

Copula를 이용한 국민연금기금의 통합위험에 관한 연구

변진호^{1*} · 남재우² · 이호선²

¹이화여자대학교 / ²국민연금연구원

Copula Approach for the Measurement of Integrated Risk of National Pension Fund

Jinho Byun¹ · Chae-Woo Nam² · Ho Sun Lee²

¹College of Business Administration, Ewha Womans University, Seoul, 120-750

²National Pension Research Institute(NPRI), Seoul, 135-811

In this paper, we study the methodology for the measurement and integration of market risk and credit risk using Copula. We apply the methodology of Rosenberg, and Schuermann(2006) to the assets of pension system. Firstly we estimate dynamics of risk factors and their effects on investment returns, then use the estimated result to simulate future movement of risk factors and distribution of investment returns. Finally we measure integrated risk using integrated return distribution by Copula and simulated future investment return distributions.

We found the integrated risk changing with the correlation of risks and investment weights of risks and confirmed the diversification effect of risks. This result is consistent when we use normal Copula and normal marginals, t-Copula and t(3) marginals, and normal Copula and non-parametric marginals. And in the case of non-parametric marginals, larger integrated risk is calculated. It means that use of non-parametric marginals is more conservative.

Keyword: risk integration, simulation, copula, non-parametric marginals, diversification effect of risks

1. 서론

국제결제은행(BIS)의 Basel II는 은행의 위험을 시장위험, 신용 위험, 운영위험으로 구분하여 계산하고 이를 합산하여 은행의 통합위험을 계산하도록 하고 있다. 그리고 측정된 위험을 바탕으로 위험자본을 준비하도록 강제하고 있다. 그러나 이렇게 계산된 개별 위험의 합이 실제 금융기관의 통합된 전체위험을 의미하는지는 확신할 수 없다. 한편 은행의 입장에서는 통합된 전체위험을 바탕으로 위험자본을 준비하는 것이 가장 합리적인 선택이다. 그러나 개별 위험의 합이 실제 통합된 전체위

험과 다를 경우, 특히 위험이 과대계상된 경우에는 그에 따라 과다한 위험자본이 요구되며 이 경우 은행이 준비해야할 위험 자본 자체가 은행의 자금조달원 중 가장 비싼 자금이기 때문에 은행의 입장에서는 커다란 기회비용으로 작용하게 된다(정운찬, 1999).

이에 따라 은행을 비롯한 금융기관의 통합된 전체위험을 측정하기 위한 여러 가지 방법들에 대한 연구들이 최근 활발히 이루어지고 있다. Rosenberg and Schuermann(2006)은 Copula를 이용하여 은행지주회사들의 통합위험을 계산할 때 일반적인 포트폴리오 VaR보다 작은 값을 보임을 확인하였다. Alessandri and

본 연구는 2008년도 산학협동재단의 학술연구비 지원을 받아 연구되었음.

*연락처 : 변진호 교수, 120-750 서울시 서대문구 대현동 11-1 이화여자대학교 경영대학, Fax : 02-3277-2835,

E-mail : jbyun@ewha.ac.kr

투고일(2010년 06월 11일), 심사일(1차 : 2010년 08월 10일), 게재확정일(2010년 08월 12일).

Drehmann(2007)은 Drehmann *et al.*(2007)의 방법론을 바탕으로 은행의 대차대조표를 모형화하여 이자율위험과 신용위험을 통합하고 그 결과 유의한 분산효과가 있음을 확인하였다. 이러한 결과들은 다른 종류의 위험들 사이에는 위험의 분산효과가 존재하고 통합위험을 측정할 경우 분산효과에 의해 위험의 단순합보다 작아지게 됨을 뜻한다. 이는 실제 은행을 비롯한 금융기관이 준비해야할 위험자본보다 규제에 의해 준비해야하는 위험자본이 과다하게 추정되고 있으며 현행 규제체계가 상당히 보수적으로 접근하고 있음을 의미하고 있다. 한편 Breuer *et al.*(2007)은 경우에 따라서는 포트폴리오의 통합위험이 개별 위험의 합보다 클 수도 있음을 보이고 현재의 규제가 보수적인 것은 아니라고 주장하고 있다. 이러한 연구들을 종합해 볼 때 개별 위험의 합으로 통합위험을 계산하는 것이 적절하지 못하며 통합위험을 별도로 측정할 수 있어야 한다고 할 것이다.

