

Specyfika branżowa spółek akcyjnych w Polsce a prognozowanie ich upadłości

Sergiusz Herman¹

1 Wprowadzenie

Jednym z kierunków badań, związanych z prognozowaniem upadłości przedsiębiorstw, obok m.in. stosowania coraz bardziej zaawansowanych narzędzi statystycznych czy poszukiwania nowych zmiennych prognostycznych, jest konstruowanie modeli, w których uwzględniona zostaje specyfika branżowa badanych przedsiębiorstw. Na słuszność takiego podejścia wskazuje m.in. światowy autorytet w dziedzinie prognozowania upadłości przedsiębiorstw E. I. Altman. Podkreśla on, iż należy dążyć do szacowania modeli prognozowania upadłości, w oparciu o dane finansowe przedsiębiorstw, prowadzących możliwie jak najbardziej jednorodną działalność gospodarczą [Altman 1983, s.125]. W polskiej literaturze, ze względu na trudności ze zgromadzeniem odpowiednio licznej próby badawczej, rzadko konstruowane są modele branżowe. Dotychczas jedynie w dwóch przypadkach, autorzy badań dokonali porównania trafności klasyfikacji skonstruowanych modeli branżowych oraz modelu nieuwzględniającego specyfiki branżowej przedsiębiorstw (w dalszej części opracowania oznaczany jako model „ogólny”) [Hołda 2006, Juszczak i Balina 2014]. Zdaniem autora artykułu, wyniki żadnego z tych opracowań, ze względu na wykorzystaną metodę szacowania błędu predykcji skonstruowanych modeli – prostą metodę podziału (ang. *split sample/holdout method*), nie pozwalają jednoznacznie, wiarygodnie odpowiedzieć na pytanie, czy konstruowanie modeli branżowych pozwala poprawić zdolność predykcyjną w stosunku do modeli „ogólnych”.

W artykule dokonano przeglądu badań empirycznych związanych z konstruowaniem modeli (klasyfikatorów) branżowych, służących prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw w Polsce. Następnie podjęto próbę oszacowania oraz porównania zdolności predykcyjnej modeli branżowych oraz modeli „ogólnych” dla spółek akcyjnych. W tym celu wykorzystano metodę wielokrotnego repróbkiowania (ang. *bootstrapping*). W badaniu wyodrębniono także te spośród analizowanych wskaźników finansowych, które w świetle skonstruowanych modeli branżowych, traktowane być

¹ Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Katedra Ekonometrii, al. Niepodległości 10, 61-875 Poznań, Polska, e-mail: sergiusz.herman@ue.poznan.pl.

mogą jako determinanty upadłości spółek akcyjnych. Zweryfikowano, czy determinanty te różnią się w poszczególnych branżach gospodarki.

2 Przegląd literatury

W polskiej literaturze na zasadność opracowywania oddzielnych modeli predykcyjnych dla poszczególnych sektorów gospodarki wskazuje m.in. P. Rybicki [2002, s. 53]. Uzasadnia on taką potrzebę innymi wymaganiami co do struktury aktywów i pasywów dla firm z różnych branż np. handlowej oraz produkcyjnej. B. Prusak [2011, s. 52] podkreśla z kolei, iż poszczególne branże gospodarki charakteryzuje odmienny poziom rozwoju oraz konkurencji, znajdują się one w innym etapie cyklu życia. Przedsiębiorstwa powinny być zatem oceniane za pomocą odmiennych wskaźników finansowych, których wartości średnie oraz optymalne mogą być inne dla różnych obszarów gospodarki. Na istotę problemu zwraca uwagę również J. Kitowski [2012, s. 267]. Zauważa on, iż częstym błędem w literaturze jest przypisywanie istniejącym już modelom walorów uniwersalności sektorowej.

W ostatnich latach w polskiej literaturze, za sprawą szerszego dostępu do danych finansowych, podjęto nieliczne próby konstrukcji modeli uwzględniających specyfikę branżową badanych przedsiębiorstw. I tak T. Korol [2005] wykorzystał w tym celu dwa rodzaje sieci neuronowych: jednokierunkowe wielowarstwowe oraz rekurencyjne. Próbie uczącą stanowiło 78 przedsiębiorstw produkcyjnych, spośród których połowę stanowiły przedsiębiorstwa zagrożone upadłością. Dane finansowe pochodziły z ich sprawozdań finansowych z lat 1998-2001. Sieci skonstruowano na dwa sposoby: uwzględniając w budowie wszystkie 28 zmiennych oraz biorąc pod uwagę tylko wybrane zmienne, wyselekcjonowane na podstawie analizy macierzy korelacji. Zbudowane modele charakteryzowały się wysokimi globalnymi współczynnikami trafnych klasyfikacji dla próby testowej (składającej się z 78 przedsiębiorstw) – od 85,90% (na dwa lata przed upadłością) do 98,72% (rok przed upadłością).

Drugim opracowaniem, o którym należy wspomnieć, jest monografia A. Hołdy [2006]. Zawarte w niej, bardzo kompleksowe badanie przeprowadzono na podstawie próby 374 przedsiębiorstw o różnej formie prawnej. Grupa ucząca liczyła 262 podmioty, natomiast testowa 112. Firmy te reprezentowały trzy branże gospodarki: produkcyjną ((EKD od 10 do 36), budowlaną (EKD 45) oraz handlowo-usługową (EKD od 50 do 74) Autor wykorzystał w badaniu trzy metody doboru zmiennych do modelu (regresję krokową, metodę głównych składowych oraz analizę kroczącą), a także cztery metody

prognozowania upadłości tj. liniową analizę dyskryminacyjną, regresję logistyczną, sztuczne sieci neuronowe oraz drzewa decyzyjne. Korzystając z pierwszych trzech narzędzi A. Hołda skonstruował aż 32 modele dla poszczególnych branż gospodarki. Trafność klasyfikacji na ich podstawie wahała się w przedziale od 60% do 90%. Żadna z metod nie wykazywała pod tym względem systematycznej przewagi nad pozostałymi. Dodatkowo w badaniu skonstruowano jeden model z wykorzystaniem drzew decyzyjnych. Zbudowany on został w oparciu o dane finansowe firm branży produkcyjnej. A. Hołda w swojej pracy zweryfikował także zasadność konstrukcji modeli branżowych. W tym celu oszacował dodatkowo modele ogólne (skonstruowane w oparciu o dane wszystkich przedsiębiorstw łącznie). Ich zdolność prognostyczna okazała się niższa od tej, charakteryzującej modele branżowe.

