Krzysztof JAJUGA
Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu

O SYSTEMATYZACJI MODELI RYZYKA KREDYTOWEGO

1. Ryzyko kredytowe a zagrożenie upadłością

Upadłość podmiotów gospodarczych jest problemem, często rozpatrywanym w pracach naukowych z zakresu ekonomii i zarządzania. Jedną z podstawowych przyczyn upadłości jest brak możliwości spłacenia zadłużenia przez dany podmiot. Oznacza to niedotrzymanie warunków zawartej przez podmiot umowy, określającej fakt zaciągnięcia zadłużenia.

Podstawowym narzędziem wnioskowania o zagrożeniu podmiotu upadłością są modele ryzyka kredytowego. Niniejszy artykuł nie zajmuje się bezpośrednio problemem upadłości, lecz dotyczy właśnie modeli ryzyka kredytowego, w myśl następującej zasady: **im większe prawdopodobieństwo upadłości podmiotu gospodarczego, tym wyższe ryzyko kredytowe tego podmiotu.**

W artykule przeprowadzona jest syntetyczna dyskusja na temat systematyzacji modeli ryzyka kredytowego. W ostatnich kilku latach (mniej więcej od połowy lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia) daje się zauważyć dynamiczny rozwój badań naukowych w zakresie modeli ryzyka kredytowego. Modele te mają różne podstawy teoretyczne, różny stopień skomplikowania formalnego, a także różne obszary zastosowań. Zachodzi zatem potrzeba porządkowania wiedzy w tym zakresie, aby nierzadko wyrafinowane modele matematyczne były bardziej przyjazne dla potencjalnego użytkownika, np. instytucji finansowej, oceniającej ryzyko kredytowe przedsiębiorstwa starającego się o kredyt. Właściwe rozważania na temat systematyzacji modeli ryzyka kredytowego poprzedzimy kilkoma uwagami wprowadzającymi.

Na początek przytoczymy powszechnie przyjęte w finansach określenie ryzyka kredytowego. Ryzyko kredytowe (*credit risk*) to możliwość niedotrzymania warunków umowy przez drugą stronę kontraktu, co oznacza, iż strona narażona

na ryzyko nie otrzyma w oczekiwanym terminie płatności określonej warunkami kontraktu.

Zauważmy, że z powyższego określenia wynika, iż ryzyko kredytowe jest w finansach rozumiane szerzej niż tylko jako ryzyko, wynikające z zaciągniętego kredytu, co może sugerować nazwa. W podanym określeniu mowa jest o niedotrzymaniu warunków dowolnej umowy, które to niedotrzymanie powoduje straty finansowe drugiej strony. Na przykład z ryzykiem kredytowym mamy do czynienia w przypadku instrumentów pochodnych, takich jak kontrakty terminowe typu *forward* lub opcje pozagiełdowe. W kontraktach terminowych na ryzyko kredytowe narażone są obie strony kontraktu, zaś w opcjach tylko posiadacz opcji.

Ryzyko kredytowe jest najważniejszym, obok ryzyka rynkowego, rodzajem ryzyka finansowego, które to ryzyko wynika ze zmienności cen na rynkach finansowych (cen akcji, stóp procentowych, kursów walutowych). Dodajmy tu, iż podobnie jak w przypadku ryzyka rynkowego, tak i w odniesieniu do ryzyka kredytowego możliwe jest rozpatrywanie dwóch stron tego ryzyka, negatywnej i pozytywnej. Strona negatywna oznacza, że w wyniku zwiększenia poziomu ryzyka kredytowego podmiot, który jest narażony na to ryzyko, otrzymuje płatności niższe od spodziewanych. Z kolei strona pozytywna oznacza, że w wyniku zmniejszenia poziomu ryzyka kredytowego podmiot, który jest narażony na to ryzyko, otrzymuje płatności wyższe od spodziewanych. Jest tak np., gdy dokonuje się sprzedaży przed wykupem obligacji wyemitowanej przez podmiot, którego poziom ryzyka kredytowego zmniejszył się. W praktyce jednak znacznie częściej rozpatruje się jedynie negatywną stronę ryzyka kredytowego.

