

### OCENA PRZYDATNOŚCI WIELOWYMIAROWYCH MODELI DYSKRYMINACYJNYCH DO PROGNOZOWANIA UPADŁOŚCI PRZEDSIĘBIORSTW HANDLOWYCH

---

---

#### Wprowadzenie

Przyczyną, dla której ekonomiści, analitycy oraz zarządzający przedsiębiorstwami zainteresowali się syntetycznymi metodami oceny zagrożenia upadłości, były nieprzewidziane i zaskakujące przypadki upadłości<sup>1</sup> jednostek gospodarczych w latach sześćdziesiątych, głównie w Stanach Zjednoczonych. W nowoczesnej teorii ekonomii zjawisko upadłości przedsiębiorstw traktowane jest jako rodzaj naturalnego regulatora systemu ekonomicznego. W gospodarce rynkowej istnieje konieczność dokonywania likwidacji bądź restrukturyzacji podmiotów nie zarządzających odpowiednio efektywnie swoimi zasobami. Wynika to z faktu, iż ich działalność przynosi szkody finansowe ich wierzycielom, kooperantom, a nawet i samym interesariuszom wewnętrznym. Modele oceniające zagrożenie upadłości przedsiębiorstw łączą w sobie zazwyczaj tradycyjną analizę wskaźnikową z wyrafinowanymi technikami statystycznymi. Obecnie do prognozowania upadłości wykorzystuje się<sup>2</sup>:

- 1) metody statystyczne - oparte na analizie dyskryminacyjnej, logotowej, probitowej czy drzewach decyzyjnych;
- 2) metody miękkich technik obliczeniowych - sztuczne sieci neuronowe, logika rozmyta, algorytmy genetyczne, modele wektorów nośnych;
- 3) modele teoretyczne - modele teorii entropii, modele hazardowe czy modele ryzyka kredytowego.

---

\* Politechnika Gdańska, Wydział Zarządzania i Ekonomii.

<sup>1</sup> W ogólnym rozumieniu pojęcia „upadłość” i „bankructwo” traktowane są jako synonimy niepowodzenia finansowego firmy. Jednakże wielu autorów, dzieląc problem na płaszczyznę ekonomiczną i prawną, pierwszej z nich przypisuje pojęcie „bankructwo”, natomiast drugiej „upadłość”. Jeżeli mowa jest o upadłości zwinionej, dopuszczalne jest utożsamianie tego terminu z bankructwem. Więcej na ten temat pisze E. Grzegorzewska, *Zagrożenie upadłością a cykl przedsiębiorstw rolniczych*, (w:) *Cykle życia i bankructwa przedsiębiorstw*, red. E. Mączyńska, OW SGH, Warszawa 2010, s. 255-256.

<sup>2</sup> T. Korol, *Systemy ostrzegania przedsiębiorstw przed ryzykiem upadłości*, Oficyna Wolters Kluwer business, Warszawa 2010.

Autorzy większości z tych modeli przedstawiają ich skuteczność, w prawidłowej klasyfikacji obiektów do grupy zagrożonych i niezagrożonych upadłością, na poziomie wyższym od 90%<sup>3</sup>. Sprawność modeli prognozowania upadłości przedsiębiorstw przez autorów jest prezentowana najczęściej w postaci macierzy klasyfikacji przedsiębiorstw, na którą składa się zestawienie sprawności oraz błędu: ogólnego, I i II stopnia<sup>4</sup>. Użytkownikom modeli służącym prognozowaniu upadłości szczególnie zależy na jak najwyższej sprawności I stopnia oraz na jak najniższym błędzie I stopnia. Wynika to z faktu, iż błędne zakwalifikowanie jednostki zagrożonej upadłością do podmiotów o dobrej kondycji finansowej, przynosi zazwyczaj dużo większe straty od tych, gdy podmiot niezagrożony bankrutem zostanie uznany za jednostkę zagrożoną upadłością. W tej pierwszej sytuacji użytkownicy modelu narażeni zostają na niespłacenie kredytu, należności, czy też przerwanie dostaw, gdy w tej drugiej sytuacji – konsekwencją będzie tylko utrata ewentualnych korzyści wynikających ze współpracy. Celem niniejszego opracowania jest ocena przydatności użycia modeli opartych na wielowymiarowej analizie dyskryminacyjnej do prognozowania upadłości polskich przedsiębiorstw handlowych oraz próba zwiększenia ich sprawności poprzez zmianę wartości ich punktów granicznych.

### Opis próby walidacyjnej

Próbie walidacyjną utworzyło 40 przedsiębiorstw, prowadzących hurtową działalność handlową z 46 działu gospodarki narodowej. W jej skład weszło 20 spółek, względem których sądy w latach 2011-2012 wydały postanowienia

<sup>3</sup> Zob. np.: J. Gajdka, D. Stos, *Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej w ocenie kondycji finansowej przedsiębiorstw*, (w:) *Przedsiębiorstwo na rynku kapitałowym*, red. J. Duraj, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 1996; D. Hadasik, *Upadłość przedsiębiorstw w Polsce i metody jej prognozowania*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 1998; A. Hołda, *Prognozowanie bankructwa jednostki w warunkach gospodarki polskiej z wykorzystaniem funkcji dyskryminacyjnej ZH*, „Rachunkowość”, nr 5/2001; D. Wierzba, *Wczesne wykrywanie przedsiębiorstw zagrożonych upadłością na podstawie analizy wskaźników finansowych - teoria i badania empiryczne*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Ekonomiczno-Informatycznej w Warszawie”, nr 9/2000; E. Mączyńska, M. Zawadzki, *Modelowe i prognostyczne aspekty pomiaru zmian w sytuacji przedsiębiorstw i w restrukturyzacji - analiza dyskryminacyjna*, INE PAN, Warszawa 2000; M. Gruszczyński, *Modele mikroekonometrii w analizie i prognozowaniu zagrożenia finansowego przedsiębiorstw*, „Zeszyty Polskiej Akademii Nauk”, nr 34/2003; B. Prusak, *Upadłość przedsiębiorstw - uwarunkowania i metody prognozowania*, Difin, Gdańsk 2004; M. Hamrol, *Prognozowanie upadłości przedsiębiorstwa - model „poznański” analizy dyskryminacyjnej*, „Plus”, nr 28/2004.

