

Monika Hadaś-Dyduch

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

WYKORZYSTANIE TRANSFORMATY FALKOWEJ W ANALIZIE I PREDYKCJI WSKAŹNIKÓW MAKROEKONOMICZNYCH

Wprowadzenie

Prowadzone przez demografów badania i analizy wskazują, że trwający od kilkunastu lat spadek dzietności jeszcze nie jest procesem zakończonym i dotyczy w coraz większym stopniu kolejnych roczników młodzieży. Wśród przyczyn tego zjawiska wymienia się: zwiększone zainteresowanie zdobywaniem wykształcenia, trudności na rynku pracy, zmniejszenie świadczeń socjalnych na rzecz rodziny, brak w polityce społecznej filozofii umacniania rodziny, ogólnie trudne warunki społeczno-ekonomiczne¹ oraz tym podobne czynniki.

Z uwagi na wagę problemu, jakim jest dzietność, w pracy podjęto zatem próbę predykcji wskaźnika dzietności na podstawie autorskiego modelu opierającego się na własnościach analizy falkowej z uwzględnieniem wpływu na dzietność takich czynników, jak: liczba zawartych małżeństw, liczba rozwodów, przeciętne miesięczne wynagrodzenie brutto oraz emigracja.

Należy wspomnieć, że malejąca dzietność i wzrastająca długość życia powodują starzenie się społeczeństwa oraz systematyczne obniżanie się liczby młodzieży w wieku 16-24 lata. Celem zobrazowania problemu w artykule przytoczono kilka statystyk związanych z badanym problemem z lat ubiegłych.

