wariancji indeksów FTSE 100 oraz SP 500. Zdaniem autora, uzasadnieniem takiej zbieżności, podobnie jak w roku 2010, były decyzje banków centralnych Wielkiej Brytanii oraz Ameryki, dotyczące luzowania polityki pieniężnej i uruchomienia kolejnych pakietów stymulacji gospodarki. Bardzo istotna z punktu widzenia weryfikacji hipotez badawczych niniejszej pracy doktorskiej jest statystyczna różnica wariancji indeksów SP 500 oraz DJI. Oba indeksy związane są z tym samym rynkiem giełdowym. Zdaniem autora, źródłem różnic może być, tak jak w przypadku indeksów WIG i WIG20, różny poziom płynności indeksów. Indeks DJI wyraża zmiany wartości 30 największych spółek giełdy nowojorskiej i jest uważany za bardziej płynny niż indeks SP 500, którego wartość ustalana jest w oparciu o zmiany wartości 500 spółek amerykańskich.

Wyniki testów t-Studenta potwierdziły równość wartości średnich indeksów ATX i CAC 40. Po raz kolejny zaobserwowana została statystyczna równość między notowaniami indeksów DAX oraz amerykańskiego DJI. Należy pokreślić również, że hipoteza zerowa testu została odrzucona w przypadku par indeksów związanych z rynkiem Europy Środkowowschodniej. Wyjątkiem od tej reguły jest indeks moskiewski. Wyniki tej części badań ujawniły również statystyczną zbieżność wartości średnich większości indeksów Europy Środkowowschodniej oraz indeksów amerykańskich. Jedną z przyczyn takiego stanu może być fakt, że pakiet stymulacji największej gospodarki świata wpłynął również na chwilowe zwiększenie wartości pozostałych indeksów światowych, w tym rynków wschodzących.

Na podstawie przeprowadzonych testów należy przyjąć, że w 2011 roku pary indeksów **ATX – CAC 40**, **PX – WIG**, **PX – WIG20** oraz **WIG – WIG20** były tożsame z perspektywy globalnego rynku kapitałowego. Warte podkreślenia jest to, że w przypadku indeksów ATX i CAC 40 tożsamość zaobserwowana została również w roku 2010.

	CAC 40	DAX	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
CAC 40		0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,7649</b>	<b>0,5448</b>	0,0000	0,0001	<b>0,4390</b>	<b>0,1230</b>	0,0123	0,0103	0,0225
DAX	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,2776</b>	<b>0,0823</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
FTSE 100	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ATX	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,1053</b>	<b>0,1198</b>	<b>0,0656</b>
BUX	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000		<b>0,7592</b>	0,0000	0,0002	<b>0,6349</b>	<b>0,2135</b>	0,0051	0,0042	0,0099
PX	0,0008	0,0000	0,0000	<b>0,4836</b>	0,0000		0,0000	0,0007	<b>0,8663</b>	<b>0,3482</b>	0,0019	0,0016	0,0040
RTS	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0049	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
WIG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0012	0,0132	0,0000	0,0000	0,0000
WIG20	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		<b>0,4414</b>	0,0011	0,0009	0,0023
HANGSENG	0,0000	<b>0,1164</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0001	0,0000	0,0001
NIKKEI 225	0,0000	0,0000	<b>0,3365</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		<b>0,9487</b>	<b>0,8242</b>
DJI	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		<b>0,7745</b>
SP 500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	

**Tabela 23** Wartości prawdopodobieństwa testowego dla testu równości średnich t-Studenta (lewa dolna część) oraz testu równości wariancji F-Snedecora (górna prawa część). Na podstawie danych normalizowanych z 2012 roku.

W roku 2012 eskalacja kryzysu finansów publicznych krajów południowej Europy została zażegnana. Nie można jednak powiedzieć, że zażegnany został kryzys. Rynki giełdowe krajów europejskich uległy polaryzacji. Z jednej strony rosła pozycja rynku giełdowego Niemiec – był to wynik relatywnie niskiego poziomu zadłużenia finansów państwa oraz jego bardzo dobrej kondycji gospodarczej. Z drugiej strony powodów do niepokoju dostarczały złe informacje o stanie gospodarki Włoch i Francji. Informacje te bardzo niekorzystnie wpływały na rentowność obligacji tych krajów. Taki stan wpływał naturalnie na koszty obsługi długu publicznego. Analizując wyniki testów F-Snedecora należy podkreślić, że większość par indeksów, dla których stwierdzono statystyczną równość wariancji, związana jest z rynkiem europejskim. Indeksy Europy Środkowowschodniej, takie jak węgierski BUX, czeski PX, czy polski WIG, wykazywały statystyczną równość z indeksem CAC 40. Zmienność notowań indeksów WIG i RTS z kolei była statystycznie równa zmienności indeksu DAX. Warty odnotowania jest fakt, że kolejny raz zaobserwowana została równość wariancji w przypadku trzech najważniejszych indeksów Europy Środkowej, tj. PX, BUX oraz WIG20 oraz indeksu azjatyckiego HANGSENG. Fakt ten potwierdza, że indeksy te cechują się równą zmiennością notowań, a ta z kolei może wynikać z faktu związania indeksów z gospodarkami rynków wschodzących. Autor pragnie zwrócić uwagę na zbieżność zaobserwowaną w przypadku indeksów ATX i

NIKKEI 225 oraz indeksów amerykańskich. Fakt ten może być konsekwencją silnych wzrostów wszystkich czterech indeksów zaobserwowany właśnie w 2012 roku. Istotny wydaje się fakt, że w wyniku przeprowadzonych testów F-Snedecora kolejny raz wykazana została odmienność zachowania notowań indeksów WIG i WIG20. Kolejny raz przynależność do tego samego rynku giełdowego nie determinowała tożsamości indeksów.

Wyniki przeprowadzonych testów t-Studenta kolejny raz potwierdzają równość wartości średnich w przypadku indeksu DAX oraz indeksów amerykańskich. Równość ta obserwowana jest również w przypadku par indeksów ATX – RTS, ATX – WIG oraz RTS – WIG20. Indeks wiedeński kolejny raz wykazał statystyczną równość wartości średnich z indeksami Europy Środkowowschodniej.

Analizując wyniki testów statystycznych na danych dotyczących notowań indeksów w 2012 roku należy zauważyć, że z perspektywy globalnego rynku kapitałowego tożsamość wykazana została tylko w przypadku indeksów giełdy nowojorskiej. W wyniku braku napływu negatywnych informacji z gospodarek najważniejszych krajów świata oraz jednocześnie napływu tzw. taniego kapitału, na rynkach giełdowych świata, notowania każdego z analizowanych indeksów giełdowych cechowały się wysokim poziomem unikatowości.

	CAC 40	DAX	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
CAC 40		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,9901</b>	<b>0,5785</b>	0,0000	0,0033	0,0000	<b>0,2890</b>	0,0396
DAX	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,0002	0,0065
FTSE 100	0,0000	0,0000		0,0000	0,0102	<b>0,0734</b>	0,0000	0,0000	0,0153	<b>0,0716</b>	0,0000	0,0000	0,0000
ATX	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
BUX	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		<b>0,4322</b>	0,0000	0,0000	<b>0,8837</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
PX	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	<b>0,5226</b>	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000
RTS	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,6394</b>	0,0000	0,0000		<b>0,5701</b>	0,0000	0,0032	0,0000	<b>0,2946</b>	0,0408
WIG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0168	0,0000	<b>0,1065</b>	0,0091
WIG20	0,0000	0,0000	0,0000	<b>0,1903</b>	0,0000	0,0000	<b>0,2406</b>	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
HANGSENG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0001	0,0000
NIKKEI 225	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000
DJI	0,0000	<b>0,2193</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003		<b>0,3168</b>
SP 500	0,0000	<b>0,4758</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	<b>0,5698</b>	

**Tabela 24** Wartości prawdopodobieństwa testowego dla testu równości średnich t-Studenta (lewa dolna część) oraz testu równości wariancji F-Snedecora (prawa górna część). Na podstawie danych normalizowanych z 2013 roku.

Ostatni z analizowanych bloków danych związany jest z notowaniami indeksów w roku 2013. W roku tym na rynkach giełdowych świata brak było wyraźnych negatywnych informacji płynących z głównych gospodarek świata. Ich indeksy znajdowały się w trendzie wzrostowym zapoczątkowanym w 2012 roku. Jedną z kluczowych przyczyn wzrostów indeksów było kontynuowanie programów luzowania polityki



pieniężnej, restrukturyzacji długu i ożywiania gospodarki zainicjowane przez rządy amerykański, angielski oraz japoński. Łatwość uzyskania kredytu inwestycyjnego oraz niski koszt obsługi (tzw. tani pieniądz) wyraźnie wpływały na decyzje inwestorów kapitałowych.

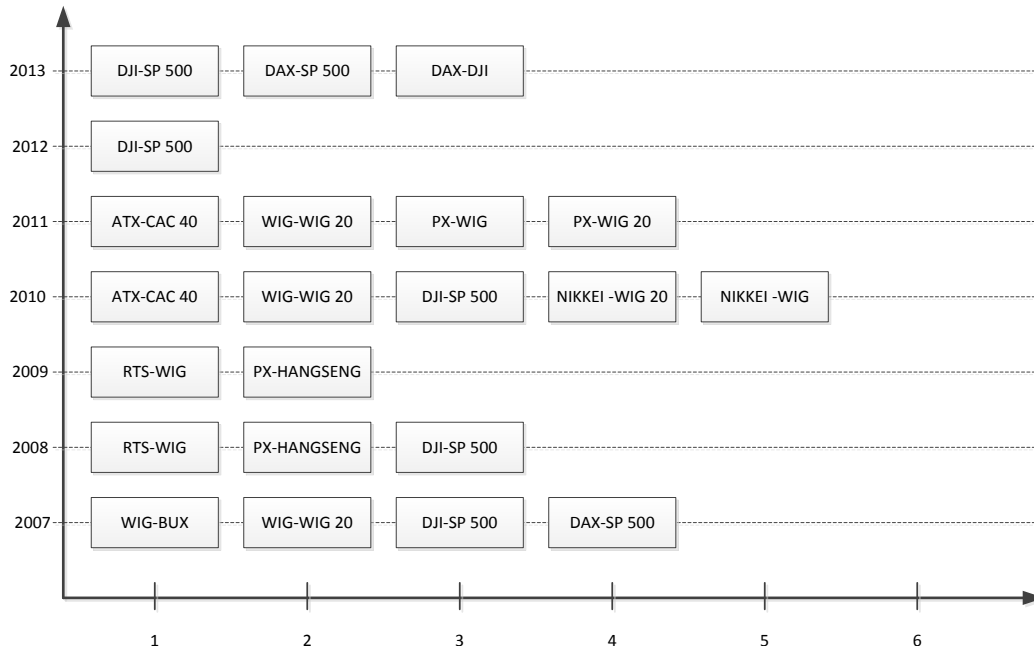
Test F-Snedecora kolejny raz potwierdził statystyczną równość zmienności notowań części indeksów Europy Środkowowschodniej. Owa równość zanotowana została w przypadku par indeksów BUX – PX, BUX – WIG20, PX – WIG20 oraz RTS – WIG. Taki stan rzeczy potwierdza, że przynależność geopolityczna w przypadku rozwijających się rynków kapitałowych w znacznej mierze determinuje zachowanie tych rynków. Należy jednak nadmienić, że indeksy RTS oraz WIG wykazały także równość statystyczną wariancji z notowaniami indeksu DJI. Analizując wyniki testów dla notowań indeksów Europy Zachodniej należy zauważyć, że notowania paryskiego indeksu CAC 40 wykazały statystyczną równość zmienności z indeksami RTS, WIG oraz DJI.

Analizując wyniki testu t-Studenta warto zwrócić uwagę na statystyczną równość wartości średnich w przypadku notowań niemieckiego indeksu DAX oraz amerykańskiego DJI. Równość statystyczna notowań indeksu frankfurckiego oraz indeksów nowojorskich obserwowana była już wielokrotnie w latach wcześniejszych. Zaobserwowana została nierówność wartości średnich indeksów WIG i WIG20. Nierówność ta implikuje to, że oba indeksy nie są tożsame z perspektywy globalnego rynku kapitałowego – stan taki obserwowany był również w latach wcześniejszych. Nie powinna także dziwić równość średnich wykazana w przypadku par indeksów ATX – RTS, ATX – WIG20 oraz RTS – WIG20. Notowania indeksu ATX wielokrotnie wykazywał bowiem cechy charakterystyczne dla notowań indeksów Europy Środkowowschodniej, takich jak np. RTS czy WIG20.

Na podstawie przeprowadzonych testów statystycznych dla danych dotyczących notowań indeksów w 2013 roku należy przyjąć hipotezę, że pary indeksów DJI – SP 500 oraz DJI – DAX należy uznać za tożsame w sensie globalnego rynku kapitałowego. Warto wspomnieć, że statystyczna zbieżność wartości średnich oraz wartości wariancji w przypadku notowań indeksów amerykańskich oraz niemieckiego została wykazana już w toku analizy wcześniejszych okresów. Mimo znaczącego podobieństwa zachowania rynków giełdowych obu krajów, należy podkreślić ich istotne różnice fundamentalne. Rynek amerykański stymulowany był w znacznej mierze przez wdrażanie pakietów pomocowych FED mających na celu restrukturalizację zadłużenia państwa oraz ożywienie gospodarki. Rynek niemiecki dzięki relatywnie niskiemu poziomowi zadłużenia oraz dodatnim wskaźnikom rozwoju gospodarczego był postrzegany jako bezpieczny. Zdaniem autora, taki stan spowodował, że w dobie tzw. taniego pieniądza rynek ten stał się beneficjentem programów ożywiania gospodarek wdrażanych w pozostałych częściach świata.

Na podstawie przeprowadzonych testów statystycznych notowań analizowanych indeksów, aż w 22 przypadkach przyjęta została hipoteza, że zachowanie pary indeksów było tożsame w sensie globalnego rynku kapitałowego. Notowania indeksów w wybranym rocznym przedziale czasu wykazywały statystyczną

równość wartości średnich oraz wariancji. Należy zatem przyjąć tezę, że z perspektywy obserwatora związanego z rynkiem referencyjnym, główne cechy notowań indeksów były identyczne. Przeprowadzona analiza potwierdziła tezę, że przynależność dwóch indeksów do tej samej giełdy, a w konsekwencji do tego samego rynku kapitałowego, nie determinuje równoznaczności zachowania indeksów.



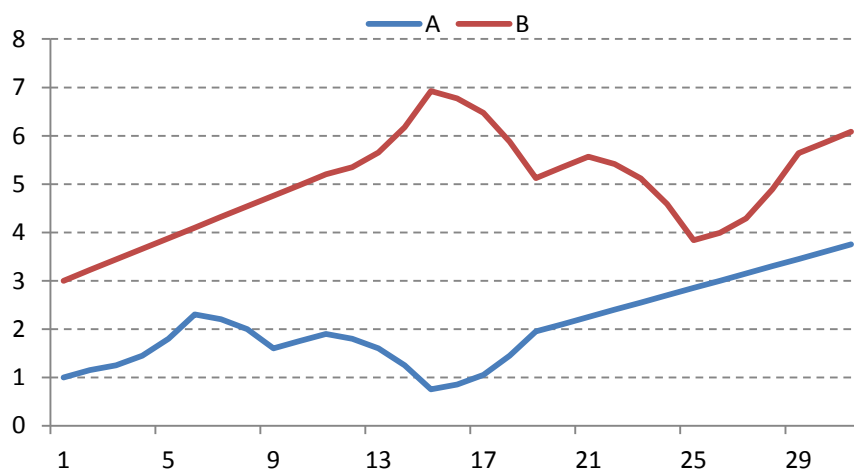
**Rysunek 38** Podsumowanie wyników testów statystycznych – pary indeksów giełdowych tożsame z perspektywy globalnego rynku kapitałowego.

Warty odnotowania jest fakt, że wśród wykazanych statystycznych tożsamości, aż połowa z nich związana była z indeksami rynków wschodzących. Ponadto, w toku przeprowadzonych prac badawczych, wielokrotnie wykazywana była statystyczna równość wartości wariancji. Wyniki badań potwierdzają zatem, że w dobie globalnego kryzysu gospodarczego notowania grup indeksów związanych z tymi rynkami wykazują szereg istotnych podobieństw. Podobieństwa te nie są konsekwencją przynależności geopolitycznej – świadczą o tym wyniki testów statystycznych równości zachowania indeksów Europy Środkowowschodniej oraz indeksu HANGSENG. Indeksy PX, BUX, WIG, WIG20 i RTS związane są z gospodarkami rynkowymi. Indeks HANGSENG związany jest silnie z gospodarką chińską, która jest gospodarką centralnie planowaną.

## 6. Analiza relacji krótkoterminowych

Analiza korelacji przeprowadzona we wcześniejszym dziale pracy doktorskiej ujawniła, że zachowanie notowań indeksów giełdowych w znacznej mierze determinowane jest przynależnością geopolityczną rynków giełdowych. W dobie światowego kryzysu gospodarczego powiązania gospodarcze między rynkami kapitałowymi, a w mniejszym stopniu realny stan gospodarki, determinuje zachowanie indeksów giełdowych. Badania potwierdził fakt silnego powiązania rynków zachodniej i środkowowschodniej Europy. Świadczą o tym wysokie wartości współczynników korelacji w latach 2008 – 2012. Celem tego rozdziału jest zweryfikowanie hipotezy dotyczącej kierunku i charakteru powiązania między analizowanymi indeksami giełdowymi. Należy podkreślić, że wysoka wartość współczynnika korelacji nie implikuje przyczynowości (ang. *correlation does not imply causation*). Współczynnik korelacji Pearsona ma charakter miary ilościowej, pozbawionej kierunkowości. Bazując na nim, niemożliwe jest zatem zweryfikowanie rzeczywistego charakteru zależności. Ze statystycznego punktu widzenia prawdopodobieństwo tezy, że notowania indeksów rynków Europy Zachodniej determinują notowania indeksów rynków Europy Środkowowschodniej jest tak samo prawdopodobne jak teza, że to indeksy rynków Europy Środkowowschodniej determinują notowania indeksów rynków Europy Zachodniej. W kolejnym etapie prac badawczych zaprezentowana zostanie charakterystyka zależności krótkoterminowych między notowaniami analizowanych indeksów giełdowych.

W celu przedstawienia głównej idei badań tej części pracy doktorskiej, autor posłuży się przykładem prezentującym notowania hipotetycznych indeksów giełdowych A i B.



Rysunek 39 Problem przesunięcia czasowego – rysunek poglądowy.

Rozważmy notowania tych indeksów w perspektywie 30 sesji giełdowych. Wartość współczynnika korelacji Pearsona wynosi -0,03. Bazując na wartości współczynnika należy zatem przyjąć, że między analizowanymi

notowaniami giełdowymi brak jest zależności – poziom zależność jest na pomijalnie niskim poziomie. Notowanie indeksu B powstało jednak na podstawie transformacji danych związanych z notowaniami indeksu A. Proces transformacji polegał na przesunięciu zjawiska zaburzającego o 10 sesji w przód.

Zaprezentowana sytuacja pogładowa jest pewnym uproszczeniem zjawisk obserwowanych na rynkach kapitałowych całego świata. Sytuacje o podobnym charakterze obserwowane są bardzo często, np. w przypadku indeksów giełdy europejskiej. Negatywne informacje pochodzące z gospodarki niemieckiej dyskutowane są natychmiast przez główne indeksy giełdy frankfurckiej. Należy jednak podkreślić, że kondycja gospodarki Niemiec wpływa również w znaczącym stopniu na kondycję gospodarczą krajów Unii Europejskiej. Biorąc pod uwagę wartość wymiany handlowej i uwarunkowania makroekonomiczne należy przyjąć, że stan gospodarki polskiej w znaczącej mierze determinowany jest przez stan gospodarki zachodnich sąsiadów. Naturalne zatem wydaje się to, że inwestorzy Giełdy Warszawskiej również dyskontują ową negatywną informację płynącą z gospodarki niemieckiej – wpłynie ona bowiem pośrednio również na polską gospodarkę. Przesunięcie czasowe oraz siła, z jaką owa informacja zostanie zdyskontowana zależne są od stopnia powiązania rynków kapitałowych. Ranga tej samej informacji może być zupełnie inna dla inwestorów związanych np. z giełdą londyńską.

Dokonując analizy podobieństw notowań indeksów giełdowych warto jest odwołać się do trzech perspektyw postulowanych przez analizę techniczną. Analizując wykres notowań możliwe jest wyodrębnienie poniższych trendów:

- Trend główny determinujący kierunek zmian wartości indeksu w długiej perspektywie czasu – należy uznać, że trend ten jest w znacznej mierze determinowany czynnikami o charakterze fundamentalnym. Powołując się na źródła literaturowe przyjmuje się, że trend ten kształtuje się na przestrzeni minimum 6 miesięcy. Część źródeł literaturowych postuluje jednak, aby okres ten wynosił jeden rok.
- Trend średniokresowy obrazujący zmiany wartości indeksu w perspektywie kilkunasto-kilkudziesięciosesyjnej. Trend ten determinowany jest przez zmiany czynników o charakterze technicznym, na tyle jednak rozciągniętych w czasie, że wykraczają one poza zakres czasowy trendu krótkoterminowego.
- Trend krótkookresowy powstały jako odstępstwo wartości indeksu dla poszczególnych sesji względem wartości hipotetycznej będącej konsekwencją trendu średnioterminowego. Wartość zmian determinowana jest przez czynniki o charakterze krótkoterminowym – technicznym. Na potrzeby niniejszej pracy doktorskiej przyjęte zostało, zgodnie z postulatami większości źródeł

literaturowych, że zakres czasowy analizy trendu krótkookresowego powinien być nie dłuższy niż 26 kolejnych sesji giełdowych.

Chcąc dokonać analizy zależności krótkoterminowych należy wyodrębnić zmiany wartości indeksów niebędące składowymi trendów średniookresowych. Eliminacja trendu średniookresowego samoczynnie zredukuje również wpływ trendu głównego. W celu wyodrębnienia zależności krótkookresowych wykorzystana zostanie tzw. prosta średnia krocząca (ang. *simple moving average*, SMA), której długość została ekspercko ustalona na 26 sesji.

$$SAM_t = \frac{y_t + y_{t+1} + \dots + y_{t+25}}{26} \quad 36.$$

$SAM_t$  – wartość średniej kroczącej dla sesji  $t$ ,

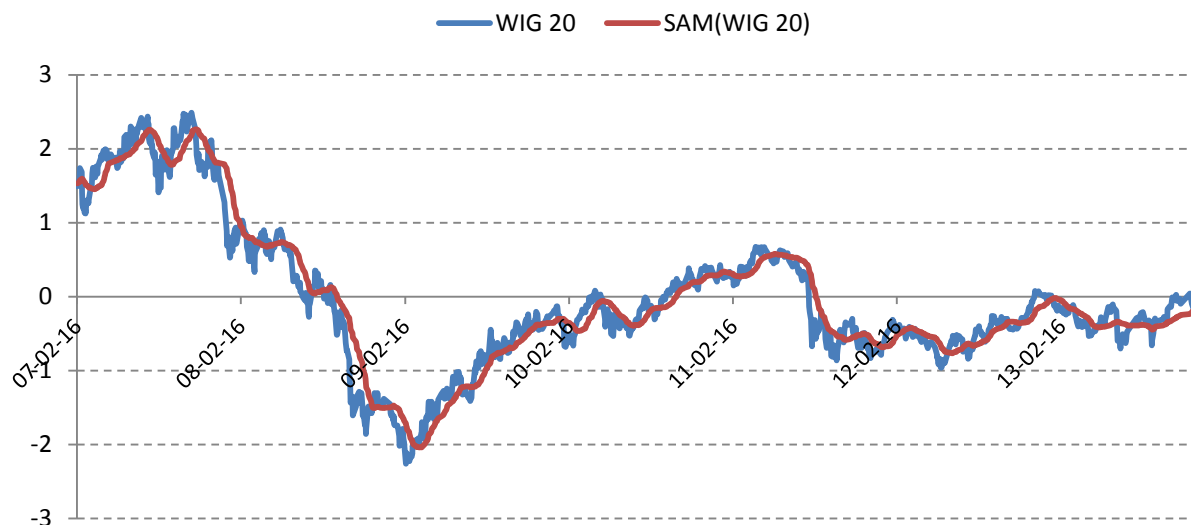
$y_t$  – wartość analizowanego indeksu dla sesji  $t$ .

Tym samym, wartość indeksu w sesji  $t$  wyrazić można za pomocą następującego równania:

$$y_t = SAM_t + \varepsilon_t \quad 37.$$

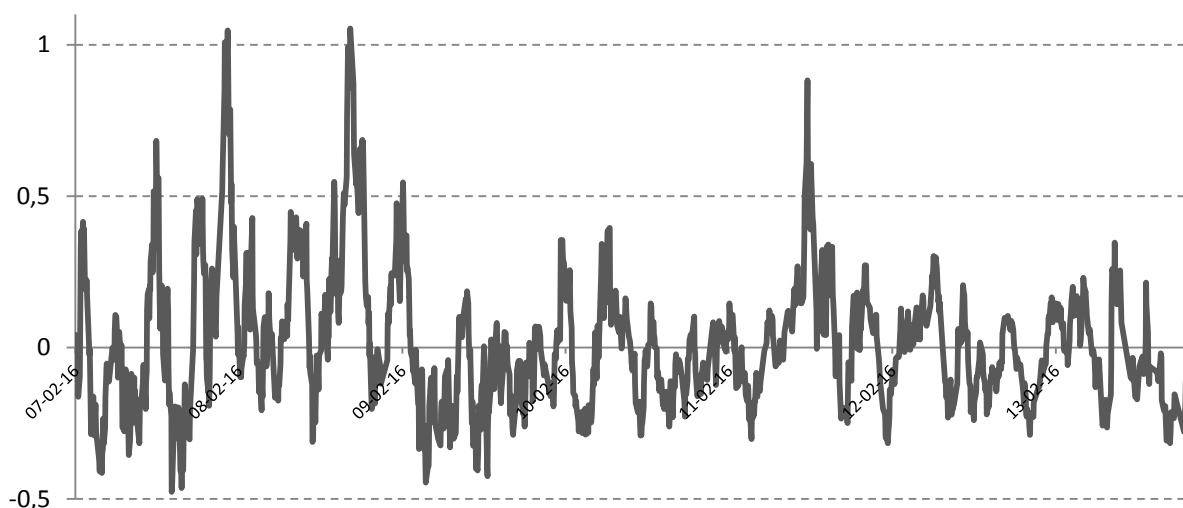
$\varepsilon_x$  – wartość składnika reszt dla sesji  $x$  będącego składową trendu krótkookresowego.

Przedmiotem dalszej części badawczej będą wartości składników reszt powstałych dzięki redukcji trendu średniookresowego. Trend wyodrębniony został poprzez wyliczenie prostej średniej kroczącej 26-sesyjnej. Nie będzie on jednak przedmiotem tej części pracy badawczej. Każde wydarzenie, którego zasięg czasowy oddziaływania na rynek giełdowy był inny niż krótkoterminowy, został uwzględniony w wartości trendu średniookresowego. Należy nadmienić, że trend średniookresowy w znaczącej mierze determinowany jest przez czynniki charakteryzujące się względnie dużą inercją w krótkiej perspektywie czasu. Poniżej zaprezentowana została idea wyodrębnienia składnika reszt będącego składnikiem trendów krótkookresowych.



**Rysunek 40** Idea wyodrębnienia składników trendu krótkoterminowego.

Za przykład posłużyły dane dotyczące notowań indeksu WIG20 na przestrzeni lat 2007 – 2013. Dane te zostały poddane, tak jak we wcześniejszych badaniach, operacji normalizacji. Na ich podstawie wyliczona została średnia prosta krocząca 26-sesyjna. Wyliczenie średniej spowodowało zredukowanie zakresu czasowego analizowanych danych. Wylimitowane zostały dane notowań indeksu WIG20 związane z sesjami giełdowymi między 1 stycznia 2007 roku a 15 lutego 2007 roku. Dane wylimitowane wykorzystane zostały do wyliczenia wartości SAM dla sesji z dnia 16 lutego 2007 roku, będącej pierwszą sesją objętą analizą zależności krótkoterminowych.

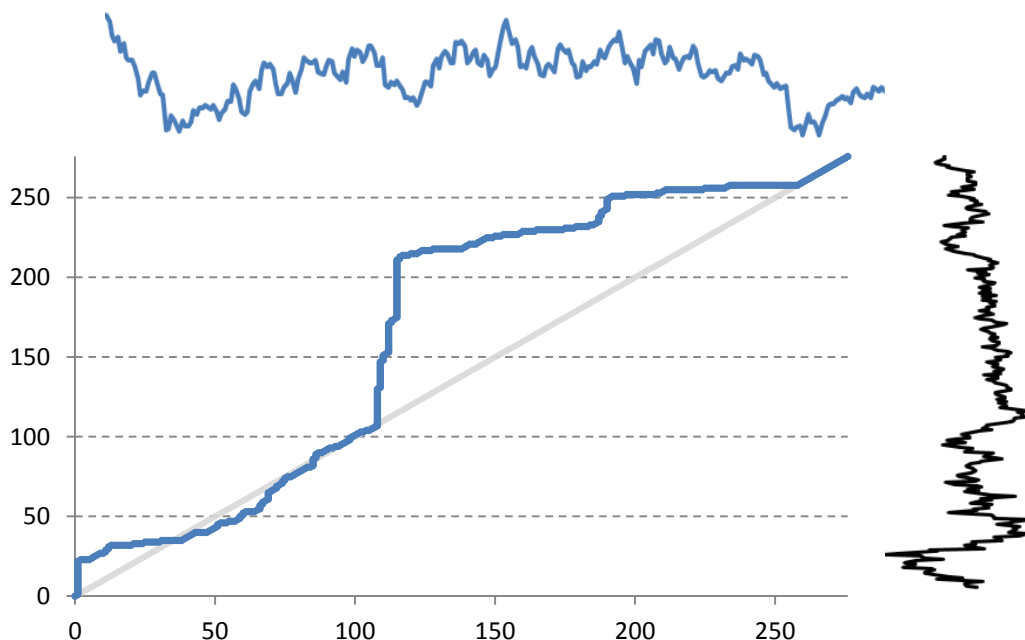


**Rysunek 41** Graficzna prezentacja wyodrębnionych składników trendu krótkoterminowego.

Na potrzeby prac badawczych wykorzystana zostanie metoda DTW (ang. Dynamic Time Warping), która jest jednym z najbardziej efektywnych sposobów porównywania szeregów czasowych. Genezą metody

była chęć porównywania stopnia dopasowania sygnału wzorcowego z sygnałem analizowanym. Podstawowym problemem porównywania są różne dziedziny czasu. Analogicznie do przykładu Rysunek 39, sygnały mogą cechować się znaczącym podobieństwem kształtów, ale cechy charakterystyczne przebiegów nie znajdują się w tych samych momentach czasu. Metoda DTW powszechnie wykorzystywana jest w algorytmach systemów rozpoznawania mowy oraz w algorytmach dopasowania wektorów cech sygnału testowanego względem wektorów cech sygnału referencyjnego. Metoda ta może zostać również zaadaptowana na potrzeby części badawczej pracy doktorskiej, gdyż ze względu na swoją uniwersalność umożliwia porównywanie składników trendu krótkoterminowego analizowanych indeksów giełdowych.

Główna idea algorytmu sprowadza się do odnalezienia optymalnej ścieżki dopasowania pomiędzy dwoma szeregami danych. Optymalną ścieżką nazywamy taką, która charakteryzuje się najmniejszym z możliwych kosztów jej przejścia. W procesie badawczym wyniki działania metody DTW obrazuje się często w postaci macierzowej. W takiej prezentacji graficznej ścieżkę optymalną wyznacza ścieżka łącząca początek macierzy w punkcie (1,1) z jej końcem w punkcie (N,M). N to długość pierwszego szeregu danych, M długość drugiego szeregu danych. Warty podkreślenia jest fakt, że porównywane szeregi nie muszą być jednakowej długości.



**Rysunek 42** Idea najkrótszej ścieżki algorytmu DTW na przykładzie składników reszt indeksu WIG20 (wykres górny) oraz indeksu DJI (wykres po stronie prawej) – dane z roku 2009.

Kluczową częścią metody DTW jest przyjęcie odpowiedniej metryki odległości między dwoma dowolnymi elementami szeregu czasowego. Na jej podstawie, w kolejnych krokach obliczana jest bowiem ścieżka

optymalna. Metoda DTW pozwala na znalezienie najmniejszej odległości między dwoma szeregami czasowymi, przy czym dopuszczalne są pewne transformacje czasu obu szeregów. Dla dowolnych szeregów czasowych:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad 38.$$

oraz

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\} \quad 39.$$

Odległość między dowolnymi punktami porównywanych dwóch szeregów danych można wyrazić funkcją:

$$d(i, j) = f(x_i, y_j) \geq 0 \quad 40.$$

$d(i, j)$  – odległość między punktem  $i$  szeregu  $X$  i punktem  $j$  szeregu  $Y$ ,  
 $f(x_i, y_j)$  – funkcja będąca miarą odległości między punktami szeregów.

Dla szeregów czasowych  $X$  i  $Y$  istotą algorytmu DTW jest wybór funkcji selekcji odpowiednich indeksów szeregów. Funkcja  $\phi(k)$  postaci:

$$\phi(k) = (\phi_X, \phi_Y) \quad 41.$$

$\phi_X, \phi_Y$  – funkcje selekcjonujące indeksy szeregów  $X$  i  $Y$ ,

$\phi(k)$  – funkcja wyboru połączeń (ang. warping curve function),

odpowiedzialna jest za wybór odpowiednich połączeń między punktami. W oparciu o zdefiniowaną funkcję  $\phi(k)$  możliwe jest obliczenie skumulowanego dystansu dla szeregów czasowych. Przyjmuje on postać:

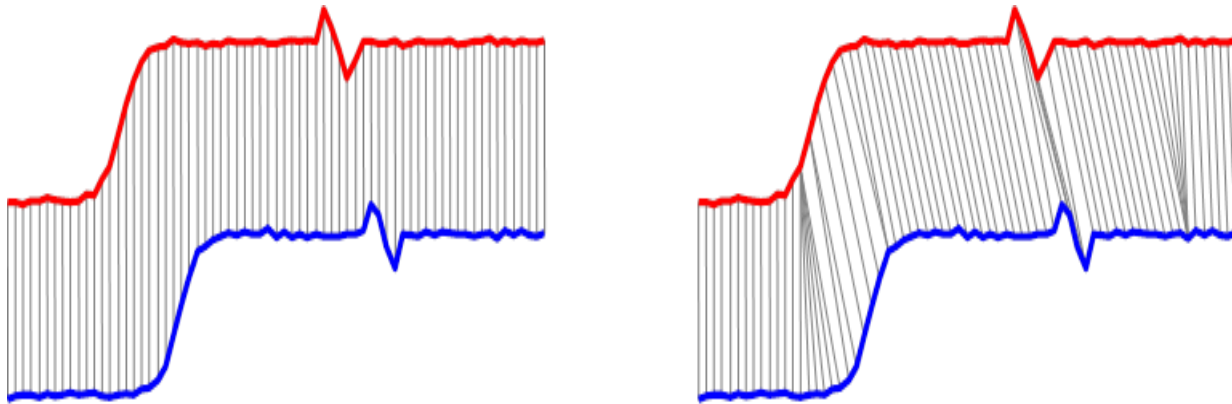
$$d_\phi(X, Y) = \sum_{k=1}^T d(\phi_X(k), \phi_Y(k)) \quad 42.$$

$d_\phi(X, Y)$  – wartość skumulowanego dystansu między szeregami  $X$  i  $Y$ ,

$d$  – miara odległości między dwoma elementami szeregów  $X$  i  $Y$  wyselekcjonowanymi przez funkcje  $\phi_X, \phi_Y$ .

Poniżej zaprezentowany został wpływ zastosowanej funkcji  $\phi(k)$  na proces selekcji odpowiednich połączeń między punktami porównywanych szeregów czasowych.





**Rysunek 43** Wpływ wyboru funkcji wiązania punktów szeregów na proces kalkulacji odległości między analizowanymi szeregami czasowymi. Wykres lewy – miara euklidesowa. Wykres prawy – zastosowanie jednego z rodzajów metod DTW.

Celem algorytmu DTW jest znalezienie takiej funkcji  $\phi$ , aby skumulowany dystans był najmniejszy.

$$D(X, Y) = \min_{\phi} d_{\phi}(X, Y) \quad 43.$$

Dla dowolnych dwóch szeregów czasowych  $X$  i  $Y$  złożoność obliczeniowa odnalezienia funkcji minimum wynosi  $O(M \times N)$ . Jest zatem wprost zależna od długości analizowanych szeregów czasowych. Wszystkie procesy badawcze związane z metodą DTW przeprowadzone w ramach niniejszej pracy doktorskiej wykonane zostały przy użyciu technik komputerowych. W celu optymalizacji przebiegu algorytmu na funkcję  $\phi$  nałożone zostały szeregi warunków mających na celu ograniczenie przestrzeni poszukiwań:

1. Funkcje  $\phi_X \phi_Y$  dokonujące selekcji indeksów analizowanych szeregów czasowych są monotoniczne – własność ta zapewnia, że podobne fragmenty szeregów łączone są tylko raz.
2. Funkcje  $\phi_X \phi_Y$  są funkcjami ciągłymi – własność ta zapewnia, że żadne z punktów szeregów czasowych nie są pomijane.

$$\phi_X(\{1, 2, \dots, T\}) = \{1, 2, \dots, N\} \text{ oraz } \phi_Y(\{1, 2, \dots, T\}) = \{1, 2, \dots, M\} \quad 44.$$

$T$  – liczba połączeń między punktami szeregów czasowych.

3. Funkcje  $\phi_X \phi_Y$  spełniają warunki brzegowe – dopasowanie nie jest wykonywane na krańcowych elementach szeregu czasowego.

$$\phi_X(1) = \phi_Y(1) = 1 \quad 45.$$

$$\phi_X(T) = N \quad 46.$$

$$\phi_Y(T) = M \quad 47.$$

4. Warunek ograniczający, który zapewnia, że punkty odległe w przestrzeni czasowej nie mogą być połączone:

$$|\phi_X(t) - \phi_Y(t)| \leq r \quad 48.$$

$r$  – wartość ograniczająca odległość punktów w przestrzeni czasowej,

$t$  – dowolne połączenie między punktami szeregów czasowych  $t \in \{1, 2, \dots, T\}$ .

Proces definiowania funkcji  $\emptyset$  rozpoczyna się od zdefiniowania tzw. macierzy kosztów (ang. *Cost Matrix*).

Droga łącząca komórkę  $[1,1]$  z komórką  $[M,N]$ , której sumaryczny koszt jest najmniejszy, jest rozwiązaniem problemu DTW. Definicję macierzy kosztów można wyrazić za pomocą następującego wyrażenia rekurencyjnego:

$$g[i, j] = d(i, j) + \min \begin{cases} g[i - 1, j - 1] \\ g[i - 1, j] \\ g[i, j - 1] \end{cases} \quad 49.$$

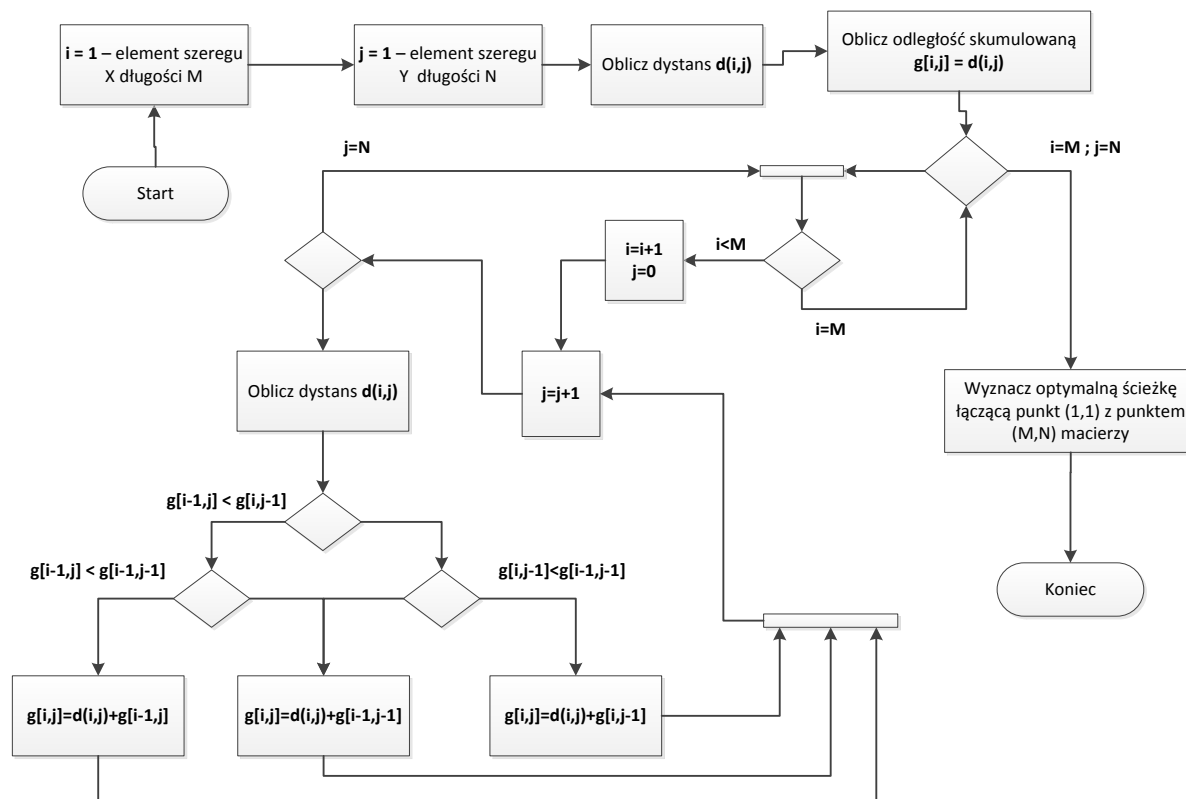
$i$  – indeks kolumny macierzy  $i \in \{1, \dots, M\}$ ,

$j$  – indeks wiersza macierzy  $j \in \{1, \dots, N\}$ ,

$g[i, j]$  – wartość komórki macierzy będąca odległością skumulowaną,

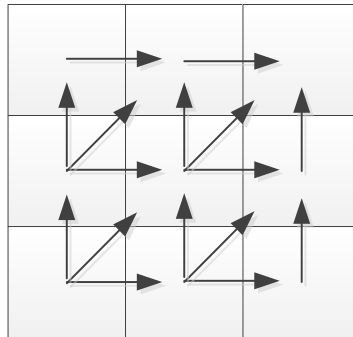
$d(i, j)$  – wartość odległości.

