

# Marcin Halicki, Tadeusz Kwater

---

## Sztuczna sieć neuronowa wspomagająca proces decyzji inwestowania w akcje na giełdzie w ujęciu kwartalnym na przykładzie hipotetycznych danych

---

Edukacja - Technika - Informatyka nr 3(13), 219-224

---

2015

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

**Marcin HALICKI, Tadeusz KWATER**

Uniwersytet Rzeszowski, Polska

## **Sztuczna sieć neuronowa wspomagająca proces decyzji inwestowania w akcje na giełdzie w ujęciu kwartalnym na przykładzie hipotetycznych danych**

### **Wstęp**

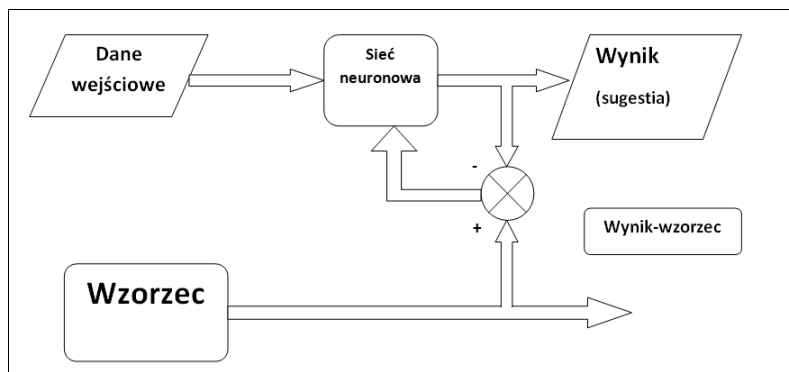
Proces globalizacji wydaje się być bodźcem dla instytucji finansowych pragnących inwestować środki pieniężne w atrakcyjne instrumenty finansowe, w tym w akcje, celem pozyskania klientów o największym majątku, co nie jest zadaniem łatwym [Raport 2013]. Będzie to możliwe poprzez odpowiednią selekcję tych instrumentów, jak również przez określenie optymalnego okresu inwestowania. Jak wiadomo, najczęściej środki pieniężne klientów inwestowane są w aktywa notowane na giełdach papierów wartościowych.

W świetle rozwoju instytucji finansowych czas trwania inwestycji na wybranej giełdzie wydaje się być problemem, którego rozwiązanie można uznać za zadanie istotne z punktu widzenia efektywności procesu zarządzania portfelem instrumentów finansowych. Bezsprzecznie racjonalny charakter ma pogląd, iż sztuczne sieci neuronowe mogą być wykorzystane jako narzędzie wspomagające ów proces. A zatem, zawężając rozważania do akcji, warto podjąć próbę zaproponowania narzędzia wspomagającego podjęcie decyzji dotyczącej okresu inwestowania w akcje na hipotetycznej giełdzie papierów wartościowych z perspektywy maksymalizacji stopy zwrotu. Takie ujęcie pozwoli na uogólnianie zaprezentowanych wyników oraz opracowanie uniwersalnego narzędzia. Jak powszechnie wiadomo, akcje należą do aktywów, które są najczęściej nabywane przez inwestorów. Należy przy tym dodać, że w artykule wykorzystywano hipotetyczny zestaw danych empirycznych z użyciem sztucznych sieci neuronowych i literaturowych.

### **Sztuczne sieci neuronowe w kontekście wspomaganie decyzji inwestycyjnej**

Sztuczne sieci neuronowe – składające się z dużej liczby neuronów [Tadeusiewicz 1993: 13] – można uznać za narzędzie wspomagające określenie decyzji inwestycji na wybranej giełdzie, a celem artykułu jest zaproponowanie narzędzia do określenia decyzji inwestycji dla okresu kwartalnego na przykładzie hipotetycznej giełdy papierów wartościowych z perspektywy maksymalizacji stopy zwrotu inwestycji w akcje. Badanie publikacji zakładało wykorzystanie procesu uczenia sieci z nauczycielem [Ghosh-Dastidar, Adeli 2009] – ideę tego procesu

