

Ilościowe metody pomiaru ryzyka operacyjnego

Jacek Orzeł

Wprowadzenie

W związku ze znacznym wzrostem zainteresowania w latach 90. ubiegłego wieku zarządzaniem ryzykiem operacyjnym pojawił się problem szacowania i pomiaru tego ryzyka. Wobec względnej nowości tych zagadnień i braku powszechnie akceptowanych metod ilościowych obecnie stosuje się metody jakościowe oraz metody quasi-ilościowe (mieszane). Metody jakościowe polegają najczęściej na oszacowaniu wartości ryzyka operacyjnego przy użyciu podejścia samooszacowania (ang. *risk self-assessment*) z wykorzystaniem miar niemetrycznych (np. za pomocą opisu słownego lub zobrazowania graficznego). Metody mieszane łączą podejście ilościowe z podejściem jakościowym. Nazywa się je także metodami jakościowymi, reprezentowanymi ilościowo w przyjętej skali liczbowej (Orzeł, 2004).

Poszukiwanie metod ilościowych wynika także z wymagań, które różne organizacje zaczynają stawiać wobec pomiaru ryzyka operacyjnego. Przykładem są wymagania Bazylejskiego Komitetu ds. Nadzoru Bankowego zawarte w projekcie Nowej Umowy Kapitałowej (NUK). Jej postanowienia wskazują, że banki będą musiały mieć systemy zarządzania ryzykiem operacyjnym składające się z metod jakościowych i ilościowych zarządzania tym ryzykiem.

Jednym z głównych kierunków opracowania metod pomiaru ryzyka operacyjnego jest dostosowanie metod pomiaru ryzyka finansowego (kredytowego, rynkowego, walutowego, stopy procentowej) do specyfiki ryzyka operacyjnego (np. metody wartości zagrożonej – VaR, metody skoringowe, benchmarking ilościowy).

Klasyfikacja ilościowych metod pomiaru ryzyka operacyjnego

Jednym z klasycznych podejść do klasyfikacji metod jest ich podział na metody wykorzystujące podejście *top-down* oraz podejście *bottom-up*. W podejściu *top-down* punktem wyjścia są cele organizacji i badanie zagrożeń dla osiągnięcia tych celów. Podejście alternatywne koncentruje się na źródłach ryzyka dla zasobów w poszczególnych obszarach działalności organizacji. W podejściu *top-down* zakłada się, że ryzyko operacyjne jest większe w tych obszarach, gdzie występuje więcej zasobów narażonych na to ryzyko. Z literatury przedmiotu wynika, że w praktyce wykorzystuje się częściej podejście *bottom-up*.

W literaturze przedmiotu można znaleźć kilka grup metod ilościowych, które są opracowywane lub dostosowywane do potrzeb pomiaru ryzyka operacyjnego, w tym m.in.:

- metody statystyczne – oparte na modelach statystycznych,
- metody BIS – metody oparte na wskaźnikach kapitału operacyjnego,
- pozostałe (inne) metody.

Powyższa klasyfikacja jest jedną z wielu możliwych. Wśród najczęściej spotykanych metod, które są stosowane bądź mają być stosowane (niektóre obecnie są dopiero w trakcie badań) do pomiaru ryzyka operacyjnego wymienia się w szczególności:

- 1) metody statystyczne:
 - a) metody OpVaR,
 - b) metody oparte na teorii EVT (*Extreme Value*

Theory): grupa metod Expected Tail Loss (CVaR – *Conditional Value at Risk*, ES – *Expected Shortfall*, itp.), POT (*Peak over Threshold*), BMM (*Block Maxima Method*), Delta-EVT,

c) metody z grupy scenariuszy awaryjnych (ang. *stress testing*), np. *stress testing* z wykorzystaniem teorii EVT,

d) podejście bayesowskie,

2) metody BIS (*Basic Indicator Approach* BIA, *Standarized Approach* – SA, *Alternative Standardized Approach* – ASA, *Advanced Measurements Approaches* – AMA),

1) pozostałe metody:

a) metody analizy porównawczej (benchmarking ilościowy),

b) metody oparte na zrównoważonej karcie wyników,

c) metody oparte na metodzie *six sigma*,

d) metody z dziedziny badań operacyjnych.

Powyższa klasyfikacja została skonstruowana tylko na potrzeby niniejszego artykułu i nie powinna być traktowana jako ogólnie obowiązująca. Wiele metod opiera się na tym samym podejściu, co utrudnia ich klasyfikację. Na podejściu wartości zagrożonej (VaR) bazuje np. cały zestaw komplementarnych miar ryzyka, w szczególności przeciętna warunkowa strata i analiza scenariuszy. Podobnie techniki i metody symulacyjne (np. Monte Carlo) są szeroko stosowane w wielu metodach pomiaru ryzyka.

W literaturze spotyka się różne klasyfikacje metod pomiarowych dokonane ze względu na wybrane kryteria. Na schemacie przedstawiono przykładową klasyfikację według kryteriów dokładności oraz czasu i kosztów.

