

Katarzyna Kuziak

Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu

POMIAR RYZYKA KREDYTOWEGO PRZEDSIĘBIORSTWA*

1. Wstęp

Ryzyko kredytowe jest określane jako takie zagrożenie, że kredytobiorca nie zwróci (w całości lub w części) w ustalonych terminach rat kapitałowych wraz z odsetkami i innymi opłatami. W szerszym kontekście ryzyko kredytowe (nazywane również ryzykiem niedotrzymania warunków) odnosi się do niebezpieczeństwa niespłacenia nie tylko zobowiązań z tytułu umów kredytowych, ale również z tytułu gwarancji, poręczeń, akredytyw oraz zobowiązań wynikających z zajmowanych pozycji w instrumentach pochodnych (inne definicje ryzyka kredytowego w pracy [Krysiak 2006]). Oceniając poziom ryzyka kredytowego, należy zwrócić uwagę na trzy zagadnienia:

- prawdopodobieństwo niewypłacalności – niebezpieczeństwo, że strona umowy nie dotrzyma jej warunków w ustalonym okresie,
- ekspozycję na ryzyko kredytowe – wysokość potencjalnych strat, jeśli strona nie dotrzyma umowy,
- stopę odzysku – procent wartości zobowiązania, który można odzyskać w przypadku utraty wypłacalności przez stronę umowy.

W pracy przedstawione zostanie podejście pomiaru ryzyka kredytowego bazującego na rozkładzie wartości przedsiębiorstwa. Wyznaczenie funkcji rozkładu gęstości prawdopodobieństwa będzie oparte na modelu wyceny opcji Blacka-Scholesa-Mertona. Analiza wrażliwości prawdopodobieństwa niewypłacalności w modelu opcyjnym oraz szacowanie prawdopodobieństwa niewypłacalności dla spółek z dwóch branż notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w War-

* Pracę napisano w ramach projektu badawczego nr 1 H02B 01426 nt. *Metody ekonometryczno-statystyczne w zintegrowanym systemie zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie*, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 2004-2006.

szawie zilustrują problemy związane z pomiarem ryzyka kredytowego w przypadku przedsiębiorstw.

2. Modele pomiaru ryzyka kredytowego

Metody pomiaru ryzyka kredytowego można podzielić na dwie podstawowe grupy (szerzej [Saunders 2001; Jajuga 2003; Krysiak 2006]):

- modele klasyczne (tradycyjne);
- modele nowoczesne (nowej generacji).

Do modeli klasycznych zaliczyć można: systemy eksperckie (oraz z uwzględnieniem sieci neuronowych), systemy ratingowe oraz systemy scoringowe. Modele te skupiają się bardziej na momencie niewypłacalności lub bankructwa, szacowaniu prawdopodobieństwa niewypłacalności niż na procesie migracji jakości kredytowej.

W systemie eksperckim decyzję kredytową pozostawia się osobie odpowiedzialnej za udzielanie kredytów (węższa definicja ryzyka kredytowego). Doświadczenie tej osoby, subiektywna ocena i umiejętność ważenia kluczowych czynników są najważniejszymi determinantami decyzji udzielenia kredytu. Liczba czynników oraz systemów, którymi może się ta osoba posłużyć, jest nieograniczona. Różnice w umiejętnościach i doświadczeniu dokonywania oceny poziomu ryzyka kredytowego przez ekspertów przyczyniły się do rozwoju komputerowych systemów eksperckich – sieci neuronowych i algorytmów genetycznych.

Rating kredytowy to przypisanie do jednego kodu literowego wszystkich ważniejszych składników ryzyka i stworzenie systemu klasyfikacji i podziału na grupy. Składniki ryzyka determinujące kategorię ratingową mogą być opisane za pomocą następujących miar: prawdopodobieństwa niewypłacalności, ekspozycji na ryzyko, wskaźników opisujących relacje pomiędzy pozycjami rachunku wyników, bilansu i rachunku przepływów pieniężnych. Rating nie jest całościowym pomiarem ryzyka kredytowego, gdyż w zasadzie nie odnosi się do wszystkich czynników tego ryzyka.

Prekursorem modelu scoringowego jest model ilościowej oceny jakości kredytobiorcy stworzony przez Altmana [Altman 1968]. Model Altmana dał podstawę wielu późniejszym modelom scoringowym. Podstawową pracą dla prognozowania bankructwa polskich firm, w której oszacowano parametry liniowej funkcji dyskryminacyjnej, jest praca [Hadasik 1998]. Dalsze badania prowadzono m.in. w pracach: [Appenzeller 2004; Hołda 2001a; 2001b; 2006]. Kluczowym problemem modeli scoringowych jest brak bezpośredniego wyznaczania strat, marży za ryzyko lub prawdopodobieństwa niewypłacalności.

