

PRACE NAUKOWE

Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

Nr 365

Zarządzanie finansami firm – teoria i praktyka

Redaktorzy naukowi
Adam Kopiński
Tomasz Słoński



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2014

Redakcja wydawnicza: Barbara Majewska
Redakcja techniczna i korekta: Barbara Łopusiewicz
Łamanie: Małgorzata Czupryńska
Projekt okładki: Beata Dębska

Publikacja jest dostępna w Internecie na stronach:
www.ibuk.pl, www.ebscohost.com,
w Dolnośląskiej Bibliotece Cyfrowej www.dbc.wroc.pl,
The Central and Eastern European Online Library www.ceeol.com,
a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych BazEkon
http://kangur.uek.krakow.pl/bazy_ae/bazekon/nowy/index.php

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania
znajdują się na stronie internetowej Wydawnictwa
www.wydawnictwo.ue.wroc.pl

Kopiowanie i powielanie w jakiegokolwiek formie
wymaga pisemnej zgody Wydawcy

© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wrocław 2014

ISSN 1899-3192
ISBN 978-83-7695-407-3

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk i oprawa:
EXPOL, P. Rybiński, J. Dąbek, sp.j.
ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek

Spis treści

Wstęp	9
Krystyna Brzozowska: Rozwój partnerstwa publiczno-prywatnego w Europie: przeszłość, stan obecny, przyszłość	11
Dorota Ciesielska, Maciej Fraszcak: Polish Foreign Direct Investments in the light of the Investment Development Path Paradigm	21
Piotr Figura: Wartości wskaźników płynności finansowej ponadprzeciętnie rentownych przedsiębiorstw z sektora MSP	41
Tamara Galbarczyk, Bożena Oleszko-Kurzyna: Finansowanie inwestycji ekologicznych w Polsce	54
Jan Kaczmarzyk: Testowanie reakcji przedsiębiorstwa na ryzyko kursowe z wykorzystaniem metod Monte Carlo	65
Arkadiusz Kijek: Analiza zmienności indeksów branżowych GPW w Warszawie przy zastosowaniu modelu GARCH BEKK	80
Jerzy Kitowski: Metodyczne aspekty ujęcia płynności finansowej w metodach oceny kondycji finansowej przedsiębiorstwa	90
Marita Koszarek: Supporting the development of clusters in Poland – dilemmas faced by public policy	103
Waldemar Kozłowski: Ocena inwestycji infrastrukturalnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju	113
Marzena Krawczyk: Współmierność systemów: rachunkowości zarządczej i audytu wewnętrznego w usprawnianiu procesu zarządzania ryzykiem strategicznym	124
Justyna Kujawska: Struktura wydatków publicznych na opiekę zdrowotną w Polsce w latach 1991-2012	134
Bogdan Ludwiczak: Ilościowa ocena ryzyka operacyjnego w praktyce bankowej	144
Jarosław Mielcarek: Analiza projektu farmy wiatrowej za pomocą rachunku kosztów docelowych	155
Grzegorz Mikołajewicz: Determinanty siły fundamentalnej przedsiębiorstwa	173
Jerzy Różański: Foreign direct investment and the world economic crisis....	186
Elżbieta Rychłowska-Musiał: Optymalny udział menedżera we własności spółki i koszt długu. Perspektywa teorii agencji	196
Vitaliy Rysin, Yurii Kozlovskiy: Resource policy of Ukrainian banks in relationships with non-financial corporation: practical aspects	207

Dariusz Siudak: Ocena wpływu rodzaju sektora gospodarczego na proces migracji wartości przedsiębiorstw	219
Magdalena Sobocińska-Maciejewska: Partnerstwo publiczno-prywatne jako źródło finansowania innowacji realizowanych w systemie zamówień publicznych	234
Katarzyna Sokółowska, Aldona Uziębło: Statyczne mierniki płynności finansowej – przydatność i ograniczenia	245
Anna Spoz: A look at e-invoices from enterprises' and government's perspective	254
Wacława Starzyńska: Projekty hybrydowe w Polsce realizowane w formule PPP przy zastosowaniu trybów zamówień publicznych	265
Aleksandra Szpulak: Inwestycje w operacyjny kapitał obrotowy netto w rachunku przepływów pieniężnych	276
Joanna Świdarska: Wykup lewarowany – możliwości i ograniczenia finansowania	293
Grzegorz Wesółowski: Subwencja ogólna jako źródło dochodów powiatów województwa lubelskiego	302

Summaries

Krystyna Brzozowska: PPP development in Europe: past, current state and future	20
Dorota Ciesielska, Maciej Frąszczak: Polskie zagraniczne inwestycje bezpośrednie w świetle paradygmatu rozwoju inwestycji	40
Piotr Figura: Values of financial liquidity ratios for small and medium enterprises with above-average profitability	53
Tamara Galbarczyk, Bożena Oleszko-Kurzyna: Financing of environmental investments in Poland	64
Jan Kaczmarzyk: Testing enterprise reaction to currency risk using Monte Carlo methods	79
Arkadiusz Kijek: Analysis of volatility linkages among sector indices of Warsaw Stock Exchange by GARCH BEKK model	89
Jerzy Kitowski: Methodological aspects of approach to liquidity in methods for assessing financial standing of an enterprise	102
Marita Koszarek: Wspieranie rozwoju klastrów w Polsce – dylematy polityki publicznej	112
Waldemar Kozłowski: Evaluation of infrastructure investment in view of sustainable development	123
Marzena Krawczyk: Adequacy of managerial accounting and internal auditing systems in the improvement of the process of strategic risk management	133

Justyna Kujawska: The structure of public expenditures on healthcare in Poland in the years 1991-2012	143
Bogdan Ludwiczak: A quantitative approach for the measurement of operational risk in banking practice	154
Jarosław Mielcarek: Analysis of wind farm project with target costing	172
Grzegorz Mikołajewicz: The determinants of the fundamental strength of the company	185
Jerzy Różański: Bezpośrednie inwestycje zagraniczne a światowy kryzys gospodarczy	195
Elżbieta Rychłowska-Musiał: The optimal level of managerial ownership and debt cost. An agency theory perspective	206
Vitaliy Rysin, Yurii Kozlovskiy: Polityka kapitałowa banków ukraińskich realizowana przy współpracy z korporacjami niefinansowymi: aspekty praktyczne	218
Dariusz Siudak: The assessment of the industrial sector impact on the process of firms value migration	233
Magdalena Sobocińska-Maciejewska: Public-private partnership as a source of financing innovation realized in the system of public procurement	244
Katarzyna Sokółowska, Aldona Uziębło: Static gauges of the financial liquidity – usefulness and restrictions	253
Anna Spoz: E-faktury – spojrzenie z perspektywy mikro i makro	264
Wacława Starzyńska: Hybrid projects realized within the framework of PPP and public procurement systems in Poland	275
Aleksandra Szpulak: Net investments in the operating working capital within the cash flows workshop	292
Joanna Świdorska: Leveraged buyout – financing possibilities and limitations	301
Grzegorz Wesółowski: General subsidy as a source of incomes for counties of Lublin Voivodeship	312

Jan Kaczmarzyk

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

e-mail: jan.kaczmarzyk@ue.katowice.pl

TESTOWANIE REAKCJI PRZEDSIĘBIORSTWA NA RYZYKO KURSOWE Z WYKORZYSTANIEM METOD MONTE CARLO

Streszczenie: Podejmowanie reakcji w związku z ekspozycją na ryzyko kursowe może polegać między innymi na transferze ryzyka na rzecz innego podmiotu gospodarczego. Transfer odbywa się za pośrednictwem instrumentów pochodnych, najczęściej opcji walutowych. W zależności od sytuacji, można wykorzystać proste lub złożone strategie zabezpieczające. Rozwiązania złożone zakładają jednoczesne wystawienie i zakup kilku opcji walutowych. Część rozwiązań może mieć charakter toksyczny i wiązać się dla przedsiębiorstwa ze zwiększeniem ekspozycji na ryzyko kursowe. Strategie zabezpieczające można testować poprzez zastosowanie metod symulacyjnych z grupy Monte Carlo. Podejście symulacyjne w sposób przejrzysty i sugestywny wskazuje charakter testowanej strategii zabezpieczającej bezpośrednio na podstawie rozkładu prawdopodobieństwa kategorii finansowej podlegającej ochronie.

