



**WYDZIAŁ ZARZĄDZANIA  
KATEDRA EKONOMIKI PRZEDSIĘBIORSTW**

Rozprawa doktorska

Prognozowanie zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z branży  
budowlanej z wykorzystaniem klasyfikacyjnych metod statystycznych

**mgr Tomasz Nowicki**

Opiekun Naukowy:  
DR HAB. PAWEŁ ANTONOWICZ, PROF. UG

Opiekun pomocniczy:  
DR ARKADIUSZ KOZŁOWSKI

SOPOT 2022

## Streszczenie

W związku z ciągłymi zmianami zachodzącymi w gospodarce i otoczeniu rynkowym podmioty gospodarcze narażone są na możliwość utraty płynności finansowej zagrażającej przetrwaniu przedsiębiorstwa na rynku. Sytuacje kryzysowe, które dotyczyć mogą różnych sfer działalności przedsiębiorstw w przypadku braku podjęcia działań naprawczych przerodzić się mogą w kryzys właściwy, który z kolei doprowadzić może do niewypłacalności a ostatecznie upadłości przedsiębiorstwa. W związku z powyższym istnieje naturalna potrzeba oceny szans przedsiębiorstw na przetrwanie, a odbiorcami takiej informacji jest zainteresowany szereg różnych podmiotów. Praca doktorska poświęcona jest problematyce prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z wykorzystaniem metod klasyfikacyjnych. Celem niniejszej dysertacji jest zaś budowa modelu prognozowania zagrożenia upadłością dedykowanego przedsiębiorstwom z branży budowlanej, która to jest szczególnie narażona na problem upadłości.

Praca ma charakter teoretyczno-empiryczny i składa się z czterech rozdziałów. Pierwszy rozdział poświęcony został teorii cyklu życia przedsiębiorstw, kryzysów w przedsiębiorstwach oraz niewypłacalności i upadłości, ze szczególnym uwzględnieniem specyfiki branży budowlanej oraz ilościowej analizie problemu upadłości w Polsce. W drugim rozdziale przedstawione zostały metody pomiaru płynności finansowej, która ma szczególne znaczenie dla kondycji finansowej podmiotów gospodarczych. Ponadto, omówiono proces budowy modelu prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw oraz przedstawiono wyniki badań literaturowych poświęconych modelom prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw i najczęściej wykorzystywanym w nich wskaźnikom analizy ekonomiczno-finansowej. Rozdział trzeci poświęcony został metodom klasyfikacyjnym, które znajdują szczególne zastosowanie w problematyce prognozowania upadłości. Zaprezentowano tam metody: analizy dyskryminacyjnej, regresji logistycznej, drzew klasyfikacyjnych i sztucznych sieci neuronowych. W ostatnim rozdziale zawarte zostały wyniki prac nad autorskimi modelami prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw dla branży budowlanej. Autorskie modele, oszacowane z wykorzystaniem różnych metod, porównane zostały z innymi polskimi modelami uniwersalnymi oraz zweryfikowano skuteczność łączenia klasyfikatorów na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw.

## **Słowa Kluczowe**

Bankructwo, upadłość przedsiębiorstw, prognozowanie zagrożenia upadłością przedsiębiorstw, metody klasyfikacyjne

## **Abstract**

Due to the constant changes taking place in the economy and the market environment, enterprises are exposed to the possibility of losing financial liquidity, threatening the company's survival on the market. Crisis situations that may affect various spheres of business activity, in the event of failure to take corrective actions, may turn into a proper crisis, which in turn may lead to insolvency and ultimately bankruptcy of the enterprise. Therefore, there is a need to assess the chances of survival of enterprises, and a number of different entities are interested in the recipients of such information. The thesis is devoted to the problems of forecasting the risk of bankruptcy of enterprises using classification methods. The purpose of this dissertation is to build a bankruptcy risk forecasting model dedicated to companies in the construction industry, which is particularly exposed to the problem of bankruptcy.

The dissertation is theoretical and empirical and consists of four chapters. The first chapter is devoted to the theory of the life cycle of enterprises and crises in enterprises as well as insolvency and bankruptcy, with particular emphasis on the specificity of the construction industry and a quantitative analysis of the problem of bankruptcy in Poland. The second chapter presents methods of measuring financial liquidity, which is of particular importance for the financial condition of enterprises. Moreover, the process of building a business bankruptcy risk prediction model was discussed, and the results of literature research on business bankruptcy risk prediction models and the most frequently used economic and financial analysis indicators were presented. The third chapter is devoted to classification methods that are particularly applicable in the issues of bankruptcy forecasting. The following methods are presented: discriminant analysis, logistic regression, classification trees and artificial neural networks. The last chapter contains the results of works on author's models of forecasting the risk of bankruptcy of enterprises for the construction industry. The author's models, estimated with the use of various methods, were compared with other Polish universal models and the effectiveness of combining classifiers for the purposes of forecasting the risk of bankruptcy of enterprises was verified.

## **Key-words**

Bankruptcy, insolvency of enterprises, forecasting the risk of bankruptcy of enterprises, classification methods

## Spis treści

Streszczenie .....	2
Słowa Kluczowe .....	3
Abstract .....	4
Key-words.....	5
Wstęp .....	7
1. Cykl życia i problem upadłości przedsiębiorstw .....	12
1.1 Cykl życia przedsiębiorstwa.....	12
1.2 Sytuacja kryzysowa i kryzys w przedsiębiorstwie.....	24
1.3 Niewypłacalność i bankructwo przedsiębiorstwa .....	35
1.4 Upadłość przedsiębiorstw .....	44
1.4.1 Upadłość przedsiębiorstw w Polsce w latach 2013-2021 .....	52
1.4.2 Kondycja branży budowlanej w Polsce .....	58
2. Prognozowanie zagrożenia upadłością .....	65
2.1 Pomiar płynności finansowej.....	65
2.2 Budowa modelu prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstwa .....	76
2.3 Wybrane modele dyskryminacyjne upadłości przedsiębiorstw .....	89
2.4 Wybrane modele predykcji bankructw przedsiębiorstw oparte na analizie logitowej i probitowej, drzewach decyzyjnych i sztucznych sieciach neuronowych .....	109
3. Wybrane metody statystyczne wykorzystywane do klasyfikacji.....	130
3.1 Analiza dyskryminacyjna .....	130
3.2 Analiza logitowa i probitowa.....	139
3.3 Drzewa klasyfikacyjne .....	145
3.4 Sztuczne sieci neuronowe .....	152
4. Model prognozowania zagrożenia upadłością dla polskich przedsiębiorstw z branży budowlanej	163
4.1 Charakterystyka próby badawczej .....	163
4.2 Dyskryminacyjny model prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z branży budowlanej.....	169
4.3 Model logitowy prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z branży budowlanej .....	173
4.4 Model prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z branży budowlanej z wykorzystaniem drzewa klasyfikacyjnego.....	177
4.5 Model prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z branży budowlanej oparty na Sztucznej Sieci Neuronowej .....	180
4.6 Łączenie klasyfikatorów na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z branży budowlanej.....	183

4.7 Rekomendacje dotyczące budowy modeli prognozowania zagrożenia upadłością i ich implementacji.....	191
Zakończenie.....	195
Bibliografia.....	200
Spis rysunków.....	213
Spis tabel .....	214
Spis wykresów .....	216
Załączniki .....	217

## Wstęp

Wiele zjawisk mających miejsce w otoczeniu człowieka ma charakter cykliczny. Cykliczność ta dotyczy nie tylko zjawisk fizycznych, astronomicznych czy chemicznych (takich jak pory roku, obieg pierwiastków w przyrodzie czy cykle geotermiczne) ale również zjawisk gospodarczych. Już w drugiej połowie XIX wieku publikowane były pierwsze prace traktujące o problemie cykliczności w życiu gospodarczym<sup>1</sup>. Występowanie cykli koniunkturalnych wpływa naturalnie na przedsiębiorstwa będące jednymi z podstawowych uczestników obrotu rynkowego. W kontekście funkcjonowania przedsiębiorstw również zauważyć można pewną cykliczność, która znalazła się obiektem zainteresowania wielu autorów. Teorie cykli życia przedsiębiorstw zwracają uwagę na poszczególne etapy (fazy) życia przedsiębiorstw, z których każdy posiada swoje cechy szczególne, a przedsiębiorstwa będące na danym etapie rozwoju mierzą się z określonymi trudnościami i dostrzegają różnorodne szanse dla dalszego rozwoju. Wśród teorii cyklu życia przedsiębiorstwa na szczególne wyróżnienie zasługuje model autorstwa L. Greinera, który szczególną wagę nadaje dotyczącym przedsiębiorstwa kryzysom. Kryzysy te mogą mieć różne przyczyny, zarówno wewnętrzne, jak i zewnętrzne, oraz dotyczyć różnych sfer działalności przedsiębiorstwa. Kryzysy dotyczące podmioty gospodarcze mogą w skrajnych przypadkach doprowadzić do problemów płatniczych, niewypłacalności, a w konsekwencji do upadłości. Pogłębiająca się niewydolność finansowa podmiotów gospodarczych niesie ze sobą konsekwencje nie tylko dla nich samych, ale również dla wielu grup interesariuszy takich jak udziałowcy, dostawcy kapitału czy kontrahenci. W związku z powyższym istnieje naturalna potrzeba oceny kondycji finansowej przedsiębiorstw. Dodatkowo, w związku z pobudzeniem przedsiębiorczości w wyniku rozwoju systemów kapitalistycznych i rosnącej liczby przedsiębiorstw uwidacznia się potrzeba szybkiego, syntetycznego sposobu oceny standingu finansowego. Odpowiedzią na powyższy problem są modele prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw. Już w latach trzydziestych XX wieku opracowywane zostały pierwsze jednowymiarowe metody oceny kondycji finansowej, natomiast wielowymiarowe podejście do prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw zaprezentowane zostało 1968 w pracy autorstwa E.I. Altmana, który opracował model Z-score oparty na analizie dyskryminacyjnej. Dzięki postępującemu

---

<sup>1</sup> Pierwsza praca poruszająca ten temat autorstwa C. Juglara opublikowana została w 1862. Inne najbardziej znane teorie cykli koniunkturalnych to te autorstwa J. Kitchina, S. Kuznetza oraz N.D. Kondratieffa.



rozwojowi technologicznemu, z biegiem lat, możliwe stało się jeszcze sprawniejsze rozwiązywanie problemów klasyfikacyjnych. Klasyfikacja bez wątpienia jest zresztą jedną z podstawowych aktywności umysłowych człowieka, który od zawsze starał się grupować otaczające go obiekty według określonych kryteriów. Nie może więc dziwić, że akurat ten nurt badań rozwija się szczególnie intensywnie i zastosowanie znajdują coraz to nowsze i dokładniejsze metody. Wyjątkiem nie są narzędzia do prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw, które na przestrzeni lat przeszły swoistą ewolucję. Od czasów prekursorskiej publikacji E.I. Altmana, w celu identyfikacji podmiotów o „złej” kondycji wykorzystywane były różne metody statystyczne, takie jak: regresja logistyczna i probitowa, analiza skupień, drzewa decyzyjne, sieci neuronowe czy inne zaliczane do technik sztucznej inteligencji.

Pomimo niewątpliwie głębokiej eksploracji problemu prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw w literaturze przedmiotu, wciąż zauważalne są istotne luki badawcze. Jednym z zagadnień, które wciąż wydają się niedostatecznie rozwinięte w badaniach naukowych jest problematyka modeli branżowych, zwłaszcza w przypadku modeli szacowanych dla polskich przedsiębiorstw. Potrzeba podejścia sektorowego w kontekście prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw uzasadniona jest specyfiką konkretnych branż, która determinuje wartości wskaźników ekonomiczno-finansowych charakteryzujących konkretne podmioty, a co za tym idzie przekłada się na sprawność modeli wykorzystujących te właśnie wskaźniki. Drugą zauważalną luką badawczą jest z pewnością problematyka łączenia klasyfikatorów na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw. Jest to o tyle zaskakujące, że w dobie powszechnego dostępu do rozbudowanego oprogramowania statystycznego, większość autorów ogranicza się do budowy modeli z wykorzystaniem tylko jednej z nich. Ponadto, większość z dedykowanych polskim przedsiębiorstwom modeli tworzonych jest z wykorzystaniem analizy dyskryminacyjnej i modeli probabilistycznych, natomiast znikome są publikacje dotyczące modeli wykorzystujących bardziej nowoczesne metody, takie jak sztuczne sieci neuronowe. Podsumowując, uzasadnieniem wyboru tematu rozprawy, a zarazem dowodami na istotność zidentyfikowanych luk badawczych są:

- relatywnie niska liczba polskich modeli dedykowanych konkretnym branżom;
- stosunkowo niska liczba modeli wykorzystujących łączenie klasyfikatorów;
- zmiany w prawie upadłościowym i restrukturyzacyjnym, które przeddefiniowały kwestie związane z procesami upadłościowymi;

- globalna pandemia wirusa COVID-19 silnie oddziałująca na gospodarki, a co za tym idzie na problemy upadłościowe;
- wysoka użyteczność modeli prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw dla szeregu podmiotów będących potencjalnie zainteresowanych oceną kondycji finansowej przedsiębiorstw;
- szczególna podatność branży budowlanej na występowanie problemu upadłości przedsiębiorstw.

**Celem głównym rozprawy doktorskiej jest opracowanie modelu służącego prognozowaniu zagrożenia upadłością polskich przedsiębiorstw z branży budowlanej.**

Tak sformułowany cel główny zdeterminował wiązkę celów szczegółowych:

- Usystematyzowanie pojęć dotyczących bankructwa, upadłości, niewypłacalności, a także kryzysów i sytuacji kryzysowych;
- Określenie najczęściej wykorzystywanych w literaturze przedmiotu wskaźników finansowych na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw;
- Identyfikacja wskaźników analizy finansowych, które pozwalają osiągnąć najwyższą sprawność dla branży budowlanej;
- Oszacowanie modeli wykorzystujących różne metody klasyfikacyjne oraz modelu łączącego klasyfikatory;
- Weryfikacja skuteczności poszczególnych metod klasyfikacyjnych oraz modelu wykorzystującego łączenie klasyfikatorów.

Przedmiotem badań jest prognozowanie zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z branży budowlanej. W dysertacji materializują się następujące obszary problemowe, z którymi nierozłącznie wiąże się przedmiot badań:

- cykl życia organizacji, których szczególnym przykładem są przedsiębiorstwa;
- kryzysy i przyczyny ich występowania w przedsiębiorstwach;
- wskaźniki analizy finansowej wykorzystywane na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw;
- metody klasyfikacyjne wykorzystywane do budowy modeli prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw;
- łączenie klasyfikatorów w celu maksymalizacji sprawności modelu prognozującego upadłość przedsiębiorstw.

Podmiotem badań są z kolei polskie przedsiębiorstwa działające w branży budowlanej.

Określenie i sprecyzowanie problemu naukowego, wyznaczenie celu głównego i celów szczegółowych oraz zdefiniowanie przedmiotu i podmiotu badań pozwoliło na sformułowanie następujących hipotez badawczych:

**Hipoteza badawcza 1:** *Sektorowe modele prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw osiągają wyższą dokładność niż modele uniwersalne;*

**Hipoteza badawcza 2:** *Nowoczesne, bardziej złożone metody klasyfikacyjne, jak sztuczne sieci neuronowe, osiągają wyższe skuteczności niż modele oparte na metodach klasycznych – analizie dyskryminacyjnej, regresji logistycznej i drzewach klasyfikacyjnych;*

**Hipoteza badawcza 3:** *Łączenie klasyfikatorów na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw pozwala na osiągnięcie wyższej dokładności klasyfikacji.*

W celu weryfikacji wyżej postawionych hipotez wykorzystano zarówno badania jakościowe jak i ilościowe. Pierwsze dwa rozdziały pracy poświęcone są badaniom literaturowym dotyczącym koncepcji cyklu życia przedsiębiorstw, upadłości, bankructwa niewypłacalności oraz metodom pomiaru płynności finansowej i dotychczas opracowywanym modelom prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw. W ramach tych badań udało się zidentyfikować parametry i wskaźniki ekonomiczno-finansowe, które najczęściej wykorzystywane były podczas prób klasyfikacji przedsiębiorstw ze względu na zagrożenie ich dalszego funkcjonowania. Druga część pracy skupia się na badaniach ilościowych, w szczególności na statystycznych metodach klasyfikacyjnych i ich użyteczności w prognozowaniu zagrożenia upadłością przedsiębiorstw.

Niniejszą pracę oparto na literaturze zarówno krajowej jak i zagranicznej. Wykorzystano publikacje najbardziej uznanych autorów poruszających się w problematyce upadłości przedsiębiorstw, takich jak: E.I Altaman, E. Mączyńska, D. Hadasik, B. Prusak, P. Antonowicz. Dysertacja została również wzbogacona o szeroki przegląd światowego dorobku naukowego w sferze modelowania prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw. W trakcie konstruowania rozdziałów poświęconych zagadnieniom statystycznym wykorzystano prace takich autorów jak R. Fisher, L. Breiman, G.S Maddala, D.A Aczel czy E. Gatnar. W ramach przeprowadzonych badań wykorzystane zostały dane pochodzące z wywiadowni gospodarczych takich jak InfoVeriti oraz EMIS, jak również z raportów branżowych i danych Głównego Urzędu Statystycznego.

Autor ma głęboką nadzieję, że niniejsza praca nie tylko posiada walory teoriopoznawcze i wskazuje na luki badawcze w dotychczasowym dorobku naukowym, ale

również przyczyni się do doskonalenia metod prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw i będzie miała swoje implikacje praktyczne.

# 1. Cykl życia i problem upadłości przedsiębiorstw

## 1.1 Cykl życia przedsiębiorstwa

Współczesna rzeczywistość gospodarcza, oparta na zasadach gospodarki rynkowej, cechuje się bardzo dużą zmiennością. Wraz z postępującym rozwojem systemów kapitalistycznych oraz otwieraniem się gospodarek fluktuacje w nich występujące stawały się coraz bardziej zauważalne. W związku z tym przedstawiciele nauk ekonomicznych szczególnie zainteresowali się problemem zmian dotyczących koniunktury gospodarczej. Obserwacje dotyczące zmian gospodarczych pozwoliły stwierdzić, że zjawisko wzrostu gospodarczego ma charakter cykliczny, tak jak wiele innych zjawisk fizycznych.

Wspomniane powyżej obserwacje doprowadziły do powstania pojęcia cyklu koniunkturalnego, czyli okresowych zmian poziomu aktywności gospodarczej, występujących na tle długookresowego trendu<sup>2</sup>. Powyższa aktywność gospodarcza może być kwantyfikowana różnymi miernikami, natomiast współcześnie najczęściej stosowaną miarą jest agregatowy wskaźnik Produktu Krajowego Brutto (PKB), uzupełniony komplementarnie o dodatkowe wskaźniki takie jak poziom inwestycji czy zatrudnienia.

Klasyczny cykl koniunkturalny dzielony jest na kolejno następujące po sobie fazy: ożywienia, rozkwitu, kryzysu i depresji. Fazy rozkwitu i depresji mają charakter statyczny – w czasie ich trwania PKB utrzymuje się na wysokim (rozkwit) lub niskim (depresja) poziomie. Fazy ożywienia oraz kryzysu mają za to charakter dynamiczny co oznacza, że miernik stanu gospodarki zmienia swoją wartość w czasie i jego poziom zmierza stopniowo od niskiego do wysokiego (ożywienie) lub odwrotnie (kryzys).

Warto wspomnieć, że cykl koniunkturalny nie jest rozumiany jako konkretny okres liczony w określonych interwałach czasu. W literaturze przedmiotu można spotkać się z podziałem cykli koniunkturalnych na:

- cykle J. Kitchina<sup>3</sup>, trwające 3-4 lata, które związane są ze zmianami zapasów czy cen hurtowych;

---

<sup>2</sup> D. Begg, *Makroekonomia*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1992, s.153.

<sup>3</sup> J. Kitchin, *Cycles and Trends in Economic Factor*, Review of Economic Statistics, vol. 5, 1923, 10-16.

- cykle C. Juglars<sup>4</sup>, trwające 8-10 lat, wynikające ze zmian wydatków inwestycyjnych, Produktu Narodowego Brutto, bezrobocia i inflacji;
- cykle S. Kuzneta<sup>5</sup>, trwające 15-23 lata, które związane są z akumulacją czynników wytwórczych w długim okresie (budownictwo, inwestycje, migracje);
- cykle N. Kondratiewa<sup>6</sup>, trwające 40-60 lat, które powiązane są z odkryciami i ważnymi innowacjami technologicznymi.

We współczesnych systemach gospodarczych, opartych na zasadach wolnorynkowych, szczególną rolę odgrywają przedsiębiorstwa. Będąc jednym z najważniejszych elementów gospodarki są zmuszone do nieustannego dostosowywania się do fluktuującego otoczenia makroekonomicznego. Jednak nie wszystkie z nich są w stanie robić to w sposób skuteczny, co powoduje, że zostają wypierane z rynku przez podmioty lepiej dostosowane. W związku z tym niezwykle ciekawymi zagadnieniami, podejmowanymi od wielu lat przez wielu badaczy są kwestie związane z badaniem cyklu życia organizacji.

Pojęcie cyklu życia wywodzi się z nauk biologicznych i ma na celu określenie kolejnych zjawisk zachodzących pomiędzy narodzinami a śmiercią organizmu<sup>7</sup>. Warto jednak zauważyć, że w przeciwieństwie do organizmów żywych, organizacje są w stanie wielokrotnie się odradzać i powracać do poprzednich faz cyklu życia.

Cykl życia organizacji przedstawia poszczególne etapy ich funkcjonowania od momentu ich założenia. W literaturze przedmiotu można spotkać się z wieloma różnymi fazowymi modelami cyklu życia organizacji, z których jako pierwszy często podawany jest model fazowego wzrostu w przedsiębiorstwie opracowany na podstawie teorii wzrostu W. W. Rostowa przez J. McGuire'a w 1963 roku<sup>8</sup>. Należy jednak zauważyć, że rok wcześniej A.D Chandler, zajmujący się historią przedsiębiorstw amerykańskich, wyróżnił w historii ich ewolucji cztery fazy: wstępną ekspansję i akumulację zasobów, racjonalizację wykorzystania zasobów, ekspansję na nowe rynki i dywersyfikację działalności oraz rozwijanie nowej struktury połączone z dalszą racjonalizacją wykorzystania zasobów<sup>9</sup>.

---

<sup>4</sup> C. Juglar, *Des crises commerciales en leur retour périodique en France, en Angleterre et aux États-Unis*, Librairie Gillaumin et Cie, Paryż, 1862.

<sup>5</sup> S. Kuznetz, *Secular Movements in Production and Prices*, Houghton Mifflin, Boston, 1930, s. 71-90.

<sup>6</sup> N.D. Kondratieff, *The Long Waves in Economic Life*, *Review of Economic Statistics*, vol. 17, 1935, s. 105-15.

<sup>7</sup> J. Machaczka, *Zarządzenie rozwojem organizacji. Czynniki, modele, strategia, diagnoza*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998, s. 43.

<sup>8</sup> *Przetrwanie i rozwój małych i średnich przedsiębiorstw*, pod red. F. Bławata, Scientific Publishing Group, Gdańsk 2004, s. 71.

<sup>9</sup> J. Machaczka, *op.cit.*, s. 61.

W późniejszych latach coraz większa liczba badaczy podejmowała w swoich pracach temat cyklu życia organizacji, w efekcie czego powstało wiele różnych modeli. Wybrane z nich wraz z wyszczególnionymi w nich fazami zostały przedstawione w tabeli 1.1.

Zauważyć można znaczące zróżnicowanie poszczególnych modeli pod względem liczby wyróżnionych etapów. Jeden z pierwszych opracowanych modeli – trójfazowy model A. Downsa - powstał na podstawie badań nad instytucjami publicznymi. Pierwsza faza obejmuje legalizację danej organizacji i pozyskanie zasobów niezbędnych do jej funkcjonowania. W drugim etapie, organizacja znajdująca się już w fazie wzrostu, mająca zapewnione przetrwanie zaczyna kłaść większy nacisk na innowacje i działania kreatywne. W ostatniej trzeciej fazie następuje spowolnienie wzrostu a instytucja zaczyna podejmować działania mające na celu wytworzenie szczegółowych regulaminów i procedur co powoduje, że jej działania mają bardziej przewidywalny charakter<sup>10</sup>.

Pierwszym modelem opracowanym na podstawie przedsiębiorstw prywatnych był model L. Lippita oraz W.H Schmidta. Według Autorów, przedsiębiorstwo w początkowej fazie rozwoju tworzy system produkcji i pozyskuje wiedzę konieczną do zapewnienia prawidłowego funkcjonowania. Drugi etap nazwany fazą „młodości” opiera się na ustabilizowaniu działalności. W ostatnim z trzech wymienionych okresów organizacja koncentruje się na wytworzeniu unikalnej marki oraz zdobyciu zdolności do dalszych zmian<sup>11</sup>.

W kolejnym trójfazowym modelu cyklu życia przedsiębiorstwa zaproponowanym przez B.R Scotta, autor szczególną uwagę zwraca na zmianę stopnia formalizacji i biurokratyzacji wraz z rozwojem organizacji. Według niego przedsiębiorstwo przechodzi drogę od mało sformalizowanego, mającego na celu realizację pomysłu przedsiębiorcy, przez model biurokratyczny, aż do mocno zdywersyfikowanego i zdecentralizowanego podmiotu prowadzącego działalność w wielu sektorach<sup>12</sup>.

---

<sup>10</sup> R.E Quinn, K. Cameron, *Organizational Life Cycles and shifting criteria of effectiveness: some preliminary evidence*, Management Science, Nr 29, 1983, s.34.

<sup>11</sup> L.G. Lippitt, W.H. Schmidt, *Crises in a Developing Organization*, Harvard Business Review, 1967, [dostęp 21.02.2019], <https://hbr.org/1967/11/crises-in-a-developing-organization>.

<sup>12</sup> J. Machaczka, *op.cit.*, s. 62-63.

**Tabela 1.1 Modele cyklu życia organizacji – przegląd literatury**

Rok	Autor	Fazy cyklu życia
1962	A.D Chandler	Wstępna ekspansja i akumulacja zasobów ; Racjonalizacja wykorzystania zasobów ; Ekspansja i dywersyfikacja ; Rozwój nowej struktury i racjonalizacja zasobów
1967	A. Downs	Walki o autonomię ; Szybkiego wzrostu ; Powolnego wzrostu
1967	L. Lippit, W.H Schmidt	Narodziny ; Młodość ; Dojrzałość
1971	B.R Scott	One Man Show ; Biurokratyzacji ; Dywersyfikacji i decentralizacji
1972	L. Greiner	Wzrost przez kreatywność ; Wzrost przez kierowanie ; Wzrost przez decentralizację ; Wzrost przez koordynację ; Wzrost przez współpracę
1978	D. Katz, R.L Kahn	Początkowa ; Stabilizacji struktury ; Dopracowania wspierającej struktury
1979	J.R Kimberly	Pierwsza ; Druga ; Trzecia ; Czwarta
1983	R . Quinn, K. Cameron	Przedsiębiorczości ; Zespołowości ; Formalizacji ; Dostosowania
1983	N. Churchil, V.Lewis	Zaistnienia ; Przeżycia ; Sukcesu-nieangażowania się ; Sukcesu - wzrostu ; „Oderwania się" ; Dojrzałości
1989	J. Gościński	Przedsiębiorczości ; Zespołowości ; Formalizacji ; Odnowy
1991	K. Bleicher	Faza pionierska ; Zdobywania rynku ; Dywersyfikacji ; Fuzji i akwizycji ; Kooperacji ; Restrukturyzacji
1979	I. Adizes	Przed założycielska ; Niemowlęctwo ; Wzrost ; Dorastanie ; Rozkwit ; Dojrzałość ; Arystokratyczna ; Wczesna Biurokracja ; Biurokracja ; Śmierć
2003	D. Lester, J. Parnell, S.Carraher	Istnienie ; Przetrwanie ; Sukces ; Odnowa ; Upadek
2011	D. Sirmon, M. Hitt, R. Ireland, B. Gilbert	Start-up ; Wzrost ; Dojrzałość ; Spadek
2014	E. Gurianova, I. Gurianov, S. Mechtcheriakova	Wejście na rynek ; Wzrost ; Dojrzałość ; Nasycenie ; Recesja
2015	S. Hanks	Wprowadzenie ; Rozruch ; Ekspansja ; Dojrzałość ; Dywersyfikacja ; Wzrost ; Dojrzałość ; Nasycenie ; Recesja
2016	S. Tam, D. Gray	Początek ; Wysoki wzrost ; Dojrzałość

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: A.D Chandler, *Strategy and Structure*, MIT Press: Cambridge, MA, 1962; A. Downs, *The life cycle of bureaus, Inside bureaucracy*, San Francisco: Little, Brown and Company, 1967, s. 296-309. L. Lippit, W.H Schmidt, *Crises in a developing organization*. Harvard Business Review, 45,1967, s. 102-112.; B.R Scott, *Stages of corporate development (Part I)*. Boston: Harvard Business School Case Services, 1971.; L. Greiner, *Evolution and Revolution as Organizations Grow*, Readings in Strategic Management, Macmillan Education UK, 1972, s.373–387.; D. Katz, R.L Kahn, *The social psychology of organizations*, New York: John Wiley. 1978.; J.R Kimberly, *Issues in the Creation of Organizations: Initiation, Innovation, and Institutionalization*, Academy of Management Journal. 22 (3), 1979 s. 437–457.; R. Quinn, K. Cameron, *Organizational Life Cycles and Shifting Criteria of Effectiveness: Some Preliminary Evidence*, Management Science. 29 (1): s. 33–51.; N. Churchil, V.Lewis, *The five stages of small business growth*. Harvard Business Review, 61(3), 1983, s. 30-50.; J. Gościński, *Cykl życia organizacji*, PWE, Warszawa 1989, s. 150-151.; I. Adizes, *Organizational passages—Diagnosing and treating lifecycle problems of organizations*, Organizational Dynamics. 8 (1), 1979, s. 3–25.; D. Lester, J. Parnell,



S.Carraher, *Organizational Life Cycle: a five-stage empirical scale*, The International Journal of Organizational Analysis. 11 (4), 2003, s.339–354.; D. Sirmon, M. Hitt, R. Ireland, B. Gilbert, *Resource Orchestration to Create Competitive Advantage*, Journal of Management. 37 (5), 2011, s. 1390–1412.; E. Gurianova, I. Gurianov, S. Mechtcheriakova, *The Influence of Phase the Organizational Life Cycle on Organizational Structure Management and Transaction Costs*, Asian Social Science. 10 (20), 2014, s.137.; S. Hanks, *The Organization Life Cycle: Integrating Content and Process*, Journal of Small Business Strategy. 1 (1), 2015, s.1; S. Tam, D. Gray, *Organizational learning and the organizational life cycle*, European Journal of Training and Development. 40 (1), 2016, s. 2–20.; J. Machaczka, *Zarządzenie rozwojem organizacji. Czynniki, modele, strategia, diagnoza*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998, s. 93-99; *Przetrwanie i rozwój małych i średnich przedsiębiorstw*, pod red. F. Bławata, Scientific Publishing Group, Gdańsk 2004, s. 101-102

W podobny sposób rozwój przedsiębiorstwa postrzegany jest przez D. Katza i R.L. Kahna. Jednakże w ich modelu wyróżniony został etap pośredni polegający na stworzeniu pewnej struktury nieformalnej, przed fazą silnej biurokratyzacji<sup>13</sup>.

J. R. Kimberly podzielił cykl życia na cztery fazy. Według jego koncepcji pierwszy etap rozwoju przedsiębiorstwa organizacji ma miejsce jeszcze przed jej formalnym powstaniem, kiedy to gromadzone są zasoby oraz formułowana jest misja. Kolejny etap polegać ma między innymi na określeniu osoby, która stanowić ma główny napęd całej organizacji. Elementem zdecydowanie wyróżniającym ten model jest szczególna rola misji przedsiębiorstwa, objawiającej się ponownie w trzecim etapie wzrostu, w którym członkowie organizacji odczuwają do niej większe przywiązanie i cechuje ich wysokie zaangażowanie. Ostatni etap podobnie jak w innych modelach obejmuje instytucjonalizację i formalizację<sup>14</sup>.

Ciekawe podejście zostało zaprezentowane przez I. Adizesa, według którego funkcje organizacji nie tworzą żadnej ściśle określonej kolejności, natomiast występują naraz tworząc pewnego rodzaju agregat. Adizes stwierdził, że zachowania organizacji mogą być ukierunkowane na: produkcję (dostarczanie na rynek wyrobów i usług), administrację (formalizację struktur i procesów), przedsiębiorczość (wprowadzanie innowacji i zmian), integrację (stymulowanie współdziałania uczestników organizacji). Rysunek 1.1 przedstawia graficzną interpretację modelu I. Adizesa. Wielkie litery wskazują, które z zachowań są bardziej nasilone na danym etapie rozwoju<sup>15</sup>.

Rysunek 1.1 wskazuje, że na początku rozwoju przedsiębiorstwa dominuje czynnik przedsiębiorczości, a następnie ma miejsce koncentracja na produkcji. Optymalny stan

---

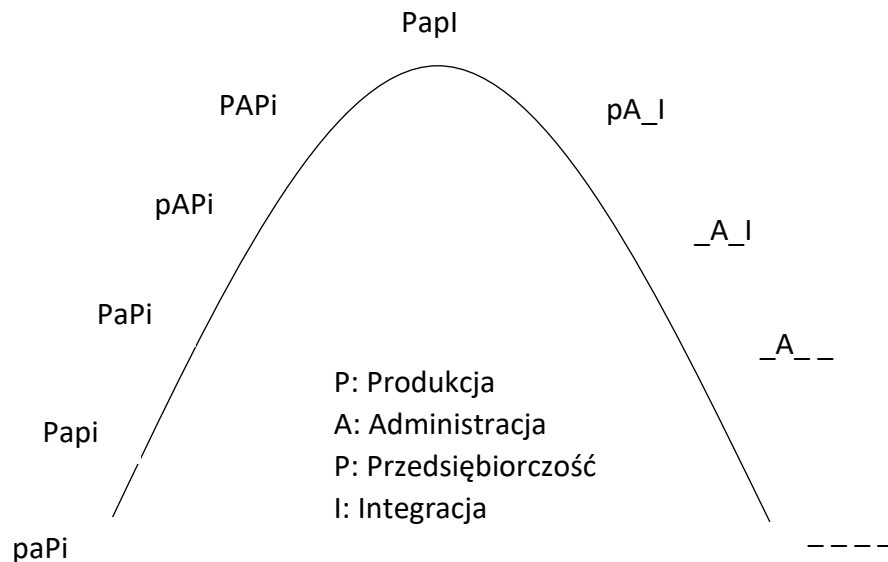
<sup>13</sup> D. Kat, R.L. Kahn, *The Social Psychology of Organizations*, Wiley, Nowy York, 1978, za: .R.E Quinn, K. Cameron, *op.cit.*, s.39.

<sup>14</sup> J. R. Kimberly, *Issues in the Creation of Organizations: Initiation, Innovation, and Institutionalization*, The Academy of Management Journal, 1979, s. 437–457

<sup>15</sup> J. Machaczka, *op.cit.* s.70.

osiągany jest w fazie rozkwitu (PAPi – nastawienie na produkcję, zarządzanie i przedsiębiorczość). W kolejnych fazach organizacja przyjmuje postać zbiurokratyzowanego systemu niezdolnego do innowacji, może ostatecznie prowadzić do jej upadłości.

Rys. 1.1 Model cyklu życia przedsiębiorstwa według I. Adizesa



Źródło: I. Adizes, *Organizational passages—diagnosing and treating lifecycle problems of organizations*, *Organizational dynamics*, 8(1), 3-25, 1979, s.6

Próbie zintegrowania różnych modeli cyklu życia organizacji podjęli w 1983 roku R. Quinn oraz K. Cameron. Bazując na poprzednikach wyróżnili oni cztery fazy życia przedsiębiorstwa: przedsiębiorczości, zespołowości, formalizacji, a także kontroli oraz dostosowywania i odnowy. Model R. Quinn'a i K. Cameron'a w przeciwieństwie do poprzednio przedstawionych nie interpretuje rozwoju organizacji w sposób liniowy, a umiejscawia go w przestrzeni dwuwymiarowej. Układ współrzędnych opisujący tę przestrzeń utworzony został za pomocą dwóch osi: kierunku orientacji (wewnętrzna, zewnętrzna) oraz sposobu oddziaływania koordynacyjnego (elastyczność, kontrola)<sup>16</sup>.

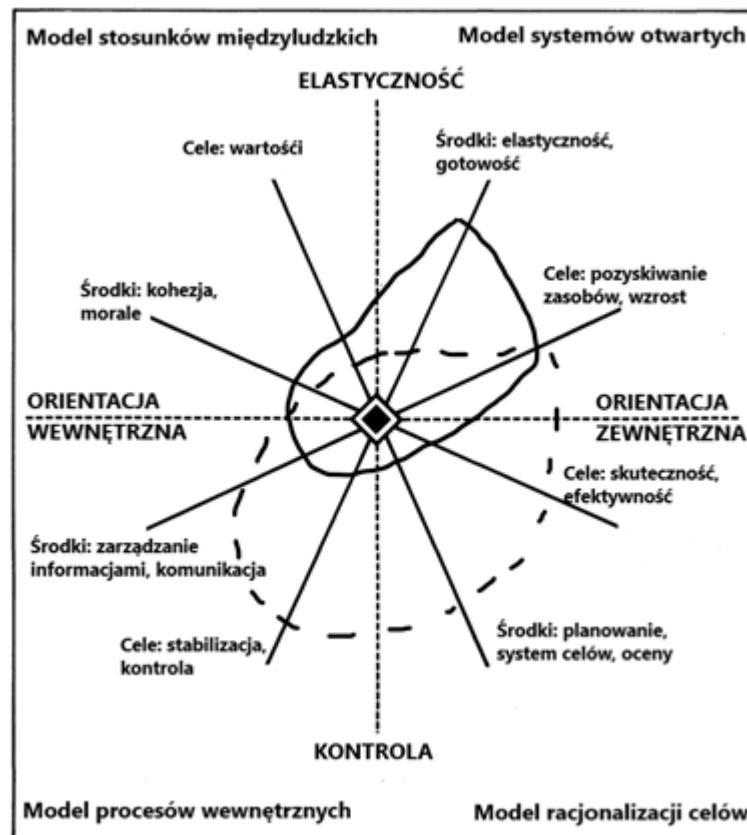
Na rysunku 1.2 zaznaczone zostały pola odpowiadające organizacji w fazie przedsiębiorczości (linia ciągła) oraz formalizacji i kontroli (linia przerywana). Różne kombinacje kierunku orientacji i sposobu oddziaływania koordynacyjnego tworzą cztery

<sup>16</sup> Ibidem, s. 85.

modele efektywności organizacji, w których przedsiębiorstwo realizuje inne cele i dysponuje innymi środkami<sup>17</sup>:

- model systemów otwartych charakteryzuje się wysokim znaczeniem elastyczności i orientacją zewnętrzną;
- model stosunków międzyludzkich, w którym szczególne znaczenie ma elastyczność i czynniki wewnętrzne;
- model procesów wewnętrznych, gdzie nacisk kładziony jest na sterowanie i czynniki wewnętrzne;
- model racjonalizacji celów zwracający uwagę na rolę sterowania i czynniki zewnętrzne.

Rys. 1.2. Model cyklu życia przedsiębiorstwa według Quinna i Camerona



Źródło: R.E Quinn, K. Cameron, *Organizational Life Cycles and shifting criteria of effectiveness: some preliminary evidence*, Management Science, Nr 29, 1983, s.34 (tłumaczenie: J. Machaczka)

<sup>17</sup> R.E Quinn, K. Cameron, *op. cit.*, s.34.

Jednym z polskich autorów zajmującym się tematyką cyklu życia przedsiębiorstw jest J. Gościński, który bazując na pracach R. Quinna i K. Camerona proponuje podział życia organizacji na cztery fazy: przedsiębiorczości, zespołowości, formalizacji oraz odnowy<sup>18</sup>.

W fazie przedsiębiorczości organizacja chce zapewnić sobie przetrwanie poprzez szybki wzrost oraz pozyskiwanie nowych zasobów oraz docieranie do nowych klientów. Cechą przedsiębiorstwa w fazie przedsiębiorczości jest jej elastyczność działania, kreatywność i innowacyjność. Faza zespołowości cechuje się stopniową zmianą orientacji organizacji do wewnątrz. Pozyskiwanie zasobów oraz klientów z zewnątrz przestaje być podstawowym celem na rzecz doskonalenia umiejętności i rozwijania współdziałania uczestników. Cechą charakterystyczną tej fazy jest silne utożsamianie się uczestników z organizacją i współdziałanie nakierowane na realizację misji i celów. W fazie formalizacji zaczyna dominować orientacja wewnętrzna. W związku z tym podstawowymi celami organizacji stają się przewidywalność i stabilność, jak również wydajność i sterowność. W tej fazie w ramach organizacji zaczynają działać sformalizowane, wyspecjalizowane struktury, których zadaniem jest realizacja ściśle określonych zadań.

Ostatnią fazą wyróżnioną przez J. Gościńskiego jest faza odnowy. Na tym etapie organizacja przełamuje rutynę, którą nabyła w fazie formalizacji i ponownie (tak jak w fazie przedsiębiorczości) otwiera się na zewnątrz. Podstawowym celem organizacji w tej fazie jest przyspieszenie rozwoju poprzez wzrost skali ekspansji oraz zdywersyfikowanie własnej działalności. W tej fazie ma miejsce decentralizacja oraz spłaszczenie struktury organizacyjnej<sup>19</sup>.

Jak zauważają A. Koźmiński i W. Piotrowski<sup>20</sup> opisany powyżej model jest dość optymistyczny ze względu na to, że w żadnym momencie nie następuje załamanie, a ostatnia faza modelu – faza odnowy, stwarza nowe szanse rozwoju, podobne do tych, które charakteryzują organizacje w początkowej fazie przedsiębiorczości, co stwarza organizacji szanse na powtórzenie całego cyklu. Wspomniani powyżej autorzy zwracają również uwagę, że charakterystyczna dla wczesnej fazy elastyczność znajdująca odzwierciedlenie w wykorzystywaniu nadarzających się szans przy jednoczesnym braku sformalizowanych procedur może prowadzić do chaosu organizacyjnego, konfliktów oraz improwizacji.

---

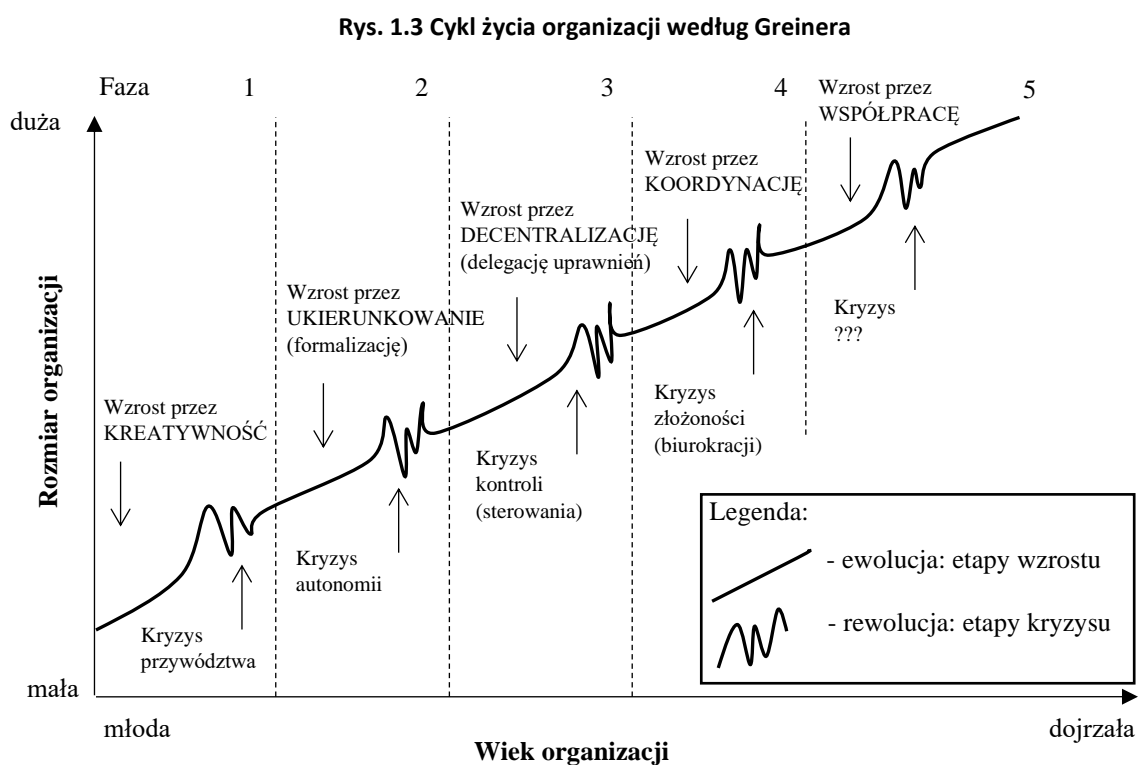
<sup>18</sup> J. Gościński, *Cykl życia organizacji*, PWE, Warszawa 1989, s. 150-151.

<sup>19</sup> Ibidem, s.150-151.

<sup>20</sup> A. Koźmiński, W. Piotrowski, *Zarządzanie. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006, s.39.

W sytuacji, gdy organizacja zbyt długo pozostanie w fazie przedsiębiorczości, odwlekając przejście do fazy zespołowości może dojść do kryzysu, zapaści i ostatecznie „śmierci” organizacji, czego zwieńczeniem będzie przejście przez inną organizację<sup>21</sup>.

Jednym z najbardziej popularnych modeli cyklu życia organizacji jest model L. Greinera<sup>22</sup>, nazywany również modelem pięciu faz wzrostu organizacji. Założeniem leżącym u jego podstaw jest to, że cykl życia organizacji podzielony jest na fazy względnie stabilnego i spokojnego wzrostu, jak również okresy kryzysowe, które niosą za sobą problemy organizacyjne, które wymuszając radykalne zmiany, są bodźcami ciągnącymi organizację do kolejnej fazy cyklu. Graficzną interpretację modelu Greinera przedstawia rysunek 1.3.



Źródło: *Opracowanie własne na podstawie: L. Greiner, Evolution and Revolution as Organizations Grow, Harvard Business Review, Vol. 50, 1972, s. 40.*

Na rysunku 1.3 model L. Greinera opisuje cykl życia organizacji od samego początku jej istnienia aż do momentu, gdzie organizacja jest bardzo duża. Podobnie jak w modelu J. Gościńskiego pierwszym etapem w życiu organizacji jest etap wzrostu przez kreatywność. Powodzenie i przetrwanie organizacji zależne jest od pomysłowości

<sup>21</sup> Ibidem, s.39.

<sup>22</sup> L. Greiner, *Evolution and Revolution as Organizations Grow*, Harvard Business Review, Vol. 50, 1972, s. 40.

i kreatywności właścicieli. W początkowym stadium rozwoju przedsiębiorstwa nacisk kładziony jest przede wszystkim na wejście na rynek, utrzymanie się na nim oraz produkcję wyrobów. Przedsiębiorcze kierownictwo skupia swoją energię na produkcji i marketingu. Ze względu na to organizacja cechuje się niskim stopniem formalizacji i biurokratyzacji. Pierwszy etap kończy się kryzysem przywództwa, wynikającym z rozwoju przedsiębiorstwa. W ramach zwiększania produkcji, pojawia się konieczność wzrostu zatrudnienia. Personel kierowniczy koncentruje się na wytwarzaniu, rozwijaniu usług i produktów oraz na rynku, a nie na organizowaniu pracy wewnątrz organizacji. Ze względu na brak kompetencji zarządczych kierownictwa pojawia się problem związany z koniecznością określenia osoby zarządzającej organizacją, która poprowadzi organizację ku dalszemu wzrostowi poprzez odpowiednie wytyczne. W innym wypadku, ciągle rosnące zatrudnienie będzie pogłębiać problem, a brak sprawności organizacyjnej może bardzo niekorzystnie wpłynąć na organizację<sup>23</sup>.

Druga faza cyklu L. Greinera charakteryzuje się stopniowym i skutecznym określaniem celów i kierunków rozwoju przedsiębiorstwa. W tym celu ustalana jest struktura organizacyjna podmiotu wraz z jednostkami składającymi się na nią, którym przydzielane są konkretne zadania. Określona zostaje również hierarchia relacji przełożeni – podwładni, wraz z podziałem pracy. W związku z tym pojawiają się oznaki biurokratyzowania się organizacji, mające swój wyraz między innymi w bardziej formalnych sposobach komunikowania się wewnątrz przedsiębiorstwa. Skuteczne wdrażanie nowych metod zarządzania powoduje, że pracownicy niższych szczebli są stopniowo ograniczani przez coraz silniejsze kierownictwo oraz biurokrację<sup>24</sup>.

Powyzsza tendencja prowadzi do przejścia organizacji do kolejnego kamienia milowego w cyklu życia przedsiębiorstwa L. Greinera, którym jest kryzys autonomii wynikający z centralizacji uprawnień decyzyjnych na najwyższych poziomach struktury organizacyjnej. Ze względu na brak autonomii komórek i jednostek pojawia się konieczność przekazania części władzy decyzyjnej kierownictwu średniego szczebla w celu zwiększenia szybkości podejmowania decyzji i poprawy ich jakości<sup>25</sup>.

W sytuacji, gdy organizacja przetrwa kryzys autonomii jest w stanie wejść w kolejny etap cyklu życia - etap delegowania, który opiera się na przeniesieniu większej

---

<sup>23</sup> J. Gościński, *op.cit.*, s. 24.

<sup>24</sup> Ibidem, s.24-25.

<sup>25</sup> A. Wierzbic, *Wzrost i rozwój przedsiębiorstwa – przegląd koncepcji teoretycznych*, Nauki o zarządzaniu, Management Science 8/2011, s. 404.

odpowiedzialności z zakresu kierowania poszczególnymi strategicznymi jednostkami biznesowymi oraz rynkami na kierowników niższego szczebla. W związku z tym kierownicy wyższych szczebli mogą zająć się planowaniem strategicznym, pozostawiając kwestie operacyjne osobom z niższych szczebli struktury organizacyjnej. Efektem tego jest jeszcze większa formalizacja w komunikacji oraz spadek jej częstotliwości, co powoduje, że ścisłe kierownictwo może zostać pozbawione dostępu do kompletnych informacji. Pojawia się wówczas kryzys kontroli, który wymusza wypracowanie mechanizmów, które będą koordynować poszczególne części organizacji<sup>26</sup>.

W związku z powyższym kolejna, czwarta faza cyklu nazywana jest fazą koordynacji. Następuje tutaj wzrost roli procesów mających na celu synchronizację działań jednostek i komórek. Tworzone są grupy ukierunkowane na produkt lub przedsięwzięcia. Priorytetem staje się dążenie do celów ogólnorganizacyjnych, co pozwolić ma przedsiębiorstwu na dalszy rozwój. Kosztem tego typu postępowania jest pewnego rodzaju obciążenie kierowników średniego szczebla. W wyniku dodatkowej biurokratyzacji systemu organizacji, są oni szczególnie obciążeni rosnącą liczbą obowiązków, a sprawne panowanie nad procesami i jednostkami staje się coraz trudniejsze. Sytuacja ta prowadzi do konfliktów między kierownictwem naczelnym a średniego szczebla. L. Greiner nazywa tę sytuację kryzysem biurokracji. Receptą na jego opanowanie ma być współdziałanie oraz ponowne zdefiniowanie pojęć współpracy i kooperacji wewnątrz przedsiębiorstwa.<sup>27</sup>

Faza współpracy jest piątą, ostatnią fazą omawianego cyklu. Kierownictwo w tej fazie uświadamia sobie, że potrzebny jest nowy sposób współpracy jednostek i komórek. Następuje wzrost poczucia współodpowiedzialności za całą organizację. Poprawie współpracy i stosunków wewnętrznych służy ograniczenie formalizmu i biurokracji, a także wzrost samodyscypliny, co przekłada się na skuteczne zahamowanie egzekwowania formalnej kontroli i nadzoru. Dzięki powoływaniu doraźnych, zadaniowych zespołów, których zadaniem jest rozwiązywanie istniejących problemów, organizacja przewyciężyć może problemy z ociążałością w działaniu<sup>28</sup>.

Warto zauważyć, że model cyklu życia przedsiębiorstwa zaproponowany przez L. Greinera ma charakter otwarty. Kryzys kończący ostatnią fazę jest bliżej nieokreślony.

---

<sup>26</sup> J. Gościński, *op.cit.*, s. 25.

<sup>27</sup> *Ibidem*, s.26.

<sup>28</sup> *Ibidem*, s.26.

Pojawia się więc pytanie, kiedy nadejdzie, jakie będą jego przyczyny i charakter, a co za tym idzie niemożliwe jest ustalenie działań mogących mu przeciwdziałać. Analizując koncepcje przedstawione przez innych autorów można spekulować, że kolejny kryzys w cyklu życia przedsiębiorstwa spowodowany mógłby być skrajnie radykalną zmianą warunków rynkowych, powodującą poważne zaniknięcie popytu na produkty podmiotu gospodarczego. Kryzys wywołany tą zmianą spowodować by musiał restrukturyzację działalności przedsiębiorstwa, która stała by się motorem napędowym kolejnego wzrostu.

Pomimo tego, że przedstawione w niniejszym rozdziale koncepcje cyklu życia organizacji zakładają różną liczbę etapów i uwydatniają różne punkty zwrotne w całym procesie wzrostu podmiotów gospodarczych, posiadają wiele cech wspólnych. Przede wszystkim należy podkreślić zmieniający się wraz z rozwojem przedsiębiorstw, udział w zarządzaniu operacyjnym właścicieli – od całkowitej kontroli po coraz większą decentralizację uprawnień. Dodatkowo, w literaturze przedmiotu zwraca się uwagę na zmienne w cyklu życia przedsiębiorstw ukierunkowanie na różnego rodzaju obszary ich funkcjonowania – młode, dopiero co powstałe przedsiębiorstwa starają się zaistnieć na rynku poprzez innowacyjność i eksplorację rynku, podczas gdy przedsiębiorstwa dojrzałe mają tendencję do stabilizacji swojej pozycji rynkowej.

Przedstawione koncepcje dotyczące rozwoju przedsiębiorstw i ich cykli życia uwidaczniają ciekawe analogie między przedsiębiorstwami a organizmami żywymi. Te drugie również dotykane są przez różnego rodzaju kryzysy (których efektem jest pogarszający się stan zdrowia mogący doprowadzić to śmierci) o charakterze zarówno wewnętrznym jak i zewnętrznym. Łatwo również znaleźć analogie pomiędzy cyklem życia przedsiębiorstw a innymi zjawiskami ekonomicznymi szeroko opisywanymi w literaturze przedmiotu. Zaliczyć do nich można z pewnością cykl życia technologii czy produktu. W dobie rynków kapitałowych, gdzie przedsiębiorstwa są nie tylko dostawcami produktów i usług ale również same są przedmiotem umów kupna-sprzedaży, co oznacza, że na rynku akcji mogą być traktowane jak produkty. W związku z tym powiązanie cyklu życia produktu z cyklem życia organizacji wydaje się uzasadnione. Zmieniające się na rynku oczekiwania konsumentów, a co za tym idzie popyt na dane produkty w oczywisty sposób wpływają na kondycję finansową podmiotów dostarczających te produkty. Z drugiej zaś strony problemy organizacyjne i kryzysy wewnętrzne dotyczące przedsiębiorstwa mogą mieć swoje odbicie w produktach i usługach przez nie sprzedawanych. Dysfunkcjonalność organizacyjna przenikać może również sfery



produkcji, sprzedaży i marketingu co rzutuje na to jak odbierane są na rynku produkty danego przedsiębiorstwa i wpływa na cykle życia tych produktów.

W niniejszym podrozdziale jako ostatni został zaprezentowany model L. Greinera, zwracający szczególną uwagę na pojęcie kryzysu w organizacji, któremu został poświęcony kolejny podrozdział.

## 1.2 Sytuacja kryzysowa i kryzys w przedsiębiorstwie

Kończący przedstawione w poprzednim rozdziale rozważania dotyczące cyklu życia przedsiębiorstwa model L. Greinera zwraca szczególną uwagę na rolę kryzysów dotyczących przedsiębiorstwa. Samo pojęcie kryzysu w organizacji ma charakter wielowymiarowy, dotyczy nie tylko zjawisk ekonomicznych, ale również społecznych, organizacyjno-prawnych, psychologicznych, a nawet technologicznych. W literaturze przedmiotu spotkać się można z jego różnymi definicjami.

Etymologia słowa kryzys wskazuje na jego korzenie w języku greckim (*krisis*), w którym posiada ono wiele znaczeń, takich jak: osąd, wyrok, wybór, wynik, koniec, odróżnienie, rozstrzygający moment, punkt zwrotny, okres przełomu czy nagła zmiana<sup>29</sup>. Słownik języka polskiego definiuje kryzys jako „sytuację, w której jakiś konflikt staje się tak poważny, że grozi wybuchem wojny, zmianą rządu lub innym radykalnym rozwiązaniem, załamaniem procesu wzrostu gospodarczego i regres w rozwoju ekonomicznym państwa, stan zniechęcenia i utraty motywacji do życia i pracy, zachwianie jakiegoś systemu wartości lub pozycji czegoś, najcięższy, przełomowy moment w przebiegu choroby”<sup>30</sup>.

Przedstawiona powyżej definicja słownika języka polskiego PWN nadaje pojęciu kryzysu jednoznacznie negatywny charakter, w przeciwieństwie do pierwotnego greckiego znaczenia tego słowa, które nie nadawało mu cech jednoznacznie pejoratywnych. Równie ciekawy fakt podaje w swojej pracy A. Zelek, informując, że chiński ideogram słowa „kryzys” łączy w sobie dwa terminy: „szansa” oraz „zagrożenie”, co jak podaje autorka, znajduje swoje odzwierciedlenie zarówno w skali makroekonomicznej jak i mikroekonomicznej – dla

---

<sup>29</sup> M. Bochenek, *Rozważania historyczno-semantyczne na temat kryzysów ekonomicznych*, Acta Universitatis Nicolai Copernici. Ekonomia, 2012, t. 43, nr 2, s. 151.

<sup>30</sup> Słownik Języka Polskiego PWN, [www.sjp.pwn.pl](http://www.sjp.pwn.pl), dostęp na dzień: 27.03.2019.

niektórych podmiotów kryzys powoduje zagrożenie dla ich istnienia, dla innych jest z kolei szansą na rozwój<sup>31</sup>.

Termin „kryzys” bardzo często pojawia się w przestrzeni publicznej. Zazwyczaj odnoszony jest on do sytuacji makroekonomicznej jako jeden z etapów cyklu koniunkturalnego. Często pojawia się, także w kontekście politycznym, stosunków międzynarodowych i bezpieczeństwa narodowego. Kryzys zajmuje równie istotne miejsce również w naukach o zarządzaniu. Przedsiębiorstwa są dotykane różnego rodzaju kryzysami, starają się im przeciwstawiać lub wykorzystywać na swoją korzyść. W związku z tym kryzysy dotykające podmioty gospodarcze są ważnym i interesującym zagadnieniem. Literatura przedmiotu zajmująca się kryzysami w przedsiębiorstwach jest bardzo obszerna a wielu autorów definiuje kryzys w przedsiębiorstwie w odmienny sposób. Wybrane definicje kryzysu w przedsiębiorstwie przedstawia tabela 1.2.

Przedstawione w tabeli 1.2 różne podejścia do terminu kryzysu posiadają szereg cech wspólnych. Przede wszystkim należy zauważyć, że pomimo niekonięcznie negatywnych konotacji samego słowa „kryzys” autorzy w literaturze przedmiotu postrzegają kryzys w przedsiębiorstwie jako coś zdecydowanie niekorzystnego. Prawie wszystkie przytoczone powyżej definicje wskazują na związek kryzysu z problemami dotyczącymi funkcjonowania przedsiębiorstwa. Powyższe definicje wskazują na kryzys jako sytuację, w której znalazło się przedsiębiorstwo wskutek niezdolności modyfikowania swoich struktur, zachowań, niemożliwości likwidacji trudności, które powodują zakłócenia czynników determinujących istnienie przedsiębiorstwa. Oznacza to, że działający do tej pory model organizacyjny przestał być skuteczny i nie zapewnia dalszego efektywnego gospodarowania. Efektem tego jest zagrożenie dla realizacji podstawowych funkcji przedsiębiorstwa, co prowadzić może nawet do jego upadłości.

---

<sup>31</sup> A. Zelek, *Zarządzenie kryzysem w przedsiębiorstwie. Perspektywa strategiczna*, Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemśle „ORGMASZ”, Warszawa 2003, s.15.

**Tabela 1.2. Wybrane definicje pojęcia kryzysu w przedsiębiorstwie (wg kolejności alfabetycznej)**

<b>Autor</b>	<b>Definicja</b>
J. Antoszkiewicz	Konsekwencja niezdolności do modyfikacji struktur, zachowań reguł gry w funkcji zmian zachodzących w otoczeniu.
L. Barton	Istotne nieprzewidywalne zdarzenie, które posiada potencjalne negatywne konsekwencje dla organizacji i jej członków, wyrobów, usług, sytuacji finansowej i reputacji.
J.R. Caponigro	Każde wydarzenie lub działanie, które może mieć potencjalnie negatywne oddziaływanie na wiarygodność i sprawność biznesu i co jest typowe, pozostaje lub w krótkie będzie poza kontrolą tego biznesu
M. Czerska	Sytuacja pojawiająca się w przedsiębiorstwie, gdy dotychczasowy model organizacyjny nie zapewnia już jego dalszego efektywnego funkcjonowania.
P. F. Drucker	Konsekwencja faz cyklu życia sektorów, szczególnie dla przedsiębiorstw wyspecjalizowanych.
G. Gierszewska	Sytuacja lub stan, w którym wskutek spiętrzenia się trudności zagrożona jest realizacja podstawowych funkcji przedsiębiorstwa przy jednoczesnym ograniczeniu zdolności organizacji do zlikwidowania zaistniałych sytuacji lub stanu.
G. Hamel i C.K. Prahaland	Swoisty przełom między dwoma jakościowo różnymi fazami procesu wzrostu przedsiębiorstwa.
Ch. F. Hermann	Stan, który zagraża przetrwaniu firmy, realizacji jej celów, ogranicza czas dostępny na podjęcie działań zaradczych i zaskakuje decydentów swoim pojawieniem się, stwarzając w ten sposób warunki silnej presji.
I. I. Mitroff	Efekt pojawienia się nieoczekiwanych zakłóceń w działalności organizacji, w tym czynników wewnętrznych i zewnętrznych o losowym charakterze.
R. Oldcorn	Wynik nieplanowych zdarzeń zakłócających lub zagrażających normalnemu funkcjonowaniu organizacji.
S. Slatter	Sytuacja, w której biorąc pod uwagę kształtowanie się podstawowych wskaźników finansowych, przedsiębiorstwo może w dającej się przewidzieć przyszłości upaść.
E. Urbanowska-Sojkin	Patologia rozwoju organizacji, spowodowana często dysproporcją między celami i zasobami wykorzystywanymi do ich osiągnięcia.
B. Wawrzyniak	Taka sytuacja (stan przedsiębiorstwa), w której wskutek gwałtownego spiętrzenia różnorodnych trudności zagrożona jest realizacja jego podstawowych funkcji. Jednocześnie ograniczone są organizacyjne zdolności do zlikwidowania zaistniałego stanu.
A. Zelek	Konsekwencja zakłóceń w istnieniu lub realizacji jednego lub kilku czynników determinujących egzystencję i rozwój przedsiębiorstwa, zarówno tych o oddziaływaniu z zewnątrz jak i tych wewnętrznych, zależnych od sprawności zarządzania.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: A. Zelek, *Zarządzenie kryzysem w przedsiębiorstwie. Perspektywa strategiczna*, Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemśle „ORGMASZ”, Warszawa 2003, s.31-35; K. Krzakiewicz, *Zarządzanie antykryzysowe w organizacji*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 2008, s.11-13; B. Wiczerzyńska, *Kryzys w przedsiębiorstwie*, CeDeWu, Warszawa 2009, s. 16-17.

Kolejną cechą kryzysu pojawiającą się w przytoczonych definicjach jest jego nieprzewidywalność, która ma swoje podłoże w nieplanowanych i nieoczekiwanych zdarzeniach zagrażających organizacji. I.I Mitroff zwraca wręcz uwagę na losowość tych zdarzeń.

P.F Drucker, G. Hamel i C.K Prahaland zwracają uwagę na miejsce kryzysu w cyklu życia przedsiębiorstwa. Według nich kryzys jest nieodłącznym elementem procesu wzrostu przedsiębiorstwa, co oznaczałoby, że jego kolejną cechą jest nieuchronność.

Tabelę 1.2 można uzupełnić o cztery dodatkowe definicje kryzysu, które pochodzą z badania eksperckiego, którego wyniki przytacza w swojej pracy A. Zelek<sup>32</sup>:

- według G. Enemana, kryzys organizacji jest punktem zwrotnym w jej cyklu życia i ma fundamentalne znaczenie dla jej przetrwania. Wynika on z przekształcenia się szans w zagrożenia;
- S. Flajterski definiuje kryzys jako nieuchronną fazę rozwoju przedsiębiorstwa, która poprzedza jego bankructwo lub sanację;
- z kolei A. Nowakowski wskazuje, że cechą kryzysu jest to, że wynika on z błędnego funkcjonowania jednego z elementów organizacji, co zakłóca poprawne funkcjonowanie innych jej elementów i hamuje rozwój całego przedsiębiorstwa;
- M. Miszewski określa kryzys jako splot przybierających na sile dysfunkcji wewnętrznych, które wynikają z charakteru struktur organizacji, ich niedopasowania do warunków otoczenia oraz z błędów w zarządzaniu.

W niemal wszystkich zaprezentowanych w tym rozdziale definicjach kryzysu w przedsiębiorstwie wskazuje się na różnorakie przyczyny jego powstawania. Często zwraca się uwagę na źródła wewnętrzne i zewnętrzne pojawiania się kryzysu. Obszerny podział czynników według tego kryterium przedstawiają B. Barczak i K. Bartusik (tabela 1.3)<sup>33</sup>. Przedstawiony w tabeli 1.3. podział źródeł kryzysów jest najbardziej ogólny. W literaturze przedmiotu można się spotkać z dodatkowym jego uszczegółowieniem polegającym na wyodrębnieniu wśród czynników egzogenicznych (zewnętrznych) tych, które związane są z sytuacją w otoczeniu makroekonomicznym oraz wynikających z sytuacji na danym rynku (branżowych). Wśród czynników makroekonomicznych wymienia się: recesję, wzrost bezrobocia, inflację, deflację, przepisy regulujące działalność gospodarczą, restrykcyjną politykę pieniężną, negatywne czynniki demograficzne czy konflikty militarne. Z kolei wśród czynników branżowych wymienić można: spadek popytu rynkowego, niekorzystne zmiany cen, silną konkurencję czy niekorzystne zmiany przepisów prawa dotyczącego konkretnego sektora<sup>34</sup>.

---

<sup>32</sup> A. Zelek, op.cit., s. 33-34.

<sup>33</sup> *Zarządzanie w kryzysie*, A. Stabryła (red.), Mfiles.pl, seria wydawnicza: Encyklopedia Zarządzania, Kraków 2010, s.16.

<sup>34</sup> J. Jasińska, *Zmiany w organizacjach: sprawne zarządzanie, sytuacje kryzysowe i warunki osiągnięcia sukcesu*, Wydawnictwo Frel, Warszawa 2015, s. 246.

Tabela 1.3. Wewnętrzne i zewnętrzne przyczyny kryzysu w przedsiębiorstwie

Przyczyny kryzysu przedsiębiorstwa	
Wewnętrzne	Zewnętrzne
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zła strategia,</li> <li>- źle dobrane cele,</li> <li>- wysoki stopień wadliwości decyzji,</li> <li>- niewłaściwe kompetencje,</li> <li>- brak odpowiedniej kontroli finansowej,</li> <li>- zła organizacja wewnętrzna,</li> <li>- wysoki poziom kosztów,</li> <li>- ignorowanie roli wiedzy, rozwoju i postępu,</li> <li>- brak elastyczności (otwartości na zmiany),</li> <li>- zły klimat wewnątrz organizacji,</li> <li>- niewłaściwa struktura zatrudnionych pracowników w stosunku do rzeczywistych potrzeb,</li> <li>- niewłaściwa kultura organizacyjna,</li> <li>- źle zorganizowany system motywacyjny,</li> <li>- błędy w ramach organizacji systemu logistyki,</li> <li>- błędy w zarządzaniu finansami (koncentracja na zysku),</li> <li>- brak płynności finansowej,</li> <li>- wysoki poziom kosztów jednostkowych,</li> <li>- brak opracowanej strategii marketingowej,</li> <li>- słaba pozycja na rynku,</li> <li>- utrata kontroli nad wydatkami, zapasami i należnościami</li> <li>- niska produktywność.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- recesja gospodarcza,</li> <li>- gwałtowne zmiany kosztów, zapasów, struktury, zysków, rynku,</li> <li>- spadek popytu,</li> <li>- spadek produkcji,</li> <li>- wahania stóp procentowych,</li> <li>- ograniczona dostępność do kredytów lub jej brak,</li> <li>- zmniejszony poziom eksportu i inwestycji biznesowych,</li> <li>- tempo zmian technologii, niski poziom elastyczności, niski stopień innowacyjności.</li> </ul>

Źródło: *Zarządzanie w kryzysie*, A. Stabryła (red.), Mfiles.pl, seria wydawnicza: Encyklopedia Zarządzania, Kraków 2010, s.16.

Również wśród czynników wewnętrznych można wyodrębnić pięć dodatkowych podgrup wynikających z następujących obszarów funkcjonowania przedsiębiorstwa: strategii, ludzi, finansów, struktury organizacyjnej oraz techniki. Wybrane czynniki wraz ich przyporządkowaniem do powyższych grup prezentują w swojej pracy R. Grądzki i A. Zakrzewska-Bielawska (tabela 1.4)<sup>35</sup>.

<sup>35</sup> R. Grądzki, A. Zakrzewska-Bielawska, *Przyczyny i objawy kryzysu w polskich przedsiębiorstwach*, Przedsiębiorstwo w warunkach kryzysu, Prace i Materiały Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego 3/2 2009, Sopot 2009, s. 14.

Co ciekawe, z przytaczanych przez R. Grądzkiego i A. Zakrzewską-Bielawską wyników badań przeprowadzonych przez ICM (*Institute for Crisis Management*) wynika, że to właśnie czynniki wewnętrzne, czyli zależne od decyzji kadry kierowniczej, w większości przypadków odpowiedzialne są za powstające w organizacjach kryzysy<sup>36</sup>.

Tabela 1.4. Wewnętrzne przyczyny kryzysu w przedsiębiorstwie

<b>Wewnętrzne przyczyny kryzysów w przedsiębiorstwie</b>	
<b>Obszar</b>	<b>Czynniki</b>
Strategia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- niejasna polityka przedsiębiorstwa</li> <li>- błędne lub nieostre cele przedsiębiorstwa,</li> <li>- twarde trzymanie się wypróbowanych recept na sukces,</li> <li>- brak zrozumienia dla misji organizacji,</li> <li>- błędnie przyjęte kompetencje przedsiębiorstwa,</li> <li>- niedostosowanie strategii rozwoju, funkcjonalnych, instrumentalnych do warunków wewnętrznych i zewnętrznych</li> <li>- nieumiejętność unowocześniania i dopasowywania.</li> </ul>
Ludzie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- duża fluktuacja kadry kierowniczej,</li> <li>- systemy wartości i motywacji kadry kierowniczej,</li> <li>- zły styl zarządzania,</li> <li>- błędne ocenianie możliwości pracowników,</li> <li>- niezdecydowanie w zarządzaniu,</li> <li>- zbyt późna zmiana wiekowa w organizacji,</li> <li>- konflikty wewnątrzorganizacyjne.</li> </ul>
Finanse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- błędy w budżetowaniu,</li> <li>- wysokie koszty,</li> <li>- błędne inwestycje,</li> <li>- słabe zarządzanie kapitałem obrotowym,</li> <li>- skala działalności przekraczająca możliwości finansowe,</li> <li>- niedostateczny controlling.</li> </ul>
Struktura organizacyjna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- braki w organizacji zarządzania,</li> <li>- błędne rozwiązania organizacyjne,</li> <li>- konserwatywne metody organizacji,</li> <li>- brak bądź niespójne działania międzyfunkcjonalne,</li> <li>- zły przepływ informacji.</li> </ul>
Technika	<ul style="list-style-type: none"> <li>- niska jakość bazy materialno – produkcyjnej,</li> <li>- przestarzała technologia,</li> <li>- techniczne błędy produktów,</li> <li>- awarie ciągów technologicznych,</li> <li>- niewykorzystane moce produkcyjne,</li> <li>- braki w automatyzacji produkcji.</li> </ul>

Źródło: R. Grądzki, A. Zakrzewska – Bielawska, *Przyczyny i objawy kryzysu w polskich przedsiębiorstwach, Przedsiębiorstwo w warunkach kryzysu, Prace i Materiały Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego 3/2 2009, Sopot 2009, s. 14.*

Przedstawiona w tabeli 1.4. identyfikacja źródeł powstawania kryzysów wewnętrznych pozwala stwierdzić, że aspekt społeczny jest niezwykle istotny dla możliwości przetrwania

<sup>36</sup> Ibidem, s.15.

przedsiębiorstwa. W organizacjach postrzeganych jako zespół ludzi, ich cechy charakteru, kompetencje oraz sposób zachowania determinują podatność całej organizacji na wystąpienie kryzysów zarówno w perspektywie strategicznej jak i operacyjnej. Oprócz tego istotne wydają się również kwestie związane z zapleczem technicznym i technologicznym, w które wyposażone jest przedsiębiorstwo, a którego nieodpowiednie dostosowanie do potrzeb i celów organizacji skutkować może między innymi obniżoną produktywnością.

Przedstawiony w powyższej części opracowania podział kryzysów ze względu na wywołujące je przyczyny wewnętrzne i zewnętrzne nie jest jedynym możliwym. W literaturze przedmiotu spotkać można się z szeroką typologią kryzysów w przedsiębiorstwie. Wieloprzekrojową klasyfikację kryzysów przedsiębiorstw przedstawia w swojej pracy A. Zelek podając następujące kryteria klasyfikacji<sup>37</sup>: przyczyny/determinanty sytuacji kryzysowej, objawy sytuacji kryzysowej, przebieg sytuacji kryzysowej, płaszczyzna oddziaływania kryzysu, sfery oddziaływania kryzysu, faza rozwoju organizacji, charakter ujawnienia się kryzysu, nasilenie oddziaływania kryzysu.

Pierwsze kryterium odnosi się do wewnętrznych i zewnętrznych źródeł powstawania kryzysów, które zostały szczegółowo omówione na poprzednich stronach. Drugie kryterium podziału wyodrębnia kryzysy ze względu na rodzaj symptomów towarzyszących występującemu w organizacji kryzysowi. Wyróżnia się tutaj objawy finansowe oraz pozafinansowe. Do pierwszej grupy należą kryzysy, których identyfikacja oparta może być na badaniu różnego rodzaju wskaźników analizy finansowej dostarczających kwantyfikowalnych informacji o kondycji finansowej przedsiębiorstwa. Zwraca się tutaj uwagę na malejący udział sprzedaży w rynku, niższe zyski, wydłużony czas regulowania zobowiązań co z kolei przekłada się na konieczność pozyskiwania wyżej oprocentowanych pożyczek<sup>38</sup>. Do objawów pozafinansowych zaliczane są z kolei: brak przyszłościowych, realnych planów rozwoju przedsiębiorstwa, częste zmiany na stanowiskach kierowniczych, spadek morale i zaangażowania członków organizacji, utrata najważniejszych odbiorców i korzystnych umów z dostawcami, niski poziom technologiczny przedsiębiorstwa czy pogarszający się wizerunek przedsiębiorstwa zarówno na zewnątrz jak i wewnątrz organizacji<sup>39</sup>.

---

<sup>37</sup> A. Zelek, op.cit., s. 65.

<sup>38</sup> L. Bednarski, *Symptomy i metody oceny zagrożeń sytuacji finansowej przedsiębiorstwa*, Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Administracji i Biznesu w Gdyni, Nr 2. Gdynia 1998, s.37.

<sup>39</sup> A. Zelek, op.cit., s. 60.

Kolejnym kryterium klasyfikacyjnym kryzysów w przedsiębiorstwie jest ich przebieg. Jako subkryteria tego podziału można przyjąć czas trwania kryzysu lub jego kolejne fazy. Według czasu trwania kryzysu wyodrębnić można kryzysy krótkie (do jednego roku), średniookresowe (od jednego do trzech lat) oraz kryzysy długookresowe (trwające dłużej niż 3 lata)<sup>40</sup>.

Wśród kolejnych faz kryzysu A. Zelek wyróżnia kryzys sygnalizujący, kryzys eskalujący, kryzys właściwy, interwencję kryzysową, kryzys wygasający oraz ożywienie<sup>41</sup>. Podział ten jest niezwykle ciekawy ze względu na wyróżnienie w nim pojęcia kryzysu właściwego. Wyodrębnienie kryzysu właściwego z ciągu poprzedzających i następujących po nim zdarzeń wskazuje w gruncie rzeczy na konieczność rozróżnienia pojęć kryzysu oraz sytuacji kryzysowej, które bardzo często w literaturze przedmiotu są ze sobą utożsamiane.

Jak zwraca uwagę R. Wróblewski traktowanie kryzysu i sytuacji kryzysowej jako pojęć zamiennych skutkuje wieloma nieporozumieniami podczas opisu i wyjaśniania procesów funkcjonowania przedsiębiorstw<sup>42</sup>. Jednocześnie autor ten definiuje sytuację kryzysową jako taki okres cyklu życia organizacji, w którym rozpoczyna się i jest następnie kontynuowany proces destabilizacji funkcji przedsiębiorstwa, prowadzący do jego upadłości, ale możliwy do powstrzymania poprzez wdrożenie działań naprawczych, które pozwolą organizacji powrócić do stanu normalnego. Kryzys jest z kolei jedną z faz sytuacji kryzysowej, charakteryzującą się skrajną destabilizacją funkcji organizacji<sup>43</sup>.

R. Wróblewski w bardzo czytelny sposób umiejscawia sytuację kryzysową w cyklu życia przedsiębiorstwa, co zaprezentowane zostało na rysunku 1.4. Przedstawiony schemat dzieli sytuację kryzysową na trzy etapy. Pierwszym z nich jest następujący po okresie wzrostu organizacji (odcinek AB) proces wzrostu nieefektywności, któremu odpowiada krzywa BC. Warto zauważyć, że w tym modelu faza kryzysu, będąca drugim etapem rozpoczyna się w punkcie C, leżącym na linii oznaczającej utratę płynności finansowej. W wyniku podjęcia skutecznych działań antykryzysowych możliwe jest przejście organizacji do trzeciego etapu – przewycięzania kryzysu, któremu na rysunku 1.4 odpowiada krzywa EF. W przypadku, gdy

---

<sup>40</sup> Ibidem, s.65.

<sup>41</sup> Ibidem, s.65.

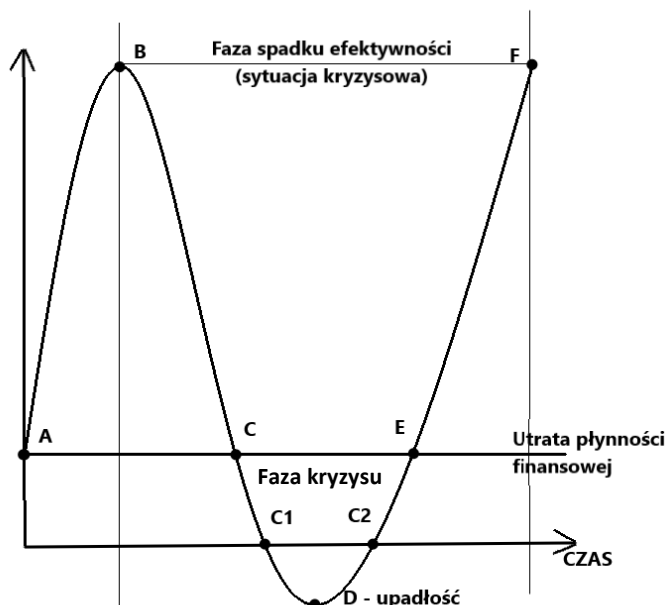
<sup>42</sup> R. Wróblewski, *Wybrane problemy zarządzania przedsiębiorstwem w sytuacjach kryzysowych*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu przyrodniczo-humanistycznego w Siedlcach, Seria: Administracja i Zarządzanie, Nr. 87, Siedlce 2010, s. 50.

<sup>43</sup> Ibidem, s.50.



działania antykrzysowe okażą się nieskuteczne, przedsiębiorstwo znajdzie się na krzywej CC1, która oznacza jego niewypłacalność skutkującą upadłością (punkt D)<sup>44</sup>.

Rys. 1.4 Sytuacja kryzysowa na tle cyklu życia przedsiębiorstwa, według R. Wróblewskiego



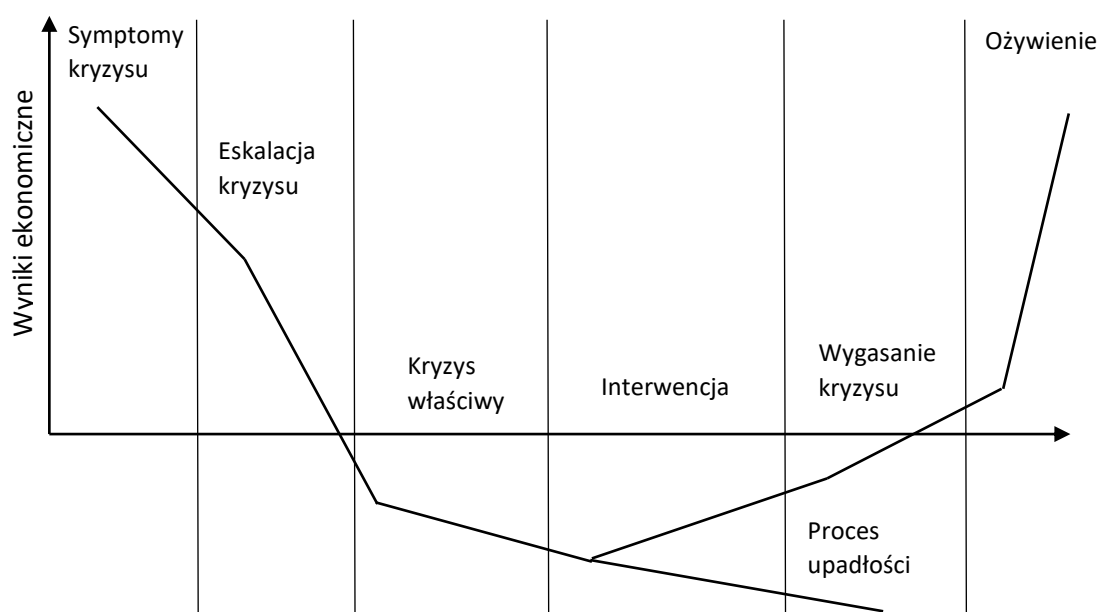
Źródło: R. Wróblewski, *Wybrane problemy zarządzania przedsiębiorstwem w sytuacjach kryzysowych*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu przyrodniczo-humanistycznego w Siedlcach, Seria: Administracja i Zarządzanie, Nr. 87, Siedlce 2010, s. 51.

Podobieństw do modelu zaproponowanego przez R. Wróblewskiego można doszukać się w schemacie rozwoju sytuacji kryzysowej w przedsiębiorstwie przedstawionym przez A. Zelek, który został zaprezentowany na rysunku 1.5. Przedstawiony poniżej schemat wyodrębnia sześć kolejno następujących po sobie faz rozwoju sytuacji kryzysowej. W pierwszej fazie zauważalne staje się oddziaływanie wewnętrznych i zewnętrznych czynników kryzysogennych. Druga faza – faza eskalacji kryzysu, charakteryzuje się znacznym pogorszeniem wskaźników finansowych, które po osiągnięciu bardzo niskiego poziomu powodują powstanie kryzysu właściwego, będącego trzecią fazą. Następnie konieczne staje się podjęcie przez przedsiębiorstwo interwencji, która o ile okaże się skuteczna pozwoli na przejście do kolejnej fazy wygaszania kryzysu. W tej fazie stopniowej poprawie ulegają wskaźniki opisujące funkcjonowanie podmiotu, które utrwalane zostają w ostatniej fazie ożywienia. W przypadku gdy wymagana w fazie czwartej interwencja nie

<sup>44</sup> Ibidem, s.51.

będzie miała miejsca lub będzie nieskuteczna kryzys właściwy może skutkować upadłością przedsiębiorstwa<sup>45</sup>.

Rys. 1.5. Fazy rozwoju sytuacji kryzysowej w przedsiębiorstwie według Zelek



Źródło: A. Zelek, *Zarządzenie kryzysem w przedsiębiorstwie. Perspektywa strategiczna*, Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemysle „ORGMAZ”, Warszawa 2003, s.44.

Kolejne etapy w rozwoju sytuacji kryzysowej odpowiadają klasyfikacji kryzysów według kryterium fazy kryzysu. Następnym wymagającym omówienia kryterium typologii kryzysów dotyczących podmioty gospodarcze jest kryterium płaszczyzny oddziaływania. Wyróżnić tutaj można następujące rodzaje kryzysów: strategii, wykonawstwa, płynności oraz bankructwo – rozpad. Powyższy podział wskazuje na obszary organizacji, które mogą zostać objęte kryzysem. Warto jednak zauważyć, że poszczególne rodzaje kryzysów następują jeden po drugim, kolejno „infekując” następne elementy organizacji. Zaczynając od kryzysu strategii, który jest pierwotny wobec pozostałych, a który powoduje kryzys wykonawstwa charakteryzujący się spadkiem obrotów i nierealizowaniem zadań finansowych. Prowadzi to do problemów z zachowaniem płynności finansowej, które mogą ostatecznie narazić przedsiębiorstwo na niewypłacalność i upadłość<sup>46</sup>.

Kolejnym kryterium klasyfikacji kryzysów w przedsiębiorstwie jest kryterium sfery oddziaływania. Wyróżnia się tu kryzys całościowy, obejmujący całą organizację oraz kryzysy

<sup>45</sup> A. Zelek, op.cit., s. 43-45.

<sup>46</sup> P. Faulhaber, N. Landwehr, *Turnaround-Management w praktyce. Jak wykorzystać kryzys w przedsiębiorstwie, by odrodziło się na nowo*, Cedewu.PL, Warszawa 2005, s. 18–20 za: B. Jasiński, *Rola rady nadzorczej w warunkach kryzysu przedsiębiorstwa*, Studia i prace kolegium zarządzania i finansów, Zeszyt Naukowy 101, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2010, s. 84.

częściowe dotykające tylko jednej sfery: finansowej, personalnej, produkcji, logistyki, marketingu, struktury organizacyjnej czy sfery medialnej<sup>47</sup>.

Kryterium fazy rozwoju organizacji wyróżnia kryzysy znane z modelu cyklu życia organizacji L. Greinera, które zostały szczegółowo omówione w rozdziale 1.1. Typologia kryzysów ze względu na charakter jego ujawnienia się wyróżnia następujące rodzaje kryzysów: potencjalny, ukryty, jawny, palący możliwy do opanowania oraz palący niemożliwy do opanowania. Ten rodzaj klasyfikacji również wskazuje na procesowy charakter zjawiska kryzysu. Tak zwany kryzys potencjalny jest początkowym stadium sytuacji kryzysowej, który definiowany jest jako zagrożenie dla działalności organizacji, mogące uniemożliwić jej realizację celów. Jeśli na tym początkowym etapie nie zostają podjęte działania antykryzysowe następuje kolejna faza zwana kryzysem ukrytym. Charakteryzuje się on wystąpieniem trudności z realizowaniem celów organizacji oraz gospodarowaniem zasobami. Ta faza często bywa bagatelizowana, a pojawiające się w niej trudności nazywa się przejściowymi<sup>48</sup>. Dalszy brak działań neutralizujących kryzys powoduje powstanie kryzysu jawnego, który może być utożsamiany z kryzysem właściwym omówionym wcześniej, a który może zagrażać bytowi ekonomicznemu przedsiębiorstwa<sup>49</sup>. Dodatkowo, obok kryzysu ukrytego i jawnego wyróżnić można jeszcze kryzys palący możliwy do opanowania za pomocą posiadanych przez przedsiębiorstwo zasobów i kryzys niemożliwy do opanowania, który prowadzić musi do upadłości przedsiębiorstwa<sup>50</sup>.

A. Zelek wyróżnia jeszcze jedną grupę kryzysów, sklasyfikowanych według ich siły oddziaływania na przedsiębiorstwo: słaby, silny oraz prowadzący do upadłości<sup>51</sup>. Ta klasyfikacja wskazuje na fakt, że nie wszystkie sytuacje kryzysowe muszą prowadzić do bankructwa organizacji, a mogą jedynie w niewielkim stopniu wpływać na jej dysfunkcjonalność.

Przedstawione w tej części rozdziału rozważania dotyczące kryzysów dotykających przedsiębiorstwa wskazują na kilka istotnych faktów. Przede wszystkim należy odróżnić pojęcie sytuacji kryzysowej od kryzysu będącego jej kulminacyjną fazą. Rozróżnienie to

---

<sup>47</sup> A. Zelek, op.cit., s. 65.

<sup>48</sup> E. Urbanowska - Sojkin, P. Banaszyk, H. Witczak, *Zarządzanie strategiczne przedsiębiorstwem*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2007, s.29.

<sup>49</sup> A. Zelek, op.cit., s.43.

<sup>50</sup> Ibidem, s.43.

<sup>51</sup> Ibidem, s.65.

pozwała na uniknięcie nieporozumień wśród badaczy zajmujących się problemami związanymi z rozwojem i wzrostem przedsiębiorstw.

Identyfikacja źródeł kryzysów jest niezwykle istotną kwestią dla przedsiębiorców, ponieważ może pozwolić im na wdrożenie odpowiednich działań antykryzysowych. Wielu autorów zwraca uwagę na eskalację problemów dotyczących przedsiębiorstwa w kolejnych etapach sytuacji kryzysowej. W związku z tym podjęcie zawczasu skutecznych działań przez kierownictwo przedsiębiorstwa może je uchronić przed narastającymi trudnościami, które w świetle przedstawionych w niniejszym rozdziale teorii prowadzą do niewypłacalności.

### **1.3 Niewypłacalność i bankructwo przedsiębiorstwa**

Jedną z przedstawionych w poprzednim rozdziale klasyfikacji kryzysów, przytaczana za A. Zelek, opiera się na podziale ich ze względu na sferę oddziaływania. Obok sfer produkcji, logistyki, marketingu, personalnej, struktury organizacyjnej oraz sfery medialnej wyróżniony został kryzys dotyczący sfery finansowej. Ten rodzaj kryzysu wydaje się być najbardziej specyficzny. Jego unikalność wynika nie tylko z niebagatelnej roli, jaką w funkcjonowaniu przedsiębiorstwa pełnią zachodzące w nim zjawiska finansowe, ale również z tego, że zjawiska te są najbardziej mierzalne. Ich obiektywny charakter powoduje, że są one najłatwiejsze w analizowaniu i ewentualnym przewidywaniu ich występowania.

Analiza finansowa przedsiębiorstw zajmuje obszerne miejsce zarówno w teoretycznych pracach z zakresu zarządzania, ekonomii i finansów, jak również w praktyce gospodarczej.

Sytuacja kryzysowa w sferze finansowej objawia się stopniowym pogarszaniem się kondycji finansowej przedsiębiorstwa. W literaturze przedmiotu można spotkać się z różnorodnym podejściem do terminu kondycji finansowej.

W najogólniejszym znaczeniu kondycja oznacza stan lub sprawność jednostki. W związku z tym kondycję finansową należy rozumieć jako stan finansowy przedsiębiorstwa w danym okresie. Oznacza to, że kondycja finansowa jest zdolnością danej organizacji do generowania zysków, utrzymania wypłacalności i powiększania stanu majątku oraz kapitału

własnego<sup>52</sup>. Wielu autorów zwraca uwagę na fakt, że pojęcia kondycji finansowej i stanu finansowego przedsiębiorstwa są tożsame i mogą być używane zamiennie<sup>53</sup>.

Warty zauważenia jest fakt, że autorzy w literaturze przedmiotu bardzo często podkreślają kluczową rolę danych ilościowych pochodzących ze sprawozdawczości finansowej dla badania i oceny kondycji finansowej przedsiębiorstw. L. Bednarski i T. Waśniewski wymiennie stosując pojęcia kondycji finansowej i pozycji finansowej, wskazują na istotne znaczenie analizy wskaźnikowej w ocenie sytuacji finansowej przedsiębiorstwa. Jest ona oceniana w pierwszym rzędzie za pomocą wskaźników finansowych budowanych na podstawie danych pochodzących ze sprawozdań finansowych<sup>54</sup>. To, jak twierdzi I. Przychocka, pozwala wyciągnąć wniosek, że analiza finansowa może być utożsamiana z analizą kondycji finansowej<sup>55</sup>.

Nieco odmienny pogląd prezentuje w tej kwestii K. Obłój, według którego głównym celem funkcjonowania przedsiębiorstwa jest jego rozwój, rozumiany jako przyrost jej majątku, a który jest zdeterminowany osiągnięciem przez organizację przewagi konkurencyjnej w dłuższym okresie. Pozwala ona na osiągnięcie i utrzymanie stabilnej pozycji rynkowej. Analiza finansowa jest z kolei uważana za podstawowy, najprostszy, ale jednocześnie jeden z najważniejszych instrumentów w zarządzaniu przedsiębiorstwem. W tym kontekście autor zwraca uwagę na pewną niedoskonałość sprawozdań finansowych w ocenie kondycji finansowej przedsiębiorstwa, wynikającą z nieobecności w tych sprawozdaniach zasobów ekonomicznych, niezwiązanych z przedsiębiorstwem, a znajdujących się w jego otoczeniu<sup>56</sup>.

W literaturze przedmiotu wymienia się następujące czynniki, które warunkują kondycję finansową przedsiębiorstwa: struktura finansowa przedsiębiorstwa, płynność finansowa, wypłacalność, zdolności adaptacyjne przedsiębiorstwa, posiadane przez przedsiębiorstwo zasoby ekonomiczne, zdolność do generowania zysku, zdolność do maksymalizacji wartości rynkowej przedsiębiorstwa.<sup>57</sup>

---

<sup>52</sup> R. Kowalak, *Ocena kondycji finansowej przedsiębiorstwa*, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. Z.o.o, Gdańsk 2003, s. 11.

<sup>53</sup> M. Sierpińska, T. Jachna, *Ocena przedsiębiorstw według standardów światowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997, s.7 ; M Jarzemowska, *Analiza teorii kształtowania struktury kapitału w spółkach akcyjnych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1996, s.106.

<sup>54</sup> L. Bednarski, T. Waśniewski, *Analiza finansowa w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, FRR w Polsce, Warszawa 1996, tom I, s.313-329.

<sup>55</sup> I. Przychocka, *Kondycja finansowa firmy przez pryzmat analizy finansowej*, Wydawnictwo Sigma SPJ, Warszawa 2012, s. 7.

<sup>56</sup> Ibidem, s. 9-10.

<sup>57</sup> E. Siemińska, *Finansowa kondycja firmy, metody pomiaru i oceny*, Poltext, Warszawa 2003, s. 12.

Ze względu na ilościowy i obiektywny charakter wyżej wymienionych czynników istnieje szereg metod pozwalających na ich pomiar, a co za tym idzie również na analizę i ocenę kondycji finansowej przedsiębiorstwa. Do najbardziej popularnych narzędzi służących do oceny kondycji finansowej należą wskaźniki analizy finansowej. W literaturze przedmiotu przyjmuje się podział wskaźników na: wskaźniki płynności finansowej, wskaźniki zadłużenia, wskaźniki sprawności działania (obrotowości), wskaźniki rentowności.<sup>58</sup>

Edward I. Altman oraz Edith Hotchkiss w celu rozwiania problemów terminologicznych związanych z określeniem stanu, w jakim znajduje się przedsiębiorstwo przedstawiają szereg kategorii problemów ekonomicznych dotyczących organizacji. Autorzy wyodrębniają: niewydolność (ang. *failure*), niewypłacalność (ang. *insolvency*), zaprzestanie obsługi zobowiązań (ang. *default*) i upadłość (ang. *bankruptcy*)<sup>59</sup>.

Niewydolność jest postrzegana przez pryzmat rentowności przedsiębiorstwa, a jej obecność oznacza, że stopa zwrotu z zainwestowanego kapitału jest w sposób ciągły zdecydowanie niższa niż przy innych porównywalnych inwestycjach, uwzględniając stopę ryzyka. Autorzy podkreślają, że przy identyfikacji stanu niewydolności stosować można również inne kryteria, takie jak: brak pokrycia kosztów przychodami lub stopę zwrotu z inwestycji niższą niż koszt kapitału. Przedsiębiorstwo może być niewydolne przez wiele lat, o ile nie ma żadnych przeterminowanych, egzekwowalnych prawem zobowiązań. Wyróżnia się również niewydolność prawną (mogącą zachodzić jednak bez orzeczenia sądu), która oznacza, że przedsiębiorstwo nie jest już w stanie realizować zobowiązań wobec swoich wierzycieli<sup>60</sup>.

Kolejną kategorią określającą złą kondycję finansową przedsiębiorstwa jest niewypłacalność, która jest terminem bardziej precyzyjnym. E.I Altman i E. Hotchkiss wyróżniają niewypłacalność techniczną, niewypłacalność w sensie upadłości oraz pogłębiającą się niewypłacalność. Niewypłacalność techniczna zachodzi w sytuacji, gdy przedsiębiorstwo nie ma możliwości spłaty bieżących zobowiązań, co oznacza brak płynności finansowej. Stan ten może być przejściowy, aczkolwiek często prowadzi do upadłości. Niewypłacalność w sensie upadłości jest z kolei stanem zdecydowanie bardziej poważnym,

---

<sup>58</sup> A. Ćwiąkała - Małys, W. Nowak, *Analiza sytuacji finansowej przedsiębiorstwa w gospodarce rynkowej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 2001, s. 63-75.

<sup>59</sup> E.I. Altman, E. Hotchkiss, *Trudności finansowe a upadłość firm: Jak przewidzieć upadłość i jej uniknąć, jak analizować i inwestować w zadłużenie firm zagrożonych*, Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa 2007, s. 18.

<sup>60</sup> Ibidem, s.18.

utrzymującym się przez dłuższy okres. Konkretnie oznacza, że łączne zobowiązania (krótko i długoterminowe) są większe niż wartość majątku przedsiębiorstwa<sup>61</sup>. Ponadto, obok dwóch wyżej opisanych kategorii niewypłacalności wymieniana jest również, pogłębiającą się niewypłacalność. Dotyczy ona przedsiębiorstw, które kwalifikują się do upadłości, które utrzymywane są „przy życiu” bezcelowo i ze szkodą dla wierzycieli<sup>62</sup>.

Do wyżej wymienionych rodzajów niewypłacalności E.F Brigham i L.C Gapenski dodają jeszcze pojęcie niewypłacalności ekonomicznej. Definiowana jest ona jako sytuacja, w której przychody przedsiębiorstwa nie są w stanie pokryć kosztów jego funkcjonowania razem z kosztem kapitału własnego<sup>63</sup>. Tego rodzaju podejście wydaje się być bardzo obiektywne i łatwo mierzalne. W sensie finansowym niewypłacalność ekonomiczna oznacza bowiem że wynik operacyjny (EBIT) nie pokrywa średnioważonego kosztu kapitału (WACC), co z kolei implikuje występowanie ujemnej ekonomicznej wartości dodanej EVA<sup>64</sup>. Przedsiębiorstwo jest w stanie funkcjonować w tych warunkach do chwili, gdy dostawcy kapitału własnego będą w stanie zaakceptować niższe dochody i spadek rynkowej wartości przedsiębiorstwa<sup>65</sup>.

