

**Monika Hadaś-Dyduch\***

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

## PREDYKCJA WSKAŹNIKÓW MAKROEKONOMICZNYCH NA PRZYKŁADZIE WSPÓŁCZYNNIKA DZIETNOŚCI

### STRESZCZENIE

Obserwowane zmiany demograficzne wskazują, że sytuacja ludnościowa Polski jest trudna. Szczególnie niekorzystne zmiany występują w trendzie urodzeń, co ma negatywny wpływ na przyszłą dzietność, zwłaszcza wobec utrzymującej się wysokiej skali emigracji Polaków za granicę. Z uwagi na skalę problemu, jakim jest dzietność, w pracy podjęto próbę predykcji wskaźnika dzietności na podstawie modelu bazującego na własnościach analizy falkowej, falką Daubechies z uwzględnieniem wpływu na dzietność takich czynników, jak liczba zawartych małżeństw, liczba rozwodów, przeciętne miesięczne wynagrodzenie brutto, oraz emigracja. W modelu zastosowanym do predykcji wskaźnika dzietności wykorzystano również własności sztucznych sieci neuronowych w szczególności zdolność do uogólniania zdobytej wiedzy.

**Słowa kluczowe:** demografia, dzietność, analiza falkowa, sztuczne sieci neuronowe, wskaźniki makroekonomiczne, predykcja

---

\* Adres e-mail: [monika.dyduch@ue.katowice.pl](mailto:monika.dyduch@ue.katowice.pl)

## Dzietność a gospodarka

Dzietność ma znaczący wpływ na prawdopodobieństwo rozwodu małżonków. Około 80% rozwiedzionych to pary bezdzietne lub wychowujące jedno dziecko. Prawdopodobieństwo rozwodu znacznie zmniejsza pojawienie się drugiego dziecka w rodzinie, jest to zmiana aż o 50%. W przypadku rodzin z trojgiem dzieci prawdopodobieństwo rozwodu zmniejsza się aż czterokrotnie (tab. 1).

Tabela 1. Wpływ dzietności na rozwody

Rok	Rozwody ogółem	Odsetek rozwiedzionych małżeństw				
		Bez dzieci	o liczbie dzieci			
			1	2	3	4 i więcej
2002	100	37	39,86	18,24	3,72	1,18
2003	100	37,91	39,86	17,51	3,58	1,14
2004	100	35,11	39,79	19,16	4,42	1,52
2005	100	32,38	39,88	20,42	5,16	2,16
2006	100	37,39	39,26	17,99	3,91	1,45
2007	100	38,73	39,3	17,55	3,41	1,01
2008	100	39,67	38,81	17,22	3,33	0,97
2009	100	40,31	38,55	17,15	3,05	0,94

Źródło: GUS, Baza Demografia: <http://demografia.stat.gov.pl/BazaDemografia/Tables.aspx>; Rocznik Demograficzny 2009.

Z uwagi na znaczny wpływ rozwodów na dzietność, a zarazem na gospodarkę na świecie, państwa podjęły działania polityczne mające na celu zapobieganie rozwodom. Przykładowo:

- w Teksasie przyjęta została ustawa Wait Peroid Bill, która nakazuje rozpatrywanie wniosków rozwodowych dopiero po roku od ich złożenia, jeśli nie przewidują orzekania o winie rozkładu pożycia oraz jeżeli pod wspólną opieką małżonków pozostają nieletni (poniżej 18 lat);
- w Norwegii popularną metodą przeciwdziałania rozwodom są obowiązkowe spotkania dla małżonków posiadających nieletnie dzieci. Podczas spotkań przedstawia się skutki, jakie rozwód wywiera na dzieci. Młode pary otrzymują wsparcie psychologiczne w czasie pierwszego roku po narodzinach każdego dziecka, który uważany jest przez specjalistów za najtrudniejszy

okres w małżeństwie. W czasie nieodpłatnych kursów małżonkowie uczą się komunikacji w związku i rozwiązywania konfliktów. „W 2008 r. norweski rząd wydał na takie kursy ponad 700 tys. euro. Kiedy pary zostają zmuszone do przeanalizowania, co stanie się z ich dziećmi po rozwodzie, często zmieniają zdanie” [Rybińska 2010];

- na Malcie do 28 maja 2011 r. ustawodawstwo wykluczało rozwody. W wyniku referendum podjęto decyzję o wprowadzeniu do systemu prawa możliwości rozwodu. Jednakże orzeczenie rozwodu będzie musiało być poprzedzone czteroletnią obowiązkową separacją.

