Tomasz Korol*

Wieloczynnikowy system wczesnego ostrzegania firm przed ryzykiem upadłości

Nadesłany: 25 listopada 2010 r. **Zaakceptowany:** 16 grudnia 2010 r.

Streszczenie

Artykuł dotyczy prognozowania upadłości przedsiębiorstw w Polsce. Porównano w nim dwie metody prognozowania zagrożeń firm upadłością: wieloczynnikowy system wczesnego ostrzegania oparty na działaniu sztucznej inteligencji oraz analizę dyskryminacyjną. W badaniach wykorzystano dane dotyczące 185 spółek notowanych na Warszawskiej Giełdzie Papierów Wartościowych. Populacja ta została podzielona na próbę uczącą i testową. Każde z analizowanych przedsiębiorstw opisanych zostało za pomocą wartości bezwzględnych 14 wskaźników finansowych oraz dynamiki ich zmian. Dodatkowo w prognozowaniu upadłości firm wykorzystano zmienne makroekonomiczne.

Działanie opracowanego systemu wczesnego ostrzegania zostało oparte na metodzie logiki rozmytej. Badania te są pierwszą próbą wykorzystania logiki rozmytej do przewidywania upadłości przedsiębiorstw w Polsce i jedną z pierwszych na świecie.

Wprowadzenie

Obecny globalny kryzys finansowy dowiódł, że nawet najlepsze międzynarodowe koncerny powinny nieustannie monitorować sytuację finansową swoją, jak i firm, z którymi współpracują. Proces globalizacji doprowadził do powstania skomplikowanej sieci zależności w otoczeniu przedsiębiorstw. W warunkach gospodarki rynkowej oznacza to wzrost złożoności i niepewności zjawisk wpływających na kondycję finansowo-ekonomiczną jednostek gospodarczych. Żadne przedsiębiorstwo, nawet w okresie „prosperity", nie może być pewne swojej przyszłości. Globalny kryzys finansowy, który rozpoczął się w drugiej

* Dr inż., adiunkt, Politechnika Gdańska.

połowie 2008 roku spowodował, iż liczba zagrożonych podmiotów gospodarczych na świecie znacząco wzrosła. Według danych statystycznych międzynarodowej firmy Euler Hermes liczba zagrożonych upadłością firm w USA wzrosła o 54%, w Hiszpanii aż o 118%, a w Wielkiej Brytanii o 56% (Niewrzędowski, 2009). Ogólny wzrost zagrożenia upadłością firm na świecie spowodował wzrost świadomości menedżerów firm konieczności implementacji metod wczesnego ostrzegania firmy przed ryzykiem bankructwa.

Statystyki dotyczące rozwoju zjawiska upadłości przedsiębiorstw w Polsce również potwierdzają istotę tego zagadnienia zarówno z punktu widzenia teorii ekonomii, jak i praktyki gospodarczej. Według szacunków firmy Euler Hermes w 2009 r. w Polsce nastąpił wzrost liczby upadłych firm o 55% (Niewrzędowski, 2009). Natomiast według czasopisma „Puls Biznesu", ze względu na to, iż w postępowanie upadłościowe w naszym kraju zajmuje nawet trzy lata, prawdziwa fala bankructw dotknie Polskę dopiero w 2010 i w 2011 r. Przewidują oni nawet trzykrotny wzrost liczby upadłości w tych latach w porównaniu z rokiem 2009 (Twaróg, 2009).

Dlatego prognozowanie upadłości firm jest zagadnieniem, które w obecnych czasach staje się coraz istotniejsze i warte do analizowania.

1. Metody prognozowania upadłości przedsiębiorstw

To, czy dane przedsiębiorstwo będzie w stanie regulować swoje zobowiązania finansowe, a więc czy przetrwa na rynku, jest przedmiotem zainteresowania wielu podmiotów rynkowych, a w szczególności dostawców, kredytodawców oraz właścicieli. Ze względu na pracochłonność pełnej analizy kondycji finansowej przedsiębiorstwa usiłowano opracować metody umożliwiające postawienie natychmiastowej i pewnej diagnozy dotyczącej sytuacji finansowej firmy, oparte na możliwie najmniejszej liczbie parametrów. Tego rodzaju potrzeba była przyczyną powstania modeli prognozowania upadłości. W literaturze zachodniej modele te pokategoryzowane są na dwie główne grupy: modele statystyczne oraz modele miękkich technik obliczeniowych, które wchodzą w skład odrębnej gałęzi nauki określanej angielskim terminem *Computational Intelligence*, co można przetłumaczyć jako inteligencja obliczeniowa (pod tym terminem rozumiane jest rozwiązywanie różnych problemów przy pomocy sztucznej inteligencji z wykorzystaniem komputerów wykonujących obliczenia numeryczne). Badania M. Aziza i H. Dara nad częstością wykorzystania poszczególnych metod w prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw na całym świecie, wykazały, że w 64% przypadków badań, do prognozowania zagrożenia bankructwem firm wykorzystano modele statystyczne, w 25% badań – modele miękkich technik obliczeniowych i w 11% przypadków wykorzystano innego rodzaju modele (Aziz i Dar, 2006: 18–33)[1].

W modelach statystycznych przedmiotem oceny są wybrane wskaźniki finansowe posiadające wartość diagnostyczną. Dobór poszczególnych wskaźników dokonuje się na pod-

[1] Wyniki badań Aziza i Dara nad częstością wykorzystania poszczególnych metod w prognozowaniu upadłości firm, są zbieżne z wynikami badań literaturowych przeprowadzonych przez autora tego artykułu.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

stawie badań empirycznych ex post grupy przedsiębiorstw obejmującej firmy o dobrej kondycji finansowej i te zagrożone upadłością. Tak ustalony zbiór wskaźników redukuje się ponadto przez wyłączenie z niego zmiennych o podobnej treści informacyjnej, czyli wskaźników skorelowanych ze sobą. Po określeniu zbioru zmiennych diagnostycznych następuje oszacowanie parametrów modelu, czyli przypisanie wag wybranym zmiennym dyskryminacyjnym. Model prognozowania upadłości firm oparty na metodach statystycznych otrzymuje się w drodze stopniowego „zagęszczania" zbioru pojedyńczych wskaźników, aż do uzyskania jednego wskaźnika nazywanego indeksem, czy też wskaźnikiem syntetycznym. „Zagęszczanie" to odbywa się przy wykorzystaniu odpowiednich metod statystycznych oraz ekonometrycznych. Wychodząc od zestawu wskaźników ekonomiczno-finansowych, które są istotne z punktu widzenia oceny sytuacji finansowo-ekonomicznej firm, próbuje się je nawzajem powiązać i uzyskać jeden wskaźnik syntetyczny. Wykorzystanie takiego modelu do oceny ryzyka upadłości firmy polega na podstawieniu rzeczywistych wielkości wskaźników finansowych i wyliczeniu syntetycznego wskaźnika ryzyka. Wskaźnik ten charakteryzuje sytuację finansowo-ekonomiczną badanej firmy.