Obszerny przegląd literatury i różnych podejść do terminu niewypłacalności wśród polskich autorów przedstawia w swojej pracy T. Maślanka. Autor zwraca uwagę na fakt, że często w literaturze przedmiotu pojęcie niewypłacalności utożsamiane jest z płynnością finansową, co jest zbyt daleko idącym uproszczeniem<sup>66</sup>.

Ciekawe stanowisko w tej kwestii zajmuje M. Dobija, według którego problem braku płynności i niewypłacalności przedsiębiorstwa różni od siebie horyzont czasowy. Zdaniem tego autora płynność finansowa rozpatrywana jest krótkookresowo, wiąże się ona z działalnością

---

<sup>61</sup> Co ciekawe, pogląd ten jest zbliżony z rozwiązaniami prawnymi funkcjonującymi w Polsce. Zgodnie z ustawą Prawo Upadłościowe za niewypłacalny podmiot (a więc taki, który kwalifikuje się do wszczęcia przeciw niemu postępowania upadłościowego) uznany może być ten, który nie reguluje swoich zobowiązań przez okres przynajmniej 3 miesięcy lub taki który charakteryzuje się ujemną wartością kapitału własnego (wartość zobowiązań i rezerw na zobowiązania przekracza wartość aktywów).

<sup>62</sup> E.I. Altman, E.Hotchkiss, op.cit., s.19.

<sup>63</sup> E.F Brigham, L.C Gapenski, Zarządzanie finansami, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2000; za: T. Maślanka, *Płynność finansowa determinantą zdolności kontynuacji działalności przedsiębiorstwa*, Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa 2019, s.76.

<sup>64</sup> EVA (*Economic Value Added*) Ekonomiczna wartość dodana – różnica między dochodem uzyskiwanym przez właściciela a dochodem przez niego oczekiwanym.

<sup>65</sup> G. Łukasik, *Metody ograniczania negatywnych konsekwencji kryzysu finansowego z uwzględnieniem oczekiwań interesariuszy*, Studia Ekonomiczne, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Nr. 77, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice 2011, s. 102-118; za: T.Maślanka, *Płynność finansowa determinantą zdolności kontynuacji działalności przedsiębiorstwa*, Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa 2019, s.76.

<sup>66</sup> T.Maślanka, *Płynność finansowa determinantą zdolności kontynuacji działalności przedsiębiorstwa*, Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa 2019, s.76.

operacyjną przedsiębiorstwa. Wyłączalność z kolei związana jest z długim horyzontem czasowym i dotyczy działalności w obszarze inwestycji i zobowiązań długoterminowych<sup>67</sup>.

Podobnego zdania są M. Sierpińska i T. Jachna, wręcz definiują wyłączalność jako długoterminową płynność finansową czyli zdolność do zaspokojenia wszystkich wierzycieli (krótko i długoterminowych) posiadany majątkiem. Utrzymanie płynności finansowej w długim okresie, a więc wyłączalności, jest konieczne do utrzymania płynności bieżącej rozpatrywanej krótkookresowo<sup>68</sup>. E. Śnieżek dodaje również, że wyłączalność przedsiębiorstwa ma wpływ na generowanie w przyszłości przepływów pieniężnych zaznaczając, że podstawowym źródłem nadwyżki pieniężnej jest obok amortyzacji zysk<sup>69</sup>.

W kontekście uwarunkowań prawnych warto przytoczyć jak w rozumieniu obecnie obowiązującego w Polsce prawa rozumiana jest niewyłączalność. W rozumieniu ustawy Prawo Upadłościowe (PU) art. 11.1<sup>70</sup>: „Dłużnik jest niewyłączalny, jeżeli utracił zdolność do wykonywania swoich wymagalnych zobowiązań pieniężnych.” Dodatkowo, art. 11.1a PU precyzuje: „Domniemywa się, że dłużnik utracił zdolność do wykonywania swoich wymagalnych zobowiązań pieniężnych, jeżeli opóźnienie w wykonaniu zobowiązań pieniężnych przekracza trzy miesiące.” Ponadto, zgodnie z art. 11.2 PU „dłużnik będący osobą prawną albo jednostką organizacyjną nieposiadającą osobowości prawnej, której odrębna ustawa przyznaje zdolność prawną, jest niewyłączalny także wtedy, gdy jego zobowiązania pieniężne przekraczają wartość jego majątku, a stan ten utrzymuje się przez okres przekraczający dwadzieścia cztery miesiące.”

W świetle powyższych artykułów niewyłączalność rozumiana może być w dwojaki sposób. Po pierwsze jako brak zdolności do terminowego regulowania zobowiązań pieniężnych. Co ważne ustawodawca w precyzyjny sposób określa na jak długi okres opóźnień płatniczych może pozwolić sobie przedsiębiorstwo zanim zostanie uznane za niewyłączalne. Ujęty w ustawie 3-miesięczny okres pozwala spojrzeć na niewyłączalność w rozumieniu podpunktu 1a. na poziomie operacyjnym. Takie podejście, w sensie ekonomicznym

---

<sup>67</sup> M. Dobija, *Rachunkowość zarządcza i controlling*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001; za: T. Maślanka, op.cit., s.75.

<sup>68</sup> M. Sierpińska, T. Jacha, *Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006, za: T. Maślanka, op.cit., s.75.

<sup>69</sup> E. Śnieżek, *Jak czytać cash flow*, Fundacja Rozwoju Rachunkowości w Polsce, Warszawa 1997, s.68.

<sup>70</sup> Ustawa z 28 lutego 2003 r. Prawo upadłościowe. Dz.U. 2019, poz. 498.



odpowiada raczej brakowi płynności i wpisuje się we wspomniane wcześniej koncepcje utożsamiające wypłacalność z płynnością finansową.

Podpunkt drugi odnosi się z kolei do niewypłacalności w długim horyzoncie czasowym, czyli utrzymującego się stale, przez dłuższy okres (dwóch lat) stanu, w którym niemożliwe jest pokrycie zobowiązań majątkiem przedsiębiorstwa.

W świetle polskiego ustawodawstwa traktuje się więc odmiennie pojęcia niewypłacalności i upadłości. W żadnych aktach prawnych nie figuruje z kolei termin bankructwa, który bardzo często pojawia się w literaturze przedmiotu z ekonomii i zarządzania. W wielu pracach autorzy albo utożsamiają pojęcia bankructwa oraz upadłości albo pomijają bankructwo jako pewną fazę rozwoju sytuacji kryzysowej, przedstawiając stan niewypłacalności jako bezpośrednio poprzedzający upadłość przedsiębiorstwa.

Interesującą z punktu widzenia powyższych rozważań charakterystykę różnic i wspólnych sfer znaczeniowych pojęć bankructwa i upadłości przedstawia w swojej pracy P. Antonowicz. Charakterystyka ta została zobrazowana w tabeli 1.5. Jest tu przedstawiony ekonomiczny wymiar bankructwa, które w ściśle określonych przypadkach może, lecz nie musi, skutkować pojawieniem się upadłości w sensie prawnym.

W świetle przedstawionej klasyfikacji sam termin bankructwa jest bowiem stanem w jakim znajduje się przedsiębiorstwo tuż przed fazą sądowego dochodzenia praw majątkowych przez wierzycieli. Charakteryzuje się on występującym brakiem płynności finansowej, mogącej przybrać formę niewypłacalności.

Jak wynika z tabeli 1.5 bankructwo nie musi wcale wprost prowadzić do upadłości przedsiębiorstwa. Stanie się tak dopiero w momencie, w którym stosowne orzeczenie wyda sąd gospodarczy, na mocy obowiązującego prawa, w świetle którego wystąpił w przedsiębiorstwie stan niewypłacalności. Kolejnym istotnym elementem zaprezentowanym w tabeli 1.5 jest kwestia zainteresowania poszczególnymi terminami bankructwa przez nauki prawne i ekonomiczne. I tak bankructwo rozumiane jako stan finansowy przedsiębiorstwa poprzedzający postępowanie upadłościowe nie znajduje się w ogóle w obszarze zainteresowania prawa.

**Tabela 1.5. Charakterystyka różnic oraz wspólnych obszarów znaczeniowych pojęć „bankructwo” i „upadłość” przedsiębiorstwa**

Termin	Bankructwo	Bankructwo ≠ upadłość	Bankructwo = upadłość	Upadłość ≠ bankructwo
Kontekst	Ekonomiczne bankructwo poprzedzające fazę sądowego dochodzenia wierzytelności	Bankructwo, którego nie można nazwać upadłością	Ekonomiczne bankructwo, które na mocy orzeczenia sądu gospodarczego stało się również upadłością	Sądowa upadłość, która nie jest wynikiem standardowego ciągu rozwoju sytuacji kryzysowej przedsiębiorstwa
Obszar analizy	Ekonomia	Ekonomia i prawo	Prawo i ekonomii	Prawo i ekonomia
Cechy	- utrata płynności finansowej - etap poprzedzający składanie wniosku upadłościowego - ugodowe pozasądowe formy porozumienia stron	- brak zdolności upadłościowej bankruta na podstawie przepisów prawa upadłościowego - pomimo ekonomicznego bankructwa dłużnika wierzyciele nie mają wsparcia w instytucji upadłości	- orzeczenie sądu gospodarczego o upadłości bankruta, który stał się dłużnikiem niewypłacalnym - zatory płatnicze implikujące definicję bankruta doprowadziły ostatecznie do jego sądowej upadłości	- sądowe orzeczenie o upadłości podmiotu, który jednak nie zbankrutował - upadłość niezawiniona, będąca konsekwencją np. oszustwa lub przestępstwa gospodarczego, spirali upadłościowej

Źródło: P. Antonowicz, *Bankructwa i upadłości przedsiębiorstw. Teoria - praktyka gospodarcza – studia regionalne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2015, s. 103.

Ciekawy pogląd, co do rozróżnienia pojęć bankructwa i upadłości przedstawia E. Mączyńska, która twierdzi, że bankructwo może być utożsamiane z upadłością wyłącznie gdy mowa jest o upadłości zawinionej, czyli takiej, która wynika między innymi z oszustwa ze strony kontrahenta bądź z przestępstw gospodarczych, a nie z nieskutecznego zarządzania podmiotem gospodarczym<sup>71</sup>. Autorka zwraca również uwagę, że tego typu rozróżnienie jest konieczne ze względu na surowość kar stosowanych w systemie prawnym. Upadłość niezawiniona (niebędąca bankructwem) nie podlega więc karze, w przeciwieństwie do

<sup>71</sup> E. Mączyńska, Ocena ryzyka upadłości przedsiębiorstwa, w: Ryzyko w działalności przedsiębiorstw. Wybrane aspekty, pod red. A. Fierla, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie – Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2009, s.57; za: P. Antonowicz, *Bankructwa i upadłości przedsiębiorstw. Teoria - praktyka gospodarcza – studia regionalne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2015, s. 99.

upadłości utożsamianej z bankructwem, która jest karana. Należy również zwrócić uwagę, że potencjalne kary dotyczące bankrutów, są stopniowalne w zależności od ich umyślności – najsurowiej karana jest upadłość umyślna wynikająca z chęci zysku<sup>72</sup>.

P. Antonowicz w swojej pracy przedstawił interesujący schemat przedstawiający kolejne etapy rozwoju sytuacji kryzysowej w przedsiębiorstwie z uwzględnieniem w niej bankructwa oraz niewypłacalności. Schemat ten został przedstawiony na rysunku 1.6. Zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 1.6 stan bankructwa w przedsiębiorstwie ma miejsce w momencie pojawienia się problemów finansowych związanych z uprzednio powstałym kryzysem. Przedsiębiorstwo traci zdolność do regulowania swoich zobowiązań, co może być związane np. z problemami z egzekwowaniem własnych należności wobec innych podmiotów. Postępujące problemy płatnicze osiągają w końcu kumulację, która prowadzi do utraty przez przedsiębiorstwo wiarygodności finansowej.

Problemy finansowe mogą zostać rozwiązane dwojako. Po pierwsze za pomocą procedur pozasądowych (np. wydłużenia przez wierzycieli terminów zapłaty), które skutkować mogą przetrwaniem przedsiębiorstwa – w scenariuszu pozytywnym, lub jego ostateczną likwidacją – w scenariuszu negatywnym. Drugą możliwością jest z kolei wystąpienie przez wierzycieli z wnioskiem upadłościowym, który jeżeli zostanie zatwierdzony przez sąd postawi przedsiębiorstwo w stanie upadłości. Jednak w sytuacji, gdy sąd takiego wniosku nie zatwierdzi, znów konieczne będzie podjęcie działań pozasądowych<sup>73</sup>.

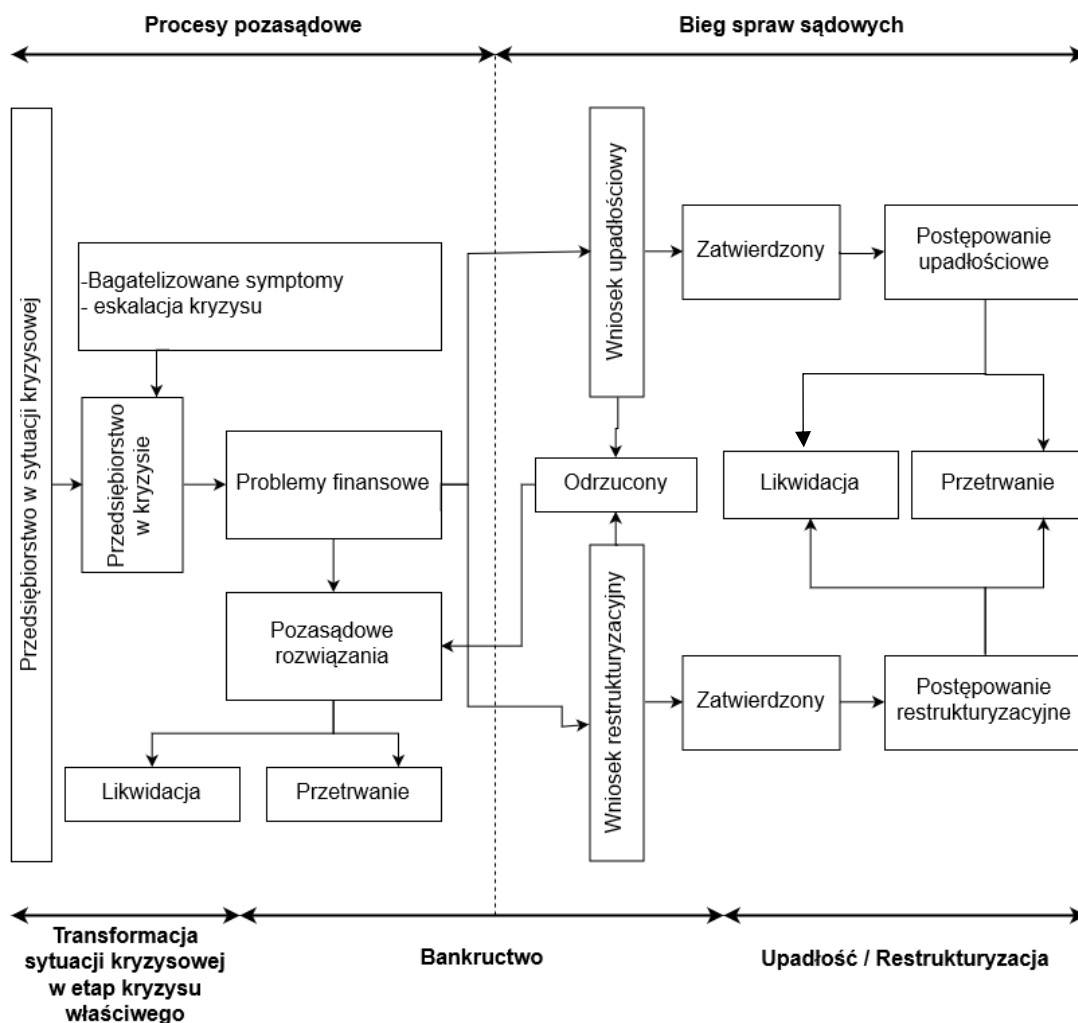
Zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 1.6 stan bankructwa w przedsiębiorstwie ma miejsce w momencie pojawienia się problemów finansowych związanych z uprzednio powstałym kryzysem. Przedsiębiorstwo traci zdolność do regulowania swoich zobowiązań, co może być związane np. z problemami z egzekwowaniem własnych należności wobec innych podmiotów.

---

<sup>72</sup> E. Mączyńska, *op.cit.*, s.58, za: P. Antonowicz, *op.cit.*, s. 100.

<sup>73</sup> P. Antonowicz, *op.cit.*, s. 96.

Rysunek 1.6. Etap bankructwa w procesie rozwoju i transformacji sytuacji kryzysowej na drodze do upadłości i likwidacji przedsiębiorstwa.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: P. Antonowicz, *Bankructwa i upadłości przedsiębiorstw. Teoria - praktyka gospodarcza – studia regionalne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2015, s. 96.

Podsumowując powyższe rozważania, można zgodzić się z opinią A. Hermana, który jednoznacznie wskazuje na ekonomiczny charakter terminu bankructwa, w przeciwieństwie do pojęcia upadłości, które odwołuje się do sytuacji prawnej, w jakiej znalazło się przedsiębiorstwo<sup>74</sup>.

W literaturze przedmiotu poruszającej kwestie bankructwa przedsiębiorstw, często można spotkać się z szeroką klasyfikacją źródeł bankructwa, czynników je powodujących oraz ich symptomów. Z racji tego, że bankructwo jest wynikiem rozwijającej się w przedsiębiorstwie sytuacji kryzysowej, można stwierdzić, że czynniki determinujące bankructwo są identyczne

<sup>74</sup> A. Herman, *Ekonomika Bankructw*, „Kwartalnik Nauk o Przedsiębiorstwie”, 2010, nr.4, s.2

jak te, które prowadzą do powstania sytuacji kryzysowej. Zostały one szczegółowo omówione w podrozdziale 1.2.

Bieg spraw sądowych, który został nakreślony na rysunku 1.6, rozpoczynający się w momencie złożenia wniosku upadłościowego i zawierający postępowanie upadłościowe został omówiony w kolejnym podrozdziale.

## **1.4 Upadłość przedsiębiorstw**

Z przedstawionych w poprzednich rozdziałach teorii dotyczących, mówiąc najogólniej, rozwoju sytuacji kryzysowej w przedsiębiorstwach wyłania się pewien chronologiczny i logiczny ciąg zdarzeń prowadzących przedsiębiorstwo od początków dysfunkcjonalności, aż do jego bankructwa. Proces ten w pewnym momencie przestaje mieć wymiar jedynie ekonomiczny, a zaczyna nabierać również charakteru prawnego ujawniającego się poprzez ingerencję w funkcjonowanie przedsiębiorstwa sądów upadłościowych.

Możliwość tego rodzaju interwencji ze strony władz podyktowana jest interesem wierzycieli niewypłacalnego przedsiębiorstwa i zaspokojeniu ich wierzytelności. Warto zauważyć, że ta funkcja windykacyjna nie jest jedyną jaką spełniają przepisy prawa upadłościowego. Oprócz niej S. Gurgul wymienia również funkcję profilaktyczną oraz wychowawczą<sup>75</sup>.

Funkcja profilaktyczna polega na zabezpieczeniu interesu dalszych potencjalnych wierzycieli, którzy sami mogliby stać się niewypłacalni w skutek nie otrzymywania środków pieniężnych od bankruta. Funkcja wychowawcza z kolei ma za zadanie kształtowania w przedsiębiorcach działających na rynku pewnego systemu wartości opartego na dobrych praktykach biznesowych i określonych wzorców postępowania<sup>76</sup>.

Ponadto wydaje się, że oprócz wymienionych wyżej funkcji sprawnie działający system prawa upadłościowego realizuje jeszcze jedną, wyjątkowo ważną dla inwestorów. Chodzi tu o funkcję bezpieczeństwa rynkowego. Przepisy skutecznie gwarantujące wierzycielom możliwość zaspokojenia swoich wierzytelności pozytywnie wpływają na redukcję stopnia ryzyka związanego z działalnością na danym rynku.

---

<sup>75</sup> S. Gurgul, *Prawo upadłościowe i naprawcze. Upadłość przedsiębiorstw państwowych, spółdzielni, zakładów ubezpieczeń społecznych i banków*, wyd. CH Beck, Warszawa 2010, s. XVIII, za: P. Antonowicz op.cit., s. 129.

<sup>76</sup> Ibidem, s.129.

Zgodnie ze schematem przedstawionym w poprzednim rozdziale na rysunku 1.6 momentem kluczowym dla postępowania upadłościowego jest złożenie w odpowiednim sądzie wniosku o ogłoszenie upadłości. Wszystkie kwestie związane z wnioskiem o ogłoszenie upadłości regulowane są przez Ustawę Prawo upadłościowe z 28 lutego 2003 roku (dalej: PU)<sup>77</sup>.

Wniosek o ogłoszenie upadłości może zostać złożony jeżeli wystąpi przynajmniej jedna z przesłanek o niewypłacalności (w rozumieniu ustawy PU) dłużnika, które zostały omówione w poprzednim podrozdziale.

Podmiotami uprawnionymi do złożenia wniosku upadłościowego są przede wszystkim wierzyciele osobiści dłużnika jak i on sam. Warto tutaj zwrócić uwagę na fakt, że zgodnie z art.21.1. dłużnik jest wręcz zobligowany do złożenia wniosku w terminie 30 dni<sup>78</sup>. Dotrzymanie tego trzydziestodniowego terminu jest szczególnie istotne ze względu na art.299. kodeksu spółek handlowych (KSH), który pozwala osobom zasiadającym w zarządzie spółki zwolnić się z odpowiedzialności osobistej za zobowiązania spółki gdy egzekucja z jej majątku okaże się nieskuteczna<sup>79</sup>.

Zgodnie z art. 20.2 PU, poza dłużnikiem i jego wierzycielami osobistymi, istnieje również szereg innych podmiotów uprawnionych do złożenia wniosku upadłościowego, ze względu na formę prawną dłużnika(tabela 1.6). Jak można zauważyć w tabeli 1.6 lista osób, które mogą brać udział w postępowaniu upadłościowym jest dość szeroka, a podmiotów zainteresowanych skutkami tego postępowania może być niekiedy bardzo dużo. Szczegółowe warunki formalne jakie powinien spełniać wniosek o ogłoszenie upadłości są przedstawione w art.22 Prawa upadłościowego<sup>80</sup>.

**Tabela 1.6. Inne niż dłużnik i wierzyciel podmioty uprawnione do złożenia wniosku o ogłoszenie upadłości**

Forma prawna	Uprawnione podmioty
Spółka jawna, partnerska, komandytowa, komandytowo-akcyjna	Każdy ze wspólników odpowiadających bez ograniczenia za zobowiązania spółki
Osoby prawne oraz jednostki organizacyjne nieposiadające osobowości prawnej, którym odrębna ustawa przyznaje osobowość prawną	Każdy, kto na podstawie ustawy, umowy spółki lub statutu ma prawo do prowadzenia spraw dłużnika i do jego reprezentowania, samodzielnie lub łącznie z innymi osobami
Przedsiębiorstwo państwowe	Także organ założycielski
Jednoosobowa spółka skarbu państwa	Także pełnomocnik Rządu, państwowa osoba prawna, organ lub inna jednostka uprawniona do

<sup>77</sup> Ustawa z 28 lutego 2003 r. Prawo upadłościowe. Dz.U. 2019, poz. 498.

<sup>78</sup> Ibidem.

<sup>79</sup> Ustawa z 15 września 2000 r. Kodeks spółek handlowych. Dz.U. 2019, poz. 505.

<sup>80</sup> Ustawa z 28 lutego 2003 r. Prawo upadłościowe. Dz.U. 2019, poz. 498.

	wykonywania praw z akcji lub udziałów należących do Skarbu Państwa
Osoba prawna, spółka jawna, partnerska, komandytowa, komandytowo-akcyjna w likwidacji	Każdy z likwidatorów
Osoba prawna wpisana do KRS	Kurator ustanowiony na podstawie przepisów kodeksu cywilnego
Dłużnik, któremu została udzielona pomoc publiczna o wartości powyżej 100 tys. Euro	Organ udzielający pomocy
Dłużnik, wobec którego prowadzona jest egzekucja przez zarząd przymusowy albo przez sprzedaż przedsiębiorstwa, na podstawie Kodeksu postępowania cywilnego	Zarządca ustanowiony w tym postępowaniu

Źródło: *Opracowanie własne na podstawie: Ustawa z 28 lutego 2003 r. Prawo upadłościowe. Dz.U. 2019, poz. 498.*

W procedurze upadłościowej wyodrębnić można dwa zasadnicze etapy: postępowanie w przedmiocie ogłoszenia upadłości oraz właściwe postępowanie upadłościowe. Złożenie wniosku upadłościowego, a ściślej mówiąc jego rejestracja rozpoczyna pierwszy z etapów postępowania upadłościowego, czyli etap postępowania w przedmiocie ogłoszenia upadłości. Uczestnikiem tego postępowania jest każdy podmiot, który złożył wniosek o ogłoszenie upadłości oraz sam dłużnik. Warto więc zauważyć, że w postępowaniu w przedmiocie ogłoszenia upadłości nie bierze udziału wierzyciel, chyba, że to właśnie on był osobą składającą wniosek upadłościowy. Do czasu rozpoznania przez sąd wniosku upadłościowego możliwe jest zabezpieczenie majątku dłużnika poprzez szereg instytucji, które wymienione zostały w art. 38, 39, 40 PU<sup>81</sup>:

- ustanowienie tymczasowego nadzorca sądowego;
- zawieszenia postępowania egzekucyjnego;
- uchylenia zajęć rachunku bankowego;
- ustanowienie zarządu przymusowego.

Ostatnim i najistotniejszym etapem postępowania w przedmiocie ogłoszenia upadłości jest rozpoznanie wniosku przez odpowiedni sąd upadłościowy w składzie trzech sędziów zawodowych. Wniosek upadłościowy może zostać odrzucony, oddalony albo uwzględniony. PU wskazuje bezpośrednio na jedną przesłankę do odrzucenia wniosku upadłościowego. Zgodnie z art. 35. Ust. 5, wniosek może zostać odrzucony w przypadku gdy nie wniesiona zostanie zaliczka na wydatki w postępowaniu w przedmiocie ogłoszenia upadłości w kwocie przewyższającej przeciętne miesięczne wynagrodzenie w sektorze przedsiębiorstw (art. 22a.

---

<sup>81</sup> Ibidem.

PU), zażądana przez sąd od wnioskodawcy. Warto jednak wspomnieć, że w art. 35 PU znajduje się odwołanie do przepisów kodeksu postępowania cywilnego, zgodnie z którymi wniosek upadłościowy odrzucony może zostać ze względu na (art. 199 KPC)<sup>82</sup>:

- fakt, że w stosunku do danego dłużnika zostało już wydane prawomocne postanowienie o ogłoszeniu upadłości i w efekcie toczy się już wobec tego dłużnika postępowanie upadłościowe;
- jeśli wnioskodawca lub dłużnik nie ma zdolności sądowej tzn. nie ma zdolności do występowania w postępowaniu upadłościowym jako uczestnik tego postępowania;
- jeśli wnioskodawca niebędący dłużnikiem nie ma zdolności procesowej i nie działa za niego przedstawiciel ustawowy tzn. nie posiada zdolności do dokonywania czynności procesowych;
- jeśli w składzie wnioskodawcy (niebędącego dłużnikiem), który jest osobą prawną lub jednostką organizacyjną nieposiadającą osobowości prawnej której ustawa przyznaje zdolność prawną, zachodzą braki uniemożliwiające jego działanie.

Ustawa PU wskazuje zaś szczegółowo przesłanki do oddalenia przez sąd wniosku upadłościowego. Zgodnie z art. 12 i 13 PU sąd oddali wniosek upadłościowy w następujących sytuacjach<sup>83</sup>:

- jeżeli dłużnik wykaże, że wierzytelność ma charakter sporny, a spór zaistniał między stronami przed złożeniem wniosku upadłościowego;
- jeżeli majątek dłużnika nie wystarcza na pokrycie kosztów postępowania upadłościowego lub wystarcza jedynie na ich pokrycie;
- w razie stwierdzenia, że majątek dłużnika jest obciążony hipoteką, zastawem, zastawem rejestrowym, zastawem skarbowym lub hipoteką morską w takim stopniu, że pozostały jego majątek nie wystarcza na zaspokojenie kosztów postępowania.

Jeżeli nie zachodzą żadne z wymienionych powyżej przesłanek do odrzucenia bądź oddalenia wniosku upadłościowego, sąd uwzględnia wniosek upadłościowy i wydaje postanowienie o ogłoszeniu upadłości. Warto zauważyć, że to właśnie data wydania postanowienia o ogłoszeniu upadłości staje się datą upadłości niewypłacalnego dłużnika, a samo postanowienie podlega obwieszczeniu w Monitorze Sądowym i Gospodarczym i jest całkowicie jawne. Z chwilą wydania postanowienia o ogłoszeniu upadłości rozpoczyna się drugi etap postępowania upadłościowego: tzw. właściwe postępowanie upadłościowe. Można

---

<sup>82</sup> Ustawa z 17 listopada 1964 r. Kodeks postępowania cywilnego. Dz.U. 2020, poz. 1575.

<sup>83</sup> Ustawa z 28 lutego 2003 r. Prawo upadłościowe. Dz.U. 2019, poz. 498.



je podzielić na następujące etapy, które jednak mogą się wzajemnie przenikać czasowo, na co zwraca uwagę P. Zimmerman<sup>84</sup>:

1. Zgłoszenie wierzytelności;
2. Sporządzenie listy wierzytelności;
3. Złożenie sprzeciwu co do listy wierzytelności;
4. Ustalenie składu masy upadłości;
5. Likwidacja masy upadłości;
6. Podział funduszy między wierzycieli;
7. Zakończenie postępowania.

W ogłoszeniu o upadłości sąd wyznacza syndyka oraz wzywa wierzycieli do zgłoszenia mu wierzytelności w terminie trzydziestu dni. Zgłoszenie wierzytelności jest swoistym rodzajem powództwa w postępowaniu upadłościowym, jest więc prawną drogą do dochodzenia swoich roszczeń w ramach postępowania upadłościowego. Co istotne, bez prawidłowego zgłoszenia wierzytelności w terminie, wierzyciel nie będzie mógł skorzystać z prawnej ochrony wierzycieli i partycypować w masie upadłości<sup>85</sup>. Wierzytelności zgłaszane są do syndyka w ściśle określonej formie – wymogi dotyczące zgłoszenia wierzytelności szczegółowo opisane zostały w art. 239 oraz 240 PU. Najistotniejszą kwestią, mającą największy wpływ na dalszy przebieg postępowania upadłościowego ma określenie kategorii wierzytelności, które zgłaszane są przez wierzyciela. Każdą zgłaszaną wierzytelność należy przypisać do jednej z czterech kategorii zgodnie z art. 342. PU<sup>86</sup>. Cztery kategorie wierzytelności zostały przedstawione w tabeli 1.7

**Tabela 1.7. Kategorie wierzytelności**

Kategoria wierzytelności	Rodzaj wierzytelności
Kategoria I	Przypadające na czas przed ogłoszeniem upadłości należności z tytułu stosunku pracy; należności z tytułu składek na ubezpieczenia społeczne; należności powstałe w postępowaniu restrukturyzacyjnym czynności zarządcy albo należności powstałe z czynności dłużnika dokonanych po otwarciu postępowania restrukturyzacyjnego niewymagających zezwolenia rady wierzycieli albo zgody

<sup>84</sup> P. Zimmerman, *Przebieg postępowania upadłościowego*, Blog kancelarii Zimmerman, Sierakowski i Partnerzy, <https://www.zimmerman.com.pl/blog/przebieg-postepowania-upadlosciowego.html>, dostęp: 20.06.2021.

<sup>85</sup> Od tej reguły istnieją jednak wyjątki. Niektóre wierzytelności zgłaszane są z urzędu, między innymi: wierzytelności zabezpieczone hipoteką, zastawem, zastawem rejestrowym, zastawem skarbowym, hipoteką morską lub przez inny wpis w księdze wieczystej. Dodatkowo wpisywane na listę wierzytelności z urzędu są wierzytelności ze stosunku pracy (art. 236-239. PU.)

<sup>86</sup> Ustawa z 28 lutego 2003 r. Prawo upadłościowe. Dz.U. 2019, poz. 498.

	nadzorcy sądowego lub dokonanych za zezwoleniem rady wierzycieli albo zgodą nadzorcy sądowego, jeżeli upadłość ogłoszono w wyniku rozpoznania uproszczonego wniosku o ogłoszenie upadłości jak również należności z tytułu kredytu, pożyczki, obligacji, gwarancji lub akredytyw lub innego finansowania przewidzianego układem przyjętym w postępowaniu restrukturyzacyjnym.
Kategoria II	Inne należności, jeżeli nie podlegają zaspokojeniu winnych kategoriach, w szczególności podatki i inne daniny publiczne oraz pozostałe należności z tytułu składek na ubezpieczenie społeczne
Kategoria III	Odsetki od należności ujętych w wyższych kategoriach w kolejności, w jakiej podlega zaspokojeniu kapitał, a także sądowe i administracyjne kary grzywny oraz należności z tytułu darowizn i zapisów
Kategoria IV	Należności wspólników albo akcjonariuszy z tytułu pożyczki lub innej czynności prawnej o podobnych skutkach, w szczególności dostawy towaru z odroczonym terminem płatności, dokonanej na rzecz upadłego będącego spółką kapitałową w okresie pięciu lat przed ogłoszeniem upadłości, wraz z odsetkami.

Źródło: *Opracowanie własne na podstawie: Ustawa z 28 lutego 2003 r. Prawo upadłościowe. Dz.U. 2019, poz. 498.*

Zgodnie z art. 244 PU, syndyk niezwłocznie po upłygnięciu terminu zgłaszania wierzytelności zobowiązany jest do sporządzenia listy wierzytelności i przekazania jej sędziemu komisarzowi. O dacie złożenia powyższej listy obwieszcza się w Monitorze Sądowym i Gospodarczym. Od tej daty, w terminie dwóch tygodni, wierzyciele mają możliwość złożenia sprzeciwu co do uznania wierzytelności jedynie w części lub co do odmowy uznania wierzytelności. Ostatecznie sędzia komisarz dokonuje ewentualnych zmian na liście wierzytelności oraz ją zatwierdza.

Kolejnym niezwykle istotnym etapem postępowania upadłościowego jest ustalenie składu masy upadłości. Warto zauważyć, że majątek upadłego staje się masą upadłości już w dniu ogłoszenia upadłości, a nie dopiero po sporządzeniu przez syndyka listy wierzytelności (art. 61 PU). Dodatkowo, zgodnie z art. 62 PU, w skład masy upadłości wchodzi również majątek nabyty przez dłużnika w trakcie postępowania upadłościowego. Ustalenie składu masy upadłości następuje poprzez sporządzenie spisu inwentarza oraz spisu należności.

Spis inwentarza obejmuje wszystkie prawa, które znajdują się w posiadaniu upadłego. W szczególności są to: ruchomości, nieruchomości, środki pieniężne w kasie i na rachunkach upadłego. Z kolei, spis należności obejmuje wierzytelności, które przysługują upadłemu na

podstawie ksiąg i dokumentów finansowych. Warto zauważyć, że spis inwentarza jest na bieżąco uzupełniany przez syndyka, w trakcie nabywania przez dłużnika kolejnych aktywów. Ustawa PU wskazuje również pewne składniki majątku dłużnika, które nie wchodzą w skład masy upadłości, są to zgodnie z art. 63 PU: mienie, które jest wyłączone z egzekucji zgodnie z KPC, wynagrodzenie za pracę upadłego w części niepodlegającej zajęciu, kwota uzyskana z tytułu realizacji zastawu rejestrowego lub hipoteki, jeżeli upadły pełnił funkcję administratora zastawu lub hipoteki, w części przypadającej zgodnie z umową powołującą administratora pozostałym wierzycielom, środki pieniężne znajdujące się na rachunku będącym przedmiotem blokady rachunku podmiotu kwalifikowanego w rozumieniu ordynacji podatkowej.

Jak widać powyższe przepisy odnoszą się bardziej do upadłości konsumenckiej, niż do upadłości przedsiębiorstw. W przypadku przedsiębiorstw nie można przecież mówić o wynagrodzeniu za pracę upadłego, a tym bardziej o innych środkach przynależnych upadłemu, o których mówi wspomniany wyżej KPC<sup>87</sup>. Art. 64 PU wskazuje z kolei, że w skład masy upadłościowej nie wchodzi mienie przeznaczone na pomoc dla pracowników upadłego i ich rodzin, środki pieniężne zakładowego funduszu świadczeń socjalnych wraz z przypadającymi po ogłoszeniu upadłości kwotami pochodzącymi ze zwrotu udzielonych pożyczek na cele mieszkaniowe, wpłatami odsetek bankowych od środków tego funduszu oraz opłatami pobieranymi od korzystających z usług i świadczeń socjalnych finansowanych z tego funduszu organizowanych przez upadłego. Wszelkie wątpliwości dotyczące tego, które ze składników majątku wchodzi w skład masy upadłości rozstrzyga sędzia komisarz.

Kolejnym etapem postępowania upadłościowego jest likwidacja masy upadłości. Etap polega na upłynnieniu majątku przedsiębiorstwa, w celu późniejszego zaspokojenia roszczeń wierzycieli. Rozpoczyna się on już ogłoszeniu upadłości, kiedy syndyk przystępuje do sporządzenia planu likwidacyjnego. Plan likwidacyjny składany jest sędziemu-komisarzowi wraz ze spisem inwentarza i oszacowaniem masy upadłości w terminie 30 dni od postanowienia o ogłoszeniu upadłości (art. 306 PU). Plan likwidacyjny, zgodnie z art. 306 PU zawiera proponowane sposoby sprzedaży majątku przedsiębiorstwa, termin sprzedaży, preliminarz wydatków i ekonomiczne uzasadnienie dalszego prowadzenia działalności

---

<sup>87</sup> W Art. 829 KPC wymienia się między innymi: przedmioty urządzenia domowego niezbędne dla dłużnika i jego domowników, zapasy żywności i opału niezbędne dla dłużnika i będących na jego utrzymaniu członków jego rodziny, narzędzia i inne przedmioty niezbędne do osobistej pracy zarobkowej dłużnika, przedmioty niezbędne do nauki, papiery osobiste, odznaczenia i przedmioty służące do wykonywania praktyk religijnych.

gospodarczej. Po sporządzeniu planu likwidacji i sprawozdania finansowego upadłego, na dzień przed datą ogłoszeniem upadłości, syndyk przystępuje do likwidacji masy upadłości. Zgodnie z art. 308 PU syndyk powinien podejmować takie działania, aby zakończenie likwidacji możliwe było w ciągu pół roku. Co do zasady, przedsiębiorstwo powinno być sprzedane jako całość. Jeśli jest to niemożliwe, to w drugiej kolejności składniki majątku powinny być sprzedawane jako zorganizowana część przedsiębiorstwa, a dopiero w trzeciej kolejności osobno. Warto również zwrócić uwagę, że zgodnie z art. 312 PU możliwe jest dalsze prowadzenie przedsiębiorstwa, wobec którego ogłoszona została upadłość jeżeli możliwe jest zawarcie układu z wierzycielami lub możliwa jest sprzedaż przedsiębiorstwa w całości. Poza sprzedażą przedsiębiorstwa lub poszczególnych składników jego majątku likwidacja masy upadłości dokonuje się również poprzez ściąganie wierzytelności od dłużników przedsiębiorstwa oraz wykonanie jego innych praw majątkowych.

Wszystkie środki pieniężne uzyskane z likwidacji masy upadłości oraz te uzyskane prowadzenia lub wydzierżawienia przedsiębiorstwa stanowią tzw. fundusze masy upadłości. W kolejnym etapie postępowania upadłościowego fundusze te rozdzielane są pomiędzy wierzycieli przedsiębiorstwa. Powyższy podział funduszy następuje w ściśle określonej kolejności. Przynajmniej z funduszy masy upadłości zaspokajają się koszty postępowania upadłościowego, a następnie wierzytelności zgodnie z ich kategoriami, opisanymi w tabeli 1.7. Co istotne, wierzytelności z kategorii niższej zaspokajane są dopiero w momencie, gdy zaspokojone zostaną wierzytelności z kategorii wyższej. W przypadku, gdy fundusze masy upadłości nie pozwalają na spłatę wierzytelności z danej kategorii, zaspokajają się je stosunkowo do wysokości każdej z nich.

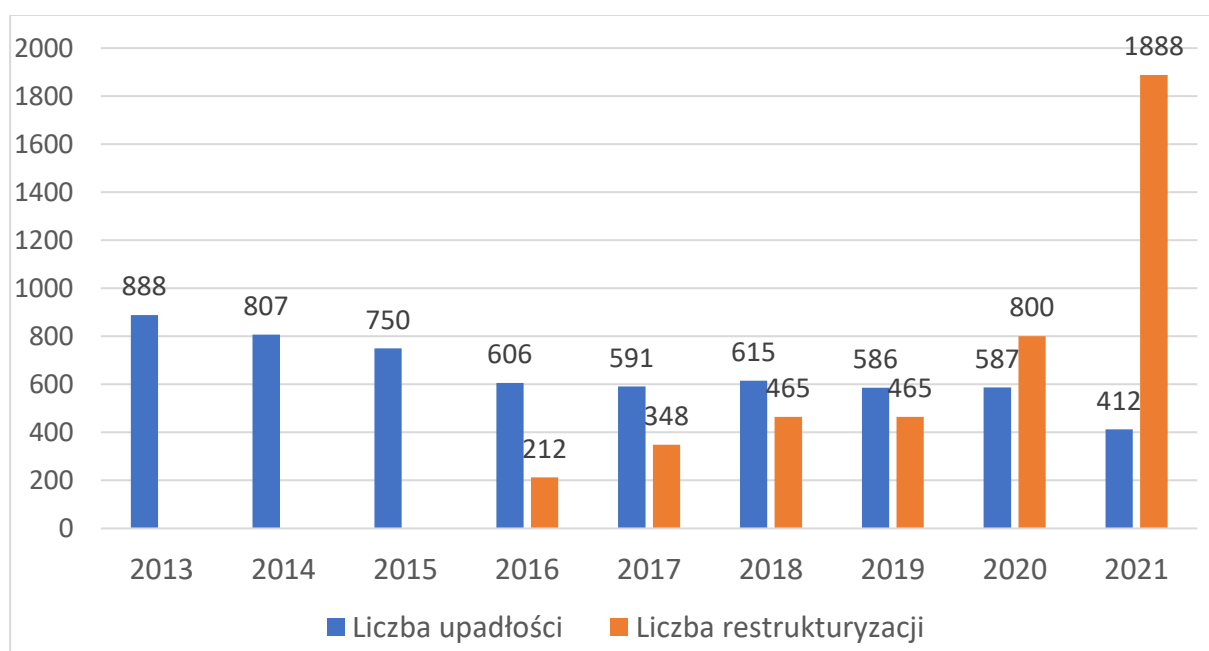
Ostatnim etapem postępowania upadłościowego jest jego zakończenie. W modelowym przypadku po wykonaniu ostatecznego planu podziału sąd stwierdza zakończenie postępowania upadłościowego. Jednym z podstawowych skutków zakończenia postępowania upadłościowego jest odzyskanie przez dłużnika możliwości pełnego zarządzania swoim majątkiem. Dodatkowo, zakończenie postępowania upadłościowego skutkuje najczęściej wykreśleniem podmiotu z odpowiedniego rejestru (KRS, CEIDG). Warto jednak zwrócić uwagę, że nie jest to regułą – w przypadku, gdy w toku postępowania upadłościowego w pełni zostali zaspokojeni wszyscy wierzyciele nie ma konieczności przerywania działalności przedsiębiorstwa i wykreślenia go z rejestrów. Przedstawione powyżej aspekty postępowania upadłościowego przed sądem nakreślają modelową procedurę prawną mającą na celu

zaspokojenie wierzycieli upadającego przedsiębiorstwa w optymalny sposób. Powszechność zjawiska upadłości przedsiębiorstw każe przywrócić się mu również od strony analizy ilościowej tego zjawiska.

#### 1.4.1 Upadłość przedsiębiorstw w Polsce w latach 2013-2021

Niniejsza część opracowania poświęcona została przedstawieniu i analizie danych dotyczących liczby postępowań upadłościowych w Polsce. Na wykresie 1.1 przedstawiona została łączna liczba upadłości przedsiębiorstw w Polsce, w latach 2013-2021.

Wykres 1.1 Liczba upadłości i postępowań restrukturyzacyjnych w Polsce w latach 2013-2021

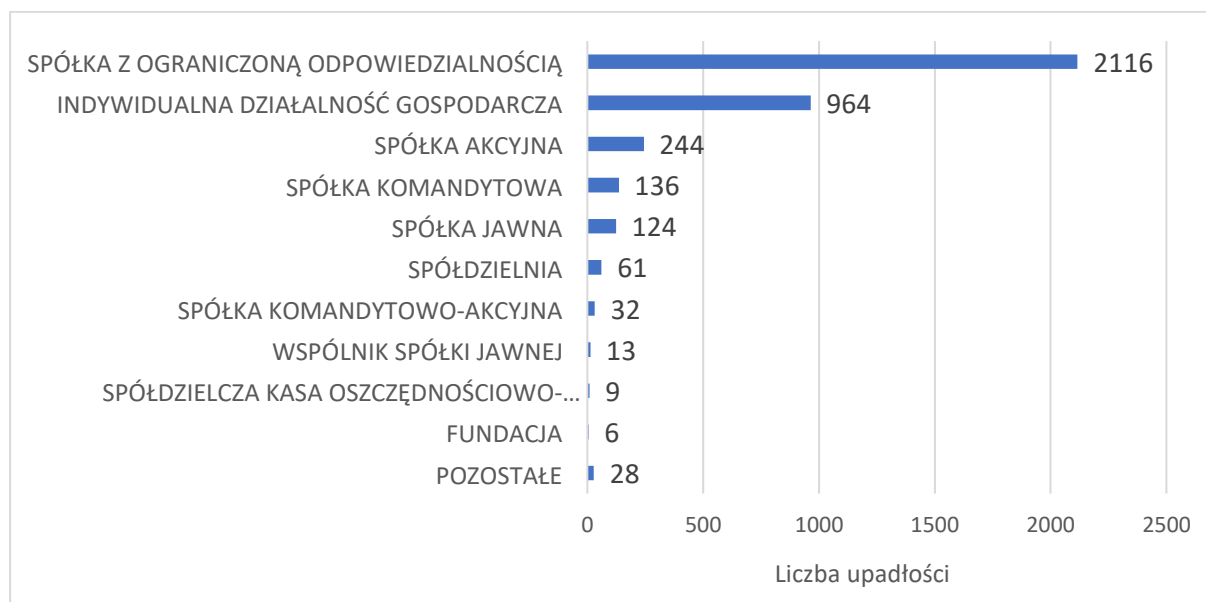


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Centralnego Ośrodka Informacji Gospodarczej.

Jak wynika z przedstawionych danych w latach 2013-2016 zaobserwować można wyraźny trend malejący liczby upadłości przedsiębiorstw. Z kolei, od roku 2016 widoczna jest stabilizacja liczby upadłości na poziomie 586-606 postępowań upadłościowych rocznie. Warto jednak zauważyć, że od 2016 roku obowiązuje w Polsce tzw. „nowe” prawo upadłościowe, w związku z którym obok postępowań upadłościowych pojawiły się też postępowania restrukturyzacyjne (zaznaczone na wykresie kolorem pomarańczowym). Ciekawym zjawiskiem jest niewątpliwie brak wzrostu liczby upadłości w roku 2020 i wyraźny ich spadek w roku 2021, pomimo ogólnoświatowej pandemii wirusa Covid-19 i ekonomicznych konsekwencji „zamykania gospodarek”. Stan ten może być spowodowany zarówno wydłużeniem się procesów upadłościowych jak również być efektem subsydiów rządowych

udzielanych przedsiębiorstwom pod warunkiem nie ogłaszania przez nie upadłości w okresie następującym po ich otrzymaniu. Sytuacja ta dotyczy przede wszystkim małych i średnich przedsiębiorstw, które w przypadku ogłoszenia upadłości w okresie 12 miesięcy od przyznania pomocy w ramach tarcz finansowych zobligowane będą do zwrotu 100% subwencji. Co ciekawe, w przypadku przedsiębiorstw dużych sytuacja ta wygląda odmiennie, tj. nie ma żadnych prawnie przyjętych regulacji zmuszających te przedsiębiorstwa do zwrotu subwencji w przypadku upadłości<sup>88</sup>. W związku z powyższym, biorąc pod uwagę, że małe i średnie przedsiębiorstwa stanowią zdecydowaną większość podmiotów gospodarczych, możliwe, że kolejnych latach liczba upadłości powróci do wcześniejszego poziomu a być może nawet go przekroczy. Na wykresie 1.2 przedstawiono z kolei, łączną liczbę upadłości przedsiębiorstw w latach 2015-2020 według formy prawnej dłużnika.

**Wykres 1.2 Upadłości przedsiębiorstw w Polsce w latach 2015-2020 według formy prawnej**



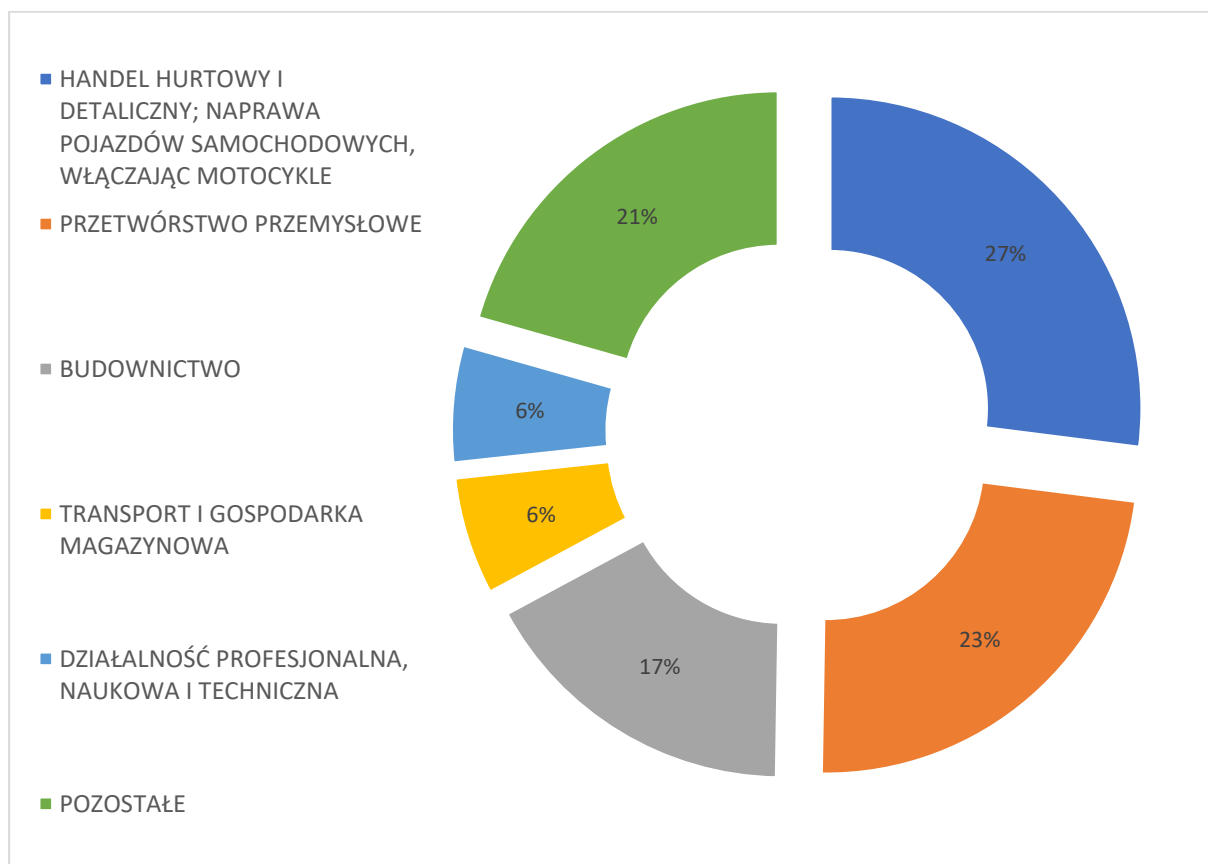
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Centralnego Ośrodka Informacji Gospodarczej.

Jak zostało to przedstawione na wykresie 1.2 zdecydowanie najwięcej upadłości zostało ogłoszonych wobec spółek z ograniczoną odpowiedzialnością i indywidualnych działalności gospodarczych. W tym miejscu należy jednak zauważyć, że liczba upadłości indywidualnych działalności gospodarczych może być zaniżona. Dzieje się tak, ponieważ w wielu przypadkach oddzielenie majątku podmiotu gospodarczego od majątku właściciela jest niemożliwa bądź bardzo trudna. W związku z tym część upadających indywidualnych

<sup>88</sup> <https://www.gazetaprawna.pl/firma-i-prawo/artykuly/8111003,czy-upadlosc-przedsiębiorstwa-obowiązek-zwrotu-pomocy-publicznej-zwiazku-z-covid-19.html> (dostęp na dzień 11.04.2021)

działalności gospodarczych statystycznie ujmowana jest w postępowaniach upadłości konsumenckiej. Warto również przeanalizować, które branże są najczęściej dotykane problemem upadłości. Na wykresie 1.3 przedstawiono strukturę upadłości według branż (według sekcji PKD) uwzględniając średnią liczbę upadłości dla danej sekcji PKD z lat 2015-2021, zaś tabela 1.8 przedstawia bardziej uszczegółowione dane dotyczące tego zagadnienia.

**Wykres 1.3 Udział branż w sumie upadłości w latach 2015-2021**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Centralnego Ośrodka Informacji Gospodarczej.

Jak wynika z tabeli 1.8 branżami, w których w latach 2015 – 2021 ogłaszanych było najwięcej upadłości są handel hurtowy i detaliczny, przetwórstwo przemysłowe i budownictwo, średnia dla powyższych sekcji PKD wynosi odpowiednio: 152, 131 i 95 upadających przedsiębiorstw rocznie. Warto zwrócić uwagę, że upadłości w tych branżach stanowiły ponad 64% wszystkich postępowań upadłościowych w Polsce, w analizowanym okresie. Dodatkowo, kolejne najczęściej dotykane problemem upadłości branże miały zaledwie 6% udział w całkowitej liczbie upadłości.

**Tabela 1.8 Liczba upadłości przedsiębiorstw w Polsce w latach 2015-2021 według sekcji PKD [j.g]**

<b>Sekcja PKD</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>Suma</b>	<b>Średnia</b>
Handel hurtowy i detaliczny; naprawa pojazdów samochodowych, włączając motocykle	179	151	151	157	172	149	103	<b>1062</b>	<b>152</b>
Przetwórstwo przemysłowe	178	126	126	139	116	139	90	<b>914</b>	<b>131</b>
Budownictwo	144	96	96	104	96	77	51	<b>664</b>	<b>95</b>
Transport i gospodarka magazynowa	46	29	29	35	43	42	18	<b>242</b>	<b>35</b>
Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna	51	35	35	29	29	33	28	<b>240</b>	<b>34</b>
Działalność związana z obsługą rynku nieruchomości	26	29	29	27	19	22	23	<b>175</b>	<b>25</b>
Informacja i komunikacja	24	21	21	20	14	12	10	<b>122</b>	<b>17</b>
Działalność finansowa i ubezpieczeniowa	18	16	16	14	11	8	7	<b>90</b>	<b>13</b>
Działalność związana z zakwaterowaniem i usługami gastronomicznymi	19	15	15	13	14	31	23	<b>130</b>	<b>19</b>
Działalność w zakresie usług administrowania i działalność wspierająca	18	15	15	22	23	24	17	<b>134</b>	<b>19</b>
Opieka zdrowotna i pomoc społeczna	8	12	12	14	10	16	17	<b>89</b>	<b>13</b>
Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo	7	10	10	4	7	10	6	<b>54</b>	<b>8</b>
Pozostała działalność usługowa	4	8	8	9	5	4	5	<b>43</b>	<b>6</b>
Działalność związana z kulturą, rozrywką i rekreacją	7	6	6	10	2	7	2	<b>40</b>	<b>6</b>
Dostawa wody; gospodarowanie ściekami i odpadami oraz działalność związana z rekultywacją	7	3	3	4	9	2	3	<b>31</b>	<b>4</b>
Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz, parę wodną, gorącą wodę i powietrze do układów klimatyzacyjnych	3	5	5	6	4	3	6	<b>32</b>	<b>5</b>
Górnictwo i wydobywanie	5	3	3	6	4	2	0	<b>23</b>	<b>3</b>
Edukacja	5	4	4	1	4	1	3	<b>22</b>	<b>3</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Centralnego Ośrodka Informatyki Gospodarczej.

Bezwzględne liczby upadłości przedsiębiorstw w konkretnych branżach mogą nie oddawać skali tego zjawiska, ze względu na fakt, że występują znaczące różnice w liczbie przedsiębiorstw działających w ramach danej sekcji PKD. W związku z powyższym dla każdej branży została obliczona stopa upadłości oznaczająca stosunek liczby przedsiębiorstw, które ogłosiły upadłość do liczby przedsiębiorstw ogółem działających w danej branży. Wyniki tej analizy przedstawione zostały w tabeli 1.9.



**Tabela 1.9 Liczba upadłości na 1000 przedsiębiorstw według sekcji PKD [j.g]**

Sekcja PKD	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	Średnia
Handel hurtowy i detaliczny; naprawa pojazdów samochodowych, włączając motocykle	0,10	0,15	0,17	0,16	0,15	0,14	0,17	<b>0,15</b>
Przetwórstwo przemysłowe	0,23	0,36	0,30	0,37	0,33	0,33	0,47	<b>0,34</b>
Budownictwo	0,08	0,12	0,16	0,19	0,19	0,19	0,30	<b>0,18</b>
Transport i gospodarka magazynowa	0,06	0,15	0,16	0,13	0,11	0,11	0,18	<b>0,13</b>
Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,08	0,13	<b>0,08</b>
Działalność związana z obsługą rynku nieruchomości	0,08	0,08	0,07	0,11	0,12	0,12	0,11	<b>0,10</b>
Informacja i komunikacja	0,04	0,06	0,08	0,12	0,14	0,15	0,18	<b>0,11</b>
Działalność finansowa i ubezpieczeniowa	0,06	0,06	0,09	0,11	0,13	0,13	0,14	<b>0,10</b>
Działalność związana z zakwaterowaniem i usługami gastronomicznymi	0,14	0,21	0,10	0,09	0,11	0,11	0,15	<b>0,13</b>
Działalność w zakresie usług administrowania i działalność wspierająca	0,10	0,15	0,16	0,16	0,11	0,12	0,15	<b>0,14</b>
Opieka zdrowotna i pomoc społeczna	0,06	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,04	<b>0,05</b>
Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo	0,08	0,14	0,10	0,06	0,14	0,13	0,09	<b>0,11</b>
Pozostała działalność usługowa	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	<b>0,02</b>
Działalność związana z kulturą, rozrywką i rekreacją	0,02	0,08	0,02	0,13	0,08	0,08	0,09	<b>0,07</b>
Dostawa wody; gospodarowanie ściekami i odpadami oraz działalność związana z rekultywacją	0,21	0,14	0,63	0,28	0,21	0,21	0,49	<b>0,31</b>
Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz, parę wodną, gorącą wodę i powietrze do układów klimatyzacyjnych	0,43	0,25	0,38	0,62	0,53	0,54	0,34	<b>0,44</b>
Górnictwo i wydobywanie	0	0,44	0,88	1,30	0,62	0,62	1,05	<b>0,70</b>
Edukacja	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	<b>0,02</b>

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Centralnego Ośrodka Informacji Gospodarczej oraz danych Głównego Urzędu Statystycznego.

Zgodnie z danymi zwartymi w tabeli 1.9, analiza wysokości stóp upadłości w poszczególnych branżach różni się od analizy liczebności postępowań upadłościowych. Najwyższa średnia stóp upadłości z lat 2015-2021 wystąpiła dla branży górnictwo i wydobywanie, wyniosła 0,70‰ i znacząco przewyższała pozostałe. Kolejne branże z najwyższą stopą upadłości to: wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz, parę wodną, gorącą wodę i powietrze do układów klimatyzacyjnych, Przetwórstwo przemysłowe, dostawa wody; gospodarowanie ściekami i odpadami oraz działalność związana z rekultywacją, budownictwo oraz handel hurtowy i detaliczny; naprawa pojazdów samochodowych.

**Tabela 1.10 Liczba upadłości na 1000 przedsiębiorstw według województw [j.g]**

Województwo	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	Średnia
Dolnośląskie	0,09	0,16	0,14	0,15	0,15	0,19	0,21	<b>0,16</b>
Kujawsko-pomorskie	0,11	0,15	0,15	0,18	0,18	0,13	0,24	<b>0,16</b>
Lubelskie	0,07	0,09	0,07	0,20	0,15	0,16	0,13	<b>0,12</b>
Lubuskie	0,14	0,14	0,07	0,06	0,10	0,13	0,13	<b>0,11</b>
Łódzkie	0,04	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	<b>0,08</b>
Małopolskie	0,07	0,08	0,08	0,13	0,15	0,17	0,20	<b>0,12</b>
Mazowieckie	0,13	0,14	0,13	0,18	0,19	0,16	0,22	<b>0,17</b>
Opolskie	0,07	0,14	0,11	0,14	0,07	0,08	0,08	<b>0,10</b>
Podkarpackie	0,08	0,15	0,12	0,19	0,13	0,17	0,18	<b>0,15</b>
Podlaskie	0,04	0,06	0,08	0,13	0,11	0,14	0,07	<b>0,09</b>
Pomorskie	0,09	0,08	0,07	0,12	0,10	0,09	0,11	<b>0,09</b>
Śląskie	0,08	0,16	0,12	0,15	0,16	0,17	0,19	<b>0,15</b>
Świętokrzyskie	0,01	0,12	0,05	0,14	0,07	0,10	0,14	<b>0,09</b>
Warmińsko-mazurskie	0,06	0,18	0,11	0,15	0,18	0,16	0,23	<b>0,15</b>
Wielkopolskie	0,08	0,10	0,07	0,09	0,08	0,12	0,16	<b>0,10</b>
Zachodniopomorskie	0,05	0,14	0,05	0,10	0,15	0,10	0,23	<b>0,12</b>

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Centralnego Ośrodka Informacji Gospodarczej oraz danych Głównego Urzędu Statystycznego.

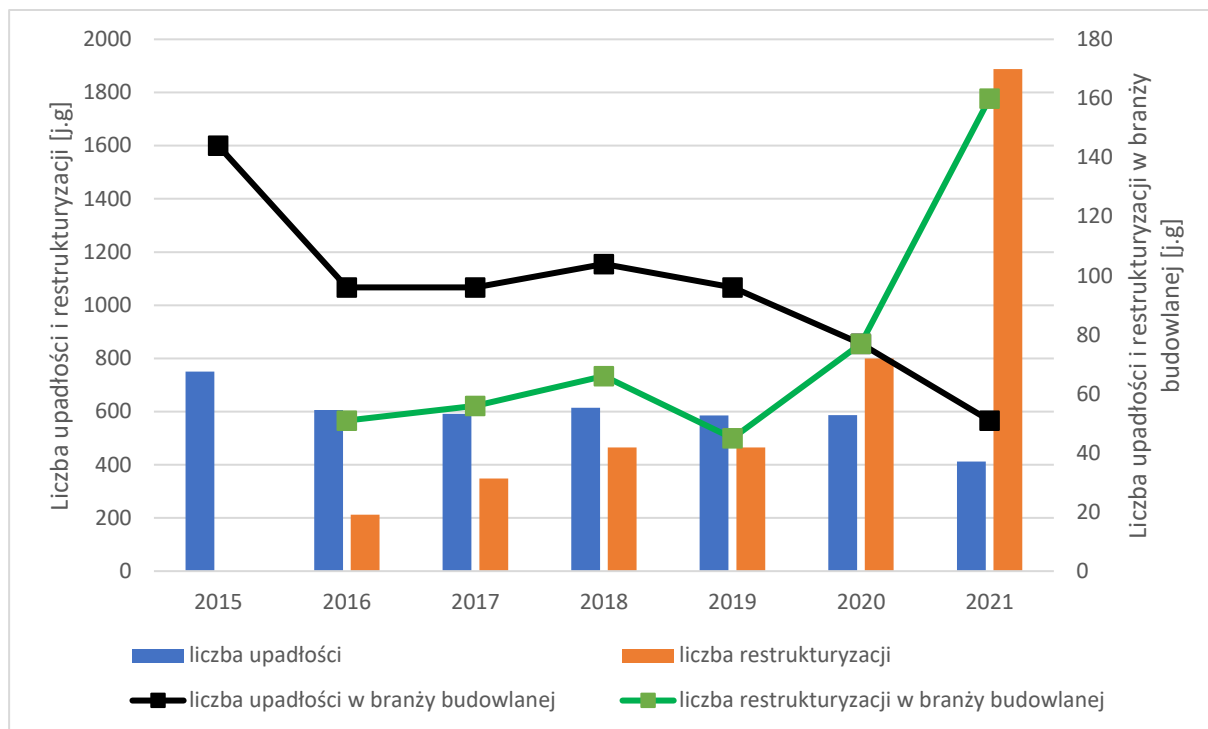
W ramach analizy ilościowej postępowań upadłościowych przeanalizowano również wysokość stóp upadłości ze względu na województwa. W tym przypadku, tak samo jak w poprzednich wykorzystano dane pochodzące z COIG oraz GUS. Wyniki analiz przedstawione zostały w tabeli 1.10. Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli średnia wartość stóp upadłości poszczególnych województwach, w latach 2015-2021 wynosiła od 0,09‰ do 0,17‰. Najwyższe wartości zaobserwowano w województwach: Dolnośląskim, Kujawsko-Pomorskim, Mazowieckim oraz Warmińsko-Mazurskim. Z kolei, najniższe w województwach: łódzkim, Pomorskim, Świętokrzyskim, Opolskim, Lubuskim i Wielkopolskim.

Dane dotyczące branży budowlanej w kontekście problemu upadłości przedsiębiorstw można uznać za w pewnym stopniu niedoszacowane. Istnieją bowiem przedsiębiorstwa zaliczane do innych branż (sekcji PKD), które jednak są niezmiernie podatne na zmiany na rynku budowlanym. Można wśród nich wymienić między innymi przedsiębiorstwa działające w ramach przemysłu wytwórczego na potrzeby budownictwa. Biorąc pod uwagę ten branżowy charakter zjawiska upadłości koniecznym uzupełnieniem niniejszego rozdziału jest analiza kondycji branży budowlanej w Polsce. Został jej poświęcony kolejny podrozdział.

#### **1.4.2 Kondycja branży budowlanej w Polsce**

Jak zostało wykazane w poprzednim podrozdziale branża budowlana jest jedną z najczęściej dotykanych problemem upadłości. Co więcej, w tej branży można również dostrzec rosnącą liczbę postępowań restrukturyzacyjnych. Zjawisko to przedstawione zostało na wykresie 1.4. Na wykresie lewa oś pionowa oznacza liczbę upadłości i restrukturyzacji w całej gospodarce, zaś prawa oś pionowa dotyczy postępowań upadłościowych i restrukturyzacyjnych przedsiębiorstw z branży budowlanej. Jak wynika z danych przedstawionych na wykresie branża budowlana doświadcza tego samego zjawiska co cała gospodarka, tj. zmniejszającej się liczby postępowań upadłościowych na rzecz postępowań restrukturyzacyjnych. Jest to szczególnie widocznie od 2020, roku w którym nastąpił zauważalny spadek liczby upadłości, zaś liczba postępowań restrukturyzacyjnych przybrała bardzo wysoką dynamikę wzrostu, kontynuowaną w roku 2021.

Wykres 1.4 Upadłości i restrukturyzacje w branży budowlanej



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Centralnego Ośrodka Informacji Gospodarczej.

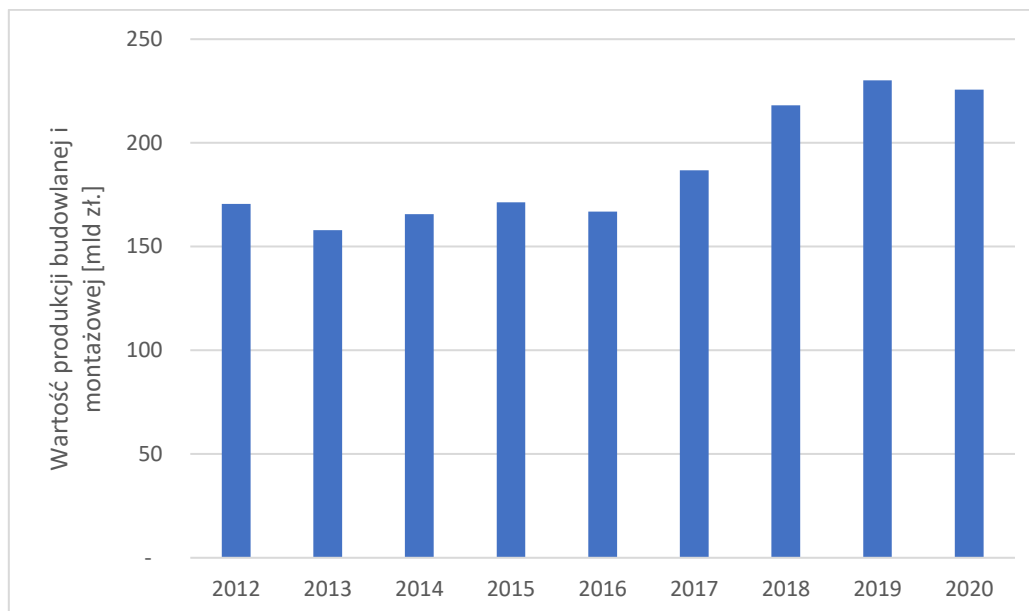
W kolejnej części niniejszego opracowania podjęto próbę przedstawienia charakterystyki branży budowlanej, w kontekście produkcji wytwarzanej w tej branży, determinantów jej wzrostu z uwzględnieniem poszczególnych segmentów. Przedstawione dane pochodzą zarówno z raportów branżowych jak również z opracowań przygotowywanych przez instytucje państwowe oraz Główny Urząd Statystyczny. Podstawowym wskaźnikiem świadczącym o koniunkturze w sektorze budownictwa jest z pewnością wielkość produkcji budowlanej i montażowej, która została przedstawiona na wykresie 1.5. Przedstawione na wykresie 1.5 dane wskazują na wzrost produkcji budowlanej w latach 2013-2020 od poziomu prawie 171 mld złotych do poziomu 226 mld złotych. Wzrost ten był zatrzymany jedynie w 2016 roku gdzie dynamika wyniosła -2,60% oraz w roku 2020, gdzie osiągnęła wartość -1,98%. Zauważalny jest również bardzo wysoki wzrost produkcji w latach 2017-2018 wynoszący odpowiednio 11,96% oraz 16,98%<sup>89</sup>. Według ekspertów branżowych był on spowodowany kumulacją prac we wszystkich segmentach rynku budowlanego, i wręcz spowodował zmniejszenie się zasobów kadrowych i znaczny wzrost wynagrodzeń w branży<sup>90</sup>.

<sup>89</sup> Bank danych lokalnych, GUS, wg stanu na dzień: 25.04.2022

<sup>90</sup> Sektor budownictwa w obliczu Covid-19, Raport Polskiego Związku Pracodawców Budownictwa, Czerwiec 2020, s. 4.

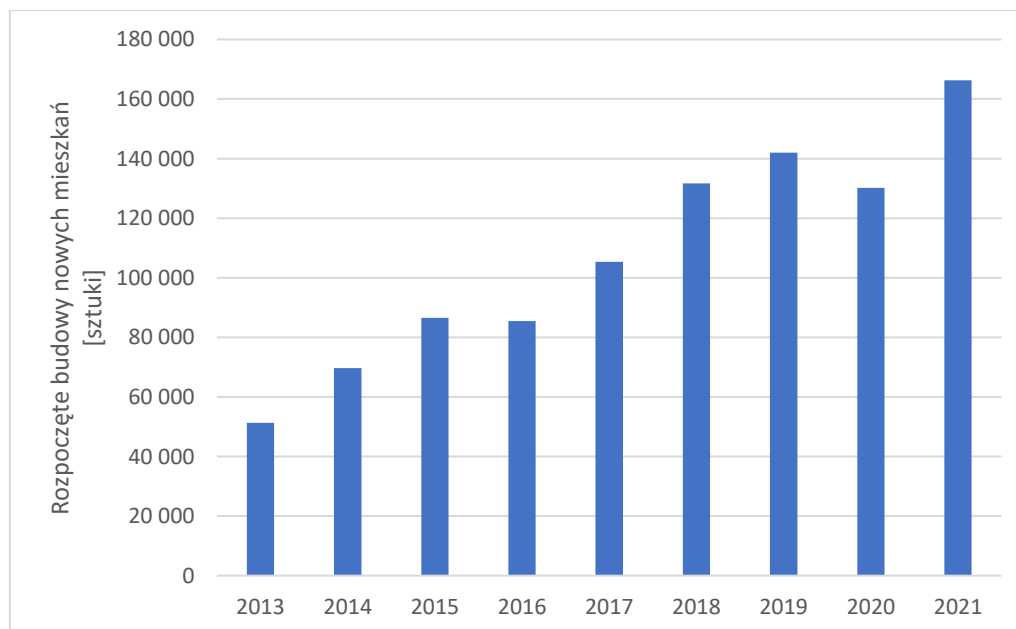
Niezwykle istotnym sektorem dla branży budowlanej jest budownictwo mieszkaniowe. Warto zatem przywołać dane, które wskażą na sytuację na tym rynku. Na wykresie 1.6 przedstawiona została liczba mieszkań, których budowę rozpoczęto w danym roku.

**Wykres 1.5 Produkcja budowlana i montażowa [mld zł]**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

**Wykres 1.6 Mieszkania, których budowę rozpoczęto**



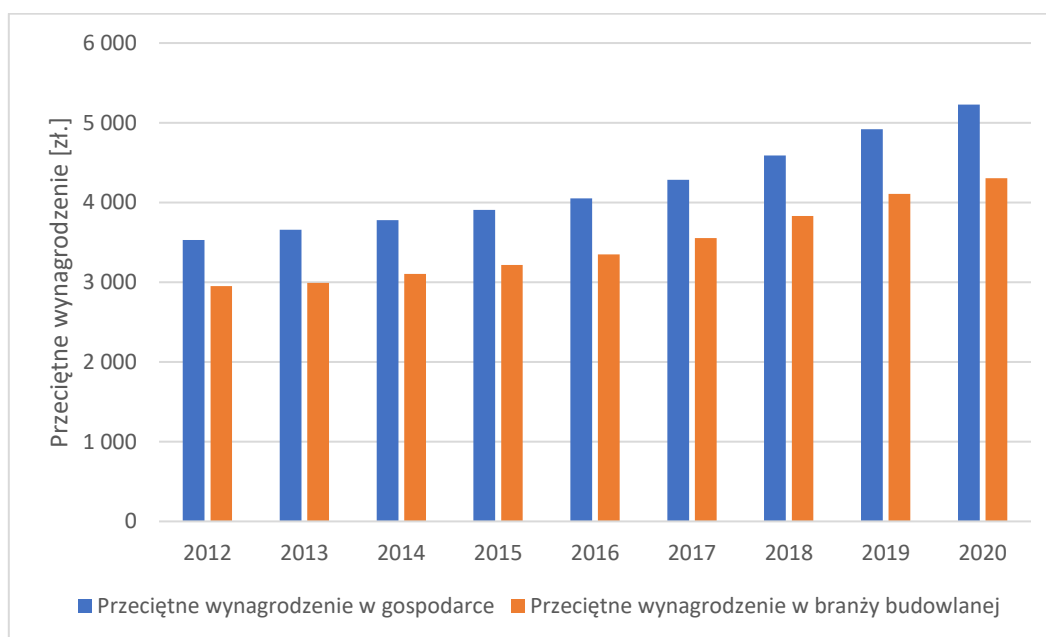
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Jak wynika z wykresu 1.6 rynek budownictwa mieszkaniowego w Polsce z roku na rok notuje coraz większe wolumeny nowych mieszkań. Od 2013 roku jedynie w latach 2015-2016 i w roku 2020 nastąpiło odwrócenie rosnącego trendu, które jednak zostało szybko

skorygowane w kolejnych latach. Rekordowym rokiem dla rynku mieszkaniowego był rok 2021, w którym rozpoczęto budowę aż 166.285 nowych mieszkań.

Jak zostało wspomniane wcześniej tak znaczące wzrosty w branży budowlanej powodują czasem niedobory pracowników i wzrost wynagrodzeń w sektorze. W związku z tym, na wykresie 1.7 przedstawione zostały różnice między średnim wynagrodzeniem w całej gospodarce i w branży budowlanej.

Wykres 1.7 Płace w branży budowlanej

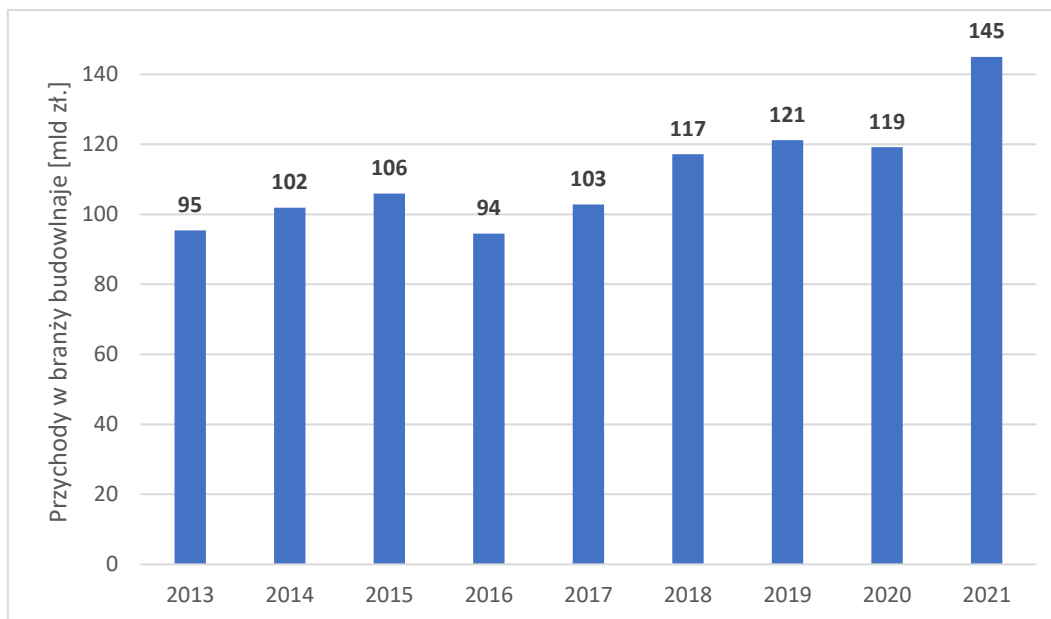


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Jak wynika z danych przedstawionych na wykresie 1.7 pomimo rosnącej produkcji budowlanej, średnie płace w branży budowlanej wciąż są niższe niż przeciętne wynagrodzenia w całej polskiej gospodarce. Zauważyć jednak można, że od 2019 roku wynagrodzenia w branży budowlanej po raz pierwszy od 2013 roku zanotowały większy wzrost niż płace w pozostałych sektorach.

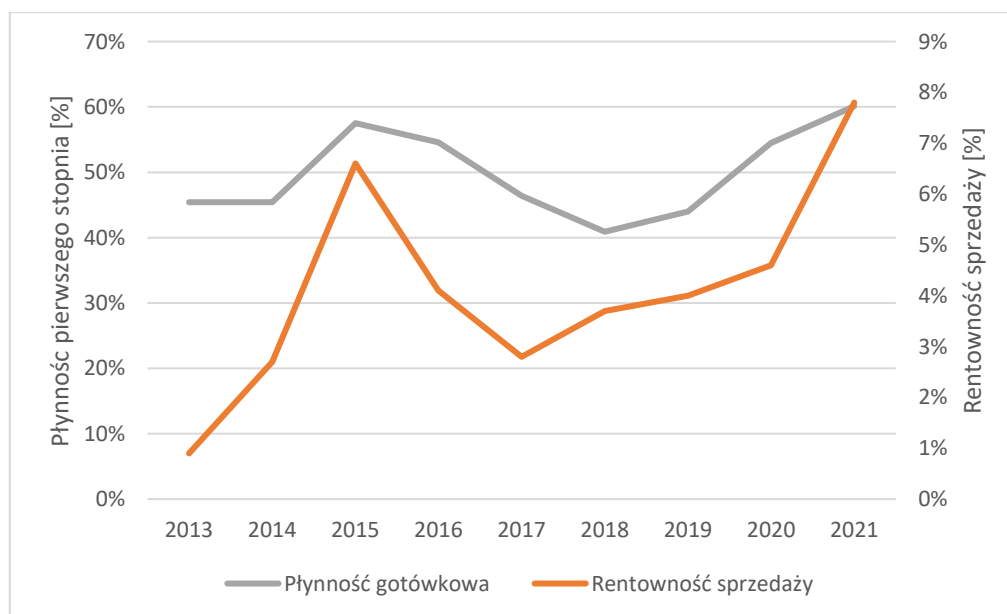
W ramach badania branży budowlanej przeprowadzono również analizę danych ekonomiczno-finansowych dotyczących przedsiębiorstw funkcjonujących w branży budowlanej. W tym celu wykorzystano dane pochodzące z Głównego Urzędu Statystycznego dotyczące przedsiębiorstw działających w branży budowlanej, które zobligowane są do składania sprawozdań finansowych i zatrudniają powyżej 50 osób. Na wykresie 1.8 zobrazowano przychody przedsiębiorstw z branży budowlanej (w mld złotych), zaś na wykresie 1.9 wskaźnik rentowności sprzedaży netto (w %, prawa oś), jak również wskaźnik płynności pierwszego stopnia (w %, lewa oś).

**Wykres 1.8 Przychody w branży budowlanej**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

**Wykres 1.9 Rentowność przychodów i płynność pierwszego stopnia w branży budowlanej**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Przedstawione dane wskazują na rosnący trend przychodów ze sprzedaży w branży budowlanej. Warto jednak zauważyć, że rentowność sprzedaży dopiero w roku 2021 powróciła do poziomu z roku 2015, pomimo znacznie większych przychodów. Wskazuje to na rosnące koszty prowadzenia działalności – jak wynika z raportów branżowych, głównymi kosztami przedsiębiorstw budowlanych są koszty materiałów (stanowiące aż 47% wszystkich

kosztów)<sup>91</sup>. Istotnym zagadnieniem z punktu widzenia rozważań dotyczących upadłości przedsiębiorstw jest kwestia płynności. Na wykresie 1.9 przedstawiono poziom płynności gotówkowej, który nie tylko osiąga wysokie (wyższe od rekomendowanych w literaturze przedmiotu) poziomy, ale wręcz charakteryzuje się trendem wzrostowym. Jego wysokość wskazuje na znaczne rezerwy gotówkowe skumulowane w przedsiębiorstwach z branży budowlanej. Warto jednak pamiętać, że przedstawione powyżej, pochodzące z Głównego Urzędu Statystycznego dane nie obejmują wszystkich przedsiębiorstw budowlanych w Polsce, a jedynie średnie i duże.

Drugą kluczową, po płynności, kwestią dotyczącą zagadnienia upadłości przedsiębiorstw jest ta związana z ich zadłużeniem. Branża budowlana od lat znajduje się w czołówce, jeżeli chodzi o zaległości płatnicze. Potwierdzeniem powyższego mogą być informacje udostępniane przez Biuro Informacji Kredytowej, według których do Krajowego Rejestru Dłużników wpisanych było ponad 46 tysięcy podmiotów działających w tej branży – pod tym względem branża budowlana ustępowała jedynie sektorowi handlowemu. Łączne zaległości dłużników zgłoszone do Krajowego Rejestru Długów wyniosły 6 miliardów złotych<sup>92</sup>. Kolejny rozdział pracy poświęcony został właśnie zagadnieniu prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw i metodom, które to umożliwiają. Co więcej, według danych KRD 72% z zadłużonych podmiotów stanowią jednoosobowe działalności gospodarcze, a ich długi odpowiadają za 52% całkowitego zadłużenia branży budowlanej<sup>93</sup>. Przedstawione powyżej dane dotyczące płynności finansowej oraz przeterminowanych zobowiązań podmiotów działających na rynku budowlanym pozwalają stwierdzić, że stosunkowo wysoka płynność jest charakterystyczna dla dużych spółek działających w branży. Mniejsze podmioty zaś, często dotykane są problemem nadmiernego zadłużenia, co skutkuje zaległościami płatniczymi.

Wśród najczęściej identyfikowanych w raportach branżowych zagrożeń dla branży budowlanej znajduje się niestabilność cen materiałów budowlanych i ich długookresowa nieprzewidywalność. Dodatkowo, zwraca się uwagę na rosnące koszty zatrudnienia i znacznie częstsze unieważnianie przetargów związane z niedawną sytuacją epidemiczną. Eksperti

---

<sup>91</sup> Raport z badania sektora budowlanego, Bank Gospodarstwa Krajowego, Marzec 2020, s. 11.

<sup>92</sup> *Dług Trendy*, Raport Biura Informacji Kredytowej, <https://media.big.pl/dlug-trendy>; dostęp na dzień: 20.04.2022.

<sup>93</sup> *Budowlany tor przeszkód*, Informacja prasowa Krajowego Rejestru Długów, 15.09.2021, <https://krd.pl/centrum-prasowe/informacje-prasowe/2021/budowlany-tor-przeszkod>; dostęp na dzień: 20.04.2022



równie często wskazują na wysoką liczbę upadłości i restrukturyzacji w branży budowlanej, co z kolei przekłada się na względną niechęć instytucji finansowych i utrudniony dostęp do kapitału<sup>94</sup>. Z drugiej strony względnie wysoki popyt na usługi budowlane, wysoki poziom produkcji budowlanej i montażowej oraz wciąż rosnący trend na rynku mieszkaniowym stwarzają szanse na rozwój podmiotów działających w tej branży. Dodatkowo, często pojawiającym się spostrzeżeniem jest to, dotyczące korelacji między sytuacją w sektorze budowlanym a zamówieniami publicznymi<sup>95</sup>.

Przedstawione w niniejszym podrozdziale dane dotyczące branży budowlanej, wskazują na jej wyjątkową niestabilność i na zależność między sytuacją finansową podmiotów w niej działających a wieloma czynnikami wewnętrznymi i zewnętrznymi. W związku ze szczególną specyfiką tej branży i zwiększonym ryzykiem wystąpienia procesów upadłościowych i restrukturyzacyjnych, istnieje naturalna potrzeba opracowania modeli branżowych pozwalających na skuteczniejsze przewidywanie możliwości wystąpienia niewypłacalności i bankructwa. Kolejny rozdział niniejszej pracy poświęcony został przedstawieniu koncepcji prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw i zaprezentowaniu różnorodnych modeli to umożliwiających.

---

<sup>94</sup> *Kolos na glinianych nogach – czyli sytuacja w branży budowlanej*, Ogólnopolski raport Krajowego rejestru Długów Biura Informacji Gospodarczej SA, Sierpień 2018, s.5.

<sup>95</sup> *Przyszłość budownictwa po Covid-19 – znaczenie relacji w kryzysie*, Raport Polskiego Związku Pracodawców Budownictwa, <https://pzpb.com.pl/raporty/raporty-zwiazku/>, dostęp na dzień 22.04.2022.

## 2. Prognozowanie zagrożenia upadłością

### 2.1 Pomiar płynności finansowej

W poprzednim rozdziale poświęcono uwagę zagadnieniom związanym z kondycją finansową przedsiębiorstwa, mającą kluczowy wpływ na jego szansę utrzymania się na rynku. Niewątpliwie jedną z najważniejszych kwestii dla zdolności przetrwania przedsiębiorstwa jest ta związana z zachowaniem płynności finansowej, która ma niebagatelne znaczenie dla utrzymania wypłacalności podmiotu gospodarczego.

Przegląd literatury przedmiotu prowadzi do wniosków, że pojęcie płynności finansowej jest niejednoznaczne i może być pojmowane w kilku różnych wymiarach. Najczęściej w literaturze przedmiotu wyróżniane są trzy odrębne podejścia, w myśl których można mówić o płynności w ujęciu majątkowym, majątkowo-kapitałowym oraz płynności w aspekcie przepływów pieniężnych<sup>96</sup>.

Pierwszy z wymienionych wyżej aspektów, czyli majątkowe ujęcie płynności odnosi się do aktywów bilansowych przedsiębiorstwa, a konkretnie kryterium ich klasyfikacji. Płynność finansowa jest tutaj rozumiana jako zdolność do szybkiego obrotu środków pieniężnych i szybkość z jaką aktywa obrotowe przedsiębiorstwa są w stanie być zamienione na gotówkę w jak najkrótszym czasie<sup>97</sup>. D. Wędzki z kolei definiuje płynność w tym aspekcie, po prostu jako zdolność zamiany aktywów na środki pieniężne, nie odnosząc się tylko do aktywów obrotowych, natomiast zwraca uwagę, że zamiana ta powinna następować w jak najkrótszym czasie i nie nieść za sobą utraty wartości aktywów<sup>98</sup>.

Im szybciej i łatwiej może zostać dokonana wymiana danego składnika majątku na gotówkę tym wyższą posiada on płynność. To podejście do terminu płynności determinuje poniekąd sposób w jaki uszeregowane są aktywa w bilansie przedsiębiorstwa. Aktywa uporządkowane są od tych najmniej płynnych czyli aktywów trwałych takich jak budynki, maszyny czy środki transportu, przez zapasy aż do aktywów najbardziej płynnych czyli gotówki

---

<sup>96</sup> *Płynność finansowa przedsiębiorstwa: istota, pomiar, zarządzanie*, pod red. K. Kreczmańskiej-Gigol, Difin, Warszawa 2015, s. 19-23; A.Kusak, *Płynność finansowa. Analiza i sterowanie*, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2006, s. 9-10.

<sup>97</sup> W. Sasin, *Analiza płynności finansowej firmy*, Agencja Wydawnicza Interfart, Łódź 2002, s.7 za: *Płynność finansowa przedsiębiorstwa: istota, pomiar, zarządzanie*, pod red. K. Kreczmańskiej-Gigol, Difin, Warszawa 2015, s. 19.

<sup>98</sup> D. Wędzki, *Strategie płynności finansowej przedsiębiorstwa. Przepływy pieniężne a wartość dla właścicieli*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2003, s. 33.

w kasie i na rachunkach, które charakteryzują się wręcz absolutną płynnością<sup>99</sup>. Warto zwrócić uwagę, że faktycznie zamiana aktywów trwałych (np. budynków) zajmuje więcej czasu i wymaga podjęcia bardziej kosztownych działań, niż spieniężenie np. krótkoterminowych papierów wartościowych. Dodatkowo należy pamiętać, że sam fakt, że aktywa znalazły się w tej samej grupie bilansowej nie musi oznaczać, że charakteryzują się one taką samą płynnością. Może zaistnieć sytuacja, w której aktywa należące do tej samej grupy posiadają inny stopień zużycia, przez co zbycie tych bardziej zużytych będzie utrudnione. Ponadto, w bilansie przedsiębiorstwa wykazywane mogą być składniki kontrolowane przez przedsiębiorstwo ale niekoniecznie stanowiące jego własność prawną. Szczególnym przykładem powyższej sytuacji są wszelkiego rodzaju licencje (np. na korzystanie z oprogramowania) czy środki trwałe użytkowane przez przedsiębiorstwo w ramach umów najmu, leasingu finansowego czy dzierżawy.

Uzupełnieniem, a jednocześnie swoistym podsumowaniem rozważań na temat płynności w wymiarze majątkowym powinno być spostrzeżenie, że utrzymywanie przez przedsiębiorstwo takiej struktury aktywów, która charakteryzuje się wysokim udziałem aktywów stosunkowo płynnych, wpływa pozytywnie na jego potencjał płynności oraz sprzyja bezproblemowemu pozyskiwaniu gotówki na cele bieżącej działalności co wpływa na zdolność utrzymywania płynności finansowej przedsiębiorstwa<sup>100</sup>.

Drugim wymiarem płynności jest płynność w ujęciu majątkowo-kapitałowym. Ten sposób postrzegania płynności jest najbliższy rozważaniom przedstawionym w rozdziale 1.3, który dotyczyły kwestii niewypłacalności przedsiębiorstwa. Dotyczy on bowiem najbardziej upowszechnionego pojęcia płynności określanego jako zdolność przedsiębiorstwa do terminowego regulowania swoich zobowiązań krótkoterminowych. Nazywany jest aspektem majątkowo-kapitałowym ponieważ dotyczy wzajemnych relacji pomiędzy zobowiązaniami finansującymi majątek oraz majątkiem będącym zabezpieczeniem terminowej spłaty tych zobowiązań<sup>101</sup>. Jak słusznie wskazuje T. Cicerko możliwa jest pozornie kuriozalna sytuacja, w której przedsiębiorstwo posiada wysoki stopień zabezpieczenia zobowiązań krótkoterminowych swoim majątkiem, a jednocześnie występują poważne problemy z utrzymaniem płynności finansowej. Taka sytuacja może mieć miejsce z powodu wysokiego

---

<sup>99</sup> *Płynność finansowa przedsiębiorstwa: istota, pomiar, zarządzanie*, pod red. K.Kreczmańskiej-Gigoł, Difin, Warszawa 2015, s. 20.

<sup>100</sup> *Ibidem*, s.20.

<sup>101</sup> D. Wędzki, *op.cit.*, s.33.

udziału majątku trudnego do spieniężenia (o niskiej płynności) w strukturze aktywów<sup>102</sup>. A. Kusak dodaje, że aby zachować płynność finansową konieczne jest więc utrzymywanie w strukturze majątku aktywów o wysokiej płynności przy jednoczesnym niedopuszczaniu do zbyt wysokiego poziomu zadłużenia krótkoterminowego<sup>103</sup>.

Płynność w rozumieniu majątkowym oraz majątkowo-kapitałowym cechowały się statycznym charakterem, ponieważ oparte były na posiadanych na dany moment określonych aktywach oraz zobowiązaniach. Trzecim rozumieniem płynności finansowej przedsiębiorstwa jest płynność w aspekcie przepływów pieniężnych, która ma charakter dynamiczny, czyli obejmuje przebieg procesów finansowych przez pryzmat strumieni pieniężnych w postaci wpływów i wypływów. Przedsiębiorstwo jest zdolne do utrzymywania płynności finansowej, gdy wydatki na aktualne zobowiązania krótkoterminowe jak również niezbędne przyszłe wydatki mają pokrycie w środkach finansowych spodziewanych z bieżących wpływów gotówkowych.<sup>104</sup>

Powyższe podejście koresponduje z definicją płynności w ujęciu przepływów pieniężnych podawaną przez U. Wojciechowską, według której przedsiębiorstwo (ale również inny podmiot, np. gospodarstwo domowe lub jednostka budżetowa) posiada płynność finansową jeżeli jest w stanie dokonywać różnego rodzaju zakupów towarów i usług, gdy tylko są one potrzebne do konieczne do zaspokojenia potrzeb produkcyjnych tego podmiotu oraz gdy jest w stanie regulować wszelkiego rodzaju zobowiązania finansowe w pełnej wysokości i w ustalonych terminach<sup>105</sup>.

T. Cicirko wyjaśnia różnicę między dwiema cechami płynności wynikającymi z powyższej definicji, czyli zdolności do dokonywania zakupów i zdolności do zaspokajania zobowiązań. Autor wskazuje, że pozornie pierwsza cecha zawiera się w drugiej, jednak należy wziąć pod uwagę sytuację w których przedsiębiorstwa dokonują zakupów bez wykorzystywania kredytów kupieckich i odroczonej płatności<sup>106</sup>.

---

<sup>102</sup> *Płynność finansowa przedsiębiorstwa: istota, pomiar, zarządzanie*, pod red. K. Kreczmańskiej-Gigol, Difin, Warszawa 2015, s. 21.

<sup>103</sup> A. Kusak, *Płynność finansowa. Analiza i sterowanie*, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2006, s. 10.

<sup>104</sup> *Ibidem*, s.10.

<sup>105</sup> U. Wojciechowska, *Płynność finansowa polskich przedsiębiorstw w okresie transformacji gospodarki. Aspekty mikroekonomiczne i makroekonomiczne*, SGH, Warszawa, 2001, s.14.

<sup>106</sup> *Płynność finansowa przedsiębiorstwa: istota, pomiar, zarządzanie*, pod red. K. Kreczmańskiej-Gigol, Difin, Warszawa 2015, s. 23.

Nieco inne podejście do płynności finansowej przedsiębiorstwa prezentuje w swojej pracy W. Gos, wyróżniając trzy następujące aspekty płynności<sup>107</sup>:

- płynność płatniczą nazywaną także aktualną, która wyraża zbiór środków płatniczych zapewniający każdorazowe zaspokajanie wszelkich zobowiązań;
- płynność strukturalną, która polega na możliwości upłynnienia składników majątku przedsiębiorstwa;
- płynność potencjalną (utajoną) wyrażającą się poprzez możliwość uzyskania krótkoterminowej pożyczki.

Zaproponowana powyżej klasyfikacja wskazuje na trzy stopnie utrzymania przez przedsiębiorstwo płynności finansowej w zależności od jego wyposażenia w aktywa płynne. W sytuacji, gdy występuje płynność płatnicza podmiot jest w stanie regulować swoje zobowiązania za pomocą posiadanych zasobów gotówkowych. Płynność strukturalna pozwala pokryć zobowiązania majątkiem mniej płynnym, ale możliwym do spieniężenia w krótkim okresie, natomiast płynność potencjalna pozwala uzyskać środki finansowe drogą pożyczki, której zabezpieczeniem mogą być aktywa najmniej płynne.

Jeszcze inne podejście do różnych aspektów płynności proponuje G. Michalski, wskazując na następujące<sup>108</sup>:

- możliwość regulowania swoich zobowiązań wynikających z przewidywanych zwykłych transakcji, zdarzeń nieprzewidzianych oraz sytuacji dających możliwość okazjonalnego zakupu dóbr;
- łatwość dokonywania transakcji wymiany aktywów przedsiębiorstwa na inne aktywa (bardziej płynne), przy niskich kosztach transakcyjnych;
- istnienie przestrzeni dla transakcji na rynku („pojemność rynku”).

Dwa pierwsze aspekty wymieniane przez G. Michalskiego są właściwie tożsame z tym, które przedstawia W. Gos. Dodatkowego wyjaśnienia wymaga jednak ostatni z nich. Płynność w aspekcie przestrzeni rynkowej występuje wtedy, gdy na danym rynku dóbr istnieje możliwość sprzedaży (rynek nie jest nasycony) składników majątkowych przedsiębiorstwa.

---

<sup>107</sup> W. Gos, *Rachunek przepływów pieniężnych w świetle krajowego standardu rachunkowości*, Difin, Warszawa, 2004, s. 28.

<sup>108</sup> G. Michalski, *Wartość płynności w bieżącym zarządzaniu finansami*, CeDeWu, Warszawa, 2004, s. 34.

Możliwość upłynnienia majątku przedsiębiorstwa, a co za tym idzie utrzymania płynności finansowej, zależna jest więc również od sytuacji rynkowej<sup>109</sup>.

Jak wynika z rozważań przedstawionych w rozdziale 1.2 oraz 1.3 utrzymanie przez przedsiębiorstwo płynności finansowej jest kluczowe dla jego przetrwania na rynku. W związku z tym istnieje ciągła potrzeba jej pomiaru, nie tylko na wewnętrzne potrzeby zarządcze podmiotu, ale również na potrzeby innych grup interesariuszy. Do oceny poziomu płynności finansowej służą mierniki, które można podzielić na dwie główne grupy: wskaźniki statyczne oraz dynamiczne.<sup>110</sup> Podział ten odnosi się do poszczególnych elementów sprawozdań finansowych, które wykorzystywane są do budowy wskaźników. Wskaźniki statyczne budowane są na podstawie danych ekonomicznych pochodzących z bilansu aktywów i pasywów, natomiast wskaźniki dynamiczne czerpią informacje przede wszystkim z rachunku przepływów pieniężnych.