Poszukiwanie i rozwijanie nowych metod i modeli pomiaru ryzyka kredytowego doprowadziły do powstania następujących nowych modeli (nowej generacji):

- CreditMetrics firmy J.P. Morgan (model migracji wykorzystujący VaR),
- Credit Risk Plus firmy CSFP (wykorzystuje pojęcie ryzyka straty z teorii ubezpieczeń nieruchomości),

- Credit Monitor i Portfolio Manager firmy KMV (zastosowanie modelu wyceny opcji do wyceny wartości kredytów),
- CreditPortfolioView firmy McKinsey (uzależnienie wyceny kredytów z uwzględnieniem czynników makroekonomicznych, np. fazy cyklu koniunkturalnego, PKB, poziom bezrobocia),
- Loan Analysis System firmy KPMG (wykorzystuje neutralne względem ryzyka prawdopodobieństwa zmiany klasyfikacji),
- Creditscore i RiskCalc agencji Moody's,
- modele rentowności kapitału skorygowanego o ryzyko (RAROC).

3. Model oparty na rozkładzie wartości przedsiębiorstwa

W metodach opartych na rozkładzie wartości przedsiębiorstwa dla jakości wyznaczanego ryzyka kluczowe jest modelowanie wartości przedsiębiorstwa opisane funkcją rozkładu gęstości prawdopodobieństwa zdyskontowanych przepływów pieniężnych generowanych przez spółkę:

$$V = \left[\sum_{t=1}^T \frac{FCFF_t}{\prod_{j=1}^t (1+WACC_j)} \right] + \frac{TV}{\prod_{j=1}^t (1+WACC_j)},$$

gdzie: V – wartość spółki, $FCFF$ (*free cash flow to the firm*) – wolne operacyjne przepływy pieniężne do spółki, $WACC$ – średni ważony koszt kapitału spółki, t, j – czas, TV (*terminal value*) – wartość rezydualna, tj. od okresu prognozy do nieskończoności (może być wyznaczona np. z modelu Gordona).

Do obliczania rozkładu wartości przedsiębiorstwa wykorzystuje się symulację Monte Carlo. Podczas symulacji wartości przedsiębiorstwa V określa się dla każdej zmiennej wejściowej odpowiednie rozkłady prawdopodobieństwa, efektem symulacji jest zaś wynikowy rozkład gęstości prawdopodobieństwa wartości spółki. Rozkład wartości spółki może być opisany parametrami: wartością oczekiwaną i odchyleniem standardowym lub dominantą, medianą, wartością minimalną i maksymalną, kurtozą i współczynnikiem asymetrii.

Drugi sposób wyznaczenia funkcji rozkładu gęstości prawdopodobieństwa opiera się na modelu wyceny opcji Blacka-Scholesa-Mertona. R. Merton jako pierwszy zaproponował wykorzystanie tego modelu do szacowania ryzyka niewypłacalności spółki. Podstawą wyznaczenia ryzyka kredytowego w modelu opcyjnym jest określenie rozkładu wartości spółki w przyszłości i na tej podstawie szacowanie prawdopodobieństwa spadku wartości poniżej poziomu długu. Proces wartości spółki A_t w czasie można opisać następującym procesem [Saunders 2001; Krysiak 2006]:

$$A_t = A_0 e^{\left[(\mu - 0.5\sigma_A^2)t + \sigma_A \sqrt{t} z_t \right]}, \quad (1)$$

gdzie zmienna losowa $z_t \rightarrow N(0,1)$, A – wartość aktywów spółki, T – okres zadłużenia, σ_A – odchylenie standardowe wartości aktywów spółki, μ – średnia stopa zwrotu z wartości spółki.