<sup>4</sup> Sprawność I stopnia stanowi procent prawidłowo zakwalifikowanych przez model „bankrutów”, sprawność II stopnia określa, jaki procent przedsiębiorstw niezagrożonych upadłością został prawidłowo sklasyfikowany, a sprawność ogólna prezentuje, jaki procent wszystkich przedsiębiorstw został prawidłowo sklasyfikowany. Z kolei błąd I stopnia określa, jaki procent „bankrutów” został niepoprawnie zaklasyfikowany, błąd II stopnia opisuje, jaki procent przedsiębiorstw niezagrożonych upadłością został przez model przypisany do „bankrutów”, a błąd ogólny wskazuje, jaki procent wszystkich przedsiębiorstw został niepoprawnie sklasyfikowany przez model.

Tabela 1. Próba walidacyjna

Lp.	Nazwa spółki	Stan rzeczywisty	Data ogłoszenia upadłości	Wartość sumy aktywów na rok przed upadłością bankruta w tys. zł
1	GCB Centrostal Bydgoszcz S.A.	bankrut	22 sierpnia 2011	285 021
2	Servier Polska Services Sp. z o.o.	zdrowy	-	286 384
3	WKRA S.A.	bankrut	21 lutego 2011	24 828
4	LINDAB Sp. z o.o.	zdrowy	-	24 933
5	Centralne Piwnice Win Importowanych Sp. z o.o.	bankrut	31 października 2011	20 839
6	SWEGON Sp. z o.o.	zdrowy	-	20 850
7	PH ARKO Sp. z o.o.	bankrut	18 listopada 2011	193 858
8	Bač - Pol S.A.	zdrowy	-	193 966
9	Hani - Pex Instalacje Grupa SBS Sp. z o.o.	bankrut	19 maja 2011	1 649
10	CARBO - ECO Sp. z o.o.	zdrowy	-	1 651
11	Stett-Pol Sp. z o.o.	bankrut	18 kwietnia 2011	6 839
12	Marro Sp. z o.o.	zdrowy	-	6 844
13	Przedsiębiorstwo Handlowe Deltasport Sp. z o.o.	bankrut	28 listopada 2011	2 901
14	2W Sp. z o.o.	zdrowy	-	2 899
15	TX Eastern Europe Sp. z o.o.	bankrut	22 grudnia 2011	5 942
16	Wet-Farm Sp. z o.o.	zdrowy	-	5 951
17	Therm - Os Sp. z o.o.	bankrut	2 września 2011	619
18	Mat-Gor Sp. z o.o.	zdrowy	-	619
19	LINC Sp. z o.o.	bankrut	4 listopada 2011	164
20	GURAD S.J.	zdrowy	-	165
21	Przedsiębiorstwo JASBUD Sp. z o.o.	bankrut	4 kwietnia 2011	556
22	Consoft Sp. z o.o.	zdrowy	-	557
23	Damil Eurotrans Trade Sp. z o.o.	bankrut	24 października 2012	1 329
24	Meskon Sp. z o.o.	zdrowy	-	1 400
25	Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowe „Danex” Sp. z o.o.	bankrut	25 maja 2012	40 746
26	HASTA Sp. z o.o.	zdrowy	-	40 623
27	Głazura Królewska S.A.	bankrut	12 grudnia 2012	61 329
28	Komtur Polska Sp. z o.o.	zdrowy	-	61 364
29	KSK Kompleksowe Systemy Komputerowe Sp. z o.o.	bankrut	14 marca 2012	1 471
30	Motorgas Sp. z o.o.	zdrowy	-	1 472
31	Master-Met Sp. z o.o.	bankrut	7 marca 2012	3 180
32	Katko Poland Sp. z o.o.	zdrowy	-	3 183
33	El - Mart P.J. Sp. z o.o.	bankrut	29 listopada 2012	2 113
34	Techneau Polska Sp. z o.o.	zdrowy	-	2 114
35	Urim Sp. z o.o.	bankrut	19 stycznia 2012	1 508
36	Dakar Sp. z o.o.	zdrowy	-	1 511
37	Stefkar S.J. Małgorzata i Stefan Broniek	bankrut	10 sierpnia 2012	6 291
38	Moller Polska Sp. z o.o.	zdrowy	-	6 299
39	STALBET Sp. z o.o.	bankrut	15 czerwca 2012	5 911
40	Przedsiębiorstwo Wielobranżowe Inter-Metall Sp. z o.o.	zdrowy	-	5 919

Źródło: opracowanie własne na podstawie bazy TEGIEL oraz Monitora Sądowego i Gospodarczego.



o ogłoszeniu upadłości<sup>5</sup> oraz tyle samo przedsiębiorstw, które w tych latach nie były zagrożone upadłością<sup>6</sup>. Podmioty z obu grup zostały dobrane parami, przyjmując za kryterium zbliżoną wartość ich sum bilansowych. Dane finansowe spółek niezagrożonych upadłością pochodziły z tych samych lat, co dane przypisanych im „bankrutów”. Informacje na temat prawnej sytuacji badanych firm na dzień 1 czerwca 2015 r. uzyskano na podstawie Internetowego Monitora Sądowego i Gospodarczego i zestawiono w tabeli 1.

