

**PRACE NAUKOWE**

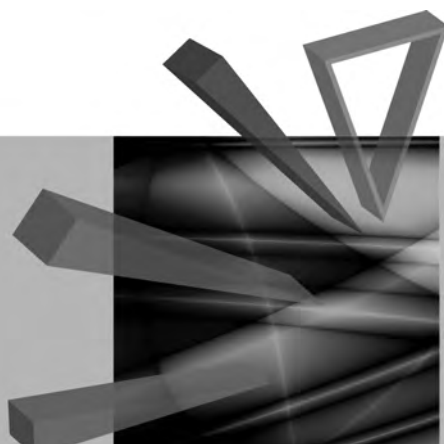
Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

**RESEARCH PAPERS**

of Wrocław University of Economics

**305**

# **Ekonomia**



Redaktorzy naukowi

**Magdalena Rękas**

**Jerzy Sokołowski**



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu  
Wrocław 2013

Redaktor Wydawnictwa: Aleksandra Śliwka  
Redakcja techniczna i korekta: Barbara Łopusiewicz  
Łamanie: Małgorzata Czupryńska  
Projekt okładki: Beata Dębska

Publikacja jest dostępna w Internecie na stronach:  
[www.ibuk.pl](http://www.ibuk.pl), [www.ebscohost.com](http://www.ebscohost.com),  
The Central and Eastern European Online Library [www.ceeol.com](http://www.ceeol.com),  
a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych BazEkon  
[http://kangur.uek.krakow.pl/bazy\\_ae/bazekon/nowy/index.php](http://kangur.uek.krakow.pl/bazy_ae/bazekon/nowy/index.php)

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania znajdują się  
na stronie internetowej Wydawnictwa  
[www.wydawnictwo.ue.wroc.pl](http://www.wydawnictwo.ue.wroc.pl)

Kopiowanie i powielanie w jakiegokolwiek formie  
wymaga pisemnej zgody Wydawcy

© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu  
Wrocław 2013

**ISSN 1899-3192**  
**ISBN 978-83-7695-382-3**

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk: Drukarnia TOTEM

## Spis treści

<b>Wstęp</b> .....	13
<b>Mieczysław Adamowicz, Paweł Janulewicz:</b> Wykorzystanie analizy czynnikowej do oceny rozwoju społeczno-gospodarczego w skali lokalnej .....	15
<b>Ewa Badzińska, Jakub Ryfa:</b> Ekonomia wirtualnych światów – tendencje rozwoju .....	24
<b>Tomasz Bernat:</b> Egzogeniczne determinanty dominacji rynkowej na przykładzie Poczty Polskiej SA.....	37
<b>Agnieszka Brelik, Marek Tomaszewski:</b> Wybrane determinanty kształtujące współpracę innowacyjną przedsiębiorstw przemysłowych z jednostkami PAN i szkołami wyższymi na terenie Polski Północno-Zachodniej.....	50
<b>Agnieszka Bretyn:</b> Wybrane aspekty jakości życia młodych konsumentów w Polsce .....	62
<b>Grzegorz Bywalec:</b> Transformacja gospodarcza a regionalne zróżnicowanie ubóstwa w Indiach .....	73
<b>Magdalena Cyrek:</b> Determinanty zatrudnienia w usługach tradycyjnych i nowoczesnych – analiza regionalna.....	83
<b>Sławomir Czech:</b> Czy wokół państwa opiekuńczego toczy się jeszcze spór o wartości?.....	95
<b>Sławomir Czetwertyński:</b> Możliwości poznawcze prawa Metcalfe’a w określaniu wartości ekonomicznej sieci komunikacyjnych.....	108
<b>Małgorzata Deszczka, Marek Wąsowicz:</b> Polityka i strategia rozwoju Unii Europejskiej w koncepcji ekonomii zrównoważonego rozwoju .....	118
<b>Karolina Dreła:</b> Zatrudnienie nietypowe .....	129
<b>Paweł Drobny:</b> Ekonomia personalistyczna jako próba reorientacji ekonomii .....	142
<b>Małgorzata Gajda-Kantorowska:</b> Koszty bankructwa państwa .....	154
<b>Małgorzata Gasz:</b> Unia bankowa – w poszukiwaniu nowego paradygmatu na europejskim rynku bankowym .....	163
<b>Małgorzata Gawrycka, Anna Szymczak:</b> Zmiana struktury dochodów w Polsce w relacji kapitał–praca z uwzględnieniem sektorów gospodarki narodowej .....	174
<b>Anna Golejewska:</b> Innowacje i sposoby ich pomiaru na poziomie regionalnym .....	184
<b>Mariusz Grębowiec:</b> Zachowania nabywcze konsumentów na rynku usług bankowych w świetle badań .....	195

<b>Urszula Grzega:</b> Oszczędności i zadłużenie polskich gospodarstw domowych.....	207
<b>Jarosław Hermaszewski:</b> Sytuacja finansowa gminy a wybory bezpośrednie w gminach. Wstęp do badań.....	218
<b>Elżbieta Jantóń-Drozdowska, Maria Majewska:</b> Wpływ globalizacji na wzrost poziomu specjalizacji w międzynarodowej wymianie handlowej..	228
<b>Tomasz Jasiński, Agnieszka Ścianowska:</b> Możliwości oddziaływania na wzrost gospodarczy poprzez kontrolę poziomu ryzyka kredytowego w bankach przy wykorzystaniu systemów sztucznej inteligencji.....	240
<b>Renata Jedlińska:</b> Atrakcyjność inwestycyjna Polski – wybrane aspekty.....	252
<b>Andrzej Jędruchniewicz:</b> Inflacja jako cel polityki pieniężnej NBP.....	264
<b>Michał Jurek:</b> Wykorzystanie analizy duracji i wypukłości w zarządzaniu ryzykiem stopy procentowej.....	276
<b>Sławomir Kalinowski:</b> Znaczenie eksperymentu w metodologii nauk ekonomicznych.....	287
<b>Teresa Kamińska:</b> Struktura branżowa bezpośrednich inwestycji zagranicznych a kryzys finansowy .....	299
<b>Renata Karkowska:</b> Siła oddziaływania czynników makroekonomicznych i systemowych na wielkość globalnej płynności.....	311
<b>Anna Kasprzak-Czelej:</b> Determinanty wzrostu gospodarczego.....	323
<b>Krzysztof Kil, Radosław Ślusarczyk:</b> Analiza wpływu polityki stóp procentowych EBC na stabilność sektorów bankowych w wybranych krajach strefy euro – wnioski z kryzysu.....	334
<b>Iwona Kowalska:</b> Rozwój badań z zakresu ekonomii edukacji w paradygmacie interdyscyplinarności nauki .....	348
<b>Ryszard Kowalski:</b> Dylematy interwencjonizmu w czasach kryzysu .....	358
<b>Jakub Kraciuk:</b> Kryzysy finansowe w świetle ekonomii behawioralnej.....	370
<b>Hanna Kruk:</b> Rozwój zrównoważony w Regionie Morza Bałtyckiego na przykładzie wybranych mierników w latach 2005-2010.....	380
<b>Kazimierz W. Krupa, Irmina Jeleniewska-Korzela, Wojciech Krupa:</b> Kapitał intelektualny jako akcelerator nowej ekonomii (tablice korelacyjne, pracownicy kluczowi).....	391
<b>Anna Krzysztofek:</b> Normy i standardy społecznej odpowiedzialności przedsiębiorstw.....	401
<b>Krzysztof Kubiak:</b> Transakcje w procesie przepływu wiedzy w świetle nowej ekonomii instytucjonalnej.....	413
<b>Paweł Kulpaka:</b> Model konsumpcji permanentnej M. Friedmana a keynesowskie funkcje konsumpcji – empiryczna weryfikacja wybranych teorii na przykładzie Czech.....	423
<b>Justyna Łukomska-Szarek, Marta Włóka:</b> Rola kontroli zarządczej w procesie zarządzania jednostkami samorządu terytorialnego .....	434
<b>Natalia Mańkowska:</b> Konkurencyjność instytucjonalna – wybrane problemy metodologiczne.....	445

