

MONIKA HADAŚ-DYDUCH

Wykorzystanie metod analizy falkowej do mierzenia efektywności polisy inwestycyjnej

Autorka artykułu efektywność inwestycji skierowała w stronę polisy inwestycyjnej należącej do klasy inwestycji alternatywnych, czyli inwestycji, których pozytywny wynik nie zależy od ciągłych pozytywnych wzrostów na rynkach giełdowych.

Wycenę polisy inwestycyjnej jako ocenę efektywności inwestycji przeprowadziła na podstawie autorskiego modelu integrującego sieci neuronowe i analizę falkową. Skoncentrowała się w szczególności na wskaźniku polisy inwestycyjnej, na jego predykcji w dniu zapadalności polisy inwestycyjnej. Zaprezentowała również oszacowanie polisy w różnych wariantach w zależności od kształtowania się wskaźnika polisy.

Słowa kluczowe: inwestycje, efektywność kapitałowa, polisa inwestycyjna.

Wprowadzenie

Efektywność inwestycji to relacja efektów uzyskanych w wyniku podniesienia określonych nakładów inwestycyjnych do wartości tych nakładów. Ocena efektywności inwestycji składa się zazwyczaj z części rachunkowej, uwzględniającej mierzalne efekty nakładów inwestycyjnych, oraz z części opisowej, obejmującej te efekty, które nie poddają się kwantyfikacji. Ocena ta służy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych w szczególności w dwóch płaszczyznach: odpowiada na pytanie „czy inwestować?”, a także „jak inwestować?”.

W artykule efektywność inwestycji skierowano w kierunku polisy inwestycyjnej, czyli dokumentu świadczącego o zawarciu umowy ubezpieczenia. Polisa inwestycyjna należy do grupy produktów strukturyzowanych, czyli instrumentów finansowych, których cena jest uzależniona od wartości określonego wskaźnika rynkowego. Predykcję wskaźnika rynkowego można wykonać różnymi metodami, jednakże w artykule predykcję wykonano na podstawie autorskiego modelu bazującego na transformacie falkowej. Predykcję oparto na analizie falkowej, ponieważ funkcje falkowe charakteryzują dobre własności lokalizacyjne zarówno względem czasu, jak i częstotliwości.

1. Analiza falkowa

Z historycznego punktu widzenia analiza falkowa nie jest nową metodą, jej podstawy matematyczne pochodzą z opracowania Josepha Fouriera, wydanego w dziewiętnastym wieku. Fourier zakładał w swojej teorii, że każdą funkcję można poddać analizie częstotliwości.

W przeciwieństwie do analizy fourierowskiej, analiza falkowa nie wyraża badanych funkcji poprzez wielomiany, ale poprzez specjalne funkcje – falki, które są generowane przez funkcję zwaną falką macierzystą :

$$\psi_{a,b}(t) = a^{-\frac{1}{2}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad a, b \in \mathbb{R} \quad a > 0 \quad (1)$$

W praktycznych zastosowaniach parametry a i b są wartościami dyskretnymi. Prowadzi to do definicji falki dyskretnej wyrażonej wzorem:

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{-\frac{j}{2}} \psi(2^{-j}t - k), \quad j, k \in \mathbb{Z}. \quad (2)$$

Uzyskane w ten sposób falki mają szereg interesujących własności. Można odnosić je zarówno do czasu, jak i do częstotliwości, dopuszczając bliższe związki pomiędzy badaną funkcją a jej współczynnikami.

Najwcześniejszą i najprostszą falką jest falka Haara, pierwotnie nazywana rozwinięciem Haara. Falką Haara nazywamy funkcję na prostej rzeczywistej określoną wzorem:

$$H(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in \left(0, \frac{1}{2}\right) \\ -1 & \text{dla } x \in \left(\frac{1}{2}, 1\right) \\ 0 & \text{dla } \text{poz. } x \end{cases}$$

Rozwinięcie Haara zostało zdefiniowane w 1910 r., gdy jeszcze nie było znane pojęcie falki. Przez szereg lat funkcje Haara uważano za rodzaj ciekawostki matematycznej bez większego zastosowania. Dopiero w latach 80. ubiegłego wieku w związku z rozwojem dziedziny przetwarzania sygnałów zwrócono na nie uwagę. Celem Haara było skonstruowanie bazy ortonormalnej, w której szereg Fouriera każdej funkcji ciągłej na jest zbieżny jednostajnie.