Drzewa decyzyjne zostały wykorzystane przez tego samego autora także w celu konstrukcji modelu dla branży budowlanej [Hołda 2009]. Sprawozdania finansowe wykorzystane w badaniu pochodziły z lat 1999-2001 i dotyczyły 68 podmiotów gospodarczych. Spośród tych przedsiębiorstw wyodrębniono próbę uczącą, liczącą 48 obiektów oraz testową – 20 pozostałych firm. Przy budowie drzewa wykorzystano 12 wskaźników finansowych, z których ostatecznie w jego budowie uwzględniono tylko dwa - charakteryzujące rentowność oraz przepływy pieniężne z działalności inwestycyjnej. Globalny współczynnik trafnych klasyfikacji modelu na próbie testowej wyniósł zaledwie 65%.

Potrzebę konstrukcji branżowych modeli prognozowania upadłości dostrzegł także S. Juszczak [2010]. Efektem jego pracy jest model zbudowany dla branży usług spedycyjnych. Do jego konstrukcji wykorzystano liniową analizę dyskryminacyjną, sekwencyjny dobór zmiennych objaśniających metodą regresji krokowej wstecz oraz dane finansowe 16 przedsiębiorstw (8 sprawnie funkcjonujących oraz 8, które ogłosiły upadłość) z okresu 2003-2007. Globalny współczynnik trafnych klasyfikacji tak skonstruowanego modelu wyniósł aż 100%. Należy jednak podkreślić, iż współczynnik ten został wyznaczony wyłącznie na podstawie bardzo niewielkiej próby uczącej.

Kolejnym opracowaniem, w którym podjęto próbę konstrukcji branżowego modelu prognozowania upadłości przedsiębiorstw, jest publikacja E. Grzegorzewskiej [2011]. Skonstruowała ona model logitowy na podstawie informacji o 11 parach przedsiębiorstw rolniczych z okresu 1996-2009. Trafność klasyfikacji modelu zweryfikowano w oparciu o próbę uczącą. Globalny współczynnik trafnych klasyfikacji wyniósł 93,8%.

Próbie konstrukcji modeli prognozowania upadłości przedsiębiorstw dla różnych branż gospodarki podjęły w ostatnich latach także M. Potoczna oraz O. Wiśniewska [2013]. Obszarem ich zainteresowania były sektory: handlu, przemysłu oraz usług. Próbie badawczą stanowiły 352 średnie i duże firmy, spośród których 102 dotknął problem upadłości. Autorki wykorzystwały w swoim badaniu liniową analizę dyskryminacyjną oraz regresję logistyczną. Warto zaznaczyć, iż metodą walidacji wykorzystaną przez autorki badania była walidacja krzyżowa typu pozostaw jedną poza (ang. *leave-one-out*). Globalny współczynnik trafnych klasyfikacji oszacowanych modeli wahał się w przedziale od 67% do 87%. M. Potoczna oraz O. Wiśniewska odrzuciły postawioną hipotezę badawczą, mówiącą o tym, iż w różnych sektorach gospodarki odmienne czynniki wpływają na prawdopodobieństwo upadłości.

Ostatnie, najbardziej aktualne badanie poświęcone prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw w poszczególnych branżach gospodarki przeprowadzili S. Juszczuk oraz R. Balina [2014]. Próbie badawczą stanowiło w tym przypadku 180 spółek z ograniczoną odpowiedzialnością, reprezentujących trzy branże gospodarki tj.: handel hurtowy żywnością, napojami i wyrobami tytoniowymi (PKD 46.31z-46.39z), roboty budowlane związane ze wznoszeniem budynków (PKD 41.10z-41.20z) oraz transport drogowy towarów (PKD 49.41z). Badanie dotyczyło okresu 2007-2010. S. Juszczuk oraz R. Balina skonstruowali trzy branżowe oraz jeden ogólny (nieuwzględniający specyfiki branżowej firm) modele dyskryminacyjne w oparciu o 120 przedsiębiorstw. Ich trafność klasyfikacji ocenili na podstawie informacji o pozostałych 60 spółkach. Globalne współczynniki trafnych klasyfikacji modeli branżowych w próbie testowej okazały się wysokie - 85% dla budownictwa, 87,5% dla handlu oraz 92,5% dla transportu. W przypadku modelu ogólnego sytuacja przedstawiała się nieco gorzej – trafność klasyfikacji wyniosła 77,5%. Zdaniem autorów badania może to świadczyć o słuszności konstruowania modeli branżowych w Polsce.

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu wybranych modeli prognozowania upadłości w Polsce można stwierdzić, iż autorzy jedynie dwóch z przedstawionych publikacji, tj. A. Hołda [2006] oraz S. Juszczuk i R. Balina [2014] podjęli próbę porównania trafności klasyfikacji modeli ogólnych oraz modeli branżowych. W obu przypadkach wykorzystali oni w tym celu wyłącznie prostą metodę podziału, dokonując oceny trafności prognoz, uzyskiwanych na podstawie skonstruowanych modeli, w oparciu o mało liczne próby testowe. A. Hołda skonstruował swoje modele w oparciu o dane finansowe przedsiębiorstw o różnej formie prawnej, podczas gdy S. Juszczuk oraz

R. Balina wykorzystali sprawozdania finansowe wyłącznie spółek z ograniczoną odpowiedzialnością. W badaniach tych modele branżowe charakteryzowały się wyższą, w stosunku do modeli ogólnych, trafnością klasyfikacji.

3 Metodyka badania

Prezentowane dalej badanie empiryczne wymagało zgromadzenia odpowiedniej próby badawczej, reprezentującej dwie rozłączne populacje: przedsiębiorstw o złej (oznaczane dalej jako „chore”) oraz dobrej kondycji finansowej (oznaczane dalej jako „zdrowe”). Kryterium decydującym o zaklasyfikowaniu przedsiębiorstw do pierwszej grupy był fakt ogłoszenia przez odpowiedni sąd jego upadłości. W celu wyselekcjonowania próby wykorzystano informacje zawarte w Internetowym Monitorze Sądowym i Gospodarczym. W ten sposób zgromadzono dane finansowe dotyczące:

- 30 spółek akcyjnych z branży budownictwo (PKD 41.10-43.99z),
- 30 spółek akcyjnych z branży przetwórstwo przemysłowe (PKD 10.11-33.20z),
- 30 spółek akcyjnych z branży handel hurtowy i detaliczny (PKD 46.11-47.99z).