본 연구에서는 금융기관의 신용위험과 시장위험에 대한 통합위험관리 방안에 대한 논의를 전개하고자 하는 것을 목적으로 한다. 현재까지의 위험관리제도가 신용위험, 시장위험과 같은 개별위험의 식별과 측정, 관리에 중점을 두어왔다면 향후의 위험관리제도는 이들 개별위험간의 관계를 고려한 통합위험관리제도로 변화할 것이기 때문이다. 또한 증권화(securitization), 신용파생상품(credit derivatives) 등과 같이 신용위험을 가진 상품들이 시장에서 거래되면서 신용위험과 시장위험을 동시에 가지게 되는 사례들이 늘어나는 상황에서 지금까지의 통합위험관리에 관한 선행연구를 바탕으로 향후 금융기관들의 위험관리제도 수립에 대한 방향을 제시할 필요가 있다.

위험통합을 위한 접근방법으로 가장 널리 사용되는 것이 Copula를 이용한 접근방법이다. Copula는 주변확률분포와 결합확률분포를 연결하는 함수로 상관계수로 표현하기 어려운 종속관계를 표현하는데 널리 사용되고 있다. Copula는 특히 서로 다른 형태의 분포들을 통합하는데 유용하게 사용되고 있으며 이승국(2006)에 따르면 운영위험의 계산에 있어 서로 다른 영업영역과 손실사건유형에 따른 손실분포의 통합에도 이용할 수 있다. 다양한 Copula에 대한 정리는 김명직, 신성환(2003) 등의 연구에서 확인할 수 있다.

본 연구는 Copula를 이용한 통합위험 측정법을 제시한 Rosenberg and Schuermann(2006)의 방법론을 국민연금기금에 적용하여, 국민연금기금의 투자자산이 가지고 있는 시장위험과 신용위험의 통합위험 측정을 다룬다. 기존의 연구들이 주로 은행을 대상으로 하는 반면 본 연구에서는 자산운용의 측면이 강한 연금기금을 대상으로 하고 있으며 특히 대규모 자산을 운용하는 국민연금기금의 자료를 이용하여 향후 연금기금 및 자산운용사의 위험관리에 관한 하나의 접근방법을 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

이를 위해 먼저 시장위험요인과 신용위험요인의 동학과, 이들 위험요인이 시장위험과 신용위험에 관련된 수익률에 미치는 영향을 추정한 다음, 추정결과를 바탕으로 시뮬레이션을 통해 개별 위험에 관련된 수익률 분포를 도출한다. 다음으로

Copula를 이용하여 통합위험 관련 수익률분포를 도출하여 통합위험을 측정하게 된다. 그 결과 위험 간의 상관계수와 개별 위험에의 투자비중에 따라 통합위험의 크기가 변화하며 위험의 분산효과가 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 정규 주변분포와 Normal Copula, $t(3)$ 주변분포와 t -Copula, 비모수 주변분포와 Normal Copula를 이용한 결과에서 모두 확인할 수 있었다. 또한 비모수 주변분포를 사용할 경우 정규 주변분포를 사용한 경우보다 더 큰 통합위험이 측정되었으며 이는 비모수 주변분포를 이용하는 것이 Copula를 이용한 통합위험의 측정에서 보수적인 결과를 가져오는 것으로 해석할 수 있다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 위험통합에 관련된 선행연구들을 정리하고 제 3장에서는 연구자료와 연구방법론에 대해 정리한다. 제 4장에서는 실증분석 결과를 정리하고 제 5장에서는 연구결과의 요약과 향후 연구방향을 제시한다.

2. 선행 연구

현재 금융기관들이 이용하고 있는 위험관리기법은 개별위험들인 시장위험, 신용위험, 운영위험 등을 개별적으로 계산한 다음 이들을 단순히 더하거나 사전적으로 정의된 위험간의 상관관계를 감안하여 금융기관의 통합위험을 산출하는 방법이 일반적으로 이용되고 있다. 이러한 방법으로 가장 대표적인 것이 은행에 대한 위험관리기준인 Basel II이며 이렇게 산출된 위험량을 바탕으로 은행의 자기자본에 대한 규제가 실시되고 있다. 그러나 이렇게 산출된 금융기관의 통합위험이 실제 금융기관의 전체위험과 같다고 말할 수는 없다. 서로 다른 개별 위험 사이에도 위험에 대한 분산효과가 존재한다면 실제 통합위험은 개별위험의 단순합보다 작을 것이다. 또한 자기자본이 가장 비싼 자금이라는 점을 감안한다면 금융기관의 입장에서는 실제 금융기관의 전체위험을 정확하게 측정하는 것이 기회비용의 측면에서도 도움이 될 것이다. 따라서 통합위험의 측정에 관한 연구들이 이루어지고 있으며 다수의 연구들에서 다양한 방식으로 계산된 통합위험이 개별 위험의 단순합보다 작은 것을 보고하고 있다(Alexander and Pezier, 2003; Rosenberg and Schuermann, 2006; Alessandri and Drehmann, 2007). 통합위험이 개별 위험의 단순합보다 작게 측정된다는 점은 서로 다른 개별 위험 사이에서도 위험에 대한 분산효과가 존재하며, 금융기관이 실제보다 과다한 자기자본을 보유하는 보수적인 입장을 견지하고 있음을 의미한다.