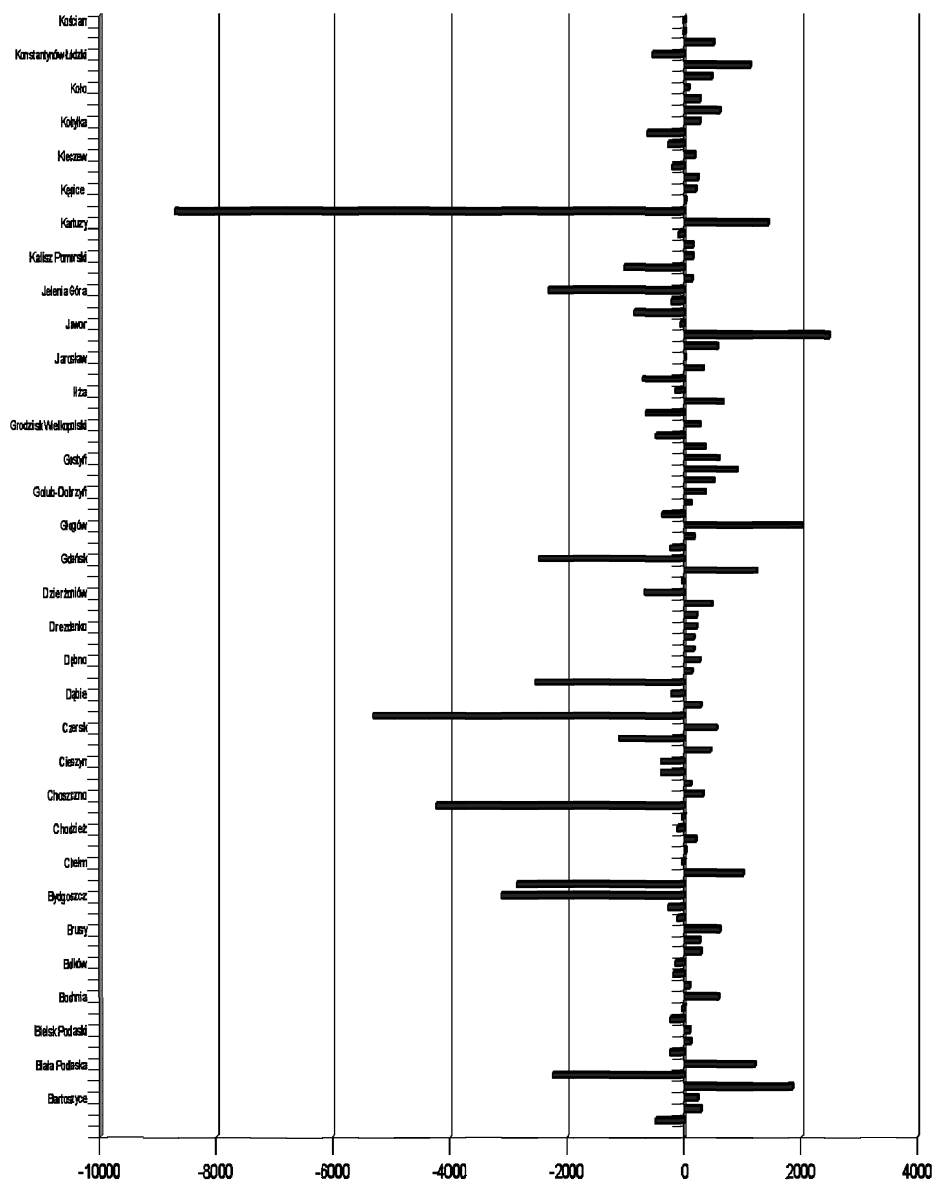
1. Dzietność w Polsce

Pod względem liczby ludności Polska znajduje się na 30 miejscu wśród krajów świata i na 9 miejscu w Europie. W przypadku gęstości zaludnienia plasuje

¹ <http://www.becikowe.com/?sr=demografia/demografia.htm> [22.08.2013].

się w grupie średnio zaludnionych państw europejskich. Na 1 km² powierzchni mieszkają 122 osoby; w miastach około 1105, na terenach wiejskich 50. Ludność miejska stanowi 61,5% ogółu populacji i jej udział stopniowo się zmniejsza. Niestety 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 był związany z wejściem w wiek rozrodczy roczników wyżu lat 80. Należy zauważyć, że największe wartości przyrostu naturalnego w 2006 r. wystąpiły w Redzie (9,2‰), Sulmierzycach, Ząbkach i Kórniku (8,0‰). W latach 1999-2006 wysokie wartości wskaźnik ten przyjmował także w Starym Sączu, Kartuzach, Brusach, Bytowie, Żorach, Polkowicach, Limanowej, Łukowie, Ząbkach i Mroczy. Charakterystyczna jest duża wartość wskaźnika przyrostu naturalnego w miastach kaszubskich (rys. 1-2).

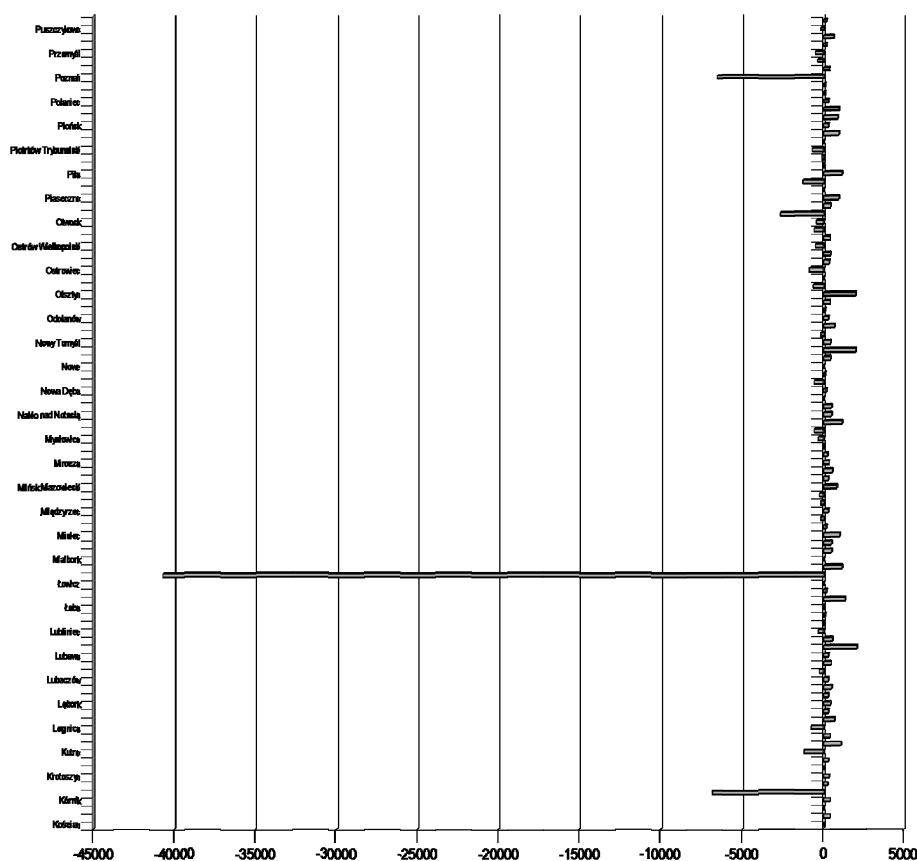
Najniższe jego wartości wystąpiły w Łodzi i Szczawnie-Zdrój (-6,5‰), Dąbiu (-6,2‰), Jedlinie-Zdrój (-6,1‰) oraz Sopocie i Wałbrzychu (5,7‰). Duży ujemny przyrost naturalny w latach 1999-2006 występował także w Będzinie, Chorzowie, Pabianicach, Ciechocinku i Czeladzi. W Karpaczu zaobserwowano natomiast znaczne wahania wartości wskaźnika (rys. 1-2).