Próbie testową można uznać za homogeniczną. Wszystkie tworzące ją podmioty prowadziły ten sam rodzaj działalności gospodarczej (handel hurtowy). 85% spośród nich wykorzystywało do prowadzenia działalności gospodarczej formę prawną w postaci spółki z ograniczoną odpowiedzialnością. Z kolei formę prawną spółki akcyjnej wykorzystywało 10% podmiotów z próby walidacyjnej, a 5% było spółkami jawnymi. Aż 70% obiektów z próby walidacyjnej stanowiły mikroprzedsiębiorstwa. Ponadto 15% podmiotów z próby testowej było małymi przedsiębiorstwami, 5% – średnimi, a 10% – dużymi jednostkami gospodarczymi. Badaniu zostały poddane spółki o średniej sumie bilansowej wynoszącej 33,395 mln zł. Minimalna wartość sumy bilansowej wśród przedsiębiorstw poddanych badaniu wyniosła 164 tys. zł, a maksymalna 286,384 mln zł. Analizę przeprowadzono z wykorzystaniem sprawozdań finansowych przedsiębiorstw za okres roku i dwóch lat poprzedzających rok ogłoszenia upadłości w przypadku bankruta. Przykładowo, jeśli dla podmiotu „Master-Met Sp. z o. o.” sąd wydał postanowienie o ogłoszeniu upadłości dnia 7 marca 2012 r., obliczając wartość funkcji dyskryminacyjnych modeli na rok przed upadłością, brano pod uwagę dane ze sprawozdań finansowych z roku 2010. Dokonując obliczeń na rok przed upadłością dla przyporządkowanej do niej „zdrowej” jednostki „Katko Poland Sp. z o. o.”, wykorzystywano dane finansowe z tego samego roku, czyli również 2010.

### Metodyka przeprowadzonych badań

Śród dostępnych w literaturze przedmiotu modeli, służących przewidywaniu upadłości przedsiębiorstw, do weryfikacji ich przydatności – w przypadku jednostek prowadzących działalność handlową – wybrano 3 krajowe modele oparte na analizie dyskryminacyjnej oraz model prekursora wykorzystania tej techniki do prognozowania upadłości przedsiębiorstw – E. Altmana. W wyborze modeli poddanych testowaniu głównie kierowano się ustaloną przez ich autorów sprawnością oraz możliwością obliczenia wszystkich wskaź-

<sup>5</sup> W dalszej części artykułu przedsiębiorstwa te będą też nazywane w skrócie „bankrutami”.

<sup>6</sup> W dalszej części artykułu przedsiębiorstwa te w skrócie będą też nazywane „zdrowymi”.



ników, które one zawierają. Ponieważ niejednokrotnie autorzy publikowali po kilka swoich modeli służących prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw, do badań wybrane zostały te, które powstały najpóźniej, albo te, których zdolność prawidłowej klasyfikacji jednostek do grupy „zdrowych” i „upadłych” była najwyższa. W tabelach od numeru 2 do 5 zostały przedstawione wykorzystane w badaniu modele wraz z datą ich powstania oraz oszacowaną, przez ich autorów, sprawnością prognoz. Modele te mają postać wielowymiarowej liniowej funkcji dyskryminacyjnej, danej następującym wzorem:

$$Z = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n \quad (1)$$

gdzie:

- Z – wartość funkcji dyskryminacyjnej,
- $a_i$ , dla  $i = 1, 2, \dots, n$  – wagi dyskryminacyjne,
- $a_0$  – stała,
- $X_i$ , dla  $i = 1, 2, \dots, n$  – mierniki finansowe.

Na podstawie tych modeli przedsiębiorstwa zalicza się do grupy jednostek zagrożonych upadłością wówczas, gdy wartość funkcji Z jest mniejsza od punktu granicznego, a w przeciwnym wypadku przedsiębiorstwa zaliczane są do obiektów niezagrażonych upadłością.

Tabela 2. Model E. Altmana B z 1984 roku

Licznik zmiennej	Mianownik zmiennej	Waga	Stala	Szara strefa
Kapitał obrotowy	Aktywa ogółem	0,717	0,000	(1,23 - 2,89)
Zysk zatrzymany	Aktywa ogółem	0,847		
EBIT	Aktywa ogółem	3,300		
Księgowa wartość kapitału własnego	Zobowiązania ogółem	0,420		
Przychody ze sprzedaży	Aktywa ogółem	0,999		
Sprawność ogólna 93,94%	Sprawność I stopnia 90,91%	Sprawność II stopnia 96,97%		

Źródło: opracowanie własne na podstawie: E. I. Altman, *Corporate Financial Distress and Bankruptcy: A Complete Guide to Predicting & Avoiding Distress and Profiting from Bankruptcy*, John Wiley & Sons, New York 1993.

Tabela 3. Model M. Hamrola, B. Czajki i M. Piechockiego (poznański) z 2003 roku

Licznik zmiennej	Mianownik zmiennej	Waga	Stala	Punkt graniczny
Wynik netto	Suma bilansowa	3,562	-2,368	0
Aktywa obrotowe - zapasy	Zobowiązania krótkoterminowe	1,588		
Kapitał stały	Suma bilansowa	4,288		
Wynik ze sprzedaży	Przychody ze sprzedaży	6,719		
Sprawność ogólna 96%	Sprawność I stopnia Brak danych			

Źródło: opracowanie własne na podstawie: M. Hamrol, B. Czajka, M. Piechocki, *Upadłość przedsiębiorstwa – model analizy dyskryminacyjnej*, „Przegląd Organizacji”, nr 6/2004, s. 35–39.



Tabela 4. Model D. Hadasik MOD\_1 z 1998 roku

Licznik zmiennej	Mianownik zmiennej	Waga	Stała	Punkt graniczny
Zobowiązania ogółem	Aktywa ogółem	-2,50761	2,60839	0
Należności * 365	Przychody ze sprzedaży	0,00141147		
Zapasy * 365	Przychody ze sprzedaży	0,00925162		
Wynik finansowy netto	Zapasy	0,0233545		
Sprawność ogólna	Sprawność I stopnia	Sprawność II stopnia		
93,18%	95,45%	90,91%		

Źródło: opracowanie własne na podstawie: D. Hadasik, *Upadłość przedsiębiorstw w Polsce i metody jej prognozowania*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 1998.