1.1. Transformata falkowa

Transformatę falkową sygnału $f(t)$ definiuje się jako:

$$W_f(a,b) = c_\psi^{-\frac{1}{2}} \int f(t) \psi_{a,b}^*(t) dt. \quad (3)$$

gdzie $*$ jest operatorem sprzężenia, $c_\psi = 2\pi \int_0^\infty \frac{|\hat{\psi}(\omega)|}{\omega} d\omega$, gdzie $\hat{\psi}$ oznacza transformatę Fouriera: $\hat{\psi}(\omega) = (2\pi)^{-\frac{1}{2}} \int e^{i\omega t} \psi(t) dt$.

Transformata odwrotna dla równania [3] wyrażona jest wzorem:

$$f(t) = c_{\psi}^{-\frac{1}{2}} \iint W_f(a, b) \psi_{a, b}(t) \frac{dad b}{a^2}. \quad (4)$$

Transformata falkowa, w której funkcje bazowe są dyskretne, nazywana jest dyskretną transformatą falkową i definiuje się ją jako:

$$W_f(j, k) = c_{\psi}^{-\frac{1}{2}} \int f(t) \psi_{j, k}^*(t) dt. \quad (5)$$

W przeciwieństwie do równania [2] uzyskanie transformaty odwrotnej równania [5] nie jest łatwe. Konieczne staje się założenie o ortogonalności bazy falkowej $\{\psi_{j, k}(t), j, k \in \mathbb{Z}\}$. Wtedy odwrotna transformata do transformaty z równania [5] definiowana jest następująco:

$$f(t) = c_{\psi}^{-\frac{1}{2}} \sum_{j, k \in \mathbb{Z}} W_f(j, k) \psi_{j, k}(t) \quad (6)$$

Równanie [6] nazywane jest dyskretną falkową dekompozycją funkcji $f(t)$. W ogólnym przypadku sygnał $f(t)$, jak i składniki po prawej stronie równania [6] należą do wielowymiarowej przestrzeni $L^2(\mathbb{R}^n)$.

W artykule zastosowano analizę falkową do predykcji indeksu bazowego, ponieważ analiza falkowa jest narzędziem, które pozwala na stosowanie długich interwałów czasowych, kiedy potrzebujemy bardziej dokładnych informacji niskoczęstotliwościowych, i krótszych obszarów, kiedy potrzebujemy informacji wysokoczęstotliwościowych. Ponadto analiza falkowa jest zdolna do odkrywania aspektów danych, które są pomijane przez inne techniki analizy sygnałów, takich jak punkty awarii, nieciągłości wyższych pochodnych, własne podobieństwo. Pozwala także na kompresję i odszumianie sygnału bez jego znacznej degradacji.

2. Specyfikacja wycenianego instrumentu

Celem zobrazowania efektywności inwestycji w kontekście oszacowania rzeczywistej ceny instrumentu przed jego nabyciem dokonano wyceny polisy inwestycyjnej odzwierciedlającej specyfikę rzeczywistych instrumentów na rynku kapitałowym.

Podstawowe informacje polisy inwestycyjnej przyjętej do wyceny zawiera tabela 1. Zakres ubezpieczenia z tytułu Polisy X obejmuje życie i dożycie ubezpieczonego do końca okresu ubezpieczenia. Świadczenie ubezpieczeniowe wypłacane jest z tytułu dożycia ubezpieczonego do końca okresu ubezpieczenia lub z tytułu śmierci ubezpieczonego w okresie odpowiedzialności ubezpieczyciela.

Premia z tytułu Polisy X jest uzależniona od wybranego przez inwestora wariantu¹. Dla:

- WARIANTU I
 - kupon równy wzrostowi indeksu WIG20, jeśli maksymalna wartość indeksu WIG20 jest mniejsza od 150 proc. wartości początkowej.

1. Ostateczna wartość kuponu jest ustalana po zakończeniu okresu subskrypcji.

Tabela 1. Podstawowe informacje polisy inwestycyjnej o nazwie Polisa X

Lp.	Wyszczególnienie	Opis
1.	Forma prawna	Grupowe ubezpieczenie na życie i dożycie
2.	Waluta	PLN
3.	Wskaźnik	Indeks WIG20
4.	Wiek klienta	Klient może przystąpić do ubezpieczenia, jeżeli w dniu przystąpienia do ubezpieczenia ma ukończone 18 lat i jego wiek nie przekracza 80 lat.
5.	Okres subskrypcji ¹	15.02.2008 r. – 05.03.2009 r.
6.	Koniec okresu wpłat składek	09.03.2009 r.
7.	Okres ubezpieczenia	36 miesięcy
8.	Początek okresu ubezpieczenia	12.03.2009 r.
9.	Minimalna składka	10 000 PLN

Źródło: opracowanie własne.

lub ²

- kupon równy 10,5–16,5 proc., jeśli maksymalna wartość indeksu WIG20 jest większa lub równa 150 proc. wartości początkowej.