<b>Joanna Mesjasz, Martyna Michalak:</b> Percepcja zaangażowania przez adeptów zarządzania – szansą czy ograniczeniem dla współczesnych firm .....	457
<b>Jerzy Mieszaniec:</b> Innowacje nietechnologiczne w przedsiębiorstwach przemysłowych sektora wydobywczego .....	469
<b>Aneta Mikula:</b> Ubóstwo obszarów wiejskich w krajach Unii Europejskiej – demografia i rynek pracy .....	481
<b>Grażyna Musialik, Rafał Musialik:</b> Wartość publiczna a legitymizacja.....	492
<b>Janusz Myszczyzyn:</b> Wykorzystanie koncepcji <i>social savings</i> w określeniu wpływu sektora kolejowego na wzrost gospodarczy Niemiec w początkach XX w. ....	500
<b>Aleksandra Nacewska-Twardowska:</b> Zmiany w polityce handlowej Unii Europejskiej na początku XXI wieku .....	513
<b>Anna Niewiadomska:</b> Wydłużanie okresu aktywności zawodowej osób starszych w Polsce .....	524
<b>Mariusz Nyk:</b> Przeciętne wynagrodzenie a sytuacja na rynku pracy – przypadek województwa łódzkiego.....	536
<b>Monika Pasternak-Malicka:</b> Przesłanki ruchów migracyjnych Polaków z obszaru województwa podkarpackiego w kontekście kryzysu gospodarczego wywołanego kryzysem <i>subprime</i> .....	547
<b>Jacek Pera:</b> Budowa nowej architektury regulacyjnej w Europie jako element zarządzania ryzykiem niestabilności finansowej – rozwiązania pokryzysowe. Próba oceny i wnioski dla Polski .....	559
<b>Renata Pęciak:</b> Kryzysy w gospodarce w interpretacji Jeana-Baptiste’a Saya.....	573
<b>Czesława Pilarska:</b> Współczesny kryzys gospodarczy a napływ bezpośrednich inwestycji zagranicznych do Polski .....	584
<b>Elżbieta Pohulak-Żołędowska:</b> Innowacyjna nauka a źródła jej finansowania .....	601
<b>Adriana Politaj:</b> Pomoc publiczna na subsydiowanie zatrudnienia w Polsce i w wybranych krajach Unii Europejskiej .....	617
<b>Marcin Ratajczak:</b> Odpowiedzialny biznes w aspekcie osiągniętych korzyści ekonomicznych na przykładzie przedsiębiorstw agrobiznesu .....	628
<b>Magdalena Rękas:</b> Dieta w krajach Unii Europejskiej i czynniki wpływające na jej poziom – przegląd wybranych badań .....	638
<b>Włodzimierz Rudny:</b> Rozwiązania zintegrowane w modelach biznesowych .....	653
<b>Krzysztof Rutkiewicz:</b> Pomoc publiczna na działalność badawczo-rozwojową i innowacyjność przedsiębiorstw w polityce konkurencji Unii Europejskiej w latach 2004-2010 .....	663
<b>Katarzyna Skrzyszewska:</b> Konkurencyjność krajów Regionu Morza Bałtyckiego w świetle międzynarodowych rankingów.....	675
<b>Tadeusz Sporek:</b> Ewolucja i perspektywy grupy BRICS w globalnej gospodarce.....	684

<b>Aleksander Surdej:</b> Inwestycje w szkolenia zawodowe w świetle teorii ekonomicznej.....	695
<b>Piotr Szajner:</b> Wpływ zmienności kursu walutowego na międzynarodową konkurencyjność polskiego sektora żywnościowego .....	706
<b>Stanisław Ślusarczyk, Piotr Ślusarczyk, Radosław Ślusarczyk:</b> Problem skuteczności i efektywności decyzji menedżerskich w firmie w zakresie formułowania i wdrażania strategii .....	716
<b>Sylwia Talar, Joanna Kos-Łabędowicz:</b> Polska gospodarka internetowa – stan i perspektywy .....	729
<b>Monika Utzig:</b> Aktywa finansowe gospodarstw domowych a koniunktura gospodarcza .....	744
<b>Agnieszka Wałęga:</b> Nierówności dochodowe w kontekście przystąpienia Polski do Unii Europejskiej .....	754
<b>Grzegorz Wałęga:</b> Wpływ spowolnienia gospodarczego na zadłużenie gospodarstw domowych w Polsce .....	766
<b>Grażyna Węgrzyn:</b> Formy zatrudnienia pracowników w Unii Europejskiej – aktualne tendencje .....	778
<b>Barbara Wieliczko:</b> Krajowa pomoc publiczna w UE w okresie obecnego kryzysu.....	790
<b>Artur Wilczyński:</b> Znaczenie kosztów alternatywnych w rachunku ekonomicznym gospodarstw rolnych .....	802
<b>Renata Wojciechowska:</b> Wieloznaczności językowe współczesnej ekonomii .....	813
<b>Jarosław Wojciechowski:</b> Ewolucja koncepcji funkcjonowania rynku w społecznej nauce Kościoła Katolickiego.....	823
<b>Agnieszka Wojewódzka-Wiewiórska:</b> Znaczenie lokalnych grup działania w budowaniu kapitału społecznego na obszarach wiejskich.....	834
<b>Grażyna Wolska:</b> Kodeksy etyczne jako instrument poprawnych relacji między podmiotem gospodarczym a konsumentem.....	844
<b>Joanna Woźniak-Holecka, Mateusz Grajek, Karolina Sobczyk, Kamila Mazgaj-Krzak, Tomasz Holecki:</b> Ekonomiczno-społeczne konsekwencje reklamy w segmencie leków OTC .....	853
<b>Gabriela Wronowska:</b> Oczekiwania pracodawców wobec absolwentów szkół wyższych w Polsce jako przykład bariery wejścia na rynek pracy... ..	861
<b>Anna Wziętek-Kubiak, Marek Pęczkowski:</b> Źródła i bariery ciągłości wdrażania innowacji przez polskie przedsiębiorstwa.....	872
<b>Alfreda Zachorowska, Agnieszka Tylec:</b> Instytucjonalna struktura rynku pracy w Polsce .....	884
<b>Małgorzata Zielenkiewicz:</b> Upodabnianie się krajów pod względem poziomu dobrobytu w procesie integracji europejskiej .....	895
<b>Mariusz Zieliński:</b> Demografia i aktywność zawodowa ludności a poziom bezrobocia w Unii Europejskiej.....	907
<b>Jerzy Żyżyński:</b> Gospodarka jako spójny system strumieni pieniądza a problem racjonalności pakietu fiskalnego.....	917