Tabela 5. Model A. Hołdy z 2001 roku

Licznik zmiennej	Mianownik zmiennej	Waga	Stała	Punkt graniczny
Aktywa obrotowe	Zobowiązania krótkoterminowe	0,681	0,605	0
Zobowiązania ogółem	Aktywa ogółem	-0,0196		
Wynik finansowy netto	Srednia wartość sumy bilansowej	0,00969		
Przeciętna wartość zobowiązań krótkoterminowych	Koszty podstawowej działalności operacyjnej	0,000672		
Przychody ze sprzedaży	Srednia wartość sumy bilansowej	0,157		
Sprawność ogólna		Sprawność I stopnia		
92,5%		Brak danych		

Źródło: opracowanie własne na podstawie: B. Prusak, *Nowoczesne metody prognozowania zagrożenia finansowego przedsiębiorstw*, Difin, Warszawa 2005, s. 136-137.

W przypadku każdego z modeli, osobno przy wyprzedzeniu czasowym jednego roku i dwóch lat, zostały obliczone ilorazy szans<sup>7</sup> oraz sprawności: ogólna, I i II stopnia. Uzyskane wyniki zostały następnie poddane analizie porównawczej. Porównaniu została ponadto poddana, oszacowana w trakcie badań, sprawność ogólna modeli ze sprawnościami podawanymi przez ich autorów.

Ostatnim etapem badań było zaproponowanie nowych wartości punktów granicznych dla poddanych analizie modeli tak, aby uzyskać jak najwyższą ich sprawność w przypadku prognozowania upadłości przedsiębiorstw prowadzą-

<sup>7</sup> Iloraz szans oblicza się przy użyciu następującego równania:

$$IS = \frac{P_1 \cdot P_2}{NP_1 \cdot NP_2}$$

gdzie: *IS* – iloraz szans, *P*<sub>1</sub> – liczba rzeczywistych bankrutów zaklasyfikowanych do populacji obiektów zagrożonych upadłością, *P*<sub>2</sub> – liczba firm o dobrej kondycji finansowej zaklasyfikowanych do populacji obiektów „zdrowych”, *NP*<sub>1</sub> – liczba bankrutów zaklasyfikowanych do populacji obiektów „zdrowych”, *NP*<sub>2</sub> – liczba firm o dobrej kondycji finansowej zaklasyfikowanych do populacji obiektów zagrożonych upadłością.



cych działalność handlową. Do ustalenia zmodyfikowanych wartości punktów granicznych wykorzystano wykresy krzywych koncentracji ROC<sup>8</sup>.

### Wyniki badań

Efektywność funkcji dyskryminacyjnych badano za pomocą siły modelu. W tym celu obliczano wartość ilorazu szans oraz sprawność każdej funkcji dyskryminacyjnej na rok oraz na dwa lata przed upadłością. Porównanie wartości ustalonych przy użyciu tych metod przedstawia tabela 6.

Tabela 6. Mierniki opisujące siłę poddanych analizie modeli

<b>Model E. I. Altmanna B</b>		
Mierniki	Na rok przed upadłością	Na dwa lata przed upadłością
Sprawność I stopnia	20,00%	22,22%
Sprawność II stopnia	87,50%	93,75%
Sprawność ogólna	61,54%	55,88%
Iloraz szans	1,750	4,286
<b>Model „poznański”</b>		
Mierniki	Na rok przed upadłością	Na dwa lata przed upadłością
Sprawność I stopnia	65,00%	55,00%
Sprawność II stopnia	70,00%	80,00%
Sprawność ogólna	67,50%	67,50%
Iloraz szans	4,333	4,889
<b>Model D. Hadasik (MOD 1)</b>		
Mierniki	Na rok przed upadłością	Na dwa lata przed upadłością
Sprawność I stopnia	45,00%	35,00%
Sprawność II stopnia	80,00%	85,00%
Sprawność ogólna	62,50%	60,00%
Iloraz szans	3,273	3,051
<b>Model A. Holdy</b>		
Mierniki	Na rok przed upadłością	Na dwa lata przed upadłością
Sprawność I stopnia	45,00%	30,00%
Sprawność II stopnia	90,00%	90,00%
Sprawność ogólna	67,50%	60,00%
Iloraz szans	7,364	3,857

Źródło: opracowanie własne.

Efektywność analizowanych modeli prognozowania upadłości można oceniać za pomocą wielu mierników. Wydaje się, że szczególnie ważnym – z punktu widzenia zagrożenia upadłością – jest sprawność pierwszego stopnia. To kryterium oceny jakości funkcji dyskryminacyjnej ukazuje efektywność

<sup>8</sup> Krzywa koncentracji ROC stanowi zestawienie skumulowanego udziału przedsiębiorstw zdrowych ze skumulowanym udziałem bankrutów w próbie badawczej, które tworzy się dla wszystkich obserwacji, uszeregowanych na podstawie rosnącej wartości funkcji dyskryminacyjnej modelu prognozującego upadłość.



badanego modelu, biorąc pod uwagę poprawną klasyfikację bankrutów. Zgodnie z tym miernikiem najskuteczniejszym modelem zarówno na rok, jak i na dwa lata przed upadłością okazał się model „poznański”, którego efektywność została oszacowana odpowiednio na poziomie 65% oraz 55%. Ta funkcja dyskryminacyjna, jako jedyna spośród wszystkich badanych, uzyskała wartość miernika sprawności pierwszego stopnia na poziomie przekraczającym 50%, zatem powyżej wyniku przypadkowej klasyfikacji. Pozostałe modele dla obu poddanych analizie okresów uzyskały sprawność I stopnia niższą od 50%.

Kolejnym ważnym kryterium oceny efektywności modeli jest sprawność ogólna. Miernik ten ukazuje efektywność modelu, uwzględniając całą badaną populację. Najwyższą sprawność ogólną na dwa lata przed upadłością ustalono dla modelu „poznańskiego” (67,5%). Na rok przed upadłością najskuteczniejsze okazały się modele A. Hołdy oraz „poznański”, a ich efektywność oszacowano na poziomie 67,5%. Funkcja dyskryminacyjna D. Hadasik we wszystkich badanych okresach okazała się mniej skuteczna w prognozowaniu upadłości od najlepszego modelu, zaś najmniej efektywny był model E. Altmana B.