- **WARIANTU II**

- kupon równy wzrostowi indeksu WIG20, jeśli maksymalna wartość indeksu jest mniejsza od 150 proc. wartości początkowej oraz indeks WIG20 na koniec inwestycji jest równy lub powyżej wartości początkowej.

lub

- kupon równy 21–29 proc., jeśli maksymalna wartość indeksu WIG20 jest większa lub równa 150 proc. wartości początkowej i jeżeli indeks WIG20 na koniec inwestycji jest powyżej wartości początkowej, jeżeli natomiast wartość indeksu WIG20 na koniec inwestycji jest poniżej wartości początkowej, kupon dodawany jest do 90 proc. składki zainwestowanej.

Polisa obejmuje gwarancją zainwestowaną składkę. Dla wariantu pierwszego – 100 proc. po zakończeniu okresu ubezpieczenia, natomiast dla wariantu drugiego – 90 proc. po zakończeniu okresu ubezpieczenia.

Klient w Okresie Subskrypcji, a ubezpieczony po rozpoczęciu okresu ubezpieczenia, mogą zrezygnować z ubezpieczenia z zachowaniem formy pisemnej, ponosząc odpowiednie konsekwencje. Koszt rezygnacji z ubezpieczenia wynosi 200 PLN. Wartość wykupu wyraża się zależnością:

$$WW = (SZ \times WSZ + WIP) - KR$$

gdzie:

WW – Wartość Wykupu,

SZ – Składka Zainwestowana,

2. Okresy subskrypcji to okresy, w których istnieje możliwość przystąpienia do Wariantu I lub Wariantu II.

WSZ – Współczynnik Składki Zainwestowanej³, który zależy od okresu, w jakim inwestor złożył rezygnację:

- W pierwszym roku ubezpieczenia współczynnik składki zainwestowanej wynosi dla:
 - WARIANTU I – 80–89 proc.
 - WARIANTU II – 72–80 proc.
- W drugim roku ubezpieczenia współczynnik składki zainwestowanej wynosi dla:
 - WARIANTU I – 80–93 proc.
 - WARIANTU II – 72–83 proc.
- W trzecim roku ubezpieczenia współczynnik składki zainwestowanej wynosi dla:
 - WARIANTU I – 80–97 proc.
 - WARIANTU II – 72–87 proc.

WIP – Wartość Instrumentu Pochodnego, czyli wartość sprzedaży instrumentu pochodnego uwzględniająca ostateczną wartość kuponu, ustalana na podstawie transakcji umorzenia instrumentu pochodnego⁴ w terminie 14 dni roboczych od dnia otrzymania przez ubezpieczyciela oryginału „Oświadczenia o rezygnacji z ubezpieczenia”.

KR – Koszty Rezygnacji.

Inwestycja w Polisę X obarczona jest ryzykiem. Jest to w szczególności ryzyko utraty części zainwestowanych środków w przypadku wycofania się z inwestycji przed terminem zapadalności. Ryzyko niezrealizowania się warunków do wypłaty premii i otrzymanie 100 proc. w przypadku wariantu I i 90 proc. w przypadku wariantu II składki zainwestowanej po zakończeniu okresu ubezpieczenia. Z uwagi na fakt, iż walutą rozliczeniową jest PLN, nie występuje ryzyko walutowe.

3. Scenariusze polisy inwestycyjnej

Zasady ustalania i przyznawania premii dla inwestora w Polisę X zostały określone powyżej. Z przyjętych reguł wynika, że ubezpieczonego w zależności od wybranego wariantu mogą spotkać różne scenariusze w związku z inwestycją w Polisę X. Podstawowe różnice w zaproponowanych wariantach przedstawia poniższa tabela 2.

3. Współczynnik Składki Zainwestowanej to wielkość określona procentowo, która jest zazwyczaj ustalana 5 dnia roboczego po zakończeniu danego Okresu Subskrypcji dla wszystkich ubezpieczonych, którzy przystąpili do danego Wariantu ubezpieczenia i w danym Okresie Subskrypcji, ustalana jest jednakowa wysokość współczynnika Składki Zainwestowanej w zależności od roku trwania okresu ubezpieczenia, w którym ubezpieczony złożył „Oświadczenie o rezygnacji z ubezpieczenia”.
4. Instrument pochodny to instrument finansowy zakupiony przez ubezpieczyciela, którego wycena zależy od wartości instrumentu bazowego, na który został on wystawiony.