W przeciwieństwie do modeli statystycznych, modele miękkich technik obliczeniowych efektywnie radzą sobie z nieprecyzyjnie zdefiniowanymi problemami, z niepełnymi danymi, z niedokładnością, z brakiem precyzji i z niepewnością. Zagadnienie prognozowania upadłości firm posiada wszystkie z wyżej wymienionych cech. Dodatkowo, metody te doskonale nadają się do zastosowania w systemach, których zadaniem jest dopasowanie pewnych wewnętrznych parametrów do zmiennych warunków otoczenia w sposób dynamiczny (tzw. systemy uczące się). Miękkie techniki obliczeniowe obejmują zestaw technik, których działanie ukierunkowane jest na to, aby możliwe było efektywne wnioskowanie na podstawie nieprecyzyjnych przesłanek – techniki te naśladują tym samym działanie ludzkiego mózgu. Różnica pomiędzy tradycyjnymi metodami obliczeniowymi, a metodami „miękkimi" polega na odniesieniu do zagadnień takich jak precyzja, pewność i dokładność. Elementy te są podstawą modeli statystycznych, podczas gdy punktem wyjścia dla na przykład logiki rozmytej jest teza, że precyzja i pewność niosą ze sobą koszty, a obliczenia, wnioskowanie i podejmowanie decyzji powinny wykorzystywać tolerancję dla niedokładności i niepewności gdziekolwiek tylko jest to możliwe. Miękkie techniki obliczeniowe, w przeciwieństwie do metod statystycznych, tolerują zatem niedokładność danych, niepewność i aproksymację. Istotą systemów opartych na inteligencji obliczeniowej jest przetwarzanie i interpretacja danych o bardzo różnorakim charakterze. Ich wspólną cechą jest to, że przetwarzają one informacje w przypadkach trudnych do przedstawienia w postaci algorytmów i czynią to w powiązaniu z symboliczną reprezentacją wiedzy. Mogą to być relacje dotyczące jakiegoś obiektu znanego tylko na podstawie skończonej liczby pomiarów stanu wyjścia i wejścia. Mogą to być również dane wiążące najbardziej prawdopodobną diagnozę z szeregiem zaobserwowanych symptomów w ciągach uczących. Potrafią formułować reguły wnioskowania i generalizować wiedzę o sytuacjach, kiedy oczekuje się od nich predykcji bądź zaklasyfikowania obiektu do jednej z zaobserwowanych wcześniej kategorii (Rutkowski, 2005: 10).

Od pierwszych zanotowanych upadłości przedsiębiorstw w Polsce w okresie transformacji systemowej minęło już 20 lat. W ciągu tego okresu można zaobserwować ewolucję podejścia do zjawiska upadłości firm. Podczas, gdy w Stanach Zjednoczonych już

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

w 1968 roku Altman E. przedstawił pierwszy model wielowymiarowej analizy dyskryminacyjnej, którego celem było przewidzenie bankructwa firm z dwuletnim wyprzedzeniem, to w Polsce dopiero początek lat 90tych ubiegłego wieku był przełomem zarówno w samym postrzeganiu upadłości, jak i metod jego prognozowania. W Polsce początkowo do prognozowania upadku firm stosowano analizę wskaźnikową oraz próbowano zaimplementować „zachodnie" modele wielowymiarowej analizy dyskryminacyjnej opracowane przez naukowców w krajach wysokorozwiniętych. Szybko się jednak okazało, iż modele te nie charakteryzują się tak wysoką trafnością prognoz w krajach transformujących się, jak w gospodarkach na podstawie których były opracowane. Było to spowodowane nie tylko odmiennymi warunkami ekonomicznymi, innym stopniem płynności itp., ale również innymi systemami rachunkowości. Następnie tj. od połowy lat 90tych ubiegłego wieku, zaczęto opracowywać polskie modele wielowymiarowej analizy dyskryminacyjnej. Pionierami byli tacy naukowcy, jak: D. Hadasik, E. Mączyńska, J. Gajdka i D. Stos. Warto podkreślić olbrzymi wkład tych autorów w rozwój technik prognozowania upadłości polskich firm. Z kolei wiek XXI jest okresem charakteryzującym się innowacjami w sposobach prognozowania kryzysu finansowego przedsiębiorstw. Zagadnieniu temu zaczęto nadawać wielkie znaczenie, nieustannie poszukując nowych, coraz doskonalszych rozwiązań, odwołujących się także do innych dziedzin niż ekonomia, jak np. fizyka, czy biologia (wykorzystanie sztucznej inteligencji). Wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych do prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw zajmuje od lat 90tych ubiegłego wieku czołową pozycję w literaturze zachodniej. W Polsce nie poświęca się tej tematyce jeszcze zbyt wiele uwagi. Podobnie jak w krajach wysokorozwiniętych, największą popularnością w Polsce w prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw cieszą się modele oparte na analizie dyskryminacyjnej.

Niewątpliwie najpopularniejszym modelem prognozowania zagrożenia upadłością przedsiębiorstw jest model opracowany przez E. Altmana. Jako pionier w wykorzystaniu wielowymiarowej analizy dyskryminacyjnej do prognozowania upadłości firm wyznaczył jednofunkcyjny model składający się z pięciu wskaźników finansowych (Altman, 1993: 186):

$$Z = 1{,}2X_1 + 1{,}4X_2 + 3{,}3X_3 + 0{,}6X_4 + 0{,}999X_5$$

gdzie: X_1 = kapitał obrotowy / aktywa ogółem; X_2 = zysk zatrzymany / aktywa ogółem; X_3 = zysk przed spłatą odsetek i opodatkowaniem / aktywa ogółem; X_4 = rynkowa wartość kapitału akcyjnego / zobowiązania całkowite; X_5 = przychody ze sprzedaży / aktywa ogółem.