Rys. 1. Przyrost naturalny w latach 1999-2006 (osoby) w wybranych miastach Polski

Źródło: Na podstawie Bank Danych Regionalnych Głównego Urzędu Statystycznego.

gdzie w 1999 r. wskaźnik wynosił 1,4‰, w kolejnych latach 3,0‰, 1,3‰, 2,6‰, 1,9‰, 2,2‰, 3,6‰, a w 2006 r. 8,0‰. Podobna tendencja wystąpiła w Markach (1,9‰ w 1999 r., 7,2‰ w 2006 r.). Odwrotna sytuacja wystąpiła w Kaliszu Pomorskim (spadek wartości wskaźnika z 6,7‰ do -0,5‰) i Wyrzysku (7,6‰ w 1999 r., 1‰ w 2006 r.)².



Rys. 3. Przyrost naturalny w latach 1999-2006 (osoby) w wybranych miastach Polski

Źródło: Ibid.

Wracając do analizy dzietności w skali całej Polski, należy wspomnieć, że w 2011 r. odnotowano dodatni przyrost naturalny ludności wynoszący ok. 15 tys. osób. W wyniku bilansu urodzeń i zgonów na każde 10 tys. ludności przybyły przeciętnie 4 osoby (wobec 9 osób w 2010 r., 3 – w 2000 r. i ponad 40 – w 1990 r.).

² Na podstawie Banku Danych Regionalnych Głównego Urzędu Statystycznego.

Współczynnik przyrostu naturalnego był zdecydowanie wyższy na wsi – w 2010 r. wyniósł 1,4%, podczas gdy w miastach 0,6%.

W 2011 r. zarejestrowano ok. 391 tys. urodzeń żywych, tj. o ponad 22 tys. mniej niż przed rokiem i ta tendencja – jak przewidują demografowie – będzie utrzymywać się przez lata. Polski paradoks polega na tym, że w społeczeństwie – podkreślającym wartość rodziny i uznającym ją za główne źródło szczęścia – nie wykształciła się adekwatna polityka tę wartość realizująca.

Należy wspomnieć, że od kilkunastu lat wzrasta odsetek urodzeń pozamałżeńskich. Na początku lat 90. ze związków pozamałżeńskich rodziło się ok. 6%-7% dzieci, zaś w ostatnich latach 13%-16% – co oznacza ponad dwukrotny wzrost. Spośród urodzeń pozamałżeńskich odsetek dzieci urodzonych przez wdowy i kobiety rozwiedzione nie zmienił się i wynosi niespełna 2%, natomiast dwukrotnie wzrósł udział matek o stanie cywilnym panna. Należy zaznaczyć, że współczynnik dzietności pozamałżeńskiej wzrasta, przy czym – jak zostało wcześniej wspomniane – zmniejsza się systematycznie ogólny współczynnik dzietności dla Polski. Może to zatem oznaczać, że zwiększa się liczba rodzin tworzonych przez związki partnerskie lub liczba samotnych matek tworzących rodziny niepełne³.