Tabela 2. Zestawienie porównawcze wybranych cech dla WARIANTU I i WARIANTU II Polisy X

Lp.	Wyszczególnienie	WARIANT I	WARIANT II
1.	Podatek	Bez podatku	Bez podatku
2.	Poziom ochrony kapitału na koniec inwestycji	100%	90%
3.	Zysk	Do 50% w 3 lata	Do 50% w 3 lata
4.	Poziom ryzyka związanego z inwestycją*	Umiarkowane	Podwyższone
5.	Zalecany minimalny horyzont inwestycyjny**	3 lata	3 lata
6.	Wysokość kuponu w sytuacji gdy WIG20 osiągnie lub przekroczy barierę 150%***.	10,5%–16,5%	21%–29%

* Skala: niske, umiarkowane, podwyższone, wysokie, bardzo wysokie.

** Skala: do 1 roku, 1–2 lat, 3 lat, 4–5 lat, powyżej 5 lat.

*** Zysk równy wzrostowi indeksu WIG20, jeśli nie przekroczy bariery 150 proc. wartości początkowej.

Źródło: opracowanie własne.

3.1. Scenariusze polisy inwestycyjnej dla Wariantu I

SCENARIUSZ I.I

Jeśli wartość WIG20 w trakcie trwania lub na koniec okresu inwestycji wzrośnie, ale nie osiągnie 150 proc. wartości początkowej indeksu, klient otrzyma na koniec 100 proc. składki zainwestowanej + kupon w wysokości odpowiadającej wzrostowi indeksu, np. wartość indeksu wzrośnie o 2,77 proc., klient otrzyma na koniec inwestycji 100 proc. składki zainwestowanej + kupon w wysokości 2,77 proc. składki zainwestowanej.

SCENARIUSZ I.II

Jeśli wartość WIG20 w trakcie trwania lub na koniec okresu inwestycji osiągnie lub przekroczy 150 proc. wartości początkowej, klient otrzyma na koniec 100 proc. składki zainwestowanej + kupon w wysokości 10,5–16,5 proc. składki zainwestowanej.

SCENARIUSZ I.III

Jeśli WIG20 na koniec okresu inwestycji będzie poniżej wartości początkowej i w trakcie trwania inwestycji osiągnie lub przekroczy 150 proc. wartości początkowej indeksu, klient otrzyma na koniec 100 proc. składki zainwestowanej + kupon w wysokości 10,5–16,5 proc. składki zainwestowanej.

SCENARIUSZ I.IV

Jeśli WIG20 na koniec okresu inwestycji będzie poniżej wartości początkowej i w trakcie trwania inwestycji nie osiągnie ani nie przekroczy 150 proc. wartości początkowej indeksu, klient otrzyma na koniec 100 proc. składki zainwestowanej.

3.2. Scenariusze polisy inwestycyjnej dla Wariantu II

SCENARIUSZ II.I

Jeśli wartość WIG20 w trakcie trwania lub na koniec okresu inwestycji nie osiągnie 150 proc. wartości początkowej indeksu oraz indeks WIG20 na koniec inwestycji jest równy lub powyżej wartości początkowej, klient otrzyma na koniec 100 proc. składki zainwestowanej + kupon w wy-

sokości odpowiadającej wzrostowi indeksu, np. jeśli wartość indeksu wzrośnie o 3,94 proc., klient otrzyma na koniec inwestycji 100 proc. składki zainwestowanej + kupon w wysokości 3,94 proc. składki zainwestowanej.

SCENARIUSZ II.II

Jeśli wartość WIG20 w trakcie trwania okresu inwestycji osiągnie lub przekroczy 150 proc. wartości początkowej i na koniec będzie równy wartości początkowej klient otrzyma na koniec 100 proc. składki zainwestowanej + kupon w wysokości 21–29 proc. składki zainwestowanej.

SCENARIUSZ II.III

Jeśli wartość WIG20 w trakcie trwania lub na koniec okresu inwestycji osiągnie lub przekroczy 150 proc. wartości początkowej, klient otrzyma na koniec 100 proc. składki zainwestowanej + kupon w wysokości 21–29 proc. składki zainwestowanej.