zaprezentowano na rys. 1. Dla stosowania proponowanego schematu postępowania niezbędne było określenie konkretnych cech tych okresów. Ograniczając prowadzone rozważania do akcji, zaproponowano 12 uniwersalnych cech okresów kwartalnych (wraz z cechami państw, w których znajduje się dana giełda), które mogą stanowić dane uczące dla sztucznych sieci neuronowych. Zestaw tych danych powinien pozwolić wygenerować 3 klasy decyzji. Pierwsza obejmowałaby okres, w którym nie powinno się inwestować w akcje (na podstawie sugestii eksperta wartość wzorca w tym przypadku wynosi „-1”), a druga – w którym powinno się inwestować (wartość wzorca wynosi „1”). Natomiast trzecia zawierałaby decyzję dotyczącą okresu, w którym można kontynuować inwestycję, ale raczej nie powiększać portfela (wartość wzorca wynosi „0”). Podział ten jest sporządzony na podstawie sugestii eksperta. Okresy kwartalne wybrano dlatego, że lokowanie środków pieniężnych na krótkie okresy czasu w akcje danej giełdy mogłoby stać się nieopłacalne z racji kosztów transakcyjnych i niskiej płynności niektórych akcji.



**Rys. 1. Idea procesu uczenia sztucznej sieci neuronowej z nauczycielem**

Źródło: opracowanie własne.

Najważniejsze założenia dotyczące prowadzonego badania empirycznego są następujące:

1. Badano okresy kwartalne w liczbie od 10 do 50.
2. W procesie badawczym zastosowano uczenie „nadzorowane” [Levering, Kurtz 2015], nauczając sieć na podstawie danych hipotetycznych opracowanych na podstawie propozycji własnych.
3. Eksperymenty przeprowadzono z użyciem różnych konfiguracji sieci, przy czym liczba wejść zawsze wynosiła 12, a wielokrotność uczenia była zmieniana, natomiast liczba neuronów w warstwie ukrytej wahała się w granicach od 3 do 10, a wielokrotność uczenia wynosiła 50.
4. Sieć była uczona metodą „Back Propagation” zgodnie z algorytmem L-M (Levenberg-Marquardt).

5. W badaniu testowane były warianty sieci neuronowych z warstwą ukrytą zawierającą od 4 do 20 neuronów, a zawsze liczba receptorów wejściowych wynosiła 12 i jeden neuron w warstwie wyjściowej.
6. Liczba epok była ustalana w przedziale (50–2000). Sieć generowała rezultaty w postaci liczb od ok. –1 do 1.

Dokładna charakterystyka proponowanego uniwersalnego zestawu 12 cech została zaprezentowana w formie tabelarycznej.

**Tabela 1**

**Zestaw cech kwartałów inwestowania na hipotetycznej giełdzie papierów wartościowych (dotyczący segmentu akcji)**

<b>Nazwa cech</b>
Wzrost gospodarczy państwa (w relacji kwartał do kwartału) oraz jego zmiana w % w stosunku do poprzedniego kwartału
Kwartałna stopa wzrostu indeksu akcyjnego oraz jego zmiana w % w stosunku do poprzedniego kwartału
Ryzyko indeksu w ujęciu kwartalnym oraz jego zmiana w % w stosunku do poprzedniego kwartału
Stopa wzrostu kapitalizacji giełdy w % – relacja kwartał do poprzedniego kwartału oraz jego zmiana w % w stosunku do poprzedniego kwartału
Stopa wzrostu wartości obrotu akcjami – relacja kwartał do tego samego kwartału poprzedniego roku oraz jego zmiana w % w stosunku do poprzedniego kwartału
Wzrost liczby notowanych spółek oraz jego zmiana w stosunku do poprzedniego kwartału

Źródło: opracowanie własne.

Zaprezentowany zestaw cech ma na celu w ogólny sposób odzwierciedlić sytuację na hipotetycznej giełdzie w okresie trzymiesięcznym. Sugestia eksperta stała się wzorcem, co miało posłużyć sztucznym sieciom neuronowym do nauki. Przykładowy okres wraz z rzeczywistymi danymi zaprezentowano w tabeli 2.