2. Model predykcji

Predykcję współczynnika dzietności przeprowadzono na podstawie autorskiego algorytmu integrującego analizę falkową oraz sztuczne sieci neuronowe, którego podstawowe założenia opisano poniżej.

Algorytm składa się z następujących etapów:

1. Wybór szeregów czasowych do modelu.
2. Analiza własności statystycznych szeregów danych.
3. Podział zbioru danych na zbiór uczący i testowy.
4. Podział szeregu danych na podszeregi n-elementowe.
5. Transformata falkowa z algorytmem a'Trous – generacja współczynników falkowych.
6. Aplikacja sztucznej sieci neuronowej – wykorzystano jedną z podstawowych własności sieci, tj. zdolność do uogólniania wiedzy, czyli sieć nauczona na jednym zbiorze danych generuje właściwe wyniki dla innego zbioru danych nieuczestniczącego w procesie uczenia. Poprzez sieć wygenerowano zatem współczynniki falkowe przyszłych wartości szeregu, przyjmując jako zbiór uczący współczynniki falkowe wcześniejszych obserwacji szeregu.
7. Generowanie współczynników dla zbioru testowego.

³ <http://www.becikowe.com/?sr=demografia/urodzenia.htm> [22.08.2013].

8. Generowanie wartości szeregu czasowego dla prognozowanych przedziałów czasowych poprzez odwrotną transformatę falkową.

9. Analiza błędów.

Algorytm oparto na falce Daubechies, ponieważ jest to najważniejsza i najczęściej używana w zastosowaniach numerycznych rodzina falek. Najistotniejszą cechą falek Daubechies jest to, że filtry dolno- i górnoprzepustowe mają skończoną długość. Falki Daubechies istnieją dla każdej, parzystej długości filtrów⁴. Algorytm wyznaczania współczynników falkowych szeregów zbioru danych (rys. 4) można w uproszczeniu przedstawić następująco:

1. Określenie współczynnika filtrów: dolno- i górnoprzepustowego.
2. Splot sygnału wejściowego ze współczynnikami filtra dolnoprzepustowego, co prowadzi do otrzymania dolnoprzepustowej informacji o sygnale. W wyniku operacji splotu otrzymuje się:

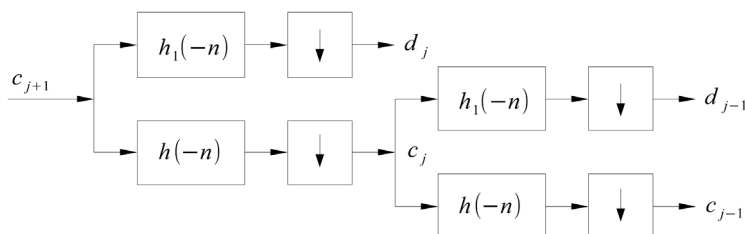
$$N + M - 1 \text{ próbek,}$$

gdzie:

N – ilość próbek sygnału,

M – długość filtra.

3. Splot sygnału wejściowego ze współczynnikami filtra górnoprzepustowego, co prowadzi do otrzymania górnoprzepustowej informacji o sygnale.
4. Przekształcenie otrzymanych wektorów, tzn. odrzucenie z każdego z otrzymanych wektorów co drugiej próbki, otrzymując współczynniki aproksymacji c i detali d ⁵.



Rys. 4. Schemat wyznaczania współczynników dyskretnej transformaty falkowej przy pomocy banku filtrów. Analiza wielopoziomowa

⁴ M. Dyduch: Współczynniki transformaty falkowej jako narzędzie generujące prognozę przedziałową szeregów czasowych. W: Modelowanie preferencji a ryzyko'10. Red. T. Trzaskalik. Wydawnictwo UE, Katowice 2010; M. Dyduch: Prognozowanie szeregów czasowych w oparciu o współczynniki transformaty falkowej, optymalizowane przez sztuczną sieć neuronową. W: Metody matematyczne, ekonometryczne i komputerowe w finansach i ubezpieczeniach 2009. Red. A.S. Barczak. Wydawnictwo UE, Katowice 2011.

⁵ Zob. M. Dyduch: Współczynniki transformaty falkowej..., op. cit.