Altman zaproponował podział na trzy obszary podejmowania decyzji zależnie od kształtowania się wartości funkcji Z:

- $Z < 1{,}81$ – sygnał o poważnym zagrożeniu firmy bankructwem,
- $1{,}81 < Z < 2{,}99$ – „szara strefa", czyli niebezpieczeństwo zmienności sytuacji finansowej i niemożliwość określenia stopnia ryzyka upadłości,
- $Z > 2{,}99$ – zadowalająca kondycja finansowa przedsiębiorstwa, dla którego prawdopodobieństwo bankructwa jest niewielkie.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Z kolei w Polsce jednym z pierwszych modeli analizy dyskryminacyjnej prognozowania upadłości firm był model J. Gajdki i D. Stosa. Spośród dwudziestu wskaźników do modelu dobrano cztery. W badaniach wykorzystano próbę uczącą, składającą się z 34 przedsiębiorstw, z których 17 zaliczono do firm zagrożonych upadkiem oraz pozostałe 17 do przedsiębiorstw „zdrowych". Każdemu bankrutowi przyporządkowano przedsiębiorstwo o podobnym profilu działalności notowane w 1997 roku na GPW w Warszawie. Funkcja dyskryminacyjna ma następującą postać (Gajdka i Stos, 2003: 156–157):

$$Z = -0{,}0005X_1 + 2{,}0552X_2 + 1{,}7260X_3 + 0{,}1155X_4$$

gdzie: X_1 = zobowiązania krótkoterminowe (wartość średnia) / koszt wytworzenia produkcji sprzedanej; X_2 = wynik netto / suma bilansowa (wartość średnia); X_3 = wynik brutto / przychody netto ze sprzedaży; X_4 = suma bilansowa / zobowiązania ogółem.

Wartość graniczną przyjęto na poziome zera. Oznacza to, iż funkcja przyjmuje wartości ujemne dla przedsiębiorstw klasyfikowanych jako zagrożone upadłością i dodatnie dla niebankrutów.

Z przeprowadzonych przez autora badań literaturowych[2] widać, że w prognozowaniu tego zjawiska dominuje nurt mikroekonomiczny. Większość modeli wykorzystuje tylko i wyłącznie wskaźniki finansowe badanych przedsiębiorstw. Brakuje w nich połączenia makroekonomii z mikroekonomią, które uwzględniłoby i wykorzystało informacje o zachodzących zmianach w otoczeniu firm w prognozowaniu ich sytuacji ekonomiczno-finansowej. W obecnych czasach takie podejście wydaje się być mocno przestarzałe.

Dlatego też, celem przeprowadzonych przez autora badań było opracowanie wieloczynnikowego systemu wczesnego ostrzegania przedsiębiorstw przed ryzykiem upadłości na rok, na dwa i na trzy lata wstecz. Zadaniem tego systemu jest prognozowanie sytuacji finansowej firm przy wykorzystaniu wskaźników finansowych oraz zmiennych makroekonomicznych, które wpływają na kondycję finansową przedsiębiorstw.

2. Wykorzystanie logiki rozmytej w prognozowaniu upadłości

Prognozowanie upadłości firm ma charakter nieprecyzyjny i wieloznaczny. Na proces upadłości przedsiębiorstw wpływa wiele czynników wewnętrznych i zewnętrznych, których nie można precyzyjnie i jednoznacznie zdefiniować. Również samo stwierdzenie, że dana spółka jest zagrożona upadłością trzeba uznać za nieprecyzyjne, w rzerzywistości gospodarczej bowiem rzadko przecież mamy do czynienia ze stuprocentowymi bankrutami. Trudno z kolei za pomocą tradycyjnych metod statystycznych, na przykład wielowymiarowej analizy dyskryminacyjnej, określić precyzyjnie stopień zagrożenia upadłością. Gdy wartość funkcji dyskryminacyjnej dla badanej firmy jest mniejsza od war-

[2] Ze względu na ograniczony rozmiar artykułu autor nie ma możliwości przedstawienia w nim przeglądu tych badań (autor przestudiował przeszło 400 różnych badań przeprowadzonych na świecie w latach 1960–2008 – pełne materiały z badań autor udostępni na życzenie – przeszło 600 artykułów).

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

tości granicznej, stwierdzamy, że dana spółka jest zagrożona upadłością. Dzięki zbiorom rozmytym można formalnie określić pojęcia nieprecyzyjne i wieloznaczne, takie jak „wysokie zagrożenie upadłością" czy „małe zagrożenie upadłością". Pojęcie zbioru rozmytego wprowadził w 1965 roku L. Zadeh (1965: 338–353). Zbiór rozmyty A w pewnej niepustej przestrzeni X (AĹX) można zdefiniować jako (Bartkiewicz, 2000: 73):

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | \, x \in X\}$$

gdzie: $\mu_A : X \rightarrow [0,1]$ jest funkcją, która dla każdego elementu z X i określa, w jakim stopniu należy on do zbioru A. Funkcja μ_A jest to tzw. funkcja przynależności zbioru rozmytego A.

Klasyczna teoria zbiorów zakłada, że dowolny element (firma) należy lub nie należy do danego zbioru (bankruta lub niebankruta). Z kolei w teorii zbiorów rozmytych element może częściowo należeć do pewnego zbioru, a przynależność tę można wyrazić za pomocą liczby rzeczywistej z przedziału [0,1]. Zatem funkcja przynależności $\mu_A(x) : U \Rightarrow [0,1]$ jest zdefiniowana następująco (Czyżewski, 2001: 284–285):

$$\underset{x \in U}{\forall} \mu_A(x) = \begin{cases} f(x), x \in X \\ 0, x \notin X \end{cases}$$

gdzie: $\mu_A(x)$ – funkcja określająca przynależność elementu x do zbioru A, będącego podzbiorem U; $f(x)$ – funkcja przyjmująca wartości z przedziału [0,1]. Wartości takiej funkcji nazywane są stopniami przynależności.