Do każdego z tych przedsiębiorstw została dobrana spółka akcyjna o dobrej kondycji finansowej. Za kryteria dopasowania poszczególnych par przyjęto: sektor, działalność główną oraz wielkość aktywów. Dane finansowe spółek, wobec których ogłoszono upadłość pochodziły z ich sprawozdań finansowych dotyczących roku poprzedzającego ten, w którym złożono pierwszy wniosek o ogłoszenie upadłości. Pochodziły one lat z 2000 – 2013. Sprawozdania finansowe dla spółek zdrowych pochodziły z tych samych okresów. Źródłem danych były bazy firm Notoria Serwis i Bisnode Dun & Bradstreet oraz Monitor Polski B.

W badaniach empirycznych obliczono i wykorzystano 19 wskaźników finansowych charakteryzujących rentowność, płynność, strukturę kapitałowo-majątkową oraz sprawność działania przedsiębiorstw (tabela 1). Ich wyboru dokonano na podstawie przeglądu literatury – są to wskaźniki pojawiające się najczęściej w modelach prognozowania upadłości. W wyborze kierowano się także dostępnością danych w sprawozdaniach finansowych spółek.

Do konstrukcji modeli prognozowania upadłości przedsiębiorstw wykorzystano liniową analizę dyskryminacyjną. Pomimo dynamicznego rozwoju metod statystycznych cieszy się ona niezmiennie dużą popularnością wśród praktyków biznesu.

Tabela 1. Lista wskaźników finansowych wykorzystanych w badaniach

Wskaźnik	Formuła
ROA	zysk netto / aktywa
ROE	zysk netto/kapitały własne
ZB	zysk brutto/aktywa
ZS	zysk ze sprzedaży/przychody ze sprzedaży
MZ	zysk brutto/przychody ze sprzedaży
MZ2	zysk netto/przychody ze sprzedaży
MZO	zysk operacyjny/przychody ze sprzedaży
KP	kapitał pracujący/suma bilansowa
WBP	majątek krótkoterminowy/zobowiązania krótkoterminowe
WSP	(majątek obrotowy-zapasy)/zobowiązania krótkoterminowe
WPP	(majątek obrotowy-zapasy-należności)/zobowiązania krótkoterminowe
ZO	zobowiązania ogółem / aktywa ogółem
ZD	zobowiązania długoterminowe / aktywa ogółem
KW	kapitał własny / aktywa ogółem
KWZ	kapitał własny / zobowiązania ogółem
RN	średnia wartość należności / przychody ze sprzedaży netto*365
RZ	średnia wartość zapasów / przychody ze sprzedaży netto*365
RZob	średnia wartość zobowiązań / przychody ze sprzedaży*365
Rakt	średnia wartość aktywów/przychody ze sprzedaży*365

Źródło: Opracowanie własne.

Jakość skonstruowanego klasyfikatora utożsamiana jest z jego umiejętnością przewidywania (prognozowania) przynależności do rozważanych populacji obiektów, dla których przynależność ta nie jest znana. Miarą tak zdefiniowanej jakości może być błąd predykcji klasyfikatora. W literaturze światowej spotkać można badania empiryczne, których celem było przeprowadzenie analizy porównawczej różnych metod szacowania błędu predykcji [Wehberg i Schumacher 2004, Braga-Neto i Dougherty 2004, Molinaro i in. 2005, Kim 2009]. Badania te dotyczą najczęściej zastosowania klasyfikatorów w medycynie. Wspólnym mianownikiem wszystkich tych badań jest wniosek, iż estymatory błędu predykcji uzyskane za pomocą prostych metod podziału (ang. *split sample/holdout method*), charakteryzują się najwyższą zmiennością spośród wszystkich innych poddanych analizie. W literaturze podkreśla się, iż z prostej metody podziału należy korzystać tylko wtedy, gdy dysponuje się dostatecznie szerokim zbiorem danych, który pozwoli na wyodrębnienie odpowiednio licznych, niezależnych zbiorów: treningowego i testowego [Ripley 1996]. W badaniach dotyczących polskiego rynku kapitałowego spełnienie tego warunku jest bardzo trudne.

Wyniki wcześniejszych badań autora wskazują, iż w przypadku prognozowania upadłości spółek akcyjnych w Polsce, estymatory błędu predykcji, uzyskane za pomocą metod wielokrotnego repróbkiowania (ang. *bootstrapping*), charakteryzują się najbardziej pożądanymi własnościami [Herman 2016]. Grupa tych metod bazuje na generowaniu B prób typu bootstrap $x^{*1}, x^{*2}, x^{*3}, \dots, x^{*B}$ w taki sposób, że każda z nich powstaje poprzez n -krotne losowanie proste ze zwracaniem obiektów z dostępnej próby n obiektów $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Próby te wykorzystywane są następnie jako próby treningowe. Obiekty niewylosowane w kolejnych iteracjach stanowią próbę testową. Na podstawie tak wyselekcjonowanych prób szacowany jest następnie prawdziwy błąd predykcji (ang. *true prediction error*). Definiowany jest on często jako błąd predykcji modelu, skonstruowanego w oparciu o wszystkie n obiektów, a następnie przetestowanego na podstawie dużej i niezależnej próby. W badaniu wykorzystano estymator błędu predykcji $+.632$ zaproponowany w 1997 r. przez Efrona i Tibshiraniego [1997].

4 Analiza branżowego zróżnicowania wskaźników finansowych

Wśród założeń przyjmowanych przy konstruowaniu funkcji dyskryminacyjnej są te dotyczące rozkładu normalnego oraz równości wariancji w badanych grupach. W pierwszym kroku analizy zweryfikowano hipotezę o pochodzeniu obserwacji z populacji o rozkładzie normalnym. W tym celu wykorzystano test Kołmogorowa-Smirnowa. Okazało się, że jedynie w przypadku trzech wskaźników (KP, ZO oraz KW) dla spółek zdrowych oraz jednego wskaźnika (WBP) dla spółek, wobec których ogłoszono upadłość, spełnione jest założenie o rozkładzie normalnym. W kolejnym kroku, na podstawie testu Levene'a, zbadano równość wariancji poszczególnych wskaźników w obu badanych populacjach. Tylko w przypadku trzech wskaźników sprawności działania (RN, RZ oraz Rakt) nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o tym, iż populacje, z których pochodzą obiekty mają jednakową wariancję. W literaturze podkreśla się, iż niespełnienie założeń związanych z liniową analizą dyskryminacyjną nie pogarsza istotnie wyników uzyskanych za pomocą tej metody [Hand 1981, Hadasik 1998]. Z tego też powodu – pomimo niespełnienia wspomnianych założeń - w badaniu wykorzystano liniową analizę dyskryminacyjną.