Sprawność ogólna wszystkich modeli, oszacowana podczas badań przy użyciu próby walidacyjnej, okazała się być zdecydowanie niższa od podawanej przez ich autorów. Wyniki tego porównania zawarto w tabeli 7. W przypadku modelu D. Hadasik oraz E. Altmana różnica ta wyniosła ponad 30 punktów procentowych. Niewiele lepsze wyniki osiągnęły model „poznański” oraz model A. Hołdy, których sprawność ogólna, oszacowana na podstawie próby walidacyjnej, okazała się być niższa od postulowanej przez autora odpowiednio o 28,5 p.p. oraz 24,5 p.p.

**Tabela 7. Porównanie sprawności ogólnej modeli**

Nazwa modelu	Ogólna sprawność modelu podawana przez autora	Ogólna sprawność modelu uzyskana podczas badań
Model Altmana B	93,94%	61,54%
Model „poznański”	96,00%	67,50%
Model D. Hadasik (MOD_1)	93,18%	62,50%
Model A. Hołdy	92,00%	67,50%

Źródło: opracowanie własne.

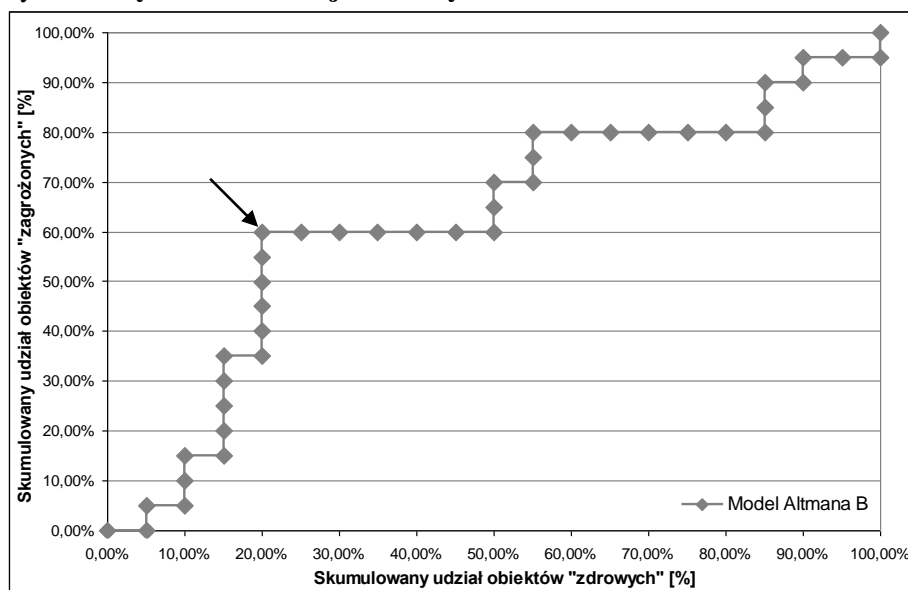
Biorąc pod uwagę kryterium jakim jest iloraz szans, stwierdzono, że największą skutecznością predykcyjną na dwa lata przed upadłością charakteryzował się model „poznański” z wynikiem na poziomie 4,889. Z kolei przy wyprzedzeniu czasowym jednego roku zdecydowanie najefektywniejszym okazał się model A. Hołdy. Iloraz szans dla tej funkcji przyjął wartość na poziomie 7,364 i wyraźnie przewyższył wartości obliczone dla pozostałych modeli.



### Modyfikacja wartości punktów granicznych

Dla zapewnienia wyższej skuteczności predykcyjnej poddanych analizie modeli, zaproponowano dla nich, na podstawie krzywych ROC, nowe wartości punktów granicznych. Krzywe wyznaczono, opierając się na wynikach oszacowania wartości funkcji dyskryminacyjnych na rok przed upadłością. Krzywe ROC dla poszczególnych modeli zaprezentowano na rysunkach o numerach od 1 do 4.

Rys. 1. Krzywa koncentracji ROC wyznaczona dla modelu Altmana B



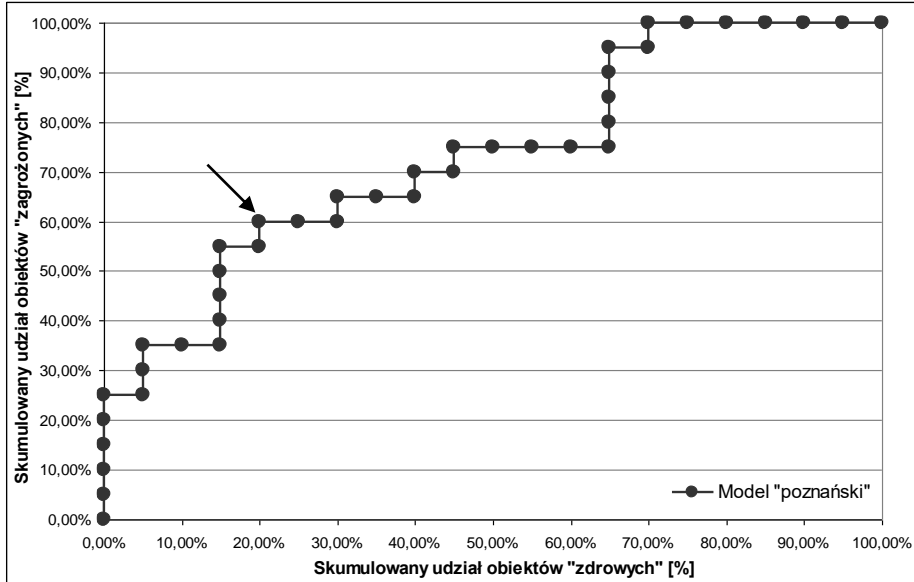
Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie rysunku 1 wyznaczono punkt odciążenia dla modelu Altmana B o wartości 2,605. Pozwoliło to na zwiększenie sprawności ogólnej tego modelu do poziomu 70%<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Wartość funkcji dyskryminacyjnej Altmana dla przedsiębiorstwa oznaczonego na rysunku strzałką jest niższa od 2,605. Zatem gdyby tyle wynosił punkt odciążenia, to model w sposób prawidłowy zaklasyfikowałby 60% „obiektów zagrożonych” (taki procent tych podmiotów miało wartość funkcji  $Z_A$  niższą od 2,605) oraz 80% „obiektów zdrowych” (taki procent tych podmiotów miało wartość funkcji  $Z_A$  wyższą od 2,605).