Poniżej zaprezentowany został schemat blokowy obrazujący proces przebiegu algorytmu budowy macierzy kosztów. Funkcja  $\emptyset$  jest reprezentowana przez drogę optymalną, o najniższym koszcie sumarycznym.



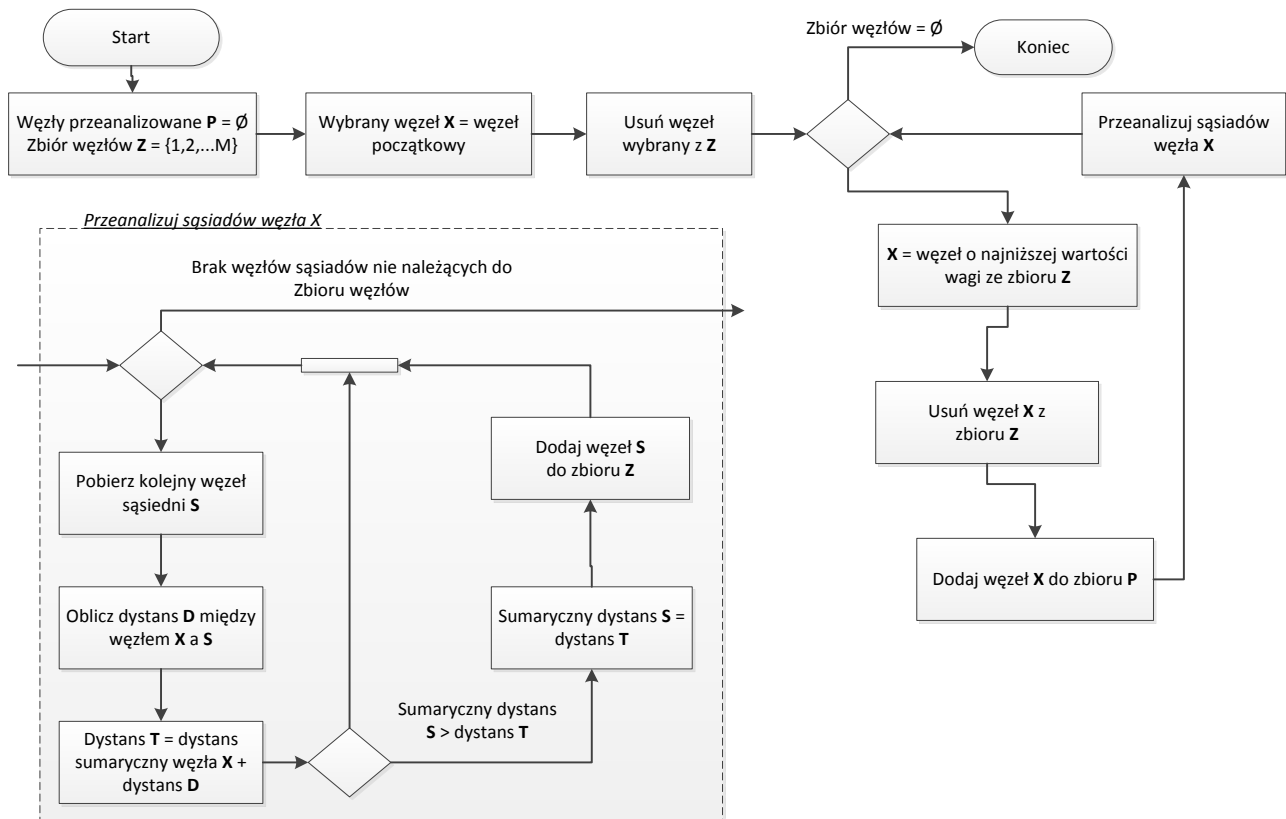
Rysunek 44 Przebieg algorytmu wyznaczania macierzy kosztów DTW – schemat blokowy.

Proces wytyczenia drogi optymalnej jest prostym problemem teorii grafów. Na podstawie macierzy kosztów tworzony jest graf skierowany. W ramach algorytmu DTW możliwe są tylko niektóre przejścia między komórkami grafu.



Rysunek 45 Wyznaczanie drogi optymalnej algorytmu DTW – koncepcja grafu skierowanego.

Na podstawie tak zdefiniowanego grafu, którego koszt przejścia z jednej komórki do drugiej wyznaczany jest przez wartość związaną z drugą komórką, wyliczana jest droga optymalna. Jednym z algorytmów wykorzystywanych powszechnie w procesie definiowania drogi optymalnej jest algorytm Dijkstra. Poniżej zaprezentowana została jego główna idea.



Rysunek 46 Idea algorytmu Dijkstra wyznaczającego ścieżkę optymalną grafu.

Na podstawie wyodrębnionych składników reszt trendu krótkoterminowego oraz algorytmu DTW opracowane zostały zestawienia ukazujące stopień współzależności trendów krótkoterminowych między analizowanymi indeksami giełdowymi. Należy przyjąć, że odległość między składnikami reszt indeksów wyliczona na podstawie algorytmu DTW jest miarą stopnia współzależności. Niską wartość miary należy utożsamiać ze znaczącą współzależnością. Wysoką wartość miary z kolei z niską wartością współzależności. Poniżej zaprezentowane zostały wyniki prac badawczych w perspektywie rocznej. Każdy z analizowanych przedziałów czasu cechuje się różną licznością przypadków danych. Liczność z kolei ma znaczący wpływ na wartość sumaryczną miary odległości. Autor pragnie zwrócić szczególną uwagę na analizę indeksów Europy Środkowowschodniej. Jest to związane z weryfikacją tezy niniejszej pracy doktorskiej:

*„Zmiany notowań indeksów Europy Środkowowschodniej w perspektywie krótkoterminowej determinowane są przez zmiany notowań indeksów Europy Zachodniej”.*

	DAX	CAC 40	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
DAX	0	9,61	11,46	10,98	14,50	9,47	11,79	13,94	14,80	18,56	16,56	11,18	11,04
CAC 40	9,24	0	8,69	9,64	15,29	10,67	14,57	12,14	13,75	21,53	12,42	11,72	9,79
FTSE 100	12,56	11,80	0	8,31	17,27	11,60	15,89	15,26	14,98	19,33	12,39	11,86	10,56
ATX	16,30	15,84	14,64	0	17,97	9,90	13,56	15,95	14,89	18,34	13,31	10,74	9,85
BUX	16,82	19,81	19,47	18,42	0	15,91	21,84	11,69	14,97	31,85	22,16	21,38	20,20
PX	19,79	19,87	21,95	16,16	19,04	0	11,16	14,21	13,74	15,24	14,93	11,45	11,42
RTS	27,75	30,38	27,28	19,47	24,20	25,14	0	20,35	19,08	17,00	22,23	15,79	15,05
WIG	17,41	17,54	14,10	15,74	19,82	17,96	28,76	0	12,12	31,61	19,38	19,59	19,69
WIG20	18,35	17,81	16,37	17,22	18,76	15,95	27,77	7,79	0	26,71	20,94	20,82	18,66
HANGSENG	33,96	40,11	33,83	38,14	40,45	48,00	48,57	37,42	40,00	0	19,61	15,82	16,29
NIKKEI 225	14,16	14,62	16,56	18,50	17,73	21,78	35,22	19,09	18,95	34,13	0	10,46	10,50
DJI	19,38	20,56	16,31	22,47	22,18	32,94	29,35	22,09	23,83	23,84	17,28	0	3,65
SP 500	17,21	17,93	14,44	19,27	20,75	30,23	25,96	20,57	21,88	24,45	16,65	6,61	0

**Tabela 25** Wartości odległości skumulowanej między składnikami trendu krótkoterminowego analizowanych indeksów giełdowych. Prawa górna część tabeli przedstawia wyniki dla danych z 2007 roku. Lewa dolna część tabeli przedstawia wyniki dla danych z roku 2008.

Opierając się o wyniki analiz danych z 2007 roku należy zwrócić uwagę na współzależność krótkoterminową między indeksami zachodnioeuropejskimi. Wyeliminowanie trendu innego niż krótkoterminowy uwydatniło, że notowania tej grupy indeksów cechują się znaczącą współzależnością zachowania. Autor pragnie podkreślić, że trendy średnio i długoterminowe determinowane są w znaczącej mierze przez czynniki o charakterze fundamentalnym. Kolejnym aspektem wartym uwagi jest niska wartość miary odległości między indeksami amerykańskimi a indeksem NIKKEI 225 oraz między indeksami amerykańskimi a indeksami zachodnioeuropejskimi. Miara odległości między indeksami Europy Zachodniej

a indeksem NIKKEI 225 jest jednak wyraźnie wyższa. Taki stan rzeczy można interpretować jako przejaw dominującego wpływu sygnałów płynących z giełdy amerykańskiej. Zmiany notowań indeksów amerykańskich były źródłem późniejszych zmian notowań pozostałych indeksów światowych. Analizując wyniki należy zwrócić uwagę na niską wartość miary odległości między indeksem praskim a indeksami Europy Zachodniej oraz amerykańskimi. Indeks PX wyróżnia się na tle pozostałych indeksów Europy Środkowowschodniej. W przypadku tej grupy miara odległości DTW jest wyraźnie mniejsza względem indeksów zachodniej Europy niż względem indeksów amerykańskich. Grupa indeksów Europy Środkowowschodniej nie jest jednak jednorodna. Indeksy związane z tą grupą nie cechują się wysoką miarą podobieństwa wzajemnego między trendami krótkoterminowymi. Jedną z tez wyjaśniających może być fakt, że na parkietach giełdowych w Warszawie, Budapeszcie czy Moskwie, zmiany notowań indeksów zachodniej Europy czy amerykańskich dyskontowane są w różny sposób. Taki stan rzeczy może być również potwierdzeniem tezy, że zmiany notowań indeksów tej grupy nie wpływają na siebie lecz są determinowane zmianami notowań indeksów Europy Zachodniej lub indeksów amerykańskich.

Warty podkreślenia jest fakt, że miara odległości DTW między indeksami WIG i WIG20, związanymi z tym samym rynkiem giełdowym, jest większa niż między indeksami DAX i SP 500, powiązanymi z zupełnie innymi regionami gospodarczymi. Średnia wartość miary odległości DTW dla indeksu HANGSENG jest wyraźnie większa niż w przypadku pozostałych indeksów. Indeks hongkoński wykazuje jednak większą współzależność krótkoterminową z indeksami nowojorskimi oraz frankfurckim. Mimo wykazanych we wcześniejszej części badań analogii między charakterystyką zachowania indeksów rynków wschodzących należy podkreślić, że charakterystyka ta jest konsekwencją zachowania notowań indeksów, a nie składników reszt powstałych po wyodrębnieniu trendu krótkoterminowego. Różnice w perspektywie krótkoterminowej są konsekwencją różnego dyskontowania informacji oraz zmian notowań czołowych indeksów giełd światowych. Tabela 26 przedstawia prezentacje graficzne ścieżki DTW dla wybranych par indeksów giełdowych. Jej analiza pozwala potwierdzić wcześniejsze tezy. Niska wartość odległości między indeksami PX oraz DAX nie jest konsekwencją podobieństwa bezpośredniego zachowania indeksów, ale skutkiem działania algorytmu DTW. Należy zatem podkreślić, że transformacja czasowa znacząco zredukowała wartość miary odległości między składnikami reszt tych indeksów. Zastosowanie algorytmu DTW nie wpłynęło jednak w znaczący sposób na zredukowanie miary odległości w przypadku indeksu HANGSENG. Indeks ten cechował się zatem znaczącą autonomią trendów krótkoterminowych względem pozostałych indeksów światowych. Wykres ścieżki minimalnej indeksów DAX i WIG (również WIG20) kształtem zbieżny jest ze ścieżką nominalną – oznaczoną kolorem czerwonym. Ścieżka nominalna oznacza

brak wpływu transformacji czasowych algorytmu DTW. W takim przypadku odległość między dwoma szeregami składników reszt wyrazić można za pomocą wzoru:

$$d = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad 50.$$

$x_i$  – wartość składnika reszt indeksu  $x$  dla sesji  $i$ ,  
 $y_i$  – wartość składnika reszt indeksu  $y$  dla sesji  $i$ ,  
 $d$  – odległość między szeregami składników reszt,  
 $n$  – liczba elementów szeregu.

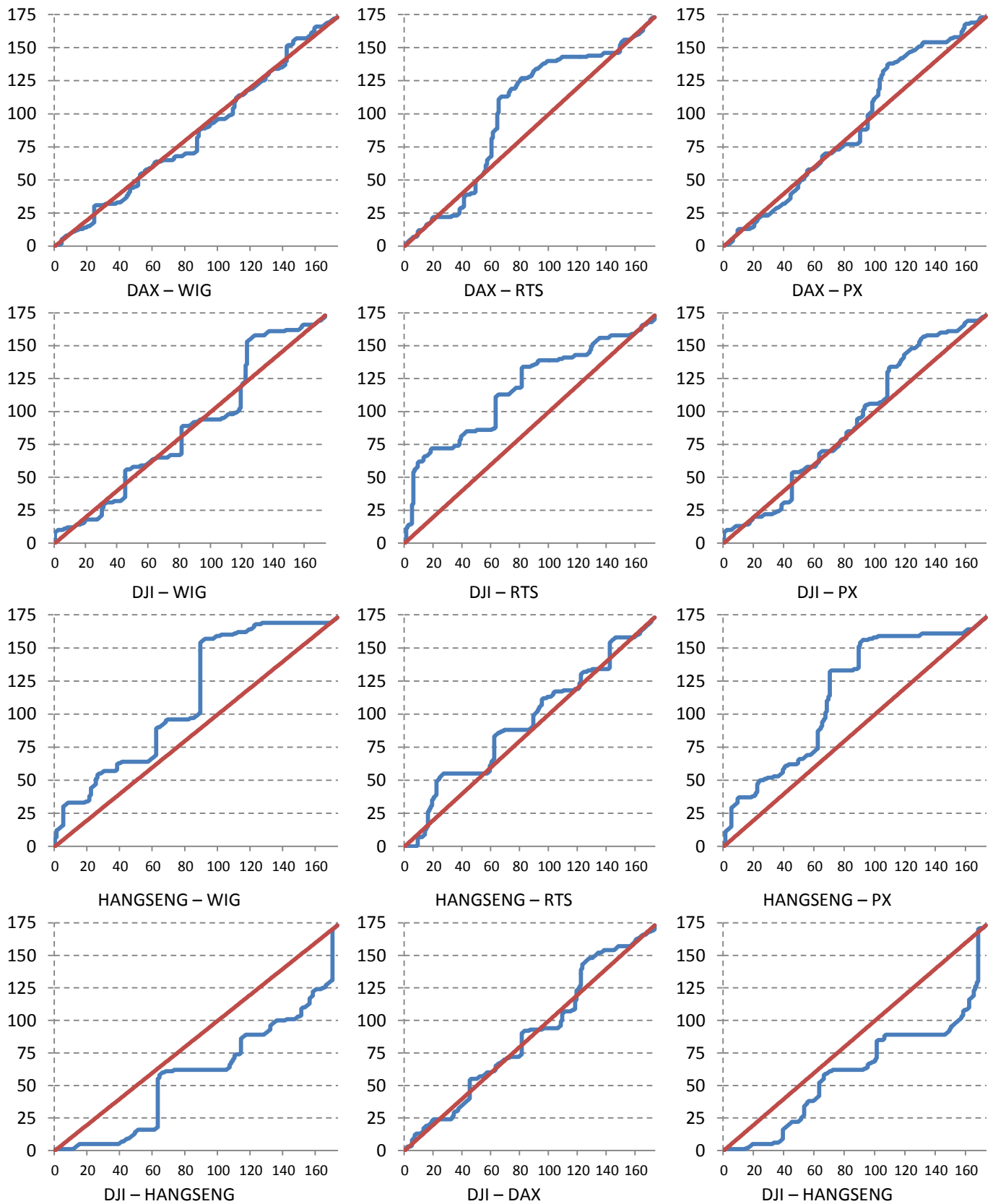
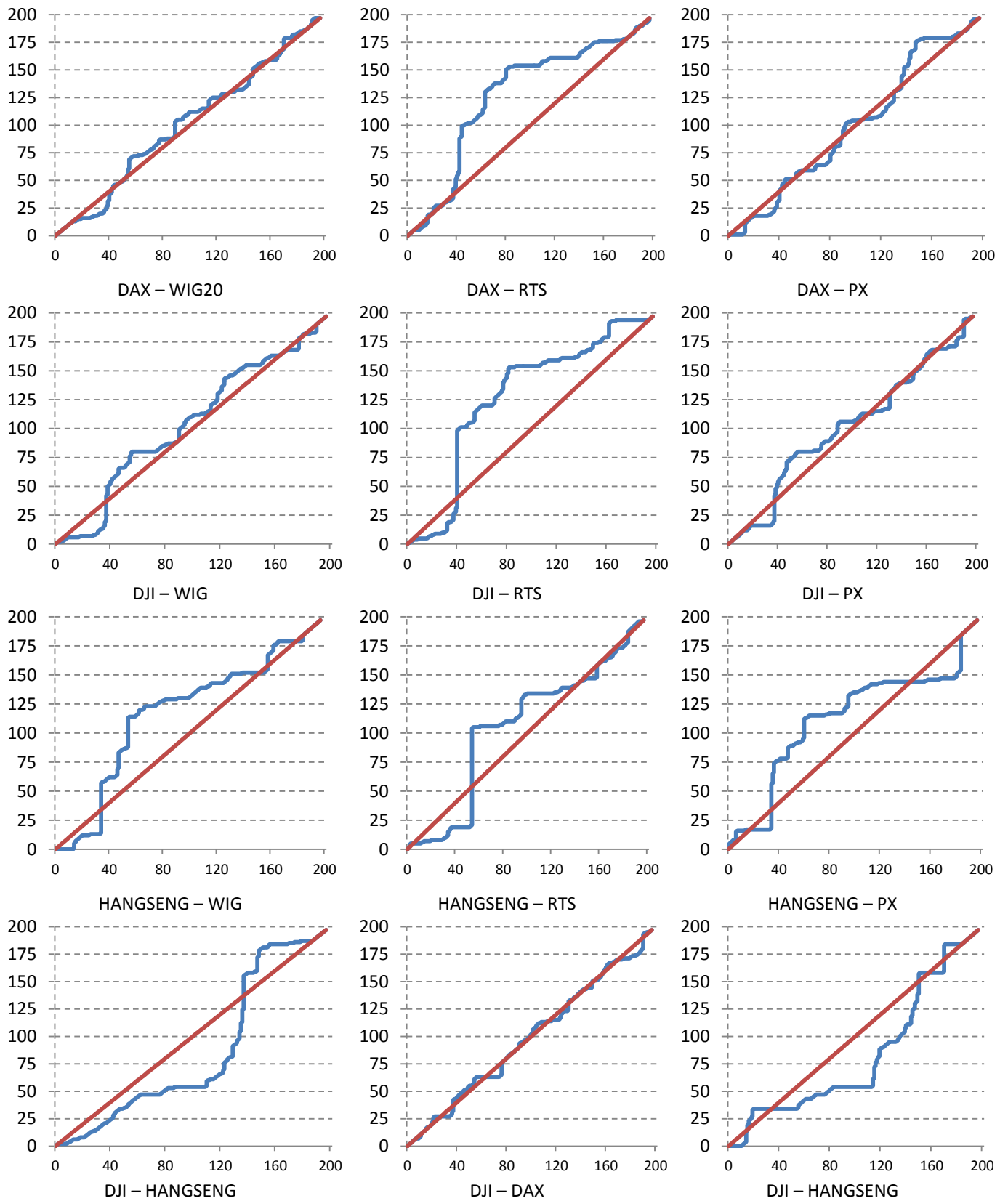


Tabela 26 Ścieżki krytyczne algorytmu DTW – dane z roku 2007, indeksy wybrane.

Taki kształt drogi może świadczyć o tym, że zmiany notowań indeksu DAX dyskontowane są na parkiecie warszawskim tylko z nieznacznym opóźnieniem czasowym. Sama wartość miary odległości sugeruje zatem, że różnice trendów krótkoterminowych są spowodowane przez czynniki inne niż wzajemne powiązanie rynków kapitałowych Niemiec oraz Polski. Analogicznie, w przypadku porównania indeksów RTS – DAX oraz RTS – DJI niska wartość miary odległości jest konsekwencją występowania opóźnień czasowych między zmianami trendów krótkoterminowych. Można zatem przyjąć, że zmiany wartości indeksów DAX lub DJI są dyskontowane ze znacznym opóźnieniem czasowym na parkiecie moskiewskim. Niemniej zmiany te w sposób znaczący wpływają na notowania indeksu RTS. Analiza wykresu ścieżki optymalnej w przypadku indeksów DAX i DJI pozwala przypuszczać, że informacje płynące z dwóch parkietów dyskontowane są z nieznacznym opóźnieniem czasowym, a wartość miary odległości jest konsekwencją występowania różnic czynników determinujących zachowanie obydwu indeksów w krótkiej perspektywie czasu. W 2008 roku, podobnie jak w roku 2007, wszystkie indeksy rynków zachodniej Europy cechują się niską wartością miary odległości. W przypadku indeksu ATX zaobserwowano proporcjonalne zwiększanie miary odległości względem pozostałych indeksów zachodniej Europy oraz zredukowanie jej względem indeksów Europy Środkowowschodniej. W dobie kryzysu rynków giełdowych, indeks ten ponownie wykazuje cechy bliższe indeksom Europy Środkowej. Nieznaczne bezwzględne zwiększenie miary odległości DTW zaobserwowano również w przypadku par indeksów Europy Zachodniej oraz Europy Środkowowschodniej. Autor ponownie pragnie pokreślić, że w procesie badawczym wykorzystane zostały 173 sesje roku 2007 i 197 sesje giełdowe roku 2008. Owe zwiększenie jest bezpośrednią konsekwencją zwiększenia się miary odległości dla indeksu PX oraz RTS. Analiza prezentacji graficznej drogi minimalnej ukazuje dodatkowo, że zredukowaniu uległ czas dyskontowania zmian notowań zachodzących np. na parkiecie frankfurckim. Taki stan rzeczy jest naturalną konsekwencją drastycznych spadków wartości indeksu w roku 2008 oraz ogólnej niepewności lub wręcz strachu panujących wówczas na rynkach całego świata. Owa redukcja czasów dyskontowania zmian w trendach krótkoterminowych zauważalna jest również w przypadku indeksów amerykańskich. Fakt ten nie powinien jednak dziwić, gdyż zły stan gospodarki amerykańskiej był głównym źródłem światowego kryzysu gospodarczego. Warto odnotowania są również wyniki dotyczące indeksów RTS oraz HANGSENG. Zarówno w przypadku indeksu moskiewskiego, jak i hongkońskiego, w znaczący sposób zwiększeniu uległa miara odległości DTW względem pozostałych indeksów analizowanych giełd światowych. Analiza wykresów ścieżki optymalnej pozwala również zauważyć, że na wynik miary odległości znaczący wpływ wywarł również algorytm DTW – ścieżka optymalna w sposób znaczący różni się od ścieżki nominalnej. Należy zatem zauważyć, że w dobie ogólnoswiatowego kryzysu gospodarczego obydwie indeksy cechowały się znaczącym stopniem autonomii zmian notowań w perspektywie krótkoterminowej.





**Tabela 27** Ścieżki krytyczne algorytmu DTW – dane z roku 2008, indeksy wybrane.

	DAX	CAC 40	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
DAX	0,00	7,41	10,79	13,68	17,98	23,05	18,27	17,35	16,99	30,31	16,98	15,19	14,26
CAC 40	11,80	0,00	10,36	12,27	17,53	20,72	17,77	18,12	16,69	27,91	16,77	15,30	14,42
FTSE 100	9,03	10,39	0,00	13,18	20,59	21,81	15,70	18,21	17,84	25,45	17,56	11,50	11,31
ATX	11,14	10,81	7,10	0,00	19,10	17,23	18,37	15,28	15,81	21,30	21,04	15,64	14,44
BUX	24,97	19,59	25,96	25,23	0,00	17,03	16,89	17,47	17,87	39,89	26,15	26,22	26,70
PX	13,70	12,69	11,00	9,83	18,00	0,00	17,90	16,33	17,39	36,41	26,49	25,45	25,19
RTS	13,20	13,20	9,74	9,02	23,41	9,77	0,00	16,32	17,12	35,09	28,51	19,05	19,84
WIG	11,38	10,03	10,50	7,14	19,27	10,19	12,19	0,00	6,19	24,92	27,94	19,31	19,41
WIG20	12,14	10,27	11,39	8,76	18,66	9,53	12,34	3,60	0,00	26,38	25,29	18,93	18,65
HANGSENG	22,54	20,60	15,07	13,70	36,40	21,71	21,03	19,87	21,97	0,00	36,40	17,20	17,82
NIKKEI 225	17,83	21,75	15,27	16,20	29,09	15,03	12,86	19,91	20,16	27,29	0,00	17,82	17,44
DJI	11,60	15,00	9,66	8,42	26,39	11,88	10,53	11,17	13,22	16,47	11,31	0,00	4,59
SP 500	12,16	15,21	9,37	8,38	27,67	11,21	9,56	11,40	12,50	18,17	10,65	4,44	0,00

**Tabela 28** Wartości odległości skumulowanej między składnikami trendu krótkoterminowego analizowanych indeksów giełdowych. Prawa górna część tabeli przedstawia wyniki dla danych z 2009 roku. Lewa dolna część tabeli przedstawia wyniki dla danych z roku 2010.

Analiza wyników z roku 2009 potwierdza, że zjawiska zaobserwowane w 2007 i 2008 roku były kontynuowane również w latach kolejnych. Indeksy Europy Zachodniej cechują się niską wartością miary odległości wzajemnej. Warty podkreślenia jest fakt, że miara odległości kształtuje się na niskim poziomie również dla indeksu FTSE 100 związanego z gospodarką kraju niezrzeszonego w obszarze waluty Euro. Indeksy zachodnioeuropejskie wykazują również znaczący stopień powiązania trendów krótkoterminowych z indeksami giełdy nowojorskiej – taki stan rzeczy obserwowany był również w latach wcześniejszych. W przypadku indeksów środkowowschodniej Europy wartość miary odległości wzajemnej nie pozwala przyjąć hipotezy, że zmiany notowań tych indeksów są powiązane wzajemnie w perspektywie krótkoterminowej. Dla tej grupy indeksów miara odległości wzajemnie utrzymuje się na takim samym poziomie jak w przypadku miary odległości tych indeksów względem indeksów zachodniej Europy. Warte podkreślenia są wyniki indeksu PX oraz RTS. Zmiany notowań indeksu praskiego nie cechują się tak wysokim stopniem zbieżności krótkoterminowej względem indeksów DAX, CAC czy FTSE 100, jak miało to miejsce w roku 2007. W przypadku indeksu moskiewskiego zaobserwowano zmniejszenie się wartości miary odległości względem indeksów praskiego i budapesztańskiego oraz indeksów warszawskich. Godna uwagi jest wysoka stabilność zachowania indeksów giełdy warszawskiej. Wartość miary odległości względem czołowych indeksów giełd światowych utrzymuje się na poziomie bliskim poziomom z lat wcześniejszych. Analizując wybrane wykresy drogi minimalnej algorytmu DTW, warto zwrócić uwagę na jej kształt w przypadku par indeksów PX – DAX oraz WIG – DAX.

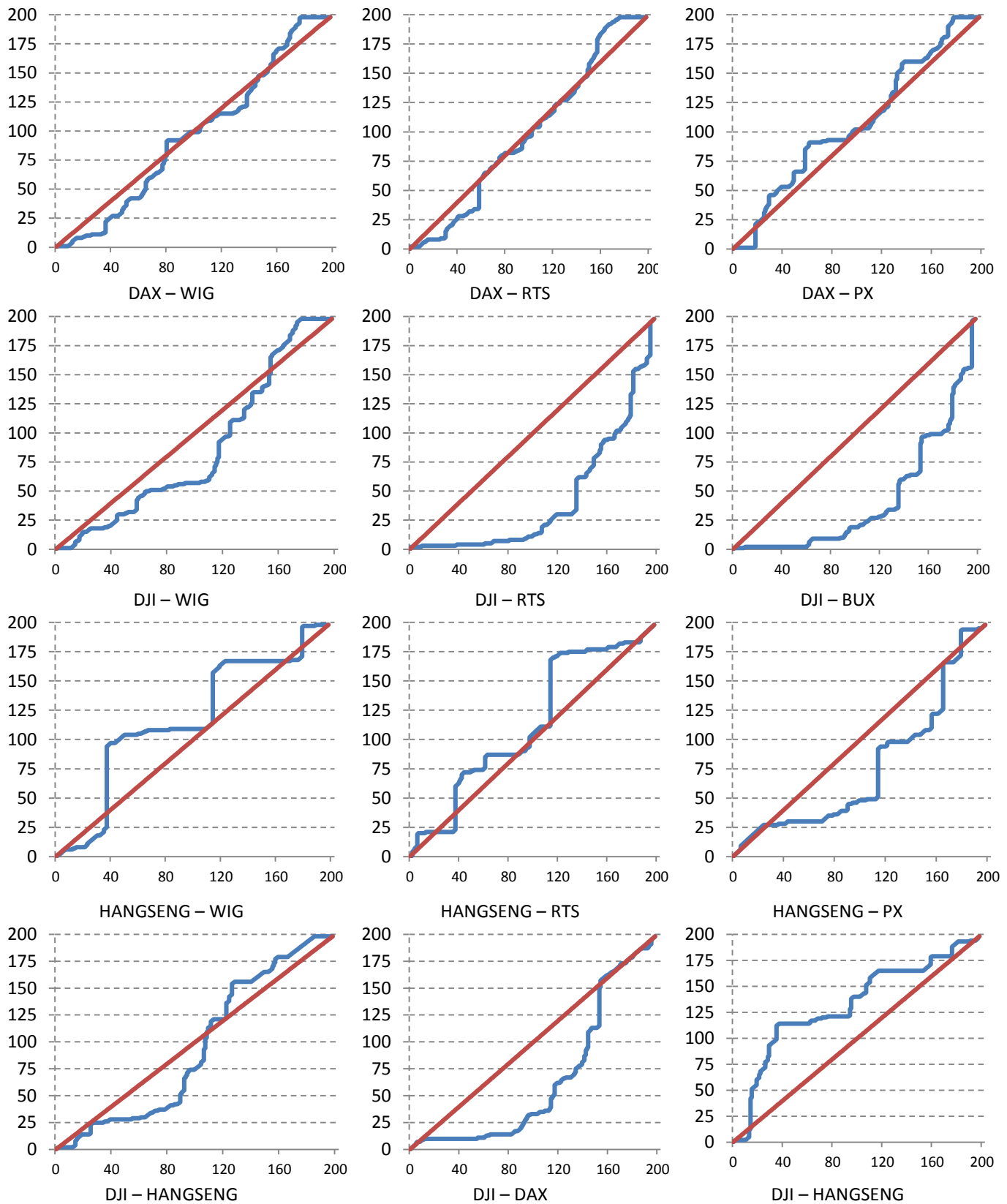


Tabela 29 Ścieżki krytyczne algorytmu DTW – dane z roku 2009, indeksy wybrane.

Wartość miary odległości w 2009 roku między tymi parami indeksów jest konsekwencją transformacji czasowych algorytmu DTW. Wykres jest bowiem wyraźnie różny od drogi nominalnej. Wpływ działania algorytmu DTW zauważalny jest w przypadku drogi minimalnej indeksów WIG, WIG20, PX, BUX oraz RTS względem indeksów giełdy nowojorskiej. Taki stan rzeczy świadczy o tym, że zmiany trendów krótkookresowych na giełdzie nowojorskiej dyskutowane były ze znacznym opóźnieniem przez giełdy Europy Środkowowschodniej. Warty podkreślenia jest również kształt ścieżki minimalnej dla par indeksów DAX – DJI. W odróżnieniu od jego kształtu w latach wcześniejszych, w roku 2009 widać wyraźny wpływ działania algorytmu DTW. Tym samym należy podkreślić, że zmiany krótkoterminowe trendu zachodzące na giełdzie nowojorskiej, dyskutowane były na parkiecie frankfurckim ze znacznym opóźnieniem czasowym. Owe opóźnienie względem giełdy nowojorskiej dotyczyło większości analizowanych indeksów. Zdaniem autora, taki stan rzeczy był konsekwencją faktu, że w dobie kryzysu uwaga większości inwestorów giełdowych skoncentrowana była na zachowaniu giełdy amerykańskiej. Tylko wyraźne zmiany trendu indeksów DJI i SP 500 dyskutowane były przez pozostałe giełdy.

Analizując dane z roku 2010 ponownie należy zwrócić uwagę na wzajemne podobieństwo zachowania notowań indeksów Europy Zachodniej w krótkiej perspektywie czasowej – niska wartość miary odległości. Warto odnotowania jest jednak „oddalenie się” indeksu paryskiego względem frankfurckiego. Taki stan nie był obserwowany w latach wcześniejszych. Była to konsekwencja problemów fiskalnych krajów południowej Europy, w tym Francji. Wyraźną redukcję miary odległości zaobserwowano z kolei w przypadku indeksów Europy Środkowowschodniej. Zmiany trendów krótkoterminowych tej grupy indeksów wykazywały wysoki stopień podobieństwa do zmian trendów zarówno indeksów zachodnioeuropejskich, jak i indeksów amerykańskich – wyjątkiem jest indeks węgierski. Taki stan nie był obserwowany w latach wcześniejszych. Godny podkreślenia jest fakt, że kryzys fiskalny strefy Euro nie wpłynął negatywnie na „oddalenie się” trzech grup indeksów: amerykańskich, zachodnio oraz środkowowschodnio europejskich. Zdaniem autora, kryzys fiskalny strefy Euro dyskutowany był przez indeksy światowe w średniej lub długiej perspektywie czasu. Nie był to jednak czynnik determinujący zachowanie indeksów w perspektywie krótkoterminowej. Krótkoterminowe zmiany wartości indeksu tokijskiego, analogicznie jak w latach wcześniejszych, pozostają zbieżne w znaczącym stopniu ze zmianą indeksów amerykańskich. Autor pragnie zwrócić uwagę, że wykazana we wcześniejszych procesach badawczych różnica zachowania indeksów NIKKEI 225 oraz HANGSENG dotyczy również różnic na poziomie trendów krótkoterminowych. Indeks HANGSENG po raz kolejny charakteryzuje się najwyższą średnią wartością miary odległości względem pozostałych analizowanych indeksów giełdowych. Wyniki dobitnie potwierdzają, że zmiany notowań indeksu związanego z drugą gospodarką świata cechują się najwyższym poziomem niezależności krótkoterminowej. Analizując wykresy ścieżki minimalnej należy zauważyć, że niska wartość miary odległości DTW indeksów środkowowschodniej Europy względem indeksów gospodarek wysokorozwiniętych jest konsekwencją transformacji czasowych dokonanych w ramach algorytmu DTW.

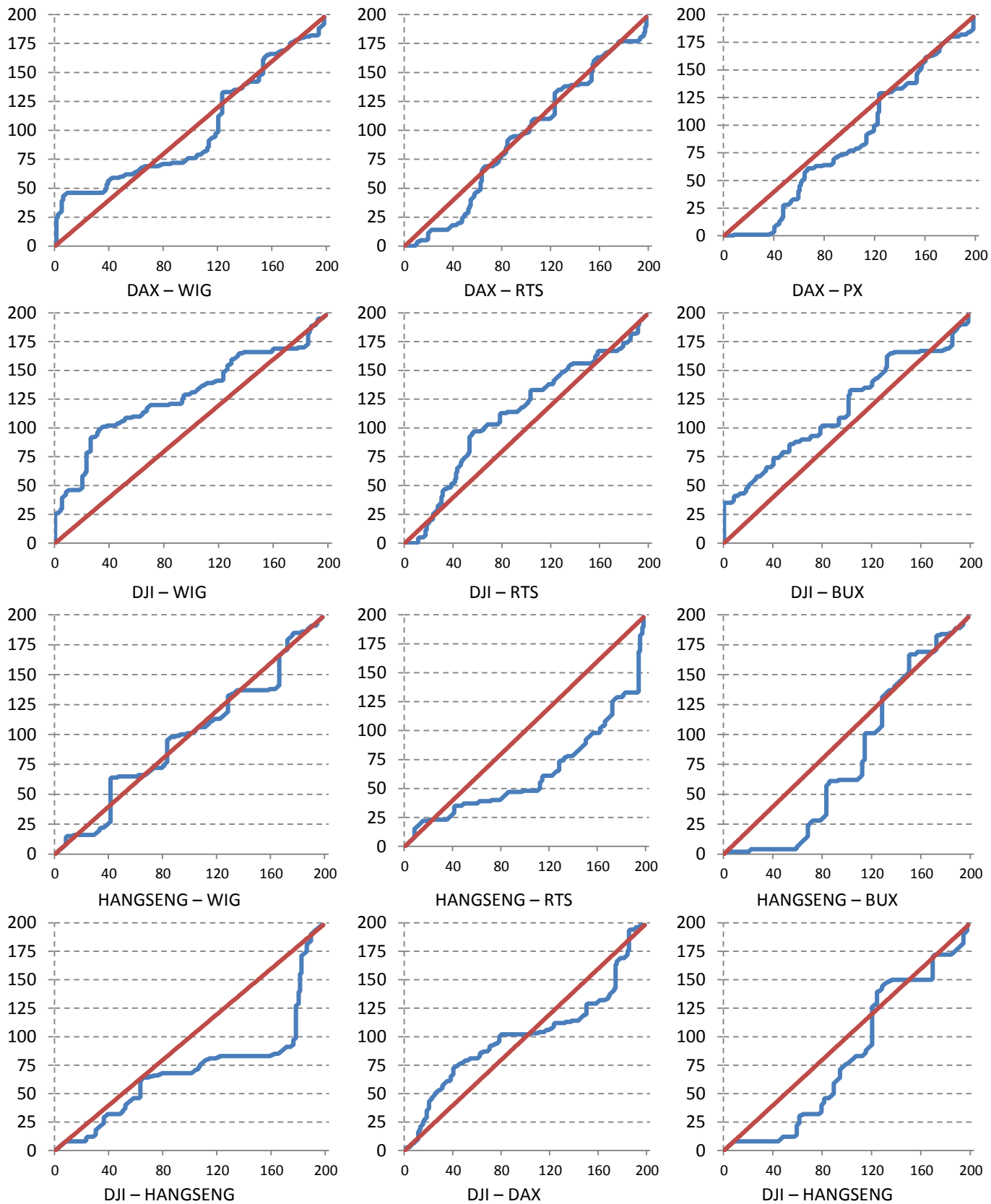


Tabela 30 Ścieżki krytyczne algorytmu DTW – dane z roku 2010, indeksy wybrane.

Transformacje te, choć nie są tak znaczące jak w przypadku indeksu HANGSENG, są jednak wyraźniejsze w porównaniu do lat wcześniejszych. Kolejną, godną odnotowania obserwacją, jest kształt ścieżki optymalnej w przypadku par indeksów zachodniej Europy oraz indeksów amerykańskich. Zmiany notowań indeksów nowojorskich dyskontowane były z coraz większym opóźnieniem przez indeksy europejskie. Zaobserwowana ogólna redukcja miary dystansu między składnikami reszt indeksów giełdowych jest zatem konsekwencją działania algorytmu DTW. Taki stan nie zaprzecza jednak ogólnej tezie, że rynki Europy Środkowowschodniej w perspektywie krótkoterminowej pozostają pod silnym wpływem zmian zachodzących na rynkach zachodniej Europy oraz Ameryki. Wpływ ten jednak ujawnia się z pewnym opóźnieniem czasowym.