Najczęściej wykorzystywanymi statycznymi wskaźnikami płynności finansowej są<sup>111</sup>:

- wskaźnik bieżącej płynności *current ratio*, nazywany również wskaźnikiem płynności trzeciego stopnia;
- wskaźnik płynności szybkiej (przyspieszonej) *quick ratio*, będący wskaźnikiem płynności drugiego stopnia;
- wskaźnik płynności gotówkowej *cash ratio*, czyli wskaźnik płynności pierwszego stopnia.

Wskazane powyżej stopnie płynności korespondują ze zdolnością do upłynnienia aktywów obrotowych służących do konstrukcji wskaźników. Wskaźnik trzeciego stopnia wykorzystuje aktywa o najniższym stopniu płynności, takie jak towary i wyroby gotowe niemające zbytu, materiały czy rozliczenia międzyokresowe czynne. Wskaźnik drugiego stopnia korzysta z wartości aktywów, które w umiarkowanie długim czasie mogą zostać zamienione na gotówkę, między innymi: wyroby gotowe i towary mające zbyt na rynku czy należności wewnątrzzakładowe. Wskaźnik płynności pierwszego stopnia z kolei wykorzystuje tylko te aktywa bieżące, które mogą zostać szybko zamienione na gotówkę (czeki,

---

<sup>109</sup> Nie chodzi tutaj o rynek na którym przedsiębiorstwo sprzedaje swoje produkty, ale rynek na którym wymieniane są dobra będące składnikami majątku tego przedsiębiorstwa.

<sup>110</sup> T. Maślanka, *Płynność finansowa determinantą zdolności kontynuacji działalności przedsiębiorstwa*, CeDeWu, Warszawa 2019, s. 31.

<sup>111</sup> *Płynność finansowa przedsiębiorstwa: istota, pomiar, zarządzanie*, K. Kreczmańska-Gigol (red), Difin, Warszawa 2015, s. 35.

krótkoterminowe papiery wartościowe) oraz środki pieniężne na rachunku bankowym oraz w kasie.<sup>112</sup>

W tabeli 2.1 przedstawione zostały wskaźniki płynności finansowej wraz z formułami ich obliczenia.

**Tabela 2.1. Wskaźniki płynności finansowej**

Nazwa wskaźnika		Wzór
Wskaźniki płynności finansowej	Wskaźnik płynności bieżącej	$\frac{AOb. - Nal. handl. pow. 12 msc.}{Zob. kr. - Zob. handl. pow. 12 msc. + Rez. kr. + RMK}$
	Wskaźnik płynności szybkiej	$\frac{AOb. - Z - RMK}{Zob. kr.}$
	Wskaźnik płynności gotówkowej	$\frac{Inw. kr.}{Zob. kr.}$

Gdzie: AOb – aktywa obrotowe; Nal. handl – należności handlowe; Zob. kr. – zobowiązania krótkoterminowe; zob. handl. – zobowiązania handlowe; Rez. Kr. – rezerwy krótkoterminowe; RMK – rozliczenia międzyokresowe krótkoterminowe; Z- zapasy, Inw. Kr. – inwestycje krótkoterminowe.

Źródło: *Opracowanie własne.*

Wskaźnik płynności bieżącej informuje, ile razy wartość aktywów krótkoterminowych przewyższa pasywa bieżące. Innymi słowy, wskaźnik ten pokazuje w jakim stopniu przedsiębiorstwo jest w stanie pokryć roszczenia wierzycieli posiadającym majątkiem płynnym. Warto zauważyć, że niektórzy autorzy w liczniku zamiast aktywów krótkoterminowych wykorzystują wszystkie aktywa obrotowe (nie korygując ich o należności z tytułu dostaw i usług powyżej 12 miesięcy)<sup>113</sup>.

Drugi z zaprezentowanych wskaźników jest skorygowaną formą wskaźnika płynności bieżącej. Koryguje on bowiem aktywa krótkoterminowe o ich najmniej płynną część, czyli zapasy i rozliczenia międzyokresowe. Ostatnim spośród omawianych w tej części pracy wskaźników jest wskaźnik płynności gotówkowej, który nazywany bywa również wskaźnikiem

<sup>112</sup> A. Tokarski, M. Tokarski, M. Mosionek-Schweda, *Pomiar i ocena płynności finansowej podmiotu gospodarczego*, CeDeWu, Warszawa 2014, s. 47.

<sup>113</sup> *Płynność finansowa przedsiębiorstwa: istota, pomiar, zarządzanie*, K. Kreczmańskiej-Gigol (red.), Difin, Warszawa 2015, s. 35.

natychmiastowej płynności, wskaźnikiem szybkim, wskaźnikiem środków pieniężnych informuje, jaką część wymaganych zobowiązań przedsiębiorstwo jest w stanie spłacić natychmiast posiadanymi bezpośrednio środkami płatniczymi<sup>114</sup>.

Warto zwrócić uwagę, że niekiedy zamiast inwestycji krótkoterminowych do obliczania wskaźnika płynności gotówkowej wykorzystuje się jedynie środki pieniężne, co ma na celu dodatkowe zaostrenie kryterium najpłynniejszych aktywów. Stąd też prawdopodobnie wynika niejednolite nazewnictwo.

W literaturze przedmiotu można spotkać się z różnymi rekomendacjami co do optymalnych wartości wskaźników płynności finansowej. Szeroki przegląd literatury przedmiotu w tym zakresie przedstawia w swojej pracy K. Kreczmańska – Gigoł<sup>115</sup>, syntetyczne zestawienie optymalnych wartości wskaźników, według różnych autorów przedstawia tabela 2.1. Przedstawione w tabeli dane pokazują, że optymalne wartości wskaźników mogą się różnić od siebie. Różnice te wynikają przede wszystkim z branży w jakiej działa przedsiębiorstwo, na przykład w przedsiębiorstwach handlowych akceptowany jest niższy poziom wskaźników płynności niż w przypadku przedsiębiorstw usługowych.

Drugą grupą wskaźników służących do pomiaru płynności finansowej przedsiębiorstwa są wskaźniki oparte na analizie przepływów pieniężnych służące do dynamicznej oceny płynności finansowej. Potrzeba wykorzystywania tej grupy wskaźników wynika z faktu, że pomiar płynności na podstawie tylko wartości zawartych w bilansie może okazać się niewystarczający ze względu na to, że obrazuje on poziom płynności w momencie, na który zostało sporządzone sprawozdanie finansowe. Oprócz danych sprawozdawczych z przepływów gotówki, przedsiębiorstwa przygotowują również prognozy przepływów pieniężnych, jak również budżet gotówki w interwałach miesięcznych co pozwala im na świadome sterowanie przepływem środków pieniężnych w celu zapewnienia płynności finansowej pomiędzy dwoma datami bilansowymi. W związku z tym przyrost gotówki z działalności operacyjnej w lepszy sposób wyraża kondycję finansową przedsiębiorstwa niż kwota zysku, ponieważ nie jest on uzależniony od sposobu prowadzenia rachunkowości (np.

---

<sup>114</sup> A. Tokarski, M. Tokarski, M. Mosionek-Schweda, *op.cit.*, s. 48.

<sup>115</sup> *Płynność finansowa przedsiębiorstwa: istota, pomiar, zarządzanie*, pod red. K. Kreczmańskiej-Gigoł, Difin, Warszawa 2015, s. 36-39.



w obszarach amortyzacji, rat kosztów rozliczanych w czasie czy rezerw tworzonych na przyszłe płatności).<sup>116</sup>

**Tabela 2.2. Rekomendowane w literaturze przedmiotu wartości normatywne wskaźników płynności finansowej**

Wskaźnik	Norma	Autor
Wskaźnik płynności bieżącej	1,0 - 2,0	I. Surmowa
	1,2 - 1,5	H.J Vollmuth
	1,2 - 2,0	M. Sierpińska, T. Jachna, R. Pałczyńska-Gościniak
	1,3 - 2,0	B. Olzacka, R. Pałczyńska-Gościniak
	1,5 - 2,0	L. Bednarski, M. Nowak
	1,5 - 1,8	R. Kralicek
	1,6 - 1,9	J. Ostaszewski
Wskaźnik płynności szybkiej	2,0	T. Waśniewski, W. Skoczylas, W. Bień
	0,8 - 1,0	R. Pałczyńska-Gościniak
	0,9 - 1,0	J. Ostaszewski
	1,0	T. Waśniewski, W. Skoczylas
	> 1,0	L. Bednarski, M. Sierpińska, T. Jachna
	1,0 - 1,2	H.J Vollmuth, Czekaj, Dresler
Wskaźnik płynności gotówkowej	1,5	M. Nowak
	0,05 - 0,1	H.J Vollmuth
	0,05 - 0,35	M. Nowak
	0,2 - 0,3	P. Szczepaniak
	0,20	G. Gołębiewski, A. Tłaczała

Źródło: I. Surmowa, *Zakres i kierunki analizy finansowej*, TNOiK, Warszawa, 1991, s.3.; H.J. Vollmuth, *Controlling*, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa, 2007, s.163.; M. Sierpińska, T. Jachna, *Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2004, s.80.; B. Olzacka, R. Pałczyńska-Gościniak, *Jak oceniać firmę*, ODDK, Gdańsk, 2002, s.56.; L. Bednarski, *Analiza finansowa w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa, 1999, s.79.; R. Kralicek, *Podstawy gospodarowania finansami*, Wydawnictwo Międzynarodowej Szkoły Menedżerów, Warszawa, 1995, s.21-41.; J. Ostaszewski, *Ocena efektywności przedsiębiorstwa według standardów EWG, CIM*, Warszawa, 1991, s.54.; T. Waśniewski, W. Skoczylas, *Zasady analizy finansowej w praktyce – przykłady i zadania*, FRRwP, Warszawa, 1994, s.208.; R. Pałczyńska-Gościniak, *Ocena przedsiębiorstwa w aspekcie kontynuacji działania*, „Monitor Rachunkowości i Finansów”, nr 3, 2001, s.9; W. Bień, *Zarządzanie finansami przedsiębiorstwa*, Difin, Warszawa, 1996; J. Czekaj, Z. Dresler, *Zarządzanie finansami przedsiębiorstw – podstawy teorii*, PWN, Warszawa, 1998, s.216 .; M. Nowak, *Ocena zdolności kredytowej i ryzyka kredytowego*, Wydawnictwo Bodie, Poznań, 2002, s.90.; A. Niemiec, *Wielkości graniczne statycznych wskaźników płynności finansowej*, Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości 79, 2014, s.60-61..*Płynność finansowa przedsiębiorstwa: istota, pomiar, zarządzanie*, pod red. K.Kreczmańskiej-Gigol, Difin, Warszawa 2015, s. 36-39.

<sup>116</sup> M. Sierpińska, D. Wędzki, *Zarządzanie płynnością finansową w przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998, s. 52.

W ramach dynamicznych wskaźników płynności finansowej M. Sierpińska i D. Wędzki wyróżniają dwie grupy. Pierwszą z nich tworzą wskaźniki wydajności gotówkowej, natomiast drugą wskaźniki wystarczalności gotówki. Wskaźniki z obu grup zostały przedstawione w tabeli 2.3.

Tabela 2.3. Wskaźniki wydajności i wystarczalności gotówkowej

	Nazwa wskaźnika	Wzór
Wskaźniki wydajności gotówkowej	Wskaźnik wydajności gotówkowej sprzedaży	$\frac{\text{gotówka netto z działalności operacyjnej}}{\text{sprzedaż netto}}$
	Wskaźnik wydajności gotówkowej zysku	$\frac{\text{gotówka netto z działalności operacyjnej}}{\text{zysk z działalności gospodarczej}}$
	Wskaźnik wydajności gotówkowej majątku	$\frac{\text{gotówka netto z działalności operacyjnej}}{\text{średnia wartość majątku ogółem}}$
	Wskaźnik wydajności gotówkowej majątku obrotowego	$\frac{\text{gotówka netto z działalności operacyjnej}}{\text{średnia wartość majątku obrotowego}}$
Wskaźniki wystarczalności gotówkowej	Wskaźnik wystarczalności gotówki operacyjnej na spłatę długów ogółem	$\frac{\text{gotówka netto z działalności operacyjnej}}{\text{zobowiązania ogółem}}$
	Wskaźnik wystarczalności gotówki operacyjnej na spłatę długów długoterminowych	$\frac{\text{gotówka netto z działalności operacyjnej}}{\text{zobowiązania długoterminowe}}$
	Wskaźnik ogólnej wystarczalności gotówki operacyjnej	$\frac{\text{gotówka netto z działalności operacyjnej}}{\text{spłata zobowiązań długoterminowych} + \text{wypłata dywidend} + \text{zakupy majątku trwałego}}$
	Wskaźnik reinwestycji gotówki operacyjnej	$\frac{\text{gotówka netto z działalności operacyjnej}}{\text{środki trwałe} + \text{inwestycje} + \text{pozostałe aktywa} + \text{kapitał obrotowy}}$
	Wskaźnik wystarczalności gotówki operacyjnej na zakupy środków trwałych	$\frac{\text{gotówka netto z działalności operacyjnej}}{\text{wydatki na środki trwałe}}$

Źródło: M. Sierpińska, D. Wędzki, *Zarządzanie płynnością finansową w przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998, s. 53.

Wskaźniki wydajności gotówkowej pokazują, jaka jest relacja pomiędzy gotówką operacyjną a obrotem i generowanych przez ten obrót zyskiem oraz majątkiem przedsiębiorstwa. Wskaźniki wydajności gotówkowej majątku oraz wydajności gotówkowej majątku obrotowego ukazują stopień sfinansowania aktywów trwałych oraz obrotowych tą gotówką. W literaturze przedmiotu wskazuje się na fakt, że przy ocenie kondycji finansowej

przedsiębiorstwa, należy pamiętać, że pożądanym kierunkiem zmian tych wskaźników jest ich wzrost. Wartość wskaźników porównuje się zarówno w czasie jak i przestrzeni. Porównanie z innymi przedsiębiorstwami działającymi na tym samym rynku, może pokazać pozycję rynkową danego podmiotu na tle konkurencji, natomiast porównanie wartości wskaźników z ich wartościami w przeszłości pozwala wyciągnąć wnioski co do zmian w zarządzaniu finansami przedsiębiorstwa<sup>117</sup>.

Wskaźniki tworzące drugą grupę, czyli wskaźniki wystarczalności gotówki, informują o tym czy generowana przez przedsiębiorstwo gotówka z działalności operacyjnej jest na tyle duża aby pokryć różnego rodzaju wydatki i zobowiązania przedsiębiorstwa. Szczególną uwagę zwrócić należy na wskaźnik wystarczalności gotówki operacyjnej na spłatę długów ogółem oraz na wskaźnik ogólnej wystarczalności gotówki. Pierwszy z nich informuje, czy przedsiębiorstwo o zdolności przedsiębiorstwa do spłaty jego zobowiązań, natomiast jego odwrotność pozwala określić, w jakim okresie zobowiązania te mogą zostać zaspokojone ze środków pieniężnych z działalności operacyjnej. Wskaźnik ogólnej wystarczalności weryfikuje zaś ogólną zdolność podmiotu do regulowania rocznych wydatków, takich jak raty kredytów długoterminowych, wypłatę dywidend czy zakupy środków trwałych, gotówką pozyskaną z działalności operacyjnej. Wartość wskaźnika mniejsza od jedności oznacza, że przedsiębiorstwo jest zmuszone do poszukiwania innych źródeł finansowania (np. emisji akcji lub obligacji, nowych kredytów czy sprzedaży majątku trwałego)<sup>118</sup>.

Przedstawione powyżej wskaźniki nie są oczywiście wszystkimi, jakie można wykorzystywać w analizie rachunku przepływów pieniężnych. Bardzo szeroki zbiór różnego rodzaju mierników przedstawiają w swojej pracy E. Śnieżek oraz M. Wiatra,<sup>119</sup> wyszczególniając ponad trzydzieści wskaźników zbudowanych w oparciu o wartości pochodzące z rachunku przepływów pieniężnych, jednak przyjęć można, że ogólną zasadą przyświecającą ocenie płynności przez pryzmat przepływów pieniężnych jest ustalenie stosunku między różnego rodzaju strumieniami pieniężnymi, dobranymi w zależności od potrzeb analitycznych.

Kolejną kwestią mającą niebagatelne znaczenie dla problemu płynności finansowej przedsiębiorstwa jest zarządzanie kapitałem obrotowym. Jak wskazują J. Czekał i Z. Dresler,

---

<sup>117</sup> Ibidem, s.53.

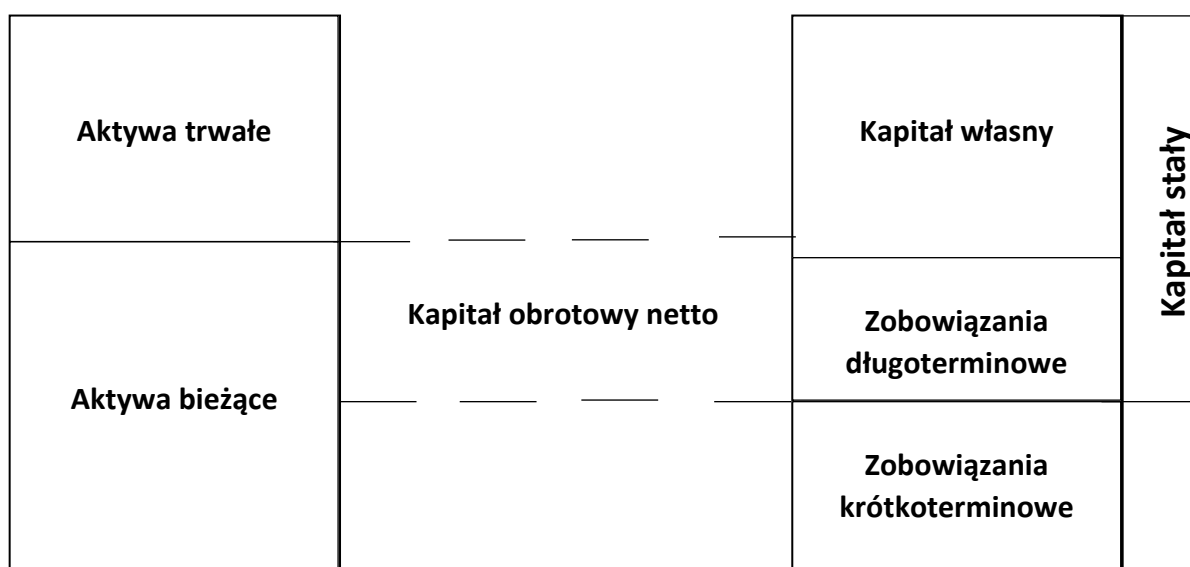
<sup>118</sup> Ibidem, s.54.

<sup>119</sup> E. Śnieżek, M. Wiatr, *Przepływy pieniężne*, Wolters Kluwer, Warszawa 2014 s. 571-585.

celem zarządzania kapitałem obrotowym jest optymalizacja aktywów obrotowych z punktu widzenia ich kosztów utrzymania, jak również minimalizacja kosztów finansowania aktywów obrotowych poprzez optymalizację ich źródeł finansowania<sup>120</sup>.

W świetle powyższego, mówiąc o płynności finansowej przedsiębiorstwa, sposobach jej utrzymania i zarządzania nią, nie można pominąć zagadnienia kapitału obrotowego. Kapitał obrotowy brutto należy rozumieć jako źródła finansowania aktywów obrotowych.<sup>121</sup> Bardziej znaczącym dla rozważań na temat płynności finansowej jest jednak pojęcie kapitału obrotowego netto (KON), nazywanego również kapitałem pracującym, który oznacza tę część aktywów obrotowych, które są finansowane kapitałem długoterminowym (stałym), co odpowiada różnicy między kapitałem stałym a aktywami trwałymi. W ujęciu majątkowym natomiast kapitał obrotowy netto postrzegany może być jako różnica między aktywami bieżącymi a zobowiązaniami bieżącymi.<sup>122</sup> Te różne podejścia do definicji kapitału obrotowego netto przedstawione zostały na rysunku 2.1.

**Rysunek 2.1. Kapitał obrotowy netto**



Źródło: E. Nowak, *Analiza sprawozdań finansowych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2008, s. 209.

Monitorowanie wartości kapitału obrotowego netto może być jedną z metod pozwalającą przedsiębiorstwu na zarządzanie ryzykiem utraty płynności finansowej. Wysoka

<sup>120</sup> J. Czekaj, Z. Dresler, *Zarządzanie finansami przedsiębiorstw. Podstawy teorii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002, s.117-118.

<sup>121</sup> Ibidem, s. 117.

<sup>122</sup> M. Grabowska, *Zarządzanie płynnością finansową przedsiębiorstw*, CeDeWu 2012, s. 35-36.

wartość KON, przy jednoczesnym utrzymaniu wysokiego udziału płynnych aktywów obrotowych, obniża ryzyko związane z regulowaniem zobowiązań bieżących. Z kolei w sytuacji odwrotnej, gdy struktura aktywów obrotowych cechuje się wysokim udziałem aktywów o ograniczonej płynności (np. trudnych do zbycia zapasów) oraz gdy KON przyjmuje niskie wartości, (lub nawet ujemne) przedsiębiorstwo może mieć problemy z zachowaniem płynności finansowej. Dzieje się tak, ponieważ część majątku trwałego finansowana jest zobowiązaniami bieżącymi o krótkim terminie spłaty.<sup>123</sup>

Przedstawione w niniejszym rozdziale koncepcje płynności finansowej w przedsiębiorstwie wskazują, że jej utrzymanie jest kluczowe dla przetrwania podmiotu gospodarczego na rynku. Ze względu na olbrzymią liczbę zastosowań, w jakich poziom płynności finansowej może być wykorzystywany, powstała szeroka gama wskaźników jego określania. Jednym z obszarów, w którym pomiar płynności finansowej jest szczególnie istotny jest problem prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw. Wielu badaczy na przestrzeni lat podejmowało próby stworzenia modeli mogących z dużą dokładnością przewidywać zagrożenie bankructwem.

## **2.2 Budowa modelu prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstwa**

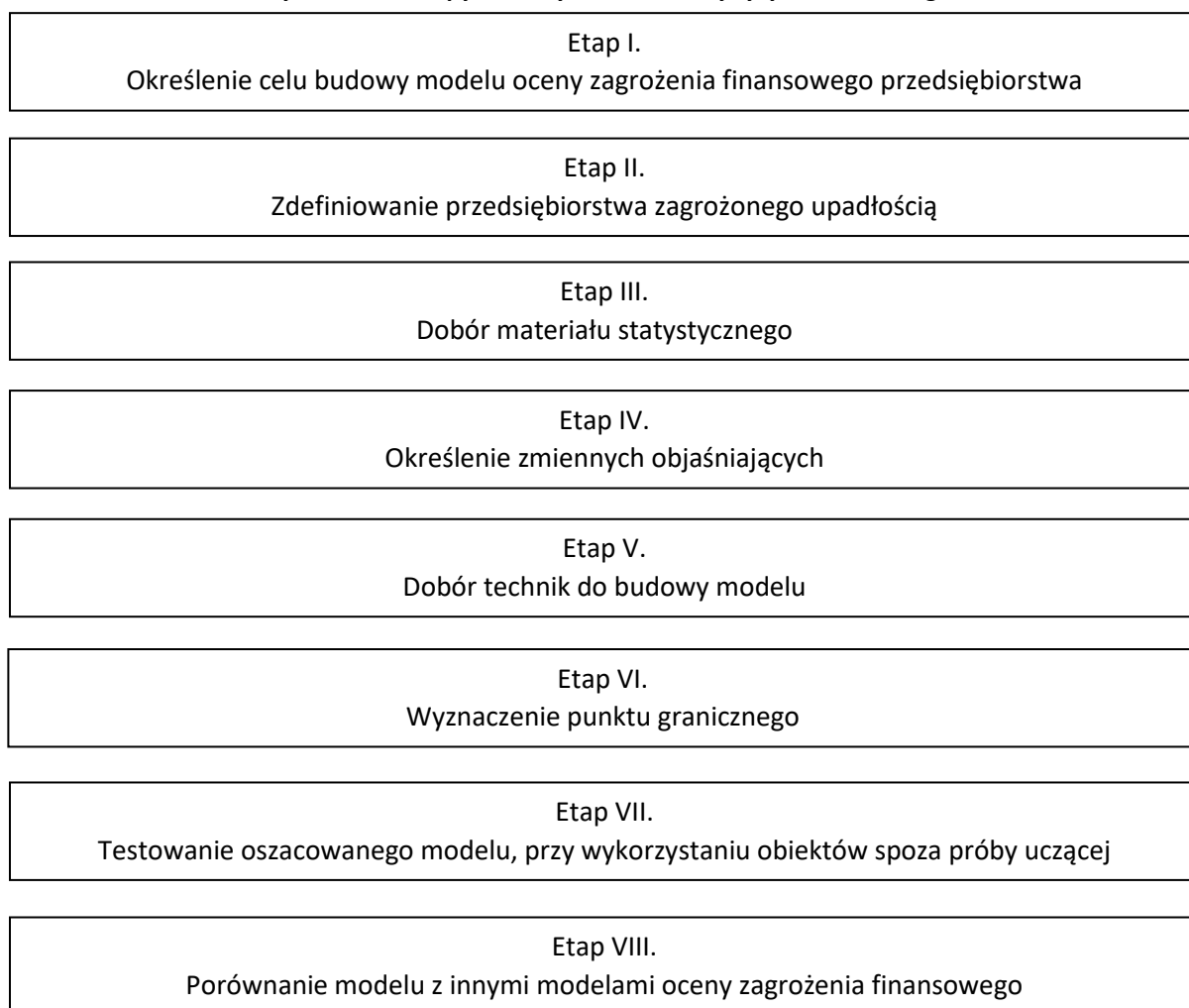
Problem szacowania ryzyka dotyczącego upadłości na podstawie bieżących wartości wskaźników, którymi charakteryzuje się przedsiębiorstwo jest niezwykle istotny nie tylko dla osób zarządzających konkretnym przedsiębiorstwem, ale również dla szeregu interesariuszy zewnętrznych. Wśród nich należy wymienić: banki będące dostarczycielami kapitału w postaci kredytów, które za pomocą modeli szacują ryzyko upadłości kredytobiorcy, instytucje ratingowe, audytorzy i biegli rewidenci badający sprawozdania finansowe i oceniający potencjalne zagrożenia dla kontynuacji działalności, bankowe fundusze gwarancyjne, które sprawdzają poziom zagrożenia upadłością banków oraz potencjalni inwestorzy, zarówno indywidualni jak i instytucjonalni, chcący ulokować swoje środki w akcjach przedsiębiorstw.

---

<sup>123</sup> J. Ostaszewski, *Kapitał obrotowy netto w przedsiębiorstwie i metody jego pomiaru*, w: *O nowy ład finansowy w Polsce. Rekomendacje dla animatorów życia gospodarczego*, pod red. J. Ostaszewskiego, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie – Oficyna wydawnicza, Warszawa 2015, s. 191.

Tak obszerny zbiór podmiotów, mogących być potencjalnie zainteresowanymi wykorzystaniem różnego rodzaju metod w celu prognozowania ryzyka upadłością przedsiębiorstw powoduje, że wybór konkretnego sposobu postępowania przy budowie modelu powinien być uzależniony od celu, w jakim jest on tworzony. Określenie celu szacowania modelu jest pierwszym etapem w ramach procedury budowy i oceny modeli oceny zagrożenia finansowego przedsiębiorstw, którą przedstawia w swojej pracy B. Prusak. Wszystkie jej etapy zostały przedstawione na rysunku 2.2.

**Rysunek 2.2. Etapy budowy modelu oceny ryzyka finansowego**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: B. Prusak, *Nowoczesne metody prognozowania zagrożenia finansowego przedsiębiorstw*, Difin, Warszawa 2005, s.10.

Po określeniu celu, w jakim tworzony jest model oceny zagrożenia upadłością, należy zdefiniować jakie kryterium decydować będzie o zaliczeniu danego przedsiębiorstwa do jednej z dwóch grup „bankrut – nie bankrut”. Jest to kluczowy moment, mający bardzo duże znaczenie dla dalszych prac nad modelem.

Wśród prac polskich autorów, zajmujących się problemem predykcji zagrożenia upadłością przedsiębiorstw znaleźć można różne podejścia do klasyfikacji przedsiębiorstw według kryterium bankrut – nie bankrut. Przegląd wybranych koncepcji do rozwiązania powyższego problemu wraz z kryterium podziału populacji przedsiębiorstw na zdrowe i zagrożone upadłością zostały zamieszczone w tabeli 2.3.

**Tabela 2.4. Kryterium bankructwa w wybranych polskich modelach prognozowania zagrożenia upadłością**

Rok	Model	Kryterium uznania za bankruta
1995	M. Pogodzińskiej i S. Sojaka	Upadłość i zaprzestanie działalności.
1996	S. Gajdki i T. Stosa	Rozpoczęcie procesu likwidacji spowodowanej sytuacją finansową lub układ sądowy z wierzycielami lub ugoda bankowa dokonana na podstawie ustawy o restrukturyzacji finansowej przedsiębiorstw i banków.
1998	D. Hadasik	Złożenie wniosku o upadłość bez względu na to czy został przyjęty czy odrzucony.
2000	D. Wierzby	Ogłoszenie upadłości przez sąd lub otwarcie postępowania upadłościowego.
2001	A. Hołdy	Zaprzestanie działalności ze względów finansowych (postawienie w stan upadłości) i zaniechanie sporządzania sprawozdań finansowych.
2003	M. Gruszczyńskiego	Metoda ekspercka.
2004	Poznański	Przeprowadzone postępowanie upadłościowe lub układowe.
2004	D. Appenzeller i K. Szarzec	Wniosek o upadłość lub o otwarcie postępowania układowego.
2005	B. Prusaka	Otwarcie postępowania układowego lub ogłoszenie upadłości.
2006	E. Mączyńskiej i M. Zawadzkiego	Kilka kryteriów: ujemna dynamika przychodów, aktywów, kapitału własnego, spadek zysków lub strata, wzrost zadłużenia oraz kosztów finansowych, utrata płynności finansowej, niski stopień wykorzystania zasobów produkcyjnych, pogorszenie sprawności operacyjnej, zanikające inwestycje w majątek trwały.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: B.Prusak, *Nowoczesne metody prognozowania zagrożenia finansowego przedsiębiorstw*, Difin, Warszawa 2005; J. Wojnar, *Ocena skuteczności modeli analizy dyskryminacyjnej do prognozowania zagrożenia finansowego spółek giełdowych*, Zeszyty naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie, t.24, nr1. 2014, s. 221-225; J. Kisielińska, A. Waszkowski, *Polskie*

*modele do prognozowania bankructwa przedsiębiorstw i ich weryfikacja*, Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie. *Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, nr. 82, 2010, s.19-25. A. Tłuczak, *Zastosowanie dyskryminacyjnych modeli przewidywania bankructwa do oceny ryzyka upadłości przedsiębiorstw*, Zeszyty naukowe Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu, nr 2(34), 2013 s.426-429.

Z tabeli 2.3 można wyciągnąć wniosek, że w większości przypadków autorzy klasyfikują przedsiębiorstwa do grupy upadłych na podstawie orzeczeń sądów. Warto jednak zauważyć, że nie jest to jedyne praktykowane podejście. Część z przedstawionych modeli zalicza do grupy przedsiębiorstw bankrutów nie tylko te, dla których zakończył się już proces upadłościowy, ale również te, które dopiero są w jego trakcie, tj. złożony został wobec nich wniosek upadłościowy i został on przez sąd przyjęty. Nieco mniej restrykcyjne kryterium zastosowała D. Hadasik uznając za kryterium klasyfikacyjne sam fakt złożenia wniosku, bez względu na to czy został on przez sąd przyjęty, czy oddalony ze względu na np. zbyt niski majątek dłużnika niemogący pokryć nawet kosztów postępowania upadłościowego. To ciekawe podejście ma zarówno pozytywne jak i negatywne strony. Na jego korzyść przemawia fakt, że uwzględnia ono przedsiębiorstwa, które są bankrutami ekonomicznymi, czyli jednoznacznie znajdują się w bardzo złej kondycji finansowej, natomiast nie zostało ogłoszone ich bankructwo (np. ze względu na niski majątek, niepozwalający na pokrycie kosztów postępowania). Z drugiej jednak strony rozwiązanie to oznacza, że w grupie uczącej model znajdą się również przedsiębiorstwa, dla których wniosek upadłościowy został odrzucony ze względu na brak występowania stanu niewypłacalności, a więc takie, które niekoniecznie muszą charakteryzować się złą kondycją finansową. Może to spowodować swego rodzaju wypaczenie modelu i mieć wpływ na jego zdolności klasyfikacyjne.

Ciekawym przypadkiem jest również kryterium zastosowane przez S. Gajdkę i T. Stosa, które poza rozpoczęciem procesu likwidacji i układu sądowego z wierzycielami uznaje za bankrutów również te, które zawarły ugodę bankową<sup>124</sup>. Jeszcze inne podejście zaprezentowane zostało w pracach M. Gruszczyńskiego oraz E. Mączyńskiej i M. Zawadzkiego. Powyżsi autorzy podzieli przedsiębiorstwa na te o dobrej i złej kondycji finansowej nie na podstawie orzeczeń sądowych czy ugód, ale na podstawie ocen eksperckich (w przypadku M. Gruszczyńskiego) lub na podstawie wyników analizy ekonomicznej (E. Mączyńska i M.

---

<sup>124</sup> J. Gajdka, D. Stos, *Ocena kondycji finansowej polskich spółek publicznych w okresie 1998-2001*, w: *Czas na pieniądz. Zarządzanie finansami. Mierzenie wyników i wycena przedsiębiorstw t.I*, (red) D. Zarzecki, Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 2003



Zawadzki). Są to z pewnością rozwiązania oryginalne i również rzadko spotykane w literaturze światowej. Kryterium ocen eksperckich powoduje, że próba przedsiębiorstw wykorzystywana do szacowania modelu jest niejako „oderwana” od ich stanu prawnego i ewentualnej upadłości. Ewentualnym problemem może być tutaj kwestia rzetelności i poprawności subiektywnej oceny ekspertów, który to problem nie występuje przy ostrych, jednoznacznych kryteriach takich jak „ogłoszona / nieogłoszona upadłość”, „złożony / niezłożony wniosek upadłościowy”. Wydaje się jednak, że oceny eksperckie mogłyby być ciekawym uzupełnieniem etapu budowy próby badawczej opartej na kryteriach obiektywnych.

Przedstawiony powyżej przegląd literatury przedmiotu każe zastanowić się skąd wynikają trudności już na drugim etapie budowy modelu prognozowania zagrożenia upadłością. Jednoznaczne określenie przedsiębiorstwa jako bankruta, czy takiego o złej sytuacji finansowej jest trudne ze względu na złożoność tego problemu. Jedną z przyczyn tego stanu rzeczy jest z pewnością brak porządku terminologicznego omówiony szerzej w rozdziale 1.3 objawiający się częstym utożsamianiem ze sobą terminów bankructwo, upadłość, niewypłacalność.

Po drugie, oczywistą przeszkodą jest dostęp do odpowiednich danych. O ile sama informacja dotycząca ogłoszenia upadłości, rozpoczęcia procesu upadłościowego, złożenia wniosku o ogłoszenie upadłości czy zawarcia ugody dla konkretnego przedsiębiorstwa jest stosunkowo łatwo dostępna za pomocą Internetowego Monitora Sądowego i Gospodarczego (IMSiG) lub eKRS, to bezpośredni dostęp do listy przedsiębiorstw będących w upadłości i ich danych finansowych jest obecnie niemożliwy. Z pomocą analitykom służą tutaj wyspecjalizowane wywiadownie gospodarcze, które komercyjnie zajmują się przygotowywaniem takich baz danych<sup>125</sup>.

Dodatkowo, w świetle zmian prawnych, między innymi nowego Prawa upadłościowego oraz Prawa restrukturyzacyjnego, problem doboru przedsiębiorstw do grupy przedsiębiorstw zagrożonych upadłością może okazać się zdecydowanie bardziej złożony, ze względu na odrębne procedury restrukturyzacji i niewystępujące wcześniej sposoby zawierania układów z wierzycielami.

W związku z powyższym, zdaniem autora, należy mówić raczej o problemie prognozowania zagrożenia bankructwem przedsiębiorstw, jako kategorii ekonomicznej

---

<sup>125</sup> Wśród wywiadowni gospodarczych zajmujących się pozyskiwaniem tego typu danych wymienić można: EMIS, InfoVeriti czy Coface.

oznaczającej skrajnie złą sytuację finansową niż zagrożenia upadłością, która jest terminem ściśle związanym z obowiązującym prawem. Jakkolwiek należy jednak zauważyć, że sądowe ogłoszenie upadłości czy rozpoczęcie przez przedsiębiorstwo postępowania upadłościowego jest pewnego rodzaju dowodem na złą kondycję finansową podmiotu (pomijając kwestie związane z upadłościami wynikającymi z oszustw i przestępstw gospodarczych).

Kolejnym etapem budowy modelu prognozowania bankructwa przedsiębiorstwa jest dobór odpowiednich danych statystycznych, które posłużą do budowy grupy uczącej. Przez dane statystyczne należy w tym przypadku rozumieć informacje o przedsiębiorstwach mających tworzyć dwie grupy: przedsiębiorstw o dobrej kondycji finansowej i tych, których sytuacja jest zła. W literaturze przedmiotu spotkać się można z wieloma rekomendacjami dotyczącymi odpowiedniego doboru przedsiębiorstw do tych dwóch grup.

Podstawowym kryterium doboru podmiotów do dalszych analiz powinno być określenie rodzaju przedsiębiorstw, których zagrożenie bankructwem chce się przewidzieć. Należy odpowiedzieć na pytanie czy model ma zostać zbudowany jedynie dla przedsiębiorstw działających w danym sektorze (np. handlowym, usługowym produkcyjnym), danej branży (np. budowlanej, stoczniowej), o danej wielkości (małe, średnie, duże) czy ma zostać oszacowany dla szerszej grupy podmiotów. Dodatkowo zwraca się uwagę na konieczność określenia wyprzedzenia czasowego, z którym model będzie w stanie przewidywać zagrożenie upadłością<sup>126</sup>.

Kluczowym aspektem jest wybór przedsiębiorstw, które stanowić będą w miarę możliwości jak najbardziej jednorodną próbę. Oznacza to, że lepsze zdolności predykcyjne posiadać będą modele opracowane na podstawie przedsiębiorstw działających w tej samej branży i będące podobnej wielkości. Ze względu jednak na częste problemy z uzyskaniem odpowiedniej ilości informacji stosuje się wyodrębnianie odpowiednich podgrup w zbiorze podmiotów o dobrej i złej kondycji finansowej. Takie rozwiązanie może pozwolić na dokonywanie prognoz stosunkowej dużej liczby przedsiębiorstw przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniego poziomu homogeniczności populacji<sup>127</sup>. Podobnie odnosi się do tej kwestii P. Antonowicz, dodatkowo zwracając uwagę, że modele oszacowane na podstawie danych dotyczących przedsiębiorstw z innych gospodarek mogą w ogóle nie korespondować

---

<sup>126</sup> B.Prusak, *Nowoczesne metody prognozowania zagrożenia finansowego przedsiębiorstw*, Difin, Warszawa 2005, s.18.

<sup>127</sup> Ibidem, s.18.

z polskimi przepisami sprawozdawczości finansowej – podawany jest tutaj przykład najpopularniejszego indeksu Z – score E. Altmana, który w swojej budowie zawiera pozycje bilansowe niewystępujące w polskich sprawozdaniach finansowych (co ciekawe, model ten jest często wykorzystywany w Polsce przez praktyków, którzy stosują pewne kontrowersyjne uproszczenia)<sup>128</sup>.

Jeszcze innym, istotnym problemem jest sama struktura grupy przedsiębiorstw zakwalifikowanych jako niezagrożone bankrutem. Przeważnie spółki o dobrej kondycji finansowej dobierane są do grupy uczącej na podstawie analiz i ocen eksperckich. B. Prusak zwraca jednak uwagę, że niewłaściwym podejściem jest uwzględnianie w próbie jedynie przedsiębiorstw o bardzo dobrym standingu finansowym, ponieważ może to zredukować znacznie zdolności klasyfikacyjne modelu w przypadku przedsiębiorstw charakteryzujących się przeciętnymi wynikami<sup>129</sup>.

Kolejną kwestią, którą należy wziąć pod uwagę na trzecim etapie konstrukcji modelu predykcyjnego jest określenie liczby podmiotów, które utworzą grupy przedsiębiorstw dobrych i złych. W praktyce najczęściej korzysta się z tej samej liczby przedsiębiorstw zidentyfikowanych jako dobre i bankrutów, które dobierane są parami. Tzn. każdemu bankrutowi dobierane jest przedsiębiorstwo o dobrej kondycji charakteryzujące się przybliżoną wielkością i podobnym typem działalności. W celu zobrazowania różnorodności podejść w tabeli 2.5 zawarto zestawienie wybranych modeli polskich autorów wraz z liczbą i typem wykorzystywanych do stworzenia grupy uczącej przedsiębiorstw.

Ciekawe wnioski zawarł w swojej pracy M. Zmijewski, który stwierdził, że postępowanie polegające na doborze parami obarczone jest błędem ze względu na nieprzystający do rzeczywistości udział bankrutów w populacji<sup>130</sup>. Z drugiej jednak strony wykorzystywanie niezbilansowanej (o różnej liczbie bankrutów i przedsiębiorstw dobrych) próbie uczącej może nie pozwolić na wyodrębnienie efektywnych predyktorów bankructwa, ze względu na zbyt mały udział podmiotów o złej kondycji finansowej<sup>131</sup>. W związku

---

<sup>128</sup> P. Antonowicz, *Zagrożenia analizy dyskryminacyjnej w konstruowaniu nowych wielowymiarowych modeli klasyfikacyjnych w celu prognozowania upadłości przedsiębiorstw*, w: *Upadłości, bankructwa i naprawa przedsiębiorstw. Wybrane zagadnienia.*, pod red. A. Adamska, E. Mączyńska, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2013, s. 214-215.

<sup>129</sup> B. Prusak, *op.cit.*, s.19.

<sup>130</sup> M. Zmijewski, *Methodological Issues Related to the Estimation of Financial Distress Prediction Models*, *Journal of Accounting Research (Supplement)*, 1984, s. 59-82, za: B. Prusak, *op.cit.*, s. 19.

<sup>131</sup> M. Gruszczyński, *Modele mikroekonomii w analizie i prognozowaniu zagrożenia finansowego przedsiębiorstw*, *Zeszyty Polskiej Akademii Nauk*, nr 34, Warszawa. Luty 2003, s. 9.

z powyższym, rekomendowanym w literaturze przedmiotu podejściem jest stosowanie grupy uczącej zbilansowanej w przypadku stosunkowo niewielkiej liczby podmiotów ją tworzących, natomiast niezbilansowanej w przypadku dysponowania bardzo dużą liczbą informacji (B. Prusak przytacza badania przeprowadzone przez agencję Moody's, które zostały przeprowadzone na grupie 24.710 przedsiębiorstw, wśród których znalazło się 1621 bankrutów).<sup>132</sup>

**Tabela 2.5. Dobór przedsiębiorstw w wybranych polskich modelach oceny zagrożenia bankrutem**

Model	Liczba przedsiębiorstw		Dobór branżowy	Dobór wielkościowy
	Dobre	Bankruci		
M. Pogodzińskiej i S. Sojaka	4	6	Tak	Nie
S. Gajdki i T. Stosa	20	20	Nie	Nie
D. Hadasik	22	22	Nie	Nie
D. Wierzby	24	24	Tak	Tak
A. Hołdy	40	40	Tak	Nie
M. Gruszczyńskiego	23	23	Nie	Nie
Poznański	50	50	Nie	Tak
D. Appenzeller i K. Szarzec	34	34	Tak	Tak
B. Prusaka	40	40	Tak	Nie
E. Mączyńskiej i M. Zawadzkiego	40	40	Tak	Nie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: B. Prusak, *Nowoczesne metody prognozowania zagrożenia finansowego przedsiębiorstw*, Difin, Warszawa 2005, s.20; J. Wojnar, *Ocena skuteczności modeli analizy dyskryminacyjnej do prognozowania zagrożenia finansowego spółek giełdowych*, Zeszyty naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie, t.24, nr1. 2014, s. 221-225; J. Kisielińska, A. Waszkowski, *Polskie modele do prognozowania bankructwa przedsiębiorstw i ich weryfikacja*, Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie. Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej, nr. 82, 2010, s. 19-25; A. Tłuczak, *Zastosowanie dyskryminacyjnych modeli przewidywania bankructwa do oceny ryzyka upadłości przedsiębiorstw*, Zeszyty naukowe Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu, nr 2(34), 2013, s. 426-429.

Po dobraniu odpowiedniego materiału statystycznego mogącego tworzyć grupę uczącą modelu, kolejnym krokiem jest określenie zmiennych objaśniających. Jest to jeden

<sup>132</sup> B. Prusak, *op.cit.*, s.20.

z kluczowych, a jednocześnie niezwykle skomplikowanych etapów budowy modelu oceny zagrożenia bankructwem przedsiębiorstwa. Trudności powstające na etapie doboru odpowiednich mierników stanu przedsiębiorstwa wynikają przede wszystkim ze skomplikowania natury samych podmiotów gospodarczych oraz otoczenia, w którym te podmioty funkcjonują.

Powoduje to, że każde z przedsiębiorstw może być opisane nieograniczoną liczbą parametrów zarówno ilościowych jak i jakościowych, a wiele z nich ma z pewnością wpływ na zdolność podmiotu do jego prawidłowego funkcjonowania, a co za tym idzie przetrwania na rynku. Parametry te mogą mieć postać zmiennych ilościowych, jak np. wiek przedsiębiorstwa, udział w rynku, wyniki i inne dane finansowe, wskaźniki finansowe, lub też charakter zmiennych jakościowych takich jak: poziom wykształcenia czy doświadczenia kadry zarządzającej, jakość parku maszynowego, poziom innowacyjności, rozpoznawalność marki.<sup>133</sup>

Ze względu na oczywiste trudności w dostępie do informacji dotyczących potencjalnych parametrów jakościowych, którymi można by było scharakteryzować dane przedsiębiorstwo, praktycy i badacze konstruujący modele zagrożenia bankructwem stosują zazwyczaj dane ilościowe, a w szczególności różnego typu wskaźniki finansowe. Ograniczenie zbioru parametrów do samych wskaźników finansowych nie rozwiązuje jednak problemu z doбором tych odpowiednich, ze względu na ich olbrzymią liczbę. Bardzo szeroki przegląd literatury przedmiotu dotyczącej modeli prognozowania zagrożenia bankructwem przedstawili w swojej pracy J. Bellovary, D. Giacomino i M. Akers<sup>134</sup>, a syntetyczne zestawienie najczęściej wybieranych wskaźników, które zostało zamieszczone w tabeli 2.6, prezentuje J. Pocięcha.

Z zawartych w tabeli 2.6 informacji wynika, że w modelach prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw największą rolę odgrywają wskaźniki zadłużenia, rentowności i płynności, zarówno finansowej, jak i strukturalnej. Popularność akurat tych wskaźników nie może być zaskoczeniem. Bezpośrednimi przyczynami niewypłacalności przedsiębiorstw są przecież przede wszystkim problemy z utrzymaniem płynności finansowej (co jest przejawem opóźnień w spłacie zobowiązań) oraz nadmierne zadłużenie w stosunku do posiadanego przez podmiot majątku. Dodatkowo, kwestie związane z nieadekwatną strukturą aktywów, w której

---

<sup>133</sup> Ibidem, s. 20.

<sup>134</sup> J. Bellovary, D. Giacomino, M. Akers, *A Review of Bankruptcy Prediction Studies: 1930 to Present*, Journal of Financial Education, Vol. 33, Zima, s. 42.

dominować mogą aktywa trudno zbywalne, o długim czasie upłynnienia, również prowadzić mogą do wydłużenia się spłat zobowiązań przez dany podmiot.

**Tabela 2.6. Najczęściej wykorzystywane wskaźniki w modelach predykcji bankructwa wg. Bellovary, Giacomino, Akers**

Rodzaj wskaźnika finansowego	Liczba modeli z tym wskaźnikiem
Dochód netto/majątek ogółem	54
Wskaźnik płynności bieżącej	51
Kapitał obrotowy/majątek ogółem	45
Zysk zatrzymany/majątek ogółem	42
Zysk przed opodatkowaniem/majątek ogółem	35
Sprzedaż/majątek ogółem	32
Wskaźnik płynności przyspieszonej	30
Zadłużenie ogółem/majątek ogółem	27
Majątek obrotowy/majątek ogółem	26
Dochody netto/majątek netto	23
Zobowiązania ogółem/majątek ogółem	19
Środki pieniężne/majątek ogółem	18
Wartość rynkowa kapitału własnego/wartość księgowa zadłużenia	16
Przepływy pieniężne operacyjne/majątek ogółem	15
Przepływy pieniężne operacyjne/zobowiązania ogółem	14
Zobowiązania bieżące/majątek ogółem	13
Przepływy pieniężne operacyjne/dług całkowity	12
Aktywa płynne/majątek ogółem	11
Środki obrotowe/sprzedaż	10
Zysk przed opodatkowaniem/odsetki	10
Zapasy/sprzedaż	10
Dochody operacyjne/majątek ogółem	10

Źródło: *Statystyczne metody prognozowania bankructwa w zmieniającej się koniunkturze gospodarczej*, pod red. J. Pocięchy, Fundacja Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2014, s. 42.

Wyjaśnieniem powyższej pozornej sprzeczności jest jedna z przyjętych w literaturze przedmiotu dobrych praktyk budowy modeli predykcyjnych, polegająca na wyborze takich

wskaźników, które są dobrze skorelowane ze zmienną objaśnianą (zagrożony upadłością/niezagrożony upadłością) oraz są jak najmniej skorelowane między sobą<sup>135</sup>. W związku z tym, ze wspomnianej wyżej grupy wskaźników płynności, używa się zazwyczaj tylko jednego, ze względu na ich mocną współkorelację. Proces usuwania z modelu zmiennych objaśniających skorelowanych między sobą nazywa się redukcją zmiennych objaśniających i wykorzystuje się w nim metody analizy macierzy współczynników korelacji, metody analizy czynnikowej lub metody analizy głównych składowych<sup>136</sup>.

Pierwszymi pracami poruszającymi problem identyfikacji wskaźników finansowych, które w najlepszym stopniu pokazują potencjalne zagrożenie upadłością przedsiębiorstw była seria trzech artykułów opublikowanych przez Paula J. FitzPatricka w 1932 roku<sup>137</sup>.

P. J. FitzPatrick analizując przedsiębiorstwa działające w podobnej branży, będące podobnej wielkości i operujące w zbliżonym rejonie geograficznym, podzielił je na dwie grupy: przedsiębiorstw dobrze prosperujących oraz bankrutów. Następnie porównując je ze sobą parami stwierdził, że najbardziej odpowiednimi, diagnostycznymi wskaźnikami były: wynik finansowy netto/kapitał własny oraz kapitał własny/kapitał obcy<sup>138</sup>.

Metoda zaproponowana przez P.J FitzPatricka, oparta na procedurze porównywania parami przedsiębiorstw wypłacalnych i niewypłacalnych, w oparciu o klasyfikowanie ich w przestrzeni jednowymiarowej nie pozwalała na określenie granicznego progu, mogącego jednoznacznie wskazać na zagrożenie upadłością.

Badaczem, który uważany jest za jednego z prekursorów współczesnych metod prognozowania bankructwa był William H. Beaver. W swojej pracy „*Financial Ratios As Predictors of Failure*”<sup>139</sup> przeanalizował on 79 przedsiębiorstw będących w dobrej sytuacji finansowej oraz 79, które miały problemy z regulowaniem swoich zobowiązań. Każde z analizowanych przedsiębiorstw zostało opisane za pomocą 14 wskaźników finansowych. W wyniku badań W. H. Beaver stwierdził, że wskaźnik przepływu pieniężne/całkowite zadłużenie, w najlepszy sposób pozwala zidentyfikować możliwość bankructwa podmiotów

---

<sup>135</sup> B. Prusak, *op.cit.*, s. 27.

<sup>136</sup> Ibidem, s.27.

<sup>137</sup> P.J FitzPatrick, *A Comparison of Ratios of Successful Industrial Enterprises with Those of Failed Companies*, The Certified Public Accountant, Wrzesień, Październik, Listopad, 1932.

<sup>138</sup> *Statystyczne metody prognozowania bankructwa w zmieniającej się koniunkturze gospodarczej*, pod red. J. Pocięchy, Fundacja Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2014, s. 15.

<sup>139</sup> W. H. Beaver, *Financial Ratios As Predictors of Failure*, Journal of accounting research, 1966, s. 71-111.

gospodarczych – błąd wyniósł około 22% na rok przed upadkiem<sup>140</sup>. Warto również podkreślić, że późniejsze badania przeprowadzone na przedsiębiorstwach amerykańskich w latach 1977-1984, potwierdziły zdolność predykcyjną modelu W. H. Beavera na poziomie 70-92% dla wartości progowej wskaźnika 0,07<sup>141</sup>.

Kolejnym kluczowym etapem budowy modelu predykcji zagrożenia bankructwem przedsiębiorstwa jest wybór odpowiedniej techniki oszacowania modelu. Klasyfikację najczęściej używanych technik przedstawia w swojej pracy Thomas E. McKee, wyodrębniając następujące rodziny modeli predykcji bankructwa przedsiębiorstw<sup>142</sup>: jednoczynnikowe modele wskaźnikowe, wielowymiarowa analiza dyskryminacyjna, modele prawdopodobieństwa liniowego, modele logitowe i probitowe, drzewa decyzyjne, modele hazardu, systemy eksperckie, programowanie matematyczne, sieci neuronowe oraz zastosowania teorii zbiorów rozmytych i przybliżonych. Warto zauważyć, że przedstawiona klasyfikacja, jest niepełna i w literaturze przedmiotu spotkać się można z wieloma innymi technikami służącymi szacowaniu modeli predykcyjnych. B. Prusak wymienia ich aż 28<sup>143</sup>.

Metody stosowane przy prognozowaniu zagrożenia bankructwem przedsiębiorstw ewoluowały w czasie i starsze, mniej sprawne zastępowane były nowymi. Stosowanie nowych, bardziej złożonych i czasochłonnych metod umożliwił z pewnością rozwój techniki komputerowej. Ewolucję technik stosowanych w modelach predykcyjnych, wraz z przykładowymi reprezentantami przedstawia rysunek 2.3. Wybrane metody od strony metodologicznej i obliczeniowej zostały szerzej omówione w kolejnym rozdziale.

Kolejnym, szóstym etapem budowy modelu prognozowania bankructwa przedsiębiorstwa, zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 2.2 jest wyznaczenie odpowiedniego punktu granicznego. Etap ten występuje między innymi w procesie budowy modeli opartych o metody liniowej analizy dyskryminacyjnej, analiz logitowej i probitowej czy sieci neuronowych. Punkt graniczny jest taką wartością funkcji lub wartością wyjściową wygenerowaną przez model, która pozwoli oddzielić przedsiębiorstwa zagrożone

---

<sup>140</sup> R. Kowalak, *Ocena kondycji finansowej przedsiębiorstwa w badaniu zagrożenia upadłością*, Ośrodek doradztwa i doskonalenia kadr Sp. z o.o, Gdańsk 2008, s. 207-208.

<sup>141</sup> J.S Holmen, *Using Financial Ratios to Predict Bankruptcy: An Evaluation of Classic Models Using Recent Evidence*, Akron Business and Economic Review Tom 19, Nr. 1; za: *Statystyczne metody prognozowania bankructwa w zmieniającej się koniunkturze gospodarczej*, pod red. J. Pociechy, Fundacja Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2014, s. 16.


<sup>142</sup> T.E McKee, *Developing a Bankruptcy Prediction Model via Rough Sets Theory*, International Journal of Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management, Tom 9, s. 160.

<sup>143</sup> B. Prusak, *op.cit.*, s. 27-30.



bankructwem od tych o dobrej kondycji finansowej. Procedura ustalania punktu granicznego dla wybranych metod zostanie przedstawiona szczegółowo w rozdziale 3.

**Rysunek 2.3. Ewolucja metod stosowanych do predykcji zagrożenia bankructwem przedsiębiorstwa**



Lata 30-te	Analiza wskaźnikowa	P. Fitzpatrick - 1932
Lata 60-te	Jednowymiarowa analiza dyskryminacyjna	W. Beaver – 1966
Lata 70-te	Wielowymiarowa analiza dyskryminacyjna	E. Altman - 1968
Lata 80-te	Analiza logitowa i probitowa	D. Martin – 1977, J. Ohlson – 1980, M.E. Zmijewski - 1984
	Drzewa klasyfikacyjne	H. Frydman, E.I Altman, D. Kao - 1985
Lata 90-te	Sztuczne sieci neuronowe	M. D. Odom, R. Sharada - 1990
Obecnie	Algorytmy genetyczne, metody bazujące na teorii zbiorów przybliżonych	H.J Zimmermann – 1996, K.S Shin, Y.J Lee – 2002, J.H Min, Y.C. Lee – 2005,

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: J.H Min, C. Jeong, *A binary classification method for bankruptcy prediction*, *Expert Systems with Applications* 36(3) (2009), s. 5256-5263.; Y. Shi, L. Xiaoni, *An overview of bankruptcy prediction models for corporate firms: A systematic literature review*, *Intangible Capital* 15(2), 2019, s. 114-127.; G. Fejér-Király, *Bankruptcy prediction: A survey on evolution, critiques, and solutions*, *Acta Universitatis Sapientiae, Economics and Business* 3(1), 2015, s. 93-108.

Ostatnimi dwoma etapami budowy modelu prognozowania zagrożenia upadłością, które wymienia w swojej pracy B. Prusak są: testowanie modelu za pomocą obiektów spoza próby uczącej oraz porównanie nowego stworzonego modelu z innymi już istniejącymi. Te dwie końcowe fazy procedury budowy modelu mają za zadanie określić jak dokładny jest oszacowany model oraz czy jego zdolności predykcyjne są lepsze w porównaniu do innych wykorzystywanych wcześniej modeli.

Testowanie modelu wymaga wykorzystania wskaźników charakteryzujących przedsiębiorstwa spoza próby uczącej, które określane są mianem próby testowej. Testowanie

modelu z wykorzystaniem przedsiębiorstw z próby testowej jest niezwykle istotne, ponieważ pozwala określić nie tylko stopień skuteczności modelu, ale również branże dla których model posiada zadowalającą jakość predykcji, czy wyprzedzenie czasowe, z którym może być stosowany<sup>144</sup>. W tym miejscu warto po raz kolejny podkreślić fakt, że największym problemem, na który napotykają naukowcy zajmujący się prognozowaniem upadłości jest utrudniony dostęp do danych. Okazać się może bowiem, że liczba zidentyfikowanych przedsiębiorstw upadłych jest na tyle mała, że pozwala jedynie na zbudowanie próby uczącej i nie wystarcza na przeprowadzenie testowania.

Ostatni etap budowy modelu sprowadza się do analizy porównawczej oszacowanych modeli, oszacowanych za pomocą innych technik, pod kątem ich skuteczności. Ma to na celu wyselekcjonowanie takiego podejścia, które najlepiej odpowiadać będzie celom, dla których zbudowany został model.

### **2.3 Wybrane modele dyskryminacyjne upadłości przedsiębiorstw**

Podrozdziały 2.3 oraz 2.4 poświęcone zostały przedstawieniu wybranych modeli predykcji zagrożenia upadłością, które zostały zaproponowane zarówno przez polskich jak i zagranicznych autorów. W poprzednim rozdziale jako prekursorzy badań nad prognozowaniem bankructwa przedstawieni zostali P.J FitzPatrick oraz W.H Beaver, którzy stosując metody analizy finansowej i jednoczynnikowej analizy dyskryminacyjnej przyczynili się do rozwoju badań w tym obszarze.

Współczesne wieloczynnikowe podejście do szacowania modeli predykcji zagrożenie bankructwem zapoczątkowane zostało jednak później, przez E. Altmana, który jako pierwszy zastosował w tym celu wielowymiarową analizę dyskryminacyjną. W 1968 roku E. Altman zaprezentował na łamach *Journal of Finance* skonstruowany przez siebie model Z-score<sup>145</sup>.

Od tego czasu wielu badaczy zajmujących się przewidywaniem zagrożenia upadłością przedsiębiorstw podejmowało próby oszacowania modeli, które w jak najlepszym stopniu będą w stanie identyfikować przedsiębiorstwa znajdujące się w złej kondycji finansowej. Podstawowym kryterium, którym kierowali się autorzy prac naukowych z tego zakresu, było

---

<sup>144</sup> Ibidem, s.41.

<sup>145</sup> E.I Altman, *Financial Ratios, Discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy*, Journal of Finance Nr 23, Vol. 4, September, 1968, s. 589-609.

uzyskanie jak najwyższej dokładności modeli. W związku z tym zauważyć można pewną ewolucję podejść i wykorzystywanie coraz to nowszych technik klasyfikacji przedsiębiorstw, co zostało przedstawione na rysunku 2.3 we wcześniejszej części pracy.

Pomimo szerokiego wachlarza metod statystycznych, miękkich technik obliczeniowych oraz modeli teoretycznych poświęcenie całego, niniejszego rozdziału jedynie modelom wykorzystującym analizę dyskryminacyjną nie jest bezpodstawne. Jak bowiem wynika z badań poświęconych częstości wykorzystywania na świecie poszczególnych metod w predykcji zagrożenia bankructwem, przeprowadzonych przez M. Aziza oraz H. Dara metody statystyczne były wykorzystywane w aż 64% przypadków (w 25% - metody miękkich technik obliczeniowych, zaś modele teoretyczne w jedynie 11%). Co więcej modele wielowymiarowej analizy dyskryminacyjnej stanowiły aż 30% spośród wszystkich wykorzystywanych metod<sup>146</sup>.

Na rysunku 2.4 przedstawiona została klasyfikacja metod prognozowania zagrożenia upadłością, przedstawiona przez T. Korol, która pokazuje miejsce analizy dyskryminacyjnej spośród innych wykorzystywanych w tym celu metod.

**Rysunek 2.4. Klasyfikacja metod prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw**

Metody Statystyczne	Metody miękkich technik obliczeniowych	Modele Teoretyczne
<ul style="list-style-type: none"> <li>- modele analizy dyskryminacyjnej</li> <li>- modele logitowe</li> <li>- modele probitowe</li> <li>- drzewa decyzyjne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sztuczne sieci neuronowe</li> <li>- logika rozmyta</li> <li>- algorytmy genetyczne</li> <li>- modele wektorów nośnych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- modele teorii entropii</li> <li>- modele hazardowe</li> <li>- modele ryzyka kredytowego</li> </ul>

Źródło: T. Korol, *Systemy ostrzegania przedsiębiorstw przed ryzykiem upadłości*, Wolters Kluwer, Warszawa 2010, s. 91.

<sup>146</sup> M. Aziz, H. Dar, *Predicting corporate bankruptcy – where we stand?*, Corporate Governance Journal, 2006, vol. 6, nr 1, s. 18-33, za: T. Korol, *Systemy ostrzegania przedsiębiorstw przed ryzykiem upadłości*, Wolters Kluwer, Warszawa 2010, s. 95-96.

W kolejnej części tego podrozdziału przedstawione oraz omówione zostały modele oparte na wielowymiarowej analizie dyskryminacyjnej pochodzące z prac zarówno polskich jak i zagranicznych badaczy, które zostały zidentyfikowane przez autora w wyniku badania literatury. W celu zapewnienia lepszej czytelności poniższych tabel, we wszystkich z nich stosowane są skrócone nazwy poszczególnych wartości ekonomicznych wykorzystywanych do budowy wskaźników, zgodnie z tabelą 2.7.

**Tabela 2.7 Skróty wykorzystywane w tabelach z modelami prognozowania zagrożenia upadłości przedsiębiorstw**

aktywa ogółem	AO	kapitał obrotowy	Kob
logarytm dziesiętny aktywów	log10 AO	Przychody	Przych.
aktywa trwałe	At	dynamika przychodów	dyn. Przych.
aktywa obrotowe	Aob	koszt wytworzenia produkcji sprzedanej	Koszt WPD
zapasy	Z	koszty operacyjne	koszt. Op
należności ogółem	NAL	amortyzacja	Am
należności krótkoterminowe	Nal. Kr.	wynik ze sprzedaży	WS
Inwestycje krótkoterminowe	IK	wynik operacyjny	WO
środki pieniężne	ŚP	koszty finansowe	koszt. fin.
rozliczenia międzyokresowe czynne	RMC	odsetki finansowe	ods. fin.
kapitał własny	KW	wynik brutto	WB
kapitał zakładowy	KZ	suma trzyletniego wyniku brutto	3y WB
zysk zatrzymany	ZZ	podatek dochodowy	PD
kapitał stały	KS	wynik netto	WN
rezerwy na zobowiązania	Rez. Zob.	Przepływy z działalności operacyjnej	PPO
zobowiązania ogółem	ZO	Przepływy z działalności inwestycyjnej	PPI
zobowiązania długoterminowe	ZD	Przepływy z działalności finansowej	PPF
zobowiązania krótkoterminowe	ZK	Przepływy pieniężne netto	PPN
zobowiązania uprzywilejowane	Zob uprz.	Wartość rynkowa	Wart. Rynk.

Źródło: *Opracowanie własne*

Tabela 2.8 przedstawia 29 modeli prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw, które zostały oszacowane przez zagranicznych autorów w latach 1968 – 2018. W tabeli zaprezentowane zostały funkcje dyskryminacyjne oszacowane przez poszczególnych badaczy, wykorzystane w nich wskaźniki, w kolejności ich występowania w funkcji, dokładność modeli oraz region lub kraj, w którym działały przedsiębiorstwa wykorzystane do budowy modeli.

Tabela 2.8 Zagraniczne modele dyskryminacyjne

Autor	Rok	Funkcja dyskryminacyjna	Zmienne w kolejności	Dokładność	Region
Altman	1968	$Z = 0,012 \cdot X_1 + 0,14 \cdot X_2 + 0,033 \cdot X_3 + 0,006 \cdot X_4 + 0,999 \cdot X_5$	Kob / AO ; ZZ / AO ; WO / AO ; Wart. Rynk. / ZO ; Przych. / AO	95% (próba ucząca)	USA
Deakin	1972	$Z = 0,005 \cdot X_1 + 0,083 \cdot X_2 - 0,184 \cdot X_3 - 0,101 \cdot X_4 + 0,212 \cdot X_5 - 0,176 \cdot X_6 - 0,9 \cdot X_7 + 0,052 \cdot X_8 - 0,68 \cdot X_9 + 0,96 \cdot X_{10} - 0,20 \cdot X_{11} - 0,074 \cdot X_{12} + 0,069 \cdot X_{13} + 0,209 \cdot X_{14}$	PPN / ZO ; WN / AO ; ZO / AO ; Aob / AO ; IK / AO ; Kob / AO ; ŚP / AO ; Aob / ZK ; IK / ZK ; ŚP / ZK ; Aob / Przych. ; IK / Przych. ; Kob / Przych. ; ŚP / Przych.	97% (rok przed), 96,5% (dwa lata przed)	USA
Edmister	1972	$Z = 0,951 - 0,423 \cdot X_1 - 0,293 \cdot X_2 - 0,482 \cdot X_3 + 0,277 \cdot X_4 - 0,452 \cdot X_5 - 0,352 \cdot X_6 - 0,924 \cdot X_7$	1 Jeżeli PPN / ZK < 0,05 ; 1, jeżeli KW / Przych. < 0,07 ; 1, jeżeli (Kob / Przych.) / wskaźnik rynkowy RMA < - 0,02 ; 1, jeżeli (ZK / KW) / wskaźnik rynkowy SBA < 0,48 ; 1, jeżeli (Z / Przych.) / wskaźnik rynkowy RMA wykazuje trend wzrostowy i < 0,04 ; 1, jeżeli ((Aob - Z) / ZK) / wskaźnik rynkowy RMA wykazuje trend zniżkowy i < 0,34 ; 1 jeżeli ((Aob - Z) / ZK) / wskaźnik rynkowy RMA wykazuje trend wzrostowy	93% (próba ucząca)	USA
Blum	1974	$Z = -0,3 \cdot X_1 - 0,4 \cdot X_2 - 1,8 \cdot X_3 + 0,1 \cdot X_4 - X_5 - 0,4 \cdot X_6 + 0,4 \cdot X_8 - 0,5 \cdot X_9 + 0,1 \cdot X_{10} + 0,4 \cdot X_{11} + 0,7 \cdot X_{12}$	(ZK - Z) / Aob ; (Aob - Z) / Z ; PPN / ZO ; Wart. Rynk. / ZO ; KW / ZO ; Stopa zwrotu dla zwykłych akcjonariuszy, którzy inwestują przez minimum trzy lata ; Odchylenie standardowe wyniku netto ; Przerwy w trendzie dla wyniku netto ; Nachylenie wyniku netto ; Odchylenie standardowe (Aob - Z) / Z ; Przerwy w trendzie (Aob - Z) / Z ; Nachylenie (Aob - Z) / Z	95% na rok przed upadłością (próba ucząca); 80% na dwa lata przed upadłością (próba ucząca)	USA

Altman, Haldeman, Narayanan	1977	$Z = 0,717 \cdot X_1 + 0,84 \cdot X_2 + 3,107 \cdot X_3 + 0,42 \cdot X_4 + 0,998 \cdot X_5$	Kob / AO ; ZZ / AO ; WO / AO ; KW / ZO ; Przych. / AO	92,95% (próba ucząca)	USA
Taffler, Tisshaw	1977	$Z = 0,53 \cdot X_1 + 0,13 \cdot X_2 + 0,18 \cdot X_3 + 0,16 \cdot X_4$	WB / ZK ; Aob / ZO ; ZK / AO ; (ŚP + ZK) / (koszt. Op - Am)	BD.	Wielka Brytania
van Frederikslus t	1978	$Z = 0,5293 + 0,4488 \cdot X_1 + 0,2863 \cdot X_2$	ZK / Aob ; WN / AO	92,5% rok przed upadłością, 82,5% dwa lata przed upadłością (próba ucząca)	Holandia
Bilderbeek	1979	$Z = 0,45 - 5,03 \cdot X_1 - 1,57 \cdot X_2 + 4,55 \cdot X_3 + 0,17 \cdot X_4 + 0,15 \cdot X_5$	ZZ / AO ; wartość dodana brutto / AO ; ZO / Przych. ; Przych. / AO ; WN / KW	BD.	Holandia
Dambolena Khoury	1980	BD.	WN / Przych. ; WN / KW ; WN / Kob ; WN / Przych. ; Przych. / KW ; Przych. / Kob ; Z / Kob ; ZO / KW ; ZO / AO	94,4% (próba testowa na rok przed upadłością)	USA
Taffler	1983	$Z = 3,20 + 12,18 \cdot X_1 + 2,50 \cdot X_2 - 10,68 \cdot X_3 + 0,029 \cdot X_4$	WB / ZK ; Aob / ZO ; ZK / AO ; (ŚP + ZK) / (koszt. Op - Am)	BD.	Wielka Brytania
Gloubos, Grammatik os	1984	$Z = -0,863 - 2,461 \cdot X_1 + 5,330 \cdot X_2 - 0,022 \cdot X_3 + 3,676 \cdot X_4 + 3,543 \cdot X_5 + 4,223 \cdot X_6$	Aob / AO ; Kob / AO ; Z / Kob ; ŚP / AO ; WN / ZK ; WB / AO	91,4% (próba ucząca)	Grecja
Legault, Veronneau	1986	$Z = -2,7616 + 4,5913 \cdot X_1 + 4,5080 \cdot X_2 + 0,3936 \cdot X_3$	KW / AO ; (WB + koszt. fin.) / AO ; Przych. (t-1) / AO(t-1)	85%(próba ucząca), 60,5% (próba testowa)	Kanada
Betts, Belhoul	1987	BD.	WO / AO ; ŚP / Aob ; Aob / KW ; Kob / KW ; (ZK * 365) / Przych.	BD.	Wielka Brytania
Gombola, Haskins, Ketz, Williams	1987	$Z = 0,3 + 1,489 \cdot X_1 - 0,488 \cdot X_2 - 0,095 \cdot X_3 - 0,009 \cdot X_4 + 0,133 \cdot X_5 - 0,228 \cdot X_6 + 2,272 \cdot X_7$	ŚP / AO ; Aob / Przych. ; ZK / ZO ; Przych. / AO ; AO / ZO ; WN / AO ; (WN + Am) / AO	89% (próba ucząca)	USA
		$Z = 0,210 + 1,244 \cdot X_1 - 0,033 \cdot X_2 - 0,351 \cdot X_3 - 0,080 \cdot X_4 + 0,088 \cdot X_5 - 0,368 \cdot X_6 + 1,691 \cdot X_7$	ŚP / AO ; Aob / Przych. ; ZK / ZO ; Przych. / AO ; AO / ZO ; WN / AO ; (WN + Am) / AO	71% (próba ucząca)	

		$Z = 0,072 + 0,315 \cdot X_1 - 0,094 \cdot X_2 - 0,207 \cdot X_3 - 0,038 \cdot X_4 + 0,206 \cdot X_5 - 0,174 \cdot X_6 + 1,357 \cdot X_7$	ŚP / AO ; Aob / Przych. ; ZK / ZO ; Przych. / AO ; AO / ZO ; WN / AO ; (WN + Am) / AO	78% (próba ucząca)	
		$Z = 0,203 + 0,411 \cdot X_1 - 0,336 \cdot X_2 - 0,155 \cdot X_3 - 0,001 \cdot X_4 + 0,165 \cdot X_5 - 0,906 \cdot X_6 + 2,378 \cdot X_7$	ŚP / AO ; Aob / Przych. ; ZK / ZO ; Przych. / AO ; AO / ZO ; WN / AO ; (WN + Am) / AO	76% (próba ucząca)	
Declerc, Heins, Van Wymeersch	1991	$Z = 2,5 - 2,15 \cdot X_1 - 2,47 \cdot X_2$	wynagrodzenia / wartość dodana brutto ; wartość dodana brutto / całkowita wartość dodana	64% (próba ucząca)	Belgia
		$Z = 0,43 - 2,67 \cdot X_1$	ods. fin. / wartość dodana brutto	70% (próba ucząca)	
Altman, Eom, Kim	1995	$Z = -17,862 + 1,472 \cdot X_1 + 3,041 \cdot X_2 + 14,839 \cdot X_3 + 1,516 \cdot X_4$	Log AO ; Log (Przych. / AO) ; ZZ / AO ; KW / ZO	97% - rok przed; 88% dwa lata przed; 69% trzy lata przed; 50% cztery lata przed; 68% pięć lat przed (próba ucząca)	Korea
Dimitras, Slowinski, Susamaga, Zopounidis	1999	$Z = 1,151 + 0,0093 \cdot X_1 + 1,9154 \cdot X_2 + 2,4196 \cdot X_3 + 0,1245 \cdot X_4 + 1,2882 \cdot X_5 - 0,9008 \cdot X_6 - 0,7149 \cdot X_7 + 0,004 \cdot X_8 + 0,0342 \cdot X_9 - 0,0168 \cdot X_{10} + 0,6294 \cdot X_{11} + 0,0022 \cdot X_{12}$	WN / WB ; WB / AO ; WN / AO ; WN / KW ; Aob / ZK ; ŚP / ZK ; ZO / AO ; KW / KS ; KW / At ; Z / Kob ; ZK / AO ; Kob / KW	BD.	Grecja
Boritz, Kennedy, Sun	2007	$Z = 2,149 \cdot X_1 - 0,624 \cdot X_2 + 1,354 \cdot X_3 - 0,018 \cdot X_4 + 0,463 \cdot X_5$	Kob / AO ; ZZ / AO ; WO / AO ; Wart. Rynk. / ZO ; Przych. / AO	72% (próba ucząca)	Kanada
Opoku, Abor	2009	$Z = 1,127 - 0,001 \cdot X_1 - 0,129 \cdot X_2 + 0,583 \cdot X_3 + 0,344 \cdot X_4 + 0,402 \cdot X_5 + 0,496 \cdot X_6 - 2,101 \cdot X_7 - 0,378 \cdot X_8 + 0,008 \cdot X_9 + 0,084 \cdot X_{10}$	ZO / Kob ; (NAL *365) / Przych. ; BD. ; WO / KW ; WO / Przych. ; BD. ; Aob / ZK ; BD. ; dynamika wyniku netto ; BD.	97,3% (próba ucząca)	Wielka Brytania
Mihalovič	2016	$Z = -0,507 \cdot X_1 - 0,263 \cdot X_2 + 0,271 \cdot X_3 + 0,235 \cdot X_4 + 0,526 \cdot X_5$	WN / AO ; Aob / ZK ; ZK / AO ; Kob / AO ; Aob / AO	61,86% (próba ucząca); 64,41% (próba testowa)	Międzynarodowy
Kliestik, Vrbka, Rowland	2018	$ZSK = -1,565 + 0,025 \cdot X_1 - 0,408 \cdot X_2 - 7,663 \cdot X_3 + 2,268 \cdot X_4 - 0,419 \cdot X_5 + 0,35 \cdot X_6 + 0,926 \cdot X_7 + 6,082 \cdot X_8 + 0,107 \cdot X_9$	Aob / ZK ; WN / KW ; WN / AO ; ZO / AO ; Aob / AO ; ŚP / AO ; ZK / AO ; WN / AO ; WN / KW	87,7% (próba ucząca)	Grupa Wyszehradzka
		$ZCZ = -1,016 + 0,007 \cdot X_1 - 0,884 \cdot X_2 + 2,168 \cdot X_3 - 0,343 \cdot X_4 + 2,526 \cdot X_5 + 0,416 \cdot X_6 - 0,592 \cdot X_7 - 2,561 \cdot X_8 + 0,352 \cdot X_9 - 1,075 \cdot X_{10}$	Aob / ZK ; WN / KW ; WN / AO ; Kob / AO ; ZO / AO ; ŚP / AO ; At / AO ; WN / AO ; WN / KW ; WN / Przych.	87,3% (próba ucząca)	

	$ZPL = -1563 + 0,075 \cdot X_1 - 1,388 \cdot X_2 + 0,658 \cdot X_3 + 3,001 \cdot X_4 - 0,676 \cdot X_5 + 1,067 \cdot X_6 + 1,043 \cdot X_7 - 0,048 \cdot X_8 + 0,458 \cdot X_9 - 1,213 \cdot X_{10}$	Aob / ZK ; WN / KW ; WN / AO ; ZO / AO ; Aob / AO ; ŚP / AO ; ZK / AO ; IK / ZK ; WN / KW ; WN / Przych.	79,1% (próba ucząca)
	$ZH = -1,516 + 0,057 \cdot X_1 - 1,380 \cdot X_2 + 3,967 \cdot X_3 - 0,681 \cdot X_4 + 1,561 \cdot X_5 - 1,607 \cdot X_6 - 0,051 \cdot X_7 - 0,647 \cdot X_8$	Aob / ZK ; WO / AO ; ZO / AO ; Aob / AO ; ŚP / AO ; At / AO ; ŚP / ZK ; WN / KW	93% (próba ucząca)
	$ZV = -1,470 + 0,024 \cdot X_1 - 0,589 \cdot X_2 - 1,158 \cdot X_3 + 1,870 \cdot X_4 - 0,452 \cdot X_5 + 0,613 \cdot X_6 + 1,030 \cdot X_7 - 0,012 \cdot X_8 + 0,731 \cdot X_9 + 0,173 \cdot X_{10} - 0,475 \cdot X_{11}$	Aob / ZK ; WN / KW ; WN / AO ; ZO / AO ; Aob / AO ; ŚP / AO ; ZK / AO ; ŚP / ZK ; WN / AO ; WN / KW ; WN / Przych.	85,9%(próba ucząca)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: E.I. Altman, *Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy*, *The Journal of Finance*, Vol. 23, nr. 4, Wrzesień 1968, s. 589-609.; E.I. Altman, R.G. Haldeman, P. Narayanan, *ZETA analysis: A new model to identify bankruptcy risk of corporations*. *Journal of Banking and Finance*, Vol. 1, nr. 1, 1977. s. 29-51. ; E. Deakin, *A discriminant analysis of predictors of business failure*, *Journal of Accounting Research*, Vol. 10, nr. 1, Wiosna 1972, s. 167-179. ; R. Edmister, *An empirical test of financial ratio analysis for small business failure prediction*, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Marzec 1972, s. 1477-1493.; M. Blum, *Failing company discriminant analysis*. *Journal of Accounting Research*, Vol. 12, nr 1, 1974, s. 1-25.; R.J. Taffler, H. Tisshaw, *Going, Going, Gone - Four Factors Which Predict, Accountancy*, Vol. 88, Marzec 1977, s. 50-54.; R.A.I. van Frederikslust, *Predictability of corporate failure: models for prediction of corporate failure and for evaluation of corporate debt capacity*. *Martinus Nijhoff Social Science Division, Leiden/Boston, PhD thesis in Economic Sciences, Erasmus University, Rotterdam, The Netherlands 1978.*; J. Bilderbeek, *An empirical study of the predictive ability of financial ratios in the Netherlands*. *Zeitschrift Für Betriebswirtschaft*, Maj 1979, s. 388-407.; I. Dambolena , S.Khoury, *Ratio stability and corporate failure*. *Journal of Finance*, Vol. 33, nr. 4, 1980, s. 1017-1026.; R.J. Taffler, *The assessment of company solvency and performance using a statistical model*. *Accounting and Business Research*, Vol. 15, nr 52, Jesień 1983, s. 295-307. ; J. Betts, D. Belhoul, *The effectiveness of incorporating stability measures in company failure models*. *Journal of Business Finance and Accounting*, Vol. 14, nr. 3, 1987 s. 323-334.; M. Gombola, M. Haskins , J. Ketz , D. Williams, *Cash flow in bankruptcy prediction*. *Financial Management*, Zima 1987, s. 55-65. ; T. Grammatikos, G. Gloubos, *Predicting Bankruptcy of Industrial Firms in Greece*. *Spoudai*, nr 34, 1984, s. 421-443.; M. Declerc, B. Heins, Ch. Van Wymeersch, *The use of value added ratios in statistical failure prediction models: Some evidence on Belgian annual accounts*. *Annual Congress of the European Accounting Association*, Kwiecień 1991, Maastricht , s. 1-24. ; E.I. Altman, Y.H. Eom , D.W. Kim , *Failure prediction: Evidence from Korea*. *Journal of International Financial Management and Accounting*, Vol. 6, nr. 3 1995, s. 230-249. ; J. E. Boritz, D. B. Kennedy, J. Y. Sun, *Predicting Business Failures in Canada*. *Accounting Perspectives*, [s. l.], vol. 6, nr 2, 2007 s. 141-165.; A.I. Dimitras, R. Slowinski, R. Susamaga, C.Zopounidis, *Business Failure Prediction Using Rough Sets*. *European Journal of Operational Research*, nr 114, 1999, s. 262- 280; J. Legault, R. Veronneau. *CA-score, un modele de prevision de faillite*, *Research report for the Ordre des comptables agrees du Quebec*, 1986; M. Mihalovič, *Performance Comparison of Multiple Discriminant Analysis and Logit Models in Bankruptcy Prediction*, *Economics and Sociology*, Vol. 9, Nr 4, 2016 s. 101-118; T. Kliestik, J. Vrbka, Z. Rowland, *Bankruptcy prediction in Visegrad group countries using multiple discriminant analysis*, *Equilibrium, Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 13(3), 2018, s.569-593; K. Opoku Appiah, J. Abor, *Predicting corporate failure: some empirical evidence from the UK*, *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 16 Nr 3, 2009, s. 432-444.



Wspomniana już wyżej prekursorska publikacja E. Altmana zainspirowała kolejnych autorów do pracy nad własnymi modelami prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw. Kolejne propozycje modeli powstały również w Stanach Zjednoczonych. Cztery lata po E.I Altmanie wyniki swoich badań przedstawił E. Deakin<sup>147</sup>. W swojej pracy zaproponował 5 modeli opartych aż o 14 wskaźników (w tabeli 2.8. przedstawiony został model oszacowany na podstawie danych opisujących przedsiębiorstwa na rok przed upadłością). Warty uwagi jest fakt, że w jego modelu nie występował wskaźnik zbudowany na wartości rynkowej przedsiębiorstwa, co umożliwiło stosowanie go nie tylko dla przedsiębiorstw notowanych na giełdzie<sup>148</sup>.

W tym samym 1972 roku ukazała się również praca autorstwa R. Edmistera<sup>149</sup>. Model tego autora dedykowany był do prognozowania zagrożenia upadłością małych przedsiębiorstw. Ciekawą właściwością tego modelu jest dychotomiczny charakter zmiennych znajdujących się w funkcji dyskryminacyjnej. Zmienne przyjmują wartości 0 lub 1 w zależności od poziomu wskaźnika im odpowiadającego. Dodatkowo autor wykorzystał wartości rynkowe oddające średnie wartości wskaźników dla danej branży: RMA (Robert Morris Associates) oraz SBA (Small Business Administration). Już na podstawie pierwszych 3 przedstawionych modeli zauważyć można jak zróżnicowane podejścia stosowane są podczas doboru przedsiębiorstw do badania, wskaźników finansowych opisujących podmioty gospodarcze oraz innych informacji opisujących nawet całe branże (wskaźniki rynkowe w modelu R. Edmistera).

Kolejny prezentowany model autorstwa M. Bluma<sup>150</sup>, jest kolejną próbą wykorzystania informacji giełdowych. Autor proponuje jako jedną ze zmiennych stopę zwrotu dla inwestora, który jest akcjonariuszem Spółki przez minimum trzy lata. Ponadto, M. Blum w swoim modelu podejmuje próbę zdynamizowania wartości wyniku netto oraz stosunku zapasów do pozostałych aktywów obrotowych poprzez analizę ich trendu i odchylenia standardowego. Wszystkie przedstawione do tej pory modele charakteryzowały się bardzo wysoką (ponad 90%) dokładnością. Warto jednak zauważyć, że prezentowane przez poszczególnych autorów skuteczności są skutecznościami obliczonymi dla próby uczącej. Kolejny zaprezentowany

---

<sup>147</sup> E. Deakin, *A discriminant analysis of predictors of business failure*, Journal of Accounting Research, Vol. 10, nr. 1, Wiosna 1972, s. 167-179.

<sup>148</sup> W późniejszych latach weryfikacja modelu E.I Altmana dla przedsiębiorstw nienotowanych następowała z wykorzystaniem wartości księgowej netto zamiast wartości rynkowej.

<sup>149</sup> R. Edmister, *An empirical test of financial ratio analysis for small business failure prediction*, Journal of Financial and Quantitative Analysis, Marzec 1972, s. 1477-1493.

<sup>150</sup> M. Blum, *Failing company discriminant analysis*, Journal of Accounting Research, Vol. 12, nr 1, 1974, s. 1-25.

model jest ponownym oszacowaniem pierwotnego modelu E. Altmana, w którym poza samym E. Altmanem brali udział R. Haldeman oraz P. Narayanan. Tym razem jednak, zamiast wartości rynkowej wykorzystywana jest wartość księgową przedsiębiorstwa (równa kapitałowi własnemu)<sup>151</sup>. Również ten model charakteryzował się bardzo wysoką dokładnością, choć została ona zweryfikowana jedynie na próbie uczącej. Również później podejmowano próby implementacji modelu E. Altmana w innych krajach poprzez oszacowanie nowej funkcji z wykorzystaniem pierwotnie użytych wskaźników. Przykładem może być tutaj model autorstwa J. Boritza, B. Kennedy'ego i J. Suna<sup>152</sup>. Co ciekawe, ten model charakteryzował się stosunkowo niską skutecznością (na poziomie zaledwie 72%).

W 1977 roku został opublikowany pierwszy model stworzony w Europie na podstawie danych finansowych przedsiębiorstw działających w Wielkiej Brytanii. Funkcja dyskryminacyjna oszacowana przez R. Tafflera oraz H. Tisshaw wykorzystywała cztery wskaźniki łączące ze sobą wartości z rachunku zysków i strat oraz bilansu<sup>153</sup>. Model został ponownie oszacowany z wykorzystaniem tego samego zestawu zmiennych przez samego R. Tafflera sześć lat później<sup>154</sup>. Autorzy niestety nie określili dokładności swojego modelu, co należałoby jednoznacznie uznać za złą praktykę. Kolejne dwa przedstawione modele również pochodzą z Europy. Zostały one oszacowane przez holenderskich badaczy R. van Frederikslusta<sup>155</sup> oraz J. Bilderbeeka<sup>156</sup>. Pierwszy z nich jest wyjątkowo minimalistyczny, ponieważ wykorzystuje jedynie dwie zmienne: odwrotność wskaźnika płynności bieżącej oraz wskaźnik ROA, a mimo tego osiąga wysoką dokładność – zwłaszcza na rok przed upadłością. Drugi z holenderskich wskaźników wykorzystuje z kolei wartość dodaną brutto.

W 1980 roku zaprezentowany został model, który przez autorów został zweryfikowany również na grupie przedsiębiorstw, które nie były wykorzystywane do szacowania funkcji dyskryminacyjnej. Model I. Damboleny i S. Khourego oparty jest aż o 9 wskaźników

---

<sup>151</sup> E.I. Altman, R.G. Haldeman, P. Narayanan, *ZETA analysis: A new model to identify bankruptcy risk of corporations*. *Journal of Banking and Finance*, Vol. 1, nr. 1, 1977. s. 29-51.

<sup>152</sup> J. E. Boritz, D. B. Kennedy, J. Y. Sun, *Predicting Business Failures in Canada*. *Accounting Perspectives*, [s. l.], vol. 6, nr 2, 2007 s. 141–165.

<sup>153</sup> R.J. Taffler, H. Tisshaw, *Going, Going, Gone - Four Factors Which Predict*, *Accountancy*, Vol. 88, Marzec 1977, s. 50-54

<sup>154</sup> R.J. Taffler, *The assessment of company solvency and performance using a statistical model*, *Accounting and Business Research*, Vol. 15, nr 52, Jesień 1983, s. 295-307.

<sup>155</sup> R.A.I. van Frederikslust, *Predictability of corporate failure: models for prediction of corporate failure and for evaluation of corporate debt capacity*. Martinus Nijhoff Social Science Division, Leiden/Boston, PhD thesis in Economic Sciences, Erasmus University, Rotterdam, The Netherlands 1978, s. 59-62.

<sup>156</sup> J. Bilderbeek, *An empirical study of the predictive ability of financial ratios in the Netherlands*. *Zeitschrift Für Betriebswirtschaft*, Maj 1979, s. 388-407.

pochodzących jedynie z rachunków zysków i strat oraz bilansów Spółek i charakteryzuje się bardzo wysoką, ponad 94%, dokładnością na grupie testowej<sup>157</sup>.

W kolejnych latach podejmowano wiele prób szacowania modeli prognozowania zagrożenia upadłością dla innych gospodarek. Dla przykładu, w Europie południowej powstało kilka funkcji dyskryminacyjnych dla przedsiębiorstw greckich autorstwa T. Grammatikosa i G. Gloubosa<sup>158</sup> oraz A. Dimitrasa, Slowinskiego, Susamega i Zapounidisa<sup>159</sup>. Warto również zwrócić uwagę na ciekawe modele opracowane w Belgii. Obydwa zaprezentowane w tej samej publikacji, wykorzystują wskaźniki zbudowane w oparciu o wartość dodaną. Charakteryzują się dużą prostotą wykorzystując jedynie 1-2 wskaźniki, natomiast ich skuteczność jest zdecydowania niższa niż pozostałych modeli zaprezentowanych w tym podrozdziale<sup>160</sup>. Interesującym przykładem tego, jak szerokie, zróżnicowane badania można przeprowadzić na jednej grupie przedsiębiorstw jest z pewnością praca M. Gomboli, M. Haskins, J. Ketza i D. Williamsa<sup>161</sup> zaprezentowana w 1987 roku. Autorzy wykorzystując siedem wskaźników oszacowali aż szesnaście modeli, które przewidywały zagrożenie upadłością na rok, dwa, trzy i cztery lata przed faktycznym wystąpieniem (w tabeli 2.8 zaprezentowane zostały najskuteczniejsze z każdej grupy). Choć skuteczność na rok przed upadłością na poziomie 89% nie jest szczególnie wysoka, to jednak 76% dokładności modelu na cztery lata przed upadłością nie pozwala pominąć tej pracy w niniejszym opracowaniu.

W 1995 roku, w Korei powstał model prognozujący zagrożenie upadłością przedsiębiorstw z udziałem samego E. Altmana, we współpracy z Y.Eom oraz D.Kim<sup>162</sup>. W modelu tym nie użyto jedynie surowych wartości wskaźników lecz wykorzystano wartości zlogarytmowane niektórych z nich. Model charakteryzował się bardzo wysoką dokładnością na rok przed upadłością oraz zadowalającą na dwa lata przed. Niestety dokładność modelu

---

<sup>157</sup> I. Dambolena, S.Khoury, *Ratio stability and corporate failure*. Journal of Finance, Vol. 33, nr. 4, 1980, s. 1017-1026.

<sup>158</sup> T. Grammatikos, G. Gloubos, *Predicting Bankruptcy of Industrial Firms in Greece*. Spoudai, nr 34, 1984, s. 421-443.

<sup>159</sup> A.I. Dimitras, R. Slowinski, R. Susamaga, C.Zopounidis, *Business Failure Prediction Using Rough Sets*. European Journal of Operational Research, nr 114, 1999, s. 262-280.

<sup>160</sup> M. Declerc, B. Heins, Ch. Van Wymeersch, *The use of value added ratios in statistical failure prediction models: Some evidence on Belgian annual accounts*, Annual Congress of the European Accounting Association, Kwiecień 1991, Maastricht, s. 1-24.

<sup>161</sup> M. Gombola, M. Haskins, J. Ketz, D. Williams, *Cash flow in bankruptcy prediction*. Financial Management, Zima 1987, s. 55-65.

<sup>162</sup> E.I. Altman, Y.H. Eom, D.W. Kim, *Failure prediction: Evidence from Korea*, Journal of International Financial Management and Accounting, Vol. 6, nr. 3 1995, s. 230-249.

w dłuższym okresie przed faktycznym bankructwem jest już znacznie niższa (poniżej 70%). Warto również zauważyć, że podane dokładności dotyczą jedynie próby uczącej.

W XXI wieku coraz większą rolę w prognozowaniu zagrożenia upadłością przedsiębiorstw odgrywały metody inne niż analiza dyskryminacyjna. Mimo tego, w tabeli 2.8 przedstawiono również kilka stosunkowo niedawno oszacowanych modeli dyskryminacyjnych. Jednym z nich jest bardzo skuteczny, charakteryzujący się ponad 97% dokładnością, model oszacowany dla przedsiębiorstw brytyjskich przez <sup>163</sup> K. Opoku Appiaha oraz J. Abora. Poza wskaźnikami statycznymi autorzy wykorzystali również wskaźnik określający dynamikę wyniku netto. Ciekawym, lecz stosunkowo mało skutecznym modelem jest ten stworzony przez M. Mihalovica<sup>164</sup>. Wykorzystywał on dane finansowe przedsiębiorstw z wielu krajów, działających na różnych rynkach, z tego faktu może wynikać niska skuteczność modelu (warto również zauważyć, że celem pracy tego autora była weryfikacja skuteczności różnych metod klasyfikacyjnych, a nie maksymalizacja skuteczności modelu dyskryminacyjnego). Ostatnim zaprezentowanym modelem jest ten opublikowany w 2018 roku przez trzech badaczy: T. Klietika, J. Vrbka i Z. Rowland<sup>165</sup>. Autorzy tego modelu postawili sobie za cel sprawdzenie czy funkcja dyskryminacyjna oszacowana dla grupy przedsiębiorstw, działających w teoretycznie podobnych gospodarkach (grupa Wyszehradzka), będzie równie dobrze klasyfikować spółki „zdrowe” i zagrożone upadłością, co funkcje oszacowane odrębnie dla każdego z tych państw. Okazało się, że było tak jedynie w jednym przypadku (W tabeli 2.8 funkcja  $Z_v$  jest funkcją dla całej grupy Wyszehradzkiej, wcześniejsze są funkcjami dla pojedynczych krajów, kolejno dla: Słowacji, Czech, Polski i Węgier). Stosunkowo niska dokładność zaprezentowanego modelu międzynarodowego oraz wyniki badań przeprowadzonych dla grupy Wyszehradzkiej mogą wskazywać, że tworzone modele powinny być szacowane dla poszczególnych gospodarek, a być może również dla konkretnych branż (co zostało omówione w rozdziale 2.2).

Podsumowując przegląd zagranicznej literatury przedmiotu dotyczącej dyskryminacyjnych modeli prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw, warto

---

<sup>163</sup> K. Opoku Appiah, J. Abor, *Predicting corporate failure: some empirical evidence from the UK*, Benchmarking: An International Journal, Vol. 16 Nr 3, 2009, s. 432-444

<sup>164</sup> M. Mihalovič, *Performance Comparison of Multiple Discriminant Analysis and Logit Models in Bankruptcy Prediction*, Economics and Sociology, Vol. 9, Nr 4, 2016 s. 101-118

<sup>165</sup> T. Klietika, J. Vrbka, Z. Rowland, *Bankruptcy prediction in Visegrad group countries using multiple discriminant analysis*, Equilibrium, Quarterly Journal of Economics and Economic Policy, 13(3), 2018, s.569–593

wskazać modele, które cieszą się największą popularnością wśród naukowców. O popularności modeli świadczyć może liczba cytowań prac, w których się one ukazały podawana przez wyszukiwarki naukowe. Zdecydowanie najczęściej cytowanym Autorem był naturalnie prekursor tego podejścia – E. Altman, zarówno jeżeli chodzi o jego prace indywidualne, jak i publikowane z innymi naukowcami. Na kolejnych miejscach tego swoistego rankingu popularności znajdują się: Deakin, Edmister oraz Blum. Widać więc, że to Amerykanie mieli zdecydowanie największy wpływ na rozwój tej gałęzi nauki.

**Tabela 2.9 Najczęściej wykorzystywane wskaźniki w zagranicznych modelach dyskryminacyjnych**

Wskaźnik	Liczba wystąpień	Wskaźnik	Liczba wystąpień
wynik netto / aktywa ogółem	15	środki pieniężne / zobowiązania krótkoterminowe	4
środki pieniężne / aktywa ogółem	11	zobowiązania krótkoterminowe / zobowiązania ogółem	4
wynik netto / kapitał własny	10	aktywa ogółem / zobowiązania ogółem	4
aktywa obrotowe / zobowiązania krótkoterminowe	9	(wynik netto + amortyzacja) / aktywa ogółem	4
Przychody ze sprzedaży / Aktywa ogółem	8	zapasy / kapitał obrotowy	3
zobowiązania ogółem / aktywa ogółem	8	Wartość rynkowa / Księgowa wartość długu	2
kapitał obrotowy / aktywa ogółem	7	inwestycje krótkoterminowe / zobowiązania krótkoterminowe	2
aktywa obrotowe / aktywa ogółem	7	wynik brutto / zobowiązania krótkoterminowe	2
zobowiązania krótkoterminowe / aktywa ogółem	7	aktywa obrotowe / zobowiązania ogółem	2
zysk zatrzymany / aktywa ogółem	5	(środki pieniężne + zobowiązania krótkoterminowe) / (koszty operacyjne - amortyzacja)	2
Wynik operacyjny / Aktywa ogółem	5	wynik brutto / aktywa ogółem	2
aktywa obrotowe / przychody ze sprzedaży	5	aktywa trwałe / aktywa ogółem	2
wynik netto / przychody ze sprzedaży	5		

Źródło: *Opracowanie własne*

Warto również przeanalizować częstość występowania poszczególnych wskaźników w zagranicznych modelach dyskryminacyjnych. W zaprezentowanych w tabeli 2.8, 29 modelach wykorzystanych zostało w sumie 196 wskaźników. Duża część z nich wykorzystywana była przez wielu autorów – liczba wskaźników po usunięciu powtarzających

się wynosi 88. Modelem wykorzystującym jedynie 1 wskaźnik był model M. Declerca, B. Heinsa i Ch. Van Wymeerscha. Natomiast, model wykorzystujący największą liczbę wskaźników (14) to model autorstwa E. Deakina. Średnia liczba wskaźników w zaprezentowanych w tej części pracy modelach wyniosła 6,76. Tabela 2.9 przedstawia najczęściej wykorzystywane wskaźniki w zagranicznych modelach dyskryminacyjnych.