Rys. 2. Krzywa koncentracji ROC wyznaczona dla modelu „poznańskiego”



Źródło: opracowanie własne.

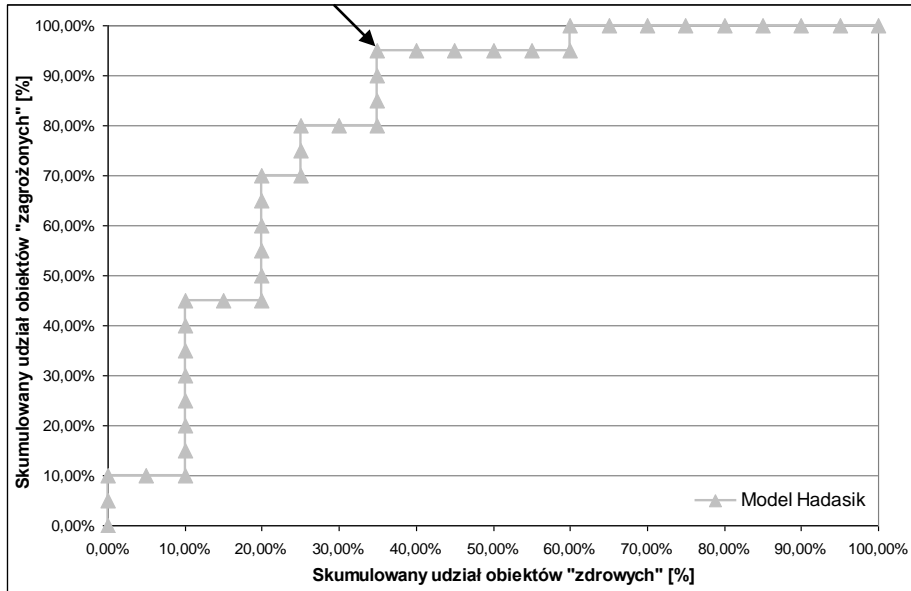
Na podstawie rysunku 2 wyznaczono punkt odcięcia dla modelu „poznańskiego” o wartości  $(-0,369)$ . Pozwoliło to na zwiększenie sprawności ogólnej tego modelu do poziomu 70%<sup>10</sup>.

Na podstawie rysunku 3 wyznaczono punkt odcięcia dla modelu D. Hadasik (MOD\_1) o wartości  $0,603$ . Pozwoliło to na zwiększenie sprawności ogólnej tego modelu do poziomu 80%<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Wartość funkcji dyskryminacyjnej modelu „poznańskiego” dla przedsiębiorstwa oznaczonego na rysunku strzałką jest niższa od „ $-0,369$ ”. Zatem gdyby tyle wynosił punkt odcięcia, to model w sposób prawidłowy zaklasyfikowałby 60% „obiektów zagrożonych” (taki procent tych podmiotów miało wartość funkcji  $Z_P$  niższą od „ $-0,369$ ”) oraz 80% „obiektów zdrowych” (taki procent tych podmiotów miało wartość funkcji  $Z_P$  wyższą od „ $-0,369$ ”).

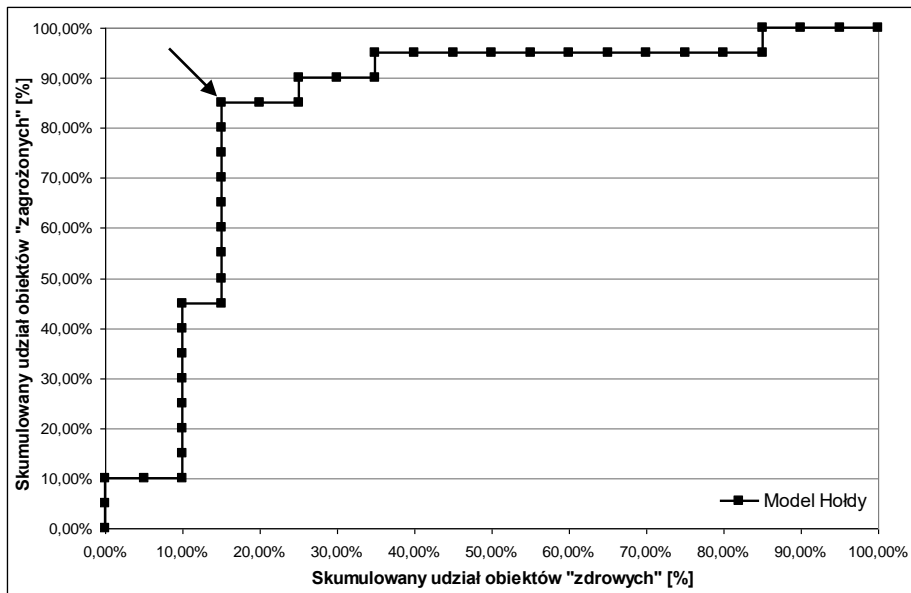
<sup>11</sup> Wartość funkcji dyskryminacyjnej Hadasik dla przedsiębiorstwa oznaczonego na rysunku strzałką jest niższa od  $0,603$ . Zatem gdyby tyle wynosił punkt odcięcia, to model w sposób prawidłowy zaklasyfikowałby 95% „obiektów zagrożonych” (taki procent tych podmiotów miało wartość funkcji  $Z_{HAD}$  niższą od  $0,603$ ) oraz 65% „obiektów zdrowych” (taki procent tych podmiotów miało wartość funkcji  $Z_{HAD}$  wyższą od  $0,603$ ).