	DAX	CAC 40	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
DAX	0	12,62	17,06	23,29	19,76	25,35	22,31	17,18	17,34	34,24	22,02	19,36	17,48
CAC 40	9,77	0	11,7	12,25	15,39	12,91	20,22	11,7	11,97	20,94	18,78	14,58	13,38
FTSE 100	13,99	10,44	0	17,83	18,7	18,78	22	16,95	17,68	20,91	19,74	9,28	7,97
ATX	13,08	8,98	9,52	0	17,52	10,15	26,86	10,68	11,62	12,39	25,75	21	19,42
BUX	19,52	17,64	15,78	17,5	0	14,35	17,69	14,2	14,4	31,67	24,44	20,03	19,48
PX	9,93	8,4	11,9	7,63	14,46	0	22,51	11,32	12,38	20,65	24,76	23,41	20,23
RTS	13,56	13,13	17,03	16,34	13,98	12,78	0	18,88	19,61	38,08	23,17	21,97	20,37
WIG	11,57	9,8	14,05	10,14	15,52	8,44	11,36	0	3,99	19,57	24,25	19,59	18,12
WIG20	11,82	11,16	14,33	10,21	15,72	9,12	11,74	4,09	0	20,41	24,05	19,18	17,45
HANGSENG	26,67	16,58	10,47	12,3	22,99	15,92	24,94	18,93	18,82	0	33,96	23,75	20,94
NIKKEI 225	12,92	11,22	10,35	13,22	20,23	12,27	18,34	14,37	13,83	16,21	0	21,12	20,23
DJI	13,74	13,46	8,23	15,5	14,62	12,99	17,76	16,16	16,33	13,62	10,61	0	4,6
SP 500	14,72	13,79	7,37	14,61	14,84	13,17	18,7	15,68	15,75	12,44	11,75	4,97	0

**Tabela 10** Wartości odległości skumulowanej między składnikami trendu krótkoterminowego analizowanych indeksów giełdowych. Prawa górna część tabeli przedstawia wyniki dla danych z 2011 roku. Lewa dolna część tabeli przedstawia wyniki dla danych z roku 2012.

W 2011 roku głównym problemem rynków giełdowych był kryzys zadłużenia południowych krajów Unii Europejskiej. Brak poprawy sytuacji gospodarczej krajów tej części Europy rodził obawy inwestorów o wykup papierów dłużnych wyemitowanych przez takie kraje jak Grecja, Hiszpania, czy Portugalia. Naturalnie, taki stan wywarł największy wpływ na giełdach krajów Unii Europejskiej, a zwłaszcza tych związanych z walutą Euro – te kraje miały być bowiem emitentami tzw. Euroobligacji, których celem byłby wykup obligacji krajów południa Europy. Taki stan rzeczy był jednym z powodów wzrostu miary odległości DTW między indeksami giełd zachodniej Europy. Godny odnotowania jest wzrost miary odległości dla indeksu DAX. Gospodarka niemiecka miała być bowiem głównym żyrantem tzw. Euroobligacji. W przypadku indeksu ATX zaobserwowano wyraźne „oddalenie się” podobieństwa trendów krótkoterminowych względem pozostałych indeksów zachodniej Europy. Wyniki badań potwierdziły, że

znaczącemu zmniejszeniu uległa miara odległości tego indeksu względem indeksów warszawskich oraz indeksu praskiego. Wzajemne zbliżenie się obserwowane jest również w przypadku wszystkich indeksów środkowej Europy. W przypadku indeksu wschodnioeuropejskiego RTS, miara współzależności krótkoterminowej z pozostałymi indeksami europejskimi jest wyraźnie większa niż w latach wcześniejszych. Na tle badanych indeksów warto podkreślić wyniki dla indeksów WIG oraz WIG20. Ich odległość względem czołowych indeksów światowych, takich jak DAX, CAC 40, SP 500 czy DJI utrzymuje się, podobnie jak w latach wcześniejszych, na względnie stałym poziomie. Analogicznie jak w latach wcześniejszych, wyniki analizy podobieństwa składników reszt indeksu HANGSENG w sposób znaczący różnią się od składników reszt pozostałych analizowanych indeksów giełdowych. Zdaniem autora, taki stan może być konsekwencją specyfiki hongkońskiego rynku giełdowego zależnego w znaczącej mierze od kapitału chińskiego. Kapitał chiński natomiast związany jest z gospodarką centralnie planowaną. Decyzje inwestorów tego rynku mogą znacząco różnić się od decyzji inwestorów gospodarek wolnorynkowych. Autor pragnie również zwrócić uwagę na bardzo niską wartość miary odległości między indeksem londyńskim a indeksami nowojorskimi. W tym przypadku programy ożywiania gospodarki wdrażane przez rządy amerykański i brytyjski leżą u podstaw znaczącego podobieństwa zachowania krótkoterminowego tych indeksów. Analiza wykresów drogi optymalnej potwierdza, że wykazane podobieństwo zachowania nie jest konsekwencją transformacji czasowych. Zmiana wartości jednego z indeksów dyskontowana jest natychmiastowo przez zmianę wartości pozostałych indeksów. Warto podkreślić, że analiza wyników algorytmu DTW nie może dostarczyć odpowiedzi na pytanie, który z analizowanych indeksów był inicjatorem zmian. Opierając się na źródłach literaturowych, zdaniem autora, cechę inicjowania zmian należy przypisać indeksom amerykańskim. Indeksy te związane są bowiem z największym rynkiem kapitałowym i gospodarczym świata. Wpływ tego rynku na stan kondycji globalnego rynku finansowego jest zatem znaczący. Wpływ transformacji czasowych algorytmu DTW nie jest również wyraźny w przypadku par indeksów DJI – DAX oraz SP 500 – DAX. Zdaniem autora, również w tym przypadku inicjowanie zmian należy przypisać indeksom amerykańskim. Analiza ścieżek optymalnych indeksów środkowowschodniej Europy względem indeksów amerykańskich ujawnia, że wykazana względnie niska wartość miary odległości jest konsekwencją znaczących transformacji czasowych dokonanych w ramach algorytmu DTW. Tym samym potwierdzona została teza, że w perspektywie krótkoterminowej zachowanie indeksów Europy Środkowowschodniej zależne jest silniej od zachowania indeksów zachodnioeuropejskich, niż indeksów amerykańskich. Kierunek inicjowania ustalony został w oparciu o następujące założenia:

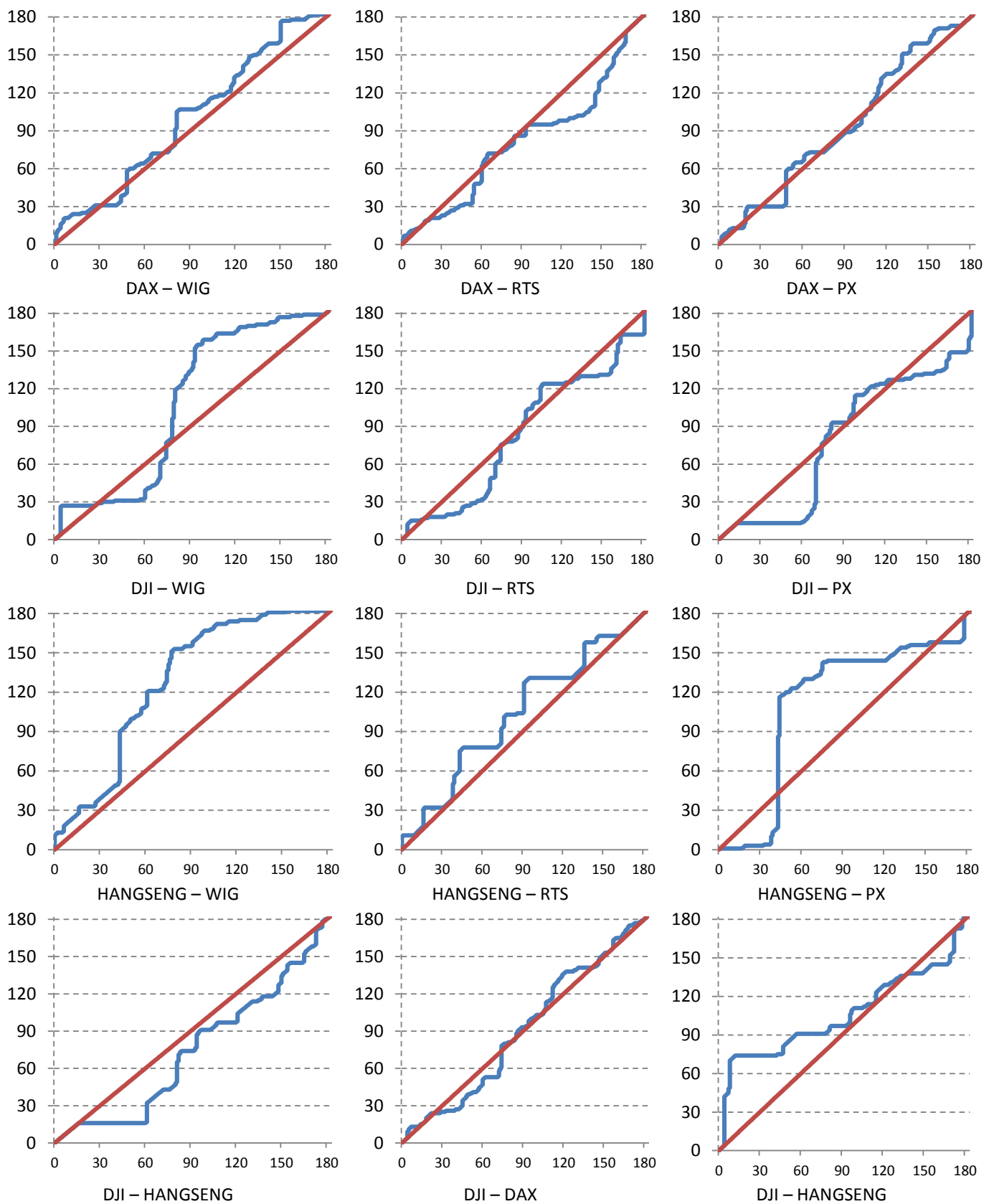


Tabela 31 Ścieżki krytyczne algorytmu DTW – dane z roku 2011, indeksy wybrane.



- Transformacje czasowe algorytmu DTW między indeksami zachodniej Europy a indeksami amerykańskimi są nieznaczne – krótki czas dyskontowania zmian.
- Transformacje czasowe algorytmu DTW między indeksami środkowowschodniej Europy a indeksami zachodniej Europy są nieznaczne – krótki czas dyskontowania zmian.
- Transformacje czasowe algorytmu DTW między indeksami środkowowschodniej Europy a indeksami amerykańskimi są znaczne – dłuższy czas dyskontowania zmian.
- Światowe rynki giełdowe wpływają wzajemnie na siebie, przy czym powiązanie gospodarcze rynku determinuje siłę oddziaływania. Rynki gospodarek dużych oddziałują na rynki gospodarek małych silniej, niż rynki gospodarek małych oddziałują na rynki gospodarek dużych.

Analizując dane z 2012 roku warto zwrócić uwagę na spadek wartości miary między większością indeksów giełdowych. Warty podkreślenia jest fakt zmniejszenia się odległości między indeksami Europy Zachodniej a indeksami Europy Środkowowschodniej. Wykresy ścieżki minimalnej informują z kolei, że owo podobieństwo nie jest wynikiem znaczących transformacji czasowych. Stopień podobieństwa między indeksami WIG – DAX czy WIG – CAC 40 jest wyraźnie większy od stopnia podobieństwa między indeksami CAC 40 – FTSE 100 czy DAX – FTSE 100. Zdaniem autora, takie wyniki są konsekwencją wdrożenia przez Centralny Bank Wielkiej Brytanii programów zwiększających obieg pieniężny. Zmiany zachowania krótkoterminowych trendów indeksu FTSE 100 wykazują, podobnie jak w roku wcześniejszym, znaczące podobieństwo względem zmian indeksów amerykańskich. Amerykański Bank Centralny FED, analogicznie do Banku Centralnego Wielkiej Brytanii, wdrażał kolejne programy ożywiania gospodarki amerykańskiej, co wywarło znaczący wpływ na zachowanie się giełdy amerykańskiej. Warto podkreślić, że w kolejnym analizowanym roku podobieństwo między czołowymi indeksami giełd środkowowschodniej Europy a indeksami amerykańskimi utrzymuje się na stałym poziomie. Analiza ścieżki optymalnej potwierdza, że relatywnie niska wartość miary odległości wzajemnej jest konsekwencją transformacji czasowych wykonanych w ramach algorytmu DTW. Tym samym należy przyjąć, że zmiany krótkoterminowego trendu indeksów amerykańskich dyskontowane są z opóźnieniem czasowym przez indeksy giełd środkowowschodniej Europy. Opóźnienie to jest znacząco większe niż w przypadku dyskontowania zmian indeksów zachodniej Europy przez indeksy WIG, WIG20, PX czy RTS. Wobec powyższych faktów należy przyjąć hipotezę, że również w roku 2012 wpływ zmian notowań indeksów zachodniej Europy na trendy krótkoterminowe indeksów środkowowschodniej Europy jest wyraźnie większy niż pozostałych indeksów światowych. Autor pragnie zwrócić uwagę na wykresy ścieżki optymalnej w przypadku par indeksów DAX – DJI, HANGSENG – DAX i HANGSENG – DJI.

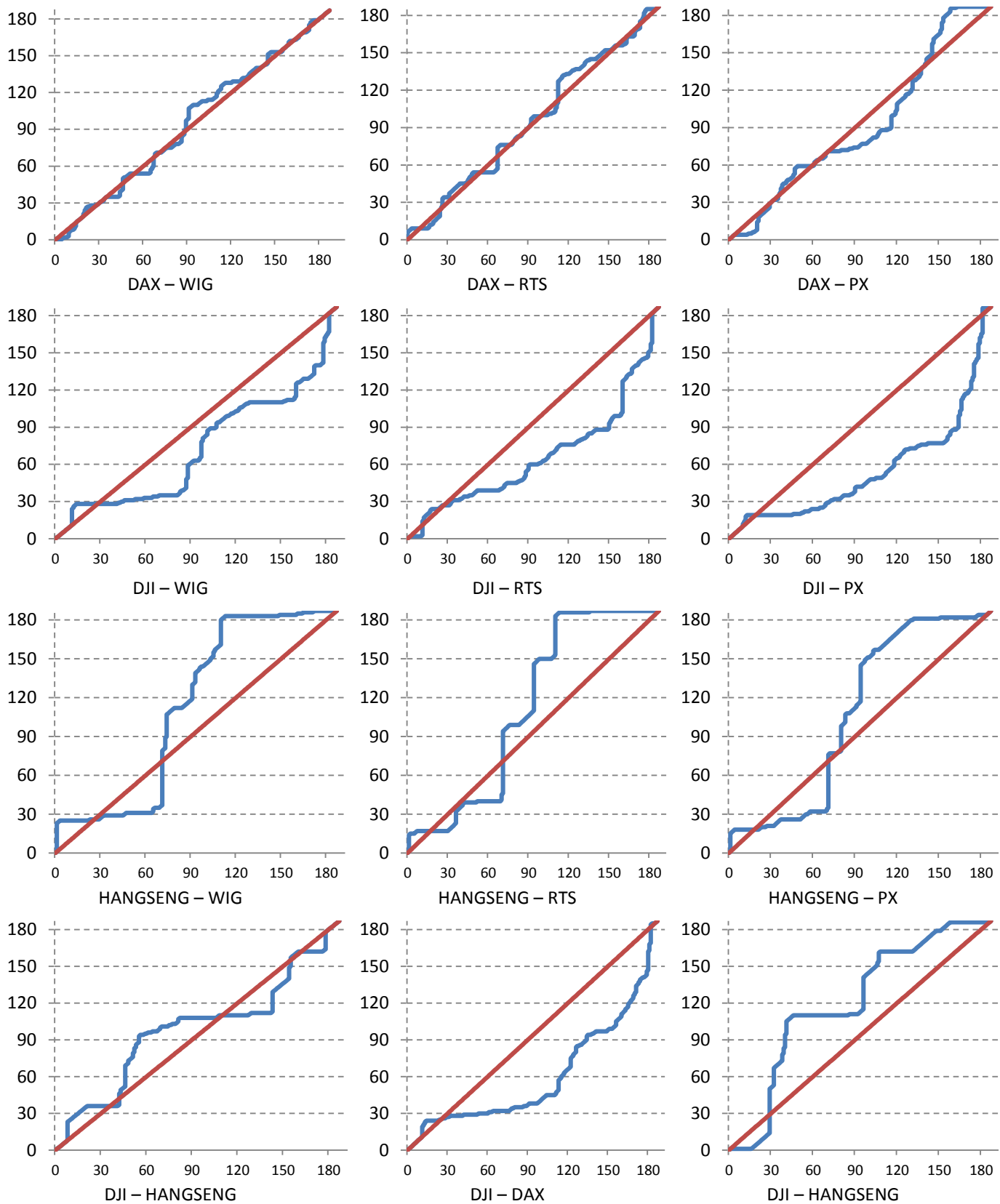


Tabela 32 Ścieżki krytyczne algorytmu DTW – dane z roku 2012, indeksy wybrane.

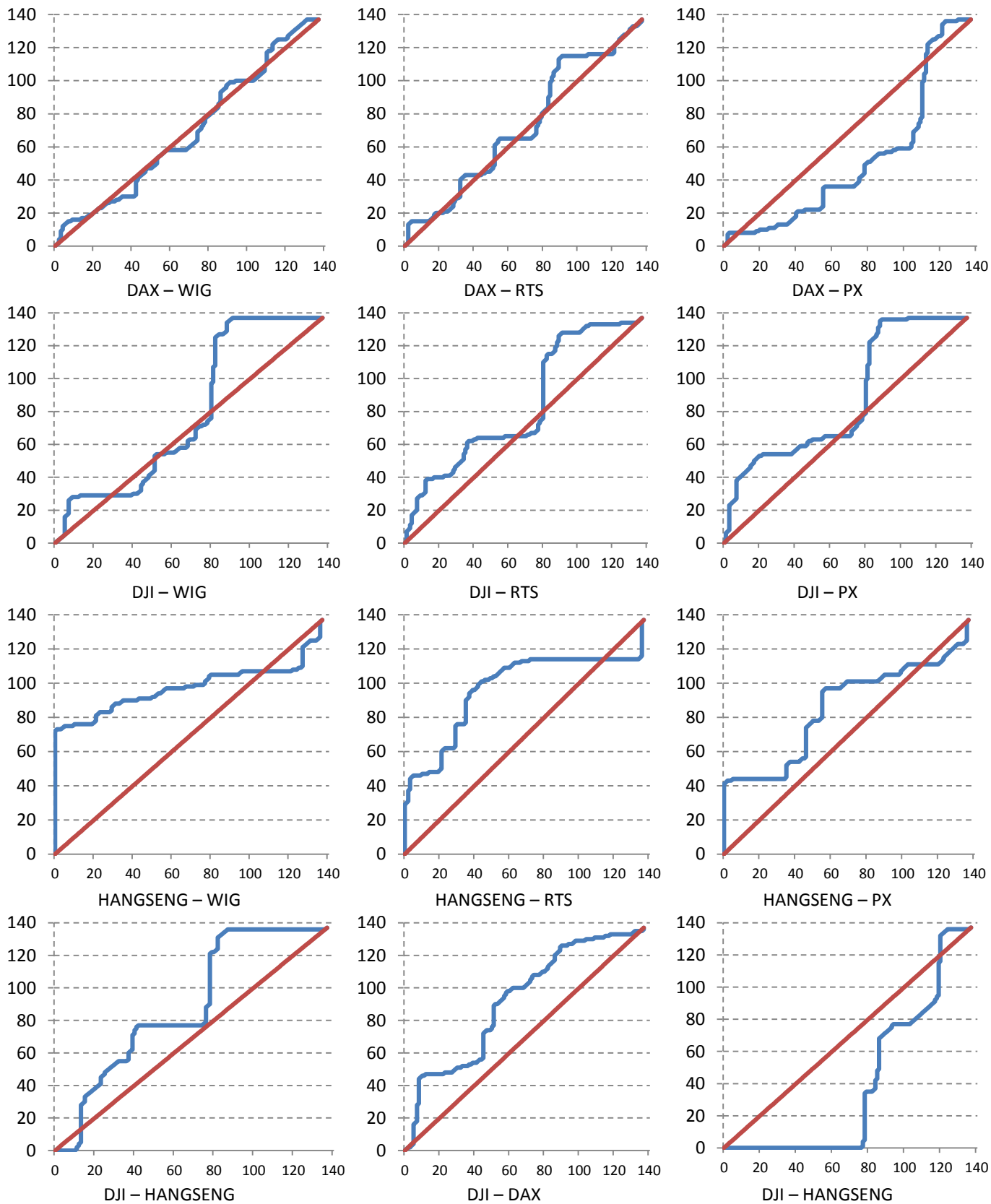
W pierwszym przypadku należy podkreślić, że zmiany trendu krótkoterminowego na giełdzie nowojorskiej wpływają na krótkoterminowe zmiany zachowania indeksów Europy Zachodniej ze znacznym opóźnieniem czasowym. Opóźnienie to jest wyraźnie większe niż opóźnienia obserwowane w latach wcześniejszych. W przypadku indeksu HANGSENG należy podkreślić, że stopień zbieżności notowań tego indeksu względem czołowych indeksów światowych znacząco wzrósł. Indeks HANGSENG wykazał relatywnie wysoki stopień podobieństwa trendów krótkoterminowych z indeksami FTSE 100, DJI czy ATX, ale podobieństwo to jest wynikiem znaczących transformacji czasowych algorytmu DTW.

Fakt ten może świadczyć o tym, że tzw. tani pieniądz wygenerowany przez gospodarkę amerykańską bądź angielską inwestowany jest na giełdzie hongkońskiej. To z kolei wpływa na zwiększenie się stopnia podobieństwa zachowania indeksu HANGSENG względem indeksów FTSE 100, DJI czy SP 500 w perspektywie krótkoterminowej.

	DAX	CAC 40	FTSE 100	ATX	BUX	PX	RTS	WIG	WIG20	HANG SENG	NIKKEI 225	DJI	SP 500
DAX	0												
CAC 40	10,61	0											
FTSE 100	13,55	7,24	0										
ATX	16,81	7,67	7,15	0									
BUX	15,9	9,26	8,9	8,81	0								
PX	18,48	8,69	9,76	6,14	10,73	0							
RTS	16,39	9,76	10,84	7,97	8,46	7,15	0						
WIG	11,83	8,83	9,84	9,63	11,8	9,66	10,09	0					
WIG20	14,68	9,29	8,68	6,89	9,41	6,48	7,52	5,95	0				
HANGSENG	27,74	20,07	15,78	10,39	16,96	13,89	16,22	18,52	13,71	0			
NIKKEI 225	18,27	18,11	16,98	23,06	19,99	24,65	22,28	19,4	20,6	33,76	0		
DJI	14,1	11,37	10,7	11,74	9,46	15,45	13,14	13,92	13,6	20,36	16,42	0	
SP 500	11,83	9,51	9,21	11,58	9,79	14,96	12,82	11,76	11,99	20,92	16,62	4,78	0

**Tabela 11** Wartości odległości skumulowanej między składnikami trendu krótkoterminowego analizowanych indeksów giełdowych. Lewa dolna część tabeli przedstawia wyniki dla danych z roku 2013.

Analizując dane z 2013 roku należy podkreślić, że zaobserwowane zmniejszenie wartości miar odległości między składnikami reszt krótkoterminowymi jest konsekwencją mniejszej liczby przypadków danych niż w latach wcześniejszych. Na potrzeby procesu badawczego w 2013 roku wykorzystanych zostało około 25% mniej przypadków danych niż w latach wcześniejszych. Należy zatem podkreślić, że indeks DAX w sposób wyraźny „oddala się” od pozostałych indeksów giełd zachodniej Europy. Początki tego trendu obserwowane były również w latach 2010 – 2012. Wyniki analizy dla pozostałych indeksów, tj. FTSE 100, CAC 40 i ATX wykazały wysoki poziom wzajemnego podobieństwa trendów



**Tabela 33** Ścieżki krytyczne algorytmu DTW – dane z roku 2013, indeksy wybrane.

krótkookresowych. Indeksy te wykazują wyraźne podobieństwo z indeksami Europy Środkowowschodniej. Analiza wykresów ścieżki optymalnej ujawnia, że jedynie w przypadku indeksów WIG, WIG20 oraz PX jest to zasługą znaczących transformacji czasowych algorytmu DTW. Tym samym w przypadku tych indeksów należy podkreślić krótki czas dyskontowania zmian trendów krótkoterminowych zachodzących na parkietach zachodniej Europy. Wysoki stopień podobieństwa wzajemnego trendów krótkookresowych obserwowany jest również w przypadku indeksów Europy Środkowowschodniej. Początek tego trendu został zainicjowany w 2012 roku, jednak dopiero w roku 2013 stał się wyraźny i objął swym zasięgiem wszystkie indeksy tego regionu Europy.

Warta podkreślenia jest względnie niska wartość miary odległości między indeksami Europy Zachodniej a indeksami amerykańskimi. Podobieństwo to jest jednak konsekwencją wyraźnych transformacji czasowych. Transformacje czasowe są również wyraźne w przypadku wykresów ścieżki optymalnej dla zestawień indeksów Europy Środkowowschodniej względem indeksów amerykańskich. Taki stan sugeruje, że inicjatorem zmian trendów krótkoterminowych jest giełda amerykańska. Zmiany te, z pewnym opóźnieniem czasowym, dyskontowane są na giełdach zachodniej Europy. Rynki Europy Środkowowschodniej również dyskontują zmiany trendów rynków Europy Zachodniej z opóźnieniem czasowym. Ponieważ podobieństwo wykazane między trendami amerykańskimi oraz zachodnioeuropejskimi jest znaczne, należy przyjąć, że zmiany trendów krótkoterminowych na parkietach w Warszawie, Pradze czy Budapeszcie są również determinowane zmianami na giełdzie nowojorskiej. Analogicznie jak w latach wcześniejszych, indeks HANGSENG cechuje się wysokim poziomem niezależności zmian trendów krótkoterminowych. Taki stan wynika jednak ze specyfiki giełdy hongkońskiej, a nie całego rynku azjatyckiego – miara odległości między indeksami HANGSENG i NIKKEI 225 jest bowiem największa.

## Wnioski częściowe

Na podstawie przeprowadzonych badań należy przyjąć poprawność hipotezy, że zmiany notowań indeksów Europy Środkowowschodniej w perspektywie krótkoterminowej determinowane są przez zmiany notowań indeksów Europy Zachodniej. Wartości miar odległości wzajemnej, obrazującej stopień podobieństwa między trendami krótkoterminowymi indeksów zachodniej i środkowowschodniej Europy, charakteryzowały się średnio niższymi wartościami wzajemnymi niż w przypadku wartości miar odległości wzajemnej między indeksami środkowowschodniej Europy. Na tej podstawie należy przyjąć, że jednym z czołowych czynników kształtujących trend krótkoterminowy indeksów giełd tej części Europy jest trend indeksów zachodniej Europy. Na podstawie analizy wykresów ścieżki optymalnej między indeksami należy przyjąć, że zmiany trendów krótkoterminowych zachodnioeuropejskich dyskutowane są natychmiastowo przez giełdy środkowowschodniej Europy. Transformacje czasowe dokonane w ramach algorytmu DTW, w przypadku tych dwóch grup indeksów giełdowych, cechują się wyraźnie mniejszą skalą niż w przypadku pozostałych grup analizowanych indeksów. Warty podkreślenia jest średni wynik miary odległości między indeksami amerykańskimi a indeksami europejskimi. Kształtuje się ona na względnie stałym poziomie. Analiza wartości wykazała jednak, że stopień podobieństwa między trendami krótkoterminowymi indeksów amerykańskich i indeksów zachodnioeuropejskich jest wyraźnie większy, niż między trendami krótkoterminowymi indeksów amerykańskich i indeksami środkowowschodniej Europy. W toku analizy ścieżki optymalnej utworzonej w ramach algorytmu DTW wykazano, że zmiany krótkoterminowych trendów indeksów DJI i SP 500 dyskutowane są szybciej przez inwestorów zachodniej, niż środkowowschodniej Europy. Wyniki tej części badawczej staną się przyczyną kolejnych badań. Wysoki poziom współzależności trendów indeksów amerykańskich i środkowowschodniej Europy oraz znaczące transformacje czasowe dokonane w ramach algorytmu DTW skłaniają autora do weryfikacji tezy, że w długiej perspektywie czasu to trend średnio i długoterminowy giełdy amerykańskiej znacząco wpływa na notowania indeksów giełd środkowowschodniej Europy. W toku przeprowadzonych badań ujawniona została charakterystyka krótkoterminowego trendu indeksu HANGSENG. Trend tego indeksu cechuje się największą niezależnością względem wszystkich analizowanych indeksów giełdowych. Jego zachowanie nie jest w sposób znaczący determinowane przynależnością geograficzną, gdyż stopień podobieństwa między trendami krótkoterminowymi indeksów HANGSENG i NIKKEI 225 nie odbiega od stopnia podobieństwa indeksu HANGSENG względem pozostałych indeksów giełdowych – trend krótkoterminowy indeksu NIKKEI 225 wykazuje wysoki poziom podobieństwa do trendu indeksów amerykańskich. Wykazany wysoki poziom niezależności trendu krótkoterminowego indeksu hongkońskiego nie stoi jednak w sprzeczności do wcześniejszych wyników badań, w których wykazano, że zmienność dzienna notowań indeksu HANGSENG jest bliska pozostałym indeksom rynków wschodzących.

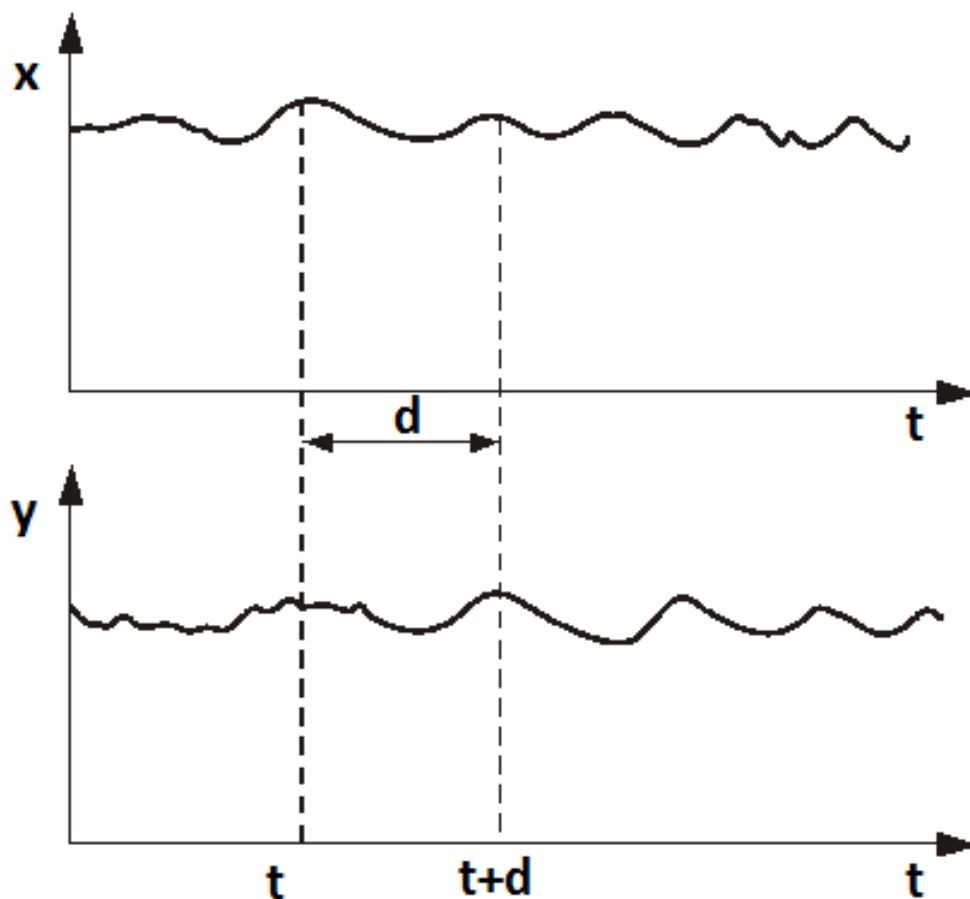
## Analiza współczynnika korelacji wzajemnej notowań

W części tej przeprowadzona zostanie analiza wyodrębnionych składników trendu krótkoterminowego. Jednym z celów analizy będzie zweryfikowanie hipotezy o istotnym wpływie zmian notowań indeksów amerykańskich na zachowanie indeksów środkowej Europy. Ponadto zweryfikowana zostanie hipoteza pomocnicza, że wpływ ten jest jednorodny dla wszystkich analizowanych indeksów tej części Europy. Na podstawie analizy wyników badań za pomocą metody DTW wykazane zostało, że wysoki poziom współzależności trendów indeksów amerykańskich i środkowowschodniej Europy jest wynikiem znaczących transformacji czasowych dokonanych w ramach algorytmu DTW. Transformacje w przypadku wykresów ścieżki optymalnej algorytmu DTW dla indeksów Europy Zachodniej i Środkowowschodniej charakteryzowały się wyraźnie krótszym zasięgiem. Na podstawie przeprowadzonych wcześniej wyników badań sformułowane zostały następujące hipotezy badawcze:

- 1. Zmiany trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich dyskontowane są w długiej perspektywie czasu przez indeksy giełd Europy Środkowowschodniej – charakterystyka oddziaływania z długą pamięcią.*
- 2. Zmiany trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich wywierają jednorodny wpływ na zachowanie trendów krótkoterminowych indeksów Europy Zachodniej – charakterystyka wpływu determinowana jest przez uwarunkowania geopolityczne i powinna być względnie podobna dla wszystkich indeksów zachodniej Europy.*
- 3. Zmiany trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich wywierają jednorodny wpływ na zachowanie trendów krótkoterminowych indeksów Europy Środkowej – charakterystyka wpływu determinowana jest przez uwarunkowania geopolityczne i powinna być względnie podobna dla wszystkich indeksów środkowej Europy.*
- 4. Wpływ zmian trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich na zachowanie trendów krótkoterminowych indeksów Europy Środkowej jest słabszy niż wpływ zmian trendów krótkoterminowych indeksów Europy Zachodniej na trendy krótkoterminowe indeksów Europy Środkowej.*

W celu weryfikacji niniejszych hipotez wykonana zostanie analiza korelacji wzajemnej (ang. cross-correlation) wyodrębnionych składników trendu krótkoterminowego indeksów giełdowych. Analiza korelacji wzajemnej, zwanej w dalszej części pracy kross-korelacją, umożliwi zbadanie stopnia podobieństwa dwóch różnych przebiegów czasowych w funkcji wielkości przesunięcia czasowego

pomiędzy nimi. Wielkość ta może być wykorzystana w procesie identyfikacji w szeregu czasowym krótszych przebiegów o znanych charakterystykach.



**Rysunek 47** Funkcja korelacji wzajemnej w zależności od zbioru danych przesuniętych o czas  $t$  [ Andrzej Płaskowski - Sprawozdanie z Konferencji PLAN 2001 cz 3].

W ramach niniejszej pracy doktorskiej metoda korelacji wzajemnej wykorzystana zostanie na potrzeby weryfikacji hipotez badawczych. Tym samym możliwe będzie uzyskanie odpowiedzi, jak na przykład zmiana trendu krótkoterminowego indeksu SP 500 wpłynie na zachowanie trendu indeksu WIG20 w perspektywie kolejnych 20 sesji giełdowych. Dla dowolnych dwóch szeregów czasowych  $x$  i  $y$  wartość współczynnika kross-korelacji z opóźnieniem rzędu  $d$  można wyrazić za pomocą wzoru:

$$r_{xy}(d) = \frac{\sigma_{xy}(d)}{\sqrt{\sigma_x(0)\sigma_y(0)}} = \frac{1}{N} \frac{\sum_{i=1}^N [(x_i - \bar{x})(y_{i+d} - \bar{y})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_{i-d} - \bar{y})^2}} \quad 51.$$



$r_{xy}$  – wartość współczynnika korelacji wzajemnej szeregu czasowego  $x$  porównywanego z szeregiem  $y$ ,

$d$  – wartość opóźnienia,

$N$  – liczba elementów analizowanych szeregów czasowych,

$\sigma_{xy}(d)$  – wariancja wzajemna szeregów czasowych  $x$  i  $y$  z opóźnieniem  $d$ ,

$\sigma_x$  – wariancja szeregu czasowego  $x$ ,

$\bar{x}$  – wartość średnia szeregu czasowego  $x$ ,

$\bar{y}$  – wartość średnia szeregu czasowego  $y$ .

Powołując się na literaturę fachową należy podkreślić jedne z najważniejszych cech korelacji wzajemnej:

- Korelacja wzajemna dwóch identycznych szeregów czasowych nosi nazwę autokorelacji.
- Korelacja wzajemna dwóch szeregów czasowych o tej samej długości okresów przybiera postać funkcji okresowej.
- Korelacja wzajemna dwóch szeregów czasowych nie musi być funkcją symetryczną w dziedzinie opóźnień rzędu  $d$ . Wartość współczynnika kross-korelacji – korelacji wzajemnej szeregów czasowych  $x$  i  $y$  dla opóźnienia rzędu  $d$  nie musi równać się wartości współczynnika dla szeregów czasowych  $y$  i  $x$  dla opóźnienia rzędu  $d$ .
- Współczynnik korelacji wzajemnej przyjmuje wartości z zakresu  $(-1; 1)$ . Interpretacja wartości współczynnika zbieżna jest z interpretacją klasycznego współczynnika korelacji.
- Korelacja wzajemna umożliwia porównywanie szeregów czasowych różnej długości.

Z punktu widzenia niniejszej pracy doktorskiej warte przedstawienia są przyjęte założenia ograniczoneści szeregu czasowego. Założenie to determinuje proces obliczeniowy współczynników korelacji wzajemnej. Dla dowolnych dwóch szeregów czasowych  $x$  i  $y$  o długości  $N$  możliwa jest estymacja współczynnika korelacji wzajemnej, gdy maksymalny rząd opóźnienia  $d_{max}$  jest znacząco mniejszy od  $N$ . Zatem w procesie estymacji wartości współczynnika korelacji wzajemnej dla opóźnienia rzędu  $d$  wykorzystanych zostanie  $N-d$  danych szeregów czasowych  $x$  i  $y$ . W literaturze fachowej postulowana jest metoda bazująca na tzw. pierścieniu danych, w którym element o indeksie  $N+n$  zastępowany jest elementem o indeksie  $n$  gdzie  $n \in (0, d)$ . Ze względu na specyficzny charakter danych, stanowiących szereg czasowy zależy od notowań giełdowych analizowanych indeksów, metoda ta nie będzie jednak wykorzystywana.

Kolejnym godnym odnotowania założeniem jest wybór indeksów giełdowych biorących udział w procesie badawczym. W związku z treścią hipotez badawczych postawionych w niniejszym rozdziale, wyeliminowane zostały indeksy związane z rynkiem azjatyckim. Na podstawie wcześniej przeprowadzonych badań autor postanowił ponadto wyeliminować następujące indeksy giełdowe:

- DJI – indeks ten wykazywał znaczącą zbieżność z indeksem SP 500. Obydwa indeksy powiązane są z gospodarką amerykańską i stanowią czołowe barometry giełdy nowojorskiej. Wyeliminowanie tego indeksu wyeliminowało problem redundancji danych badawczych.
- RTS – indeks ten wykazywał cechy charakterystyczne dla indeksów środkowej Europy, jest jednak przedstawicielem indeksów wschodnioeuropejskich. Jego notowania są bardzo silnie zależne od notowań giełdowych surowców naturalnych. W przypadku pozostałych indeksów Europy Środkowej zależność ta jest wyraźnie niższa.
- ATX – indeks ten wykazywał cechy pośrednie charakteryzujące indeksy Europy Środkowej, jak i charakterystyczne dla indeksów Europy Zachodniej. Decydującym argumentem był jednak fakt, że indeks ten związany jest z giełdą wiedeńską, na parkiecie której notowanych jest wiele spółek związanych zarówno z rynkiem zachodnim, jak i wschodnim. Tym samym indeks ten nie może zostać uznany za typowego przedstawiciela indeksów zachodniej czy środkowej Europy.
- WIG – indeks wykazuje znaczącą zbieżność z indeksem WIG20. Podobnie jak w przypadku pary indeksów SP 500 i DJI, indeksy WIG i WIG20 związane są z tym samym rynkiem giełdowym. Wyeliminowanie jednego z nich wyeliminowało problem redundancji danych badawczych.

Kolejnym aspektem godnym podkreślenia jest fakt, że zaprezentowane zostaną wyniki obrazujące zależności indeksów środkowoeuropejskich od indeksów Europy Zachodniej oraz indeksu amerykańskiego. Ponadto zaprezentowana zostanie zależność indeksów zachodnioeuropejskich od indeksu amerykańskiego. Metoda korelacji wzajemnej pozwala na obliczenie wartości  $r_{xy}$  dla ujemnych wartości współczynnika  $d$ . W takim przypadku współczynnik  $d$  staje się współczynnikiem wyprzedzenia. Takie obliczenia nie zostaną jednak wykonane. Są bowiem sprzeczne z zasadami i logiką funkcjonowania rynków giełdowych. Inwestorzy rynków giełdowych podejmując decyzje inwestycyjne opierają się na danych obecnych i danych z przeszłości. Nie mają oni możliwości dyskontowania informacji z przyszłości.

Poniżej zaprezentowane zostaną wyniki analiz kross-korelacji dla wybranych indeksów Europy Środkowej.

W analizach ujęte zostaną:

- warszawski indeks WIG20,
- praski indeks PX,
- budapesztański indeks BUX.