Funkcja przynależności każdemu elementowi $x \in X$ przypisuje stopień przynależności do zbioru rozmytego A, przy czym można wyróżnić trzy sytuacje (Rutkowski, 2005: 52–53):

- $\mu_A(x) = 1$ oznacza pełną przynależność elementu x do zbioru rozmytego A,
- $\mu_A(x) = 0$ oznacza brak przynależności elementu x do zbioru rozmytego A,
- $0 < \mu_A(x) < 1$ oznacza częściową przynależność elementu x do zbioru rozmytego A.

Funkcje przynależności najczęściej przedstawiane są w postaci graficznej. Często stosuje się trapezoidalną funkcję $\mu_A(x)$. Na rys. 1 ujęto także akceptowane normy, podawane w literaturze dla wskaźnika bieżącej płynności. Poprawna wielkość tego wskaźnika należy do przedziału [1,2; 2], niepoprawna zaś do przedziału $(0; 1,2) \cup (2,\infty)$. Gdy wielkość tego wskaźnika jest niższa niż 1,2 uważa się, że firma taka ma zbyt niską płynność bieżącą, z kolei gdy jest wyższa od 2,0 mówi się, że przedsiębiorstwo posiada nadpłynność[3], co również oceniane jest jako zjawisko negatywne.

W takiej sytuacji, stosując do oceny tego wskaźnika klasyczną teorię zbiorów, istnieje ostra granica między oboma zbiorami dla wielkości wskaźnika 1,2 oraz 2,0. Gdyby jedna firma zanotowała wskaźnik bieżącej płynności na przykład na poziomie 1,19, zosta-

[3] W przypadku nadpłynności firm może posiadać np. zbyt dużo zapasów, co jest oceniane jako nieefektywne zarządzanie firmą.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

łoby to zaklasyfikowane jako wartość niepoprawna – negatywna, z kolei gdyby druga firma zanotowała ten wskaźnik na poziomie 1,2, byłoby to uznane jako wielkość poprawna – pozytywna w ocenie zagrożenia upadłością danego podmiotu gospodarczego, mimo, że wielkości wskaźnika obu firm różnią się jedynie o 0,01. Interpretację wielkości poszczególnych wskaźników (na przykład płynności) komplikuje dodatkowo fakt, że różne źródła literaturowe podają różne referencyjne wielkości graniczne dla poszczególnych wskaźników.

Zastosowanie zbiorów rozmytych zmienia sposób oceny problemu. Wskaźnik bieżącej płynności o wartości 1,19 zostaje uznany częściowo jako poprawny i częściowo jako niepoprawny. Stopień przynależności do obu zbiorów zależy od kształtu funkcji przynależności.

Przy tak zdefiniowanych podzbiorach granica między wielkościami uważanymi za pozytywne i negatywne ulega rozmyciu – pewna wielkość wskaźnika jest częściowo dobra i częściowo zła. Takiej możliwości nie ma w wypadku stosowania logiki klasycznej, czyli dwuwartościowej, w której dana wielkość wskaźnika jest dobra albo zła. Dlatego też stosowanie logiki klasycznej w ocenie sytuacji finansowo-ekonomicznej firm wpływa negatywnie na skuteczność stawianych prognoz. Taka sytuacja ma miejsce szczególnie dla wielkości znajdujących się blisko granicy podzbiorów, gdzie nieznaczne przekroczenie wielkości krytycznej wskaźnika decyduje o końcowej jego ocenie (jako całkowicie pozytywna lub negatywna), co nie jest zgodne z prawdą, ponieważ obie wielkości wskaźnika odzwierciedlają niemal tę samą sytuację w przedsiębiorstwie.

3. Założenia do badań

W badaniach wykorzystano dane dotyczące 185 spółek akcyjnych notowanych na Warszawskiej Giełdzie Papierów Wartościowych w latach 2000–2005 (wyjątek stanowiły dwie spółki z roku 2007). Spółki te były firmami z sektora usług i produkcji. W badaniach pominięto przedsiębiorstwa z sektora finansowego (banki i firmy ubezpieczeniowe) ze względu na zbyt odmienną charakterystykę tego typu spółek. Warto przy tym nadmienić, iż opracowana populacja przedsiębiorstw stanowiła praktycznie 100% populację spółek produkcyjnych i usługowych notowanych na WGPW w analizowanym okresie. Dlatego też, z jednej strony nie było możliwości zwiększenia populacji firm objętych badaniami, a z drugiej strony zapewniło to odpowiednią reprezentatywność opracowanej populacji firm. W ramach tej populacji przedsiębiorstw wyodrębniono:

- próbę uczącą składającą się z 53 firm. Przy czym, 25 z nich były to spółki zagrożone bankructwem, tj. złożono wobec nich wnioski o upadłość lub zarząd danej spółki rozważał taką możliwość w obliczu trudnej sytuacji finansowej firmy (5 w 2000 r., 16 w 2001 r., 3 w 2002 r., a 1 w 2005 r.). Pozostałe 28 spółek było o dobrej kondycji finansowo-ekonomicznej. Badane 53 spółki pochodziły z różnych sektorów, takich jak: budownictwo, przemysł metalowy, spożywczy, chemiczny, telekomunikacyjny itp. Należy zaznaczyć, że zostały one w miarę możliwości dobrane parami, tj. potencjalnemu bankrutowi przypisano przedsiębiorstwo „zdrowe" z tej samej branży oraz o podobnej wielkości sumy bilansowej. Dla celów badawczych

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

opracowano daną próbę uczącą z danymi – na rok, na dwa i na trzy lata przed postawieniem spółki w stan upadłości;

- próbę testową „jeden", składającą się z 54 firm: 25 spółek zagrożonych upadłością (2 wnioski o upadłość złożono w 2001 r., 18 w 2002 r., 1 w 2004 r., 2 w 2005 r., a 2 w 2007 r.) oraz 29 firm „zdrowych". W celu sprawdzenia skuteczności w prognozowaniu upadłości spółek giełdowych opracowanego systemu w oparciu o próbę uczącą, przygotowano tę próbę testową z danymi – na rok, na dwa i na trzy lata przed postawieniem spółki w stan upadłości. Przy czym próba ta składała się z firm, które nie wchodziły w skład próby uczącej system;
- próbę testową „dwa", w skład której weszły wszystkie spółki z próby testowej „jeden" oraz dodatkowo 78 firm niezagrożonych upadłością. Taki zabieg pozwolił na przetestowanie systemu (który został opracowany na podstawie próby uczącej z proporcją bankrutów (25 spółek) do niebankrutów (28 spółek) zbliżoną do stosunku 50%/50%) w warunkach zbliżonych do rzeczywistych, tj. przy proporcji bankrutów (25 firm) do niebankrutów (107 firm) 18,9%/81,1%. Dzięki temu próba testowa „dwa" umożliwi weryfikację walorów predykcyjnych systemu wczesnego ostrzegania firm na rok, na dwa i na trzy lata, nie tylko w sztucznych warunkach utrzymania proporcji „złych" i „zdrowych" firm 50%/50%.

W badaniach wykorzystano 14 wskaźników jako niezależne zmienne wejściowe systemu, o wyborze których zadecydowały:

- względy merytoryczne – starano się dobrać te wskaźniki, których przydatność do prognozowania upadłości przedsiębiorstw wykazały badania przedstawione w punkcie pierwszym artykułu, jak i dziesięcioletnie badania autora nad prognozowaniem tego zjawiska,
- względy praktyczne – dostępność odpowiednich danych statystycznych.

Dodatkowo dla każdego wskaźnika finansowego (tabela 1) policzono tempo zmiany wartości dla wszystkich analizowanych lat, czyli tempo zmiany między: pierwszym a drugim, drugim a trzecim oraz trzecim a czwartym rokiem przed upadłością.

Ponadto w badaniach wykorzystano 13 zmiennych makroekonomicznych Polski z lat 1991–2005. Są to: dynamika PKB, dynamika PKB *per capita*, dynamika popytu krajowego na jednego mieszkańca, stopa inflacji, dynamika nakładów inwestycyjnych na aktywa trwałe, średnia roczna stopa procentowa, stopa rezerwy obowiązkowej, stopa bezrobocia, kurs walutowy PLN/USD, dynamika produkcji sprzedanej w przemyśle, kwartalne saldo eksportu i importu, dynamika dochodów realnych mieszkańców, wartość nominalna dochodów brutto mieszkańców. Część tych zmiennych została wykorzystana do oszacowania modelu prognozowania kursu walutowego PLN/USD (aby następnie wykorzystać zmianę kursu walutowego jako zmienną wejściową do systemu wczesnego ostrzegania firm przed upadłością, wraz z jeszcze jedną zmienną makroekonomiczną, tj. dynamiką nakładów inwestycyjnych na aktywa trwałe), część do oszacowania makrofunkcji ryzyka upadłości firm dla Polski, tj. natężenia upadłości na 10 000 funkcjonujących przedsiębiorstw.

Dodatkowo każde przedsiębiorstwo zostało opisane zero-jedynkową zmienną wyjściową – zmienną grupującą populacje na dwie grupy przedsiębiorstw – na zagrożone (wielkość zmiennej = zero) i niezagrożone upadłością (wielkość zmiennej = jeden).

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Tabela 1. Wskaźniki finansowo-ekonomiczne wykorzystane w badaniach

Symbol wskaźnika	Rodzaj wskaźnika oraz sposób jego obliczania
WSKAŹNIKI RENTOWNOŚCI	
ZS / SB = X1	zysk ze sprzedaży / wartość sumy bilansowej
ZO / PS = X2	zysk z działalności operacyjnej / przychody netto ze sprzedaży
WSKAŹNIKI PŁYNNOŚCI FINANSOWEJ	
AO / ZK = X3	aktywa obrotowe (bez krótkoterminowych rozliczeń m/o) / zobowiązania krótkoterminowe
(AO – Z) / ZK = X4	[aktywa obrotowe (bez krótkoterminowych rozliczeń m/o) – zapasy] / zobowiązania krótkoterminowe
KP / SB = X5	kapitał obrotowy / suma bilansowa
WSKAŹNIKI ZADŁUŻENIA	
ZK / SB = X6	zobowiązania krótkoterminowe / suma bilansowa
KW / ZOB = X7	kapitał własny / zobowiązania ogółem
(ZN + A) / ZOB = X8	(zysk netto + amortyzacja) / zobowiązania ogółem
ZB / ZK = X10	zysk brutto / zobowiązania krótkoterminowe
(KW+ZD.DL) / AT = X11	(kapitał własny + zobowiązania długoterminowe) / aktywa trwałe
WSKAŹNIK SPRAWNOŚCI	
KO / ZK = X9	koszty operacyjne (bez pozostałych kosztów operacyjnych) / wartość zobowiązań krótkoterminowych
PS / SB = X12	przychody ze sprzedaży / suma bilansowa
PS / N = X13	przychody ze sprzedaży / należności krótkoterminowe
INNE MIERNIKI FINANSOWE	
Log SB = X14	Logarytm dziesiętny z aktywów ogółem

Źródło: opracowanie własne.

Jakość klasyfikacji systemu wczesnego ostrzegania oceniono na podstawie skuteczności ogólnej, a także błędów I i II rodzaju. I tak, zastosowano następujące formuły:

- błąd I – $E_1 = D_1 / BR \cdot 100\%$, gdzie: D_1 – liczba bankrutów zaklasyfikowanych przez system jako firmy „zdrowe"; BR – liczba bankrutów w próbie uczącej/testowej;
- błąd II – $E_2 = D_2 / NBR \cdot 100\%$, gdzie: D_2 – liczba niebankrutów zaklasyfikowanych przez system jako firmy zagrożone upadłością; NBR – liczba niebankrutów w próbie uczącej/testowej;
- skuteczność ogólna systemu – $S = \{1 - [(D_1 + D_2) / (BR + NBR)]\} \cdot 100\%$.