Wzrastający odsetek rozwodów wywołuje wymierne, negatywne skutki dla gospodarki państw. W Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej na podstawie raportu *The Taxpayer Costs of Divorce and Unwed Childbearing* stwierdzono, że rozpady rodzin generują w budżecie Stanów Zjednoczonych ubytek w wysokości 112 mld dolarów rocznie. Poza bezpośrednimi skutkami makroekonomicznymi rozwodów istnieją również skutki społeczne, które generują dodatkowe wydatki budżetowe.

Należy zaznaczyć, że tzw. skurcz demograficzny coraz wyraźniej odbija się na gospodarce i życiu społecznym Polski. Niedostatek podatników destabilizuje finanse publiczne, powiększając ich chroniczny deficyt. Brak płatników składek emerytalnych źle wpływa na system ubezpieczeń społecznych, który trzeba podpierać dotacjami z budżetu i pożyczkami w bankach. Starzejąca się populacja sprawia, że system opieki zdrowotnej pęka pod naporem pacjentów. Malejąca liczba dzieci skutkuje zamykaniem szkół i uczelni. Wraz z ubytkiem młodych znikają miejsca pracy, spada popyt na różnorakie usługi, za to rośnie zapotrzebowanie na drogie zabiegi medyczne i opiekę nad osobami starszymi.

Brak dopływu młodych ludzi na rynku pracy wkrótce zacznie odbijać się także na sektorze prywatnym, zmniejszając jego innowacyjność, konkurencyjność i zdolność adaptacji do zmieniających się warunków rynkowych. Spadek potencjału ludnościowego Polski już dziś osłabia naszą pozycję międzynarodową, czego jaskrawym dowodem jest traktat z Lizbony z jego nową metodą mierzenia siły głosu poszczególnych krajów Unii Europejskiej, dającą przewagę państwom o większej liczbie ludności. Przypomnijmy, że Polska nie uzyskała kilka lat temu miejsca w grupie dwudziestu najbogatszych krajów świata G20, ponieważ zajęła je prężna ludnościowo Argentyna – kraj o podobnym do naszego potencjale gospodarczym.

## Model predykcji

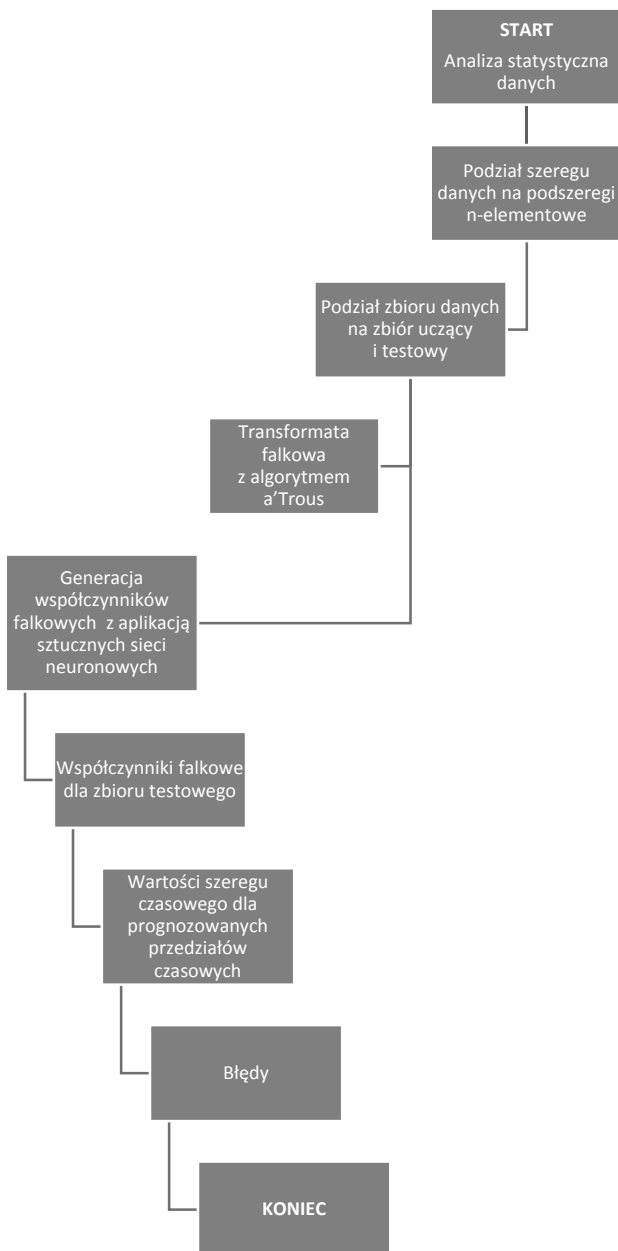
Zgodnie z tematem artykułu w tym rozdziale została przedstawiona predykcja dzietności na podstawie autorskiego modelu integrującego analizę falkową oraz sztuczne sieci neuronowe [szerzej zob. Dyduch 2008, 2010, 2011; Hadaś-Dyduch 2013, 2013a, 2014], którego uproszczony schemat prezentuje rysunek 1.