W celu zweryfikowania czy w poszczególnych branżach gospodarki, wartości średnie wskaźników dla spółek zdrowych oraz tych, dla których ogłoszono upadłość, różnią się istotnie statystycznie wykorzystano nieparametryczny test U Manna-Whitneya. Tylko w czterech przypadkach dla budownictwa (wskaźniki ZD, RN, RZ, Rakt), czterech dla

przetwórstwa przemysłowego (wskaźniki ROE, ZD, RN, RZ) oraz trzech dla handlu (wskaźniki ZD, RN, RZ) przy poziomie istotności równym 5% nie można uznać, iż średnie te różnią się w badanych populacjach. Wartości statystyk dla spółek z sektora przetwórstwa przemysłowego są zdecydowanie wyższe od pozostałych, poddanych badaniu.

Ostatnim krokiem wstępnej analizy danych finansowych wykorzystanych w dalszej części badania było porównanie średnich wartości wskaźników finansowych spółek między poszczególnymi branżami gospodarki. W tym celu ponownie zastosowano test *U* Manna-Whitneya. Badanie przeprowadzono oddzielnie dla spółek zdrowych oraz spółek, wobec których ogłoszono upadłość. Dla spółek zdrowych (przy poziomie istotności równym 5%) w przypadku dziewięciu wskaźników finansowych (WSP, WPP, ZO, KW, KWZ, RN, RZ, RZob, Rakt) można stwierdzić, iż ich wartości średnie różnią się między poszczególnymi branżami gospodarki. Znacznie częściej różnice w średnich wartościach wskaźników finansowych występują gdy analiza dotyczy spółek, wobec których ogłoszono upadłość. Wyłącznie w przypadku trzech wskaźników finansowych tj. ROE, ZO oraz ZD (przy poziomie istotności równym 5%) nie można stwierdzić, iż ich wartości średnie różnią się między poszczególnymi branżami gospodarki.

Analogiczne wnioski, do przedstawionych powyżej, wyciągnięto na podstawie weryfikacji hipotezy głoszącej równość median badanych wskaźników finansowych. W tym celu wykorzystano test oparty na statystyce o rozkładzie chi-kwadrat. Stwierdzone różnice mogą sygnalizować potrzebę konstrukcji odrębnych modeli przewidywania upadłości spółek akcyjnych dla poszczególnych branż gospodarki.

5 Badanie zdolności predykcyjnych modeli branżowych

Punktem wyjścia przy konstrukcji oraz ocenie zdolności predykcyjnych klasyfikatorów ukierunkowanych branżowo jest przyjęcie następujących założeń:

- a) modele budowane są odrębnie dla 60 spółek z każdej analizowanej branży gospodarki,
- b) konstrukcja modelu oparta jest na liniowej funkcji dyskryminacyjnej oraz wskaźnikach finansowych przedstawionych w tabeli 1.,
- c) przed procesem uczenia usuwane są te zmienne, które są silnie skorelowane z pozostałymi (współczynnik korelacji wyższy od 0,90),

- d) ocena błędu predykcji dokonywana jest z wykorzystaniem estymatora wielokrotnego repróbkiowania 0,632+, liczba wylosowanych prób typu bootstrap $B=50$,
- e) zastosowana metoda doboru zmiennych do modelu - wybór 5 zmiennych, dla których wartość bezwzględna statystyki t dla testu porównującego średnią wartość wskaźników finansowych w badanych populacjach jest najwyższa.

Przyjmując powyższe założenia oszacowano prawdziwy błąd predykcji klasyfikatorów ukierunkowanych branżowo. Wyniki przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zdolność predykcyjna modeli ukierunkowanych branżowo

	Branża		
	Budownictwo	Handel	Przetwórstwo przemysłowe
Obiekty klasyfikowane ogółem	1064	1064	1064
Obiekty zaklasyfikowane poprawnie	821	749	950
• Zdrowe	395	394	503
• Chore	426	355	447
Obiekty zaklasyfikowane błędnie	243	315	114
• Zdrowe	137	138	29
• Chore	106	177	85
Oszacowanie błędu predykcji	21,86%	27,67%	10,45%

Źródło: Opracowanie własne.

Analiza danych zawartych w powyższej tabeli wskazuje, iż najniższy oszacowany błąd predykcji dotyczy klasyfikatora skonstruowanego dla sektora przetwórstwa przemysłowego. Jest on o ponad 10 pkt. procentowych mniejszy niż ma to miejsce w przypadku branży budownictwa oraz o ponad 17 pkt. procentowych mniejszy niż w przypadku handlu. Błędy predykcji dla wszystkich trzech branż zostały oszacowane w oparciu o próbę testową składającą się z 1064 obiektów. Jest to konsekwencją założeń dotyczących generatora odpowiedzialnego za losowanie prób bootstrap. Takie rozwiązanie umożliwia uśrednienie oszacowanego błędu predykcji dla analizowanych branż. Średni błąd predykcji dla modeli ukierunkowanych branżowo wynosi w przybliżeniu 20,00%.

Celem badania jest porównanie zdolności predykcyjnej modeli branżowych z modelem ogólnym, konstruowanym w oparciu o wszystkie 180 spółek akcyjnych. Z tego też powodu konieczne jest oszacowanie błędu predykcji tego modelu. Przyjęto w tym

celu te same co poprzednio założenia b)-e). Oszacowania błędu predykcji dokonano na dwa różne sposoby:

- 1) sposób I - wykorzystano w tym celu wszystkie 180 spółek jednocześnie,
- 2) sposób II - wykorzystano w tym celu 100 wylosowanych podprób o liczebności 60 przedsiębiorstw z dostępnej próby 180 spółek.

Ocenę zdolności predykcyjnej modelu, uzyskaną za pomocą pierwszego z wymienionych sposobów przedstawiono w tabeli 3.