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 2.9 najczęściej wykorzystywane przez zagranicznych autorów były wskaźniki rentowności oraz wskaźniki płynności. Najpopularniejszymi wskaźnikami były wskaźniki: rentowności aktywów, udziału środków pieniężnych w aktywach, rentowności kapitału własnego i wskaźnik płynności bieżącej. Tabele częstości występowania wskaźników prezentowane w tym i kolejnym podrozdziale mogą być użyteczną wskazówką dla badaczy planujących szacowanie własnych modeli prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw. Można bowiem przyjąć założenie, że skoro jedne wskaźniki wykorzystywane są częściej niż inne to oznacza to, że w lepszy sposób przyczyniają się do poprawnej identyfikacji przedsiębiorstw zagrożonych bankrutem.

W kolejnej części tego podrozdziału przedstawione zostały najpopularniejsze polskie modele prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw oparte w znacznej większości o wielowymiarową analizę dyskryminacyjną. Tabela 2.10 przedstawia 29 polskich modeli dyskryminacyjnych oszacowanych w latach 1994 – 2006.

**Tabela 2.10 Polskie modele dyskryminacyjne**

Autor	Rok	Funkcja dyskryminacyjna	Zmienne w kolejności	Dokładność
Mączyńska	1994	BRAK	KW / AO ; (WB + Am) / Przych. ; (WB + ods. fin) / AO ; (ZO / (WB + Am)) * 365	BD.
Mączyńska	1994	$Z = 1,5 * X_1 + 0,08 * X_2 + 10 * X_3 + 5 * X_4 + 0,3 * X_5 + 0,1 * X_6$	(WB + Am) / ZO ; AO / ZO ; WO / AO ; WO / Przych. ; Z / Przych. ; AO / Przych.	BD.
Pogodzińska, Sojak	1995	$Z = 0,644741 * X_1 + 0,912304 * X_2$	(Aob - Z) / ZK ; WB / Przych.	80% (próba ucząca)
Gajdka, Stos	1996	$Z = 0,01935 * X_1 + 1,094753 * X_2 + 1,179052 * X_3 - 6,35257 * X_4 + 0,291098 * X_5$	Aob / ZK ; Zob uprz. / ZO ; Przych. / AO ; WN / AO ; (WN + Am) / Przych.	82,5% (próba ucząca)
		$Z = 0,437449 + 0,017803 * X_1 + 0,588694 * X_2 + 0,138657 * X_3 - 4,31026 * X_4 - 0,01038 * X_5$	Aob / ZK ; ZO / AO ; Przych. / AO ; WN / AO ; (WN + ods. fin.) / Przych.	85% (próba testowa)
Hadasik	1998	$Z = 2,60839 - 2,50761 * X_1 + 0,001141147 * X_2 - 0,00925162 * X_3 + 0,0233545 * X_4$	ZO / AO ; (NAL*365) / Przych. ; (Z*365) / Przych. ; WN / Z	93,18% (próba ucząca)

		$Z = 2,76843 + 0,703585 * X1 - 1,2966 * X2 - 2,21854 * X3 + 1,52891 * X4 + 0,00254294 * X5 - 0,0140733 * X6 + 0,0186057 * X7$	Aob / ZK ; (Aob - Z) / ZK ; ZO / AO ; ZO / AO ; (NAL*365) / Przych. ; (Z*365) / Przych. ; WN / Z	95,45% (próba ucząca)
		$Z = 2,36261 + 0,365425 * X1 - 0,765526 * X2 - 2,40435 * X3 + 1,59079 * X4 + 0,00230258 * X5 - 0,0127826 * X6$	Aob / ZK ; (Aob - Z) / ZK ; ZO / AO ; ZO / AO ; (NAL*365) / Przych. ; (Z*365) / Przych.	95,08% (próba ucząca)
		$Z = 2,41753 - 2,62766 * X1 + 0,0013463 * X2 - 0,00922513 * X3 + 0,0272307 * X4$	ZO / AO ; (NAL*365) / Przych. ; (Z*365) / Przych. ; WN / Z	93,44% (próba ucząca)
		$Z = 2,59323 + 0,335969 * X1 - 0,71245 * X2 - 2,4716 * X3 + 1,46434 * X4 + 0,002460969 * X5 - 0,0138937 * X6 + 0,0243387 * X7$	Aob / ZK ; (Aob - Z) / ZK ; ZO / AO ; ZO / AO ; (NAL*365) / Przych. ; (Z*365) / Przych. ; WN / Z	96,72% (próba ucząca)
Wierzba	2000	$Z = 3,26 * X1 + 2,16 * X2 + 0,69 * X3 + 0,3 * X4$	(WO - Am) / AO ; (WO - Am) / Przych. ; ZO / AO ; Aob / ZO	92% (próba ucząca) -rok przed; 76% - dwa lata przed
Hołda	2001	$Z = 0,605 + 0,681 * X1 - 0,0196 * X2 + 0,00969 * X3 + 0,000672 * X4 + 0,157 * X5$	Aob / ZK ; ZO / AO ; WN / AO ; ZK *360 / (koszt. Op) ; Przych. / AO	92,5% (próba ucząca)
Sojak, Stawicki	2001	Trzy Funkcje: $Z_{zle} = -11,6499 - 0,1144 * X1 + 0,5178 * X2 - 20,4475 * X3 - 0,0661 * X4 + 0,0663 * X5 - 50,4610 * X6 + 1,8358 * X7$ ; $Z_{srednie} = -2,3393 - 0,0586 * X1 - 3,3608 * X2 + 10,7088 * X3 + 0,1455 * X4 - 0,065 * X5 + 4,5837 * X6 + 2,4329 * X7$ ; $Z_{dobre} = -5,992 - 0,0153 * X1 + 2,0482 * X2 + 9,637 * X3 + 0,1714 * X4 - 0,0091 * X5 - 15,78 * X6 - 0,0018 * X7$	WN / Aob ; (Aob - Z - RMC) / ZK ; Kob / AO ; WN / KW ; WN / At ; (WN + ods. fin - PD) / AO ; Aob / ZK	93,10% (próba ucząca)
Gajdka, Stos	2003	$Z = 0,7732059 - 0,0856425 * X1 + 0,000774 * X2 + 0,9220985 * X3 + 0,6535995 * X4 - 0,594687 * X5$	Przych. / AO ; ZK*365 / Koszt WPD ; WN / AO ; WB / Przych. ; ZO / AO	92,5% (próba ucząca)
		$Z = -0,0005 * X1 + 2,0552 * X2 + 1,7260 * X3 + 0,1155 * X4$	ZK / Koszt WPD ; WN / AO ; WB / Przych. ; AO / ZO	100% (próba ucząca)
Appenzeller, Szarzec	2004	$Z = -0,661 + 1,286 * X1 - 1,305 * X2 - 0,226 * X3 + 3,015 * X4 - 0,005 * X5 - 0,009 * X6$	Aob / ZK ; (Aob - Z - Nal. Kr.) / ZK ; WB / Przych. ; WN / AO ; (Z*365) / Przych. ; (ZO + Rez. Zob) / ((WO + Am) *(12/365))	85,29% (próba ucząca)
		$Z = -0,556 + 0,819 * X1 + 2,567 * X2 - 0,005 * X3 - 0,0095 * X4 + 0,0006 * X5$	Aob / ZK ; WO / Przych. ; (Z*365) / Przych. ; (ZO + Rez. Zob) / ((WO + Am) *(12/365)) ; (Nal. Kr / Przych. + Z / Przych.) *365	88,23% (próba ucząca)
Hamrol, Czajka, Piechocki	2004	$Z = -2,368 + 3,562 * X1 + 1,588 * X2 + 4,288 * X3 + 6,719 * X4$	WN / AO ; (Aob - Z) / ZK ; KS / AO ; WS / Przych.	BD.

Prusak	2005	$Z = -1,5685 + 6,5245 \cdot X_1 + 0,148X_2 + 0,4061 \cdot X_3 + 2,1754 \cdot X_4$	WO / AO ; koszt. Op / ZK ; Aob / ZK ; WO / Przych.	100% (próba ucząca); 94,87% (próba testowa)
		$Z = 1,8713 + 1,4383 \cdot X_1 + 0,1878 \cdot X_2 + 5,0229 \cdot X_3$	(WN + Am) / ZO ; koszt. Op / ZK ; WS / AO	93,51% (próba ucząca); 93,59% (próba testowa)
		$Z = -1,176 + 6,9973 \cdot X_1 + 0,1191 \cdot X_2 + 0,1932 \cdot X_3$	WS / AO ; koszt. Op / ZK ; Aob / ZK	97,86% (próba ucząca)
		$Z = -0,3758 + 3,7657 \cdot X_1 + 0,1049 \cdot X_2 - 1,6765 \cdot X_3 + 3,523 \cdot X_4$	WS / AO ; koszt. Op / ZK ; ZK / AO ; WO / AO	95,71% (próba ucząca)
Mączyńska, Zawadzki	2006	$Z = -9,382 + 5,577 \cdot X_1 + 1,472 \cdot X_2 + 0,154 \cdot X_3 + 0,31 \cdot X_4 + 1,937 \cdot X_5 + 1,598 \cdot X_6 + 3,203 \cdot X_7 + 0,436 \cdot X_8 + 0,192 \cdot X_9 + 0,14 \cdot X_{10} + 0,386 \cdot X_{11} + 1,715 \cdot X_{12}$	dyn. Przych ; WO / AO ; WN / Przych. ; 3y WB / AO ; KW / AO ; (KW - KZ) / AO ; (WN + Am) / ZO ; WO / koszt. fin ; Aob / ZK ; Kob / At ; Przych. / AO ; log <sub>10</sub> AO	93,8% (próba ucząca); 96,9% (próba testowa)
		$Z = -0,392 + 5,837 \cdot X_1 + 2,231 \cdot X_2 + 0,222 \cdot X_3 + 0,496 \cdot X_4 + 0,945 \cdot X_5 + 1,028 \cdot X_6 + 3,472 \cdot X_7 + 0,495 \cdot X_8 + 0,166 \cdot X_9 + 0,195 \cdot X_{10} + 0,03 \cdot X_{11}$	dyn. Przych. ; WO / AO ; KW / AO ; (KW - KZ) / AO ; (WN + Am) / ZO ; WO / koszt. fin ; Aob / ZK ; Kob / At ; Przych. / AO	95%(próba ucząca); 93,8% (próba testowa)
		$Z = -0,678 + 5,896 \cdot X_1 + 2,831 \cdot X_2 + 0,539 \cdot X_3 + 2,538 \cdot X_4 + 3,655 \cdot X_5 + 0,467 \cdot X_6 + 0,179 \cdot X_7 + 0,226 \cdot X_8 + 0,168 \cdot X_9$	dyn. Przych. ; WO / AO ; KW / AO ; (KW - KZ) / AO ; (WN + Am) / ZO ; WO / koszt. fin ; Aob / ZK ; Kob / At ; Przych. / AO	95%(próba ucząca); 93,8% (próba testowa)
		$Z = -0,593 + 6,029 \cdot X_1 + 6,546 \cdot X_2 + 1,546 \cdot X_3 + 1,463 \cdot X_4 + 3,358 \cdot X_5 + 0,363 \cdot X_6 + 0,172 \cdot X_7 + 0,114 \cdot X_8$	dyn. Przych. ; WO / AO ; KW / AO ; (KW - KZ) / AO ; (WN + Am) / ZO ; Aob / ZK ; Kob / At ; Przych. / AO	93,8% (próba ucząca); 87,5% (próba testowa)
		$Z = -1,962 + 9,004 \cdot X_1 + 1,177 \cdot X_2 + 1,889 \cdot X_3 + 3,134 \cdot X_4 + 0,5 \cdot X_5 + 0,16 \cdot X_6 + 0,749 \cdot X_7$	WO / AO ; KW / AO ; (KW - KZ) / AO ; (WN + Am) / ZO ; Aob / ZK ; Kob / At ; Przych. / AO	96,2% (próba ucząca); 85,2% (próba testowa)
		$Z = -2,478 + 9,478 \cdot X_1 + 3,613 \cdot X_2 + 3,246 \cdot X_3 + 0,455 \cdot X_4 + 0,802 \cdot X_5$	WO / AO ; KW / AO ; (WN + Am) / ZO ; Aob / ZK ; Przych. / AO	95% (próba ucząca); 85,2% (próba testowa)
		$Z = -1,498 + 9,498 \cdot X_1 + 3,566 \cdot X_2 + 2,903 \cdot X_3 + 0,452 \cdot X_4$	WO / AO ; KW / AO ; (WN + Am) / ZO ; Aob / ZK	95% (próba ucząca); 88,4%(próba testowa)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Mączyńska E., 1994. Ocena kondycji przedsiębiorstwa (uproszczone metody). *Życie Gospodarcze* 38, s. 42-45; M. Pogodzińska, S. Sojak, Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej w przewidywaniu bankructwa przedsiębiorstw, w AUNC, *Ekonomia* XXV, Zeszyt 299, Toruń 1995 r.; J. Gajdka, D. Stos, Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej w ocenie kondycji finansowej przedsiębiorstw, w: *Restrukturyzacja w procesie przekształceń i rozwoju przedsiębiorstw*, (red) R. Borowiecki, Wydawnictwo AE w Krakowie, Kraków, 1996 r.; J. Gajdka, D. Stos, Ocena kondycji finansowej polskich spółek publicznych w okresie 1998-2001, w: *Czas na pieniądź. Zarządzanie finansami. Mierzenie wyników i wycena przedsiębiorstw t.l.*, (red) D. Zarzecki, Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 2003; D. Hadasik, Upadłość przedsiębiorstw w Polsce i metody jej prognozowania, *Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, Poznań* 1998, s. 71-80, 152-165.; D.



Appenzeller, K. Szarzec, *Prognozowanie zagrożenia upadłością polskich spółek publicznych*, *Rynek Terminowy*, nr 1/2004, s. 120-128; A. Hołda, *Prognozowanie bankructwa jednostki w warunkach gospodarki polskiej z wykorzystaniem funkcji dyskryminacyjnej ZH*, *Rachunkowość*, nr 5/2001, ss. 306-310; D. Wierzbą, *Wczesne wykrywanie przedsiębiorstw zagrożonych upadłością na podstawie wskaźników finansowych – teoria i badania empiryczne*, w: *Zeszyty Naukowe nr 9*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomiczno-Informacyjnej w Warszawie, Warszawa 2000, s. 79-105; S. Sojak, J. Stawicki, *Wykorzystanie metod taksonomicznych do oceny kondycji ekonomicznej przedsiębiorstw*, *Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości*, t. 3 (59), red. L. Bednarski, Warszawa 2001, s. 56-67; B. Prusak, *Nowoczesne metody prognozowania zagrożenia finansowego przedsiębiorstw*, *Difin*, Warszawa, 2005, s.114, 149-155; E. Mączyńska, M. Zawadzki, *Dyskryminacyjne modele predykcji upadłości przedsiębiorstw*, *Ekonomista*, nr 2/2006, s.205-235; M. Hamrol, B. Czajka, M. Piechocki, *Upadłość przedsiębiorstwa – model analizy dyskryminacyjnej*, *Przegląd Organizacji*, nr 6/2004 s. 35-39.

Wraz z wprowadzeniem w Polsce zasad gospodarki rynkowej na początku lat dziewięćdziesiątych, a w raz z nimi rosnącej liczby przedsiębiorstw prywatnych, w naturalny sposób pojawił się nieznany wcześniej na tę skalę problem ich upadłości. Oprócz potrzeby dostosowania warunków prawnych do nowej rzeczywistości pojawiła się również potrzeba głębszych analiz ekonomicznych, umożliwiających zainteresowanym podmiotom ocenę kondycji finansowej przedsiębiorstw oraz identyfikację przedsiębiorstw zagrożonych bankructwem. W związku z tym w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku pojawiły się pierwsze oszacowane w Polsce modele klasyfikacyjne oparte na analizie dyskryminacyjnej.

Pierwszym zaproponowanym w Polsce narzędziem do oceny kondycji finansowej przedsiębiorstw był jednowymiarowy model autorstwa E. Mączyńskiej<sup>166</sup>, który nazywany bywa szybkim testem. Model ten, co prawda, nie został oszacowany z wykorzystaniem analizy dyskryminacyjnej, jednak ze względu na fakt, że jest on prekursorskim modelem w naszym kraju został ujęty w niniejszym rozdziale. Powyższe zaprezentowane w 1994 roku podejście zakładało ocenę kondycji finansowej przedsiębiorstwa w pięciostopniowej skali na podstawie wartości 4 wskaźników. Model ten charakteryzował się jednowymiarowością, co oznacza, że ocena danego przedsiębiorstwa dokonywana była na podstawie wartości tylko jednego wskaźnika (nie kilku łącznie), co wymagało od analityka arbitralnego wyboru odpowiedniego z nich. Tabela 2.11 przedstawia zasady oceny kondycji finansowej przedsiębiorstwa na podstawie szybkiego testu.

---

<sup>166</sup> Mączyńska E., 1994. *Ocena kondycji przedsiębiorstwa (uproszczone metody)*, *Życie Gospodarcze* 38, s. 42-45.

**Tabela 2.11 Ocena kondycji finansowej przedsiębiorstwa z wykorzystaniem szybkiego testu**

Wskaźnik	Skala ocen				
	Bardzo dobra	Dobra	Średnia	Zła	Bardzo zła
X <sub>1</sub>	> 30%	> 20%	> 10%	< 10%	Ujemny
X <sub>2</sub>	> 12%	> 9%	> 7%	< 7%	Ujemny
X <sub>3</sub>	> 17%	> 13%	>10%	< 10%	Ujemny
X <sub>4</sub>	< 3 lata	< 5 lat	< 12 lat	> 12 lat	>30 lat

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: E. Mączyńska, *Ocena kondycji przedsiębiorstwa*, Życie Gospodarcze, nr 38, 1994, s.42.

Jeszcze w tym samym roku, E. Mączyńska opublikowała pierwszy polski model oparty na analizie dyskryminacyjnej. Model ten wykorzystujący sześć wskaźników analizy finansowej, będący adaptacją modelu O. Jacobsa<sup>167</sup>. Ciekawą właściwością tego modelu jest niewątpliwie to, że autorka wyróżniła 4 stany, w których może znaleźć się przedsiębiorstwo w zależności od wartości funkcji dyskryminacyjnej: zagrożone upadłością, niezagrożone ale dość słabe, dość dobre, dobre. Kolejnym polskim modelem wykorzystującym wielowymiarową analizę dyskryminacyjną jest opublikowany w 1996 roku model autorstwa M. Pogodzińskiej i S. Sojaka<sup>168</sup>. Jest on jednym z najprostszych polskich modeli predykcji zagrożenia bankrutem – występują w nim tylko dwie zmienne objaśniające. Wartością graniczną prezentowanego modelu było 0, natomiast autorzy wskazali również strefę pośrednią w przedziale od -0,454 do 0,09, w której ciężko jest jednoznacznie sklasyfikować badane przedsiębiorstwo. Skuteczność modelu osiągnęła 80%.

Kolejnymi polskimi autorami, którzy wnieśli wkład w rozwój modelowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw w Polsce są S. Gajdka i T. Stos. Autorzy, na podstawie danych finansowych 40 przedsiębiorstw, bez stosowania doboru branżowego czy wielkościowego oszacowali w 1996 roku dwa modele wykorzystujące po pięć 5 wskaźników finansowych<sup>169</sup>. Ci sami autorzy 7 lat później opracowali kolejne dwa modele charakteryzujące się już bardzo wysoką, 92,5% oraz 100% dokładnością (choć została ona zweryfikowana jedynie na próbie uczącej)<sup>170</sup>.

<sup>167</sup> Ibidem, s. 42-45.

<sup>168</sup> M. Pogodzińska, S. Sojak, *Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej w przewidywaniu bankructwa przedsiębiorstw*, AUNC, *Ekonomia XXV*, Zeszyt 299, Toruń, 1995, s. 53-61.

<sup>169</sup> J. Gajdka, D. Stos, *Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej w ocenie kondycji finansowej przedsiębiorstw*, w: *Restrukturyzacja w procesie przekształceń i rozwoju przedsiębiorstw*, (red) R. Borowiecki, Wydawnictwo AE w Krakowie, Kraków, 1996, s. 56-65.

<sup>170</sup> J. Gajdka, D. Stos, *Ocena kondycji finansowej polskich spółek publicznych w okresie 1998-2001*, w: *Czas na pieniądź. Zarządzanie finansami. Mierzenie wyników i wycena przedsiębiorstw t.l.*, (red) D. Zarzecki, Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 2003, s. 149-161.

Na szczególną uwagę zasługują z pewnością modele zaproponowane w 1998 roku przez D. Hadasik<sup>171</sup>. Autorka w ramach jednej publikacji zaprezentowała pięć funkcji wykorzystujących od czterech do siedmiu zmiennych. Modele osiągały bardzo wysokie dokładności od 93% do prawie 97%. Podane skuteczności odnoszą się niestety jedynie do próby uczącej. Warto zauważyć, że D. Hadasik w każdym ze swoich 5 modeli zastosowała wskaźniki obrotowości wyrażone w dniach. Autorka ta, również w kolejnych latach (już pod nazwiskiem Appenzeller) wraz z K. Szarzec<sup>172</sup> opublikowała kolejne dwa modele, tym razem oszacowane dla Spółek notowanych na GPW. Wykorzystując dobór sektorowy i wielkościowy (pod względem sumy aktywów), na grupie 68 podmiotów Autorkom udało się osiągnąć dokładność rzędu 85,29 - 88,23%.

Wszystkie kolejne modele przedstawione w niniejszym rozdziale charakteryzują się bardzo wysoką skutecznością. D. Wierzba<sup>173</sup> w 2000 roku opracował model przy oszacowaniu którego wykorzystał 24 przedsiębiorstwa, które ogłosiły upadłość lub wprowadziły postępowanie układowe oraz dobrał do nich 24 podmioty wypłacalne biorąc pod uwagę rodzaj działalności jak również wartość sumy bilansowej. Wartość graniczna funkcji dyskryminacyjnej w modelu Wierzby ustalona została na poziomie 0. Model ten osiągnął dokładność na poziomie 92% na rok przed upadłością, natomiast na dwa lata przed upadłością zdolność predykcyjna wyniosła 76%. Na stosunkowo dużej próbie uczącej opracował swój model w 2001 roku A. Hołda<sup>174</sup>. Wyselekcjonowana została grupa aż 80 przedsiębiorstw, spośród których połowę stanowiły podmioty upadłe. Przedsiębiorstwa o dobrej kondycji finansowej dobrane zostały na podstawie charakteru prowadzonej działalności (wykorzystano przedsiębiorstwa z grup 4500-7400 Europejskiej Klasyfikacji Działalności). Wartość graniczna funkcji dyskryminacyjnej została określona na poziomie 0, natomiast A. Hołda oszacował również przedział od -0,3 do 0,1, w którym wynik klasyfikacji jest niejednoznaczny. Skuteczność tego modelu osiągnęła poziom 92,5%.

---

<sup>171</sup> D. Hadasik, *Upadłość przedsiębiorstw w Polsce i metody jej prognozowania*, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, Poznań 1998, s. 71-80, 152-165.

<sup>172</sup> D. Appenzeller, K. Szarzec, *Prognozowanie zagrożenia upadłością polskich spółek publicznych*, Rynek Terminowy, nr 1/2004, s. 120-128.

<sup>173</sup> D. Wierzba, *Wczesne wykrywanie przedsiębiorstw zagrożonych upadłością na podstawie wskaźników finansowych – teoria i badania empiryczne*, w: Zeszyty Naukowe nr 9, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomiczno-Informacyjnej w Warszawie, Warszawa 2000, s. 79-105.

<sup>174</sup> A. Hołda, *Prognozowanie bankructwa jednostki w warunkach gospodarki polskiej z wykorzystaniem funkcji dyskryminacyjnej ZH*, Rachunkowość, nr 5/2001, ss. 306-310.

Bardzo ciekawe i nietypowe podejście zastosowali w swojej pracy z 2003 roku S. Sojak i J. Stawicki<sup>175</sup>. Autorzy przy użyciu analizy dyskryminacyjnej oraz danych finansowych 58 przedsiębiorstw, oszacowali aż trzy funkcje, które wykorzystują siedem wskaźników finansowych. Poszczególne podmioty klasyfikowane są do tej z trzech grup (złe, średnie, dobre), dla której funkcja dyskryminacyjna przyjmuje największą wartość. To podejście również zapewniło modelowi wysoką, ponad 93% skuteczność na próbie uczącej. Kolejnym modelem, który został oszacowany w oparciu o dane finansowe stosunkowo dużej grupy przedsiębiorstw jest model „poznański”, który został stworzony przez grupę naukowców pod kierownictwem M. Hamrola<sup>176</sup>. Do budowy modelu wykorzystanych zostało po 50 przedsiębiorstw z grupy upadłych i „zdrowych”. Pierwotnie, każdy z podmiotów opisany został aż 31 wskaźnikami, natomiast w efekcie procedury redukcji zmiennych ostatecznie wykorzystano 4 wskaźniki. Wartość graniczna modelu „poznańskiego” została określona na poziomie 0. W późniejszych latach dokonano oceny skuteczności modelu „poznańskiego”, a jego dokładność wynosiła od 92,45% do 95,74%, w zależności od sektora, w którym działały przedsiębiorstwa należące do grupy testowej<sup>177</sup>.

Ostatnie dwa zestawy funkcji dyskryminacyjnych przedstawione w tabeli 2.10 są wynikiem szerokich badań przeprowadzonych niezależnie w latach 2005 – 2006. Pierwszym z nich są cztery wysokosprawne modele autorstwa B. Prusaka<sup>178</sup>. Dwa pierwsze modele powstały z wykorzystaniem danych finansowych 80 przedsiębiorstw działających w podobnych branżach. Wskaźniki służące do oszacowania funkcji dyskryminacyjnych wyselekcjonowane zostały z uwzględnieniem ich przydatności do identyfikacji przedsiębiorstw zagrożonych upadłością oraz częstości ich wykorzystywania w literaturze przedmiotu. Pierwszy z modeli B. Prusaka zaprezentowany w tabeli 2.9 służy do klasyfikacji przedsiębiorstw na rok przed wystąpieniem upadłości, natomiast drugi na dwa lata przed. Jak widać modele te charakteryzują się bardzo wysoką skutecznością – nawet w przypadku modelu z dwurocznym wyprzedzeniem na grupie testowej. Autor postanowił również oszacować kolejne dwa modele

---

<sup>175</sup> S. Sojak, J. Stawicki, *Wykorzystanie metod taksonomicznych do oceny kondycji ekonomicznej przedsiębiorstw*, *Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości*, t. 3 (59), red. L. Bednarski, Warszawa 2001, s. 56-67

<sup>176</sup> M. Hamrol, B. Czajka, M. Piechocki, *Upadłość przedsiębiorstwa – model analizy dyskryminacyjnej*, *Przegląd Organizacji*, nr 6/2004 s. 35-39.

<sup>177</sup> P. Antonowicz, *Metody oceny i prognoza kondycji ekonomiczno-finansowej przedsiębiorstw*, ODDK, Gdańsk, 2007, s. 59.

<sup>178</sup> B. Prusak, *Nowoczesne metody prognozowania zagrożenia finansowego przedsiębiorstw*, Difin, Warszawa, 2005, s.114, 149-155.

wykorzystując większą grupę uczącą uformowaną w wyniku połączenia wcześniejszej grupy uczącej i testowej. Te dwa modele charakteryzowały się porównywalną dokładnością, natomiast ze względu na wykorzystanie wszystkich dostępnych Autorowi danych niemożliwe było zweryfikowanie wyników na próbie testowej.

Ostatnimi zaprezentowanymi modelami są te powstałe w ramach badań prowadzonych przez Naukowców z Instytutu Nauk Ekonomicznych Polskiej Akademii Nauk (INE PAN) – wspomnianą już wcześniej E. Mączyńską<sup>179</sup>. Do oszacowania funkcji dyskryminacyjnych wykorzystano dane finansowe 80 podmiotów produkcyjnych, handlowych i usługowych, notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. Ostatecznie w badaniu wykorzystano grupę 12 wskaźników, na bazie których stworzonych zostało siedem modeli charakteryzujących się bardzo wysoką skutecznością – również na próbie testowej liczącej 48 podmiotów. Warto zauważyć, że dokładności modeli na próbie testowej nie są wprost zależne od sprawności na próbie uczącej – model pierwszy posiadający największą sprawność na próbie testowej na poziomie 96,9% charakteryzował się jednocześnie najniższą sprawnością na próbie testowej wynoszącą 93,8%.

W przedstawionych powyżej modelach wykorzystanych zostało w sumie 51 unikalnych wskaźników. Przeciętny polski model prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw wykorzystuje 5,52 wskaźników. W tabeli 2.12 zaprezentowane zostały najpopularniejsze wskaźniki stosowane w polskich modelach dyskryminacyjnych.

**Tabela 2.12 Najczęściej wykorzystywane wskaźniki w polskich modelach dyskryminacyjnych**

Wskaźniki	Liczba wystąpień	Wskaźniki	Liczba wystąpień
Aob / ZK	18	(NAL*365) / Przych.	5
ZO / AO	12	Kob / At	5
Przych. / AO	10	koszt. Op / ZK	4
WO / AO	10	WB / Przych.	4
KW / AO	8	WN / Z	4
(WN + Am) / ZO	8	dyn. Przych.	3
KW / AO	8	WO / koszt. fin	3
(Z*365) / Przych.	7	WO / Przych.	3
WN / AO	7	WS / AO	3
(Aob - Z) / ZK	5	(ZO + Rez. Zob) / ((WO + Am) *(12/365))	2
(KW - KZ) / AO	5	AO / ZO	2

Źródło: Opracowanie własne

<sup>179</sup> E. Mączyńska, M. Zawadzki, *Dyskryminacyjne modele predykcji upadłości przedsiębiorstw*, *Ekonomista*, nr 2/2006, s.205-235.

Zdecydowanie największym uznaniem polskich autorów cieszy się wskaźnik płynności bieżącej oraz wskaźnik stosunku zobowiązań ogółem do aktywów ogółem. Często wykorzystywany był również wskaźnik przychody ze sprzedaży / aktywa ogółem oraz wskaźnik rentowności operacyjnej aktywów. W kolejnym podrozdziale przedstawione zostały modele oszacowane za pomocą technik innych niż analiza dyskryminacyjna, a mianowicie analiza logitowa i probitowa, drzewa decyzyjne oraz sztuczne sieci neuronowe.

## **2.4 Wybrane modele predykcji bankructw przedsiębiorstw oparte na analizie logitowej i probitowej, drzewach decyzyjnych i sztucznych sieciach neuronowych**

Ciągły rozwój technologiczny oraz wzrost mocy obliczeniowej komputerów umożliwiły stosowanie nowszych, bardziej skomplikowanych narzędzi statystycznych do klasyfikowania różnego rodzaju obiektów. Również naukowcy zajmujący się modelowym podejściem do problemu bankructw i upadłości przedsiębiorstw często sięgali po rozwiązania pomagające im identyfikować podmioty o złej kondycji finansowej. W tej części pracy przedstawione zostały modele oszacowane za pomocą innych technik niż analiza dyskryminacyjna takie jak: analiza logitowa i probitowa, sztuczne sieci neuronowe oraz drzewa klasyfikacyjne. W tabeli 2.13 przedstawionych zostało 31 modeli probabilistycznych opublikowanych w latach 1974 – 2016.

Pierwszym z zaprezentowanych modeli jest oszacowany w 1974 roku model autorstwa L. Chessera<sup>180</sup>. Celem tego modelu nie było jednoznaczne orzekanie o zdolności przedsiębiorstwa do dalszej działalności czy ocenie jego całościowej kondycji finansowej. Autor proponował wykorzystanie swojej funkcji do odpowiedzi na pytanie jakie jest prawdopodobieństwo, że dany podmiot nie będzie w stanie spłacać swoich zobowiązań. W świetle polskiego prawa upadłościowego niespłacanie przez przedsiębiorstwo zobowiązań jest podstawą do złożenia wniosku upadłościowego, w związku z czym postanowiono zaliczyć model L. Chessera do modeli prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw.

---

<sup>180</sup> L. Chesser, *Predicting loan noncompliance*, The Journal of Commercial Bank Lending 56, 1974, s.28-38.

Tabela 2.13 Wybrane modele logitowe i probitowe

Autor	Rok	Funkcja klasyfikacyjna	Zmienne w kolejności	Dokładność	Kraj / Region
Chesser	1974	$Z = -2,0434 - 5,24*X_1 + 0,0053*X_2 - 6,6507*X_3 + 4,4009*X_4 - 0,0791*X_5 - 0,1021*X_6$	ŚP / AO ; Przych. / ŚP ; WO / AO ; ZO / AO ; At / KW ; Kob / Przych.	BD	USA
Ohlson	1980	$Z = -1,33 - 0,407*X_1 + 6,03*X_2 - 1,43*X_3 + 0,076*X_4 - 2,37*X_5 - 1,83*X_6 + 0,285*X_7 - 1,72*X_8 - 0,521*X_9$	ln (AO / deflator PKB) ; ZO / AO ; Kob / AO ; ZK / Aob ; WN / AO ; PPO / ZO ; 1 jeżeli WN był ujemny w dwóch ostatnich latach ; 1 jeżeli ZO > AO ; WN - WN(t-1) / ( WN  +  WN(t-1) )	96% (próba ucząca); 85% (próba testowa)	USA
Zavgren	1983	$Z = 0,23883 - 0,108*X_1 - 1,583*X_2 - 10,78*X_3 + 3,074*X_4 + 0,486*X_5 - 4,35*X_6 - 0,11*X_7$	Przych. / Z ; NAL / Z ; IK / AO ; Aob / ZK ; (WO - AO) / ZK ; (ZD - AO) / ZK ; (Przych. / At) + Kob	BD	USA
Zmijewski	1984	$Z = -4,336 - 4,513*X_1 + 5,679*X_2 + 0,004*X_3$	WN / AO ; ZO / AO ; Aob / ZK	98,20% (próba ucząca)	USA
Gloubos, Grammatikos	1984	$Y = 0,313 + 0,546*X_2 + 0,805*X_5 + 0,979*X_6$	AK / AO ; Kob / AO ; Z / Kob ; ŚP / AO ; WN / ZK ; WB / AO	91,4% (próba ucząca)	Grecja
Gentry, Newbold, Whitford	1985	$Z = 0,603 - 0,244*X_1 + 0,506*X_2 - 2,399*X_3 - 0,204*X_4 - 0,936*X_5 + 1,444*X_6 + 8,743*X_7 + 1,468*X_8$	PPO / PPN ; Kob / PPN ; inne przepływy aktywów i zobowiązań / PPN ; PPI / PPN ; wydatki stałe / PPN ; wydatki kapitałowe / PPN ; dywidendy / PPN ; PPN / AO	83% (rok przed upadłością)	USA
		$Z = 0,668 + 0,159*X_1 + 1,115*X_2 - 3,416*X_3 - 0,104*X_4 - 1,647*X_5 + 2,708*X_6 + 10,136*X_7 + 2,448*X_8$	PPO / PPN ; Kob / PPN ; inne przepływy aktywów i zobowiązań / PPN ; PPI / PPN ; wydatki stałe / PPN ; wydatki kapitałowe / PPN ; dywidendy / PPN ; PPN / AO	77% (dwa lata przed upadłością)	
Zavgren	1985	$Z = -0,23883 + 0,00108*X_1 + 0,01583*X_2 + 0,10780*X_3 - 0,03074*X_4 - 0,00486*X_5 + 0,04350*X_6 - 0,00110*X_7$	Z / Przych. ; NAL / Z ; ŚP / AO ; (Aob - Z) / ZK ; WN / KW ; ZO / AO ; Przych. / AO	BD	USA
		$Z = -2,61060 + 0,04185*X_1 + 0,02215*X_2 + 0,11231*X_3 - 0,02690*X_4 - 0,01440*X_5 + 0,04464*X_6 + 0,00063*X_7$	Z / Przych. ; NAL / Z ; ŚP / AO ; (Aob - Z) / ZK ; WN / KW ; ZO / AO ; Przych. / AO	BD	
		$Z = -1,51150 + 0,06257*X_1 + 0,00829*X_2 + 0,4248*X_3 - 0,01549*X_4 - 0,00519*X_5 + 0,01822*X_6 + 0,00002*X_7$	Z / Przych. ; NAL / Z ; ŚP / AO ; (Aob - Z) / ZK ; WN / KW ; ZO / AO ; Przych. / AO	BD	
		$Z = -5,9457 + 0,09157*X_1 + 0,09157*X_2 + 0,05917*X_3 - 0,00410*X_4 - 0,01950*X_5 + 0,04100*X_6 + 0,00363*X_7$	Z / Przych. ; NAL / Z ; ŚP / AO ; (Aob - Z) / ZK ; WN / KW ; ZO / AO ; Przych. / AO	BD	

		$Z = -6,8766 + 0,08835 * X1 + 0,00692 * X2 + 0,15786 * X3 + 0,00018 * X4 - 0,02301 * X5 + 0,04371 * X6 + 0,00798 * X7$	Z / Przych. ; NAL / Z ; ŚP / AO ; (Aob - Z) / ZK ; WN / KW ; ZO / AO ; Przych. / AO	BD	
Keasey, Watson	1987	$Z = 0,6014 + 0,7048 * X1 - 0,9493 * X2 - 0,2003 * X3 - 0,1240 * X4 - 0,4104 * X5$	ZO / AO ; At / AO ; WB / AO ; WO / KW ; WO / ZO	76,70%	USA
		$Z = 0,5828 + 0,0639 * X1 - 0,2166 * X2 + 0,7845 * X3 - 1,2804 * X4 + 1,3177 * X5$	przeciętne spóźnienie w sprawozdawczości (w miesiącach) ; liczba dyrektorów ; 1 jeżeli aktywa spółki są zabezpieczeniem kredytu ; 1 jeżeli spółka posiada zaudytowane sprawozdanie w ciągu ostatnich dwóch lat ; 1 jeżeli spółka posiada zaudytowane sprawozdanie w ciągu ostatniego roku	75,30%	
		$Z = 0,6785 + 0,8760 * X1 - 1,4197 * X2 - 0,2579 * X3 - 0,4433 * X4 + 0,1187 * X5 + 0,1483 * X6 - 0,2273 * X7 + 0,4569 * X8 + 0,8923 * X9 - 0,0841 * X10$	ZO / AO ; At / AO ; WB / AO ; WO / ZO ; (Aob - Z) / ZK ; przeciętne spóźnienie w sprawozdawczości (w miesiącach) ; liczba dyrektorów ; 1 jeżeli była pozytywna opinia audytora ; 1 jeżeli aktywa spółki są zabezpieczeniem kredytu ; przeciętne spóźnienie zakończenia roku obrotowego	82,20%	
Aziz, Emanuel, Lawson	1988	$Z = 3,007 - 6,601 * X1 - 5,183 * X2 - 32,2 * X3 + 5,823 * X4 - 121,44 * X5$	PPO ; PPI ; zapłacone podatki ; zmiana płynności bieżącej ; zapłacone odsetki - zmiana zobowiązań długoterminowych - zmiana zobowiązań krótkoterminowych	91,80%	USA
		$Z = 1,8161 - 7,5775 * X1 - 0,35799 * X2 - 23,588 * X3 - 2,994 * X4 - 10,033 * X5$	PPO ; PPI ; zapłacone podatki ; zmiana płynności bieżącej ; zapłacone odsetki - zmiana zobowiązań długoterminowych - zmiana zobowiązań krótkoterminowych	84,70% (próba ucząca)	



		$Z = 1,8457 - 3,1925X1 - 2,5741X2 - 29,743X3 - 5,5319X4 - 15,793X5$	PPO ; PPI ; zapłacone podatki ; zmiana płynności bieżącej ; zapłacone odsetki - zmiana zobowiązań długoterminowych - zmiana zobowiązań krótkoterminowych	78,60% (próba ucząca)	
		$Z = 2,4722 - 1,1195X1 - 8,9282X2 - 39,837X3 - 8,3838X4 - 23,413X5$	PPO ; PPI ; zapłacone podatki ; zmiana płynności bieżącej ; zapłacone odsetki - zmiana zobowiązań długoterminowych - zmiana zobowiązań krótkoterminowych	80,20% (próba ucząca)	
		$Z = 2,2448 - 7,7429X1 - 0,57494X2 - 32,343X3 - 17,863X4 + 2,0766X5$	PPO ; PPI ; zapłacone podatki ; zmiana płynności bieżącej ; zapłacone odsetki - zmiana zobowiązań długoterminowych - zmiana zobowiązań krótkoterminowych	80,90% (próba ucząca)	
Keasey, McGuinness	1990	$Z = 0,0881 + 0,0316X1 - 0,2710X2 - 0,3227X3$	wzrost kapitału własnego % ; Przych. / NAL ; WB / Przych.	86%(próba ucząca);63 % (próba testowa)	Wielka Brytania
		$Z = 3,3612 + 8,4286X1 - 2,244X2 - 0,1081X3 - 0,01947X4$	Z / Przych. ; Kob ; WN / KS ; WN / KW	81,5%(próba ucząca); 74,5%(próba testowa)	
		$Z = 6,4202 - 1,5599X1 - 0,3010X2 - 0,8799X3 - 0,4216X4 - 0,0850X5$	(Aob - Z) / ZK ; Przych. / NAL ; Przych. / At ; WB / Przych. ; WN / KW	76,5%(próba ucząca); 64,5%(próba testowa)	
		$Z = 0,4984 + 0,347X1 - 0,0591X2 - 0,2035X3$	wzrost kapitału własnego % ; ŚP / AO ; Przych. / NAL	70%(próba ucząca); 65%(próba testowa)	
		$Z = 3,6275 - 2,8787X1 - 0,2557X2$	(Aob - Z) / ZK ; Przych. / NAL	75,5%(próba ucząca); 41%(próba testowa)	
Platt, Platt	1990	$Z = -0,01337X1 - 1,11952X2 + 0,32614X3 + 2,01995X4 + 0,18413X5 - 8,83057X6 + 11,18168X7$	wzrost przychodów ; PPN / Przych. ; At / AO ; ZO / AO ; ZK / ZO ; wzrost sektora * PPN / Przych. ; wzrost sektora * ZO / AO	90% (próba ucząca)	USA

Sheppard	1994	$Z = -2,908 + 0,272*X1 - 0,016*X2 + 0,001*X3 + 0,044*X4 + 0,150*X5 - 0,003*X6 + 0,195*X7 + 0,047*X8 - 0,003*X9$	poziom dywersyfikacji ; rentowność branży ; wzrost branży ; udział w rynku ; wielkość przedsiębiorstwa ; % dyrektorów zewnętrznych ; liczba projektów joint venture ; KW / AO ; wiek przedsiębiorstwa	73,6% (próba ucząca); 72,9% (próba testowa)	USA
Lussier	1995	$Z = -0,1726*X1 + 0,113*X2 - 0,0228*X3 - 0,0061*X4 - 0,315*X5 + 0,3991*X6 - 0,1405*X7 - 0,2812*X8 + 0,0511*X9 + 0,0203*X10 + 0,0004*X11 - 0,2818*X12 - 0,6289*X13 + 0,6185*X14 - 0,0837*X15$	adekwatność kapitału ; kontrola finansowa ; doświadczenie w branży ; doświadczenie w zarządzaniu ; planowanie ; doradztwo ; wykształcenie ; pozyskiwanie pracowników ; cykl życia produktu ; faza cyklu gospodarczego ; wiek właściciela ; liczba wspólników ; czy rodzice przedsiębiorcy ; wspólnicy mniejszościowi ; zdolności marketingowe	69,16% (próba ucząca)	USA
Neophytou Charitou, Charalambous	2001	$Z = -7,178 + 12,3826*X1 - 20,9691*X2 - 3,0174*X3$	ZO / AO ; WO / ZO ; PPO / ZO	93,75% (próba ucząca)	Wielka Brytania
Charitou, Trigeorgis	2002	$Z = -1,421 - 2,272*X1 + 2,567*X2 + 6,824*X3 - 0,170*X4 + 1,098*X5 - 0,117*X6 + 1,684*X7 - 1,811*X8$	Log wartość rynkowa ; Log KW ; odchylenie standardowe wartości firmy ; średni czas do wymagalności zobowiązań ; koszt kapitału obcego - stopa dywidendy ; pokrycie odsetek ; rentowność z dwóch ostatnich lat ; marża przepływów pieniężnych	85% (próba ucząca)	USA
Mihalovič	2016	$Z = -1,01044 - 0,73287*X1 - 0,08631*X2 + 1,05539*X3 - 2,09519*X4 + 0,54097*X5$	WN / AO ; Aob / ZK ; ZK / AO ; Kob / AO ; Aob / AO	73,73% (próba ucząca); 68,64% (próba testowa)	Międzynarodowy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: J. Ohlson, *Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy*. *Journal of Accounting Research*, Vol. 18, nr 1, Wiosna 1980, s. 109-131.; M.E. Zmijewski, *Methodological issues related to the estimation of financial distress prediction models*. *Journal of Accounting Research*, Supplement to Vol. 22, 1984 s. 59-86.; C. Zavgren, *The prediction of corporate failure: the state of the art*. *Journal of Accounting Literature*, Vol. 2, 1983, s. 1-37.; J.A. Gentry, P. Newbold, D.T. Whitford, *Classifying bankrupt firms with funds flow components*. *Journal of Accounting Research*, Vol. 23, nr 1, Wiosna 1985, s. 146-160.; C.V. Zavgren, *Assessing the vulnerability to failure of American industrial firms: A logistic analysis*. *Journal of Business Finance and Accounting*, Vol. 12, nr 1, Wiosna 1985, s. 19-45. ; K. Keasey, R. Watson, *Non-financial symptoms and the prediction of small company failure: a test of Argenti's hypotheses*. *Journal of Business Finance*

& Accounting, Vol. 14, nr 3, Jesień 1987, s. 335-354.; A. Aziz, D.C. Emanuel, G.H. Lawson, Bankruptcy prediction – An investigation of cash flow based models, Journal of Management Studies, Vol. 25, nr 5, 1988, s. 419-437.; K. Keasey, P. McGuinness, The failure of UK industrial firms for the period 1976-1984, logistic analysis and entropy measures, Journal of Business Finance & Accounting, Vol. 17, nr. 1, 1990, s. 119-135. ; H.D. Platt, M.B. Platt, Development of a class of stable predictive variables: the case of bankruptcy prediction, Journal of Business Finance & Accounting, Vol. 17, nr 1, Wiosna 1990, s. 31-51. ; J.P. Sheppard, Strategy and bankruptcy: an exploration into organizational death. Journal of Management, Vol. 20, nr 4, 1994, s. 795-833. ; R.N. Lussier, A nonfinancial business success versus failure prediction model for young firms, Journal of Small Business Management, Vol. 33, nr 1, 1995, s. 8-20.; E. Neophytou, A. Charitou, C. Charalambous, Predicting corporate failure: empirical evidence for the UK, Working Paper, University of Southampton, Department of Accounting and Management Science, 2001, s. 1-29.; A. Charitou, L. Trigeorgis, Option-based bankruptcy prediction. Paper presented at 6th Annual Real Options Conference, Paphos, Cypr, Czerwiec 2002, s. 1-25.; D. L. Chesser, Predicting loan noncompliance, The Journal of Commercial Bank Lending 56, 1974, s.28-38.; T. Grammatikos, G. Gloubos, Predicting Bankruptcy of Industrial Firms in Greece, Spoudai, nr 34, 1984, s.421-443.; M. Mihalovič, Performance Comparison of Multiple Discriminant Analysis and Logit Models in Bankruptcy Prediction, Economics and Sociology, Vol. 9, No 4, 2016 s. 101-118.

Za pierwszy model probabilistyczny jednoznacznie służący do klasyfikacji przedsiębiorstw na te zagrożone bankructwem i zdrowe uznawane jest model autorstwa J. Ohlsona<sup>181</sup> z 1980 roku. Warto zwrócić uwagę na dobór wskaźników zastosowanych w tym modelu. Autor wykorzystał zarówno dane odnoszące się do koniunktury (poziomu PKB) oraz informacje dotyczące przeszłych wyników przedsiębiorstwa (w postaci zmiennych dychotomicznych mówiących o ujemnych wartościach wyniku finansowego, wartości wskaźnika zadłużenia aktywów z lat poprzednich oraz zmiennych określających dynamikę wyniku finansowego netto). Kolejne dwa zaprezentowane w tabeli 2.13 modele probabilistyczne są przykładem zastosowania klasycznych, często wykorzystywanych również w modelach dyskryminacyjnych wskaźników. Amerykańskie modele stworzone przez C. Zavgren<sup>182</sup> oraz M. Zmijewskiego<sup>183</sup> opierają się na odpowiednio siedmiu i trzech wskaźnikach finansowych. C. Zavgren<sup>184</sup>, w roku 1985 opublikował również pracę, w której przedstawił aż 5 funkcji mających identyfikować spółki zagrożone upadłością (na rok, dwa, trzy, cztery i pięć lat przed upadłością). W przypadku modeli z 1985 roku, niestety również nie są znane ich dokładności. Warto z kolei odnotować bardzo wysoką skuteczność modelu M. Zmijewskiego wynoszącą ponad 98% (choć jest to dokładność wyliczona dla próby uczącej).

---

<sup>181</sup> J. Ohlson, *Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy*, Journal of Accounting Research, Vol. 18, nr 1, Wiosna 1980, s. 109-131.

<sup>182</sup> C. Zavgren, *The prediction of corporate failure: the state of the art*, Journal of Accounting Literature, Vol. 2, 1983, s. 1-37.

<sup>183</sup> M.E. Zmijewski, *Methodological issues related to the estimation of financial distress prediction models*, Journal of Accounting Research, Supplement to Vol. 22, 1984 s. 59-86.

<sup>184</sup> C.V. Zavgren, *Assessing the vulnerability to failure of American industrial firms: A logistic analysis*, Journal of Business Finance and Accounting, Vol. 12, nr 1, Wiosna 1985, s. 19-45.

W tym samym 1984 roku powstał model dla greckich przedsiębiorstw przemysłowych oszacowany przez wspomnianych już w poprzednim podrozdziale T. Grammatikosa oraz G. Gloubosa<sup>185</sup>. Ich model logitowy wykorzystywał te same wskaźniki co model dyskryminacyjny, a ponadto charakteryzował się identyczną dokładnością.

Kolejny widoczny w tabeli 2.13 model jest przykładem ciekawego podejścia zastosowanego przez trzech amerykańców: J. Gentrygo, P. Newbolda i D. Whitforda<sup>186</sup>. Autorzy postanowili oprzeć wskaźniki wykorzystane w badaniu przede wszystkim na wartościach pochodzących z rachunku przepływów pieniężnych. Dane opisujące przepływy pieniężne zapewne w lepszym stopniu odzwierciedlają płynnościowe aspekty sytuacji finansowej przedsiębiorstwa, jednak należy pamiętać, że w warunkach polskich zdecydowana większość podmiotów nie jest zobligowana do sporządzania rachunku przepływów pieniężnych. W znacznym stopniu ogranicza to możliwości implementacyjne tego modelu. Dodatkowo, oba modele (jeden oszacowany na rok przed upadłością, drugi na dwa lata przed) nie posiadają szczególnie wysokich zdolności klasyfikacyjnych.

Analiza logitowa i probitowa umożliwiła na szerszą skalę stosowanie w modelach prognozowania zagrożenia upadłością zmiennych jakościowych, innych niż wskaźniki analizy ekonomiczno-finansowej. Dobrym tego przykładem są trzy modele dedykowane małym przedsiębiorstwom zaprezentowane w 1987 roku przez K. Keaseya i R. Watsona<sup>187</sup>. Powyżsi autorzy wykorzystali w swojej pracy tak nietypowe zmienne jak: liczbę osób zarządzających, informacje o opóźnieniach w składaniu sprawozdań finansowych czy informacje o ewentualnym zabezpieczeniu kredytów majątkiem przedsiębiorstwa. K. Keasey i R. Watson oszacowali w sumie 3 modele: jeden wykorzystujący jedynie wskaźniki finansowe, drugi wykorzystujący jedynie dane niefinansowe oraz trzeci będący pewnego rodzaju połączeniem dwóch poprzednich, który wykorzystywał zarówno wskaźniki finansowe i dane niefinansowe. Okazało się, że najwyższą skutecznością charakteryzował się model trzeci, ale co ciekawe dwa pierwsze modele osiągały podobną skuteczność.

---

<sup>185</sup> T. Grammatikos, G. Gloubos, *Predicting Bankruptcy of Industrial Firms in Greece*, Spoudai, nr 34, 1984, s.421-443.

<sup>186</sup> J.A. Gentry, P. Newbold, D.T. Whitford, *Classifying bankrupt firms with funds flow components*, Journal of Accounting Research, Vol. 23, nr 1, Wiosna 1985, s. 146-160.

<sup>187</sup> K. Keasey, R. Watson, *Non-financial symptoms and the prediction of small company failure: a test of Argenti's hypotheses*, Journal of Business Finance & Accounting, Vol. 14, nr 3, Jesień 1987, s. 335-354.

Bardzo ciekawym zastosowaniem analizy logitowej do prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw są modele zaprezentowane przez A. Aziza, D. Emanuela oraz G. Lawsons<sup>188</sup>. Autorzy w swojej pracy postanowili zdynamizować wykorzystywane wskaźniki i za pomocą wartości pochodzących z rachunku przepływów pieniężnych oraz zmiennych określających zmiany poszczególnych wartości ekonomicznych w czasie oszacowali aż pięć modeli dla roku, dwóch, trzech, czterech oraz pięciu lat przed upadłością. O ile model dla pierwszego roku przed upadłością charakteryzuje się sprawnością nieco niższą niż niektórych innych prezentowanych w tym rozdziale modeli (choć wciąż wysoką – ponad 91%) to pozostałe cztery modele osiągają wręcz imponującą skuteczność. Warto zauważyć również, że wraz ze wzrostem liczby lat poprzedzających upadłość dokładność modeli od trzeciego roku nie spada i utrzymuje się na podobnym około 80% poziomie. Modele A. Aziza, D. Emanuela i G. Lawsons, wypadają korzystnie w porównaniu z brytyjskimi modelami zaproponowanymi przez K. Keaseya i P. McGuinness w 1990<sup>189</sup>. Ci autorzy również oszacowali funkcji klasyfikujące przedsiębiorstwa nawet do pięciu lat przed upadłością. Postępując się głównie statycznymi wskaźnikami (jedynym wyjątkiem była tutaj zmiana kapitału własnego). Warto tutaj zauważyć, że skuteczności tych modeli zostały zweryfikowane również na próbie testowej i nie są one szczególnie wysokie (choć również w tym przypadku nie występują znaczące spadki dokładności wraz ze wzrostem liczby lat przed upadłością).

W tabeli 2.13 przedstawionych zostało kilka stosunkowo młodszych modeli wykorzystujących klasyczne, tzn. oparte na zmiennych ilościowych, podejście w doborze zmiennych do modelu. H. Platt i M. Platt<sup>190</sup> uzupełnili dodatkowo zbiór statycznych, pochodzących z rachunku zysków i strat oraz rachunku przepływów pieniężnych wskaźników o wskaźniki dynamiczne określające dynamikę przychodów czy wzrost sektora, w którym działa dane przedsiębiorstwo. E. Neophytou, A. Charitou i C. Charalambous<sup>191</sup> w swoim brytyjskim modelu osiągnęli bardzo wysoką dokładność na próbie uczącej z wykorzystaniem jedynie trzech wskaźników zbudowanych w oparciu o sumę zobowiązań. A. Charitou,

---

<sup>188</sup> A. Aziz, D.C. Emanuel, G.H. Lawson, *Bankruptcy prediction – An investigation of cash flow based models*, Journal of Management Studies, Vol. 25, nr 5, 1988, s. 419-437.

<sup>189</sup> K. Keasey, P. McGuinness, *The failure of UK industrial firms for the period 1976-1984, logistic analysis and entropy measures*, Journal of Business Finance & Accounting, Vol. 17, nr. 1, 1990, s. 119-135.

<sup>190</sup> H.D. Platt, M.B. Platt, *Development of a class of stable predictive variables: the case of bankruptcy prediction*, Journal of Business Finance & Accounting, Vol. 17, nr 1, Wiosna 1990, s. 31-51.

<sup>191</sup> E. Neophytou, A. Charitou, C. Charalambous, *Predicting corporate failure: empirical evidence for the UK*, Working Paper, University of Southampton, Department of Accounting and Management Science, 2001, s. 1-29.

L. Trigeorgis<sup>192</sup> opracowali z kolei modele oparte na teorii opcji. Zastosowali w nich jedynie zmienne ilościowe, natomiast bardzo specyficzne i rzadko pojawiające się w innych pracach, takie jak: logarytm wartości rynkowej, odchylenie standardowe wartości firmy, średni czas do wymagalności zobowiązań czy koszt kapitału obcego. Model probabilistyczny M. Mihalovica<sup>193</sup> oszacowany na tym samym zestawie zmiennych co wcześniej omówiony model dyskryminacyjny osiągnął nieco wyższą skuteczność.

Wśród modeli przedstawionych w tabeli 2.13 zdecydowanie wyróżniają się dwa modele oszacowane w latach 1994-1995. W modelu autorstwa J. Shepparda<sup>194</sup> zastosowano bardzo ciekawy dobór zmiennych mający według autora jak najwięcej mówić o realizowanej przez przedsiębiorstwo strategii rozwoju. Poza wskaźnikiem relacji kapitału własnego do aktywów ogółem opisano przedsiębiorstwa takimi parametrami jak: poziom dywersyfikacji produkcji, udział w rynku, perspektywy rozwoju branży, wielkość czy wiek przedsiębiorstwa. Dokładność modelu na próbie testowej nie odbiegała znacząco od tej uzyskanej na próbie uczącej. Jeszcze ciekawsze podejście zastosował w swojej pracy R. Lussier<sup>195</sup>. Wykorzystał on dane pochodzące z badania ankietowego, w którym większość odpowiedzi zaznaczana była na skali porządkowej 1-7. Drobni przedsiębiorcy odpowiadali na pytania dotyczące ich wieku, adekwatności dopasowania struktury kapitałowej, swojego wykształcenia, doświadczenia w danej branży i kontrolingu, umiejętności planowania, trudności w pozyskiwaniu pracowników i innych. Co ciekawe, mimo nie kwantyfikowalnych danych, będących subiektywną oceną samych przedsiębiorców udało się zbudować model osiągający około 70% skuteczność.

W przedstawionych w powyższej części opracowania modelach wykorzystanych zostało aż 96 unikatowych wskaźników. Możliwość korzystania ze zmiennych jakościowych stwarza badaczom większe pole do eksperymentowania z wieloma nieoczywistymi parametrami podczas budowy modeli. Mimo tego, przeciętny model probabilistyczny wykorzystuje 6,16 wskaźników, co jest wartością porównywalną z modelami analizy

---

<sup>192</sup> A. Charitou, L. Trigeorgis, *Option-based bankruptcy prediction*, Paper presented at 6th Annual Real Options Conference, Paphos, Cypr, Czerwiec 2002, s. 1-25.

<sup>193</sup> M. Mihalovič, *Performance Comparison of Multiple Discriminant Analysis and Logit Models in Bankruptcy Prediction*, Economics and Sociology, Vol. 9, No 4, 2016 s. 101-118

<sup>194</sup> J.P. Sheppard, *Strategy and bankruptcy: an exploration into organizational death*. Journal of Management, Vol. 20, nr 4, 1994, s. 795-833.

<sup>195</sup> R.N. Lussier, *A nonfinancial business success versus failure prediction model for young firms*, Journal of Small Business Management, Vol. 33, nr 1, 1995, s. 8-20.

dyskryminacyjnej. W tabeli 2.14 zaprezentowano wskaźniki najczęściej wykorzystywane w omówionych w tym rozdziale modelach probabilistycznych.

**Tabela 2.14 Najczęściej wykorzystywane wskaźniki w modelach probabilistycznych**

Wskaźnik	Liczba wystąpień	Wskaźnik	Liczba wystąpień
ZO / AO	12	WB / AO	3
ŚP / AO	8	WO / ZO	3
(Aob - Z) / ZK	8	PPO / ZO	2
WN / KW	7	PPO / PPN	2
NAL / Z	6	Kob / PPN	2
Z / Przych.	6	inne przepływy aktywów i zobowiązań / PPN	2
Przych. / AO	5	PPI / PPN	2
PPO	5	wydatki stałe / PPN	2
PPI	5	wydatki kapitałowe / PPN	2
zapłacone podatki	5	dywidendy / PPN	2
zmiana płynności bieżącej	5	PPN / AO	2
zapłacone odsetki - zmiana zobowiązań długoterminowych - zmiana zobowiązań krótkoterminowych	5	przeciętne spóźnienie w sprawozdawczości (w miesiącach)	2
Przych. / NAL	4	liczba dyrektorów	2
Kob / AO	3	1 jeżeli aktywa spółki są zabezpieczeniem kredytu	2
WN / AO	3	wzrost kapitału własnego %	2
Aob / ZK	3	WB / Przych.	2
At / AO	3		

Źródło: Opracowanie własne

Jak wynika z tabeli 2.14 w zaprezentowanych probabilistycznych modelach prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw, największym uznaniem autorów cieszyły się zdecydowanie wskaźniki płynności. Najczęściej wykorzystywanym okazał się wskaźnik płynności bieżącej, natomiast kolejne dwie pozycje zajmują wskaźniki płynności

strukturalnej. Dopiero na czwartym miejscu pojawia się pierwszy ze wskaźników rentowności – wskaźnik ROE.

W niniejszej części opracowania przedstawione zostały modele oszacowane za pomocą sztucznych sieci neuronowych. Intensywne wykorzystanie tego typu metod dla celów prognozowania zagrożenia upadłością rozpoczęło się w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia. W tabeli 2.15 przedstawione zostały wybrane modele prognozowania zagrożenia upadłością wykorzystujące sztuczne sieci neuronowe.

**Tabela 2.15 Wybrane modele sztucznych sieci neuronowych**

Autor	Rok	Zmienne	Dokładność	Kraj / Region
Odom, Sharda	1990	Kob / AO ; ZZ / AO ; WO / AO ; Wart. Rynk. / ZO ; Przych. / AO	82,14% (próba ucząca)	USA
Tam, Kiang	1992	KW / AO ; (kredyty rolnicze + kredyty hipoteczne dla rolnictwa) / kredyty i leasingi netto ; kredyty dla handlu i przemysłu / kredyty i leasingi netto ; kredyty indywidualne / kredyty i leasingi netto ; kredyty hipoteczne / kredyty i leasingi netto ; kredyty przeterminowane o 90 i więcej dni / kredyty i leasingi netto ; kredyty i leasingi bez pokrycia / kredyty i leasingi netto ; rezerwa na straty kredytowe / średnie kredyty ; odpisy netto / średnie pożyczki ; WN / AO ; odsetki od depozytów/ depozyty ; wydatki ogółem / AO ; WN / AO ; (odsetki i prowizje od kredytów + przychody z kredytów leasingowych) / kredyty i leasing netto ; WN / wydatki ogółem ; (ŚP + obligacje rządowe) / AO ; (sprzedane fundusze federalne i papiery wartościowe) / AO ; kredyty i leasingi / AO ; kredyty i pożyczki / depozyty	Model jednowarstwowy : = 92%(rok przed); 89% (dwa lata przed); Model dwuwarstwowy: = 96,2% (rok przed); 91,5% (dwa lata przed)	USA
Martin-del-Brio, Serrano-Cinca	1993	Aob / AO ; (Aob - ŚP) / AO ; Aob / udzielone kredyty ; Rez. Zob. / udzielone kredyty ; WN / AO ; WN / KW ; WN / udzielone kredyty ; koszty sprzedaży / Przych. ; PPN / udzielone kredyty	BD.	Hiszpania
Wilson, Sharda	1994	Kob / AO ; ZZ / AO; WO / AO; Wart. Rynk. / ZO; Przych. / AO	100% (próba ucząca); 97,5% (próba testowa)	USA
Brockett, Cooper, Golden, Pitaktong	1994	wzrost polis ; kapitalizacja ; zmiana aktywów ogółem ; dochód z inwestycji / AO ; NAL / KW ; wzrost strat z tytułu ubezpieczeń ; ZO / Aob	89,30%	USA
Fanning, Cogger	1994	PPN / odchylenie standardowe PPN ; ŚP / odchylenie standardowe ŚP ; liczba lat przed upadłością	BD.	USA
Boritz, Kennedy	1995	Kob / AO ; ZZ / AO ; WO / AO ; Wart. Rynk. / ZO ; Przych. / AO	BD.	USA
Boritz, Kennedy	1995	$\ln(\text{AO} / \text{deflator PKB})$ ; ZO / AO ; Kob / AO ; ZK / Aob ; WN / AO ; PPO / ZO ; 1 jeżeli WN był ujemny w dwóch ostatnich latach ; 1 jeżeli ZO > AO ; $\text{WN} - \text{WN}(t-1) / ( \text{WN}  +  \text{WN}(t-1) )$	BD.	USA



Back, Laitinen, Sere	1996	ŚP / ZK ; ZO ; WN / AO ; Przych. / AO ; Aob / AO ; Kob / KW	97%	Finlandia
		ŚP / AO ; Aob / AO ; KW / At ; Aob / Przych. ; stopa zwrotu dla akcjonariusza ; stopa zwrotu z akcji ; Kob / KW	76%	
		ŚP / ZK ; PPN / AO ; PPN / Przych. ; Aob / ZK ; Aob / Przych. ; ZK / KW ; ZD / KW ; ZO ; Aob / Z ; Przych. / AO ; WO / AO ; WO / ods. fin. ; stopa zwrotu z akcji ; Kob / Przych.	84%	
Lee, Han, Kwon	1996	stopa wzrostu WN ; stopa wzrostu At ; stopa wzrostu ZO ; WN / AO ; WN / KW ; WN / Przych. ; dywidenda na akcję ; KW / AO ; (Aob - Z) / ZK ; At / KS ; ZK / Przych. ; PPN / AO ; Kob / Przych.	77,62%	Korea
Jo, Han	1996	BD.	83,77%	Korea
Barniv, Agarwal, Leach	1997	wartości niematerialne i prawne / Przych. ; WN / AO ; odsetki / ZO ; odsetki od kredytów zabezpieczonych / ZO ; LOG (AO) ; struktura kapitałowa ; poziom konkurencji ; czy były zarzuty o nieuczciwość ; czy były odejścia kadry menadżerskiej ; koncentracja udziałów ; wiek przedsiębiorstwa ; skumulowana strata z lat poprzednich	89,5% (próba ucząca)	USA
Zhang, Hu, Patuwoet	1998	Kob / AO ; ZZ / AO ; WO / AO ; Wart. Rynk. / ZO ; Przych. / AO ; Aob / ZK	84,09% (próba ucząca) ; 87,73% (próba testowa)	USA
Piramuthu, Raghavan, Shaw	1998	PPO ; PPI ; dywidendy ; ods. fin. ; zmiana NAL ; zmiana Z ; zmiana pozostałych Aob ; zmiana ZK ; zmiana innych należności ; PPO / AO ; zakumulowana Am / At ; zmiana Przych.	91,7% (próba ucząca) ; 76,11% (próba testowa)	Belgia
Neophytou, Charitou, Charalambous	2001	ZO / AO ; WO / ZO ; PPO / ZO	95,83% (rok przed) ; 84,09%(dwa lata przed) ; 75%(trzy lata przed)	Wielka Brytania

Źródło: K.Y. Tam, M.Y. Kiang, *Managerial applications of neural networks: The case of bank failure predictions*, *Management Science* 38 (7), 1992, s. 926–947.; R. L. Wilson, R. Sharda, *Bankruptcy prediction using neural networks*, *Decision Support Systems*, Vol. 11, nr 5, 1994, s. 545-557.; M. D. Odom, R. Sharda, *A neural network model for bankruptcy prediction*, 1990 IJCNN International Joint Conference on Neural Networks, San Diego, CA, USA, vol.2, 1990, s. 163-168 ; E. Neophytou, A. Charitou, C. Charalambous, *Predicting corporate failure: empirical evidence for the UK*, Working Paper, University of Southampton, Department of Accounting and Management Science, 2001, s. 1-29.; J. Boritz, D. Kennedy, *Effectiveness of neural network types for prediction of business failure*, *Expert Syst. Appl.*, vol. 9, 1995, s. 504–512.; G. Zhang, M. Hu, B. Patuwoet, *Artificial neural networks in bankruptcy prediction: General framework and cross-validation analysis*, *European J. Oper. Res.*, vol. 116, 1999 s.16-32.; S. Piramuthu, H. Raghavan, M. Shaw, *Using feature construction to improve the performance of neural networks*, *Management Science*, vol. 44, 1998, s. 416–430.; R. Barniv, A. Agarwal, R. Leach, *Predicting the outcome following bankruptcy filing: A three-state classification using neural networks*, *Intelligent Syst. in Accounting, Finance, and Manag.*, vol. 6, 1997.; P. Brockett, W. Cooper, L. Golden, U. Pitaktong, *A neural network model for obtaining an early warning for insurance insolvency*, *J. Risk and Insurance*, vol. 61, 1994, s. 402–424.; K. Fanning, K. Cogger, *A comparative analysis of artificial neural networks using financial distress prediction*, *Intelligent Syst. in Accounting, Finance, and Manag.*, vol. 3, 1994, s. 241–252.; B. Martin-del-Brio, C. Serrano-Cinca, *Self-organizing neural networks for the analysis and representation of data: Some financial cases*, *Neural Computing & Applications*, 1, 1993, 193–206.; B. Back, T. Laitinen, K. Sere, *Neural networks and genetic algorithms for bankruptcy predictions*, *Expert Systems with Applications*, 11(4), 1996, s.407-413.; K. C. Lee, I. Han, Y. Kwon, *Hybrid neural network models for bankruptcy predictions*, *Decision Support Systems*, 18, 1996, s. 63-72.;

*H. Jo, I. Han, Integration of case-based forecasting, neural network and discriminant analysis for bankruptcy prediction, A. Vellido, Expert Systems with Applications, 1996, 11(4), s. 415–422.*

Pierwszą próbę wykorzystania sztucznych sieci neuronowych podjęli w 1990 roku amerykańscy badacze M. Odom i R. Sharda<sup>196</sup>. W swojej pracy wykorzystali zestaw zmiennych pochodzących z pierwszego modelu E. Altmana z 1968 roku. Co ciekawe autorzy osiągnęli w ten sposób dokładność jedynie na poziomie niewiele wyższym niż 82%. Fakt ten wskazywać może na to, że modele przewidujące zagrożenie upadłością dezaktualizują się wraz z upływającym czasem i zachodzącymi w otoczeniu rynkowym zmianami. Z drugiej jednak strony R. Sharda wraz z R. Wilsonem<sup>197</sup> raz jeszcze podjęli próbę stworzenia sieci neuronowej identyfikującej spółki zagrożone upadłością w oparciu o ten sam zestaw wskaźników. Tym razem jednak dokładność modelu była zdecydowanie wyższa – ponad 97% na próbie testowej i 100% na próbie uczącej. Podobne podejście zastosowali w swojej pracy z 1995 roku J. Boritz, D. Kennedy<sup>198</sup> oraz w 1998 roku G. Zhang, M. Hu, B. Patuwoet<sup>199</sup>, jednak modele te były stosunkowo mniej skuteczne.

Jak zostało przedstawione w tabeli 2.15 jedne z pierwszych modeli, powstałe na początku lat dziewięćdziesiątych dedykowane były dla prognozowania zagrożenia upadłością banków. Przedstawione zostały amerykańskie modele autorstwa K. Tama i M. Kianga z 1992 roku<sup>200</sup> oraz hiszpański model oszacowany przez B. Martina-del-Borio oraz C. Serrano-Cinca<sup>201</sup> powstały rok później. Modele autorstwa K. Tama i M. Kianga wykorzystywały aż 17 różnych zmiennych charakterystycznych dla działalności instytucji finansowych, co czyni te modele najbardziej skomplikowanymi spośród wszystkich przedstawionych w niniejszej pracy. Autorzy przedstawili dwa modele: jedno i dwuwarstwowy, które osiągnęły bardzo wysokie zdolności predykcyjne, również na dwa lata przed upadłością. Hiszpański model B. Martina-del-Borio i C. Serrano-Cinca nie był aż tak skomplikowany pod względem liczby zmiennych

---

<sup>196</sup> M. D. Odom, R. Sharda, *A neural network model for bankruptcy prediction*, 1990 IJCNN International Joint Conference on Neural Networks, San Diego, CA, USA, vol.2, 1990, s. 163-168.

<sup>197</sup> R. L. Wilson, R. Sharda, *Bankruptcy prediction using neural networks*, Decision Support Systems, Vol. 11, nr 5, 1994, s. 545-557.

<sup>198</sup> J. Boritz, D. Kennedy, *Effectiveness of neural network types for prediction of business failure*, Expert Syst. Appl., vol. 9, 1995, s. 504–512.

<sup>199</sup> G. Zhang, M. Hu, B. Patuwoet, *Artificial neural networks in bankruptcy prediction: General framework and cross-validation analysis*, European J. Oper. Res., vol. 116, 1999 s.16-32.

<sup>200</sup> K.Y. Tam, M.Y. Kiang, *Managerial applications of neural networks: The case of bank failure predictions*, Management Science 38 (7), 1992, s. 926–947.

<sup>201</sup> B. Martin-del-Borio, C. Serrano-Cinca, *Self-organizing neural networks for the analysis and representation of data: Some financial cases*, Neural Computing & Applications, 1, 1993, 193–206.

i w przeważającej większości nie wykorzystywał charakterystycznych dla banków wartości ekonomicznych – wyjątkiem jest tutaj wartość udzielnych kredytów. Rok później, w 1994 roku ukazał się również model zaprojektowany dla przedsiębiorstw działających w branży ubezpieczeniowej autorstwa P. Brocketta, W. Coopera, L. Goldena i U. Pitaktonga<sup>202</sup>. Model ten wykorzystywał charakterystyczne dla tych przedsiębiorstw wskaźniki odnoszące się do stanu polis ubezpieczeniowych sprzedanych przez te podmioty i osiągnął blisko 90% skuteczność.

W 1994 roku opublikowany został model K. Fanninga i K. Coggera<sup>203</sup>. Model ten wykorzystywał jedynie 3 wskaźniki. Co ciekawe liczba lat przed upadłością była jedną z wprowadzonych zmiennych. Pozostałe dwie obejmowały stosunek środków pieniężnych do ich odchylenia standardowego oraz stosunek przepływów pieniężnych netto do odchylenia standardowego. W 1995 roku inni amerykańscy badacze: J. Boritz, D. Kennedy<sup>204</sup> oszacowali model łączący zmienne ilościowe i dychotomiczne. Rok później oszacowany został charakteryzujący się bardzo wysoką 97% dokładnością model dla przedsiębiorstw fińskich. Co ciekawe, autorzy w tej samej publikacji zamieścili jeszcze dwa inne modele wykorzystujące większą liczbę zmiennych (również rynkowych), które jednak okazały się mniej sprawne<sup>205</sup>.

W tabeli 2.15 przedstawione zostały również modele azjatyckie, opracowane w Korei Południowej przez K. Lee, I. Hana i Y. Kwona<sup>206</sup> oraz H. Jo i I. Hana<sup>207</sup>. Modele te nie charakteryzowały się szczególnie imponującymi skutecznościami mimo tego, że wykorzystywały sprawdzone i często stosowane wskaźniki analizy finansowej. Warto z kolei zwrócić uwagę na kolejny, podchodzący z 1997 roku, model amerykański autorstwa R. Barniva, A. Agarwal i R. Leacha<sup>208</sup>. Nietypowy dobór zmiennych, obejmujących takie informacje jak strukturę kapitałową, poziom konkurencji czy wiek przedsiębiorstwa pozwolił osiągnąć

---

<sup>202</sup> P. Brockett, W. Cooper, L. Golden, U. Pitaktong, *A neural network model for obtaining an early warning for insurance insolvency*, J. Risk and Insurance, vol. 61, 1994, s. 402–424.

<sup>203</sup> K. Fanning, K. Cogger, *A comparative analysis of artificial neural networks using financial distress prediction*, Intelligent Syst. in Accounting, Finance, and Manag., vol. 3, 1994, s. 241–252.

<sup>204</sup> J. Boritz, D. Kennedy, *Effectiveness of neural network types for prediction of business failure*, Expert Syst. Appl., vol. 9, 1995, s. 504–512,

<sup>205</sup> B. Back, T. Laitinen, K. Sere, *Neural networks and genetic algorithms for bankruptcy predictions*, Expert Systems with Applications, 11(4), 1996, s. 407–413.

<sup>206</sup> K. C. Lee, I. Han, Y. Kwon, *Hybrid neural network models for bankruptcy predictions*, Decision Support Systems, 18, 1996, s. 63–72.

<sup>207</sup> H. Jo, I. Han, *Integration of case-based forecasting, neural network and discriminant analysis for bankruptcy prediction*, A. Vellido, Expert Systems with Applications, 1996, 11(4), s. 415–422

<sup>208</sup> R. Barniv, A. Agarwal, R. Leach, *Predicting the outcome following bankruptcy filing: A three-state classification using neural networks*, Intelligent Syst. in Accounting, Finance, and Manag., vol. 6, 1997.

autorom dokładność na poziomie blisko 90%. Ostatni przedstawiony w tej części model oszacowany za pomocą sztucznych sieci neuronowych to model autorstwa E. Neophytou, A. Charitou

i C. Charalambousa<sup>209</sup>. Został on oszacowany w Wielkiej Brytanii i również osiągał stosunkowo wysokie zdolności predykcyjne nawet na trzy lata przed wystąpieniem faktycznej upadłości. Co ciekawe, wykorzystywane są w nim jedynie trzy zmienne, co jest kolejnym dowodem, że nie istnieje zależność między liczbą danych dostarczanych do modelu a jego skutecznością.

Analiza przedstawionych w tej części modeli sztucznych sieci neuronowych wskazuje, że ich twórcy wykorzystywali dużo więcej unikalnych, nietypowych wskaźników. W przedstawionych powyżej 17 modelach wykorzystano w sumie 104 unikalne wskaźniki lub wartości. Z kolei przeciętny model oparty o sztuczne sieci neuronowe wykorzystuje 8,3 wskaźnika, co jest wynikiem wyższym niż w przypadku analizy dyskryminacyjnej i modeli probabilistycznych. Tabela 2.16 przedstawia najczęściej wykorzystywane w modelach sztucznych sieci neuronowych wskaźniki finansowe.

**Tabela 2.16 Najczęściej wykorzystywane wskaźniki w modelach SSN**

Wskaźnik	Liczba wystąpień	Wskaźnik	Liczba wystąpień
WN / AO	7	ZO / AO	2
Kob / AO	5	WN / KW	2
WO / AO	4	ŚP / ZK	2
ZZ / AO	3	ZO	2
Wart. Rynk. / ZO	3	Kob / KW	2
Przych. / AO	3	Aob / Przych.	2
Przych. / AO	3	stopa zwrotu z akcji	2
Aob / AO	3	KW / AO	2
KW / AO	2	PPN / AO	2
ZO / AO	2	Kob / Przych.	2

Źródło: Opracowanie własne

<sup>209</sup> E. Neophytou, A. Charitou, C. Charalambous, *Predicting corporate failure: empirical evidence for the UK*, Working Paper, University of Southampton, Department of Accounting and Management Science, 2001, s. 1-29.

Co ciekawe w przypadku tych modeli, częściej wykorzystywane były wskaźniki rentowności (rentowność aktywów, rentowność operacyjna aktywów) niż płynności. Dużo mniejsza liczba wskaźników w tabeli 2.16 niż miało to miejsce w przypadku tabel 2.12 i 2.14 wynika z faktu, że w modelach SSN autorzy wykazywali się zdecydowanie większą swobodą w doborze zmiennych i wykorzystywali unikalne, często branżowe dane finansowe.

W ostatniej części niniejszego podrozdziału przedstawionych zostało kilkanaście modeli powstałych w oparciu o drzewa klasyfikacyjne. W tabeli 2.17 przedstawione zostały wybrane modele powstałe w latach 1985-2019, wykorzystujące tę właśnie metodę.

**Tabela 2.17 Wybrane modele oparte na drzewach klasyfikacyjnych**

Autor	Rok	Zmienne	Dokładność	Kraj / Region
Frydman, Altman, Kao	1985	PPN / ZO ; ZZ / AO ; ZO / AO ; ŚP / Przych.	92,5% (próba ucząca)	USA
Olmeda, Fernández	1997	Aob / AO ; (Aob - ŚP) / AO ; Aob / kredyty ; rezerwy / kredyty ; WN / AO ; WN / KW ; WN / kredyty ; koszty sprzedaży / Przych. ; PPN / kredyty	85,29% (próba ucząca) ; 87,50% (próba testowa)	Hiszpania
T. E. McKee and M. Greenstein	2000	WN / AO ; Aob / AO	92,83% (próba ucząca)	USA
Hołda	2009	(WN + ZZ + PD) / AO ; PPI / AO	93,75% (próba ucząca) ; 65% (próba testowa)	Polska
Lee	2009	ZK / Aob ; Przych. / At ; WN / AO ; WO / (ods. fin. + spłata kredytów)	91% (próba ucząca) ; 75,38% (próba testowa)	Tajwan
Li, Hui, Jie Sun, Jian Wu	2010	Przych. / AO ; AO / ZO ; wzrost % AO ; WN na akcję	90,3% (próba ucząca)	Chiny
Karas, Reznakova	2017	ZK / AO ; (Aob - Z) / Przych. ; log AO	87,2% (próba ucząca) ; 77,99% (próba testowa)	Czechy
		ZK / AO ; (Aob - Z) / Przych. ; log AO ; ZZ / AO ; Kob / Przych.	86,81% (próba ucząca) ; 77,08% (próba testowa)	
Misund	2017	ZK / Aob ; WO / odsetki ; WO / (odsetki + raty kredytów) ; KW / AO	86,7% (próba ucząca) ; 75,2% (próba testowa)	Norwegia
Durica, Podhorska, Durana	2019	ZO / AO ; WN / KW	92,2% (próba ucząca) ; 92% (próba testowa)	Słowacja
Durica, Frnda, Svabova	2019	ZO / AO ; KS / At ; WN / KW	98% (próba ucząca) ; 97,9% (próba testowa)	Polska

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: H. Frydman, E. I. Altman, D. Kao, *Introducing recursive partitioning for financial classification: The case of financial distress*. *Journal of Finance*, 40(1), 1985, s. 269–291.; T. E. McKee,

M. Greenstein, *Predicting bankruptcy using recursive partitioning and a realistically proportioned data set*, *J. Forecasting*, vol.19, 2000, s. 219–230.; A. Hołda, *Wykorzystanie drzew decyzyjnych w prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw w branży budowlanej*. Zeszyty Naukowe, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, 2009, nr 796, s. 165-175.; M. Karas, M. Reznakova, *Predicting the bankruptcy of construction companies: a CART-based model*, *Engineering Economics* 28.2, 2017, s.145-154.; M. Durica, I. Podhorska, P. Durana, *Business failure prediction using cart-based model: A case of Slovak companies*. *Ekonomicko-manazerske spektrum*, 13(1), 2019, s.51-61.; M. Durica, J. Frnda, L. Svabova, *Decision tree based model of business failure prediction for Polish companies*, *Oeconomia Copernicana* 10.3, 2019, s. 453-469.; Li Hui, Jie Sun, Jian Wu, *Predicting business failure using classification and regression tree: An empirical comparison with popular classical statistical methods and top classification mining methods*, *Expert Systems with Applications* 37.8, 2010, s. 5895-5904; B. Misund, *Financial ratios and prediction on corporate bankruptcy in the Atlantic salmon industry*, *Aquaculture Economics & Management* 21.2, 2017, s. 241-260; I. Olmeda, E. Fernández, *Hybrid classifiers for financial multicriteria decision making: The case of bankruptcy prediction*, *Computational Economics* 10.4, 1997, s. 317-335; W. Lee, *An empirical comparison of bankruptcy models: Evidence from Taiwan*, Retrieved, Grudzień, nr 6, 2008.

Pierwszym w historii modelem służącym klasyfikowaniu przedsiębiorstw na zagrożone i niezagrożone upadłością, wykorzystującym drzewa klasyfikacyjne był oszacowany w 1985 roku model autorstwa H. Frydmana, E. Altmana i D.Kao<sup>210</sup>. Został on zbudowany na bazie danych finansowych dotyczących amerykańskich przedsiębiorstw i ostatecznie charakteryzował się wysoką skutecznością – ponad 92% (choć jest to sprawność na próbie uczącej, na rok przed upadłością). Podobną dokładność, wykorzystując jedynie dwie zmienne osiągnął w 2000 roku model T. McKee i M. Greensteina<sup>211</sup>. Modele oparte na tych narzędziach również mogą osiągać wysoką dokładność. Przykładem może być tutaj model oszacowany dla hiszpańskich przedsiębiorstw przez I. Olmedę i E. Fernandez<sup>212</sup>, który cechował się ponad 87% skutecznością na próbie testowej.

Również w Polsce wykorzystywano drzewa klasyfikacyjne w celach predykcji zagrożenia upadłością przedsiębiorstw. Polskim modelem przedstawionym w tabeli 2.16 jest pochodzący z 2009 roku model autorstwa A. Hołdy<sup>213</sup>. Drzewo zostało opracowane na podstawie danych finansowych 68 podmiotów (48 utworzyło grupę uczącą, a 20 grupę testową). Model charakteryzował się wysoką skutecznością dla grupy uczącej (93,75%), lecz przeciętną dla grupy testowej (zaledwie 65%). Modele oparte na drzewach klasyfikacyjnych mają również swoich reprezentantów w Azji. W tabeli 2.17 przedstawione zostały dwa

---

<sup>210</sup> H. Frydman, E. I. Altman, D. Kao, *Introducing recursive partitioning for financial classification: The case of financial distress*. *Journal of Finance*, 40(1), 1985, s. 269–291.

<sup>211</sup> T. E. McKee, M. Greenstein, *Predicting bankruptcy using recursive partitioning and a realistically proportioned data set*, *J. Forecasting*, vol.19, 2000, s. 219–230.

<sup>212</sup> I. Olmeda, E. Fernández, *Hybrid classifiers for financial multicriteria decision making: The case of bankruptcy prediction*, *Computational Economics* 10.4, 1997, s. 317-335.

<sup>213</sup> A. Hołda, *Wykorzystanie drzew decyzyjnych w prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw w branży budowlanej*, Zeszyty Naukowe, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, 2009, nr 796, s. 165-175.

modele: tajwański autorstwa W. Lee<sup>214</sup> oraz chiński oszacowany przez trójkę badaczy: Li Hui, Jie Sun oraz Jian Wu<sup>215</sup>. Wskazane modele azjatyckie wykorzystują popularne wskaźniki (jedynym wyjątkiem jest tutaj dynamika aktywów) i charakteryzują się podobną dokładnością co model A. Hołdy – dość wysoką sprawnością na próbie uczącej i znacznie niższą na próbie testowej. Analizując dane zawarte w tabeli 2.17 odnieść można wrażenie, że znaczące różnice w skuteczności na próbie uczącej i testowej są regułą w modelach wykorzystujących drzewa klasyfikacyjne. Podobne właściwości posiadają dość nowe, oszacowane w 2017 roku, modele czeskie autorstwa M. Karasa i M.Reznakovej<sup>216</sup> (co ciekawe, wykorzystanie większej liczby zmiennych w drugim z tych modeli ma nieznacznie negatywny wpływ na jego skuteczność) oraz model pochodzący z Norwegii oszacowany przez B. Misunda<sup>217</sup> dla przedsiębiorstw działających w sektorze rybołówstwa.

Ostatnie dwa przedstawione modele są dowodem na to, że drzewa klasyfikacyjne, również mogą służyć do budowy bardzo sprawnych modeli, osiągających wysokie skuteczności także na próbie przedsiębiorstw spoza próby uczącej. Oba z tych modeli oszacowane zostały przez słowackich naukowców – jeden dla przedsiębiorstw słowackich<sup>218</sup>, a drugi dla przedsiębiorstw polskich<sup>219</sup>. Warto zwrócić uwagę, że bardzo wysokie skuteczności zostały osiągnięte przy wykorzystaniu bardzo skromnego zestawu wskaźników finansowych (w modelu słowackim jedynie dwie zmienne, w modelu polskim trzy). Niewielka liczba wskaźników wykorzystywanych przy budowie modelu jest charakterystyczna dla metody drzew decyzyjnych. Średnia liczba wskaźników w powyższych modelach wynosi 3,6, co jest zdecydowanie najniższym wynikiem wśród wszystkich zaprezentowanych w podrozdziałach 2.3 i 2.4 metod.

Ostatnią część niniejszego rozdziału poświęcono syntetycznemu podsumowaniu modeli zaprezentowanych w podrozdziałach 2.3 i 2.4. W powyższej części rozprawy

---

<sup>214</sup> W. Lee, *An empirical comparison of bankruptcy models: Evidence from Taiwan*, Retrieved, Grudzień, nr 6, 2008.

<sup>215</sup> Li Hui, Jie Sun, Jian Wu, *Predicting business failure using classification and regression tree: An empirical comparison with popular classical statistical methods and top classification mining methods*, *Expert Systems with Applications* 37.8, 2010, s. 5895-5904.

<sup>216</sup> M. Karas, M. Reznakova, *Predicting the bankruptcy of construction companies: a CART-based model*, *Engineering Economics* 28.2, 2017, s.145-154.

<sup>217</sup> B. Misund, *Financial ratios and prediction on corporate bankruptcy in the Atlantic salmon industry*, *Aquaculture Economics & Management* 21.2, 2017, s. 241-260.

<sup>218</sup> M. Durica, I. Podhorska, P. Durana, *Business failure prediction using cart-based model: A case of Slovak companies*, *Ekonomicko-manazerske spektrum*, 13(1), 2019, s.51-61.

<sup>219</sup> M. Durica, J. Frnda, L. Svabova, *Decision tree based model of business failure prediction for Polish companies*, *Oeconomia Copernicana* 10.3, 2019, s. 453-469.

zaprezentowano w sumie 117 modeli oszacowanych w latach 1968-2019. Przeciętny model służący do oceny zagrożenia bankructwem przedsiębiorstwa zbudowany jest z pomocą 6,3 wskaźników. Szerokie możliwości stosowania różnych metod statystycznych umożliwia autorom wykorzystywanie zarówno wskaźników ilościowych jak i jakościowych. W tabeli 2.18 przedstawione zostały najpopularniejsze, najczęściej wykorzystywane wskaźniki analizy finansowej, bez podziału na poszczególne metody.

**Tabela 2.18 Najczęściej wykorzystywane wskaźniki do prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw**

LP.	Wskaźnik	Liczba wystąpień	LP.	Wskaźnik	Liczba wystąpień
1	ZO / AO	32	29	Przych. / NAL	4
2	Aob / ZK	31	30	ŚP / ZK	4
3	Przych. / AO	26	31	Wart. Rynk. / ZO	4
4	WN / AO	25	32	Z / Kob	4
5	WN / KW	20	33	Aob / ZO	3
6	ŚP / AO	19	34	Kob / KW	3
7	WO / AO	17	35	KW / ZO	3
8	(Aob - Z) / ZK	13	36	PPO / ZO	3
9	Kob / AO	11	37	WO / ZO	3
10	ZK / AO	9	38	ZK / Aob	3
11	Aob / AO	8	39	(ŚP + ZK) / (koszt. Op - Am)	2
12	Z / Przych.	7	40	1 jeżeli aktywa spółki są zabezpieczeniem kredytu	2
13	AO / ZO	6	41	dywidendy / PPN	2
14	NAL / Z	6	42	IK / ZK	2
15	WB / Przych.	6	43	inne przepływy aktywów i zobowiązań / PPN	2
16	WN / Przych.	6	44	Kob / PPN	2
17	ZZ / AO	6	45	KW / AO	2
18	Aob / Przych.	5	46	liczba dyrektorów	2
19	At / AO	5	47	PPI / PPN	2
20	PPI	5	48	PPN / AO	2
21	PPO	5	49	PPO / PPN	2
22	WB / AO	5	50	przeciętne spóźnienie w sprawozdawczości (w miesiącach)	2
23	zapłacone odestki - zmiana zobowiązań długoterminowych - zmiana zobowiązań krótkoterminowych	5	51	stopa zwrotu z akcji	2



24	zapłacone podatki	5	52	WB / ZK	2
25	ZK / ZO	5	53	wydatki kapitałowe / PPN	2
26	zmiana płynności bieżącej	5	54	wydatki stałe / PPN	2
27	(WN + Am) / AO	4	55	wzrost kapitału własnego %	2
28	Kob / Przych.	4			

Źródło: Opracowanie własne

Jak wynika z tabeli 2.18 najczęściej wykorzystywanymi wskaźnikami w modelach prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw są wskaźniki: zadłużenia aktywów, płynności bieżącej, wskaźnik rotacji aktywów obrotowych oraz wskaźniki rentowności aktywów i kapitału własnego. Dużą popularnością wśród badaczy cieszą się również wskaźniki mówiące o płynności strukturalnej, takie jak wskaźnik udziału środków pieniężnych w aktywach obrotowych. Warto zwrócić uwagę, że mimo możliwości stosowania innych informacji, np. pochodzących z rynku to jednak zdecydowanie najczęściej wykorzystywane są dane pochodzące z rachunku zysków i strat oraz bilansu (a w zdecydowanie mniejszym stopniu z rachunku przepływów pieniężnych). Tabela 2.18 może być cenną wskazówką dla badaczy podejmujących próbę oszacowania własnego modelu identyfikującego spółki zagrożone upadłością, a wymienione w niej najpopularniejsze wskaźniki powinny być punktem wyjścia do jego budowy.

Analiza literatury przedmiotu w zakresie omówionych w tym rozdziale modeli prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw zwraca uwagę na jeszcze jeden istotny aspekt. Problem klasyfikacji przedsiębiorstw na potrzeby oceny ich kondycji finansowej ma charakter międzynarodowy, interkontynentalny. Mimo tego, że przedstawione modele powstawały w wielu różnych krajach szacowane były na podstawie danych dotyczących różnych przedsiębiorstw, działających na innych rynkach, to zazwyczaj wybór wskaźników ekonomicznych był podobny. Warto tu również raz jeszcze wspomnieć o niebagatelnym wpływie pierwszego modelu E. Altmana, którego funkcja wielokrotnie adaptowana była w innych niż USA krajach, a wyselekcjonowany przez niego zbiór wskaźników służył do szacowania modeli również innymi niż analiza dyskryminacyjna metodami.

Mimo całego procesu ewolucji metod do klasyfikowania przedsiębiorstw i ciągłego ich ulepszania warto powiedzieć, że najstarsza z nich tj. analiza dyskryminacyjna nie

charakteryzuje się wcale niższą skutecznością. Zwłaszcza jeżeli mówimy o dokładności modeli w krótkim horyzoncie czasowym. Nowoczesne metody miękkich technik obliczeniowych, a wśród nich sztuczne sieci neuronowe, są z kolei bardziej skomplikowane pod względem obliczeniowym i ich poprawne wykorzystanie może przysparzać badaczom większych trudności odwzajemniając się jedynie niewielkim wzrostem sprawności modelu. Z drugiej zaś strony wykazują się one mniejszymi spadkami skuteczności wraz ze wzrostem liczby lat przed upadłością. Fakt ten koresponduje w pewnym sensie z informacjami zawartymi w rozdziale 2.2, gdzie wyjściowym punktem budowy modelu wskazane było określenie celu jaki ma on spełniać. Jeżeli celem jest określenie kondycji finansowej przedsiębiorstwa i możliwości jego bankructwa na 1-2 lata przed, być może nie warto angażować do tego skomplikowanych i czasochłonnych metod. Kolejny rozdział poświęcony został bliższemu przedstawieniu matematycznych i obliczeniowych aspektów poszczególnych metod: analizy dyskryminacyjnej, modeli probabilistycznych, sztucznych sieci neuronowych i drzew klasyfikacyjnych.

### 3. Wybrane metody statystyczne wykorzystywane do klasyfikacji

#### 3.1 Analiza dyskryminacyjna

Przystawione w pierwszym rozdziale niniejszej pracy rozważania dotyczące problemu upadłości przedsiębiorstw oraz ich ekonomicznych, gospodarczych i społecznych konsekwencji wskazują na oczywistą konieczność identyfikacji podmiotów, które mogą być zagrożone bankructwem i upadłością. Ocena kondycji finansowej i ewentualnego zagrożenia dla dalszej działalności danego przedsiębiorstwa jest istotna nie tylko z punktu widzenia osób zarządzających tym konkretnym podmiotem ale również dla szeregu interesariuszy funkcjonujących w jego otoczeniu. Wśród nich należy wymienić w pierwszej kolejności kontrahentów, dla których upadłość kooperanta oznaczać może brak zapłaty za dostarczone produkty i usługi, co następnie rzutować może na ich zdolności przetrwania na rynku. Podobnie sytuacja może wyglądać w przypadku dostawcy kapitału, zarówno zewnętrznych czyli kredytobiorców oraz wewnętrznych np. akcjonariuszy w przypadku spółek notowanych na giełdach.

Współczesne wielowymiarowe podejście do analizy kondycji finansowej przedsiębiorstw oparte jest na metodach klasyfikacyjnych. Celem ich stosowania jest poprawne przypisanie danego przedsiębiorstwa do jednej z dwóch grup: podmiotów o dobrej kondycji finansowej bądź tych, które zagrożone są upadłością. W niniejszym rozdziale przedstawione zostały wybrane metody klasyfikacyjne umożliwiające osiągnięcie powyższego celu. Pierwszą z nich, która zarazem jest najczęściej wykorzystywaną, jest analiza dyskryminacyjna.

Pojęcie analizy dyskryminacyjnej jest stosunkowo szerokie i zawiera w sobie kilka powiązanych ze sobą operacji statystycznych, prowadzących do dwóch celów. Po pierwsze, znalezienia dyskryminatorów czyli charakterystyk obiektów, które separują w najlepszy możliwy sposób, odrębne grupy obiektów wewnątrz populacji (lub próby). Po drugie, klasyfikacji obiektów czyli znalezienia reguły pozwalającej na przyporządkowywanie nowych obiektów do jednej z wyodrębnionych wcześniej grup<sup>220</sup>. R. Fisher<sup>221</sup> realizację pierwszego

---

<sup>220</sup> P. Radkiewicz, *Analiza dyskryminacyjna. Podstawowe założenia i zastosowania w badaniach społecznych*, Psychologia Społeczna, 2010, T.5, 2-3 (14), s. 143.

<sup>221</sup> R. Fisher, *The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems*, Annals of Eugenics, t. 7, 1936, s. 179-188.

z wyżej wymienionych celów nazywa dyskryminacją, zaś drugiego klasyfikacją. Jak zwraca jednak uwagę P. Radkiewicz<sup>222</sup>, oba cele zachodzą na siebie i odróżnienie separacji i klasyfikacji może być mało wyraźne. Dodatkowo, warto zauważyć, że w ujęciu praktycznym chcąc stworzyć formułę pozwalającą na prawidłowe klasyfikowanie nowych obiektów do istniejących podgrup należy również wyodrębnić czynniki, które te grupy od siebie separują. Z drugiej strony, jeżeli celem jest identyfikacja czynników w najlepszy sposób odróżniających grupy konieczna jest znajomość przynależności obiektów do określonych grup. W związku z powyższym, stwierdzić należy, że pojęcia dyskryminacji i klasyfikacji są ze sobą ściśle związane i przenikają się wzajemnie. Wskazuje na to również E. Gatnar<sup>223</sup> pisząc: „*Obecnie w polskiej literaturze statystycznej panuje zgodny pogląd, że analizą dyskryminacyjną jest zbiór metod prowadzących do znalezienia reguły klasyfikacyjnej, charakterystyki klas lub funkcji rozdzielających klasy, na podstawie zbioru uczącego, tj. zawierającego obiekty o znanej przynależności do klas*”. W dalszej części niniejszej pracy pojęcie analizy dyskryminacyjnej wykorzystywane będzie zgodnie z powyższą definicją.