### Opis schematu predykcji

Zgodnie z przedstawionym schematem na rysunku 1 szeregi danych w pierwszej kolejności analizowane są pod kątem właściwości statystycznych, możliwości aplikacji w modelu. Następnie szeregi czasowe dzielimy na podszeregi  $n$ -elementowe. Wyodrębniony zbiory poddajemy transformacji falkowej, falką Daubechies. Do modelu wybrano falkę Daubechies, ponieważ istnieją one dla każdej parzystej długości filtrów oraz filtry dolno- i górnoprzepustowe, które mają skończoną długość. Konstrukcja tej falki jest konstrukcją bezpośrednią, ponieważ nie wymaga wnikliwej znajomości teorii falek, pozwala łatwo obliczyć przybliżone wartości funkcji skalującej i falki.

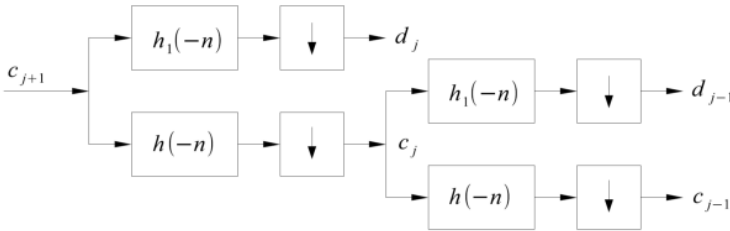
Celem wyznaczania współczynników falkowowych szeregów zbioru danych należy określić współczynniki filtrów: dolnoprzepustowego, górnoprzepustowego oraz wyznaczyć splot sygnału wejściowego ze współczynnikami filtra dolnoprzepustowego, co prowadzi do otrzymania dolnoprzepustowej informacji o sygnale (splot sygnału wejściowego ze współczynnikami filtra górnoprzepustowego, co prowadzi do otrzymania górnoprzepustowej informacji o sygnale). Następnie należy dokonać przekształcenia otrzymanych wektorów przez tzw. odrzucenie z każdego z otrzymanych wektorów co drugiej próbki, otrzymując współczynniki aproksymacji  $c$  i detali  $d$ .

Rys. 1. Ogólny schemat modelu predykcji współczynnika diety w Polsce



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2. Schemat wyznaczania współczynników dyskretnej transformaty falkowej za pomocą banku filtrów. Analiza wielopoziomowa



Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym etapem po oszacowaniu błędów z analizy falkowej jest inicjalizacja sieci neuronowej. Wykorzystujemy jedną z podstawowych własności sieci – zdolność do uogólniania wiedzy, czyli sieć nauczona na jednym zbiorze danych generuje właściwe wyniki dla innego zbioru danych nieuczestniczącego w procesie uczenia. Przez sieć generujemy zatem współczynniki falkowe przyszłych wartości szeregu. Z otrzymanych współczynników przez odwrotną transformatę falkową konstruujemy przyszłe (nowe) wartości szeregu czasowego.