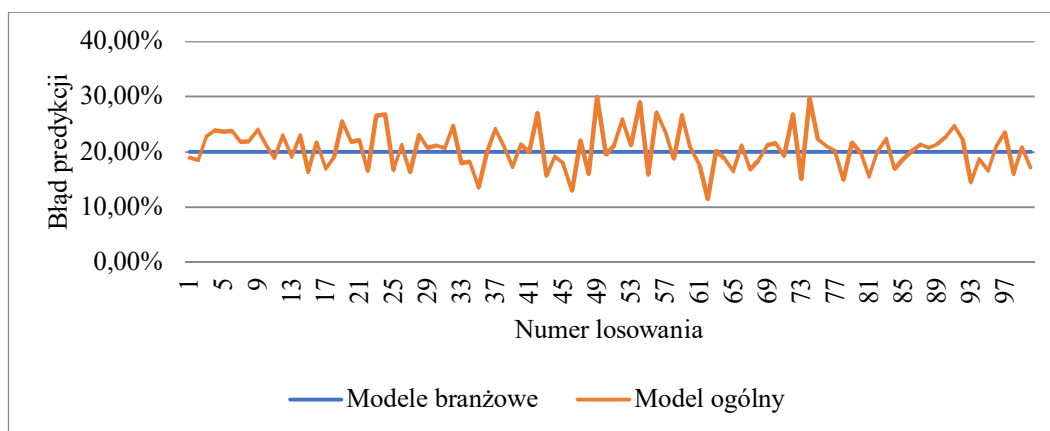
Tabela 3. Zdolność predykcyjna modelu ogólnego

Spółki zaklasyfikowane poprawnie	2623
• Zdrowe	1337
• Chore	1286
Spółki zaklasyfikowane błędnie	655
• Zdrowe	302
• Chore	353
Spółki poddane badaniu ogółem	3278
Oszacowanie błędu predykcji	19,79%

Źródło: Opracowanie własne.

Oszacowany błąd predykcji jest niższy od średniego błędu predykcji oszacowanego dla modeli branżowych (wynoszącego 20,00%). Ponadto, szczegółowa analiza wyników klasyfikacji poszczególnych obiektów pokazała, iż model ogólny trafniej klasyfikuje spółki z badanych sektorów gospodarki, w stosunku do modeli branżowych.

Na rys. 1 przedstawiono, jak kształtuje się błąd predykcji modeli ogólnych dla kolejnych 100 wylosowanych podprób o liczebności 60 spółek (sposób II szacowania błędu predykcji) na tle średniego błędu predykcji modeli branżowych.



Rys. 1. Błąd predykcji modeli ogólnych dla 100 kolejnych wylosowanych podprób na tle średniego błędu predykcji modeli branżowych

Źródło: Opracowanie własne.

Wykorzystując statystykę t zweryfikowano hipotezę, że średni błąd predykcji dla 100 wylosowanych podprób równy jest wartości błędu oszacowanego dla modeli branżowych (tj. 20,00%). Wartość statystyki testowej równa 1,546 wskazała, iż przy poziomie istotności równym 5% nie ma podstaw do odrzucenia sformułowanej w taki sposób hipotezy zerowej.

Uzyskane wyniki badania wskazują zatem, iż modele ukierunkowane branżowo nie charakteryzują się przeciętnie niższym błędem predykcji, a tym samym większą zdolnością predykcyjną w stosunku do modelu ogólnego. W przypadku gdy wskaźniki finansowe spółek charakteryzują się pożądanymi własnościami statystycznymi – wysoką mocą dyskryminacyjną - jak jest w przypadku przetwórstwa przemysłowego, zarówno modele ogólne jak i branżowe, poprawnie prognozują upadłość tych podmiotów.

6 Determinanty upadłości spółek akcyjnych w wybranych branżach gospodarki

W poprzednim punkcie porównano zdolność predykcyjną modeli ukierunkowanych branżowo oraz modelu ogólnego, nieuwzględniającego specyfiki branżowej badanych przedsiębiorstw. Zgodnie z podejściem zaproponowanym przez Efrona [1983] oszacowano w ten sposób prawdziwy błąd predykcji klasyfikatorów branżowych, zbudowanych w oparciu o posiadaną próbę obiektów. Obecnie przedstawiona zostanie postać tych klasyfikatorów.

Pierwszy model uzyskano na podstawie próby składającej się ze spółek reprezentujących sektor budownictwa. Poniżej zapisano jego równania w dwóch wersjach tj. niestandardyzowanej (W) oraz standardyzowanej (SW).

$$D(W) = -0,349 \cdot WBP + 2,397 \cdot MZO + 3,00 \cdot KP + 0,403 \cdot KWZ + 0,841 \cdot KW - 0,419$$

$$D(SW) = -0,303 \cdot WBP + 0,293 \cdot MZO + 0,664 \cdot KP + 0,460 \cdot KWZ + 0,231 \cdot KW$$

Model skonstruowano tak, że dodatnie wartości funkcji dyskryminacyjnej świadczą o dobrej kondycji spółek i zakwalifikowaniu ich jako zdrowe, ujemne wartości natomiast sugerują złą kondycję finansową i decydują o zaklasyfikowaniu spółek do grupy zagrożonych upadłością. Dodatnie wartości współczynników modelu oznaczają, że im wyższe są wartości tych wskaźników finansowych, tym mniejsze zagrożenie spółek upadłością. Można więc stwierdzić, iż wzrost rentowności - wskaźnik MZO , oraz płynności – mierzonej przez wskaźnik KP , zmniejsza ryzyko upadłości analizowanych spółek. Podobnie wygląda sytuacja w przypadku wskaźników struktury kapitałowo-majątkowej. Wzrost udziału kapitału własnego – wzrost wskaźników KW oraz KWZ – powoduje zmniejszenie zagrożenia upadłością spółek. W przypadku wskaźnika WBP

ujemna wartość współczynnika modelu może budzić pewne wątpliwości. Należy jednak pamiętać, iż w literaturze często wskazuje się, iż wskaźniki płynności mają pewien przedział wartości uznawany za pożądany (prawidłowy). Zbyt duże odstępstwa od tego przedziału, zarówno w górę, jak i w dół są oceniane negatywnie z punktu widzenia kondycji przedsiębiorstwa.