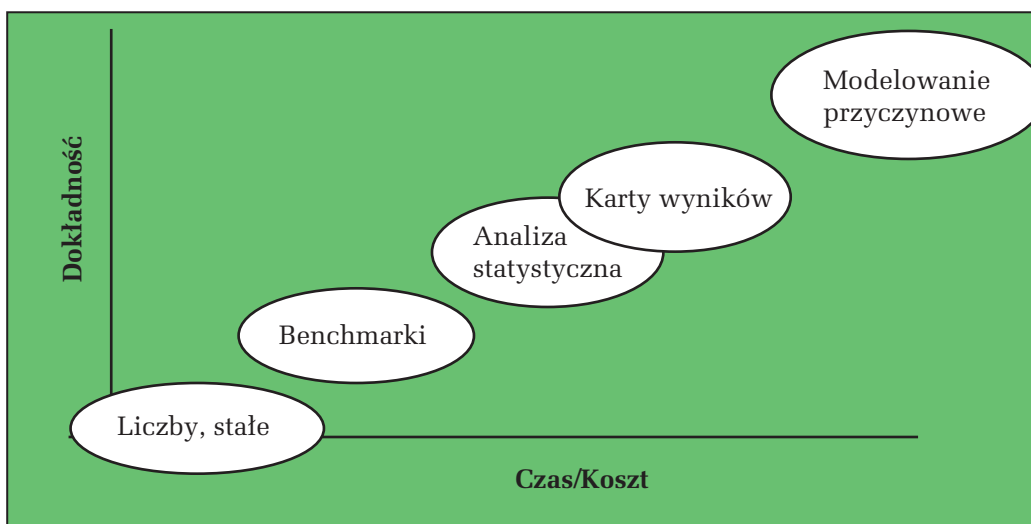
Wprowadzenie do metod ilościowych

Przez metody ilościowe rozumie się najczęściej metody, które przetwarzają dane ilościowe (mieralne). Kendall i Buckland¹ podają następującą definicję: „Dane ilościowe, w przeciwieństwie do „danych jakościowych”, powinny to być informacje przedstawione w formie wielkości numerycznych, takich jak pomiary lub obliczenia. Niekiedy oznaczają materiał statystyczny, w którym rozpatrywane zmienne mogą być ujęte liczbowo, jak np. wysokość, waga, cena, w odróżnieniu od danych cech jakościowych, tj. takich atrybutów jak np. płeć, narodowość. Zamiast określenia dane ilościowe należy jednak używać takich określeń, jak „dane dotyczące zmiennych ilościowych (jakościowych) lub „dane dotyczące zmiennych numerycznych (atrybutów)”. Lisowski² podaje natomiast następującą definicję: „Metody ilościowe kojarzy się powszechnie z takimi badaniami, w których liczby są używane do charakteryzowania właściwości jednostek obserwacji i/lub przedstawiania wyników badania. Są w nich jednak wykorzystywane także inne, nieliczbowe obiekty formalne (np. grafy, relacje). Metody ilościowe utożsamia się z metodami statystycznymi. Jest to uzasadnione dominującą pozycją metod statystycznych wśród metod ilościowych. Strukturę metodologiczną zróżnicowanej klasy metod opatrywanych mianem „ilościowe” najlepiej można scharakteryzować za pomocą tzw. schema-

¹ G. M. Kendall, R. W. Buckland: *Słownik terminów statystycznych*. Warszawa 1986 PWE.

² G. Lisowski: *Metody ilościowe*. W: *Encyklopedia socjologii*. T. 2. Warszawa 1999 Oficyna Wydawnicza.

Schemat 1 Klasyfikacja metod pomiaru ryzyka operacyjnego wg kryteriów dokładności oraz czasu i kosztów



tu macierzowego, w którym dane o m właściwościach zbioru n równoważnych jednostek obserwacji są przedstawiane w postaci macierzy o wymiarach $n \times m$, nazywanej macierzą danych”.

Dane ilościowe w szerszym znaczeniu mogą dotyczyć faktów ilościowych lub jakościowych. Metody ilościowe od dawna były stosowane w naukach przyrodniczych, a później w różnych dziedzinach nauk społecznych, przy czym najwcześniej w naukach ekonomicznych. Metody ilościowe stosuje się także w zarządzaniu jako zastosowania badań operacyjnych. Analiza literatury przedmiotu wskazuje, że w każdej dziedzinie metody ilościowe rozumie się nieco inaczej.

Kompedium wiedzy nt. metodologii badań jakościowych i analizy takich danych może być np. publikacja (Miles i Huberman, 2000).

Analityczne metody pomiaru ryzyka operacyjnego opierają się na tej samej podstawie: danych i informacjach o rzeczywistych skutkach i zdarzeniach związanych ze stratami (ang. *loss events*) oraz potencjalnych skutkach i stratach, wywołanych zdarzeniami, których zajście możemy przewidywać.

Kluczem do wykorzystywania metod ilościowych są wiarygodność i jakość danych używanych do obliczeń.

Metody statystyczne

Metody statystyczne wykorzystują modele statystyczne i opierają się na rachunku prawdopodobieństwa i statystyce matematycznej. Poniżej zostaną omówione metody statystyczne najczęściej stosowane do pomiaru ryzyka operacyjnego, zostaną także przedstawione metody symulacyjne, w tym w szczególności techniki Monte Carlo, które pozwalają na rozwiązywanie wielu skomplikowanych analitycznie problemów, w tym zaprezentowanej poniżej metody wartości zagrożonej – VaR (właśnie rozwój metod symulacyjnych pozwolił na pełne wykorzystanie możliwości VaR).

VaR (Value at Risk, wartość zagrożona)

Jednym z najbardziej znanych i powszechnie używanych narzędzi statystycznej analizy danych jest VaR. Jest to klasyczna miara, której zalety można porównywać z wcześniejszą podstawową miarą ryzyka, tj. odchyleniem standardowym.

VaR jest miarą często wykorzystywaną przez menedżerów ryzyka. VaR jest metodą pomiaru ryzyka, która dzięki wykorzystaniu metod statystycznych umożliwia oszacowanie najwyższej oczekiwanej straty w określonym horyzoncie czasowym przy założonym poziomie ufności (prawdopodobieństwie) oraz założeniu stałości wpływu czynników ryzyka.

Istnieje wiele podejść do modelowania VaR, a także wiele metod szacowania VaR. Spośród najczęściej

występujących wyróżnia się następujące klasy metod kalkulowania VaR:

- parametryczne (przy pewnych założeniach co do klasy rozkładów zwrotów z czynników ryzyka estymacja ogranicza się do określenia nieznanymi parametrów tych rozkładów),

- nieparametryczne (w tych metodach nie określa się rozkładu *a priori*),

- symulacyjne (wykorzystuje się pewien zestaw zmian czynników ryzyka, tj. scenariuszy, dla których oblicza się VaR, a później po uśrednieniu wyników otrzymuje się estymator VaR; tworzenie scenariuszy może odbywać się w drodze losowania (metody Monte Carlo) lub na podstawie danych historycznych),

- analityczne (w modelach analitycznych korzysta się z faktu, że przy pewnych założeniach – uproszczeniach – istnieją zamknięte formuły definiujące VaR).

Ostatnio rozwijane są metody alternatywne do VaR (choć bardzo do nich zbliżone), określane jako metody z grupy ETL (Expected Tail Loss) i znane pod różnymi nazwami: Tail VaR, Conditional VaR, Mean Excess Loss, Mean Shortfall, itp. Miary te mają dobre właściwości matematyczne (są to spójne miary ryzyka w rozumieniu Artznera w odróżnieniu od VaR). Są one jednak raczej uzupełnieniem VaR, gdyż w odróżnieniu od miary VaR określającej dolną granicę zwykłych strat związanych z ryzykiem określają przeciętny rozmiar strat nietypowych. Estymacja wartości miary oczekiwanych warunkowych strat opiera się na tych samych metodach, co VaR, gdyż w obu przypadkach do kalkulacji potrzebna i zarazem wystarczająca jest znajomość prawego ogona dystrybucji strat (czyli skumulowanej funkcji rozkładu prawdopodobieństwa).

VaR, zwłaszcza uzupełniony innymi uzupełniającymi miarami, pełni bardzo istotną funkcję w zarządzaniu ryzykiem.

Na podstawie standardowych metod VaR opracowano metody OpVaR stosowane do pomiaru ryzyka operacyjnego. OpVaR jest zmodyfikowaną wersją metody pomiaru wartości zagrożonej VaR, która przy wykorzystaniu metod statystycznych umożliwia oszacowanie najwyższej oczekiwanej straty w określonym horyzoncie czasowym przy założonym poziomie ufności.

Wersja OpVaR nie jest jeszcze dopracowana, a w konsekwencji nie jest także często stosowana. Główne problemy z OpVaR wynikają ze specyfiki ryzyka operacyjnego oraz pewnych założeń metodyki VaR:

- Ryzyko operacyjne (OpRisk) ma wiele czynników, włączając błędy ludzi, techniczne problemy i naturalne zdarzenia – mogą one nastąpić pod wpływem środowiska zewnętrznego albo bez związku z otoczeniem.

- Wynik zdarzeń jest czasem nieznanymi (ominięciem niektórych zdarzeń, zła klasyfikacja). Niektóre zdarzenia mogą zostać nie wykryte lub zauważone z wielu powodów, także z powodu niewielkiej straty (w ryzyku rynkowym zdarzenia takie są zawsze znane i zostają

bezpośrednio odzwierciedlone w cenach akcji, indeksach itd.). Straty operacyjne mogą zatem mieć charakter bieżący lub przyszły. Wiele zdarzeń ryzyka operacyjnego, np. awaria głównego systemu informatycznego, ma jednak od razu bezpośredni wpływ na organizację.

- VaR zakłada, że profil ryzyka w rozpatrywanym okresie jest stały, jednak zalecany okres dla ryzyka operacyjnego wynosi 1 rok (dla ryzyka rynkowego jest to najczęściej 1 dzień lub 10 dni).

- VaR zakłada, że istnieje pewna korelacja między zdarzeniami, co nie zawsze jest prawdziwe dla zdarzeń operacyjnych (korelacje ustala się metodami eksperckimi: dzięki znajomości biznesu oraz na podstawie analizy scenariuszy).

- Dane o zdarzeniach z dziedziny ryzyka operacyjnego zbiera się zazwyczaj, ze względów ekonomicznych, powyżej pewnego progu strat lub potencjalnych strat, co może spowodować przeszacowanie ryzyka.

- Obliczono, że jeśli 80% danych nie znajdzie się w bazie incydentów, to VaR (OpVaR) może się teoretycznie wahać od 90% niedoszacowania do 200% przeszacowania; przy VaR 99,9% będzie jeszcze gorzej.

- Walidacja (ang. *back testing*) modeli OpRisk, w tym opartych na metodzie OpVaR, jest trudna, co obniża użyteczność i rzetelność tych modeli (Holmes, 2003)

W literaturze przedmiotu przeważa stanowisko, że ryzyko operacyjne może być mierzone za pomocą zmodyfikowanej VaR, która dostosowuje się do specyfiki ryzyka operacyjnego, metody OpVaR są obecnie tworzone, a do czasu opracowania złożonych, mieszanych metod VaR dostosowanych do ryzyka operacyjnego zaleca się korzystanie z innych metod ilościowych.

W OpVaR wykorzystuje się często tzw. wskaźniki KRI (ang. Key Risk Indicators), które bywają używane w metodyce lub mają charakter pomocniczy, np. służą kierownictwu organizacji do określania profilu ryzyka operacyjnego (np. w National Australia Bank – NAB, Cruz 2004).

Modele oparte na OpVaR są podejściami typu „*top down*” i służą do szacowania ryzyka (stosuje je wiele organizacji, np. NAB, Cruz 2004).

Dostępna literatura na temat metod VaR jest bardzo bogata. Kompendium wiedzy o VaR może być np. publikacja (Bałamut, 2002).

Techniki Monte Carlo (MC)

Technikami czy metodami Monte Carlo (MC) określa się:

- Metody rozwiązywania problemów matematycznych o charakterze statystycznym za pomocą generowania liczb losowych.

- Metody rozwiązywania dowolnego problemu matematycznego za pomocą wyboru losowego. Postępowanie polega na skonstruowaniu stochastycznego modelu procesu matematycznego, a następnie na przeprowadzeniu doświadczenia wyboru losowego.

- Przybliżone metody rozwiązywania zagadnień rachunku prawdopodobieństwa za pomocą generowania liczb losowych (Kendall i Buckland, 1986).

Metody symulacyjne pozwalają na rozwiązywanie wielu skomplikowanych analitycznie problemów. Mają jednocześnie wiele zalet i wad.

Wady metod symulacyjnych, w tym efektywność, pozwalają niwelować nowe techniki, jak np. zastosowanie symulacji deterministycznej. O ile jednak klasyczna metoda MC opiera się na założeniu normalności, o tyle zmodyfikowane metody MC pozwalają obsługiwać także rozkłady inne od normalnego.

Jedną z wielu zalet metody Monte Carlo jest tworzenie automatyczne prognozy kompletnego rozkładu (dystrybuanty korzyści i strat – Profit & Loss, P&L), a nie tylko pojedynczej liczby, jak np. w przypadku VaR. Należy brać pod uwagę fakt, że nie wszystkie zdarzenia znajdują swoje odzwierciedlenie w P&L.

Istnieje bardzo szeroka literatura na temat technik symulacyjnych, w tym metod Monte Carlo, i trudno wymienić najważniejszą pozycję.

Teoria wartości ekstremalnych (EVT)

Metody oparte na teorii EVT są zestawem technik statystycznych, które służą do oszacowania prawdopodobieństwa i skutków strat zdarzeń, co do których brakuje danych ze względu na rzadkość ich występowania. Teoria EVT zaczyna poprawnie funkcjonować przy $p > 0,95$, a często dopiero dla $p \geq 0,99$. Metoda ta szczególnie nadaje się do modelowania wyjątkowo rzadkich zdarzeń, np. do niektórych kategorii zdarzeń dotyczących ryzyka operacyjnego. Na podstawie teorii EVT opracowano wiele metod, w tym m.in. model maksimów blokowych, estymacje ogonów rozkładów, modele POT (ang. *peak-over-threshold*).

Metody EVT stosuje się do sytuacji, gdy występują ekstremalne straty, co jest charakterystyczne dla dużego podobszaru ryzyka operacyjnego.

W zaawansowanych modelach Delta-EVT, zaproponowanych przez J.L. Kinga (King, 2001), łączy się dwa różne podejścia: model czynnika delta dla strat o względnie dużej częstości i małych wartościach, oraz model EVT dla strat o małej częstości występowania i dużych wartościach. Metodyka delta służy do pomiaru wahań błędów i ich wpływu na działalność organizacji, a rzadkie katastroficzne zdarzenia są mierzone metodami statystycznymi teorii EVT (pomiar skutków zdarzeń i ekstrapolacja wpływu tych skutków na dłuższe okresy). Metoda delta opiera się na propagacji błędu. Jest to międzynarodowa standardowa technika pomiaru niepewności spowodowanej błędami i przeoczeniami. Metoda ta wykorzystuje czynniki ryzyka do pomiaru ryzyka operacyjnego. Stosuje się ją powszechnie w wielu sektorach, np. w sektorze finansowym, gdzie jej dwie wersje: Delta-normal i Delta-gamma, są wyko-

rzystywane do pomiaru ryzyka rynkowego (Wilson 1996). Modele EVT opierają się na uogólnionych rozkładach Pareto (modelowanie surowości strat) oraz rozkładach Poissona (częstotliwość strat). Oba te rozkłady wykorzystuje się do generowania rozkładów strat powyżej przyjętego prognozy wartości i służą one do wyznaczenia wartości ryzyka operacyjnego.

W literaturze do modelowania ryzyka operacyjnego w zakresie tzw. grubych ogonów (ang. *fat tails*) najczęściej proponuje się obecnie techniki i metody oparte na teorii EVT, do modelowania zależności pomiędzy punktami ryzyka (jednostka organizacyjna, typ ryzyka) lub procesami proponuje się natomiast zastosowanie funkcji połączenia (łącznikowej) (ang. *copula function*) (Cruz, 2004).

Stress testing (scenariusze awaryjne, testowanie napięć, testowanie przeciążeniowe)

Scenariusz jest opisem przyszłej, możliwej do przedstawienia sytuacji organizacji oraz konsekwencji przewidywanej przyszłości. Scenariusze wskazują alternatywne tendencje rozwoju, poczynając od stanu obecnego, i przyjmują założenia dla głównych czynników wyznaczających przyszłą sytuację.

Metody z grupy *stress testing* (oparte na modelach symulacyjnych) powinny być uzupełnieniem metody Opar. Pozwalają one na oszacowanie, jaka będzie strata, gdy wystąpią określone warunki. Podstawowe scenariusze zakładają zmianę jednego lub kilku istotnych czynników ryzyka. Dodatkowo scenariusze można oprzeć na danych historycznych lub na założonych hipotetycznych wydarzeniach politycznych albo gospodarczych. Można uznać, że OpVar określa próg maksymalnych, zwykłych strat, natomiast *stress testing* jest prostym środkiem do oceny skali i skutków ekstremalnych, anormalnych i nieregularnie występujących zdarzeń niekorzystnych (zagrożeń). Do opracowania scenariuszy często używa się metody Monte Carlo. Scenariusze powinny obejmować sytuacje rynkowe od normalnych do skrajnych, jednak prawdopodobne. Metody te prowadzą do uzyskania szeregu rozwiązań składających się ze zbiorów wielu rezultatów. Na podstawie tych wielowymiarowych rozwiązań trzeba ocenić, porównać i uszeregować warianty oraz wybrać preferowany scenariusz.

Analiza scenariuszy awaryjnych nie służy do określania prawdopodobieństwa wystąpienia wielkich strat. Jej celem jest jedynie zbadanie ogólnej zdolności przetrwania przez daną organizację skrajnych obciążeń oraz określenie lub opracowanie sposobów przeciwdziałania najbardziej negatywnym zdarzeniom. Nie ma standardu przeprowadzania procedury *stress testing*; nawet organy nadzoru bankowego dopuszczają elastyczność w formułowaniu scenariuszy awaryjnych.

Od scenariuszy awaryjnych (ang. *stress testing*) różni się scenariusze najgorszej ewentualności (ang. *worst case scenario*), opisujące przypadki skrajnie niekorzystne dla organizacji. Scenariusze te opracowuje się na podstawie wiedzy eksperckiej lub za pomocą metod numerycznych.

Tworząc scenariusze awaryjne i scenariusze najgorszej możliwości, warto podzielić je ze względu na prawdopodobieństwo zajścia (Bałamut, 2002). Ważne jest także wyodrębnienie głównych czynników ryzyka kształtujących analizowaną wartość ryzyka operacyjnego.

Reasumując, metody *stress testing* oraz analizy najgorszego przypadku badają odporność organizacji na ekstremalne warunki³.

Podjęcie bayesowskie

Tzw. podejście bayesowskie zakłada, że naszą wiedzę o możliwych wartościach parametrów rozkładów obserwowalnych zmiennych losowych przedstawiamy w postaci rozkładów prawdopodobieństwa tych parametrów. W podejściu bayesowskim rozkład prawdopodobieństwa parametru jest zapisem naszej subiektywnej wiedzy o jego możliwych wartościach. Rozkład ten opisuje naszą niepełną wiedzę o losowym otoczeniu i w miarę zdobywania informacji powinien być uaktualniany, a posiadana informacja powinna być doprecyzowana.

W podejściu bayesowskim pierwszym krokiem jest zdefiniowanie rozkładów *a priori* poszczególnych parametrów. Następnym krokiem jest uzyskanie tzw. warunkowych rozkładów *a posteriori* dla poszczególnych parametrów. W klasycznym wnioskowaniu bayesowskim kolejnym krokiem jest uzyskanie łącznego rozkładu *a posteriori* szukanych parametrów.

Podejście bayesowskie rozwiązuje problem braku danych o rozkładach strat w tzw. grubych ogonach. Podejście to łączy dane jakościowe i ilościowe, KRI oraz dane zewnętrzne. Innymi słowy, podejście bayesowskie umożliwia integrację, poprzez teorię Bayesa, różnych źródeł informacji. Umożliwia określenie dokładniejszej VaR, obejmującej jeden rok i odzwierciedlającej poziom ufności rzędu 99,9%. Pozwala także rozważać związki pomiędzy stratami dla różnych typów ryzyka, a także umożliwia oszacowanie wpływu zwykłych czynników strat, takich jak efektywność systemu kontroli wewnętrznej i dostępnych KRI (dotyczących personelu, IT oraz procesów). Szczegółowe informacje na ten temat można znaleźć np. w pracy (Bilotta i Giudici, 2004).

Sieć bayesowska zawiera zazwyczaj 3 typy węzłów⁴:

³ R. Kühn, P. Neu: *Adequate Capital and Stress Testing for Operational Risks*. (Cruz, 2004).

⁴ P. Giudici: *Integration of Qualitative and Quantitative Operational Risk Data: A Bayesian Approach*. (Cruz, 2004).

– węzły strat – odpowiadające za pożądaną poziom ziarnistości (można mierzyć straty tylko w podziale na linie biznesowe i typy ryzyka lub dokonać głębszego podziału),

– węzły kontroli – opisujące skuteczność środków ograniczających ryzyka,

– węzły KRI – opisujące poziomy współczynników strat.

Duże instytucje używają sieci bayesowskich ciągłych (zawierających ciągle zmienne), a małe – sieci dyskretnych.

W przypadku dyskretnym w węzłach są informacje pochodzące z danych wewnętrznych, np. kwestionariuszy samooceny ryzyka (Risk Self Assessment – RSA) lub danych zewnętrznych, np. bazy danych innych organizacji. Każde KRI jest dyskretną zmienną losową (zmienne takie są estymowane najczęściej w cyklu miesięcznym), a dane o skuteczności kontroli wewnętrznej i zewnętrznej pochodzą od ekspertów. Każda dana w systemie informuje o stracie operacyjnej przypadającej na dany okres. Każda opinia (ekspercka) o stracie dostarcza także takich informacji. Dane i opinie są traktowane jako dane wejściowe do sieci bayesowskich.

Inicjację sieci najczęściej przeprowadzają eksperci, którzy dostarczają swoje opinie nt. zależności między węzłami. W pewnym momencie sieć odzwierciedla instytucję. Następnie sieć „uczy się” w miarę napływania informacji. Na połączeniach węzłów opisane są prawdopodobieństwa warunkowe. Z kolei na topologii sieci bayesowskiej budujemy rozkład warunkowego prawdopodobieństwa lub rozkłady lokalne. Taka sieć pozwala na obliczenie rocznego OpVaR. Z sieci bayesowskiej możemy także uzyskać rozkład prawdopodobieństwa dla węzła w zakresie skuteczności kontroli wewnętrznej oraz zewnętrznej. Zastosowanie sieci bayesowskich do zarządzania ryzykiem operacyjnym jest opisane np. w art. C. Alexander: *Zarządzanie ryzykiem operacyjnym za pomocą sieci bayesowskich* (Alexander, 2003).

Metody zalecane przez BIS w projekcie NUK

W sektorze bankowym interesujące podejście do pomiaru ryzyka operacyjnego proponuje BIS (Bank Rozrachunków Międzynarodowych) w projekcie NUK (Nowej Umowy Kapitałowej). BIS określa trzy ilościowe metody wyliczania wielkości rezerw obowiązkowych utrzymywanych w bankach w celu zabezpieczenia się przed ryzykiem operacyjnym:

- podejście wskaźnika bazowego (BIA),
- podejście standardowe (SA) lub alternatywne podejście standardowe (ASA),
- podejścia zaawansowanego pomiaru (AMA).

Pierwsze dwa powyższe podejścia opierają się na prostych wyliczeniach obciążeń kapitałowych banku

z tytułu ryzyka operacyjnego na podstawie wielkości dochodu brutto z ostatnich trzech lat za pomocą narzuconych współczynników. Wysoka wartość tych współczynników wskazuje jednoznacznie, że ryzyko operacyjne w bankach jest bardzo istotne, skoro zabezpieczenie przed nim musi mieć tak dużą wartość (około 15% średniego dochodu brutto). W przypadku podejścia AMA zaleca się oparcie wyliczeń na jednej z trzech metod ilościowych (podejście oparte na karcie wyników (ang. *scorecard*), podejście oparte na analizie scenariuszy – metody typu „*what if*”, podejście oparte na rozkładzie strat – LDA, będące synonimem metody VaR), chociaż dopuszcza się także stosowanie innych metod ilościowych. Metoda LDA bazuje na rzeczywistych danych dotyczących strat. Wprowadzenie wskaźników KRI ułatwia analizę scenariuszy dla ryzyka operacyjnego (Cruz, 2004).

Stosowanie tej metody następcza wiele trudności związanych z procesem zbierania danych (ukrywanie zdarzeń) oraz ich specyfiką. Kolejnym problemem jest możliwość zaklasyfikowania zdarzeń do ryzyka operacyjnego zamiast do ryzyka finansowego lub odwrotnie. Niektóre zdarzenia mogą być wykryte po dłuższym czasie po ich wystąpieniu i może to fałszować wyniki pomiarów. Niektóre zdarzenia mogą być trudne do wyceny (np. awaria serwera), a wielu zdarzeń poniżej pewnego progu strat po prostu się nie monitoruje (głównie ze względu na koszty przetwarzania tych informacji). Kolejnym problemem jest sposób wykorzystywania baz zewnętrznych do pomiaru ryzyka w organizacji (problem skalowania danych, przypisywania danych do odpowiednich kategorii i jakości danych dostępnych publicznie). Powyższe problemy zostały już częściowo pokonane – w szczególności danych z baz zewnętrznych można użyć w zaawansowanych modelach wykorzystując tzw. *bootstrapping* (Efron i Tibsirani, 1994; Romański i Pruska, 2000) i teorię największej wiarygodności (ang. *credibility theory*). Problem z obcinaniem danych powyżej pewnego progu nie został jeszcze do końca rozwiązany. Jeśli jednak zostanie rozwiązany, to i tak będzie jeszcze dużo do zrobienia, aby prawidłowo korzystać z metody LDA i innych podobnych metod.

Podejście LDA opiera się na danych dotyczących strat wewnętrznych i zewnętrznych oraz analizie scenariuszy. Zagregowane rozkłady potencjalnych strat dla ryzyka operacyjnego tworzy się często za pomocą metod aktuarialnych, tj. metod wykorzystywanych w sektorze ubezpieczeniowym do wyliczania wartości polis. W podejściu tym stosuje się analizę statystyczną w zakresie danych o stratach wewnętrznych. Prawidłowo stosując tę metodę trzeba uwzględnić także wiele wymogów natury jakościowej.

Podejście oparte na analizie scenariuszy bazuje najczęściej na określeniu trzech scenariuszy: prawdopodobnego, optymistycznego lub pesymistycznego, dla których wylicza się ryzyko metodami ilościowymi.

Szczegółowe informacje nt. wykorzystania metod analizy scenariuszy do pomiaru ryzyka operacyjnego można znaleźć (np. Cruz, 2004)⁵. Informacje nt. roli analizy scenariuszy w zarządzaniu ryzykiem są dostępne także w sieci Internet⁶.

BIS proponuje w swoich wytycznych, by do modelowania grubych ogonów używać rozkładu lognormal do skutków (surowości) strat oraz rozkładu Poissona do częstotliwości strat. W literaturze przedmiotu proponuje się również zastosowanie stałych rozkładów Pareto oraz uogólnionych rozkładów Pareto do modelowania grubych ogonów⁷. Inną proponowaną metodą jest szacowanie grubych ogonów za pomocą metody próbkowania z nieparametrycznych rozkładów oszacowań (firma KPMG). Współzależności pomiędzy procesami modeluje się w szczególności stosując funkcję połączeń (łącznikową)⁸. Informacje na temat funkcji łącznikowej można znaleźć np. w (Nelsen, 1999) i (Aleksander, 2003)⁹.

Pozostałe metody

Metody analizy porównawczej

Metody analizy porównawczej określa się także jako benchmarking ilościowy lub jakościowy.

Benchmarking pozwala na porównywanie wewnętrznych rozwiązań danej organizacji z rozwiązaniami innych, które mają najlepsze wyniki lub wyznaczają kierunki rozwoju. Metodę tę stosuje się poprzez porównanie się z inną organizacją o podobnym profilu lub ze wzorcem opracowanym dla organizacji danego typu.

Zastosowanie benchmarkingu często prowadzi do wdrożenia nowej strategii i procedur innowacyjnych, natomiast nie jest sposobem wprowadzania pojedynczych usprawnień czy innowacji.

Metody oparte na zrównoważonej karcie wyników (ang. *balanced scorecard*)

Metody te ogólnie polegają na alokacji kapitału do poszczególnych jednostek biznesowych (organizacyjnych) przy uwzględnieniu poziomu ryzyka w danej jednostce. Metodę kart wyników oparto na pytaniach i wyliczeniach dotyczących ryzyka, koncentrujących się na głównych nośnikach ryzyka operacyjnego w poszczególnych kategoriach ryzyka.

Zrównoważoną kartę wyników (ZKW) stworzył Robert Kaplan i stała się jednym z najpopularniejszych

na świecie narzędzi wspomagających zarządzanie. Od początku lat 90. ubiegłego wieku ZKW wyznacza standardy pomiaru trudno mierzalnych aspektów funkcjonowania przedsiębiorstwa, takich jak kapitał intelektualny, obieg informacji i kultura organizacyjna, a ostatnio także ryzyko. Powyższe trudne do zmierzenia aspekty przedstawia się za pomocą liczb w czterech wymiarach:

- wskaźników finansowych,
- reakcji klientów i zaspokajania ich potrzeb,
- procesów w organizacji,
- zaangażowania i motywacji pracowników.

Nowa wersją zrównoważonej karty wyników są tzw. mapy strategiczne (ang. *strategy maps*). Powyższe podejście (ZKW) może wykorzystywać metody i techniki jakościowe (tzn. wewnętrzną ocenę, ankiety i moderowane warsztaty) i ilościowe (analizę statystyczną i analizę scenariuszy). Metoda ZKW powinna uwzględniać informacje dotyczące ryzyka, które są istotne dla poszczególnych rodzajów działalności, jak również dla ogólnych wyników lub wskaźników danej organizacji. Metoda kart wyników zapewnia zrównoważone podejście i umożliwia instytucjom ocenę, pomiar oraz monitorowanie ryzyka operacyjnego dzięki użyciu odpowiedniego zestawu technik i narzędzi.

Metody pomiaru ryzyka oparte na zrównoważonej (strategicznej) karcie wyników mogą być wykorzystywane w organizacjach, które stosują je do zarządzania strategicznego całą organizacją. W metodach tych „twarde” wskaźniki finansowe uzupełnia się „miękkimi” wskaźnikami niefinansowymi. Model oparty na podejściu „*scorecard*” jest w zasadzie jakościowy i zdania badaczy na temat jego użycia do budowy modeli są podzielone (Holmes, 2003). Praktyka pokazuje, że modele takie działają i mają dobre własności prognostyczne¹⁰. Wykorzystanie podejścia „*scorecard*” do pomiaru ryzyka operacyjnego opisał np. w T. Blunden¹¹.

Metody (*balanced scorecard*) są przykładem metod scoringowych (punktowych).

Metody oparte na metodyce *six sigma* (6 σ)

Metodyka *six sigma* umożliwia poprawę wyników finansowych przedsiębiorstwa dzięki planowaniu i kontrolowaniu przebiegu pracy. Zgodnie z zapowiedziami twórców tej metodyki, jak również na podstawie obserwacji praktyki, można stwierdzić, że:

- *Six sigma* umożliwia jednoczesne zwiększenie zysku i poprawę jakości.
- Metodyka „6 σ ” polega na krytycznej analizie działalności przedsiębiorstwa dokonywanej przez każdego pracownika.

⁵ R. Kühn, P. Neu: *Adequate Capital and Stress Testing for Operational Risks*. Cruz, 2004.

⁶ <http://www.glorimundi.org>.

⁷ A. Uzernobai, S. Racher: *Stable Modelling of Operational Risk*. W: Cruz, 2004.

⁸ K. Nystrom, J. Seglung: *Toward Operational Risk Management*. W: Cruz, 2004.

⁹ C. Alexander: *Statistical models of operational loss*. Person Education Limited, Wielka Brytania 2003.

¹⁰ C. V. Curie: *Basel II and Operational risk – An Overview*. W: Cruz, 2004.

¹¹ T. Blunden: *Scorecard approaches*. W: Alexander, 2003.

- Organizacja uczy się, w jaki sposób można zapobiegać wystąpieniu błędów u podstaw procesów.

- Biurokracja zostaje ograniczona dzięki zwiększeniu przejrzystości procesów, zwiększa się kreatywność pracowników oraz rośnie zadowolenie klientów z powodu otrzymywania produktu o lepszej jakości w krótszym czasie.

Pomiar jakości, jej kosztów oraz satysfakcji klienta opiera się na statystycznych metodach pomiaru i analizie. *Sigma* (σ) oznacza odchylenie standardowe od średniej wielkości badanego zbioru. Zapis 6σ oznacza, że w przedziale mieści się 99,9997% wszystkich elementów badanej zbiorowości. W praktyce oznacza to, że w zbiorze liczącym milion wyprodukowanych elementów tylko trzy są wadliwe.

Celem wprowadzenia tej koncepcji jest eliminacja błędów, jakie mogą wystąpić w każdej sferze działalności firmy, przy czym nie ma znaczenia jej wielkość ani charakter. Kontrolę poddaje się procesy, a nie produkty czy usługi. Twórcy teorii zauważają, że to produkty i usługi są wynikiem procesów. *Six sigma* nawiązuje do założeń systemu zarządzania jakością. Podejście *Six sigma* wyróżnia jednak to, że określa, identyfikuje i eliminuje ono defekty w toku wszystkich procesów w firmie (uzyskuje się to poprzez bezpośrednie powiązanie zmian z uzyskiwanymi wynikami, zmianami parametrow). Dotyczy ono poprawy konkretnego procesu, redukcji jego zmienności oraz ilościowej i ścisłej oceny jego działania.

Poprawę istniejącego procesu osiąga się, stosując model „Plan Poprawy 6σ ”:

- [D] Definiuj (ang. *define*) – określanie celów i ograniczeń, zidentyfikowanie zagadnień, którymi należy się zająć, aby osiągnąć wyższy poziom sigma (np. z 3 do 6σ).

- [M] Mierz (ang. *measure*) – zebranie informacji o obecnym stanie procesu, po to, by ustalić poziom odniesienia oraz rozpoznać skalę problemu.

- [A] Analizuj (ang. *analyse*) – wskazanie krytycznych przyczyn problemów z jakością oraz potwierdzenie (za pomocą odpowiednich analiz) ich wpływu na proces.

- [P] Poprawiaj (ang. *improve*) – wprowadzenie rozwiązania usuwającego analizowane wcześniej krytyczne problemy.

- [S] Sprawdzaj (ang. *control*) – sprawdzanie i monitorowanie wyników osiągniętych na poprzednim etapie.

- Dla nowych procesów stosuje się natomiast zmodyfikowany model „Plan Poprawy 6σ ”:

- [D] Definiuj – określanie celów i ograniczeń, zidentyfikowanie zagadnień, którymi należy się zająć, aby osiągnąć wyższy poziom sigma,

- [M] Mierz – koncentracja na ocenie potrzeb klienta czy rynku.

- [A] Analizuj – badanie różnych opcji procesu.

- [P] Projektuj (ang. *project*) – projektowanie procesu, aby spełniał oczekiwania klienta.

- [S] Testuj (ang. *test*) – testowanie zdolności procesu do spełniania wymagań postawionych w poprzednim etapie.

Prezentowany model opiera się na założeniach cyklu ciągłego doskonalenia, autorstwa E. Deminga. Proces doskonalenia w ramach *Six sigma* polega na pomiarze wartości, a nie wskaźników. Podstawowym narzędziem jest w tej metodzie benchmarking.

Przejście z poziomu sigma od wartości niższych do wyższych powoduje bardzo istotny wzrost jakości produktu czy usług, np. poziom $3,8\sigma$ (99%) oznacza brak elektryczności przez prawie 7 godzin każdego miesiąca, a poziom 6σ (99,99966%) oznacza godzinną przerwę w dostawie elektryczności w ciągu 34 lat.

Na początku metodykę zastosowano do produktów przemysłowych. Jej sukces spowodował, że zaczęto ją stosować także do poprawy jakości i efektywności usług.

Badania operacyjne

Badania operacyjne (ang. *operational research*) to dyscyplina naukowa związana z teorią decyzji, pozwalająca wyznaczyć metodę rozwiązania określonych problemów związanych z podjęciem optymalnych decyzji. Badania operacyjne możemy także określić jako zbiór metod matematycznych i statystycznych, obejmujących m.in.: programowanie matematyczne, zagadnienie transportowe, algorytmy sieciowe, zarządzanie projektem, teorię zapasów, teorię kolejek, proces Markowa, analizę szeregów czasowych, metody gradientowe. Historycznie badania operacyjne wywodzą się z dziedziny naukowego zarządzania, a obecnie przyjmuje się je za część teorii decyzji. Badania operacyjne zostały zapoczątkowane w czasie II wojny światowej w Stanach Zjednoczonych i Wielkiej Brytanii jako metody pozwalające podejmować lepsze decyzje związane z logistyką i planowaniem szkoleń. Po wojnie zaczęto z powodzeniem stosować metody badań operacyjnych do sprawnego zarządzania w przemyśle. Za ich pomocą rozwiązuje się w szczególności problemy dotyczące:

- alokacji kapitału,
- alokacji środków produkcji,
- zagadnienia transportowego,
- zarządzania zapasami surowców,
- zarządzania zapasami wyrobów gotowych,
- zagadnienia wymiany (problem taksówkarza),
- szeregowania zadań,
- zagadnienia masowej obsługi,
- podejmowania decyzji w warunkach ryzyka,
- podejmowania decyzji w warunkach niepewności,
- podejmowania decyzji w grze z wieloma graczami.

Metody badań operacyjnych, jak się wydaje, mogą także wspierać proces zarządzania ryzykiem operacyjnym. Pomimo braku kompletnych opracowań na temat zastosowania badań operacyjnych do wsparcia procesu

zarządzania ryzykiem operacyjnym można już wskazać pewne rezultaty podejmowanych prac z zakresu badań operacyjnych i systemowych, np. (Kulikowski i in., 2004; Banek, 2000)

Podsumowanie

Do wykorzystania powyższych metod niezbędne jest posiadanie danych; w zależności od ilości i jakości danych stosuje się odpowiednią metodę. W metodach tych można wykorzystywać dane z pomiaru, jeśli są dostępne, lub pochodzące od ekspertów. W niektórych przypadkach niekompletne bazy danych wewnętrznych uzupełnia się także danymi pozyskanymi z zewnętrznych baz. Korzystanie z baz zewnętrznych jest uzasadnione tym, że istnieje pewne prawdopodobieństwo zajścia w danej organizacji zdarzeń, które wystąpiły w innych organizacjach.

Metody zaprezentowane w niniejszym artykule opierają się na założeniu posiadania danych o stratach. W praktyce jednak brakuje na razie baz danych o odpowiedniej jakości i wiarygodności. Proces pozyskiwania danych sprawia zatem i w najbliższej przyszłości prawdopodobnie będzie jeszcze sprawiał, duże trudności.

W przypadku ryzyka operacyjnego, a także innych kategorii ryzyka zaleca się stosowanie dodatkowo analizy czynnikowej (np. metody składowych głównych) dla zmniejszenia liczby rozpatrywanych czynników ryzyka.

Literatura przedmiotu oraz praktyka wskazują, że w obecnej sytuacji tylko podejście ilościowo-jakościowe zapewnia efektywną kontrolę ryzyka operacyjnego (z powodu słabej jakości dostępnych danych o zdarzeniach operacyjnych). Jednym z ważniejszych elementów jakościowych zarządzania ryzykiem operacyjnym jest tzw. kultura ryzyka w organizacji. Dobrze wyszko-

lona i poinformowana kadra, która identyfikuje się z organizacją, jest jednym z głównych środków ograniczających ryzyko operacyjne. Podejście jakościowe ma na celu głównie stopniowe usprawnianie procesów i zmniejszanie strat. Wiele organizacji ma obecnie swoje systemy zarządzania ryzykiem operacyjnym oparte na podejściu jakościowym (samoocena, analiza scenariuszy); jest to podejście do zarządzania ryzykiem typu „bottom-up”.

Podobnie powszechnie uważa się, że w zarządzaniu ryzykiem organizacyjnym należy uwzględniać dane na temat strat operacyjnych.

W literaturze proponuje się oparcie szacowania niektórych kategorii ryzyka operacyjnego na modelach ekonometrycznych (np. tzw. ryzyko katastroficzne).

Przykłady zastosowań systemów zarządzania ryzykiem opisane w literaturze (np. Gruz, 2004) świadczą jednak o dużych trudnościach z budową takich systemów, zwłaszcza z wykorzystaniem ilościowych metod pomiaru ryzyka. Silna presja na środowisko naukowe w zakresie opracowania ilościowych metod pomiaru ryzyka operacyjnego oraz rzeczywista potrzeba wykorzystania takich metod w biznesie powodują podjęcie działań na szeroką skalę. Wiele pojawiających się trudności każe jednak przypuszczać, że metody te nie trafią szybko do menedżerów ryzyka.

Obecny stan badań i ich rezultaty w zakresie ilościowych metod pomiaru ryzyka operacyjnego przedstawione w niniejszym artykule zostały potwierdzone w czasie konferencji OpRiskEurope 2005.

Można zauważyć tendencję do budowania skomplikowanych i zaawansowanych systemów zarządzania ryzykiem. Jeśli jednak nie będą one wykorzystywane w procesie podejmowania decyzji, to tak naprawdę nie wzmocnią procesu zarządzania organizacją, a ich rola będzie drugorzędna.

Literatura

1. C. Alexander i in.: *Operational Risk, Regulation, Analysis and Management*. Person Education Limited, Wielka Brytania 2003.
2. T. Bałamut: *Metody estymacji Value at Risk* Warszawa 2002 NBP Materiały i Studia, Zeszyt nr 147.
3. T. Banek: *Rachunek ryzyka*. Lublin 2000 CBS WSZiA w Zamościu.
4. A. Bilotta, P. Gindici: *Modelling Operational Losses: a Bayesian Approach*, Quality and reliability engineering international, forthcoming, 2004.
5. M. Cruz (red.): *Operational Risk Modelling and Analysis, Theory and Practice*. London 2004 Incisive Media Investments Limited.
6. Cz. Domański, K. Pruska: *Nieklasyczne metody statystyczne*. Warszawa 2000 Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
7. K. Dowd: *Beyond Value at Risk: The New Science of Risk Management*. John Wiley & Sons, Chichester 1998.
8. B. Efron, J.R. Tibshirani: *An Introduction to the Bootstrap*. CRC Press, 1994.
9. B. Holmes: *Measuring Operational Risk: A reality check*. „Risk” 16 (9), 2003.

10. G.M. Kendall, R.W. Buckland: *Słownik terminów statystycznych*. Warszawa 1986 PWE.
11. L.J. King: *Operational Risk: Measurement and Modelling*. John Wiley & Sons Limited, Chichester, London 2001
12. R. Kulikowski, J. Kacprzyk: R. Słowiński: *Badania operacyjne i systemowe. Podejmowanie decyzji. Podstawy metodyczne i zastosowania*. Warszawa 2004 EXIT.
13. G. Lisowski: *Metody ilościowe*. W: *Encyklopedia socjologii*. T. 2, Warszawa 1999 Oficyna Wydawnicza.
14. M. Lore, L. Borodovsky: *The Professional's Handbook of Financial Risk Management*. Oxford 2000 Butterworth-Heinemann.
15. M. B. Miles, A. M. Huberman: *Analiza danych jakościowych*. Białystok 2000 Trans Humana Wydawnictwo Uniwersyteckie.
16. B. R. Nelsen: *An Introduction to Copulas*. New York 1999 Springer Verlag.
17. K. Nystrom, J. Skoglund: *A Framework for Scenariobased Risk Management*, <http://www.glorimundi.org>.
18. J. Orzeł: *Jakościowe metody analizy ryzyka operacyjnego reprezentowane ilościowo w przyjętej skali liczbowej, w: Analiza systemowa w finansach i zarządzaniu. Wybrane problemy*. Tom 6. Praca pod red. J. Hołubiec. Warszawa 2004 Exit, Instytut Badań Systemowych PAN.
19. S. J. Press: *Subjective and objective Bayesian Statistics, Principles, Models, and Applications*. Hoboken, New Jersey 2003, John Wiley & Sons, Inc.
20. E. Szafarczyk: *Metoda Value at Risk*. Warszawa 2001 NBP, Materiały i Studia, Zeszyt nr 132.
21. D. Vose: *Risk analysis. A quantitative guide*. Menchester, Wielka Brytania 2000 John Wiley & Sons, Ltd.
22. T. Wilson: *Calculating risk capital*. W: C. Alexander (red): *Handbook of Risk management and Analysis*. Chichester: Wiley, 1996
23. OpRisk Europe 2005. Materiały z konferencji, Londyn, 15-17 marca 2005.
24. Rekomendacja M dotycząca zarządzaniem ryzykiem operacyjnym w bankach, GINB, Warszawa 2004.
25. Sound Practices for the Management and Supervision of Operational Risk, Bank for International Settlements, Basel Committee on Banking Supervision, February 2003.
26. The New Basel Capital Accord, Basel Committee on Banking Supervision, maj 2004.