Krzysztof Jajuga, Grzegorz Jajuga

Instrumenty strukturyzowane : wprowadzenie do wyceny i analizy ryzyka

Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania 9, 53-64

2008

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

MUZEUM HISTORII POLSKI

STUDIA I PRACE WYDZIAŁU NAUK EKONOMICZNYCH I ZARZĄDZANIA NR 9

KRZYSZTOF JAJUGA
GRZEGORZ JAJUGA

INSTRUMENTY STRUKTURYZOWANE – WPROWADZENIE DO WYCENY I ANALIZY RYZYKA

Wprowadzenie – określenie i podstawowe klasy

Ostatnie dwie dekady charakteryzują się bardzo dynamicznym rozwojem rynków finansowych. Jednym z wyróżników tego rozwoju jest występowanie wielu innowacji finansowych. W ostatnich latach dużą uwagę uczestników rynku przyciągnęły instrumenty strukturyzowane, inaczej zwane produktami strukturyzowanymi. Jak się wydaje, w zakresie opisu i analizy tego typu instrumentów, występujących również na polskim rynku, powstało na razie stosunkowo mało opracowań. Wokół tych instrumentów pojawiają się też nieporozumienia, wynikające z ich skomplikowania.

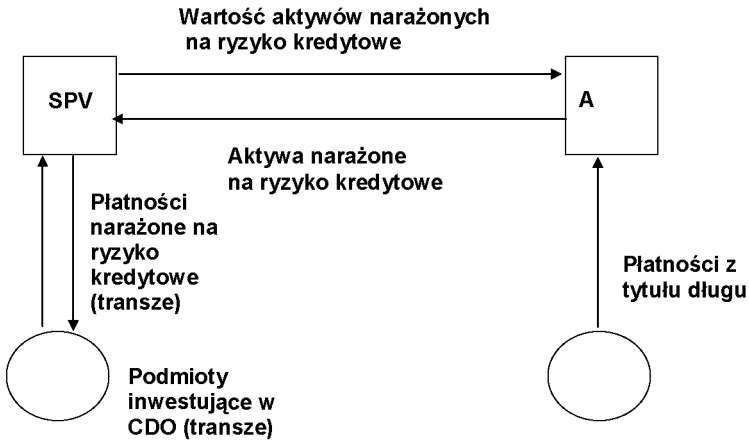
Niniejszy artykuł ma na celu syntetyczne przedstawienie podstawowych problemów związanych z instrumentami strukturyzowanymi, ze wskazaniem na sposoby wyceny oraz analizę ryzyka tych instrumentów. W treści całego artykułu świadomie stosowany jest zwrot „instrument strukturyzowany", w miejsce częściej stosowanego przez praktyków zwrotu „produkt strukturyzowany". Naszym zdaniem, stosowanie tego ostatniego zwrotu zawęża klasę omawianych instrumentów do tych proponowanych przez banki.

Rozważania rozpoczniemy od wyróżnienia dwóch ogólnych klas tych instrumentów. Należy zaznaczyć, że duża część autorów ogranicza termin „produkt strukturyzowany" wyłącznie do jednej z tych dwóch klas (ściślej do tej, którą się zajmuje).

Pierwsza grupa instrumentów strukturyzowanych to te, które powstały w efekcie procesu sekurytyzacji kredytów bankowych zabezpieczonych hipotecz-

nie. Instrumenty te z jednej strony stanowią źródło refinansowania kredytów udzielanych przez banki, z drugiej strony służą do transferu ryzyka kredytowego. Główną cechą instrumentów zaliczanych do tej klasy jest to, iż ich analiza jest zorientowana na wycenę ryzyka kredytowego, czyli ryzyka niedokonania płatności przez drugą stronę kontraktu.

Typowym przykładem instrumentu strukturyzowanego tej ogólnej klasy jest CDO (*Collateralized Debt Obligation*). Niezależnie od tego, że jest to instrument strukturyzowany, zalicza się go również do kredytowych instrumentów pochodnych. Istota jego funkcjonowania zilustrowana jest na rys. 1.