Drugi model prognozowania zagrożenia upadłością spółek akcyjnych został oszacowany na podstawie danych finansowych dotyczących podmiotów reprezentujących branżę przetwórstwa przemysłowego. Poniżej przedstawiono odpowiednie równania:

$$D(W) = 1,293 \cdot ZB + 4,169 \cdot ZS - 0,432 \cdot ZO + 0,696 \cdot MZO + 0,322 \cdot KWZ + 0,342$$

$$D(SW) = 0,218 \cdot ZB + 0,492 \cdot ZS - 0,193 \cdot ZO + 0,152 \cdot MZO + 0,458 \cdot KWZ$$

W tym przypadku, podobnie jak poprzednio, wzrost rentowności (wskaźniki *ZB*, *ZS* oraz *MZO*) oraz większy udział kapitału własnego w strukturze kapitałowo-majątkowej (*KWZ*) zmniejsza prawdopodobieństwo zagrożenia upadłością. Odwrotnie sytuacja wygląda w przypadku zadłużenia - im wyższa stopa zadłużenia ogółem (wskaźnik *ZO*), tym większe ryzyko upadłości.

Ostatni, trzeci model został skonstruowany na podstawie próby składającej się ze spółek należących do sektora handlu hurtowego oraz detalicznego. Równania modelu prezentują się następująco:

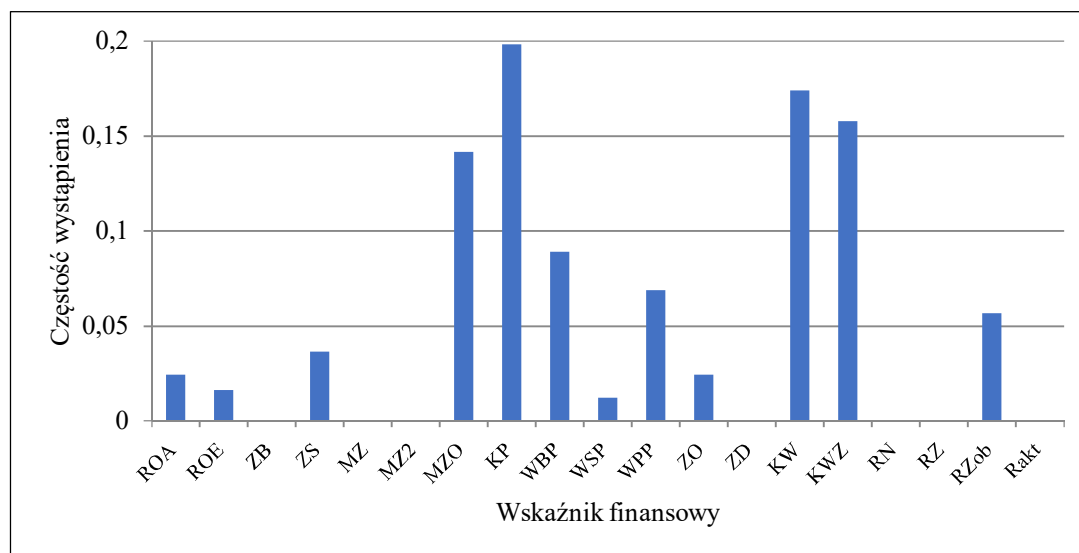
$$D(W) = 1,38 \cdot ROA + 2,41 \cdot MZ2 + 0,364 \cdot WBP - 0,111 \cdot WSP + 0,577 \cdot KWZ - 0,606$$

$$D(W) = 0,258 \cdot ROA + 0,375 \cdot MZ2 + 0,310 \cdot WBP - 0,076 \cdot WSP + 0,509 \cdot KWZ$$

Zgodnie z przedstawionymi zależnościami można stwierdzić, iż wzrost rentowności, opisany za pomocą wskaźników *ROA* i *MZ2* oraz udziału kapitału własnego w strukturze kapitałowo-majątkowej zmniejsza zagrożenie upadłością spółek. W przypadku wskaźników płynności wzrost wskaźnika *WBP* jest oceniany pozytywnie, podczas gdy w przypadku wskaźnika *WSP* sytuacja wygląda odwrotnie.

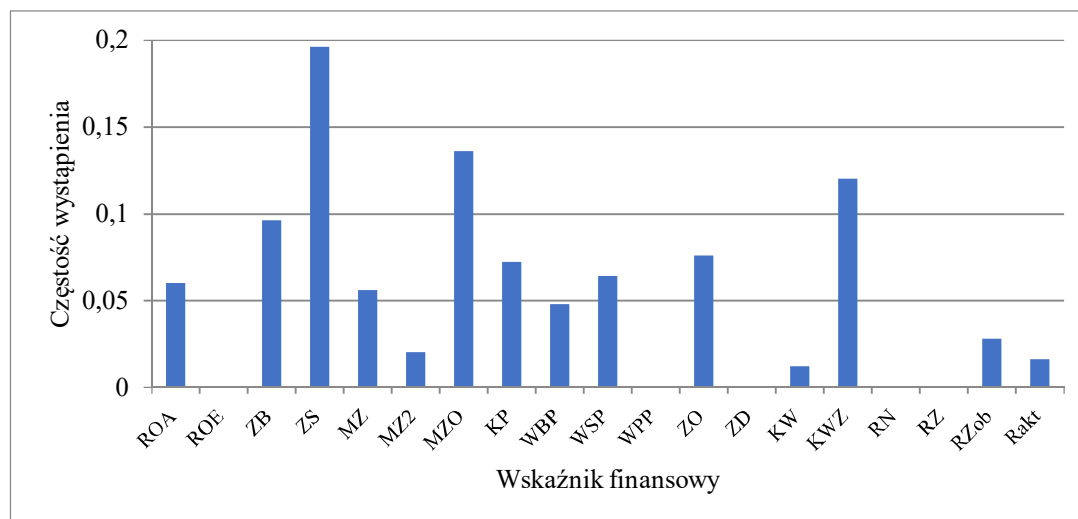
Porównując modele oszacowane na podstawie danych dla spółek reprezentujących poszczególne sektory gospodarki można zauważyć, iż skonstruowane są one w oparciu o odmienny zestaw wskaźników finansowych. Jediną cechą wspólną wszystkich trzech modeli jest obecność wskaźnika *KWZ* (kapitał własny/zobowiązania ogółem). Przyjęta metoda doboru zmiennych wskazała, iż w poszczególnych branżach gospodarki inne wskaźniki finansowe są decydujące z punktu widzenia prognozowania bankructwa rozpatrywanych spółek.