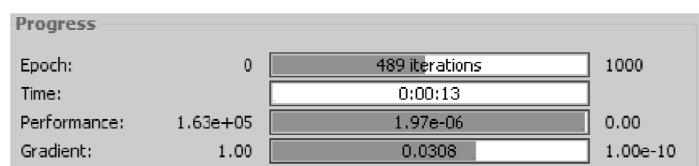
3. Wyniki

Liczba rodzonych dzieci zależy od wielu czynników, jednakże w badaniu uwzględniono tylko takie czynniki, jak:

- liczbę zawartych małżeństw,
- liczbę rozwodów,
- przeciętne miesięczne wynagrodzenie,
- emigrację,
- liczbę urodzonych dzieci.

Szeregi prezentujące liczbę zawartych małżeństw, liczbę rozwodów, przeciętne miesięczne wynagrodzenie, emigrację oraz liczbę urodzonych dzieci podano kolejnym etapom przedstawionego w wcześniejszym rozdziale algorytmu, otrzymując ostatecznie predykcję współczynnika dzietności na 2012 r. Prognozowaną wartość współczynnika dzietności otrzymano przy tym na podstawie danych dotyczących liczby zawartych małżeństw, liczby rozwodów, przeciętnego miesięcznego wynagrodzenia, emigracji oraz liczby urodzonych dzieci.

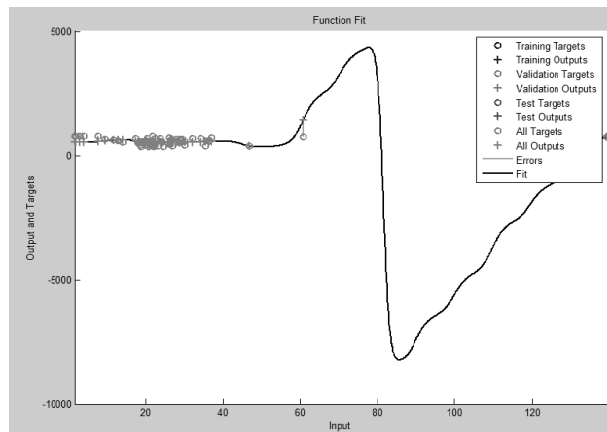
Sztuczna sieć neuronowa została uruchomiona celem wygenerowania współczynników falkowych niezbędnych do predykcji. Otrzymane wartości są obarczone błędem. Minimalny błąd osiągnięty przez zbiór uczący sieci neuronowej wynosi 10^{-5} , natomiast maksymalny 10^{-1} . Również zbiór testowy osiągnął dość niski błąd, jest to błąd na poziomie 10^{-2} . Sieć neuronowa została nauczona po wykonaniu 489 iteracji i w czasie 0:00:13 (rys. 5).



Rys. 5. Parametry wyuczonej sieci

Źródło: Opracowanie własne na podstawie obliczeń komputerowych.

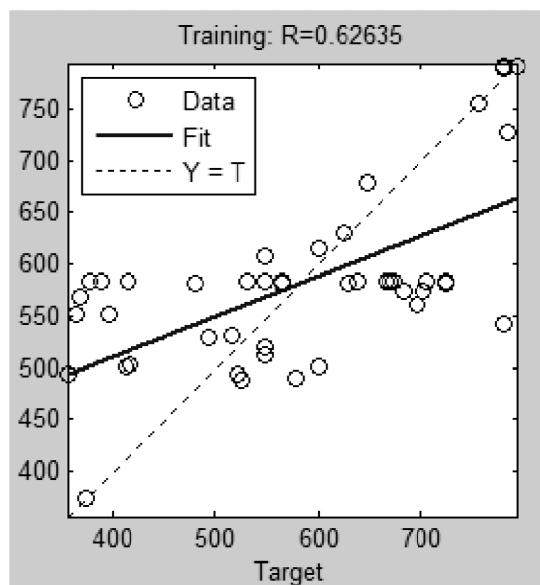
Różnice pomiędzy wejściem sieci a wyjściem są niewielkie i prezentuje je rys. 6.



Rys. 6. Błąd pomiędzy zbiorem wejściowym sieci a wyjściem sieci

Źródło: Ibid.

Błąd dla zbioru uczącego prezentuje rys. 7.