## Wyniki predykcji dzietności

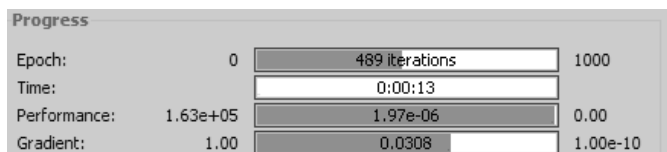
Liczba rodzonych dzieci zależy od wielu czynników, jednakże w badaniu uwzględniono tylko takie czynniki, jak liczba zawartych małżeństw, liczba rozwodów, przeciętne miesięczne wynagrodzenie, emigracja oraz liczba urodzonych dzieci.

Szeregi prezentujące liczbę zawartych małżeństw, liczbę rozwodów, przeciętne miesięczne wynagrodzenie, emigrację oraz liczbę urodzonych dzieci poddano kolejnym etapom przedstawionego we wcześniejszym rozdziale algorytmu, otrzymując ostatecznie predykcję współczynnika dzietności na lata 2011–2012. Przy czym prognozowaną wartość współczynnika dzietności otrzymano na podstawie danych dotyczących liczby zawartych małżeństw, liczby rozwodów, przeciętnego miesięcznego wynagrodzenia, emigracji oraz liczby urodzonych dzieci.

Otrzymane wartości są obarczone błędem. Minimalny błąd osiągnięty przez zbiór uczący sieci neuronowej wynosi  $10^{-5}$ , natomiast maksymalny  $10^{-1}$ . Również

zbiór testowy osiągnął dość niski błąd – na poziomie  $10^{-2}$ . Sieć neuronowa została nauczona po wykonaniu 489 iteracji i w czasie 0:00:13 (rys. 3).

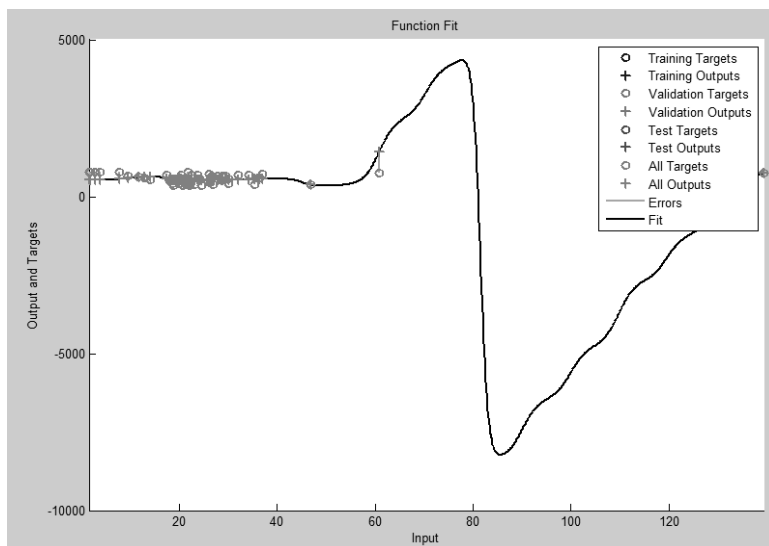
Rys. 3. Parametry wyuczonej sieci



Źródło: opracowanie własne na podstawie obliczeń komputerowych.

Różnice pomiędzy wejściem sieci a wyjściem są niewielkie i prezentuje je poniższy rysunek 4.

Rys. 4. Błąd pomiędzy zbiorem wejściowy sieci a wyjściem sieci



Źródło: opracowanie własne na podstawie obliczeń komputerowych.

Oszacowana wartość dla 2012 r. wynosi 1,29. Otrzymane wartości, jak już wcześniej wspomniano, są obarczone błędem, jednakże błąd modelu jest niski, zatem

można na podstawie otrzymanych błędów wnioskować, że przedstawiony algorytm jest w miarę skutecznym narzędziem w prognozowaniu zagadnień demograficznych.