Oszacowanie błędów predykcji dla modeli branżowych wymagało, zgodnie z ideą metody wielokrotnego repróbkiowania, wylosowania 50 prób typu bootstrap. Na ich podstawie 50-krotnie dokonywano doboru zmiennych i konstrukcji odpowiedniego modelu. Poniżej poddano analizie częstość doboru poszczególnych wskaźników finansowych przy konstrukcji modeli, wykorzystanych przy szacowaniu prawdziwego błędu predykcji klasyfikatorów branżowych (rys. 2-4).



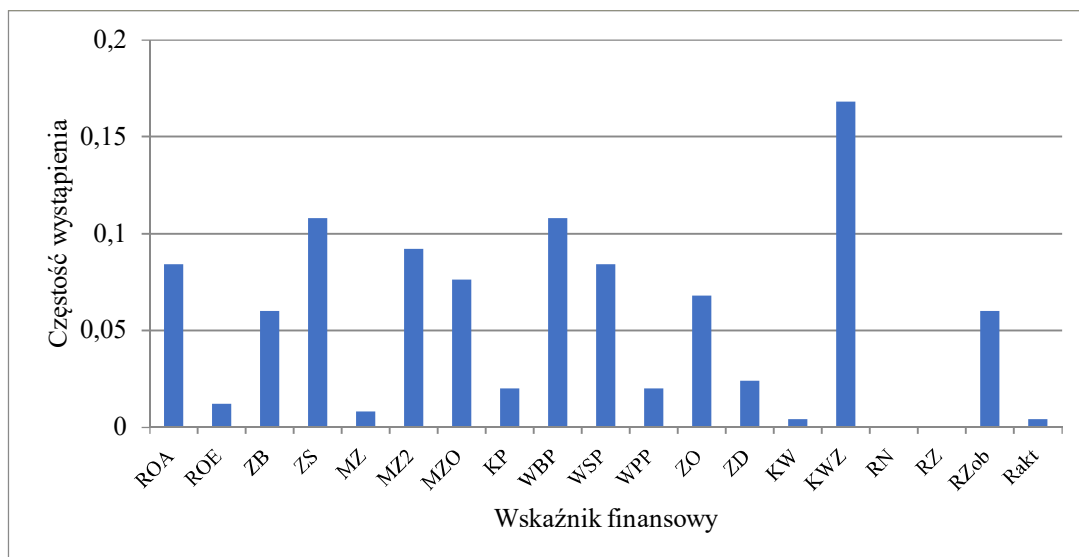
Rys. 1. Częstość doboru poszczególnych wskaźników finansowych przy konstrukcji modeli wykorzystanych do szacowania błędu predykcji dla branży budownictwa

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 2. Częstość doboru poszczególnych wskaźników finansowych przy konstrukcji modeli wykorzystanych do szacowania błędu predykcji dla branży przetwórstwa przemysłowego

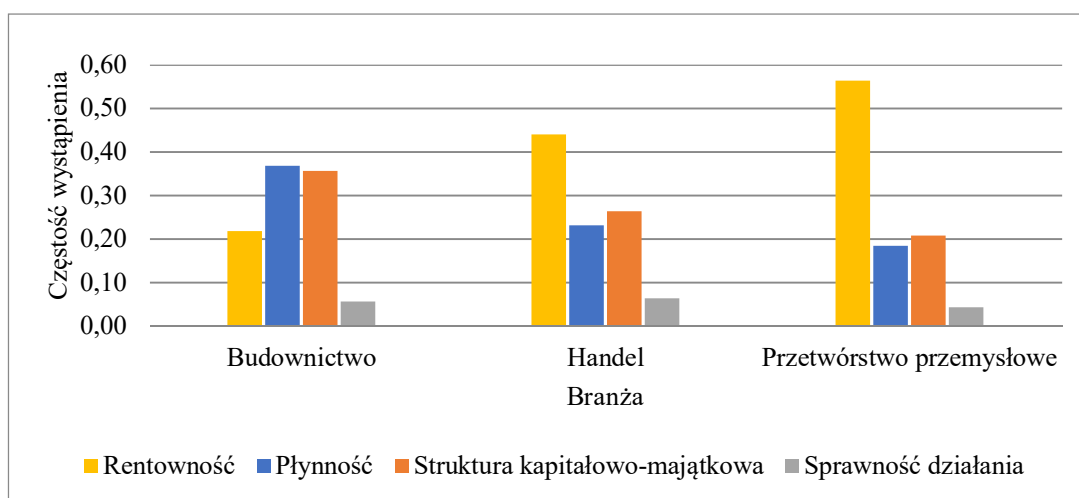
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 3. Częstość doboru poszczególnych wskaźników finansowych przy konstrukcji modeli wykorzystanych do szacowania błędu predykcji dla branży handlu

Źródło: Opracowanie własne.

Analiza wykresów pozwala sformułować wniosek, iż w przypadku każdej analizowanej branży gospodarki częstość doboru poszczególnych wskaźników finansowych przy konstrukcji modeli wykorzystanych do szacowania błędu predykcji jest różna. Najmniej różnych wskaźników finansowych wykorzystywanych jest w przypadku branży budownictwa. Szacując z kolei błąd predykcji dla branży handlu dwa wskaźniki finansowe (tj. RN i RZ) nie zostają w ogóle uwzględnione w konstruowanych modelach. By lepiej zauważyć różnice w częstości użycia poszczególnych wskaźników finansowych zostały one pogrupowane wg obszarów działalności spółek (rys. 5).



Rys. 4. Częstość doboru poszczególnych wskaźników finansowych do modelu według obszarów działalności spółek

Źródło: Opracowanie własne.

Jedyną cechą wspólną badanych branż gospodarki jest niski udział w skonstruowanych modelach wskaźników finansowych odpowiedzialnych za sprawność działania spółek. Dla branż przetwórstwa przemysłowego oraz handlu dominują wskaźniki rentowności, podczas gdy w przypadku budownictwa najistotniejszą rolę odgrywają wskaźniki charakteryzujące płynność oraz strukturę kapitałowo-majątkową spółek. Porównując branże handlu oraz przetwórstwa przemysłowego można stwierdzić, iż częstość doboru poszczególnych wskaźników finansowych dla spółek z tych branż gospodarki jest bardzo podobna.