그러나 Breuer *et al.*(2007)은 시장위험과 신용위험을 함께 가지고 있는 포트폴리오의 통합위험이 개별 위험의 합과 같기 위해서는 이 포트폴리오가 신용위험요인에만 영향받는 하위 포트폴리오와 시장위험요인에만 영향받는 하위포트폴리오로 구분될 수 있다는 조건을 만족해야만 함을 보이고, 외환대출의 사례를 통해 경우에 따라서 포트폴리오의 통합위험이 개별

위험의 합보다 클 수도 있음을 보였다. 즉 이들은 현행의 통합 위험 측정기 통합위험을 과다하게 평가하고 있는 보수적인 접근이 아닐 수 있음을 의미하며 따라서 개별위험을 측정하는데 있어 그 측정방법을 정교화할 필요가 있으며 또한 통합위험의 측정방법의 개발이 필요하다고 주장하였다.

통합위험의 측정방법에 대하여 Aas *et al.*(2005), Cech(2006)는 상향식(Bottom-up) 접근방법과 하향식(Top-down) 접근방법으로 구분하고 있다. 상향식 접근방법은 여러 위험요인들의 분포와 상관관계구조 및 Copula 등을 이용하여 위험요인들의 통합된 움직임을 도출하고 이들이 개별 사업영역의 손실과 이익에 미치는 영향을 계산한다. 따라서 개별 사업영역간의 의존관계는 간접적으로 모형화되는 것이 상향식 접근방법의 주요한 특징이다. 한편 하향식 접근방법은 여러 위험 형태에 영향을 미치는 공통위험요인들을 찾아내지 않고 개별 사업영역의 손실과 이익에서 출발하여 총 수익의 결합분포를 도출하고 이를 통해 통합위험을 계산하게 된다.

지금까지의 통합위험 측정을 위한 선행연구들을 간단히 정리하면 다음과 같다. 먼저 Jarrow and Turnbull(2000)은 신용스프레드의 변화와 무위험이자율의 변화 사이에 음의 상관관계가 존재하고, 고수익채권 수익률은 저수익채권보다 주가지수수익률과 더 높은 상관관계와 국제지수 수익률과의 낮은 상관관계를 보이는 이전의 실증결과들을 신용위험에 관한 취약모형에 통합하여 설명할 수 있음을 보였다. Alexander and Pezier(2003)는 위험요인들의 선형모형을 이용하여 통합위험을 측정할 수 있는 모형을 제시하였으며 주요한 위험들로 이자율위험, 주식위험, 스프레드위험을, 그 요인들로 이자율의 평행이동, 기울기, 변동성, 주식위험의 수준, 변동성, 신용 스프레드를 이용하였다. Saita(2004)는 위험통합을 금융기관의 위험에 처한 총자본(Total Capital at Risk)을 측정하기 위해 다양한 위험 형태를 통합하는 정량적 위험 측정이라고 정의하며 자본의 측면을 강조하였고 여러 위험통합기법과 그에 따른 문제점들, 특히 모수추정의 문제점을 지적하였다. Aas *et al.*(2005)은 경제적 위험요인들인 시장위험요인과 소위위험요인, 신용위험요인을 모형화하고, 신용손실함수, 시장손실함수, 소위손실함수, 운영손실함수, 사업손실함수를 정의한 후 손실간의 상관관계를 모형화하여 경제적 자본을 도출하였다. Rosenberg and Schuermann(2006)은 은행지주회사들의 통합위험을 측정하기 위해 시장위험요인과 신용위험요인의 동학을 다변량 GARCH를 이용하여 추정하고, 시장위험과 신용위험 수익률에 미치는 영향을 회귀분석을 통해 추정한 다음 시뮬레이션을 이용하여 시장위험과 신용위험, 운영위험 수익률의 주변분포를 도출하였고 Normal copula를 이용하여 통합위험을 계산하였다. 그 결과 Additive-VaR보다는 Copula-VaR가 항상 작은 값을 보임을 확인할 수 있었다. Alessandri and Drehmann(2007)은 거시경제변수들이 이자율과 부도확률에 영향을 미치는 것을 CreditRisk+ 형태의 신용위험 모형에 반영하고 은행의 순이자이익에 미치는 영향을 살펴보기 위해 가상은행의 대차대조표를 구성하고 그 영향을 시뮬레