## Summaries

<b>Mieczysław Adamowicz, Paweł Janulewicz:</b> The use of factor analysis for the assessment of socio-economic development on the local scale.....	23
<b>Ewa Badzińska, Jakub Ryfa:</b> The economy of virtual worlds – trend of development .....	36
<b>Tomasz Bernat:</b> Exogenous determinants of market dominance – Polish Post case .....	48
<b>Agnieszka Brelik, Marek Tomaszewski:</b> Selected determinants forming innovative partnership of traditional industrial companies with units of Polish Academy of Sciences and universities in north-western Poland.....	61
<b>Agnieszka Bretyn:</b> Selected aspects of quality of life of young consumers in Poland .....	72
<b>Grzegorz Bywalec:</b> Economic transformation and regional disparity of poverty in India.....	82
<b>Magdalena Cyrek:</b> Determinants of employment in traditional and modern services – regional analysis .....	94
<b>Sławomir Czech:</b> Is the welfare state’s dispute over values still alive? .....	107
<b>Sławomir Czetwertyński:</b> Cognitive possibilities of Metcalfe’s law in defining the economic value of communication networks .....	117
<b>Małgorzata Deszczka, Marek Wąsowicz:</b> Policy and development strategy in the European Union in the conception of economics of sustainable development .....	128
<b>Karolina Dreła:</b> Untypical employment.....	141
<b>Paweł Drobny:</b> Personalist economics as an attempt at economics reorientation .....	153
<b>Małgorzata Gajda-Kantorowska:</b> Costs of sovereign default.....	162
<b>Małgorzata Gasz:</b> Bank Union – in search of a new paradigm on the European banking market.....	173
<b>Małgorzata Gawrycka, Anna Szymczak:</b> Change of income framework in capital-labour scheme in Poland, including the sector of national economy .....	183
<b>Anna Golejewska:</b> Innovations and the way of their measure at the regional level.....	194
<b>Mariusz Grębowiec:</b> Purchasing behavior of consumers on banking service market in the light of research .....	206
<b>Urszula Grzega:</b> Savings and debt of Polish households.....	217
<b>Jarosław Hermaszewski:</b> Financial situation of a commune vs. local elections. Introduction to the study .....	227
<b>Elżbieta Jantón-Drozdowska, Maria Majewska:</b> The impact of globalization on a higher specialization level in international exchange of goods ...	239
<b>Tomasz Jasiński, Agnieszka Ścianowska:</b> Banks’ possibilities of influencing macroeconomic growth by the use of neural network systems in the credit risk control .....	250

<b>Renata Jedlińska:</b> Investment attractiveness of Poland – selected issues .....	263
<b>Andrzej Jędruchniewicz:</b> Inflation as a target of monetary policy of NBP ...	275
<b>Michał Jurek:</b> Use of duration and convexity analysis in interest rate risk management.....	286
<b>Sławomir Kalinowski:</b> The role of the controlled experiment in the methodology of economy .....	298
<b>Teresa Kamińska:</b> Economic activity structure of foreign direct investment and financial crisis .....	310
<b>Renata Karkowska:</b> The impact of macroeconomic and systemic factors on the global liquidity .....	322
<b>Anna Kasprzak-Czelej:</b> Determinants of economic growth .....	333
<b>Krzysztof Kil, Radosław Ślusarczyk:</b> The analysis of influence of the ECB interest rates' policy on a stability of bank sectors in selected countries of the eurozone – conclusions from the crisis.....	347
<b>Iwona Kowalska:</b> Development of research in the field of economics of education within the paradigm of interdisciplinarity of science .....	357
<b>Ryszard Kowalski:</b> The dilemmas of interventionism in times of crisis .....	369
<b>Jakub Kraciuk:</b> Financial crises in the light of behavioural economics.....	379
<b>Hanna Kruk:</b> Sustainable development in the Baltic Sea Region based on chosen indices in years 2005-2010 .....	390
<b>Kazimierz W. Krupa, Irmína Jeleniewska-Korzela, Wojciech Krupa:</b> Intellectual capital as an accelerator of the new economy (correlation tables, key employees) .....	400
<b>Anna Krzysztofek:</b> Norms and standards of social responsibility in enterprises .....	412
<b>Krzysztof Kubiak:</b> Transactions in the flow of knowledge in the light of new institutional economics .....	422
<b>Paweł Kulpaka:</b> M. Friedman's permanent consumption model and Keynesian consumption functions – empirical verification of selected theories on the example of Czech.....	433
<b>Justyna Łukomska-Szarek, Marta Włóka:</b> The role of management control in management process of local self-government units.....	444
<b>Natalia Mańkowska:</b> Institutional competitiveness – selected methodological issues .....	456
<b>Joanna Mesjasz, Martyna Michalak:</b> Understanding the engagement by management adepts – a chance or a limitation for contemporary business	468
<b>Jerzy Mieszaniec:</b> Non-technological innovations in the industrial enterprises of mining sector.....	480
<b>Aneta Mikula:</b> Poverty of rural areas in the European Union member states – demography and labor market .....	491
<b>Grażyna Musialik, Rafał Musialik:</b> Public value and legitimacy .....	499



<b>Janusz Myszczyzyn:</b> Use of social savings concept in defining the role of railway sector on the economic growth in Germany in the early twentieth century .....	512
<b>Aleksandra Nacewska-Twardowska:</b> Changes in trade policy of the European Union at the beginning of the twenty-first century .....	523
<b>Anna Niewiadomska:</b> Extending the period of professional activity of the elderly in Poland .....	535
<b>Mariusz Nyk:</b> Average salary and the situation on the labour market – case of Łódź Voivodeship .....	546
<b>Monika Pasternak-Malicka:</b> Reasons form migration of Poles from Subcarpathian Voivodeship in the context of the economic crisis caused by the subpreme crisis .....	558
<b>Jacek Pera:</b> Construction of a new regulatory architecture in Europe as an element of financial instability risk management – post-crisis solutions. Attempt of assessment and implications for Poland.....	572
<b>Renata Pęciak:</b> Crises in the economy in the interpretation of Jean-Baptiste Say .....	583
<b>Czesława Pilarska:</b> The contemporary economic crisis and foreign direct investment inflow into Poland .....	600
<b>Elżbieta Pohulak-Żołędowska:</b> Innovations in science and their financial sources .....	616
<b>Adriana Politałaj:</b> State aid for subsidizing of employment in Poland and in selected countries of the European Union .....	627
<b>Marcin Ratajczak:</b> Responsible business in the context of economic benefits gained on the example of agribusiness enterprises.....	637
<b>Magdalena Rękas:</b> Fertility rate in the European Union states and factors influencing the rate – review of selected surveys .....	652
<b>Włodzimierz Rudny:</b> Solution-based business models.....	662
<b>Krzysztof Rutkiewicz:</b> State aid for Research & Development & Innovation activities of enterprises in the European Union’s competition policy in the period 2004-2010.....	674
<b>Katarzyna Skrzyszewska:</b> Competitiveness of the Baltic Region countries in the context of international rankings .....	683
<b>Tadeusz Sporek:</b> Evolution and perspectives of BRICS group in the global economy.....	694
<b>Aleksander Surdej:</b> Investments in VET programmes: framework for an economic analysis .....	705
<b>Piotr Szajner:</b> The impact of exchange rated volatility on the competitiveness of Polish food sector on international markets .....	715
<b>Stanisław Ślusarczyk, Piotr Ślusarczyk, Radosław Ślusarczyk:</b> The problem of efficacy and effectiveness in the formulating and implementing of strategy decision making process .....	728