R. Merton, zakładając istnienie dwóch typów pasywów: długu i kapitału własnego, stwierdził, że dług spółki zachowuje się jak opcja sprzedaży wystawiona na wartość aktywów spółki, a wartość kapitału własnego jak opcja kupna wystawiona na wartość aktywów spółki. Do wyznaczenia spadku wartości spółki poniżej kwoty zadłużenia można podejść jak do opcji wystawionej na wartość spółki. Wartość opcji w takim przypadku jest równa wartości kapitału własnego wyznaczonego z modelu Blacka-Scholesa-Mertona:

$$E = AN(d_1) - De^{-rT}N(d_2), \quad (2)$$

gdzie: E – rynkowa wartość kapitału własnego spółki, D – księgowa wartość długu wymagalnego w okresie T , r – wolna od ryzyka stopa procentowa, $N(\cdot)$ – wartość dystrybucyjny standardyzowanego rozkładu normalnego;

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{A}{D}\right) + (r + 0,5\sigma_A^2)T}{\sigma_A\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma_A\sqrt{T}.$$

W modelu (2) obserwowalnymi zmiennymi są E , D , T i r . Wartość rynkowa aktywów A i jej odchylenie standardowe σ_A nie są bezpośrednio obserwowalne. Można je obliczyć, wykorzystując zależność między wartością kapitału własnego i wartością aktywów [Saunders 2001; Krysiak 2006]:

$$\sigma_E = \frac{A}{E} \Delta \sigma_A = \frac{A}{E} N(d_1) \sigma_A, \quad (3)$$

gdzie: σ_E – odchylenie standardowe wartości kapitału własnego, $\Delta = \frac{\partial E}{\partial A} = N(d_1)$ – współczynnik zabezpieczenia oraz zależność (2).

Wartość spółki natomiast jest sumą wartości kapitału własnego i wartości długu. Prawdopodobieństwo, że wartość aktywów spadnie poniżej wartości długu w ustalonym okresie (najczęściej roku), czyli, że spółka nie będzie w stanie regulować swoich zobowiązań i znajdzie się w sytuacji niewypłacalności, można zapisać jako:

$$PD = P(A < FV).$$

Jeśli za proces określający zachowanie się wartości spółki w czasie przyjmiemy (1), to otrzymamy następujące prawdopodobieństwo niewypłacalności PD :

$$PD = P\left(z_T < -\frac{\ln\left(\frac{A}{FV}\right) + (\mu - 0,5\sigma_A^2)T}{\sigma_A\sqrt{T}}\right). \quad (4)$$

Ponieważ z_T jest zmienną losową o rozkładzie normalnym PD, można ją zapisać jako:

$$PD = N(-dd),$$

gdzie: dd – odległość do punktu niewypłacalności:

$$dd = \frac{\ln\left(\frac{A}{FV}\right) + (\mu - 0,5\sigma_A^2)T}{\sigma_A \sqrt{T}}. \quad (5)$$

Za wartość długu FV we wzorze (4) przyjmuje się wartość wszystkich zobowiązań krótkoterminowych (nieprzekraczających jednego roku) oraz połowę wartości księgowej długu długoterminowego. Możliwe jest również przyjęcie innej wartości uzasadnionej ekonomicznie.

Szacowanie prawdopodobieństwa niewypłacalności przebiega w następujących etapach. Na podstawie stóp zwrotu akcji wyznaczymy średnią wartość kapitału spółki μ i zmienność kapitału spółki σ_E . Z modelu Blacka-Scholesa-Mertona wyznaczymy wartość rynkową aktywów spółki A i jej zmienność σ_A . Następnie obliczymy odległość do punktu niewypłacalności (ile odchyleń standardowych jest między średnią wartością aktywów a wartością krytyczną zobowiązań). Odległość do punktu niewypłacalności w rozkładzie normalnym wyznacza prawdopodobieństwo niewypłacalności.

Przykład 1

Przykład dotyczy analizy wrażliwości wielkości prawdopodobieństwa niewypłacalności wskutek zmian czynników takich, jak:

- wartość kapitału własnego spółki ($E = 100$);
- księgowa wartość długu wymagalnego w okresie T ($D = 50$);
- wolna od ryzyka stopa procentowa ($r = 5\%$);
- okres do terminu wygaśnięcia opcji ($T = 1$);
- odchylenie standardowe wartości kapitału własnego ($\sigma_E = 1$);
- przyrost wartości kapitału własnego ($\mu = 0$).