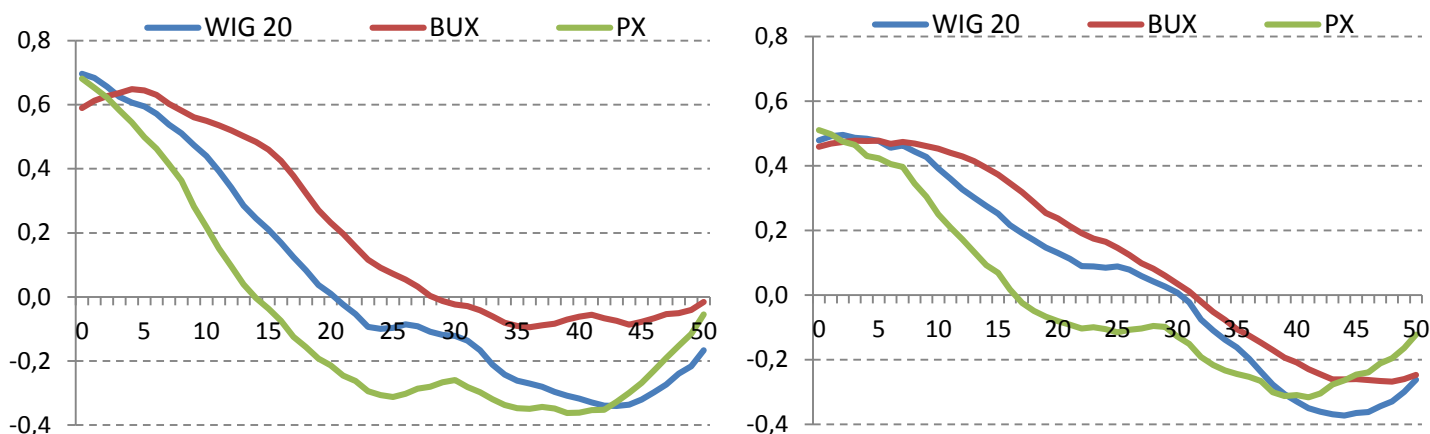
Główna idea przeprowadzonych porównań została zdefiniowana dzięki hipotezom badawczym. Na potrzeby ich weryfikacji zaprezentowane zostaną wartości współczynników kross-korelacji obrazujące następujące zależności wartości składników trendów krótkoterminowych:

- Zależność D-S – obrazuje wpływ zmian trendów krótkoterminowych indeksu DAX na zmiany trendów krótkoterminowych indeksów środkowej Europy. Wybór indeksu DAX nie jest przypadkowy. W toku przeprowadzonych badań metodą DTW wykazany został znaczący stopień zbieżności między tym indeksem a indeksami środkowej Europy. Ponadto jest to indeks związany z najsilniejszą gospodarką zachodniej Europy.
- Zależność S-S – obrazująca wpływ zmian trendów krótkoterminowych indeksu SP 500 na zmiany trendów krótkoterminowych indeksów środkowej Europy. Wybór indeksu SP 500 również nie jest przypadkowy. W toku przeprowadzonych badań wykazana została znacząca zbieżność cech notowań tego indeksu z indeksem DJI. To skłoniło autora do wyeliminowania indeksu DJI w analizach tej części pracy – wyniki dla tego indeksu byłyby zbieżne z wynikami indeksu SP 500.
- Zależność S-Z – obrazuje wpływ zmian trendów krótkoterminowych indeksu SP 500 na zmiany trendów krótkoterminowych indeksów Europy Zachodniej. Na potrzeby części badawczej wybrane zostały indeksy DAX, CAC 40 oraz FTSE 100.

Maksymalna wartość współczynnika opóźnienia  $d$  została ekspercko ustalona na 50. Zdaniem autora, taka wartość jest maksymalną wartością mającą uzasadnienie w analizie składników trendu krótkoterminowego.

t	DAX			CAC 40			FTSE 100			SP 500					FTSE
	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	DAX	CAC 40	100
0	0,70	0,59	0,68	0,74	0,62	0,76	0,78	0,65	0,78	0,48	0,46	0,51	0,79	0,73	0,81
1	0,68	0,61	0,65	0,71	0,63	0,71	0,75	0,66	0,72	0,49	0,47	0,50	0,76	0,68	0,77
2	0,66	0,63	0,62	0,68	0,63	0,67	0,72	0,66	0,66	0,50	0,47	0,47	0,72	0,62	0,75
3	0,62	0,64	0,58	0,63	0,62	0,62	0,67	0,65	0,60	0,49	0,48	0,46	0,69	0,58	0,72
4	0,61	0,65	0,54	0,60	0,61	0,57	0,63	0,64	0,54	0,48	0,48	0,43	0,66	0,54	0,71
5	0,59	0,64	0,50	0,57	0,58	0,52	0,60	0,62	0,48	0,48	0,48	0,42	0,62	0,51	0,69
6	0,57	0,63	0,46	0,54	0,56	0,49	0,56	0,59	0,44	0,46	0,47	0,41	0,57	0,47	0,66
7	0,54	0,60	0,41	0,50	0,54	0,45	0,51	0,56	0,38	0,46	0,47	0,40	0,53	0,43	0,63
8	0,51	0,58	0,36	0,48	0,51	0,40	0,46	0,53	0,32	0,44	0,47	0,35	0,48	0,37	0,56
9	0,47	0,56	0,28	0,44	0,48	0,31	0,41	0,50	0,23	0,43	0,46	0,30	0,43	0,32	0,51
10	0,44	0,55	0,22	0,40	0,45	0,24	0,36	0,47	0,16	0,39	0,45	0,25	0,36	0,25	0,43
11	0,39	0,54	0,15	0,36	0,42	0,17	0,31	0,44	0,09	0,36	0,44	0,21	0,31	0,19	0,37
12	0,34	0,52	0,10	0,32	0,40	0,12	0,24	0,40	0,05	0,33	0,43	0,17	0,25	0,15	0,31
13	0,28	0,50	0,04	0,27	0,38	0,07	0,19	0,38	0,00	0,30	0,41	0,13	0,21	0,11	0,25
14	0,25	0,48	0,00	0,23	0,36	0,03	0,15	0,35	-0,03	0,28	0,39	0,09	0,17	0,08	0,20
15	0,21	0,46	-0,04	0,18	0,33	0,00	0,11	0,32	-0,06	0,25	0,37	0,07	0,13	0,06	0,17
16	0,17	0,42	-0,07	0,12	0,29	-0,05	0,07	0,28	-0,09	0,22	0,35	0,02	0,09	0,03	0,12
17	0,12	0,38	-0,12	0,07	0,25	-0,12	0,02	0,23	-0,16	0,19	0,32	-0,02	0,04	-0,02	0,07
18	0,08	0,32	-0,16	0,03	0,20	-0,15	-0,01	0,18	-0,19	0,17	0,29	-0,05	0,00	-0,04	0,03
19	0,04	0,27	-0,19	-0,02	0,16	-0,19	-0,05	0,13	-0,22	0,15	0,25	-0,07	-0,04	-0,08	0,00
20	0,01	0,23	-0,21	-0,04	0,13	-0,20	-0,06	0,09	-0,23	0,13	0,24	-0,08	-0,05	-0,08	-0,01
21	-0,02	0,20	-0,24	-0,06	0,10	-0,23	-0,08	0,05	-0,25	0,11	0,21	-0,09	-0,08	-0,10	-0,03
22	-0,05	0,16	-0,26	-0,07	0,08	-0,24	-0,10	0,00	-0,25	0,09	0,19	-0,10	-0,11	-0,11	-0,06
23	-0,09	0,12	-0,29	-0,10	0,05	-0,27	-0,13	-0,04	-0,27	0,09	0,17	-0,10	-0,12	-0,12	-0,06
24	-0,10	0,09	-0,31	-0,09	0,05	-0,29	-0,12	-0,06	-0,28	0,08	0,17	-0,11	-0,14	-0,13	-0,07
25	-0,10	0,07	-0,31	-0,08	0,05	-0,30	-0,12	-0,08	-0,29	0,09	0,15	-0,12	-0,17	-0,15	-0,09
26	-0,09	0,05	-0,30	-0,06	0,05	-0,29	-0,12	-0,09	-0,27	0,08	0,12	-0,11	-0,19	-0,18	-0,09
27	-0,09	0,03	-0,29	-0,07	0,05	-0,28	-0,13	-0,12	-0,26	0,06	0,10	-0,10	-0,22	-0,21	-0,11
28	-0,11	0,00	-0,28	-0,08	0,04	-0,28	-0,15	-0,13	-0,26	0,04	0,08	-0,10	-0,23	-0,22	-0,12
29	-0,12	-0,01	-0,27	-0,08	0,04	-0,26	-0,16	-0,14	-0,24	0,03	0,06	-0,10	-0,26	-0,25	-0,13
30	-0,12	-0,02	-0,26	-0,07	0,05	-0,24	-0,16	-0,15	-0,24	0,01	0,04	-0,13	-0,27	-0,27	-0,15
31	-0,14	-0,03	-0,28	-0,07	0,06	-0,26	-0,18	-0,14	-0,26	-0,02	0,01	-0,15	-0,30	-0,31	-0,18
32	-0,17	-0,04	-0,30	-0,09	0,07	-0,27	-0,22	-0,14	-0,27	-0,08	-0,02	-0,19	-0,34	-0,35	-0,23
33	-0,21	-0,06	-0,32	-0,12	0,07	-0,28	-0,25	-0,15	-0,29	-0,11	-0,05	-0,22	-0,36	-0,37	-0,25
34	-0,24	-0,08	-0,34	-0,14	0,06	-0,29	-0,27	-0,16	-0,31	-0,14	-0,08	-0,23	-0,37	-0,39	-0,28
35	-0,26	-0,09	-0,35	-0,16	0,07	-0,30	-0,28	-0,16	-0,32	-0,16	-0,11	-0,24	-0,38	-0,40	-0,30
36	-0,27	-0,09	-0,35	-0,17	0,07	-0,30	-0,28	-0,16	-0,33	-0,20	-0,13	-0,25	-0,39	-0,41	-0,32
37	-0,28	-0,09	-0,34	-0,18	0,08	-0,30	-0,29	-0,16	-0,33	-0,24	-0,15	-0,27	-0,39	-0,41	-0,34
38	-0,30	-0,08	-0,35	-0,20	0,09	-0,32	-0,31	-0,16	-0,35	-0,28	-0,17	-0,30	-0,40	-0,42	-0,36
39	-0,31	-0,07	-0,36	-0,21	0,10	-0,34	-0,32	-0,15	-0,38	-0,31	-0,19	-0,31	-0,40	-0,42	-0,37
40	-0,32	-0,06	-0,36	-0,22	0,11	-0,34	-0,32	-0,13	-0,37	-0,33	-0,21	-0,31	-0,39	-0,41	-0,37
41	-0,33	-0,06	-0,35	-0,23	0,12	-0,34	-0,31	-0,12	-0,34	-0,35	-0,23	-0,32	-0,38	-0,40	-0,37
42	-0,34	-0,07	-0,35	-0,23	0,10	-0,34	-0,30	-0,11	-0,33	-0,36	-0,25	-0,30	-0,36	-0,37	-0,35
43	-0,34	-0,07	-0,33	-0,22	0,10	-0,30	-0,27	-0,10	-0,28	-0,37	-0,26	-0,28	-0,33	-0,33	-0,31
44	-0,34	-0,09	-0,30	-0,22	0,08	-0,27	-0,25	-0,09	-0,23	-0,37	-0,26	-0,26	-0,29	-0,29	-0,28
45	-0,32	-0,08	-0,27	-0,21	0,08	-0,25	-0,21	-0,06	-0,19	-0,37	-0,26	-0,25	-0,27	-0,26	-0,25
46	-0,30	-0,07	-0,23	-0,20	0,08	-0,21	-0,18	-0,04	-0,14	-0,36	-0,26	-0,24	-0,25	-0,25	-0,24
47	-0,27	-0,05	-0,19	-0,19	0,08	-0,18	-0,15	-0,02	-0,09	-0,34	-0,27	-0,21	-0,23	-0,23	-0,21
48	-0,24	-0,05	-0,15	-0,17	0,06	-0,15	-0,11	-0,01	-0,05	-0,33	-0,27	-0,20	-0,22	-0,22	-0,19
49	-0,22	-0,04	-0,12	-0,17	0,05	-0,12	-0,09	0,00	-0,01	-0,30	-0,26	-0,16	-0,18	-0,18	-0,15
50	-0,17	-0,02	-0,05	-0,14	0,06	-0,06	-0,05	0,03	0,05	-0,26	-0,25	-0,12	-0,15	-0,14	-0,11

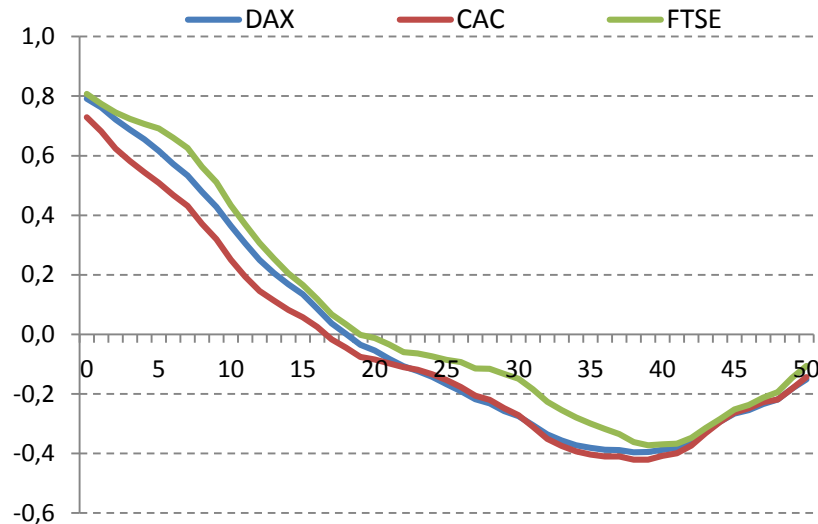
Tabela 34 Wartość korelacji danych składników trendu krótkoterminowego z roku 2007 – indeksy wybrane.



**Rysunek 48** Wykres obrazujący wartość współczynnika kross-korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Wykres lewy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu DAX w 2007 roku. Wykres prawy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu SP 500 w 2007 roku.

Analiza wyników korelacji wzajemnej w 2007 roku potwierdza, że siła zależności D-S jest wyraźnie większa niż siła zależności S-S. Dla wartości opóźnienia z przedziału  $\langle 0; 10 \rangle$  współczynnik korelacji wzajemnej D-S przyjmuje wyraźnie wyższe wartości niż w przypadku współczynnika korelacji wzajemnej S-S. Warto podkreślić jest jednak to, że w przypadku S-S amplituda spadku wartości współczynnika kross-korelacji wraz ze wzrostem współczynnika opóźnienia jest większa niż w przypadku S-S. W konsekwencji, dla opóźnienia z przedziału  $\langle 20; 25 \rangle$  wartość współczynnika kross-korelacji jest większa w przypadku S-S niż w przypadku D-S. Dla opóźnień zawierających się w przedziale  $\langle 30; 50 \rangle$  współczynniki kross-korelacji przyjmują wartości ujemne. Wartości te, w skali bezwzględnej, są jednak znacząco niższe od wartości przyjmowanych w przedziale  $\langle 0; 10 \rangle$ . Obserwacja wyników pozwala założyć, że w przedziale  $\langle 15; 30 \rangle$  każdy z analizowanych przypadków przyjmuje wartość bliską 0. Tym samym możliwe jest wysnuć tezę, że średni cykl zależności między zmianami analizowanych par indeksów zawiera się właśnie w tym przedziale.

Samo zachowanie poszczególnych indeksów środkowoeuropejskich również cechuje się pewnymi różnicami. W przypadku indeksu czeskiego amplituda spadku wartości współczynnika kross-korelacji wraz ze wzrostem wartości współczynnika opóźnienia jest największa. Na drugim miejscu plasuje się indeks węgierski, a na miejscu trzecim indeks polski. Warto podkreślić jest fakt, że zarówno dla zależności D-S, jak i S-S kolejność ta nie ulega zmianie. Tym samym należy przyjąć, że układ zależności dla indeksu PX od indeksu DAX charakteryzuje się najniższym poziomem tzw. pamięci. Układ zależności indeksu BUX od indeksu SP 500 charakteryzuje się z kolei największym poziomem pamięci. Autor pragnie zwrócić uwagę, że wartość współczynnika korelacji wzajemnej dla opóźnień rzędu 50 bliska jest 0. Taki stan potwierdza słuszność przyjętej skali opóźnień współczynnika  $d$ .



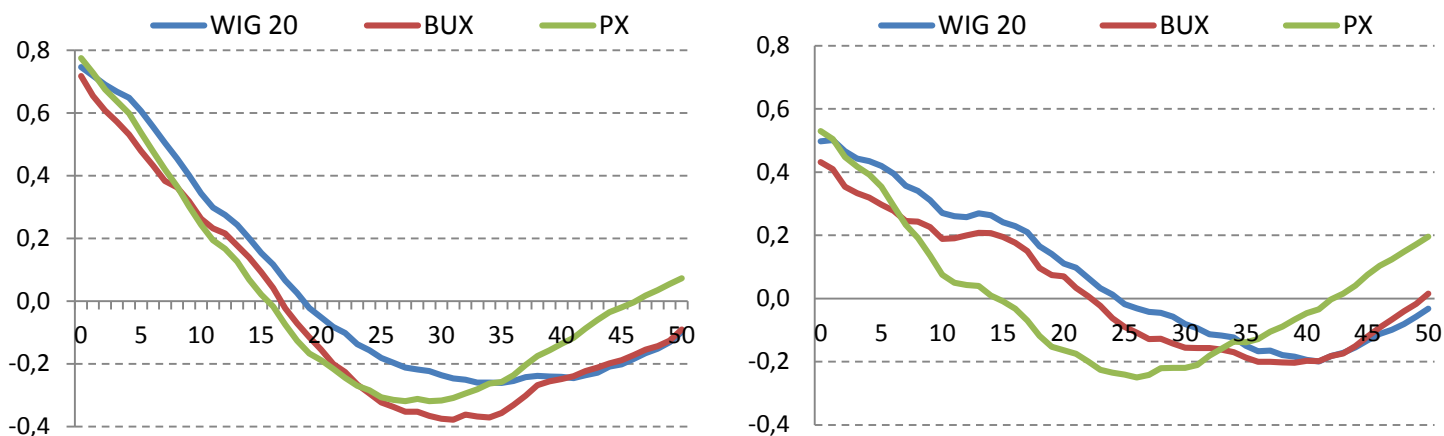
**Rysunek 49** Wykres obrazujący wartość współczynnika kross-korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Zależność indeksów zachodnioeuropejskich względem indeksu SP 500 w roku 2007.

Analiza zależności S-Z na podstawie danych z 2007 roku ujawniła znaczącą zbieżność wyników dla wszystkich badanych indeksów zachodnioeuropejskich. Zarówno indeks paryski, londyński, jak i frankfurcki cechują się niemal identyczną amplitudą spadku wartości. Obserwacja wyników pozwala założyć, że w przedziale  $\langle 16,19 \rangle$  każdy z analizowanych przypadków przyjmuje wartość bliską 0. Tym samym możliwe jest wysnuenie tezy, że średni cykl zależności między zmianami analizowanych par indeksów zawiera się właśnie w tym przedziale. Analogicznie jak w przypadku zależności D-S i S-S, tak również w przypadku Z-S wartość współczynnika korelacji wzajemnej dla opóźnień rzędu 50 bliska jest 0. Warty odnotowania jest również fakt, że przyjmowane minimalne wartości ujemne analizowanego współczynnika w przedziale  $\langle 20,50 \rangle$  są znacząco niższe, w skali bezwzględnej, niż wartości przyjmowane dla współczynnika opóźnienia zawierającego się w przedziale  $\langle 0,7 \rangle$ .

Wstępna analiza wyników badań dla danych z roku 2007 nie pozwala na odrzucenie żadnej z postawionych wcześniej hipotez badawczych. Należy jednak podkreślić, że w roku 2007 na większości rynków giełdowych panowała hossa. Negatywne informacje płynące z gospodarki amerykańskiej spowodowały jednak, że w przypadku wielu analizowanych indeksów giełdowych, pod koniec roku nastąpiło odwrócenie trendu. Trend spadkowy zapoczątkowany w tym roku trwał aż do końca pierwszego kwartału roku 2009.

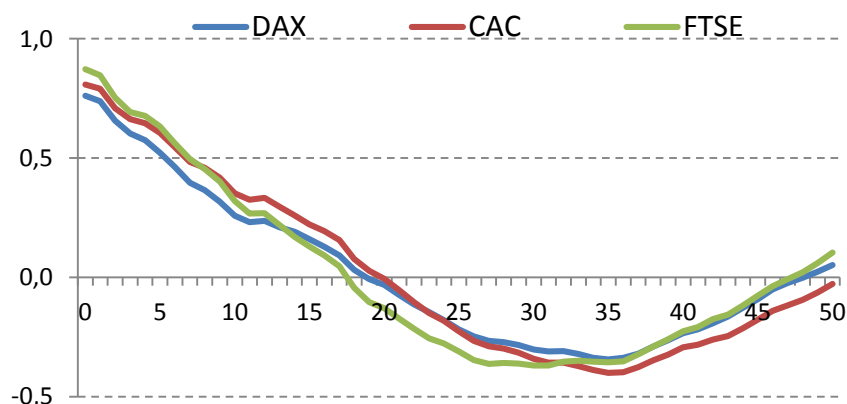
t	DAX			CAC 40			FTSE 100			SP 500					
	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	DAX	CAC 40	FTSE 100
0	0,75	0,72	0,78	0,73	0,62	0,71	0,71	0,61	0,71	0,50	0,43	0,53	0,76	0,81	0,87
1	0,72	0,65	0,73	0,70	0,55	0,65	0,66	0,53	0,63	0,50	0,41	0,50	0,74	0,79	0,85
2	0,69	0,61	0,67	0,67	0,51	0,60	0,61	0,47	0,56	0,47	0,35	0,45	0,66	0,71	0,75
3	0,67	0,57	0,64	0,64	0,47	0,56	0,56	0,43	0,51	0,44	0,33	0,42	0,60	0,66	0,69
4	0,65	0,53	0,60	0,62	0,44	0,53	0,54	0,41	0,47	0,43	0,32	0,39	0,57	0,65	0,68
5	0,61	0,48	0,54	0,59	0,39	0,47	0,49	0,36	0,41	0,42	0,30	0,35	0,52	0,61	0,63
6	0,56	0,43	0,48	0,54	0,36	0,41	0,45	0,33	0,35	0,40	0,28	0,29	0,46	0,55	0,56
7	0,50	0,38	0,42	0,50	0,31	0,35	0,41	0,30	0,30	0,36	0,25	0,23	0,40	0,48	0,50
8	0,45	0,36	0,37	0,45	0,30	0,30	0,37	0,28	0,25	0,34	0,24	0,19	0,37	0,46	0,45
9	0,40	0,32	0,30	0,40	0,25	0,24	0,32	0,23	0,18	0,31	0,23	0,14	0,32	0,42	0,40
10	0,34	0,26	0,24	0,35	0,21	0,18	0,27	0,19	0,12	0,27	0,19	0,08	0,26	0,35	0,32
11	0,30	0,23	0,19	0,31	0,18	0,14	0,24	0,18	0,09	0,26	0,19	0,05	0,23	0,33	0,27
12	0,28	0,22	0,17	0,30	0,17	0,11	0,24	0,18	0,07	0,26	0,20	0,04	0,24	0,33	0,27
13	0,24	0,18	0,13	0,27	0,14	0,08	0,23	0,17	0,04	0,27	0,21	0,04	0,21	0,30	0,22
14	0,20	0,14	0,07	0,23	0,11	0,02	0,20	0,15	0,00	0,26	0,21	0,01	0,19	0,26	0,17
15	0,15	0,09	0,02	0,18	0,06	-0,03	0,16	0,12	-0,03	0,24	0,19	-0,01	0,16	0,22	0,13
16	0,12	0,04	-0,02	0,14	0,02	-0,06	0,13	0,09	-0,06	0,23	0,18	-0,03	0,13	0,19	0,09
17	0,07	-0,02	-0,08	0,08	-0,05	-0,13	0,08	0,02	-0,11	0,21	0,15	-0,07	0,09	0,16	0,05
18	0,03	-0,07	-0,13	0,04	-0,10	-0,18	0,04	-0,02	-0,16	0,17	0,10	-0,12	0,03	0,08	-0,04
19	-0,02	-0,11	-0,17	-0,02	-0,14	-0,22	0,01	-0,05	-0,19	0,14	0,07	-0,15	-0,01	0,03	-0,10
20	-0,05	-0,16	-0,19	-0,05	-0,17	-0,24	-0,01	-0,08	-0,20	0,11	0,07	-0,16	-0,03	-0,01	-0,13
21	-0,08	-0,20	-0,22	-0,09	-0,21	-0,27	-0,03	-0,11	-0,21	0,10	0,03	-0,18	-0,07	-0,05	-0,17
22	-0,10	-0,23	-0,24	-0,11	-0,24	-0,29	-0,05	-0,13	-0,23	0,06	0,01	-0,20	-0,11	-0,10	-0,21
23	-0,14	-0,27	-0,27	-0,15	-0,28	-0,31	-0,09	-0,16	-0,25	0,03	-0,02	-0,23	-0,15	-0,15	-0,26
24	-0,16	-0,29	-0,28	-0,18	-0,30	-0,32	-0,11	-0,19	-0,26	0,01	-0,06	-0,24	-0,18	-0,18	-0,28
25	-0,18	-0,32	-0,31	-0,21	-0,34	-0,35	-0,13	-0,21	-0,27	-0,02	-0,09	-0,24	-0,22	-0,23	-0,31
26	-0,20	-0,34	-0,32	-0,22	-0,35	-0,36	-0,14	-0,23	-0,28	-0,03	-0,11	-0,25	-0,25	-0,27	-0,35
27	-0,21	-0,35	-0,32	-0,24	-0,37	-0,36	-0,14	-0,24	-0,27	-0,04	-0,13	-0,24	-0,27	-0,29	-0,36
28	-0,22	-0,35	-0,31	-0,24	-0,37	-0,35	-0,12	-0,23	-0,24	-0,05	-0,13	-0,22	-0,27	-0,30	-0,36
29	-0,22	-0,37	-0,32	-0,25	-0,38	-0,35	-0,12	-0,25	-0,23	-0,06	-0,14	-0,22	-0,28	-0,32	-0,36
30	-0,24	-0,38	-0,32	-0,27	-0,39	-0,35	-0,13	-0,25	-0,22	-0,08	-0,16	-0,22	-0,30	-0,34	-0,37
31	-0,25	-0,38	-0,31	-0,29	-0,40	-0,35	-0,14	-0,25	-0,21	-0,09	-0,16	-0,21	-0,31	-0,36	-0,37
32	-0,25	-0,36	-0,30	-0,29	-0,38	-0,33	-0,14	-0,24	-0,18	-0,11	-0,16	-0,18	-0,31	-0,36	-0,35
33	-0,26	-0,37	-0,28	-0,30	-0,38	-0,31	-0,15	-0,24	-0,16	-0,12	-0,16	-0,16	-0,32	-0,37	-0,35
34	-0,26	-0,37	-0,26	-0,30	-0,38	-0,29	-0,15	-0,24	-0,14	-0,12	-0,17	-0,14	-0,34	-0,39	-0,35
35	-0,26	-0,36	-0,26	-0,31	-0,37	-0,29	-0,16	-0,24	-0,14	-0,15	-0,19	-0,14	-0,34	-0,40	-0,36
36	-0,25	-0,33	-0,24	-0,31	-0,34	-0,27	-0,15	-0,22	-0,12	-0,17	-0,20	-0,13	-0,34	-0,40	-0,35
37	-0,24	-0,30	-0,20	-0,30	-0,32	-0,24	-0,15	-0,21	-0,10	-0,16	-0,20	-0,11	-0,32	-0,38	-0,32
38	-0,24	-0,27	-0,18	-0,30	-0,28	-0,21	-0,15	-0,19	-0,08	-0,18	-0,20	-0,09	-0,29	-0,35	-0,29
39	-0,24	-0,26	-0,16	-0,30	-0,27	-0,20	-0,16	-0,20	-0,06	-0,18	-0,20	-0,07	-0,26	-0,32	-0,26
40	-0,24	-0,25	-0,14	-0,31	-0,26	-0,18	-0,18	-0,20	-0,04	-0,19	-0,20	-0,05	-0,23	-0,29	-0,23
41	-0,25	-0,24	-0,12	-0,31	-0,25	-0,16	-0,18	-0,20	-0,03	-0,20	-0,20	-0,03	-0,22	-0,28	-0,21
42	-0,24	-0,22	-0,09	-0,30	-0,23	-0,13	-0,18	-0,19	-0,01	-0,18	-0,18	0,00	-0,19	-0,26	-0,18
43	-0,23	-0,21	-0,06	-0,29	-0,22	-0,10	-0,18	-0,19	0,01	-0,17	-0,17	0,02	-0,16	-0,25	-0,16
44	-0,21	-0,20	-0,04	-0,27	-0,20	-0,08	-0,16	-0,17	0,03	-0,15	-0,15	0,04	-0,13	-0,21	-0,12
45	-0,20	-0,19	-0,02	-0,26	-0,18	-0,06	-0,15	-0,15	0,04	-0,13	-0,12	0,08	-0,09	-0,18	-0,08
46	-0,19	-0,17	0,00	-0,24	-0,16	-0,04	-0,15	-0,13	0,05	-0,11	-0,09	0,10	-0,05	-0,14	-0,04
47	-0,17	-0,15	0,02	-0,22	-0,14	-0,02	-0,14	-0,11	0,06	-0,10	-0,07	0,12	-0,02	-0,12	-0,01
48	-0,15	-0,14	0,04	-0,20	-0,12	0,00	-0,13	-0,09	0,08	-0,08	-0,04	0,15	0,00	-0,09	0,02
49	-0,13	-0,13	0,05	-0,18	-0,10	0,02	-0,11	-0,07	0,10	-0,06	-0,02	0,17	0,02	-0,06	0,06
50	-0,10	-0,09	0,07	-0,14	-0,06	0,04	-0,08	-0,03	0,12	-0,03	0,02	0,20	0,05	-0,03	0,10

Tabela 35 Wartość kross-korelacji danych składników trendu krótkoterminowego z roku 2008 - indeksy wybrane.



**Rysunek 50** Wykres obrazujący wartość współczynnika korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Wykres lewy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu DAX w 2008 roku. Wykres prawy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu SP 500 w 2008 roku.

Wyniki badań na podstawie danych z 2008 roku potwierdzają, że zjawiska zaobserwowane w roku 2007 są kontynuowane. Analiza zależności D-S potwierdza, że zmiany trendu krótkoterminowego indeksu DAX dyskutowane są w niemal jednorodny sposób przez indeksy środkowej Europy. Podobnie jak w roku 2007 amplituda spadku wartości korelacji wraz ze wzrostem wartości spódczynnika  $d$  jest wyraźnie wyższa niż w przypadku zależności S-S. Zależność S-S ukazuje, że wpływ zmian indeksu SP 500 na indeks PX różni się od wpływu na indeksy BUX czy WIG20. Układ zależności indeksu PX od indeksu SP 500 charakteryzuje się najniższym poziomem pamięci.



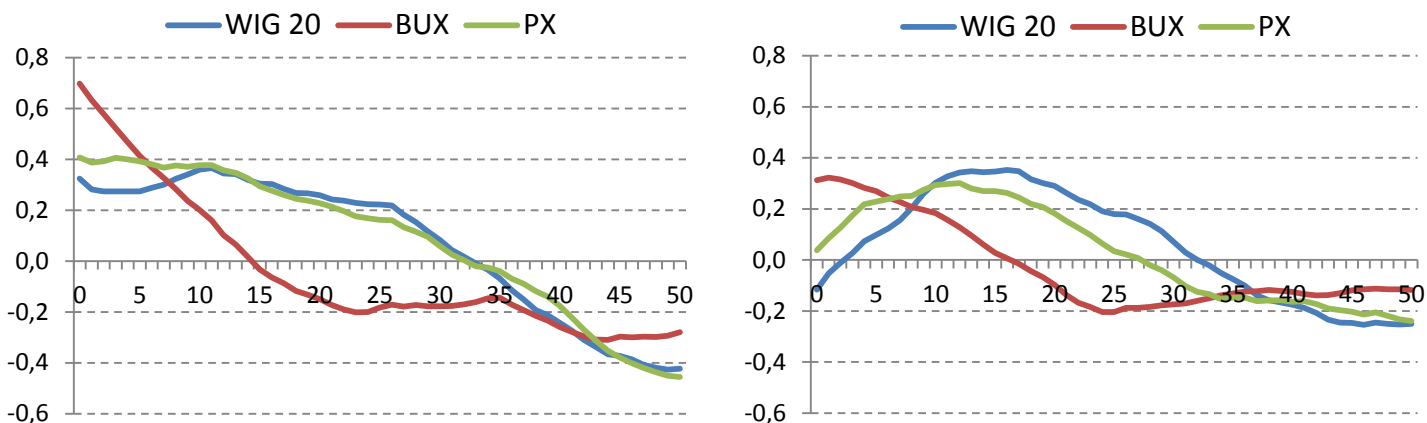
**Rysunek 51** Wykres obrazujący wartość współczynnika korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Zależność indeksów zachodnioeuropejskich względem indeksu SP 500 w roku 2008.

Wyniki analizy zależności S-Z są niemal identyczne z wynikami z roku 2007. Również w tym roku zaobserwować można znaczącą zbieżność wyników dla wszystkich badanych indeksów zachodnioeuropejskich. Obserwacja wyników pozwala założyć, że w bardzo wąskim przedziale  $<17,20>$  każdy z analizowanych przypadków przyjmuje wartość bliską 0. Wstępna analiza wyników badań dla danych z roku 2008 nie pozwala zatem na odrzucenie żadnej z postawionych wcześniej hipotez badawczych.



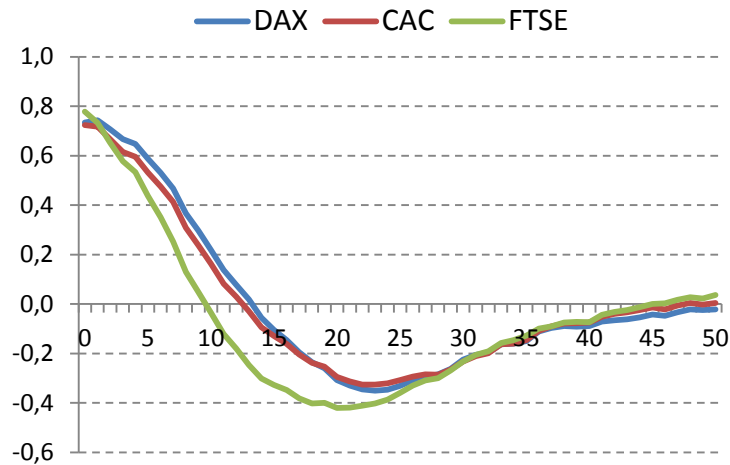
t	DAX			CAC 40			FTSE 100			SP 500					
	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	DAX	CAC 40	FTSE 100
0	0,32	0,70	0,41	0,27	0,70	0,42	0,05	0,55	0,17	-0,12	0,31	0,04	0,73	0,72	0,78
1	0,28	0,63	0,39	0,23	0,64	0,40	0,04	0,52	0,17	-0,05	0,32	0,09	0,74	0,72	0,73
2	0,27	0,58	0,39	0,23	0,59	0,41	0,07	0,51	0,20	-0,01	0,32	0,13	0,71	0,67	0,65
3	0,27	0,52	0,41	0,24	0,54	0,43	0,11	0,50	0,24	0,03	0,30	0,17	0,67	0,62	0,58
4	0,27	0,47	0,40	0,25	0,49	0,43	0,15	0,49	0,27	0,07	0,28	0,22	0,65	0,60	0,53
5	0,27	0,41	0,39	0,25	0,44	0,42	0,19	0,48	0,29	0,10	0,27	0,23	0,59	0,53	0,44
6	0,29	0,37	0,38	0,27	0,40	0,41	0,22	0,45	0,30	0,12	0,24	0,24	0,53	0,48	0,35
7	0,30	0,33	0,37	0,28	0,36	0,40	0,25	0,43	0,31	0,16	0,23	0,25	0,47	0,41	0,25
8	0,32	0,28	0,38	0,31	0,33	0,41	0,28	0,41	0,33	0,20	0,21	0,25	0,37	0,31	0,13
9	0,34	0,24	0,37	0,34	0,29	0,41	0,31	0,39	0,34	0,26	0,20	0,28	0,30	0,24	0,05
10	0,36	0,20	0,38	0,36	0,26	0,42	0,35	0,37	0,36	0,30	0,18	0,29	0,22	0,16	-0,03
11	0,37	0,16	0,38	0,38	0,23	0,43	0,38	0,36	0,39	0,33	0,16	0,30	0,14	0,08	-0,12
12	0,34	0,10	0,36	0,36	0,18	0,41	0,39	0,32	0,39	0,34	0,13	0,30	0,08	0,03	-0,18
13	0,34	0,07	0,35	0,36	0,14	0,40	0,41	0,30	0,39	0,35	0,10	0,28	0,02	-0,03	-0,25
14	0,32	0,02	0,33	0,35	0,10	0,38	0,41	0,26	0,39	0,34	0,06	0,27	-0,05	-0,09	-0,30
15	0,30	-0,03	0,29	0,33	0,04	0,36	0,41	0,21	0,38	0,35	0,03	0,27	-0,10	-0,13	-0,33
16	0,30	-0,06	0,28	0,33	0,00	0,33	0,42	0,19	0,38	0,35	0,01	0,26	-0,15	-0,16	-0,35
17	0,28	-0,09	0,26	0,30	-0,04	0,32	0,41	0,16	0,37	0,35	-0,01	0,25	-0,19	-0,20	-0,38
18	0,27	-0,12	0,25	0,28	-0,07	0,29	0,39	0,14	0,36	0,32	-0,04	0,22	-0,23	-0,24	-0,40
19	0,27	-0,13	0,24	0,27	-0,10	0,28	0,39	0,12	0,36	0,30	-0,07	0,21	-0,26	-0,25	-0,40
20	0,26	-0,15	0,23	0,27	-0,12	0,27	0,39	0,09	0,35	0,29	-0,10	0,18	-0,31	-0,29	-0,42
21	0,24	-0,17	0,21	0,26	-0,14	0,26	0,39	0,06	0,35	0,26	-0,14	0,15	-0,33	-0,31	-0,42
22	0,24	-0,19	0,20	0,26	-0,16	0,25	0,39	0,04	0,33	0,24	-0,17	0,13	-0,35	-0,33	-0,41
23	0,23	-0,20	0,18	0,25	-0,17	0,23	0,36	0,00	0,31	0,22	-0,18	0,10	-0,35	-0,33	-0,40
24	0,22	-0,20	0,17	0,25	-0,17	0,22	0,35	-0,02	0,29	0,19	-0,20	0,06	-0,35	-0,32	-0,39
25	0,22	-0,18	0,16	0,25	-0,16	0,22	0,34	-0,03	0,27	0,18	-0,20	0,03	-0,33	-0,31	-0,36
26	0,22	-0,17	0,16	0,25	-0,16	0,21	0,33	-0,05	0,25	0,18	-0,19	0,02	-0,31	-0,29	-0,33
27	0,18	-0,18	0,13	0,21	-0,18	0,18	0,30	-0,08	0,22	0,16	-0,19	0,01	-0,29	-0,28	-0,31
28	0,15	-0,17	0,12	0,18	-0,18	0,16	0,27	-0,09	0,19	0,14	-0,18	-0,02	-0,28	-0,29	-0,30
29	0,12	-0,18	0,10	0,14	-0,20	0,13	0,24	-0,10	0,16	0,11	-0,18	-0,04	-0,26	-0,27	-0,27
30	0,08	-0,18	0,06	0,11	-0,21	0,09	0,22	-0,11	0,13	0,07	-0,17	-0,07	-0,23	-0,23	-0,23
31	0,04	-0,18	0,03	0,07	-0,22	0,05	0,19	-0,13	0,10	0,03	-0,17	-0,10	-0,21	-0,21	-0,20
32	0,02	-0,17	0,00	0,04	-0,22	0,02	0,16	-0,14	0,07	0,00	-0,16	-0,12	-0,20	-0,20	-0,19
33	-0,01	-0,16	-0,02	0,02	-0,22	-0,01	0,13	-0,14	0,05	-0,02	-0,15	-0,13	-0,16	-0,16	-0,16
34	-0,03	-0,15	-0,03	-0,01	-0,20	-0,01	0,10	-0,15	0,04	-0,05	-0,14	-0,15	-0,16	-0,16	-0,15
35	-0,07	-0,14	-0,04	-0,04	-0,20	-0,03	0,06	-0,16	0,02	-0,08	-0,13	-0,15	-0,15	-0,15	-0,13
36	-0,12	-0,17	-0,07	-0,08	-0,22	-0,06	0,01	-0,20	0,00	-0,10	-0,12	-0,15	-0,11	-0,11	-0,10
37	-0,15	-0,19	-0,09	-0,11	-0,23	-0,08	-0,03	-0,22	-0,03	-0,14	-0,12	-0,16	-0,10	-0,09	-0,09
38	-0,19	-0,22	-0,12	-0,14	-0,24	-0,10	-0,08	-0,23	-0,06	-0,16	-0,12	-0,16	-0,09	-0,08	-0,07
39	-0,21	-0,23	-0,14	-0,16	-0,24	-0,12	-0,11	-0,24	-0,08	-0,17	-0,12	-0,16	-0,09	-0,08	-0,07
40	-0,24	-0,26	-0,18	-0,18	-0,26	-0,15	-0,14	-0,26	-0,10	-0,18	-0,12	-0,16	-0,09	-0,07	-0,07
41	-0,27	-0,28	-0,22	-0,22	-0,27	-0,20	-0,17	-0,27	-0,13	-0,19	-0,13	-0,16	-0,07	-0,05	-0,04
42	-0,31	-0,30	-0,27	-0,26	-0,28	-0,24	-0,21	-0,28	-0,16	-0,21	-0,14	-0,17	-0,06	-0,04	-0,03
43	-0,34	-0,31	-0,31	-0,29	-0,29	-0,28	-0,25	-0,29	-0,19	-0,23	-0,14	-0,19	-0,06	-0,03	-0,02
44	-0,37	-0,31	-0,35	-0,32	-0,28	-0,32	-0,28	-0,28	-0,21	-0,25	-0,13	-0,20	-0,05	-0,02	-0,01
45	-0,37	-0,30	-0,38	-0,33	-0,27	-0,35	-0,30	-0,27	-0,23	-0,25	-0,12	-0,20	-0,04	-0,01	0,00
46	-0,39	-0,30	-0,40	-0,35	-0,26	-0,38	-0,31	-0,27	-0,24	-0,25	-0,12	-0,21	-0,05	-0,02	0,00
47	-0,41	-0,30	-0,42	-0,37	-0,25	-0,39	-0,33	-0,26	-0,26	-0,25	-0,11	-0,21	-0,03	-0,01	0,02
48	-0,42	-0,30	-0,44	-0,38	-0,24	-0,41	-0,34	-0,26	-0,27	-0,25	-0,12	-0,22	-0,02	0,00	0,03
49	-0,43	-0,29	-0,45	-0,39	-0,23	-0,43	-0,34	-0,25	-0,29	-0,25	-0,12	-0,23	-0,02	0,00	0,02
50	-0,42	-0,28	-0,46	-0,39	-0,21	-0,43	-0,35	-0,23	-0,30	-0,25	-0,12	-0,24	-0,02	0,00	0,04

Tabela 36 Wartość kross-korelacji danych składników trendu krótkoterminowego z roku 2009 – indeksy wybrane.



**Rysunek 52** Wykres obrazujący wartość współczynnika korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Wykres lewy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu DAX w 2009 roku. Wykres prawy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu SP 500 w 2009 roku.

Przed przystąpieniem do opisu wyników badań zależności danych roku 2009 należy przypomnieć, że rok ten był przełomowy dla wszystkich analizowanych indeksów giełdowych. W roku tym bowiem wszystkie indeksy odnotowały swoje wieloletnie minima. Powszechny strach panujący na rynku wpływał na decyzje inwestorów. Wzrost wartości indeksów zapoczątkowany pod koniec pierwszego kwartału 2009 roku rodził obawy, że jest to tylko korekta techniczna, po której kontynuowane będą dalsze spadki wartości akcji. Taki stan rzeczy naturalnie zaburzył w znaczący sposób trendy i zależności obserwowane we wcześniejszych latach. Obserwacja zależności D-S ujawnia, że znacząco zmalała jej siła. Wyjątek w tym przypadku stanowi indeks BUX, którego zachowanie zbieżne jest z zachowaniem w latach 2007 – 2008. Należy podkreślić, że w przypadku zależności D-S zmalała amplituda spadku wartości współczynnika korelacji wraz ze wzrostem wartości opóźnienia. Zmiany trendu krótkoterminowego indeksu DAX były dyskontowane w dłuższej perspektywie czasu na parkietach praskim i warszawskim, ale siła oddziaływania była wyraźnie słabsza niż w latach wcześniejszych. Opisując zależność D-S warto zwrócić uwagę, że indeksy środkowej Europy nie wykazują już tak znaczącego podobieństwa wzajemnego zachowania jak w latach 2007 – 2008. Wyniki badań dla indeksu BUX są bowiem różne od pozostałych indeksów Europy Środkowej. W przypadku zależności S-S należy podkreślić, że współczynnik korelacji dla niewielkich wartości opóźnienia, przyjmuje wartości bliskie 0. Dla indeksów PX i WIG20 wartość współczynnika korelacji wzrasta wraz ze wzrostem wartości opóźnienia. Dla opóźnień większych niż 15 sesji, wartość współczynnika korelacji zaczyna nieznacznie opadać. Taki stan potwierdza, że zmiany trendu krótkoterminowego indeksu SP 500 są dyskontowane na parkietach Środkowej Europy ze znacznie większym opóźnieniem niż ma to miejsce w przypadku indeksu DAX. Warto podkreślić jest jednak to, że zakres skrajnych wartości przyjmowanych w przypadku zależności D-S oraz S-S jest niemal identyczny. Na tym tle wyróżnia się wspomniana zależność trendów krótkoterminowych indeksu BUX względem indeksu DAX.



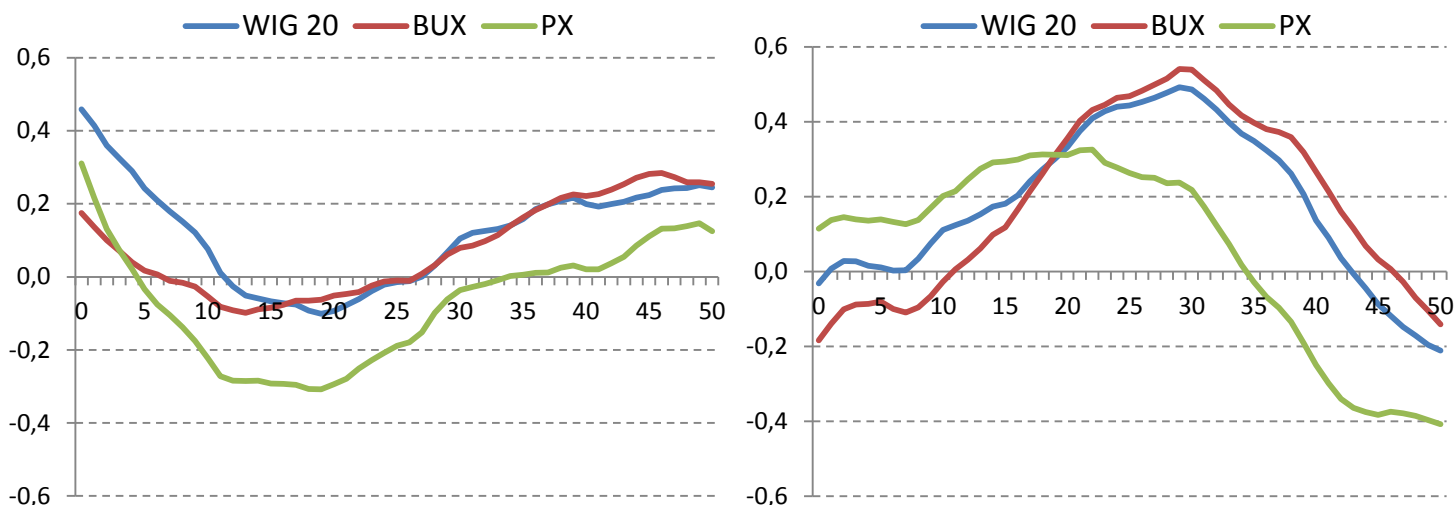
**Rysunek 53** Wykres obrazujący wartość współczynnika korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Zależność indeksów zachodnioeuropejskich względem indeksu SP 500 w roku 2009.

W przypadku zależności S-Z, podobnie jak w latach wcześniejszych, obserwowana jest wyraźna zbieżność zachowania wszystkich analizowanych indeksów giełdowych tej części Europy. Należy jednak podkreślić, że dla wartości opóźnienia zawierającego się w przedziale  $(0,20)$  obserwowany jest znaczący spadek wartości współczynnika korelacji. Zmiany trendu krótkoterminowego indeksu SP 500, a w konsekwencji giełdy nowojorskiej, wpływają silnie na zmiany trendów krótkoterminowych indeksów zachodniej Europy. Układ zależności charakteryzuje się jednak znacząco krótszą pamięcią niż miało to miejsce w latach poprzednich.

Różnica w zachowaniu indeksów zachodniej i środkowej Europy nie powinna jednak dziwić. Jak zostało już wspomniane we wcześniejszej części pracy doktorskiej, indeksy środkowej Europy zaliczane są do grona tzw. rynków wschodzących. Rynki te cechują się niższym poziomem rozwoju niż rynki zachodniej Europy i postrzegane są w związku z tym jako bardziej ryzykowne. W dobie powszechnie panującej na światowych rynkach giełdowych paniki, zmieniła się również perspektywa postrzegania rynków wschodzących. Zdaniem autora, ta zmiana perspektywy – skrajny wzrost awersji do ryzyka, wpłynęła na zachowanie tych indeksów w roku 2009, a tym samym na wyniki analizy. Co warte jest jednak podkreślenia, wyniki tej części badawczej nie pozwalają na odrzucenie żadnej z hipotez badawczych. Siła oddziaływania D-S jest bowiem nie mniejsza od siły oddziaływania S-S. Rynki środkowej Europy dyskontują zmiany trendu krótkoterminowego giełdy nowojorskiej z opóźnieniem czasowym, a cechy zależności determinowane są przynależnością geopolityczną – wyjątek stanowi tutaj zachowanie indeksu budapesztańskiego.

t	DAX			CAC 40			FTSE 100			SP 500					
	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	DAX	CAC 40	FTSE 100
0	0,46	0,17	0,31	0,81	0,62	0,52	0,57	0,26	0,54	-0,03	-0,18	0,11	0,46	0,01	0,47
1	0,41	0,14	0,22	0,74	0,54	0,39	0,53	0,21	0,46	0,01	-0,14	0,14	0,47	0,02	0,44
2	0,36	0,10	0,13	0,65	0,47	0,26	0,47	0,18	0,37	0,03	-0,10	0,15	0,47	0,04	0,44
3	0,32	0,07	0,07	0,59	0,42	0,18	0,44	0,18	0,32	0,03	-0,09	0,14	0,44	0,00	0,37
4	0,29	0,04	0,02	0,53	0,34	0,09	0,39	0,14	0,26	0,02	-0,09	0,14	0,42	-0,02	0,34
5	0,24	0,02	-0,03	0,44	0,28	0,00	0,32	0,10	0,19	0,01	-0,08	0,14	0,41	-0,02	0,32
6	0,21	0,01	-0,08	0,37	0,23	-0,08	0,28	0,08	0,14	0,00	-0,10	0,13	0,38	-0,04	0,30
7	0,18	-0,01	-0,10	0,30	0,18	-0,14	0,23	0,05	0,09	0,00	-0,11	0,13	0,36	-0,05	0,27
8	0,15	-0,02	-0,14	0,22	0,13	-0,21	0,19	0,03	0,03	0,03	-0,10	0,14	0,35	-0,05	0,25
9	0,12	-0,03	-0,18	0,15	0,07	-0,30	0,17	0,01	-0,03	0,08	-0,07	0,17	0,33	-0,04	0,23
10	0,08	-0,05	-0,22	0,06	0,01	-0,38	0,13	-0,02	-0,09	0,11	-0,03	0,20	0,31	-0,04	0,20
11	0,01	-0,08	-0,27	-0,05	-0,06	-0,46	0,06	-0,04	-0,14	0,12	0,01	0,21	0,29	-0,05	0,17
12	-0,03	-0,09	-0,28	-0,13	-0,11	-0,50	0,03	-0,06	-0,14	0,14	0,03	0,25	0,29	-0,03	0,16
13	-0,05	-0,10	-0,29	-0,19	-0,16	-0,52	0,00	-0,08	-0,15	0,15	0,06	0,27	0,28	0,00	0,14
14	-0,06	-0,09	-0,28	-0,23	-0,19	-0,54	-0,01	-0,08	-0,15	0,17	0,10	0,29	0,27	0,03	0,12
15	-0,07	-0,08	-0,29	-0,27	-0,23	-0,56	-0,02	-0,09	-0,16	0,18	0,12	0,29	0,27	0,06	0,11
16	-0,07	-0,08	-0,29	-0,29	-0,26	-0,57	-0,04	-0,09	-0,17	0,20	0,17	0,30	0,25	0,08	0,09
17	-0,08	-0,06	-0,30	-0,31	-0,30	-0,57	-0,04	-0,07	-0,17	0,24	0,21	0,31	0,25	0,13	0,10
18	-0,09	-0,06	-0,31	-0,35	-0,33	-0,58	-0,05	-0,07	-0,18	0,27	0,26	0,31	0,25	0,15	0,09
19	-0,10	-0,06	-0,31	-0,36	-0,34	-0,56	-0,05	-0,06	-0,17	0,30	0,31	0,31	0,25	0,18	0,09
20	-0,09	-0,05	-0,29	-0,36	-0,34	-0,52	-0,05	-0,04	-0,16	0,33	0,36	0,31	0,26	0,22	0,09
21	-0,08	-0,05	-0,28	-0,35	-0,36	-0,49	-0,03	-0,04	-0,15	0,37	0,40	0,32	0,26	0,27	0,09
22	-0,06	-0,04	-0,25	-0,34	-0,37	-0,45	-0,02	-0,06	-0,13	0,41	0,43	0,33	0,25	0,30	0,09
23	-0,04	-0,02	-0,23	-0,33	-0,37	-0,41	-0,02	-0,08	-0,14	0,43	0,45	0,29	0,23	0,31	0,08
24	-0,02	-0,01	-0,21	-0,32	-0,38	-0,38	-0,03	-0,10	-0,15	0,44	0,46	0,28	0,21	0,33	0,07
25	-0,01	-0,01	-0,19	-0,32	-0,39	-0,34	-0,02	-0,11	-0,13	0,44	0,47	0,26	0,19	0,35	0,06
26	-0,01	-0,01	-0,18	-0,32	-0,40	-0,32	-0,03	-0,13	-0,14	0,45	0,48	0,25	0,17	0,37	0,04
27	0,00	0,01	-0,15	-0,31	-0,39	-0,28	-0,04	-0,13	-0,14	0,46	0,50	0,25	0,16	0,38	0,04
28	0,03	0,03	-0,10	-0,27	-0,37	-0,20	-0,02	-0,11	-0,10	0,48	0,51	0,24	0,13	0,37	0,01
29	0,07	0,06	-0,06	-0,23	-0,34	-0,14	0,01	-0,08	-0,09	0,49	0,54	0,24	0,12	0,38	0,01
30	0,10	0,08	-0,04	-0,19	-0,31	-0,10	0,01	-0,08	-0,10	0,49	0,54	0,22	0,10	0,37	0,00
31	0,12	0,09	-0,03	-0,18	-0,29	-0,08	-0,01	-0,09	-0,13	0,46	0,51	0,17	0,08	0,37	-0,01
32	0,13	0,10	-0,02	-0,17	-0,27	-0,05	-0,04	-0,09	-0,15	0,43	0,48	0,12	0,06	0,36	-0,02
33	0,13	0,11	-0,01	-0,15	-0,23	-0,03	-0,05	-0,07	-0,15	0,40	0,45	0,07	0,03	0,34	-0,03
34	0,14	0,14	0,00	-0,13	-0,18	0,00	-0,05	-0,04	-0,15	0,37	0,42	0,02	-0,01	0,31	-0,06
35	0,16	0,16	0,01	-0,10	-0,14	0,02	-0,04	-0,01	-0,16	0,35	0,40	-0,03	-0,05	0,28	-0,08
36	0,19	0,18	0,01	-0,05	-0,09	0,04	-0,03	0,03	-0,16	0,32	0,38	-0,07	-0,08	0,25	-0,10
37	0,20	0,20	0,01	-0,02	-0,05	0,06	-0,03	0,05	-0,16	0,30	0,37	-0,10	-0,10	0,23	-0,11
38	0,21	0,22	0,03	0,01	-0,02	0,09	-0,03	0,08	-0,14	0,26	0,36	-0,13	-0,13	0,21	-0,13
39	0,22	0,23	0,03	0,04	0,02	0,11	-0,04	0,09	-0,14	0,21	0,32	-0,19	-0,16	0,17	-0,13
40	0,20	0,22	0,02	0,05	0,03	0,12	-0,08	0,07	-0,17	0,14	0,27	-0,25	-0,20	0,13	-0,15
41	0,19	0,23	0,02	0,07	0,07	0,14	-0,08	0,08	-0,17	0,09	0,21	-0,30	-0,22	0,10	-0,16
42	0,20	0,24	0,04	0,10	0,10	0,17	-0,06	0,09	-0,14	0,04	0,16	-0,34	-0,25	0,06	-0,18
43	0,21	0,25	0,05	0,14	0,14	0,19	-0,03	0,10	-0,12	-0,01	0,11	-0,36	-0,29	0,02	-0,20
44	0,22	0,27	0,09	0,19	0,18	0,23	0,00	0,11	-0,08	-0,05	0,07	-0,38	-0,32	-0,02	-0,22
45	0,22	0,28	0,11	0,23	0,22	0,27	0,03	0,13	-0,04	-0,09	0,03	-0,38	-0,34	-0,06	-0,24
46	0,24	0,28	0,13	0,28	0,25	0,30	0,06	0,14	-0,01	-0,12	0,01	-0,38	-0,35	-0,06	-0,22
47	0,24	0,27	0,13	0,31	0,26	0,31	0,08	0,13	-0,01	-0,15	-0,03	-0,38	-0,36	-0,07	-0,23
48	0,24	0,26	0,14	0,33	0,27	0,32	0,10	0,13	0,00	-0,17	-0,07	-0,39	-0,36	-0,08	-0,22
49	0,25	0,26	0,15	0,36	0,29	0,33	0,13	0,14	0,02	-0,20	-0,10	-0,40	-0,39	-0,11	-0,23
50	0,25	0,26	0,13	0,37	0,30	0,31	0,14	0,14	0,00	-0,21	-0,14	-0,41	-0,44	-0,15	-0,26

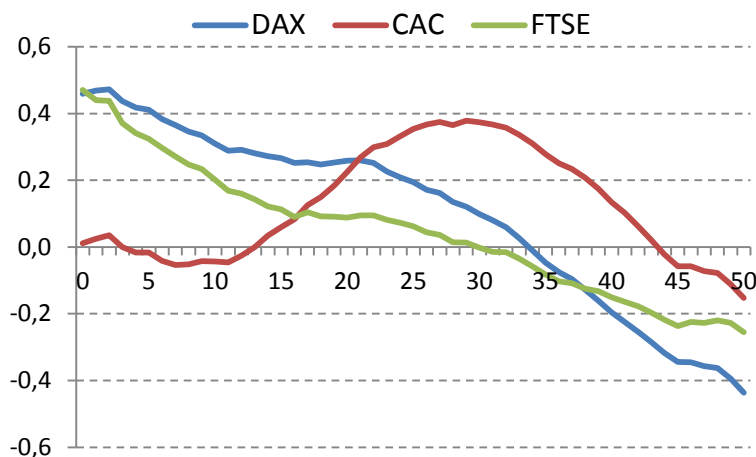
Tabela 37 Wartość kross-korelacji danych składników trendu krótkoterminowego z roku 2010 – indeksy wybrane.



**Rysunek 54** Wykres obrazujący wartość współczynnika korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Wykres lewy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu DAX w 2010 roku. Wykres prawy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu SP 500 w 2010 roku.

W roku 2010 obserwowane jest nasilenie tendencji zapoczątkowanych w roku 2009. Charakterystyka zachowania indeksów Europy Środkowej uległa ujednoczeniu. Na tle indeksów tej części Europy wyróżnić należy indeks PX. Jego zachowanie nie odbiega jednak tak wyraźnie od zachowania pozostałych indeksów tej części Europy, jak miało to miejsce w przypadku indeksu BUX w roku 2009. Autor pragnie zwrócić uwagę, że w przypadku zależności D-S, w sposób znaczący zredukowaniu uległ zakres przyjmowanych wartości współczynnika korelacji. Przyjmuje on wartości z zakresu  $(-0,31; 0,45)$ . Warto podkreślić jest również wysoki gradient spadku wartości współczynnika korelacji dla wartości opóźnienia z przedziału  $(0,15)$ . Analiza zależności S-S potwierdza słuszność hipotezy badawczej, że zmiany trendu krótkoterminowego indeksów amerykańskich dyskontowane są w długiej perspektywie czasu przez indeksy giełd Europy Środkowowschodniej. Jest to charakterystyka oddziaływania z tzw. długą pamięcią. Wartości maksymalne współczynnika korelacji przyjmowane są dla opóźnień zawierających się w przedziale  $(21; 29)$  i są wyraźnie wyższe niż w przypadku zależności D-S.

Zdaniem autora, taka zmiana zachowania indeksów spowodowana była faktem wdrażania programów ożywienia gospodarki amerykańskiej przez FED oraz tym, że gospodarka amerykańska była i nadal jest uważana za największą gospodarkę świata. W związku z powyższym, każda zmiana trendu giełdowego mogła dać sygnał do kolejnej fali spadków bądź wzrostów indeksów giełdowych. Decyzje inwestycyjne inwestorów z całego świata w znacznej mierze determinowane były sygnałami płynącymi z rynku amerykańskiego. Zdaniem autora, rynki środkowej Europy z roku 2010 nie cieszyły się zainteresowaniem inwestorów zagranicznych.

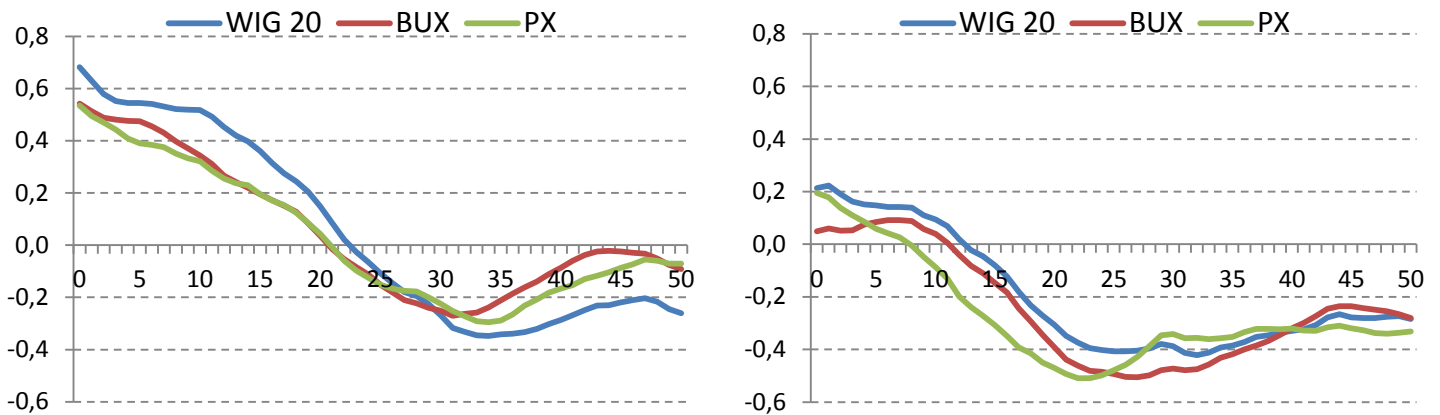


**Rysunek 55** Wykres obrazujący wartość współczynnika korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Zależność indeksów zachodnioeuropejskich względem indeksu SP 500 w roku 2010.

Analiza zachowania zależności S-Z ujawniła, że w rok 2010 w sposób znaczący zmniejszyła się maksymalna wartość współczynnika korelacji. Amplituda spadku uległa również zmniejszeniu, dlatego należy przyjąć, że układ zależności między rynkami amerykańskim a zachodnioeuropejskim cechuje się dłuższą pamięcią. O ile zachowanie indeksów FTSE 100 i DAX można uznać za zbieżne, o tyle zachowanie indeksu paryskiego w sposób znaczący odbiega od zachowania dwóch pozostałych indeksów tej części Europy. Autor pragnie przypomnieć, że w latach 2010 – 2011 głównym problemem strefy Unii Europejskiej było nadmierne zadłużenie krajów takich jak Grecja, Hiszpania, Portugalia czy Irlandia. Problem braku wzrostu gospodarczego oraz nadmiernego zadłużenia się gospodarki krajowej dotyczył również gospodarki Francji oraz Włoch – skutkowało to ponadto wzrostem rentowności obligacji tych krajów. Taki stan rzeczy sprawił, że rynki kapitałowe tych krajów zaczęły być postrzegane jako bardzo ryzykowne. Dlatego też wyniki analizy zależności S-Z w roku 2010 wykazały znaczący stopień podobieństwa zachowania indeksu CAC 40 oraz indeksów środkowej Europy. Analogicznie jak w przypadku indeksów BUX czy WIG20 i zależności S-S, maksymalna wartość współczynnika korelacji odnotowywana jest dla opóźnień zawierających się w przedziale (21; 29). Taki stan rzeczy można interpretować jako znak, że zmiany trendu krótkoterminowego rynku amerykańskiego wpływały na trend krótkoterminowy giełdy paryskiej ze znacznym opóźnieniem czasowym. W toku przeprowadzonych prac analitycznych dla roku 2010 należy odrzucić hipotezę o jednorodnym wpływie zmian trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich na zachowanie trendów krótkoterminowych indeksów Europy Środkowej oraz Europy Zachodniej. Zachowanie indeksu PX, a zwłaszcza indeksu CAC 40 nie pozwala założyć poprawności tej hipotezy badawczej. Autor pragnie jednak nadmienić, że celem pracy doktorskiej jest zweryfikowanie hipotez w perspektywie szerszej niż roczna. Dlatego decydujące znaczenie odegrają wyniki obrazujące zależności w perspektywie całego analizowanego okresu, tj. w latach 2007 – 2013.

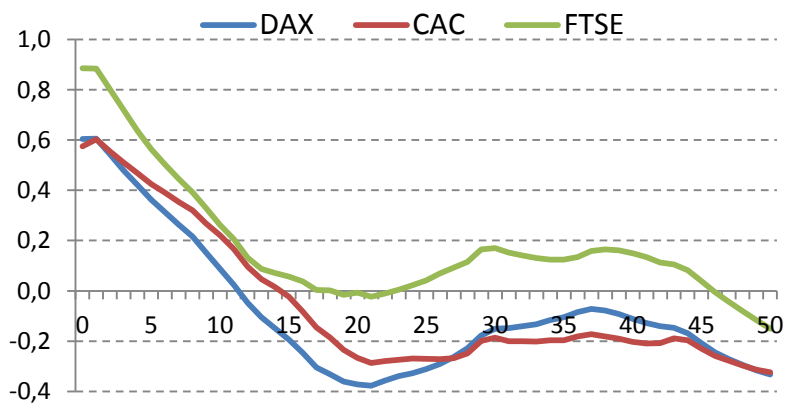
t	DAX			CAC 40			FTSE 100			SP 500					
	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	DAX	CAC 40	FTSE 100
0	0,68	0,54	0,54	0,71	0,67	0,67	0,35	0,19	0,24	0,21	0,05	0,20	0,60	0,58	0,89
1	0,63	0,51	0,49	0,61	0,61	0,59	0,28	0,15	0,17	0,22	0,06	0,18	0,61	0,60	0,88
2	0,58	0,49	0,47	0,52	0,55	0,54	0,22	0,13	0,13	0,19	0,05	0,14	0,54	0,55	0,80
3	0,55	0,48	0,44	0,47	0,52	0,49	0,18	0,12	0,08	0,16	0,05	0,11	0,48	0,51	0,72
4	0,55	0,48	0,41	0,43	0,48	0,42	0,16	0,12	0,04	0,15	0,07	0,09	0,42	0,47	0,64
5	0,54	0,47	0,39	0,41	0,45	0,37	0,16	0,12	0,01	0,15	0,08	0,06	0,36	0,43	0,56
6	0,54	0,46	0,38	0,38	0,40	0,33	0,15	0,10	0,00	0,14	0,09	0,04	0,31	0,39	0,50
7	0,53	0,43	0,38	0,35	0,36	0,30	0,13	0,09	-0,02	0,14	0,09	0,03	0,26	0,35	0,44
8	0,52	0,40	0,35	0,33	0,31	0,26	0,12	0,07	-0,05	0,14	0,09	-0,01	0,22	0,32	0,39
9	0,52	0,37	0,33	0,32	0,27	0,22	0,11	0,05	-0,06	0,11	0,06	-0,05	0,15	0,27	0,33
10	0,52	0,34	0,32	0,32	0,23	0,20	0,11	0,02	-0,07	0,09	0,04	-0,09	0,09	0,22	0,26
11	0,49	0,31	0,28	0,29	0,20	0,16	0,08	-0,01	-0,12	0,07	0,00	-0,13	0,02	0,17	0,21
12	0,45	0,27	0,26	0,25	0,15	0,13	0,03	-0,07	-0,16	0,02	-0,04	-0,20	-0,05	0,10	0,13
13	0,42	0,24	0,24	0,23	0,12	0,12	0,00	-0,09	-0,19	-0,02	-0,08	-0,24	-0,11	0,05	0,09
14	0,40	0,22	0,23	0,22	0,10	0,12	-0,02	-0,12	-0,20	-0,05	-0,11	-0,27	-0,15	0,01	0,07
15	0,36	0,20	0,20	0,19	0,08	0,09	-0,06	-0,16	-0,26	-0,08	-0,15	-0,31	-0,19	-0,02	0,06
16	0,31	0,17	0,17	0,15	0,07	0,07	-0,11	-0,20	-0,29	-0,12	-0,18	-0,35	-0,25	-0,08	0,04
17	0,27	0,15	0,15	0,12	0,06	0,08	-0,15	-0,25	-0,32	-0,18	-0,24	-0,39	-0,31	-0,15	0,00
18	0,24	0,13	0,12	0,12	0,07	0,07	-0,18	-0,28	-0,34	-0,23	-0,29	-0,41	-0,33	-0,19	0,00
19	0,20	0,08	0,09	0,10	0,04	0,05	-0,21	-0,34	-0,37	-0,27	-0,34	-0,45	-0,36	-0,24	-0,02
20	0,15	0,04	0,04	0,06	0,02	0,03	-0,25	-0,38	-0,40	-0,31	-0,39	-0,47	-0,37	-0,27	-0,01
21	0,08	-0,02	-0,01	0,01	-0,02	0,00	-0,29	-0,42	-0,44	-0,35	-0,44	-0,49	-0,38	-0,29	-0,02
22	0,02	-0,05	-0,06	-0,03	-0,03	-0,03	-0,31	-0,43	-0,45	-0,37	-0,46	-0,51	-0,36	-0,28	-0,01
23	-0,03	-0,08	-0,10	-0,06	-0,05	-0,05	-0,33	-0,44	-0,44	-0,40	-0,48	-0,51	-0,34	-0,27	0,00
24	-0,06	-0,11	-0,12	-0,09	-0,07	-0,07	-0,33	-0,44	-0,44	-0,40	-0,48	-0,50	-0,33	-0,27	0,02
25	-0,11	-0,15	-0,15	-0,12	-0,10	-0,10	-0,35	-0,46	-0,43	-0,41	-0,49	-0,48	-0,31	-0,27	0,04
26	-0,15	-0,18	-0,17	-0,16	-0,12	-0,11	-0,35	-0,46	-0,41	-0,41	-0,50	-0,46	-0,29	-0,27	0,07
27	-0,18	-0,21	-0,18	-0,19	-0,15	-0,11	-0,36	-0,48	-0,39	-0,41	-0,51	-0,43	-0,26	-0,27	0,09
28	-0,20	-0,22	-0,18	-0,20	-0,16	-0,12	-0,34	-0,46	-0,36	-0,40	-0,50	-0,39	-0,23	-0,25	0,12
29	-0,23	-0,24	-0,20	-0,24	-0,18	-0,15	-0,37	-0,46	-0,36	-0,38	-0,48	-0,35	-0,18	-0,20	0,17
30	-0,27	-0,25	-0,22	-0,30	-0,21	-0,19	-0,41	-0,47	-0,37	-0,39	-0,47	-0,34	-0,15	-0,19	0,17
31	-0,32	-0,27	-0,25	-0,36	-0,25	-0,23	-0,46	-0,50	-0,40	-0,41	-0,48	-0,36	-0,15	-0,20	0,15
32	-0,33	-0,26	-0,27	-0,38	-0,25	-0,26	-0,45	-0,49	-0,41	-0,42	-0,48	-0,36	-0,14	-0,20	0,14
33	-0,34	-0,26	-0,29	-0,39	-0,26	-0,29	-0,45	-0,48	-0,42	-0,41	-0,46	-0,36	-0,13	-0,20	0,13
34	-0,35	-0,24	-0,30	-0,39	-0,25	-0,30	-0,44	-0,45	-0,42	-0,39	-0,43	-0,36	-0,12	-0,20	0,12
35	-0,34	-0,21	-0,29	-0,38	-0,24	-0,30	-0,44	-0,43	-0,42	-0,39	-0,42	-0,35	-0,11	-0,20	0,12
36	-0,34	-0,19	-0,27	-0,38	-0,22	-0,28	-0,44	-0,42	-0,40	-0,37	-0,40	-0,33	-0,09	-0,18	0,13
37	-0,33	-0,16	-0,23	-0,36	-0,20	-0,24	-0,43	-0,41	-0,38	-0,35	-0,39	-0,32	-0,07	-0,17	0,16
38	-0,32	-0,14	-0,21	-0,34	-0,19	-0,22	-0,41	-0,39	-0,37	-0,35	-0,37	-0,32	-0,08	-0,18	0,17
39	-0,30	-0,11	-0,18	-0,31	-0,16	-0,21	-0,40	-0,37	-0,37	-0,34	-0,34	-0,32	-0,09	-0,19	0,16
40	-0,29	-0,09	-0,17	-0,30	-0,15	-0,19	-0,40	-0,36	-0,37	-0,33	-0,32	-0,32	-0,11	-0,20	0,15
41	-0,27	-0,06	-0,15	-0,28	-0,13	-0,18	-0,38	-0,33	-0,38	-0,32	-0,30	-0,33	-0,13	-0,21	0,13
42	-0,25	-0,04	-0,13	-0,26	-0,11	-0,16	-0,35	-0,30	-0,36	-0,31	-0,27	-0,33	-0,14	-0,21	0,11
43	-0,23	-0,02	-0,12	-0,25	-0,11	-0,16	-0,32	-0,27	-0,36	-0,28	-0,24	-0,32	-0,15	-0,19	0,11
44	-0,23	-0,02	-0,10	-0,25	-0,11	-0,15	-0,33	-0,27	-0,35	-0,27	-0,24	-0,31	-0,17	-0,20	0,08
45	-0,22	-0,02	-0,09	-0,24	-0,12	-0,13	-0,33	-0,28	-0,34	-0,28	-0,24	-0,32	-0,21	-0,23	0,04
46	-0,21	-0,03	-0,07	-0,24	-0,13	-0,12	-0,33	-0,29	-0,34	-0,28	-0,24	-0,33	-0,25	-0,26	-0,01
47	-0,20	-0,03	-0,05	-0,23	-0,14	-0,11	-0,32	-0,29	-0,32	-0,28	-0,25	-0,34	-0,27	-0,28	-0,04
48	-0,22	-0,05	-0,06	-0,24	-0,16	-0,12	-0,32	-0,29	-0,32	-0,28	-0,25	-0,34	-0,30	-0,30	-0,08
49	-0,24	-0,08	-0,07	-0,28	-0,19	-0,13	-0,33	-0,30	-0,32	-0,27	-0,27	-0,34	-0,32	-0,31	-0,12
50	-0,26	-0,09	-0,07	-0,31	-0,21	-0,14	-0,33	-0,30	-0,31	-0,28	-0,28	-0,33	-0,33	-0,32	-0,15

Tabela 38 Wartość korelacji danych składników trendu krótkoterminowego z roku 2011 – indeksy wybrane.



**Rysunek 56** Wykres obrazujący wartość współczynnika korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Wykres lewy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu DAX w 2011 roku. Wykres prawy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu SP 500 w 2011 roku.

Analizując wyniki badań roku 2011 należy zwrócić uwagę, że zależność D-S wykazuje szereg zbieżności z zależnością obserwowaną w latach 2007 – 2008. Wartość maksymalna współczynnika korelacji przypada na wartość opóźnienia równą 0 – klasyczny współczynnik korelacji Pearsona. Amplituda spadku wartości uległa zmniejszeniu. Warty podkreślenia jest fakt, że zachowanie wszystkich analizowanych indeksów środkowoeuropejskich jest bardzo podobne. W przypadku zależności S-S należy zwrócić uwagę na minimalną, wartość współczynnika korelacji. Przypada ona na wartości opóźnienia zawierające się w przedziale  $\langle 20; 30 \rangle$ . Wzrost wartości indeksu SP 500 wpływa na spadek wartości indeksów środkowoeuropejskich, a spadek wartości SP 500 wpływa na wzrost wartości indeksów tej części Europy. Wpływ ten jest jednak wyraźnie opóźniony.



**Rysunek 57** Wykres obrazujący wartość współczynnika korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Zależność indeksów zachodnioeuropejskich względem indeksu SP 500 w roku 2011.

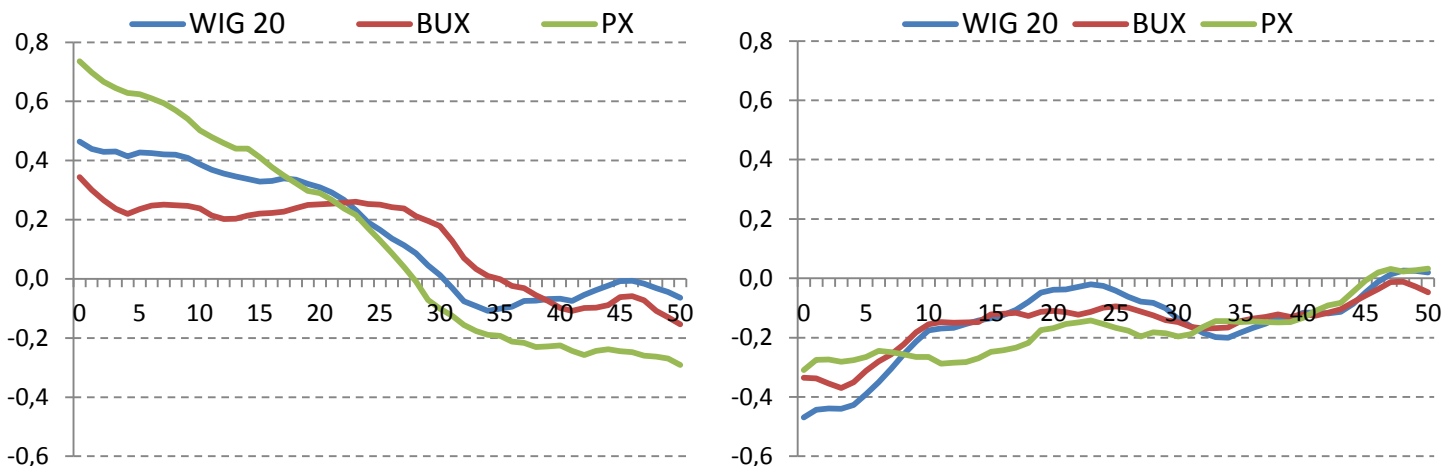
Analiza zależności S-Z również wykazuje wiele podobieństw z wynikami danych lat 2007 – 2008. Warte podkreślenia jest jednak zachowanie indeksu FTSE 100. Wraz z wdrażaniem planu ożywienia gospodarki przez rząd brytyjski, zachowanie indeksu londyńskiego zaczęło odbiegać od zachowania pozostałych indeksów zachodniej Europy związanej z walutą Euro. Wysoka maksymalna wartość współczynnika



t	DAX			CAC 40			FTSE 100			SP 500					
	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	DAX	CAC 40	FTSE 100
0	0,46	0,34	0,74	0,52	0,25	0,67	0,00	-0,06	0,04	-0,47	-0,34	-0,31	0,01	-0,01	0,57
1	0,44	0,30	0,70	0,46	0,21	0,60	-0,02	-0,10	0,00	-0,44	-0,34	-0,27	0,05	0,04	0,55
2	0,43	0,27	0,67	0,42	0,17	0,56	0,00	-0,13	-0,02	-0,44	-0,35	-0,27	0,00	0,00	0,44
3	0,43	0,24	0,64	0,39	0,15	0,51	0,03	-0,14	-0,05	-0,44	-0,37	-0,28	-0,08	-0,07	0,33
4	0,41	0,22	0,63	0,34	0,14	0,47	0,04	-0,12	-0,07	-0,43	-0,35	-0,28	-0,15	-0,13	0,19
5	0,43	0,24	0,62	0,33	0,16	0,45	0,07	-0,09	-0,08	-0,39	-0,31	-0,27	-0,17	-0,15	0,13
6	0,43	0,25	0,61	0,30	0,18	0,43	0,06	-0,08	-0,11	-0,35	-0,28	-0,24	-0,19	-0,16	0,07
7	0,42	0,25	0,59	0,28	0,19	0,41	0,06	-0,09	-0,14	-0,31	-0,26	-0,25	-0,19	-0,16	0,04
8	0,42	0,25	0,57	0,27	0,21	0,38	0,07	-0,10	-0,17	-0,26	-0,22	-0,26	-0,20	-0,17	0,01
9	0,41	0,25	0,54	0,24	0,21	0,33	0,07	-0,08	-0,20	-0,21	-0,18	-0,27	-0,21	-0,19	-0,02
10	0,39	0,24	0,50	0,20	0,21	0,27	0,05	-0,07	-0,23	-0,18	-0,15	-0,27	-0,21	-0,19	-0,01
11	0,37	0,21	0,48	0,18	0,19	0,24	0,01	-0,11	-0,25	-0,17	-0,15	-0,29	-0,25	-0,23	-0,04
12	0,36	0,20	0,46	0,17	0,18	0,22	-0,04	-0,13	-0,27	-0,17	-0,15	-0,28	-0,30	-0,26	-0,06
13	0,35	0,20	0,44	0,15	0,19	0,19	-0,08	-0,16	-0,28	-0,15	-0,15	-0,28	-0,30	-0,28	-0,04
14	0,34	0,21	0,44	0,14	0,20	0,19	-0,10	-0,16	-0,25	-0,14	-0,15	-0,27	-0,29	-0,28	-0,01
15	0,33	0,22	0,41	0,14	0,21	0,17	-0,12	-0,15	-0,26	-0,13	-0,12	-0,25	-0,27	-0,26	-0,01
16	0,33	0,22	0,38	0,15	0,22	0,14	-0,13	-0,14	-0,27	-0,12	-0,12	-0,24	-0,25	-0,25	-0,03
17	0,34	0,23	0,35	0,16	0,23	0,10	-0,14	-0,13	-0,28	-0,11	-0,12	-0,23	-0,24	-0,26	-0,03
18	0,33	0,24	0,32	0,15	0,23	0,07	-0,14	-0,13	-0,26	-0,08	-0,13	-0,22	-0,21	-0,25	-0,01
19	0,32	0,25	0,30	0,14	0,23	0,05	-0,16	-0,14	-0,24	-0,05	-0,11	-0,17	-0,18	-0,23	-0,01
20	0,31	0,25	0,29	0,13	0,22	0,03	-0,17	-0,15	-0,22	-0,04	-0,11	-0,17	-0,17	-0,21	-0,01
21	0,29	0,25	0,27	0,12	0,22	0,01	-0,18	-0,15	-0,21	-0,04	-0,11	-0,15	-0,19	-0,22	-0,08
22	0,27	0,26	0,24	0,11	0,21	-0,02	-0,19	-0,16	-0,22	-0,03	-0,12	-0,15	-0,20	-0,23	-0,13
23	0,23	0,26	0,22	0,08	0,19	-0,05	-0,20	-0,15	-0,21	-0,02	-0,11	-0,14	-0,20	-0,23	-0,15
24	0,19	0,25	0,17	0,06	0,17	-0,09	-0,21	-0,14	-0,24	-0,03	-0,10	-0,15	-0,19	-0,22	-0,18
25	0,17	0,25	0,13	0,04	0,15	-0,12	-0,22	-0,15	-0,25	-0,04	-0,10	-0,17	-0,17	-0,21	-0,20
26	0,14	0,24	0,09	0,02	0,12	-0,16	-0,21	-0,15	-0,26	-0,06	-0,10	-0,18	-0,15	-0,18	-0,17
27	0,11	0,24	0,04	0,01	0,10	-0,20	-0,21	-0,14	-0,28	-0,08	-0,11	-0,20	-0,12	-0,16	-0,15
28	0,09	0,21	-0,01	-0,01	0,07	-0,24	-0,21	-0,14	-0,29	-0,08	-0,12	-0,18	-0,09	-0,13	-0,10
29	0,05	0,20	-0,07	-0,02	0,05	-0,27	-0,22	-0,14	-0,32	-0,10	-0,14	-0,18	-0,07	-0,12	-0,08
30	0,01	0,18	-0,10	-0,04	0,03	-0,28	-0,22	-0,15	-0,31	-0,14	-0,15	-0,20	-0,09	-0,13	-0,07
31	-0,03	0,13	-0,12	-0,07	-0,02	-0,29	-0,23	-0,16	-0,28	-0,16	-0,16	-0,19	-0,11	-0,15	-0,07
32	-0,08	0,07	-0,16	-0,10	-0,08	-0,31	-0,23	-0,16	-0,26	-0,18	-0,17	-0,16	-0,08	-0,13	-0,02
33	-0,09	0,03	-0,18	-0,11	-0,13	-0,31	-0,23	-0,16	-0,25	-0,20	-0,17	-0,14	-0,06	-0,11	0,02
34	-0,11	0,01	-0,19	-0,12	-0,16	-0,31	-0,21	-0,14	-0,23	-0,20	-0,17	-0,14	-0,05	-0,09	0,06
35	-0,10	0,00	-0,19	-0,11	-0,17	-0,30	-0,15	-0,10	-0,19	-0,18	-0,14	-0,15	-0,03	-0,07	0,09
36	-0,09	-0,02	-0,21	-0,11	-0,19	-0,32	-0,11	-0,10	-0,19	-0,17	-0,14	-0,15	-0,05	-0,09	0,08
37	-0,08	-0,03	-0,22	-0,10	-0,21	-0,32	-0,07	-0,08	-0,17	-0,15	-0,13	-0,15	-0,07	-0,10	0,07
38	-0,07	-0,05	-0,23	-0,11	-0,24	-0,32	-0,05	-0,08	-0,17	-0,13	-0,12	-0,15	-0,07	-0,10	0,05
39	-0,07	-0,07	-0,23	-0,11	-0,25	-0,31	-0,04	-0,09	-0,16	-0,14	-0,13	-0,15	-0,10	-0,11	0,03
40	-0,07	-0,10	-0,22	-0,13	-0,27	-0,31	-0,02	-0,10	-0,14	-0,12	-0,12	-0,13	-0,10	-0,13	0,01
41	-0,07	-0,11	-0,24	-0,15	-0,27	-0,31	-0,01	-0,10	-0,14	-0,11	-0,13	-0,11	-0,11	-0,14	0,00
42	-0,05	-0,10	-0,26	-0,13	-0,26	-0,31	0,00	-0,08	-0,13	-0,12	-0,12	-0,09	-0,12	-0,17	-0,02
43	-0,04	-0,10	-0,24	-0,13	-0,24	-0,29	0,00	-0,09	-0,11	-0,11	-0,10	-0,08	-0,13	-0,19	-0,04
44	-0,02	-0,09	-0,24	-0,13	-0,22	-0,28	0,00	-0,08	-0,10	-0,09	-0,08	-0,05	-0,11	-0,18	-0,04
45	-0,01	-0,06	-0,24	-0,12	-0,18	-0,27	0,01	-0,05	-0,09	-0,05	-0,06	-0,01	-0,07	-0,14	-0,03
46	-0,01	-0,06	-0,25	-0,14	-0,17	-0,27	0,00	-0,05	-0,08	-0,01	-0,04	0,02	-0,04	-0,12	-0,05
47	-0,02	-0,07	-0,26	-0,15	-0,17	-0,26	-0,02	-0,06	-0,10	0,01	-0,01	0,03	-0,04	-0,12	-0,08
48	-0,03	-0,11	-0,26	-0,16	-0,19	-0,25	-0,05	-0,11	-0,13	0,03	-0,01	0,02	-0,05	-0,13	-0,10
49	-0,04	-0,13	-0,27	-0,18	-0,18	-0,25	-0,09	-0,14	-0,13	0,02	-0,03	0,03	-0,06	-0,16	-0,12
50	-0,06	-0,15	-0,29	-0,19	-0,18	-0,27	-0,14	-0,17	-0,16	0,02	-0,05	0,03	-0,08	-0,19	-0,14

Tabela 39 Wartość korelacji danych składników trendu krótkoterminowego z roku 2012 – indeksy wybrane.

kross-korelacji oraz wysoka wartość amplitudy spadku potwierdzają silne powiązanie tego indeksu z rynkiem amerykańskim.

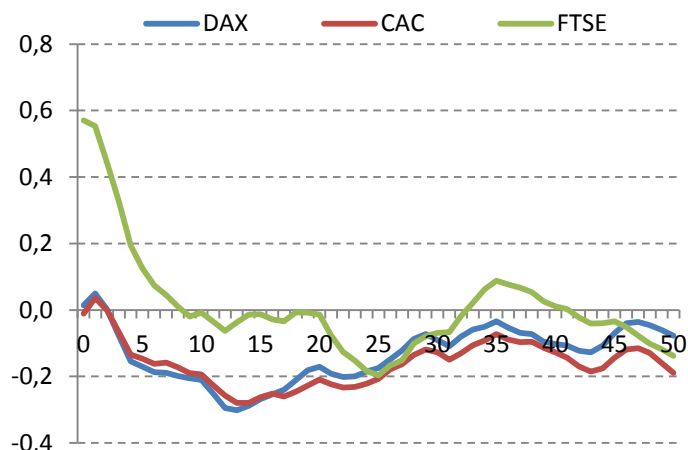


**Rysunek 58** Wykres obrazujący wartość współczynnika kross-korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Wykres lewy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu DAX w 2012 roku. Wykres prawy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu SP 500 w 2012 roku.

Analizując wyniki części badawczej dotyczącej zależności D-S należy zwrócić uwagę na nieznaczny wzrost wartości maksymalnej współczynnika kross-korelacji. Warto podkreślić, że zachowanie wszystkich indeksów Europy Środkowej cechuje się ponownie znaczącym poziomem zbieżności. Sam układ zależności między indeksem DAX a indeksami środkowoeuropejskimi cechuje się dłuższą pamięcią niż w latach poprzednich. Amplituda spadku wartości współczynnika kross-korelacji wraz ze wzrostem wartości współczynnika opóźnienia jest niska – w przypadku indeksów BUX i WIG20 należy podkreślić, że w przedziale (0; 22) amplituda jest niemal bliska 0. Takie zachowanie, zdaniem autora uwarunkowane było sytuacją ekonomiczną i gospodarczą strefy Euro. Podczas, gdy w wielu gospodarkach świata realizowane były plany luzowania polityki monetarnej, państwa strefy Euro nie wdrażały programów ożywienia gospodarczego, których zakres byłby porównywalny z programami amerykańskimi czy brytyjskimi. Brak jednoznacznych decyzji politycznych dotyczących sposobu zażegnania kryzysu wywarł bardzo znaczące piętno na rynkach giełdowych Europy Zachodniej oraz rynkach powiązanych. Zdaniem autora, tylko wyraźne minima średnioterminowe zmiany notowań czołowych indeksów europejskich dyskutowane były na parkietach w Budapeszcie, Pradze czy Warszawie – świadczy o tym wspomniana niska wartość amplitudy spadku sugerująca istnienie zależności charakteryzującej się długą pamięcią.

Analiza zależności S-S ujawnia istnienie ujemnej wartości współczynnika kross-korelacji dla opóźnień zawierających się w przedziale (0; 45). W wartości bezwzględnej zakres przyjmowanych wartości współczynnika kross-korelacji bliski jest zeru. Taki stan sugeruje istnienie bardzo słabego charakteru zależności S-S. Nie powinno to jednak dziwić. Jest to kolejne potwierdzenie tezy, że rynki

środkowoeuropejskie znacznie silniej związane są z rynkami zachodniej Europy niż z rynkiem amerykańskim. Zdaniem autora, taki wynik analizy S-S jest również konsekwencją faktu, że podczas gdy rynki giełdowe Unii Europejskiej dyskontowały negatywne informacje dotyczące nadmiernego zadłużenia fiskalnego państw członkowskich, na rynku amerykańskim wdrażane były kolejne plany ożywienia gospodarki dostarczające tzw. tani pieniądz na rynki giełdowe. To spowodowało, że podczas gdy na wszystkich parkietach Europy indeksy traciły na wartości, bądź poruszały się w trendzie konsolidacyjnym, główne indeksy giełdy amerykańskiej sukcesywnie zwiększały swoją wartość.



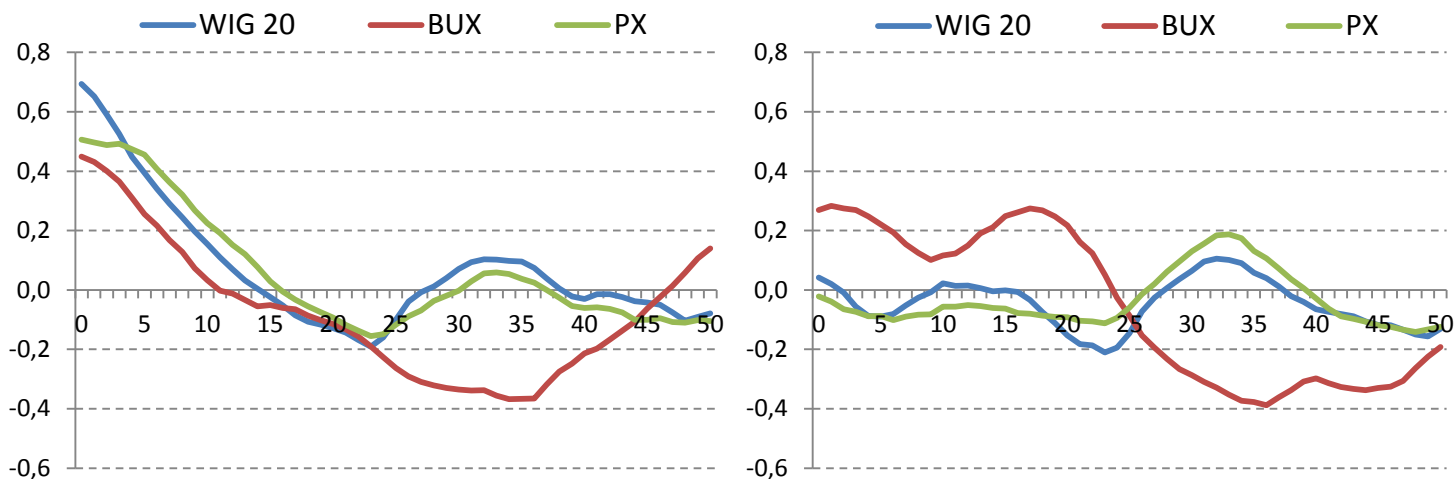
**Rysunek 59** Wykres obrazujący wartość współczynnika korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Zależność indeksów zachodnioeuropejskich względem indeksu SP 500 w roku 2012.

Analiza zależności S-Z potwierdza, że zachowanie indeksu FTSE 100 w roku 2011 kontynuowane jest również w roku 2012. Ponownie, wdrożenie planu ożywienia gospodarki brytyjskiej poprzez tzw. luzowanie polityki monetarnej sprawiło, że zachowanie indeksu FTSE 100 istotnie odbiegało od zachowania indeksu paryskiego bądź frankfurckiego. Warte podkreślenia jest wysoka początkowa wartość korelacji między wartościami składników trendu krótkoterminowego indeksów FTSE 100 i SP 500. Należy zwrócić również uwagę na wysoką wartość amplitudy spadku współczynnika korelacji – wartość 0 przyjmowana jest dla opóźnienia równego 8. Powyższe wyniki świadczą o bardzo wysokim poziomie zbieżności zachowania indeksu londyńskiego i nowojorskiego. Zachowanie indeksów CAC 40 i DAX, związanych ze strefą Euro, cechuje się wyraźną zbieżnością zachowania. Początkowa wartość współczynnika korelacji jest w przypadku tych indeksów bliska 0. Niemal w całym przedziale opóźnień wartość współczynnika korelacji przyjmuje wartości ujemne – ich wartość bezwzględna jest jednak niska. Takie wyniki sugerują, że problemy fiskalne i gospodarcze państw strefy Euro wywarły decydujący wpływ na zależność S-Z. Ujemne wartości współczynnika korelacji sugerują, że plany ożywienia gospodarek amerykańskiej oraz brytyjskiej przynoszą wymierne skutki.

t	DAX			CAC 40			FTSE 100			SP 500					
	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	DAX	CAC 40	FTSE 100
0	0,69	0,45	0,51	0,60	0,28	0,80	0,34	0,22	0,54	0,04	0,27	-0,02	0,52	0,32	0,63
1	0,65	0,43	0,50	0,49	0,24	0,71	0,26	0,15	0,46	0,02	0,28	-0,04	0,50	0,32	0,61
2	0,59	0,40	0,49	0,37	0,20	0,61	0,16	0,09	0,38	-0,01	0,27	-0,06	0,42	0,25	0,51
3	0,53	0,36	0,49	0,25	0,15	0,51	0,07	0,03	0,31	-0,06	0,27	-0,07	0,35	0,19	0,41
4	0,45	0,31	0,47	0,13	0,09	0,40	-0,02	-0,06	0,24	-0,09	0,25	-0,09	0,29	0,13	0,31
5	0,39	0,26	0,46	0,06	0,02	0,32	-0,06	-0,11	0,18	-0,09	0,22	-0,09	0,24	0,08	0,20
6	0,34	0,22	0,41	0,01	-0,02	0,23	-0,08	-0,16	0,12	-0,08	0,19	-0,10	0,20	0,05	0,11
7	0,29	0,17	0,36	-0,06	-0,06	0,14	-0,08	-0,22	0,06	-0,05	0,15	-0,09	0,16	0,03	0,05
8	0,24	0,13	0,32	-0,12	-0,09	0,07	-0,09	-0,25	0,02	-0,03	0,12	-0,08	0,10	-0,01	-0,03
9	0,20	0,07	0,27	-0,17	-0,12	0,01	-0,09	-0,28	-0,02	-0,01	0,10	-0,08	0,03	-0,06	-0,12
10	0,16	0,03	0,22	-0,21	-0,15	-0,05	-0,09	-0,27	-0,05	0,02	0,12	-0,06	-0,01	-0,08	-0,20
11	0,11	0,00	0,19	-0,24	-0,18	-0,08	-0,11	-0,27	-0,07	0,01	0,12	-0,06	-0,07	-0,14	-0,28
12	0,07	-0,01	0,15	-0,26	-0,16	-0,11	-0,13	-0,23	-0,11	0,01	0,15	-0,05	-0,10	-0,16	-0,29
13	0,03	-0,03	0,12	-0,26	-0,16	-0,14	-0,15	-0,19	-0,15	0,01	0,19	-0,05	-0,13	-0,19	-0,27
14	0,00	-0,05	0,08	-0,25	-0,15	-0,19	-0,18	-0,15	-0,21	0,00	0,21	-0,06	-0,16	-0,23	-0,26
15	-0,02	-0,05	0,03	-0,22	-0,10	-0,23	-0,21	-0,10	-0,27	0,00	0,25	-0,06	-0,18	-0,25	-0,22
16	-0,05	-0,06	-0,01	-0,20	-0,08	-0,25	-0,24	-0,07	-0,29	-0,01	0,26	-0,08	-0,18	-0,24	-0,15
17	-0,09	-0,07	-0,03	-0,20	-0,03	-0,26	-0,26	-0,04	-0,33	-0,03	0,27	-0,08	-0,18	-0,25	-0,10
18	-0,11	-0,09	-0,06	-0,19	-0,01	-0,27	-0,29	-0,02	-0,36	-0,07	0,27	-0,09	-0,17	-0,24	-0,04
19	-0,12	-0,10	-0,07	-0,16	0,00	-0,27	-0,31	-0,01	-0,37	-0,11	0,25	-0,09	-0,15	-0,21	0,02
20	-0,13	-0,11	-0,09	-0,14	0,02	-0,27	-0,33	-0,01	-0,39	-0,15	0,22	-0,09	-0,13	-0,19	0,07
21	-0,14	-0,13	-0,12	-0,12	0,03	-0,27	-0,32	-0,01	-0,38	-0,18	0,16	-0,10	-0,11	-0,15	0,12
22	-0,17	-0,16	-0,14	-0,10	0,04	-0,27	-0,30	-0,02	-0,38	-0,19	0,12	-0,11	-0,09	-0,11	0,17
23	-0,19	-0,19	-0,16	-0,09	0,05	-0,27	-0,27	-0,05	-0,37	-0,21	0,05	-0,11	-0,08	-0,08	0,19
24	-0,16	-0,23	-0,15	-0,04	0,03	-0,24	-0,19	-0,09	-0,30	-0,19	-0,03	-0,09	-0,06	-0,05	0,19
25	-0,10	-0,26	-0,12	0,03	0,01	-0,18	-0,09	-0,12	-0,22	-0,15	-0,09	-0,06	-0,03	-0,01	0,21
26	-0,04	-0,29	-0,09	0,10	0,01	-0,13	0,01	-0,15	-0,14	-0,07	-0,15	-0,01	0,01	0,03	0,23
27	-0,01	-0,31	-0,07	0,14	0,01	-0,09	0,10	-0,14	-0,05	-0,03	-0,19	0,02	0,03	0,06	0,22
28	0,01	-0,32	-0,04	0,14	0,01	-0,04	0,15	-0,13	0,02	0,01	-0,23	0,06	0,05	0,11	0,22
29	0,04	-0,33	-0,02	0,15	0,02	-0,02	0,19	-0,12	0,08	0,04	-0,27	0,10	0,06	0,15	0,23
30	0,07	-0,34	0,00	0,14	0,01	0,00	0,21	-0,09	0,13	0,07	-0,29	0,13	0,06	0,20	0,23
31	0,09	-0,34	0,03	0,13	0,00	0,02	0,24	-0,07	0,20	0,10	-0,31	0,16	0,06	0,23	0,22
32	0,10	-0,34	0,06	0,12	-0,01	0,04	0,25	-0,06	0,24	0,11	-0,33	0,18	0,04	0,22	0,20
33	0,10	-0,36	0,06	0,11	-0,04	0,04	0,24	-0,05	0,25	0,10	-0,35	0,19	0,02	0,21	0,17
34	0,10	-0,37	0,05	0,08	-0,05	0,05	0,23	-0,05	0,26	0,09	-0,37	0,17	-0,02	0,19	0,13
35	0,10	-0,37	0,04	0,07	-0,05	0,04	0,20	-0,03	0,23	0,06	-0,38	0,13	-0,07	0,12	0,07
36	0,07	-0,37	0,02	0,04	-0,07	0,04	0,15	-0,03	0,21	0,04	-0,39	0,11	-0,10	0,07	0,02
37	0,04	-0,32	0,00	0,01	-0,05	0,04	0,11	-0,01	0,19	0,01	-0,36	0,07	-0,13	0,02	-0,01
38	0,01	-0,27	-0,03	0,00	-0,03	0,03	0,07	0,01	0,17	-0,02	-0,34	0,04	-0,16	-0,04	-0,04
39	-0,02	-0,25	-0,05	-0,01	-0,04	0,02	0,05	0,01	0,14	-0,04	-0,31	0,01	-0,19	-0,10	-0,08
40	-0,03	-0,21	-0,06	0,00	-0,04	0,02	0,03	0,01	0,12	-0,06	-0,30	-0,03	-0,22	-0,14	-0,13
41	-0,01	-0,20	-0,06	0,02	-0,07	0,02	0,02	-0,01	0,09	-0,07	-0,31	-0,06	-0,25	-0,21	-0,19
42	-0,01	-0,17	-0,06	0,04	-0,08	0,01	0,01	-0,04	0,06	-0,08	-0,33	-0,09	-0,27	-0,25	-0,24
43	-0,02	-0,14	-0,08	0,05	-0,08	0,01	0,01	-0,05	0,05	-0,09	-0,33	-0,10	-0,27	-0,28	-0,26
44	-0,04	-0,11	-0,10	0,03	-0,05	0,00	-0,02	-0,04	0,03	-0,11	-0,34	-0,11	-0,27	-0,31	-0,28
45	-0,04	-0,06	-0,10	0,03	0,00	0,00	-0,04	-0,02	0,01	-0,12	-0,33	-0,12	-0,27	-0,31	-0,29
46	-0,05	-0,02	-0,09	0,01	0,04	0,00	-0,07	0,00	-0,01	-0,12	-0,33	-0,12	-0,26	-0,32	-0,28
47	-0,08	0,01	-0,11	-0,04	0,08	-0,04	-0,11	0,02	-0,06	-0,13	-0,31	-0,13	-0,26	-0,32	-0,29
48	-0,10	0,06	-0,11	-0,08	0,10	-0,05	-0,15	0,05	-0,09	-0,15	-0,26	-0,14	-0,24	-0,31	-0,28
49	-0,09	0,11	-0,10	-0,09	0,12	-0,06	-0,16	0,07	-0,10	-0,16	-0,22	-0,13	-0,20	-0,28	-0,27
50	-0,08	0,14	-0,10	-0,12	0,11	-0,09	-0,18	0,08	-0,13	-0,13	-0,19	-0,12	-0,15	-0,24	-0,23

Tabela 40 Wartość korelacji danych składników trendu krótkoterminowego z roku 2013 – indeksy wybrane.

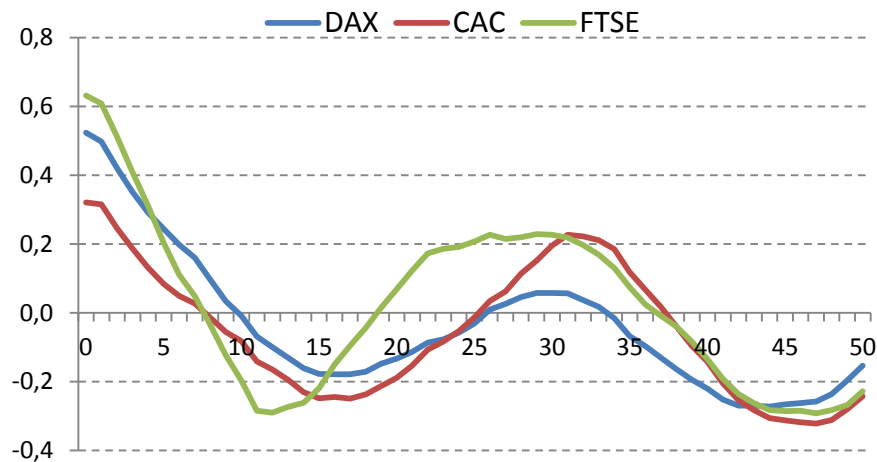
Wzrost wartości składników trendu krótkoterminowego na giełdzie amerykańskiej wywiera nieznaczny wpływ na spadek wartości składników trendu krótkoterminowego giełd frankfurckiej i paryskiej. Wyniki tej części analizy potwierdzają postawione hipotezy badawcze, z zastrzeżeniem, że wpływ zmian trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich wywiera jednorodny wpływ na zachowanie trendów krótkoterminowych indeksów Europy Zachodniej związanych ze strefą Euro.



**Rysunek 60** Wykres obrazujący wartość współczynnika korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Wykres lewy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu DAX w 2013 roku. Wykres prawy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu SP 500 w 2013 roku.

Analiza danych z roku 2013 jest ostatnim blokiem analiz rocznych wykonanych w ramach niniejszego rozdziału. Wyniki opisujące zależność D-S potwierdzają wysoką wartość współzależności zachowania indeksów. Wartości współczynnika korelacji przyjmują najwyższe wartości dla braku opóźnienia. Sama amplituda spadku wartości korelacji wraz ze wzrostem wartości opóźnienia jest znacząca. Taki stan świadczy o tym, że zmiany indeksu DAX dyskontowane są bardzo szybko na parkietach środkowoeuropejskich. Układ zależności D-S cechuje się tzw. krótką pamięcią. Autor pragnie podkreślić wyraźną różnicę zachowania indeksu węgierskiego. Wartość korelacji indeksu BUX dla opóźnień zawierających się w przedziale  $\langle 23; 43 \rangle$  jest różna od zachowania się pozostałych indeksów środkowoeuropejskich. Warty podkreślenia jest jednak fakt, że w ujęciu wartościowym taka różnica nie jest wystarczająca, aby uznać zachowanie indeksu BUX za odmienne w całej skali przyjmowanych wartości opóźniania. W przypadku zależności S-S podkreślić należy znikomą wartość współczynnika korelacji. Niezależnie od wartości opóźnienia współczynnik ten przyjmuje wartości z zakresu  $\langle -0,4; 0,3 \rangle$ . Taki zakres przyjmowanych wartości nie pozwala na przyjęcie hipotez badawczych numer 1 i 3. Autor pragnie zwrócić również uwagę, że w przypadku zależności S-S, zachowanie indeksu BUX jest odmienne od pozostałych indeksów giełd warszawskiej czy praskiej. Zakres przyjmowanych przez indeks BUX wartości współczynnika korelacji dla opóźnień zawierających się w przedziale  $\langle 0; 25 \rangle$  był wyraźnie większy od wartości

indeksów PX i WIG20. W przedziale  $(25,50)$  z kolei współczynnik kross-korelacji indeksów PX i WIG20 przyjmuje większe wartości od indeksu BUX.



**Rysunek 61** Wykres obrazujący wartość współczynnika kross-korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Zależność indeksów zachodnioeuropejskich względem indeksu SP 500 w roku 2013.

Analizując zależności S-Z należy zauważyć, że ponownie zachowanie wszystkich indeksów zachodnioeuropejskich cechuje się dużym stopniem zbieżności. Nadal jednak maksymalna wartość kross-korelacji przyjmowana przez indeks FTSE 100 jest wyższa niż w przypadku indeksów CAC 40 oraz DAX. Podkreślić należy, że również analiza amplitudy spadku wartości współczynnika kross-korelacji w przedziale  $(0; 10)$  jest wyraźnie wyższa dla indeksu londyńskiego. To potwierdza, że zależność między zmianami składników trendu krótkoterminowego indeksów FTSE 100 i SP 500 jest układem z tzw. krótką pamięcią. Pamięć ta jest krótsza niż w przypadku indeksów CAC 40 i DAX.

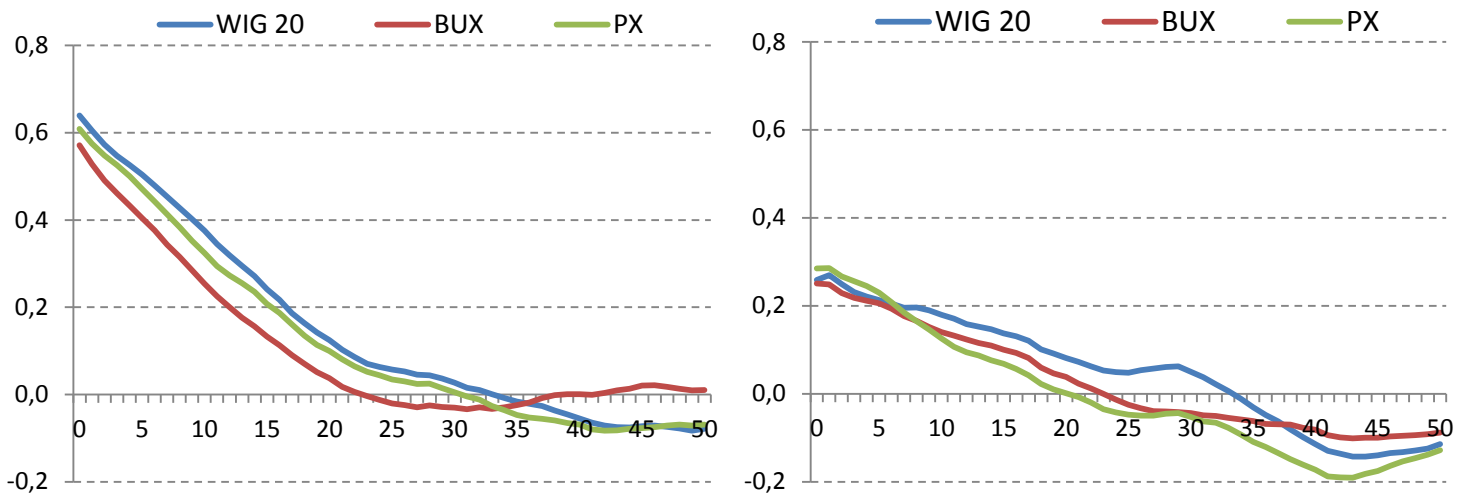
Powyżej zaprezentowane zostały wyniki obrazujące zależności między wyodrębnionymi składnikami trendu krótkoterminowego indeksów w wybranych latach. W toku prezentacji wyników kilkakrotnie należało odrzucić hipotezy badawcze numer 1, 2 i 3. Przyczyn takiego zachowania indeksów należało upatrywać w specyficznych czynnikach zaburzających ogólną charakterystykę funkcjonowania rynków giełdowych. Były to:

- punkt kulminacyjny globalnego kryzysu,
- wdrażanie planów ożywiania gospodarek amerykańskiej oraz brytyjskiej,
- problemy fiskalne gospodarek południowych krajów strefy Euro.

Celem pracy jest weryfikacja charakterystyk i zależności o charakterze ogólnym. Dlatego też, z punktu widzenia niniejszej pracy doktorskiej, istotna jest analiza ukazująca wyniki w szerszej niż roczna perspektywie czasu. Poniżej zaprezentowane zostały wyniki podsumowujące charakterystyki zależności D-S, S-S oraz S-Z na przestrzeni lat 2007 – 2013.

t	DAX			CAC 40			FTSE 100			SP 500					
	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	WIG20	BUX	PX	DAX	CAC 40	FTSE 100
0	0,64	0,57	0,61	0,67	0,63	0,66	0,54	0,49	0,53	0,26	0,25	0,29	0,63	0,60	0,79
1	0,61	0,53	0,58	0,62	0,57	0,61	0,50	0,45	0,48	0,27	0,25	0,29	0,63	0,60	0,77
2	0,57	0,49	0,55	0,58	0,52	0,57	0,47	0,41	0,45	0,25	0,23	0,27	0,58	0,56	0,70
3	0,55	0,46	0,53	0,54	0,49	0,53	0,44	0,39	0,42	0,23	0,22	0,26	0,53	0,52	0,64
4	0,53	0,43	0,50	0,52	0,45	0,50	0,42	0,37	0,40	0,22	0,21	0,25	0,49	0,49	0,59
5	0,50	0,40	0,47	0,48	0,41	0,45	0,40	0,35	0,36	0,21	0,21	0,23	0,45	0,46	0,53
6	0,48	0,38	0,44	0,45	0,38	0,41	0,38	0,32	0,33	0,20	0,19	0,21	0,41	0,42	0,48
7	0,45	0,34	0,41	0,42	0,34	0,38	0,36	0,29	0,30	0,20	0,18	0,18	0,37	0,39	0,43
8	0,43	0,32	0,38	0,39	0,30	0,34	0,33	0,27	0,27	0,20	0,17	0,17	0,32	0,35	0,37
9	0,40	0,28	0,35	0,36	0,27	0,30	0,31	0,23	0,24	0,19	0,15	0,15	0,28	0,32	0,32
10	0,38	0,25	0,32	0,33	0,23	0,27	0,28	0,21	0,21	0,18	0,14	0,13	0,23	0,28	0,27
11	0,34	0,23	0,29	0,29	0,20	0,24	0,25	0,19	0,18	0,17	0,13	0,11	0,19	0,24	0,22
12	0,32	0,20	0,27	0,27	0,17	0,21	0,23	0,17	0,17	0,16	0,12	0,09	0,16	0,22	0,18
13	0,29	0,18	0,26	0,25	0,14	0,20	0,21	0,15	0,15	0,15	0,12	0,09	0,13	0,19	0,15
14	0,27	0,16	0,24	0,22	0,12	0,17	0,19	0,14	0,14	0,15	0,11	0,08	0,10	0,16	0,13
15	0,24	0,13	0,21	0,19	0,09	0,14	0,17	0,12	0,11	0,14	0,10	0,07	0,08	0,14	0,11
16	0,22	0,11	0,19	0,17	0,06	0,12	0,15	0,10	0,10	0,13	0,09	0,06	0,06	0,12	0,10
17	0,19	0,09	0,16	0,14	0,03	0,09	0,12	0,07	0,08	0,12	0,08	0,04	0,03	0,10	0,08
18	0,16	0,07	0,14	0,12	0,01	0,07	0,11	0,05	0,06	0,10	0,06	0,02	0,01	0,07	0,06
19	0,14	0,05	0,11	0,09	-0,01	0,05	0,09	0,04	0,05	0,09	0,05	0,01	-0,01	0,05	0,04
20	0,12	0,04	0,10	0,08	-0,03	0,04	0,08	0,03	0,05	0,08	0,04	0,00	-0,02	0,03	0,04
21	0,10	0,02	0,08	0,06	-0,04	0,03	0,07	0,01	0,04	0,07	0,02	-0,01	-0,04	0,01	0,02
22	0,09	0,01	0,06	0,05	-0,05	0,02	0,07	0,00	0,03	0,06	0,01	-0,02	-0,05	0,00	0,01
23	0,07	0,00	0,05	0,03	-0,06	0,01	0,06	-0,01	0,03	0,05	0,00	-0,03	-0,06	-0,01	0,01
24	0,06	-0,01	0,04	0,03	-0,07	0,01	0,06	-0,02	0,02	0,05	-0,01	-0,04	-0,06	-0,01	0,01
25	0,06	-0,02	0,03	0,02	-0,08	0,00	0,06	-0,03	0,02	0,05	-0,03	-0,05	-0,07	-0,01	0,01
26	0,05	-0,02	0,03	0,01	-0,09	-0,01	0,07	-0,03	0,03	0,05	-0,03	-0,05	-0,06	-0,01	0,02
27	0,05	-0,03	0,02	0,00	-0,09	-0,01	0,07	-0,04	0,03	0,06	-0,04	-0,05	-0,06	-0,02	0,03
28	0,04	-0,03	0,02	0,00	-0,09	-0,01	0,08	-0,04	0,04	0,06	-0,04	-0,05	-0,05	-0,01	0,04
29	0,04	-0,03	0,01	-0,01	-0,09	-0,02	0,08	-0,04	0,04	0,06	-0,04	-0,04	-0,04	0,00	0,05
30	0,03	-0,03	0,01	-0,02	-0,09	-0,02	0,07	-0,04	0,03	0,05	-0,04	-0,05	-0,04	0,00	0,06
31	0,02	-0,03	0,00	-0,04	-0,10	-0,04	0,06	-0,04	0,03	0,04	-0,05	-0,06	-0,04	0,00	0,06
32	0,01	-0,03	-0,01	-0,05	-0,09	-0,04	0,05	-0,03	0,03	0,02	-0,05	-0,07	-0,04	0,00	0,06
33	0,00	-0,03	-0,03	-0,06	-0,09	-0,06	0,03	-0,03	0,01	0,01	-0,05	-0,08	-0,05	-0,01	0,06
34	-0,01	-0,03	-0,04	-0,07	-0,09	-0,07	0,02	-0,03	0,00	-0,01	-0,06	-0,09	-0,07	-0,02	0,04
35	-0,02	-0,02	-0,05	-0,08	-0,08	-0,08	0,00	-0,03	-0,02	-0,03	-0,06	-0,11	-0,08	-0,03	0,03
36	-0,02	-0,02	-0,05	-0,08	-0,07	-0,08	-0,02	-0,04	-0,04	-0,05	-0,07	-0,12	-0,08	-0,04	0,03
37	-0,03	-0,01	-0,06	-0,09	-0,05	-0,08	-0,04	-0,03	-0,06	-0,06	-0,07	-0,13	-0,08	-0,04	0,03
38	-0,04	0,00	-0,06	-0,09	-0,04	-0,08	-0,06	-0,04	-0,07	-0,08	-0,07	-0,15	-0,09	-0,04	0,03
39	-0,05	0,00	-0,07	-0,10	-0,03	-0,08	-0,07	-0,05	-0,08	-0,10	-0,08	-0,16	-0,10	-0,05	0,02
40	-0,05	0,00	-0,07	-0,10	-0,03	-0,08	-0,09	-0,05	-0,09	-0,11	-0,08	-0,17	-0,10	-0,06	0,02
41	-0,06	0,00	-0,08	-0,11	-0,03	-0,09	-0,10	-0,06	-0,11	-0,13	-0,09	-0,19	-0,12	-0,07	0,01
42	-0,07	0,00	-0,08	-0,11	-0,02	-0,09	-0,11	-0,06	-0,11	-0,14	-0,10	-0,19	-0,12	-0,07	0,01
43	-0,07	0,01	-0,08	-0,11	-0,01	-0,08	-0,12	-0,06	-0,12	-0,14	-0,10	-0,19	-0,12	-0,07	0,01
44	-0,08	0,01	-0,08	-0,10	0,00	-0,08	-0,12	-0,07	-0,12	-0,14	-0,10	-0,18	-0,11	-0,06	0,02
45	-0,07	0,02	-0,08	-0,10	0,01	-0,07	-0,12	-0,06	-0,12	-0,14	-0,10	-0,18	-0,11	-0,06	0,03
46	-0,07	0,02	-0,07	-0,09	0,01	-0,07	-0,12	-0,06	-0,12	-0,13	-0,10	-0,16	-0,10	-0,05	0,03
47	-0,07	0,02	-0,07	-0,09	0,01	-0,07	-0,13	-0,06	-0,12	-0,13	-0,10	-0,15	-0,10	-0,05	0,03
48	-0,08	0,01	-0,07	-0,09	0,02	-0,06	-0,12	-0,06	-0,11	-0,13	-0,09	-0,15	-0,10	-0,04	0,04
49	-0,08	0,01	-0,07	-0,09	0,02	-0,07	-0,12	-0,06	-0,11	-0,12	-0,09	-0,14	-0,10	-0,04	0,04
50	-0,08	0,01	-0,07	-0,08	0,02	-0,06	-0,12	-0,05	-0,11	-0,11	-0,09	-0,13	-0,09	-0,04	0,05

Tabela 41 Wartość kross-korelacji danych składników trendu krótkoterminowego na podstawie danych z lat 2007 – 2013 – indeksy wybrane.

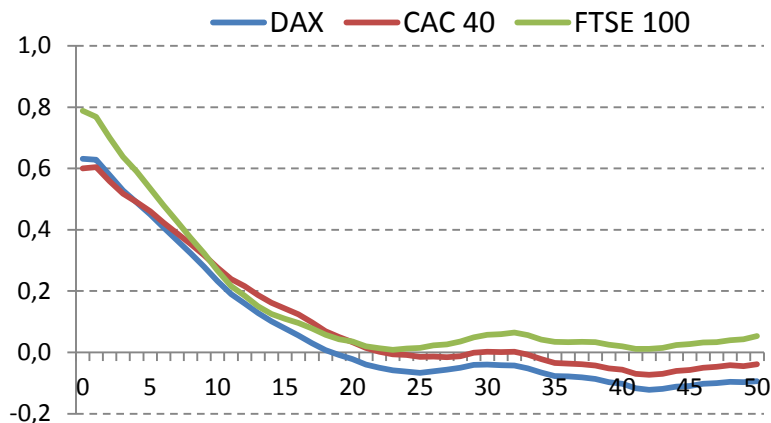


**Rysunek 62** Wykres obrazujący wartość współczynnika korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Wykres lewy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu DAX w latach 2007 – 2013. Wykres prawy – zależność indeksów środkowej Europy względem indeksu SP 500 w latach 2007 – 2013.

Wyniki analizy zależności D-S oraz S-S potwierdzają słuszność hipotez badawczych. Hipoteza zakładająca, że zmiany trendu krótkoterminowego indeksów amerykańskich dyskontowane są, w długiej perspektywie czasu, przez indeksy giełd Europy Środkowowschodniej jest prawdziwa. Amplituda spadku wartości korelacji wraz ze wzrostem wartości opóźnienia jest znacząco mniejsza niż amplituda w przypadku zależności D-S. Prawdziwa jest również hipoteza zakładająca, że wpływ zmian trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich na zachowanie trendów krótkoterminowych indeksów Europy Środkowej jest słabszy niż wpływ zmian trendów krótkoterminowych indeksów Europy Zachodniej. Wartość maksymalna współczynnika korelacji jest dwukrotnie wyższa w przypadku zależności D-S niż w przypadku zależności S-S. Kolejną hipotezę, którą należy przyjąć na podstawie wyników badań jest hipoteza zakładająca, że wpływ zmian trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich wywiera jednorodny wpływ na zachowanie trendów krótkoterminowych indeksów Europy Środkowej. Obserwacje potwierdzają, że przynależność geopolityczna indeksu determinuje jego zachowanie. Zachowanie wszystkich analizowanych indeksów środkowoeuropejskich charakteryzuje się znaczącym poziomem zbieżności. Znacząca zbieżność zachowania obserwowana jest zarówno w przypadku zależności D-S, jak i S-S.

Autor pragnie podkreślić, że zaburzenia zachowania indeksów praskiego bądź budapesztańskiego w poszczególnych latach nie były dostatecznie silne, by wpłynąć na wyniki analizy w szerokiej perspektywie czasu. Co warto podkreślić, część zaburzeń musiała zatem znieść się wzajemnie. Poniżej zaprezentowane zostały wyniki obrazujące charakterystykę zależności S-Z w długiej perspektywie czasu.





**Rysunek 63** Wykres obrazujący wartość współczynnika korelacji w zależności od stopnia opóźnienia. Zależność indeksów zachodnioeuropejskich względem indeksu SP 500 w latach 2007 – 2013.

Również w przypadku zależności S-Z zachowanie wszystkich analizowanych indeksów wykazuje znaczący poziom zbieżności. Mimo wykazanych różnic zachowania indeksu FTSE 100 w poszczególnych latach względem indeksów paryskiego i frankfurckiego, w długiej perspektywie czasu, różnice te są znikome.

Spośród różnic należy wspomnieć, że wartość współczynnika korelacji dla opóźnień bliskich zeru jest wyższa niż w przypadku indeksów związanych ze strefą Euro. Wykazany wysoki stopień zbieżności, zdaniem autora, może być konsekwencją krótkotrwałego charakteru czynników destabilizujących zachowanie oraz wzajemnego znoszenia się skutków działania tych czynników w długiej perspektywie czasu. Analogiczne zjawisko obserwowane było w przypadku indeksu BUX oraz zależności D-S i S-S.

W toku przeprowadzonych analiz należy zatem przyjąć słuszność hipotezy o jednorodnym wpływie zmian trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich na zachowanie trendów krótkoterminowych indeksów Europy Zachodniej.

Na zakończenie niniejszego działu autor pragnie podkreślić, że przyjęcie poprawności hipotez badawczych zostało oparte o wyniki analiz danych, których zakres czasowy wykracza znacząco poza ramy jednego roku. Nie bez znaczenia jest tutaj fakt reprezentatywności danych. W analizowanym okresie czasu światowe rynki giełdowe znajdowały się w diametralnie różnych cyklach koniunkturalnych. W roku 2007 miał miejsce bowiem szczyt hossy. W roku 2008 rozpoczął się drastyczny spadek wartości indeksów, a panika panująca na parkietach zakończona została w pierwszym kwartale 2009 roku. W okresie 2009 – 2013 zmiany zachowania rynków giełdowych determinowane były w znaczącej mierze przez wysoki poziom awersji do ryzyka inwestycyjnego, problemy gospodarcze oraz wdrażanie planów ożywienia gospodarczego przez rządy niektórych państw. Taka różnorodność zachowania rynków giełdowych dodatkowo sankcjonuje poprawność przyjętych hipotez badawczych.

## 7. Analiza relacji długoterminowych

W tej części przeprowadzona zostanie analiza długoterminowych zależności między składnikami trendów indeksów giełdowych. Głównym celem tej części badawczej będzie zweryfikowanie hipotez:

*Notowania indeksów amerykańskich wywierają silny długoterminowy wpływ na notowania indeksów Europy Środkowej, którego charakterystyka jest nieliniowa.*

oraz

*Notowania indeksów Europy Zachodniej wywierają silny długoterminowy wpływ na notowania indeksów Europy Środkowej o charakterystyce liniowej.*

Postawienie takiej hipotezy badawczej jest bezpośrednią konsekwencją wyników otrzymanych w rozdziale *Analiza współczynnika korelacji wzajemnej*. Wyniki te ujawniły wyraźne różnice między charakterystyką zależności składników trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich oraz środkowej i zachodniej Europy. Celem badań było scharakteryzowanie zależności w krótkim przedziale czasu. W tej części niniejszej pracy doktorskiej autor pragnie skoncentrować się na badaniach mających na celu scharakteryzowanie zależności między trendami notowań indeksów giełdowych w długiej perspektywie czasu. Autor, podobnie jak w przypadku wcześniej przeprowadzonych badań, bazować będzie na wyodrębnionych składnikach trendów indeksów giełdowych. W przypadku analizy długoterminowej długość średniej kroczącej SAM została ekspercko ustalona na 200 sesji giełdowych. Opierając się o literaturę fachową należy założyć, że zakres roczny jest powszechnie wykorzystywanym zakresem w analizach długoterminowych. W ciągu roku na światowych parkietach giełdowych odbywa się około 200 sesji giełdowych. Na potrzeby wyodrębnienia zmiany wartości indeksów będących składową trendu długoterminowego, wykorzystana zostanie tzw. prosta średnia krocząca (ang. *simple moving average*, SMA):

$$SMA_t = \frac{y_t + y_{t+1} + \dots + y_{t+199}}{200} \quad 52.$$

$SMA_t$  – wartość średniej kroczącej dla sesji  $t$ ,

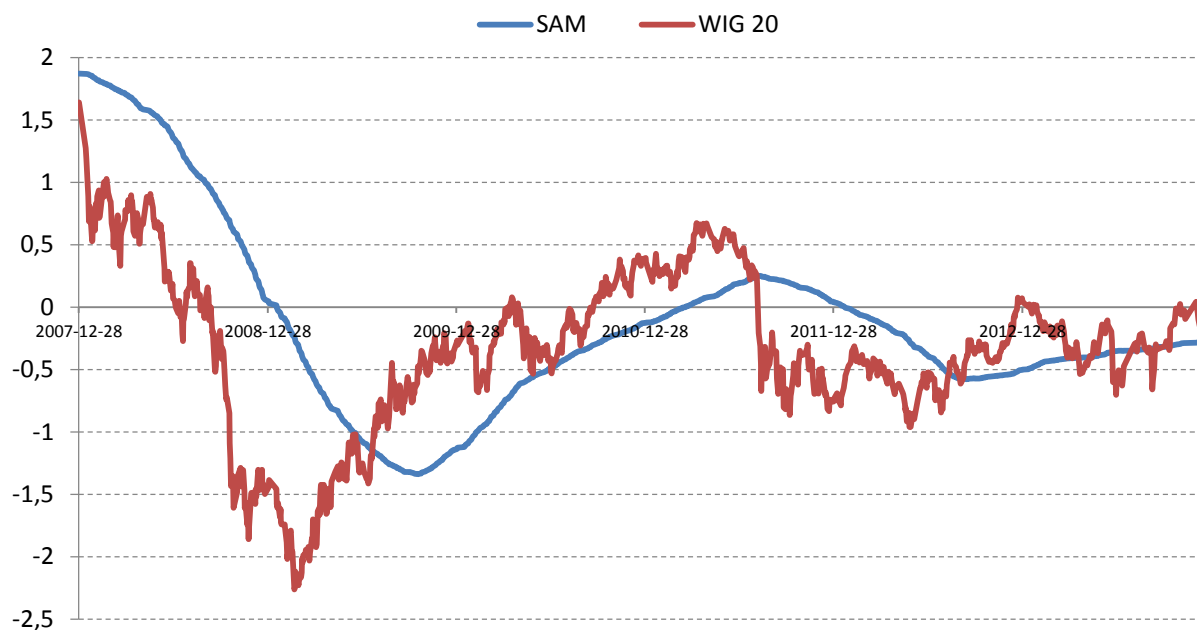
$y_t$  – wartość analizowanego indeksu dla sesji  $t$ .

Tym samym, wartość indeksu w sesji  $t$  wyrazić można za pomocą następującego równania:

$$y_t = SMA_t + \varepsilon_t \quad 53.$$

$\varepsilon_x$  – wartość składnika reszt dla sesji  $x$  będącego składową trendu długoterminowego.

Poniżej zaprezentowana zostały wyniki zastosowania algorytmu SMA dla indeksu WIG20. Prezentacja graficzna przedstawia różnice między danymi normalizowanymi wykorzystywanymi we wcześniejszych etapach pracy doktorskiej a danymi przetworzonymi dla celów analizy długoterminowych zależności.



**Rysunek 64** Wynik zastosowania algorytmu średniej kroczącej SAM – przykład dla indeksu WIG20.

W tej części pracy badawczej wykorzystany zostanie wykładnik Hursta. Dzięki niemu możliwe jest bowiem porównanie siły zależności między składnikami trendu długoterminowego indeksów giełdowych. Wykładnik Hursta przyjmujący wartości z zakresu (0,1). Wykorzystywany jest powszechnie w celu scharakteryzowania długoterminowych zależności oraz oceny zjawiska pamięci i przyczynowości w szeregach czasowych. Należy wyróżnić trzy elementarne klasy zakresów wartości przyjmowanych przez wykładnik:

- $0 < Hurst < 0,5$  – szereg antypersystentny charakteryzujący się tendencją do powracania ku wartości średniej. W przypadku szeregów czasowych obserwowane są wówczas częste zwroty kierunku przemieszczania, interpretowane jako zjawiska osłabiające trend. Jeżeli wartość wykładnika Hursta wynosi 0,25 należy założyć, że istnieje 75% szansy, aby szereg czasowy zmienił kierunek trendu aktualnie obserwowanego [Stawicki i in. 1997].
- $0,5 < Hurst < 1$  – szereg persystentny charakteryzujący się tendencją do utrzymywania i wzmacniania trendu. Jeśli wartość wykładnika Hursta wynosi 0,75 należy założyć, że istnieje 75% szansy, aby obserwowany trend został utrzymany. Szeregi czasowe tej klasy wyróżniają się efektem długiej pamięci, tj. długoterminowej zależności między danymi, niebędącej wynikiem procesu autoregresji.

- $Hurst = 0,5$  – przykład błędzenia losowego, potwierdzający niezależność zmiennych losowych. Same zmienne mają niezmienny rozkład w czasie.

Genezy idei wykładnika Hursta należy upatrywać w nieuporządkowanych ruchach cząstek zawiesin w cieczy lub gazie. Ruchy Browna są przykładem problemu błędzenia przypadkowego, w którym wektor przesunięcia cząstki zawiesiny w  $N$  kroku można opisać następującym wzorem:

$$s_N = s_{N-1} + d \quad 54.$$

$d$  – wektor przemieszczenia zawiesiny w pojedynczym kroku.

Średni kwadrat przesunięcia po  $N$  krokach można wyrazić za pomocą równania:

$$|s_N^2| = Na^2 = \vartheta a^2 t \quad 55.$$

$a^2 = |d|^2$  – kwadrat długości średniego przemieszczenia,

$\vartheta$  – częstość przemieszczeń, tj. średnia liczba przesunięć cząstki w jednostce czasu  $t$ .

Tym samym średnie przesunięcie po  $N$  krokach, będące zależnością charakteryzującą ruchy Browna można wyrazić za pomocą następującego równania:

$$l_N = \sqrt{|s_N^2|} = a\sqrt{N} = a\sqrt{\vartheta t} \quad 56.$$

Uogólnieniem ruchów Browna jest ułamkowy ruch Browna, w którym kolejna długość wektora  $d$  nie jest już niezależna. Owa zależność oznacza, że jeżeli w kroku poprzednim obserwowany był wzrost długości wektora, należy oczekiwać:

- dalszego jego wzrostu wartości –  $Hurst > 0,5$ ,
- spadku jego długości –  $Hurst < 0,5$ .

Ułamkowy ruch Browna może być bezpośrednio wyprowadzony jako uogólnienie klasycznego ruchu Browna.

$$B_H(t) = \int_{-\infty}^{\infty} ((t-u)_+^d - (-u)_+^d) dB(u) \quad 57.$$

$(x)_+ = \max\{x, 0\}$ ,

$B$  – ruch Browna,

$d = H - 0,5$ ,

$H$  – wykładnik Hursta.

Przedstawione powyżej równanie stało się podstawą do powszechnego wykorzystania wykładnika Hursta w analizach długoterminowych zależności szeregów czasowych. Problem matematyczny wykładnika polega na braku możliwości wyliczenia jego dokładnej wartości. Z biegiem czasu opracowane zostały liczne

estymatory wykładnika pozwalające oszacować jego wartość. Poniżej zaprezentowane zostały najbardziej powszechne estymatory, wykorzystane w dalszej części pracy:

- Metody przeskalowanych zakresów RS – metoda ta opiera się na algorytmie podziału szeregu czasu  $X$  na  $m$  podserii  $X^{(j)}$  o długości  $n$ . Dla każdej z podserii wyliczana jest wartość średnia:

$$\bar{X}^{(j)} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X^{(j)}(k) \quad 58.$$

$\bar{X}^{(j)}$  – wartość średnia podserii,

$n$  – liczba elementów podserii,

$X^{(j)}(k)$  – element o indeksie  $k$  podserii.

W kolejnych krokach wyliczana jest wartość odchylenia standardowego każdej z podserii:

$$S^{(j)} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X^{(j)}(k) - \bar{X}^{(j)})^2} \quad 59.$$

$S^{(j)}$  – odchylenie standardowe podserii.

Zakres każdej z podserii definiowany jest jako:

$$R^{(j)} = \max_{1 \leq m \leq n} \sum_{k=1}^m (X^{(j)}(k) - \bar{X}^{(j)}) - \min_{1 \leq m \leq n} \sum_{k=1}^m (X^{(j)}(k) - \bar{X}^{(j)}) \quad 60.$$

W końcowym kroku algorytmu wyliczana jest średnia wartość zakresów oraz odchyłeń standardowych, jako funkcja liczby elementów podserii  $n$ . Cały algorytm przybiera postać wywołania rekurencyjnego w którym każda z podserii jest dzielona na dwie kolejne podserie.

$$\frac{\bar{R}}{\bar{S}}(n) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \frac{R^{(j)}}{S^{(j)}} \quad 61.$$

Wartość wykładnika Hursta może być estymowana za pomocą regresji liniowej następującej postaci:

$$\log \left( \frac{\bar{R}}{\bar{S}}(n) \right) = a \log n + b \quad 62.$$

Gdzie wartość współczynnika  $a$  jest estymatorem wykładnika Hursta. Autor pragnie jednak zaznaczyć, że estymator ten wykorzystuje właściwości długo zakresowych korelacji ułamkowych ruchów Browna. Jednym z warunków poprawnej estymacji wykładnika jest konieczność zapewnienia stacjonarności szeregu czasowego.

Dla szeregu czasowego opisanego jako skończony zbiór par  $\{t, x_t\}$ , gdzie  $t$  przybiera wartość ze zbioru całkowitego i dla każdej jej wartości przyporządkowana jest dokładnie jedna wartość  $x_t$ ,

proces stochastyczny jest ściśle stacjonarny, jeżeli dla dowolnych wartości  $t_1, t_2 \dots t_n$  i dowolnego  $h \in Z$  łączny rozkład gęstości prawdopodobieństwa  $\{x_{t_1}, x_{t_2}, \dots, x_{t_n}\}$  jest identyczny z rozkładem  $\{x_{t_1+h}, x_{t_2+h}, \dots, x_{t_n+h}\}$ .

Na potrzeby wielu procesów obliczeniowych, w tym również w procesach estymacji wykładnika Hursta, wykorzystuje się powszechnie mniej restrykcyjną definicję procesów słabo stacjonarnych, zwanych inaczej stacjonarnymi drugiego rzędu. Proces stochastyczny należy uznać za słabo stacjonarny, jeśli wartości średniej  $\bar{x}$  oraz wariancji  $\sigma$  nie zmieniają się w czasie.

- Estymator wartości bezwzględnej ABS – metoda ta opiera się również na algorytmie podziału szeregu czasu  $X$  na  $m$  podserii  $X^{(j)}$  o długości  $n$ . W kolejnym kroku obliczany jest tzw. moment centralny każdej z podserii według następującego wzoru:

$$\delta(n) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m |\bar{X}^{(j)} - \bar{X}| \quad 63.$$

$\bar{X}^{(j)}$  – wartość średnia dla podserii  $j$ ,

$\bar{X}$  – wartość średnia dla wszystkich podserii długości  $n$ ,

$m$  – liczba podserii o długości  $n$ .

Wartość średnia dla każdej z podserii obliczana jest według wzoru:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X(k) \quad 64.$$

Wartość wykładnika Hursta może być estymowana za pomocą regresji liniowej następującej postaci:

$$\log \delta(n) = a \log n + b \quad 65.$$

Estymator Hursta definiujemy na podstawie współczynnika kierunkowego prostej będącej wynikiem regresji liniowej.

$$\hat{H} = a + 1 \quad 66.$$

$\hat{H}$  – estymator wykładnika Hursta.

W celu poprawnej estymacji wartości wykładnika Hursta, algorytm ABS wymaga zapewnienia stacjonarności szeregu czasowego.

- Estymator agregowanej wariancji – jest metodą, analogicznie jak metody RS i ABS, bazującą na algorytmie podziału szeregu czasu  $X$  na  $m$  podserii  $X^{(j)}$  o długości  $n$ . Dla każdej z podserii, seria zagregowana definiowana jest przez wartość średnią:

$$X^n(k) = \frac{1}{n} \sum_{i=(k-1)n+1}^{kn} X_i \quad 67.$$

$k = 1, 2, \dots, m$ ,

oraz wariancję:

$$VarX^n = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (X^n(k) - \bar{X})^2 \quad 68.$$

W kolejnym kroku zlogarytmowane wartości wariancji przedstawiane są na wykresie jako zależne od logarytmu długości poszczególnych podserii. Wartość wykładnika Hursta może być estymowana za pomocą regresji liniowej następującej postaci:

$$\log(VarX^n) = a \log n + b \quad 69.$$

Wykładnik Hursta definiowany jest jako:

$$a = 2H - 2 \quad 70.$$

W celu analizy charakterystyki zależności między indeksami giełdowymi wykorzystana zostanie regresja liniowa. W ramach tej operacji, dla każdego analizowanego indeksu wykorzystane zostaną wartości powstałe po zastosowaniu algorytmu SMA. Długość średniej kroczącej wynosi 200 sesji giełdowych. Dla dowolnych indeksów giełdowych A i B opracowany zostanie model liniowy, którego prezentacją graficzną będzie prosta postaci:

$$y = a x + b \quad 71.$$

Model ten obrazować będzie zależność indeksu A, traktowanego jako zmienna objaśniana, od indeksu B stanowiącego zmienną objaśniającą. Składnik reszt modelu definiowany będzie za pomocą następującej równości:

$$e_t = y_t - \hat{y}_t \quad 72.$$

$e_t$  – wartość składnika reszt w momencie  $t$ ,

$y_t$  – empiryczna wartość średniej kroczącej SMA indeksu A w momencie  $t$ ,

$\hat{y}_t$  – wartość średniej kroczącej SMA indeksu A w momencie  $t$ , estymowanej na podstawie modelu.

Z punktu widzenia celów niniejszego rozdziału istotne będą charakterystyki modelu liniowego:

- Współczynnik jakości modelu mierzony wartością współczynnika determinacji  $R^2$ . Jego definicję można wyrazić za pomocą następującego równania:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} \quad 73.$$

Współczynnik ten przybiera wartości z zakresu (0,1). Wartości bliskie jedności świadczą o bardzo silnej zależności liniowej między zmienną objaśnianą a objaśniającą.

- Wartość estymatora wykładnika Hursta dla wyodrębnionego składnika reszt modelu. Celem tej części analizy będzie określenie charakterystyki zależności długoterminowych innych niż zależności liniowe oraz zależności typu AR.

Na potrzeby budowy modeli regresji liniowej obrazującej zależność między notowaniami analizowanych indeksów giełdowych, przygotowane dane zostały pogrupowane w następujące bloki:

- 3 letnie: 2008 – 2010, 2009 – 2011, 2010 – 2012, 2011 – 2013;
- 4 letnie: 2008 – 2011, 2010 – 2013;
- 6 letnie: 2008 – 2013.

Pominięcie danych roku 2007 jest konsekwencją zastosowania algorytmu SMA. Wszystkie dane roku 2007 zostały wykorzystane na potrzeby obliczeniowe średniej kroczącej rozpoczynającej się w styczniu 2008 roku. Nie bez znaczenie pozostaje również fakt pominięcia bloków rocznych oraz dwuletnich. Jest to konsekwencja zastosowanych algorytmów estymacji wykładnika Hursta. Precyzja obliczeń zależy od długości analizowanego szeregu czasowego. Na potrzeby badawcze przyjęto eksperymentalnie, że długość analizowanych szeregów czasowych powinna być nie mniejsza niż 500 sesji giełdowych.

W procesie badawczym zawężony został również zbiór indeksów poddanych analizie.

- WIG20, BUX – indeksy reprezentujące rynki Europy Środkowowschodniej,
- DAX, CAC 40 – indeksy reprezentujące rynki Europy Zachodniej,
- DJI – indeks reprezentujący rynek amerykański.

Na potrzeby wyliczenia wykładnika Hursta, szeregi czasowe będące składnikami reszt modeli liniowych zostały poddane transformacji. Celem transformacji jest taka modyfikacja danych, by spełniony był warunek stacjonarności analizowanych szeregów czasowych. Taki warunek jest konieczny w przypadku estymacji wykładnika Hursta za pomocą przedstawionych wcześniej metod. W toku wykonanych przekształceń każdy z nowych szeregów czasowych cechował się stacjonarnością drugiego rzędu, tzn. jego wartość średniej  $\bar{x}$  oraz wariancji  $\sigma$  nie zmieniała się w czasie. Autor pragnie nadmienić, że transformacja danych spełnia warunek odwracalności, tzn. szereg transformowany może zostać z powrotem przekształcony w ciąg pierwotny. Sam proces transformacji wykonany został w dwóch krokach:



- Podejście różnicowe – wartość szeregu czasowego w chwili  $t$  wyrażona jest wzorem:

$$e_{diff}(t) = e(t) - e(t - 1) \quad 74.$$

$e(t)$  – wartość składnika reszt modelu liniowego w chwili  $t$ ,

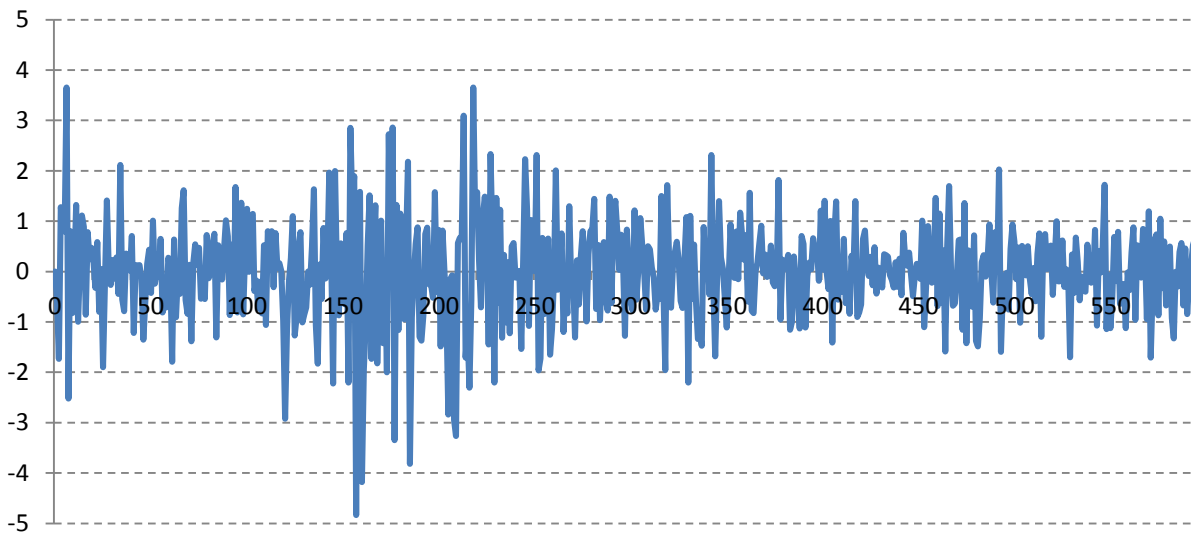
$e_{norm}(t)$  – wartość różnicy.

- Normalizacja za pomocą wartości średniej oraz odchylenia standardowego – ta forma transformacji nie zmienia charakterystyki danych:

$$e_{norm}(t) = \frac{e_{diff}(t) - \overline{e_{diff}}}{\sigma} \quad 75.$$

$\overline{e_{diff}}$  – wartość średnia składników zróżnicowanych,

$\sigma$  – wartość odchylenia standardowego składników zróżnicowanych.



Rysunek 65 Składniki reszt modelu zależności notowań indeksu WIG20 od notowań indeksu DAX w latach 2008 – 2011.

W tym celu dla każdego szeregu czasu wykonany został test istotności współczynnika korelacji modułów reszt i czasu. Za pomocą tego testu zweryfikowana została stacjonarność drugiego rzędu, tj. stałość wariancji analizowanego szeregu czasowego. Autor postawił następującą hipotezę badawczą  $H_0$ :

*Szereg czasowy utworzony przez składniki reszt  $e_j$  jest stacjonarny.*

Weryfikacja hipotezy została dokonana za pomocą statystyki  $t$  następującej postaci:

$$t = \frac{|r_{e,t}| \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{e,t}^2}} \quad 76.$$

gdzie:

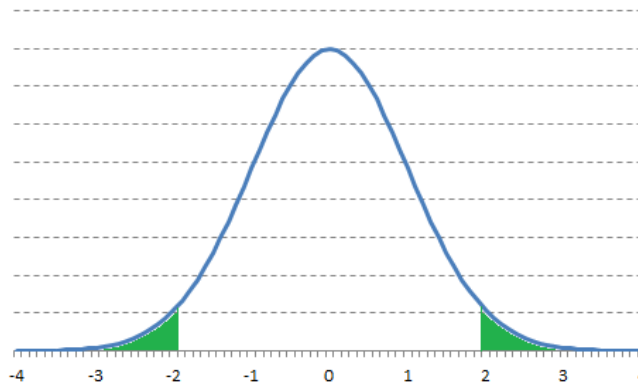
$$r_{e,t} = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e})(t - \bar{t})}{\sqrt{\sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e})^2 \sum_{t=1}^n (t - \bar{t})^2}} \quad 77.$$

$n$  – liczba składników reszt,

$e_t$  – wartość składnika reszt w chwili  $t$ .

W przypadku prawdziwości hipotezy  $H_0$  statystyka ta ma rozkład zbieżny z rozkładem Studenta o  $n-2$  stopniach swobody. Obszar krytyczny jest dwustronny i ma postać:

$$\theta = \{t: P(|t| \geq t_\alpha) = \alpha\} \quad 78.$$



Rysunek 66 Obszar krytyczny testu.

Gdy moduł wartości wyliczonej statystyki jest mniejszy od wartości krytycznej przyjmuje się, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy  $H_0$ .

Poniżej zaprezentowana została tabela obrazująca wartości maksymalne statystyki w analizowanych przedziałach czasu.

Lata	Liczba składników	$max t$	$y_{max t}$	$x_{max t}$	$t_\alpha$
2008 – 2010	596	0,979	BUX	DAX	1,96397
2009 – 2011	581	0,508	DAX	DJI	1,96407
2010 – 2012	570	0,688	DAX	DJI	1,96415
2011 – 2013	509	0,710	BUX	DAX	1,96465
2008 – 2011	779	0,330	WIG20	DJI	1,96302
2010 – 2013	708	0,589	WIG20	CAC 40	1,96333
2008 – 2013	1105	0,676	DAX	DJI	1,96212

Tabela 42 Wartość maksymalna statystyki  $t$  oraz jej wartość graniczna dla poziomu istotności = 0,05. Wyliczenia dla analizowanych indeksów giełdowych w wybranych przedziałach czasu.

Po zweryfikowaniu niezbędnych cechy analizowanych szeregów czasowym wyliczone zostały estymatory wykładnika Hursta.

Rok	Indeks objaśniany	Indeks objaśniający	a	b	R <sup>2</sup>	Estymator wykładnika Hursta			
						RS	ABS	Per	Średnia
2008 – 2010	WIG20	CAC 40	0,157	0,706	0,699	0,643	0,875	0,735	0,751
	WIG20	DAX	-0,096	0,681	0,756	0,656	0,837	0,664	0,719
	WIG20	DJI	-0,047	0,379	0,406	0,657	0,878	0,785	0,773
	BUX	CAC 40	0,263	0,614	0,759	0,702	0,810	0,780	0,764
	BUX	DAX	0,014	0,552	0,713	0,671	0,774	0,740	0,728
	BUX	DJI	0,015	0,306	0,381	0,636	0,867	0,792	0,765
	CAC 40	DJI	-0,146	0,575	0,668	0,695	0,785	0,762	0,747
	DAX	DJI	-0,002	0,621	0,670	0,653	0,795	0,691	0,713
2009 – 2011	WIG20	CAC 40	0,013	0,473	0,593	0,693	0,925	0,709	0,776
	WIG20	DAX	-0,221	0,516	0,625	0,664	0,756	0,774	0,731
	WIG20	DJI	-0,256	0,037	0,013	0,731	0,721	0,727	0,726
	BUX	CAC 40	0,035	0,417	0,742	0,727	0,682	0,695	0,701
	BUX	DAX	-0,205	0,378	0,541	0,657	0,867	0,734	0,753
	BUX	DJI	-0,256	0,015	0,003	0,728	0,753	0,714	0,732
	CAC 40	DJI	-0,258	0,026	0,002	0,726	0,756	0,714	0,732
	DAX	DJI	-0,239	0,079	0,024	0,736	0,736	0,725	0,732
2010 – 2012	WIG20	CAC 40	0,093	0,532	0,616	0,761	0,812	0,679	0,751
	WIG20	DAX	-0,225	0,576	0,478	0,668	0,776	0,810	0,751
	WIG20	DJI	-0,389	-0,267	0,175	0,695	0,756	0,735	0,729
	BUX	CAC 40	0,037	0,373	0,502	0,690	0,725	0,700	0,705
	BUX	DAX	-0,282	0,339	0,274	0,665	0,740	0,796	0,734
	BUX	DJI	-0,365	-0,109	0,048	0,684	0,765	0,746	0,732
	CAC 40	DJI	-0,361	-0,173	0,033	0,684	0,793	0,741	0,739
	DAX	DJI	-0,384	-0,048	0,004	0,673	0,818	0,743	0,745
2011-2013	WIG20	CAC 40	-0,142	0,760	0,539	0,590	0,856	0,584	0,677
	WIG20	DAX	-0,449	0,877	0,546	0,596	0,865	0,770	0,744
	WIG20	DJI	-0,388	-0,363	0,227	0,632	0,845	0,740	0,739
	BUX	CAC 40	-0,238	0,713	0,562	0,597	0,850	0,527	0,658
	BUX	DAX	-0,562	0,838	0,591	0,606	0,853	0,529	0,663
	BUX	DJI	-0,368	-0,207	0,087	0,630	0,891	0,721	0,747
	CAC 40	DJI	-0,407	0,000	0,000	0,568	0,940	0,708	0,739
	DAX	DJI	-0,393	0,036	0,003	0,562	0,945	0,712	0,740

Tabela 43 Modele regresji liniowej oraz wartość wykładnika Hursta dla danych 3-letnich.

Analizując dane z lat 2008 – 2010 autor pragnie zwrócić szczególną uwagę na fakt nieznaczących różnic wartości estymowanego wykładnika Hursta dla analizowanych modeli. Wykładnik ten przyjmuje najwyższe wartości dla modeli opisujących zależności indeksów środkowej Europy od indeksu amerykańskiego. Warto podkreślić jest również to, że współczynnik determinacji R<sup>2</sup> dla tych samych modeli przyjmuje relatywnie niskie wartości. Wartości te są wyraźnie niższe od pozostałych analizowanych modeli. Należy zatem przyjąć, że zależność notowań indeksów WIG20 lub BUX od notowań indeksu DJI nie wykazuje

wyraźnych cech zależności liniowej – ponadto wartość współczynnika kierunkowego  $a$  dla tych modeli przyjmuje wartości bliskie 0. Układ zależności między tymi indeksami ma jednak charakter persystentny. Wartość współczynnika Hursta większa od 0,5 potwierdza, że układ zależności między tymi indeksami jest układem z tzw. długą pamięcią. Warty odnotowania jest fakt istnienia znaczących zależności liniowych notowań indeksów Europy Środkowej od notowań indeksów zachodnioeuropejskich. Cecha ta obserwowana jest również w przypadku modeli opisujących zależności notowań indeksów zachodnioeuropejskich od indeksu amerykańskiego – potwierdza to wysoka wartość współczynnika dopasowania modeli.

Wyniki analiz dla danych z lat 2009 – 2011 nie zmieniły w sposób istotnych obrazu zależności między indeksami środkowej Europy a indeksem amerykańskim. Zależność ta nie ma cech zależności liniowej, ale wartości estymowane wykładnika Hursta potwierdzają, że zależność charakteryzuje się tzw. długą pamięcią. Bardzo znaczący wydaje się być fakt, że w przypadku tego przedziału czasu nieobserwowana jest wyraźna zależność liniowa notowań indeksów zachodnioeuropejskich od notowań indeksów amerykańskich. Należy zatem przyjąć, że zależność między notowaniami indeksów europejskich a notowaniami indeksów amerykańskich nie ma charakteru prostej zależności liniowej. Wyraźna zależność liniowa obserwowana jest w przypadku modeli opisujących zależność notowań indeksów Europy Środkowej od notowań indeksów Europy Zachodniej. Zdaniem autora, taka zmiana jest potwierdzeniem poprawności przyjętych hipotez w rozdziałach wcześniejszych. Zależność liniowa między indeksami Europejskimi świadczy o tym, że zmiana notowań indeksów zachodniej Europy dyskontowana jest niemal natychmiastowo na parkietach giełd Europy Środkowej. Wysoka wartość wykładnika Hursta świadczy o istnieniu silnej zależności o charakterze nieliniowym, która w znacznym stopniu determinuje zmiany notowań analizowanych indeksów giełdowych. Źródłem owej zależności jest, zdaniem autora, rynek amerykański. Problemy gospodarki amerykańskiej bowiem były bezpośrednią przyczyną załamania rynków giełdowych w latach 2008 – 2009. Zmiany polityki monetarnej oraz ruchy indeksów giełdy nowojorskiej determinowały z kolei w znaczącej mierze zachowanie indeksów giełdowych na parkietach całego świata.

W przypadku modeli opartych na danych z lat 2010 – 2012 charakterystyka zależności była analogiczna do obserwowanej w latach 2009 – 2011. Warty odnotowania jest jednak fakt, że siła zależności liniowej notowań indeksów Europy Środkowej od notowań indeksów zachodnioeuropejskich uległa osłabieniu. Jest to szczególnie widoczne w przypadku modelu BUX – DAX, dla którego współczynnik determinacji  $R^2$  wynosi 0,274. Estymowana wartość wykładnika Hursta utrzymuje się jednak na poziomie niemal identycznym jak w latach wcześniejszych. Wybrany przedział czasowy jest jednak szczególny. W latach 2010 – 2012 zachowanie indeksów europejskich było w znaczącej mierze podyktowane kryzysem

fiskalnym krajów południowej Europy. Fakt ten widoczny jest również w wynikach przeprowadzonych badań. Współczynnik  $R^2$  jest wyraźnie wyższy w przypadku modeli WIG20 – CAC 40 oraz BUX – CAC 40 niż w przypadku pozostałych modeli. Rynki środkowoeuropejskie zaliczane są do rynków wschodzących. Dlatego też w obliczu kryzysu państw członkowskich Unii Europejskiej notowania indeksów giełdowych tych rynków determinowane były kondycją finansową krajów takich jak Włochy, Hiszpania, Grecja czy Francja. W latach tych istniała obawa o dalsze losy Unii Europejskiej, dlatego, mimo relatywnie dobrej kondycji gospodarki Niemiec, rynki środkowej Europy silnie dyskontowały sygnały pochodzące z parkietu paryskiego niż frankfurckiego. Autor pragnie zwrócić uwagę, że wdrażanie kolejnych programów ożywiania gospodarki amerykańskiej sprawiło, że w perspektywie krótkoterminowej nie istniała zależność liniowa między notowaniami indeksów europejskich a notowaniami indeksów amerykańskich. Analizując wartość wykładnika Hursta należy podkreślić, że zależność długoterminowa nie uległa istotnej zmianie. Nieznaczny wzrost wartości wykładnika w przypadku modeli zależności notowań indeksów środkowoeuropejskich względem notowań indeksów zachodniej Europy nie zmienił ogólnej charakterystyki zależności długoterminowych między notowaniami analizowanych indeksów.

Analiza danych z lat 2011 – 2013 potwierdza istnienie wyraźnej zależności liniowej między notowaniami indeksów środkowej i zachodniej Europy. Zależność liniowa ma jednak charakter krótkoterminowy. Opracowane modele nie uwzględniają bowiem danych historycznych notowań w momencie  $t$ . Otrzymane wyniki nieznacznie różnią się od danych z lat 2010 – 2012. Współczynnik  $R^2$ , w przypadku modeli związanych z notowaniami indeksu DAX, jest wyższy niż w przypadku modeli związanych z notowaniami indeksu CAC 40. Takie zachowanie potwierdza słuszność interpretacji wcześniej przeprowadzonych badań, postulujących, że w perspektywie krótkoterminowej notowania indeksów środkowoeuropejskich determinowane są w decydującym stopniu notowaniami indeksu DAX. Analogicznie jak w przypadku obserwacji z lat wcześniejszych, nie można założyć istnienia silnej zależności o charakterze liniowym między notowaniami indeksów europejskich a notowaniami indeksu amerykańskiego. Wartość wykładnika Hursta potwierdza istnienie silnej zależności o charakterze nieliniowym i długoterminowym w przypadku modeli WIG20 – DJI oraz BUX – DJI. Warto podkreślić, że notowania indeksu DJI wpływają silnie na notowania zarówno indeksów środkowej, jak i zachodniej Europy. Siła o charakterze nieliniowym i długoterminowym jest większa niż obserwowana w przypadku modeli obrazujących zależności notowań indeksów środkowoeuropejskich od notowań indeksów zachodniej Europy.

W kolejnym kroku przedstawione zostaną wyniki przeprowadzonych badań w oparciu o dane z lat 2008 – 2013 pogrupowane w dwa czteroletnie przedziały czasu.

Rok	Indeks objaśniany	Indeks objaśniający	$a$	$b$	$R^2$	Estymator wykładnika Hursta			
						RS	ABS	Per	Średnia
2008 – 2011	WIG20	CAC 40	0,135	0,711	0,714	0,655	0,832	0,735	0,741
	WIG20	DAX	-0,125	0,712	0,759	0,665	0,777	0,660	0,701
	WIG20	DJI	-0,097	0,339	0,311	0,647	0,859	0,796	0,767
	BUX	CAC 40	0,187	0,606	0,724	0,667	0,892	0,781	0,780
	BUX	DAX	-0,064	0,567	0,672	0,647	0,889	0,741	0,759
	BUX	DJI	-0,064	0,255	0,245	0,632	0,893	0,802	0,776
	CAC 40	DJI	-0,184	0,544	0,567	0,682	0,823	0,767	0,757
	DAX	DJI	-0,042	0,540	0,525	0,658	0,836	0,712	0,735
2010 – 2013	WIG20	CAC 40	-0,028	0,535	0,341	0,674	0,882	0,679	0,745
	WIG20	DAX	-0,336	0,582	0,323	0,647	0,864	0,810	0,774
	WIG20	DJI	-0,414	-0,287	0,172	0,714	0,751	0,734	0,733
	BUX	CAC 40	-0,085	0,394	0,300	0,641	0,885	0,699	0,742
	BUX	DAX	-0,395	0,364	0,205	0,648	0,862	0,804	0,771
	BUX	DJI	-0,388	-0,101	0,035	0,698	0,772	0,747	0,739
	CAC 40	DJI	-0,392	-0,001	0	0,692	0,831	0,746	0,756
	DAX	DJI	-0,375	0,046	0,005	0,695	0,842	0,752	0,763

Tabela 44 Modele regresji liniowej oraz wartość wykładnika Hursta dla danych 4-letnich.

Wyniki badań dla danych z lat 2009 – 2011 potwierdzają zaobserwowane wcześniej zjawiska. Wyraźna zależność liniowa może być obserwowana w przypadku modeli obrazujących zależność notowań indeksów środkowoeuropejskich od notowań indeksów zachodnioeuropejskich oraz modeli obrazujących zależność notowań indeksów zachodniej Europy od notowań indeksu amerykańskiego. Autor pragnie podkreślić, że na podstawie wyników badań nie zaobserwowano zależności przechodniej, tj. istnienia silnej liniowej zależności między notowaniami indeksów WIG20 i BUX względem notowań indeksu DJI. Warto zwrócić uwagę że współczynnik kierunkowy  $a$  przyjmuje wartości dodatnie tylko w przypadku modeli WIG20 – CAC 40 oraz BUX – CAC 40. Fakt ten pozwala twierdzić, że kierunek zmian indeksu CAC 40 determinuje kierunek zmian indeksów BUX i WIG20. Wartość wykładnika Hursta potwierdza również i w tym przypadku, że układ zależności między notowaniami indeksów środkowej Europy a notowaniami indeksu amerykańskiego cechuje się najwyższym poziomem persystencji. Potwierdza to słuszność przyjętych we wcześniejszych etapach pracy doktorskiej hipotez badawczych.

Chcąc omówić wyniki badań danych z lat 2010 – 2013 należy podkreślić, że w przypadku tego przedziału czasu wyraźnemu osłabieniu uległa siła zależności liniowej między indeksami. Jest to sygnał, że charakterystyka zależności liniowej między indeksami jest zmienna w czasie i wraz z wydłużaniem zakresu danych maleje jakość modelu mierzona np. wartością miary dopasowania  $R^2$ . W żadnym z modeli wartość

miary dopasowania nie osiągnęła wartości pozwalającej na stwierdzenie istnienia znaczącej zależności liniowej. Warty odnotowania jest fakt, że w przypadku każdego z opracowanych modeli wartość współczynnika kierunkowego  $a$  jest ujemna. Fakt ten sugeruje, że wraz ze wzrostem wartości indeksu objaśniającego maleje wartość indeksu objaśnianego. Analizując wartości estymowane wykładnika Hursta kolejny raz należy zauważyć, że nie ulegają one znaczącym zmianom. W analizowanym przedziale czasu, wartość wykładnika Hursta przyjmuje największe wartości w przypadku modeli opisywanych za pomocą zmian notowań indeksu DAX. Taki stan jest dowodem na to, że notowania indeksu DAX w największym stopniu determinują zmiany notowań indeksów środkowoeuropejskich. W latach 2010 – 2011 miał miejsce kryzys fiskalny południowych krajów Unii Europejskiej. Ruchy inwestycyjne rynków giełdowych Unii Europejskiej determinowane były przez informacje płynące z gospodarek Włoch, Grecji, Hiszpanii czy Francji. Wyniki estymacji wykładnika Hursta ujawniły jednak, że ów wpływ miał charakter krótkoterminowy, a w perspektywie długoterminowej zachowanie środkowoeuropejskich rynków giełdowych determinowane było zmianami notowań indeksu niemieckiego. Takie wyniki badań również potwierdzają słuszność przyjętych we wcześniejszych rozdziałach hipotez badawczych.

Rok	Indeks objaśniany	Indeks objaśniający	$a$	$b$	$R^2$	Estymator wykładnika Hursta			
						RS	ABS	Per	Średnia
2008 – 2013	WIG20	CAC 40	0,011	0,752	0,662	0,713	0,772	0,742	0,742
	WIG20	DAX	-0,269	0,755	0,676	0,693	0,821	0,762	0,759
	WIG20	DJI	-0,210	0,317	0,207	0,691	0,858	0,785	0,778
	BUX	CAC 40	0,038	0,629	0,624	0,668	0,896	0,757	0,774
	BUX	DAX	-0,234	0,592	0,560	0,646	0,918	0,689	0,751
	BUX	DJI	-0,194	0,241	0,161	0,689	0,900	0,769	0,786
	CAC 40	DJI	-0,231	0,522	0,480	0,707	0,847	0,750	0,768
	DAX	DJI	-0,085	0,521	0,472	0,711	0,818	0,743	0,757

**Tabela 45** Modele regresji liniowej oraz wartość wykładnika Hursta dla danych 6-letnich.

Powyżej zaprezentowane zostały wyniki badań danych z lat 2008 – 2013. Mimo tak długiego okresu badań, wyniki również nie wpływają na zmiany tez przyjętych w analizach wcześniejszych. Modele obrazujące zależność notowań indeksów środkowoeuropejskich od notowań indeksów zachodniej Europy potwierdzają istnienie znaczącej zależności liniowej między klasami indeksów. Siła owej zależności wyrażona wartością współczynnika  $R^2$  przyjmuje wartość z przedziału  $\langle 0,560; 0,676 \rangle$ . Jest wyraźnie większa od zależności notowań indeksów zachodnioeuropejskich od notowań indeksu amerykańskiego – współczynnik dopasowania modelu przyjmuje wartości z zakresu  $\langle 0,472; 0,480 \rangle$ . Liniową zależność notowań indeksów środkowoeuropejskich od notowań indeksu amerykańskiego należy uznać za marginalną. Wyniki analizy danych krótszych przedziałów czasu potwierdzają ponadto, że owa charakterystyka zależności jest stała w czasie. Należy zatem przyjąć hipotezę:

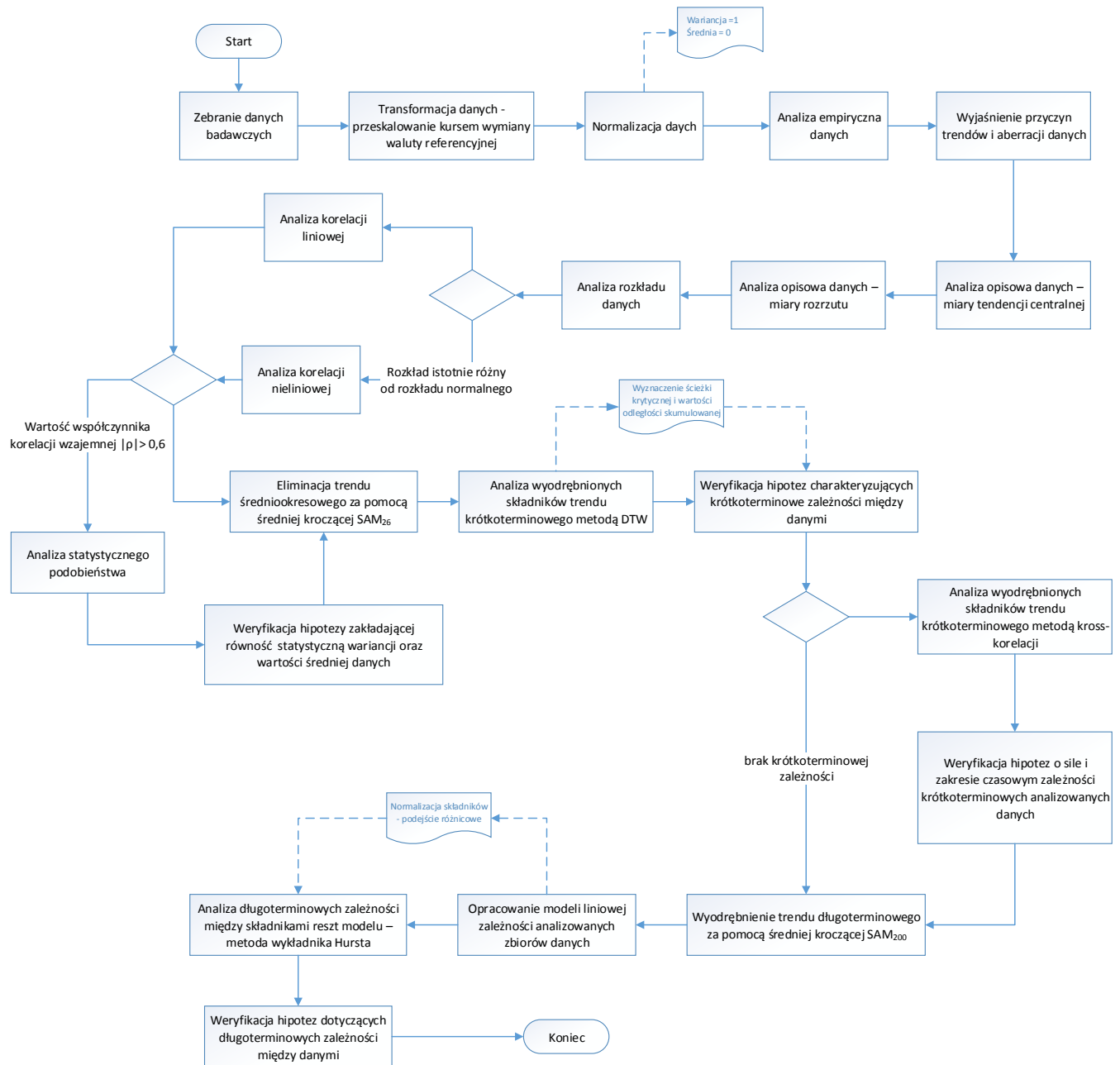
*Notowania indeksów Europy Zachodniej wywierają silny długoterminowy wpływ na notowania indeksów Europy Środkowej o charakterystyce liniowej.*

Analiza wartości wykładnika Hursta potwierdza, że notowania indeksów amerykańskich wywierają silny długoterminowy wpływ na notowania indeksów Europy Środkowej, którego charakterystyka jest nieliniowa. Istotnie wartość wykładnika Hursta w przypadku tych modeli przyjmuje największą wartość. Należy jednak nadmienić, że wyniki analizy danych krótszych przedziałów czasu wymuszają warunkowe przyjęcie hipotezy badawczej. Istnieją bowiem przedziały czasu, w których notowania indeksów Europy Zachodniej wywierają najsilniejszy, długoterminowy wpływ na notowania indeksów Europy Środkowej, a charakterystyka oddziaływania jest nieliniowa.



## 8. Metodyka analizy relacji międzygiełdowych

Na podstawie przeprowadzonych prac badawczych zdefiniowana została ostateczna forma metodyki analizy relacji międzygiełdowych Stocker stanowiącej cel zasadniczy pracy doktorskiej. Poniżej zaprezentowano schemat blokowy będący uszczegółowioną postacią koncepcji zaproponowanej we wstępie pracy, uwzględniający wykorzystane metody badawcze oraz przyjęte założenia.



Rysunek 67 Idea opracowanej metodyki analizy relacji międzygiełdowych Stocker - schemat poglądowy, forma ostateczna.

Analizę rozpoczyna etap zebrania danych badawczych, tj. notowań najbardziej reprezentatywnych indeksów związanych z badanymi rynkami giełdowymi. Wartość indeksu powinna być oparta o notowania spółek związanych z różnymi sektorami gospodarki, o jak największej wartości kapitalizacji rynkowej, cechujących się znaczną płynnością. W kroku kolejnym zabrane dane przeskalowywano za pomocą kursu wymiany waluty referencyjnej. Każdej wartości notowania indeksu giełdowego w danym okresie przyporządkowany zostaje kurs wymiany waluty związanej z jego rynkiem giełdowym. Dzięki operacji skalowania, będącej iloczynem wartości notowania indeksu oraz kursu wymiany waluty referencyjnej w chwili  $t$ , realizowane jest założenie jednoznaczności perspektywy inwestora giełdowego.

W toku operacji normalizacji usunięte zostają z kolei te dane badawcze, które związane są z chwilą  $t$ , dla której niedostępne są notowania choć jednego z analizowanych indeksów giełdowych. Ponadto, aby wyeliminować problem różnic skali danych, dane badawcze powinny zostać poddane operacji normalizacji jednostkowej. W wyniku tego, wariancja każdego analizowanego zbioru danych równa jest jedności, a wartość średnia równa jest 0. Po tym etapie przeprowadzono analizę empiryczną danych. W jej ramach przedstawione i omówione zostają czynniki determinujące zachowanie danych badawczych, takie jak zmiany trendów, czy nagłe spadki bądź wzrosty wartości. Na podstawie wyników analizy empirycznej możliwe jest wyjaśnienie przyczyn zmiany trendów i aberracji danych, które mogą zaburzać interpretacje wyników późniejszych analiz.

W oparciu o przygotowane dane badawcze, w kroku kolejnym powinna zostać przeprowadzona analiza opisowa charakteryzująca podstawowe miary statystyczne danych. W pierwszym jej etapie, dla każdego zbioru notowań indeksów giełdowych, obliczono podstawowe miary tendencji centralnej. Na ich podstawie możliwe jest określenie rozkładu danych w okolicach wartości średniej. W drugim etapie obliczono miary rozrzutu danych badawczych umożliwiające porównanie stopnia ryzyka inwestycyjnego mierzonego miarami zmienności danych.

W oparciu o wyniki analizy, możliwe jest wstępne przeprowadzenie klastryfikacji danych. W ramach klastra zgrupowane są te indeksy giełdowe, które cechowały się znacznym podobieństwem statystycznym danych. Podobieństwo to ma jednak charakter ilościowy i nie należy go utożsamiać z zależnościami obserwowanymi na przestrzeni analizowanego okresu.

W kolejnym etapie metodyki Stocker przeprowadzono analizę rozkładu danych, mającą na celu uzyskanie jednoznacznej odpowiedzi, czy rozkład danych jest znacząco różny od rozkładu normalnego. Odpowiedź ta determinuje metodykę analizy korelacji między zbiorami danych. W przypadku, gdy analiza ta potwierdzi zbieżność rozkładu danych badawczych z rozkładem normalnym, należy przeprowadzić analizę korelacji liniowej. W niniejszej pracy wykorzystany został współczynnik linowej korelacji Pearsona. W przypadku,

gdy analiza rozkładu danych potwierdziłaby, że rozkład analizowanych danych jest istotnie różny od rozkładu normalnego, przeprowadzić należy analizę korelacji nieliniowej. Jednym z przykładów metod analizy korelacji nieliniowej jest współczynnik korelacji rang Spearmana. W wyniku przeprowadzonych analiz korelacji możliwa jest weryfikacja monotonicznej zależności statystycznej między porównywanymi zbiorami notowań indeksów giełdowych. Istnienie takiej zależności w przypadku porównywanych indeksów giełdowych implikuje wzajemne powiązanie zmian ich notowań. Nie pozwala jednak na ujawnienie zależności okresowych związanych np. z analizą składowych trendów, czy analizą zależności będących konsekwencją transformacji czasowych.

W celu zamknięcia bloku związanego z badaniem statycznej natury danych badawczych, w kroku kolejnym przeprowadzono analizę statystycznego podobieństwa. Jej podstawowym celem jest weryfikacja hipotez zakładających statystyczną równość wariancji oraz wartości średnich dla podzbiorów analizowanych danych. Na potrzeby opisywanej metodyki przyjęto założenie, że analiza ta wykonywana będzie dla zbiorów danych charakteryzujących się wysoką wartością współczynnika korelacji. Jej wartość bezwzględna powinna być większa od 0,6. Wartość ta została ustalona ekspercko w oparciu o źródła literaturowe związane z tematyką analizy ekonometrycznej.

Weryfikacja hipotez związanych z analizą statycznej natury danych badawczych nie pozwala na uzyskanie odpowiedzi dotyczących zależności czasowych między analizowanymi rynkami giełdowymi. Jest jednak cennym źródłem informacji dotyczących podobieństwa charakterystyk danych badawczych. Te z kolei świadczą mogą o podobieństwie stopnia rozwoju rynku kapitałowego, podobieństwie o charakterze geopolitycznym, czy analogicznym poziomie ryzyka inwestycyjnego mierzonego zmiennością notowań.

Blok związany z analizą czasowych zależności rozpoczyna proces eliminacji trendu średniookresowego za pomocą średniej kroczącej  $SAM_{26}$ . Dzięki tej operacji możliwe jest dokonanie analizy wyodrębnionych składników trendu krótkoterminowego. Składniki te odpowiedzialne są za fluktuacje wartości notowań analizowanych indeksów w perspektywie krótkoterminowej, nieprzekraczającej 26 sesji giełdowych.

W celu weryfikacji hipotez charakteryzujących krótkoterminowe zależności między danymi, wykorzystana została metoda DTW. Pozwala ona na porównywanie zależności między szeregami danych, poddanych transformacji czasowej. Tym samym umożliwia wykazanie zależności między szeregami danych o charakterze nie weryfikowalnym za pomocą klasycznej miary korelacji. Ponadto analiza metodą DTW pozwala na wyłonienie indeksu giełdowego, będącego inicjatorem zmian, tj. indeksu, dla którego zmiany trendów krótkoterminowych obserwowane są po raz pierwszy.

W przypadku wykazania istnienia zależności krótkoterminowych za pomocą hipotez badawczych, w kroku kolejnym należy dokonać analizy wyodrębnionych składników trendu krótkoterminowego za pomocą

kross-korelacji. Metoda ta pozwala na określenie siły zależności krótkoterminowych między analizowanymi indeksami giełdowymi. Istotnym aspektem wybranej metody jest możliwość oszacowania opóźnienia czasowego, dla którego wykazana zależność krótkoterminowa jest najsilniejsza.

Fakt ten może w istotny sposób wpłynąć na decyzje inwestorów giełdowych. Znając bowiem ogólny kierunek, siłę oraz zakres czasowy zmian notowań indeksów, możliwe jest dokonanie np. krótkoterminowej optymalizacji składu portfela inwestycyjnego.

W wyniku przeprowadzonych analiz opisywanej metodyki Stocker, zweryfikować można ponadto hipotezy weryfikujące siłę i zakres czasowy zależności krótkoterminowych między notowaniami analizowanych indeksów giełdowych, a w konsekwencji między rynkami giełdowymi.

Końcowy etap metodyki poświęcono analizie zależności długoterminowych. W tym celu dokonano wyodrębnienia trendu długoterminowego za pomocą średniej kroczącej  $SAM_{200}$ . Ma on za zadanie ułatwić opracowanie modeli liniowych zależności między analizowanymi zbiorami danych. Jest to kolejny proces realizowany w ramach metodyki Stocker. Analiza zależności długoterminowych została oparta na danych będących składnikami reszt opracowanych modeli. W jej ramach wykorzystana została metoda estymacji wykładnika Hursta. Metoda ta pozwala na wykazanie ukrytych zależności nieliniowych, które były niemożliwe do wykazania w toku analizy korelacji.

Wyniki analizy tej części metodyki pozwalają nie tylko na weryfikację hipotez dotyczących zależności długoterminowych, ale również na opracowanie np. składu portfela inwestycyjnego, opartego o aktywa finansowe związane z różnymi rynkami giełdowymi. Skład tego portfela z kolei może być optymalizowany na podstawie wyników analiz zależności krótkoterminowych. Opierając się na analizie statycznej danych możliwe jest wybranie odpowiedniej klasy składowych portfela, które umożliwiają np. minimalizację ryzyka portfela.

Należy zatem uznać, że przedstawiona powyżej idea metodyki Stocker może stanowić spójne narzędzie wspomagające inwestorów giełdowych w procesie zarządzania portfelem inwestycyjnym. Posługując się ową metodyką możliwa jest optymalizacja składu i rekonfiguracja portfela inwestycyjnego w celu maksymalizacji zysku, bądź minimalizacji ryzyka. Założyć można, że zakres i skala optymalizacji może być znacząco wyższa niż w przypadku metod opartych na optymalizacji statycznej np. metodą Markowa.

Opracowanie metodyki Stocker potwierdza ponadto znaczenie utylitarne pracy doktorskiej.

## Podsumowanie

W toku przeprowadzonych prac badawczych ukazana została natura zależności między notowaniami głównych indeksów światowych. Analiza statystyczna danych, wykonana w pierwszych częściach pracy doktorskiej wykazała, że przynależność geopolityczna w znaczący sposób determinuje charakterystykę statystyczną danych. Miary tendencji centralnej oraz rozrzutu ujawniły istnienie trzech grup indeksów. Pierwsza z nich związana jest z rynkami środkowej Europy. Grupa ta cechuje się wyraźnie większą, na tle pozostałych indeksów, wartością miary rozrzutu. Taki stan potwierdza, że w analizowanym okresie czasu notowania tej grupy cechowały się większą zmiennością, a więc z perspektywy inwestorów były bardziej ryzykowne. Istotny jest również fakt, że cechy zbieżne z ową grupą indeksów zaobserwowane zostały w przypadku indeksu wiedeńskiej giełdy. Jest to konsekwencją znaczącego udziału spółek środkowej i wschodniej Europy notowanych na austriackim parkiecie. Kolejną grupę stanowią indeksy związane z rynkami zachodniej Europy. W ich przypadku miary tendencji centralnej cechowały się większym skupieniem w obszarze wartości średniej, niż miało to miejsce w przypadku grupy środkowoeuropejskiej. Wartości miar rozrzutu podkreśliły, że inwestycje związane z indeksami zachodniej Europy były, w perspektywie długoterminowej, mniej ryzykowne. Ich zmienność była wyraźnie niższa od pozostałych grup indeksów. Trzecią grupę stanowiły indeksy amerykańskie oraz indeks japoński. Były one związane z gospodarkami krajów, w których na przestrzeni lat 2009 – 2013 wdrażano programy ożywiania gospodarki za pomocą luzowania polityki monetarnej. Fakt ten determinował zachowanie indeksów w latach 2010 – 2013. Wartości analizowanych miar statystycznych potwierdziły istnienie silnego i nieprzerwanego trendu wzrostowego notowań tej grupy indeksów.

Wartości współczynników korelacji między notowaniami indeksów giełdowych potwierdziły, że globalne problemy gospodarcze determinują zmiany notowań indeksów silniej niż realna sytuacja gospodarcza kraju związanego z konkretnym rynkiem giełdowym. Ważną konkluzją tej części pracy było zaobserwowanie silnego powiązania rynków zachodniej i środkowowschodniej Europy. Potwierdziły to wysokie wartości współczynników korelacji w latach 2008 – 2012.

Analiza statystyczna podobieństwa wykazała ponownie wysoki stopień zbieżności charakterystyk indeksów środkowowschodniej Europy oraz indeksu ATX. Statystyczna równość średnich wartości notowań została wykazana w przypadku par indeksów ATX – RTS, ATX – WIG20 oraz RTS – WIG20. W rozdziale tym wykazano również, że pary indeksów WIG20 – WIG oraz DJI – SP 500, mimo że związane są z tym samym rynkiem kapitałowym, nie są tożsame w sensie statystycznym. Istniały bowiem przedziały czasu, w których statystyczną równość średnich wartości notowań dla par indeksów należało odrzucić.

Warty podkreślenia jest jednak fakt, że aż w 22 analizowanych przypadkach przyjęta została hipoteza o tożsamy, w sensie globalnego rynku kapitałowego, zachowaniu par indeksów. Notowania indeksów w wybranym rocznym przedziale czasu wykazywały statystyczną równość wartości średnich oraz wariancji. Autor pragnie zauważyć, że wśród wykazanych statystycznych tożsamości, aż połowa z nich związana była z indeksami rynków wschodzących. Wyniki badań potwierdzają zatem, że w dobie globalnego kryzysu gospodarczego notowania grup indeksów związanych z tymi rynkami wykazują szereg istotnych podobieństw.

W dalszej części pracy autor skoncentrował się na scharakteryzowaniu stopnia zależności między notowaniami indeksów giełdowych. W części poświęconej zależnościom krótkoterminowym dla poszczególnych indeksów wyodrębnione zostały trendy krótkoterminowe. Za pomocą metody DTW dokonano analizy stopnia ich wzajemnej zbieżności. Przeprowadzone badania wykazały, że notowania indeksów Europy Środkowowschodniej w perspektywie krótkoterminowej determinowane są przez zmiany notowań indeksów Europy Zachodniej.

Wykresy ścieżki optymalnej między indeksami potwierdziły, że zmiany trendów krótkoterminowych zachodnioeuropejskich dyskutowane są niemal natychmiastowo przez giełdy środkowowschodniej Europy.

Wyniki analiz wykazały, że miary odległości między indeksami amerykańskimi a indeksami europejskimi kształtowały się na względnie stałym poziomie. Stopień podobieństwa między trendami krótkoterminowymi indeksów amerykańskich i indeksów zachodnioeuropejskich jest wyraźnie większy niż między trendami krótkoterminowymi indeksów amerykańskich i indeksów środkowowschodniej Europy. Tym samym zmiany krótkoterminowych trendów indeksów DJI i SP 500 dyskutowane są szybciej przez inwestorów zachodniej, niż środkowowschodniej Europy.

Warta podkreślenia jest również charakterystyka krótkoterminowego trendu indeksu HANGSENG. W toku przeprowadzonych badań wykazano, że zachowanie trendu krótkoterminowego tego indeksu charakteryzowało się znaczącą niezależnością względem zmian notowań pozostałych indeksów giełdowych.

W części poświęconej analizie współczynnika korelacji wzajemnej wykorzystane zostały ponownie dane wyodrębnionych składników trendu krótkoterminowego. W toku analiz wykazano, że zmiany trendu krótkoterminowego indeksów amerykańskich dyskutowane są, w długiej perspektywie czasu, przez indeksy giełd Europy Środkowowschodniej. Amplituda spadku wartości kross-korelacji wraz ze wzrostem wartości opóźnienia jest znacząco mniejsza niż amplituda w przypadku zależności między niemieckim indeksem DAX a indeksami środkowoeuropejskimi. Potwierdzona została ponadto hipoteza zakładająca,

że wpływ zmian trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich na zachowanie trendów krótkoterminowych indeksów Europy Środkowej jest słabszy niż wpływ zmian trendów krótkoterminowych indeksów Europy Zachodniej.

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdziły również, że zmiana trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich wywiera jednorodny wpływ na zachowanie trendów krótkoterminowych wszystkich analizowanych indeksów Europy Środkowej. Przynależność geopolityczna indeksu determinuje jednak jego zachowanie. Świadczy o tym przyjęcie hipotezy jednorodnego wpływu zmian trendów krótkoterminowych indeksów amerykańskich na zachowanie trendów krótkoterminowych indeksów Europy Zachodniej. Charakterystyka zmian była jednak odmienna od grupy indeksów środkowej Europy.

W części poświęconej analizie zależności długoterminowych między notowaniami indeksów giełdowych wyodrębniony został trend długoterminowy. Na jego podstawie opracowane zostały modele liniowej zależności notowań indeksów giełdowych. Analizy wykonane w ramach tej części miały na celu zweryfikowanie siły zależności liniowej i nieliniowej. Zależność nieliniowa została oszacowana za pomocą estymowanego wykładnika Hursta.

Wyniki badań wykazały istnienie znaczącej zależności liniowej między notowaniami indeksów środkowoeuropejskich a notowaniami indeksów zachodniej Europy. Siła zależności liniowej jest większa od zależności wykazanej w przypadku modeli notowań indeksów zachodnioeuropejskich objaśnianych notowaniami indeksu amerykańskiego. Zależność tego rodzaju notowań indeksów środkowoeuropejskich i notowań indeksu amerykańskiego należy uznać za nieistotną. Warto podkreślić, że owa charakterystyka zależności jest stała w czasie.

Analiza wartości wykładnika Hursta potwierdziła, że notowania indeksów amerykańskich wywierają silny nieliniowy i długoterminowy wpływ na notowania indeksów Europy Środkowej. Wartość wykładnika Hursta w przypadku tych modeli przyjmowała największą wartość.

W wyniku przeprowadzonych badań należy zatem wyróżnić podstawowe zasady funkcjonowania rynków giełdowych Europy Środkowej:

- W obliczu kryzysu gospodarczego długoterminowa charakterystyka notowań indeksów giełdowych w znaczącej mierze determinowana jest przez przynależność geopolityczną, a nie realny stan gospodarki.
- Trend krótkoterminowy determinowany jest przez trendy krótkookresowe rynków giełdowych Europy Zachodniej. Należy wyróżnić giełdę frankfurcką. Jej wpływ na zachowanie krótkookresowe indeksów środkowej Europy jest dominujący.

- Trend długoterminowy determinowany jest przez trend długoterminowy rynku amerykańskiego. Zachowanie rynku amerykańskiego determinuje również zachowanie indeksów zachodniej Europy. To one jako pierwsze dyskontują zmiany trendu długoterminowego.

Osiągnięty został również cel zasadniczy pracy, jakim było opracowanie metodyki kompleksowej analizy relacji międzygiełdowych Stocker. Pozwoliła ona nie tylko na zweryfikowanie hipotez badawczych pracy, ale również zdefiniowała sposób analizy relacji, który może znaleźć szerokie zastosowanie praktyczne. Dzięki unikatowej koncepcji transformacji danych wykorzystując założenie rynku referencyjnego oraz dzięki dekompozycji trendów notowań indeksów giełdowych możliwe stało się zweryfikowanie charakterystyk zależności krótko i długoterminowych. Charakterystyki te pozwalają nie tylko zrozumieć istotę zależności, ale również mogą w znaczący sposób usprawnić, polepszyć i usystematyzować proces podejmowania decyzji inwestycyjnych. Ważnym aspektem opracowanej metodyki są wykorzystane techniki analizy danych. Pozwalają one na uzyskanie kompleksowych wyników analizy, a dzięki zastosowaniu technik komputerowych, wyniki te mogą zostać zaprezentowane ze znaczącą precyzją w bardzo krótkim czasie.

Należy zatem przyjąć, że metodyka Stocker zawiera gotowy zestaw reguł i technik pozwalających na dokonanie analizy zależności między rynkami finansowymi. Tym samym, może stać się istotnym narzędziem wspomagającym proces decyzyjny inwestorów kapitałowych.



## Spis literaturowy

- [1] Adamczyk M., "Współczesny kryzys finansowy – przyczyny i konsekwencje dla gospodarki światowej" Prace i Materiały Instytutu Handlu Zagranicznego Uniwersytetu Gdańskiego 2012
- [2] Aghabozorgi S. , Teh Y. W. "Stock market co-movement assessment using a three-phase clustering method" Expert Systems with Applications 2014
- [3] Bartram S. M., Bodnar G. M. "Crossing the Lines: The Conditional Relation between Exchange Rate Exposure and Stock Returns in Emerging and Developed Markets" Lancaster University Management School 2009
- [4] Benmehdi S. , Makarava N. , Benhamidouche N. , Holschneider M. "Bayesian estimation of the self-similarity exponent of the Nile River fluctuation" Nonlinear Processes in Geophysics 2011
- [5] Bień W. "Rynek papierów wartościowych" , Difin, Warszawa 2001
- [6] Bieńkowski W. , Gawrońska-Nowak B. , Grabowski W. "Analiza transmisji szoków dla rynków giełdowych Czech, Węgier i Polski w okresie globalnego kryzysu" Bank i Kredyt 2013
- [7] Brockwell P. J., Davis, P. J., "Introduction to Time Series and Forecasting" Springer, New York 2002
- [8] Budapest Stock Exchange "Manual Of Hungarian Indices (Bux And Bumix) Of The Budapest Stock Exchange Ltd." Budapest 2013
- [9] Bukowski S. I. "Analiza Porównawcza Stopnia Integracji Węgierskiego I Słowackiego Giełdowego Rynku Akcji Z Giełdowym Rynkiem Akcji W Obszarze Euro" Acta Universitatis Lodzianensis 2012
- [10] Cajueiro D. O., Tabak B. M., "The rescaled variance statistic and the determination of the Hurst exponent" Mathematics and Computers in Simulation (70) 2005
- [11] Cheung Y.W., Westermann F. "Equity Price Dynamics Before And After The Introduction Of The Euro: A Note" CESifo Working Paper 2001
- [12] Choudhary S. , Siag R. "Stock Market Interlinkages among Major Developed Equity Markets: Critical Literature Review" , International Journal of Applied Research 2015
- [13] Chrzan P. „Matematyka Finansowa. Podstawy teorii procentu” Oikonomos Katowice 2001
- [14] Chu S., Keogh E., Hart D., Pazzani M., "Iterative Deepening Dynamic Time Warping for Time Series" University of California 2006
- [15] Departament Promocji i Współpracy Dwustronnej Ministerstwa Gospodarki "Węgry - Informacja o sytuacji gospodarczej i stosunkach gospodarczych" 2013
- [16] Deutsche Boerse "Guide to the Equity Indices of Deutsche Boerse" Frankfurt am Main 2013
- [17] Dębski W. , "Rynek finansowy i jego mechanizmy", PWN, Warszawa 2007

- [18] Doman M. , Doman R. "Dynamika Powiązań Polskiego Rynku Kapitałowego Z Rynkami Czech I Węgier Oraz Głównymi Rynkami Światowymi" Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu 2014
- [19] Drewniński M. , "Podstawy inwestowania na giełdach towarowych", Wyd. Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2007
- [20] Drożdż S. , Grummer F. , Ruf F. , Speth J. "Towards identifying the world stock market cross-correlations: DAX versus Dow Jones" Institut fur Kernphysik, Julich, Germany 2008
- [21] Efrat A., Fan Q., "Curve Matching, Time Warping, and Light Fields: New Algorithms for Computing Similarity between Curves" University Of Arizona 2007
- [22] Euronex "Index Rule Book CAC Family" Paris 2013
- [23] Evans M. D. , Hnatkovska V. "International Capital Flows, Returns and World Financial Integration" Department of Economics Georgetown University 2012
- [24] Fedorowicz Z., "Rynek pieniądza i rynek kapitału" , Poltext, Warszawa 1997
- [25] Gawlik L., "Budowa i weryfikacja modelu ekonometrycznego dla okreolenia liniowej zależności pomiędzy kosztami pozyskania węgla a wielkości wydobycia" Gospodarka Surowcami Mineralnymi 2008
- [26] Giełda Papierów Wartościowych w Warszawie "Indeksy Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie" 2013
- [27] Giełda Papierów Wartościowych w Warszawie "Podstawowe algorytmy indeksów giełdowych" Warszawa 2013
- [28] Gładysz B., Mercik J. "Modelowanie ekonometryczne Studium przypadku" Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007
- [29] Górecki B. R. "Podstawowy kurs nowoczesnej ekonometrii" Uczelnia Warszawska 2010
- [30] Gruszczyński M, Podgórska M, "Ekonometria" Szkoła Główna Handlowa w Warszawie 2009
- [31] Guesmi K. , Nguyen D. K. "Regional integration of stock markets in Southeast Europe" IPAG Business School France 2013
- [32] Hang Seng Bank "Index Methodology For Managing the Hang Seng Index" Hongkong 2012
- [33] Hua S. K. "Information Mining Over Significant Interval on Historical Data" School of Engineering, Computing & Science Swinburne University of Technology Kuching 2012
- [34] Instytut Ekonomiczny Biuro Gospodarki Światowej, "Analiza sytuacji gospodarczej w krajach Europy Środkowej i Wschodniej" Narodowy Bank Polski 2012
- [35] Jajuga K. "Ekonometria – metody i analiza problemów ekonomicznych" PWN Warszawa 2000

- [36] Jauga K, Jajuga T "Inwestycje. Instrumenty finansowe. Ryzyko finansowe. Inżynieria finansowa" Wyd2 PWN Warszawa 2004
- [37] Kaca E. "Problemy gospodarcze Francji – konsekwencje dla UE i Polski" Polski Instytut Spraw Międzynarodowych Biuletyn nr 7 2013
- [38] Kaczor T. , Dmitrowski P. "Gospodarka Europy na granicy spadków" Bank Gospodarstwa Krajowego 2011
- [39] Kirichenko L., Radivilova T., Deineko Z., "Comparative Analysis For Estimating Of The Hurst Exponent For Stationary And Nonstationary Time Series" Information Technologies & Knowledge Vol.5 2011
- [40] Kochniewski M, Majewski B, Wasilewski P , "Rynek kapitałowy i giełda papierów wartościowych" , Fundacja Edukacji Rynku Kapitałowego, Warszawa 2008
- [41] Korenik D. , Korenik S. , "Podstawy finansów", PWN, Warszawa 2004
- [42] Krupa T., "Kłopoty japońskiej gospodarki na progu XXI wieku- sposoby przewyciężenia", Uniwersytet Łódzki 2010
- [43] Llimona T. Q., "Dynamic Time Warping" Journal Club 2011 MTG-UPF
- [44] London Stock Exchange, "Guide To Calculation Methods For The Ftse Global Equity Index Series" , Londyn 2013
- [45] Luenberger D. "Teoria inwestycji finansowych" PWN Warszawa 2003
- [46] Magdziarz M., Słężak K, Wójcik J, "Estimation and testing of the Hurst parameter using p-variation" Journal Of Physics A: Mathematical And Theoretical 2013
- [47] Makowiec D., Gnacinski P. "Fluctuations of WIG the index of Warsaw Stock Exchange" Institute of Theoretical Physics and Astrophysics , Gdansk University 2000 Preliminary studies
- [48] Matkowski Z., Próchniaka M. „Zbieżność rozwoju gospodarczego Polski i innych krajów Europy Środkowowschodniej w stosunku do Unii Europejskiej”, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie 2011
- [49] McGraw Hill Financial, "Index Mathematics Methodology" 2014
- [50] Mitra S. K. "Is Hurst Exponent Value Useful in Forecasting Financial Time Series" Institute of Management Technology, Nagpur 2012
- [51] Moore M., "One Dimensional Brownian Motion", Chaos, Fractals, and Dynamics 2002
- [52] Moscow Exchange, CJSC MICEX Stock Exchange "Methodology of the Moscow Exchange Indices Calculation" Moscow 2013
- [53] Muller M, "Information Retrieval For Music And Motion - Dynamic Time Warping" Springer 2007
- [54] Murphy J. J. "Analiza techniczna rynków finansowych" , Wig-Press, Warszawa 1999

- [55] Nacewski J., Zabielski K., "Funkcjonowanie rynków finansowych", Wydawnictwo Naukowe Wyższej Szkoły Kupieckiej, Łódź 2000
- [56] Nikkei Inc. "Nikkei Stock Average Index Guidebook" Tokio 2012
- [57] Nordhaus S. „Ekonomia” PWN Warszawa 2004
- [58] Owsiak S. , "Podstawy nauki finansów", PWE, Warszawa 2002
- [59] Panait I. "Study of the Correlation between the Romanian Stock Market and S&P500 Index during 2007-2009" The Romanian Economic Journal 2011
- [60] Patro D. K. , Wald J. K. , Wu Y. "Currency Devaluation and Stock Market Response: An Empirical Analysis" Office of the Comptroller of the Currency University of Texas at San Antonio 2009
- [61] Pietrzak B. , Polański Z. (red.), "System finansowy w Polsce", PWN, Warszawa 2003
- [62] Piontek K, "Modelowanie Własności Szeregów Stóp Zwrotu – Skośność Rozkładów" Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu 2005
- [63] Piskun O. , Piskun S. „Recurrence Quantification Analysis of Financial Market Crashes and Crises” Visnyk Universytety bankivskoi spravy Nacionalnogo banky Ukrainy 2011
- [64] Prague Stock Exchange "The Rules for the PX-GLOB Index of the Prague Stock Exchange" Prague 2012
- [65] Ratanamahatana C. A., Keogh E., "Everything you know about Dynamic Time Warping is Wrong" University of California 2010
- [66] Rosati D., Kołodko G, "Przyczyny i mechanizmy kryzysu finansowego w USA w latach 2007–2009 " Poltext Sp. z o.o., Warszawa 2010
- [67] Rosch A., Schmidbauer H. "International Dependence Of Chinese Stock Markets: A Forecasting Perspective" FOM Institute for International Studies 2008
- [68] Rose O., "Estimation of the Hurst Parameter of Long Range Dependent Time Series" University of Wurzburg 1996
- [69] Salvador S., Chan P., "FastDTW: Toward Accurate Dynamic Time Warping in Linear Time and Space", Florida Institute of Technology 2004
- [70] Sandoval L. Junior, Franca I. "Correlation of financial markets in times of crisis" Insper, Instituto de Ensino e Pesquisa 2011
- [71] Senin P., "Dynamic Time Warping Algorithm Review" University of Hawaii at Manoa 2008
- [72] Socha J. "Rynek papierów wartościowych w Polsce" Olympus Warszawa 2003
- [73] Socha j., "Rynek, Giełda, Inwestycje" , Wydawnictwo Olympus, Warszawa 2000.

- [74] Song D., Tumminello M., Zhou W., Mantegna R. „Evolution of worldwide stock markets, correlation structure and correlation based graphs” School of Business, East China University of Science and Technology, Shanghai 2011
- [75] Syllignakis M. N. , Kouretas G. P. "Dynamic correlation analysis of financial contagion: Evidence from the Central and Eastern European markets" International Review of Economics and Finance 2012
- [76] Syllignakis M. N., Kouretas G. P. „Dynamic correlation analysis of financial contagion: Evidence from the Central and Eastern European markets”
- [77] Thalassinos E. J. , Politis E. D. "International Stock Markets: A Co-integration Analysis" European Research Studies, Volume XIV 2011
- [78] Wang D., Podobnik B., Horvatic D. , Stanley H. E. "Quantifying and Modeling Long-Range Cross-Correlations in Multiple Time Series with Applications to World Stock Indices" Department of Physics, Boston University, 2011
- [79] Wieczorkowska G., Kocharński P. , Eljaszuk M. "Statystyka - wprowadzenie do analizy danych sondażowych i eksperymentalnych" Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2003
- [80] Wiener Borse "The Rules for the Austrian Indices of the Vienna Stock Exchange " Wien 2013
- [81] Wiśniewski H. „Interakcje między wskaźnikami makroekonomicznymi a indeksami giełdowymi w wybranych krajach , Wiadomości Statystyczne Nr 11 2013 r.
- [82] Witkowska D. , Kompa K. , Matuszewska-Janica A. "Analysis of Linkages between Central and Eastern European Capital Markets" Dynamic Econometric Models 2012
- [83] Zeliaś A., B. Pawełek, S. Wanat, "Prognozowanie ekonomiczne, Teoria, Przykłady, Zadania" , Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003