<b>Sylwia Talar, Joanna Kos-Łabędowicz:</b> Polish Internet economy – current state and future perspectives .....	743
<b>Monika Utzig:</b> Households' financial assets and economic prospect.....	753
<b>Agnieszka Wałęga:</b> Income inequality in the context of accession of Poland to the European Union .....	765
<b>Grzegorz Wałęga:</b> Impact of economic slowdown on households' debt in Poland .....	777
<b>Grażyna Węgrzyn:</b> Employment forms in the European Union – current trends.....	789
<b>Barbara Wieliczko:</b> State aid in the European Union in the period of the current crisis.....	801
<b>Artur Wilczyński:</b> The impact of opportunity costs on farms profitability.....	812
<b>Renata Wojciechowska:</b> Linguistic ambiguities of contemporary economics	822
<b>Jarosław Wojciechowski:</b> Evolution of free market concept in social teaching of the Catholic Church.....	833
<b>Agnieszka Wojewódzka-Wiewiórska:</b> The significance of local action groups in formation of social capital in rural areas .....	843
<b>Grażyna Wolska:</b> Ethical codes as a tool of correct relations between a firm and a consumer .....	852
<b>Joanna Woźniak-Holecka, Mateusz Grajek, Karolina Sobczyk, Kamila Mazgaj-Krzak, Tomasz Holecki:</b> Marketing of OTC medicines in Poland on the example of television advertising .....	860
<b>Gabriela Wronowska:</b> Expectations of employers towards graduates of universities in Poland as an example of barriers to enter the labor market ....	871
<b>Anna Wziętek-Kubiak, Marek Pęczkowski:</b> Sources and barriers of persistence of innovation of Polish manufacturing companies .....	883
<b>Alfreda Zachorowska, Agnieszka Tylec:</b> Institutional structure of the labor market in Poland .....	894
<b>Małgorzata Zielenkiewicz:</b> Convergence of the countries in terms of social welfare in the process of European integration .....	906
<b>Mariusz Zieliński:</b> Demography and economically active population vs. the level of unemployment in the European Union.....	916
<b>Jerzy Żyżyński:</b> Economy as a consistent system of money flows vs. the issue of fiscal pact rationality .....	931

**Tomasz Jasiński, Agnieszka Ścianowska**

Politechnika Łódzka

---

## **MOŻLIWOŚCI ODDZIAŁYWANIA NA WZROST GOSPODARCZY POPRZEZ KONTROLĘ POZIOMU RYZYKA KREDYTOWEGO W BANKACH PRZY WYKORZYSTANIU SYSTEMÓW SZTUCZNEJ INTELIGENCJI**

---

**Streszczenie:** Celem artykułu jest pokazanie możliwości oddziaływania banków na wzrost gospodarczy poprzez doskonalenie procesów przetwarzania informacji wspierających procedurę przyznawania kredytu. Autorzy wskazują na duży potencjał w zakresie poprawy jakości portfela kredytowego związany z wykorzystaniem w tym procesie systemów sieci neuronowych. Zastosowanie tych systemów pozwala na znaczne zwiększenie korelacji pomiędzy czynnikami determinującymi poziom ryzyka kredytowego i klasami ryzyka tworzonymi w ramach systemów ratingowych. W opracowaniu główny nacisk położony został na kwestie optymalizacji poprzez odpowiedni dobór danych wejściowych oraz metody nauki sieci. Ostatecznie wpływa to na poprawę wyników finansowych banków i zwiększenie dostępności kredytu, co stymuluje procesy wzrostu gospodarczego.

**Słowa kluczowe:** ryzyko kredytowe, banki, sieci neuronowe.

### **1. Wstęp**

Już w tradycyjnym ujęciu systemu finansowego widoczne są jego silne powiązania ze sferą realną. Jest on bowiem definiowany jako integralna część gospodarki rynkowej, której centralną funkcją jest „mechanizm dzięki któremu świadczy się usługi pozwalające na krążenie siły nabywczej w gospodarce<sup>1</sup>. Również banki stanowiące trzon systemu finansowego pełnią funkcje usługowe, uzewnętrzniające się w postaci udostępnionych produktów i usług finansowych, które w uproszczeniu można sprowadzić do pomagania głównie podmiotom niefinansowym w sterowaniu ich strumieniami finansowymi, czyli w sprawnym prowadzeniu gospodarki finansowej, umożliwiającym realizowanie zadań przez podmioty realnej gospodarki<sup>2</sup>. Ce-

---

<sup>1</sup> Z. Polański, B. Woźniak, B. Pietrzak, *System finansowy w Polsce*, Difin, Warszawa 2008, s. 15.

<sup>2</sup> D. Korenik, *Służebna rola banków komercyjnych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2009, s. 16.

lem opracowania jest pokazanie, że ważną rolę we wspieraniu stabilności systemu bankowego, która pozytywnie przekłada się na wzrost gospodarczy, odgrywa tworzenie przez banki systemów ratingowych, w szczególności zbudowanych na bazie systemów sztucznej inteligencji, oraz weryfikacja hipotezy o przewadze efektywności opisanych systemów nad dotychczas stosowanymi tradycyjnymi rozwiązaniami.

Dynamicznie rosnący udział aktywów systemu finansowego w PKB w jeszcze większym stopniu uzależnił stabilność makroekonomiczną od stabilności finansowej, co sprawiło, że monitorowanie pojedynczych instytucji przestało być skutecznym instrumentem monitorowania kondycji całego systemu finansowego. Dlatego tradycyjne podejście mikroostrożnościowe do sprawowania nadzoru skoncentrowane na indywidualnych podmiotach wymaga uzupełnienia o podejście makroostrożnościowe. W tym drugim przypadku nadzór nad systemem finansowym polega na analizie systemu finansowego jako całości i jego związków ze sferą realną gospodarki oraz wczesnej identyfikacji i reakcji na zagrożenia stabilności systemu finansowego<sup>3</sup>. Podstawowym celem nadzoru makroostrożnościowego jest ograniczanie ryzyka systemowego, które definiowane jest jako ryzyko zakłóceń w systemie finansowym, mogące wywołać poważne negatywne skutki dla rynku finansowego i dla całej gospodarki realnej<sup>4</sup>. Drugim celem nadzoru makroostrożnościowego jest utrzymanie stabilności systemu finansowego, którą można definiować jako stan, w którym pełni on swoje funkcje w sposób ciągły i efektywny, nawet w przypadku wystąpienia nieoczekiwanych i niekorzystnych zaburzeń o znacznej skali.

## **2. Rola systemów ratingowych w zmniejszaniu ryzyka kredytowego**

Ponieważ utrzymanie stabilności systemu finansowego jest determinantą zrównoważonego wzrostu gospodarczego, ważną rolę odgrywa zapewnienie bankom możliwości aktywnego uczestnictwa w procesach kreowania wzrostu w gospodarce poprzez podtrzymywanie ich zdolności do tworzenia kapitałów w postaci kredytów, która zależy głównie od podaży oszczędności i wielkości popytu na kredyty oraz poziomowi ryzyka związanego z alokowaniem kredytów. Poziom ryzyka, związanego z alokowaniem kredytów do podmiotów o słabej kondycji, można znacznie zmniejszyć poprzez lepszą predykcję pogorszenia standingu kredytobiorcy. Na jakość portfela kredytowego nie musi bowiem negatywnie wpływać udzielanie kredytu podmiotom słabszym, jeśli jest ono wsparte odpowiednimi warunkami kredytowania.

Możliwość predykcji jest determinowana w dużym stopniu przez jakość zbieranych przez długi czas informacji – pozwalających ocenić bieżącą i przyszłą kondycję finansową i ekonomiczną, a przez to właściwie oszacować ryzyko kredytowe

<sup>3</sup> NBP, *Raport o stabilności systemu finansowego*, grudzień 2011, s. 13.