Słowa kluczowe: finanse przedsiębiorstwa, ryzyko finansowe, zabezpieczanie ryzyka, Monte Carlo.

DOI: 10.15611/pn.2014.365.05

1. Wstęp

Przedsiębiorstwo niefinansowe, funkcjonujące w zmiennym otoczeniu, narażone jest na wiele rodzajów ryzyka finansowego. Należności i zobowiązania denominowane w walutach obcych eksponują działalność przedsiębiorstwa na ryzyko kursowe zaliczane do ryzyka rynkowego. W ramach zarządzania ryzykiem rynkowym przedsiębiorstwo może rozważyć różne ewentualne reakcje. W przypadku ryzyka rynkowego działanie ochronne polega przede wszystkim na jego transferze na rzecz innego podmiotu gospodarczego, stanowiącego najczęściej przedsiębiorstwo finansowe. Transfer odbywa się za pośrednictwem instrumentów pochodnych.

Katalog potencjalnych strategii zabezpieczających należy postrzegać jako nieograniczony, ze szczególnym uwzględnieniem złożonych rozwiązań, wykorzystujących więcej niż jeden instrument pochodny. Złożone strategie mogą stanowić zatem

istotne zagrożenie. Racjonalnym zachowaniem przedsiębiorstwa w konsekwencji jest każdorazowe dążenie do oceny efektywności rozważanej reakcji na ryzyko – przed podjęciem ostatecznej decyzji.

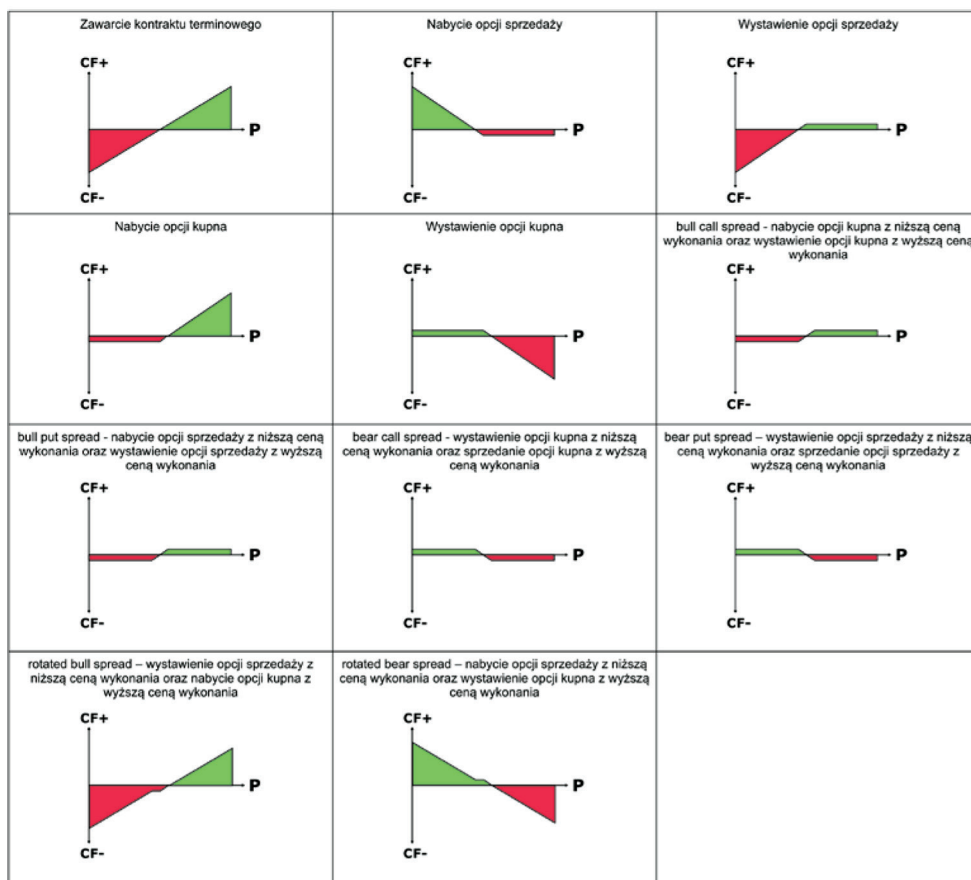
Kursy walutowe w przyszłości (podobnie jak inne kategorie ryzyka rynkowego) cechują zawsze pewne rozkłady prawdopodobieństwa, które bezpośrednio determinują rozkłady prawdopodobieństwa należności i zobowiązań denominowanych w walutach obcych. Efektywna strategia zabezpieczająca ryzyko kursowe powinna prowadzić do korzystnych zmian w rozkładzie prawdopodobieństwa należności i zobowiązań, polegających na korzystnym przesunięciu lub ograniczeniu przedziału zmienności w przyszłości. Testowanie reakcji na ryzyko przy założeniu, iż czynnik ryzyka charakteryzuje określony rozkład prawdopodobieństwa, można przeprowadzić wykorzystując metody symulacyjne z grupy Monte Carlo. Podstawowym problemem jest jednak określenie rozkładu prawdopodobieństwa kursu walutowego w dowolnym horyzoncie czasowym. Elastycznym rozwiązaniem może być skorzystanie z założenia o geometrycznym ruchu Browna dla kursu walutowego.

Celem artykułu jest weryfikacja możliwości testowania reakcji na ryzyko kursowe z wykorzystaniem metod Monte Carlo przy założeniu, że analiza rozkładu prawdopodobieństwa kategorii finansowej narażonej na ryzyko kursowe, skorygowanej o przepływy pieniężne powstające w związku ze strategią zabezpieczającą, umożliwia identyfikację jej faktycznego charakteru. Cel ten zostanie osiągnięty poprzez testowanie wybranych strategii zabezpieczających.

2. Testowanie reakcji na ryzyko kursowe a metody Monte Carlo

Przedsiębiorstwo może sterować ryzykiem kursowym za pośrednictwem instrumentów pochodnych obejmujących przede wszystkim kontrakty terminowe i opcje. Prawidłowo działający mechanizm zabezpieczający wyzwala strumień pieniężny korygujący niepożądaną zmianę kursu walutowego (indeksu podstawowego) (rys. 1). Zakładając, iż zasadniczym symptomem ryzyka kursowego jest zmienność, można przyjąć, że podstawową funkcją instrumentów pochodnych powinna być możliwość korekcji przedziału zmienności. Należy jednocześnie zaznaczyć, że rynek instrumentów pochodnych nie daje nieograniczonych możliwości, tym samym sposobność sterowania ryzykiem podlega pewnym ograniczeniom, w tym przede wszystkim, ograniczeniom po stronie podaży.

Kontrakt terminowy umożliwi uzgodnienie kursu walutowego w przyszłości. Każda ze stron posiada obowiązek rekompensaty niekorzystnej zmiany indeksu podstawowego na rzecz drugiej w czasie trwania kontraktu (kontrakt terminowy futures) lub w dniu jego zakończenia (kontrakt terminowy forward) [Jajuga 2007, s. 78-83]. Nabywca kontraktu terminowego (strona długa kontraktu) zawsze zabezpiecza się przed wzrostem indeksu podstawowego powyżej ceny kontraktu, natomiast sprzedawca (strona krótka kontraktu) – przed spadkiem.



Rys. 1. Przepływy pieniężne generowane przez wybrane strategie zabezpieczające

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Jajuga, Jajuga 2012, s. 322-327; Dębski 2014, s. 463-483; Hull 1999].

Opcja wiąże się zawsze z obowiązkiem strony krótkiej i prawem strony długiej, przy czym strona długa płaci za uzyskane prawo premię opcyjną stronie krótkiej. Opcja kupna (*call*) w przypadku kursu walutowego daje prawo stronie długiej do kupna waluty po z góry ustalonym kursie wykonania (*strike*) w przyszłości. Nabycie opcji kupna zabezpiecza przedsiębiorstwo przed wzrostem kursu walutowego powyżej kursu wykonania. Opcja sprzedaży (*put*) daje stronie długiej prawo do sprzedaży waluty po z góry ustalonym kursie wykonania w przyszłości. Nabycie opcji sprzedaży zabezpiecza przedsiębiorstwo przed spadkiem kursu walutowego poniżej kursu wykonania [Hull 1999, s. 4]. W konsekwencji działaniem racjonalnym w przypadku kategorii finansowych denominowanych w walucie obcej jest nabywanie opcji sprzedaży przy zabezpieczaniu należności oraz opcji kupna przy zabezpieczaniu zobowiązań.

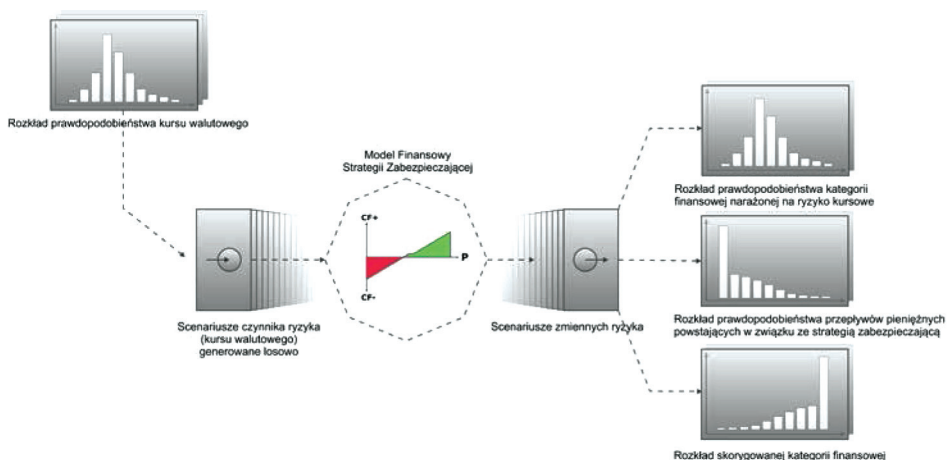
Przedsiębiorstwo może ograniczyć premię opcyjną poprzez równoległe wystawienie jednej lub kilku opcji. Podstawowe strategie zabezpieczające zakładają wystawienie jednej dodatkowej opcji i obejmują między innymi: bull call spread, bull put spread, bear call spread, bear put spread, rotated bull spread, rotated bear spread [Jajuga, Jajuga 2012, s. 322-327]. Wystawienie więcej niż jednej dodatkowej opcji może wiązać się dla przedsiębiorstwa z ponadproporcjonalnym obowiązkiem względem instytucji finansowej. Dodatkowo, jeśli zastosowana zostanie bariera ograniczająca jej obowiązki, strategia może jedynie sprawiać wrażenie zabezpieczającej, stając się dla przedsiębiorstwa dalece toksycznym rozwiązaniem [Andrzejewski 2009, s. 5].

Rozważając kategorię kursu walutowego (podobnie jak inne kategorie ryzyka rynkowego) na określony moment w przyszłości, należy stwierdzić, iż zawsze charakteryzuje się on pewnym rozkładem prawdopodobieństwa, przy czym nie jest to rozkład jednostajny. Zmiany kursu walutowego (dziennie, tygodniowe, miesięczne) mają z reguły rozkład prawdopodobieństwa podobny do rozkładu normalnego, tym samym przyjmując, iż kurs walutowy cechuje geometryczny ruch Browna, można oczekiwać, że jego rozkład w przyszłości może być bliski rozkładowi logarytmiczno-normalnemu [Glasserman 2004, s. 94; Barczak, Tworek (red.) 2013, s. 43]. Zasadne wydaje się w konsekwencji postrzeganie strategii zabezpieczającej ryzyko kursowe przez pryzmat rozkładu prawdopodobieństwa kursu walutowego. Biorąc pod uwagę, iż strategie zabezpieczające ryzyko kursowe wiążą się z powstawaniem przepływów pieniężnych o charakterze korygującym, należy stwierdzić, iż kluczowe dla oceny efektywności będzie zestawienie rozkładu prawdopodobieństwa kategorii finansowej podlegającej zabezpieczeniu z rozkładem prawdopodobieństwa skorygowanej kategorii finansowej¹.

Testowanie strategii zabezpieczającej kurs walutowy (czynnik ryzyka) można przeprowadzić, o ile opracowany zostanie model finansowy umożliwiający obliczenie przepływów pieniężnych generowanych przez zabezpieczenie dla zadanego poziomu kursu walutowego oraz wartości zabezpieczanej kategorii finansowej przed i po korekcie (zmiennych ryzyka). Zastosowanie metod symulacyjnych z grupy Monte Carlo polega na losowym generowaniu scenariuszy czynnika ryzyka, które są przetwarzane w modelu finansowym strategii zabezpieczającej w celu uzyskania odpowiadających im scenariuszy zmiennych ryzyka (rys. 2).

Rozwinięciem proponowanego podejścia jest zintegrowanie modelu finansowego strategii zabezpieczającej w modelu finansowym działalności gospodarczej przedsiębiorstwa, stanowiącego najczęściej prognozowane sprawozdanie finansowe proforma. Integracja modelu przy zastosowaniu metod Monte Carlo pozwala z jednej

¹ Rozkład kategorii finansowej podlegającej zabezpieczeniu należy utożsamiać np. z rozkładem prawdopodobieństwa cechującym należności lub zobowiązania na określony moment w przyszłości. Można je ustalić, o ile znany jest rozkład kursu walutowego na ten moment. Rozkład skorygowanej kategorii finansowej należy traktować jako rozkład należności lub zobowiązań skorygowanych o przepływy pieniężne, które mogą powstać w związku z daną strategią zabezpieczającą.



Rys. 2. Testowanie strategii zabezpieczającej z wykorzystaniem metod Monte Carlo

Źródło: opracowanie własne.

strony na uwzględnienie jednoczesnych, nieliniowych i współzależnych zmian pozostałych czynników ryzyka. Z drugiej strony możliwe jest również rozważenie kategorii i wskaźników finansowych syntetyzujących obraz działalności gospodarczej. Niezależnie od rodzaju modelu finansowego stosowanego w testowaniu reakcji na ryzyko kursowe należy stwierdzić, iż podstawowym problemem jest ustalenie rozkładu prawdopodobieństwa charakteryzującego kurs walutowy w wybranym horyzoncie czasowym.

3. Rozkład prawdopodobieństwa kursu walutowego w wybranym horyzoncie czasowym

Analizy ryzyka wykorzystujące metody Monte Carlo bazują na jakości sformułowanych założeń dotyczących czynników ryzyka. Ustalenie rozkładu prawdopodobieństwa może odbywać się:

- obiektywnie, poprzez dopasowanie teoretycznego rozkładu prawdopodobieństwa do rozkładu empirycznego ustalonego na podstawie danych historycznych,
- subiektywnie, poprzez ustalenie teoretycznego rozkładu prawdopodobieństwa na podstawie opinii eksperckiej,
- quasi-obiektywnie, poprzez dopasowanie teoretycznego rozkładu prawdopodobieństwa do rozkładu empirycznego, a następnie ekspercką modyfikację jego parametrów, gdy adekwatność danych historycznych jest wątpliwa.

W przypadku ryzyka kursowego codzienne dane historyczne są powszechnie dostępne, stąd zasadny jest obiektywny lub quasi-obiektywny dobór rozkładu. Dopasowanie rozkładu umożliwiającą narzędzia statystyczne obejmujące statystyki jako-

ści dopasowania oraz kryteria informacyjne [Vose 2008, s. 283-295]. Dane dzienne można filtrować uzyskując częstotliwość tygodniową, miesięczną czy kwartalną. Im rzadsze rozważane zmiany, tym mniej liczna statystycznie próba, na podstawie której można dokonać dopasowania. Sytuacja komplikuje się, jeśli dodatkowo formułowane jest założenie, iż rozkład dopasowany zostanie na podstawie danych obejmujących pewien szczególny okres (np. kryzysu finansowego)².

Jednym z rozwiązań może być przyjęcie założenia, iż kursy walutowe zmieniają się zgodnie z geometrycznym ruchem Browna (GBM)³. Koncepcja GBM wywodzi się z założenia, iż zmiany względne, proste i logarytmiczne (1) kursu walutowego P z okresu t na okres $t+1$ są niezależne [Glasserman 2004, s. 93].

$$\frac{P_2 - P_1}{P_1}, \frac{P_3 - P_2}{P_2}, \dots, \frac{P_{t+1} - P_t}{P_t} \quad (1)$$

$$\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right), \ln\left(\frac{P_3}{P_2}\right), \dots, \ln\left(\frac{P_{t+1}}{P_t}\right)$$

Zgodnie z GBM kurs walutowy (lub inny czynnik ryzyka rynkowego) w okresie prognozowanym P_{t+1} ustalany jest przy założeniu kapitalizacji ciągłej na podstawie okresu poprzedzającego P_t (2) [Vose 2008, s. 329; Wilmott 2006, s. 85; Barczak, Tworek (red.) 2013, s. 180].

$$P_{t+T} = P_t \exp\left[Normal\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T, \sigma\sqrt{T}\right)\right], \quad (2)$$

gdzie: $Normal()$ – rozkład normalny, μ – dryf, σ – zmienność, T – interwał pomiędzy okresami (jeżeli dane są regularne $T=1$).

$$m = \left[\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right]T, v = \sigma^2T, \quad (3)$$

gdzie: m – średnia arytmetyczna rozkładu empirycznych logarytmicznych zmian kursu walutowego, v – wariancja rozkładu empirycznych logarytmicznych zmian kursu walutowego.

Stosując koncepcję GBM, można ustalić rozkład kursu walutowego na dowolny moment w przyszłości, za pomocą między innymi mechanizmu metod Monte Carlo. Parametry GBM – dryf (μ) i zmienność (σ) – ustala się na podstawie danych historycznych (3) [Brigo i in. 2007, s. 9; Barczak, Tworek (red.) 2013, s. 43]. W pierwszej kolejności w arkuszu kalkulacyjnym należy wygenerować odpowiednio dużą liczbę

² Przykładowo, jeżeli formułowany byłby rozkład prawdopodobieństwa dla półrocznych zmian PLN/EUR, okazałoby się, iż w najlepszym przypadku próba statystyczna obejmuje około 60 zmian od 1984 roku (stooq.pl).

³ Koncepcja GBM leży między innymi u podstaw modelu Blacka-Scholes'a służącego do wyceny opcji [Black, Scholes, 1973, s. 640; Lu 2011, s. 4].

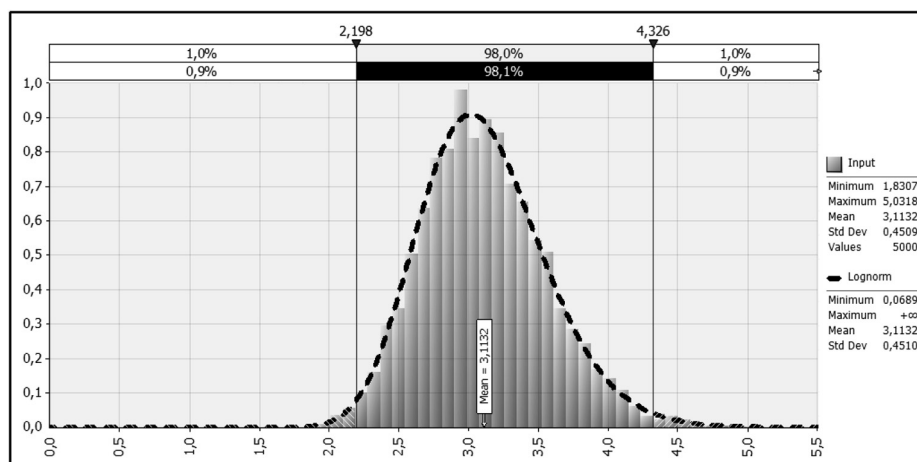
scenariuszy kursu walutowego na wybrany moment w przyszłości, wykorzystując wbudowaną funkcję odwrotną rozkładu normalnego (rys. 3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	BC
1														
2		P_0	3,10 zł				$P_{t+1} = P_t \exp \left[\text{rozkł. norm. odwr} \left(\ln 0; \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right); \sigma \right) \right]$							
3		m	-0,0096% μ		0,0097%									
4		v	0,0385% σ		1,9631%									
5			P_{10}	P_{11}	P_{12}	P_{13}								
6	Scenariusz 1	3,10 zł	3,10 zł	3,11 zł	3,10 zł	3,07 zł	3,16 zł	3,23 zł	3,17 zł	3,19 zł	3,21 zł	3,20 zł	3,28 zł	
7	Scenariusz 2	3,10 zł	3,14 zł	3,17 zł	3,14 zł	3,11 zł	3,02 zł	3,02 zł	3,02 zł	3,10 zł	3,12 zł	3,19 zł	3,57 zł	
8	Scenariusz 3	3,10 zł	3,02 zł	3,03 zł	3,05 zł	3,01 zł	2,95 zł	2,83 zł	2,82 zł	2,90 zł	2,85 zł	2,88 zł	3,00 zł	
9	Scenariusz 4	3,10 zł	3,11 zł	3,15 zł	3,09 zł	3,12 zł	3,16 zł	3,14 zł	3,22 zł	3,21 zł	3,12 zł	3,13 zł	3,35 zł	
10	Scenariusz 5	3,10 zł	3,05 zł	2,96 zł	3,04 zł	2,99 zł	3,06 zł	3,05 zł	2,96 zł	2,99 zł	2,96 zł	2,97 zł	3,04 zł	
5001	Scenariusz 4996	3,10 zł	3,00 zł	3,00 zł	3,08 zł	3,06 zł	3,15 zł	3,20 zł	3,10 zł	3,12 zł	3,11 zł	3,06 zł	3,24 zł	
5002	Scenariusz 4997	3,10 zł	3,15 zł	3,25 zł	3,26 zł	3,14 zł	3,26 zł	3,20 zł	3,24 zł	3,15 zł	3,26 zł	3,36 zł	3,34 zł	
5003	Scenariusz 4998	3,10 zł	3,10 zł	3,11 zł	3,19 zł	3,15 zł	3,14 zł	3,07 zł	3,05 zł	3,13 zł	3,25 zł	3,31 zł	2,96 zł	
5004	Scenariusz 4999	3,10 zł	3,18 zł	3,27 zł	3,25 zł	3,32 zł	3,44 zł	3,50 zł	3,45 zł	3,54 zł	3,63 zł	3,62 zł	3,90 zł	
5005	Scenariusz 5000	3,10 zł	3,14 zł	3,16 zł	3,07 zł	3,09 zł	3,18 zł	3,17 zł	3,18 zł	3,18 zł	3,19 zł	3,22 zł	3,30 zł	

Rys. 3. Ustalenie rozkładu prawdopodobieństwa kursu USD/PLN w koncepcji GBM w horyzoncie 1 roku na podstawie danych tygodniowych (834 tygodnie, od 12 września 1997 r. do 30 sierpnia 2013 r.).

Źródło: opracowanie własne.

Wygenerowane na wybrany moment scenariusze tworzą rozkład prawdopodobieństwa, który zgodnie z mechanizmem GBM będzie (rys. 4) rozkładem logarytmiczno-normalnym [Barczak, Tworek (red.) 2013, s. 43; Glasserman 2004, s. 94-95].



Rys. 4. Rozkład prawdopodobieństwa kursu USD/PLN (f. gęstości) w koncepcji GBM w horyzoncie 1 roku na podstawie danych tygodniowych (834 tygodnie, od 12 września 1997 r. do 30 sierpnia 2013 r.).

Źródło: opracowanie własne.

Przejrzystość podejścia symulacyjnego jest jego bezdyskusyjną zaletą, należy jednak zwrócić uwagę, że wartość oczekiwaną i wariancję kursu walutowego

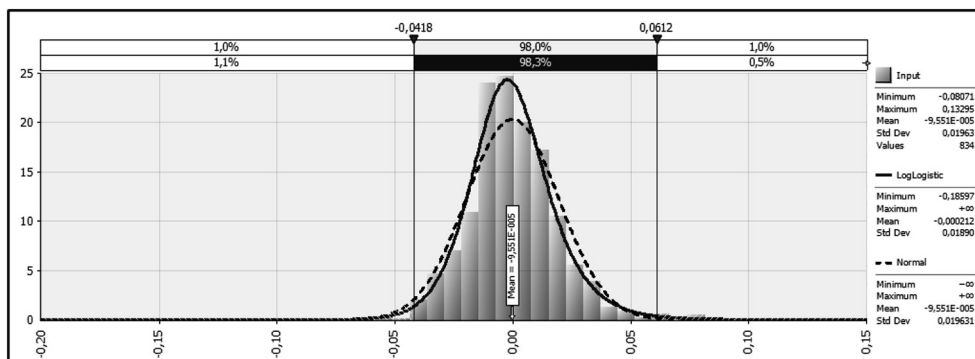
na dany moment w przyszłości można ustalić wykorzystując odpowiedni wzór (4) [Glasserman 2004, s. 95].

$$E(P_{t+T}) = P_t \exp(\mu T), \quad (4)$$

$$V(P_{t+T}) = \exp(2\mu T) P_t^2 [\exp(\sigma^2 T) - 1],$$

gdzie: $E(P_{t+T})$ – wartość oczekiwana kursu walutowego po interwale T , $V(P_{t+T})$ – wariancja kursu walutowego po interwale T .

Można rozważyć założenie, iż zmiany kursu walutowego z okresu na okres (1) następują zgodnie z najlepiej dopasowanym (a nie normalnym) rozkładem prawdopodobieństwa. Dopasowanie przeprowadza się wówczas z wykorzystaniem statystyk jakości dopasowania (CHI^2 , Kołmogorowa-Smirnowa, Andersona-Darlinga), kryteriów informacyjnych (Schwarza, Akaike, Hannana) lub graficznych zestawień typu dystrybuanta-dystrybuanta czy kwantyl-kwantyl na podstawie logarytmicznych zmian czynnika ryzyka rynkowego (rys. 5).



Rys. 5. Rezultat dopasowania rozkładu prawdopodobieństwa (f. gęstości) do tygodniowych logarytmicznych zmian kursu USD/PLN – statystyka Kołmogorowa-Smirnowa (834 tygodnie, od 12 września 1997 r. do 30 sierpnia 2013 r.)

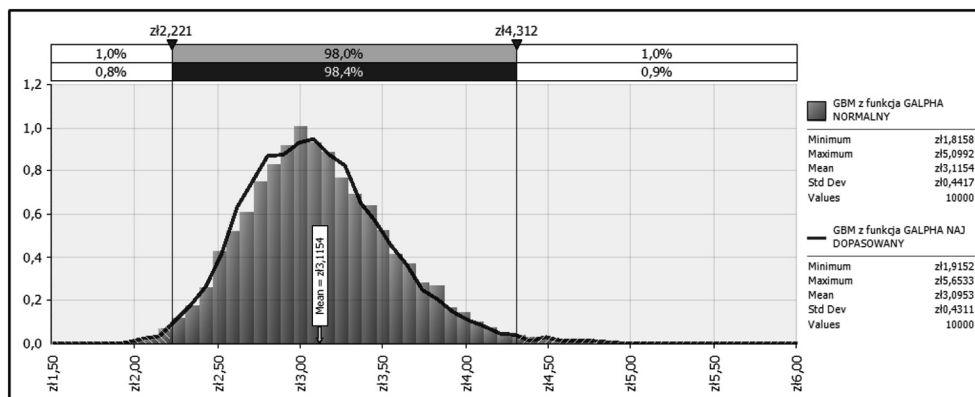
Źródło: opracowanie własne.

W przypadku kursów walutowych rozkład logistyczny lub logarytmiczno-logistyczny zmian dziennych czy tygodniowych jest dosyć częstym zjawiskiem. Biorąc pod uwagę, iż GBM zakłada logarytmiczne zmiany czynnika ryzyka rynkowego (w tym kursu walutowego) – uniwersalny zapis modelu GBM można przedstawić, stosując jedynie funkcję odwrotną do funkcji dystrybuanty dla rozkładu najlepiej dopasowanego do logarytmicznych zmian czynnika ryzyka rynkowego (5).

$$P_{t+1} = P_t \exp[G(\alpha)], \quad (5)$$

gdzie: $G(\alpha)$ – funkcja odwrotna do funkcji dystrybuanty rozkładu najlepiej dopasowanego do historycznych zmian logarytmicznych czynnika ryzyka rynkowego.

GBM w tradycyjnym ujęciu wykorzystuje średnią arytmetyczną (m) oraz odchylenie standardowe logarytmicznych (v) zmian czynnika ryzyka przy założeniu rozkładu normalnego (3). Zastosowanie rozkładu najlepiej dopasowanego zmienia nieznacznie rezultat (rys. 6).



Rys. 6. Porównanie rezultatów prognozowania rozkładu kursu walutowego w horyzoncie 1 roku dla GBM, zakładającego rozkład normalny logarytmicznych stóp zwrotu, oraz GBM zakładającego rozkład najlepiej dopasowany (f. gęstości)

Źródło: opracowanie własne.

Należy pamiętać, iż parametry rozkładu empirycznego mogą być dyskusyjne w kontekście prognozowania sytuacji na rynku finansowym. Wartości historyczne mogą bowiem nie przystawać do realiów przyszłości (szczególnie historyczna zmienność). Wówczas koncepcja GBM umożliwi modyfikację parametrów (jak chociażby przesunięcie wartości przeciętnej czy zwiększenie wariancji). Należy stwierdzić, iż koncepcja GBM może stanowić użyteczne i jednocześnie przejrzyste rozwiązanie⁴, w sytuacji gdy konieczne jest ustalenie rozkładu prawdopodobieństwa czynnika ryzyka rynkowego (w tym kursu walutowego) w zadanym horyzoncie czasowym.

4. Testowanie reakcji na ryzyko kursowe z wykorzystaniem metod symulacyjnych Monte Carlo

Konsekwencją ekspozycji na ryzyko działalności gospodarczej jest zmienność wyników finansowych. Sterowanie ryzykiem kursowym powinno prowadzić do korzystnej korekcji przedziału zmienności. Biorąc pod uwagę, iż kurs walutowy na

⁴ GBM jest jednym z najpopularniejszych i jednocześnie najprostszym modelem odzwierciedlającym zachowanie instrumentów finansowych. W zależności od rodzaju instrumentu, możliwe jest wystąpienie zjawiska autokorelacji, trendu czy sezonowości. Modele AR, ARMA, ARCH, GARCH pozwalają na uwzględnienie dodatkowych cech ruchu naśladującego zmiany wartości instrumentów finansowych [Krawczyk 2013, s. 159-193].

rozważany moment w przyszłości charakteryzuje się określonym rozkładem prawdopodobieństwa, przekłada się to na rozkład należności lub zobowiązań denominowanych w walucie obcej, co w rezultacie wpływa na rozkład kategorii i wskaźników finansowych syntetyzujących informację o sytuacji finansowej przedsiębiorstwa. Strategie zabezpieczające ryzyko kursowe z wykorzystaniem instrumentów pochodnych mogą pozytywnie lub negatywnie wpływać na działalność przedsiębiorstwa. Korzystając z metod Monte Carlo, można ocenić efektywność strategii zabezpieczającej na podstawie:

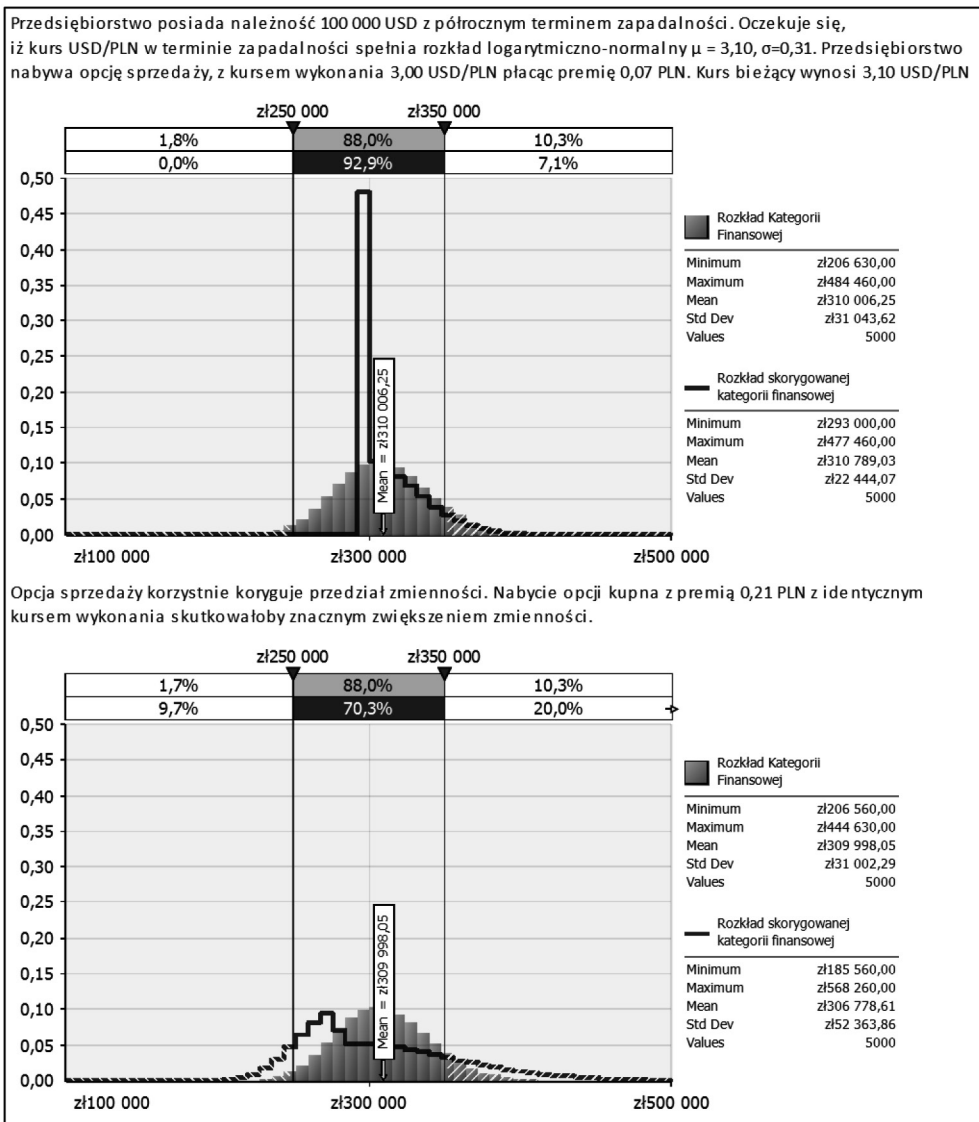
- rozkładu prawdopodobieństwa konkretnej kategorii finansowej pozostającej w ekspozycji na ryzyko kursowe (np. należności lub zobowiązania),
- rozkładu prawdopodobieństwa kategorii i wskaźników finansowych syntetyzujących informację o działalności gospodarczej (np. zysk netto, przepływy pieniężne netto).

W pierwszym przypadku wystarczy posługiwanie się modelem finansowym strategii zabezpieczającej. W drugim – konieczna jest jego integracja w modelu finansowym działalności gospodarczej przedsiębiorstwa. Dodatkowym atutem integracji jest możliwość oceny efektywności strategii zabezpieczającej ryzyko kursowe z uwzględnieniem jednoczesnego wpływu pozostałych czynników ryzyka.

Podstawowe strategie zabezpieczające wykorzystują pojedyncze instrumenty pochodne. W przypadku kontraktu terminowego na kurs walutowy dochodzi do usunięcia zmienności kategorii finansowej pozostającej w ekspozycji na ryzyko kursowe. Zawarcie kontraktu eliminuje zatem zarówno zagrożenie, jak i szansę. Opcje dają nabywcy prawo do kupna lub sprzedaży waluty po z góry ustalonym kursie, nie przekreślając tym samym szansy wynikającej z ukształtowania się kursu na poziomie korzystniejszym niż zabezpieczany. Można przyjąć, iż mechanizm zabezpieczający kontraktu terminowego jest zgodny z negatywną koncepcją ryzyka, podczas gdy mechanizm typowy dla opcji – z koncepcją neutralną (rys. 7).

Złożone strategie zabezpieczające wykorzystują więcej niż jeden instrument pochodny. Część rozwiązań zakłada jednoczesne nabycie i wystawienie opcji przez przedsiębiorstwo. Przedsiębiorstwo dokonuje wówczas zarówno przeniesienia, jak i przejęcia ryzyka kursowego. Dopóki wzajemne obowiązki stron strategii zabezpieczającej są proporcjonalne (symetryczne), przedział zmienności kategorii finansowej może być korzystnie korygowany. Podejście symulacyjne pozwala łatwo ocenić istotę mechanizmu zabezpieczającego wbudowanego w daną strategię (rys. 8).

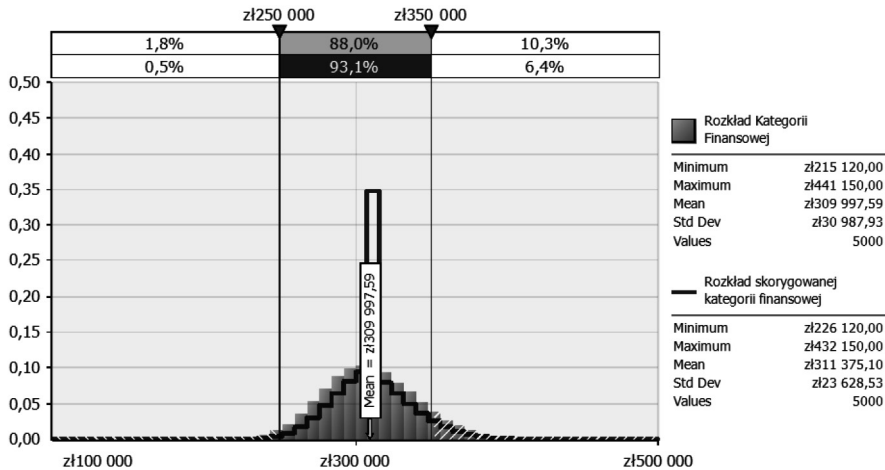
Niewłaściwy dobór złożonej strategii zabezpieczającej może prowadzić do znacznego zwiększenia ryzyka, podobnie jak nabycie niedostosowanej pojedynczej opcji. Istotnym zagrożeniem może być również zachwianie proporcji pomiędzy liczbą opcji wystawionych przez poszczególne strony transakcji w ramach danej strategii zabezpieczającej lub opcji o różnych nominałach [Andrzejewski 2009, s. 5]. Dochodzi wówczas do istotnej zmiany mechanizmu ochronnego, skutkującego przykładowo zwiększeniem ekspozycji przedsiębiorstwa na ryzyko ekstremalne przy jednoczesnej korzystnej zmianie wartości oczekiwanej korygowanej kategorii finansowej (rys. 9).



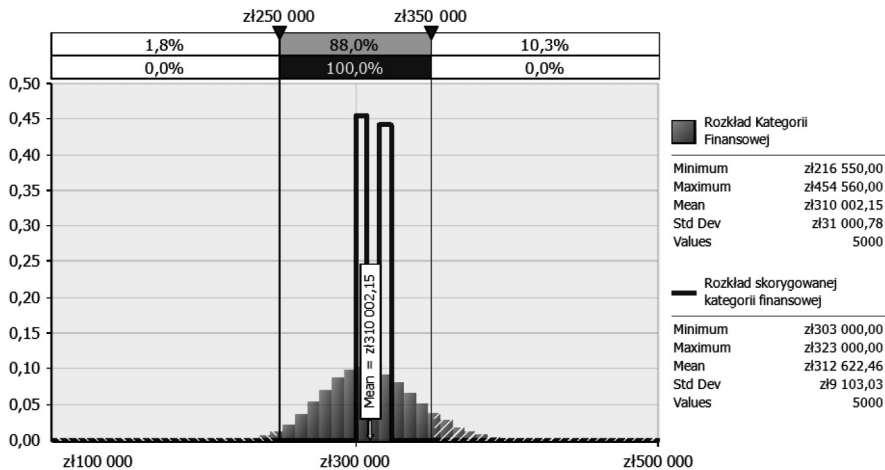
Rys. 7. Mechanizm zabezpieczający opcji a rozkład prawdopodobieństwa kategorii finansowej pozostającej w ekspozycji na ryzyko kursowe (f. częstości)

Źródło: opracowanie własne.

Przedsiębiorstwo posiada należność 100 000 USD z półrocznym terminem zapadalności. Oczekuje się, iż kurs USD/PLN w terminie zapadalności spełnia rozkład logarytmiczno-normalny $\mu = 3,10$, $\sigma = 0,31$. Przedsiębiorstwo wystawia opcję sprzedaży z kursem wykonania 3,00 USD/PLN z premią 0,07 PLN oraz kupuje opcję sprzedaży z kursem wykonania 3,20 USD/PLN z premią 0,16 PLN ("bear put spread"). Kurs bieżący wynosi 3,10 USD/PLN.

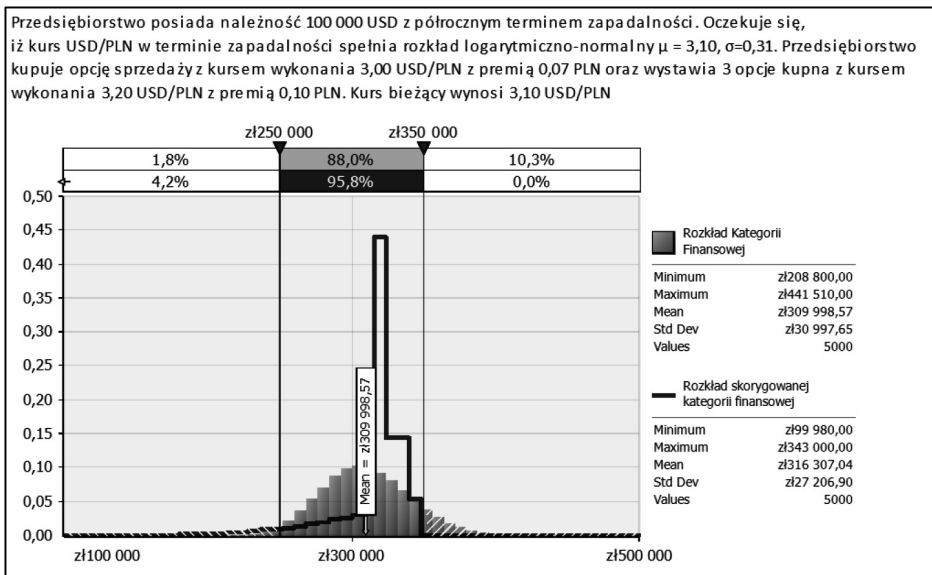


Przedsiębiorstwo kupuje opcję sprzedaży z kursem wykonania 3,00 USD/PLN z premią 0,07 PLN oraz wystawia opcję kupna z kursem wykonania 3,20 USD/PLN z premią 0,10 PLN ("rotated bear spread").



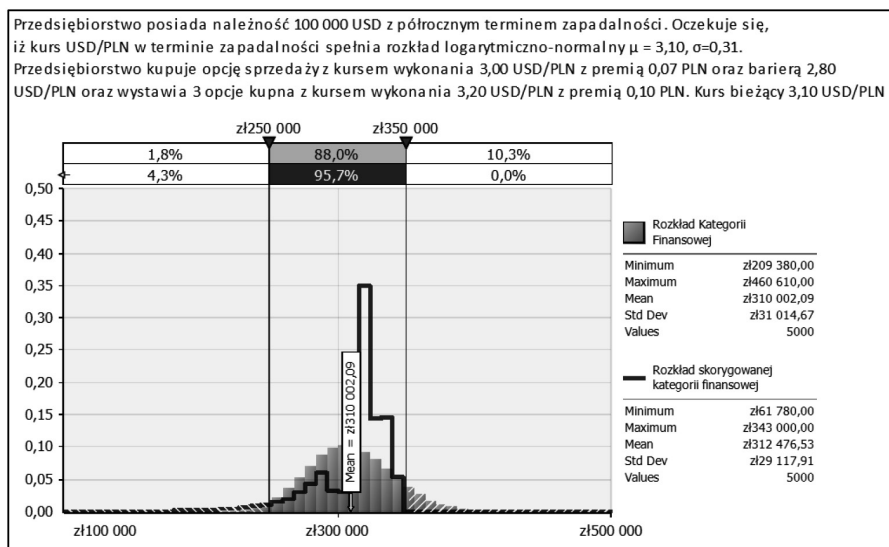
Rys. 8. Mechanizm zabezpieczający złożonych strategii opcyjnych, prowadzący do korzystnej korekty przedziału zmienności (f. częstości)

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 9. Strategia zabezpieczająca „rotated bear spread” z nieproporcjonalnymi obowiązkami poszczególnych stron transakcji (f. częstości)

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 10. Strategia zabezpieczająca „rotated bear spread” z nieproporcjonalnymi obowiązkami poszczególnych stron transakcji oraz barierą (f. częstości)

Źródło: opracowanie własne.

Nieproporcjonalnym obowiązkom może towarzyszyć również wyłączenie odpowiedzialności jednej ze stron poniżej lub powyżej pewnego poziomu kursu walutowego w dniu rozliczenia (rys. 9 i 10). Bariera staje się tym bardziej toksyczna, im bliższa jest kursowi wykonania danej opcji. Należy również pamiętać, że zawarcie strategii zabezpieczającej jest dla przedsiębiorstwa szczególnie niebezpieczne, jeżeli w ramach działalności gospodarczej nie występuje kategoria finansowa w ekspozycji na ryzyko kursowe, a transakcje związane z instrumentami pochodnymi mają czysto spekulacyjny charakter [Andrzejewski 2009].

Model finansowy strategii zabezpieczającej może być również zintegrowany w modelu finansowym działalności gospodarczej przedsiębiorstwa. Konfrontacja z innymi czynnikami ryzyka pozwala wówczas na ocenę, jak istotnym zagrożeniem dla działalności gospodarczej przedsiębiorstwa są elementy generujące ryzyko kursowe. Może się bowiem okazać, iż ryzyko kursowe jest w przypadku danego przedsiębiorstwa najmniej istotnym zagrożeniem.

5. Zakończenie

Zastosowanie metod Monte Carlo w testowaniu reakcji na ryzyko kursowe umożliwia przyjęcie bliskiego rzeczywistości założenia, iż kurs walutowy w rozważanym horyzoncie czasowym kształtuje się zgodnie z pewnym rozkładem prawdopodobieństwa. Ustalenie rozkładu można przeprowadzić na podstawie powszechnie dostępnych danych historycznych. Wybranie określonej strategii zabezpieczającej wiąże się z modyfikacją rozkładu prawdopodobieństwa kategorii finansowej pozostającej w ekspozycji na ryzyko. Właściwe zabezpieczenie zawsze prowadzi do korzystnej korekcy przedziału zmienności kategorii finansowej pozostającej w ekspozycji na ryzyko kursowe, powodując w konsekwencji ograniczenie ryzyka działalności gospodarczej. Już wstępna analiza graficzna rozkładu uzyskanego w podejściu Monte Carlo pozwala na ocenę faktycznego charakteru danej strategii.

Literatura

- Andrzejewski M., 2009, *Anatomia i mechanizm działania wirusa wywołującego kryzys finansowy w Polsce czyli rzecz o asymetrycznych, złożonych instrumentach pochodnych w ujęciu mikro- i makroekonomicznym – wyniki badań naukowych*, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Luty 2009, <http://www.uek.krakow.pl/files/common/aktualnosci/AZIPv1.pdf> (13.03.2014).
- Barczak S., Tworek P (red.), 2013, *Zastosowanie metod ilościowych w zarządzaniu ryzykiem działalności inwestycyjnej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- Black F., Scholes M., 1973, *The pricing of options and corporate liabilities*, „The Journal of Political Economy”, vol. 81, No. 3, s. 637-654.
- Brigo D., Dalessandro A., Neugebauer M., Triki F., 2007, *A Stochastic Processes Toolkit for Risk Management*, <http://ssrn.com/abstract=1109160> (27.07.2014).
- Dębski W., 2014, *Rynek finansowy i jego mechanizmy*, PWN, Warszawa.

- Glasserman P., 2004, *Monte Carlo Methods in Financial Engineering*, Springer, New York.
- Hull J., 1999, *Opcje i kontrakty terminowe*, WIG-PRESS, Warszawa.
- Jajuga K., 2007, *Zarządzanie ryzykiem*, PWN, Warszawa.
- Jajuga K., Jajuga T., 2012, *Inwestycje*, PWN, Warszawa.
- Krawczyk T., 2013, *Modelowanie ryzyka inwestycyjnego*, CeDeWu, Warszawa.
- Lu B., 2011, *Monte Carlo simulations and option pricing*, Undergraduate Mathematics Department, Pennsylvania State University, <http://www.personal.psu.edu/alm24/undergrad/bingqianMonte-Carlo.pdf> (27.07.2014).
- Vose D., 2008, *Risk Analysis*, John Wiley & Sons, West Sussex.
- Wilmott P., 2006, *Paul Wilmott on quantitative finance*, vol. 1, John Wiley & Sons, West Sussex.

TESTING ENTERPRISE REACTION TO CURRENCY RISK USING MONTE CARLO METHODS

Summary: Responding to currency risk generally means transferring risk to another entity. Risk is transferred using proper derivatives, mainly currency options. Enterprises often use complex protective strategies which involve many currency options at the same time. Some of the possible strategies may increase the exposition to currency risk. Toxic strategies can be identified and tested using Monte Carlo approach. Simulation provides a clear view of risk at the level of probability distribution of the financial category under protection.

Keywords: corporate finance, financial risk, risk protection, Monte Carlo.