**Tabela 2**

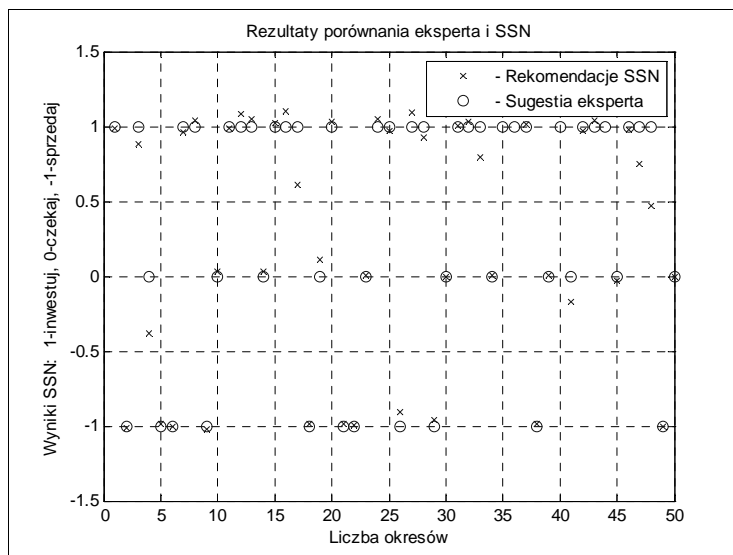
**Przykładowe dane hipotetyczne – wartości 12 cech w wybranym kwartale**

Nazwa cechy	Wartość cechy	Zmiana wartości cechy
Wzrost gospodarczy państwa	1%	–3%
Stopa wzrostu indeksu głównego akcyjnego	–9%	–16%
Ryzyko indeksu głównego akcyjnego	9%	–11%
Stopa wzrostu kapitalizacji giełdy	–35%	–23%
Stopa wzrostu wartości obrotu akcjami	–49%	–19%
Wzrost liczby notowanych spółek	2	1
Sugestia eksperta	Z (wartość wzorca)	–1

Źródło: opracowanie własne.

## Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych celem określania decyzji inwestowania kwartalnego na hipotetycznej giełdzie papierów wartościowych

Realizację badania empirycznego wykonano w środowisku oprogramowania MATLAB. Celem było uzyskanie wyników symulacji zgodnych z sugestiami eksperta, aby można było w przyszłości podejmować decyzje inwestycyjne na giełdzie rzeczywistej, opierając się na wynikach sieci. W badaniu zaproponowano podejście polegające na wielokrotnym uczeniu sztucznej sieci neuronowej w ten sposób, iż rezultat każdego uczenia, czyli rozkład wag i biasów (wejść progowych) stał się początkiem kolejnego uczenia. Liczbę tych powtórzeń (iteracji) dobrano eksperymentalnie i najmniejsza ich liczba wynosiła 30, po których rozkład wag i biasów zapewniał prawidłowe odpowiedzi sieci. W przeprowadzonych eksperymentach stosowano także modyfikacje danych startowych, wykorzystując mnożniki dla niektórych danych wejściowych. Należy wskazać, że mnożniki określone jako „a” i „b” dotyczyły odpowiednio: przemnożenia wartości 2 cech określających wzrost gospodarczy i zmianę wartości tego wzrostu oraz przemnożenia wartości 2 cech określających wzrost liczby notowanych spółek i zmianę wartości tego wzrostu. Podsumowując, należy podkreślić, że wielokrotne uczenie sieci z mnożnikami okazało się najlepszą metodą (jest to zaprezentowane na rys. 2, na którym oś *OX* oznacza liczbę badanych okresów, natomiast oś *OY* – wartości, przy czym wyniki sieci oznaczono w formie *O*, a sugestie eksperta – w formie *X*).



**Rys. 2. Przykład dla wielokrotnego uczenia sieci z mnożnikami danych na podstawie wartości hipotetycznych dla 50 okresów**

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyniku programu MATLAB.

Rysunek 2 prezentuje wyniki badań symulacyjnych jednego z wariantów, które wizualnie można uznać za zadowalające (we wszystkich przypadkach położenie  $O$  i  $X$  jest niemalże podobne).