<sup>4</sup> *Ibidem*.

klientów<sup>5</sup>. Większa przewidywalność sytuacji w zakresie jakości portfela kredytowego przejawia się przede wszystkim budowaniem długotrwałych relacji z kredytobiorcami (przede wszystkim chodzi o gospodarstwa domowe i MŚP)<sup>6</sup>. Angażowanie się w takie relacje pozwala klientom uzyskać nie tylko długoterminowe kredyty, ale także wsparcie finansowe w razie wystąpienia trudności finansowych, co ma zasadnicze znaczenie w warunkach współczesnej gospodarki, której cechą jest ciągła zmienność.

Rosnące znaczenie procesu przetwarzania informacji w bankach ma różne przyczyny. Jedną z nich jest nadanie bankom, w ramach Nowej Umowy Kapitałowej z 2004 r. („Bazylei II”<sup>7</sup>), możliwości tworzenia wewnętrznych ocen ratingowych. Rzetelna i adekwatna do sytuacji ocena ryzyka wymaga od przedsiębiorstwa ubiegającego się o kredyt dostarczania danych, które są wykorzystywane na wszystkich etapach procedury przyznawania ratingu. Optymalny system ratingowy dotyczący ryzyka kredytobiorcy składa się z następujących elementów: oceny czynników ilościowych i jakościowych, ratingu branży i elementów specyficznych dla danego klienta (zawartych w tab. 1). Do kategorii czynników mierzalnych należą głównie wielkości, które można uzyskać na podstawie bilansu lub rachunku zysków i strat przedsiębiorstwa.

**Tabela 1.** Elementy składowe systemu ratingów wewnętrznych dla sektora średnich i małych przedsiębiorstw

Wymiar ratingu	Obszar podlegający ocenie	Analizowane kategorie
Zdolność kredytowa (PD)	czynniki ilościowe	Bieżąca i przewidywana sytuacja majątkowa
		Bieżąca i przewidywana sytuacja finansowa
		Polityka bilansowa
		Bieżąca i przewidywana wielkość zysku
		Bieżąca i przewidywana sytuacja w zakresie <i>cash flow</i>
		Historia rachunku (konta) bankowego
	czynniki jakościowe	Jakość procesu planowania
		Jakość procesu zarządzania
		Pozycja rynkowa na tle branży
		Inne czynniki ryzyka
Sytuacja w branży	Intensywność konkurencji, rentowność branży, faza rozwoju, odporność na wahania cyklu koniunkturalnego	
Rating transakcji (LGD)	Specyfika przedsiębiorstwa	

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Bundesverband Deutscher Banken, Rating, Fokus: Unternehmen, Eine Information der privaten Banken, Berlin, September 2010, s. 8.

<sup>5</sup> C. Borio, *Change and Constancy In the Financial System: Implication for Financial Distress and Policy*, BIS Working Paper nr 237, Monetary and Economic Department, 2007.

<sup>6</sup> Haubrich 1989, *Financial intermediation, delegated monitoring, and long-term relationship*, “Journal of Banking and Finance” 1989, vol. 13.

<sup>7</sup> Możliwości tych nie podważyły postanowienia Bazylei III.

Czynniki niemierzalne natomiast wynikają z „oszacowania” jakości określonych obszarów przedsiębiorstwa oraz jego relacji z otoczeniem, szczególnie rynkowym. Ponieważ przedsiębiorstwo działa w określonej branży, typowe dla niej czynniki ryzyka oddziałują na ogół przedsiębiorstw i powinny zostać uwzględnione w ocenie zdolności kredytowej danego przedsiębiorstwa.

Jednocześnie podlegająca w dużym stopniu standaryzacji procedura ratingu powoduje, że w pojedynczych przypadkach może nie zostać odzwierciedlona sytuacja konkretnego przedsiębiorstwa. W procedurę ratingową powinna zatem być włączona ocena tzw. indywidualnych komponentów oddających specyfikę przedsiębiorstwa. Poszczególnym czynnikom ryzyka z różnych obszarów, w zależności od ich roli w przewidywaniu zdolności klienta do spłaty kredytu, zostają przypisane różne wagi i poprzez funkcję ratingu zostaje dla nich określona odpowiednia liczba punktów (tzw. wartość scoringowa). Wartości scoringowe zostają przydzielone do odpowiednich przedziałów odpowiadających różnym poziomom prawdopodobieństwa upadłości.

Poszczególnym czynnikom ryzyka z różnych obszarów, w zależności od ich znaczenia w prognozowaniu przyszłej zdolności do spłaty kredytu, zostaje przypisana różna waga ryzyka i za pomocą funkcji ratingu zostają one ujęte w formie konkretnych wartości, którym po połączeniu w klasy jest przypisywany określony stopień prawdopodobieństwa, charakterystyczny dla danej klasy. Zgodnie z założeniami Bazylii II przy tworzeniu systemów ratingowych nie jest najistotniejsze, jakie wagi zostaną przypisane poszczególnym grupom czynników ryzyka. Większe znaczenie ma dokonanie wyraźnego rozgraniczenia kredytobiorców w poszczególnych klasach, ponieważ daje to możliwość skutecznego prognozowania upadłości klientów w wystarczająco długim okresie.

Siła przewidywania za pomocą systemów ratingowych podlega ocenie przez nadzór bankowy. Banki, które stosują metodę ratingów wewnętrznych, muszą udowodnić, że ich systemy ratingowe pozwalają na wiarygodną ocenę kredytobiorców i transakcji, wyraźne rozróżnienie pomiędzy poziomami ryzyka oraz jego precyzyjne oszacowanie. Szczególnie zalecane przez Komitet jest uwzględnienie przez banki wszystkich danych ilościowych i jakościowych dotyczących klienta<sup>8</sup>.

W tym kontekście szczególnie wskazane jest wykorzystanie przez banki systemów sztucznej inteligencji. Poprzez stworzenie odpowiedniej struktury systemu i zgromadzenie odpowiedniej ilości danych w procesie uczenia się i testowania można uzyskać najbardziej adekwatną do rzeczywistości relację pomiędzy danymi wejściowymi (czynnikami uwzględnianych przy formułowaniu oceny ratingowej) a klasami ryzyka.

---

<sup>8</sup> Bankinternes Rating mittelständischer Kreditnehmer im Zuge von Basel II, Bundesverband Deutscher Banken, Daten, Fakten, Argumenten, Berlin, 2. Aktualisierte Auflage, Juli 2009, s. 17.