Na zakończenie wprowadzających rozważań zwróćmy uwagę, iż w praktyce występują dwie odmienne sytuacje, jeśli chodzi o analizę ryzyka kredytowego. W pierwszej sytuacji mamy do czynienia z analizą ryzyka kredytowego konkretnego podmiotu, dla którego skonstruowany został odpowiednio „skrojony" model. Jest tak np. wtedy, gdy rozpatrywane jest duże przedsiębiorstwo, starające się o kredyt na sfinansowanie nietypowego przedsięwzięcia. W drugiej sytuacji mamy do czynienia z dużą grupą w miarę jednorodnych podmiotów, w odniesieniu do których stosowany jest jeden (ten sam) model ryzyka kredytowego. Jest tak np. wtedy, gdy analizowane jest ryzyko gospodarstw domowych, starających się o kredyty mieszkaniowe.

2. Kryteria klasyfikacji modeli ryzyka kredytowego

Jak już nadmienialiśmy, istnieje wiele modeli ryzyka kredytowego. Należy dodać, że ta różnorodność po części spowodowana jest faktem, iż modele ryzyka kredytowego tworzone są z jednej strony przez naukowców i publikowane w piśmiennictwie naukowym, z drugiej strony modele takie tworzone są przez praktykę, zwłaszcza

instytucje finansowe (tzw. *industry models*). Dodajmy, że modele powstające w instytucjach finansowych też mają charakter osiągnięć naukowych, a opracowujące je zespoły w przeważającej mierze składają się z naukowców. Regulacje w zakresie zarządzania ryzykiem (np. przygotowywane przez Bazylejski Komitet do spraw Nadzoru Bankowego) dopuszczają też tworzenie i stosowanie przez instytucje finansowe tzw. wewnętrznych modeli oceny i zarządzania ryzykiem kredytowym.

Na potrzeby systematyzacji najpopularniejszych i najbardziej uznanych modeli ryzyka kredytowego zdecydowaliśmy się wyróżnić kilka kryteriów, dzięki którym łatwiej jest dokonać uporządkowania tych modeli.

2.1. Analiza pojedynczego ryzyka kredytowego i ryzyka portfela

Modele ryzyka kredytowego mogą dotyczyć pojedynczego podmiotu lub całego portfela. Tylko w pierwszym przypadku można dokonać oceny danego podmiotu. W drugim przypadku otrzymujemy zazwyczaj jedynie syntetyczną informację o oczekiwanej liczbie podmiotów, które nie dotrzymają warunków w rozpatrywanym okresie. Na tej podstawie z reguły nie można wyciągnąć wniosków o pojedynczym podmiocie. Co najwyżej można powiedzieć (w przypadku jednorodnej grupy podmiotów wchodzących w skład portfela), że prawdopodobieństwo niedotrzymania warunków przez ten podmiot jest równe ilorazowi oczekiwanej liczby podmiotów, które nie dotrzymają warunków, do łącznej liczby podmiotów wchodzących w skład portfela. Wszystkie pozostałe kryteria, które są omawiane poniżej, dotyczą jedynie modeli pojedynczego ryzyka kredytowego.

2.2. Model ogólny i model specyficzny w odniesieniu do pojedynczego ryzyka kredytowego

Ogólny model jest to taki, za pomocą którego oceniane jest ryzyko kredytowe każdego rozpatrywanego podmiotu. Oznacza to, że rozpatrywana grupa podmiotów powinna być na tyle jednorodna w sensie ryzyka kredytowego, iż model jest adekwatny dla każdego podmiotu. Z kolei model szczegółowy jest tworzony odrębnie dla każdego rozpatrywanego podmiotu, zazwyczaj na podstawie podobnych zasad, lecz konkretna postać modelu jest różna dla każdego podmiotu.

Z reguły modele ogólne funkcjonują w odniesieniu do sytuacji, gdy rozpatrywana grupa podmiotów jest liczna i charakteryzuje się podobnymi właściwościami. Jest tak np. w przypadku udzielanych przez bank kredytów mieszkaniowych czy też wtedy, gdy o kredyt stara się duża grupa małych przedsiębiorstw o podobnym profilu działalności.

Zauważmy, iż w przypadku modeli oceny ryzyka kredytowego przedsiębiorstw, mających pośrednie znaczenie w prognozowaniu upadłości, można stosować za-

równo modele ogólne (przy jednorodnej grupie mniejszych przedsiębiorstw), jak i modele szczegółowe (przy pojedynczych większych przedsiębiorstwach).

2.3. Model przyczynowy i model opisowy

Przez model przyczynowy rozumiemy taki model analizy ryzyka kredytowego, w którym wyróżnione są czynniki tego ryzyka i są one traktowane jako swoiste „zmienne objaśniające", poziom zaś ryzyka jest swoistą „zmienną objaśnianą". Przy tym wyróżnić należy dwa rodzaje czynników ryzyka:

- dotyczące całego rynku, np. faza cyklu koniunkturalnego,
- specyficzne dla danego podmiotu, np. poziom zmienności wartości aktywów podmiotu.

Z kolei przez model opisowy rozumiemy taki model, w którym występuje jedynie efekt działania ryzyka kredytowego, np. rozkład wartości aktywów, nie ma zaś bezpośrednio określonej funkcji zależności od pewnych czynników ryzyka.

2.4. Model statyczny i model dynamiczny

Model statyczny konstruowany jest na podstawie danych dotyczących jednego okresu. Zakłada się tu, że informacje o obecnych wartościach czynników ryzyka są wystarczającym źródłem informacji o poziomie ryzyka. Z kolei model dynamiczny rozpatruje tzw. proces ryzyka, czyli dane pochodzące z różnych okresów.

2.5. Dane wykorzystywane w modelu

Każdy model ryzyka kredytowego jest wyznaczany na podstawie konkretnych danych, przy tym są to zarówno dane dotyczące pojedynczego podmiotu, jak i grupy podmiotów. W zasadzie wykorzystywane są dane dwojakiego rodzaju:

- pochodzące z rynku finansowego,
- dotyczące konkretnego podmiotu.

W pierwszym przypadku najlepszym przykładem są określane przez rynek wymagane stopy dochodu w odniesieniu do instrumentów dłużnych, emitowanych przez dany podmiot. Stopy te zawierają premię za ryzyko kredytowe emitenta. Wykorzystanie danych rynkowych jest zasadne w przypadku, gdy podmiot jest spółką publiczną, a ponadto wtedy, gdy rynek jest „w miarę" efektywny, tzn. dostępne informacje o spółkach są odzwierciedlane w charakterystykach rynkowych, takich jak ceny czy stopy dochodu. Można powiedzieć, że jest to model wywodzący się z oczekiwań (w domyśle: racjonalnych oczekiwań).

Znacznie częściej w ocenie ryzyka kredytowego korzystamy jednak z danych dotyczących konkretnego podmiotu. Są to podstawowe dane, charakteryzujące podmiot oraz bardziej specjalistyczne dane, informujące pośrednio o ryzyku kredytowym podmiotu, w szczególności dane pochodzące z jego sprawozdania finansowego.

2.6. Miara ryzyka wykorzystywana w modelu

Model ryzyka kredytowego daje odpowiedź na pytanie, jak wysokie jest ryzyko rozpatrywanego podmiotu. Jest to możliwe dzięki sprecyzowaniu miary ryzyka kredytowego. Stosowana jest najczęściej jedna z następujących miar:

- prawdopodobieństwo niedotrzymania warunków,
- klasa ryzyka,
- wielkość straty w sytuacji niedotrzymania warunków.

2.7. Koncepcja teoretyczna stosowana w modelu

Jest to w zasadzie najważniejsza cecha modelu. Można powiedzieć, że z jednej strony koncepcja ta jest „siłą napędową" modelu, z drugiej zaś strony odzwierciedla ona „rozumienie" ryzyka. To właśnie ona decyduje o różnorodności proponowanych modeli. Analiza podstawowych modeli ryzyka kredytowego pozwala na wyróżnienie następujących koncepcji teoretycznych:

- funkcja powiązania miary ryzyka z czynnikami ryzyka – w funkcji tej zmienną objaśnianą jest miara ryzyka, a zmiennymi objaśniającymi czynniki ryzyka,
- rozkład statystyczny niedotrzymania, w którym zmienna losowa jest zmienną zerojedynkową, opisującą fakt niedotrzymania warunków,
- premia za ryzyko – określona jako różnica między oczekiwaną stopą zwrotu z instrumentu dłużnego a stopą wolną od ryzyka,
- proces stochastyczny wartości aktywów podmiotu, w którym zmienna losowa procesu to wartość aktywów w kolejnych momentach,
- proces stochastyczny intensywności, w którym zmienna losowa procesu to prawdopodobieństwo niedotrzymania w danym okresie.

3. Systematyzacja podstawowych modeli ryzyka kredytowego

Na podstawie przedstawionych powyżej kryteriów dokonamy systematyzacji podstawowych modeli ryzyka kredytowego. Przy tym rozważaliśmy zarówno powszechnie znane i często stosowane, relatywnie proste modele, takie jak np. analiza dyskryminacyjna, oraz zaawansowane modele teoretyczne, które zostały opracowa-

ne w ostatnich latach, np. modele, mające u podstaw proces intensywności. Rozważane modele można zaliczyć do trzech grup:

- modele statystyczne i ekonometryczne adaptowane na potrzeby analizy ryzyka kredytowego – historycznie najstarsza grupa,
- modele opracowane przez instytucje finansowe,
- zaawansowane teoretyczne modele opracowane przez środowisko akademickie.

W efekcie naszej ocenie na potrzeby systematyzacji podlegały następujące modele:

- model z jakościową zmienną objaśnianą (model logitowy, model liniowego prawdopodobieństwa) (por. np. Caouette, Altman, Narayanan (1998)),
- model analizy dyskryminacyjnej (por. np. Caouette, Altman, Narayanan (1998)),
- model sieci neuronowych (por. np. Caouette, Altman, Narayanan (1998)),
- model struktury terminowej ryzyka kredytowego (por. np. Saunders (1999)),
- model „umieralności" (por. np. Saunders (1999)),
- model KMV (por. np. Crouhy, Galai, Mark (2001)),
- model Creditmetrics (por. JPMorgan (1997)),
- model Credit Portfolio View (por. Wilson (1997)),
- model Credit Risk$^+$ (por. CSFP (1997)),
- model teorii portfela (por. np. Crouhy, Galai, Mark (2001)),
- model intensywności DS (por. Duffie, Singleton (1999)),
- model intensywności JLT (por. Jarrow, Lando, Turnbull (1997)).

Dwa spośród powyższych modeli, mianowicie model analizy portfelowej oraz Credit Risk$^+$ dotyczą łącznego ryzyka portfela kredytowego. Oznacza to, iż w systematyzacji ze względu na powyższe kryteria te dwa modele nie występują, zaś analizowane są pozostałe modele (w sumie jest ich 10).

Tabele 1 i 2 przedstawiają syntetyczne rezultaty systematyzacji modeli pojedynczego ryzyka kredytowego, przy czym odrębnie analizowane są kryteria związane z rodzajem modelu, a odrębnie kryteria związane z charakterystyką modelu.

Przedstawione tabele mogą być pomocne przy wyborze odpowiedniego modelu. Najbardziej pomocny jest tu podział na model ogólny i szczegółowy, jednak również charakterystyki tabeli 2 niosą pewne sugestie w zakresie wyboru modelu.

W przypadku gdy mamy do czynienia z dużym przedsiębiorstwem – spółką publiczną – i występuje rozwinięty rynek finansowy, modelami, które mogą być brane pod uwagę, są:

- model struktury terminowej ryzyka kredytowego,
- model KMV,
- model Creditmetrics,

Tabela 1

Systematyzacja modeli ryzyka kredytowego ze względu na rodzaj

Model	Ogólny – szczegółowy	Przyczynowy – opisowy	Statyczny – dynamiczny
Jakościowa zmienna objaśniana	ogólny	przyczynowy	statyczny
Analiza dyskryminacyjna	ogólny	przyczynowy	statyczny
Sieci neuronowe	ogólny, szczegółowy	przyczynowy	statyczny
Struktura terminowa ryzyka	ogólny	opisowy	dynamiczny
Umieralności	ogólny	opisowy	dynamiczny
KMV	szczegółowy	opisowy	dynamiczny
Creditmetrics	szczegółowy	opisowy	dynamiczny
Credit Portfolio View	ogólny	przyczynowy	statyczny
Intensywności DS	szczegółowy	opisowy	dynamiczny
Intensywności JLT	szczegółowy	opisowy	dynamiczny

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 2

Systematyzacja modeli ryzyka kredytowego ze względu na charakterystyki

Model	Dane	Miara ryzyka	Koncepcja teoretyczna
Jakościowa zmienna objaśniana	podmiot	prawdopodobieństwo niedotrzymania	funkcja powiązania
Analiza dyskryminacyjna	podmiot	klasa ryzyka	funkcja powiązania
Sieci neuronowe	podmiot	klasa ryzyka	funkcja powiązania
Struktura terminowa ryzyka	rynek	prawdopodobieństwo niedotrzymania	premia za ryzyko
Umieralności	podmiot	prawdopodobieństwo niedotrzymania	rozkład statystyczny niedotrzymania
KMV	podmiot	prawdopodobieństwo niedotrzymania	proces wartości aktywów
Creditmetrics	rynek	wielkość straty	proces wartości aktywów, premia za ryzyko
Credit Portfolio View	rynek	prawdopodobieństwo niedotrzymania	funkcja powiązania
Intensywności DS	podmiot	prawdopodobieństwo niedotrzymania	proces intensywności
Intensywności JLT	podmiot	prawdopodobieństwo niedotrzymania	proces intensywności

Źródło: Opracowanie własne.

- model intensywności DS,
- model intensywności JLT.

Z kolei, w przypadku gdy mamy do czynienia z dużą grupą jednorodnych podmiotów, niefunkcjonujących na rynku finansowym, modelami, które mogą być brane pod uwagę, są:

- model z jakościową zmienną objaśnianą,
- model analizy dyskryminacyjnej,
- model sieci neuronowych,
- model „umieralności",
- model Credit Portfolio View.

Na zakończenie wypada dodać, iż w naszym przekonaniu w Polsce będzie rosnąć rola obu grup modeli. Wynika to z jednej strony z przewidywanego rozwoju rynku finansowego, z drugiej strony – z rozwoju baz danych o podmiotach gospodarczych.

Literatura

Caouette J. B., Altman E. I., Narayanan P., *Credit Risk, the Next Great Financial Challenge*, Wiley, New York 1998.

Credit Suisse Financial Products, Credit Risk +, a Credit Risk Management Framework, technical document, 1997.

Crouhy M., Galai D., Mark R., *Risk Management*, McGraw-Hill, New York 2001.

Duffie D., Singleton K., *Modeling Term Structures of Defaultable Bonds*, Review of Financial Studies 1999, nr 12.

Jarrow R. A., Lando D., Turnbull S. M., *A Markov Model for Term Structure Credit Spreads*, Review of Financial Studies 1997, nr 10, s. 481-523.

JPMorgan, *Creditmetrics*, technical document, 1997.

Saunders A., *Credit Risk Measurement*, Wiley, New York 1999.

Wilson T., *Portfolio Credit Risk*, Risk 1997, s. 56-61, 111-117.

SYSTEMATIZATION OF THE CREDIT RISK MODELS

Summary

The paper presents a synthetic review of credit risk models. Then several criteria to systematize these models are proposed, as well as their systematization. Finally, the usefulness of different groups of models for credit risk analysis of small and large enterprises is discussed.