Rys. 1. Konstrukcja CDO.

Na rys. 1 przedstawiony jest bank A, który udzielił dużej liczby kredytów, a zatem ma dużą ekspozycję na ryzyko kredytowe. Konstrukcja instrumentu (a właściwie instrumentów) zabezpieczonego hipotecznie może być opisana w następujący sposób:

- Tworzona jest spółka specjalnego przeznaczenia (SPV, SPE), odrębna w sensie prawnym, której strona A sprzedaje aktywa narażone na ryzyko kredytowe (sekurytyzowane kredyty);
- Spółka SPV emituje CDO, zaś wpływy z tytułu emisji finansują zakup aktywów narażonych na ryzyko kredytowe;
- CDO jest podzielone na transze, uporządkowane ze względu na poziom ryzyka kredytowego, transze te charakteryzują się zatem różną oczekiwaną stopą zwrotu;

- Transze są sprzedawane różnym grupom inwestorów, którzy w ten sposób kupują instrumenty dłużne o określonym poziomie ryzyka kredytowego; są to zatem instrumenty dłużne z wbudowaną opcją niedotrzymania warunków, zaś inwestorzy zajmują krótkie pozycje w tych opcjach;
- Płatności z tytułu CDO są przekazywane według hierarchii poszczególnych transz.

Kluczowe problemy związane z wymienionymi instrumentami to wycena i analiza ryzyka. Są to dość skomplikowane instrumenty, a zatem ich wycena nie jest oczywista. Zwróćmy uwagę, iż poszczególne transze mogą być traktowane jako portfele ryzykownych instrumentów dłużnych. Z kolei każdy składnik takiego portfela może być traktowany jako strumień przepływów pieniężnych oczekiwanych w przyszłości i narażonych na trzy podstawowe rodzaje ryzyka, mianowicie:

- ryzyko kredytowe;
- ryzyko stopy procentowej;
- ryzyko cen nieruchomości.

W celu wyceny instrumentu stanowiącego odpowiednią transzę niezbędne jest zatem łączne modelowanie struktury terminowej stóp procentowych (jest ona taka sama dla wszystkich składników portfela), struktury terminowej ryzyka kredytowego (jest ona taka sama w poszczególnych jednorodnych grupach kredytobiorców) oraz struktury terminowej cen nieruchomości (w uproszczeniu można przyjąć, że jest taka sama w różnych grupach nieruchomości). Jest to zatem dynamiczne modelowanie wielowymiarowe procesów charakteryzujących się z reguły niestacjonarnością.

Oznacza to, iż prawidłowa wycena tego typu instrumentu wymaga dużego profesjonalizmu. Podobna uwaga dotyczy analizy ryzyka tego instrumentu. Jak się wydaje, to właśnie brak umiejętności w analizie ryzyka lub zignorowanie tego ryzyka były – między innymi – przyczynami strat w inwestycjach w CDO dokonywanych przez instytucje finansowe na rynku amerykańskim w ostatnim okresie.

W dalszej części artykułu nie zajmujemy się wymienionymi kredytowymi instrumentami pochodnymi. Z jednej strony nie pozwala na to ograniczona objętość artykułu. Inną przyczyną jest to, iż te instrumenty strukturyzowane nie występują jeszcze na polskim rynku. Wydaje się jednak, iż w niedalekiej przy-

szłości polskie banki będą dokonywały sekurytyzacji aktywów, co jest niezbędne w przypadku konieczności pozyskania kapitału w celu refinansowania udzielonych kredytów zabezpieczonych hipotecznie.

Szczegółowy opis instrumentów strukturyzowanych mających u podstaw ryzyko kredytowe zawarty jest w pracy autorstwa Rajana, McDermotta i Roya (2007).