### 3. Przewidywanie ryzyka kredytowego przez sztuczne sieci neuronowe – zasada działania sieci

W ostatnich latach dynamiczny rozwój takich gałęzi nauki, jak sztuczna inteligencja (AI – *Artificial Intelligence*), spowodował wzrost liczby badań nad zastosowaniem narzędzi z tej dziedziny także w modelowaniu ryzyka kredytowego. Samo pojęcie sztucznych sieci neuronowych (ANN – *Artificial Neural Networks*) ma swój początek już w roku 1943, kiedy to McCulloch i Pitts przedstawili pierwszy matematyczny model neuronu. Opisywana technika bazuje na stworzeniu najczęściej wirtualnej struktury imitującej swoim działaniem procesy zachodzące w biologicznych komórkach nerwowych. W oczywisty sposób model ten nie jest wierną kopią natury, niemniej jednak ze względu na duży stopień jej naśladownictwa umożliwia tworzenie modeli, które są w stanie same zdobywać wiedzę, a następnie uogólniać ją podczas procesu modelowania danego zagadnienia. Podstawowym elementem modelu jest pojedynczy neuron – sztuczna komórka. Podobnie jak jej biologiczny odpowiednik posiada ona wejścia wprowadzające do niej sygnały zewnętrzne (odpowiedniki dendrytów) oraz wyjście, służące do przesłania sygnału do kolejnych komórek (odpowiednik biologicznego aksonu). Sygnały docierające do sztucznego neuronu ulegają przemnożeniu przez pewną liczbę rzeczywistą. Jest to tzw. waga. Z każdym wejściem sprzężona jest dokładnie jedna taka liczba. Powstałe iloczyny (sygnał razy waga) – zwane całkowitym pobudzeniem neuronu – są sumowane oraz przetwarzane przez pewną funkcję aktywacji. Często zwykło się twierdzić, że jest ona odpowiednikiem jądra komórki. Nie należy jednak zapominać, że pełni ona także funkcję połączenia synaptycznego. Dzięki zastosowanej funkcji aktywacji dokonywane jest przekształcenie sygnału wejściowego za pomocą odpowiedniego wzoru. Wśród bardziej popularnych funkcji wyróżnia się m.in. funkcję logistyczną, tangensa hiperbolicznego czy też funkcję sinus.

ANN stanowią połączone ze sobą neurony. Schemat tych połączeń, a co za tym idzie – struktura sieci oraz kierunek przepływu danych, decydują o typie sieci neuronowych, z którymi ma się do czynienia. Jednym z bardziej popularnych typów ANN są sieci jednokierunkowe wielowarstwowe (MLP – *MultiLayer Perceptron*). Sygnały, które przez nie płyną, transmitowane są tylko w jednym kierunku – od wejścia do wyjścia. Nie ma możliwości, by pojawiły się jakieś sprzężenia zwrotne. Sieci te cechuje stosunkowo duża szybkość działania, a także zadowalająca jakość uzyskiwanych wyników. Rodzina sieci MLP obejmuje swoim zasięgiem struktury o różnych liczbach komórek. Komórki te zorganizowane są w tzw. warstwy. Neurony będące w obrębie danej warstwy funkcjonują na podstawie tych samych algorytmów. Wyróżnia się warstwę wejściową (jej neurony nie podlegają procesowi nauki, ich zadanie ogranicza się do rozesłania danych wejściowych wewnątrz sieci), warstwę ukryte (zazwyczaj stosuje się jedną lub dwie takie warstwy) oraz warstwę wyjściową. Ostatnie dwa typy warstw zawierają neurony, które w procesie nauki sieci zyskują wiedzę. Cała inteligencja ANN kryje się we wspomnianych już wcześniej



wagach, tj. liczbach rzeczywistych podlegających modyfikacjom w procesie nauki. Proces trenowania sieci polega (przy metodzie nauki z tzw. nauczycielem) na pokazywaniu ANN danych archiwalnych (wejściowych) oraz obserwowaniu reakcji sieci na nie. Jeżeli wygenerowana przez model odpowiedź jest obciążona nieakceptowalnym błędem, program zwany nauczycielem przy wykorzystaniu najczęściej metod gradientowych sprawdza, który z neuronów (idąc od wyjścia w kierunku wejścia – do pierwszej warstwy ukrytej włącznie), w jakim stopniu przyczynił się do powstania błędu. Podczas tego procesu wspomniane wagi ulegają takim modyfikacjom (poprzez użycie gradientów), aby w kolejnym etapie generowane przez nie błędy były mniejsze. Proces treningu jest następnie powtarzany tak długo, aż uzyskiwane odpowiedzi są zadowalające bądź kiedy dalszy proces nauki nie ma już szans doprowadzić do polepszenia jakości modelu<sup>9</sup>.

#### 4. Budowa modelu

Jednym z najistotniejszych elementów budowy modelu prognostycznego jest właściwy dobór danych wejściowych. W oczywisty sposób, aby móc dokonać precyzyjnego modelowania, należy dysponować informacją, która w istotny sposób związana jest z danym zjawiskiem. Ogromną zaletą ANN jest brak konieczności posiadania wiedzy na temat szczegółowych zależności między danymi wejściowymi modelu a jego wyjściem. Sieć sama w procesie nauki tworzy takie powiązania, dążąc do uzyskania możliwie najlepszych wyników. W literaturze przedmiotu odnaleźć można wiele kombinacji danych wejściowych. Bazując na nich, udało się autorom zbudować model o zadowalającym stopniu precyzji. Jako przykład przytoczyć można badania H. Matoussiego i A. Krichene, w których to analizie poddane zostało ryzyko kredytowe na podstawie danych uzyskanych z banku komercyjnego w Tunezji<sup>10</sup>. W procesie predykcji użyte zostały następujące zestawy zmiennych wejściowych podzielone na pięć grup wskaźników (tab. 2).

W procesie symulacji udało się autorom wypracować model prowadzący do uzyskania interesujących ekonomicznie wyników. Z danych analizowanego banku wynika, że w badanym przedziale czasowym (2007 rok) bank poniósł z tytułu nieudanych kredytów krótkoterminowych straty w wysokości 376,371 mln dinarów, co

---

<sup>9</sup> Więcej na temat optymalizacji ANN znajduje się m.in. w T. Jasiński, *Zastosowanie dyskretnej transformaty falkowej do poprawy wyników uzyskiwanych przez sztuczne sieci neuronowe*, [w:] Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów, SGH 2004, zeszyt naukowy 48; szczegółowy opis funkcjonowania ANN odnaleźć można m.in. w R. Tadeusiewicz, *Elementarne wprowadzenie do techniki sieci neuronowych z przykładowymi programami*, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, 1998.

<sup>10</sup> Użyte dane pochodziły z BanqueInternationaleArabe de Tunisie (BIAT) i obejmowały 1434 pozytywnie rozpatrzone wnioski przedsiębiorstw tunezyjskich w latach 2003-2006. Więcej informacji znajduje się w H. Matoussi, A. Krichene, *Credit risk assessment using Multilayer Neural Network Models. Case of a Tunisian bank*, International Business and Social Science Research Conference in Bangkok, 2011.



Tabela 2. Zmienne wejściowe modelu

Grupa wskaźników	Wskaźniki
Wskaźniki płynności	długoterminowe finansowanie kapitału pracującego
	zapotrzebowanie na kapitał obrotowy
	wskaźnik płynności należności
	wskaźnik bieżącej płynności
	wskaźnik płynności przyspieszonej
	wskaźnik płynności gotówkowej
	wskaźnik obrotu zapasami
Wskaźniki zadłużenia	wskaźnik przepływów pieniężnych do zobowiązań
	wskaźnik pasywów do kapitału własnego
	wskaźnik długu netto do kapitału własnego
	wskaźnik długu do kapitału
	zobowiązania długoterminowe/aktywa ogółem
	zobowiązania długoterminowe/środki trwałe
	wskaźnik zdolności do spłaty odsetek
Wskaźniki rentowności	stopa zysku netto
	stopa zysku brutto
	stopa zwrotu z kapitału zainwestowanego
	rentowność kapitału własnego
Wskaźniki bankowe	wskaźnik środków trwałych do zobowiązań
	wskaźnik zobowiązań krótkoterminowych do sprzedaży
	wskaźnik kosztów finansowych do przychodów całkowitych
	wskaźnik rotacji majątku
Pozostałe zmienne	wskaźnik zabezpieczenia zdefiniowany jako logarytm dziesiętny z wielkości przedstawionych przez firmę gwarancji
	wskaźnik wielkości firmy obliczony jako logarytm dziesiętny z aktywów razem

Źródło: H. Matoussi, A. Krichene, *Credit risk assessment using Multilayer Neural Network Models. Case of a Tunisian bank*, International Business and Social Science Research Conference in Bangkok, 2011, s. 8.

stanowiło 18,68% ogółu przyznanych kredytów krótkoterminowych. Zastosowanie strategii opartej na ANN spowodowałoby zmniejszeniem strat do 12,03%. W oczywisty sposób tak drastyczne zmniejszenie poniesionych strat skutkowałoby poprawą wyniku finansowego banku, a także umożliwiłoby redukcję rezerw stworzonych przez bank jako zabezpieczenie od złych kredytów.