## Zakończenie

Zastosowane do predykcji współczynnika dzietności sieci neuronowych okazało się skutecznym narzędziem, jednakże nie jest to narzędzie pozbawione wad, wśród których można wypunktować np. powolność większości algorytmów uczących, trudności z interpretacją wiedzy nabytej przez sieć (brak lub słabe własności eksplikatywne) w związku z rozproszeniem wiedzy w sieci (tzw. *distributed knowledge representation*) czy np. trudności z reprezentacją niektórych typów danych, np. cech/atrybutów nominalnych o wartościach niepodlegających uporządkowaniu; konieczność stosowania kodowania „*1 of n*”.

Polska rodzina przeżywa dziś wielowymiarowy kryzys. Jedną z konsekwencji jest m.in. brak zastępowalności pokoleń. Po okresie silnego powojennego wyżu demograficznego oraz jego „odbić” w następnych pokoleniach, ujemny przyrost naturalny w Polsce wystąpił po raz pierwszy w 2002 r. Współczynnik dzietności spadł wówczas do 1,2. Od 2006 r. odnotowano niewielki wzrost liczby dzieci przypadających na kobietę – do 1,37. Ten krótkotrwały „boom urodzeniowy” związany był z wejściem w wiek rozrodczy roczników wyżu lat 80. XX w.

## Literatura

- Dyduch M. (2008), *Sieć falkowo-neuronowa jako skuteczne narzędzie do analizy i predykcji szeregów czasowych*, w: *Metody matematyczne, ekonometryczne i komputerowe w finansach i ubezpieczeniach 2006*, red. P. Chrzan, T. Czernik, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego”, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice.
- Dyduch M. (2010), *Współczynniki transformaty falkowej jako narzędzie generujące prognozę przedziałową szeregów czasowych*, w: *Modelowanie preferencji a ryzyko 2010*, red. T. Trzaskalik, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego”, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- Dyduch M. (2011), *Prognozowanie szeregów czasowych w oparciu o współczynniki transformaty falkowej, optymalizowane przez sztuczną sieć neuronową*, w: *Metody Matema-*



- tyczne, *Ekonometryczne i Komputerowe w Finansach i Ubezpieczeniach 2009*, red. A.S. Barczak, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- Główny Urząd Statystyczny, Baza Demografia: <http://demografia.stat.gov.pl/BazaDemografia/Tables.aspx>.
- Hadaś-Dyduch M. (2013), *Prognozowanie wskaźników makroekonomicznych z uwzględnieniem transformaty falkowej na przykładzie wskaźnika inflacji*, w: *Zastosowanie metod ilościowych w naukach ekonomicznych*, red. S. Forlicz, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu” nr 2 (34), Wydawnictwo Wyższa Szkoła Bankowa w Poznaniu, Wrocław.
- Hadaś-Dyduch M. (2013a), *Non-Classical Method for Predicting Inflation*, w: *National and Regional Economy, Public Administration and Local Management: Problems, Researchers, Perspectives*, Białoruski Państwowy Uniwersytet Ekonomiczny, Minsk.
- Hadaś-Dyduch M. (2014), *Non-Classical Algorithm for Time Series Prediction of the Range of Economic Phenomena with Regard to the Interaction of Financial Market Indicators*, „Chinese Business Review” 13 (4).
- Rybińska A. (2010), *Przed rozwodem pomyśl o skutkach*, „Rzeczpospolita”, 30.12.2010, <http://www.rp.pl/artukul/586083.html>.

## PREDICTION OF MACROECONOMIC INDICATORS FOR EXAMPLE THE FERTILITY RATE

### Abstract

Demographic changes observed indicate that the situation is difficult Polish Population. Particularly adverse effects occur in the trend of births, which has a negative impact on future fertility, particularly for continuing high emigration of Poles abroad. Given the importance of the scale of the problem which is the number of children in the study attempts to predict fertility rates based on the model based on the properties of wavelet analysis, wavelet Daubechies including effects on fertility factors such as the number of marriages, number of divorces, the average monthly gross wages and emigration . The model used to predict the fertility rate, the property uses artificial neural networks, in particular, the ability to generalize the knowledge gained.

*Translated by Monika Hadaś-Dyduch*

**Key words:** demography, fertility, wavelet analysis, artificial neural networks

**JEL Code:** J1