Pojęcie analizy dyskryminacyjnej, jako techniki służącej do identyfikacji zmiennych, które w najlepszy sposób dzielą próbę na ustaloną liczbę grup sformułowane zostało w latach trzydziestych XX wieku. Autorstwo koncepcji analizy dyskryminacyjnej i jej matematycznych podstaw przypisywane jest wspomnianemu już R. Fisherowi<sup>224</sup>, który w swojej pracy z 1936 roku zaprezentował tzw. liniowy dyskryminator Fishera (*Fisher's linear discriminant*), który pozwalał na separację dwóch grup w ramach próby (rozwiązanie uogólniające problem do większej liczby grup zostały zaprezentowane później przez C. Rao<sup>225</sup>). Na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw istnieje potrzeba podziału próby na jedynie dwie grupy odpowiadające przedsiębiorstwom o dobrej kondycji finansowej (zdrowym) oraz przedsiębiorstwom o złej kondycji tj. zagrożonym upadłością.

Niewątpliwą zaletą analizy dyskryminacyjnej w stosunku do innych przedstawionych w tym rozdziale metod jest jej stosunkowa prostota przekładająca się łatwość użytkowania funkcji dyskryminacyjnych przez odbiorców modelu i na intuicyjny sposób interpretacji

---

<sup>222</sup> P. Radkiewicz, *op.cit.*, s. 143.

<sup>223</sup> E. Gatnar, *Analiza dyskryminacyjna - stan aktualny i kierunki rozwoju.* Studia Ekonomiczne 152, 2013, s.42.

<sup>224</sup> R. Fisher, *op.cit.*, s. 179-188.

<sup>225</sup> C. Rao, *The Utilisation of Multiple Measurements in Problems of Biological Classification*, Journal of the Royal Statistical Society B, 10, s. 159-203.

wyników. Ma to również wpływ na walory aplikacyjne modeli oszacowanych z wykorzystaniem tej metody.

Postać kanoniczna funkcji dyskryminacyjnej jest następująca<sup>226</sup>:

$$Z = \alpha_0 + \alpha_1 \times X_1 + \alpha_2 \times X_2 + \dots + \alpha_k \times X_k \quad (3.1)$$

gdzie:

Z – wartość kanoniczna funkcji dyskryminacyjnej,

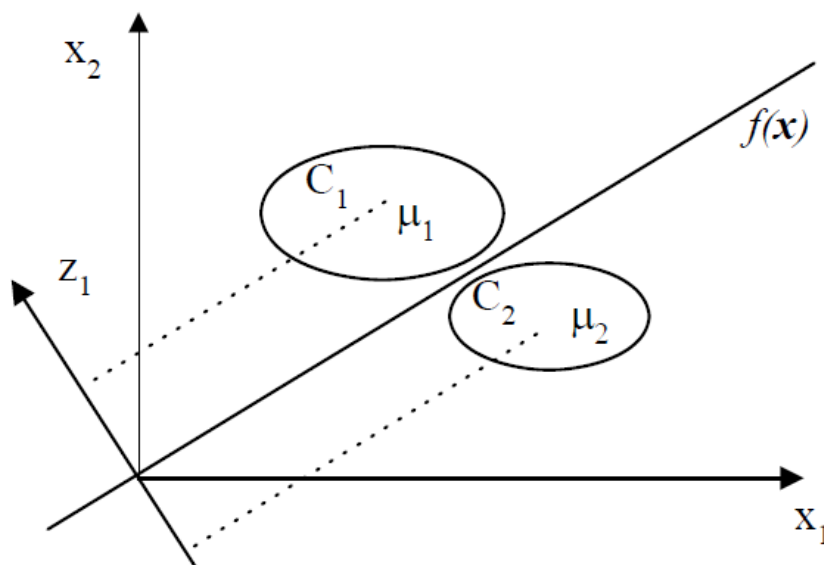
$\alpha_0$  – wartość stała funkcji,

$\alpha_k$  – współczynniki dyskryminacyjne,

$x_k$  – zmienne dyskryminacyjne.

W sposób graficzny, ideę separacji klas w przestrzeni dwuwymiarowej, czyli wykorzystującej dwie zmienne przedstawił w swojej pracy E. Gatnar (rysunek 3.1). Pola  $C_1$  oraz  $C_2$  odpowiadają rozdzielnym grupom obiektów.

Rys. 3.1 Separacja klas w analizie dyskryminacyjnej



Źródło: E. Gatnar, *Analiza dyskryminacyjna - stan aktualny i kierunki rozwoju.* Studia Ekonomiczne 152, 2013, s.46.

Współczynniki funkcji dyskryminacyjnych wyznaczone są w taki sposób aby maksymalizować stosunek zmienności międzygrupowej do zmienności wewnątrzgrupowej. Wartość funkcji dyskryminacyjnej obliczona dla konkretnego przypadku nie niesie sama w

<sup>226</sup> D.A. Aczel, *Statystyka w zarządzaniu*, PWN, Warszawa, 2000, s. 883.

sobie żadnej konkretnej informacji. Dopiero jej porównanie z tzw. wartością graniczną pozwala na zaklasyfikowanie danego obiektu do konkretnej grupy. Procedura wyznaczenia punktu granicznego opiera się w pierwszej kolejności na wyznaczeniu średniej wartości funkcji Z w dwóch odrębnych grupach, a następnie na obliczeniu średniej z tych dwóch średnich. Powyższą procedurę oddaje wzór 3.2.

$$PG = \frac{(\overline{Z_1} + \overline{Z_2})}{2} \quad (3.2)$$

Warto jednak podkreślić, że autorzy zajmujący się problematyką upadłości przedsiębiorstw, którzy konstruowali swoje modele bardzo często stosowali inne kryteria wyznaczenia punktu granicznego. Wśród nich należy wskazać na stosowanie tak zwanej strefy nieokreślonej czy strefy pośredniej<sup>227</sup>. „Sztuczne” wprowadzanie tej strefy do modelu wynika z dwóch podstawowych przesłanek. Pierwsza z nich, którą można nazwać rynkową polega na tym, że w rzeczywistości gospodarczej funkcjonują podmioty, które nie są bezpośrednio zagrożone upadłością (nie wykazują ujemnych kapitałów czy nie posiadają wielu przeterminowanych zobowiązań) jednak osiągnięte przez nie wyniki finansowe daleko odbiegają od średniej branżowej. Przedsiębiorstwa te mogą być identyfikowane przez model jako niewydolne, a w rzeczywistości utrzymują się na rynku. Druga przesłanka wynika z naturalnej chęci autorów do usprawnienia modelu. Przedsiębiorstwa charakteryzujące się bardzo dobrą kondycją finansową jak i te o bardzo złym standingu osiągają wartości funkcji dyskryminacyjnej dalekie od punktu granicznego, w związku z tym w najbliższej okolicy tego punktu znajdują się podmioty niezagrożone upadłością ale osiągające złe wyniki oraz te bankrutujące, których wyniki finansowe nie są skrajnie niekorzystne. Wśród tych podmiotów w naturalny sposób wzrasta ryzyko błędnej klasyfikacji. Umieszczenie ich w strefie nieoznaczonej oddaje ich charakterystykę i w konsekwencji może znacząco podnieść dokładność modelu i jego walory użytkowe – informacja o nieokreślonym stanie danego podmiotu gospodarczego jest bardziej przydatna niż brak jakiegokolwiek odpowiedzi modelu, a tym bardziej fałszywa wynikająca z błędnej klasyfikacji.

---

<sup>227</sup> Wymienić tutaj między innymi można polskie modele M. Pogodzińskiej i S. Sojaka, A. Hołdy oraz B. Prusaka.

Analiza dyskryminacyjna, podobnie jak inne metody statystyczne, jest obwarowana pewnymi ograniczeniami, a jej wykorzystanie wymaga spełnienia określonych założeń. W literaturze przedmiotu wskazuje się na osiem założeń, które powinny być spełnione aby wyniki przeprowadzonych analiz można było uznać za statystycznie wiarygodne<sup>228</sup>:

- 1) obserwacje muszą należeć do przynajmniej dwóch rozdzielnych grup;
- 2) w każdej z grup muszą znajdować się przynajmniej dwa obiekty;
- 3) liczba obserwacji powinna być przynajmniej o dwa większa niż liczba zmiennych dyskryminacyjnych;
- 4) zmienne muszą być mierzalne na skali przedziałowej lub ilorazowej;
- 5) zmienne powinny posiadać rozkład normalny;
- 6) żadna zmienna nie może być liniową kombinacją innych zmiennych dyskryminacyjnych;
- 7) macierze kowariancji we wszystkich grupach muszą być sobie równe;
- 8) średnie w grupach nie są skorelowane z wariancjami.

Pierwsze trzy z przedstawionych powyżej warunków dotyczą liczności i struktury próby badawczej. Zgodnie z nimi, każdy obiekt znajdujący się w próbie badawczej musi być przypisany do jednej i tylko jednej z grup. Obowiązek zdefiniowania przynajmniej dwóch klas wynika z samej idei analizy dyskryminacyjnej jako narzędzia klasyfikacyjnego. Analiza dyskryminacyjna nie ogranicza badacza jeżeli chodzi o liczbę zmiennych dyskryminacyjnych, o ile zapewniona zostanie wystarczająco liczna próba. Czwarte ze wskazanych wyżej założeń dotyczy typu skali na której przedstawić można zmienne dyskryminacyjne. Wymóg ten wynika z matematycznej specyfikacji analizy dyskryminacyjnej, zgodnie z którą konieczne jest obliczenie wartości średnich i wariancji.

Analiza dyskryminacyjna zakłada, że dane wykorzystywane w badaniu reprezentują próbę z wielowymiarowego rozkładu normalnego, wyniki badań wskazują jednak, że naruszenie tego założenia nie jest „zgubne” a wyniki analiz można wciąż uznawać za wiarygodne<sup>229</sup>. W literaturze przedmiotu zwraca się uwagę na fakt, że niewielkie odchylenia od zachowania jednorodności wariancji/kowariancji również nie są szczególnie istotne. Najistotniejszym warunkiem z wyżej wymienionych jest warunek 8. Jest on jednak stosunkowo

---

<sup>228</sup> W.R Klecka, G. Iversen, *Discriminant analysis*. Vol. 19. Sage, 1980, s.11.

<sup>229</sup> Autorzy wskazujący na brak konieczności zapewnienia rozkładu normalnego to między innymi: P. A Lachenbruch (P. A Lachenbruch, *Discriminant Analysis*. Nowy York 1975, Hafner Press, s. 100-110) czy E.A. Joachimsthaler i A. Stam (E.A. Joachimsthaler, A. Stam, *Four Approaches to the Classification Problem in Discriminant Analysis—An Experimental Study*, *Decision Sciences* 19/2, 1988, s. 322 – 333).

łatwy do zapewnienia. Średnie grupowe skorelowane z wariacjami mogłyby wystąpić w sytuacji gdy, w którejś z klas pojawiłaby się grupa obiektów o wyraźnie nietypowych wartościach zmiennych, które istotnie zawyżałyby średnią przy jednoczesnym zwiększeniu zmienności wewnątrzgrupowej. Eliminacja przypadków nietypowych może więc skutecznie zapewnić spełnienie tego kryterium. Założenie szóste, dotyczące odpowiedniej selekcji nieredundantnych zmiennych, także bardzo nie utrudnia budowy modeli z wykorzystaniem analizy dyskryminacyjnej. Wybór zmiennych nieskorelowanych ze sobą wydaje się wręcz naturalne, ze względu na potrzebę umieszczenia w modelu takich zmiennych, które będą dostarczać do niego jak największy ładunek unikalnych informacji o obiektach. Należy jednak zauważyć, że w przypadku wskaźników finansowych, które najczęściej wykorzystywane są w modelach prognozowania zagrożenia upadłością, całkowita eliminacja współzależności jest praktycznie niemożliwa. Sfery płynności, rentowności czy zadłużenia bowiem są w przedsiębiorstwach ściśle powiązane więc w naturalny sposób występować muszą również korelacje między wskaźnikami dotykającymi tych sfer.

Podsumowując, spełnienie znacznej części kryteriów analizy dyskryminacyjnej osiągnięte może być przez zapewnienie odpowiedniej liczności próby badawczej, odpowiedniego doboru zmiennych diagnostycznych oraz eliminacji wartości nietypowych. Biorąc pod uwagę również fakt, że zgodnie z wynikami badań, naruszenia założeń dotyczących normalności rozkładu nie muszą wpływać krytycznie na wiarygodność wyników, można uznać analizę dyskryminacyjną za przystępne i stosunkowo łatwe w użyciu narzędzie klasyfikacyjne.

Odpowiednie przygotowanie próby badawczej i zadbanie o spełnienie założeń statystycznych z pewnością wspomaga budowę skutecznego i sprawnego modelu analizy dyskryminacyjnej. W procesie jego szacowania istnieje również potrzeba weryfikacji przydatności konkretnych zmiennych oraz ich wpływu na zdolności klasyfikacyjne modelu. Oczywiście, podstawowym kryterium oceny jego jakości jest zdolność do poprawnego klasyfikowania przypadków z jednej i drugiej grupy przedsiębiorstw, jednakże badacze wykorzystujący analizę dyskryminującą posiadają do dyspozycji inne współczynniki i statystyki. Podstawowym współczynnikiem pozwalającym na ocenę ogólnej zdolności dyskryminacyjnej funkcji jest współczynnik  $\lambda$  Wilksa obliczany w następujący sposób<sup>230</sup>:

---

<sup>230</sup> M. Dobosz, *Wspomagana komputerowo statystyczna analiza wyników badań*, AOW EXIT, Warszawa, 2004, s.90.



$$\lambda = \frac{\det g}{\det(g+h)} \quad (3.3)$$

gdzie:

g – macierz wewnątrzgrupowej wariancji kowariancji;

h – macierz międzygrupowej wariancji kowariancji.

Wartość  $\lambda$  Wilksa mieści się w przedziale  $<0 ; 1>$ . Ze wzoru 3.3 wynika, że współczynnik  $\lambda$  Wilksa przybierać będzie wyższą wartość wraz ze wzrostem wewnątrzgrupowej wariancji i ze spadkiem wariancji międzygrupowej. W związku z tym, pożądaną sytuacją jest jak najmniejsza wartość współczynnika  $\lambda$  Wilksa, gdyż celem stosowania analizy dyskryminacyjnej jest właśnie minimalizacja zmienności wewnątrz grup oraz maksymalizacja zmienności międzygrupowej. Oprócz powyższego współczynnika wykorzystywany jest również tzw. cząstkowy współczynnik  $\lambda$  Wilksa. Pozwala on na ocenę zdolności dyskryminacyjnych konkretnych zmiennych. Cząstkowy współczynnik  $\lambda$  Wilksa obliczany jest następująco<sup>231</sup>:

$$\lambda_{cz} = \frac{\lambda^1}{\lambda^0} \quad (3.4)$$

gdzie:

$\lambda_1$  – wartość współczynnika  $\lambda$  całego modelu po wprowadzeniu do niego zmiennej;

$\lambda_0$  – wartość współczynnika  $\lambda$  całego modelu przed wprowadzeniem do niego zmiennej;

Wartość cząstkowego współczynnika  $\lambda$  Wilksa również zawiera się w przedziale  $<0 ; 1>$ .

Im niższa wartość tego współczynnika tym większy jest wkład danej zmiennej w zdolność dyskryminacyjną całego modelu. Powyższemu współczynnikowi towarzyszy statystyka F mająca rozkład F-Fishera o  $K-1$  i  $N-K-1$  stopniach swobody. Wartość statystyki wskazuje na istotność wkładu informacyjnego zmiennej do funkcji dyskryminacyjnej. Jest ona obliczana zgodnie z poniższą formułą<sup>232</sup>:

---

<sup>231</sup> D. Hadasik, Upadłość przedsiębiorstw w Polsce i metody jej prognozowania, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, Poznań, 1998, s. 117.

<sup>232</sup> Ibidem, s.118

$$F = \left( \frac{N-K-I}{K-1} \right) \frac{1-\lambda_{cz}}{\lambda_{cz}} \quad (3.5)$$

gdzie:

N – łączna liczba obiektów w próbie;

K – liczba zmiennych;

I – liczba rozważanych populacji.

Do oceny współliniowości zmiennej z innymi zmiennymi przydatny może okazać się współczynnik indeterminacji  $\varphi^2$ . Współczynnik  $\varphi^2$ , wskazuje część wariacji danej zmiennej, która nie jest wyjaśniana przez pozostałe zmienne w modelu. Jest on definiowany w następujący sposób przedstawiony we wzorze 3.6. Wprowadzenie do funkcji zmiennych charakteryzujących się większą wartością współczynnika indeterminacji  $\varphi^2$  wspomaga zdolności dyskryminacyjne modelu<sup>233</sup>.

$$\varphi^2 = 1 - R^2 \quad (3.6)$$

gdzie:

$R^2$  – współczynnik korelacji wielorakiej między daną zmienną a pozostałymi zmiennymi w modelu.

W ramach analizy dyskryminacyjnej powszechnie wykorzystuje się dwa podejścia krokowe do wyznaczania wartości parametrów strukturalnych modeli. Krokowa analiza dyskryminacyjna może być prowadzona w podejściu postępującym oraz wstecznym. W postępującej analizie dyskryminacyjnej punktem wyjścia jest model pusty – niezawierający żadnych zmiennych. Następnie kolejno dodawane są zmienne w kolejności od tej, dla której wartość statystyki F jest najwyższa. Proces wprowadzania zmiennych do modelu trwa do momentu kiedy żadna z pozostających poza modelem, nie będzie charakteryzowała się zadowalającym poziomem statystyki F (próg graniczny statystyki F jest definiowany przez badacza). Analogicznie, w przypadku wstecznej analizy dyskryminacyjnej, w zerowym kroku wszystkie zmienne znajdują się w modelu. Następnie są kolejno usuwane te zmienne, które najmniej przyczyniają się do dyskryminacji grup. Po ostatnim kroku w modelu znajdują się więc jedynie najistotniejsze zmienne, charakteryzujące się największymi wartościami statystyki F.

---

<sup>233</sup> M. Kasjaniuk, *Zastosowanie analizy dyskryminacyjnej do modelowania i prognozowania kondycji przedsiębiorstw*, Barometr Regionalny 2.6, 2006, s. 96.

Analiza dyskryminacyjna znalazła szerokie uznanie wśród badaczy zajmujących się problematyką prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw i jest to zdecydowanie najczęściej wykorzystywana w tym celu metoda (więcej o tym w rozdziale 3). Warto jednak podkreślić, że analiza dyskryminacyjna, jak zresztą wszystkie metody klasyfikacyjne, znajduje zastosowanie w wielu obszarach. W celu uwidocznienia szerokiego spektrum możliwości tej metody, w tabeli 3.1 przedstawiono wybrane problemy badawcze, w których autorzy posłużyli się analizą dyskryminacyjną.

**Tabela 3.1. Zastosowania analizy dyskryminacyjnej**

Autor	Obszar zastosowania analizy dyskryminacyjnej
M.R Gabor, M. Kardos, M.Christache	Analiza przewag atrakcyjności turystycznej krajów europejskich
J. Fridolfsson, D. Arvidsson, L. B Andersen	Analiza wzorów aktywności fizycznej w kontekście zdrowia
P. Tewogbola, A.Norah	Identyfikacja cech klientów firm ubezpieczeniowych
E. Polat	Klasyfikacja krajów OECD pod względem zadowolenia mieszkańców
K.S Reale, L. Joohyung, S. Jonghan	Badanie wariantów osobowości psychopatycznej u przestępców
A. Bala, R. Asha K.Sanjeev	Usprawnienie algorytmu rozpoznawania twarzy
W. Yutong	Klasyfikacja odpadów komunalnych
R. Sharma	Wpływ dyspozycji behawioralnych na wytrzymałość na ryzyko inwestorów indywidualnych
B. Jefmański	Marketingowa segmentacja rynku
D. Wiśniewska	Prognozowanie cen akcji
D. Witkowska, I. Staniec	Klasyfikacja kredytobiorców
J. Zaród	Podział województwa na rejony przydatności rolniczej
I. Foryś	Typowanie rynków podobnych w procesie wyceny nieruchomości

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: M.R Gabor, M. Kardos, M.Christache, *Dynamic analysis of tourism competitiveness of the european countries based on discriminant statistical analysis*, Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research 55.3, 2021 ; P. Tewogbola, A.Norah, *Identifying the insured and uninsured in rural America: an empirical discriminant analysis*, AIMS Public Health 8.3, 2021, 421. ; E. Polat, *The classification of OECD countries in terms of life satisfaction using partial least squares discriminant analysis*, Sakarya University Journal of Science 24.2, 2020, 365-376. ; K.S Reale, L. Joohyung, S. Jonghan, *Variants of psychopathic personality in Korean and UK incarcerated offenders: Using latent profile analysis and discriminant analysis*, Journal of forensic sciences, 2021. ; A. Bala, R. Asha K.Sanjeev, *An Illumination Insensitive Normalization Approach to Face Recognition Using Locality Sensitive Discriminant Analysis*, Traitement du Signal 37.3, 2020. ; W. Yutong, *Community Waste Classification Method Based on Discriminant Analysis*, Journal of Landscape Research 13.3, 2021, s. 95-100. ; R. Sharma, *The Impact of Behavioral Dispositions on Risk Endurance of Individual Investors: Application of Multiple Discriminant Analysis*, IUP Journal of Financial Risk Management 17.1, 2020, s. 16-42. ; B. Jefmański, *Analiza dyskryminacyjna w profilowaniu segmentów rynkowych*, Zeszyty Naukowe/Akademia Ekonomiczna w Poznaniu 71, 2006, s. 27-37. ; D. Wiśniewska, *Analiza dyskryminacyjna w prognozowaniu cen akcji, Nowa koncepcja konstruowania prognoz jakościowych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań, 2012. ; D. Witkowska, I. Staniec, *Dychotomiczna klasyfikacja kredytobiorców przy użyciu wielowymiarowej analizy dyskryminacyjnej*, 2002. ; J. Zaród, *Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej do podziału województwa zachodniopomorskiego na rejony przydatności rolniczej*, Journal of Agribusiness and Rural Development 03 [13], 2009. ; I. Foryś, *Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej do typowania rynków podobnych w procesie wyceny nieruchomości niemieszkalnych*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu 328, 2014, s. 59-68.

Jak wynika z tabeli 3.1 analiza dyskryminacyjna bywa wykorzystywana w badaniach z obszaru ekonomii i finansów takich jak prognozowanie cen akcji, klasyfikacja kredytobiorców, segmentacji rynku na potrzeby marketingowe czy selekcji nieruchomości podobnych na potrzeby ich wyceny. Jest ona również wykorzystywana w znacznie odleglejszych obszarach badań naukowych, między innymi: klasyfikacji krajów pod względem atrakcyjności czy zadowolenia mieszkańców, psychologii, kryminologii, a nawet rolnictwa i urbanizacji.

### 3.2 Analiza logitowa i probitowa

Kolejną metodą, która znalazła powszechne zastosowanie w prognozowaniu zagrożenia upadłością przedsiębiorstw jest modelowanie logitowe oraz probitowe. Jak zostało już zaznaczone w rozdziale 2.4 regresja logistyczna pojawiła się jako narzędzie klasyfikacji przedsiębiorstw na potrzeby prognozowania upadłości w latach siedemdziesiątych XX wieku i od tego czasu opracowanych zostało wiele modeli wykorzystujących te metodę. W niniejszym podrozdziale przybliżona została charakterystyka regresji logistycznej i probitowej zaliczanych do tzw. uogólnionych modeli liniowych.

Najbardziej wyrazistą cechą regresji logistycznej i podobnej do niej transformacji probit jest dychotomiczny charakter zmiennej zależnej, która przyjmuje dwie wartości. W związku z tym w naturalny sposób nadaje się ona do klasyfikacji przedsiębiorstw na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością, którego celem jest właśnie najdokładniejszy podział próby badawczej według kryterium zagrożony- niezagrożony. Dodatkowo, w przeciwieństwie do przedstawionej wcześniej analizy dyskryminacyjnej, metody logit i probit pozwalają na wykorzystywanie w analizie również jakościowych zmiennych niezależnych<sup>234</sup>.

Model logitowy w ogólności służy do badania zależności między binarną zmienną objaśnianą  $Y$  (stany jakie może ona przyjmować oznacza się symbolicznie jako 0 oraz 1) oraz grupą zmiennych  $x_1, x_2, \dots, x_k$ , które jak już wspomniano mogą mieć charakter zarówno ilościowy, jak i jakościowy. Model logitowy nazywany jest modelem probabilistycznym, oznacza to, że jego celem jest w gruncie rzeczy znalezienie prawdopodobieństwa wyboru  $Y=1$ , w zależności od wartości zmiennych objaśniających  $x_1, x_2, x_3, x_k$ . Najprostszą zależnością prawdopodobieństwa wyboru  $Y=1$ , od wartości poszczególnych zmiennych  $x_j$  mogłaby być

---

<sup>234</sup> G.S. Maddala, *Ekonometria*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2006, s. 350.

zależność liniowa. Istotę powyższego założenia, tj. zależności prawdopodobieństwa od wartości zmiennych objaśniających, można w formalny sposób przedstawić następująco<sup>235</sup>:

$$P(y = 1) = p = \alpha_0 + \sum_{j=1}^k \alpha_j x_j \quad (3.6)$$

Gdzie:

$p$  – prawdopodobieństwo;

$\alpha_0$  – wartość stała;

$\alpha_j$  – parametr przy zmiennej  $j$ ;

$x_j$  – wartość zmiennej  $j$ .

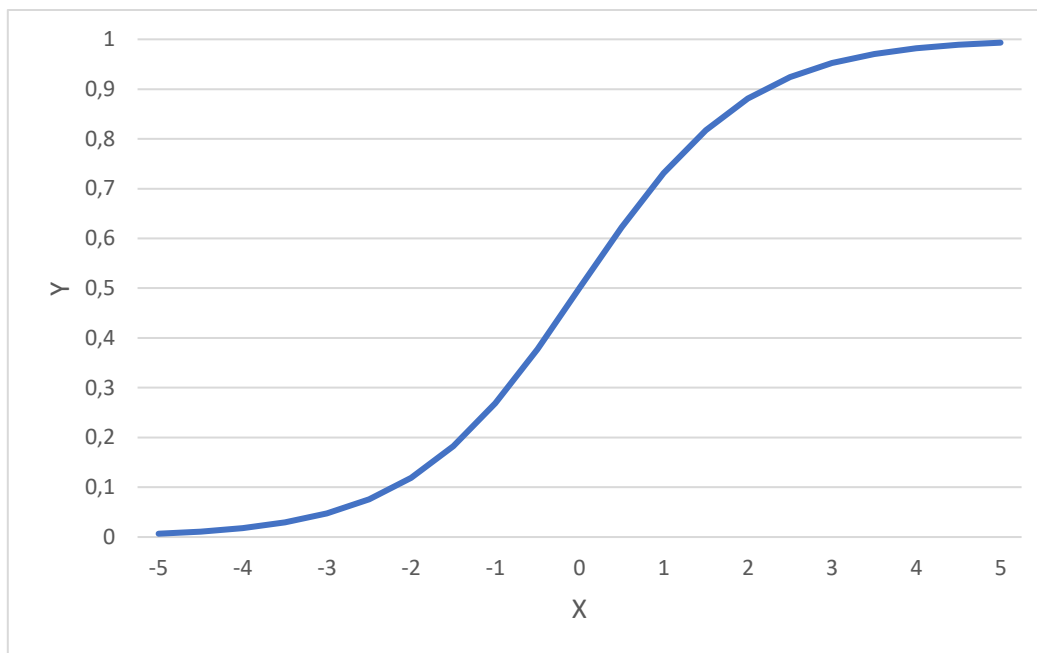
W związku z faktem, że przy odpowiednich wartościach zmiennych, wyrażenie (3.6) mogłoby przyjmować wartości spoza przedziału (0;1), co byłoby niezgodne z ideą prawdopodobieństwa stosuje się przekształcenie za pomocą odpowiedniej funkcji. Najczęściej wykorzystywanymi z nich są logit i probit, które różnią się od siebie tym, że wykorzystują inną dystrybuantę rozkładu składnika losowego<sup>236</sup>. Model logitowy wykorzystuje dystrybuantę rozkładu logistycznego, nazywanego również funkcją sigmoidalną, która została przedstawiona na rysunku 3.2. Jak można zauważyć na rysunku 3.2 dziedziną funkcji logistycznej jest zbiór liczb rzeczywistych, zaś zbiorem wartości tej funkcji jest przedział (0 ; 1), który odpowiada przedziałowi prawdopodobieństwa.

---

<sup>235</sup> Z. Rusnak, *Regresja logistyczna a analiza oszczędności i zobowiązań finansowych gospodarstw domowych*, Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu, 25, 2011, s. 171.

<sup>236</sup> G.S. Maddala, *Op.cit.*, s. 372.

Rys. 3.2 Przebieg funkcji logistycznej



Źródło: Opracowanie własne

Transformacja, której poddawana jest lewa strona wyrażenia 3.6 ma na celu ustalenie ostatecznej postaci modelu logitowego przedstawionego wzorem 3.7. Szczegółowe wyjaśnienie przekształceń matematycznych znajduje się m.in. w pracy G.S. Maddala<sup>237</sup>:

$$\log \frac{P_i}{1-P_i} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j x_{ij} \quad (3.7)$$

Wyrażenie po lewej stronie powyższego równania nazywane jest logitem czyli logarytmem naturalnym z szansy. Warto zwrócić uwagę, że szansa jest stosunkiem prawdopodobieństwa na to, że  $y=1$  do prawdopodobieństwa tego, że  $y=0$ . W związku z powyższym można więc powiedzieć, że w modelu logitowym logarytm szansy jest liniową funkcją zmiennych objaśniających<sup>238</sup>. Parametry strukturalne  $\alpha$  modelu mogą być interpretowane w podobny sposób jak w przypadku regresji liniowej lecz z uwzględnieniem probabilistycznego charakteru modelu. Interpretacja parametrów strukturalnych jest więc następująca: jeżeli wartość zmiennej  $x_j$  wzrośnie o 1, to w takim wypadku szansa, że  $Y=1$

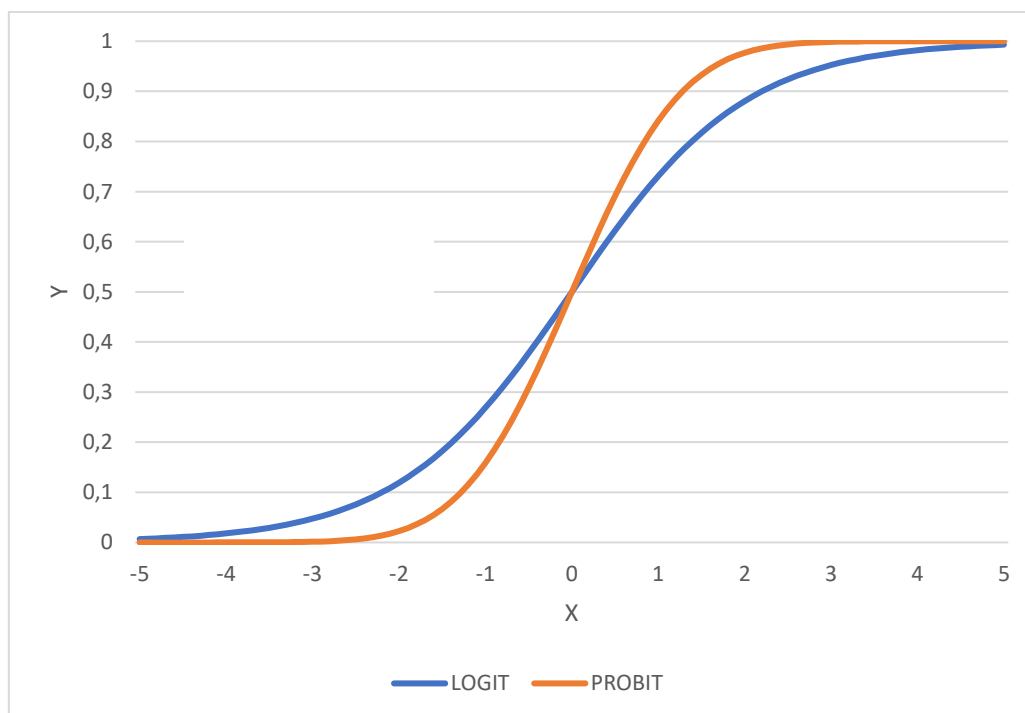
<sup>237</sup> Ibidem, s. 372.

<sup>238</sup> Ibidem, s. 373.

wzrośnie o  $e^\alpha$  razy<sup>239</sup>. Estymacji parametrów strukturalnych modelu logitowego dokonuje się za pomocą metody największej wiarygodności<sup>240</sup>.

Jak już zostało wspomniane, poza przekształceniem logistycznym wykorzystuje się również transformację probitową, która odpowiada dystrybucie rozkładu normalnego. Funkcja probit jest graficznie bardzo podobna do funkcji sigmoidalnej przedstawionej na rysunku 3.2. W związku z tym analizy z wykorzystaniem logit i probit bardzo często dają podobne wyniki. W celu uwidocznienia niewielkich różnic na rysunku 3.3 zaprezentowano porównanie obu funkcji.

Rys. 3.3. Porównanie logit a probit



Źródło: Opracowanie własne

Przedstawione na rysunku 3.2 porównanie funkcji logitowej (kolor niebieski) i probitowej (kolor pomarańczowy) wskazuje, że największe różnice między obiema funkcjami występują dla wartości początkowych i końcowych. W sposób formalny model probitowy przedstawić można jako<sup>241</sup>:

<sup>239</sup> Z. Rusnak, *op.cit.*, s. 172.

<sup>240</sup> D. W Hosmer, S. Lemeshow, R. X Sturdivant, *Applied logistic regression*, (Vol. 398), John Wiley & Sons, 2013, s. 9-10.

<sup>241</sup> G.S. Maddala, *Op.cit.*, s. 373.

$$F(Z_i) = \int_{-\infty}^{Z_i} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \quad (3.8)$$

Gdzie  $Z_i$  odpowiada prawej stronie równania 3.7.

Jak już zostało wspomniane, modele logitowe i probitowe służą modelowaniu prawdopodobieństwa wystąpienia bądź nie danego zjawiska. W celu wykorzystania ich do klasyfikacji binarnej należy określić konkretny punkt odcięcia (*cut-off point*), rozdzielający obie grupy. Jego wartość zależy od kosztów względnych błędnej klasyfikacji przypadku do jednej z dwóch grup. Jeżeli więc, koszty te są równe to wartość progowa wynosić będzie 0,5. Jak każda metoda statystyczna, również analiza regresji logistycznej obwarowana jest szeregiem założeń. W literaturze przedmiotu wskazuje się na następujące wymagania modeli<sup>242</sup>:

- 1) próba powinna zostać dobrana w sposób losowy;
- 2) należy usunąć bądź zamienić dane nietypowe;
- 3) zastosowane powinno zostać odpowiednie kodowanie, tj. zmiennej zależnej powinno się przypisać wartość 1 dla przypadku faktycznie badanego (bardziej interesującego badacza);
- 4) powinno się włączyć do modelu wszystkie zmienne istotne statystycznie;
- 5) zmienne nieistotne statystycznie powinny zostać wyłączone z modelu;
- 6) zapewnić brak występowania współliniowości zmiennych;
- 7) próba powinna być odpowiednio liczna, przyjmuje się, że minimalna liczebność próby powinna wynosić nie mniej niż 10 (k+1), gdzie k oznacza liczbę zmiennych.

Spełnienie powyższych założeń powinno zagwarantować, że uzyskane wyniki będą wiarygodne i będą w odpowiedni sposób przedstawiać istotę badanego zjawiska. Zapewnienie odpowiedniej liczebności i losowości próby w przypadku prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw może być problematyczne. Nowoczesne oprogramowanie statystyczne pozwala zaś na bezproblemowe usuwanie wartości nietypowych, a ponadto jest w stanie skutecznie wspomóc badacza w doborze odpowiednich zmiennych. Oprogramowanie Statistica umożliwia, podobnie jak w przypadku modeli dyskryminacyjnych, krokową budowę modeli logitowych i probitowych. Procedura krokowa polega na odpowiednim wprowadzaniu kolejnych zmiennych w taki sposób aby wprowadzić do modelu jedynie najlepsze zmienne (w przypadku metody krokowej postępującej) bądź usunąć z niego te zmienne, które wprowadzają najmniejszy ładunek informacyjny w przypadku procedury krokowej wstecznej.

---

<sup>242</sup> A. Stanisław, *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica PL na przykładach z medycyny*, t. 2, Modele liniowe i nieliniowe, Statsoft, Kraków 2007, s. 172.



Kluczową kwestią jest ocena oszacowanego modelu. W przypadku modeli logitowych wykorzystuje się, tak jak w przypadku innych metod, macierz klasyfikacji zawierającą informacje o poprawnie zaklasyfikowanych przypadkach względem grup. Poza tym o jakości dopasowania modelu logitowego świadczyć mogą wyniki testu chi-kwadrat, wartość współczynnika pseudo  $R^2$  oraz testu Hosmera-Lemeshowa<sup>243</sup>.

Podobnie jak analiza dyskryminacyjna, również modele logitowe i probitowe znalazły szerokie zastosowanie w wielu różnych dziedzinach nauki, gdzie istniała konieczność klasyfikacji wielowymiarowych danych. W tabeli 3.2 przedstawiono wybrane zastosowania modeli logitowych i probitowych dla innych niż prognozowanie zagrożenia upadłością przedsiębiorstw potrzeb.

**Tabela 3.2. Zastosowania modeli logitowych i probitowych**

Autor	Obszar zastosowania modeli logitowych i probitowych
P.M. Guadagni, J.D. Little	Analizy marketingowe – wybory konsumenckie
C.V Garcia i inni	Przewidywanie liczby dni z pożarami w lasach
S. Gnat	Prognozowanie obciążeń podatkowych działek gruntowych
J.C Milton i inni	Modelowanie częstotliwości wypadków na autostradach
N. Shahnoushi i inni	Badanie przyczyn marnowania żywności
N. Ashford, N., M. Benchemam	Badanie preferencji podróżnych co do wyboru lotniska
V.V Kundina, T.M Babkina	Przewidywanie skuteczności operacji kardiologicznych
C. Shen, H. Hsu	Identyfikacja czynników odpowiedzialnych za kryzys sektora bankowego

Źródło: P.M Guadagni, J.D Little, *A logit model of brand choice calibrated on scanner data*, Marketing science, 2(3), 1983, s. 203-238; C.V Garcia i inni, *A logit model for predicting the daily occurrence of human caused forest-fires*. International Journal of Wildland Fire, 5(2), 1995, s. 101-111; S. Gnat, *Model logitowy jako narzędzie prognozowania obciążeń podatkowych działek gruntu w wyniku wprowadzenia podatku ad valorem*, Studia i Prace WNEiZ US, (54/3), 2018, s. 173-183; J.C Milton i inni, *Highway accident severities and the mixed logit model: an exploratory empirical analysis*, Accident Analysis & Prevention, 40(1), 2008, s. 260-266; N. Shahnoushi i inni, *The use of the order logit model in an investigation of the effective factors on bread waste*, Journal of Economic Research (Tahghighat-E-Eghtesadi), 46(3), 2012, s. 111-132, N. Ashford, N., M. Benchemam, *Passengers' choice of airport: an application of the multinomial logit model*, Loughborough University of Technology Department of Transport Technology, 1987; V.V Kundina, T.M Babkina, *Multimodal Logit Model for Predicting the Efficiency of Myocardial Revascularization by the Method of Coronary Artery Bypass Grafting in Patients with Coronary Heart Disease*, Problemy radiatsiinoi medycyny ta radiobiologii. 2021, 26, s. 513-525, C. Shen, H. Hsu, *The determinants of Asian banking crises—Application of the panel threshold logit model*, International Review of Finance. 2022, 22(1), s. 248-277.

<sup>243</sup> D. Kmieć, *Zastosowanie modelu logitowego do analizy czynników wpływających na bezrobocie wśród ludności wiejskiej*, Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej, (110), 2015, s. 36-37.

Przedstawione powyżej przykłady wskazują na szerokie spektrum zastosowań modeli logitowych i probitowych i powszechność ich zastosowań. Odegrały one również istotną rolę w nurcie badań nad prognozowaniem zagrożenia upadłością przedsiębiorstw, czego dowodem jest mnogość tego rodzaju modeli przedstawionych w rozdziale 2.4. Z przedstawionych tamże danych wynika, że modele logitowe osiągają podobną skuteczność co te oszacowane z wykorzystaniem analizy dyskryminacyjnej, natomiast najczęściej okazują się mniej skuteczne niż nowocześniejsze metody, takie jak sztuczne sieci neuronowe. W kolejnych dwóch podrozdziałach zaprezentowane zostały dwie kolejne grupy metod, tj. drzewa klasyfikacyjne oraz sztuczne sieci neuronowe.

### 3.3 Drzewa klasyfikacyjne

Niniejszy podrozdział poświęcony został kolejnej metodzie pozwalającej na klasyfikację przedsiębiorstw w celu prognozowania zagrożenia ich upadłością. Drzewa klasyfikacyjne są zbiorczą nazwą grupy metod statystycznych z obszaru eksploracji danych (ang. *data mining*). Drzewa klasyfikacyjne oraz regresyjne zostały szeroko spopularyzowane po ukazaniu się w 1984 roku pracy „*Classification and regression trees*” autorstwa L Breimana i innych<sup>244</sup>. Jak jednak zwracają uwagę J. Koronacki oraz J. Ćwik za pierwsze opracowanie poświęcone tej metodzie uznać można artykuł J.N. Morgana i J.A. Sonquista z 1963 roku, zaś w dziedzinie uczenia maszynowego już pod koniec lat 70 zajmował się nimi J. R. Quinlan<sup>245</sup>.

Przed omówieniem podstawowych założeń tej grupy metod warto wspomnieć o pojęciach drzew decyzyjnych i drzew regresyjnych. Pojęcie drzew decyzyjnych odnosi się zazwyczaj to pewnego rodzaju algorytmów mających na celu wspomaganie procesu decyzyjnego. Drzewa klasyfikacyjne i regresyjne mają natomiast pozwalać na predykcję określonych wartości bądź klasyfikacje obiektów. Rozróżnienie pomiędzy drzewami klasyfikacyjnymi i regresyjnymi opiera się więc na innym charakterze zmiennej zależnej. W przypadku drzew klasyfikacyjnych zmienna ta wyrażona może być na skali nominalnej lub porządkowej, natomiast w przypadku drzew regresyjnych poziom pomiaru zmiennej objaśnianej jest co najmniej przedziałowy<sup>246</sup>. Warto jednak zwrócić uwagę, że w przeciwieństwie do analizy dyskryminacyjnej oraz regresji logistycznej nie istnieją żadne

---

<sup>244</sup> L. Breiman, J.H Friedman, R.A Olshen, C.J Stone, *Classification and regression trees*. Routledge, 1984.

<sup>245</sup> J. Koronacki, J. Ćwik, *Statystyczne systemy uczące się*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2021, s. 129.

<sup>246</sup> M. Łapczyński, *Drzewa klasyfikacyjne w badaniach satysfakcji i lojalności klientów*. StatSoft Polska, 2003, s.93.

ograniczenia co do zmiennych objaśniających, które mogą być mierzone zarówno na skalach słabych czyli nominalnej i porządkowej, jak i na skalach mocnych, a więc przedziałowej i ilorazowej.<sup>247</sup> W świetle powyższego, w prognozowaniu zagrożenia upadłością przedsiębiorstw szerokie zastosowanie znaleźć więc mogą przede wszystkim drzewa klasyfikacyjne.

Drzewa klasyfikacyjne znalazły szczególne uznanie ze względu na swoją prostą i intuicyjną budowę. Drzewa klasyfikacyjne w matematycznym sensie nie są drzewami rozumianymi jako szczególny rodzaj grafu – ze względu na skierowane krawędzie. W odniesieniu do nich używa się najczęściej również nieco odmiennej terminologii. I tak, skierowane krawędzie nazywane są gałęziami, a wierzchołki węzłami. Dodatkowo, wierzchołki powiązane są ze sobą terminologicznie, tj. wierzchołek od którego wychodzą gałęzie skierowane do innych węzłów jest ich rodzicem, zaś one są nazywane jego potomkami<sup>248</sup>.

Drzewa klasyfikacyjne zaliczane są do metod hierarchicznej analizy danych. Oznacza to, że ich konstruowanie opiera się na zasadzie wielokrotnego, rekursywnego rozbijania głównego problemu na mniejsze podproblemy. Dodatkowo, drzewa budowane są według metody zstępującej (ang. *top-down*), oznacza to, że pierwszy wybierany parametr, który w najlepszy sposób różnicuje dwie (lub więcej) grup jest dodawany do drzewa, wraz z wartościami, które dzielą dane, jako pierwszy i staje się jego korzeniem. W kolejnych krokach węzły potomne dokonują podziału próby badawczej w ten sam sposób. W modelowym przypadku wszystkie obiekty w końcowym węźle (liściu) należą do jednej klasy<sup>249</sup>.

Kluczową kwestią podczas konstruowania drzewa klasyfikacyjnego jest dobór odpowiedniej metody podziału grupy obiektów wewnątrz poszczególnych węzłów. Na przestrzeni lat opracowanych zostało kilka podejść metodologicznych dotyczących tego zagadnienia. W dalszej części niniejszego podrozdziału przedstawione zostały trzy najpopularniejsze z nich: CHAID, CART oraz QUEST. Algorytm CHAID (*Chi-squared Automatic Interaction Detector*) jest jednym z najstarszych wykorzystywanych do budowy drzew klasyfikacyjnych. Podejście zostało zaprezentowane przez G.V Kassa w pracy z 1980 roku<sup>250</sup>.

---

<sup>247</sup> E. Gatnar, W. Walesiak, *Metody statystycznej analizy wielowymiarowej w badaniach marketingowych*, Wydawnictwo AE we Wrocławiu, Wrocław, 2004, s. 56-59.

<sup>248</sup> Ibidem, s. 131.

<sup>249</sup> J. Kozak, P. Juszczyk, *Algorytmy do konstruowania drzew decyzyjnych w przewidywaniu skuteczności kampanii telemarketingowej banku*, Studia Informatica Pomerania, 2016, s. 51-52.

<sup>250</sup> G.V Kass, *An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data*, Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics), 29(2), 1980, s.119-127.

Zgodnie ze swoją nazwą, algorytm do podziału obiektów wykorzystuje wartość statystyki Chi-kwadrat. W pierwszej kolejności predyktory ilościowe zamieniane są na predyktory jakościowe poprzez podział rozkładu na taką liczbę kategorii, aby w każdej z nich znalazła się podobna liczba przypadków. Kolejno, analizowana jest każda ze zmiennych niezależnych i wybierana jest taka para kategorii, które są najmniej zróżnicowane pod względem zmiennej objaśnianej. Do oceny różnic wykorzystywany jest test Chi-kwadrat<sup>251</sup>. W przypadku gdy nie stwierdzone zostaną statystycznie istotne różnice, kategorie są łączone a algorytm powtarza wcześniejsze działania. Jeżeli zaś wartość parametru p-value odpowiadającemu statystyce Chi-kwadrat wskazuje na istotność statystyczną, p-value jest korygowane z wykorzystaniem poprawki Bonferroniego dla zbioru kategorii danego predyktora. W kolejnym kroku dokonywane jest dzielenie próby badawczej za pomocą tej zmiennej, dla której wartość parametru p (po poprawce) jest najmniejsza, a więc tej, która w najbardziej istotny sposób rozdziela obiekty. Proces powtarzany jest w każdym węźle do momentu aż wartości p-value dla wszystkich zmiennych niezależnych są większe niż ustalony poziom istotności<sup>252</sup>. Najistotniejszymi cechami wyróżniającymi algorytm CHAID na tle innych jest jego stosunkowa prostota, oraz możliwość tworzenia drzew niebinarnych – tzn. takich, w których każdy z węzłów (poza liśćmi) może posiadać więcej niż dwa węzły potomnych.

Drugim z bardzo często wykorzystywanych algorytmów konstruowania drzewa klasyfikacyjnego jest algorytm CART, zapisywany czasem jako C&RT (*Classification and Regression Trees*). CART został po raz pierwszy zaprezentowany we wspomnianej już pracy autorstwa L Breimana<sup>253</sup>. Charakterystyczną cechą CART jest to, że tworzy on drzewa binarne (węzeł może posiadać maksymalnie dwa węzły potomne). Algorytm do podziału obiektów wewnątrz węzła wykorzystuje określone miary jednorodności. Budowa drzewa przy pomocy CART rozpoczyna się w węźle głównym (korzeniu), w którym znajdują się wszystkie obserwacje. Następnie znajdowana jest zmienna, która w najlepszy sposób jest w stanie rozdzielić zbiór obiektów na dwie maksymalnie jednorodne grupy. W celu jej odnalezienia

---

<sup>251</sup> W przypadku zadania regresyjnego (nie klasyfikacyjnego) wykorzystywany jest test F.

<sup>252</sup> G. Ritschard, *CHAID and earlier supervised tree methods*. Contemporary issues in exploratory data mining in the behavioral sciences, 2013, s. 48-74 ; M. Milanović, M. Stamenković, *CHAID decision tree: Methodological frame and application*. Economic Themes, 54(4), 2016, s. 563-586. ; Internetowy podręcznik statystyki Statsoft: [www.statsoft.pl/textbook/stathome.html](http://www.statsoft.pl/textbook/stathome.html) (dostęp na dzień 01.03.2022)

<sup>253</sup> L. Breiman, J.H Friedman, R.A Olshen, C.J Stone, *op.cit.*

sprawdzone są po kolei wszystkie predyktory. Powyższe działania powtarzane są rekursywnie w kolejnych węzłach potomnych<sup>254</sup>.

Kwestią kluczową jest dobór odpowiedniego kryterium podziału, które pozwoli na zapewnienie maksymalnej jednorodności wewnątrz nowych węzłów i maksymalnej różnorodności względem drugiego węzła. W przypadku algorytmu CART najczęściej wykorzystywane są kryteria indeksu Giniego oraz kryterium podziału na dwie części. Miara nieczystości oparta na indeksie Giniego wyliczana jest zgodnie z poniższym wzorem<sup>255</sup>:

$$IG = 1 - \sum_j p^2(j|t) \quad (3.7)$$

gdzie:

IG – indeks Giniego dla węzła t,

j – j-ta klasa,

t – t-ty węzeł,

p(j|t) – prawdopodobieństwo pojawienia się przypadków danej klasy w danym węźle.

Minimalną wartością jaką może przyjąć powyższa miara jest 0 – w sytuacji gdy w węźle znajdują się przypadki należące do tej samej klasy. Wartość indeksu Giniego jest tym wyższa im większe zróżnicowanie wewnątrz węzła. Maksymalna wartość indeksu zależy od liczby klas i wynosi  $1/j$  (gdzie j to liczba klas). W związku z powyższym algorytm wybierać będzie takie zmienne, które zapewnią minimalizację miary nieczystości w nowopowstających węzłach. Kryterium podziału na dwie części dąży zaś, do podziału obiektów na dwie możliwe równe grupy. Przyjmuje się więc, że jednorodność grup jest w tym przypadku mniej znacząca niż w przypadku wykorzystywania miary nieczystości Giniego<sup>256</sup>. Charakterystyczną cechą drzew klasyfikacyjnych opartych na algorytmie CART jest to, że ma on tendencję do tworzenia rozbudowanych struktur. Dzieje się tak dlatego, że w przeciwieństwie do algorytmu CHAID nie są tutaj sprawdzane żadne założenia statystyczne, a jedynie dąży się do maksymalizacji jednorodności grup. W celu uniknięcia nadmiernego rozbudowywania drzew klasyfikacyjnych

---

<sup>254</sup> R.J Lewis, *An introduction to classification and regression tree (CART) analysis*, Annual meeting of the society for academic emergency medicine in San Francisco, California (Vol. 14), 2000, s. 6-7.

<sup>255</sup> L. Breiman, J.H Friedman, R.A Olshen, C.J Stone, *Classification and regression trees*. Routledge, 1984, s. 103.

<sup>256</sup> Ibidem, s. 103.

stosuje się tzw przycinanie drzew (ang. *tree pruning*), które zostanie omówione w dalszej części podrozdziału.

Trzecim z przedstawionych bliżej w niniejszej pracy algorytmów budowy drzew klasyfikacyjnych jest algorytm QUEST – szybkie, nieobciążane, efektywne drzewa statystyczne. (ang. *Quick, Unbiased, Efficient Statistical Trees*) zaprezentowany w 1997 roku przez W.Y Loh oraz Y.S. Shih<sup>257</sup>. QUEST do wyboru odpowiednich zmiennych na poziomie konkretnych węzłów oraz do podziału obiektów wykorzystuje parametryczne metody statystyczne. Drzewo klasyfikacyjne powstaje poprzez określenie statystycznej istotności wpływu poszczególnych zmiennych na przynależność obiektów do grupy – wykorzystywane w tym celu są statystyki: F – dla zmiennych ilościowych oraz statystyka Chi-kwadrat dla zmiennych jakościowych. Następnie algorytm ustala odpowiednią wartość graniczną zmiennej oddzielającą od siebie dwie grupy obiektów. W drzewie klasyfikacyjnym ostatecznie znajdują się więc jedynie zmienne, które są istotne statystycznie<sup>258</sup>. Szczegółowe informacje dotyczące obliczeniowej strony algorytmu QUEST przedstawione zostały w pracy M. Krzyśko i innych<sup>259</sup>.

Przedstawione powyżej algorytmy nie oddają całego spektrum podejść, które mogą być stosowane podczas konstrukcji drzew klasyfikacyjnych. Omówiony został jeden z pierwszych, prekursorskich algorytmów – CHAID, zdecydowanie najpopularniejszy i najczęściej wykorzystywany algorytm CART oraz również wykorzystany w rozdziale czwartym algorytm QUEST. Wśród pozostałych popularnych podejść metodologicznych do konstrukcji drzew klasyfikacyjnych i regresyjnych wyróżnić można: C4.5, FACT, CRUISE, GUIDE, CTREE, LOTUS czy ID3<sup>260</sup>. Różne algorytmy budowy drzew klasyfikacyjnych opierają się przede wszystkim na innym, specyficznym rodzaju reguł podziału węzła.

Jak zostało wspomniane wyżej drzewa klasyfikacyjne budowane z wykorzystaniem m.in. algorytmu CART mają tendencję do zbytniego rozrastania się. Zjawisko to nie jest pożądane ze względu na rosnący czas konstruowania drzewa oraz nadmierne komplikowanie jego struktury, które może utrudniać późniejszą implementację go do różnych systemów.

---

<sup>257</sup> W.Y Loh, Y. S. Shih, *Split selection methods for classification trees*, Statistica sinica, 1997, s. 815-840.

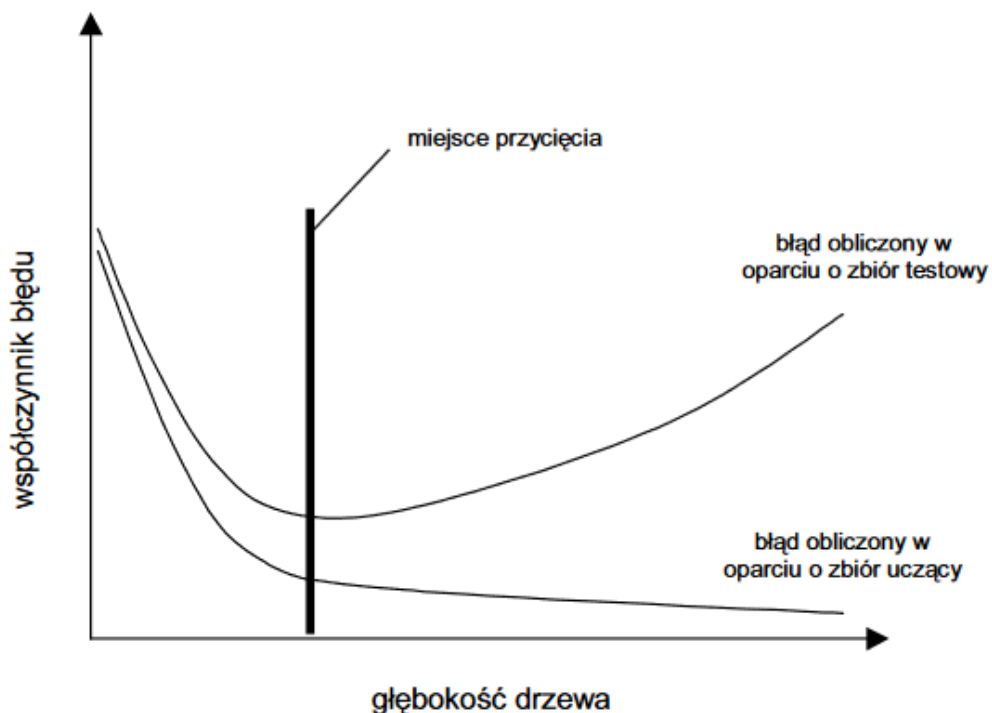
<sup>258</sup> M. Ture, F. Tokatli, I. Kurt, *Using Kaplan–Meier analysis together with decision tree methods (C&RT, CHAID, QUEST, C4. 5 and ID3) in determining recurrence-free survival of breast cancer patients*, Expert Systems with Applications, 36(2), 2009, s. 2017-2026.

<sup>259</sup> M. Krzyśko, W. Wołyński, T. Górecki, M. Skorzybut, *Systemy uczące się. Rozpoznawanie wzorców, analiza skupień i redukcja wymiarowości*, WNT, Warszawa, 2008, s. 188-195.

<sup>260</sup> W.Y Loh, *Fifty years of classification and regression trees*. International Statistical Review, 82(3), 2014, s. 329-348.

W związku z powyższym opracowane zostały metody pozwalające na redukcję jego rozmiarów, przy jednoczesnej, niewielkiej utracie zdolności klasyfikacyjnych, a zabieg ten nazywany jest przycinaniem drzewa (*tree pruning*). Warto zwrócić uwagę, że niekiedy celem budowy drzewa klasyfikacyjnego jest nie tyle maksymalizacja jego dokładności ale znalezienie odpowiednich reguł klasyfikacyjnych. Istota procesu przycinania drzew klasyfikacyjnych przedstawiona została na rysunku 3.5.

Rys. 3.4 Przycinanie drzew klasyfikacyjnych



Źródło: M. Łapczyński, *Drzewa klasyfikacyjne w badaniach satysfakcji i lojalności klientów*, StatSoft Polska, 2003, s. 96.

Przedstawiony na rysunku 3.5 wykres zależności współczynnika błędnych klasyfikacji od głębokości drzewa oddaje problem przycinania drzew klasyfikacyjnych. Warto zwrócić uwagę, że o ile błąd klasyfikacji na próbie uczącej stale maleje wraz z rozrostem struktury, to w przypadku błędów na próbie testowej można mówić o jego wzroście powyżej optymalnej wielkości drzewa. Zjawisko to nazywane jest przetrenowaniem (przeuczeniem) modelu (ang. *overfitting*). Problem przeuczenia jest szczególnie istotny nie tylko w przypadku konstruowania drzew klasyfikacyjnych ale również innych modeli. Model nie generalizuje dobrze z danych dostępnych do niewidocznych danych z grupy testowej. Ze względu na istnienie nadmiernego dopasowania, model może doskonale spisywać się na zbiorze uczącym,

słabo dopasowując się do zbioru testowego. W związku z tym powstają duże rozbieżności w poprawności modelu na próbie uczącej oraz próbie testowej<sup>261</sup>. Gałęzie drzewa, które są przycinane wybierane są zatem, w taki sposób aby w możliwie najmniejszym stopniu zmniejszyć dokładność na próbie uczącej przy jednoczesnej maksymalizacji dokładności na próbie testowej<sup>262</sup>. Dodatkowo, stosuje się również inne mechanizmy pozwalające na ograniczenie skłonności drzewa klasyfikacyjnego do nadmiernego rozrostu. W tym celu można zastosować określenie minimalnej liczności obiektów w węzłach końcowych (co powoduje, że nie są one dalej dzielone) lub określenie odpowiedniej frakcji obiektów tj. ograniczenia podziałów, w przypadku gdy w węźle udział obiektów należących do jednej grupy jest zadowalający. Ustalenie minimalnej, zadowalającej liczności obiektów w węźle czy zastosowanie innych kryteriów zatrzymania poparte musi być wiedzą i doświadczeniem badacza.

Ostatnim zagadnieniem, które zostało omówione w niniejszym podrozdziale są lasy losowe (ang. *random forest*). Las losowy jest strukturą pozwalającą na klasyfikację obiektów, która składa się z większej liczby drzew klasyfikacyjnych. Lasy losowe zostały po raz pierwszy zaprezentowane przez wspomnianego już w tym rozdziale L. Breimana w roku 2001<sup>263</sup>. Procedura budowy lasu losowego jest następująca<sup>264</sup>:

- 1) losowanie pewnego podzbioru przypadków z próby uczącej;
- 2) utworzenie drzewa klasyfikacyjnego na bazie wylosowanego podzbioru przypadków;
- 3) losowanie pewnej liczby zmiennych objaśniających;
- 4) znalezienie najlepszego podziału przypadków z wykorzystaniem wylosowanych zmiennych;
- 5) podzielenie zbioru przypadków na dwie części i dla każdej z nich powrót do punktu 2;
- 6) jeśli liczba drzew osiągnęła wskazane maksimum lub błąd w próbie testowej przestał maleć - zakończenie uczenia, w przeciwnym wypadku przejście do punktu 1.

Ostateczna decyzja co do zaklasyfikowania przypadku do konkretnej grupy podejmowana jest w drodze głosowania zespołu drzew<sup>265</sup>. Powyżej opisana metodyka

---

<sup>261</sup> X. Ying, *An overview of overfitting and its solutions*, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1168, No. 2, IOP Publishing, 2019, s. 1.

<sup>262</sup> M. Łapczyński, *Drzewa klasyfikacyjne w badaniach satysfakcji i lojalności klientów*, StatSoft Polska, 2003, s. 97.

<sup>263</sup> L. Breiman, *Random forests*, Machine learning, 45(1), 2001, s.5-32.

<sup>264</sup> T. Demski, *Od pojedynczych drzew do lasu losowego*, Statsoft Polska, 2011, s. 70-71.

<sup>265</sup> Lasy losowe mogą być również wykorzystywane do zadań regresyjnych. W takim wypadku prognozowana wartość jest średnią z wartości wskazywanych przez pojedyncze drzewa.



tworzenia lasów losowych zwraca uwagę przede wszystkim na mechanizm losowania zarówno przypadków jak i zmiennych, które są następnie wykorzystywane do budowy kolejnych drzew klasyfikacyjnych. L. Breiman wykazał bowiem, że prawdopodobieństwo popełnienia przez las losowy błędu klasyfikacji rośnie wraz z podobieństwem drzew i maleje wraz ze wzrostem siły dyskryminacyjnej pojedynczego drzewa<sup>266</sup>. Mechanizm losowania zarówno obiektów, jak i zmiennych zapewnić ma więc niepodobność poszczególnych drzew.

Przedstawione w niniejszym rozdziale metody są powszechnie wykorzystywane zarówno do klasyfikacji danych na różnorodne potrzeby jak również jako techniki eksploracyjne. W rozdziale 4 zaprezentowane zostały wyniki badań nad autorskimi modelami opartymi na drzewach klasyfikacyjnych, wykorzystujących różne podejścia.

### **3.4 Sztuczne sieci neuronowe**

Ostatnią prezentowaną w niniejszym rozdziale grupą metod, które znajdują szczególne zastosowanie w zadaniach klasyfikacyjnych są sztuczne sieci neuronowe (SSN, ang. *Artificial Neural Network*), które obecnie są uważane za najskuteczniejsze narzędzie klasyfikacyjne. Przedstawione w czwartym rozdziale niniejszej pracy wyniki badań również potwierdzają tę tezę. Omówienie sztucznych sieci neuronowych należy rozpocząć od rysu historycznego. Powstaniu tej grupy metod towarzyszyła chęć odwzorowania w formalnych zasadach klasyfikacyjnych pracy ludzkiego mózgu. Ludzki mózg jest wybitnie skomplikowaną strukturą i wszelkie powstające sztuczne modele, takie jak właśnie SSN mogą obecnie być jedynie dużym uproszczeniem swoich biologicznych inspiracji. W literaturze przedmiotu jako pierwszą, przełomową pracę dotyczącą tego zagadnienia wskazuje się opracowanie autorstwa W.S McCullocha i W. Pittsa z 1943 roku, w którym Autorzy przedstawili matematyczny opis podstawowej komórki nerwowej, czyli neuronu<sup>267</sup>. Model zaprezentowany przez powyższych autorów był stosunkowo niezłożony i pozwalał na wykonywanie prostych operacji logicznych, natomiast bliższe przedstawienie go oddaje istotę neuronu jako kluczowego elementu sztucznych sieci neuronowych. Charakterystyczną cechą neuronu jest to, że posiada on wiele wejść i tylko jedno wyjście, a jego celem jest przetwarzanie określonych informacji w celu

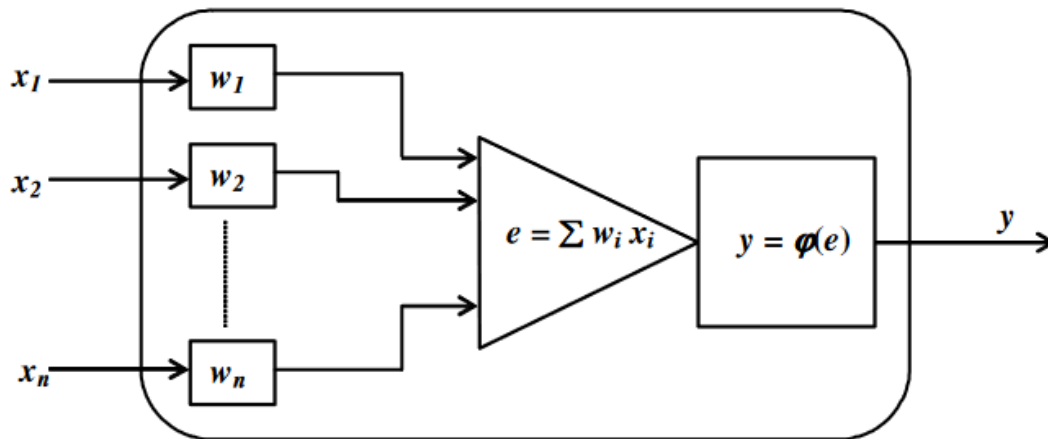
---

<sup>266</sup> L. Breiman, *Random forests*, Machine learning, 45(1), 2001, s. 10.

<sup>267</sup> W.S. McCulloch, W. Pitts, *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*, The bulletin of mathematical biophysics, 5(4), 1943, s. 115-133.

wygenerowania odpowiedzi na wyjściu<sup>268</sup>. Ogólny model neuronu został przedstawiony na rysunku 3.6.

Rys. 3.5 Model neuronu



Źródło: Z. Stęgowski, *Sztuczne sieci neuronowe*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Kraków, 2004, s. 4.

Sztuczny neuron posiada określoną liczbę wejść oznaczonych na rysunku 3.6 jako  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_n$ , które przekształca w odpowiedni sposób, generując na wyjściu wartość  $y$ . Kluczowymi elementami neuronu są więc wartości wag ( $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_n$ ), funkcja agregacji  $e$  oraz funkcja aktywacji  $\varphi$ . Wartości wejściowe przemnażane są przez odpowiadające im wagi a następnie poddawane są działaniu funkcji agregacji danych (najczęściej realizowana jest tutaj funkcja sumacyjna, choć mogą to być również inne funkcje, takie jak: iloczyn, minimum, maksimum itp.). Kolejno, wartość wygenerowana przez funkcję agregacji poddawana jest przekształceniu za pomocą funkcji aktywacji, której wynik z kolei podawany jest na wyjściu neuronu<sup>269</sup>. W związku z powyższym wartość sygnału wyjściowego dla pojedynczego sztucznego neuronu może zostać wyliczona w następujący sposób<sup>270</sup>:

$$y = \varphi\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i\right) \quad (3.7)$$

Przedstawiony na rysunku 3.4 model neuronu McCullocha-Pittsa bardzo często uzupełniany jest o dodatkowy wyraz wolny nazywany BIAS. BIAS najczęściej opisywany jest jako sygnał  $w_0$  i domyślnie przyjmuje wartość stałą 1. Przypisana mu waga jest jednak

<sup>268</sup> R. Tadeusiewicz, M. Szaleniec, *Leksykon sieci neuronowych*, Projekt Nauka. Fundacja na rzecz promocji nauki polskiej, 2015, s. 56.

<sup>269</sup> Z. Stęgowski, *Sztuczne sieci neuronowe*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Kraków, 2004, s. 4.

<sup>270</sup> Ibidem, s. 4.

modyfikowana w procesie uczenia sieci neuronowej, a wykorzystywanie BIAS pozwala czasem na lepszą reprezentację zadań, które ma rozwiązywać sieć neuronowa<sup>271</sup>.

W ramach sztucznego neuronu możliwe jest wykorzystanie wielu różnych funkcji aktywacji przekształcających sygnał pochodzący z funkcji agregacji. Przy konstruowaniu sztucznych sieci neuronowych stosuje się następujące funkcje aktywacji: liniowa, logistyczna, hiperboliczna, wykładnicza, znormalizowana wykładnicza (softmax), sumy jednostkowej, pierwiastek, sinus, liniowa z nasyceniem i progowa<sup>272</sup>.

Opracowanie sztucznego neuronu pozwoliło na dalsze prace w rozwoju algorytmów uczenia maszynowego. Przełomowym osiągnięciem było opracowanie przez F. Rosenblatta w 1958 roku pierwszej sieci neuronowej – perceptronu<sup>273</sup>. Perceptron prosty (jednowarstwowy) zaproponowany przez F. Rosenblatta składa się z jednego lub wielu niezależnych od siebie neuronów McCullocha-Pittsa. W założeniu funkcją aktywacji była funkcja unipolarna generująca na wyjściu sieci wynik 1 albo 0 bądź funkcja bipolarna generująca wyniki -1 albo 1.. Najistotniejszym zagadnieniem związanym z perceptronem F. Rosenblatta jest zaproponowany sposób uczenia sieci. Uczenie sieci neuronowej polega na porównywaniu informacji wyjściowej generowanej przez sieć z wartością rzeczywistą (pożądaną) a następnie odpowiednim modyfikowaniu wag  $w_1, w_2, w_3, w_n$ , aby na wyjściu otrzymywana była poprawna odpowiedź<sup>274</sup>. Algorytmy uczenia sieci neuronowej zostały omówione w dalszej części podrozdziału. F. Rosenblatt sformułował następujące twierdzenie oddające własność perceptronu prostego: „*Jeżeli tylko istnieje taki wektor wag  $w$ , przy pomocy którego perceptron odwzorowuje w sposób poprawny zbiór wzorcowych wektorów wejściowych, na odpowiadający mu zbiór oczekiwanych wartości wyjściowych, to istnieje metoda uczenia tego perceptronu gwarantująca zbieżność do wektora  $w$* ”<sup>275</sup>. Kluczową cechą perceptronu jednowarstwowego, a jednocześnie jego największą wadą jest fakt, że przydatny on może być jedynie przy rozwiązywaniu problemu separowalnych liniowo. Formalnie udowodnili to w swojej pracy M.L. Minsky i S. Papert wykazując, że jednowarstwowe sieci

---

<sup>271</sup> R. Tadeusiewicz, M. Szaleniec, *op.cit.*, s. 21.

<sup>272</sup> Ibidem, s. 34.

<sup>273</sup> F. Rosenblatt, *The Perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain*, Psychological Review, No 65/6, 1958, str. 386–408.

<sup>274</sup> J. Korbicz, A. Obuchowicz, D. Uciński, *Sztuczne sieci neuronowe. Podstawy i zastosowania*, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1994, s. 37-38.

<sup>275</sup> Ibidem, s. 38.

neuronowe mają bardzo ograniczony zakres zastosowań<sup>276</sup>.

B. Macukow podaje, że powyższa praca wstrzymała na kilkanaście lat szeroki rozwój badań nad sztucznymi sieciami neuronowymi, a nawet twierdzi, że była ona elementem kampanii mającej na celu dyskredytację tego narzędzia<sup>277</sup>. Warto jednak zauważyć, że pewnego rodzaju wspomniany wyżej zastój w badaniach nad rozwojem sztucznych sieci neuronowych spowodowany był przede wszystkim niewystarczająco rozwiniętym instrumentarium matematycznym, którego stopniowe rozwijanie umożliwiło również wykorzystywanie sztucznych sieci neuronowych do szerokiego zakresu badań.

W kolejnych latach nastąpił dynamiczny rozwój badań nad sztucznymi sieciami neuronowymi, a jego konsekwencją było powstanie szerokiej gamy rodzajów sieci neuronowych, z których najważniejsze zostały szczegółowo opisane w niniejszym rozdziale. W pierwszej kolejności warto jednak wymienić obszary zastosowań sieci neuronowych, które najogólniej można podzielić na sześć grup ze względu na zadania, które mają one wykonywać. Klasyfikacja zadań realizowanych przez sztuczne sieci neuronowe wraz z opisem przedstawiona została w tabeli 3.3.

**Tabela 3.3. Zadania realizowane przez sztuczne sieci neuronowe**

Zadanie	Opis
Predykcja	Przewidywanie danych wyjściowych na podstawie danych na wejściu sieci. Sieć w wyniku procesu uczenia jest w stanie nabyć zdolność przewidywania sygnałów wyjściowych tylko na podstawie tzw. ciągu uczącego.
Klasyfikacja i rozpoznawanie	Sieci neuronowe są w stanie na podstawie wektora sygnałów wejściowych klasyfikować obiekty do określonej liczby grup. Wytrenowana w ten sposób sieć może być w stanie przewidywać przynależność do danej grupy obiektów spoza próby uczącej.
Kojarzenie danych	Sieci neuronowe dzięki zdolności do uczenia, adaptacji oraz uogólniania doświadczeń pozwalają zautomatyzować procesy wnioskowania na podstawie zgromadzonych danych i ułatwiają wykrywanie powiązań między konkretnymi danymi.
Analiza danych	Zadaniem sieci neuronowych jest tutaj znalezienie związków (przyczynowych lub incydentalnych) pomiędzy występującymi danymi.
Filtracja sygnałów	To zadanie realizowane jest głównie w problemach technicznych inżynierskich. Polega ono na odpowiedniej redukcji tzw. szumów informacyjnych w celu zapewnienia możliwie wysokiej jakości sygnałów.
Optymalizacja	Sieci neuronowe nadają się doskonale do poszukiwania rozwiązań optymalnych. Sieci neuronowe potrafią rozwiązywać zadania w zakresie optymalizacji statycznej oraz dynamicznej również bardzo trudnych obliczeniowo.

Źródło: *Opracowanie własne na podstawie*: R. Tadeusiewicz, *Sieci neuronowe*, Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, Warszawa 1993, s. 16-17.

<sup>277</sup> B. Macukow, *Sieci Neuronowe, Historia badań i podstawowe modele*, Materiały Politechniki Warszawskiej, <https://pages.mini.pw.edu.pl/~macukowb/wspolne/PNEiTI.pdf>, dostęp na dzień: 01.04.2022.

R. Tadeusiewicz w swojej pracy powołując się na magazyn BYTE podaje dodatkowo kolejne szczegółowe zastosowania sztucznych sieci neuronowych takie jak: diagnostykę systemów elektronicznych, badania psychiatryczne, prognozy giełdowe i sprzedażowe, poszukiwania ropy naftowej, analiza badań medycznych, prognozowania postępów w nauce, prognozy bukmacherskie, selekcja celów śledztwa w kryminalistyce czy dobór pracowników<sup>278</sup>. W kontekście badań nad prognozowaniem zagrożenia przedsiębiorstw zdecydowanie najbardziej przydatną cechą sztucznych sieci neuronowych są ich zdolności klasyfikowania obiektów na podstawie zestawu cech je opisujących.

Jak już zostało wspomniane, na przestrzeni lat opracowanych zostało wiele rodzajów sieci neuronowych. Różnią się one sposobami konstrukcji sieci, metodami przekształceń wewnątrz neuronów, a także odmiennym podejściem do procesu uczenia sieci. W związku z tym terminu „sztuczne sieci neuronowe” nie można używać w odniesieniu do jednego konkretnego podejścia, a raczej do rodziny metod, które łączy ze sobą zastosowanie przekształceń za pomocą sztucznych neuronów. Wśród najczęściej wykorzystywanych i najważniejszych typów sztucznych sieci neuronowych wymienić można<sup>279</sup>:

- sieci liniowe;
- sieci MLP – Perceptron Wielowarstwowy (ang. *Multi-Layer Perceptron*);
- sieci RBF(ang. *Radial Basis Function*);
- sieci samouczące (np. sieć Kohonena);
- sieci rekurencyjne (np. sieć Hopfielda).

Sieci liniowe zbudowane są z wykorzystaniem neuronów, które przekształcają sygnał wejściowy za pomocą neuronów wykorzystujących liniową funkcję aktywacji. We wspomnianej już pracy M.L. Minsky oraz S. Papert<sup>280</sup> wykazali, że zdolności tego typu sieci są ograniczone, a rozbudowywanie ich o większą niż jedna liczbę warstw nie ma podstaw metodologicznych. W związku z powyższym liniowe sieci neuronowe są wyłącznie jednowarstwowe.

Najpopularniejszym i najczęściej wykorzystywanym rodzajem sieci neuronowych, również na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw, jest perceptron wielowarstwowy (MLP - ang. *Multi-Layer Perceptron*). W tej strukturze sztucznej sieci

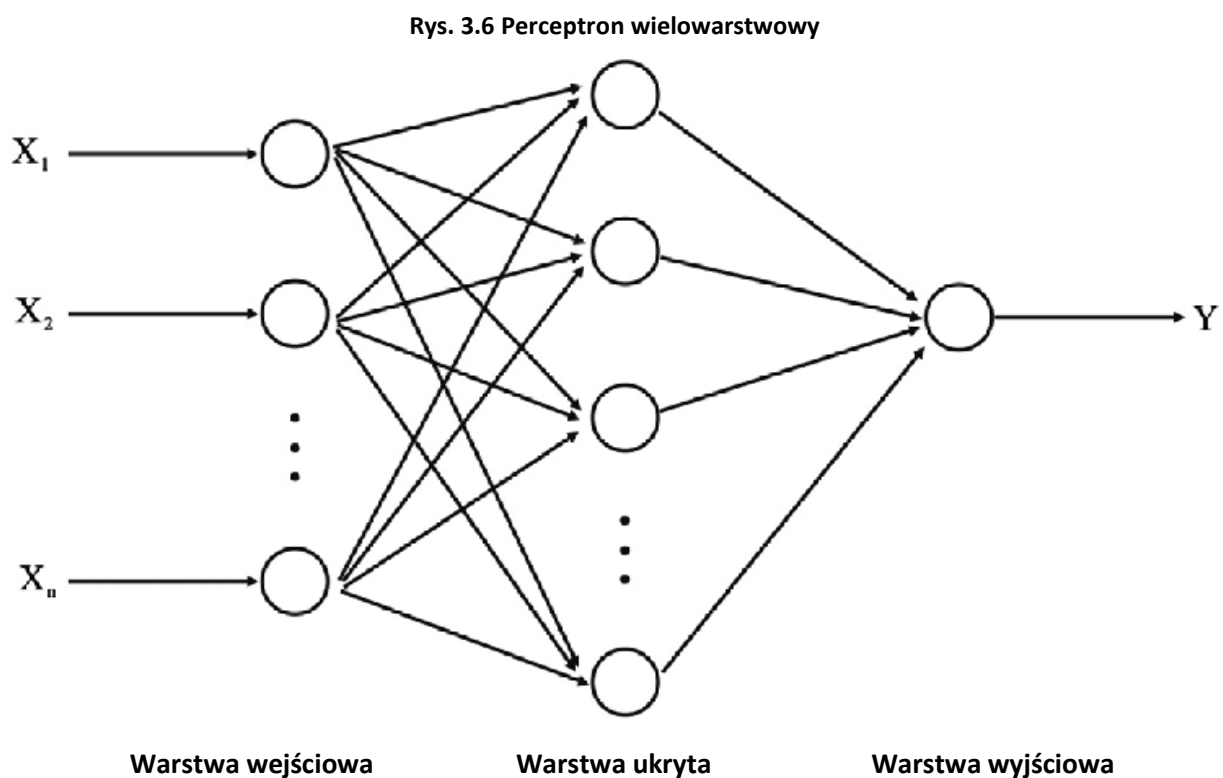
---

<sup>278</sup> R. Tadeusiewicz, *Sieci neuronowe*, Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, Warszawa 1993, s. 13-14.

<sup>279</sup> R. Tadeusiewicz, *O celowości zastosowania sieci neuronowych w problemach związanych z elektrotechniką*, *Przegląd Elektrotechniczny*, 85, 2009, s. 200-205.

<sup>280</sup> M.L. Minsky, S. Papert, *Perceptrons: op.cit.*

neuronowej wyróżnić można warstwę wejściową, warstwy ukryte (a co najmniej jedną) oraz warstwę wyjściową. Perceptron wielowarstwowy nie zawiera połączeń między neuronami należącymi do tej samej warstwy. Połączenia między warstwami są skierowane w następujący sposób: od warstwy wejściowej do pierwszej warstwy ukrytej, kolejno do następnych warstw ukrytych, a na końcu od ostatniej warstwy ukrytej do warstwy wyjściowej. W ten sposób wyjścia neuronów pierwszej warstwy ukrytej tworzą wektor danych wejściowych dla drugiej warstwy ukrytej itd. Warto również podkreślić, że w strukturze perceptronu wielowarstwowego nie występują żadne połączenia zwrotne<sup>281</sup>. Struktura perceptronu wielowarstwowego została zaprezentowana na rysunku 3.7 (perceptron z jedną warstwą ukrytą).



Źródło: A.H Fath, A. Pouranfard, P. Foroughizadeh, *Development of an artificial neural network model for prediction of bubble point pressure of crude oils*, Petroleum, 4, 2018, s. 283.

Kolejną najczęściej wykorzystywaną strukturą sztucznych sieci neuronowych są sieci typu RBF (ang. *Radial Basis Function*). Sieci RBF swoją strukturą przypominają sieci MLP, są one również sieciami jednokierunkowymi, w których najczęściej stosuje się jedną warstwę

<sup>281</sup> S.K Pal, S. Mitra, *Multilayer perceptron, fuzzy sets, classification*, IEEE Transactions on Neural Networks. 1992, 3, s. 684.

ukrytą. Kluczową, szczególną cechą sieci RBF jest wykorzystanie w nich neuronów radialnych (bardzo często w dużej liczbie). Zazwyczaj w warstwie wyjściowej sieci radialnej wykorzystywany jest neuron liniowy, choć nie musi tak być w każdym przypadku<sup>282</sup>. W przeciwieństwie do neuronów MLP, które w przypadku zadań klasyfikacyjnych dzielą przestrzeń sygnałów wejściowych za pomocą hiperpłaszczyzn, neurony Radialne wykorzystują w tym celu hipersfery gaussowskie (dzwonowe). Każdy neuron radialny opisany jest dwoma parametrami: centrum oraz promieniem.

Całkowicie odmienne podejście do konstrukcji i struktury sieci neuronowej wykorzystywane jest w sieciach samouczących, nazywane również samoorganizującymi się mapami (ang. SOM - *self-organizing map*), spośród których najpopularniejszymi jest sieć Kohonena, opracowana w 1982 roku<sup>283</sup>. Sieć Kohonena w przeciwieństwie do przedstawionych wcześniej koncepcji są sieciami samouczącymi się. Omówione wcześniej sieci MLP oraz RBF uczyły się „pod nadzorem”. Oznacza to, że sieć w ramach procesu uczenia się tak modyfikuje wagi (lub w przypadku sieci RBF, także centra i promienie neuronów) aby odpowiedź sieci na wyjściu zgodna była ze znaną wcześniej przynależnością klasową obiektów. Sieci Kohonena z kolei uczą się bez nadzoru, samodzielnie wyszukując podobieństwa i różnice między poszczególnymi obiektami. Struktura sieci Kohonena przedstawiona została na rysunku 3.8. W każdym węźle sieci przechowywany jest wektor współrzędnych neuronów w przestrzeni obiektów, odpowiadający wymiarowo wektorowi zmiennych wejściowych, który połączony jest z każdym neuronem. Podobnie jak w przypadku zwykłych neuronów, w każdym węźle obliczany jest poziom aktywacji na podstawie wartości wejściowych. Następnie neurony niejako rywalizują ze sobą, a ten którego wartość funkcji aktywacji jest najwyższa, zwycięża i jest następnie poddawany procesowi uczenia, tj. współrzędnych, tak aby w najlepszym stopniu odzwierciedlić informacje zawarte w sygnale wejściowym<sup>284</sup>. Ze względu na charakterystykę tego procesu bywa on czasem nazywany uczeniem z rywalizacją. Warto również dodać, że często stosuje się również modyfikację tego podejścia polegającą na tym, że modyfikowane są współrzędne nie tylko zwycięskiego neuronu, ale również jego sąsiadów (struktura siatki umożliwia łatwe zdefiniowanie „neuronów-sąsiadów”)<sup>285</sup>. Charakterystyczną

---

<sup>282</sup> R. Tadeusiewicz, M. Szaleniec, *op.cit.*, s. 96.

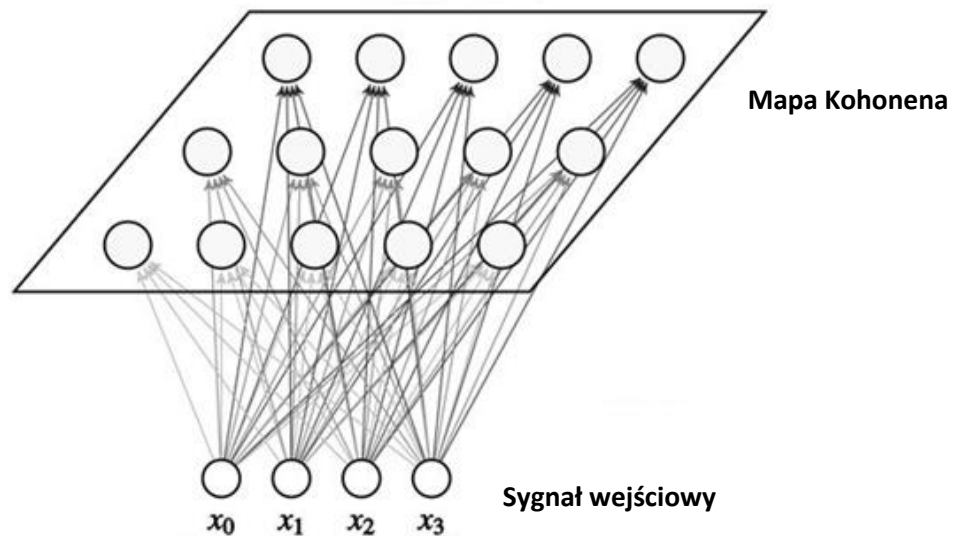
<sup>283</sup> T. Kohonen, *Self-organized formation of topologically correct feature maps*, Biol. Cyber, 43, 1982, s. 59-69.

<sup>284</sup> B. Macukow, *op.cit.*, s. 6.

<sup>285</sup> R. Tadeusiewicz, *Sieci neuronowe*, Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, Warszawa 1993, s. 40-41.

cechą sieci Kohonena jest więc tworzenie pewnego rodzaju mapy topologicznej, na której podobne obiekty znajdują się blisko siebie i można wyodrębnić na niej poszczególne klasy.

Rys. 3.7 Sieć Kohonena



Źródło: Y. Afoudi, M. Lazaar, M. Al Achhab, *Hybrid recommendation system combined content-based filtering and collaborative prediction using artificial neural network*, *Simulation Modelling Practice and Theory*, Volume 113, 2021, s. 4.

Ostatnim z omawianych w niniejszym podrozdziale rodzajów sieci są rekurencyjne sieci Hopfielda, nazywane również sieciami asocjacyjnymi, zaprezentowane w 1982 roku<sup>286</sup>. Charakterystyką sieci asocjacyjnych (pamięci skojarzeniowej) jest zdolność do odtwarzania wcześniej zapamiętanych wzorców na podstawie skojarzeń, bazując na fragmencie wzorca, wzorcu podobnym bądź zaszumionym<sup>287</sup>. Najistotniejszą różnicą między siecią Hopfielda a pozostałymi prezentowanymi w niniejszym rozdziale jest występowanie w niej sprzężeń zwrotnych. Oznacza to, że sygnał wychodzący z danego neuronu staje się sygnałem wejściowym innego neuronu w tej samej warstwie (najczęściej sieci rekurencyjne są jednowarstwowe). Każdy z neuronów jest w ten sposób połączony ze wszystkimi innymi, natomiast w sieciach Hopfielda nie występuje auto-sprzężenie. Sieć Hopfielda działa w dwóch trybach. W trybie uczenia modyfikowane są wartości wektora wag, natomiast w trybie odtworzeniowym wagi nie ulegają zmianom, natomiast sieć pobudzana jest przez sygnał wejściowy, a następnie wielokrotnie sygnał wyjściowy podawany jest na wejściu sieci

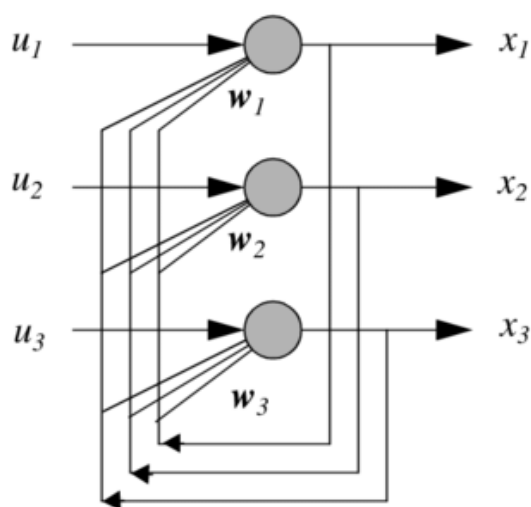
<sup>286</sup> J. J. Hopfield, *Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities*, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, vol. 79 no. 8, 1982, s. 2554–2558.

<sup>287</sup> B. Macukow, *op.cit.*, s. 7.



z wykorzystaniem mechanizmu sprzężenia zwrotnego<sup>288</sup>. Struktura sieci Hopfielda oddająca powyższy opis została przedstawiona na rysunku 3.9.

Rys. 3.8 Sieć Hopfielda



Źródło: G. Lendaris, K. Mathia, R. Saeks, *Linear Hopfield networks and constrained optimization*. IEEE TRANSACTIONS ON CYBERNETICS. 29. 1999, s. 271.

Kluczowym zagadnieniem związanym z konstrukcją sieci neuronowych, poza doбором rodzaju sieci i jej struktury jest określenie algorytmu, który decydować będzie o sposobie w jaki modyfikowany będzie wektor wag. Stosuje się różnorodne algorytmy i reguły uczenia sztucznych sieci neuronowych, niektóre z nich dedykowane są sieciom radialnym, tylko niektóre nadają się do stosowania w sieciach wielowarstwowych. Dodatkowo, inne metody stosowane są w sieciach samouczących a inne w sieciach uczonych pod nadzorem. Różny jest też zakres informacji wymaganych przez poszczególne metody – mogą być w nich wykorzystywane informacje pochodzące jedynie z wnętrza neuronów bądź pozyskiwane na wyjściach sieci. Poniżej przedstawione zostały wybrane, najpopularniejsze podejścia do uczenia sieci neuronowych<sup>289</sup>:

- reguła Hebba;
- reguła perceptronowa;
- reguła delta;

<sup>288</sup> W. J. Melssen, J. R. M. Smits, L.M.C Buydens, G. Kateman, *Using artificial neural networks for solving chemical problems: Part II. Kohonen self-organising feature maps and Hopfield networks*, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 23(2), 1994, s. 280-282.

<sup>289</sup> B.M Wilamowski, *Neural network architectures and learning*, IEEE International Conference on Industrial Technology, Vol. 1, 2003, s. 2-3.

- reguła korelacyjna;
- reguła „wygrywający bierze wszystko”.

Reguła Hebba jest najstarszą z prezentowanych w tym rozdziale reguł uczenia sztucznych sieci neuronowych. Zaproponowana została przez D. Hebba w 1949 roku jako algorytm uczenia nienadzorowanej sieci neuronowej. Zakłada ona, że jeśli dwa sąsiadujące ze sobą neurony aktywują i dezaktywują się jednocześnie to przypisane im wagi powinny wzrosnąć, jeżeli działają odwrotnie to wagi powinny zmaleć, jeżeli zaś nie ma korelacji sygnałów to wagi nie powinny się zmieniać. Standardowo wagi wszystkich neuronów ustawiane są na poziomie 0. Podobną regułą jest reguła korelacyjna. Zakłada ona, że wagi pomiędzy neuronami reagującymi jednocześnie powinny być możliwie dodatnie, zaś pomiędzy tymi reagującymi odwrotnie możliwie ujemne. W przeciwieństwie do reguły Hebba, reguła korelacyjna wykorzystywana jest w uczeniu z nauczycielem i wykorzystuje również informacje o wyjściu sieci<sup>290</sup>.

Reguła perceptronowa wykorzystywana jest przede wszystkim w sieciach MLP, a więc uczących się pod nadzorem. Zakłada ona, ciągłe porównywanie sygnału wyjściowego sieci z oczekiwanym. Następnie obliczana jest odpowiednia funkcja błędu (różnicy między wartością oczekiwaną i wyjściową), a kolejno wagi są korygowane w ten sposób aby zminimalizować błąd (początkowe ich wartości ustalone są losowo)<sup>291</sup>. Reguła uczenia delta również zakłada uczenie się sieci neuronowej pod nadzorem. W ramach tej reguły, zmiana wag na wejściach neuronów jest proporcjonalna do wartości błędu obliczanego jako różnicy między wartością na wyjściu a wartością oczekiwaną. Reguła sprowadza się więc do minimalizacji błędu średnio-kwadratowego <sup>292</sup>. Reguła „wygrywający bierze wszystko” wykorzystywana jest przede wszystkim w sieciach Kohonena, a jej założenia odpowiadają tym dotyczącym samoorganizujących się map opisanych wcześniej.

Wymienione powyżej reguły wspomagane są odpowiednimi algorytmami umożliwiającymi ich możliwie szybką realizację. Wśród takich algorytmów wymienić należy algorytm wstecznej propagacji błędów, metodę gradientów sprzężonych czy metodę Levenberga-Marquardta. Szczegółowy opis matematyczny powyższych algorytmów wykracza

---

<sup>290</sup> Ibidem, s.2.

<sup>291</sup> L. Noriega, *Multilayer perceptron tutorial*, School of Computing, Staffordshire University, 2005, s. 4-5.

<sup>292</sup> S. Lynch, *Dynamical Systems with Applications using Python*, Switzerland: Springer International Publishing, 2018, s. 526-527.

jednak poza obszar niniejszego opracowania, a szczegółowe informacje dotyczące tych metod zostały zawarte m.in. w pracy C. M. Bishopa<sup>293</sup>. Przedstawione w niniejszym podrozdziale typy sieci neuronowych i reguły ich nauczania są zdecydowanie jednym z najbardziej skomplikowanych narzędzi służących do klasyfikacji danych. Mnogość dostępnych rodzajów sztucznych sieci neuronowych oraz technik ich uczenia pozwala jednak stosować te metody do najróżniejszych celów, również ekonomicznych.

W niniejszym podrozdziale zaprezentowano metody analizy dyskryminacyjnej, modeli probabilistycznych – logitowego i probitowego, drzewa klasyfikacyjne oraz sztuczne sieci neuronowe. Przedstawione metody różnią się od siebie znacząco zarówno podejściem obliczeniowym jak i skomplikowaniem, nie tylko w etapie ich konstruowania ale również implementacji na potrzeby praktyki. Szerokie wykorzystanie omówionych metod na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw, pozwala oczekiwać, że będą one również skutecznym narzędziem w klasyfikacji podmiotów z branży budowlanej. W ostatnim rozdziale niniejszej pracy przedstawione zostały wyniki badań nad branżowymi modelami prognozowania zagrożenia upadłością dla branży budowlanej z wykorzystaniem analizy dyskryminacyjnej, regresji logistycznej, drzew klasyfikacyjnych CART i CHAID oraz sztucznej sieci neuronowej – perceptronu wielowarstwowego.

---

<sup>293</sup> C.M Bishop, *Neural networks for pattern recognition*, Oxford university press, 1995.

## **4. Model prognozowania zagrożenia upadłością dla polskich przedsiębiorstw z branży budowlanej**

### **4.1 Charakterystyka próby badawczej**

W niniejszym rozdziale przedstawione zostały wyniki badań dotyczących opracowania modelu prognozowania zagrożenia upadłością dla polskich przedsiębiorstw działających w branży budowlanej. Wybór branży nie jest przypadkowy, gdyż jak wynika z danych przedstawionych w rozdziale 1, branża budowlana jest jedną z trzech najczęściej dotykanych problemem upadłości, zarówno pod względem bezwzględnej liczby upadłości, jak i stopy upadłości. W związku z powyższym istnieje naturalna potrzeba opracowania modelu pozwalającego na identyfikację przedsiębiorstw zagrożonych upadłością. Jak zostało wykazane w rozdziale drugim, opracowanie modelu prognozującego zagrożenie upadłością wymaga zebrania wystarczająco obszernego materiału badawczego.

W ramach niniejszej pracy uzyskano szereg informacji pochodzących ze sprawozdań finansowych przedsiębiorstw działających w branży budowlanej. Przez podmioty z branży budowlanej rozumiane były te, których przeważająca działalność mieściła się w sekcji F Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD). Sekcja F PKD zawiera w sobie następujące działy:

- dział 41 – Roboty budowlane związane ze wznoszeniem budynków;
- dział 42 – Roboty związane z budową obiektów inżynierii lądowej i wodnej;
- dział 43 – Roboty budowlane specjalistyczne.

Zgodnie z PKD, Sekcja ta obejmuje roboty ogólnobudowlane i specjalistyczne w zakresie budownictwa i prac inżynierii lądowej i wodnej, które polegają na budowie (tzn. wznoszeniu obiektu budowlanego w określonym miejscu, odbudowie, rozbudowie i nadbudowie obiektu budowlanego) oraz obejmują prace polegające na przebudowie, remoncie, rozbiórce lub montażu obiektu budowlanego, włączając montaż budowli z elementów prefabrykowanych oraz konstrukcji o charakterze stałym lub tymczasowym.

W ramach prac związanych z przygotowaniem materiału badawczego, w pierwszej kolejności pozyskano dane finansowe przedsiębiorstw, wobec których ogłoszona została upadłość. Za pośrednictwem wywiadowni gospodarczej InfoVeriti<sup>294</sup> uzyskano informacje o przedsiębiorstwach, które ogłosiły upadłość w latach 2013-2019. Tabela 4.1 przedstawia

---

<sup>294</sup> <http://www.infoveriti.pl/>

liczbę przedsiębiorstw, których dane udało się uzyskać za pośrednictwem tej wywiadowni gospodarczej, a które ogłosiły upadłość w kolejnych latach.