Sieć, która okazała się najlepsza, posiadała architekturę MLP o trzech warstwach ukrytych (łącznie zawiera pięć warstw) i następującej liczbie neuronów w kolej-

nych warstwach: 24-21-15-10-2. Jak widać, ostatnia warstwa – wyjściowa – zawiera dwa neurony. Wybór taki wymuszony został typem podziału przestrzeni rozwiązań w modelu. Zastosowano tutaj podział dychotomiczny, co wydaje się rozwiązaniem najbardziej naturalnym, a nawet optymalnym. Podział ten zakłada istnienie jedynie dwóch rozłącznych zbiorów, do których klasyfikowane są analizowane firmy. W tym przypadku zbiory te oznaczają decyzję kredytową – dać kredyt lub nie przyznać kredytu. Zauważyć należy, że liczba warstw ukrytych (tj. trzy warstwy) nie należy do najbardziej popularnych rozwiązań. Większość modeli prognostycznych posiada maksymalnie dwie warstwy ukryte.

Zaproponowany powyżej zestaw danych wejściowych nie jest oczywiście jedynym możliwym do zastosowania. Dość zaskakująca okazuje się liczba danych wejściowych omawianego modelu. Zazwyczaj dąży się do ich minimalizacji. Przykładem poprawnie funkcjonujących modeli o mniejszej liczbie zmiennych objaśniających są ANN zaproponowane przez A.F. Atiya, które bazują na pięciu lub sześciu kolumnach wejściowych. Podobnie jak w poprzednio omawianym modelu są to wskaźniki finansowe. Przy użyciu MLP i przyjęciu trzyletniego okresu przewidywania ewentualnego bankructwa błąd predykcji w zależności od modelu wahał się w granicach 18,54-14,50%. Zatem duże uproszczenie zestawu danych wejściowych skutkowało uzyskaniem zauważalnie gorszych wyników, mimo wszystko jednak wyniki te dalej uznać należy za dobre<sup>11</sup>. Powyższe badania pokazują, że optymalnych struktur informacji wejściowych warto szukać także na podstawie stosunkowo dużych zestawów informacji. Oczywiście istnieje niebezpieczeństwo wynikające z samej zasady funkcjonowania ANN, że błędy wywołane przez poszczególne kolumny wejściowe ulegną w neuronach zsumowaniu, zwiększając tym samym błąd całkowity, co sugeruje zastosowanie możliwie prostej struktury sieci (takie zachowanie ANN zaobserwować można m.in. w pracy A. Khashman poświęconej ocenie ryzyka kredytowego na przykładzie rynku australijskiego<sup>12</sup>). Jednak jak dowiodły badania, dobrze dobrany zestaw danych wejściowych związany z prognozowanym zjawiskiem bankructw potrafi w większym stopniu podnieść jakość predykcji, niosąc ze sobą istotne informacje, niż ją obniżyć poprzez multiplikacje błędów wewnątrz sieci.

Kolejny istotny problem związany jest z horyzontem prognozy, którą ma stworzyć model. Badania pokazują, że przewidywanie na krótszy okres do przodu umożliwia wypracowanie przez model wyższej jakości predykcji. Wraz ze zwiększaniem się horyzontu prognozy niezawodność modelu zdecydowanie spada. Jak udowadniają badania, przy wzroście horyzontu predykcji z maksymalnie 6 miesięcy do minimalnie 24 miesięcy spadki te mogą wynieść nawet ponad 37%<sup>13</sup>.

<sup>11</sup> Szczegółowy opis modelu znajduje się w Atiya 2001, s. 929-935.

<sup>12</sup> Khashman 2009, s. 285-294.

<sup>13</sup> A.F. Atiya, *Bankruptcy Prediction for Credit Risk Using Neural Networks: A Survey and New Results*, [w:] IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 12, Nr 4, 07.2001, s. 933.

W literaturze przedmiotu w ciągu ostatnich lat zaobserwować można tendencję nie tylko do optymalizacji danych wejściowych modelu, lecz także do modyfikacji metod nauki ANN. Za przykład posłużyć mogą badania L. Gao, C. Zhou, H.-B. Gao oraz Y.-R. Shi, w których autorzy twierdzą wprost, że powszechnie wykorzystywane takie metody, jak wstecznej propagacji błędów (BP – *Back Propagation*) oraz metoda nauki poprzez algorytmy genetyczne, stanowią istotne ograniczenie możliwości ANN. W istocie wspomniane algorytmy, w szczególności metoda BP, mają swoje wady. Główną jest ryzyko „utknięcia” algorytmu w minimum lokalnym funkcji błędu. Nie osiągając minimum globalnego, algorytm nie jest w stanie optymalnie wytrenować ANN<sup>14</sup>. Próbą rozwiązania tego problemu było wprowadzenie tzw. momentowej metody wstecznej propagacji błędów (MBP – *MomentuBack Propagation*). Wspomniany współczynnik bezwładności powoduje po pierwsze zwiększenie tempa nauki, po drugie zmniejszenie ryzyka stałego pozostania przez algorytm w minimum lokalnym. W chwili obecnej to właśnie momentowa wersja algorytmu uczenia sieci jest najbardziej popularna i została zaimplementowana w niemal każdym symulatorze ANN (często w programach nie występuje w nazwie wyraz „momentowa”). Okazuje się jednak, że w dalszym ciągu istnieje możliwość stworzenia metody bardziej efektywnej w danym zastosowaniu, która bazując na tej samej strukturze połączonych ze sobą neuronów, umożliwi lepszą ich naukę, co w konsekwencji przekłada się na uzyskanie przez model prognostyczny lepszych wyników. Wspomniani autorzy wprowadzili w swoim modelu metodę nauki i modyfikacji sieci poprzez jej optymalizację rojem cząstek (PSO – *Particle Swarm Optimization*). Metoda ta w istocie jest dość prostym algorytmem optymalizacji typu metaheurystycznego. Zaprezentowana została ona w roku 1995 przez R. Kennedy’ego i R. Eberharta<sup>15</sup>. Cząsteczki w roju, poruszając się według pewnych wektorów, zmieniają swoje położenie (każda cząsteczka uzyskuje przyspieszenie, które to decyduje o jej ruchu i nowej pozycji). Jeżeli nowe położenie cząsteczki jest lepsze od poprzedniego i dodatkowo okaże się, że to położenie jest najlepsze w roju, wówczas rój zyskuje nową, lepszą pozycję, będącą następnie jego atraktorem. Inaczej mówiąc, na ruch cząstki składa się element bezwładności, który niejako stara się wymusić na cząstce kontynuację dotychczasowego ruchu, element kognitywny kierujący cząstkę do jej najlepszej dotychczasowej pozycji oraz element wywołany atraktorem roju – kierujący cząstkę ku najlepszej pozycji znalezionej przez cały rój<sup>16</sup>. W ten sposób wyszuki-

<sup>14</sup> L. Gao, C. Zhou, H.-B. Gao, Y.-R. Shi, *Credit Scoring Model Based on Neural Network with Particle Swarm Optimization*, [w:] ICNC 2006, Part I, red. L. Jiao, LNCS 4221, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2006, s. 76.