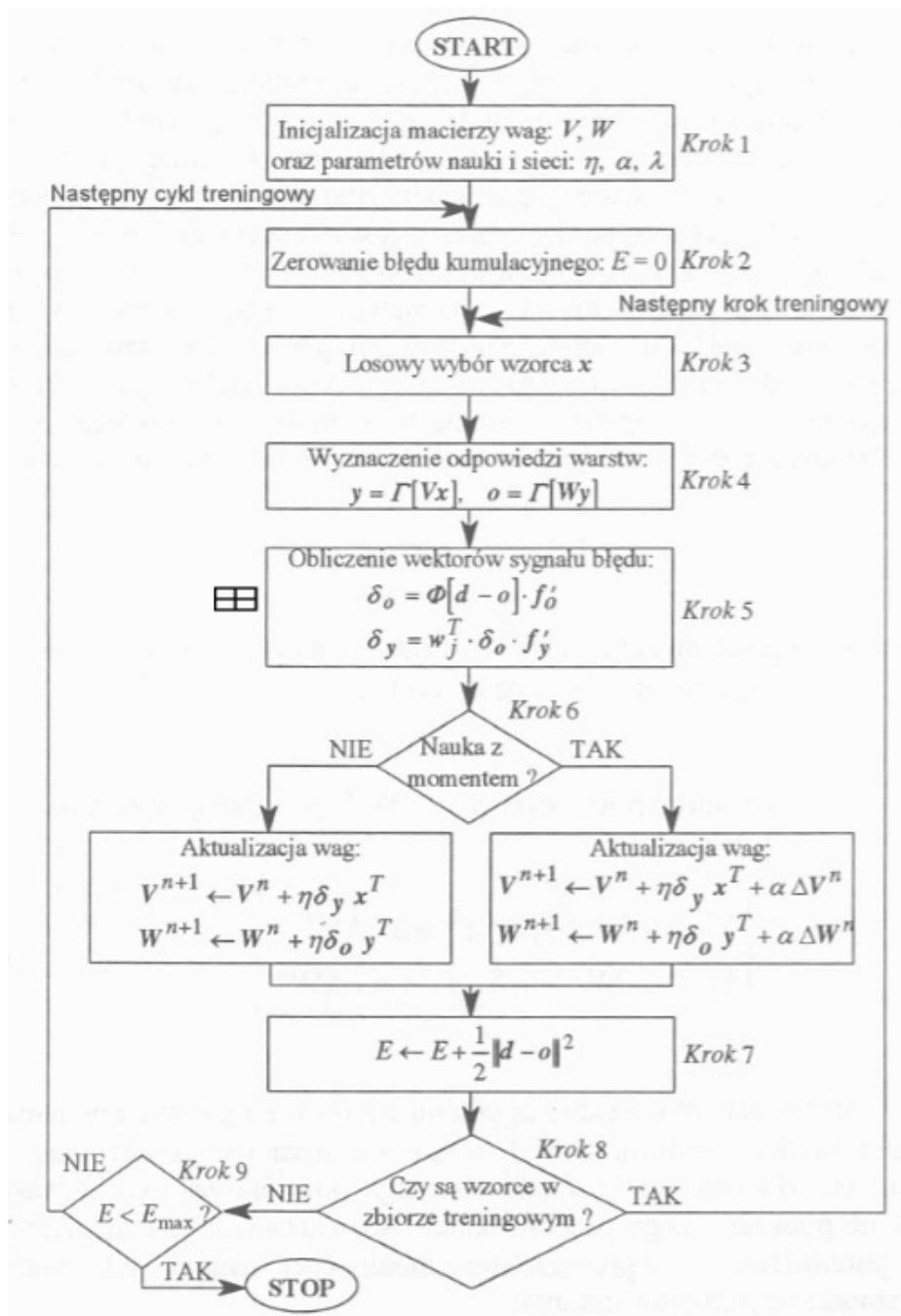
Rys. 7. Dopasowanie zbioru uczącego w procesie uczenia sieci

Źródło: Ibid.

