

KRYSTIAN SZCZĘSNY

<https://doi.org/10.33995/wu2023.4.7>

data wpływu: 18.05.2023

data akceptacji: 16.01.2024

Głębokie sieci neuronowe w identyfikacji rozkładów brzegowych i wielowymiarowej kopuli w kontekście agregacji ryzyka w *Solvency II*

Jednym z podstawowych aspektów dyrektywy Solvency II jest ochrona ubezpieczonych przed niewypłacalnością zakładów ubezpieczeń. W tym celu poprzez agregację kapitałowych wymogów wypłacalności dla poszczególnych rodzajów ryzyka wyznaczany jest kapitałowy wymóg wypłacalności (SCR) oraz efekt dywersyfikacji (DE). SCR można wyznaczyć za pomocą formuły standardowej (SF), podanej przez autorów dyrektywy w oparciu o metodę wariancji-kowariancji (V-C), lub za pomocą modeli wewnętrznych, opracowywanych niezależnie (przez zakłady). W niniejszym artykule przedstawiamy propozycję metody, która może być wykorzystana podczas opracowywania modeli wewnętrznych. Istotnym etapem tego procesu jest ustalanie najprecyzyjniejszej zależności pomiędzy czynnikami ryzyka. Proponujemy wykorzystanie kopuli estymowanych za pomocą sieci neuronowych w modelowaniu zależności w podmodule ryzyka składki i rezerw. Konstruujemy dwie sieci neuronowe: pierwszą do rozkładów brzegowych, a drugą do estymacji kopuli. W badaniu analizujemy wskaźniki dla segmentów ubezpieczycieli majątkowych, wyznaczone na podstawie raportów o wypłacalności i kondycji finansowej polskich zakładów ubezpieczeń. Porównano DE uzyskane metodą V-C, metodą kaskady kopuli i estymacją kopuli przy użyciu sieci neuronowych. Przeprowadzone badania wskazują na znaczne różnice w wartościach DE uzyskanych dla kopuli oszacowanej z wykorzystaniem sieci neuronowych, kopuli parametrycznej oraz podejścia zaproponowanego przez autorów dyrektywy w oparciu o metodę V-C. Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w modelach wewnętrznych.

Słowa kluczowe: *Solvency II*, kapitałowy wymóg wypłacalności, efekt dywersyfikacji, kaskady kopuli, kopule neuronowe.

Deep neural networks in identifying marginal distributions and multidimensional copula in the context of risk aggregation in Solvency II

One of the basic aspects of the Solvency II Directive is the protection of the insured against the insolvency of insurance companies. For this purpose, by aggregating the Solvency Capital Requirements for individual types of risk, the Solvency Capital Requirement (SCR) and the diversification effect (DE) are determined. The SCR may be determined using the Standard Formula (SF) given by the authors of the Directive is based on the variance-covariance (V-C) method or using internal models developed independently (by the companies). The aim of our present research is to use copulas estimated with the use of neural networks in modeling dependencies in the premium and reserve risk submodule. Two neural networks are constructed: the first to boundary distributions and the second to estimate the copula. In the research, we analyze indicators for the segments of non-life insurers, determined from reports on the solvency and financial condition of Polish insurance companies. We compare the DE obtained by the V-C method, Vine copula and copula estimation approach using neural networks. The conducted research indicates significant differences in the DE obtained for the copula estimated with the use of neural networks, parametric copula and the approach proposed by the authors of the Directive based on the V-C method. The obtained results can be used in internal models.

Keywords: Solvency II, Solvency Capital Requirement, diversification effect, Vine copula, neural copulas.

KRYSTIAN SZCZĘSNY – Katedra Matematyki Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie.

ORCID: 0000-0001-6557-3836

e-mail: szczesnk@uek.krakow.pl