## Podsumowanie

Celem przeprowadzonego w publikacji badania jest prezentacja sztucznych sieci neuronowych jako narzędzia eksperckiego wspomagającego decyzję wyboru okresu inwestowania środków pieniężnych w akcje na hipotetycznej giełdzie papierów wartościowych. Dla rozwiązania problemu badawczego zaproponowano w pierwszej kolejności uniwersalny zestaw 12 cech, na podstawie których sztuczna sieć neuronowa w środowisku MATLAB mogła zostać poddana procesowi uczenia. Najlepsze efekty uzyskano dla sieci jednokierunkowej dwuwarstwowej, gdy:

- sieć składała się z 1 warstwy ukrytej, w skład której wchodziło 6 neuronów, oraz warstwy wyjściowej,
- sieć była uczona metodą „Back Propagation” zgodnie z algorytmem L-M (Levenberg-Marquardt),
- zastosowano mnożniki zwiększające wartości niektórych cech,
- wielokrotność uczenia sieci neuronowej wynosiła 30.

Podsumowując, należy odnotować, że sztuczna sieć neuronowa uzyskiwała rezultaty podobne do sugestii eksperta opartej na hipotetycznych danych. Na tej podstawie uzasadnione jest stwierdzenie, że sztuczna sieć neuronowa może zostać uznana za system ekspercki. Przeprowadzone badania potwierdzają fakt, że są one przydatne w wielu dziedzinach nauki i życia [Hu, Wang 2015].

Zaproponowany zestaw 12 cech ma na tyle uniwersalny charakter, iż zaprezentowany sposób konfiguracji sieci wraz z tym zestawem cech może być przydatny na dowolnie wybranej giełdzie. Zatem podejście przedstawione w niniejszym artykule uzupełnione o inne narzędzia prognostyczne dotyczące wartości cech w przyszłych okresach trzymiesięcznych może stanowić kompleksowy system ekspercki dla procesu zarządzania portfelem akcji notowanych na rodzimych i zagranicznych giełdach podnoszącego rentowność inwestycji [Murphy 2004: 236]. Ważne jest także to, że cechy giełdy mogą być dowolnie redukowane lub uzupełniane innymi.

## Literatura

- Ghosh-Dastidar S., Adeli H. (2009): *A New Supervised Learning Algorithm for Multiple Spiking Neural Networks with Application in Epilepsy and Seizure Detection*, „Neural Networks” vol. 22, issue 10.
- Hu J., Wang J. (2015): *Global Exponential Periodicity and Stability of Discrete-Time Complex Valued Recurrent Neural Networks with Time-Delays*, „Neural Networks” no. 66.
- Levering K.R., Kurtz K.J. (2015): *Observation versus Classification in Supervised Category Learning*, „Memory & Cognition” vol. 43, issue 2.

- Murphy J.J. (2004): *Intermarket Analysis: Profiting from Global Market Relationship*, John Wiley&Sons, Inc, Indianapolis.
- Raport (2013): *Life after Lehman, Five Years on*, Allen & Overy LLP.
- Tadeusiewicz R. (1993): *Sieci neuronowe*, Warszawa.

### **Streszczenie**

W publikacji dokonano prezentacji sztucznych sieci neuronowych jako narzędzia eksperckiego, który wspomaga podejmowanie decyzji dla kwartalnego okresu inwestowania w akcje notowane na hipotetycznej giełdzie papierów wartościowych. Zaproponowano także zestaw 12 cech gospodarki i giełdy, który ma na tyle uniwersalny charakter, iż zaprezentowany w publikacji sposób konfiguracji sieci wraz z tym zestawem danych może być przydatny na dowolnie wybranej giełdzie.

**Słowa kluczowe:** sztuczna inteligencja, giełdy papierów wartościowych, cechy, inwestycje.

### **Artificial Neural Network Supporting the Decision Process of Investing in Stocks Listed on the Stock Exchanges Based on Hypothetical Set of Data from the Perspective of Quarterly Terms**

#### **Abstract**

The publication presents artificial neural networks as a expert tool which supports making decision for the quarterly period of investment in shares listed on a hypothetical stock exchange. Also it is proposed a set of 12 features of a economy and some stock exchange, which have a universal character because the presented configured network with this set of data can be useful in any chosen stock exchange.

**Keywords:** artificial intelligence, stock exchanges, features, investments.