Rys. 3. Krzywa koncentracji ROC wyznaczona dla modelu D. Hadasik (MOD\_1)



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 4. Krzywa koncentracji ROC wyznaczona dla modelu A. Holdy



Źródło: opracowanie własne.



Na podstawie rysunku 4 wyznaczono punkt odcięcia dla modelu A. Hołdy o wartości 0,345. Pozwoliło to na zwiększenie sprawności ogólnej tego modelu do poziomu 85%<sup>12</sup>. W tabeli 8 zestawione zostały sprawności ogólne poszczególnych modeli przed i po korekcie wartości punktu odcięcia.

**Tabela 8. Porównanie sprawności ogólnej modeli przy różnych wartościach punktów granicznych**

Nazwa modelu	Ogólna sprawność modelu przy punktach granicznych proponowanych przez autorów	Ogólna sprawność modelu przy zmodyfikowanych wartościach punktów granicznych
Model Altmana B	61,54%	70%
Model „poznański”	67,50%	70%
Model D. Hadasik (MOD_1)	62,50%	80%
Model A. Hołdy	67,50%	85%

Źródło: opracowanie własne.

Dane zestawione w tabeli 8 pozwalają zaobserwować widoczną poprawę skuteczności modeli po zmodyfikowaniu wartości ich punktów odcięcia. Najwyższy wzrost sprawności ogólnej uzyskano dla modeli D. Hadasik oraz A. Hołdy. Efektywność tych funkcji dyskryminacyjnych udało zwiększyć się o 17,5 p.p. W przypadku modelu E. Altmana uzyskano poprawę o ponad 8 p.p., zaś dla modelu „poznańskiego” o niecałe 3 punkty procentowe.

## Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań wynika, że poddane analizie modele, oparte na wielowymiarowej analizie dyskryminacyjnej, nie nadają się do prognozowania zagrożenia upadłości polskich przedsiębiorstw handlowych (w swojej oryginalnej postaci). Poza modelem „poznańskim” i jego prognozą dla rocznego wyprzedzenia czasowego we wszystkich pozostałych przypadkach sprawność I stopnia okazała się być niższą od 50%, czyli możliwą do osiągnięcia podczas prognozy przypadkowej. Sprawność ogólna najlepszego modelu („poznańskiego”), przy wyprzedzeniu czasowym jednego roku i dwóch lat przed upadłością, ukształtowała się na poziomie zaledwie 67,50%. Rzeczywista sprawność ogólna na rok przed upadłością – poddanych badaniu modeli – okazała się być niższą od przedstawianej przez ich autorów w przedziale

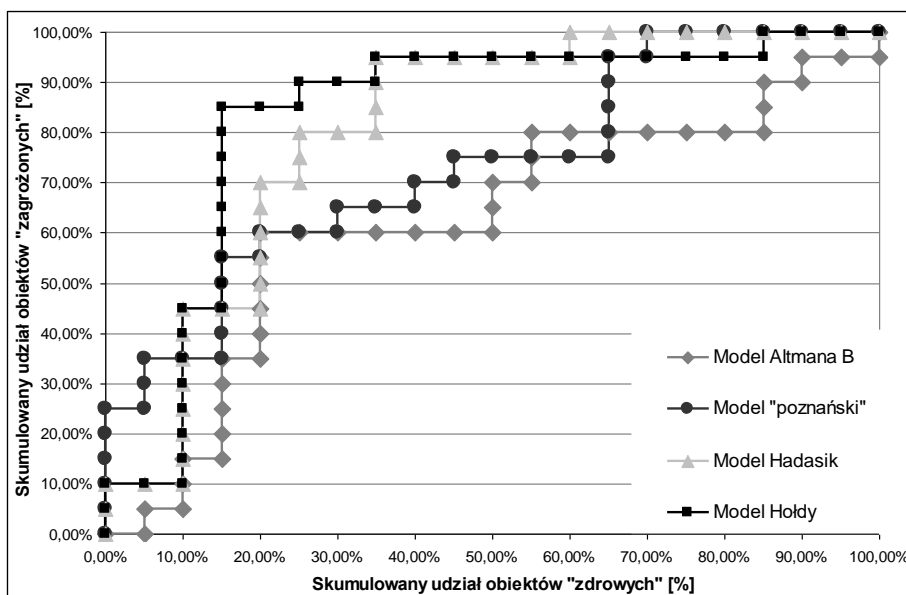
<sup>12</sup> Wartość funkcji dyskryminacyjnej Hołdy dla przedsiębiorstwa oznaczonego na rysunku strzałką jest niższa od 0,345. Zatem gdyby tyle wynosił punkt odcięcia, to model w sposób prawidłowy zaklasyfikowałby 85% „obiektów zagrożonych” (taki procent tych podmiotów miało wartość funkcji  $Z_{HOL}$  niższą od 0,345) oraz 85% „obiektów zdrowych” (taki procent tych podmiotów miało wartość funkcji  $Z_{HOL}$  wyższą od 0,345).



od 24,5 p.p. (model A. Hołdy) do 32,4 p.p. (model E. Altmanna). Oczywiście wyniki te można próbować tłumaczyć:

- dezaktualizacją modeli wynikającą z upływu czasu od momentu ich oszacowania,
- odmiennością wykorzystanej podczas badań próby walidacyjnej (przedsiębiorstwa handlowe) od próby testowej użytej przez autorów modeli (przeważnie przedsiębiorstwa produkcyjne),
- w przypadku modelu E. Altmanna dodatkowo dochodzi kwestia tego, że został on opracowany przy uwzględnieniu specyfiki gospodarki amerykańskiej, znacząco odmiennie od uwarunkowań gospodarki polskiej.

Rys. 5. Krzywe koncentracji ROC wyznaczone dla wszystkich badanych modeli



Źródło: opracowanie własne.