**Tabela 4.1 Pozyskane dane dotyczące przedsiębiorstw, które ogłosiły upadłość**

Rok ogłoszenia upadłości	Liczba przedsiębiorstw, których dane pozyskano
2013	52
2014	72
2015	67
2016	60
2017	102
2018	129
2019	128
Łącznie	610

Źródło: Opracowanie własne

Każde przedsiębiorstwo zostało wstępnie scharakteryzowane 28 miarami pochodzącymi ze sprawozdań finansowych. Ponadto, dla każdego przypadku pozyskano dane za rok poprzedzający ogłoszenie upadłości oraz na dwa, trzy, cztery i pięć lat przed ogłoszeniem upadłości. Wstępny zbiór danych zawierał jednak bardzo dużą liczbę braków danych. W ramach wstępnego oczyszczenia materiału badawczego z braków wyeliminowano te przypadki, dla których niedostępne były żadne dane oraz te, dla których nie występowały dane z roku poprzedzającego ogłoszenie upadłości. W konsekwencji tego działania uzyskano następującą grupę przedsiębiorstw dla których dostępne są dane finansowe, która stanowiła próbę badawczą do dalszych analiz:

- dane 241 przedsiębiorstw na rok przed upadłością;
- dane 212 przedsiębiorstw na dwa lata przed upadłością;
- dane 186 przedsiębiorstw na trzy lata przed upadłością;
- dane 176 przedsiębiorstw na cztery lata przed upadłością;
- dane 164 przedsiębiorstw na pięć lat przed upadłością.

W kolejnym kroku z bazy EMIS pobrane zostały dane za 2017 rok dotyczące 4670 przedsiębiorstw kontynuujących działalność. Każde z nich zostało scharakteryzowane 28 zmiennymi pochodzącymi ze sprawozdań finansowych. Do każdego z przedsiębiorstw, które

ogłosiły upadłość przypisane zostało przedsiębiorstwo „zdrowe”, kontynuujące swoją działalność. Przedsiębiorstwa zostały dobrane parami, na podstawie wartości aktywów ogółem w celu zrównoważenia zbioru danych oraz zapewnienia doboru wielkościowego<sup>295</sup>. W konsekwencji przygotowanych zostało od 164 do 241 (w zależności od okresu) par przedsiębiorstw [upadłe – zdrowe], wewnątrz których znajdują się przedsiębiorstwa najbardziej do siebie podobne. W celu uzyskania pewności, że w grupie przedsiębiorstw o dobrej kondycji finansowej, znajdują się spółki, które faktycznie nie ogłosiły upadłości na przełomie 5 kolejnych lat zdecydowano się nie wykorzystywać danych finansowych po roku 2017. W związku z tym, każdy z tych podmiotów został indywidualnie zweryfikowany pod kątem ewentualnego ogłoszenia upadłości w kolejnych latach.

Dla każdego przedsiębiorstwa oraz dla każdego okresu, bazując na wnioskach z rozdziału 2, wyliczone zostały 33 wskaźniki, które z kolei zostały przyporządkowane do jednej z pięciu grup. Zestaw 33 wskaźników analizy finansowej oraz ich grupy prezentuje tabela 4.2.

**Tabela 4.2 Wskaźniki wykorzystane do budowy modelu**

Wskaźniki płynności	$Aob / ZK$	Wskaźnik płynności bieżącej
	$(Aob - Z) / ZK$	Wskaźnik szybkiej płynności
	$Kob / AO$	Wskaźnik płynności uzupełniający
	$\acute{S}P / ZK$	Wskaźnik płynności gotówkowej
	$ZK / Aob$	Odwrotność wskaźnika płynności bieżącej
Wskaźniki rentowności	$WN / AO$	Wskaźnik rentowności aktywów
	$WN / KW$	Wskaźnik rentowności kapitału własnego
	$WO / AO$	Wskaźnik rentowności operacyjnej aktywów ogółem
	$WB / Przych.$	Wskaźnik rentowności brutto sprzedaży
	$WN / Przych.$	Wskaźnik rentowności netto sprzedaży
	$WB / AO$	Wskaźnik rentowności brutto aktywów
	$(WN + Am) / AO$	Wskaźnik rentowności gotówkowej aktywów
Wskaźniki rotacji	$Przych. / AO$	Wskaźnik rotacji aktywów ogółem
	$Z / Przych.$	Wskaźnik rotacji zapasów bez dni
	$Aob / Przych.$	Wskaźnik rotacji aktywów obrotowych bez dni
	$Kob / Przych.$	Wskaźnik obrotowości kapitału obrotowego
	$(Nal. Kr. * 365) / Przych.$	Wskaźnik obrotu należności w dniach
	$(ZK * 365) / Przych.$	Wskaźnik obrotu zobowiązań krótkoterminowych w dniach
Wskaźniki zadłużenia	$ZO / AO$	Wskaźnik ogólnego zadłużenia
	$ZK / AO$	Wskaźnik krótkoterminowego zadłużenia aktywów
	$AO / ZO$	Odwrotność wskaźnika ogólnego zadłużenia aktywów
	$Aob / ZO$	Odwrotność wskaźnika zadłużenia aktywów obrotowych
	$KW / ZO$	Odwrotność wskaźnika zadłużenia kapitału własnego

<sup>295</sup> Takie podejście stosowane było wcześniej w pracach m.in. E.I. Altmana, D. Wierzy czy D. Appenzeller.

Wskaźniki płynności strukturalnej	$\dot{S}P / AO$	Wskaźnik udziału środków pieniężnych w aktywach ogółem
	$Aob / AO$	Wskaźnik udziału aktywów obrotowych w aktywach ogółem
	$At / AO$	Wskaźnik udziału aktywów trwałych w aktywach ogółem
	$Z / Kob$	Udział zapasów w kapitale obrotowym
Pozostałe wskaźniki	$ZK / ZO$	Wskaźnik udziału zobowiązań krótkoterminowych w zobowiązaniach ogółem (wskaźnik struktury zobowiązań)
	$Kob / KW$	Wskaźnik udziału kapitału obrotowego w kapitale własnym
	$WO / ZO$	Wskaźnik pokrycia zobowiązań ogółem wynikiem operacyjnym
	$KW / AO$	Wskaźnik udziału kapitału własnego w finansowaniu aktywów
	$WB / ZK$	Wskaźnik pokrycia zobowiązań krótkoterminowych wynikiem brutto
	$WN / ZO$	Wskaźnik pokrycia zobowiązań ogółem wynikiem netto

Źródło: Opracowanie własne

W kolejnym kroku przeprowadzono dokładną analizę wartości poszczególnych wskaźników. W celu wyboru odpowiedniego zestawu zmiennych z dostępnych 33 wskaźników, zdecydowano się na przeanalizowanie średnich wartości wskaźników dla całej próby badawczej oraz osobno dla grup przedsiębiorstw „zdrowych” oraz „upadłych”. Wyniki powyższych analiz zostały przedstawione w załączniku 1.

Pierwszy zestaw wskaźników, który posłużył do dalszych analiz zawiera w sobie wszystkie zmienne. Metody Sztucznych Sieci Neuronowych oraz Drzew Klasyfikacyjnych pozwalają bowiem na wykorzystanie nawet silnie skorelowanych zmiennych. Ze względu na chęć skorzystania również z analizy dyskryminacyjnej oraz regresji logistycznej zastosowano procedurę pozwalającą na stworzenie drugiego, mniejszego zestawu zmiennych, w którym znalazły się zmienne niesilnie skorelowane między sobą, a ponadto mające największy wpływ na zmienną objaśnianą. W celu oceny, które zmienne powinny znaleźć się w drugim, mniejszym zestawie zmiennych wykorzystano analizę głównych składowych (PCA)<sup>296</sup>, macierze korelacji oraz wartości statystyki F dla poszczególnych zmiennych. Procedura została przeprowadzona odrębnie dla wszystkich pięciu okresów. W pierwszej kolejności, stosując analizę głównych składowych na zbiorze danych opisanym za pomocą wszystkich wskaźników, wyodrębniono główne składowe stosując kryterium Kaisera (dla kolejnych okresów od T-1 do

<sup>296</sup> Szczegółowy opis założeń analizy głównych składowych znaleźć można w: A. Balicki, *Statystyczna analiza wielowymiarowe i jej zastosowania społeczno-ekonomiczne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2013, s. 63-98.

T-5 wyznaczona została następująca liczba głównych składowych: 10, 7, 8, 7, 8). Wartości własne poszczególnych czynników znajdują się w załączniku 2. W dalszej kolejności wyselekcjonowano zmienne najbardziej skorelowane z głównymi składowymi – wybrano zmienne, dla których wartość współczynnika korelacji była większa niż 0,6. Spośród zmiennych silnie skorelowanych z kolejnymi głównymi składowymi, dla każdej głównej składowej, wyselekcjonowano tę zmienną, dla której wartość statystyki F była najwyższa (Dla niektórych głównych składowych żadna ze zmiennych nie przekroczyła granicznej wartości korelacji). Wartość statystyki F odnosi się do analizy wariancji i jest miarą różnicy średnich wartości cechy między podmiotami „zdrowymi” i „upadłymi” i jest równa wartości statystyki t podniesionej do kwadratu z testu na dwie średnie<sup>297</sup>. Wartości statystyki F dla poszczególnych zmiennych we wszystkich pięciu okresach przedstawia tabela 4.3.

**Tabela 4.3 Wartości statystyki F dla poszczególnych zmiennych**

Zmienna / Okres	Wartość statystyki F				
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Aob / ZK	26,5749	8,0381	19,2486	3,3885	3,2112
(Aob - Z) / ZK	22,0699	9,2892	34,2066	2,5203	8,5231
Kob / AO	19,2115	46,8760	43,8443	44,7868	18,2142
ŚP / ZK	8,7665	3,0123	27,0431	1,9503	21,1099
ZK / Aob	1,8931	24,4731	2,0970	17,6641	3,2407
WN / AO	16,1721	2,1246	16,5304	2,6316	2,5976
WN / KW	0,7568	3,5474	0,0568	0,8393	0,1958
WO / AO	15,6115	2,1137	13,9188	2,1575	1,5344
WB / Przych.	1,2818	0,2262	0,1392	0,6341	0,7859
WN / Przych.	1,2825	0,2520	0,1384	0,6425	0,7877
WB / AO	16,5798	2,6332	17,9670	3,1860	2,0263
(WN + Am) / AO	15,1366	0,8082	6,0968	0,0542	0,0122
Przych. / AO	0,2521	1,4190	0,0638	7,0850	2,0835
Z / Przych.	1,3746	0,2297	0,5547	3,4643	0,4165
Aob / Przych.	1,3585	0,9349	0,0910	2,2402	0,7315
Kob / Przych.	0,4422	1,0472	0,0010	0,9705	1,0635
(Nal. Kr. * 365) / Przych.	0,3416	1,7016	0,0091	1,9845	0,9448
(ZK * 365) / Przych.	0,3123	1,0388	0,0901	1,8488	0,9303
ZO / AO	5,5691	48,5674	40,9494	27,7233	17,3131
ZK / AO	17,2645	52,6929	39,2632	47,2172	25,7270
AO / ZO	28,5227	14,5310	16,4757	2,5048	7,9062
Aob / ZO	22,3059	12,0986	16,5280	2,5730	7,5432
KW / ZO	34,5193	18,4464	18,5656	2,5897	9,2605
ŚP / AO	45,9767	13,4125	19,4736	26,1695	23,6612

<sup>297</sup> D.A. Aczel, *Statystyka w zarządzaniu*, PWN, Warszawa, 2000, s. 396.



Aob / AO	5,4580	0,0187	2,5739	1,1127	0,0334
At / AO	5,4580	0,0178	2,3990	1,0824	0,0334
Z / Kob	0,5555	0,3668	4,0141	1,5153	0,5260
ZK / ZO	1,1834	4,9643	0,1150	5,2859	2,1938
Kob / KW	1,3378	1,5294	1,2602	0,0596	0,0625
WO / ZO	37,7934	8,2726	16,9503	3,1655	0,2407
KW / AO	6,6012	68,9603	63,1137	39,9510	30,1079
WB / ZK	27,1248	11,0370	17,6742	3,5562	0,2287
WN / ZO	36,6865	8,1317	15,7944	3,5117	0,4311

Źródło: Opracowanie własne

W ostateczności zestaw 33 początkowych zmiennych został widocznie ograniczony. Dla okresów T-1 do T-5 pozostało kolejno 10, 7, 9, 6 oraz 7 wskaźników. Przedstawione w dalszej części rozdziału analizy z zastosowaniem 4 różnych metod klasyfikacyjnych oparte będą na zestawie zawierającym wszystkie wskaźniki (jedynie w przypadku drzew klasyfikacyjnych i sztucznych sieci neuronowych) oraz zestawów zmiennych przedstawionych w tabeli 4.5.

**Tabela 4.4 Zestawy zmiennych**

Okres	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Zmienne	KW / ZO ; AO / ZO ; ZK / Aob ; WB / ZK ; Z / Przych. ; Aob / AO ; Kob / KW ; ZK / ZO	KW / ZO ; KW / AO ; Kob / Przych. ; (Nal. Kr. * 365) / Przych. ; Z / Kob	(Aob - Z) / ZK ; KW / AO ; WB / Przych. ; Aob / AO ; Z / Przych. ; Kob / KW ; Z / Kob	WB / ZK ; Aob / Przych. ; WB / AO ; Kob / AO ; Z / Kob ; ZK / ZO	ŚP / ZK ; Kob / Przych. ; WN / AO ; Z / Kob ; ZK / ZO ; Kob / KW

Źródło: Opracowanie własne

W celu zapewnienia bardziej obiektywnej możliwości oceny poszczególnych modeli zestaw par przedsiębiorstw podzielony został na próbę uczącą (stanowiącą 70% wszystkich przypadków), na podstawie której szacowane były modele oraz próbę testową (utworzoną przez pozostałe 30% przypadków), która posłużyła do sprawdzenia skuteczności modeli na przypadkach nie pochodzących z próby uczącej. Dodatkowo, w celu zmniejszenia wpływu wartości nietypowych zastosowano czyszczenie zbioru danych z tych wartości poprzez winsoryzację. W tym celu wykorzystano miarę pozycyjną na poziomie: 90 percentyla dwustronnego. Oznacza to, że każda wartość większa niż 90 percentyl lub mniejsza niż 10 percentyl zostawała zastępowana wartością graniczną (tj. wartością odpowiadającą odpowiedniemu percentylowi). Zamiana wartości nietypowych przeprowadzona została wyłącznie dla przypadków z próby uczącej, ze względu na chęć osiągnięcia bardziej adekwatnych wyników na próbie testowej, przy której wykorzystywane będą jedynie

„surowe”, tj. niekorygowane w żaden sposób wartości wskaźników. Skala braków danych, wynikających jedynie z faktu, że niektóre przedsiębiorstwa nie osiągały przychodów, jest stosunkowo nieduża i dla kolejnych okresów wynosi od 0,6% do 2,2%. Na potrzeby dalszych analiz braki danych zostały zastąpione z wykorzystaniem metody K-najbliższych sąsiadów (z wykorzystaniem wszystkich dostępnych zmiennych, dla liczby k sąsiadów = 3 oraz wykorzystaniem średniej do imputacji brakujących danych). W kolejnych podrozdziałach przedstawione zostały wyniki badań nad modelami klasyfikacyjnymi stworzonymi z wykorzystaniem czterech różnych metod: analizy dyskryminacyjnej, regresji logistycznej, drzew klasyfikacyjnych oraz sztucznych sieci neuronowych.

## **4.2 Dyskryminacyjny model prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z branży budowlanej**

W pierwszej kolejności, do stworzenia modelu klasyfikacyjnego wykorzystano najpopularniejszą, najczęściej wykorzystywaną analizę dyskryminacyjną. W celu znalezienia najbardziej skutecznego modelu, wykorzystano ograniczony zestaw zmiennych (tabela 4.4) oraz trzy metody analizy dyskryminacyjnej, tj. metodę standardową, krokową postępującą oraz krokową wsteczną. Analizy wykazały brak istotności statystycznej niektórych zmiennych znajdujących się w modelach, lecz przy wyborze najlepszych modeli kierowano się w pierwszej kolejności ich dokładnością na próbie testowej, a kolejno uczącej.

W wyniku zastosowanie powyższej procedury, dla każdego z okresów od T-1 do T-5 powstały trzy modele spośród których wyselekcjonowano ten charakteryzujący się najwyższą dokładnością na próbie testowej. W tabeli 4.5 przedstawione zostały dokładności klasyfikacyjne modeli dyskryminacyjnych dla okresów od T-1 do T-5 wraz z wykorzystanymi przy ich budowie metodami analizy dyskryminacyjnej. Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli dla okresu T-1 najwyższą dokładność, zarówno na próbie uczącej jak i testowej uzyskał model 1, opracowany z wykorzystaniem metody standardowej i wynosiła ona odpowiedni 87,34% oraz 87,50%. Warto zwrócić uwagę, że model 2 cechował się nieznacznie niższą skutecznością, jednocześnie wykorzystując dwie zmienne mniej. W okresie T-2 najlepszym pod względem skuteczności okazał się model opracowany przy użyciu metody krokowej wstecznej i wykorzystujący jedynie dwie zmienne, a jego dokładność na próbie testowej sięgnęła 74,60%.

**Tabela 4.5 Dokładność modeli dyskryminacyjnych od T-1 do T-5**

LP	Okres	Metoda	Liczba zmiennych	Dokładność - próba ucząca	Dokładność - próba testowa
1	T-1	Standardowa	8	87,34%	87,50%
2		Krokowa postępująca	6	86,93%	86,11%
3		Krokowa wsteczna	4	86,10%	82,64%
4	T-2	Standardowa	5	72,88%	73,02%
5		Krokowa postępująca	3	72,88%	73,81%
6		Krokowa wsteczna	2	72,88%	74,60%
7	T-3	Standardowa	7	72,85%	72,32%
8		Krokowa postępująca	7	72,85%	72,32%
9		Krokowa wsteczna	2	71,24%	72,32%
10	T-4	Standardowa	6	73,01%	71,70%
11		Krokowa postępująca	5	73,01%	71,70%
12		Krokowa wsteczna	3	72,44%	73,58%
13	T-5	Standardowa	6	65,55%	62,24%
14		Krokowa postępująca	4	63,72%	60,20%
15		Krokowa wsteczna	2	65,55%	64,29%

Źródło: Opracowanie własne

W analogiczny sposób dokonano selekcji najdokładniejszych modeli dla pozostałych okresów. Warto zwrócić uwagę na fakt, iż większa liczba zmiennych wprowadzanych do modelu wcale nie gwarantowała wyższej skuteczności i aż trzy z ostatecznie wyselekcjonowanych modeli charakteryzowały się najmniejszą liczbą wykorzystywanych zmiennych w danym okresie. Interesującym zjawiskiem jest niski spadek dokładności modeli w okresach od T-2 do T-4 – wyraźne pogorszenie się zdolności klasyfikacyjnych modeli dyskryminacyjnych zauważalne jest zaś w okresie T-5.

Oprócz oceny dokładności ogólnej poszczególnych modeli, warto również przyjrzeć się jak radzą sobie one z klasyfikacją przedsiębiorstw na dwie grupy – tj. podmiotów „upadłych” oraz „zdrowych”. W tym celu przeanalizowano dokładności klasyfikacyjne modeli w tych dwóch grupach, a wyniki tych analiz przedstawione zostały w tabeli 4.6.

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 4.6 dla poszczególnych okresów występowały różnice w dokładności klasyfikacyjnej modeli dla podmiotów o dobrej i złej kondycji finansowej. Są one najmniej widoczne w okresach T-1 oraz T-2, natomiast w okresach późniejszych różnice te sięgają nawet kilkunastu punktów procentowych. Wartym zauważenia jest natomiast fakt, że modele lepiej radzą sobie z identyfikacją przedsiębiorstw zagrożonych upadłością niż tych o dobrej kondycji finansowej. Trzeba uznać to za ich zaletę, gdyż można przyjąć, że tego typu błąd jest potencjalnie mniej kosztowny.

**Tabela 4.6 Odsetek poprawnych klasyfikacji na grupie podmiotów „zdrowych” i „upadłych” – modele dyskryminacyjne**

Model	Okres	Próba ucząca		Próba testowa	
		Dokładność U	Dokładność Z	Dokładność U	Dokładność Z
1	T-1	86,31%	88,38%	84,72%	90,28%
2		86,31%	87,55%	83,33%	88,89%
3		87,14%	85,06%	83,33%	81,94%
4	T-2	75,47%	70,28%	74,60%	71,43%
5		77,36%	68,40%	77,78%	69,84%
6		77,36%	68,40%	77,78%	71,43%
7	T-3	78,49%	67,20%	73,21%	71,43%
8		78,49%	67,20%	73,21%	71,43%
9		74,19%	68,28%	73,21%	71,43%
10	T-4	80,68%	65,34%	77,36%	66,04%
11		80,68%	65,34%	77,36%	66,04%
12		80,68%	64,20%	79,25%	67,92%
13	T-5	76,83%	54,27%	71,43%	53,06%
14		75,61%	51,83%	69,39%	51,02%
15		79,27%	51,83%	73,47%	55,10%

Źródło: Opracowanie własne

Dodatkowo, wspomniane różnice w dokładności modeli, występują bez względu na wybraną metodę analizy dyskryminacyjnej oraz są widoczne zarówno na próbie uczącej jak i testowej.

Biorąc pod uwagę wyniki powyżej przedstawionych modeli wyselekcjonowano następujące modele, kolejno dla okresów od T-1 do T-5: model 1, model 6, model 8, model 12 oraz model 15. W kolejnej części niniejszego podrozdziału przedstawione zostały funkcje klasyfikacyjne i parametry strukturalne tych funkcji dla ostatecznie wyselekcjonowanych modeli. W związku z faktem, że wszystkie modele opracowywane były na próbach zbalansowanych, punktem granicznym wszystkich modeli jest 0. Funkcje dyskryminacyjne dla poszczególnych okresów zostały zaprezentowane w tabeli 4.7. Przedstawione modele, oparte na analizie dyskryminacyjnej cechują się względną prostotą. Wykorzystuje one od jedynie dwóch do ośmiu zmiennych ekonomiczno-finansowych w zależności od okresu. W celu poprawnej interpretacji wyniku otrzymanego z wykorzystaniem poniższych funkcji dyskryminacyjnych i wspomnianego wyżej punktu granicznego wynoszącego dla wszystkich modeli 0, należy również znać wartości funkcji przyjmowane przez przedsiębiorstwa „zdrowe” oraz „upadłe”.

**Tabela 4.7 Funkcje dyskryminacyjne modeli od T-1 do T-5**

Okres	Zmienne i parametry strukturalne										
T-1	Zmienna	ZK / Aob	Z / Przych	AO / ZO	KW / ZO	Aob / AO	ZK / ZO	Kob / KW	WB / ZK	Stała	
	Parametr	0,6162	0,5016	0,9931	-1,3783	-0,2469	0,0295	0,1501	-1,2349	-1,4007	
T-2	Zmienna	Kob / Przych.	KW / AO	Stała							
	Parametr	-1,0492	-3,7362	1,3112							
T-3	Zmienna	(Aob - Z) / ZK	WB / Przych	Z / Przych	Aob / AO	Z / Kob	Kob / KW	KW / AO	Stała		
	Parametr	0,3027	5,6742	3,6377	1,0902	-1,8665	-0,5996	2,6312	-2,1497		
T-4	Zmienna	Kob / AO	Aob / Przych	WB / ZK	Stała						
	Parametr	2,0696	1,0191	1,8200	-1,6164						
T-5	Zmienna	ŚP / ZK	Kob / Przych	Stała							
	Parametr	-1,5032	-1,8593	1,0458							

Źródło: Opracowanie własne

W przypadku modeli dla okresów T-1, T-2 oraz T-5, przedsiębiorstwa o dobrej kondycji finansowej osiągają wartości funkcji wyższe niż 0, zaś przedsiębiorstwa zagrożone upadłością niższe niż 0. W przypadku okresów T-3 oraz T-4 interpretacja wyniku jest odwrotna.

Przedstawione w niniejszym podrozdziale modele dyskryminacyjne cechują się stosunkowo wysoką dokładnością, zwłaszcza dla okresu T-1. Warto również zwrócić uwagę na stosunkowo mały spadek skuteczności między okresem T-4 a T-2, co jednoznacznie należy uznać za pożądane. Kolejnym istotnym wnioskiem płynącym z przeprowadzanych analiz jest to, że wybór metody wykorzystywanej w ramach analizy dyskryminacyjnej nie ma szczególnie dużego wpływu na skuteczność modeli. Różnice w skuteczności sięgały maksymalnie kilku punktów procentowych. W związku z tym, dla potrzeb niektórych badań odpowiednią strategią może być wybór nieco mniej dokładnego modelu, ale wykorzystującego mniej zmiennych, a co za tym idzie łatwiejszego w implementacji. W kolejnym podrozdziale przedstawione zostały wyniki badań nad modelami logitowymi opracowywanymi na tej samej próbie badawczej przedsiębiorstw z branży budowlanej.

### 4.3 Model logitowy prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z branży budowlanej

W niniejszym rozdziale przedstawione zostały wyniki badań nad modelami prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z wykorzystaniem regresji logistycznej. W ramach prac nad modelami logitowymi wykorzystano ten sam zestaw zmiennych co w przypadku analizy dyskryminacyjnej. Modele zostały oszacowane z wykorzystaniem pakietu statystycznego Statistica 13. Próby uczące i testowe zostały dobrane identycznie jak w przypadku modeli dyskryminacyjnych w celu umożliwienia późniejszego porównywania zdolności predykcyjnych modeli. Ponownie zastosowano również czyszczenie zestawów zmiennych dla próby uczącej z wartości nietypowych. Ponadto, wykorzystano następujące metody budowy modeli logitowych:

- metoda wszystkich efektów;
- metoda krokowa postępująca;
- metoda krokowa wsteczna;

W związku z wykorzystaniem trzech metod konstruowania modeli logitowych, podobnie jak w przypadku modeli dyskryminacyjnych, oszacowanych zostało w sumie 15 modeli – po trzy dla każdego z pięciu okresów. W tabeli 4.8 przedstawiona została ogólna dokładność skonstruowanych modeli logitowych, zarówno na próbie uczącej, jak i na testowej.

**Tabela 4.8 Dokładność modeli logitowych od T-1 do T-5**

LP	Okres	Metoda	Liczba zmiennych	Dokładność - próba ucząca	Dokładność - próba testowa
1	T-1	Wszystkie efekty	8	87,57%	86,11%
2		Krokowa postępująca	4	88,17%	84,72%
3		Krokowa wsteczna	4	88,17%	84,72%
4	T-2	Wszystkie efekty	5	72,15%	69,05%
5		Krokowa postępująca	4	70,13%	68,25%
6		Krokowa wsteczna	4	70,13%	68,25%
7	T-3	Wszystkie efekty	7	72,31%	70,54%
8		Krokowa postępująca	3	71,92%	69,64%
9		Krokowa wsteczna	3	71,92%	69,64%
10	T-4	Wszystkie efekty	6	73,58%	69,81%
11		Krokowa postępująca	5	73,58%	69,81%
12		Krokowa wsteczna	5	73,58%	69,81%
13	T-5	Wszystkie efekty	6	67,83%	57,14%
14		Krokowa postępująca	4	68,70%	58,16%
15		Krokowa wsteczna	4	68,70%	58,16%

Źródło: Opracowanie własne

Dla okresu T-1 najskuteczniejszym okazał się model 1, oszacowany z wykorzystaniem wszystkich ośmiu zmiennych. Dwa pozostałe modele pomimo nieco wyższej dokładności na próbie uczącej, były nieco mniej skuteczne na próbie testowej. Podobnie jak w przypadku modeli dyskryminacyjnych zauważalny jest znaczny spadek dokładności modeli dla okresu T-2 do poziomu niecałych 70% w przypadku modelu 4. Ciekawym zjawiskiem jest to, że modele dla okresów od T-3 i T-4 osiągają dokładność zbliżoną do modelu oszacowanego dla okresu T-2. Model opracowany na danych pochodzących sprzed 5 lat przed ogłoszeniem upadłości charakteryzuje się niską, niższą niż 60% skutecznością. Widoczna jest też większa, w stosunku do modeli dyskryminacyjnych, różnica pomiędzy dokładnością modeli na próbie uczącej oraz testowej.

Podobnie jak w poprzednim podrozdziale, również w przypadku modeli logitowych zweryfikowano ich zdolność do poprawnej klasyfikacji przypadków pochodzących z dwóch grup przedsiębiorstw. W tabeli 4.9 zaprezentowano dokładność modeli dla grup przedsiębiorstw „zdrowych” oraz „upadłych”.

**Tabela 4.9 Odsetek poprawnych klasyfikacji na grupie podmiotów „zdrowych” i „upadłych” – modele logitowe**

Model	Okres	Próba ucząca		Próba testowa	
		Dokładność U	Dokładność Z	Dokładność U	Dokładność Z
1	T-1	89,94%	85,21%	86,11%	86,11%
2		89,35%	86,98%	86,11%	83,33%
3		89,35%	86,98%	86,11%	83,33%
4	T-2	67,11%	77,18%	68,25%	69,84%
5		66,44%	73,83%	68,25%	68,25%
6		66,44%	73,83%	68,25%	68,25%
7	T-3	72,31%	72,31%	66,07%	75,00%
8		74,62%	69,23%	69,64%	69,64%
9		74,62%	69,23%	69,64%	69,64%
10	T-4	77,24%	69,92%	73,58%	66,04%
11		77,24%	69,92%	71,70%	67,92%
12		77,24%	69,92%	71,70%	67,92%
13	T-5	78,26%	57,39%	63,27%	51,02%
14		76,52%	60,87%	63,27%	53,06%
15		76,52%	60,87%	63,27%	53,06%

Źródło: Opracowanie własne

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 4.9, w okresach od T-1 do T-4 różnice między zdolnościami klasyfikacyjnymi dla grup przedsiębiorstw są stosunkowo niewielkie.

W okresie T-5 zaś, wyniosły one zaś około 10 punktów procentowych. W związku z tym stwierdzić można, że w przypadku badanej próby przedsiębiorstw, modele logitowe mają mniejszą skłonność do jednostronnego klasyfikowania podmiotów jako upadłe niż modele dyskryminacyjne. Ogólna skuteczność modeli logitowych jest dla każdego okresu o kilka punktów procentowych niższa, niż modeli dyskryminacyjnych. W wyniku powyżej przedstawionych analiz wyselekcjonowano po jednym, rekomendowanym dla każdego okresu modelu logitowym, kierując się dokładnością na próbie testowej. W wyniku tego wybrano następujące modele, kolejno dla okresów od T-1 do T-5: model 1, model 4, model 7, model 11 oraz model 14.

W dalszej części niniejszego podrozdziału zaprezentowane zostały parametry strukturalne wybranych, najdokładniejszych modeli dla każdego okresu wraz ze statystyką Walda dla poszczególnych zmiennych i wartością współczynnika p.

**Tabela 4.10 Parametry strukturalne modelu logitowego T-1**

Zmienne	Ocena parametru	Statystyka Walda	p
ZK / Aob	0,4024	0,7210	0,3958
Z / Przych.	-0,2433	0,0838	0,7722
AO / ZO	3,3919	6,0956	0,0136
KW / ZO	-5,4159	11,5006	0,0007
Aob / AO	-3,7579	5,4599	0,0195
ZK / ZO	-0,1564	0,0073	0,9319
Kob / KW	0,4854	1,9426	0,1634
WB / ZK	-2,7189	18,6657	0,0000

Źródło: Opracowanie własne

Jak wynika z tabeli 4.10 w najlepszym modelu logitowym dla okresu T-1 znalazło się ostatecznie 8 zmiennych. Cztery z nich są nieistotne statystycznie, natomiast zdecydowano się na wybór tego modelu ze względu na chęć maksymalizacji dokładności na próbie testowej.

**Tabela 4.11 Parametry strukturalne modelu logitowego T-2**

Zmienne	Ocena parametru	Statystyka Walda	p
Kob / Przych.	-2,4223	14,9305	0,0001
(Nał. Kr. * 365) / Przych.	0,0108	28,9713	0,0000
KW / ZO	0,6236	3,4665	0,0626
Z / Kob	1,3732	7,8987	0,0049
KW / AO	-5,0985	19,2461	0,0000

Źródło: Opracowanie własne



Podobnie jak w przypadku modelu dla okresu T-1, również w tym przypadku nie wszystkie zmienne, które ostatecznie znalazły się w modelu są istotne statystycznie (konkretnie zmienna KW/ZO). Warto jednak zauważyć, że model 5 oraz 6 osiągnęły nieznacznie niższą skuteczność, nie wykorzystując właśnie wskaźnika KW/ZO.

**Tabela 4.12 Parametry strukturalne modelu logitowego T-3**

Zmienne	Ocena parametru	Statystyka Walda	p
(Aob - Z) / ZK	-0,7115	5,4125	0,0200
WB / Przych.	-6,7111	13,8149	0,0002
Z / Przych.	-4,3937	4,7753	0,0289
Aob / AO	1,6008	8,4657	0,0036
Z / Kob	2,4311	4,1158	0,0425
Kob / KW	0,2650	0,3211	0,5710
KW / AO	-0,8465	0,7560	0,3846

Źródło: Opracowanie własne

Model logitowy dla okresu T-3, również został oszacowany z wykorzystaniem wszystkich dostępnych zmiennych i ponownie jedna z nich jest nieistotna statystycznie (Kob/KW). Zdecydowano się na wybór tego modelu w celu maksymalizacji dokładności na próbie testowej.

**Tabela 4.13 Parametry strukturalne modelu logitowego T-4**

Zmienne	Ocena parametru	Statystyka Walda	p
Kob / AO	-2,3238	9,9330	0,0016
ZK / ZO	1,7684	28,9290	0,0000
Aob / Przych.	-1,6135	15,2513	0,0001
WB / ZK	-1,5196	9,1589	0,0025
Z / Kob	1,4242	5,3395	0,0208

Źródło: Opracowanie własne

W powyższym modelu znalazło się ostatecznie pięć zmiennych – w ramach procedury krokowej wykluczono wskaźnik WB/ZK. Wszystkie zmienne ostatecznie tworzące model są istotne statystycznie.

**Tabela 4.14 Parametry strukturalne modelu logitowego T-5**

Zmienne	Ocena parametru	Statystyka Walda	p
ŚP / ZK	-2,0334	29,6218	0,0000
ZK / ZO	1,5939	23,0309	0,0000
WN / AO	-4,1220	6,9598	0,0083
Z / Kob	-1,3876	6,3557	0,0117

Źródło: *Opracowanie własne*

W tabeli 4.14 zaprezentowano wskaźniki, które ostatecznie znalazły się w modelu dla okresu T-5. Model skonstruowany został z wykorzystaniem metody krokowej postępującej, i podobnie jak w przypadku modelu T-4 znalazły się w nim jedynie zmienne istotne statystycznie.

Modele logitowe oszacowane na potrzeby niniejszego rozdziału charakteryzują się porównywalnymi (aczkolwiek nieco niższymi) skutecznościami do modeli opartych na analizie dyskryminacyjnej. Warto jednak zauważyć, że skuteczność zarówno modeli dyskryminacyjnych, jak i logitowych nie jest szczególnie wysoka i osiąga ona poziomy, dla próby testowej, od ok. 87% dla okresu T-1 do ok. 60% dla okresu T-5. W kolejnych dwóch rozdziałach zaprezentowane zostały wyniki badań nad modelami wykorzystującymi inne metody klasyfikacyjne tj. drzewa klasyfikacyjne oraz sztuczne sieci neuronowe.

#### **4.4 Model prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z branży budowlanej z wykorzystaniem drzewa klasyfikacyjnego**

W niniejszym rozdziale przedstawione zostały wyniki badań nad modelami prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z wykorzystaniem drzew klasyfikacyjnych. Próbę badawczą stanowiły te same pary przedsiębiorstw co w przypadku metod zastosowanych w poprzednich rozdziałach. W tym jednak wypadku, dodatkowo przeprowadzono badanie z użyciem wszystkich pierwotnie dostępnych 33 zmiennych ekonomiczno-finansowych. Drzewa klasyfikacyjne budowane były z wykorzystaniem dwóch algorytmów, które szczegółowo zostały omówione w rozdziale trzecim:

- C&RT (*Classification and Regression Trees*);
- CHAID (*Chi-squared Automatic Interaction Detector*);

Modele były szacowane z wykorzystaniem V-krotnego sprawdzianu krzyżowego jako reguły przycinania drzewa. Dodatkowo, w niektórych przypadkach korygowano algorytm

wybierając drzewo nieco większe, jeżeli w znaczący sposób wpływało to na wzrost zdolności klasyfikacyjnych na próbie testowej. W pierwszej kolejności oszacowane zostały modele dla okresu T-1. W wyniku zastosowania różnych metod budowy drzew klasyfikacyjnych oraz dwóch różnych zestawów zmiennych opracowano 4 drzewa klasyfikacyjne dla każdego z pięciu okresów. W tabeli 4.15 przedstawiona została dokładność drzew klasyfikacyjnych dla każdego z pięciu okresów wraz z liczbą węzłów końcowych (liści) oraz liczbą węzłów dzielonych odpowiadająca liczbie wykorzystywanych w modelach zmiennych.

**Tabela 4.15 Dokładność drzew klasyfikacyjnych od T-1 do T-5**

LP	Okres	Algorytm	Zestaw zmiennych	Liczba węzłów dzielonych	Liczba węzłów końcowych	Dokładność próba ucząca	Dokładność próba testowa
1	T-1	CART	ograniczony zestaw	9	10	92,90%	82,64%
2			wszystkie zmienne	8	9	94,08%	85,42%
3		CHAID	ograniczony zestaw	2	6	85,51%	79,86%
4			wszystkie zmienne	4	8	87,28%	79,73%
5	T-2	CART	ograniczony zestaw	10	10	83,22%	73,02%
6			wszystkie zmienne	9	9	87,92%	76,19%
7		CHAID	ograniczony zestaw	1	3	70,13%	61,04%
8			wszystkie zmienne	2	5	77,18%	72,64%
9	T-3	CART	ograniczony zestaw	3	4	77,69%	66,97%
10			wszystkie zmienne	5	6	84,62%	79,47%
11		CHAID	ograniczony zestaw	1	4	69,23%	70,54%
12			wszystkie zmienne	1	4	69,23%	70,54%
13	T-4	CART	ograniczony zestaw	9	10	82,52%	64,15%
14			wszystkie zmienne	5	6	80,49%	62,27%
15		CHAID	ograniczony zestaw	1	3	68,29%	64,15%
16			wszystkie zmienne	2	7	72,77%	66,98%
17	T-5	CART	ograniczony zestaw	4	5	78,70%	66,33%
18			wszystkie zmienne	6	7	84,35%	65,31%
19		CHAID	ograniczony zestaw	1	3	67,83%	62,25%
20			wszystkie zmienne	1	3	67,83%	62,25%

Źródło: Opracowanie własne

Jak wynika z przedstawionych w tabeli 4.15 danych, skonstruowane drzewa klasyfikacyjne istotnie różniły się od siebie strukturą i liczbą wykorzystywanych zmiennych. W czterech z pięciu okresów drzewa konstruowane z wykorzystaniem wszystkich 33 zmiennych charakteryzowały się wyższą skutecznością. W przypadku okresu T-1 najdokładniejszym okazało się drzewo klasyfikacyjne stworzone z wykorzystaniem algorytmu CART oraz ośmiu zmiennych. Model ten charakteryzował się skutecznością na poziomie 85,42% na próbie testowej. W okresach T-2 oraz T-3 również drzewa oparte na algorytmie

CART i kompletnym zestawie zmiennych osiągnęły najwyższą skuteczność ze wszystkich modeli. Zauważalna jest jednak sytuacja podobna do modeli logitowych, w których model dla okresu T-2 osiąga niższą dokładność niż model dla okresu T-3. Wśród zaprezentowanych modeli wyróżniają się te oszacowane dla okresów T-4 oraz T-5. W przypadku okresu T-4 najlepszym modelem jest model opracowany na podstawie algorytmu CHAID i wykorzystujący pierwotnie pełen zestaw zmiennych, natomiast dla okresu T-5 drzewo CART okazało się dokładniejsze niż pozostałe modele na próbie testowej.

Warto również zauważyć, że opracowane drzewa klasyfikacyjne osiągają porównywalne do modeli logitowych zdolności klasyfikacyjne dla okresu T-1, zaś w przypadku okresów od T-2 do T-3 dokładność drzew klasyfikacyjnych jest zauważalnie wyższa. Najlepszy model dla okresu T-5 osiągnął dokładność bardzo zbliżoną do najlepszego modelu dla T-4. Poniżej przedstawione zostały wyniki analizy zdolności klasyfikacyjnych wszystkich modeli z podziałem na dokładność na próbie przedsiębiorstw o dobrej i złej kondycji finansowej, zarówno na próbie uczącej oraz próbie testowej (tabela 4.16).

**Tabela 4.16 Odsetek poprawnych klasyfikacji na grupie podmiotów „zdrowych” i „upadłych” – drzewa klasyfikacyjne**

LP	Okres	Algorytm	Zestaw zmiennych	Próba ucząca		Próba testowa	
				Dokładność U	Dokładność Z	Dokładność U	Dokładność Z
1	T-1	CART	ograniczony zestaw	92,31%	93,49%	80,56%	84,72%
2			wszystkie zmienne	93,49%	94,67%	83,33%	87,50%
3		CHAID	ograniczony zestaw	82,25%	88,76%	77,78%	81,94%
4			wszystkie zmienne	82,25%	92,31%	83,10%	76,36%
5	T-2	CART	ograniczony zestaw	83,89%	82,55%	71,43%	74,60%
6			wszystkie zmienne	87,25%	88,59%	77,78%	74,60%
7		CHAID	ograniczony zestaw	90,60%	49,66%	85,71%	36,36%
8			wszystkie zmienne	76,51%	77,85%	79,37%	65,91%
9	T-3	CART	ograniczony zestaw	77,69%	77,69%	64,29%	69,64%
10			wszystkie zmienne	88,46%	80,77%	78,57%	80,36%
11		CHAID	ograniczony zestaw	79,23%	59,23%	80,36%	60,71%
12			wszystkie zmienne	79,23%	59,23%	80,36%	60,71%
13	T-4	CART	ograniczony zestaw	83,74%	81,30%	62,26%	66,04%
14			wszystkie zmienne	79,67%	81,30%	66,04%	58,49%
15		CHAID	ograniczony zestaw	89,43%	47,15%	83,02%	45,28%
16			wszystkie zmienne	69,11%	76,42%	73,58%	60,38%
17	T-5	CART	ograniczony zestaw	81,74%	75,65%	65,31%	67,35%
18			wszystkie zmienne	88,70%	80,00%	65,31%	65,31%
19		CHAID	ograniczony zestaw	47,83%	87,83%	40,82%	83,67%
20			wszystkie zmienne	47,83%	87,83%	40,82%	83,67%

Źródło: Opracowanie własne

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 4.16, wyselekcjonowane jako najlepsze drzewa klasyfikacyjne osiągają zbliżoną dokładność w klasyfikacji przedsiębiorstw „zdrowych” oraz „upadłych” (z wyjątkiem najskuteczniejszego drzewa dla okresu T-4). Zauważalnym zjawiskiem jest większa rozbieżność w dokładności klasyfikacyjnej dla dwóch grup przedsiębiorstw w modelach oszacowanych z wykorzystaniem algorytmu CHAID. Charakterystyczną cechą drzew klasyfikacyjnych jest również to, że w porównaniu do modeli oszacowanych za pomocą analizy dyskryminacyjnej i regresji logistycznej, zauważalna jest większa różnica w dokładności między próbą uczącą i testową. W załączniku 3 znajdują się wykresy najskuteczniejszych drzew klasyfikacyjnych dla każdego okresu.

Ostatecznie wyselekcjonowane drzewa klasyfikacyjne wykorzystują od 2 do 9 zmiennych ekonomiczno-finansowych. Porównując dokładność oszacowanych modeli opartych na drzewach klasyfikacyjnych, stwierdzić należy że osiągają one nieznacznie lepsze zdolności klasyfikacyjne niż modele analizy dyskryminacyjnej i regresji logistycznej. W kolejnym podrozdziale przedstawione zostały wyniki badań nad modelami prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych.

#### **4.5 Model prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z branży budowlanej oparty na Sztucznej Sieci Neuronowej**

Ostatnią wykorzystaną w niniejszej pracy metodą do budowy modelu prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z branży budowlanej są sztuczne sieci neuronowe. Modele przedstawione w tym rozdziale zostały oszacowane z wykorzystaniem dwóch zestawów zmiennych: ograniczonego oraz wszystkich 33 wskaźników ekonomiczno-finansowych. Próbie testową stanowiły te same przedsiębiorstwa co w przypadku wcześniej oszacowanych modeli za pomocą analizy dyskryminacyjnej, regresji logistycznej i drzew klasyfikacyjnych, natomiast z próby uczącej losowo wybrano dodatkowo parę przedsiębiorstw, które utworzyły próbę walidacyjną. Próba walidacyjna stanowiła 20% wszystkich przypadków. Wszystkie sieci neuronowe zostały przygotowane z pomocą oprogramowania statystycznego Statistica 13. Do stworzenia modeli prognozowania zagrożenia upadłością zastosowano sieci w formie perceptronów wielowarstwowych (MLP) z jedną warstwą neuronów ukrytych. Dla każdego okresu oraz każdego sposobu zastępowania wartości nietypowych w próbie uczącej oszacowanych zostało 1000 sieci neuronowych, z których następnie wybierano najlepszą kierując się ich skutecznością na próbie walidacyjnej,

a w następnym etapie były one testowane na próbie testowej. Przetestowano następujące funkcje dla neuronów wejściowych jak i wyjściowych:

- liniową,
- logistyczną,
- tangens hiperboliczny (Tanh),
- wykładniczą (Softmax)
- sinus.

W tabeli 4.17 zaprezentowano dokładność modeli opartych na sztucznych sieciach neuronowych na wszystkich trzech próbach i dla wszystkich pięciu okresów.

**Tabela 4.17 Dokładność sztucznych sieci neuronowych od T-1 do T-5**

LP	Okres	Zestaw zmiennych	Struktura sieci	Funkcja aktywacji warstwa ukryta	Funkcja aktywacji warstwa wyjściowa	Dokładność próba ucząca	Dokładność próba walidacyjna	Dokładność próba testowa
1	T-1	ograniczony zestaw	8-12-2	liniowa	softmax	94,21%	90,62%	90,28%
2		wszystkie zmienne	33-6-2	wykładnicza	liniowa	96,69%	93,75%	91,67%
3	T-2	ograniczony zestaw	5-15-2	wykładnicza	wykładnicza	81,13%	77,91%	76,19%
4		wszystkie zmienne	33-22-2	liniowa	softmax	94,81%	87,21%	86,51%
5	T-3	ograniczony zestaw	7-9-2	sinus	sinus	76,34%	74,32%	75,89%
6		wszystkie zmienne	33-5-2	liniowa	tanh	90,32%	89,19%	88,39%
7	T-4	ograniczony zestaw	6-11-2	wykładnicza	softmax	72,16%	78,57%	71,70%
8		wszystkie zmienne	33-10-2	wykładnicza	logistyczna	99,43%	84,29%	82,08%
9	T-5	ograniczony zestaw	6-12-2	tanh	softmax	73,17%	71,21%	71,43%
10		wszystkie zmienne	33-14-2	liniowa	logistyczna	93,29%	84,85%	87,76%

Źródło: Opracowanie własne

Z danych zawartych w tabeli wynika, że modele opracowane z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych osiągają bardzo wysoką dokładność klasyfikacyjną dla wszystkich okresów. Warto zwrócić uwagę, że poza okresem T-1 widoczna jest bardzo duża rozbieżność między skutecznością klasyfikacyjną w zależności od zestawu zmiennych. Co więcej, dokładność klasyfikacji w przypadku pełnego zestawu zmiennych dla żadnego z okresów nie spadła poniżej 80%. Modele oszacowane z wykorzystaniem ograniczonego

zestawu zmiennych, a więc potencjalnie łatwiejsze w implementacji, również charakteryzują się wyższą dokładnością niż modele oszacowane z użyciem pozostałych metod.

W tabeli 4.18 zaprezentowano skuteczność klasyfikacyjną poszczególnych modeli z uwzględnieniem grup przedsiębiorstw o dobrej oraz złej kondycji finansowej.

**Tabela 4.18 Odsetek poprawnych klasyfikacji na grupie podmiotów „zdrowych” i „upadłych” – sztuczne sieci neuronowe**

LP	Okres	Zestaw zmiennych	Próba ucząca		Próba walidacyjna		Próba testowa	
			Dokładność U	Dokładność Z	Dokładność U	Dokładność Z	Dokładność U	Dokładność Z
1	T-1	ograniczony zestaw	92,56%	95,87%	85,42%	95,83%	84,72%	95,83%
2		wszystkie zmienne	95,04%	98,35%	91,67%	95,83%	93,06%	90,28%
3	T-2	ograniczony zestaw	83,02%	79,25%	86,05%	69,77%	74,60%	77,78%
4		wszystkie zmienne	96,23%	93,40%	88,37%	86,05%	93,65%	79,37%
5	T-3	ograniczony zestaw	82,80%	69,89%	86,49%	62,16%	80,36%	71,43%
6		wszystkie zmienne	90,32%	90,32%	94,59%	83,78%	83,93%	92,86%
7	T-4	ograniczony zestaw	77,27%	67,05%	94,29%	62,86%	77,36%	66,04%
8		wszystkie zmienne	100,00%	98,86%	91,43%	77,14%	81,13%	83,02%
9	T-5	ograniczony zestaw	79,27%	67,07%	69,70%	72,73%	67,35%	75,51%
10		wszystkie zmienne	92,68%	93,90%	87,88%	81,82%	85,71%	89,80%

Źródło: Opracowanie własne

Jak zostało przedstawione w tabeli 4.18 w większości przypadków dokładność klasyfikacji na grupie przedsiębiorstw „zdrowych” i „upadłych” była zbliżona. Na próbie testowej, jedynie w przypadku modelu dla okresu T-2 różnice między skutecznością klasyfikacyjną dla dwóch grup podmiotów wyniosły więcej niż 10 punktów procentowych. Warto zwrócić uwagę na bardzo wysokie skuteczności modeli na próbie uczącej, które we wszystkich okresach osiągnęły poziom ponad 90%. Ostatecznie zdecydowano się na wybór modeli sztucznych sieci neuronowych, wykorzystujących wszystkie zmienne ze względu na wyraźnie wyższą skuteczność klasyfikacyjną. Warto jednak podkreślić, że użytkowanie tych modeli może być utrudnione ze względu na dużą liczbę wskaźników potrzebnych do określenia kondycji finansowej danego podmiotu. W załączniku 5 umieszczone zostały wartości wag

poszczególnych połączeń dla pięciu najdokładniejszych sieci neuronowych – po jednej dla każdego okresu.

Ostatnim zagadnieniem poruszonym w niniejszym rozdziale będzie kwestia łączenia czterech klasyfikatorów opracowanych na potrzeby niniejszej pracy i analiza skuteczności tego rozwiązania.

#### **4.6 Łączenie klasyfikatorów na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw z branży budowlanej**

W poprzedniej części niniejszego rozdziału zaprezentowane zostały wyniki prac nad modelami służącymi prognozowaniu zagrożenia upadłością przedsiębiorstw działających w polskiej branży budowlanej. Opracowane zostały modele, których celem jest identyfikacja zagrożenia kontynuacji działalności na rok, dwa, trzy, cztery i pięć lat przed upadłością. Do budowy modeli wykorzystano cztery odrębne metody: analizę dyskryminacyjną, regresję logistyczną, drzewa klasyfikacyjne oraz sztuczne sieci neuronowe. Pomimo tego, że każdy z modeli budowany, a następnie testowany, był z wykorzystaniem tej samej próby przedsiębiorstw oraz tych samych kryteriów zastępowania wartości nietypowych, wyniki badań wskazują na istotne różnice w zdolnościach klasyfikacyjnych tych modeli. W tabeli 4.19 zestawione zostały ze sobą dokładności najlepszych modeli oszacowanych z pomocą różnych metod.

**Tabela 4.19 Porównanie dokładności najlepszych modeli na próbie testowej**

Metoda/ Okres	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Analiza dyskryminacyjna	87,50%	74,60%	72,32%	73,58%	64,29%
Logit	86,11%	69,05%	70,54%	69,81%	58,16%
Drzewo klasyfikacyjne	85,42%	76,19%	79,47%	66,98%	66,33%
Sztuczna sieć neuronowa	91,67%	86,51%	88,39%	82,08%	87,76%

Źródło: *Opracowanie własne*

Jak wynika z danych przedstawionych w powyższej tabeli zdecydowanie najlepsze okazały się modele skonstruowane z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych. Przewaga sztucznych sieci neuronowych jest szczególnie widoczna w przypadku okresów od T-2 do T-5. Pozostałe metody osiągały podobne skuteczności, choć i w ich przypadku występowały różnice w zależności od okresu. Modele logitowy nie były najmniej skuteczne jedynie w okresie T-4.

Jak zostało wskazane w rozdziale drugim niniejszej pracy, poza oceną dokładności modelu na próbie uczącej oraz testowej, dobrą praktyką jest również porównanie jego



zdolności predykcyjnych z modelami, oszacowanymi wcześniej przez innych autorów. W tabeli 4.20 przedstawione zostały wyniki testowania wybranych polskich modeli prognozowania zagrożenia upadłością na grupie przedsiębiorstw, które utworzyły próbę testową dla autorskich modeli. Niestety ze względu na brak niektórych danych (między innymi kosztów operacyjnych oraz wyniku ze sprzedaży) przetestowano jedynie 4 polskie modele: model D. Hadasik, model D. Wierzby, Model M. Pogodzińskiej i S. Sojaka oraz model INE PAN opracowany przez E. Mączyńską i M. Zawadzkiego.

**Tabela 4.20 Dokładność ogólna innych polskich modeli dyskryminacyjnych na próbie testowej**

Model / Okres	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Model Wierzby	81,02%	64,46%	53,64%	56,86%	52,58%
Model INE PAN	82,14%	67,74%	62,16%	62,14%	56,70%
Model Hadasik	70,59%	67,77%	54,55%	51,96%	48,45%
Model Pogodzińskiej - Sojaka	69,85%	57,38%	50,91%	52,94%	50,52%

Źródło: *Opracowanie własne*

Jak wynika z powyższej tabeli, autorskie modele dla każdego okresu osiągnęły wyższą skuteczność niż funkcje dyskryminacyjne innych autorów. Różnice są szczególnie widoczne w okresach od T-3 do T-5. Na wykorzystywanej w niniejszej pracy próbie testowej spośród innych modeli najwyższą skuteczność osiągnął model INE PAN, jednak była ona i tak o kilka punktów procentowych niższa w przypadku okresów od T-1 do T-2, i aż o kilkanaście punktów procentowych niższa w przypadku okresów od T-3 do T-5 niż skuteczność najślabszych modeli autorskich dedykowanych branży budowlanej. Podsumowując, mimo faktu, że przedstawione w niniejszym rozdziale autorskie modele nie osiągają wybitnych zdolności klasyfikacyjnych (w literaturze przedmiotu można spotkać się z modelami o skutecznościach przekraczających 95% dla okresu T-1), to po pierwsze charakteryzują się one wyższymi zdolnościami predykcyjnymi niż inne, uniwersalne polskie modele prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw, a po drugie wykazują one znacznie wyższe zdolności przewidywania upadłości w okresach na 3-5 lat przed upadłością – szczególnie w przypadku sztucznej sieci neuronowej. Warto również podkreślić, że skuteczność autorskich modeli, opartych na sztucznych sieciach neuronowych dla okresów od T-3 do T-5 zdecydowanie przekracza dokładność modeli zidentyfikowanych w ramach przeglądu literatury, a nie rzadko przekracza ona nawet skuteczność tych modeli dla okresu T-1. W związku z powyższym należy stwierdzić, że opracowywanie modeli prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw dla konkretnych branż ma głęboki sens i może znaleźć również praktyczne zastosowanie.

Warto również zauważyć, że opracowane na potrzeby niniejszej pracy modele są stosunkowo skomplikowane, pod względem liczby wykorzystywanych zmiennych, jak i wykorzystywanych metod. Sztuczne sieci neuronowe, które okazały się zdecydowanie najskuteczniejszym narzędziem są bowiem znacznie trudniejsze w użytkowaniu niż proste funkcje dyskryminacyjne, logitowe czy drzewa klasyfikacyjne. Względnie większe problemy aplikacyjne wynagradzane są jednak znacznym wzrostem trafności przewidywania złej kondycji finansowej podmiotów gospodarczych. Dodatkowo, wydaje się, że w przypadku chęci komercyjnego wykorzystania tego typu rozwiązań przez duże podmioty, jak np. banki, czy wywiadownie gospodarcze, dysponujące zasobami zarówno ludzkimi jak i technologicznymi wspomniane wyżej problemy są mniej istotne.

Kończącą część niniejszego rozdziału, a zarazem pracy, poświęcono problemowi łączenia klasyfikatorów oraz odpowiedzi na pytanie czy może ono skutecznie wzmocnić zdolności predykcyjne poszczególnych modeli. Procedurę łączenia poszczególnych klasyfikatorów w celu stworzenia modeli łączonych wykorzystano pięć odrębnych podejść metodologicznych<sup>298</sup>:

- głosowanie proste z uznaniem przedsiębiorstwa za „upadłe” w przypadku równej liczby głosów,
- głosowanie proste z uznaniem przedsiębiorstwa za „zdrowe” w przypadku równej liczby głosów,
- głosowanie proste bez sztucznych sieci neuronowych,
- głosowanie ważone,
- głosowanie ważone bez sztucznych sieci neuronowych.

Zdecydowano się na wyłączenie sztucznych sieci neuronowych w dwóch przypadkach ze względu na ich znacznie lepsze zdolności predykcyjne w stosunku do pozostałych metod. Głosowania proste zostały przeprowadzone z założeniem równoważności odpowiedzi jakie generowane są przez poszczególne metody. W związku z faktem, iż wykorzystywane są cztery różne klasyfikatory, pojawił się problem interpretacji wyniku w sytuacjach gdzie dwa klasyfikatory oznaczają przypadek jako „upadły”, zaś dwa pozostałe jako „zdrowy”. W związku

---

<sup>298</sup> Zastosowane w niniejszym rozdziale metody łączenia klasyfikatorów wykorzystują podejście tzw. głosowania większościowego z zastosowaniem autorskiego rozwiązywania remisów oraz ważenia głosów. Szczegółowo, metody łączenia klasyfikatorów na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością przedstawione zostały między innymi w pracy: B. Lach, *Metody łączenia i selekcji klasyfikatorów w prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw*, Przegląd Statystyczny, 64(2), 2017, s. 177-192.

z powyższym przetestowano dwa warianty: według pierwszego, w przypadku remisu dane przedsiębiorstwo oznaczane jest jako zagrożone upadłością, według drugiego zaś jako „zdrowe”.

Drugi zestaw zastosowanych metod łączenia klasyfikatorów uwzględnia zaś, sprawność poszczególnych metod prognozowania zagrożenia upadłością. Głosowi każdej z metod nadana została waga odpowiadająca dokładności ogólnej tej metody. Odpowiedź „upadły” zakodowana została jako 1, a „zdrowy” jako 0. Wynik głosowania wyliczany był zgodnie ze wzorem 4.1.

$$W = S_{AD} \times G_{AD} + S_{LOG} \times G_{LOG} + S_{DK} \times G_{DK} + S_{SSN} \times G_{SSN} \quad (4.1)$$

Gdzie:

W – wynik głosowania,

$S_M$  – Dokładność poszczególnych metod (kolejno: analiza dyskryminacyjna, logit, drzewo klasyfikacyjne, sztuczne sieci neuronowe),

$G_M$  – zmienna dychotomiczna, głos poszczególnych metod (0 – „zdrowy”, 1- „upadły”)

Jeżeli wartość W była wyższa niż połowa sumy dokładności czterech modeli przypadek klasyfikowany był jako „upadły”. Warto podkreślić, że zastosowane metody łączenia zostały osobno przygotowane dla każdego z pięciu okresów, ze względu na zmieniające się skuteczności w zależności od czasu przed faktyczną upadłością oraz, co najistotniejsze, ze względu na zwiększające się różnice w skuteczności między sztucznymi sieciami neuronowymi a pozostałymi klasyfikatorami. Istotną potrzebę budowy modeli wykorzystujących łączenie klasyfikatorów potwierdził fakt występowania w zbiorze danych przedsiębiorstw, dla których sieci neuronowe klasyfikowały przypadek błędnie a inne metody robiły to poprawnie. W tabeli 4.21 przedstawiona została skuteczność modeli łączonych dla okresu T-1.

**Tabela 4.21 Dokładność modeli łączonych dla okresu T-1**

	Dokładność ogólna	Dokładność U	Dokładność Z
Głosowanie proste wariant I	89,58%	90,28%	88,89%
Głosowanie proste wariant II	90,28%	86,11%	94,44%
Głosowanie proste bez SSN	89,58%	90,28%	88,89%
Głosowanie ważone	90,28%	88,89%	91,67%
Głosowanie ważone bez SSN	89,58%	87,50%	91,67%

Źródło: *Opracowanie własne*

Jak wynika z danych przedstawionych w powyższej tabeli sprawność większości modeli łączonych dla okresu T-1 wyniosła ponad 90%. Warty zwrócenia uwagi jest fakt, że łączenie trzech klasyfikatorów (bez sieci neuronowych) przyniosło wzrost skuteczności klasyfikacyjnej. W kolejnej tabeli zaprezentowano różnice między dokładnością modeli łączonych a indywidualnych (wartości ze znakiem minus oznaczają wyższą dokładność modeli indywidualnych).

**Tabela 4.22 Porównanie dokładności modeli łączonych i indywidualnych dla okresu T-1**

	Analiza dyskryminacyjna	LOGIT	Drzewo klasyfikacyjne	Sztuczna sieć neuronowa
Głosowanie proste wariant I	2,08%	3,47%	4,17%	-2,08%
Głosowanie proste wariant II	2,78%	4,17%	4,86%	-1,39%
Głosowanie proste bez SSN	2,08%	3,47%	4,17%	-2,08%
Głosowanie ważone	2,78%	4,17%	4,86%	-1,39%
Głosowanie ważone bez SSN	2,08%	3,47%	4,17%	-2,08%

Źródło: *Opracowanie własne*

Jak zostało to wykazane powyżej modele łączone okazały się sprawniejsze niż indywidualne modele dyskryminacyjne, logitowe oraz oparte na drzewach klasyfikacyjnych. Sztuczne sieci neuronowe wykazują się lepszą dokładnością niż każdy model wykorzystujący łączenie klasyfikatorów.. W tabeli 4.23 przedstawiona została dokładność modeli łączonych dla okresu T-2.

**Tabela 4.23 Dokładność modeli łączonych dla okresu T-2**

	Dokładność ogólna	Dokładność U	Dokładność Z
Głosowanie proste wariant I	78,57%	87,30%	69,84%
Głosowanie proste wariant II	76,98%	74,60%	79,37%
Głosowanie proste bez SSN	78,57%	87,30%	69,84%
Głosowanie ważone	81,75%	84,13%	79,37%
Głosowanie ważone bez SSN	73,81%	77,78%	69,84%

Źródło: *Opracowanie własne*

Poniżej zaprezentowano porównanie dokładności ogólnych modeli łączonych oraz indywidualnych.

**Tabela 4.24 Porównanie dokładności modeli łączonych i indywidualnych dla okresu T-2**

	Analiza dyskryminacyjna	LOGIT	Drzewo klasyfikacyjne	Sztuczna sieć neuronowa
Głosowanie proste wariant I	3,97%	9,52%	2,38%	-7,94%
Głosowanie proste wariant II	2,38%	7,94%	0,79%	-9,52%
Głosowanie proste bez SSN	3,97%	9,52%	2,38%	-7,94%
Głosowanie ważone	7,14%	12,70%	5,56%	-4,76%
Głosowanie ważone bez SSN	-0,79%	4,76%	-2,38%	-12,70%

Źródło: Opracowanie własne

W przypadku okresu T-2 żaden z modeli łączonych nie wykazał się wyższą skutecznością niż opracowana sztuczna sieć neuronowa. Model łączony bez sztucznych sieci neuronowych

z głosowaniem ważonym okazał się również gorszy od indywidualnego modelu drzewa klasyfikacyjnego. Kolejno przeprowadzono procedurę łączenia klasyfikatorów dla okresu T-3. Dokładność modeli łączonych dla tego okresu przedstawia tabela 4.25.

**Tabela 4.25 Dokładność modeli łączonych dla okresu T-3**

	Dokładność ogólna	Dokładność U	Dokładność Z
Głosowanie proste wariant I	77,68%	80,36%	75,00%
Głosowanie proste wariant II	79,46%	69,64%	89,29%
Głosowanie proste bez SSN	77,68%	80,36%	75,00%
Głosowanie ważone	83,93%	78,57%	89,29%
Głosowanie ważone bez SSN	73,21%	71,43%	75,00%

Źródło: Opracowanie własne

Dla okresu T-3 ponownie najskuteczniejszym modelem łączonym okazał się model wykorzystujący wszystkie cztery klasyfikatory oraz głosowanie ważone. Warto zwrócić uwagę, że jest to dokładność bardzo wysoka – ponad 83%. W tabeli 4.26 zaprezentowane zostało porównanie skuteczności ogólnych modeli łączonych i indywidualnych w okresie T-3.

**Tabela 4.26 Porównanie dokładności modeli łączonych i indywidualnych dla okresu T-3**

	Analiza dyskryminacyjna	LOGIT	Drzewo klasyfikacyjne	Sztuczna sieć neuronowa
Głosowanie proste wariant I	5,36%	7,14%	-1,79%	-10,71%
Głosowanie proste wariant II	7,14%	8,93%	0,00%	-8,93%
Głosowanie proste bez SSN	5,36%	7,14%	-1,79%	-10,71%
Głosowanie ważone	11,61%	13,39%	4,46%	-4,46%
Głosowanie ważone bez SSN	0,89%	2,68%	-6,25%	-15,18%

Źródło: Opracowanie własne

W okresie T-3 łączone modele po raz kolejny okazały się mniej skuteczne niż sztuczne sieci neuronowe, i w trzech z pięciu przypadków gorsze również od drzew klasyfikacyjnych. W przypadku okresu T-3 widać również bardzo wysoki wzrost przewagi modelu łączonego nad modelem dyskryminacyjnym, logitowym i drzewem klasyfikacyjnym. Łączenie trzech klasyfikatorów (bez sieci neuronowych), z wykorzystaniem głosowania ważonego pozwoliło na uzyskanie wyższej skuteczności niż modeli indywidualnych.

**Tabela 4.27 Dokładność modeli łączonych dla okresu T-4**

	Dokładność ogólna	Dokładność U	Dokładność Z
Głosowanie proste wariant I	74,53%	84,91%	64,15%
Głosowanie proste wariant II	72,64%	71,70%	73,58%
Głosowanie proste bez SSN	74,53%	84,91%	64,15%
Głosowanie ważne	75,47%	79,25%	71,70%
Głosowanie ważne bez SSN	71,70%	77,36%	66,04%

Źródło: *Opracowanie własne*

Poniżej przedstawiono różnice w dokładności ogólnej między modelami łączonymi a indywidualnymi.

**Tabela 4.28 Porównanie dokładności modeli łączonych i indywidualnych dla okresu T-4**

	Analiza dyskryminacyjna	LOGIT	Drzewo klasyfikacyjne	Sztuczna sieć neuronowa
Głosowanie proste wariant I	0,94%	4,72%	7,55%	-7,55%
Głosowanie proste wariant II	-0,94%	2,83%	5,66%	-9,43%
Głosowanie proste bez SSN	0,94%	4,72%	7,55%	-7,55%
Głosowanie ważne	1,89%	5,66%	8,49%	-6,60%
Głosowanie ważne bez SSN	-1,89%	1,89%	4,72%	-10,38%

Źródło: *Opracowanie własne*

Dla okresu T-4 modele łączone wykazały się niższą skutecznością niż model sztucznych sieci neuronowych. Różnica w tym wypadku wyniosła aż od 6,60 do 9,43 punktu procentowego. Głosowanie ważne bez sieci neuronowych pozwoliło uzyskać wyższą skuteczność niż indywidualne modele logitowe i Drzewa klasyfikacyjne oraz podobną jak w przypadku analizy dyskryminacyjnej. Na koniec przeprowadzono również łączenie klasyfikatorów dla okresu T-5. Skuteczność modeli łączonych dla tego okresu przedstawiona została w tabeli 4.29.

**Tabela 4.29 Dokładność modeli łączonych dla okresu T-5**

	Dokładność ogólna	Dokładność U	Dokładność Z
Głosowanie proste wariant I	68,37%	85,71%	51,02%
Głosowanie proste wariant II	70,41%	65,31%	75,51%
Głosowanie proste bez SSN	68,37%	85,71%	51,02%
Głosowanie ważone	79,59%	85,71%	73,47%
Głosowanie ważone bez SSN	59,18%	65,31%	53,06%

Źródło: *Opracowanie własne*

W przypadku okresów T-4 oraz T-5 szczególnie widoczna jest różnica dokładności klasyfikacyjnej między sztucznymi sieciami neuronowymi a pozostałymi metodami. Wyraźna jest przewaga zdolności klasyfikacyjnych modeli łączonych, w których wykorzystywane były wagi (wyższe dla SSN), nad modelami indywidualnymi, która niejednokrotnie sięgała kilkunastu procent.

**Tabela 4.30 Porównanie skuteczności modeli łączonych i indywidualnych dla okresu T-5**

	Analiza dyskryminacyjna	LOGIT	Drzewo klasyfikacyjne	Sztuczna sieć neuronowa
Głosowanie proste wariant I	4,08%	11,22%	2,04%	-19,39%
Głosowanie proste wariant II	6,12%	13,27%	4,08%	-17,35%
Głosowanie proste bez SSN	4,08%	11,22%	2,04%	-19,39%
Głosowanie ważone	15,31%	22,45%	13,27%	-8,16%
Głosowanie ważone bez SSN	-5,10%	2,04%	-7,14%	-28,57%

Źródło: *Opracowanie własne*

Przedstawione w niniejszym rozdziale analizy dotyczące możliwości łączenia klasyfikatorów przyniosły niejednoznaczne wnioski. Po pierwsze, żaden z opracowanych modeli łączonych nie był w stanie osiągnąć dokładności klasyfikacyjnej na poziomie modeli opartych na sztucznych sieciach neuronowych. W naturalny więc sposób modele łączone wykorzystujące cztery klasyfikatory, przeważały pod względem zdolności klasyfikacyjnych modele dyskryminacyjne, logitowe i drzewa klasyfikacyjne. Ciekawe i szczególnie istotne wnioski płyną natomiast z badań nad łączeniem klasyfikatorów w oderwaniu od modeli sztucznych sieci neuronowych. W większości bowiem przypadków połączenie trzech klasyfikatorów pozwalało na uzyskanie znacznie lepszych rezultatów.

W świetle przedstawionych w tym rozdziale wyników badań, stwierdzić należy, że sztuczne sieci neuronowe pozwalają na budowę najskuteczniejszych modeli prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw. Różnice w stosunku do innych metod są szczególnie wyraźne w przypadku dłuższych niż jeden rok okresów poprzedzających wystąpienie upadłości. Łączenie klasyfikatorów na potrzeby identyfikacji przedsiębiorstw zagrożonych

upadłością może wspomóc proces klasyfikacji przedsiębiorstw, lecz nie w każdym przypadku musi tak być. Zastosowanie tego rozwiązania z pewnością dostarcza jednak podmiotom wykorzystującym te techniki kolejnej informacji, która może wspomóc proces podejmowania decyzji w praktyce gospodarczej.

#### **4.7 Rekomendacje dotyczące budowy modeli prognozowania zagrożenia upadłością i ich implementacji**

Ostatnia część niniejszego rozdziału poświęcona została analizie procesu budowy modelu prognozowania zagrożenia upadłością ze szczególnym uwzględnieniem problemów i wyzwań stojących zarówno przed badaczami konstruującymi dany model, jak również potencjalnymi użytkownikami. Jak zostało to omówione w rozdziale drugim, pierwszym etapem budowy modelu służącego identyfikacji przedsiębiorstw zagrożonych upadłością jest określenie celu budowy modelu. Określenie tego celu jest szczególnie istotne i determinuje podejście badawcze na kolejnych etapach konstruowania konkretnych modeli. Warto pamiętać, że klasyfikacja jest jedną z podstawowych aktywności umysłowych człowieka i towarzyszy mu od samego początku. W związku z tym metody taksonomiczne są szczególnie istotnym elementem instrumentarium poznawczego ludzkości. Naukowcy w naturalny sposób zainteresowani są zgłębianiem wiedzy o rzeczywistości (w tym wypadku gospodarczej), a modelowe rozwiązania pozwalające na klasyfikacje przedsiębiorstw pozwalają lepiej poznać proces upadłościowy dotykający każdej gospodarki. Wobec tego, sama ciekawość naukowa i chęć ulepszenia narzędzi pozwalających na grupowanie przedsiębiorstw na „zdrowe” i zagrożone upadłością może być celem samym w sobie. Nie można jednak zapominać, że problem upadłości przedsiębiorstw niesie za sobą szereg konsekwencji, które są szczególnie odczuwalne w praktyce gospodarczej. Z pewnością więc, celem budowy modeli prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw może być również wzrost efektywności gospodarczej poszczególnych podmiotów, poprzez możliwość lepszego lokowania kapitału, działalności pożyczkowej czy identyfikacji rzetelności potencjalnych kontrahentów.

Punktem wyjścia w procesie budowy modelu prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw jest określenie definicji przedsiębiorstwa klasyfikowanego do grupy przedsiębiorstw „upadłych”. Przyjmowane powszechnie, również w niniejszej pracy, kryterium odpowiadające sądowemu ogłoszeniu upadłości jest problematyczne. Z jednej



strony istnieją przecież przedsiębiorstwa w bardzo złej kondycji, które można by określić mianem bankrutów, a wobec których nie ogłoszono upadłości np. w skutek oddalenia wniosku upadłościowego, czy wręcz jego niezłożenia. Z drugiej zaś, istnieje problem upadłości zawinionych i celowych. Powyższe problemy powodują, że każde kryterium definiowania przedsiębiorstwa jako „upadłe” jest w pewnym sensie dotknięte niedoskonałością, która w późniejszych etapach wpływa zarówno na wypaczenie wartości wskaźników dla grup podmiotów zdrowych i zagrożonych, co z kolei przekłada się na ostateczne zdolności klasyfikacyjne modeli. Rozwiązanie powyższego problemu mogłoby być uzupełnienie metodyki wyboru przedsiębiorstw do obu grup o dodatkową ocenę podmiotów przez doświadczonego badacza bądź grupy ekspertów. W oczywisty sposób skomplikowałoby to i wydłużyło cały proces budowy modelu.

Kolejną bardzo istotną kwestią jest dobór materiału statystycznego do badania. Proces pozyskiwania i obróbki danych pozwalających na efektywne konstruowanie modeli jest niezwykle kłopotliwy i czasochłonny. Po pierwsze, zbudowanie skutecznego modelu wymaga uzyskania odpowiednio dużej liczby danych – informacji pochodzących ze sprawozdań finansowych. W Polsce pomimo informatyzacji Krajowego Rejestru Sądowego, w którym obecnie znajdują się już kompletne sprawozdania finansowe w formacie elektronicznym, nie istnieje możliwość sprawnego pozyskania dużej ilości danych finansowych. Wprowadzenie rozwiązań, które pozwoliłyby na szybki dostęp do filtrowania, sortowania i przeglądania interesujących badacza danych, wpłynęłyby z pewnością na rozwój badań ilościowych w zakresie ekonomii i zarządzania. Dane udostępniane przez wywiadownie gospodarcze często bywają niekompletne i są stosunkowo kosztowne. Należy pamiętać, że zbiór podmiotów gospodarczych musi być nie tylko na tyle duży, aby umożliwić oszacowanie modelu, ale również jego przetestowanie na próbie testowej. Uzyskanie odpowiedniej ilości danych finansowych pozwala na opracowanie większego zestawu wskaźników, z pośród których należy następnie wybrać te, które w najlepszy sposób będą charakteryzowały próbę badawczą. Dobór odpowiedniego instrumentarium wskaźników analizy ekonomiczno-finansowej jest kluczowy dla ostatecznej dokładności klasyfikacyjnej modelu. Budowa modelu powinna być więc poprzedzona analizą przedsiębiorstw z próby badawczej w celu określenia wskaźników, które w najlepszy sposób będą dyskryminować dwie grupy podmiotów. Na szczęście, z pomocą przychodzą tutaj badaczom metody statystyczne, takie jak analiza głównych składowych czy analiza wariancji pozwalające na identyfikację takich wskaźników.

Warto pamiętać, że zależności między pozycjami sprawozdania finansowego, odzwierciedlane właśnie przez wskaźniki ekonomiczno-finansowe, mogą się znacznie różnić w zależności od branży. W związku z tym opracowywanie odrębnych modeli prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw dla poszczególnych branż ma głęboki sens. Potwierdzają to również wyniki badania przedstawionego w tym rozdziale i przewaga dokładności modeli branżowych nad uniwersalnymi.

Do dyspozycji badaczy analityków jest obecnie cały szereg różnych metod klasyfikacyjnych. Wciąż z powodzeniem wykorzystywane mogą być metody klasyczne, które zapoczątkowały wręcz ten nurt badań naukowych, takie jak analiza dyskryminacyjna czy modelowanie logit. Dobór odpowiedniej metody powinien być uwarunkowany przede wszystkim celem badania i możliwościami końcowego użytkownika modelu. Metody analizy dyskryminacyjnej, logit czy drzewa klasyfikacyjne są stosunkowo proste w implementacji, a ich przejrzystość sprzyja ich użytkowaniu w praktyce gospodarczej. Bardziej skomplikowane metody jak sztuczne sieci neuronowe mogą być pozbawione tych atutów. Warto jednak podkreślić, że przeprowadzone badanie wykazało istotną przewagę w zdolnościach klasyfikacyjnych sztucznych sieci neuronowych nad pozostałymi metodami. Prezentowane w tym rozdziale badanie miało na celu skonstruowanie jak najdokładniejszego modelu, który w możliwie najlepszy sposób oddawałby charakterystykę branży budowlanej. Niemniej, w przypadku konstrukcji modelu na potrzeby użytkownika ceniącego sobie względną prostotę i przystępność modelu warto rozważyć łączenie klasyfikatorów klasycznych, które również przyniosło zadowalające efekty.

Jak zostało wskazane w rozdziale drugim wiele z modeli publikowanych na łamach czasopism naukowych nie było w ogóle testowanych na przypadkach spoza próby uczącej. Wykorzystanie próby testowej wydaje się być jedynym adekwatnym sposobem na określenie rzeczywistej dokładności modelu. Jak wynika z przeprowadzonego w tym rozdziale badania, skuteczność modelu na próbie testowej może być od kilku do kilkunastu procent niższa niż na próbie uczącej, a to właśnie ona przecież jest w stanie przekazać informację jak model poradziłby sobie w zastosowaniach rynkowych. W związku z powyższym wszystkie opracowane w tej rozprawie modele zostały przetestowane na grupie przedsiębiorstw spoza próby uczącej.

Ostateczną weryfikacją zdolności klasyfikacyjnych modelu jest jego porównanie z innymi opublikowanymi wcześniej modelami. Modele zaprezentowane w tym rozdziale

zostały porównane z innymi polskimi modelami uniwersalnymi modelami prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw i wykazały się wyższą skutecznością, zwłaszcza w okresach od T-3 do T-5. Warto jednak pamiętać, że porównanie zdolności klasyfikacyjnych autorskiego modelu z innymi może czasem przysparzać pewnych trudności. Po pierwsze, problem brakujących elementów sprawozdań finansowych może całkowicie uniemożliwić wykorzystanie danego modelu. Po drugie, mogą istnieć przeszkody w ocenie zdolności klasyfikacyjnych modeli zagranicznych ze względu na różnice w przyjętych systemach i zasadach rachunkowości.

Podsumowując, zrealizowane badania ukazały istotne problemy stojące przed badaczami zajmującymi się problematyką prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw. Najważniejszymi wnioskami płynącymi z przeprowadzonych analiz jest uwidoczniona potrzeba szacowania modeli branżowych, rzetelnego testowania ich na próbie podmiotów spoza próby badawczej, metodycznego doboru wskaźników analizy ekonomiczno-finansowej oraz doboru adekwatnych do celu budowy modelu metod klasyfikacyjnych. Dalsza informatyzacja gospodarki, łatwiejszy wgląd do danych finansowych przedsiębiorstw oraz coraz dokładniejsze i coraz bardziej dostępne wyrefinowane metody statystyczne z pewnością pozwolą na opracowywanie w przyszłości skuteczniejszych narzędzi oceny kondycji finansowej przedsiębiorstw.

## Zakończenie

Fluktuacje występujące w otoczeniu człowieka, dotyczą również jego aktywności gospodarczej oraz podmiotów życia gospodarczego, jakimi są przedsiębiorstwa. W związku z ciągle zmieniającym się otoczeniem i warunkami rynkowymi, podmioty gospodarcze muszą nieustannie podejmować działania pozwalające im się dalej rozwijać czy chociażby utrzymać się na rynku. Zjawiska te nasilają się, a przez to są coraz bardziej widoczne w obliczu wydarzeń ostatnich lat, takich jak światowa pandemia wirusa COVID-19. Problematyka ta od dawna jest bliska autorom poruszającym się w ramach dyscypliny nauki o zarządzaniu i jakości. Efektem tego jest szeroki zasób teorii cykli życia przedsiębiorstw. Pomimo odrębnych podejść do zagadnienia cykliczności w funkcjonowaniu przedsiębiorstw na uwagę zasługuje fakt, że niemal wszyscy autorzy dostrzegają pewnie niezmiennie etapy w czasie działania podmiotów gospodarczych, aż od ich założenia do zakończenia działalności. Szczególną uwagę zwraca się na konieczność dostosowywania się przedsiębiorstw nie tylko do zmian dotyczących je z zewnątrz ale również z wewnątrz organizacji. Naturalnie, większość podmiotów posiada zdolność reagowania do dotykające je bodźce wewnętrzne i zewnętrzne, ale wśród niektórych efektem niedostosowania jest rozwijająca się sytuacja kryzysowa, która rozprzestrzenia się po kolejnych obszarach przedsiębiorstwa. Bagatelizowanie sygnałów ostrzegawczych i brak odpowiednich działań naprawczych prowadzi do powstania stanu kryzysu właściwego, który jest według L. Greinera kluczowym punktem cyklu życia organizacji. Podmioty niedostoswane, nie będące w stanie podjąć działań restrukturyzacyjnych dotykane są niewypłacalnością prowadzącą do bankructwa i upadłości. Pierwszy rozdział niniejszej dysertacji poświęcony został szerokiemu przedstawieniu teorii cykli życia przedsiębiorstw, wyjaśnieniu pojęć sytuacji kryzysowej, kryzysu, niewypłacalności i upadłości bez pominięcia jej prawnych implikacji.

W związku z powszechnością występowania zjawiska upadłości przedsiębiorstw, istnieje szereg podmiotów zainteresowanych oceną stanu ich kondycji finansowej. Do podmiotów tych należą nie tylko dostarczyciele kapitału obcego, jak banki, ale również szereg innych interesariuszy, takich jak kontrahenci, inwestorzy czy audytorzy i wywiadownie gospodarcze. Potrzeba oceny kondycji finansowej i szans na przetrwanie podmiotów gospodarczych spowodowała dynamiczny rozwój nurtu badawczego związanego z prognozowaniem zagrożenia upadłością przedsiębiorstw. Prekursorskie podejście E.I Altmana, który jako pierwszy w celu przewidywania szans na upadłość przedsiębiorstw

wykorzystał wielowymiarową analizę dyskryminacyjną, zainspirowało kolejnych autorów do opracowywania swoich modeli. W drugim rozdziale niniejszej pracy przedstawiona została kwestia pomiaru płynności finansowej, która jest jednym z podstawowych barometrów kondycji finansowej przedsiębiorstw. Ponadto, zaprezentowano szeroki przegląd literatury polskiej i światowej w zakresie modelowania zagrożenia upadłością. Autor ma świadomość, że zaprezentowane w rozdziale drugim modele klasyfikacyjne są jedynie ułamkiem światowego dorobku w tej materii, niemniej jest to jedno z najszerszych opracowań tego typu w polskiej literaturze przedmiotu. Dodatkowo zebrany zbiór modeli pozwolił na selekcję wskaźników analizy ekonomiczno-finansowej, które są najczęściej wykorzystywane na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością.

Wspomniana praca E.I Altmana stworzyła podwaliny do niewątpliwego rozwoju w wykorzystaniu zaawansowanych metod ilościowych na potrzeby oceny kondycji finansowej przedsiębiorstw. Rozdział trzeci poświęcony został zaprezentowaniu czterech odrębnych, wielowymiarowych, statystycznych metod klasyfikacyjnych. W opracowaniu nie mogło zabraknąć analizy dyskryminacyjnej, która do dziś jest powszechnie wykorzystywana, ze względu na swoją dokładność i przystępność implementacyjną. Oprócz analizy dyskryminacyjnej przedstawione zostały szczegóły dotyczące dwóch rodzajów modeli probabilistycznych czyli modeli logitowych i probitowych, które również często są wykorzystywane do klasyfikacji przedsiębiorstw oraz drzew klasyfikacyjnych jako nieparametrycznej metody klasyfikacji obiektów. Rozdział trzeci zamyka opis najczęściej stosowanych rodzajów sztucznych sieci neuronowych ze szczególnym uwzględnieniem perceptronu wielowarstwowego jako sieci najczęściej wykorzystywanej przy problematyce prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw.

Jak zostało wskazane we wstępie niniejszej dysertacji, celem głównym pracy było opracowanie modelu prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw dedykowanego polskiej branży budowlanej. Cel ten udało się osiągnąć, czego dowodem są przedstawione w rozdziale czwartym wyniki badań empirycznych. Badanie nie ograniczało się do opracowania jednego modelu, ale oszacowane zostały odrębne modele dla każdej z czterech wykorzystywanych metod i dla każdego z pięciu okresów przed wystąpieniem upadłości. Realizacja celu głównego nie byłaby możliwa bez spełnienia celów szczegółowych:

- 1) Określenia najczęściej wykorzystywanych w literaturze przedmiotu wskaźników finansowych na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw;
- 2) Identyfikacji wskaźników analizy finansowych, które pozwalają osiągnąć najwyższą sprawność dla branży budowlanej;
- 3) Oszacowania modeli wykorzystujących różne metody klasyfikacyjne oraz modelu łączącego klasyfikatory;
- 4) Weryfikacji skuteczności poszczególnych metod klasyfikacyjnych oraz modelu wykorzystującego łączenie klasyfikatorów.

Pierwszy cel szczegółowy zrealizowany został poprzez szeroki przegląd literatury zaprezentowany w rozdziale drugim. Analiza zmiennych występujących w ponad stu modelach opracowanych na całym świecie i dla różnych rodzajów przedsiębiorstw, działających na odmiennych rynkach pozwoliła na zidentyfikowanie najczęściej wykorzystywanych na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością wskaźników analizy ekonomiczno-finansowej.

Drugi cel szczegółowy został spełniony dzięki wykorzystaniu statystycznych metod pozwalających na ograniczenie zestawu zmiennych egzogenicznych. Wspólne zastosowanie analizy głównych składowych, analizy wariancji i macierzy korelacji między zmiennymi pozwoliło na wyodrębnienie z początkowego zestawu zmiennych, tylko tych, które po pierwsze pozwoliły na poprawne wykorzystanie wszystkich czterech metod klasyfikacyjnych, a po drugie zapewniły najlepszą możliwie moc dyskryminacyjną modeli.

Trzeci cel szczegółowy został zrealizowany poprzez opracowanie modeli wykorzystujących odrębne metody klasyfikacyjne. Ponadto, zbudowane zostały dodatkowe modele – modele łączone – oparte na użyciu kilku klasyfikatorów jednocześnie. Wykorzystano tutaj kilka metod łączenia klasyfikatorów opartych na algorytmach głosowania, które szczegółowo opisane zostały w rozdziale czwartym.

Czwarty cel szczegółowy spełniony został poprzez weryfikację dokładności klasyfikacyjnej wszystkich modeli na kilku płaszczyznach. Po pierwsze, sprawdzono jak modele radzą sobie z grupowaniem przedsiębiorstw, zarówno tych z próby uczącej, jak i na próbie zewnętrznej – testowej. Każdy model został szczegółowo opisany pod kątem jego skuteczności na grupie podmiotów „zdrowych” oraz „upadłych”. Dokonano również porównania autorskich modeli w przestrzeni, porównując ich dokładność do modeli dyskryminacyjnych innych polskich autorów. Co więcej, skuteczność modeli łączonych porównana została do skuteczności modeli indywidualnych, co pozwoliło na ocenę zaproponowanych rozwiązań.

We wstępie niniejszej dysertacji postawiono następujące hipotezy badawcze:

**Hipoteza badawcza 1:** *Sektorowe modele prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw osiągają wyższą dokładność niż modele uniwersalne;*

**Hipoteza badawcza 2:** *Nowoczesne, bardziej złożone metody klasyfikacyjne, jak sztuczne sieci neuronowe, osiągają wyższe skuteczności niż modele oparte na metodach klasycznych – analizie dyskryminacyjnej, regresji logistycznej i drzewach klasyfikacyjnych;*

**Hipoteza badawcza 3:** *Łączenie klasyfikatorów na potrzeby prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw pozwala na osiągnięcie wyższej dokładności klasyfikacji.*

Autorskie, sektorowe modele osiągnęły skuteczność zdecydowanie wyższą, niż polskie modele uniwersalne. Warto podkreślić, że dokładność klasyfikacji najślabszych modeli autorskich u była wyższa niż najskuteczniejszych modeli uniwersalnych i to w przypadku każdego z pięciu okresów.

Modele wykorzystujące sztuczne sieci neuronowe okazały się zdecydowanie najskuteczniejsze. Warto jednak zaznaczyć, że różnice były szczególnie widoczne w przypadku sztucznych sieci neuronowych wykorzystujących szeroki zestaw wskaźników. Jest to o tyle ważne, że mocno ogranicza to, przystępność implementacyjną tych modeli. Niemniej, można stwierdzić, że nowoczesne, złożone metody klasyfikacyjne pozwalają na osiągnięcie wyższej dokładności niż modele opracowane z wykorzystaniem metod klasycznych.

Łączenie klasyfikatorów przyniosło niejednoznaczne efekty. Żaden z modeli łączonych, bez względu na okres, nie był w stanie osiągnąć wyższej dokładności niż modele sztucznych sieci neuronowych. Niemniej, w przypadku niektórych algorytmów sumowania klasyfikatorów, dla niektórych okresów zauważono poprawę dokładności klasyfikacyjnej w stosunku do modeli indywidualnych.

Realizacja powyższych celów badawczych oraz weryfikacja przedstawionych hipotez niewątpliwie przyczyniła się do uzupełnienia luk badawczych wskazanych we wstępie niniejszej pracy. Mimo to problematyka prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw wciąż pozwala na dalszą eksplorację tego obszaru badawczego. Przede wszystkim, wciąż stosunkowo niewiele istnieje modeli dedykowanym poszczególnym branżom, zwłaszcza w Polsce. Wyniki przeprowadzonego badania jasno wskazują, że istnieje głęboki sens w opracowywaniu klasyfikatorów sektorowych. Niewątpliwie ciekawym kierunkiem badań może być również zastosowanie innych, nowocześniejszych i być może bardziej dokładnych metod klasyfikacyjnych, takich jak modele wektorów nośnych czy logika

rozmyta. Kolejnym zagadnieniem, które warte nierozzerwalnie wiąże się z problematyką modelowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw jest kwestia potrzeby zwiększania dokładności modeli. Oczywiście zauważalne jest tutaj typowo naukowe podążanie do doskonałości poznawczej, która wyrażać by się mogła w modelach posiadających stuprocentową zdolność klasyfikacji przedsiębiorstw. Z drugiej jednak strony metody wykorzystane w niniejszej pracy, również pozwalają na osiągnięcie zadowalających wyników, a są stosunkowo proste w użyciu. W związku z powyższym, w praktyce gospodarczej bardziej ceniony może być walor prostoty implementacyjnej kosztem skuteczności klasyfikacji. Przedstawione powyżej potencjalne kierunki rozwoju nurtu badawczego jakim jest modelowanie zagrożenia upadłością, z pewnością przyczynią się do lepszego zrozumienia problematyki funkcjonowania, cykli życia i upadłości przedsiębiorstw.



## Bibliografia

1. Aczel D.A., *Statystyka w zarządzaniu*, PWN, Warszawa, 2000.
2. Adizes I., *Organizational passages—Diagnosing and treating lifecycle problems of organizations*, *Organizational Dynamics*. 8 (1), 1979.
3. Afoudi Y., Lazaar M., Al Achhab M., *Hybrid recommendation system combined content-based filtering and collaborative prediction using artificial neural network*, *Simulation Modelling Practice and Theory*, Volume 113, 2021.
4. Altman E.I., Haldeman R.G., Narayanan P., *ZETA analysis: A new model to identify bankruptcy risk of corporations*, *Journal of Banking and Finance*, Vol. 1, nr. 1, 1977.
5. Altman E.I., Eom Y.H., Kim D.W., *Failure prediction: Evidence from Korea*, *Journal of International Financial Management and Accounting*, Vol. 6, nr. 3 1995.
6. Altman E.I., *Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy*, *The Journal of Finance*, Vol. 23, nr. 4, Wrzesień 1968.
7. Altman E.I., Hotchkiss E., *Trudności finansowe a upadłość firm: Jak przewidzieć upadłość i jej uniknąć, jak analizować i inwestować w zadłużenie firm zagrożonych*, Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa 2007.
8. Antonowicz P., *Bankructwa i upadłości przedsiębiorstw. Teoria - praktyka gospodarcza – studia regionalne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 2015.
9. Antonowicz P., *Zagrożenia analizy dyskryminacyjnej w konstruowaniu nowych wielowymiarowych modeli klasyfikacyjnych w celu prognozowania upadłości przedsiębiorstw*, w: *Upadłości, bankructwa i naprawa przedsiębiorstw. Wybrane zagadnienia.*, pod red. A. Adamska, E. Mączyńska, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa, 2013.
10. Antonowicz, P. *Metody oceny i prognoza kondycji ekonomiczno-finansowej przedsiębiorstw*, ODDK, Gdańsk, 2007.
11. Appenzeller D., Szarzec K., *Prognozowanie zagrożenia upadłością polskich spółek publicznych*, *Rynek Terminowy*, nr 1/2004.
12. Ashford N., M. Benchemam, *Passengers' choice of airport: an application of the multinomial logit model*, Loughborough University of Technology Department of Transport Technology, 1987.
13. Aziz A., Emanuel D.C., Lawson G.H., *Bankruptcy prediction – An investigation of cash flow based models*, *Journal of Management Studies*, Vol. 25, nr 5, 1988.
14. Aziz M., Dar H., *Predicting corporate bankruptcy – where we stand?*, *Corporate Governance Journal*, 2006, vol. 6, nr 1.
15. Back B., Laitinen T., Sere K., *Neural networks and genetic algorithms for bankruptcy predictions*, *Expert Systems with Applications*, 11(4), 1996.
16. Bala A., Asha R. Sanjeev K., *An Illumination Insensitive Normalization Approach to Face Recognition Using Locality Sensitive Discriminant Analysis*, *Traitement du Signal* 37.3, 2020.
17. Balicki A., *Statystyczna analiza wielowymiarowe i jej zastosowania społeczno-ekonomiczne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2013.
18. Bank danych lokalnych, Główny Urząd Statystyczny.

19. Barniv R., Agarwal A., Leach R., *Predicting the outcome following bankruptcy filing: A three-state classification using neural networks*, Intelligent Syst. in Accounting, Finance, and Manag., vol. 6, 1997.
20. Beaver W. H., *Financial Ratios As Predictors of Failure*, Journal of accounting research, 1966.
21. Bednarski L., *Analiza finansowa w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa, 1999.
22. Bednarski L., *Symptomy i metody oceny zagrożeń sytuacji finansowej przedsiębiorstwa*, Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Administracji i Biznesu w Gdyni, Nr 2. Gdynia 1998.
23. Bednarski L., Waśniewski T., *Analiza finansowa w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, FRR w Polsce, tom I, Warszawa 1996.
24. Begg D., *Makroekonomia*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1992.
25. Bellovary J., Giacominio D., Akers M., *A Review of Bankruptcy Prediction Studies: 1930 to Present*, Journal of Financial Education, Vol. 33, Zima.
26. Betts J., Belhoul D., *The effectiveness of incorporating stability measures in company failure models*, Journal of Business Finance and Accounting, Vol. 14, nr. 3, 1987.
27. Bień W., *Zarządzanie finansami przedsiębiorstwa*, Difin, Warszawa, 1996.
28. Bilderbeek J., *An empirical study of the predictive ability of financial ratios in the Netherlands*, Zeitschrift Für Betriebswirtschaft, Maj 1979..
29. Birgham E.F, Gapenski L.C, *Zarządzanie finansami*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2000.
30. Bishop C.M, *Neural networks for pattern recognition*, Oxford university press, 1995.
31. Blum M., *Failing company discriminant analysis*, Journal of Accounting Research, Vol. 12, nr 1, 1974.
32. Bochenek M., *Rozważania historyczno-semantyczne na temat kryzysów ekonomicznych*, Acta Universitatis Nicolai Copernici. Ekonomia, 2012, t. 43, nr 2.
33. Boritz J. E., Kennedy D. B., Sun J. Y., *Predicting Business Failures in Canada*. Accounting Perspectives, 2007.
34. Boritz J., Kennedy D., *Effectiveness of neural network types for prediction of business failure*, Expert Syst. Appl., vol. 9, 1995.
35. Breiman L., Friedman J.H, Olshen R.A, Stone C.J, *Classification and regression trees*, Routledge, 1984.
36. Breiman L., *Random forests*, Machine learning, 45(1), 2001.
37. Brockett P., Cooper W., Golden L., Pitaktong U., *A neural network model for obtaining an early warning for insurance insolvency*, J. Riskand Insurance, vol. 61, 1994.
38. *Budowlany tor przeszkód*, Informacja prasowa Krajowego Rejestru Długów, 15.09.2021 <https://krd.pl/centrum-prasowe/informacje-prasowe/2021/budowlany-tor-przeszkod>.
39. Chandler A.D, *Strategy and Structure*, MIT Press: Cambridge, MA, 1962.
40. Charitou A., Trigeorgis L., *Option-based bankruptcy prediction*, Paper presented at 6th Annual Real Options Conference, Paphos, Cypr, Czerwiec 2002.
41. Chesser D. L., *Predicting loan noncompliance*, The Journal of Commercial Bank Lending 56, 1974.
42. Churchil N., Lewis V., *The five stages of small business growth*. Harvard Business Review, 61(3), 1983.