이션하였다. 그 결과 순이익에 대한 경제적 자본이 신용위험에 대한 경제적자본과 이자율위험에 대한 경제적자본의 합보다 작게 나타남을 확인하였다.

본 연구는 Rosenberg and Schuermann(2006)의 방법론을 국민연금기금의 투자자산에 적용하였다. 따라서 본 연구는 국민연금기금의 투자자산을 시장위험에 영향받는 자산과 신용위험에 영향받는 자산으로 구분하고 이들 자산에 영향을 미치는 시장위험요인과 신용위험요인의 동학과 그 영향을 추정한다. 다음 시뮬레이션을 통해 시장위험자산과 신용위험자산의 수익률 주변분포를 도출하고 Copula를 이용하여 통합위험을 도출한다. 본 연구가 기존의 연구들과 구별되는 점은 기존의 연구들이 주로 은행을 대상으로 한 점과 달리 국민연금기금을 연구대상으로 하였다는 점과 통합위험의 측정을 실제 국내 자료를 이용하여 시도하였다는 점을 들 수 있다.

3. 연구자료와 연구방법론

본 연구에서는 Rosenberg and Schuermann(2006)의 연구방법론을 국민연금기금에 적용한다. 이를 위해 첫째 단계로 위험요인들간의 동학을 다변량 GARCH 모형을 이용하여 모형화하고, 둘째 단계로 국민연금기금의 수익률에 이들 위험요인이 미치는 영향을 회귀분석을 통해 추정한다. 셋째 단계로 이들 분석결과에 기초하여 시뮬레이션을 통해 시장위험과 신용위험을 각각 계산한다. 마지막 단계에서는 계산된 위험을 Copula를 이용하여 통합한 통합위험을 계산하게 된다.

위험요인들로는 Rosenberg and Schuermann(2006)에서 이용한 위험요인들을 따라서 시장위험요인으로 지수수익률과 환율수익률, 국제수익률을, 신용위험요인으로는 AA 등급과 BBB-등급 회사채의 신용스프레드의 변화를 이용한다. 이들 위험요인들간의 동학은 다변량 GARCH 모형 중 BEKK 모형을 이용하여 모형화한다. 추정하는 모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} r_t &= \mu + \alpha r_{t-1} + \epsilon_t, \epsilon_t | \mathcal{E}_{t-1} \sim N(0, H_t) \\ H_t &= M + A' \epsilon_{t-1} \epsilon_{t-1}' A + B' H_{t-1} B \end{aligned} \quad (1)$$

식 (1)의 상세한 설정은 다음과 같다. 먼저 시장위험의 동학은 아래와 같은 계수들로 표현된다.

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} Index_t \\ Exch_t \\ Trea_t \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \mu_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Index_{t-1} \\ Exch_{t-1} \\ Trea_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \epsilon_{1,t} \\ \epsilon_{2,t} \\ \epsilon_{3,t} \end{pmatrix} \\ H_t &= \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_1 & 0 & 0 \\ 0 & a_2 & 0 \\ 0 & 0 & a_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_{1,t-1} \\ \epsilon_{2,t-1} \\ \epsilon_{3,t-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_{1,t-1} \\ \epsilon_{2,t-1} \\ \epsilon_{3,t-1} \end{pmatrix}' + \begin{pmatrix} a_1 & 0 & 0 \\ 0 & a_2 & 0 \\ 0 & 0 & a_3 \end{pmatrix} \\ &+ \begin{pmatrix} b_1 & 0 & 0 \\ 0 & b_2 & 0 \\ 0 & 0 & b_3 \end{pmatrix} H_{t-1} \begin{pmatrix} b_1 & 0 & 0 \\ 0 & b_2 & 0 \\ 0 & 0 & b_3 \end{pmatrix}' \end{aligned} \quad (2)$$

다음으로 신용위험의 동학은 아래와 같은 계수들로 표현된다.

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} AA_t \\ BBB_t \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 \\ \alpha_1 & \alpha_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} AA_{t-1} \\ BBB_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \epsilon_{1,t} \\ \epsilon_{2,t} \end{pmatrix} \\ H_t &= \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_1 & 0 \\ 0 & a_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_{1,t-1} \\ \epsilon_{2,t-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_{1,t-1} \\ \epsilon_{2,t-1} \end{pmatrix}' + \begin{pmatrix} a_1 & 0 \\ 0 & a_2 \end{pmatrix} \\ &+ \begin{pmatrix} b_1 & 0 \\ 0 & b_2 \end{pmatrix} H_{t-1} \begin{pmatrix} b_1 & 0 \\ 0 & b_2 \end{pmatrix}' \end{aligned} \quad (3)$$

이렇게 추정된 위험요인들의 동학은 위험요인들이 미래에 어떻게 변화할 것인지에 대한 시뮬레이션에 이용된다. 다음으로 위험요인들이 연금기금의 수익률에 미치는 영향에 대해 OLS를 이용하여 살펴본다. 이 OLS 분석의 추정방정식은 아래와 같다.

$$r_{i,t} = \mathbf{X}_{i,t}\boldsymbol{\beta} + \epsilon_{i,t}, \quad i = market, credit \quad (4)$$

앞서 추정된 위험요인들의 동학을 바탕으로 시뮬레이션된 위험요인들의 미래 경로에 의해 미래의 수익률분포가 어떻게 될 것인지는 OLS 추정결과를 이용한다. 여기에서 위험요인들에 의해 설명되지 않는 부분은 OLS 분석의 잔차를 임의로 선택하여 미래수익률분포에 반영한다. 그 결과 시장위험에 관련된 수익률분포와 신용위험에 관련된 수익률분포를 개별적으로 얻게 된다.

마지막 단계로 Normal Copula를 이용하여 결합확률분포를 시뮬레이션한 후 이를 이용하여 통합위험에 관련된 수익률분포를 얻는다. 이 결합확률분포 시뮬레이션은 다음과 같이 이루어진다. 먼저 서로 상관관계가 0인 2개의 표준정규분포 벡터 Z_1, Z_2 를 생성한 후 이를 이용하여 상관계수 ρ 를 가지는 두 개의 벡터 X 와 Y 를 $X = Z_1, Y = \rho Z_1 + \sqrt{1-\rho^2} Z_2$ 의 수식을 이용하여 생성한다. 이들 X 와 Y 를 이용하여 $U = \Phi(X), V = \Phi(Y)$ 인 U 와 V 를 생성하면 U 와 V 는 $U, V \sim \Phi(\Phi^{-1}(u), \Phi^{-1}(v); \rho)$ 이며 이는 Normal Copula에 의해 생성된 것과 동일하다. 다음으로 U 와 V 에 정규분포의 역누적분포함수를 적용하면 A 와 B 를 얻을 수 있으며 이들 A, B 는 $A = F_x^{-1}(U), B = F_y^{-1}(V)$ 가 된다. 이렇게 구한 A 와 B 에 시뮬레이션된 수익률분포의 표준편차를 곱하고 평균을 더하여 시뮬레이션된 수익률분포와 같은 스케일로 전환한 후 여기에 개별 위험의 비중을 적용하면 통합위험에 관련된 수익률분포를 얻게 된다. t -Copula의 경우 자유도 ν 이고 s_i 가 카이제곱분포에서 생성된 값이라 할 때 앞에서 계산된 (X_i, Y_i) 에 $\sqrt{\nu/s_i}$ 를 곱한 다음 $t(\nu)$ 분포의 역누적분포함수를 이용하여 계산할 수 있다.

본 연구에서는 이에 더해 시뮬레이션된 수익률분포의 서열을 이용한 비모수적 역누적분포함수를 이용한 결과도 함께 이용한다. 이 경우 Normal Copula에 의해 생성된 U, V 의 값은 0에

서 1사이에 위치하므로 이를 시뮬레이션된 수익률분포의 서열값으로 보고 그 서열에 해당하는 수익률값을 가져오게 된다. 이렇게 하면 시뮬레이션된 수익률분포가 정규분포나 t -분포를 따른다는 가정을 할 필요가 없다는 장점이 있다.