Modele te jednak okazały się nie być całkowicie nieużytecznymi podczas prognozowania upadłości polskich przedsiębiorstw handlowych. Wystarczyło zmienić w nich wartości punktów granicznych, przy użyciu np. krzywych koncentracji ROC, aby sprawność ogólna najlepszego z nich (model A. Hołdy) wzrosła do 85% przy wyprzedzeniu czasowym jednego roku. Zestawienie krzywych koncentracji, wyznaczonych dla wszystkich badanych funkcji dyskryminacyjnych, przedstawiono na rysunku 5. Wynika z niego, że spośród



poddanych badaniu modeli do prognozowania upadłości przedsiębiorstw handlowych najlepiej nadają się modele A. Hołdy oraz D. Hadasik<sup>13</sup>.

Z powyższego wynika, że nawet trochę starsze modele prognozowania upadłości, dostosowane do uwarunkowań specyficznej grupy przedsiębiorstw, można z powodzeniem wykorzystywać znacznie szerzej, o ile dostosuje się ich punkty graniczne dla nowego obszaru zastosowań. W tym celu można się posłużyć między innymi krzywymi koncentracji ROC bądź CAP<sup>14</sup>.

## BIBLIOGRAFIA

- Altman, E. I., *Corporate Financial Distress and Bankruptcy: A Complete Guide to Predicting & Avoiding Distress and Profiting from Bankruptcy*, John Wiley & Sons, New York 1993.
- Baza danych TEGIEL, wersja 1.7.2 SV, edycja 56/2013.
- Gajdka J., Stos D., *Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej w ocenie kondycji finansowej przedsiębiorstw*, (w:) *Przedsiębiorstwo na rynku kapitałowym*, red. J. Duraj, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 1996.
- Gruszczyński M., *Modele mikroekonometrii w analizie i prognozowaniu zagrożenia finansowego przedsiębiorstw*, „Zeszyty Polskiej Akademii Nauk”, nr 34/2003.
- Grzegorzewska E., *Zagrożenie upadłością a cykl przedsiębiorstw rolniczych*, (w:) *Cykle życia i bankructwa przedsiębiorstw*, red. E. Mączyńska, OW SGH, Warszawa 2010.
- Hadasik D., *Upadłość przedsiębiorstw w Polsce i metody jej prognozowania*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 1998.
- Hamrol M., *Prognozowanie upadłości przedsiębiorstwa - model „poznański” analizy dyskryminacyjnej*, „Plus”, nr 28/2004.
- Hamrol M., Czajka B., Piechocki M., *Upadłość przedsiębiorstwa – model analizy dyskryminacyjnej*, „Przegląd Organizacji”, nr 6/2004.
- Hołda A., *Prognozowanie bankructwa jednostki w warunkach gospodarki polskiej z wykorzystaniem funkcji dyskryminacyjnej Zh*, „Rachunkowość”, nr 5/2001.
- Internetowy Monitor Sądowy i Gospodarczy*, www.imsig.pl (stan na dzień 1 czerwca 2015).
- Korol T., *Systemy ostrzegania przedsiębiorstw przed ryzykiem upadłości*, Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa 2010.
- Mączyńska E., Zawadzki M., *Modelowe i prognostyczne aspekty pomiaru zmian w sytuacji przedsiębiorstw i w restrukturyzacji - analiza dyskryminacyjna*, INE PAN, Warszawa 2000.
- Prusak B., *Nowoczesne metody prognozowania zagrożenia finansowego przedsiębiorstw*, Difin, Warszawa 2005.
- Wierzba D., *Wczesne wykrywanie przedsiębiorstw zagrożonych upadłością na podstawie analizy wskaźników finansowych – teoria i badania empiryczne*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Ekonomiczno-Informatycznej w Warszawie”, nr 9/2000.

<sup>13</sup> Krzywe koncentracji ROC dla tych modeli są najbardziej zbliżone do wykresu modelu idealnego. Szerzej na ten temat pisze B. Prusak, *Nowoczesne metody...*, op. cit., s. 70-77.

<sup>14</sup> Krzywa koncentracji CAP stanowi zestawienie skumulowanego udziału przedsiębiorstw ogółem ze skumulowanym udziałem bankrutów w próbie badawczej, które tworzy się dla wszystkich obserwacji, uszeregowanych na podstawie rosnącej wartości funkcji dyskryminacyjnej modelu prognozującego upadłość.

### *Streszczenie*

Celem badań była ocena przydatności użycia modeli opartych na wielowymiarowej analizie dyskryminacyjnej do prognozowania upadłości polskich przedsiębiorstw handlowych oraz próba zwiększenia ich sprawności poprzez zmianę wartości ich punktów granicznych. Badaniu poddano modele: E. I. Altmana B, D. Hadasik, A. Hołdy oraz M. Hamrola, B. Czajki i M. Piechockiego. Do oceny modeli wykorzystano iloraz szans oraz macierz klasyfikacji przedsiębiorstw. Z przeprowadzonych badań wynika, że poddane analizie modele oparte na wielowymiarowej analizie dyskryminacyjnej nie nadają się do prognozowania zagrożenia upadłości polskich przedsiębiorstw handlowych (w swojej oryginalnej postaci). Z tego względu przy użyciu krzywych koncentracji ROC zmodyfikowano wartości punktów granicznych tych modeli. W efekcie znacząco udało się zwiększyć zdolność tych modeli do prawidłowej klasyfikacji przedsiębiorstw handlowych.

### **ASSESSMENT OF USEFULNESS THE MODELS BASED ON THE MULTIPLE DISCRIMINANT ANALYSIS IN BANKRUPTCY PREDICTION OF TRADING COMPANIES**

#### *Summary*

The aim of the study was to assess the usefulness of models based on multiple discriminant analysis in bankruptcy prediction of Polish trading companies and also to increase their efficiency through the modification of their cut-points. In the course of the study the models of E. I. Altman B, D. Hadasik, A. Hołda and also M. Hamrol, B. Czajka and M. Piechocki was misused. To models assessment were utilized: the odds ratio and the Accuracy Matrix. The results obtained during the study clearly show that the analyzed models based on multiple discriminant analysis aren't usefulness tool to bankruptcy prediction of Polish trading companies (in their original form). Therefore the cut-point's of models were modified by using the curve of concentration ROC. Finally the ability of conducted models to the proper classification of trading companies increase significantly.