4. Wieloczynnikowy system wczesnego ostrzegania

Autor opracował propozycję własnego systemu wczesnego ostrzegania firm przed zagrożeniem upadłością. Cechą wyróżniającą tej próby implementacji systemu jest jego wielokryterialność i wieloczynnikowość. Podstawowym założeniem tego systemu jest uwzględ-

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

nienie czynników makroekonomicznych wpływających na przyszłą sytuację finansową przedsiębiorstw oraz również próba prognozowania tych czynników egzogenicznych. System taki umożliwi prognozowanie nie tylko skutku, czyli upadłość firmy, ale także samych przyczyn mogących wpływać na bankructwo lub – w niektórych przypadkach – wręcz je wywołujących (na przykład kursy walut). Zaproponowany system wczesnego ostrzegania ma charakter systemu hybrydowego, czyli systemu wykorzystującego pracę kilku technik prognozowania. System hybrydowy cechuje większy potencjał intelektualny wynikający z wykorzystania pozytywnych własności kilku technik przetwarzania informacji. W związku z tym może on rozwiązywać problemy bardziej kompleksowo i wydajniej, unikając w pewnym stopniu wad poszczególnych metod. System ten składa się z kilku modeli. Rdzeniem systemu jest model opracowany przy wykorzystaniu metody logiki rozmytej, która została wybrana przez autora ze względu na wysoki potencjał prognostyczny (wnioski z wcześniejszych badań). Działanie modelu „rdzenia I" systemu oparte jest na:

- (w analizie spółek na rok przed upadłością) trzech wskaźnikach finansowych w ujęciu statycznym (X3_1, X5_1, X8_1), jednym wskaźniku finansowym w ujęciu dynamicznym (X3V_1) oraz dwóch zmiennych makroekonomicznych (tempo zmiany nakładów inwestycyjnych na aktywa trwałe w Polsce „IF_1", dwuletnie tempo zmiany kursu walutowego PLN/USD „EX_1"),
- (w analizie spółek na dwa lata przed upadłością) trzech wskaźnikach finansowych w ujęciu statycznym (X1_2, X3_2, X7_2), jednym wskaźniku finansowym w ujęciu dynamicznym (X3V_2) oraz jednej zmiennej makroekonomicznej (dwuletnie tempo zmiany kursu walutowego PLN/USD „EX_2"),
- (w analizie spółek na trzy lata przed upadłością) pięciu wskaźnikach finansowych w ujęciu statycznym (X1_3, X3_3, X5_3, X8_3, X9_3), jednym wskaźniku finansowym w ujęciu dynamicznym (X9V_3).

Kolejnym modelem wchodzącym w skład omawianego systemu wczesnego ostrzegania jest model „rdzeń II". Model ten pełni drugorzędną rolę w działaniu systemu. Ma on za zadanie jedynie wspierać model „rdzeń I" w sytuacji, w której nie będzie on w stanie wygenerować jednoznacznej prognozy, czyli gdy wyjście modelu „rdzenia I" przyjmie wartość 0,5 (wartość graniczną). Za model „rdzeń II" przyjęto opracowany przez autora model wektorów nośnych. Działanie tego modelu jest oparte na 14 wskaźnikach finansowych. Dzięki tak dużej liczbie wskaźników informacyjnych model ten powinien efektywnie wspierać system w sytuacjach niejasnych (dwuznacznych).

Trzecim modelem – „satelitą" systemu – jest opracowany przez autora model prognozowania kursu walutowego PLN/USD (model sztucznej sieci neuronowej), którego zadaniem jest umożliwienie wykorzystania prognozy kursu walutowego jako zmiennej wejściowej modelu „rdzenia I" (jest to tempo zmiany wartości prognozowanego kursu za dwa lata wstecz).

Czwartym modelem, również „satelitą" systemu, jest oszacowany przez autora model ekonometryczny wskaźnika natężenia upadłości w Polsce w ujęciu makroekonomicznym. Zadaniem tego modelu jest korekta prognozy modelu „rdzenia I" w przypadku znacznie podwyższonego lub obniżonego ryzyka upadłości firm w skali kraju. W tym celu obliczono wielkość średnią wskaźnika natężenia upadłości w Polsce w latach 1991–2008 oraz jego odchylenie standardowe. Na ich podstawie ustalono dwie wielkości progowe:

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

- próg dolny *p* (76,01) = wielkość przeciętna (173,38) – odchylenie standardowe (97,37),
- próg górny *P* (270,76) = wielkość przeciętna (173,38) + odchylenie standardowe (97,37).

Wykorzystując takie kryterium podziału, dany rok zaliczano do okresu:

- o niskim zagrożeniu upadłością, jeżeli wskaźnik natężenia miał wielkość mniejszą od dolnego progu,
- o przeciętnym zagrożeniu upadłością, jeżeli wskaźnik natężenia miał wielkość mieszczącą się pomiędzy ustalonymi progami,
- o wysokim zagrożeniu upadłością, jeżeli wskaźnik natężenia miał wielkość większą od górnego progu.

W sytuacji przeciętnego zagrożenia upadłością firm w skali kraju, wielkość zmiennej wyjściowej modelu „rdzenia I" nie zostaje zmieniona. W wypadku okresu o wysokim zagrożeniu bankructwem, wielkość zmiennej wyjściowej modelu zostaje pomniejszona o 0,2[4], z kolei w warunkach niskiego zagrożenia wielkość ta zostaje powiększona o 0,2. W badaniach autor wykorzystał firmy-bankruty z lat 2000–2007, przy czym okres prognozy dotyczył do trzech lat wstecz, a więc badania obejmowały lata 1997–2006. W tych latach wskaźnik natężenia upadłości firm w Polsce kształtował się na poziomie 90–201 wniosków upadłościowych na 10 tysięcy funkcjonujących przedsiębiorstw (wartość prognozowana wskaźnika natężenia przy wykorzystaniu oszacowanego modelu ekonometrycznego kształtowała się na poziomie 83–176). Wobec czego, prognoza wygenerowana przez model „rdzeń I" nie została skorygowana o wartość ±0,2 ani razu.

Ośrodkiem decyzyjnym opracowanego systemu jest model „rdzeń I" oparty na działaniu logiki rozmytej. Działanie tego modelu jest oparte na napisanej przez autora bazie reguł o postaci: JEŻELI – TO, w której zapisana jest wiedza ekspercka. Wyjściem modelu jest zmienna przedstawiająca prognozę sytuacji finansowej badanej firmy. Zmienna ta przyjmuje wielkości od 0 do 1, przy czym przyjęto, iż wielkość graniczna rozdzielająca firmy na zagrożone i niezagrożone upadłością wynosi 0,5[5]. Wynik końcowy generowany przez ten model logiki rozmytej oparty jest na ocenie trzech głównych wskaźników. Na zmianę wielkości tego wyniku mają wpływ trzy wskaźniki uzupełniające jedynie w przypadku, gdy wszystkie trzy wskaźniki uzupełniające mają wynik „dobry", bądź też „zły". W innych przypadkach ocena końcowa oparta jest tylko i wyłącznie na trzech głównych wskaźnikach finansowych. Zbiór reguł do prognozowania sytuacji ekonomicznej firm na rok przed upadłością przedstawia tabela 2[6].