43. Cramer J. S., *The origins and development of the logit model*, Logit models from economics and other fields, 2003.
44. Czekaj J., Dresler Z., *Zarządzanie finansami przedsiębiorstw. Podstawy teorii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
45. Cwiąkała - Małys A., Nowak W., *Analiza sytuacji finansowej przedsiębiorstwa w gospodarce rynkowej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 2001.
46. Dambolena I. , Khoury S., *Ratio stability and corporate failure*, Journal of Finance, Vol. 33, nr. 4, 1980.
47. Deakin E., *A discriminant analysis of predictors of business failure*, Journal of Accounting Research, Vol. 10, nr. 1, Wiosna 1972.
48. Declerc M., Hein B. s, Wymeersch Ch. Van, *The use of value added ratios in statistical failure prediction models: Some evidence on Belgian annual accounts*. Annual Congress of the European Accounting Association, Kwiecień 1991.
49. Demski T., *Od pojedynczych drzew do lasu losowego*, Statsoft Polska, 2011..
50. Dimitras A.I., Slowinski R., Susamaga R., Zopounidis C., *Business Failure Prediction Using Rough Sets*, European Journal of Operational Research, nr 114, 1999.
51. *Dług Trendy*, Raport Biura Informacji Kredytowej, <https://media.big.pl/dlug-trendy>.
52. Dobija M., *Rachunkowość zarządcza i controlling*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
53. Dobosz M., *Wspomagana komputerowo statystyczna analiza wyników badań*, AOW EXIT, Warszawa, 2004.
54. Downs A., *The life cycle of bureaus, Inside bureaucracy*, San Francisco: Little, Brown and Company, 1967.
55. Durica M., Frnda J., Svabova L., *Decision tree based model of business failure prediction for Polish companies*, Oeconomia Copernicana 10.3, 2019.
56. Durica M., Podhorska I., Durana P., *Business failure prediction using cart-based model: A case of Slovak companies*, Ekonomicko-manazerske spektrum, 13(1), 2019.
57. Edmister R., *An empirical test of financial ratio analysis for small business failure prediction*, Journal of Financial and Quantitative Analysis, Marzec 1972.
58. Fanning K., Cogger K., *A comparative analysis of artificial neural networks using financial distress prediction*, Intelligent Syst. in Accounting, Finance, and Manag., vol. 3, 1994.
59. Fath A.H, Pouranfard A., Foroughizadeh P., *Development of an artificial neural network model for prediction of bubble point pressure of crude oils*, Petroleum, 4, 2018.
60. Faulhaber P., Landwehr N., *Turnaround-Management w praktyce. Jak wykorzystać kryzys w przedsiębiorstwie, by odrodziło się na nowo*, Cedewu.PL, Warszawa 2005.
61. Fejér-Király G., *Bankruptcy prediction: A survey on evolution, critiques, and solutions*, Acta Universitatis Sapientiae, Economics and Business 3(1), 2015.
62. Fisher R., *The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems*, Annals of Eugenics, t. 7, 1936.
63. FitzPatrick P.J, *A Comparison of Ratios of Successful Industrial Enterprises with Those of Failed Companies*, The Certified Public Accountant, Wrzesień, Październik, Listopad, 1932.

64. Foryś I., *Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej do typowania rynków podobnych w procesie wyceny nieruchomości niemieszkalnych*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu 328, 2014.
65. Frederikslust R.A.I. van, *Predictability of corporate failure: models for prediction of corporate failure and for evaluation of corporate debt capacity*, Martinus Nijhoff Social Science Division, Leiden/Boston, PhD thesis in Economic Sciences, Erasmus University, Rotterdam, The Netherlands 1978.
66. Frydman H., Altman E. I., Kao D., *Introducing recursive partitioning for financial classification: The case of financial distress*, Journal of Finance, 40(1), 1985.
67. Gabor M.R, Kardos M., Christache M., *Dynamic analysis of tourism competitiveness of the european countries based on discriminant statistical analysis*, Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research 55.3, 2021.
68. Gajdka J., Stos D., *Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej w ocenie kondycji finansowej przedsiębiorstw, w: Restrukturyzacja w procesie przekształceń i rozwoju przedsiębiorstw*, pod red. R. Borowiecki, Wydawnictwo AE w Krakowie, Kraków, 1996..
69. Gajdka J., Stos D., *Ocena kondycji finansowej polskich spółek publicznych w okresie 1998-2001, w: Czas na pieniądź. Zarządzanie finansami. Mierzenie wyników i wycena przedsiębiorstw t.I*, pod red. D. Zarzecki, Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 2003.
70. Garcia C.V i inni, *A logit model for predicting the daily occurrence of human caused forest-fires*. International Journal of Wildland Fire, 5(2), 1995.
71. Gatnar E., *Analiza dyskryminacyjna - stan aktualny i kierunki rozwoju*, Studia Ekonomiczne 152, 2013.
72. Gatnar E., Walesiak W., *Metody statystycznej analizy wielowymiarowej w badaniach marketingowych*, Wydawnictwo AE we Wrocławiu, Wrocław, 2004.
73. Gentry J.A., Newbold P., Whitford D.T., *Classifying bankrupt firms with funds flow components*, Journal of Accounting Research, Vol. 23, nr 1, Wiosna 1985.
74. Gnat S., *Model logitowy jako narzędzie prognozowania obciążeń podatkowych działek gruntu w wyniku wprowadzenia podatku ad valorem*, Studia i Prace WNEiZ US, (54/3), 2018.
75. Gombola M., Haskins M., Ketz J., Williams D., *Cash flow in bankruptcy prediction*, Financial Management, Zima 1987.
76. Gos W., *Rachunek przepływów pieniężnych w świetle krajowego standardu rachunkowości*, Difin, Warszawa, 2004.
77. Gościński J., *Cykl życia organizacji*, PWE, Warszawa 1989.
78. Grabowska M., *Zarządzanie płynnością finansową przedsiębiorstw*, CeDeWu 2012.
79. Grammatikos T., Gloubos G., *Predicting Bankruptcy of Industrial Firms in Greece*, Spoudai, nr 34, 1984.
80. Grądzki R., Zakrzewska – Bielawska A., *Przyczyny i objawy kryzysu w polskich przedsiębiorstwach, Przedsiębiorstwo w warunkach kryzysu, Prace i Materiały Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego 3/2 2009, Sopot 2009*.
81. Greiner L., *Evolution and Revolution as Organizations Grow*, Harvard Business Review, Vol. 50, 1972.

82. Gruszczyński M., *Modele mikroekonomii w analizie i prognozowaniu zagrożenia finansowego przedsiębiorstw*, Zeszyty Polskiej Akademii Nauk, nr 34, Warszawa. Luty 2003.
83. Guadagni P.M, Little J.D, *A logit model of brand choice calibrated on scanner data*, Marketing science, 2(3), 1983.
84. Gurianova E., Gurianov I., Mechtcheriakova S., *The Influence of Phase the Organizational Life Cycle on Organizational Structure Management and Transaction Costs*, Asian Social Science. 10 (20), 2014.
85. Hadasik D., *Upadłość przedsiębiorstw w Polsce i metody jej prognozowania*, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, Poznań 1998.
86. Hamrol M., Czajka B., Piechocki M., *Upadłość przedsiębiorstwa – model analizy dyskryminacyjnej*, Przegląd Organizacji, nr 6/2004.
87. Hanks S., *The Organization Life Cycle: Integrating Content and Process*, Journal of Small Business Strategy. 1 (1), 2015.
88. Herman A., *Ekonomika Bankructw*, Kwartalnik Nauk o Przedsiębiorstwie, 2010, nr.4.
89. Holmen J.S, *Using Financial Ratios to Predict Bankruptcy: An Evaluation of Classic Models Using Recent Evidence*, Akron Business and Economic Review Tom 19, Nr. 1, 1998.
90. Hołda A., *Prognozowanie bankructwa jednostki w warunkach gospodarki polskiej z wykorzystaniem funkcji dyskryminacyjnej ZH*, Rachunkowość, nr 5/2001.
91. Hołda A., *Wykorzystanie drzew decyzyjnych w prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw w branży budowlanej*, Zeszyty Naukowe, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, nr. 796, 2009.
92. Hopfield J. J., *Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities*, Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, vol. 79 no. 8, 1982.
93. Hosmer D. W, Lemeshow S., Sturdivant R. X, *Applied logistic regression*, (Vol. 398), John Wiley & Sons, 2013, s. 9-10.
94. Hui L., Sun J., Wu J., *Predicting business failure using classification and regression tree: An empirical comparison with popular classical statistical methods and top classification mining methods*, Expert Systems with Applications 37.8, 2010.
95. Internetowy podręcznik statystyki Statsoft: [www.statsoft.pl/textbook/stathome.html](http://www.statsoft.pl/textbook/stathome.html)
96. Jarzemowska M., *Analiza teorii kształtowania struktury kapitału w spółkach akcyjnych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1996.
97. Jasińska J., *Zmiany w organizacjach: sprawne zarządzanie, sytuacje kryzysowe i warunki osiągnięcia sukcesu*, Wydawnictwo Frel, Warszawa 2015.
98. Jasiński B., *Rola rady nadzorczej w warunkach kryzysu przedsiębiorstwa*, Studia i prace kolegium zarządzania i finansów, Zeszyt Naukowy 101, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2010.
99. Jefmański B., *Analiza dyskryminacyjna w profilowaniu segmentów rynkowych*, Zeszyty Naukowe/Akademia Ekonomiczna w Poznaniu 71, 2006.
100. Jo H., Han I., *Integration of case-based forecasting, neural network and discriminant analysis for bankruptcy prediction*, A. Vellido, Expert Systems with Applications, 11(4), 1996.

101. Juglar C., *Des crises commerciales en leur retour périodique en France, en Angleterre et aux États-Unis*, Librairie Gillaumin et Cie, Paryż, 1862.
102. Karas M., Reznakova M., *Predicting the bankruptcy of construction companies: a CART-based model*, *Engineering Economics* 28.2, 2017.
103. Kasjaniuk M., *Zastosowanie analizy dyskryminacyjnej do modelowania i prognozowania kondycji przedsiębiorstw*, *Barometr Regionalny* 2.6, 2006.
104. Kass G.V., *An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data*, *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 29(2), 1980.
105. Katz D., Kahn R.L., *The social psychology of organizations*, New York: John Wiley, 1978.
106. Keasey K., McGuinness P., *The failure of UK industrial firms for the period 1976-1984, logistic analysis and entropy measures*, *Journal of Business Finance & Accounting*, Vol. 17, nr. 1, 1990.
107. Keasey K., Watson R., *Non-financial symptoms and the prediction of small company failure: a test of Argenti's hypotheses*, *Journal of Business Finance & Accounting*, Vol. 14, nr 3, Jesień 1987.
108. Kimberly J.R., *Issues in the Creation of Organizations: Initiation, Innovation, and Institutionalization*, *Academy of Management Journal*. 22 (3), 1979.
109. Kisielińska J., Waszkowski A., *Polskie modele do prognozowania bankructwa przedsiębiorstw i ich weryfikacja*, *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie. Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, nr. 82, 2010.
110. Kitchin J., *Cycles and Trends in Economic Factor*, *Review of Economic Statistics*, vol. 5, 1923.
111. Klecka W.R., Iversen G., *Discriminant analysis*, Vol. 19. Sage, 1980.
112. Klietnik T., Vrbka J., Rowland Z., *Bankruptcy prediction in Visegrad group countries using multiple discriminant analysis*, *Equilibrium, Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 13(3), 2018.
113. Kmiec D., *Zastosowanie modelu logitowego do analizy czynników wpływających na bezrobocie wśród ludności wiejskiej*, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, (110), 2015.
114. Kohonen T., *Self-organized formation of topologically correct feature maps*, *Biol. Cyber*, 43, 1982.
115. *Kolos na glinianych nogach – czyli sytuacja w branży budowlanej*, Ogólnopolski raport Krajowego rejestru Długów Biura Informacji Gospodarczej SA, Sierpień 2018.
116. Kondratieff N.D., *The Long Waves in Economic Life*, *Review of Economic Statistics*, vol. 17, 1935.
117. Korbicz J., Obuchowicz A., Uciński D., *Sztuczne sieci neuronowe. Podstawy i zastosowania*, Akademska Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1994.
118. Korol T., *Systemy ostrzegania przedsiębiorstw przed ryzykiem upadłości*, Wolters Kluwer, Warszawa 2010.
119. Koronacki J., Ćwik J., *Statystyczne systemy uczące się*, Akademska Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2021.
120. Kowalak R., *Ocena kondycji finansowej przedsiębiorstwa w badaniu zagrożenia upadłością*, Ośrodek doradztwa i doskonalenia kadr Sp. z o.o, Gdańsk 2008.

121. Kozak J., Juszczuk P., *Algorytmy do konstruowania drzew decyzyjnych w przewidywaniu skuteczności kampanii telemarketingowej banku*, Studia Informatica Pomerania, 2016.
122. Koźmiński A., Piotrowski W., *Zarządzanie. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
123. Kralicek R., *Podstawy gospodarowania finansami*, Wydawnictwo Międzynarodowej Szkoły Menedżerów, Warszawa, 1995.
124. Krzakiewicz K., *Zarządzanie antykryzysowe w organizacji*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 2008.
125. Krzyśko M., Wołyński W., Górecki T., Skorzybut M., *Systemy uczące się. Rozpoznawanie wzorców, analiza skupień i redukcja wymiarowości*, WNT, Warszawa, 2008.
126. Kundina V.V, Babkina T.M, *Multimodal Logit Model for Predicting the Efficiency of Myocardial Revascularization by the Method of Coronary Artery Bypass Grafting in Patients with Coronary Heart Disease*, Problemy radiatsiinoi medytsyny ta radiobiologii, 26, 2021.
127. Kusak A., *Płynność finansowa. Analiza i sterowanie*, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2006.
128. Kuznetz S., *Secular Movements in Production and Prices*, Houghton Mifflin, Boston, 1930
129. Lach B., *Metody tączenia i selekcji klasyfikatorów w prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw*, Przegląd Statystyczny, 64(2), 2017.
130. Lee K. C., Han I., Kwon Y., *Hybrid neural network models for bankruptcy predictions*, Decision Support Systems, 18, 1996.
131. Lee W., *An empirical comparison of bankruptcy models: Evidence from Taiwan*, Retrieved, Grudzień, nr 6, 2008.
132. Legault J., Veronneau R., *CA-score, un modele de prevision de faillite*, Research report for the Ordre des comptables agrees du Quebec, 1986.
133. Lendaris G., Mathia K., Saeks R., *Linear Hopfield networks and constrained optimization*. IEEE Transactions on cybernetics, 29. 1999.
134. Lester D., Parnell J., Carraher S., *Organizational Life Cycle: a five-stage empirical scale*, The International Journal of Organizational Analysis. 11 (4), 2003.
135. Lewis R.J, *An introduction to classification and regression tree (CART) analysis*, Annual meeting of the society for academic emergency medicine in San Francisco, California (Vol. 14), 2000.
136. Lippitt L.G, Schmidt W.H, *Crises in a developing organization*. Harvard Business Review, 45, 1967.
137. Loh W.Y, *Fifty years of classification and regression trees*, International Statistical Review, 82(3), 2014.
138. Lussier R.N., *A nonfinancial business success versus failure prediction model for young firms*, Journal of Small Business Management, Vol. 33, nr 1, 1995.
139. Lynch S., *Dynamical Systems with Applications using Python*, Switzerland: Springer International Publishing, 2018.

140. Łapczyński M., *Drzewa klasyfikacyjne w badaniach satysfakcji i lojalności klientów*, StatSoft Polska, 2003.
141. Łukasik G., *Metody ograniczania negatywnych konsekwencji kryzysu finansowego z uwzględnieniem oczekiwań interesariuszy*, Studia Ekonomiczne, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Nr. 77, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice, 2011.
142. M. Ture, F. Tokatli, I. Kurt, *Using Kaplan–Meier analysis together with decision tree methods (C&RT, CHAID, QUEST, C4. 5 and ID3) in determining recurrence-free survival of breast cancer patients*, Expert Systems with Applications, 36(2), 2009.
143. Machaczka J., *Zarządzenie rozwojem organizacji. Czynniki, modele, strategia, diagnoza*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.
144. Macukow B., *Sieci Neuronowe, Historia badań i podstawowe modele*, Materiały Politechniki Warszawskiej  
<https://pages.mini.pw.edu.pl/~macukowb/wspolne/PNEiTI.pdf>,
145. Maddala G.S., *Ekonometria*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2006.
146. Martin-del-Brio B., Serrano-Cinca C., *Self-organizing neural networks for the analysis and representation of data: Some financial cases*, Neural Computing & Applications, 1, 1993.
147. Maślanka T., *Płynność finansowa determinantą zdolności kontynuacji działalności przedsiębiorstwa*, Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa 2019.
148. Mączyńska E., *Ocena kondycji przedsiębiorstwa (uproszczone metody)*, Życie Gospodarcze 38, 1994.
149. Mączyńska E., Zawadzki M., *Dyskryminacyjne modele predykcji upadłości przedsiębiorstw*, Ekonomista, nr 2/2006.
150. Mączyńska E., *Ocena ryzyka upadłości przedsiębiorstwa, w: Ryzyko w działalności przedsiębiorstw. Wybrane aspekty*, pod red. A. Fierla, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie – Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2009.
151. McCulloch W.S., Pitts W., *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*, The bulletin of mathematical biophysics, 5(4), 1943.
152. McKee T. E., Greenstein M., *Predicting bankruptcy using recursive partitioning and a realistically proportioned data set*, J. Forecasting, vol.19, 2000.
153. McKee T.E, *Developing a Bankruptcy Prediction Model via Rough Sets Theory*, International Journal of Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management, Tom 9, 2000.
154. Melssen W. J., Smits J. R. M., Buydens L.M.C, Kateman G., *Using artificial neural networks for solving chemical problems: Part II. Kohonen self-organising feature maps and Hopfield networks*, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 23(2), 1994.
155. Michalski G., *Wartość płynności w bieżącym zarządzaniu finansami*, CeDeWu, Warszawa, 2004.
156. Mihalovič M., *Performance Comparison of Multiple Discriminant Analysis and Logit Models in Bankruptcy Prediction*, Economics and Sociology, Vol. 9, Nr 4, 2016.
157. Milanović M., Stamenković M., *CHAID decision tree: Methodological frame and application*, Economic Themes, 54(4), 2016.



158. Milton J.C i inni, *Highway accident severities and the mixed logit model: an exploratory empirical analysis*, *Accident Analysis & Prevention*, 40(1), 2008.
159. Min J.H, Jeong C., *A binary classification method for bankruptcy prediction*, *Expert Systems with Applications* 36(3), 2009.
160. Minsky M.L., Papert S., *Perceptrons: An introduction to computational geometry*, Cambridge, MIT Press, 1969.
161. Misund B., *Financial ratios and prediction on corporate bankruptcy in the Atlantic salmon industry*, *Aquaculture Economics & Management* 21.2, 2017.
162. Neophytou E., Charitou A., Charalambous C., *Predicting corporate failure: empirical evidence for the UK*, Working Paper, University of Southampton, Department of Accounting and Management Science, 2001.
163. Niemiec A., *Wielkości graniczne statycznych wskaźników płynności finansowej*, *Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości* 79, 2014.
164. Noriega L., *Multilayer perceptron tutorial*, School of Computing, Staffordshire University, 2005.
165. Nowak E., *Analiza sprawozdań finansowych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2008.
166. Nowak M., *Ocena zdolności kredytowej i ryzyka kredytowego*, Wydawnictwo Bodie, Poznań, 2002.
167. Odom M. D., Sharda R., *A neural network model for bankruptcy prediction*, 1990 IJCNN International Joint Conference on Neural Networks, San Diego, CA, USA, vol.2, 1990.
168. Ohlson J., *Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy*, *Journal of Accounting Research*, Vol. 18, nr 1, Wiosna 1980.
169. Olmeda I., Fernández E., *Hybrid classifiers for financial multicriteria decision making: The case of bankruptcy prediction*, *Computational Economics* 10.4, 1997.
170. Olzacka B., Pałczyńska-Gościniak R., *Jak oceniać firmę*, ODDK, Gdańsk, 2002.
171. Opoku Appiah K., Abor J., *Predicting corporate failure: some empirical evidence from the UK*, *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 16 Nr 3, 2009.
172. Ostaszewski J., *Kapitał obrotowy netto w przedsiębiorstwie i metody jego pomiaru, w: O nowy ład finansowy w Polsce. Rekomendacje dla animatorów życia gospodarczego*, pod red. J. Ostaszewskiego, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie – Oficyna wydawnicza, Warszawa 2015..
173. Ostaszewski J., *Ocena efektywności przedsiębiorstwa według standardów EWG, CIM*, Warszawa, 1991.
174. Pal S.K, Mitra S., *Multilayer perceptron, fuzzy sets, classification*, *IEEE Transactions on Neural Networks*. 1992.
175. Pałczyńska-Gościniak R., *Ocena przedsiębiorstwa w aspekcie kontynuacji działania*, „Monitor Rachunkowości i Finansów”, nr 3, 2001.
176. Piramuthu S., Raghavan H., Shaw M., *Using feature construction to improve the performance of neural networks*, *Management Science*, vol. 44, 1998.
177. Platt H.D., Platt M.B., *Development of a class of stable predictive variables: the case of bankruptcy prediction*, *Journal of Business Finance & Accounting*, Vol. 17, nr 1, Wiosna 1990.

178. *Płynność finansowa przedsiębiorstwa: istota, pomiar, zarządzanie*, pod red. K. Kreczmańskiej-Gigol, Difin, Warszawa 2015.
179. Pogodzińska M., Sojak S., *Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej w przewidywaniu bankructwa przedsiębiorstw*, w AUNC, *Ekonomia XXV*, Zeszyt 299, Toruń 1995.
180. Polat E., *The classification of OECD countries in terms of life satisfaction using partial least squares discriminant analysis*, *Sakarya University Journal of Science* 24.2, 2020.
181. Prusak B., *Nowoczesne metody prognozowania zagrożenia finansowego przedsiębiorstw*, Difin, Warszawa 2005.
182. *Przetrwanie i rozwój małych i średnich przedsiębiorstw*, pod red. F. Bławata, Scientific Publishing Group, Gdańsk 2004.
183. Przychocka I., *Kondycja finansowa firmy przez pryzmat analizy finansowej*, Wydawnictwo Sigma SPJ, Warszawa 2012.
184. *Przyszłość budownictwa po Covid-19 – znaczenie relacji w kryzysie*, Raport Polskiego Związku Pracodawców Budownictwa, <https://pzpb.com.pl/raporty/raporty-zwiazku/>.
185. Quinn R., Cameron K., *Organizational Life Cycles and Shifting Criteria of Effectiveness: Some Preliminary Evidence*, *Management Science*. 29 (1) 1983.
186. R. Kowalak, *Ocena kondycji finansowej przedsiębiorstwa*, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. z.o.o, Gdańsk 2003.
187. Radkiewicz P., *Analiza dyskryminacyjna. Podstawowe założenia i zastosowania w badaniach społecznych*, *Psychologia Społeczna*, 2010, T.5, 2-3 (14).
188. Rao C., *The Utilisation of Multiple Measurements in Problems of Biological Classification*, *Journal of the Royal Statistical Society B*, 10, 1948.
189. Raport z badania sektora budowlanego, Bank Gospodarstwa Krajowego, Marzec 2020.
190. Reale K.S, Joohyung L., Jonghan S., *Variants of psychopathic personality in Korean and UK incarcerated offenders: Using latent profile analysis and discriminant analysis*, *Journal of forensic sciences*, 2021.
191. Ritschard G., *CHAID and earlier supervised tree methods*. Contemporary issues in exploratory data mining in the behavioral sciences, 2013.
192. Rosenblatt F., *The Perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain*, *Psychological Review*, No 65/6, 1958.
193. Rusnak Z., *Regresja logistyczna a analiza oszczędności i zobowiązań finansowych gospodarstw domowych*, *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu*, 25, 2011.
194. S. Gurgul, *Prawo upadłościowe i naprawcze. Upadłość przedsiębiorstw państwowych, spółdzielni, zakładów ubezpieczeń społecznych i banków*, wyd. CH Beck, Warszawa 2010.
195. Sasin W., *Analiza płynności finansowej firmy*, Agencja Wydawnicza Interfart, Łódź 2002.
196. Scott B.R, *Stages of corporate development (Part I)*. Boston: Harvard Business School Case Services, 1971.
197. *Sektor budownictwa w obliczu Covid-19*, Raport Polskiego Związku Pracodawców Budownictwa, Czerwiec 2020.

198. Shahnoushi N. i inni, *The use of the order logit model in an investigation of the effective factors on bread waste*, Journal of Economic Research (Tahghighat-E-Eghtesadi), 46(3), 2012.
199. Sharma R., *The Impact of Behavioral Dispositions on Risk Endurance of Individual Investors: Application of Multiple Discriminant Analysis*, IUP Journal of Financial Risk Management 17.1, 2020.
200. Shen C., Hsu H., *The determinants of Asian banking crises—Application of the panel threshold logit model*, International Review of Finance, 22(1), 2022.
201. Sheppard J.P., *Strategy and bankruptcy: an exploration into organizational death*, Journal of Management, Vol. 20, nr 4, 1994.
202. Shi Y., Xiaoni L., *An overview of bankruptcy prediction models for corporate firms: A systematic literature review*, Intangible Capital 15(2), 2019.
203. Siemińska E., *Finansowa kondycja firmy, metody pomiaru i oceny*, Poltext, Warszawa 2003.
204. Sierpińska M., Jacha T., *Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
205. Sierpińska M., Jachna T., *Ocena przedsiębiorstw według standardów światowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.
206. Sierpińska M., Wędzki D., *Zarządzanie płynnością finansową w przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.
207. Sirmon D., Hitt M., Ireland R., Gilbert B., *Resource Orchestration to Create Competitive Advantage*, Journal of Management. 37 (5), 2011.
208. *Słownik Języka Polskiego PWN*, www.sjp.pwn.pl
209. Sojak S., Stawicki J., *Wykorzystanie metod taksonomicznych do oceny kondycji ekonomicznej przedsiębiorstw*, Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości, t. 3 (59), pod red. L. Bednarski, Warszawa 2001.
210. Stanisław A., *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica PL na przykładach z medycyny*, t. 2, Modele liniowe i nieliniowe, Statsoft, Kraków 2007.
211. *Statystyczne metody prognozowania bankructwa w zmieniającej się koniunkturze gospodarczej*, pod red. J. Pocięchy, Fundacja Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2014.
212. Stęgoski Z., *Sztuczne sieci neuronowe*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Kraków, 2004.
213. Surmowa I., *Zakres i kierunki analizy finansowej*, TNOiK, Warszawa, 1991.
214. Śnieżek E., *Jak czytać cash flow*, Fundacja Rozwoju Rachunkowości w Polsce, Warszawa 1997, s.68.
215. Śnieżek E., Wiatr M., *Przepływy pieniężne*, Wolters Kluwer, Warszawa 2014.
216. Tadeusiewicz R., *O celowości zastosowania sieci neuronowych w problemach związanych z elektrotechniką*, Przegląd Elektrotechniczny, 85, 2009.
217. Tadeusiewicz R., *Sieci neuronowe*, Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, Warszawa 1993.
218. Tadeusiewicz R., Szaleniec M., *Leksykon sieci neuronowych*, Projekt Nauka. Fundacja na rzecz promocji nauki polskiej, 2015.

219. Taffler R.J., *The assessment of company solvency and performance using a statistical model*, Accounting and Business Research, Vol. 15, nr 52, Jesień 1983.
220. Taffler R.J., Tisshaw H., *Going, Going, Gone - Four Factors Which Predict*, Accountancy, Vol. 88, Marzec 1977.
221. Tam K.Y., Kiang M.Y., *Managerial applications of neural networks: The case of bank failure predictions*, Management Science 38 (7), 1992.
222. Tam S., Gray D., *Organizational learning and the organizational life cycle*, European Journal of Training and Development. 40 (1), 2016.
223. Tewogbola P., Norah A., *Identifying the insured and uninsured in rural America: an empirical discriminant analysis*, AIMS Public Health 8.3, 2021.
224. Tłuczak A., *Zastosowanie dyskryminacyjnych modeli przewidywania bankructwa do oceny ryzyka upadłości przedsiębiorstw*, Zeszyty naukowe Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu, nr 2(34), 2013.
225. Tokarski A., Tokarski M., Mosionek-Schweda M., *Pomiar i ocena płynności finansowej podmiotu gospodarczego*, CeDeWu, Warszawa 2014.
226. Urbanowska - Sojkin E., Banaszyk P., Witczak H., *Zarządzanie strategiczne przedsiębiorstwem*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2007.
227. Ustawa z 15 września 2000 r. Kodeks spółek handlowych. Dz.U. 2019, poz. 505.
228. Ustawa z 17 listopada 1964 r. Kodeks postępowania cywilnego. Dz.U. 2020, poz. 1575.
229. Ustawa z 28 lutego 2003 r. Prawo upadłościowe. Dz.U. 2019, poz. 498.
230. Ustawa z 28 lutego 2003 r. Prawo upadłościowe. Dz.U. 2019, poz. 498.
231. Vollmuth H.J., *Controlling*, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa, 2007.
232. Waśniewski T., Skoczylas W., *Zasady analizy finansowej w praktyce –przykłady i zadania*, FRRwP, Warszawa, 1994.
233. Wędzki D., *Strategie płynności finansowej przedsiębiorstwa. Przepływy pieniężne a wartość dla właścicieli*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2003.
234. Wieczerzyńska B., *Kryzys w przedsiębiorstwie*, CeDeWu, Warszawa 2009..
235. Wierzba D., *Wczesne wykrywanie przedsiębiorstw zagrożonych upadłością na podstawie wskaźników finansowych – teoria i badania empiryczne*, Zeszyty Naukowe nr 9, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomiczno-Informacyjnej w Warszawie, Warszawa 2000.
236. Wierzbic A., *Wzrost i rozwój przedsiębiorstwa – przegląd koncepcji teoretycznych*, Nauki o zarządzaniu, Management Science 8/2011.
237. Wilamowski B.M, *Neural network architectures and learning*, IEEE International Conference on Industrial Technology, Vol. 1, 2003.
238. Wilson R. L., Sharda R., *Bankruptcy prediction using neural networks*, Decision Support Systems, Vol. 11, nr 5, 1994.
239. Wiśniewska D., *Analiza dyskryminacyjna w prognozowaniu cen akcji, Nowa koncepcja konstruowania prognoz jakościowych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań, 2012.
240. Witkowska D., Stanieć I., *Dychotomiczna klasyfikacja kredytobiorców przy użyciu wielowymiarowej analizy dyskryminacyjnej*, 2002.

241. Wojciechowska U., *Płynność finansowa polskich przedsiębiorstw w okresie transformacji gospodarki. Aspekty mikroekonomiczne i makroekonomiczne*, SGH, Warszawa, 2001.
242. Wojnar J., *Ocena skuteczności modeli analizy dyskryminacyjnej do prognozowania zagrożenia finansowego spółek giełdowych*, Zeszyty naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie, t.24, nr1. 2014.
243. Wróblewski R., *Wybrane problemy zarządzania przedsiębiorstwem w sytuacjach kryzysowych*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu przyrodniczo-humanistycznego w Siedlcach, Seria: Administracja i Zarządzanie, Nr. 87, Siedlce 2010.
244. *Wywiadownia Gospodarcza InfoVeriti* <http://www.infoveriti.pl/>
245. Ying X., *An overview of overfitting and its solutions*, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1168, No. 2, IOP Publishing, 2019.
246. Yutong W., *Community Waste Classification Method Based on Discriminant Analysis*, Journal of Landscape Research 13.3, 2021.
247. Zaród J., *Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej do podziału województwa zachodniopomorskiego na rejony przydatności rolniczej*, Journal of Agribusiness and Rural Development, 2009.
248. *Zarządzanie w kryzysie*, pod red. A. Stabryła, Mfiles.pl, seria wydawnicza: Encyklopedia Zarządzania, Kraków 2010.
249. Zavgren C., *The prediction of corporate failure: the state of the art*, Journal of Accounting Literature, Vol. 2, 1983.
250. Zavgren C.V., *Assessing the vulnerability to failure of American industrial firms: A logistic analysis*, Journal of Business Finance and Accounting, Vol. 12, nr 1, Wiosna 1985..
251. Zelek A., *Zarządzenie kryzysem w przedsiębiorstwie. Perspektywa strategiczna*, Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemysle „ORGMASZ”, Warszawa 2003.
252. Zhang G., Hu M., Patuwoet B., *Artificial neural networks in bankruptcy prediction: General framework and cross-validation analysis*, European J. Oper. Res., vol. 116, 1999.
253. Zimmerman P., *Przebieg postępowania upadłościowego*, Blog kancelarii Zimmerman, Sierakowski i Partnerzy, <https://www.zimmerman.com.pl/blog/przebieg-postepowania-upadlosciowego.html>, dostęp: 20.06.2021.
254. Zmijewski M.E., *Methodological issues related to the estimation of financial distress prediction models*, Journal of Accounting Research, Supplement to Vol. 22, 1984.

## Spis rysunków

Rysunek 1.1	Model cyklu życia przedsiębiorstwa według I. Adizesa.....	17
Rysunek 1.2	Model cyklu życia przedsiębiorstwa według Quinna i Camerona.....	18
Rysunek 1.3	Cykl życia organizacji według Greinera.....	20
Rysunek 1.4	Sytuacja kryzysowa na tle cyklu życia przedsiębiorstwa, według R. Wróblewskiego.....	32
Rysunek 1.5	Fazy rozwoju sytuacji kryzysowej w przedsiębiorstwie według Zelek.....	33
Rysunek 1.6	Etap bankructwa w procesie rozwoju i transformacji sytuacji kryzysowej na drodze do upadłości i likwidacji przedsiębiorstwa.....	43
Rysunek 2.1	Kapitał obrotowy netto.....	75
Rysunek 2.2	Etapy budowy modelu oceny ryzyka finansowego.....	77
Rysunek 2.3	Ewolucja metod stosowanych do predykcji zagrożenia bankructwem przedsiębiorstwa.....	88
Rysunek 2.4	Klasyfikacja metod prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw.....	90
Rysunek 3.1	Separacja klas w analizie dyskryminacyjnej.....	132
Rysunek 3.2	Przebieg funkcji logistycznej.....	141
Rysunek 3.3	Porównanie logit a probit.....	142
Rysunek 3.4	Przycinanie drzew klasyfikacyjnych.....	150
Rysunek 3.5	Model neuronu.....	153
Rysunek 3.6	Perceptron wielowarstwowy.....	157
Rysunek 3.7	Sieć Kohonena.....	159
Rysunek 3.8	Sieć Hopfielda.....	160

## Spis tabel

Tabela 1.1	Modele cyklu życia organizacji – przegląd literatury.....	15
Tabela 1.2	Wybrane definicje pojęcia kryzysu w przedsiębiorstwie (wg kolejności alfabetycznej).....	26
Tabela 1.3	Wewnętrzne i zewnętrzne przyczyny kryzysu w przedsiębiorstwie.....	28
Tabela 1.4	Wewnętrzne przyczyny kryzysu w przedsiębiorstwie.....	29
Tabela 1.5	Charakterystyka różnic oraz wspólnych obszarów znaczeniowych pojęć „bankructwo” i „upadłość” przedsiębiorstwa.....	41
Tabela 1.6	Inne niż dłużnik i wierzyciel podmioty uprawnione do złożenia wniosku o ogłoszenie upadłości.....	45
Tabela 1.7	Kategorie wiarygodności.....	48
Tabela 1.8	Liczba upadłości przedsiębiorstw w Polsce w latach 2015-2021 według sekcji PKD .....	55
Tabela 1.9	Liczba upadłości na 1000 przedsiębiorstw według sekcji PKD.....	56
Tabela 1.10	Liczba upadłości na 1000 przedsiębiorstw według województw.....	57
Tabela 2.1	Wskaźniki płynności finansowej.....	70
Tabela 2.2	Rekomendowane w literaturze przedmiotu wartości normatywne wskaźników płynności finansowej.....	72
Tabela 2.3	Wskaźniki wydajności i wystarczalności gotówkowej.....	73
Tabela 2.4	Kryterium bankructwa w wybranych polskich modelach prognozowania zagrożenia upadłością.....	78
Tabela 2.5	Dobór przedsiębiorstw w wybranych polskich modelach oceny zagrożenia bankructwem.....	83
Tabela 2.6	Najczęściej wykorzystywane wskaźniki w modelach predykcji bankructwa wg. Bellovary, Giacomino, Akers.....	85
Tabela 2.7	Skróty wykorzystywane w tabelach z modelami prognozowania zagrożenia upadłości przedsiębiorstw.....	91
Tabela 2.8	Zagraniczne modele dyskryminacyjne.....	92
Tabela 2.9	Najczęściej wykorzystywane wskaźniki w zagranicznych modelach dyskryminacyjnych.....	100
Tabela 2.10	Polskie modele dyskryminacyjne.....	101
Tabela 2.11	Ocena kondycji finansowej przedsiębiorstwa z wykorzystaniem szybkiego testu.....	105
Tabela 2.12	Najczęściej wykorzystywane wskaźniki w polskich modelach dyskryminacyjnych.....	108
Tabela 2.13	Wybrane modele logitowe i probitowe.....	110
Tabela 2.14	Najczęściej wykorzystywane wskaźniki w modelach probabilistycznych.....	118
Tabela 2.15	Wybrane modele sztucznych sieci neuronowych.....	119
Tabela 2.16	Najczęściej wykorzystywane wskaźniki w modelach SSN.....	123
Tabela 2.17	Wybrane modele oparte na drzewach klasyfikacyjnych.....	124
Tabela 2.18	Najczęściej wykorzystywane wskaźniki do prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw.....	127
Tabela 3.1	Zastosowania analizy dyskryminacyjnej. ....	138
Tabela 3.2	Zastosowania modeli logitowych i probitowych.....	144
Tabela 3.3	Zadania realizowane przez sztuczne sieci neuronowe.....	155
Tabela 4.1	Pozyskane dane dotyczące przedsiębiorstw, które ogłosiły upadłość.....	164
Tabela 4.2	Wskaźniki wykorzystane do budowy modelu.....	165
Tabela 4.3	Wartości statystyki F dla poszczególnych zmiennych.....	167
Tabela 4.4	Zestawy zmiennych.....	168
Tabela 4.5	Dokładność modeli dyskryminacyjnych od T-1 do T-5.....	170
Tabela 4.6	Odsetek poprawnych klasyfikacji na grupie podmiotów „zdrowych” i „upadłych” – modele dyskryminacyjne.....	171
Tabela 4.7	Funkcje dyskryminacyjne modeli od T-1 do T-5.....	172
Tabela 4.8	Dokładność modeli logitowych od T-1 do T-5.....	173

Tabela 4.9	Odsetek poprawnych klasyfikacji na grupie podmiotów „zdrowych” i „upadłych” – modele logitowe.....	174
Tabela 4.10	Parametry strukturalne modelu logitowego T-1.....	175
Tabela 4.11	Parametry strukturalne modelu logitowego T-2.....	175
Tabela 4.12	Parametry strukturalne modelu logitowego T-3.....	176
Tabela 4.13	Parametry strukturalne modelu logitowego T-4.....	176
Tabela 4.14	Parametry strukturalne modelu logitowego T-5.....	177
Tabela 4.15	Dokładność drzew klasyfikacyjnych od T-1 do T-5.....	178
Tabela 4.16	Odsetek poprawnych klasyfikacji na grupie podmiotów „zdrowych” i „upadłych” – drzewa klasyfikacyjne.....	179
Tabela 4.17	Dokładność sztucznych sieci neuronowych od T-1 do T-5.....	181
Tabela 4.18	Odsetek poprawnych klasyfikacji na grupie podmiotów „zdrowych” i „upadłych” – sztuczne sieci neuronowe.....	182
Tabela 4.19	Porównanie dokładności najlepszych modeli na próbie testowej.....	183
Tabela 4.20	Dokładność ogólna innych polskich modeli dyskryminacyjnych na próbie testowej.....	184
Tabela 4.21	Dokładność modeli łączonych dla okresu T-1.....	187
Tabela 4.22	Porównanie dokładności modeli łączonych i indywidualnych dla okresu T-1.....	187
Tabela 4.23	Dokładność modeli łączonych dla okresu T-2.....	187
Tabela 4.24	Porównanie dokładności modeli łączonych i indywidualnych dla okresu T-2.....	188
Tabela 4.25	Dokładność modeli łączonych dla okresu T-3.....	188
Tabela 4.26	Porównanie dokładności modeli łączonych i indywidualnych dla okresu T-3.....	188
Tabela 4.27	Dokładność modeli łączonych dla okresu T-4.....	189
Tabela 4.28	Porównanie dokładności modeli łączonych i indywidualnych dla okresu T-4.....	189
Tabela 4.29	Dokładność modeli łączonych dla okresu T-5.....	190
Tabela 4.30	Porównanie skuteczności modeli łączonych i indywidualnych dla okresu T-5.....	190



## Spis wykresów

Wykres 1.1	Liczba upadłości i postępowań restrukturyzacyjnych w Polsce w latach 2013-2021.....	52
Wykres 1.2	Upadłości przedsiębiorstw w Polsce w latach 2015-2020 według formy prawnej.....	53
Wykres 1.3	Udział branż w sumie upadłości w latach 2015-2021.....	54
Wykres 1.4	Upadłości i restrukturyzacje w branży budowlanej.....	59
Wykres 1.5	Produkcja budowlana i montażowa.....	60
Wykres 1.6	Mieszkania, których budowę rozpoczęto.....	60
Wykres 1.7	Płace w branży budowlanej.....	61
Wykres 1.8	Przychody w branży budowlanej.....	62
Wykres 1.9	Rentowność przychodów i płynność pierwszego stopnia w branży budowlanej.....	62

## Załącznik 1. Średnie i odchylenie standardowe wartości wskaźników

T-1 Wskaźnik	Ogółem		Upadłe		Zdrowe	
	Średnia	Odchylenie Standardowe	Średnia	Odchylenie Standardowe	Średnia	Odchylenie Standardowe
Aob / ZK	2,31	4,58	1,05	1,64	3,59	6,02
(Aob - Z) / ZK	1,87	4,12	0,83	1,59	2,93	5,43
Kob / AO	-0,26	2,55	-0,90	3,48	0,38	0,30
ŚP / ZK	0,75	3,07	0,22	1,15	1,29	4,13
ZK / Aob	8,63	99,26	16,66	140,06	0,60	0,66
WN / AO	-0,50	3,12	-1,14	4,32	0,13	0,26
WN / KW	0,76	15,40	1,24	21,77	0,29	1,00
WO / AO	-0,39	2,54	-0,94	3,49	0,16	0,27
WB / Przych.	7,27	144,57	14,80	206,84	0,09	0,19
WN / Przych.	7,27	144,57	14,79	206,84	0,08	0,18
WB / AO	-0,49	3,12	-1,14	4,32	0,15	0,27
(WN + Am) / AO	-0,50	3,11	-1,11	4,31	0,11	0,26
Przych. / AO	2,19	3,16	2,02	3,26	2,37	3,05
Z / Przych.	3,28	39,89	6,34	56,95	0,36	2,06
Aob / Przych.	4,81	52,02	8,89	74,26	0,91	2,51
Kob / Przych.	8,78	285,95	17,48	409,48	0,48	1,72
(Nal. Kr. * 365) / Przych.	404,66	4761,78	718,78	6804,82	104,87	190,28
(ZK * 365) / Przych.	-1450,49	106487,79	-3134,52	152537,61	156,68	464,22
ZO / AO	1,31	6,19	2,15	8,67	0,48	0,27
ZK / AO	1,03	2,55	1,64	3,49	0,42	0,26
AO / ZO	2,57	5,41	1,16	1,38	4,01	7,28
Aob / ZO	1,92	3,91	0,85	1,14	3,00	5,22
KW / ZO	1,44	5,45	-0,09	1,59	3,00	7,25
ŚP / AO	0,14	0,19	0,08	0,16	0,20	0,19
Aob / AO	0,77	0,25	0,73	0,26	0,80	0,23
At / AO	0,23	0,25	0,27	0,26	0,20	0,23
Z / Kob	0,25	0,43	0,27	0,40	0,22	0,45
ZK / ZO	0,90	0,20	0,90	0,19	0,89	0,21
Kob / KW	-2,07	62,84	-5,45	88,69	1,31	5,05
WO / ZO	0,11	2,01	-0,49	1,97	0,72	1,87
KW / AO	-0,49	6,73	-1,50	9,42	0,51	0,26
WB / ZK	-0,09	3,74	-0,95	4,75	0,77	1,96
WN / ZO	0,03	1,92	-0,55	1,99	0,62	1,67

T-2	Ogółem		Upadłe		Zdrowe	
	Średnia	Odchylenie Standardowe	Średnia	Odchylenie Standardowe	Średnia	Odchylenie Standardowe
Aob / ZK	5,67	72,50	8,37	101,98	2,91	4,79
(Aob - Z) / ZK	5,15	72,50	7,97	102,00	2,28	4,09
Kob / AO	0,10	0,89	-0,11	1,19	0,30	0,28
ŚP / ZK	2,28	36,33	3,73	51,09	0,80	2,72
ZK / Aob	1,13	2,55	1,64	3,52	0,63	0,41
WN / AO	-0,01	0,72	-0,11	1,00	0,09	0,16
WN / KW	-0,22	6,37	-0,86	8,06	0,42	3,93
WO / AO	0,03	0,66	-0,06	0,91	0,11	0,18
WB / Przych.	-0,32	6,71	-0,52	9,13	-0,12	2,83
WN / Przych.	-0,33	6,71	-0,53	9,13	-0,13	2,83
WB / AO	0,00	0,72	-0,10	1,00	0,11	0,18
(WN + Am) / AO	-0,01	0,72	-0,09	1,00	0,07	0,17
Przych. / AO	1,81	1,68	1,77	1,22	1,84	2,03
Z / Przych.	0,58	5,77	0,66	7,95	0,50	2,09
Aob / Przych.	3,13	32,35	2,40	20,57	3,83	40,67
Kob / Przych.	-7,14	137,33	-17,88	191,10	3,24	40,64
(Nal. Kr. * 365) / Przych.	658,21	10700,16	182,94	2490,96	1117,78	14808,79
(ZK * 365) / Przych.	3749,91	53468,21	7403,22	76176,64	217,23	727,57
ZO / AO	0,76	0,94	0,98	1,27	0,53	0,27
ZK / AO	0,65	0,86	0,85	1,15	0,44	0,27
AO / ZO	5,77	72,45	8,51	101,96	2,99	3,31
Aob / ZO	5,12	72,45	8,11	101,98	2,07	2,41
KW / ZO	4,72	72,45	7,40	101,97	1,99	3,31
ŚP / AO	0,11	0,16	0,08	0,14	0,15	0,17
Aob / AO	0,74	0,25	0,75	0,24	0,74	0,27
At / AO	0,26	0,25	0,25	0,24	0,26	0,27
Z / Kob	0,24	0,47	0,26	0,36	0,23	0,56
ZK / ZO	0,87	0,22	0,90	0,18	0,84	0,25
Kob / KW	2,47	44,45	-0,30	10,94	5,25	61,85
WO / ZO	0,00	4,02	-0,39	5,44	0,40	1,50
KW / AO	0,21	0,94	-0,04	1,26	0,46	0,26
WB / ZK	0,01	4,10	-0,47	5,46	0,50	1,76
WN / ZO	-0,06	3,98	-0,43	5,43	0,32	1,30

T-3	Ogółem		Upadłe		Zdrowe	
	Średnia	Odchylenie Standardowe	Średnia	Odchylenie Standardowe	Średnia	Odchylenie Standardowe
Aob / ZK	3,48	17,49	3,49	24,21	3,47	5,21
(Aob - Z) / ZK	2,66	16,80	2,76	23,57	2,57	3,21
Kob / AO	0,23	0,36	0,10	0,37	0,35	0,30
ŚP / ZK	1,45	16,76	1,91	23,62	1,00	2,26
ZK / Aob	0,88	1,29	1,02	1,03	0,74	1,49
WN / AO	0,03	0,25	-0,03	0,30	0,10	0,18
WN / KW	0,13	5,81	-0,05	7,64	0,32	3,02
WO / AO	0,06	0,26	0,00	0,29	0,12	0,19
WB / Przych.	-1,52	13,39	-1,75	11,71	-1,28	14,87
WN / Przych.	-1,52	13,41	-1,77	11,76	-1,29	14,87
WB / AO	0,05	0,26	-0,02	0,30	0,11	0,19
(WN + Am) / AO	0,03	0,25	-0,01	0,30	0,07	0,19
Przych. / AO	1,92	1,79	1,92	1,19	1,92	2,23
Z / Przych.	4,32	47,38	2,58	25,94	6,02	61,49
Aob / Przych.	14,01	135,26	16,19	169,51	11,88	90,71
Kob / Przych.	0,20	60,94	0,24	18,53	0,17	83,74
(Nal. Kr. * 365) / Przych.	1875,41	21083,47	1965,49	23428,15	1787,75	18583,73
(ZK * 365) / Przych.	5038,68	51918,77	5824,77	58686,14	4273,72	44504,62
ZO / AO	0,61	0,34	0,73	0,36	0,48	0,26
ZK / AO	0,53	0,33	0,65	0,35	0,41	0,26
AO / ZO	3,58	17,09	3,39	23,53	3,78	5,68
Aob / ZO	2,92	16,96	2,93	23,55	2,91	4,71
KW / ZO	2,54	17,10	2,29	23,53	2,78	5,68
ŚP / AO	0,13	0,18	0,09	0,16	0,17	0,18
Aob / AO	0,76	0,23	0,75	0,22	0,77	0,25
At / AO	0,24	0,23	0,25	0,22	0,23	0,25
Z / Kob	0,20	0,43	0,24	0,47	0,17	0,39
ZK / ZO	0,88	0,20	0,90	0,16	0,87	0,24
Kob / KW	0,73	4,85	0,93	6,76	0,54	1,13
WO / ZO	0,06	3,19	-0,29	4,39	0,41	0,93
KW / AO	0,37	0,35	0,22	0,37	0,51	0,26
WB / ZK	0,04	3,07	-0,34	4,20	0,43	0,99
WN / ZO	0,02	3,03	-0,32	4,17	0,35	0,90

T-4	Ogółem		Upadłe		Zdrowe	
Wskaźnik	Średnia	Odchylenie Standardowe	Średnia	Odchylenie Standardowe	Średnia	Odchylenie Standardowe
Aob / ZK	3,75	16,48	2,13	7,38	5,39	22,10
(Aob - Z) / ZK	2,95	15,30	1,77	7,21	4,15	20,44
Kob / AO	0,27	0,32	0,15	0,31	0,39	0,28
ŚP / ZK	1,59	12,96	0,73	6,72	2,46	17,11
ZK / Aob	0,77	0,76	0,94	0,78	0,60	0,69
WN / AO	0,07	0,24	0,03	0,28	0,10	0,19
WN / KW	0,18	1,74	0,12	2,37	0,25	0,65
WO / AO	0,09	0,25	0,06	0,28	0,12	0,21
WB / Przych.	-0,84	11,42	-0,63	6,27	-1,05	14,87
WN / Przych.	-0,85	11,42	-0,63	6,27	-1,06	14,87
WB / AO	0,08	0,25	0,04	0,28	0,12	0,21
(WN + Am) / AO	0,07	0,24	0,06	0,27	0,08	0,20
Przych. / AO	1,92	1,73	2,07	1,31	1,78	2,06
Z / Przych.	0,38	2,03	0,16	0,59	0,59	2,79
Aob / Przych.	0,93	59,55	-3,76	61,14	5,56	57,73
Kob / Przych.	-2,52	47,84	-0,74	16,24	-4,28	65,55
(Nal. Kr. * 365) / Przych.	6,51	20641,26	-1516,11	22281,65	1511,83	18823,03
(ZK * 365) / Przych.	1257,45	36552,57	-1103,03	25295,63	3591,11	44955,22
ZO / AO	0,57	0,29	0,66	0,27	0,48	0,27
ZK / AO	0,48	0,28	0,59	0,27	0,38	0,24
AO / ZO	4,43	22,33	2,40	7,27	6,49	30,76
Aob / ZO	3,26	16,28	1,88	7,22	4,68	21,89
KW / ZO	3,37	22,33	1,30	7,25	5,48	30,76
ŚP / AO	0,15	0,19	0,10	0,16	0,19	0,20
Aob / AO	0,75	0,23	0,74	0,22	0,76	0,25
At / AO	0,25	0,23	0,26	0,22	0,24	0,25
Z / Kob	0,32	1,37	0,23	0,41	0,40	1,89
ZK / ZO	0,87	0,21	0,90	0,15	0,85	0,25
Kob / KW	1,33	5,71	1,06	5,53	1,60	5,89
WO / ZO	0,59	4,12	0,06	0,90	1,13	5,73
KW / AO	0,40	0,30	0,29	0,28	0,51	0,27
WB / ZK	0,62	4,14	0,05	0,95	1,19	5,75
WN / ZO	0,48	3,41	0,02	0,90	0,95	4,72

T-5	Ogółem		Upadłe		Zdrowe	
	Średnia	Odchylenie Standardowe	Średnia	Odchylenie Standardowe	Średnia	Odchylenie Standardowe
Aob / ZK	3,04	6,17	2,57	6,47	3,51	5,82
(Aob - Z) / ZK	2,36	5,44	1,88	5,45	2,83	5,42
Kob / AO	0,28	0,30	0,20	0,28	0,36	0,30
ŚP / ZK	0,96	3,84	0,73	4,90	1,19	2,32
ZK / Aob	0,72	0,61	0,80	0,50	0,64	0,70
WN / AO	0,09	0,25	0,06	0,30	0,12	0,18
WN / KW	0,42	2,52	0,58	3,49	0,27	0,73
WO / AO	0,12	0,24	0,10	0,29	0,14	0,19
WB / Przych.	-0,61	10,96	-0,09	1,23	-1,13	15,41
WN / Przych.	-0,62	10,96	-0,10	1,23	-1,14	15,40
WB / AO	0,10	0,26	0,07	0,31	0,13	0,19
(WN + Am) / AO	0,09	0,25	0,08	0,30	0,10	0,18
Przych. / AO	2,15	2,35	2,40	2,48	1,89	2,19
Z / Przych.	0,90	7,97	1,07	10,77	0,74	3,49
Aob / Przych.	3,77	43,21	1,54	11,67	5,98	59,82
Kob / Przych.	-1,88	48,89	0,79	11,76	-4,52	67,94
(Nal. Kr. * 365) / Przych.	869,14	13831,70	119,57	315,88	1609,57	19499,98
(ZK * 365) / Przych.	2063,47	33046,77	274,35	1526,81	3830,76	46570,94
ZO / AO	0,55	0,26	0,61	0,24	0,48	0,26
ZK / AO	0,47	0,25	0,54	0,23	0,40	0,24
AO / ZO	3,51	8,22	2,63	5,64	4,40	10,12
Aob / ZO	2,63	5,67	2,08	5,52	3,18	5,79
KW / ZO	2,45	8,20	1,50	5,58	3,41	10,12
ŚP / AO	0,16	0,19	0,12	0,17	0,20	0,20
Aob / AO	0,76	0,23	0,75	0,21	0,77	0,25
At / AO	0,24	0,23	0,25	0,21	0,23	0,25
Z / Kob	0,33	2,05	0,39	2,87	0,28	0,45
ZK / ZO	0,88	0,20	0,90	0,17	0,87	0,23
Kob / KW	0,93	7,77	0,76	10,02	1,11	4,55
WO / ZO	0,39	2,38	0,17	2,34	0,62	2,40
KW / AO	0,42	0,28	0,33	0,26	0,51	0,26
WB / ZK	0,34	3,05	0,04	3,56	0,64	2,40
WN / ZO	0,23	2,79	-0,07	3,37	0,53	2,01

## Załącznik 2. Wartości własne czynników – analiza głównych składowych

Wartości własne czynników T-1

Nr wartości	Wartości własne czynników T-1			
	Wartość wł	% ogółu	Skumul.	Skumul.
1	7,226841	21,89952	7,22684	21,8995
2	5,402328	16,37069	12,62917	38,2702
3	4,582904	13,88759	17,21207	52,1578
4	2,639534	7,99859	19,85161	60,1564
5	2,147765	6,50838	21,99937	66,6648
6	2,082482	6,31055	24,08186	72,9753
7	1,974825	5,98432	26,05668	78,9596
8	1,449342	4,39195	27,50602	83,3516
9	1,306464	3,95898	28,81249	87,3106
10	1,001000	3,03333	29,81349	90,3439
11	0,864840	2,62073	30,67833	92,9646
12	0,585912	1,77549	31,26424	94,7401
13	0,572452	1,73470	31,83669	96,4748
14	0,354488	1,07420	32,19118	97,5490
15	0,220585	0,66844	32,41176	98,2175
16	0,154739	0,46891	32,56650	98,6864
17	0,122195	0,37029	32,68870	99,0567
18	0,106661	0,32321	32,79536	99,3799
19	0,093739	0,28406	32,88910	99,6639
20	0,031988	0,09693	32,92108	99,7609
21	0,027144	0,08225	32,94823	99,8431
22	0,023388	0,07087	32,97162	99,9140
23	0,012604	0,03819	32,98422	99,9522
24	0,007839	0,02375	32,99206	99,9759
25	0,004764	0,01444	32,99682	99,9904
26	0,002188	0,00663	32,99901	99,9970
27	0,000886	0,00268	32,99990	99,9997
28	0,000084	0,00025	32,99998	99,9999
29	0,000020	0,00006	33,00000	100,0000
30	0,000000	0,00000	33,00000	100,0000

Wartości własne czynników T-2

Nr wartości	Wartości własne czynników T-2			
	Wartość wł	% ogółu	Skumul.	Skumul.
1	8,859214	26,84610	8,85921	26,8461
2	6,544720	19,83249	15,40393	46,6786
3	3,998088	12,11542	19,40202	58,7940
4	2,624457	7,95290	22,02648	66,7469
5	2,537877	7,69054	24,56436	74,4374
6	2,270557	6,88048	26,83491	81,3179
7	1,475210	4,47033	28,31012	85,7883
8	0,961095	2,91241	29,27122	88,7007
9	0,907661	2,75049	30,17888	91,4512
10	0,761290	2,30694	30,94017	93,7581
11	0,702306	2,12820	31,64248	95,8863
12	0,558026	1,69099	32,20050	97,5773
13	0,496307	1,50396	32,69681	99,0812
14	0,150986	0,45753	32,84779	99,5388
15	0,083170	0,25203	32,93097	99,7908
16	0,032847	0,09954	32,96381	99,8903
17	0,012151	0,03682	32,97596	99,9272
18	0,007422	0,02249	32,98339	99,9497
19	0,006547	0,01984	32,98993	99,9695
20	0,004706	0,01426	32,99464	99,9838
21	0,002051	0,00621	32,99669	99,9900
22	0,001518	0,00460	32,99821	99,9946
23	0,000661	0,00200	32,99887	99,9966
24	0,000548	0,00166	32,99942	99,9982
25	0,000269	0,00082	32,99968	99,9990
26	0,000204	0,00062	32,99989	99,9997
27	0,000058	0,00018	32,99995	99,9998
28	0,000038	0,00011	32,99998	100,0000
29	0,000008	0,00003	32,99999	100,0000
30	0,000005	0,00002	33,00000	100,0000
31	0,000003	0,00001	33,00000	100,0000



Wartości własne czynników T-3

Nr wartości	Wartości własne czynników T-3			
	Wartość wł	% ogółu	Skumul.	Skumul.
1	9,063372	27,46476	9,06337	27,4648
2	6,188096	18,75180	15,25147	46,2166
3	4,771850	14,46015	20,02332	60,6767
4	2,715189	8,22784	22,73851	68,9046
5	1,949216	5,90671	24,68772	74,8113
6	1,936759	5,86897	26,62448	80,6802
7	1,433054	4,34259	28,05753	85,0228
8	1,054979	3,19691	29,11251	88,2197
9	0,731578	2,21690	29,84409	90,4366
10	0,653964	1,98171	30,49805	92,4183
11	0,609237	1,84617	31,10729	94,2645
12	0,592208	1,79457	31,69950	96,0591
13	0,457381	1,38600	32,15688	97,4451
14	0,429280	1,30085	32,58616	98,7459
15	0,168402	0,51031	32,75456	99,2562
16	0,101277	0,30690	32,85584	99,5632
17	0,061340	0,18588	32,91718	99,7490
18	0,035481	0,10752	32,95266	99,8565
19	0,014507	0,04396	32,96717	99,9005
20	0,010802	0,03273	32,97797	99,9332
21	0,007211	0,02185	32,98518	99,9551
22	0,006259	0,01897	32,99144	99,9741
23	0,002625	0,00795	32,99406	99,9820
24	0,002345	0,00711	32,99641	99,9891
25	0,001488	0,00451	32,99790	99,9936
26	0,001121	0,00340	32,99902	99,9970
27	0,000472	0,00143	32,99949	99,9985
28	0,000353	0,00107	32,99984	99,9995
29	0,000117	0,00036	32,99996	99,9999
30	0,000034	0,00010	33,00000	100,0000
31	0,000004	0,00001	33,00000	100,0000

Wartości własne czynników T-4

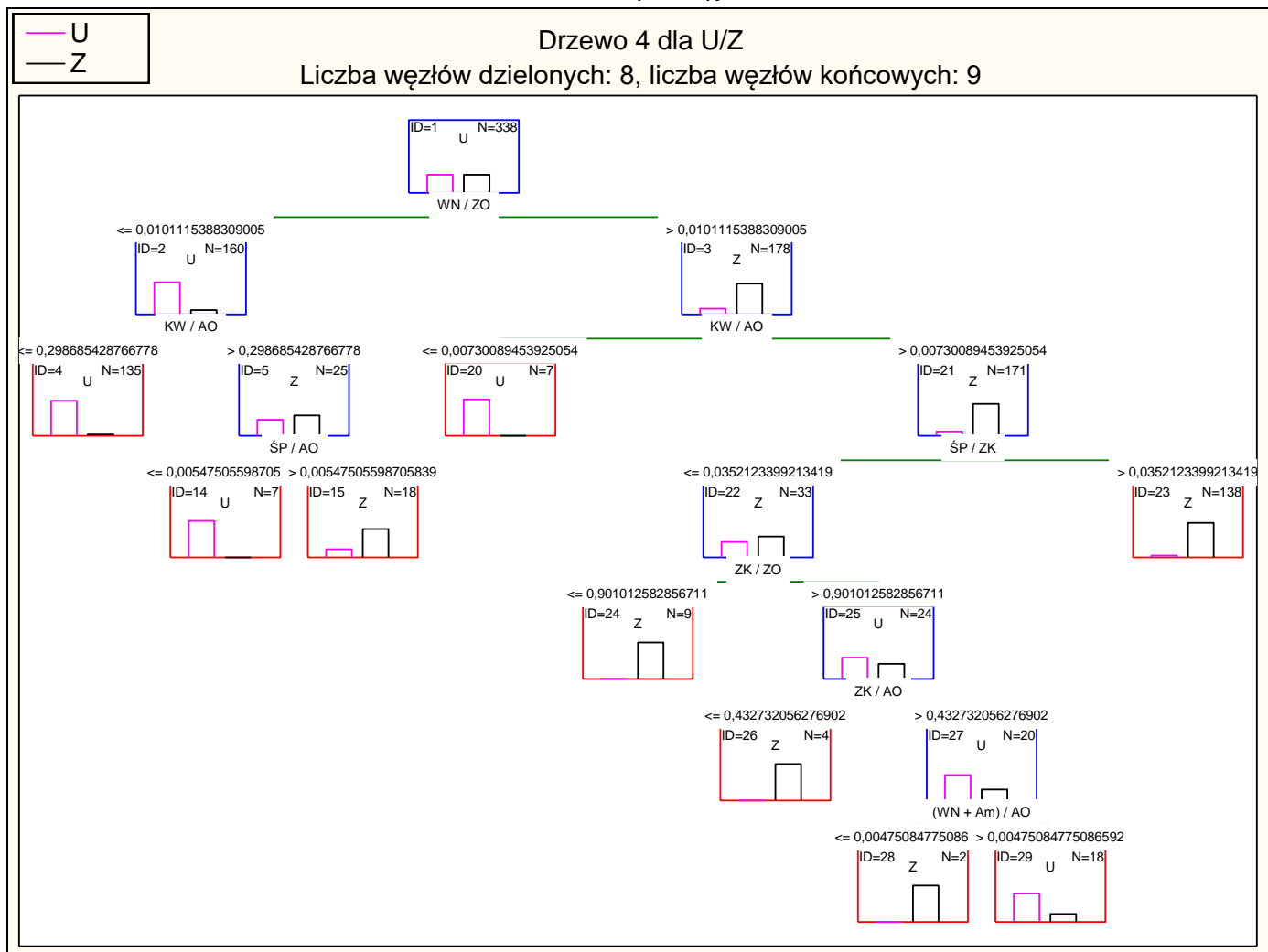
Nr wartości	Wartości własne czynników T-4			
	Wartość wł	% ogółu	Skumul.	Skumul.
1	9,220990	27,94239	9,22099	27,9424
2	5,388018	16,32733	14,60901	44,2697
3	4,773277	14,46448	19,38228	58,7342
4	3,289894	9,96938	22,67218	68,7036
5	2,470946	7,48771	25,14312	76,1913
6	2,229697	6,75666	27,37282	82,9479
7	1,060755	3,21441	28,43358	86,1624
8	0,980507	2,97123	29,41408	89,1336
9	0,810454	2,45592	30,22454	91,5895
10	0,748882	2,26934	30,97342	93,8588
11	0,639610	1,93821	31,61303	95,7971
12	0,592368	1,79505	32,20540	97,5921
13	0,351519	1,06521	32,55692	98,6573
14	0,241741	0,73255	32,79866	99,3899
15	0,093384	0,28298	32,89204	99,6729
16	0,047017	0,14248	32,93906	99,8153
17	0,017906	0,05426	32,95696	99,8696
18	0,013626	0,04129	32,97059	99,9109
19	0,013495	0,04089	32,98408	99,9518
20	0,005999	0,01818	32,99008	99,9700
21	0,003829	0,01160	32,99391	99,9816
22	0,002558	0,00775	32,99647	99,9893
23	0,001525	0,00462	32,99800	99,9939
24	0,000847	0,00257	32,99884	99,9965
25	0,000618	0,00187	32,99946	99,9984
26	0,000218	0,00066	32,99968	99,9990
27	0,000203	0,00062	32,99988	99,9996
28	0,000101	0,00031	32,99998	100,0000
29	0,000010	0,00003	32,99999	100,0000
30	0,000005	0,00002	33,00000	100,0000
31	0,000000	0,00000	33,00000	100,0000

Wartości własne czynników T-5

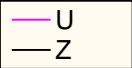
Nr wartości	Wartości własne czynników T-5			
	Wartość wł	% ogółu	Skumul.	Skumul.
1	7,646322	23,17067	7,64632	23,1707
2	6,410407	19,42547	14,05673	42,5961
3	5,760432	17,45585	19,81716	60,0520
4	2,583750	7,82955	22,40091	67,8815
5	2,397925	7,26644	24,79884	75,1480
6	1,969683	5,96874	26,76852	81,1167
7	1,408260	4,26745	28,17678	85,3842
8	1,172906	3,55426	29,34968	88,9384
9	0,976721	2,95976	30,32641	91,8982
10	0,765695	2,32029	31,09210	94,2185
11	0,689733	2,09010	31,78183	96,3086
12	0,421427	1,27705	32,20326	97,5856
13	0,320774	0,97204	32,52403	98,5577
14	0,163209	0,49457	32,68724	99,0523
15	0,097024	0,29401	32,78427	99,3463
16	0,053271	0,16143	32,83754	99,5077
17	0,044863	0,13595	32,88240	99,6436
18	0,033545	0,10165	32,91595	99,7453
19	0,030488	0,09239	32,94643	99,8377
20	0,025625	0,07765	32,97206	99,9153
21	0,011407	0,03457	32,98347	99,9499
22	0,005261	0,01594	32,98873	99,9658
23	0,004023	0,01219	32,99275	99,9780
24	0,003497	0,01060	32,99625	99,9886
25	0,002699	0,00818	32,99895	99,9968
26	0,000903	0,00274	32,99985	99,9995
27	0,000096	0,00029	32,99995	99,9998
28	0,000041	0,00012	32,99999	100,0000
29	0,000012	0,00004	33,00000	100,0000
30	0,000000	0,00000	33,00000	100,0000

# Załącznik 3. Wykresy – drzewa klasyfikacyjne

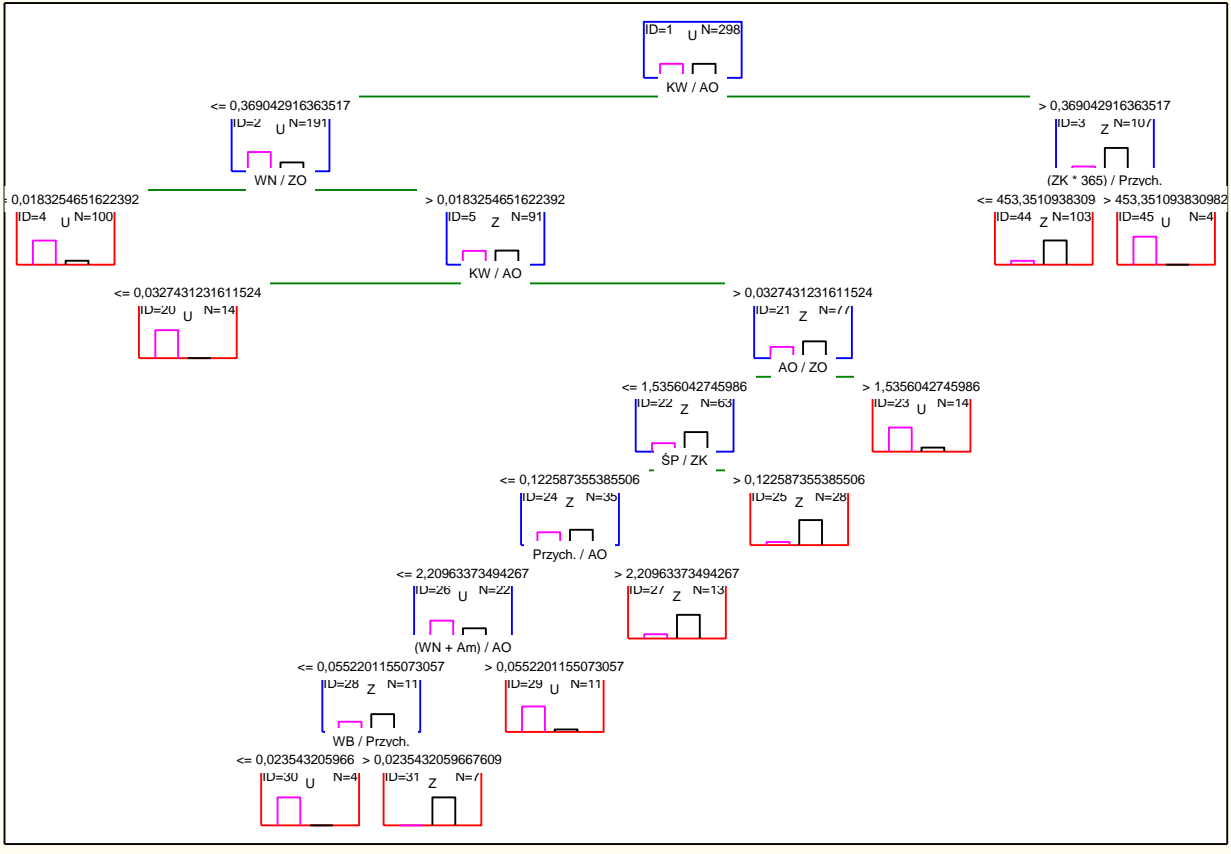
Drzewo klasyfikacyjne T-1



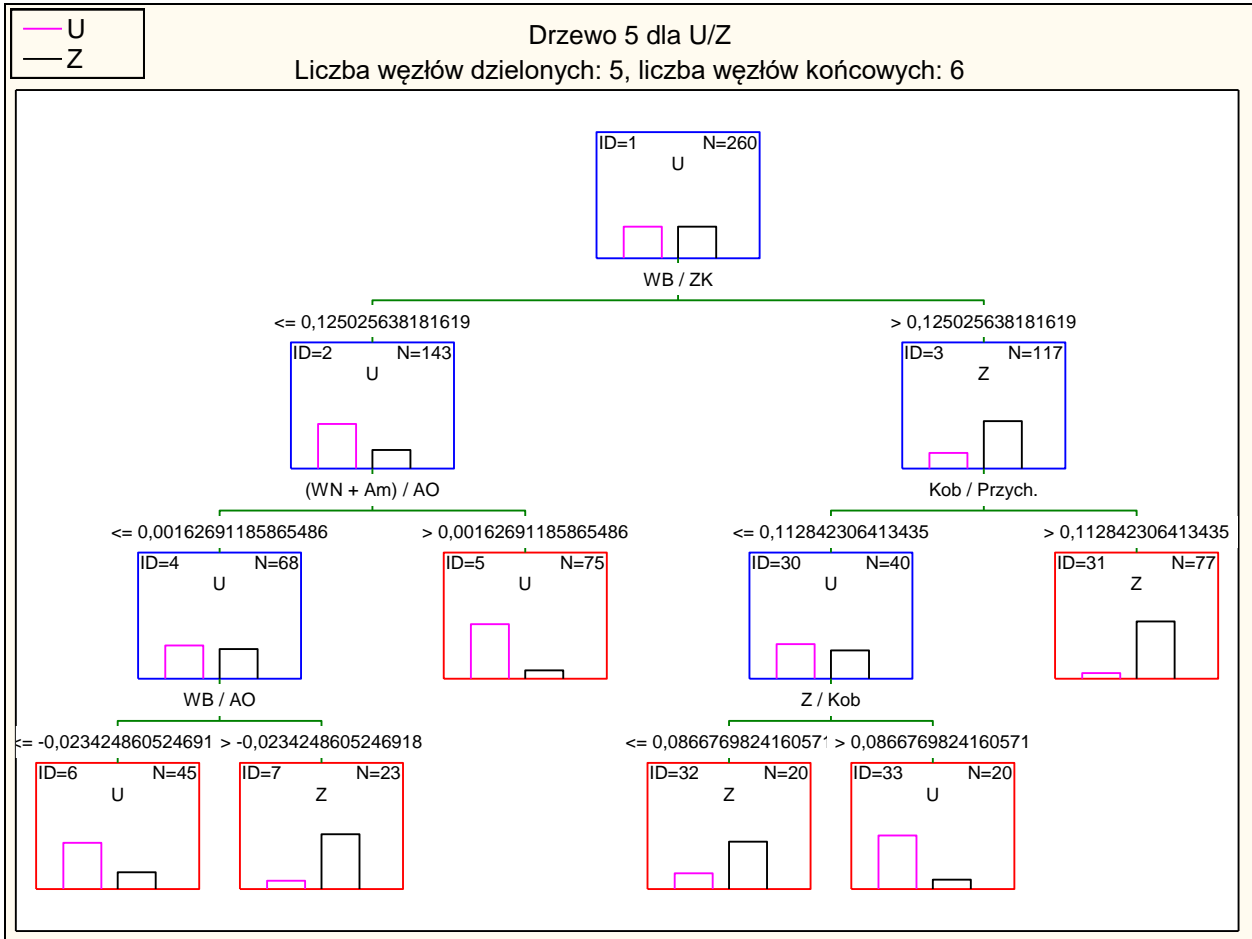
# Drzewo klasyfikacyjne T-2



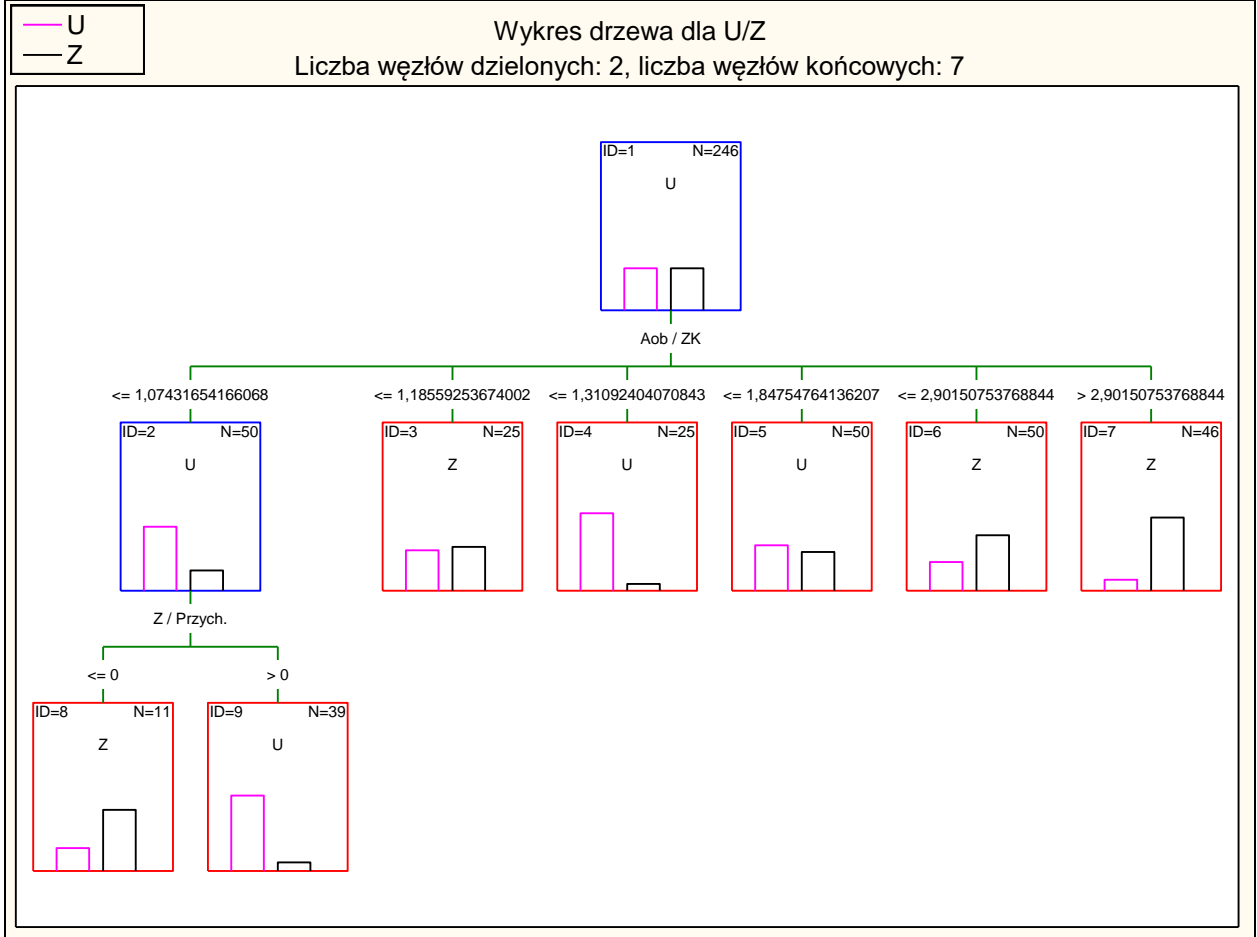
Drzewo 7 dla U/Z  
Liczba węzłów dzielonych: 9, liczba węzłów końcowych: 10



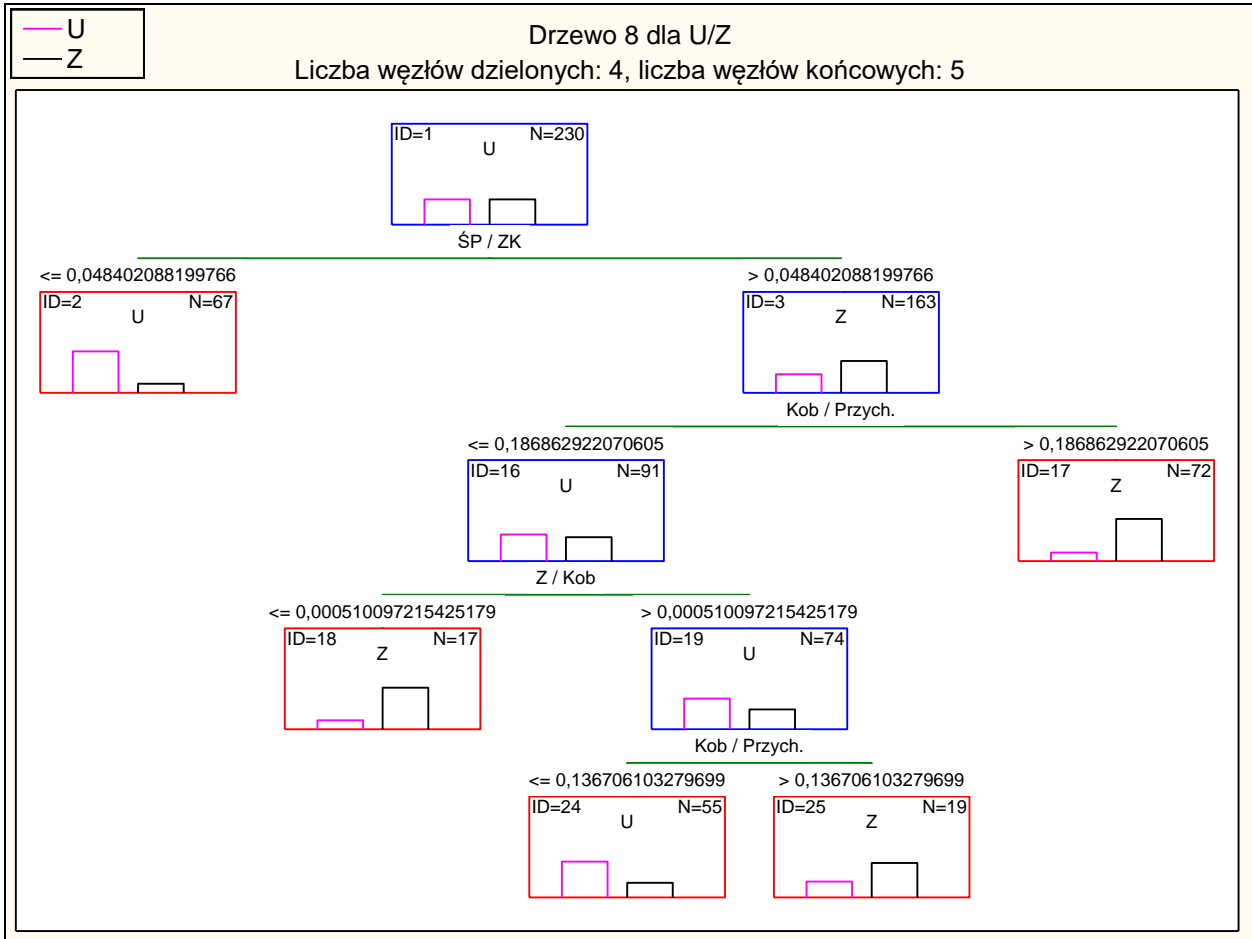
### Drzewo klasyfikacyjne T-3



# Drzewo klasyfikacyjne T-4



### Drzewo klasyfikacyjne T-5





## Załącznik 4. Wagi połączeń sieci neuronowych

### Sztuczna sieć neuronowa T-1

ID wagi	Wagi sieci (t-1wszystkie)	
	Połączenia 1.MLP 33-6-2	Wartości wag 1.MLP 33-6-2
1	Aob / ZK --> ukryty neuron 1	-0,34919
2	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 1	-0,15092
3	Kob / AO --> ukryty neuron 1	0,22789
4	ŚP / ZK --> ukryty neuron 1	-0,25760
5	ZK / Aob --> ukryty neuron 1	-0,68027
6	WN / AO --> ukryty neuron 1	0,03062
7	WN / KW --> ukryty neuron 1	-0,60335
8	WO / AO --> ukryty neuron 1	0,30495
9	WB / Przych. --> ukryty neuron 1	0,70198
10	WN / Przych. --> ukryty neuron 1	0,56068
11	WB / AO --> ukryty neuron 1	0,19000
12	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 1	1,04866
13	Przych. / AO --> ukryty neuron 1	0,08524
14	Z / Przych. --> ukryty neuron 1	0,26285
15	Aob / Przych. --> ukryty neuron 1	-0,39220
16	Kob / Przych. --> ukryty neuron 1	0,20052
17	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 1	0,16043
18	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 1	-0,46518
19	ZO / AO --> ukryty neuron 1	-0,51344
20	ZK / AO --> ukryty neuron 1	-0,22133
21	AO / ZO --> ukryty neuron 1	-0,07790
22	Aob / ZO --> ukryty neuron 1	-0,20768
23	KW / ZO --> ukryty neuron 1	-0,79310
24	ŚP / AO --> ukryty neuron 1	-0,62072
25	Aob / AO --> ukryty neuron 1	0,25674
26	At / AO --> ukryty neuron 1	-0,36466
27	Z / Kob --> ukryty neuron 1	0,09779
28	ZK / ZO --> ukryty neuron 1	0,38929
29	Kob / KW --> ukryty neuron 1	-0,76476
30	WO / ZO --> ukryty neuron 1	-0,07001
31	KW / AO --> ukryty neuron 1	0,10778
32	WB / ZK --> ukryty neuron 1	0,15303
33	WN / ZO --> ukryty neuron 1	-0,16614
34	Aob / ZK --> ukryty neuron 2	0,22644
35	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 2	0,05930
36	Kob / AO --> ukryty neuron 2	0,13764
37	ŚP / ZK --> ukryty neuron 2	0,39298
38	ZK / Aob --> ukryty neuron 2	-0,19954
39	WN / AO --> ukryty neuron 2	0,20558
40	WN / KW --> ukryty neuron 2	0,08399
41	WO / AO --> ukryty neuron 2	0,10423
42	WB / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,02192
43	WN / Przych. --> ukryty neuron 2	0,03120

44	WB / AO --> ukryty neuron 2	0,13949
45	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 2	0,23353
46	Przych. / AO --> ukryty neuron 2	0,10563
47	Z / Przych. --> ukryty neuron 2	0,27255
48	Aob / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,09406
49	Kob / Przych. --> ukryty neuron 2	0,12243
50	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 2	0,33651
51	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,15374
52	ZO / AO --> ukryty neuron 2	-0,08476
53	ZK / AO --> ukryty neuron 2	-0,23268
54	AO / ZO --> ukryty neuron 2	0,05472
55	Aob / ZO --> ukryty neuron 2	0,16455
56	KW / ZO --> ukryty neuron 2	0,21368
57	ŚP / AO --> ukryty neuron 2	-0,06463
58	Aob / AO --> ukryty neuron 2	-0,08079
59	At / AO --> ukryty neuron 2	0,05400
60	Z / Kob --> ukryty neuron 2	0,31554
61	ZK / ZO --> ukryty neuron 2	0,34603
62	Kob / KW --> ukryty neuron 2	-0,62600
63	WO / ZO --> ukryty neuron 2	0,21663
64	KW / AO --> ukryty neuron 2	0,11009
65	WB / ZK --> ukryty neuron 2	0,07978
66	WN / ZO --> ukryty neuron 2	0,12420
67	Aob / ZK --> ukryty neuron 3	-0,71802
68	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 3	-0,71229
69	Kob / AO --> ukryty neuron 3	-0,83994
70	ŚP / ZK --> ukryty neuron 3	-0,65502
71	ZK / Aob --> ukryty neuron 3	0,06389
72	WN / AO --> ukryty neuron 3	-0,65134
73	WN / KW --> ukryty neuron 3	-0,28620
74	WO / AO --> ukryty neuron 3	-0,57853
75	WB / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,81515
76	WN / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,77788
77	WB / AO --> ukryty neuron 3	-0,63877
78	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 3	-0,62746
79	Przych. / AO --> ukryty neuron 3	-0,45450
80	Z / Przych. --> ukryty neuron 3	0,07597
81	Aob / Przych. --> ukryty neuron 3	0,10786
82	Kob / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,60308
83	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 3	0,10906
84	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 3	0,11895
85	ZO / AO --> ukryty neuron 3	0,14642
86	ZK / AO --> ukryty neuron 3	0,06155
87	AO / ZO --> ukryty neuron 3	-0,75593
88	Aob / ZO --> ukryty neuron 3	-0,71934
89	KW / ZO --> ukryty neuron 3	-0,86309
90	ŚP / AO --> ukryty neuron 3	-0,60485
91	Aob / AO --> ukryty neuron 3	-0,52346
92	At / AO --> ukryty neuron 3	-0,19826

93	Z / Kob --> ukryty neuron 3	-0,07581
94	ZK / ZO --> ukryty neuron 3	-0,45490
95	Kob / KW --> ukryty neuron 3	-0,31130
96	WO / ZO --> ukryty neuron 3	-0,67532
97	KW / AO --> ukryty neuron 3	-0,84415
98	WB / ZK --> ukryty neuron 3	-0,72046
99	WN / ZO --> ukryty neuron 3	-0,66940
100	Aob / ZK --> ukryty neuron 4	-0,63006
101	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 4	0,44564
102	Kob / AO --> ukryty neuron 4	-0,07245
103	ŚP / ZK --> ukryty neuron 4	0,18142
104	ZK / Aob --> ukryty neuron 4	-2,48712
105	WN / AO --> ukryty neuron 4	-0,78885
106	WN / KW --> ukryty neuron 4	-0,36905
107	WO / AO --> ukryty neuron 4	0,42355
108	WB / Przych. --> ukryty neuron 4	0,07899
109	WN / Przych. --> ukryty neuron 4	-0,02885
110	WB / AO --> ukryty neuron 4	-0,73617
111	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 4	2,36060
112	Przych. / AO --> ukryty neuron 4	-0,32349
113	Z / Przych. --> ukryty neuron 4	0,22874
114	Aob / Przych. --> ukryty neuron 4	-0,78166
115	Kob / Przych. --> ukryty neuron 4	0,82306
116	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 4	0,33687
117	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 4	-1,00858
118	ZO / AO --> ukryty neuron 4	-0,38338
119	ZK / AO --> ukryty neuron 4	-0,36360
120	AO / ZO --> ukryty neuron 4	-0,47781
121	Aob / ZO --> ukryty neuron 4	-0,67892
122	KW / ZO --> ukryty neuron 4	-2,78926
123	ŚP / AO --> ukryty neuron 4	-0,96089
124	Aob / AO --> ukryty neuron 4	-0,08496
125	At / AO --> ukryty neuron 4	0,04564
126	Z / Kob --> ukryty neuron 4	0,34925
127	ZK / ZO --> ukryty neuron 4	0,77937
128	Kob / KW --> ukryty neuron 4	-0,52111
129	WO / ZO --> ukryty neuron 4	0,73359
130	KW / AO --> ukryty neuron 4	-1,08226
131	WB / ZK --> ukryty neuron 4	-0,15992
132	WN / ZO --> ukryty neuron 4	-0,18630
133	Aob / ZK --> ukryty neuron 5	-0,21025
134	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 5	0,10447
135	Kob / AO --> ukryty neuron 5	-0,31477
136	ŚP / ZK --> ukryty neuron 5	-0,40998
137	ZK / Aob --> ukryty neuron 5	-1,68025
138	WN / AO --> ukryty neuron 5	2,55125
139	WN / KW --> ukryty neuron 5	-0,36187
140	WO / AO --> ukryty neuron 5	0,85148
141	WB / Przych. --> ukryty neuron 5	0,53217

142	WN / Przych. --> ukryty neuron 5	1,19244
143	WB / AO --> ukryty neuron 5	2,08145
144	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 5	-2,99268
145	Przych. / AO --> ukryty neuron 5	-0,17074
146	Z / Przych. --> ukryty neuron 5	0,06278
147	Aob / Przych. --> ukryty neuron 5	0,16719
148	Kob / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,09332
149	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,13419
150	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,67090
151	ZO / AO --> ukryty neuron 5	1,16423
152	ZK / AO --> ukryty neuron 5	-0,05771
153	AO / ZO --> ukryty neuron 5	-3,75319
154	Aob / ZO --> ukryty neuron 5	-0,55257
155	KW / ZO --> ukryty neuron 5	3,25351
156	ŚP / AO --> ukryty neuron 5	-0,19031
157	Aob / AO --> ukryty neuron 5	-0,54957
158	At / AO --> ukryty neuron 5	-0,99883
159	Z / Kob --> ukryty neuron 5	-0,06122
160	ZK / ZO --> ukryty neuron 5	0,07991
161	Kob / KW --> ukryty neuron 5	-0,38080
162	WO / ZO --> ukryty neuron 5	-0,27392
163	KW / AO --> ukryty neuron 5	2,43207
164	WB / ZK --> ukryty neuron 5	-1,17991
165	WN / ZO --> ukryty neuron 5	-0,00753
166	Aob / ZK --> ukryty neuron 6	-0,15837
167	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 6	-0,20689
168	Kob / AO --> ukryty neuron 6	-0,13210
169	ŚP / ZK --> ukryty neuron 6	0,11321
170	ZK / Aob --> ukryty neuron 6	0,17231
171	WN / AO --> ukryty neuron 6	0,07182
172	WN / KW --> ukryty neuron 6	0,23667
173	WO / AO --> ukryty neuron 6	-0,11366
174	WB / Przych. --> ukryty neuron 6	0,04418
175	WN / Przych. --> ukryty neuron 6	0,06009
176	WB / AO --> ukryty neuron 6	0,14844
177	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 6	-0,08093
178	Przych. / AO --> ukryty neuron 6	-0,40888
179	Z / Przych. --> ukryty neuron 6	-0,18948
180	Aob / Przych. --> ukryty neuron 6	0,30126
181	Kob / Przych. --> ukryty neuron 6	-0,00174
182	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 6	-0,14261
183	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 6	0,04166
184	ZO / AO --> ukryty neuron 6	-0,23193
185	ZK / AO --> ukryty neuron 6	-0,15808
186	AO / ZO --> ukryty neuron 6	0,20279
187	Aob / ZO --> ukryty neuron 6	0,20318
188	KW / ZO --> ukryty neuron 6	0,12736
189	ŚP / AO --> ukryty neuron 6	0,65080
190	Aob / AO --> ukryty neuron 6	-0,19499

191	At / AO --> ukryty neuron 6	-0,04252
192	Z / Kob --> ukryty neuron 6	-0,15124
193	ZK / ZO --> ukryty neuron 6	-0,37321
194	Kob / KW --> ukryty neuron 6	0,79996
195	WO / ZO --> ukryty neuron 6	-0,41842
196	KW / AO --> ukryty neuron 6	0,16676
197	WB / ZK --> ukryty neuron 6	-0,00287
198	WN / ZO --> ukryty neuron 6	-0,04958
199	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 1	-0,04455
200	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 2	-0,03170
201	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 3	-0,69522
202	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 4	-0,06444
203	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 5	-1,67714
204	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 6	-0,23748
205	ukryty neuron 1 --> U/Z(U)	0,12515
206	ukryty neuron 2 --> U/Z(U)	-0,04684
207	ukryty neuron 3 --> U/Z(U)	0,31458
208	ukryty neuron 4 --> U/Z(U)	2,03932
209	ukryty neuron 5 --> U/Z(U)	-0,54541
210	ukryty neuron 6 --> U/Z(U)	0,16875
211	ukryty neuron 1 --> U/Z(Z)	-0,17097
212	ukryty neuron 2 --> U/Z(Z)	0,05533
213	ukryty neuron 3 --> U/Z(Z)	0,26544
214	ukryty neuron 4 --> U/Z(Z)	-1,55550
215	ukryty neuron 5 --> U/Z(Z)	0,57559
216	ukryty neuron 6 --> U/Z(Z)	-0,20592
217	przesunięcie ukrytych --> U/Z(U)	0,80296
218	przesunięcie ukrytych --> U/Z(Z)	0,19193

## Sztuczna sieć neuronowa T-2

ID wagi	Wagi sieci (t-1wszystkie)	
	Połączenia 1.MLP 33-22-2	Wartości wag 1.MLP 33-22-2
1	Aob / ZK --> ukryty neuron 1	-0,38281
2	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 1	-0,34010
3	Kob / AO --> ukryty neuron 1	0,19303
4	ŚP / ZK --> ukryty neuron 1	-0,01326
5	ZK / Aob --> ukryty neuron 1	-0,82892
6	WN / AO --> ukryty neuron 1	1,85261
7	WN / KW --> ukryty neuron 1	-0,10723
8	WO / AO --> ukryty neuron 1	-0,18397
9	WB / Przych. --> ukryty neuron 1	-0,70230
10	WN / Przych. --> ukryty neuron 1	0,63574
11	WB / AO --> ukryty neuron 1	0,86829
12	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 1	-2,81793
13	Przych. / AO --> ukryty neuron 1	0,02817
14	Z / Przych. --> ukryty neuron 1	0,40964
15	Aob / Przych. --> ukryty neuron 1	0,13246
16	Kob / Przych. --> ukryty neuron 1	-0,24689
17	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 1	0,07680
18	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 1	0,25037
19	ZO / AO --> ukryty neuron 1	0,38731
20	ZK / AO --> ukryty neuron 1	0,53839
21	AO / ZO --> ukryty neuron 1	-0,73546
22	Aob / ZO --> ukryty neuron 1	-0,21685
23	KW / ZO --> ukryty neuron 1	0,19946
24	ŚP / AO --> ukryty neuron 1	-0,29560
25	Aob / AO --> ukryty neuron 1	0,24098
26	At / AO --> ukryty neuron 1	0,05016
27	Z / Kob --> ukryty neuron 1	0,24203
28	ZK / ZO --> ukryty neuron 1	0,06722
29	Kob / KW --> ukryty neuron 1	0,32486
30	WO / ZO --> ukryty neuron 1	-0,02983
31	KW / AO --> ukryty neuron 1	0,25602
32	WB / ZK --> ukryty neuron 1	0,99349
33	WN / ZO --> ukryty neuron 1	-0,06846
34	Aob / ZK --> ukryty neuron 2	-0,48000
35	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 2	-0,31607
36	Kob / AO --> ukryty neuron 2	-0,91712
37	ŚP / ZK --> ukryty neuron 2	-0,88054
38	ZK / Aob --> ukryty neuron 2	0,70708
39	WN / AO --> ukryty neuron 2	-2,20945
40	WN / KW --> ukryty neuron 2	-0,22821
41	WO / AO --> ukryty neuron 2	-0,65817
42	WB / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,18836
43	WN / Przych. --> ukryty neuron 2	-1,13923
44	WB / AO --> ukryty neuron 2	-1,52978
45	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 2	1,48312
46	Przych. / AO --> ukryty neuron 2	0,17965

47	Z / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,27813
48	Aob / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,18461
49	Kob / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,49927
50	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 2	0,41878
51	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 2	0,38614
52	ZO / AO --> ukryty neuron 2	0,59302
53	ZK / AO --> ukryty neuron 2	0,68361
54	AO / ZO --> ukryty neuron 2	0,58863
55	Aob / ZO --> ukryty neuron 2	-0,25458
56	KW / ZO --> ukryty neuron 2	-0,91397
57	ŚP / AO --> ukryty neuron 2	-0,37146
58	Aob / AO --> ukryty neuron 2	-0,07769
59	At / AO --> ukryty neuron 2	-0,03912
60	Z / Kob --> ukryty neuron 2	-0,08533
61	ZK / ZO --> ukryty neuron 2	0,38165
62	Kob / KW --> ukryty neuron 2	-0,26632
63	WO / ZO --> ukryty neuron 2	-0,83677
64	KW / AO --> ukryty neuron 2	-1,29028
65	WB / ZK --> ukryty neuron 2	-0,70712
66	WN / ZO --> ukryty neuron 2	-0,74146
67	Aob / ZK --> ukryty neuron 3	-0,90689
68	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 3	-0,62253
69	Kob / AO --> ukryty neuron 3	-1,56703
70	ŚP / ZK --> ukryty neuron 3	-1,44827
71	ZK / Aob --> ukryty neuron 3	0,75134
72	WN / AO --> ukryty neuron 3	-2,89085
73	WN / KW --> ukryty neuron 3	-0,37976
74	WO / AO --> ukryty neuron 3	-1,26975
75	WB / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,84030
76	WN / Przych. --> ukryty neuron 3	-1,69877
77	WB / AO --> ukryty neuron 3	-2,25306
78	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 3	1,07279
79	Przych. / AO --> ukryty neuron 3	0,23403
80	Z / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,45340
81	Aob / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,35320
82	Kob / Przych. --> ukryty neuron 3	-1,05683
83	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 3	0,70180
84	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 3	0,73425
85	ZO / AO --> ukryty neuron 3	1,21515
86	ZK / AO --> ukryty neuron 3	1,48514
87	AO / ZO --> ukryty neuron 3	0,69079
88	Aob / ZO --> ukryty neuron 3	-0,61340
89	KW / ZO --> ukryty neuron 3	-1,67632
90	ŚP / AO --> ukryty neuron 3	-0,65341
91	Aob / AO --> ukryty neuron 3	-0,11257
92	At / AO --> ukryty neuron 3	-0,02825
93	Z / Kob --> ukryty neuron 3	-0,29182
94	ZK / ZO --> ukryty neuron 3	0,66246
95	Kob / KW --> ukryty neuron 3	-0,40323