SCENARIUSZ II.IV

Jeśli wartość WIG20 w trakcie trwania lub na koniec okresu inwestycji osiągnie lub przekroczy 150 proc. wartości początkowej, ale na koniec będzie poniżej wartości początkowej, klient otrzyma na koniec 90 proc. składki zainwestowanej + kupon w wysokości 21–29 proc. składki zainwestowanej.

SCENARIUSZ II.V

Jeśli wartość WIG20 na koniec okresu inwestycji będzie poniżej wartości początkowej i w trakcie trwania inwestycji nie osiągnie ani nie przekroczy 150 proc. wartości początkowej indeksu, inwestor otrzyma na koniec 90 proc. składki zainwestowanej.

4. Opis algorytmu predykcji instrumentu bazowego

Z charakterystyki polisy inwestycyjnej przedstawionej w rozdziale 2 i 3 wynika, że korzyść z inwestycji zarówno dla emitenta, jak i inwestora, jest uzależniona od instrumentu bazowego (wskaźnika). Zatem kluczową rolę w inwestycji odgrywa zmienność wartości instrumentu bazowego, w tym przypadku WIG20. Zmienność wartości instrumentu bazowego najprościej można określić jako miarę wskazującą, w jakim przedziale dany instrument może zmienić swoją wartość w danym okresie. Zatem celem oszacowania korzyści z inwestycji w polisę inwestycyjną jest oszacowanie wartości instrumentu bazowego na dzień zapadalności polisy.

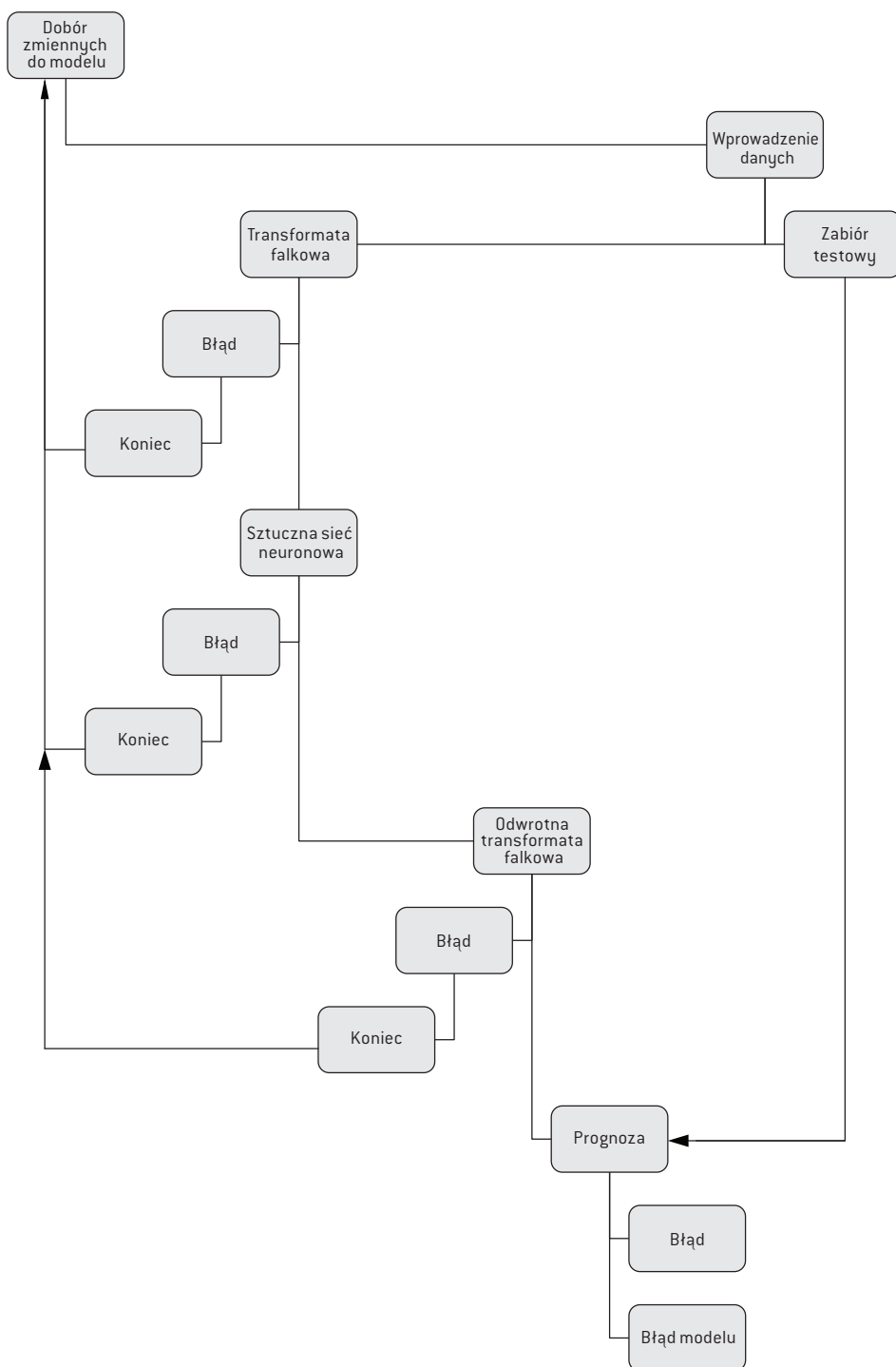
W pracy proponuje się oszacowanie instrumentu bazowego na podstawie przedstawionego poniżej uogólnionego autorskiego modelu⁵, którego uproszczony ogólny algorytm przedstawiony jest na poniższym schemacie (rysunek 1).