Tabela 1. Wyniki analizy wrażliwości zmian prawdopodobieństwa niewypłacalności

Wyszczególnienie	E	FV	D	σ_E	μ	r	T	V_A	σ_A	dd	PD
A	100	50	50	1	0	5%	1	146,27	0,70	1,18	11,92%
B	100	30	50	1	0	5%	1	146,27	0,70	1,91	2,82%
C	100	70	50	1	0	5%	1	146,27	0,70	0,70	24,21%
D	100	50	20	1	0	5%	1	118,82	0,85	0,60	27,40%
E	100	50	70	1	0	5%	1	164,36	0,63	1,56	5,95%
F	60	50	50	1	0	5%	1	105,84	0,60	0,96	16,92%
G	100	50	50	2	0	5%	1	128,97	1,68	-0,27	60,81%
H	100	50	50	1	1	5%	1	146,27	0,70	2,60	0,46%
I	100	50	50	1	0	8%	1	144,93	0,71	2,57	0,52%
J	100	50	70	1	0	5%	2	139,29	0,76	0,41	33,96%

Źródło: obliczenia własne.

Wygenerujemy 30 000 obserwacji z rozkładu normalnego o parametrach 0 i 1. Z modelu Blacka-Scholesa-Mertona ustalimy wielkość: odchylenia standardowego wartości aktywów (σ_A), wartość aktywów spółki (A), a następnie punkt niewypłacalności (dd) i prawdopodobieństwo niewypłacalności (PD). Rozpatrzonych zostanie 10 wariantów oznaczonych literami od A do J.

Analizując wyniki zawarte w tab. 1, można stwierdzić, że:

- zwiększenie średniej zwiększa odległość do punktu niewypłacalności i zmniejsza prawdopodobieństwo niewypłacalności;
- zmiana punktu niewypłacalności (np. nieujęta wielkość zobowiązań pozabilansowych) nie wpływa na rynkową wielkość aktywów (zmniejszenie zmniejsza prawdopodobieństwo niewypłacalności, zwiększenie zwiększa to prawdopodobieństwo);
- zmniejszenie wartości rynkowej zmniejsza wielkość aktywów i ich zmienność (zwiększa prawdopodobieństwo niewypłacalności);
- zwiększenie stopy wolnej od ryzyka i średniej nie zmienia wartości rynkowej spółki i jej zmienności, ale zmniejsza prawdopodobieństwo niewypłacalności;
- zmiany wielkości zobowiązań zmieniają wartość rynkową (zwiększenie zwiększa wartość rynkową, ale zmniejsza prawdopodobieństwo niewypłacalności);
- zwiększenie zmienności wartości kapitału zmniejsza wartość aktywów spółki i zwiększa ich zmienność, rośnie prawdopodobieństwo niewypłacalności.

Do wniosków tych należy podejść ostrożnie, zmiany czynników bowiem są ustalone w pewnych zakresach. Na prawdopodobieństwo inny wpływ mogą mieć niewypłacalności ekstremalne zmiany czynników (por. [Wójciak 2006; Wójciak, Wójcicka 2006]).

Przykład 2

Oszacowane zostanie prawdopodobieństwo niewypłacalności dla spółek z branż mediów i telekomunikacyjnej, notowanych na Gieldzie Papierów Wartościowych w Warszawie. Dane pochodzą ze sprawozdań finansowych analizowanych spółek, zamieszczonych na ich stronach internetowych. Parametry μ i σ_E oszacowano na podstawie dziennych logarytmicznych stóp zwrotu z ostatnich 252 dni, a następnie przeskalowano je na rok. Analiza przeprowadzona została na 7.09.2006 r.

Tabela 2. Wyniki dla spółek z branży mediów

Spółki	E	FV	D	μ	σ_E	V_A	σ_A	dd	PD
Agora	3916,27	287,75	397,05	0,19	0,24	4295,84	0,22	13,18	0%
ATM grupa	165,60	16,76	17,88	-0,09	0,45	182,59	0,41	5,37	0%
Grupa onet	591,09	15,69	16,00	0,22	0,31	606,39	0,31	12,49	0%
Interia.pl	130,86	4,88	4,96	0,63	0,47	135,60	0,45	8,48	0%
MNI	159,13	83,53	120,13	0,54	0,33	273,97	0,19	9,06	0%
RMF FM	374,55	43,73	53,57	0,55	0,18	425,75	0,16	17,94	0%
TVN	4989,63	600,29	1044,69	0,70	0,29	5988,35	0,24	12,50	0%
WSIP	267,19	28,59	28,76	-0,14	0,30	294,68	0,27	8,03	0%
PPWK	26,76	5,78	5,99	0,11	0,60	32,48	0,50	3,45	0,03%

Źródło: obliczenia własne.