Częstość doboru poszczególnych wskaźników finansowych, przedstawiona na wykresach, jak i postać modeli branżowych, świadczą o tym, iż determinanty upadłości spółek akcyjnych w Polsce różnią się w poszczególnych branżach gospodarki. Potwierdza to, iż zasadnym jest konstruowanie modeli prognozowania upadłości ukierunkowanych branżowo, choć nie poprawia to średniej zdolności predykcyjnej.

Podsumowanie

Przedstawione w artykule wyniki prowadzą do wniosku, iż modele branżowe nie charakteryzują się przeciętnie niższym błędem predykcji, a tym samym większą zdolnością prognostyczną, w stosunku do modeli ogólnych. Tylko w przypadku jednej branży tj. przetwórstwa przemysłowego błąd predykcji modelu branżowego był niższy od tego, uzyskanego dla modelu „ogólnego”. Dodatkowym celem badania było ustalenie determinant upadłości spółek akcyjnych w poszczególnych, badanych branżach gospodarki. Wzięto pod uwagę zarówno postać skonstruowanych modeli branżowych, jak i zmienne, które zostały użyte przy konstrukcji modeli, wykorzystanych do oszacowania wartości ich prawdziwych błędów predykcji. Na tej podstawie stwierdzono, iż determinanty upadłości spółek akcyjnych w Polsce różnią się w poszczególnych branżach gospodarki. Konstruowanie branżowych modeli prognozowania upadłości jest zatem zasadne, choć nie prowadzi zawsze do uzyskania modeli o istotnie wyższej zdolności predykcyjnej.

Na uzyskane w artykule wyniki wpłynąć mogło to, iż analizowane spółki akcyjne, pomimo iż zaliczone zostały do jednej branży gospodarki, często prowadziły bardzo zróżnicowaną działalność (odpowiadającą różnym działom w klasyfikacji PKD). W dalszych badaniach warto, na przykład kosztem rezygnacji z jednolitej formy prawnej

analizowanych przedsiębiorstw, powtórzyć analizę na podstawie przedsiębiorstw prowadzących bardziej jednorodną działalność gospodarczą.

Inne kierunki rozszerzenia opisanych w rozprawie badań związane są z metodyką ich przeprowadzenia. W przyszłych badaniach warto przede wszystkim wykorzystać inne metody prognozowania upadłości przedsiębiorstw, na przykład szczególnie popularne w ostatnim czasie, metody zaliczane do miękkich technik obliczeniowych,

Literatura

- Altman E. I. [1983], *Corporate financial distress: a complete guide to predicting, avoiding, and dealing with bankruptcies*, Wiley, New York.
- Braga-Neto U.M., Dougherty E.R. [2004], *Is cross-validation valid for small-sample microarray classification?*, "Bioinformatics", vol. 20, iss. 3.
- Efron B. [1983], *Estimating the Error Rate of a Prediction Rule: Improvement on Cross-Validation*, "Journal of the American Statistical Association", vol. 78, no. 382.
- Efron B., Tibshirani R. [1997], *Improvements on Cross-Validation: The .632 Bootstrap Method*, "Journal of the American Statistical Association", vol. 92, no. 438.
- Grzegorzewska E. [2011], *Zagrożenie upadłością a cykl życia przedsiębiorstw rolniczych*, [w:] *Cykle życia i bankructwa przedsiębiorstw*, red. E. Mączyńska, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa.
- Hadasik D. [1998], *Upadłość przedsiębiorstw w Polsce i metody jej prognozowania*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań.
- Hand D. J. [1981], *Discrimination and classification*, Wiley, Chichester.
- Herman S. [2016], *Analiza porównawcza wybranych metod szacowania błędu predykcji klasyfikatora*, „Przegląd Statystyczny”, t. 63, z. 4.
- Hołda A. [2006], *Zasada kontynuacji działalności i prognozowanie upadłości w polskich realiach gospodarczych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków.
- Hołda A. [2009], *Wykorzystanie drzew decyzyjnych w prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw w branży budowlanej*, „Zeszyty Naukowe. Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie”, nr 796.
- Juszczyk S. [2010], *Prognozowanie upadłości przedsiębiorstw*, „Ekonomista”, nr 5.
- Juszczyk S., Balina R. [2014], *Prognozowanie zagrożenia bankructwem przedsiębiorstw w wybranych branżach*, „Ekonomista”, nr 1.
- Kim J. [2009], *Estimating classification error rate: Repeated cross-validation, repeated hold-out and bootstrap*, "Computational Statistics & Data Analysis", vol. 53, iss. 11.
- Kitowski J. [2012], *Sposoby ujmowania kryterium specyfiki branżowej w metodach oceny kondycji finansowej przedsiębiorstwa*, „Zarządzanie i Finanse”, t. 10, nr 4/1.
- Korol T. [2005], *Wykorzystanie sieci jednokierunkowej wielowarstwowej oraz sieci rekurencyjnej w prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw*, [w:] *Zagrożenie upadłością*, red. K. Kuciński, E. Mączyńska, Materiały i Prace Instytutu Funkcjonowania Gospodarki Narodowej, T. 93, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa.

- Molinaro A.M., Simon R., Pfeiffer R.M. [2005], *Prediction error estimation: a comparison of resampling methods*, "Bioinformatics", vol. 21, iss. 15.
- Potoczna M., Wiśniewska O. [2013], *Zastosowanie analizy dyskryminacyjnej oraz modelu logitowego do prognozowania upadłości polskich przedsiębiorstw*, [w:] *Metody i techniki diagnostyczne w doskonaleniu organizacji*, red. S. Wawak, Mfiles.pl, Kraków.
- Prusak B. [2011], *Zalety i ograniczenia modeli prognozowania zagrożenia przedsiębiorstw upadłościami*, [w:] *Ekonomia i prawo upadłości przedsiębiorstw. Zarządzanie przedsiębiorstwem w kryzysie*, red. S. Morawska, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa.
- Ripley B. D. [1996], *Pattern recognition and neural networks*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Rybicki P. [2002], *Ocena ryzyka upadku przedsiębiorstwa*, „Manager”, nr 7.
- Wehberg S., Schumacher M. [2004], *A Comparison of Nonparametric Error Rate Estimation Methods in Classification Problems*, "Biometrical Journal", vol. 46, iss. 1.