Druga grupa instrumentów strukturyzowanych to te, które są oferowane jako typowe narzędzia inwestycyjne niezwiązane z rynkiem kredytów. To właśnie nimi zajmujemy się w dalszej części artykułu. Instrumenty te mogą mieć teoretycznie różną formę, ale praktyka pokazuje, iż dominują dwie możliwości:

- instrument dłużny z wbudowanymi opcjami;
- instrument udziałowy zależny od indeksu (indeksów) podstawowego.

Dodajmy jeszcze, że instrumenty te oferowane są często przez banki w obrocie pozagiełdowym, ale ostatnio coraz częściej wprowadzane są przez instytucje finansowe (zazwyczaj banki) do obrotu giełdowego. Dobrym przykładem tej tendencji są instrumenty strukturyzowane notowane na GPW w Warszawie. Pierwszy z nich, oferowany przez Deutsche Bank, tzw. Magiczna Trójka, pojawił się w sierpniu 2006 roku, a obecnie (koniec pierwszego półrocza 2008 roku) notowanych jest już kilkanaście instrumentów tego typu, w obu powyżej wymienionych formach.

W odróżnieniu od pierwszej klasy instrumentów, główną cechą instrumentów zaliczanych do tej klasy jest to, iż ich analiza jest zorientowana na wycenę ryzyka rynkowego, czyli ryzyka związanego ze zmiennością indeksu podstawowego. Od tego indeksu podstawowego zależny jest instrument udziałowy bądź opcja wbudowana w instrument dłużny.

Uwagi o systematyzacji instrumentów strukturyzowanych

Na rynku oferowanych jest bardzo wiele instrumentów należących do tej klasy, przeto nie jest łatwa ich systematyzacja. Powyżej wyróżniliśmy już dwie podstawowe konstrukcje:

- instrument dłużny z wbudowanymi opcjami – umownie będziemy stosować nazwę: „depozyt strukturyzowany"; dodajmy, że instrumentem dłużnym zazwyczaj jest depozyt lub obligacja, oba zerokuponowe;
- instrument udziałowy zależny od indeksu podstawowego – umownie stosować będziemy nazwę: „certyfikat strukturyzowany".

Na potrzeby systematyzacji wyróżnimy kilka innych kryteriów. Jednym z nich jest poziom zabezpieczenia zainwestowanego kapitału. Jest to kryterium zwrotu kapitału, który jest gwarantowany przez emitenta instrumentu strukturyzowanego, czyli przez drugą stronę kontraktu. Stosując to kryterium można wyróżnić następujące przypadki:

- Pełne zabezpieczenie – w tym przypadku inwestor ma zagwarantowany zwrot całego zainwestowanego kapitału;
- Częściowe zabezpieczenie – w tym przypadku inwestor ma zagwarantowany zwrot pewnej, wyrażonej procentowo, części zainwestowanego kapitału;
- Warunkowe zabezpieczenie – w tym przypadku inwestor ma zagwarantowany zwrot zainwestowanego kapitału pod pewnym warunkiem, zazwyczaj dotyczącym kształtowania się indeksu podstawowego (np. warunek, iż wartość indeksu podstawowego nie spadnie poniżej wartości progowej);
- Brak zabezpieczenia – w tym przypadku nie ma gwarancji zwrotu kapitału.

Nietrudno się zorientować, iż analizowane kryterium bezpośrednio odzwierciedla ryzyko inwestycji w instrument strukturyzowany.

Następnym kryterium systematyzacji jest rodzaj indeksu podstawowego, od którego zależny jest instrument udziałowy bądź opcja wbudowana w instrument dłużny. Część instrumentów strukturyzowanych ma u podstaw jeden indeks podstawowy. Natomiast pojawia się coraz więcej instrumentów strukturyzowanych mających u podstaw więcej niż jeden indeks podstawowy. Możemy je nazwać wieloczynnikowymi instrumentami strukturyzowanymi, lub instrumentami strukturyzowanymi opartymi na koszyku indeksów (instrumentów). Przy tym w koszyku mogą znajdować się indeksy tej samej rodziny (np. kilka akcji) lub należące do różnych rodzin (np. akcje i nieruchomości).

Teoretycznie możliwe jest nieskończenie wiele różnych możliwych indeksów podstawowych. Najczęściej spotykane są to takie same indeksy, na które wystawiane są tradycyjne instrumenty pochodne, takie jak opcje, kontrakty *futures*, kontrakty *forward*, czy też kontrakty *swap*. Są nimi następujące indeksy:

- stopa procentowa;
- kurs walutowy;

- cena akcji;
- indeks giełdowy;
- indeks cen nieruchomości;
- cena surowca;
- cena energii elektrycznej;
- cena produktu rolnego, itp.

Kolejne kryterium systematyzacji to zależność wypłaty z inwestycji w instrument strukturyzowany od wartości indeksu podstawowego. Zależność ta wyrażona jest w postaci pewnej funkcji. W tym zakresie istnieje bardzo dużo potencjalnych możliwości. Najczęściej spotykane są następujące:

- prosta – wypłata zależy liniowo (rosnąco) od zmian wartości indeksu podstawowego;
- progresywna – wzrost wypłaty jest większy niż wzrost wartości indeksu podstawowego;
- regresywna – wzrost wypłaty jest mniejszy niż wzrost wartości indeksu podstawowego;
- odwrotna – zależność wypłaty od zmian wartości indeksu podstawowego jest malejąca (im wyższa wartość indeksu podstawowego, tym niższa wypłata);
- bezwzględna – kierunek zmian wartości indeksu podstawowego nie jest istotny, lecz wielkość tych zmian (im większe zmiany, tym wyższa wypłata);
- średnia – wypłata zależy od średniej wartości indeksu podstawowego w pewnym okresie;
- maksymalna – wypłata zależy od maksymalnej wartości indeksu podstawowego w pewnym okresie;
- minimalna – wypłata zależy od minimalnej wartości indeksu podstawowego w pewnym okresie;
- inne – tutaj wypłata jest bardziej skomplikowaną funkcją często więcej niż jednego indeksu podstawowego, na przykład różnicą bądź ilorazem indeksów – sytuacja ta występuje przy wieloczynnikowych instrumentach strukturyzowanych.

Oprócz tego możliwe są inne dodatkowe modyfikacje funkcji wypłaty, np.:

- wypłata jest ograniczona od góry (tzw. funkcja „cap”);
- wypłata jest ograniczona od dołu (tzw. funkcja „floor”).

Ostatnie kryterium, które tu przedstawimy, jest to struktura prawna instrumentu. Kilka podstawowych możliwości to: depozyt, obligacja, jednostka uczestnictwa lub certyfikat funduszu inwestycyjnego, polisa ubezpieczenia na życie. Naszym zdaniem, z punktu widzenia analizy przeprowadzanej przez inwestora, te prawne możliwości – poza ewentualnymi różnicami w opodatkowaniu – i tak sprowadzają się do dwóch wymienionych wyżej struktur: instrumentu dłużnego z wbudowanymi opcjami lub instrumentu udziałowego zależnego od indeksu podstawowego.

Podstawy wyceny i analizy ryzyka instrumentów strukturyzowanych

Podstawową kwestią w analizie instrumentów strukturyzowanych jest ich wycena i analiza ryzyka. Sposób wyceny zależy od charakteru instrumentu. W tym celu w poprzednich rozważaniach wyróżniliśmy dwie podstawowe konstrukcje instrumentów strukturyzowanych:

- instrument dłużny (zazwyczaj zerokuponowy) z wbudowaną opcją (opcjami) – depozyt strukturyzowany;
- instrument udziałowy zależny od indeksu podstawowego – certyfikat strukturyzowany.

W pierwszym przypadku ogólny schemat wyceny można przedstawić następująco:

Wartość instrumentu strukturyzowanego =
Wartość obligacji zerokuponowej + Wartość opcji

Schemat ten pozostaje prawdziwy, gdy w miejsce jednej opcji w instrumencie wbudowanych jest więcej opcji, gdyż można wtedy je traktować jako opcję wieloczynnikową, czyli szczególny przypadek opcji egzotycznej.

Z kolei w drugim przypadku ogólny schemat wyceny jest naturalny:

Wartość instrumentu strukturyzowanego = wartość indeksu podstawowego

Wynika z tego, iż przy wycenie instrumentu strukturyzowanego mogą występować trzy podstawowe elementy składowe:

- dłużny instrument zerokuponowy;
- indeks podstawowy;
- opcja (z reguły egzotyczna, w tym wieloczynnikowa).

Komentarza nie wymaga kwestia wyceny zerokuponowego instrumentu dłużnego, gdyż jego wartość jest określona jako wartość bieżąca (*Present Value*) wartości oczekiwanej w terminie wykupu.

Jeśli z kolei chodzi o wycenę samego indeksu podstawowego, to sprawa jest trudniejsza, gdyż wymaga znajomości procesu kształtującego wartości indeksu podstawowego. W przypadku częściej występujących indeksów podstawowych, w szczególności tych wywodzących się z rynku akcji czy też rynku instrumentów dłużnych, pewne procesy zyskały popularność. Są to w szczególności procesy dane w postaci stochastycznych równań różniczkowych:

1. Geometryczny ruch Browna, dany wzorem:

$$dr_t = \mu r_t dt + \sigma r_t dZ_t$$

zaś w wersji dyskretnej (po przekształceniach):

$$r_{t+1} = (1+\mu)r_t + \sigma r_t \varepsilon_{t+1}$$

2. Proces pierwiastkowy, dany wzorem:

$$dr_t = \mu r_t dt + \sigma\sqrt{r_t}\, dZ_t$$

zaś w wersji dyskretnej (po przekształceniach):

$$r_{t+1} = (1+\mu)r_t + \sigma\sqrt{r_t}\,\varepsilon_{t+1}$$

3. Proces Ornsteina-Uhlenbecka, dany wzorem:

$$dr_t = \kappa(\theta - r_t)dt + \sigma dZ_t$$

zaś w wersji dyskretnej (po przekształceniach):

$$r_{t+1} = \kappa\theta + (1-\kappa)r_t + \sigma\varepsilon_{t+1}$$

Jak wynika z ostatniego wzoru, proces Ornsteina-Uhlenbecka charakteryzuje się właściwością powrotu do średniej – modelowany indeks w danym momencie jest skorygowaną o składnik losowy ważoną średnią dwóch wielkości: długoterminowej wartości indeksu oraz ostatnio zaobserwowanej wartości indeksu. Przy tym waga przyporządkowana długoterminowej wartości indeksu jest interpretowana jako prędkość powrotu do tej wartości długookresowej.

Oczywiście konkretne wersje powyżej przedstawionych modeli zależą od postaci rozkładu zmiennej losowej, stanowiącej stochastyczną część procesu.

Jednak obecnie na rynku występuje coraz więcej bardziej „egzotycznych" indeksów lub coraz więcej indeksów niełatwych w modelowaniu. Zaliczyć można do nich choćby indeksy rynku nieruchomości. W przypadku tych indeksów powyżej przedstawione modele niekoniecznie muszą być adekwatne i za-

chodzi konieczność poszukiwania innych rozwiązań. Sądzimy, że w miarę rozwoju rynku instrumentów strukturyzowanych takie „skrojone" modele będą rozwijane.

Kluczową rolę w wycenie depozytów strukturyzowanych odgrywa opcja. Jak wiadomo, standardowe, proste opcje wyceniane są za pomocą modelu dwumianowego bądź modelu Blacka-Scholesa-Mertona. Jednak w depozytach strukturyzowanych mamy do czynienia z opcjami egzotycznymi, przy tym zazwyczaj z wieloczynnikowymi. W odniesieniu do takich opcji istnieje stosunkowo niewiele wzorów analitycznych – ich przegląd zawarty jest na przykład w pracy Zhanga (1998).

W praktyce do wyceny opcji egzotycznych stosowane są metody Monte Carlo. Wycena z zastosowaniem tych metod przebiega w następujących etapach:

- generowanie dużej liczby (np. 10000) szeregów czasowych (w przypadku opcji wieloczynnikowych są to wielowymiarowe szeregi czasowe) według pewnego modelu w postaci procesu stochastycznego, są to tzw. powtórzenia;
- wyznaczenie wypłaty z opcji w momencie wygaśnięcia w przypadku dla każdego powtórzenia;
- wyznaczenie oczekiwanej wartości opcji poprzez obliczenie średniej arytmetycznej wypłat;
- określenie wartości opcji jako wartości bieżącej (z zastosowaniem stopy wolnej od ryzyka) oczekiwanej wartości opcji.

Podstawowym problemem w zastosowaniu metody Monte Carlo jest wybór właściwego modelu w postaci procesu stochastycznego stanowiącego podstawę generowanych szeregów czasowych. W przypadku opcji wieloczynnikowych jest to proces wielowymiarowy, np. wielowymiarowa wersja geometrycznego ruchu Browna. Kluczowe parametry, które wymagają określenia w trakcie wyboru modelu to parametry zmienności i korelacji (te ostatnie tylko w przypadku opcji wieloczynnikowych).

Zauważmy, iż metoda Monte Carlo może być w sposób bezpośredni zastosowana do wyceny certyfikatu strukturyzowanego. Wtedy wycena przebiega w następujących etapach:

- generowanie dużej liczby (np. 10000) szeregów czasowych według pewnego modelu w postaci procesu stochastycznego, są to tzw. powtórzenia;
- wyznaczenie oczekiwanej wartości wypłaty poprzez obliczenie średniej arytmetycznej wypłat;
- określenie wartości certyfikatu strukturyzowanego jako wartości bieżącej (z zastosowaniem stopy wolnej od ryzyka) oczekiwanej wartości wypłaty.

Jako przykład zastosowania tej procedury przedstawimy rezultat wyceny jednego z instrumentów strukturyzowanych notowanych na GPW w Warszawie (por. G. Jajuga (2008)). Jest to oferowany przez Deutsche Bank instrument zwany Obligacją WIG20. Formalnie mamy tu do czynienia z zerokuponowym instrumentem dłużnym z wbudowaną opcją egzotyczną (jednoczynnikową). Wzór na wypłatę z tego instrumentu jest następujący:

$$F = 100\left[1 + 0{,}62 \cdot \max\left(0; \frac{W(k) - W(b)}{W(b)}\right)\right]$$

gdzie:
F – wypłata z instrumentu;
W(b) – wartość indeksu WIG20 w dniu 23.11.2006;
W(k) – średnia arytmetyczna wartości indeksu w następujących dniach: 23.05.2007, 23.11.2007, 23.05.2008, 23.11.2008, 23.05.2009 i 23.11.2009.

Wycena z zastosowaniem metody Monte Carlo przeprowadzona została na dzień 23.11.2007 (gdy była znana już druga wartość stanowiąca podstawę wyznaczenia średniej arytmetycznej). Przyjęte zostały następujące założenia:

- 500 dni do wykupu instrumentu;
- wartości indeksu brane pod uwagę do wyznaczenia średniej pochodzą z dni o numerach: 125, 250, 375, 500;
- stopa wolna od ryzyka określona na poziomie 6%;
- proces wartości indeksu podstawowego jest określony jako geometryczny ruch Browna;
- parametr zmienności jest określony na podstawie zmienności historycznej (dane dzienne) z dwóch lat poprzedzających dzień wyceny i wynosi 1,51%;
- liczba powtórzeń – 1000.

Wycena otrzymana metodą Monte Carlo dała wartość równą 95,09 zł. Cena tego instrumentu w ostatniej transakcji poprzedzającej dzień wyceny wynosiła 90,61 zł. Rynek tego instrumentu strukturyzowanego wykazuje niską płynność, przeto różnica między wartością pochodzącą z wyceny a ceną rynkową może być po części traktowana jako premia płynności.

Wskazywaliśmy już, iż brak rozumienia i nie przeprowadzenie analizy ryzyka kredytowych instrumentów strukturyzowanych był jedną z przyczyn strat poniesionych na amerykańskim rynku instrumentów zabezpieczonych hipotecznie. Również w przypadku omawianych tutaj instrumentów strukturyzowanych analiza ryzyka jest kluczową i nieco zaniedbaną kwestią.

Podstawowe rodzaje ryzyka występujące przy instrumentach strukturyzowanych są następujące (por. Jajuga K. (2007)):

1. Ryzyko rynkowe. Jest to ryzyko wynikające ze zmian cen na rynkach finansowych. W przypadku instrumentów strukturyzowanych jest to ryzyko związane z indeksem podstawowym. Podstawową metodą pomiaru ryzyka jest tutaj zastosowanie miary zmienności, np. odchylenia standardowego stopy zwrotu indeksu podstawowego.
2. Ryzyko kredytowe. Jest to ryzyko wynikające z możliwości niedokonania płatności przez drugą stronę kontraktu. W przypadku instrumentów strukturyzowanych oferowanych w obrocie pozagiełdowym ryzyko kredytowe istnieje i jest zależne od konkretnego podmiotu oferującego produkt, który w ten sposób przyjmuje zobowiązanie. Podstawową metodą pomiaru ryzyka kredytowego jest określenie rozkładu strat z tytułu niedotrzymania warunków przez drugą stronę, na co wpływa prawdopodobieństwo niedokonania płatności oraz strata w wypadku niedokonania płatności.

Warto dodać, że istotna część instrumentów strukturyzowanych jest oferowana przez duże banki, co oznacza mniejsze ryzyko kredytowe, niż w przypadku mniej znanych instytucji finansowych.

3. Ryzyko płynności. Jest to ryzyko wynikające z braku możliwości zamknięcia pozycji, czyli sprzedania instrumentu strukturyzowanego w krótkim czasie po spodziewanej cenie. Należy dodać, iż wiele instrumentów strukturyzowanych (również tych notowanych na giełdzie) charakteryzuje się wysokim ryzykiem płynności. Ryzyko płynności często mierzy się poprzez tzw. *bid-ask spread*, czyli różnicę między ceną sprzedaży a ceną kupna danego instrumentu.

4. Ryzyko modelu. Jest to ryzyko wynikające z błędów w modelu teoretycznym stosowanym w świecie rzeczywistym, zwłaszcza przy wycenie instrumentów. Ryzyko to jest szczególnie wysokie w przypadku bardziej skomplikowanych instrumentów, a do takich należą instrumenty strukturyzowane. Często strona nabywająca instrument strukturyzowany nie stosuje żadnego modelu analizy tego instrumentu z uwagi na jego znaczne skomplikowanie.

Ryzyko modelu wynika z trzech rodzajów niepewności: niepewność dotycząca struktury modelu, niepewność dotycząca parametrów modelu, niepewność dotycząca zastosowania modelu w specyficznej sytuacji. Wydaje się, iż obecnie największe ryzyko dotyczy samej struktury modelu.

Literatura

1. Jajuga G., *Structured financial instruments – classification, valuation and risk analysis,* praca magisterska, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Wrocław 2008.
2. Jajuga K., (red.), *Zarządzanie ryzykiem*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
3. Rajan A., McDermott G., Roy R., *The Structured Credit Handbook*, Wiley, New York 2007.
4. Zhang P.G., *Exotic Options, A Guide to Second Generation Options*, World Scientific Publishers, New York 1998.

Prof. zw. dr hab. Krzysztof Jajuga
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
krzysztof.jajuga@ue.wroc.pl

Mgr Grzegorz Jajuga