Sztuczną sieć neuronową uczono według algorytmu (rys. 8):

1. Podaj na wejście sieci kolejny wektor wymuszeń x^j .
2. Przepropaguj wymuszenie przez sieć, obliczając pobudzenia neuronów w kolejnych warstwach, aż do warstwy wyjściowej.
3. Wektor wyjść otrzymany w warstwie wyjściowej y^j porównaj z wektorem uczącym/oczekiwanym z^j i oblicz na tej podstawie błędy δ^j popełnione przez neurony tej warstwy.
4. Dokonaj wstecznej propagacji błędu do kolejnych warstw ukrytych, tj. do ostatniej, przedostatniej itd., aż do osiągnięcia warstwy wyjściowej.
5. Dla każdego neuronu w sieci dokonaj modyfikacji wartości wag stosownie do wielkości popełnionego błędu.
6. Sprawdź, czy błąd średniokwadratowy popełniany przez sieć dla wszystkich przykładów ze zbioru uczącego Q spadł poniżej zadanej wartości Q stop; jeśli tak – zakończ pracę, w przeciwnym razie przejdź do kroku 1.

Oszacowana w wyniku zastosowania autorskiego algorytmu wartość współczynnika dzietności dla 2012 r. wynosi 1,29. Otrzymane wartości, jak już wcześniej wspomniano, są obarczone błędem, jednakże wartość współczynnika dzietności dla 2012 jest niska, zatem można na podstawie otrzymanych błędów wnioskować, że przedstawiony algorytm jest w miarę skutecznym narzędziem w prognozowaniu zagadnień demograficznych. Algorytm należałoby zapewne poszerzyć o kolejny czynnik, wpływający na liczbę urodzeń, mianowicie związki pozamałżeńskie, których liczba sukcesywnie wzrasta. Jak pokazują badania, obecnie ze związków pozamałżeńskich rodzi się 13%-16% dzieci, natomiast na początku lat 90. ze związków pozamałżeńskich rodziło się ok. 6%-7% dzieci.



Rys. 8. Algorytm wstecznej propagacji błędu

Źródło: P. Żwan: Automatic Singing Quality Recognition Employing Artificial Neural Networks. „Archives of Acoustics” 2008, No. 1.

Podsumowanie

Zastosowane do predykcji współczynnika diety sieci neuronowych okazało się skutecznym narzędziem, jednakże nie jest to narzędzie pozbawione wad. Wśród nich można wypunktować np. powolność większości algorytmów uczących, trudności z interpretacją wiedzy nabytej przez sieć (brak lub słabe własności eksplikatywne) w związku z jej (tj. wiedzy) rozproszeniem 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*”.

Literatura

Dyduch M.: Współczynniki transformaty falkowej jako narzędzie generujące prognozę przedziałową szeregów czasowych. W: Modelowanie preferencji a ryzyko'10. Red. T. Trzaskalik. Wydawnictwo UE, Katowice 2010.

Dyduch M.: Prognozowanie szeregów czasowych w oparciu o współczynniki transformaty falkowej, optymalizowane przez sztuczną sieć neuronową. W: Metody matematyczne, ekonometryczne i komputerowe w finansach i ubezpieczeniach 2009. Red. A.S. Barczak. Wydawnictwo UE, Katowice 2011.

Główny Urząd Statystyczny.

<http://www.becikowe.com/?sr=demografia/demografia.htm> [22.08.2014].

Żwan P.: Automatic Singing Quality Recognition Employing Artificial Neural Networks. „Archives of Acoustics” 2008, No. 1.

THE USE OF WAVELET TRANSFORM IN THE ANALYSIS AND PREDICTION OF MACROECONOMIC INDICATORS

Summary

Conducted by demographers research and analysis indicate that lasted for several years, a decline in fertility has not stopped and it applies increasingly to another youth. Among the reasons for this phenomenon are mentioned: increased interest in acquiring education, difficulties in the labor market, reducing social benefits for the family, lack of social policy philosophy of family strengthening, and the difficult socio-economic, etc. factors.

Therefore, because of the importance of the scale of the problem which is the fertility rate in the study attempts to predict fertility rate based on the authors' model based on the properties of wavelet analysis taking into account the effect on fertility of such factors as the number of marriages, number of divorces, the average monthly gross wages and emigration. It should be noted that the declining fertility and increasing life expectancy cause aging and steadily reducing the number of young people aged 16-24 years. The aim of the imaging problem in the article quoted some statistics related to study the problem from previous years.