Tabela 3. Wyniki dla spółek z branży telekomunikacyjnej

Spółki	E	FV	D	μ	σ_E	V_A	σ_A	dd	PD
Elektrim	263,88	3985,14	4708,57	-0,70	0,72	4753,30	0,05	-11,82	99,99%
Netia	2326,31	0,38	0,62	0,24	0,24	2326,90	0,24	37,60	0%
Mediatel	14,57	3,30	6,60	-0,06	0,50	20,88	0,35	4,96	0,00004%
Spray	28,66	1,99	2,16	0,95	0,68	30,73	0,63	5,54	0%
TP SA	32760	13164	17634	0,17	0,28	49618,06	0,19	7,91	0%

Źródło: obliczenia własne.

Analizując zmieszczone w tab. 2 i 3 wyniki oszacowania prawdopodobieństwa niewypłacalności dla spółek z dwóch sektorów, można wskazać następujące wnioski (por. [Krysiak 2006; Wójciak 2006; Wójciak, Wójcicka 2006]):

- wyniki są uzależnione od okresu, na podstawie którego oszacowane zostały parametry (szczególnie zmienność),
- przyjęcie rozkładu normalnego powoduje duże obciążenie wyników (sprawdzono dla rozkładu wartości ekstremalnych),
- dla analizowanych przedsiębiorstw prawdopodobieństwa niewypłacalności są bliskie 0, choć jest to zdeterminowane przyjętymi założeniami,
- ogólnie spółki z branży mediów w analizowanym okresie nie miały problemów finansowych, jednak w branży telekomunikacyjnej przykład Elektrimu (postępowanie sądowe) i Mediatel pokazuje, że sytuacja może być inna,
- istnieje problem szacowania na podstawie niewielkiej liczby spółek średniego prawdopodobieństwa niewypłacalności dla całej branży, by móc szacować je dla spółek nienotowanych na parkiecie giełdowym.

Literatura

- Altman E.I. (1968), *Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy*, „Journal of Finance” 23, nr 4, s. 580-609.
- Appenzeller D. (red.) (2004), *Upadłość przedsiębiorstw w Polsce w latach 1990-2003. Teoria i praktyka*, AE, Poznań.
- Hadasik D. (1998), *Upadłość przedsiębiorstw w Polsce i metody jej prognozowania*, Zeszyty Naukowe AE w Poznaniu nr 153, seria II, AE, Poznań.
- Hołda A. (2001a), *Prognozowanie bankructwa jednostki w warunkach gospodarki polskiej z wykorzystaniem funkcji dyskryminacyjnej Z_H* , „Rachunkowość” nr 5, s. 306.
- Hołda A. (2001b), *Wstępna weryfikacja skuteczności funkcji dyskryminacyjnej Z_H w warunkach gospodarki polskiej*, „Rachunkowość” nr 10, s. 625.
- Hołda A. (2006), *Zasada kontynuacji działalności i prognozowanie upadłości w polskich realiach gospodarczych*, AE, Kraków.
- Jajuga K. (2003), *Modelowanie ryzyka kredytowego a kredyty hipoteczne*, [w:] K. Jajuga, Z. Krysiak (red.), *Uwarunkowania i kierunki rozwoju modelowania*

zyka kredytowego wiarytelności hipotecznych, Związek Banków Polskich, Warszawa.

Jajuga K. (2003), *O systematyzacji modeli ryzyka kredytowego*, AE, Poznań.

Krysiak Z. (2006), *Ryzyko kredytowe a wartość firmy. Pomiar i modelowanie*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków.

Modeling Default Risk, KVM LLC, San Francisco, 2002 (paper_72).

Saunders A. (2001), *Metody pomiaru ryzyka kredytowego*, Dom Wydawniczy ABC, Kraków.

Wójciak M. (2006), *Ocena ryzyka kredytowego branży budowlanej za pomocą modelu MKMV*, [w:] *Metody matematyczne, ekonometryczne i informatyczne w finansach i ubezpieczeniach*, cz. 1, AE, Katowice, s. 147-160.

Wójciak M., Wójcicka A. (2006), *Analiza porównawcza metod oceny ryzyka kredytowego*, Prace Naukowe AE we Wrocławiu nr 1126, AE, Wrocław, s. 581-592.

ENTERPRISE CREDIT RISK MEASUREMENT

Summary

In the paper credit risk measurement based on the enterprise value distribution was presented. Estimation of probability density function was performed by use Black-Scholes-Merton option pricing model. Sensitivity analysis of probability of default in the option pricing model was given. Two examples of estimation probability of default for enterprises coming from two sectors (media and telecommunication) listed on Warsaw Stock Exchange illustrated problems of the credit risk measurement.