

"Application of stochastic processes for modelling market risk factors in a mining company"

This dissertation presents the results of research into the application of stochastic processes for modelling market risk factors price distributions. The considered processes are assessed from the viewpoint of a mining company which is exposed to metals, exchange rates and energy prices fluctuations, with its risk exposure being of a long-term nature. The main objective of the work is the analysis and selection of stochastic models commonly used in the market risk management process, which could better address specific characteristics of financial data.

Among the specific features of market data analysed in the thesis are the non-Gaussian behaviour and non-homogenous character of the analysed time series, which suggests the use of a non-constant coefficient and noise with a distribution other than normal in modelling. Another phenomenon under consideration is the fundamental changes in the analysed commodity and financial markets, generating the emergence of specific regimes that should be reflected in modelling. A multidimensional look at the price modelling of market risk factors is critical for the quality of the risk measurement process which is discussed and presented in the dissertation. In addition, the significant volatility of market data leaves a dilemma as to what range of data should be taken when calibrating the model, which has also been analysed in the thesis.

The dissertation is organised as follows. First, the motivation behind the preparation of the dissertation was presented as well as a description of the problems that can be solved if the results of the study allow. This is followed by a summary of published research papers related to forecasting and modelling market risk factors, with particular emphasis on metal price modelling. The next part describes the author's contribution to the field studied and lists all publications that relate to the thesis of the work. The next chapter focuses on metal price modelling, with a major focus on non-Gaussian behaviour and the time-heterogeneous nature of data, as well as regime change.

Next, we describe the CKLS/SGT model used to model exchange rates. This model was also used to present and solve the problem of the length of calibration data used to forecast the prices of market risk factors. The next chapter should be treated as an introduction to a multidimensional view of the problem of modelling. In this part, we proposed a two-dimensional VAR model with an alpha-stable distribution, which reflects the changing structure of dependencies of the analysed assets. Next, we present the product of two components for a two-dimensional time series. Theoretical results were presented based on the example of the energy market. Finally, the last chapter summarizes the thesis and shows the potential applications of the methods proposed in the previous chapters in the process of market risk management.

The dissertation concludes that the use of models that take into account the properties described earlier, such as the non-Gaussian distribution, time-dependent coefficients and the change of price regimes, as well as a multidimensional approach, may translate into price forecasts of market risk factors closer to actual realizations and thus improve the conditions for decision-making in the market risk management process. The analysis and results presented in this dissertation indicate the usefulness of the introduced models in real applications.

The dissertation was prepared as a part of the Implementation Doctorate Programme in cooperation with KGHM Polska Miedź S.A.



Łukasz Tomasz Bielak

"Zastosowanie procesów stochastycznych do modelowania czynników ryzyka rynkowego w przedsiębiorstwie górniczym"

Niniejsza rozprawa doktorska prezentuje wyniki badań dotyczących zastosowania procesów stochastycznych do modelowania czynników ryzyka rynkowego. Rozważane procesy oceniane są z punktu widzenia firmy górniczej, która narażona jest na ryzyko zmian cen metali, kursów walutowych i czynników energii, a jej ekspozycja na ryzyko ma z natury charakter długoterminowy. Głównym celem pracy jest analiza i selekcja modeli stochastycznych standardowo wykorzystywanych w procesie zarządzania ryzykiem rynkowym, tak aby uwzględniały specyficzne charakterystyki danych finansowych.

Wśród specyficznych cech danych rynkowych analizowanych w pracy są niegaussowskie zachowanie i niehomogeniczny charakter analizowanych szeregów czasowych, co sugeruje zastosowanie w modelowaniu innych niż stałe współczynniki oraz szumu o rozkładzie innym niż normalny. Kolejnym rozważanym zjawiskiem są fundamentalne zmiany analizowanych rynków towarowych i finansowych, generujących powstanie specyficznych reżimów, które powinny być odzwierciedlone w modelowaniu. Bardzo istotne dla jakości procesu pomiaru ryzyka jest wielowymiarowe spojrzenie na modelowanie cen czynników ryzyka rynkowego, co zostało omówione i zaprezentowane w rozprawie. Dodatkowo znacząca zmienność danych rynkowych pozostawia dylemat, co do tego, jaki zakres danych należy przyjąć podczas kalibracji modelu, co również zostało przeanalizowane w pracy.

Rozprawa jest zorganizowana w następujący sposób. Po pierwsze, przedstawiono motywację stojącą za przygotowaniem rozprawy i omówiono opis problemów, które można rozwiązać, jeśli pozwolą na to wyniki badania. Następnie zawarto podsumowanie opublikowanych artykułów badawczych związanych z prognozowaniem i modelowaniem czynników ryzyka rynkowego, ze szczególnym uwzględnieniem modelowania cen metali. W kolejnej części opisano wkład autora w badaną dziedzinę i wymieniono wszystkie publikacje, które odnoszą się do tezy pracy. Kolejny rozdział koncentruje się na modelowaniu cen metali, z głównym naciskiem na zachowania niegaussowskie i niejednorodny w czasie charakter danych, a także zmiany reżimów. Dalej opisano model CKLS/SGT stosowany do modelowania kursów walut. Model ten został również wykorzystany do przedstawienia i rozwiązania problemu długości danych kalibracyjnych użytych do prognozowania cen czynników ryzyka rynkowego. Kolejny rozdział należy potraktować jako wstęp do wielowymiarowego spojrzenia na problem modelowania. W tej części zaproponowano dwuwymiarowy model VAR z rozkładem alfa-stabilnym, który odzwierciedla zmieniającą się strukturę zależności analizowanych aktywów. Następnie przedstawiono produkt dwóch komponentów dla dwuwymiarowego szeregu czasowego. Wyniki teoretyczne zostały przedstawione na przykładzie rynku energii. Wreszcie ostatni rozdział podsumowuje badania i pokazuje potencjalne zastosowania metod zaproponowanych w poprzednich rozdziałach w procesie zarządzania ryzykiem rynkowym.

Rozprawa kończy się wnioskiem, że zastosowanie modeli, które uwzględniają opisane wcześniej właściwości, takie jak rozkład niegaussowski, współczynniki zależne od czasu, zmiana reżimów cenowych, a także podejście wielowymiarowe, może przełożyć się na uzyskanie prognoz cen czynników ryzyka rynkowego bardziej zbliżonych do rzeczywistych realizacji i tym samym może poprawić warunki podejmowania decyzji w procesie zarządzania ryzykiem rynkowym. Analiza i wyniki przedstawione w niniejszej pracy wskazują na przydatność wprowadzonych modeli w rzeczywistych zastosowaniach.

Rozprawa została przygotowana w ramach Programu Doktorat Wdrożeniowy we współpracy z KGHM Polska Miedź S.A.