96	WO / ZO --> ukryty neuron 3	-1,60714
97	KW / AO --> ukryty neuron 3	-2,47801
98	WB / ZK --> ukryty neuron 3	-0,91824
99	WN / ZO --> ukryty neuron 3	-1,59934
100	Aob / ZK --> ukryty neuron 4	0,39703
101	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 4	0,38927
102	Kob / AO --> ukryty neuron 4	1,01125
103	ŚP / ZK --> ukryty neuron 4	0,98869
104	ZK / Aob --> ukryty neuron 4	-1,02989
105	WN / AO --> ukryty neuron 4	2,90694
106	WN / KW --> ukryty neuron 4	0,30080
107	WO / AO --> ukryty neuron 4	0,47823
108	WB / Przych. --> ukryty neuron 4	-0,13756
109	WN / Przych. --> ukryty neuron 4	1,47243
110	WB / AO --> ukryty neuron 4	1,68881
111	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 4	-2,41952
112	Przych. / AO --> ukryty neuron 4	-0,30586
113	Z / Przych. --> ukryty neuron 4	0,23309
114	Aob / Przych. --> ukryty neuron 4	0,08277
115	Kob / Przych. --> ukryty neuron 4	0,49193
116	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 4	-0,46647
117	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 4	-0,52887
118	ZO / AO --> ukryty neuron 4	-0,75096
119	ZK / AO --> ukryty neuron 4	-0,93796
120	AO / ZO --> ukryty neuron 4	-0,74926
121	Aob / ZO --> ukryty neuron 4	0,20267
122	KW / ZO --> ukryty neuron 4	0,81086
123	ŚP / AO --> ukryty neuron 4	0,30361
124	Aob / AO --> ukryty neuron 4	-0,01324
125	At / AO --> ukryty neuron 4	0,09059
126	Z / Kob --> ukryty neuron 4	-0,25289
127	ZK / ZO --> ukryty neuron 4	-0,58942
128	Kob / KW --> ukryty neuron 4	0,34832
129	WO / ZO --> ukryty neuron 4	0,67999
130	KW / AO --> ukryty neuron 4	1,17178
131	WB / ZK --> ukryty neuron 4	0,86920
132	WN / ZO --> ukryty neuron 4	0,48333
133	Aob / ZK --> ukryty neuron 5	1,01417
134	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 5	0,87266
135	Kob / AO --> ukryty neuron 5	1,67957
136	ŚP / ZK --> ukryty neuron 5	1,70477
137	ZK / Aob --> ukryty neuron 5	-1,00238
138	WN / AO --> ukryty neuron 5	3,26740
139	WN / KW --> ukryty neuron 5	0,59318
140	WO / AO --> ukryty neuron 5	1,10845
141	WB / Przych. --> ukryty neuron 5	0,58594
142	WN / Przych. --> ukryty neuron 5	1,87733
143	WB / AO --> ukryty neuron 5	2,26377
144	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 5	-1,49886



145	Przych. / AO --> ukryty neuron 5	-0,42467
146	Z / Przych. --> ukryty neuron 5	0,14184
147	Aob / Przych. --> ukryty neuron 5	0,12302
148	Kob / Przych. --> ukryty neuron 5	1,14361
149	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,74189
150	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 5	-1,04564
151	ZO / AO --> ukryty neuron 5	-1,48409
152	ZK / AO --> ukryty neuron 5	-1,80699
153	AO / ZO --> ukryty neuron 5	-0,65710
154	Aob / ZO --> ukryty neuron 5	0,57580
155	KW / ZO --> ukryty neuron 5	1,41438
156	ŚP / AO --> ukryty neuron 5	0,74939
157	Aob / AO --> ukryty neuron 5	-0,09504
158	At / AO --> ukryty neuron 5	0,05793
159	Z / Kob --> ukryty neuron 5	-0,37043
160	ZK / ZO --> ukryty neuron 5	-0,84640
161	Kob / KW --> ukryty neuron 5	0,32953
162	WO / ZO --> ukryty neuron 5	1,34490
163	KW / AO --> ukryty neuron 5	1,97762
164	WB / ZK --> ukryty neuron 5	0,74057
165	WN / ZO --> ukryty neuron 5	1,17639
166	Aob / ZK --> ukryty neuron 6	0,19941
167	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 6	0,07953
168	Kob / AO --> ukryty neuron 6	-0,17918
169	ŚP / ZK --> ukryty neuron 6	-0,21009
170	ZK / Aob --> ukryty neuron 6	0,82991
171	WN / AO --> ukryty neuron 6	-1,85259
172	WN / KW --> ukryty neuron 6	-0,02098
173	WO / AO --> ukryty neuron 6	0,31005
174	WB / Przych. --> ukryty neuron 6	0,84961
175	WN / Przych. --> ukryty neuron 6	-0,67560
176	WB / AO --> ukryty neuron 6	-0,71153
177	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 6	2,65298
178	Przych. / AO --> ukryty neuron 6	0,14605
179	Z / Przych. --> ukryty neuron 6	-0,08815
180	Aob / Przych. --> ukryty neuron 6	0,10055
181	Kob / Przych. --> ukryty neuron 6	0,14636
182	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 6	0,14201
183	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 6	-0,00551
184	ZO / AO --> ukryty neuron 6	-0,00758
185	ZK / AO --> ukryty neuron 6	-0,05941
186	AO / ZO --> ukryty neuron 6	0,57961
187	Aob / ZO --> ukryty neuron 6	0,18309
188	KW / ZO --> ukryty neuron 6	0,05833
189	ŚP / AO --> ukryty neuron 6	0,13180
190	Aob / AO --> ukryty neuron 6	0,03318
191	At / AO --> ukryty neuron 6	-0,06972
192	Z / Kob --> ukryty neuron 6	0,30050
193	ZK / ZO --> ukryty neuron 6	0,15585

194	Kob / KW --> ukryty neuron 6	-0,21434
195	WO / ZO --> ukryty neuron 6	0,20388
196	KW / AO --> ukryty neuron 6	0,18818
197	WB / ZK --> ukryty neuron 6	-0,63084
198	WN / ZO --> ukryty neuron 6	0,38788
199	Aob / ZK --> ukryty neuron 7	-0,01967
200	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 7	-0,07054
201	Kob / AO --> ukryty neuron 7	-0,94508
202	ŚP / ZK --> ukryty neuron 7	-0,83433
203	ZK / Aob --> ukryty neuron 7	1,63454
204	WN / AO --> ukryty neuron 7	-4,01441
205	WN / KW --> ukryty neuron 7	-0,18705
206	WO / AO --> ukryty neuron 7	-0,12831
207	WB / Przych. --> ukryty neuron 7	0,85518
208	WN / Przych. --> ukryty neuron 7	-1,72552
209	WB / AO --> ukryty neuron 7	-2,04297
210	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 7	4,61819
211	Przych. / AO --> ukryty neuron 7	0,20809
212	Z / Przych. --> ukryty neuron 7	-0,44783
213	Aob / Przych. --> ukryty neuron 7	-0,09285
214	Kob / Przych. --> ukryty neuron 7	-0,20428
215	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 7	0,33060
216	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 7	0,20654
217	ZO / AO --> ukryty neuron 7	0,26214
218	ZK / AO --> ukryty neuron 7	0,27623
219	AO / ZO --> ukryty neuron 7	1,24069
220	Aob / ZO --> ukryty neuron 7	0,01521
221	KW / ZO --> ukryty neuron 7	-0,70612
222	ŚP / AO --> ukryty neuron 7	-0,00444
223	Aob / AO --> ukryty neuron 7	-0,11941
224	At / AO --> ukryty neuron 7	-0,09782
225	Z / Kob --> ukryty neuron 7	0,10190
226	ZK / ZO --> ukryty neuron 7	0,40381
227	Kob / KW --> ukryty neuron 7	-0,56275
228	WO / ZO --> ukryty neuron 7	-0,39063
229	KW / AO --> ukryty neuron 7	-0,96845
230	WB / ZK --> ukryty neuron 7	-1,49331
231	WN / ZO --> ukryty neuron 7	-0,15152
232	Aob / ZK --> ukryty neuron 8	-0,19371
233	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 8	-0,17491
234	Kob / AO --> ukryty neuron 8	-0,49049
235	ŚP / ZK --> ukryty neuron 8	-0,42334
236	ZK / Aob --> ukryty neuron 8	0,26607
237	WN / AO --> ukryty neuron 8	-0,89985
238	WN / KW --> ukryty neuron 8	-0,14615
239	WO / AO --> ukryty neuron 8	-0,33590
240	WB / Przych. --> ukryty neuron 8	-0,19521
241	WN / Przych. --> ukryty neuron 8	-0,54799
242	WB / AO --> ukryty neuron 8	-0,66886

243	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 8	0,44306
244	Przych. / AO --> ukryty neuron 8	0,11362
245	Z / Przych. --> ukryty neuron 8	-0,08609
246	Aob / Przych. --> ukryty neuron 8	-0,11786
247	Kob / Przych. --> ukryty neuron 8	-0,35837
248	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 8	0,10217
249	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 8	0,24103
250	ZO / AO --> ukryty neuron 8	0,33874
251	ZK / AO --> ukryty neuron 8	0,42748
252	AO / ZO --> ukryty neuron 8	0,20762
253	Aob / ZO --> ukryty neuron 8	-0,14221
254	KW / ZO --> ukryty neuron 8	-0,48223
255	ŚP / AO --> ukryty neuron 8	-0,13551
256	Aob / AO --> ukryty neuron 8	-0,04709
257	At / AO --> ukryty neuron 8	-0,02343
258	Z / Kob --> ukryty neuron 8	-0,03949
259	ZK / ZO --> ukryty neuron 8	0,20609
260	Kob / KW --> ukryty neuron 8	-0,11612
261	WO / ZO --> ukryty neuron 8	-0,41343
262	KW / AO --> ukryty neuron 8	-0,65088
263	WB / ZK --> ukryty neuron 8	-0,29293
264	WN / ZO --> ukryty neuron 8	-0,40728
265	Aob / ZK --> ukryty neuron 9	0,05187
266	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 9	0,00287
267	Kob / AO --> ukryty neuron 9	0,30072
268	ŚP / ZK --> ukryty neuron 9	0,28340
269	ZK / Aob --> ukryty neuron 9	-0,44071
270	WN / AO --> ukryty neuron 9	1,14104
271	WN / KW --> ukryty neuron 9	-0,02124
272	WO / AO --> ukryty neuron 9	0,15048
273	WB / Przych. --> ukryty neuron 9	-0,13601
274	WN / Przych. --> ukryty neuron 9	0,47275
275	WB / AO --> ukryty neuron 9	0,66112
276	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 9	-1,21095
277	Przych. / AO --> ukryty neuron 9	-0,00826
278	Z / Przych. --> ukryty neuron 9	0,20316
279	Aob / Przych. --> ukryty neuron 9	0,10328
280	Kob / Przych. --> ukryty neuron 9	0,04727
281	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 9	-0,18015
282	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 9	-0,03018
283	ZO / AO --> ukryty neuron 9	-0,09798
284	ZK / AO --> ukryty neuron 9	-0,14650
285	AO / ZO --> ukryty neuron 9	-0,38258
286	Aob / ZO --> ukryty neuron 9	0,02920
287	KW / ZO --> ukryty neuron 9	0,34790
288	ŚP / AO --> ukryty neuron 9	0,06246
289	Aob / AO --> ukryty neuron 9	-0,00017
290	At / AO --> ukryty neuron 9	0,05173
291	Z / Kob --> ukryty neuron 9	0,20918

292	ZK / ZO --> ukryty neuron 9	-0,13176
293	Kob / KW --> ukryty neuron 9	0,16272
294	WO / ZO --> ukryty neuron 9	0,28154
295	KW / AO --> ukryty neuron 9	0,54453
296	WB / ZK --> ukryty neuron 9	0,44962
297	WN / ZO --> ukryty neuron 9	0,20023
298	Aob / ZK --> ukryty neuron 10	-0,76004
299	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 10	-0,50356
300	Kob / AO --> ukryty neuron 10	-0,44134
301	ŚP / ZK --> ukryty neuron 10	-0,45382
302	ZK / Aob --> ukryty neuron 10	-0,83650
303	WN / AO --> ukryty neuron 10	1,36626
304	WN / KW --> ukryty neuron 10	-0,22052
305	WO / AO --> ukryty neuron 10	-0,95152
306	WB / Przych. --> ukryty neuron 10	-1,51348
307	WN / Przych. --> ukryty neuron 10	0,17429
308	WB / AO --> ukryty neuron 10	0,05874
309	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 10	-3,44638
310	Przych. / AO --> ukryty neuron 10	0,10856
311	Z / Przych. --> ukryty neuron 10	0,07683
312	Aob / Przych. --> ukryty neuron 10	-0,14834
313	Kob / Przych. --> ukryty neuron 10	-0,73593
314	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 10	0,23352
315	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 10	0,45817
316	ZO / AO --> ukryty neuron 10	0,82532
317	ZK / AO --> ukryty neuron 10	1,01558
318	AO / ZO --> ukryty neuron 10	-0,61657
319	Aob / ZO --> ukryty neuron 10	-0,53773
320	KW / ZO --> ukryty neuron 10	-0,71283
321	ŚP / AO --> ukryty neuron 10	-0,54424
322	Aob / AO --> ukryty neuron 10	0,06866
323	At / AO --> ukryty neuron 10	0,09774
324	Z / Kob --> ukryty neuron 10	-0,23197
325	ZK / ZO --> ukryty neuron 10	0,21063
326	Kob / KW --> ukryty neuron 10	0,23035
327	WO / ZO --> ukryty neuron 10	-0,84156
328	KW / AO --> ukryty neuron 10	-1,09243
329	WB / ZK --> ukryty neuron 10	0,69434
330	WN / ZO --> ukryty neuron 10	-1,04793
331	Aob / ZK --> ukryty neuron 11	-0,65882
332	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 11	-0,50716
333	Kob / AO --> ukryty neuron 11	-0,71447
334	ŚP / ZK --> ukryty neuron 11	-0,64001
335	ZK / Aob --> ukryty neuron 11	-0,25664
336	WN / AO --> ukryty neuron 11	0,06847
337	WN / KW --> ukryty neuron 11	-0,22056
338	WO / AO --> ukryty neuron 11	-0,81190
339	WB / Przych. --> ukryty neuron 11	-1,00401
340	WN / Przych. --> ukryty neuron 11	-0,32317

341	WB / AO --> ukryty neuron 11	-0,46994
342	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 11	-1,68319
343	Przych. / AO --> ukryty neuron 11	0,20248
344	Z / Przych. --> ukryty neuron 11	0,03541
345	Aob / Przych. --> ukryty neuron 11	-0,10315
346	Kob / Przych. --> ukryty neuron 11	-0,74321
347	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 11	0,30238
348	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 11	0,52222
349	ZO / AO --> ukryty neuron 11	0,87468
350	ZK / AO --> ukryty neuron 11	1,08037
351	AO / ZO --> ukryty neuron 11	-0,23536
352	Aob / ZO --> ukryty neuron 11	-0,42668
353	KW / ZO --> ukryty neuron 11	-0,70246
354	ŚP / AO --> ukryty neuron 11	-0,46581
355	Aob / AO --> ukryty neuron 11	0,11274
356	At / AO --> ukryty neuron 11	0,01768
357	Z / Kob --> ukryty neuron 11	-0,03193
358	ZK / ZO --> ukryty neuron 11	0,32932
359	Kob / KW --> ukryty neuron 11	0,04413
360	WO / ZO --> ukryty neuron 11	-0,78139
361	KW / AO --> ukryty neuron 11	-1,09608
362	WB / ZK --> ukryty neuron 11	0,25963
363	WN / ZO --> ukryty neuron 11	-0,88171
364	Aob / ZK --> ukryty neuron 12	0,08051
365	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 12	0,10970
366	Kob / AO --> ukryty neuron 12	0,26513
367	ŚP / ZK --> ukryty neuron 12	0,32915
368	ZK / Aob --> ukryty neuron 12	-0,49920
369	WN / AO --> ukryty neuron 12	1,17212
370	WN / KW --> ukryty neuron 12	0,09185
371	WO / AO --> ukryty neuron 12	0,00338
372	WB / Przych. --> ukryty neuron 12	-0,27835
373	WN / Przych. --> ukryty neuron 12	0,51636
374	WB / AO --> ukryty neuron 12	0,54795
375	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 12	-1,30683
376	Przych. / AO --> ukryty neuron 12	-0,11821
377	Z / Przych. --> ukryty neuron 12	0,02021
378	Aob / Przych. --> ukryty neuron 12	-0,07591
379	Kob / Przych. --> ukryty neuron 12	0,08002
380	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 12	-0,15694
381	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 12	-0,12912
382	ZO / AO --> ukryty neuron 12	-0,20297
383	ZK / AO --> ukryty neuron 12	-0,21876
384	AO / ZO --> ukryty neuron 12	-0,30454
385	Aob / ZO --> ukryty neuron 12	0,00221
386	KW / ZO --> ukryty neuron 12	0,12392
387	ŚP / AO --> ukryty neuron 12	0,07407
388	Aob / AO --> ukryty neuron 12	-0,05100
389	At / AO --> ukryty neuron 12	0,03033

390	Z / Kob --> ukryty neuron 12	-0,18915
391	ZK / ZO --> ukryty neuron 12	-0,20437
392	Kob / KW --> ukryty neuron 12	0,12621
393	WO / ZO --> ukryty neuron 12	0,06653
394	KW / AO --> ukryty neuron 12	0,15091
395	WB / ZK --> ukryty neuron 12	0,28394
396	WN / ZO --> ukryty neuron 12	-0,04850
397	Aob / ZK --> ukryty neuron 13	0,29835
398	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 13	0,21554
399	Kob / AO --> ukryty neuron 13	0,29442
400	ŚP / ZK --> ukryty neuron 13	0,27958
401	ZK / Aob --> ukryty neuron 13	0,10019
402	WN / AO --> ukryty neuron 13	0,00233
403	WN / KW --> ukryty neuron 13	0,10354
404	WO / AO --> ukryty neuron 13	0,35088
405	WB / Przych. --> ukryty neuron 13	0,38977
406	WN / Przych. --> ukryty neuron 13	0,09422
407	WB / AO --> ukryty neuron 13	0,18812
408	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 13	0,66020
409	Przych. / AO --> ukryty neuron 13	-0,01656
410	Z / Przych. --> ukryty neuron 13	0,03591
411	Aob / Przych. --> ukryty neuron 13	0,07251
412	Kob / Przych. --> ukryty neuron 13	0,28704
413	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 13	-0,11374
414	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 13	-0,16626
415	ZO / AO --> ukryty neuron 13	-0,28464
416	ZK / AO --> ukryty neuron 13	-0,34561
417	AO / ZO --> ukryty neuron 13	0,06966
418	Aob / ZO --> ukryty neuron 13	0,19775
419	KW / ZO --> ukryty neuron 13	0,33362
420	ŚP / AO --> ukryty neuron 13	0,18295
421	Aob / AO --> ukryty neuron 13	0,00742
422	At / AO --> ukryty neuron 13	-0,02056
423	Z / Kob --> ukryty neuron 13	0,08819
424	ZK / ZO --> ukryty neuron 13	-0,09985
425	Kob / KW --> ukryty neuron 13	-0,00967
426	WO / ZO --> ukryty neuron 13	0,36630
427	KW / AO --> ukryty neuron 13	0,52374
428	WB / ZK --> ukryty neuron 13	-0,03618
429	WN / ZO --> ukryty neuron 13	0,40487
430	Aob / ZK --> ukryty neuron 14	-0,16432
431	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 14	-0,06587
432	Kob / AO --> ukryty neuron 14	-0,12795
433	ŚP / ZK --> ukryty neuron 14	0,00765
434	ZK / Aob --> ukryty neuron 14	-0,44980
435	WN / AO --> ukryty neuron 14	0,79520
436	WN / KW --> ukryty neuron 14	0,04831
437	WO / AO --> ukryty neuron 14	-0,39610
438	WB / Przych. --> ukryty neuron 14	-0,68353

439	WN / Przych. --> ukryty neuron 14	0,17175
440	WB / AO --> ukryty neuron 14	0,06054
441	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 14	-1,50498
442	Przych. / AO --> ukryty neuron 14	-0,13310
443	Z / Przych. --> ukryty neuron 14	-0,14778
444	Aob / Przych. --> ukryty neuron 14	-0,22973
445	Kob / Przych. --> ukryty neuron 14	-0,18006
446	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 14	-0,03909
447	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 14	-0,03311
448	ZO / AO --> ukryty neuron 14	0,05864
449	ZK / AO --> ukryty neuron 14	0,07323
450	AO / ZO --> ukryty neuron 14	-0,15728
451	Aob / ZO --> ukryty neuron 14	-0,22170
452	KW / ZO --> ukryty neuron 14	-0,39046
453	ŚP / AO --> ukryty neuron 14	-0,15839
454	Aob / AO --> ukryty neuron 14	-0,17681
455	At / AO --> ukryty neuron 14	0,05356
456	Z / Kob --> ukryty neuron 14	-0,46172
457	ZK / ZO --> ukryty neuron 14	-0,11530
458	Kob / KW --> ukryty neuron 14	0,05546
459	WO / ZO --> ukryty neuron 14	-0,43781
460	KW / AO --> ukryty neuron 14	-0,68963
461	WB / ZK --> ukryty neuron 14	0,12166
462	WN / ZO --> ukryty neuron 14	-0,64385
463	Aob / ZK --> ukryty neuron 15	0,29133
464	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 15	0,24671
465	Kob / AO --> ukryty neuron 15	0,25921
466	ŚP / ZK --> ukryty neuron 15	0,21470
467	ZK / Aob --> ukryty neuron 15	0,20774
468	WN / AO --> ukryty neuron 15	-0,34467
469	WN / KW --> ukryty neuron 15	0,11197
470	WO / AO --> ukryty neuron 15	0,30065
471	WB / Przych. --> ukryty neuron 15	0,46081
472	WN / Przych. --> ukryty neuron 15	0,03078
473	WB / AO --> ukryty neuron 15	0,03902
474	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 15	1,01735
475	Przych. / AO --> ukryty neuron 15	-0,07729
476	Z / Przych. --> ukryty neuron 15	-0,05735
477	Aob / Przych. --> ukryty neuron 15	0,07833
478	Kob / Przych. --> ukryty neuron 15	0,31529
479	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 15	-0,02539
480	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 15	-0,19833
481	ZO / AO --> ukryty neuron 15	-0,30324
482	ZK / AO --> ukryty neuron 15	-0,39567
483	AO / ZO --> ukryty neuron 15	0,17065
484	Aob / ZO --> ukryty neuron 15	0,20558
485	KW / ZO --> ukryty neuron 15	0,23762
486	ŚP / AO --> ukryty neuron 15	0,19624
487	Aob / AO --> ukryty neuron 15	0,03791

488	At / AO --> ukryty neuron 15	-0,03207
489	Z / Kob --> ukryty neuron 15	0,02218
490	ZK / ZO --> ukryty neuron 15	-0,09512
491	Kob / KW --> ukryty neuron 15	-0,05408
492	WO / ZO --> ukryty neuron 15	0,28037
493	KW / AO --> ukryty neuron 15	0,38951
494	WB / ZK --> ukryty neuron 15	-0,21335
495	WN / ZO --> ukryty neuron 15	0,32003
496	Aob / ZK --> ukryty neuron 16	0,26467
497	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 16	0,19399
498	Kob / AO --> ukryty neuron 16	-0,44960
499	ŚP / ZK --> ukryty neuron 16	-0,13847
500	ZK / Aob --> ukryty neuron 16	0,80395
501	WN / AO --> ukryty neuron 16	-2,06549
502	WN / KW --> ukryty neuron 16	0,02129
503	WO / AO --> ukryty neuron 16	-0,01858
504	WB / Przych. --> ukryty neuron 16	0,44011
505	WN / Przych. --> ukryty neuron 16	-0,82180
506	WB / AO --> ukryty neuron 16	-1,06436
507	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 16	2,66556
508	Przych. / AO --> ukryty neuron 16	-0,05193
509	Z / Przych. --> ukryty neuron 16	-0,46804
510	Aob / Przych. --> ukryty neuron 16	-0,24373
511	Kob / Przych. --> ukryty neuron 16	0,01678
512	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 16	-0,16587
513	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 16	-0,20091
514	ZO / AO --> ukryty neuron 16	-0,33173
515	ZK / AO --> ukryty neuron 16	-0,37845
516	AO / ZO --> ukryty neuron 16	0,79209
517	Aob / ZO --> ukryty neuron 16	0,11261
518	KW / ZO --> ukryty neuron 16	-0,37585
519	ŚP / AO --> ukryty neuron 16	0,26142
520	Aob / AO --> ukryty neuron 16	-0,38389
521	At / AO --> ukryty neuron 16	0,03102
522	Z / Kob --> ukryty neuron 16	-0,33591
523	ZK / ZO --> ukryty neuron 16	-0,10384
524	Kob / KW --> ukryty neuron 16	-0,39153
525	WO / ZO --> ukryty neuron 16	-0,14281
526	KW / AO --> ukryty neuron 16	-0,63199
527	WB / ZK --> ukryty neuron 16	-1,11018
528	WN / ZO --> ukryty neuron 16	-0,14015
529	Aob / ZK --> ukryty neuron 17	0,47564
530	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 17	0,34538
531	Kob / AO --> ukryty neuron 17	0,62974
532	ŚP / ZK --> ukryty neuron 17	0,65088
533	ZK / Aob --> ukryty neuron 17	-0,13187
534	WN / AO --> ukryty neuron 17	0,75562
535	WN / KW --> ukryty neuron 17	0,18012
536	WO / AO --> ukryty neuron 17	0,53699



537	WB / Przych. --> ukryty neuron 17	0,50239
538	WN / Przych. --> ukryty neuron 17	0,53245
539	WB / AO --> ukryty neuron 17	0,72935
540	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 17	0,20609
541	Przych. / AO --> ukryty neuron 17	-0,13610
542	Z / Przych. --> ukryty neuron 17	0,09724
543	Aob / Przych. --> ukryty neuron 17	0,08058
544	Kob / Przych. --> ukryty neuron 17	0,50239
545	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 17	-0,37148
546	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 17	-0,40732
547	ZO / AO --> ukryty neuron 17	-0,65130
548	ZK / AO --> ukryty neuron 17	-0,82766
549	AO / ZO --> ukryty neuron 17	-0,11845
550	Aob / ZO --> ukryty neuron 17	0,34263
551	KW / ZO --> ukryty neuron 17	0,70730
552	ŚP / AO --> ukryty neuron 17	0,36516
553	Aob / AO --> ukryty neuron 17	-0,05049
554	At / AO --> ukryty neuron 17	0,03450
555	Z / Kob --> ukryty neuron 17	0,10475
556	ZK / ZO --> ukryty neuron 17	-0,31278
557	Kob / KW --> ukryty neuron 17	0,05079
558	WO / ZO --> ukryty neuron 17	0,66932
559	KW / AO --> ukryty neuron 17	0,97287
560	WB / ZK --> ukryty neuron 17	0,13071
561	WN / ZO --> ukryty neuron 17	0,69524
562	Aob / ZK --> ukryty neuron 18	-0,58158
563	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 18	-0,42330
564	Kob / AO --> ukryty neuron 18	-0,52478
565	ŚP / ZK --> ukryty neuron 18	-0,54473
566	ZK / Aob --> ukryty neuron 18	-0,25095
567	WN / AO --> ukryty neuron 18	0,11513
568	WN / KW --> ukryty neuron 18	-0,20897
569	WO / AO --> ukryty neuron 18	-0,68922
570	WB / Przych. --> ukryty neuron 18	-0,88755
571	WN / Przych. --> ukryty neuron 18	-0,24713
572	WB / AO --> ukryty neuron 18	-0,36897
573	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 18	-1,45389
574	Przych. / AO --> ukryty neuron 18	0,04653
575	Z / Przych. --> ukryty neuron 18	-0,02668
576	Aob / Przych. --> ukryty neuron 18	-0,08256
577	Kob / Przych. --> ukryty neuron 18	-0,54411
578	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 18	0,28842
579	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 18	0,35349
580	ZO / AO --> ukryty neuron 18	0,63565
581	ZK / AO --> ukryty neuron 18	0,77950
582	AO / ZO --> ukryty neuron 18	-0,15194
583	Aob / ZO --> ukryty neuron 18	-0,40239
584	KW / ZO --> ukryty neuron 18	-0,62868
585	ŚP / AO --> ukryty neuron 18	-0,45892

586	Aob / AO --> ukryty neuron 18	0,00120
587	At / AO --> ukryty neuron 18	0,04271
588	Z / Kob --> ukryty neuron 18	-0,11974
589	ZK / ZO --> ukryty neuron 18	0,21855
590	Kob / KW --> ukryty neuron 18	0,05588
591	WO / ZO --> ukryty neuron 18	-0,72965
592	KW / AO --> ukryty neuron 18	-0,94191
593	WB / ZK --> ukryty neuron 18	0,19014
594	WN / ZO --> ukryty neuron 18	-0,79093
595	Aob / ZK --> ukryty neuron 19	-0,39897
596	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 19	-0,24847
597	Kob / AO --> ukryty neuron 19	-0,62634
598	ŚP / ZK --> ukryty neuron 19	-0,49788
599	ZK / Aob --> ukryty neuron 19	0,15842
600	WN / AO --> ukryty neuron 19	-0,81789
601	WN / KW --> ukryty neuron 19	-0,17416
602	WO / AO --> ukryty neuron 19	-0,54897
603	WB / Przych. --> ukryty neuron 19	-0,47134
604	WN / Przych. --> ukryty neuron 19	-0,57878
605	WB / AO --> ukryty neuron 19	-0,73971
606	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 19	-0,04332
607	Przych. / AO --> ukryty neuron 19	0,09048
608	Z / Przych. --> ukryty neuron 19	-0,18221
609	Aob / Przych. --> ukryty neuron 19	-0,22371
610	Kob / Przych. --> ukryty neuron 19	-0,47757
611	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 19	0,13622
612	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 19	0,28159
613	ZO / AO --> ukryty neuron 19	0,48690
614	ZK / AO --> ukryty neuron 19	0,56907
615	AO / ZO --> ukryty neuron 19	0,18058
616	Aob / ZO --> ukryty neuron 19	-0,25906
617	KW / ZO --> ukryty neuron 19	-0,64757
618	ŚP / AO --> ukryty neuron 19	-0,23024
619	Aob / AO --> ukryty neuron 19	-0,09836
620	At / AO --> ukryty neuron 19	0,05838
621	Z / Kob --> ukryty neuron 19	-0,13414
622	ZK / ZO --> ukryty neuron 19	0,24157
623	Kob / KW --> ukryty neuron 19	-0,11522
624	WO / ZO --> ukryty neuron 19	-0,60774
625	KW / AO --> ukryty neuron 19	-0,97565
626	WB / ZK --> ukryty neuron 19	-0,23482
627	WN / ZO --> ukryty neuron 19	-0,66059
628	Aob / ZK --> ukryty neuron 20	1,42359
629	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 20	1,04132
630	Kob / AO --> ukryty neuron 20	0,71971
631	ŚP / ZK --> ukryty neuron 20	0,92531
632	ZK / Aob --> ukryty neuron 20	1,43040
633	WN / AO --> ukryty neuron 20	-2,37979
634	WN / KW --> ukryty neuron 20	0,43290

635	WO / AO --> ukryty neuron 20	1,44779
636	WB / Przych. --> ukryty neuron 20	2,37517
637	WN / Przych. --> ukryty neuron 20	-0,36958
638	WB / AO --> ukryty neuron 20	-0,34227
639	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 20	5,94621
640	Przych. / AO --> ukryty neuron 20	-0,25965
641	Z / Przych. --> ukryty neuron 20	-0,41651
642	Aob / Przych. --> ukryty neuron 20	0,05567
643	Kob / Przych. --> ukryty neuron 20	1,27393
644	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 20	-0,64218
645	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 20	-1,03872
646	ZO / AO --> ukryty neuron 20	-1,66900
647	ZK / AO --> ukryty neuron 20	-2,09266
648	AO / ZO --> ukryty neuron 20	1,15889
649	Aob / ZO --> ukryty neuron 20	0,90465
650	KW / ZO --> ukryty neuron 20	0,97034
651	ŚP / AO --> ukryty neuron 20	1,04853
652	Aob / AO --> ukryty neuron 20	-0,41846
653	At / AO --> ukryty neuron 20	-0,02671
654	Z / Kob --> ukryty neuron 20	-0,04560
655	ZK / ZO --> ukryty neuron 20	-0,56493
656	Kob / KW --> ukryty neuron 20	-0,46259
657	WO / ZO --> ukryty neuron 20	1,33772
658	KW / AO --> ukryty neuron 20	1,45355
659	WB / ZK --> ukryty neuron 20	-1,54457
660	WN / ZO --> ukryty neuron 20	1,54347
661	Aob / ZK --> ukryty neuron 21	-0,35965
662	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 21	-0,14572
663	Kob / AO --> ukryty neuron 21	-0,16137
664	ŚP / ZK --> ukryty neuron 21	-0,18808
665	ZK / Aob --> ukryty neuron 21	-0,38594
666	WN / AO --> ukryty neuron 21	0,62525
667	WN / KW --> ukryty neuron 21	0,00424
668	WO / AO --> ukryty neuron 21	-0,42597
669	WB / Przych. --> ukryty neuron 21	-0,67703
670	WN / Przych. --> ukryty neuron 21	0,08762
671	WB / AO --> ukryty neuron 21	0,02941
672	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 21	-1,54755
673	Przych. / AO --> ukryty neuron 21	-0,02405
674	Z / Przych. --> ukryty neuron 21	-0,04641
675	Aob / Przych. --> ukryty neuron 21	-0,10688
676	Kob / Przych. --> ukryty neuron 21	-0,24043
677	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 21	0,21167
678	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 21	0,18655
679	ZO / AO --> ukryty neuron 21	0,32359
680	ZK / AO --> ukryty neuron 21	0,42891
681	AO / ZO --> ukryty neuron 21	-0,23819
682	Aob / ZO --> ukryty neuron 21	-0,21971
683	KW / ZO --> ukryty neuron 21	-0,40129

684	ŚP / AO --> ukryty neuron 21	-0,27197
685	Aob / AO --> ukryty neuron 21	0,06581
686	At / AO --> ukryty neuron 21	0,00347
687	Z / Kob --> ukryty neuron 21	-0,25616
688	ZK / ZO --> ukryty neuron 21	0,09624
689	Kob / KW --> ukryty neuron 21	0,10195
690	WO / ZO --> ukryty neuron 21	-0,49726
691	KW / AO --> ukryty neuron 21	-0,59881
692	WB / ZK --> ukryty neuron 21	0,29196
693	WN / ZO --> ukryty neuron 21	-0,59838
694	Aob / ZK --> ukryty neuron 22	-0,74822
695	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 22	-0,48067
696	Kob / AO --> ukryty neuron 22	-1,04431
697	ŚP / ZK --> ukryty neuron 22	-1,07649
698	ZK / Aob --> ukryty neuron 22	0,33340
699	WN / AO --> ukryty neuron 22	-1,55888
700	WN / KW --> ukryty neuron 22	-0,26618
701	WO / AO --> ukryty neuron 22	-1,00363
702	WB / Przych. --> ukryty neuron 22	-0,77429
703	WN / Przych. --> ukryty neuron 22	-1,00718
704	WB / AO --> ukryty neuron 22	-1,37858
705	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 22	0,01865
706	Przych. / AO --> ukryty neuron 22	0,21868
707	Z / Przych. --> ukryty neuron 22	-0,25801
708	Aob / Przych. --> ukryty neuron 22	-0,14409
709	Kob / Przych. --> ukryty neuron 22	-0,68142
710	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 22	0,68581
711	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 22	0,64862
712	ZO / AO --> ukryty neuron 22	1,04833
713	ZK / AO --> ukryty neuron 22	1,27099
714	AO / ZO --> ukryty neuron 22	0,29440
715	Aob / ZO --> ukryty neuron 22	-0,47474
716	KW / ZO --> ukryty neuron 22	-1,20266
717	ŚP / AO --> ukryty neuron 22	-0,61403
718	Aob / AO --> ukryty neuron 22	0,11301
719	At / AO --> ukryty neuron 22	-0,07069
720	Z / Kob --> ukryty neuron 22	-0,24102
721	ZK / ZO --> ukryty neuron 22	0,59698
722	Kob / KW --> ukryty neuron 22	-0,17686
723	WO / ZO --> ukryty neuron 22	-1,23756
724	KW / AO --> ukryty neuron 22	-1,70415
725	WB / ZK --> ukryty neuron 22	-0,30536
726	WN / ZO --> ukryty neuron 22	-1,20543
727	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 1	-0,61201
728	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 2	0,48936
729	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 3	0,37016
730	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 4	-0,96060
731	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 5	-0,82477
732	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 6	0,94396

733	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 7	1,39508
734	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 8	0,16284
735	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 9	-0,37075
736	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 10	-0,93900
737	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 11	-0,34694
738	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 12	-0,52212
739	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 13	0,21913
740	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 14	-0,67832
741	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 15	0,25900
742	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 16	0,42382
743	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 17	-0,05217
744	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 18	-0,39283
745	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 19	-0,06003
746	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 20	1,30302
747	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 21	-0,44085
748	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 22	0,20574
749	ukryty neuron 1 --> U/Z(U)	-1,77654
750	ukryty neuron 2 --> U/Z(U)	1,17008
751	ukryty neuron 3 --> U/Z(U)	1,15404
752	ukryty neuron 4 --> U/Z(U)	-2,14263
753	ukryty neuron 5 --> U/Z(U)	-1,76342
754	ukryty neuron 6 --> U/Z(U)	1,92845
755	ukryty neuron 7 --> U/Z(U)	3,39727
756	ukryty neuron 8 --> U/Z(U)	0,50644
757	ukryty neuron 9 --> U/Z(U)	-0,69324
758	ukryty neuron 10 --> U/Z(U)	-2,10857
759	ukryty neuron 11 --> U/Z(U)	-0,69806
760	ukryty neuron 12 --> U/Z(U)	-1,01519
761	ukryty neuron 13 --> U/Z(U)	0,41049
762	ukryty neuron 14 --> U/Z(U)	-1,14611
763	ukryty neuron 15 --> U/Z(U)	0,54399
764	ukryty neuron 16 --> U/Z(U)	1,75797
765	ukryty neuron 17 --> U/Z(U)	-0,04879
766	ukryty neuron 18 --> U/Z(U)	-0,85429
767	ukryty neuron 19 --> U/Z(U)	0,20063
768	ukryty neuron 20 --> U/Z(U)	3,46402
769	ukryty neuron 21 --> U/Z(U)	-1,12859
770	ukryty neuron 22 --> U/Z(U)	0,21747
771	ukryty neuron 1 --> U/Z(Z)	1,76336
772	ukryty neuron 2 --> U/Z(Z)	-1,13515
773	ukryty neuron 3 --> U/Z(Z)	-1,10293
774	ukryty neuron 4 --> U/Z(Z)	2,14154
775	ukryty neuron 5 --> U/Z(Z)	1,76706
776	ukryty neuron 6 --> U/Z(Z)	-1,90653
777	ukryty neuron 7 --> U/Z(Z)	-3,36957
778	ukryty neuron 8 --> U/Z(Z)	-0,54593
779	ukryty neuron 9 --> U/Z(Z)	0,72110
780	ukryty neuron 10 --> U/Z(Z)	2,07501
781	ukryty neuron 11 --> U/Z(Z)	0,66426

782	ukryty neuron 12 --> U/Z(Z)	1,04193
783	ukryty neuron 13 --> U/Z(Z)	-0,37747
784	ukryty neuron 14 --> U/Z(Z)	1,20662
785	ukryty neuron 15 --> U/Z(Z)	-0,51292
786	ukryty neuron 16 --> U/Z(Z)	-1,73190
787	ukryty neuron 17 --> U/Z(Z)	0,05367
788	ukryty neuron 18 --> U/Z(Z)	0,89781
789	ukryty neuron 19 --> U/Z(Z)	-0,21085
790	ukryty neuron 20 --> U/Z(Z)	-3,44053
791	ukryty neuron 21 --> U/Z(Z)	1,11121
792	ukryty neuron 22 --> U/Z(Z)	-0,25081
793	przesunięcie ukrytych --> U/Z(U)	3,52440
794	przesunięcie ukrytych --> U/Z(Z)	-3,49513

## Sztuczna sieć neuronowa T-3

ID wagi	Wagi sieci (t-1wszystkie)	
	Połączenia 1.MLP 33-5-2	Wartości wag 1.MLP 33-5-2
1	Aob / ZK --> ukryty neuron 1	0,04225
2	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 1	-0,02854
3	Kob / AO --> ukryty neuron 1	0,37232
4	ŚP / ZK --> ukryty neuron 1	0,15852
5	ZK / Aob --> ukryty neuron 1	0,04866
6	WN / AO --> ukryty neuron 1	-0,27293
7	WN / KW --> ukryty neuron 1	0,03510
8	WO / AO --> ukryty neuron 1	0,35715
9	WB / Przych. --> ukryty neuron 1	0,57489
10	WN / Przych. --> ukryty neuron 1	-0,44500
11	WB / AO --> ukryty neuron 1	-0,93747
12	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 1	0,58694
13	Przych. / AO --> ukryty neuron 1	-0,14029
14	Z / Przych. --> ukryty neuron 1	0,00849
15	Aob / Przych. --> ukryty neuron 1	0,12358
16	Kob / Przych. --> ukryty neuron 1	0,08461
17	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 1	0,19797
18	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 1	0,16546
19	ZO / AO --> ukryty neuron 1	-0,17320
20	ZK / AO --> ukryty neuron 1	0,05537
21	AO / ZO --> ukryty neuron 1	0,36543
22	Aob / ZO --> ukryty neuron 1	0,05404
23	KW / ZO --> ukryty neuron 1	0,22177
24	ŚP / AO --> ukryty neuron 1	0,00020
25	Aob / AO --> ukryty neuron 1	-0,42467
26	At / AO --> ukryty neuron 1	-0,08091
27	Z / Kob --> ukryty neuron 1	-0,24802
28	ZK / ZO --> ukryty neuron 1	-0,04087
29	Kob / KW --> ukryty neuron 1	-0,05904
30	WO / ZO --> ukryty neuron 1	0,13776
31	KW / AO --> ukryty neuron 1	-0,31371
32	WB / ZK --> ukryty neuron 1	0,16371
33	WN / ZO --> ukryty neuron 1	0,14862
34	Aob / ZK --> ukryty neuron 2	0,42724
35	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 2	0,71121
36	Kob / AO --> ukryty neuron 2	-0,59459
37	ŚP / ZK --> ukryty neuron 2	0,21492
38	ZK / Aob --> ukryty neuron 2	-0,29534
39	WN / AO --> ukryty neuron 2	0,93777
40	WN / KW --> ukryty neuron 2	-0,04980
41	WO / AO --> ukryty neuron 2	-0,59527
42	WB / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,38726
43	WN / Przych. --> ukryty neuron 2	1,22604
44	WB / AO --> ukryty neuron 2	2,12780
45	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 2	-1,86518
46	Przych. / AO --> ukryty neuron 2	-0,28975

47	Z / Przych. --> ukryty neuron 2	0,09306
48	Aob / Przych. --> ukryty neuron 2	0,02238
49	Kob / Przych. --> ukryty neuron 2	0,20113
50	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 2	0,53602
51	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 2	0,14031
52	ZO / AO --> ukryty neuron 2	0,47503
53	ZK / AO --> ukryty neuron 2	-0,50438
54	AO / ZO --> ukryty neuron 2	-0,57379
55	Aob / ZO --> ukryty neuron 2	0,21725
56	KW / ZO --> ukryty neuron 2	0,03943
57	ŚP / AO --> ukryty neuron 2	0,36260
58	Aob / AO --> ukryty neuron 2	0,72298
59	At / AO --> ukryty neuron 2	0,01646
60	Z / Kob --> ukryty neuron 2	-0,60402
61	ZK / ZO --> ukryty neuron 2	-0,34034
62	Kob / KW --> ukryty neuron 2	-0,21213
63	WO / ZO --> ukryty neuron 2	-0,01505
64	KW / AO --> ukryty neuron 2	1,49290
65	WB / ZK --> ukryty neuron 2	0,20271
66	WN / ZO --> ukryty neuron 2	0,35351
67	Aob / ZK --> ukryty neuron 3	0,59352
68	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 3	0,64928
69	Kob / AO --> ukryty neuron 3	0,37889
70	ŚP / ZK --> ukryty neuron 3	0,13497
71	ZK / Aob --> ukryty neuron 3	-0,15018
72	WN / AO --> ukryty neuron 3	0,07593
73	WN / KW --> ukryty neuron 3	-0,14683
74	WO / AO --> ukryty neuron 3	0,18214
75	WB / Przych. --> ukryty neuron 3	0,45491
76	WN / Przych. --> ukryty neuron 3	0,13505
77	WB / AO --> ukryty neuron 3	0,00216
78	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 3	-0,09742
79	Przych. / AO --> ukryty neuron 3	-0,13792
80	Z / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,01210
81	Aob / Przych. --> ukryty neuron 3	0,07458
82	Kob / Przych. --> ukryty neuron 3	0,39272
83	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 3	0,46338
84	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 3	0,15033
85	ZO / AO --> ukryty neuron 3	-0,07897
86	ZK / AO --> ukryty neuron 3	-0,24721
87	AO / ZO --> ukryty neuron 3	0,33739
88	Aob / ZO --> ukryty neuron 3	0,54342
89	KW / ZO --> ukryty neuron 3	0,24698
90	ŚP / AO --> ukryty neuron 3	0,26017
91	Aob / AO --> ukryty neuron 3	-0,20220
92	At / AO --> ukryty neuron 3	0,31114
93	Z / Kob --> ukryty neuron 3	-0,57933
94	ZK / ZO --> ukryty neuron 3	0,11490
95	Kob / KW --> ukryty neuron 3	0,10665



96	WO / ZO --> ukryty neuron 3	0,51620
97	KW / AO --> ukryty neuron 3	0,02381
98	WB / ZK --> ukryty neuron 3	0,51790
99	WN / ZO --> ukryty neuron 3	0,42300
100	Aob / ZK --> ukryty neuron 4	-0,20478
101	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 4	-0,24191
102	Kob / AO --> ukryty neuron 4	0,66912
103	ŚP / ZK --> ukryty neuron 4	0,36133
104	ZK / Aob --> ukryty neuron 4	-0,24964
105	WN / AO --> ukryty neuron 4	-0,27404
106	WN / KW --> ukryty neuron 4	-0,01995
107	WO / AO --> ukryty neuron 4	0,70958
108	WB / Przych. --> ukryty neuron 4	0,99617
109	WN / Przych. --> ukryty neuron 4	-0,46077
110	WB / AO --> ukryty neuron 4	-1,31761
111	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 4	1,10197
112	Przych. / AO --> ukryty neuron 4	-0,15752
113	Z / Przych. --> ukryty neuron 4	-0,12480
114	Aob / Przych. --> ukryty neuron 4	0,11256
115	Kob / Przych. --> ukryty neuron 4	0,11080
116	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 4	0,45152
117	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 4	-0,13468
118	ZO / AO --> ukryty neuron 4	-0,50424
119	ZK / AO --> ukryty neuron 4	0,03505
120	AO / ZO --> ukryty neuron 4	0,40660
121	Aob / ZO --> ukryty neuron 4	-0,16472
122	KW / ZO --> ukryty neuron 4	0,23229
123	ŚP / AO --> ukryty neuron 4	0,02655
124	Aob / AO --> ukryty neuron 4	-0,31998
125	At / AO --> ukryty neuron 4	-0,68677
126	Z / Kob --> ukryty neuron 4	-0,48915
127	ZK / ZO --> ukryty neuron 4	-0,30729
128	Kob / KW --> ukryty neuron 4	-0,22102
129	WO / ZO --> ukryty neuron 4	0,22547
130	KW / AO --> ukryty neuron 4	-0,40701
131	WB / ZK --> ukryty neuron 4	0,32831
132	WN / ZO --> ukryty neuron 4	0,22352
133	Aob / ZK --> ukryty neuron 5	-0,49983
134	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 5	-0,33353
135	Kob / AO --> ukryty neuron 5	0,22341
136	ŚP / ZK --> ukryty neuron 5	0,38685
137	ZK / Aob --> ukryty neuron 5	0,04639
138	WN / AO --> ukryty neuron 5	-0,09508
139	WN / KW --> ukryty neuron 5	0,10457
140	WO / AO --> ukryty neuron 5	0,26366
141	WB / Przych. --> ukryty neuron 5	0,38905
142	WN / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,23893
143	WB / AO --> ukryty neuron 5	-0,62822
144	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 5	0,53478

145	Przych. / AO --> ukryty neuron 5	0,08506
146	Z / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,06596
147	Aob / Przych. --> ukryty neuron 5	0,14210
148	Kob / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,19236
149	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 5	0,18863
150	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,03484
151	ZO / AO --> ukryty neuron 5	-0,21945
152	ZK / AO --> ukryty neuron 5	0,13626
153	AO / ZO --> ukryty neuron 5	0,11302
154	Aob / ZO --> ukryty neuron 5	-0,40027
155	KW / ZO --> ukryty neuron 5	0,23947
156	ŚP / AO --> ukryty neuron 5	0,01805
157	Aob / AO --> ukryty neuron 5	0,02425
158	At / AO --> ukryty neuron 5	-0,50496
159	Z / Kob --> ukryty neuron 5	-0,05498
160	ZK / ZO --> ukryty neuron 5	-0,17801
161	Kob / KW --> ukryty neuron 5	-0,27935
162	WO / ZO --> ukryty neuron 5	-0,29045
163	KW / AO --> ukryty neuron 5	0,33658
164	WB / ZK --> ukryty neuron 5	-0,07626
165	WN / ZO --> ukryty neuron 5	-0,10933
166	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 1	0,38040
167	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 2	-0,69236
168	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 3	0,21340
169	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 4	0,23216
170	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 5	0,20521
171	ukryty neuron 1 --> U/Z(U)	1,10056
172	ukryty neuron 2 --> U/Z(U)	-1,89823
173	ukryty neuron 3 --> U/Z(U)	0,22740
174	ukryty neuron 4 --> U/Z(U)	1,63830
175	ukryty neuron 5 --> U/Z(U)	0,58496
176	ukryty neuron 1 --> U/Z(Z)	-0,63045
177	ukryty neuron 2 --> U/Z(Z)	0,95087
178	ukryty neuron 3 --> U/Z(Z)	0,13112
179	ukryty neuron 4 --> U/Z(Z)	-0,97039
180	ukryty neuron 5 --> U/Z(Z)	-0,95119
181	przesunięcie ukrytych --> U/Z(U)	1,87481
182	przesunięcie ukrytych --> U/Z(Z)	-0,57385

## Sztuczna sieć neuronowa T-4

ID wagi	Wagi sieci (t-1wszystkie)	
	Połączenia 1.MLP 33-10-2	Wartości wag 1.MLP 33-10-2
1	Aob / ZK --> ukryty neuron 1	-6,0408
2	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 1	-6,7155
3	Kob / AO --> ukryty neuron 1	-5,6278
4	ŚP / ZK --> ukryty neuron 1	-6,7018
5	ZK / Aob --> ukryty neuron 1	5,6812
6	WN / AO --> ukryty neuron 1	-2,4187
7	WN / KW --> ukryty neuron 1	1,7081
8	WO / AO --> ukryty neuron 1	-1,0296
9	WB / Przych. --> ukryty neuron 1	-4,3471
10	WN / Przych. --> ukryty neuron 1	-3,8569
11	WB / AO --> ukryty neuron 1	-2,6191
12	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 1	0,8915
13	Przych. / AO --> ukryty neuron 1	3,4309
14	Z / Przych. --> ukryty neuron 1	1,8760
15	Aob / Przych. --> ukryty neuron 1	-3,8990
16	Kob / Przych. --> ukryty neuron 1	-5,1919
17	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 1	-2,1738
18	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 1	0,4058
19	ZO / AO --> ukryty neuron 1	8,1576
20	ZK / AO --> ukryty neuron 1	7,1722
21	AO / ZO --> ukryty neuron 1	-6,9191
22	Aob / ZO --> ukryty neuron 1	-5,6841
23	KW / ZO --> ukryty neuron 1	-7,2167
24	ŚP / AO --> ukryty neuron 1	-6,0461
25	Aob / AO --> ukryty neuron 1	-1,3142
26	At / AO --> ukryty neuron 1	1,3818
27	Z / Kob --> ukryty neuron 1	2,7367
28	ZK / ZO --> ukryty neuron 1	-2,9335
29	Kob / KW --> ukryty neuron 1	-3,0479
30	WO / ZO --> ukryty neuron 1	-3,2822
31	KW / AO --> ukryty neuron 1	-8,5595
32	WB / ZK --> ukryty neuron 1	-3,8448
33	WN / ZO --> ukryty neuron 1	-3,7554
34	Aob / ZK --> ukryty neuron 2	0,7652
35	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 2	1,0081
36	Kob / AO --> ukryty neuron 2	0,6474
37	ŚP / ZK --> ukryty neuron 2	2,8713
38	ZK / Aob --> ukryty neuron 2	-1,3383
39	WN / AO --> ukryty neuron 2	-0,4571
40	WN / KW --> ukryty neuron 2	-0,8810
41	WO / AO --> ukryty neuron 2	-0,7526
42	WB / Przych. --> ukryty neuron 2	1,9824
43	WN / Przych. --> ukryty neuron 2	1,8146
44	WB / AO --> ukryty neuron 2	-0,5357
45	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 2	-0,9150
46	Przych. / AO --> ukryty neuron 2	-2,0699

47	Z / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,2844
48	Aob / Przych. --> ukryty neuron 2	0,8398
49	Kob / Przych. --> ukryty neuron 2	1,3094
50	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 2	0,4025
51	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,4329
52	ZO / AO --> ukryty neuron 2	-1,1888
53	ZK / AO --> ukryty neuron 2	-2,3662
54	AO / ZO --> ukryty neuron 2	1,2656
55	Aob / ZO --> ukryty neuron 2	0,4048
56	KW / ZO --> ukryty neuron 2	1,3019
57	ŚP / AO --> ukryty neuron 2	2,4511
58	Aob / AO --> ukryty neuron 2	-1,7110
59	At / AO --> ukryty neuron 2	1,9081
60	Z / Kob --> ukryty neuron 2	-0,4743
61	ZK / ZO --> ukryty neuron 2	-1,5380
62	Kob / KW --> ukryty neuron 2	-0,3008
63	WO / ZO --> ukryty neuron 2	-0,3942
64	KW / AO --> ukryty neuron 2	1,3402
65	WB / ZK --> ukryty neuron 2	-0,2221
66	WN / ZO --> ukryty neuron 2	-0,2660
67	Aob / ZK --> ukryty neuron 3	0,2412
68	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 3	0,8452
69	Kob / AO --> ukryty neuron 3	-0,2387
70	ŚP / ZK --> ukryty neuron 3	0,9742
71	ZK / Aob --> ukryty neuron 3	-1,6857
72	WN / AO --> ukryty neuron 3	-1,3381
73	WN / KW --> ukryty neuron 3	-0,5398
74	WO / AO --> ukryty neuron 3	-0,3129
75	WB / Przych. --> ukryty neuron 3	0,0284
76	WN / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,2719
77	WB / AO --> ukryty neuron 3	-1,0720
78	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 3	1,3932
79	Przych. / AO --> ukryty neuron 3	-1,9884
80	Z / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,2406
81	Aob / Przych. --> ukryty neuron 3	1,1188
82	Kob / Przych. --> ukryty neuron 3	1,0390
83	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,9675
84	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 3	0,5127
85	ZO / AO --> ukryty neuron 3	-1,7122
86	ZK / AO --> ukryty neuron 3	-1,0316
87	AO / ZO --> ukryty neuron 3	1,0655
88	Aob / ZO --> ukryty neuron 3	0,9163
89	KW / ZO --> ukryty neuron 3	0,5544
90	ŚP / AO --> ukryty neuron 3	0,9471
91	Aob / AO --> ukryty neuron 3	-1,4900
92	At / AO --> ukryty neuron 3	0,6147
93	Z / Kob --> ukryty neuron 3	-0,4151
94	ZK / ZO --> ukryty neuron 3	-0,0448
95	Kob / KW --> ukryty neuron 3	-0,3873

96	WO / ZO --> ukryty neuron 3	1,1155
97	KW / AO --> ukryty neuron 3	-0,6972
98	WB / ZK --> ukryty neuron 3	1,1253
99	WN / ZO --> ukryty neuron 3	0,3866
100	Aob / ZK --> ukryty neuron 4	3,9265
101	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 4	-3,6827
102	Kob / AO --> ukryty neuron 4	-0,3478
103	ŚP / ZK --> ukryty neuron 4	4,6424
104	ZK / Aob --> ukryty neuron 4	-0,0427
105	WN / AO --> ukryty neuron 4	5,0939
106	WN / KW --> ukryty neuron 4	0,6435
107	WO / AO --> ukryty neuron 4	1,3166
108	WB / Przych. --> ukryty neuron 4	3,4542
109	WN / Przych. --> ukryty neuron 4	4,0105
110	WB / AO --> ukryty neuron 4	4,9989
111	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 4	-12,1694
112	Przych. / AO --> ukryty neuron 4	-0,5522
113	Z / Przych. --> ukryty neuron 4	2,5307
114	Aob / Przych. --> ukryty neuron 4	1,4617
115	Kob / Przych. --> ukryty neuron 4	2,6099
116	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 4	2,2779
117	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 4	-2,1563
118	ZO / AO --> ukryty neuron 4	4,1079
119	ZK / AO --> ukryty neuron 4	-1,3641
120	AO / ZO --> ukryty neuron 4	2,3535
121	Aob / ZO --> ukryty neuron 4	-2,1378
122	KW / ZO --> ukryty neuron 4	5,8661
123	ŚP / AO --> ukryty neuron 4	3,1108
124	Aob / AO --> ukryty neuron 4	0,1621
125	At / AO --> ukryty neuron 4	-2,8251
126	Z / Kob --> ukryty neuron 4	-0,0754
127	ZK / ZO --> ukryty neuron 4	-1,9321
128	Kob / KW --> ukryty neuron 4	-1,6927
129	WO / ZO --> ukryty neuron 4	1,6519
130	KW / AO --> ukryty neuron 4	2,0215
131	WB / ZK --> ukryty neuron 4	-1,3014
132	WN / ZO --> ukryty neuron 4	0,5749
133	Aob / ZK --> ukryty neuron 5	-2,3557
134	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 5	-2,2240
135	Kob / AO --> ukryty neuron 5	-2,3227
136	ŚP / ZK --> ukryty neuron 5	-2,5551
137	ZK / Aob --> ukryty neuron 5	1,7147
138	WN / AO --> ukryty neuron 5	-1,7469
139	WN / KW --> ukryty neuron 5	-0,4935
140	WO / AO --> ukryty neuron 5	-1,5149
141	WB / Przych. --> ukryty neuron 5	-2,3798
142	WN / Przych. --> ukryty neuron 5	-2,2512
143	WB / AO --> ukryty neuron 5	-1,7312
144	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 5	-0,7971

145	Przych. / AO --> ukryty neuron 5	0,8987
146	Z / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,2059
147	Aob / Przych. --> ukryty neuron 5	-1,2922
148	Kob / Przych. --> ukryty neuron 5	-1,9659
149	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,8924
150	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 5	0,0861
151	ZO / AO --> ukryty neuron 5	1,2727
152	ZK / AO --> ukryty neuron 5	1,9620
153	AO / ZO --> ukryty neuron 5	-2,1528
154	Aob / ZO --> ukryty neuron 5	-2,1490
155	KW / ZO --> ukryty neuron 5	-2,2988
156	ŚP / AO --> ukryty neuron 5	-2,3642
157	Aob / AO --> ukryty neuron 5	-0,5985
158	At / AO --> ukryty neuron 5	-0,0995
159	Z / Kob --> ukryty neuron 5	0,5109
160	ZK / ZO --> ukryty neuron 5	0,5503
161	Kob / KW --> ukryty neuron 5	-0,6967
162	WO / ZO --> ukryty neuron 5	-1,8865
163	KW / AO --> ukryty neuron 5	-2,3322
164	WB / ZK --> ukryty neuron 5	-1,9056
165	WN / ZO --> ukryty neuron 5	-1,9897
166	Aob / ZK --> ukryty neuron 6	-1,3751
167	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 6	-1,6636
168	Kob / AO --> ukryty neuron 6	-4,0228
169	ŚP / ZK --> ukryty neuron 6	1,5061
170	ZK / Aob --> ukryty neuron 6	4,5062
171	WN / AO --> ukryty neuron 6	2,5709
172	WN / KW --> ukryty neuron 6	0,1582
173	WO / AO --> ukryty neuron 6	-0,7522
174	WB / Przych. --> ukryty neuron 6	2,6865
175	WN / Przych. --> ukryty neuron 6	2,7915
176	WB / AO --> ukryty neuron 6	2,0722
177	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 6	-6,3002
178	Przych. / AO --> ukryty neuron 6	-1,2598
179	Z / Przych. --> ukryty neuron 6	-1,7476
180	Aob / Przych. --> ukryty neuron 6	-0,0817
181	Kob / Przych. --> ukryty neuron 6	-3,3001
182	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 6	2,7428
183	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 6	1,5243
184	ZO / AO --> ukryty neuron 6	0,0061
185	ZK / AO --> ukryty neuron 6	-1,1304
186	AO / ZO --> ukryty neuron 6	-0,8333
187	Aob / ZO --> ukryty neuron 6	-3,0828
188	KW / ZO --> ukryty neuron 6	0,5135
189	ŚP / AO --> ukryty neuron 6	3,0133
190	Aob / AO --> ukryty neuron 6	-3,2712
191	At / AO --> ukryty neuron 6	2,1902
192	Z / Kob --> ukryty neuron 6	-1,1031
193	ZK / ZO --> ukryty neuron 6	0,2023

194	Kob / KW --> ukryty neuron 6	-3,9411
195	WO / ZO --> ukryty neuron 6	-0,8958
196	KW / AO --> ukryty neuron 6	2,3117
197	WB / ZK --> ukryty neuron 6	-0,1963
198	WN / ZO --> ukryty neuron 6	0,8715
199	Aob / ZK --> ukryty neuron 7	-0,4764
200	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 7	3,4145
201	Kob / AO --> ukryty neuron 7	0,9648
202	ŚP / ZK --> ukryty neuron 7	2,0440
203	ZK / Aob --> ukryty neuron 7	-1,5075
204	WN / AO --> ukryty neuron 7	-6,5246
205	WN / KW --> ukryty neuron 7	-0,7720
206	WO / AO --> ukryty neuron 7	3,9478
207	WB / Przych. --> ukryty neuron 7	1,6374
208	WN / Przych. --> ukryty neuron 7	0,9823
209	WB / AO --> ukryty neuron 7	-5,5931
210	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 7	16,1895
211	Przych. / AO --> ukryty neuron 7	-3,6178
212	Z / Przych. --> ukryty neuron 7	0,0599
213	Aob / Przych. --> ukryty neuron 7	-1,0558
214	Kob / Przych. --> ukryty neuron 7	2,4779
215	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 7	2,9256
216	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 7	-1,5908
217	ZO / AO --> ukryty neuron 7	-7,2253
218	ZK / AO --> ukryty neuron 7	0,4245
219	AO / ZO --> ukryty neuron 7	1,1457
220	Aob / ZO --> ukryty neuron 7	4,0234
221	KW / ZO --> ukryty neuron 7	-4,1300
222	ŚP / AO --> ukryty neuron 7	3,4132
223	Aob / AO --> ukryty neuron 7	-0,9143
224	At / AO --> ukryty neuron 7	2,4634
225	Z / Kob --> ukryty neuron 7	5,3786
226	ZK / ZO --> ukryty neuron 7	1,9904
227	Kob / KW --> ukryty neuron 7	-0,9948
228	WO / ZO --> ukryty neuron 7	0,0286
229	KW / AO --> ukryty neuron 7	-5,5278
230	WB / ZK --> ukryty neuron 7	-2,7221
231	WN / ZO --> ukryty neuron 7	-4,4955
232	Aob / ZK --> ukryty neuron 8	-0,7296
233	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 8	0,6308
234	Kob / AO --> ukryty neuron 8	0,1307
235	ŚP / ZK --> ukryty neuron 8	1,5699
236	ZK / Aob --> ukryty neuron 8	-4,1998
237	WN / AO --> ukryty neuron 8	-1,3623
238	WN / KW --> ukryty neuron 8	-0,1071
239	WO / AO --> ukryty neuron 8	0,8386
240	WB / Przych. --> ukryty neuron 8	1,0771
241	WN / Przych. --> ukryty neuron 8	0,5313
242	WB / AO --> ukryty neuron 8	-0,8618

243	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 8	3,5200
244	Przych. / AO --> ukryty neuron 8	-2,5311
245	Z / Przych. --> ukryty neuron 8	0,6792
246	Aob / Przych. --> ukryty neuron 8	1,9038
247	Kob / Przych. --> ukryty neuron 8	1,3736
248	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 8	-3,0499
249	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 8	0,4760
250	ZO / AO --> ukryty neuron 8	-0,7599
251	ZK / AO --> ukryty neuron 8	-0,9188
252	AO / ZO --> ukryty neuron 8	-0,9062
253	Aob / ZO --> ukryty neuron 8	0,4907
254	KW / ZO --> ukryty neuron 8	-1,6883
255	ŚP / AO --> ukryty neuron 8	5,4240
256	Aob / AO --> ukryty neuron 8	-2,0355
257	At / AO --> ukryty neuron 8	1,3965
258	Z / Kob --> ukryty neuron 8	1,0212
259	ZK / ZO --> ukryty neuron 8	-1,7205
260	Kob / KW --> ukryty neuron 8	0,4437
261	WO / ZO --> ukryty neuron 8	4,6872
262	KW / AO --> ukryty neuron 8	-1,8556
263	WB / ZK --> ukryty neuron 8	5,2761
264	WN / ZO --> ukryty neuron 8	3,1189
265	Aob / ZK --> ukryty neuron 9	-2,4870
266	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 9	-2,8656
267	Kob / AO --> ukryty neuron 9	-1,7197
268	ŚP / ZK --> ukryty neuron 9	0,5330
269	ZK / Aob --> ukryty neuron 9	1,2193
270	WN / AO --> ukryty neuron 9	-4,7629
271	WN / KW --> ukryty neuron 9	0,5454
272	WO / AO --> ukryty neuron 9	-1,1552
273	WB / Przych. --> ukryty neuron 9	0,4810
274	WN / Przych. --> ukryty neuron 9	0,5432
275	WB / AO --> ukryty neuron 9	-4,9205
276	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 9	13,2416
277	Przych. / AO --> ukryty neuron 9	2,6281
278	Z / Przych. --> ukryty neuron 9	0,4137
279	Aob / Przych. --> ukryty neuron 9	-5,7769
280	Kob / Przych. --> ukryty neuron 9	0,9206
281	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 9	4,7327
282	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 9	-7,1496
283	ZO / AO --> ukryty neuron 9	2,6188
284	ZK / AO --> ukryty neuron 9	2,2825
285	AO / ZO --> ukryty neuron 9	-1,3931
286	Aob / ZO --> ukryty neuron 9	-0,4561
287	KW / ZO --> ukryty neuron 9	-3,2125
288	ŚP / AO --> ukryty neuron 9	-2,8725
289	Aob / AO --> ukryty neuron 9	-1,7963
290	At / AO --> ukryty neuron 9	3,8532
291	Z / Kob --> ukryty neuron 9	0,7387



292	ZK / ZO --> ukryty neuron 9	-0,0825
293	Kob / KW --> ukryty neuron 9	-4,0268
294	WO / ZO --> ukryty neuron 9	-1,9900
295	KW / AO --> ukryty neuron 9	-6,1269
296	WB / ZK --> ukryty neuron 9	-3,0395
297	WN / ZO --> ukryty neuron 9	-4,0180
298	Aob / ZK --> ukryty neuron 10	-0,3304
299	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 10	-0,3657
300	Kob / AO --> ukryty neuron 10	-0,6184
301	ŚP / ZK --> ukryty neuron 10	-0,3181
302	ZK / Aob --> ukryty neuron 10	-0,3305
303	WN / AO --> ukryty neuron 10	-0,5672
304	WN / KW --> ukryty neuron 10	-0,4978
305	WO / AO --> ukryty neuron 10	-0,6175
306	WB / Przych. --> ukryty neuron 10	-0,7357
307	WN / Przych. --> ukryty neuron 10	-0,7479
308	WB / AO --> ukryty neuron 10	-0,5518
309	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 10	-0,7183
310	Przych. / AO --> ukryty neuron 10	-0,4576
311	Z / Przych. --> ukryty neuron 10	-0,2038
312	Aob / Przych. --> ukryty neuron 10	-0,2200
313	Kob / Przych. --> ukryty neuron 10	-0,3640
314	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 10	-0,5606
315	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 10	-0,2741
316	ZO / AO --> ukryty neuron 10	-0,5764
317	ZK / AO --> ukryty neuron 10	-0,5409
318	AO / ZO --> ukryty neuron 10	-0,2749
319	Aob / ZO --> ukryty neuron 10	-0,4246
320	KW / ZO --> ukryty neuron 10	-0,2068
321	ŚP / AO --> ukryty neuron 10	-0,4626
322	Aob / AO --> ukryty neuron 10	-0,8343
323	At / AO --> ukryty neuron 10	-0,2307
324	Z / Kob --> ukryty neuron 10	-0,3510
325	ZK / ZO --> ukryty neuron 10	-0,7899
326	Kob / KW --> ukryty neuron 10	-0,6158
327	WO / ZO --> ukryty neuron 10	-0,3982
328	KW / AO --> ukryty neuron 10	-0,3557
329	WB / ZK --> ukryty neuron 10	-0,3917
330	WN / ZO --> ukryty neuron 10	-0,4191
331	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 1	0,0938
332	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 2	0,1875
333	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 3	-0,8169
334	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 4	-2,7812
335	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 5	-0,7375
336	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 6	-1,1089
337	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 7	2,0789
338	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 8	-0,5801
339	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 9	2,1049
340	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 10	-1,0211

341	ukryty neuron 1 --> U/Z(U)	2,5607
342	ukryty neuron 2 --> U/Z(U)	1,0702
343	ukryty neuron 3 --> U/Z(U)	0,6531
344	ukryty neuron 4 --> U/Z(U)	-1,8440
345	ukryty neuron 5 --> U/Z(U)	-2,4838
346	ukryty neuron 6 --> U/Z(U)	-10,2659
347	ukryty neuron 7 --> U/Z(U)	8,8518
348	ukryty neuron 8 --> U/Z(U)	1,5907
349	ukryty neuron 9 --> U/Z(U)	9,0913
350	ukryty neuron 10 --> U/Z(U)	2,4649
351	ukryty neuron 1 --> U/Z(Z)	-1,0118
352	ukryty neuron 2 --> U/Z(Z)	3,4852
353	ukryty neuron 3 --> U/Z(Z)	-7,8490
354	ukryty neuron 4 --> U/Z(Z)	1,6277
355	ukryty neuron 5 --> U/Z(Z)	-0,3655
356	ukryty neuron 6 --> U/Z(Z)	4,5531
357	ukryty neuron 7 --> U/Z(Z)	-8,9685
358	ukryty neuron 8 --> U/Z(Z)	-1,4125
359	ukryty neuron 9 --> U/Z(Z)	-9,5731
360	ukryty neuron 10 --> U/Z(Z)	0,3431
361	przesunięcie ukrytych --> U/Z(U)	-9,5277
362	przesunięcie ukrytych --> U/Z(Z)	10,1053

## Sztuczna Sieć Neuronowa T-5

ID wagi	Wagi sieci (t-1wszystkie)	
	Połączenia 1.MLP 33-14-2	Wartości wag 1.MLP 33-14-2
1	Aob / ZK --> ukryty neuron 1	-1,60319
2	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 1	-1,51055
3	Kob / AO --> ukryty neuron 1	-1,67552
4	ŚP / ZK --> ukryty neuron 1	-1,97070
5	ZK / Aob --> ukryty neuron 1	1,91498
6	WN / AO --> ukryty neuron 1	-0,01265
7	WN / KW --> ukryty neuron 1	0,30860
8	WO / AO --> ukryty neuron 1	-0,23756
9	WB / Przych. --> ukryty neuron 1	-0,88167
10	WN / Przych. --> ukryty neuron 1	-0,85219
11	WB / AO --> ukryty neuron 1	0,01057
12	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 1	-0,76349
13	Przych. / AO --> ukryty neuron 1	1,46856
14	Z / Przych. --> ukryty neuron 1	-0,19522
15	Aob / Przych. --> ukryty neuron 1	-0,69359
16	Kob / Przych. --> ukryty neuron 1	-1,37677
17	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 1	0,01609
18	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 1	0,01849
19	ZO / AO --> ukryty neuron 1	1,81678
20	ZK / AO --> ukryty neuron 1	1,98311
21	AO / ZO --> ukryty neuron 1	-1,55009
22	Aob / ZO --> ukryty neuron 1	-1,33704
23	KW / ZO --> ukryty neuron 1	-1,43820
24	ŚP / AO --> ukryty neuron 1	-1,96864
25	Aob / AO --> ukryty neuron 1	-0,24474
26	At / AO --> ukryty neuron 1	0,39590
27	Z / Kob --> ukryty neuron 1	0,03802
28	ZK / ZO --> ukryty neuron 1	0,47983
29	Kob / KW --> ukryty neuron 1	-0,80368
30	WO / ZO --> ukryty neuron 1	-0,95102
31	KW / AO --> ukryty neuron 1	-1,38949
32	WB / ZK --> ukryty neuron 1	-0,89585
33	WN / ZO --> ukryty neuron 1	-1,05165
34	Aob / ZK --> ukryty neuron 2	-1,66828
35	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 2	-1,58641
36	Kob / AO --> ukryty neuron 2	-1,78749
37	ŚP / ZK --> ukryty neuron 2	-2,10329
38	ZK / Aob --> ukryty neuron 2	1,98499
39	WN / AO --> ukryty neuron 2	-0,12989
40	WN / KW --> ukryty neuron 2	0,22264
41	WO / AO --> ukryty neuron 2	-0,24202
42	WB / Przych. --> ukryty neuron 2	-1,00994
43	WN / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,95881
44	WB / AO --> ukryty neuron 2	-0,04984
45	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 2	-0,68343
46	Przych. / AO --> ukryty neuron 2	1,59161

47	Z / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,27140
48	Aob / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,78323
49	Kob / Przych. --> ukryty neuron 2	-1,45875
50	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,12301
51	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 2	-0,08914
52	ZO / AO --> ukryty neuron 2	1,79890
53	ZK / AO --> ukryty neuron 2	1,96852
54	AO / ZO --> ukryty neuron 2	-1,51884
55	Aob / ZO --> ukryty neuron 2	-1,46407
56	KW / ZO --> ukryty neuron 2	-1,50841
57	ŚP / AO --> ukryty neuron 2	-2,06819
58	Aob / AO --> ukryty neuron 2	-0,37948
59	At / AO --> ukryty neuron 2	0,47599
60	Z / Kob --> ukryty neuron 2	-0,01601
61	ZK / ZO --> ukryty neuron 2	0,52522
62	Kob / KW --> ukryty neuron 2	-0,92285
63	WO / ZO --> ukryty neuron 2	-1,01834
64	KW / AO --> ukryty neuron 2	-1,53090
65	WB / ZK --> ukryty neuron 2	-0,95664
66	WN / ZO --> ukryty neuron 2	-1,09215
67	Aob / ZK --> ukryty neuron 3	-0,90227
68	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 3	-0,82672
69	Kob / AO --> ukryty neuron 3	-0,91381
70	ŚP / ZK --> ukryty neuron 3	-1,07961
71	ZK / Aob --> ukryty neuron 3	0,85173
72	WN / AO --> ukryty neuron 3	-0,32013
73	WN / KW --> ukryty neuron 3	0,15151
74	WO / AO --> ukryty neuron 3	-0,17874
75	WB / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,61522
76	WN / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,60963
77	WB / AO --> ukryty neuron 3	-0,27158
78	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 3	0,07679
79	Przych. / AO --> ukryty neuron 3	0,64466
80	Z / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,17691
81	Aob / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,51589
82	Kob / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,78949
83	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,11244
84	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 3	-0,08048
85	ZO / AO --> ukryty neuron 3	0,69099
86	ZK / AO --> ukryty neuron 3	0,94631
87	AO / ZO --> ukryty neuron 3	-0,81401
88	Aob / ZO --> ukryty neuron 3	-0,72527
89	KW / ZO --> ukryty neuron 3	-0,86578
90	ŚP / AO --> ukryty neuron 3	-0,97664
91	Aob / AO --> ukryty neuron 3	-0,18045
92	At / AO --> ukryty neuron 3	-0,03738
93	Z / Kob --> ukryty neuron 3	-0,06748
94	ZK / ZO --> ukryty neuron 3	0,21671
95	Kob / KW --> ukryty neuron 3	-0,58407

96	WO / ZO --> ukryty neuron 3	-0,48608
97	KW / AO --> ukryty neuron 3	-1,12889
98	WB / ZK --> ukryty neuron 3	-0,54017
99	WN / ZO --> ukryty neuron 3	-0,55150
100	Aob / ZK --> ukryty neuron 4	0,69180
101	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 4	0,41827
102	Kob / AO --> ukryty neuron 4	0,16838
103	ŚP / ZK --> ukryty neuron 4	1,59044
104	ZK / Aob --> ukryty neuron 4	-0,67980
105	WN / AO --> ukryty neuron 4	2,19730
106	WN / KW --> ukryty neuron 4	0,10553
107	WO / AO --> ukryty neuron 4	0,32703
108	WB / Przych. --> ukryty neuron 4	0,82240
109	WN / Przych. --> ukryty neuron 4	1,09793
110	WB / AO --> ukryty neuron 4	2,09343
111	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 4	-4,70415
112	Przych. / AO --> ukryty neuron 4	-0,75670
113	Z / Przych. --> ukryty neuron 4	-0,06107
114	Aob / Przych. --> ukryty neuron 4	0,84100
115	Kob / Przych. --> ukryty neuron 4	0,25224
116	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 4	0,17044
117	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 4	0,02223
118	ZO / AO --> ukryty neuron 4	-0,10072
119	ZK / AO --> ukryty neuron 4	-0,88560
120	AO / ZO --> ukryty neuron 4	0,03798
121	Aob / ZO --> ukryty neuron 4	0,68311
122	KW / ZO --> ukryty neuron 4	1,07036
123	ŚP / AO --> ukryty neuron 4	0,81941
124	Aob / AO --> ukryty neuron 4	0,37251
125	At / AO --> ukryty neuron 4	-0,94523
126	Z / Kob --> ukryty neuron 4	0,22693
127	ZK / ZO --> ukryty neuron 4	-0,65076
128	Kob / KW --> ukryty neuron 4	0,48072
129	WO / ZO --> ukryty neuron 4	-0,23930
130	KW / AO --> ukryty neuron 4	2,46416
131	WB / ZK --> ukryty neuron 4	0,69033
132	WN / ZO --> ukryty neuron 4	0,25595
133	Aob / ZK --> ukryty neuron 5	-1,37010
134	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 5	-1,37849
135	Kob / AO --> ukryty neuron 5	-1,57346
136	ŚP / ZK --> ukryty neuron 5	-1,57478
137	ZK / Aob --> ukryty neuron 5	1,73691
138	WN / AO --> ukryty neuron 5	0,51190
139	WN / KW --> ukryty neuron 5	0,29775
140	WO / AO --> ukryty neuron 5	-0,12825
141	WB / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,73302
142	WN / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,57678
143	WB / AO --> ukryty neuron 5	0,57875
144	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 5	-1,91020

145	Przych. / AO --> ukryty neuron 5	1,34192
146	Z / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,20231
147	Aob / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,44089
148	Kob / Przych. --> ukryty neuron 5	-1,28645
149	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 5	0,07052
150	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 5	-0,02154
151	ZO / AO --> ukryty neuron 5	1,77456
152	ZK / AO --> ukryty neuron 5	1,72152
153	AO / ZO --> ukryty neuron 5	-1,46546
154	Aob / ZO --> ukryty neuron 5	-1,18109
155	KW / ZO --> ukryty neuron 5	-1,15501
156	ŚP / AO --> ukryty neuron 5	-1,77543
157	Aob / AO --> ukryty neuron 5	-0,19186
158	At / AO --> ukryty neuron 5	0,25443
159	Z / Kob --> ukryty neuron 5	0,08702
160	ZK / ZO --> ukryty neuron 5	0,41914
161	Kob / KW --> ukryty neuron 5	-0,62108
162	WO / ZO --> ukryty neuron 5	-1,01738
163	KW / AO --> ukryty neuron 5	-0,69888
164	WB / ZK --> ukryty neuron 5	-0,72635
165	WN / ZO --> ukryty neuron 5	-0,96138
166	Aob / ZK --> ukryty neuron 6	1,12917
167	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 6	1,09087
168	Kob / AO --> ukryty neuron 6	1,27551
169	ŚP / ZK --> ukryty neuron 6	1,31629
170	ZK / Aob --> ukryty neuron 6	-1,42132
171	WN / AO --> ukryty neuron 6	-0,21676
172	WN / KW --> ukryty neuron 6	-0,09008
173	WO / AO --> ukryty neuron 6	0,13783
174	WB / Przych. --> ukryty neuron 6	0,71346
175	WN / Przych. --> ukryty neuron 6	0,63674
176	WB / AO --> ukryty neuron 6	-0,26977
177	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 6	1,13674
178	Przych. / AO --> ukryty neuron 6	-1,20149
179	Z / Przych. --> ukryty neuron 6	0,25049
180	Aob / Przych. --> ukryty neuron 6	0,39882
181	Kob / Przych. --> ukryty neuron 6	0,99729
182	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 6	0,04764
183	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 6	0,10538
184	ZO / AO --> ukryty neuron 6	-1,36016
185	ZK / AO --> ukryty neuron 6	-1,35323
186	AO / ZO --> ukryty neuron 6	1,12942
187	Aob / ZO --> ukryty neuron 6	0,99398
188	KW / ZO --> ukryty neuron 6	0,92757
189	ŚP / AO --> ukryty neuron 6	1,43303
190	Aob / AO --> ukryty neuron 6	0,22583
191	At / AO --> ukryty neuron 6	-0,33715
192	Z / Kob --> ukryty neuron 6	0,01992
193	ZK / ZO --> ukryty neuron 6	-0,42982

194	Kob / KW --> ukryty neuron 6	0,58633
195	WO / ZO --> ukryty neuron 6	0,78426
196	KW / AO --> ukryty neuron 6	0,74127
197	WB / ZK --> ukryty neuron 6	0,62615
198	WN / ZO --> ukryty neuron 6	0,79130
199	Aob / ZK --> ukryty neuron 7	-0,36587
200	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 7	-0,08516
201	Kob / AO --> ukryty neuron 7	0,39333
202	ŚP / ZK --> ukryty neuron 7	-1,38061
203	ZK / Aob --> ukryty neuron 7	0,44835
204	WN / AO --> ukryty neuron 7	-2,54963
205	WN / KW --> ukryty neuron 7	-0,06690
206	WO / AO --> ukryty neuron 7	-0,30021
207	WB / Przych. --> ukryty neuron 7	-0,51395
208	WN / Przych. --> ukryty neuron 7	-0,87630
209	WB / AO --> ukryty neuron 7	-2,47406
210	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 7	5,92401
211	Przych. / AO --> ukryty neuron 7	0,40739
212	Z / Przych. --> ukryty neuron 7	0,22426
213	Aob / Przych. --> ukryty neuron 7	-0,78375
214	Kob / Przych. --> ukryty neuron 7	0,14376
215	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 7	-0,01302
216	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 7	0,13491
217	ZO / AO --> ukryty neuron 7	-0,22377
218	ZK / AO --> ukryty neuron 7	0,66009
219	AO / ZO --> ukryty neuron 7	0,35964
220	Aob / ZO --> ukryty neuron 7	-0,34749
221	KW / ZO --> ukryty neuron 7	-0,90304
222	ŚP / AO --> ukryty neuron 7	-0,44923
223	Aob / AO --> ukryty neuron 7	-0,22329
224	At / AO --> ukryty neuron 7	1,05378
225	Z / Kob --> ukryty neuron 7	-0,20541
226	ZK / ZO --> ukryty neuron 7	0,65744
227	Kob / KW --> ukryty neuron 7	-0,20585
228	WO / ZO --> ukryty neuron 7	0,55164
229	KW / AO --> ukryty neuron 7	-2,51201
230	WB / ZK --> ukryty neuron 7	-0,51906
231	WN / ZO --> ukryty neuron 7	0,00672
232	Aob / ZK --> ukryty neuron 8	-0,27291
233	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 8	-0,27906
234	Kob / AO --> ukryty neuron 8	-0,21051
235	ŚP / ZK --> ukryty neuron 8	-0,39052
236	ZK / Aob --> ukryty neuron 8	0,38679
237	WN / AO --> ukryty neuron 8	-0,00579
238	WN / KW --> ukryty neuron 8	0,15904
239	WO / AO --> ukryty neuron 8	-0,01311
240	WB / Przych. --> ukryty neuron 8	-0,03365
241	WN / Przych. --> ukryty neuron 8	-0,02312
242	WB / AO --> ukryty neuron 8	0,01169

243	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 8	-0,01809
244	Przych. / AO --> ukryty neuron 8	0,20831
245	Z / Przych. --> ukryty neuron 8	0,07916
246	Aob / Przych. --> ukryty neuron 8	-0,17225
247	Kob / Przych. --> ukryty neuron 8	-0,26177
248	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 8	0,10164
249	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 8	0,09429
250	ZO / AO --> ukryty neuron 8	0,37653
251	ZK / AO --> ukryty neuron 8	0,43721
252	AO / ZO --> ukryty neuron 8	-0,28864
253	Aob / ZO --> ukryty neuron 8	-0,19798
254	KW / ZO --> ukryty neuron 8	-0,26662
255	ŚP / AO --> ukryty neuron 8	-0,34281
256	Aob / AO --> ukryty neuron 8	0,04980
257	At / AO --> ukryty neuron 8	0,12338
258	Z / Kob --> ukryty neuron 8	0,10309
259	ZK / ZO --> ukryty neuron 8	0,08840
260	Kob / KW --> ukryty neuron 8	-0,11280
261	WO / ZO --> ukryty neuron 8	-0,11655
262	KW / AO --> ukryty neuron 8	-0,24067
263	WB / ZK --> ukryty neuron 8	-0,16442
264	WN / ZO --> ukryty neuron 8	-0,13157
265	Aob / ZK --> ukryty neuron 9	2,88524
266	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 9	2,51706
267	Kob / AO --> ukryty neuron 9	2,66465
268	ŚP / ZK --> ukryty neuron 9	3,97830
269	ZK / Aob --> ukryty neuron 9	-3,02340
270	WN / AO --> ukryty neuron 9	1,79238
271	WN / KW --> ukryty neuron 9	-0,36408
272	WO / AO --> ukryty neuron 9	0,61722
273	WB / Przych. --> ukryty neuron 9	2,03135
274	WN / Przych. --> ukryty neuron 9	2,18029
275	WB / AO --> ukryty neuron 9	1,66248
276	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 9	-2,39192
277	Przych. / AO --> ukryty neuron 9	-2,48209
278	Z / Przych. --> ukryty neuron 9	0,35570
279	Aob / Przych. --> ukryty neuron 9	1,75393
280	Kob / Przych. --> ukryty neuron 9	2,24276
281	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 9	0,24791
282	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 9	0,14363
283	ZO / AO --> ukryty neuron 9	-2,38260
284	ZK / AO --> ukryty neuron 9	-3,37506
285	AO / ZO --> ukryty neuron 9	2,29568
286	Aob / ZO --> ukryty neuron 9	2,44233
287	KW / ZO --> ukryty neuron 9	2,94696
288	ŚP / AO --> ukryty neuron 9	3,40651
289	Aob / AO --> ukryty neuron 9	0,71889
290	At / AO --> ukryty neuron 9	-0,93194
291	Z / Kob --> ukryty neuron 9	0,23553



292	ZK / ZO --> ukryty neuron 9	-1,09159
293	Kob / KW --> ukryty neuron 9	1,71697
294	WO / ZO --> ukryty neuron 9	1,24634
295	KW / AO --> ukryty neuron 9	4,08363
296	WB / ZK --> ukryty neuron 9	1,90032
297	WN / ZO --> ukryty neuron 9	1,68973
298	Aob / ZK --> ukryty neuron 10	4,01171
299	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 10	3,64143
300	Kob / AO --> ukryty neuron 10	4,09756
301	ŚP / ZK --> ukryty neuron 10	5,12901
302	ZK / Aob --> ukryty neuron 10	-4,32780
303	WN / AO --> ukryty neuron 10	1,17901
304	WN / KW --> ukryty neuron 10	-0,46822
305	WO / AO --> ukryty neuron 10	0,77222
306	WB / Przych. --> ukryty neuron 10	2,69524
307	WN / Przych. --> ukryty neuron 10	2,72244
308	WB / AO --> ukryty neuron 10	0,99325
309	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 10	-0,20624
310	Przych. / AO --> ukryty neuron 10	-3,57147
311	Z / Przych. --> ukryty neuron 10	0,66897
312	Aob / Przych. --> ukryty neuron 10	2,04036
313	Kob / Przych. --> ukryty neuron 10	3,30619
314	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 10	0,36189
315	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 10	0,29015
316	ZO / AO --> ukryty neuron 10	-3,72931
317	ZK / AO --> ukryty neuron 10	-4,60204
318	AO / ZO --> ukryty neuron 10	3,54560
319	Aob / ZO --> ukryty neuron 10	3,43994
320	KW / ZO --> ukryty neuron 10	3,75562
321	ŚP / AO --> ukryty neuron 10	4,79178
322	Aob / AO --> ukryty neuron 10	0,94940
323	At / AO --> ukryty neuron 10	-0,94004
324	Z / Kob --> ukryty neuron 10	0,25971
325	ZK / ZO --> ukryty neuron 10	-1,28662
326	Kob / KW --> ukryty neuron 10	2,31403
327	WO / ZO --> ukryty neuron 10	2,16514
328	KW / AO --> ukryty neuron 10	4,53126
329	WB / ZK --> ukryty neuron 10	2,44617
330	WN / ZO --> ukryty neuron 10	2,53950
331	Aob / ZK --> ukryty neuron 11	0,55314
332	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 11	0,66544
333	Kob / AO --> ukryty neuron 11	1,06637
334	ŚP / ZK --> ukryty neuron 11	0,06580
335	ZK / Aob --> ukryty neuron 11	-0,57151
336	WN / AO --> ukryty neuron 11	-1,45435
337	WN / KW --> ukryty neuron 11	-0,05664
338	WO / AO --> ukryty neuron 11	-0,04493
339	WB / Przych. --> ukryty neuron 11	0,25592
340	WN / Przych. --> ukryty neuron 11	-0,02019

341	WB / AO --> ukryty neuron 11	-1,45603
342	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 11	3,85522
343	Przych. / AO --> ukryty neuron 11	-0,47937
344	Z / Przych. --> ukryty neuron 11	0,27511
345	Aob / Przych. --> ukryty neuron 11	-0,10912
346	Kob / Przych. --> ukryty neuron 11	0,72229
347	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 11	0,10633
348	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 11	0,18413
349	ZO / AO --> ukryty neuron 11	-0,88627
350	ZK / AO --> ukryty neuron 11	-0,44569
351	AO / ZO --> ukryty neuron 11	0,86764
352	Aob / ZO --> ukryty neuron 11	0,43999
353	KW / ZO --> ukryty neuron 11	0,10450
354	ŚP / AO --> ukryty neuron 11	0,63050
355	Aob / AO --> ukryty neuron 11	0,05606
356	At / AO --> ukryty neuron 11	0,45279
357	Z / Kob --> ukryty neuron 11	-0,07447
358	ZK / ZO --> ukryty neuron 11	0,16749
359	Kob / KW --> ukryty neuron 11	0,30466
360	WO / ZO --> ukryty neuron 11	0,81525
361	KW / AO --> ukryty neuron 11	-0,80812
362	WB / ZK --> ukryty neuron 11	0,12772
363	WN / ZO --> ukryty neuron 11	0,50635
364	Aob / ZK --> ukryty neuron 12	0,16508
365	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 12	0,26234
366	Kob / AO --> ukryty neuron 12	0,44200
367	ŚP / ZK --> ukryty neuron 12	-0,16709
368	ZK / Aob --> ukryty neuron 12	-0,06094
369	WN / AO --> ukryty neuron 12	-0,74977
370	WN / KW --> ukryty neuron 12	-0,05869
371	WO / AO --> ukryty neuron 12	-0,02810
372	WB / Przych. --> ukryty neuron 12	0,05134
373	WN / Przych. --> ukryty neuron 12	-0,06398
374	WB / AO --> ukryty neuron 12	-0,77377
375	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 12	2,05388
376	Przych. / AO --> ukryty neuron 12	-0,02576
377	Z / Przych. --> ukryty neuron 12	0,15818
378	Aob / Przych. --> ukryty neuron 12	-0,04998
379	Kob / Przych. --> ukryty neuron 12	0,31922
380	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 12	0,05363
381	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 12	0,07059
382	ZO / AO --> ukryty neuron 12	-0,25498
383	ZK / AO --> ukryty neuron 12	-0,08407
384	AO / ZO --> ukryty neuron 12	0,37468
385	Aob / ZO --> ukryty neuron 12	0,10467
386	KW / ZO --> ukryty neuron 12	0,00852
387	ŚP / AO --> ukryty neuron 12	0,14587
388	Aob / AO --> ukryty neuron 12	-0,02707
389	At / AO --> ukryty neuron 12	0,44389

390	Z / Kob --> ukryty neuron 12	-0,04279
391	ZK / ZO --> ukryty neuron 12	0,21920
392	Kob / KW --> ukryty neuron 12	0,17003
393	WO / ZO --> ukryty neuron 12	0,33988
394	KW / AO --> ukryty neuron 12	-0,48510
395	WB / ZK --> ukryty neuron 12	-0,02961
396	WN / ZO --> ukryty neuron 12	0,22155
397	Aob / ZK --> ukryty neuron 13	0,00753
398	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 13	0,16116
399	Kob / AO --> ukryty neuron 13	0,41807
400	ŚP / ZK --> ukryty neuron 13	-0,48767
401	ZK / Aob --> ukryty neuron 13	-0,06801
402	WN / AO --> ukryty neuron 13	-1,43918
403	WN / KW --> ukryty neuron 13	-0,09831
404	WO / AO --> ukryty neuron 13	-0,15363
405	WB / Przych. --> ukryty neuron 13	-0,18732
406	WN / Przych. --> ukryty neuron 13	-0,38950
407	WB / AO --> ukryty neuron 13	-1,40400
408	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 13	3,36139
409	Przych. / AO --> ukryty neuron 13	-0,03027
410	Z / Przych. --> ukryty neuron 13	0,14985
411	Aob / Przych. --> ukryty neuron 13	-0,33733
412	Kob / Przych. --> ukryty neuron 13	0,22031
413	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 13	-0,06310
414	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 13	0,03795
415	ZO / AO --> ukryty neuron 13	-0,42315
416	ZK / AO --> ukryty neuron 13	0,05985
417	AO / ZO --> ukryty neuron 13	0,36106
418	Aob / ZO --> ukryty neuron 13	0,02743
419	KW / ZO --> ukryty neuron 13	-0,34056
420	ŚP / AO --> ukryty neuron 13	0,03251
421	Aob / AO --> ukryty neuron 13	-0,11365
422	At / AO --> ukryty neuron 13	0,43722
423	Z / Kob --> ukryty neuron 13	-0,13690
424	ZK / ZO --> ukryty neuron 13	0,23727
425	Kob / KW --> ukryty neuron 13	-0,06388
426	WO / ZO --> ukryty neuron 13	0,49518
427	KW / AO --> ukryty neuron 13	-1,24087
428	WB / ZK --> ukryty neuron 13	-0,15758
429	WN / ZO --> ukryty neuron 13	0,19886
430	Aob / ZK --> ukryty neuron 14	-2,60244
431	(Aob - Z) / ZK --> ukryty neuron 14	-2,23493
432	Kob / AO --> ukryty neuron 14	-2,39340
433	ŚP / ZK --> ukryty neuron 14	-3,59644
434	ZK / Aob --> ukryty neuron 14	2,57234
435	WN / AO --> ukryty neuron 14	-1,85319
436	WN / KW --> ukryty neuron 14	0,27437
437	WO / AO --> ukryty neuron 14	-0,63344
438	WB / Przych. --> ukryty neuron 14	-1,89888

439	WN / Przych. --> ukryty neuron 14	-2,05565
440	WB / AO --> ukryty neuron 14	-1,70295
441	(WN + Am) / AO --> ukryty neuron 14	2,58590
442	Przych. / AO --> ukryty neuron 14	2,11653
443	Z / Przych. --> ukryty neuron 14	-0,33135
444	Aob / Przych. --> ukryty neuron 14	-1,65882
445	Kob / Przych. --> ukryty neuron 14	-2,00950
446	(Nal. Kr. * 365) / Przych. --> ukryty neuron 14	-0,29660
447	(ZK * 365) / Przych. --> ukryty neuron 14	-0,13899
448	ZO / AO --> ukryty neuron 14	1,95249
449	ZK / AO --> ukryty neuron 14	2,94493
450	AO / ZO --> ukryty neuron 14	-2,02573
451	Aob / ZO --> ukryty neuron 14	-2,16879
452	KW / ZO --> ukryty neuron 14	-2,68981
453	ŚP / AO --> ukryty neuron 14	-2,98402
454	Aob / AO --> ukryty neuron 14	-0,69995
455	At / AO --> ukryty neuron 14	0,65340
456	Z / Kob --> ukryty neuron 14	-0,23127
457	ZK / ZO --> ukryty neuron 14	0,95701
458	Kob / KW --> ukryty neuron 14	-1,62054
459	WO / ZO --> ukryty neuron 14	-1,04553
460	KW / AO --> ukryty neuron 14	-3,93756
461	WB / ZK --> ukryty neuron 14	-1,69689
462	WN / ZO --> ukryty neuron 14	-1,49161
463	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 1	0,15179
464	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 2	0,10642
465	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 3	-0,21790
466	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 4	-0,57655
467	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 5	0,08658
468	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 6	-0,12177
469	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 7	0,79121
470	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 8	0,13175
471	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 9	-0,18272
472	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 10	0,03299
473	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 11	0,51218
474	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 12	0,47193
475	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 13	0,35540
476	przesunięcie wejściowych --> ukryty neuron 14	-0,00551
477	ukryty neuron 1 --> U/Z(U)	-1,99423
478	ukryty neuron 2 --> U/Z(U)	-1,70689
479	ukryty neuron 3 --> U/Z(U)	-0,33742
480	ukryty neuron 4 --> U/Z(U)	-6,88101
481	ukryty neuron 5 --> U/Z(U)	-3,55756
482	ukryty neuron 6 --> U/Z(U)	2,02124
483	ukryty neuron 7 --> U/Z(U)	8,36468
484	ukryty neuron 8 --> U/Z(U)	-0,51639
485	ukryty neuron 9 --> U/Z(U)	-2,26565
486	ukryty neuron 10 --> U/Z(U)	1,12062
487	ukryty neuron 11 --> U/Z(U)	5,56653

488	ukryty neuron 12 --> U/Z(U)	3,00468
489	ukryty neuron 13 --> U/Z(U)	4,86410
490	ukryty neuron 14 --> U/Z(U)	2,73424
491	ukryty neuron 1 --> U/Z(Z)	1,58596
492	ukryty neuron 2 --> U/Z(Z)	1,90235
493	ukryty neuron 3 --> U/Z(Z)	-0,64126
494	ukryty neuron 4 --> U/Z(Z)	4,87828
495	ukryty neuron 5 --> U/Z(Z)	3,25085
496	ukryty neuron 6 --> U/Z(Z)	-2,75309
497	ukryty neuron 7 --> U/Z(Z)	-7,04416
498	ukryty neuron 8 --> U/Z(Z)	-0,30120
499	ukryty neuron 9 --> U/Z(Z)	2,41529
500	ukryty neuron 10 --> U/Z(Z)	-1,34066
501	ukryty neuron 11 --> U/Z(Z)	-5,31681
502	ukryty neuron 12 --> U/Z(Z)	-2,10568
503	ukryty neuron 13 --> U/Z(Z)	-4,37451
504	ukryty neuron 14 --> U/Z(Z)	-3,22546
505	przesunięcie ukrytych --> U/Z(U)	-0,72963
506	przesunięcie ukrytych --> U/Z(Z)	-2,57216