<sup>15</sup> R. Kennedy, R. Eberhart, *A New Optimizer Using Particle Swarm Theory*, [w:] Proc. of 6th International Symposium on Micro Machine and Human Science, Nagoya, Japan. IEEE Service Center Piscataway NJ, s. 39-43, 1995.

<sup>16</sup> Więcej informacji na temat zasady działania algorytmu optymalizacji opartego na roju cząstek o możliwościach jego optymalizacji odnaleźć można m.in. w Q. Bai, *Analysis of Particle Swarm Optimization Algorithm*, Computer and Information Science, vol. 3, nr 1, 02.2010.

wane są położenia optymalne. Ich wektory stanowią rozwiązanie zadania optymalizacji ANN. Badania wykazały, że użycie algorytmu PSO skutkowało otrzymaniem wyników porównywalnych do tych wygenerowanych przez tradycyjny model ANN bazujący na metodzie MBP. Przewidywanie „złych kredytów” w przypadku metody PSO obarczone było błędem 16,3% błędnych odpowiedzi dla zbioru testowego. Przy zastosowaniu BP błąd był nawet zauważalnie mniejszy – wnosił 15,3%. W związku z tym, że wyniki nie były wystarczająco dobre zastosowano zmodyfikowany algorytm PSO wprowadzający także zmiany w strukturze sieci (SPSO – *Structure-tuning Particle Swarm Optimization*). Tym razem wyniki były już zdecydowanie lepsze. Liczba błędnych odpowiedzi spadła do poziomu 14,7%. Warto przy tym zaznaczyć, że pierwotna sieć uległa mocnej transformacji. Z początkowych 225 połączeń między neuronami pozostało ich jedynie 111. Pokazuje to, że wspomniany algorytm potrafi także modyfikować strukturę w sposób podwyższający jakość prognostyczną modelu<sup>17</sup>.

## 5. Podsumowanie

Proces optymalizacji danych wejściowych skutkujący coraz lepszą jakością prognoz uzyskiwanych za pomocą systemów sztucznej inteligencji pozwala na odrzucenie często stawianego systemom ratingowym zarzutu, dotyczącego braku możliwości przewidywania przyszłości na podstawie danych i wskaźników historycznych. Efekt zachodzących w systemie sztucznej inteligencji procesów uczenia się stanowi bowiem bardziej adekwatna do rzeczywistości relacja pomiędzy danymi ze sprawozdań finansowych a klasami ryzyka kredytowego odpowiadającymi poszczególnym ocenom ratingowym.

Powyżej przytoczone przykłady dowodzą, że stworzenie poprawnie działającego modelu ANN dokonującego oceny ryzyka kredytowego jest procesem złożonym. Na końcowy sukces składają się w praktyce wszystkie z opisanych elementów. Zarówno dobór danych wejściowych modelu, jak i struktury sieci, a także algorytmu jej nauki uznać należy za niezmiernie istotne elementy budowy systemu prognostycznego. Jak zostało wykazane, niedopracowanie któregokolwiek z wymienionych elementów skutkuje zdecydowanym obniżeniem jakości pracy modelu. Warto w tym miejscu zauważyć, że zestawy danych wejściowych oparte są na coraz to bardziej złożonych strukturach informacji, zdecydowanie odbiegających od takich klasycznych już modeli prognozowania bankructw, jak chociażby model Altmana. W przyszłości oczekiwać należy kontynuowania tendencji do dalszej optymalizacji danych wejściowych i powstawania coraz to bardziej złożonych i nieoczywistych zbiorów zmiennych objaśniających.

---

<sup>17</sup> L. Gao, C. Zhou, H.-B. Gao, Y.-R. Shi, *Credit Scoring Model Based on Neural Network with Particle Swarm Optimization*, [w:] ICNC 2006, Part I, red. L. Jiao., LNCS 4221, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006, s. 76-78.

## Literatura

- Atiya A.F., *Bankruptcy Prediction for Credit Risk Using Neural Networks: A Survey and New Results*, [w:] IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 12, nr 4, 07.2001.
- Bai Q., *Analysis of Particle Swarm Optimization Algorithm*, "Computer and Information Science", vol. 3, nr 1, 02.2010.
- Bankinterne Rating mittelständischer Kreditnehmer im Zuge von Basel II, Bundesverband Deutscher Banken, Daten, Fakten, Argumenten, Berlin, 2. Aktualisierte Auflage, Juli 2009.
- Basel II und Rating in Deutschland: Wie beeinflusst ein Rating die Kreditentscheidung? <https://www.bankenverband.de/presse/07.2012>.
- Borio C., *Change and Constancy In the Financial System: Implication for Financial Distress and Policy*, BIS Working Paper nr 237, Monetary and Economic Department, 2007.
- Bundesverband Deutscher Banken, *Rating, Fokus: Unternehmen, Eine Information der privaten Banken*, Berlin, September 2010.
- Gao L., Zhou C., Gao H.-B., Shi Y.-R., *Credit Scoring Model Based on Neural Network with Particle Swarm Optimization*, [w:] ICNC 2006, Part I, red. L. Jiao., LNCS 4221, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006, s. 76-79.
- Haubrich 1989, *Financial intermediation, delegated monitoring, and long-term relationship*, "Journal of Banking and Finance" 1989, vol. 13.
- Jasiński T., *Zastosowanie dyskretnej transformaty falkowej do poprawy wyników uzyskiwanych przez sztuczne sieci neuronowe*, [w:] Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów, SGH 2004, zeszyt naukowy 48.
- Kennedy R., Eberhart R., *A New Optimizer Using Particle Swarm Theory*, [w:] Proc. of 6th International Symposium on Micro Machine and Human Science, Nagoya, Japan. IEEE Service Center Piscataway NJ, s. 39-43, 1995.
- Khashman A., *A Neural Network Model for Credit Risk Evaluation*, "International Journal of Neural Systems", Vol. 19, nr 4, 2009, s. 285-294.
- Korenik D., *Služebna rola banków komercyjnych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2009.
- Matoussi H., Krichene A., *Credit risk assessment using Multilayer Neural Network Models. Case of a Tunisian bank*, International Business and Social Science Research Conference in Bangkok, 2011.
- NBP, *Raport o stabilności systemu finansowego*, grudzień 2011.
- Polański Z., Woźniak B., Pietrzak B., *System finansowy w Polsce*, Difin, Warszawa 2008.
- Tadeusiewicz R., *Elementarne wprowadzenie do techniki sieci neuronowych z przykładowymi programami*, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, 1998.

### **BANKS' POSSIBILITIES OF INFLUENCING MACROECONOMIC GROWTH BY THE USE OF NEURAL NETWORK SYSTEMS IN THE CREDIT RISK CONTROL**

**Summary:** The aim of the article is to indicate the banks' possibilities in their influencing macroeconomic growth by the improvement made in the data processing procedure in the

credit grant decision making. The authors focus on the potential that lies in the improvement of the loan portfolio quality resulting from neural network use. The paper focuses mainly on the issues of artificial neural networks optimization by the proper choice of input data and training method. Finally these systems allow to increase a correlation between credit risk determinants and risk classes in the credit rating systems. The ultimate outcome is better financial standing of the banks and credit availability, which stimulates economic growth processes.

**Keywords:** credit risk, banks, neural networks.