[4] Na przykład: gdy zmienna wyjściowa modelu „rdzenia I" przyjmie wartość 0,4, co oznacza, że model ocenił, iż istnieje 60% prawdopodobieństwo, że dana spółka zagrożona jest upadłością, w przypadku gdy dodatkowo dany rok charakteryzuje się podwyższonym ryzykiem upadłości w skali kraju, finalna wartość prognozy zostanie obniżona o 0,2, czyli w tym przykładzie wyniesie 0,2, co oznacza, że istnieje 80% prawdopodobieństwo bankructwa badanej firmy.

[5] Wielkości zmiennej wyjściowej poniżej 0,5 oznaczają firmy zagrożone upadłością, a powyżej 0,5 przedstawiają przedsiębiorstwa niezagrożone bankructwem.

[6] Ze względu na ograniczony rozmiar artykułu, autor nie ma możliwości przedstawienia w nim opracowanych reguł funkcjonowania modelu logiki rozmytej dla wszystkich lat analizy (zainteresowanym czytelnikom autor udostępni te reguły e-mailem).

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Tabela 2. Zbiór reguł decyzyjnych modelu „rdzenia I" systemu wczesnego ostrzegania na rok przed upadłością

Główne wskaźniki	**X3_1**	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry	Zły	Zły	Zły	Zły
	X5_1	Dobry	Dobry	Zły	Zły	Dobry	Zły	Dobry	Zły
	X3V_1	Dobry	Zły	Zły	Dobry	Dobry	Dobry	Zły	Zły
OCENA		**1**	**0,9**	**0,1**	**0,9**	**0,9**	**0,1**	**0,1**	**0**
Uzupełniające wskaźniki	**X8_1**	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry
	IF_1	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry
	EX_1	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry
OCENA KOŃCOWA		**1**	**1**	**0,65**	**1**	**1**	**0,65**	**0,65**	**0,25**

Główne wskaźniki	**X3_1**	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry	Zły	Zły	Zły	Zły
	X5_1	Dobry	Dobry	Zły	Zły	Dobry	Zły	Dobry	Zły
	X3V_1	Dobry	Zły	Zły	Dobry	Dobry	Dobry	Zły	Zły
OCENA		**1**	**0,9**	**0,1**	**0,9**	**0,9**	**0,1**	**0,1**	**0**
Uzupełniające wskaźniki	**X8_1**	Zły	Zły	Zły	Zły	Zły	Zły	Zły	Zły
	IF_1	Zły	Zły	Zły	Zły	Zły	Zły	Zły	Zły
	EX_1	Zły	Zły	Zły	Zły	Zły	Zły	Zły	Zły
OCENA KOŃCOWA		**0,75**	**0.35**	**0**	**0,35**	**0,35**	**0**	**0**	**0**

Źródło: opracowanie własne.

Dla każdego wejścia określono dwa zbiory rozmyte (będące podzbiorami dziedziny zbioru wartości danego wejścia): ZŁY i DOBRY oraz odpowiadające im funkcje przynależności. Zbiory rozmyte i kształt funkcji przynależności zostały wyznaczone arbitralnie. Ocena wskaźnika (jako „dobry", czy też „zły") oparta została na analizie statystycznej. Policzono również wielkość pierwszego i trzeciego kwartyla dla każdego wskaźnika finansowego – osobno dla spółek o dobrej kondycji finansowej i osobno dla firm zagrożonych upadłością – na rok oraz na dwa i na trzy lata wstecz. Wielkość trzeciego kwartyla dla spółek-bankrutów posłużyła jako wartość krytyczna (wskaźnik został uznany jako „zły" poniżej tej wielkości krytycznej).

Otrzymane wyniki testów z opracowanego wieloczynnikowego systemu wczesnego ostrzegania przedsiębiorstw przed zagrożeniem upadłością na próbie testowej „jeden" i „dwa" zostały przedstawione w tabeli 3. Wyniki te porównano ze skutecznościami uzyskanymi przez oszacowany model wielowymiarowej analizy dyskryminacyjnej (na tej samej populacji firm).

Z przeprowadzonych testów na próbie testowej „jeden" widać, że w analizie krótkookresowej, tj. na rok przed upadłością, bezkonkurencyjnym modelem jest model wielowymiarowej analizy dyskryminacyjnej, który osiągnął 96,29% skuteczności. Roczna prognoza opracowanego systemu wczesnego ostrzegania była skuteczna w 85,18% przypadków. Z tabeli 3 widać jednak, że wraz z wydłużeniem okresu prognozy do dwóch i do trzech lat przed upadłością, system wczesnego ostrzegania charakteryzuje się znacznie lepszymi właściwościami predykcyjnymi od modelu analizy dyskryminacyjnej. Ze względu na

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Tabela 3. Wyniki skuteczności modelu wielowymiarowej analizy dyskryminacyjnej oraz systemu wczesnego ostrzegania*

Rodzaj próby		Model analizy dyskryminacyjnej		System wczesnego ostrzegania	
Póba testowa „jeden" 25:28	Na rok	E1	0%	E1	20% (5)
		E2	6,89% (2)	E2	10,34% (3)
		S	96,29%	S	85,18%
	Na dwa lata	E1	12% (3)	E1	8% (2)
		E2	37,93% (11)	E2	6,89% (2)
		S	74,07%	S	92,59%
	Na trzy lata	E1	32% (8)	E1	28% (7)
		E2	17,24% (5)	E2	6,89% (2)
		S	75,92%	S	83,33%
Próba testowa „dwa" 25:107	Na rok	E1	0%	E1	20% (5)
		E2	31,77% (34)	E2	17,75% (19)
		S	74,24%	S	81,81%
	Na dwa lata	E1	12% (3)	E1	8% (2)
		E2	52,33% (56)	E2	14,95% (16)
		S	55,30%	S	86,36%
	Na trzy lata	E1	32% (8)	E1	28% (7)
		E2	35,51% (38)	E2	15,88% (17)
		S	65,15%	S	81,81%

* W nawiasach podano liczbę błędnie zaklasyfikowanych przedsiębiorstw.
Źródło: opracowanie własne.

równe proporcje bankrutów i niebankrutów w próbie testowej „jeden", próbę tę traktuje się jako teoretyczny test możliwości predykcyjnych wykorzystanych metod.

Z punktu widzenia praktycznych możliwości zastosowania tych metod w gospodarce, wartościowszymi będą wnioski wynikające z testów przeprowadzonych na próbie testowej „dwa", w której przeszło 81% stanowiły firmy o dobrej kondycji finansowej i niecały 19% przypadków były to przedsiębiorstwa zagrożone upadkiem. Z tabeli 3 wynika, że w takich warunkach, system wczesnego ostrzegania osiągnął lepszą skuteczność:

- w prognozie na rok wstecz: o 7,57 punktów procentowych od modelu AD;
- w prognozie na dwa lata wstecz: aż o 31,06 punktów procentowych od modelu AD;
- w prognozie na trzy lata wstecz: o 16,66 punktów procentowych od modelu AD.

Z otrzymanych wyników widać, że wieloczynnikowy system wczesnego ostrzegania całkowicie zdominował znakomitymi wynikami standardowy model prognozowania upadłości w prognozie dwuletniej i trzyletniej. Warto jednak zadać sobie pytanie, na jakim polu system ten tak bardzo zyskał przewagę. Patrząc na wygenerowany błąd I rodzaju widać, że na dwa i na trzy lata przed upadłością, praktycznie nie ma wielkich różnic między błędem tego typu popełnionym przez system i model. Kolosalna różnica pojawia się w przypadku błędu II rodzaju – analizując okres „na dwa lata wstecz, widać, że system wygenereował 14,95% błąd II rodzaju, podczas gdy model AD 52,33%. Natomiast w okre-

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

sie „na trzy lata wstecz", system wygenerował 15,88%, a model AD 35,51% błąd II rodzaju. Wynika z tego, że opracowany przez autora sposób wnioskowania przez system wczesnego ostrzegania (uwzględnienie czynników makroekonomicznych oraz zdefiniowanie wskaźników głównych i uzupełniających) charakteryzuje się większą skutecznością i stabilnością prognozy, przez co może być użyteczniejszym narzędziem analizy ekonomicznej stosowanym przez analityków finansowych.

Zakończenie

Wnioski płynące z tych badań są istotne. Przeprowadzone badania wykazały, iż warto opracowywać tak rozbudowane systemy wczesnego ostrzegania. Rdzeniem tego systemu był model oparty na wykorzystaniu innowacyjnej metody – logiki rozmytej. W Polsce była to pierwsza próba wykorzystania logiki rozmytej w prognozowaniu upadłości firm. Natomiast sama idea wykorzystania tak rozbudowanego systemu wczesnego ostrzegania firm jest nowa w literaturze światowej. Warto również zwrócić uwagę, że system ten ma charakter „otwartej aplikacji", to znaczy, że można swobodnie modyfikować jego strukturę (kryteria, funkcje przynależności, używane zmienne itp.) w przeciwieństwie do standardowych modeli prognozowania, które są aplikacjami „zamkniętymi" – chęć zmiany nawet tylko jednego parametru wiąże się z koniecznością ponownego oszacowywania całego modelu. Model logiki rozmytej pozwala prognozować upadłość firm przy użyciu nie tylko wskaźników finansowych, które w przypadku modeli statystycznych muszą mieć rozkład normalny. Taki system ekspercki otwiera szerokie możliwości wykorzystania różnych zmiennych, które mogą zwiększyć skuteczność prognoz upadłości.

Wnioski z tych badań mogą być wykorzystane również w innych europejskich firmach.

Bibliografia

Altman E., *Corporate Financial Distress and Bankruptcy*, John Wiley & Sons, New York 1993.

Aziz M., Dar H., *Predicting corporate bankruptcy – where we stand*, "Corporate Governance Journal", vol.6, nr 1, 2006.

Bartkiewicz W., *Sztuczne sieci neuronowe*, [w:] *Inteligentne systemy w zarządzaniu – teoria i praktyka*, Zieliński J. (red.), Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.

Czyżewski A., *Dźwięk cyfrowy – wybrane zagadnienia teoretyczne, technologia, zastosowania*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2001.

Gajdka J., Stos D., *Ocena kondycji finansowej polskich spółek publicznych w okresie 1998–2001*, [w:] *Czas na pieniądz. Zarządzanie finansami. Mierzenie wyników i wycena przedsiębiorstw*, t. 1, Zarzecki D. (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2003.

Niewrzędowski A., *Gwałtowny wzrost liczby upadłości*, www.eulerhermes.pl/pl/pl/media/0907_eh_upadlosci_swiat.pdf/0907_eh_upadlosci_swiat.pdf, dostęp 24.10.2009 r.

Niewrzędowski A., *Bankructwa firm – problem polskiej gospodarki*, www.eulerhermes.pl/pl/pl/dokumenty/091021_eh_upadl_iiikw09.pdf/091021_eh_upadl_iiikw09.pdf. , dostęp 24.10.2009 r.

Rutkowski L., *Metody i techniki sztucznej inteligencji*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.

Twaróg E., *Bankructw będzie trzy razy więcej* – Puls Biznesu, http://www.pb.pl/2/a/2009/12/31/Plajt_bedzie_trzy_razy_wiecej. , dostęp 31.12.2009 r.

Zadeh L.,*Fuzzy sets*, "Information and Control", nr 8 (3), 1965.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Multicriteria Early Warning System of Enterprises against the Bankruptcy Risk

Summary

This article is devoted to the issue of forecasting the bankruptcy risk of the enterprises. In the article author compares the effectiveness of multicriteria early warning system with the traditional discriminant analysis model of forecasting the risks of bankruptcy of companies. In the conducted research author has used data on 185 companies listed on the Warsaw Stock Exchange Market. This population of firms was divided into learning and testing setdata. Each company has been analyzed using the absolute values of 14 financial ratios and the dynamics of change of these ratios. Additionally, author has used the macroeconomic variables in developed multicriteria system.

The author's developed models are characterized by high efficiency. These studies are the first attempt to use fuzzy logic to predict the bankruptcy of companies in Poland and one of the first in the world. Obtained results demonstrate the great potential of this method.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl