

# **Propozycja systemu do wielowartościowej oceny przedsiębiorstwa na bazie binarnych modeli matematycznych**

**PATRYCJA TROJCZAK**

**Politechnika Szczecińska, Wydział Informatyki,  
ul. Żołnierska 49, Szczecin**

## **1. Wprowadzenie**

Przedsiębiorstwo jest złożoną strukturą gospodarczą, zależną od wielu czynników. Mogą one bezpośrednio związane z jego działaniem lub też występować zupełnie niezależnie, jednakże jednocześnie oddziałując na same przedsiębiorstwo. Strukturę gospodarczą oceniać można pod wieloma względami, zależnie od przyjętych kryteriów. W tej pracy skupię się jednak na ocenie standingu finansowego firmy, z uwzględnieniem jego wiarygodności kredytowej. Kryterium właściwej oceny kondycji finansowej niewątpliwie podstawowym stosowanym przez banki w procedurze udzielania wsparcia finansowego. Ryzyko kredytowe to tradycyjny i najbardziej charakterystyczny rodzaj ryzyka bankowego. Ponieważ istnieje oczywista asymetria informacyjna pomiędzy bankiem a kredytobiorcą, bank - udzielając kredytu - ponosi ryzyko, nie mając pewności podczas podpisywania umowy, że należność zostanie zwrócona zgodnie z ustalonymi warunkami. O wielkości ryzyka bankowego decyduje przede wszystkim jakość bankowych kredytobiorców. Zaburzenia w regulowaniu zobowiązań wobec banku mają wpływ na całą jego kondycję. Powodują zmiany przewidywanych wpływów pieniężnych, a w końcu wymuszają restrukturyzację przyszłych spłat, utworzenie rezerw celowych na kredyt, a w ostateczności spisanie kredytu na straty. Gdy ilość takich złych kredytów utrzymuje się na wysokim poziomie pogarsza się płynność banku, a tym samym podważa zaufanie podmiotów utrzymujących depozyty w takim banku. W dłuższym okresie podnosi to koszty działalności banku, który zmuszony jest do podnoszenia oprocentowania depozytów. Skutkiem takiego działania jest utrata reputacji banku, a to z kolei może pociągnąć za sobą masowe wycofywanie depozytów. Skutkiem nałożenia się na siebie podwyższonych kosztów działalności i masowego odpływu lokat może być nawet bankructwo banku.[1] Dlatego tak dużą wagę przywiązuje się obecnie prawidłowej ocenie sytuacji finansowej przedsiębiorstw oraz do zarządzania ryzykiem kredytowym. Oczywiście nie tylko banki są zainteresowane oceną sytuacji finansowej przedsiębiorstwa, ponieważ istnieje szereg innych podmiotów, dla których informacja ta ma ogromne znaczenie.

## 2. Stosowane metody szacowania kondycji finansowej

Istnieje duża różnorodność metod oceny sytuacji finansowej przedsiębiorstwa. Wyróżnić można kilka charakterystycznych klas.

### a) analiza wskaźnikowa

Wskaźniki wylicza się na podstawie sprawozdań finansowych (bilans, rachunek zysków i strat, sprawozdanie z przepływu środków pieniężnych) oraz danych rynkowych (np. giełdowych). Z ich pomocą scharakteryzować można wiele ekonomicznych aspektów działalności przedsiębiorstwa, jego mocne i słabe strony, są miernikami rozwoju kredytobiorców.

Zasadniczo wskaźniki można podzielić na pięć grup: wskaźniki płynności, aktywności, zadłużenia, rentowności i wartości rynkowej. Większość z nich nie ma optymalnej wartości. Ich jakość ocenia się dopiero przez porównanie z poprzednimi okresami lub analogicznymi wskaźnikami firm z tej samej branży. Stąd w analizie wskaźnikowej wyróżnić można:

- Analizę trendu – wyliczony wskaźnik porównuje się ze wskaźnikami z kilku lub kilkunastu okresów.
- Analizę porównawczą – wyliczony wskaźnik porównuje się ze wskaźnikami innych przedsiębiorstw z tej samej branży. Porównywane wskaźniki muszą pochodzić z tych samych okresów. Taka analiza pozwala ocenić konkurencyjność firmy na rynku.[2]

### b) metody scoringowe

Credit-scoring ( w tłumaczeniu scoring kredytowy lub ocena punktowa) to grupa metod do oceny indywidualnego ryzyka kredytowego. Polega ona na opisanu potencjalnego klienta jak najszerszym zestawem cech, następnie wyborze tych, które są najlepszymi predyktorami ryzyka. Drugim krokiem jest zbadanie przedziałów zmienności wybranych cech i określenie wartości punktów, które można przyznać każdemu z przedziałów. Posiadanie cech dobrego kredytobiorcy nagradzane jest dużą liczbą punktów, a cech złego małą lub nawet punktami ujemnymi.<sup>1</sup> Wynikiem analizy scoringowej jest wartość liczbowa (zwykle z przedziału 0-100 punktów) będąca sumą lub średnią z uzyskanych przez klienta punktów (zależy od konkretnej stosowanej metody).[3] Jeżeli ta wartość osiągnie pożądany próg (cut-off) wtedy kredyt jest przyznawany. Klienci, w zależności od osiągniętego wyniku, dzieleni są na dwie grupy – na dobrych i złych kredytobiorców. Możliwe jest

---

<sup>1</sup> Algorytm postępowania zależy wyłącznie od banku i może się różnić w różnych bankach, dlatego podaję tylko ogólny schemat.

też skonstruowanie modelu z większą liczbą grup wynikowych. Wówczas, jeśli klient znajdzie się w grupie pośredniej przyznanie kredytu zależy od dodatkowych przesłanek.

c) metody statystyczne

Metody statystyczne wykorzystują techniki ilościowe, opierające się o znane wcześniej modele matematyczne. Są coraz powszechniej stosowane z uwagi na fakt, że rozwój technik informatycznych pozwolił na implementacje ich przy użyciu komputerów osobistych.

Metody statystyczne dzielą się na parametryczne i nieparametryczne. Nieparametryczne nie wymagają żadnych założeń odnośnie relacji występujących między badanymi zmiennymi. Za to wymagają zapewnienia większego zbioru danych do badań. Modele parametryczne to modele oparte na wielowymiarowej analizie wariancji, analizie dyskryminacyjnej oraz logitowy i probitowy. Modele nieparametryczne to modele bazujące na sieciach neuronowych, drzewach klasyfikacyjnych oraz najbliższego sąsiedztwa.[1] Z uwagi na ograniczoność miejsca w tej publikacji nie będę się rozpisywać szczegółowo na temat każdej z nich. W następnym rozdziale dokładnie przedstawiony jest model logitowy.

d) Rating

Rating to opinia niezależnej, wyspecjalizowanej instytucji, agencji ratingowej, określająca wiarygodność finansową, zdolność do wywiązywania się z zobowiązań finansowych ocenianego podmiotu gospodarczego.

Rating polega na przyporządkowaniu obiektów do klas, opisanych charakterystykami. Liczba klas jest z góry ustalona i niezależna od ilości podmiotów. Dlatego w jednej klasie znaleźć się może jeden lub więcej podmiotów. Ocenę agencji ratingowej interpretować można jako niezależną opinię na temat działalności i osiągniętych wyników ocenianego podmiotu.[4]

Co ważne, rating stosowany jest tylko dla największych podmiotów gospodarczych typu Coca-Cola, Renault czy Telekomunikacja Polska S.A, PKO BP, a także dla miast a nawet krajów. Pomijając inne etapy wystawiania oceny ratingowej skupię się na etapie bezpośredniej oceny.

Bazą do wystawienia kredytowej oceny klasyfikacyjnej jest zestaw informacji i danych dotyczących badanego podmiotu. Pozwala on na przeprowadzić wiarygodnych, szczegółowych badań i analiz. Komplet informacji można podzielić na kilka bloków tematycznych:

- Pozycja i polityka finansowa
- Realizacja budżetu i elastyczność finansowa
- System zarządzania

-Powiązania i zależności z innymi podmiotami gospodarczymi, organami władz różnych szczebli. Każdy z bloków tematycznych obejmuje szereg zagadnień o charakterze opisowym i analitycznym.

Właściwa analiza składa się z kilku poziomów. Równolegle analizowane jest ryzyko kraju i wiarygodność kredytowa podmiotu. Dzieje się tak z uwagi na powszechną globalizację rynku finansowego i możliwość potencjalnego zawieszenia transferu płatności przez kraj, w którym podmiot ma swoją siedzibę, a także z uwagi na zasadę, że ocena kraju stanowi górną granicę oceny emitenta.

Oceniając podmiot agencje zwracają przede wszystkim uwagę na standing finansowy (strukturę kapitału, jakość aktywów, zdolności kadry zarządzającej, zyskowość i strukturę dochodów, płynność), relację kapitału własnego w stosunku do zadłużenia w świetle obowiązującego prawa. Oceniana jest także dotychczasowa polityka w zakresie podziału zysku, otoczenie branżowe, jakość zarządzania (jakość planowania strategicznego i operacyjnego, doświadczenie kadry kierowniczej). Dodatkowo przy ocenie banku agencje analizują politykę kredytową, jakość portfela kredytowego i procedury zarządzania ryzykiem.[4] Komisja ratingowa na podstawie raportu ratingowego decyduje o przyznaniu konkretnej oceny.

### 3. Model logitowy

Patrząc z ekonomicznego punktu widzenia za bankruta uważać możemy przedsiębiorstwo, które nie jest w stanie kontynuować swojej działalności bez pomocy z zewnątrz. Jest to, więc sytuacja dwustanowa – albo firma uważana jest za bankruta (wymaga pomocy) albo bankrutem nie jest (pomoc z zewnątrz nie jest absolutnie konieczna). Ponieważ wynik może przyjmować tylko dwie wartości wygodnym narzędziem tego typu analizy jest model binarny, który przyjmuje tylko dwie wartości 1 lub 0 (zmienna objaśniana).

Jeżeli przyjmiemy, że to czy firma jest bankrutem, ewentualnie stanie się bankrutem w danym okresie oznaczać będziemy przez  $Y=1$ , a fakt do niego przeciwny, tzn., że firma nie zbankrutuje oznaczymy jako  $Y=0$  w tradycyjnym ujęciu modelu liniowego można by zapisać w ten sposób[5]:

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n + \varepsilon = \alpha x + \varepsilon$$

gdzie

$$Y = \begin{cases} 1 & \text{gdy } y < 0 \\ 0 & \text{gdy } y \geq 0 \end{cases}$$

Gdzie  $x_1-x_n$  – zmienne objaśniające, np. wskaźniki finansowe, a  $\alpha_0- \alpha_n$  współczynniki modelu,  $\varepsilon$  - czynnik losowy. Natomiast  $\delta$  wartość graniczna rozdzielająca badane firmy na dwie grupy.

Prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia zbankrutowania równe jest, więc[6]

$$P\{Y = 1\} = P(y < 0) = P(\varepsilon < -\alpha x) = 1 - P(\varepsilon \geq -\alpha x)$$

Jeśli przyjmiemy, że czynnik losowy ma rozkład ciągły to prawdopodobieństwo możemy zastąpić dystrybuantą i otrzymamy:

$$P\{Y = 1\} = F_s(-\alpha x)$$

Model logitowy ma przewagę na zwykłą analizą liniową polegający na braku założenia o normalnym rozkładzie zaburzenia  $\varepsilon$ , tak jak w modelu liniowym. Do opisu prawdopodobieństwa zajścia zdarzenia wykorzystuje się skalę logarytmów naturalnych[7]:

$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = LOGIT$$

Zmienną objaśnianą jest iloraz szans zajścia zdarzenia i nie zajścia zdarzenia. Przyjmuje się, że zaburzenie ma charakter logistyczny. Wartość prawdopodobieństwa zajścia zdarzenia (funkcja logistyczna) wynosi:

$$P\{Y = 1\} = P(\varepsilon < \alpha x) = F_L(\alpha x) = F_L(z) = \frac{e^z}{1+e^z} = (1+e^{-z})^{-1} = (1+e^{-\alpha x})^{-1}$$

Gdzie P – prawdopodobieństwo bankructwa, z – zmienna objaśniana, x – wskaźniki ekonomiczne,  $\alpha$  - estymowane parametry, FL - dystrybuanta funkcji logistycznej Analogicznie wyprowadzić można wzór na P{Y=0}:

$$P\{Y = 0\} = P(\varepsilon \geq \alpha x) = 1 + F_L(\alpha x) = F_L(-\alpha x) = (1 + e^{\alpha x})^{-1}$$

Do estymacji parametrów równania najlepiej jest wykorzystać metodę największej wiarygodności. Polega ona na takim doborze parametrów  $\alpha$  równania, aby zmaksymalizować wartość funkcji wiarygodności:

$$L = \prod_{i=1}^N f(Y_i | \tilde{\alpha} = \alpha)$$

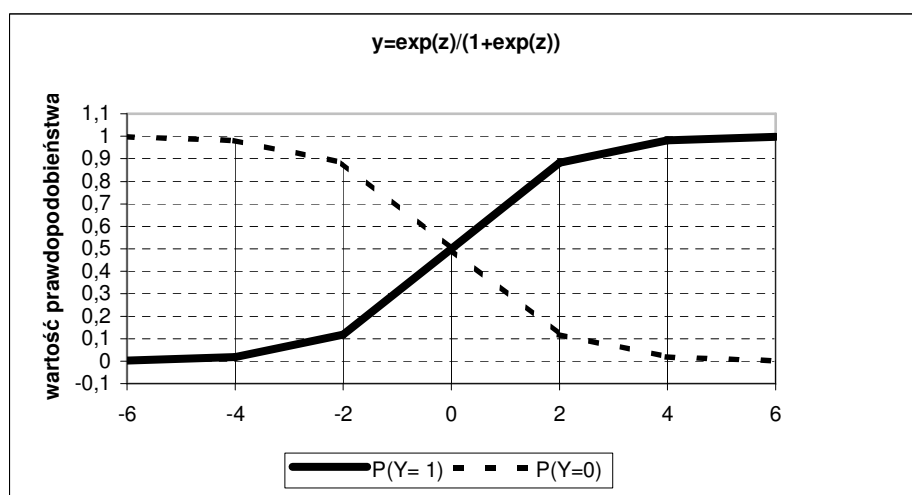
Wartości tej funkcji wyznaczyć można albo przez obliczenie jej pochodnej a następnie przyrównanie jej do 0 i określenia ekstremum, albo poprzez zlogarytmowanie tej funkcji. Ponieważ wartość prawdopodobieństwa mieści się w zakresie (0,1), wartość ekstremum logarytmu znajduje się w tym samym punkcie, co ekstremum funkcji.

$$\frac{\partial \log L}{\partial \alpha} = 0$$

Warto zauważyć, że prawdopodobieństwo maleje gwałtownie do zera, gdy wartość funkcji z zmierza do  $-\infty$ , natomiast rośnie monotonicznie do wartości 1 gdy wartość funkcji z zmierza do  $+\infty$ . Punktem przegięcia jest punkt, w którym  $z = \alpha x = 0$ . A więc gdy wartość wskaźników finansowych przemnożona przez wyznaczone parametry jest dużą liczbą ujemną oznacza to, że prawdopodobieństwo bankructwa firmy (Y=1) jest niewielkie. I w sytuacji odwrotnej, gdy wartość funkcji opisującej zależność z rośnie, rośnie również prawdopodobieństwo bankructwa. Należy tutaj również zaznaczyć, że choć punkt  $z=0.5$  jest punktem przegięcia, niekoniecznie musi być punktem granicznym, rozdzielającym zbiór badanych przedsiębiorstw na podzbiór bankrutów i podzbiór firm dobrych. Ta wartość graniczna w dużej mierze zależy od przyjętych wskaźników i ustala się ją na podstawie badań nad danymi historycznymi. Wyznaczone parametry modelu w przypadku, gdy wartości wskaźników (x) mogą być tylko nieujemne informują nas kierunku wpływu danego wskaźnika na sytuację

finansową firmy. Gdy parametr jest dodatni oznacza to, że wzrost wartości wskaźnika powoduje zwiększenie prawdopodobieństwa bankructwa ( $P(Y=1)$ ). Gdy parametr przy wskaźniku jest ujemny oznacza on, że zwiększenie wartości tego wskaźnika powodować będzie zmniejszenie prawdopodobieństwa bankructwa. Zależności te są istotne z punktu widzenia badanych firm. Mogą one wpływać na konkretne wartości wskaźników ekonomicznych w celu zmniejszenia prawdopodobieństwa niewypłacalności. Wrażliwość prawdopodobieństwa na zmianę danego wskaźnika ( $x_i$ ) o jednostkę mierzy się według wzoru:

$$\frac{\partial P}{\partial x_i} = \alpha \frac{e^{\alpha x_i}}{(1 + e^{\alpha x_i})^2}$$



Rys. 1 Funkcja prawdopodobieństwa (oprac. własne)

Jako pierwszy model logitowy do oceny sytuacji finansowej zbudował Ohlson [8] już w roku 1980. Posłużył się on 9 wskaźnikami. Na podstawie danych 2163 firm, upadłych lub funkcjonujących, wyznaczył parametry modelu oraz oznaczył punkt graniczny na poziomie 0.038.

Tablica nr 1. Parametry Modelu Ohlsona (oprac. na podstawie J. Grice)

Zmienne	Określenia wskaźników	Wyznaczone parametry
S	stała	-1,3
X1	Log(aktywa ogółem/PNB <sup>2</sup> )	0,4
X2	Zobowiązania ogółem/aktywa ogółem	6,0
X3	Working capital/aktywa ogółem	-1,4
X4	Zobowiązania krótkoterminowe/aktywa obrotowe	0,1

<sup>2</sup> Produkt Narodowy Brutto (zwykle PNB>PKB)

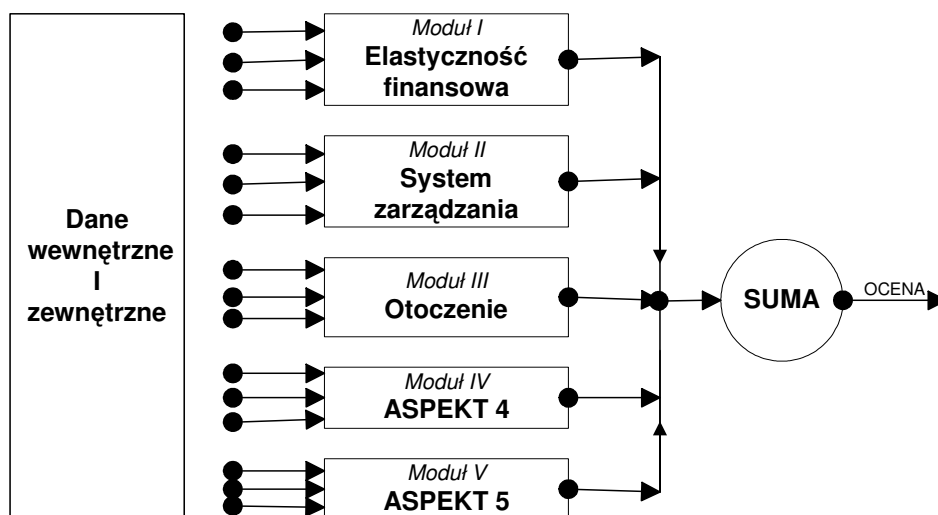
X5	1, jeżeli wartość zobowiązań przewyższa wartość aktywów ogółem, 0 w innym przypadku	-2.40
X6	Zysk netto/aktywa	-1.8
X7	Fundusze operacyjne/zadłużenie ogółem	0.3
X8	1, jeżeli wystąpiła strata w 2 ostatnich latach, 0 w innym przypadku	-1.7
X9	Wielkość zmiany zysków w badanym okresie	-0.5

W warunkach polskich zagraniczne modele są nie do końca skuteczne. Wynika to z kilku przyczyn, m.in. faktu, że parametry modeli zagranicznych zostały estymowane na bazie danych firm zagranicznych, których otoczenie gospodarcze różni się od występującego w Polsce. Ponadto nawet różnice w metodach rachunkowych zaburzają sprawność takich modeli.

#### **4.Złożony model matematyczny do oceny wielowartościowej**

Aby móc ocenić tak dużą strukturę gospodarczą jak np. Telekomunikacja Polska S.A. nie wystarczy ocenić tylko jej stanu finansowego wynikającego bezpośrednio z danych rachunkowych. O kondycji takiej firmy w dużej mierze decydują nie tylko czynniki wewnętrzne, ale również czynniki zewnętrzne. Niewątpliwie powiązania z innymi podmiotami gospodarczymi czy nawet z państwem, w którym działa predestynuje pewne zależności, które należy uwzględnić w takiej ocenie. Na przykład monopol w pewnym sektorze usług daje takiej firmie przewagę nad ewentualną konkurencją. Poza tym im firma jest większa tym trudniej nią zarządzać, pojawiają się problemy, które nie występują w mniejszych przedsiębiorstwach. Dlatego w kompleksowej ocenie należy uwzględnić także jakość zarządzania. Ponieważ jakość jest wartością kwalitatywną powinno się określić jasne reguły jej dotyczące. Takich problematycznych zagadnień przy ocenie kondycji wielkich firm jest więcej.

Poniżej przedstawiam propozycje rozbudowanego modelu, którego zadaniem będzie kompleksowa ocena standingu dużej firmy i zakwalifikowanie je do jednej z wcześniej zdefiniowanych grup ryzyka. System ten ma działać analogicznie jak robią to agencje ratingowe. Powinien przeprowadzać globalną analizę czynników wewnętrznych i zewnętrznych, a analiza ta dotyczyć ma różnych aspektów działalności. Efektem pracy modelu będzie nadanie badanemu obiektowi oceny, której ważność uznawana będzie przez określony okres czasu.



Rys. 2 Model systemu do kompleksowej oceny standingu finansowego, (oprac. własne)

Każdy z modułów to binarny model logistyczny. Zadaniem każdego z nich będzie analiza jednego aspektu działalności badanego obiektu i zakwalifikowanie go do jednej z dwóch grup ( $Y=1$  lub  $Y=0$ ) w zależności od wartości dostarczonych zmiennych objaśniających. Oczywiście do rozpatrywanego aspektu zmienne objaśniające pochodzić będą od badanej firmy bądź też będą to dane zewnętrzne zgromadzone na potrzeby analizy, np. dane statystyczne dotyczące innych firm z danej branży, itd. Na ocenę końcową składać się będą oceny cząstkowe. Przy założeniu, że w danym aspekcie ocena równa 0, kwalifikuje przedsiębiorstwo do grupy lepszej, a ocena równa 1 do grupy gorszej w wyniku końcowym otrzymać możemy sześć różnych wyników [0,1,2,3,4,5], będących sumą ocen cząstkowych. Przy powyższym założeniu im ocena końcowa będzie wyższa tym gorzej dla badanej firmy. Oznaczać to będzie, że analizowane przedsiębiorstwo niedomaga w kilku aspektach. Ocena na poziomie 5 lub 6 oznaczać będzie firmę, która ma bądź będzie miała w najbliższym czasie kłopoty z przetrwaniem na rynku. Będzie ona mało wiarygodnym klientem dla instytucji finansowych czy potencjalnych partnerów lub inwestorów. Sytuacja odwrotna, gdy firma otrzyma ocenę równą 0 lub 1 oznacza, że działa ona prężnie, w sprzyjających okolicznościach i nie zagraża jej bankructwo, przynajmniej w okresie, na który ocena jest wystawiana. Co istotne, nawet w przypadkach pośrednich, gdy firma uzyska ocenę 3 – 4 będzie można oznaczyć obszary, w których firma niedomaga i wówczas możliwe będzie podjęcie określonego przeciwdziałania. Ułatwi to określenie ewentualnego ryzyka, np. kredytowego, które będzie towarzyszyć ewentualnemu kredytowaniu takiej firmy. Aspekty oceny powinny być tak dobrane, aby całościowa ocena była kompleksowa i jednocześnie każdy z aspektów był niezależny od innych. Przy doborze zmiennych objaśniających do poszczególnych obszarów należy w pierwszej kolejności kierować się jego zawartością merytoryczną, a następnie na podstawie badań



statystycznych z wcześniej określonego zbioru wyodrębnić podzbiór zmiennych, które są najsilniej powiązane ze zmienną objaśnianą i równocześnie są wzajemnie niezależne.

## 5. Podsumowanie

Artykuł ten ma na celu przedstawienie idei budowy systemu do kompleksowej oceny dużych struktur gospodarczych analogicznie jak dzieje się to podczas oceny ratingowej stosowanej przez takie agencje jak Moody's Investors Service, Fitch IBCA Ltd. czy polska Fitch Polska SA.

Idea systemu opiera się na zestawieniu 5 obszarów, w których badane przedsiębiorstwo będzie oceniane. Każda z ocen częściowych składać się będzie na ocenę końcową. Mechanizm oceny każdego z obszarów opiera się na logistycznym modelu ekonometrycznym, którego zadaniem jest przydzielenie obiektu do jednej z dwóch kategorii. Do twórcy systemu należy teraz wybór pięciu aspektów, najważniejszych do takiej oceny, określenie wszystkich zmiennych objaśniających oraz estymacja parametrów każdej z funkcji logistycznych.

## Literatura

1. W. Kuryłek, „Credit Scoring – podejście statystyczne”, „Bank” 2000, nr 11.
2. K. Kochan, „Analiza wskaźnikowa”, [bossa.pl/analizy/fundamentalne/bossa\\_pl\\_Analizy\\_i\\_Opracowania\\_Analiza\\_fundamentalna2.htm](http://bossa.pl/analizy/fundamentalne/bossa_pl_Analizy_i_Opracowania_Analiza_fundamentalna2.htm). - czerwiec 2000
3. P. Mierzejewski, Metoda scoringowa, „Bank” 2001, nr 1
4. B. Lepczyński, „Banki w ocenie agencji ratingowych”, „Bank” 2001, nr 07-08.
5. E. Altman „Predicting financial distress of companies: revisiting the Z-score and ZETA models - <http://pages.stern.nyu.edu/~ealtman/Zscores.pdf> czerwiec 2004
6. B. Witkowski, „Ekonometria panelowa” [akson.sgh.waw.pl/~bwitko/PANELE/PANELE\\_W9.doc](http://akson.sgh.waw.pl/~bwitko/PANELE/PANELE_W9.doc) – czerwiec 2004
7. A. Szejnberg, J. Hurek, R. Gmoch, „Zastosowanie statystycznych modeli probabilistycznych IRT w nowoczesnym pomiarze testowym”, [http://www.uni.opole.pl/chemia/inst/dydakt/testy/wybr\\_publ.htm](http://www.uni.opole.pl/chemia/inst/dydakt/testy/wybr_publ.htm) - czerwiec 2004
8. J. Grice, „Bankruptcy prediction models and going concern audit opinions before and after”, <http://www.westga.edu/~bquest/2000/bankrupt.html>, - czerwiec 2004