Proponowany algorytm oparty jest na analizie falkowej⁶, która polega na dekompozycji sygnału i przedstawieniu go w postaci liniowej kombinacji funkcji bazowych, zwanych falkami. Cechami odróżniającymi tę metodę analizy sygnału od innych są wielostopniowa dekompozycja

5. Zob. Dyduch 2006.

6. Zob. Dyduch 2008.

Rysunek 1. Schemat predykcji instrumentu bazowego



Źródło: opracowanie własne.

sygnału, zmienna rozdzielczość w dziedzinie czasu i częstotliwości oraz możliwość stosowania funkcji bazowych innych niż funkcje harmoniczne.

5. Predykcja instrumentu bazowego

Predykcję instrumentu bazowego, jakim jest w analizowanym przypadku WIG20, oparto na indeksach giełdy japońskiej, niemieckiej, amerykańskiej oraz chińskiej. Szeregi indeksów giełdowych uwzględnionych w badaniu prezentują okres 23.04.1991 r. – 01.03.2009 r. Szeregi Dow Jones, DAX, Nikkei, Hang Seng, WIG prezentują indeksy różnych giełd światowych, zatem mimo iż mieszczą się w tym samym przedziale czasowym, nie są równoliczne. Konieczna jest więc między innymi standaryzacja czasowa szeregów.

Każdy z pięciu szeregów podzielono na podszeregi, tzw. próbki o parzystej liczbie obserwacji, będące wielokrotnością liczby 2. Możliwości podziału jest wiele, można ograniczyć każdy z szeregów do wielokrotności liczby 2 lub utworzyć kilkanaście szeregów dwuelementowych, cztero-elementowych, ośmioelementowych, szesnastoelementowych itd. Następnie, po wygenerowaniu odpowiedniej falki, wyznaczono współczynniki falkowe szeregów odpowiednim algorytmem. Macierze współczynników falkowych dla poszczególnych szeregów giełdowych zostały wyznaczone dla każdego rozpatrywanego indeksu przy podziale wszystkich szeregów na podszeregi dwuelementowe i przy jednym poziomie rozdzielczości falki.

Następnie każdemu podszeregowi szeregu n przypisano wygenerowane współczynniki falkowe na różnych poziomach rozdzielczości i zainicjalizowano kolejny krok algorytmu związanego z inicjalizacją sztucznej sieci neuronowej⁷, którego efektem jest wyjściowa macierz współczynników falkowych szeregu WIG20.

Dysponując wygenerowanymi współczynnikami transformaty falkowej dla przyszłych wartości indeksu WIG, zastosowano algorytm odwrotnej transformaty falkowej, dający w efekcie wartości przyszłe, tzn. prognozy szeregu WIG20 na dzień wskazany w opisie subskrypcyjnym produktu strukturyzowanego.

Zatem otrzymujemy wartość WIG20 na dzień 09.03.2012 r. wynosząca 2288 pkt.

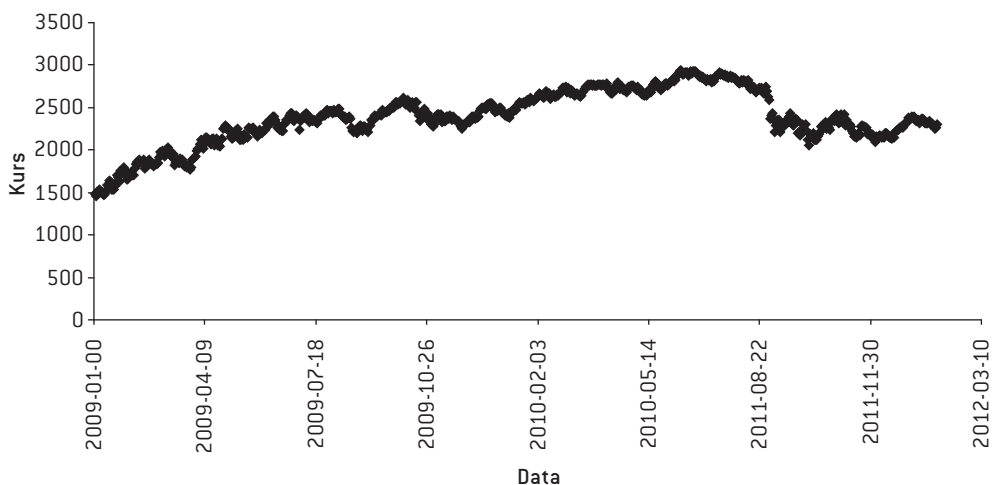
7. Proces uczenia sieci neuronowej ma zgodnie z intencją prowadzić do odwzorowania zależności reprezentowanych przez zbiór uczący. Kształt powierzchni funkcji odwzorowującej w sieci neuronowej wektor wejść na wektor wyjść jest modyfikowany za pomocą zmian wartości wag, w taki sposób, by jak najlepiej odpowiadał faktycznemu kształtowi przybliżanej funkcji. W rzeczywistości jednak sieć neuronowa dopasowuje wartości swoich wag do obserwacji ze zbioru uczącego, które mogą zawierać zniekształconą lub niepełną informację o zależnościach zjawiska lub funkcji, które sieć stara się odwzorować. Ponadto sieć neuronowa uczona jest z myślą o zdolności do trafnego przybliżania wyjść odpowiadających tym punktom w przestrzeni wejść, które nie należą do zbioru treningowego, czyli do możliwości generalizowania.

Innymi słowy na tym etapie sieć neuronowa wykorzystuje swoją zdolność do uogólniania, czyli że wytrenowana zdolna jest w sposób mniej lub bardziej sensowny do generalizowania i wygenerowania rozwiązania dla dowolnego nowego, nieznanego wektora (niewchodzącego w skład zbioru treningowego) podanego jej na wejściu.

6. Podsumowanie inwestycji w polisę inwestycyjną

Znajomość wartości indeksu bazowego polisy inwestycyjnej na dzień ustalenia wartości końcowej jest bardzo istotna, ponieważ pozwala na częściowe oszacowanie opłacalności inwestycji i eliminację niektórych scenariuszy.

Rysunek 2. Kurs WIG20 w okresie 09.03.2009 r. – 09.03.2012 r.



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GPW w Warszawie.

Otrzymana wartość odchyła się od wartości rzeczywistej o 0,6 proc. Bezładne oszacowanie jest niemożliwe między innymi z uwagi na długi horyzont prognozy oraz na dużą obserwowalną zmienność notowań przedstawioną na rysunku 2 wynoszącą 13,37 proc. (tabela 3).

Tabela 3. Podstawowe statystyki notowań WIG 20 z okresu 09.03.2009 r. – 09.03.2012 r.

Statystyki	Wartość
Średnia	2382,32
Błąd standardowy	11,55
Mediana	2375,19
Odchylenie standardowe	318,46
Kurtoza	0,11
Skośność	-0,53
Zakres	1487,61
Minimum	1453,14
Maksimum	2940,75
Współczynnik zmienności	0,1337

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z GPW w Warszawie.

Na podstawie otrzymanej prognozy inwestor może wnioskować, że kurs WIG20 na dzień zapadalności polisy inwestycyjnej prawdopodobnie będzie mieścić się w przedziale. Kurs początkowy wynoszący 1477,48 nie należy do przedziału. Zatem prognozowany kurs WIG20 na dzień zapadalności polisy inwestycyjnej jest powyżej kursu początkowego. Wyznaczona prognoza pozwala z uwagi na warunek „kurs WIG20 na dzień zapadalności polisy inwestycyjnej jest powyżej kursu początkowego” przyjąć za możliwe do zrealizowania dla inwestora w polisę X scenariusze I.I, I.II, II.I, II.III. Każdy z tych scenariuszy jest korzystny dla inwestora, ponieważ daje premię w postaci kuponu.

Podsumowanie

Ze względu na swój lokalny charakter analiza falkowa jest narzędziem badania procesów niestacjonarnych. Metoda ta znalazła już zastosowanie w ekonomii na wielu płaszczyznach. Falków można używać w ekonomii między innymi do⁸:

- badania własności procesów ekonomicznych oraz zależności między procesami w różnych skalach czasu (w długim i krótkim okresie),
- badania lokalnych i globalnych własności procesów w różnych rozdzielczościach (z większą bądź mniejszą dokładnością),
- wykrywania załamań strukturalnych, obserwacji nietypowych, punktów zwrotnych, nieciągłości czy skupiania się wariancji,
- badania sezonowości i dostosowywania sezonowego szeregów,
- wygładzania szeregów i wyznaczania trendów,
- modelowania dynamiki procesów nieliniowych za pomocą sieci falkowych (badanie procesów z długą pamięcią, odkrywanie fraktalnej natury procesów ekonomicznych).

Analiza falkowa jest rodzajem analizy częstotliwościowej, w ramach której dany proces jest reprezentowany jednocześnie w dziedzinie czasu i w dziedzinie częstości. Jest techniką okien, których rozmiar ulega zwiększeniu lub zmniejszeniu w zależności od tego, czy analizujemy wahania długo- czy krótkookresowe.

Pomimo swej krótkiej historii w dziedzinie przetwarzania sygnałów falki udowodniły, że są niezbędnym dodatkiem do kolekcji standardowych narzędzi do analizy sygnałów⁹ i wciąż kontynuują zdobywanie popularności.

Wykaz źródeł

Białasiewicz T., *Falki i aproksymacje*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.

Bruzda J., *The Haar Wavelet Transfer Function Model and Its Applications, Dynamic Econometric Models*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 2011.

Dyduch M., *Zastosowanie sieci falkowo-neuronowej do predykcji ekonomicznych szeregów czasowych*, w: *Prognozowanie w zarządzaniu firmą*, praca zbiorowa pod redakcją naukową Pawła

8. Zob. Bruzda 2011.

9. Zob. Ramsey, Lampart, 1998, Percival, Walden, 2000, Gençay, Selçuk, Whitcher, 2002, Schleicher 2002.

- Dittmanna i Joanny Krupowicz, *Prace Naukowe UE we Wrocławiu*, Wydawnictwo UE we Wrocławiu, Wrocław 2006.
- Dyduch M., *Wykorzystanie metod sztucznej inteligencji do wspomaganie decyzji inwestycyjnych*, w: *Inwestowanie na rynku kapitałowym*, Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania nr 10, Wydawnictwo: Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2008.
- Dyduch M., *Współczynniki transformaty falkowej jako narzędzie generujące prognozę przedziałową szeregów czasowych*, w: *Modelowanie preferencji a ryzyko'10*, praca zbiorowa pod redakcją naukową Tadeusza Trzaskalika, Prace Naukowe UE, Wydawnictwo UE, Katowice 2010.
- Gençay R.F., Selçuk F., Whitcher B., *An Introduction to Wavelets and Other Filtering Methods in Finance and Economics*, Academic Press, San Diego 2002.
- Jajuga K., Jajuga T., *Instrumenty finansowe, aktywa niefinansowe, ryzyko finansowe, inżynieria finansowa*, PWN 2011 [copyright 2006].
- Percival D.B., Walden A.T., *Wavelet Methods for Time Series Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge 2000.
- Ramsey J.B., *The Contribution of Wavelets to the Analysis of Economic and Financial Data*, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1999, Series A, 357, 2593–2606.
- Ramsey J.B., Lampart C., *The Decomposition of Economic Relationships by Time Scale Using Wavelet*, Expenditure and Income, Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics, 1998 3(1), 23–42.
- Schleicher Ch., *An Introduction to Wavelets for Economists*, Working Paper, Bank of Canada, 2002–3.
- Talaga L., Zieliński Z., *Analiza spektralna w modelowaniu ekonometrycznym*, PWN, Warszawa 1986.

Using methods of the wavelet analysis to measure effectiveness of the investment policy

The author has directed investment effectiveness towards the investment policy which belongs to the group of alternative investments, i.e. those whose positive result does not depend on continuous positive increases on stock exchange markets.

She has conducted valuation of the investment policy as the assessment of investment's effectiveness on the basis of her own model which integrates neuronal networks and wavelet analysis. In particular, she has focused on the ratio of investment policy, on its projection as of the investment policy maturity date. She has also presented policy estimates in various options, depending on the value of the policy ratio.

Key words: investments, capital effectiveness, investment policy.

DR INŻ. MONIKA HADAŚ-DYDUCH – adiunkt w Katedrze Metod Statystyczno-Matematycznych w Ekonomii Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach.