

Juliusz Preś

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*

WYBRANE METODY OCENY OFERT ZABEZPIECZENIA FINANSOWEGO, CZĘŚCIOWO LUB CAŁKOWICIE OPARTEGO NA INDEKSACH POGODY

Streszczenie: Jednym z najczęściej spotykanych w praktyce problemów związanych z aplikacją finansowych instrumentów pochodnych w celach asekuracji, zwłaszcza tych związanych z pogodą, jest zagadnienie wyboru najlepszej oferty. W tej pracy przedstawiono dwie grupy metod, które stosowane łącznie pozwalają rozwiązać ten problem. Empiryczny przykład producenta energii w Europie został wykorzystany jako przykład aplikacji tych metod w praktyce.

1. Wstęp

Przedsiębiorstwo, które chce się zabezpieczyć przed ryzykiem pogodowym za pomocą pochodnych instrumentów finansowych, często otrzymuje kilka ofert od różnych dostawców. W związku z tym, że rzadko te oferty są porównywalne względem siebie to przed zarządzającym pojawia się pytanie: która oferta, kierując się zasadami zarządzania ryzykiem oraz najlepszemu interesu firmy, jest najlepsza? Prezentacja metod pozwalających odpowiedzieć na to pytanie jest głównym celem niniejszej pracy. Zastosowanie powyższych metod w praktyce ilustruje zawarty w pracy empiryczny przypadek wyboru najlepszej oferty zabezpieczenia pewnego producenta energii energetycznej w Europie.

Układ artykułu jest następujący. Część druga w syntetyczny sposób opisuje pogodowe instrumenty pochodne oparte częściowo lub całkowicie na indeksach temperatury oraz rynek tych produktów w Europie. Kolejna część to prezentacja metod oceny ofert. Część czwarta to opis aplikacji wymienionych metod w prakty-

* Dane finansowe oraz środki finansowe potrzebne do wykonania badania i ich prezentacji na konferencji INWEST 2009 uzyskano z firmy CONSUS SA z Torunia, która współpracuje z uczelnią. Ponadto autor dziękuje za wsparcie finansowe, jakie uzyskał z funduszu *Europlace institut of finance* w ramach projektu *Understanding and modelling weather derivatives: A statistical and econometric investigation*.

ce oraz podsumowanie uzyskanych wyników. Wnioski oraz kierunki dalszych badań zawarto w części piątej i ostatniej.

2. Opis pogodowych instrumentów pochodnych na rynku w Unii Europejskiej

Pogodowe instrumenty pochodne to kontrakty finansowe zawierane na rynku giełdowym lub pozagiełdowym, które są rozliczane głównie na podstawie o ilościowych zmiennych pogody, zwykle indeksy temperatury powietrza. W chwili obecnej rynek giełdowy na świecie tworzy tylko giełda Chicago Mercantile Exchange, która kwotuje kontrakty opcyjne i terminowe dla 35 lokalizacji na świecie (9 w Europie, 18 w USA, 6 w Kanadzie i 2 w Japonii), w większości opartych na indeksie temperatury.

Rynek pozagiełdowy to rynek kontraktów „szytych na miarę” dla konkretnych przedsiębiorstw, najczęściej z sektora energetyki. W związku z tym mechanizm i parametry rozliczenia danego kontraktu mogą przybrać dowolną postać, włączając klasę instrumentów egzotycznych. Głównym celem stosowania takich kontraktów w przedsiębiorstwie jest zabezpieczenie się przed stratami, jakie pojawiają się w czasie niekorzystnej aury (np. ciepła zima lub długie upalne lato). Zagadnienia funkcjonowania takich instrumentów były już wielokrotnie opisywane w literaturze, np. Banks [2001], Dischel [2002] czy Preś [2007], i dlatego w trosce o rozmiar tej pracy zostały pominięte.

3. Wybrane metody oceny ofert zabezpieczenia przed ryzykiem

W literaturze związanej z ryzykiem pogodowym nie poruszano bezpośrednio tematu, w jaki sposób firma powinna oceniać oferty zabezpieczeń. Natomiast szeroko opisuje się metody, które pozwalają wystawcy zabezpieczeń oceniać posiadane portfele i zarządzać nimi. Z punktu widzenia metodologii te metody mogą służyć także ocenie atrakcyjności ofert. Podzielić je można na dwie grupy: a) stochastyczna dominacja jako analiza nieparametryczna oraz b) analiza wskaźników statystycznych związanych ze zmiennością i rentownością portfeli jako ocena parametryczna.

Idea stochastycznej dominacji jest bardzo stara. W 1932 r. Karamata [1932] przedstawił dowód bardzo podobny do analizy stochastycznej dominacji drugiego rzędu. Podobnych metod użył Blackwell [1952] przy ocenie statystycznych eksperymentów. Niemniej jednak aplikacja uogólnionej teorii w statystyce finansów nastąpiła dopiero w latach 70. (Hadar i Russel [1969], Rothschild i Stiglitz [1970] czy Whitmore [1970]). Od tamtej pory stochastyczna dominacja często pojawia się jako skuteczne narzędzie podejmowania wszelkich decyzji obciążonych ryzykiem.

Metoda stochastycznej dominacji polega na krokowej analizie wielokrotnie zintegrowanych rozkładów wyników (płatności z zabezpieczenia) dla badanych portfeli z możliwych scenariuszy zdarzeń. I tak, stochastyczna dominacja I rzędu

oznacza porównanie rozkładów raz zintegrowanych, czyli w praktyce poddawane ocenie są dystrybuanty wyników. Jeśli żaden portfel nie dominuje stochastycznie w każdym przypadku nad drugim, to następuje integrowanie wartości z ostatniego kroku i ponownie szuka się dominacji¹. Stochastyczna dominacja II lub III rzędu polega zatem na analizie zintegrowanych rozkładów dwu- i trzykrotnie.

Warto zauważyć, że stochastyczna dominacja III rzędu wskazuje zawsze na portfel preferowany przez osoby o dużej awersji do ruiny, zatem określony dla jednostek publicznych i z sektorów strategicznych, dla których nie powinno się w długoterminowym zarządzaniu podejmować żadnego zbędnego ryzyka.

Grupa metod analizy parametrycznej jest bardzo szeroka i obejmuje wiele popularnych miar ryzyka i ogólnej efektywności ocenianego rozwiązania. Prócz podstawowych miar statystycznych, takich jak średnia, mediana, często w ocenie portfeli spotyka się klasyczny wskaźnik Sharpe'a oparty na odchyleniu standardowym [Sharpe 1966] lub wskaźnik Omega oparty na dolnym semiodchyleniu [Shadwick i Keating 2002]. Innym, również opartym na semiodchyleniu wskaźnikiem jest wskaźnik dochodu z poniesionym ryzykiem *risk adjusted return* [Brix, Jewson i Ziehmman 2005]. Przy ocenie scenariuszy ekstremalnych często stosuje się wartość narażoną *value at risk* lub warunkową wartość narażoną *expected shortfall* [Artzner 1999] na poziomach 1 i 5% oraz 95 i 99%, w celu uchwycenia zmian w ogonach rozkładów. Z ich pomocą można stosować miarę zwrotu na wartości narażonej *return on var* [Henderson 2002] jako kryterium wyboru portfela. Niemal każdy wskaźnik doczekał się swojej modyfikacji, tak aby uwzględnił minimalną żadaną stopę zwrotu, grube ogony w rozkładach czy też ich asymetrię [Eling 2008]. Scenariusze analizowane wyżej wymienionymi metodami mogą opierać się na danych i czasowych szeregach historycznych. Jednak w przypadku ich braku lub niewystarczającej długości scenariusze generuje się za pomocą metod Monte Carlo, z uwzględnieniem najważniejszych cech badanych szeregów.

4. Badanie empiryczne – opis i wyniki

W badaniu empirycznym, pokazującym aplikację powyższych metod, wykorzystano dane empiryczne uzyskane od CONSUS SA dla pewnego podmiotu z Unii Europejskiej, który rozlicza się w euro. Podmiot ten funkcjonuje na rynku energii elektrycznej jako producent energii i posiada naturalne ryzyko pogodowe w tym sektorze (3400 euro straty w marży za każdy punkt HDD[16] w sezonie grzewczym) oraz związane sztucznie z nim ryzyko ceny i wolumenu uprawnień od emisji CO₂ (74 tony uprawnień za każdy punkt HDD[16]), przy czym ten ostatni człon łą-

¹ Portfel dominuje stochastycznie na poziomie I rzędu, jeśli wartości rozkładu raz zintegrowanego dla tego portfela są niższe od pozostałych dla każdego przypadku. Graficznie oznacza to preferencje tych portfeli (ofert), dla których krzywa wartości zintegrowanych dla danego rzędu jest przesunięta najmocniej ku prawej stronie wykresu.

godzi częściowo i nieprzewidywalnie pierwotne narażenie. Dzieje się tak, gdyż w okresie łagodnej zimy spadek sprzedaży energii jest częściowo amortyzowany przez sprzedaż niewykorzystanych uprawnień do emisji w stopniu zależnym od bieżącej ceny tych jednostek. Świadomy złożonego charakteru ryzyka podmiot ten zlecił dwóm wystawcom przygotowanie zarówno klasycznych zabezpieczeń, jak i uwzględniających powyższą zależność. Otrzymane z rynku oferty prezentuje tabela 1.

Tabela 1. Specyfikacja otrzymanych ofert zabezpieczenia przed ryzykiem pogodowym lub złożonym pogodowym i ceny uprawnień do emisji CO₂

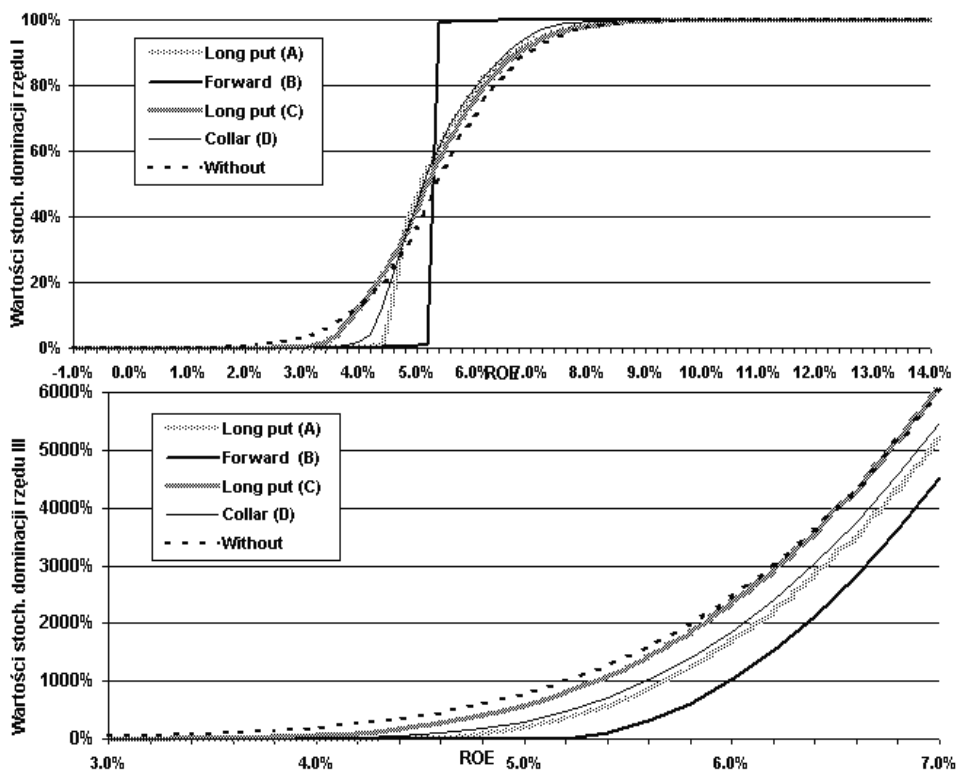
Specyfikacja	Wystawca I – konstrukcje HDD&EUA		Wystawca II – konstrukcje HDD	
	Long put (A)	Forward (B)	Long put (C)	Collar (D)
Wartość punktu HDD[16]	3,400 €	3,400 €	2,860 €	2,860 €
Próg wypłaty [pkt]	2374	2480	2175	2326
Próg dopłaty [pkt]	nie dotyczy	2480	nie dotyczy	2877
Wartość punktu EUA	-74 HDD[16]	-74 HDD[16]	nie dotyczy	nie dotyczy
Limit wypłaty	1,065,300 €	1,420,400 €	572,000 €	858,000 €
Limit dopłaty	nie dotyczy	1,420,400 €	nie dotyczy	285,000 €
Całkowita cena	128,000 €	49,000 €	82,000 €	145,000 €

Źródło: obliczenia własne na podstawie materiałów CONSUS SA.

Pierwsza oferta (A) to opcja sprzedaży, której cena to 128 tysięcy euro, a wypłata pojawi się, jeśli indeks temperatury HDD[16] spadnie poniżej 2374 punktów. Wówczas wartość łączna wypłaty z opcji to liczba punktów poniżej tego progu, przemnożona przez jego wartość, a następnie ta kwota pomniejszona o liczbę punktów poniżej progu przemnożoną przez liczbę ton uprawnień do emisji CO₂ (74) i ich średnią miesięczną cenę na rynku spot. Oferta B posiada taki sam mechanizm rozliczenia, z tą różnicą, że płatności z kontraktu zakładają dwa kierunki, kwota limitu jest wyższa, a próg wypłaty/dopłaty – wyższy i wynosi 2480 punktów. Z tego powodu ta oferta jest dużo tańsza. Drugi wystawca przedstawił dwie oferty, których wypłaty opierają się tylko na indeksie temperatury HDD [16]. W jednym przypadku jest to opcja sprzedaży (oferta C), a w drugim korytarz sprzedażowy (oferta D). Obie te oferty posiadają inne parametry, co utrudnia porównanie. W celu rzetelnej oceny badanych zabezpieczeń, a także wyłonienia najlepszej, te propozycje poddano ocenie za pomocą wyżej wspomnianych mierników. Ze względu na nieporównywalny okres notowań terminowego rynku giełdowego uprawnień do emisji CO₂ (szereg od 2005 r.) z okresem analizy sezonowych indeksów HDD (szereg od 1973 r.) scenariusze do analizy zostały wygenerowane za pomocą dwóch odrębnych modeli ekonometrycznych oraz symulacji Monte Carlo. I tak, hipotezę o normalności rozkładu dziennych logarytmicznych stóp zwrotu zarówno z cen uprawnień do emisji CO₂ jak i rozkładu sezonowych indeksów HDD[16], na podstawie testów, należy odrzucić. Z tego powodu 10 000 symulacji, jako możliwych średnich miesięcznych cen uprawnień do emisji CO₂ w okre-

się rozliczenia, uzyskano na podstawie modelu AR-GARCH [Paolella i Taschini 2008]. W części autoregresyjnej istotne okazały się opóźnienia stóp zwrotu rzędu 1, 6, 13 oraz 18. Warunkową wariancję wystarczająco opisuje GARCH (1,1). Identyczną liczbę możliwych wartości sezonowych indeksów HDD[16] dla badanego okresu uzyskano za pomocą modelu deterministycznego trendu i sezonowości w średniej i wariancji oraz modelu stochastycznego TVARFIMA(1,d1,1)-TVFIGARCH(1,d2,1) dla dziennych temperatur dobowych [Caporin i Preś 2009]. Wybór rzędu opóźnień i postaci funkcji oparto na kryterium informacyjnym Schwarz (BIC) i innych zwyczajowo stosowanych testów statystycznych. Wybrane do symulacji modele w satysfakcjonujący sposób replikują badane procesy, uwzględniając zarówno prawostronny typ rozkładu, jak i inne ważne cechy. Ze względu na ograniczoną liczbę stron tej pracy wyników estymacji i weryfikacji tych modeli nie zamieszczono.

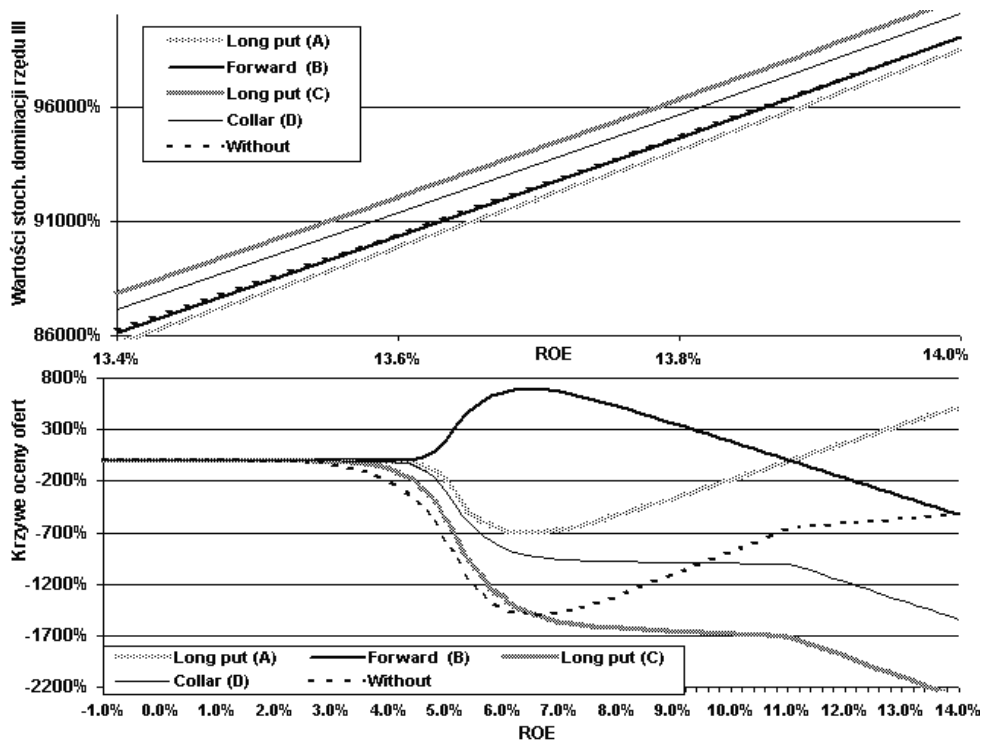
Dla uzyskanych z symulacji scenariuszy wygenerowano możliwe wyniki z czterech oferowanych zabezpieczeń (uwzględniając cenę kupna) oraz odchylenia w planie przy założeniu niestosowania żadnego z zabezpieczeń.



Rys. 1. Graficzna prezentacja wartości stochastycznej dominacji I oraz III rzędu dla badanych ofert

Źródło: obliczenia własne.

Następnie na podstawie informacji o kapitale własnym i planowanym zysku obliczono możliwe do osiągnięcia w poszczególnych wariantach wskaźniki ROE na działalności operacyjnej. Wyniki aplikacji metody stochastycznej dominacji dla otrzymanych symulacji ROE obrazuje rysunek 1 z poprzedniej strony. Analiza dystrybuanty nie pozwala wskazać, która oferta jednoznacznie dominuje w średniej nad innymi. Podobnie stochastyczna dominacja rzędu II nie pozwala wyłonić najlepszej oferty. Dopiero analiza wartości stochastycznej dominacji III rzędu pozwala stwierdzić, że najlepsze w badanym przedziale są oferta B, następnie oferta A, a dalej oferty D i C. Warto zauważyć, że dokładna analiza górnego ogona rozkładu (rysunek 2, panel górny) wskazuje zmianę w preferencji ofert. W tym obszarze dominujący charakter posiada jednak oferta A tuż za ofertą B i wariantem bez zabezpieczenia, przy czym krzywe dla niższych centyli przecinają się i zmieniają kąt nachylenia. Duża rozpiętość wyników utrudnia analizę graficzną. Aby stwierdzić, które oferty mają przewagę i w jakim zakresie, można obliczyć różnice między wartościami stochastycznej dominacji dla danej oferty a ich minimalną wartością z pozostałych ofert. Wówczas dodatnie wartości wskazują dominującą ofertę oraz zakres scenariuszy, w jakim dominuje.



Rys. 2. Wartości stochastycznej dominacji III rzędu dla ostatnich centyli rozkładu wypłat ofert oraz krzywe oceny badanych ofert w pełnym zakresie

Źródło: obliczenia własne.

Analizując dolny panel rysunku 2, można wyciągnąć wniosek, że rozpatrując wszelkie odchylenia negatywne w planie oraz większość dodatnich odchyłeń, można stwierdzić, że najlepszym zabezpieczeniem dla firmy jest oferta symetrycznego kontraktu B. Jednak w przypadku bardzo dużych odchyłeń na korzyść przedsiębiorstwa (całkowite ROE na poziomie min. 11%) fakt, że nadwyżka w całości będzie przetransferowana na wystawcę kontraktu *forward*, powoduje, iż lepszą ofertą okazuje się opcja sprzedaży A, w której zyski nadzwyczajne zostają w firmie. Na trzeciej pozycji znajduje się oferta D, której wdrożenie jest uzasadnione w firmie dla odchyłeń negatywnych oraz pozytywnych, dopóki ROE jest poniżej 9,4%. Dla pozostałych przypadków wariant bez zabezpieczenia staje się wariantem lepszym od tej oferty. Jeszcze gorsze właściwości ma oferta C, której zasadność implementacji kończy się przy ROE na poziomie około 6,6% lub mniej.

Tabela 2. Wyniki oceny parametrycznej badanych ofert

Statystyki ROE w różnych scenariuszach	Broker ABC – oferty HDD&EUA		Broker XYZ – oferty HDD		Scenariusze bez zabezpieczenia
	Long put (A)	Forward (B)	Long put (C)	Collar (D)	
Średnia arytmetyczna	5,37%	5,39%	5,29%	5,30%	5,39%
Mediana	5,09%	5,38%	5,20%	5,11%	5,38%
Maximum	13,60%	10,69%	13,71%	12,92%	13,89%
Minimum	1,53%	2,78%	0,68%	1,08%	-0,43%
Odch. stand. [pkt %]	0,923%	0,122%	1,132%	0,889%	1,263%
Semiodch. stand. [pkt %]	0,602%	0,008%	0,827%	0,611%	0,957%
Współczynnik Sharpe'a	2,57	19,60	2,02	2,58	1,89
Współczynnik Omega	3,26	148,60	1,95	2,47	2,23
VaR (1%)	4,31%	5,38%	3,20%	3,82%	2,29%
Warunkowy VaR (1%)	3,75%	4,61%	2,71%	3,24%	1,68%
VaR (99%)	8,22%	5,38%	8,33%	7,64%	8,51%
Warunkowy VaR (99%)	8,90%	6,03%	9,00%	8,30%	9,19%
RAR ($\square=2$)	4,17%	5,37%	3,64%	4,07%	3,48%
RoVaR (1%)	1,18	1,00	1,62	1,34	2,35

Źródło: obliczenia własne.

Analiza parametryczna pozwala uszeregować oferty w podobny sposób (tabela 2). Potwierdzają to współczynniki Sharpe'a i Omega, dla których wartości są największe, oraz wartości minimalne ROE i semiodchylenie dla analizowanych ofert. Również VaR (99%) i jego odmiana warunkowa sugerują, że o ile oferta B najtaniej i najpełniej eliminuje negatywne skutki anomalii pogodowych i zmian ceny uprawnień do emisji CO₂, to już w przypadku dodatnich odchyłeń ta oferta przegrywa wyraźnie z ofertą A, gdyż tak samo silnie eliminuje nadzwyczajne zyski. Analiza wskaźników dla ofert C i D potwierdzają tezę, że po ich implementacji nie można oczekiwać dużej poprawy wskaźnika ROE. Reasumując, obie metody wy-

kazały wyższość konstrukcji typu *quanto* opartych na dwóch indeksach (HDD[16] oraz ceny EUA CO₂) nad zabezpieczeniem opartym tylko na indeksie temperatury. Ponadto żadna z otrzymanych ofert nie może zostać uznana za bezwzględnie najlepszą.

5. Podsumowanie

Przedstawione metody należy traktować jako uzupełniające się wzajemnie, a nie alternatywne czy konkurencyjne. Ocena parametryczna potrafi dokładnie ocenić, jakiej redukcji ryzyka należy oczekiwać przy implementacji danej oferty, ale wymaga znajomości wielu miar i wskaźników. Z kolei stochastyczna dominacja jest obliczeniowo prosta i szybka do wykonania. Niestety ocena ilościowa wyników jest ograniczona. Koniecznie w tym miejscu należy dodać, że opadająca krzywa oferty B dla ROE na poziomie 6,8% nie wynika z samej ceny oferty, ale limitów nałożonych na wypłaty. Aby ta oferta była dominująca w całym badanym zakresie, rozwiązaniem optymalnym prawdopodobnie byłoby wdrożenie korytarza silnie asymetrycznego. Wówczas przewaga nad pozostałymi strukturami byłaby mniejsza, ale na pewno taka oferta dominowałaby w całym zakresie scenariuszy. Zbudowanie metodologii, która pozwoliłaby w uniwersalny i relatywnie prosty sposób określić parametry optymalnego zabezpieczenia, stanowi cel dalszych badań. Interesująca wydaje się także analiza, jak duży wpływ mają wybrany model i liczba symulacji użytych w generowanych scenariuszach na ocenę badanego zestawu ofert. Ponadto opisane w pracy metody mogą być stosowane w ocenie różnych problemów decyzyjnych, niekoniecznie związanych z ryzykiem pogodowym. Należy jednak pamiętać, że zawsze stosowanie danego modelu w symulacjach, np. kursu walutowego, już samo w sobie generuje ryzyko błędnego wniosku, a ryzyko to wynika z użycia niepełnego lub całkowicie błędnego modelu.

Literatura

- Blackwell D., *Comparison of experiments*, University of California Press 1951, s. 93–102.
- Brix A., Jewson S., Ziehmann C., *Weather derivative valuation*, Cambridge University Press, Cambridge 2005.
- Caporin M., Preš J., *Forecasting temperature indices with time-varying long-memory models*, „Marco Fanno”, Università Degli Studi Di Padova, Working Paper, 2009, no. 88.
- Climate risk and the weather market*, red. B. Dischel, Risk Books, London 2002.
- Coherent measures of risk*, red. P. Artzner, „Mathematical Finance” 1999, no 9, s. 203–228.
- Eling M., *Performance measurement in the investment industry: Does the measure matter?*, Working Paper Series in Finance, no. 73, University of St. Gallen 2008.
- Hadar J., Russel W.R., *Rules of ordering uncertain prospects*, „American Economic Review” 1969, no. 59, s. 25–34.
- Henderson R., *Pricing weather risk*, w: *Weather risk management*, red. E. Banks, Palgrave 2002, s. 193.

- Karamata J., *Sur une inegalite relative aux fonctions convexes*, Publ. Math. Univ. de Belgrade 1932, no. 1, s. 145–148.
- Paoletta M.S., Taschini L., *An econometric analysis of emission-allowances prices*, „Journal of Banking and Finance” 2008, vol. 32, no. 10, s. 2022–2032.
- Preś J., *Zarządzanie ryzykiem pogodowym*, CeDeWu, Warszawa 2007.
- Rothschild M., Stiglitz J.E., *Increasing risk. I.A definition*, „Journal of Theory” 1970, no. 2, s. 225–243.
- Shadwick W.F., Keating C., *A universal performance measure*, „Journal of Performance Measurement” 2002, no. 6(3), s. 59–84.
- Sharpe W.F., *Mutual fund performance*, „Journal of Business” 1966, no. 39, s. 119–138.
- Weather risk management*, red. E. Banks, Palgrave Macmillan, London 2001.
- Whitmore G.A., *Third degree stochastic dominance*, „American Economic Review” 1970, no. 60, s. 457–459.

SELECTED METHODS OF FINANCIAL PROTECTION OFFERS VALUATION, PARTIALLY OR COMPLETELY BASED ON WEATHER INDICES

Summary: One of the most frequent problems related to the application of financial derivatives protection, especially related to weather, is the issue of best offer selection. In this paper we present two groups of methods that are jointly used to solve this problem. An empirical case of an energy producer in Europe was used in practical demonstration.