마지막으로 개별 위험 간의 상관계수인 ρ 와 개별 위험의 비중은 사전적으로 정의되거나 투자현황에 따라 다를 수 있으므로 본 연구에서는 이 둘을 변화시켜가면서 분석결과를 살펴본다. 위험의 측정은 VaR와 ES를 사용하며 다음과 같이 계산된다. 본 연구에서는 유의수준 99%, 99.9%인 1일 VaR와 1일 ES를 계산한다.

$$\Pr[r_{t+k} < VaR_{t+k}(\alpha)] = \alpha \quad (5)$$

$$ES_{t+k}(\alpha) = E[r_{t+k} | r_{t+k} < VaR_{t+k}(\alpha)] \quad (6)$$

시장위험요인과 신용위험요인 및 개별위험에 관련된 연금기금의 수익률자료는 2003년 1월부터 2007년 12월까지의 일별 자료를 이용한다. 시장위험요인인 지수수익률은 유가증권시장의 종합주가지수 수익률, 환율수익률은 원·달러 환율의 일별 수익률, 국채수익률은 3년 만기 국고채수익률의 로그차분을 이용한다. 신용위험요인인 신용스프레드의 변화는 AA등급과 BBB-등급 3년 만기 회사채의 대표수익률과 3년 만기 국고채수익률의 차이의 일별차분을 이용한다. 이들 시장위험요인과 신용위험요인에 관한 자료는 FnGuide에서 제공하는 자료를 이용하였다. 다음으로 시장위험에 영향받는 수익률은 주식과 국채, 지방채, 통안채에 의해 발생한 일일 수익을 전일 평가금액으로 나누어 계산하고, 신용위험에 영향받는 수익률은 회사채, 금융채, ABS에 의해 발생한 일일 수익을 전일 평가금액으로 나누어 계산한다. 일일 수익과 평가금액 자료는 국민연금기금의 일별 자료를 이용하였다. 한편 은행과 달리 연금기금은 신용위험에 크게 영향받는 대출자산이 존재하지 않는 특성을 가지고 있어 부도위험을 포함하고 있는 자산들인 회사채, 금융채, ABS를 신용위험에 영향받는 자산으로 보았다. 물론 이들 자산들은 시장에서 거래가 이루어지는 자산들이기 때문에 시장위험에 노출되어 있으며 이후 분석에서는 이러한 점을 반영하는 추가 분석을 병행하였다.

4. 실증분석

<표 1>의 Panel A과 Panel B는 시장위험요인 및 신용위험요인을 MGARCH-BEKK 모형을 이용하여 위험요인의 동학을 추정 한 결과이다. 이렇게 추정된 결과를 이용하여 분석의 첫 번째 단계로 1년(250일) 간의 위험요인의 미래움직임을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션은 4000회를 수행하였다.

다음으로 위험요인들이 시장위험에 관련된 수익률분포와 신용위험에 관련된 수익률분포에 미치는 영향을 분석한 결과가 <표 2>다. 시장위험에 관련된 수익률분포의 회귀분석은

표 1. Risk Factor Dynamics using MGARCH-BEKK

Panel A : market risk factor model using MGARCH-BEKK

	coefficient	standard error	p-value
μ_1	0.000897	0.000230	0.0001
μ_2	-0.000129	7.20E-05	0.0730
μ_3	-0.000259	0.000172	0.1316
α_1	-0.027359	0.005660	0.0000
α_2	-0.074952	0.015010	0.0000
α_3	0.009246	0.007016	0.1876
m11	2.03E-06	3.62E-07	0.0000
m12	-1.45E-07	2.33E-08	0.0000
m13	3.10E-07	1.14E-07	0.0064
m22	1.27E-07	2.16E-08	0.0000
m23	8.41E-08	3.10E-08	0.0067
m33	2.35E-06	2.71E-07	0.0000
a1	0.198849	0.009673	0.0000
a2	0.131975	0.006313	0.0000
a3	0.300972	0.010982	0.0000
b1	0.971691	0.002817	0.0000
b2	0.984960	0.001524	0.0000
b3	0.945175	0.003943	0.0000
Number of Observation			5475
Log likelihood			19911.92

Panel B : credit risk factor model using MGARCH-BEKK

	coefficient	standard error	p-value
μ_1	-2.90E-07	1.36E-06	0.8308
μ_2	-4.04E-06	1.64E-06	0.0138
α_1	0.022948	0.019592	0.2415
α_2	0.036830	0.016618	0.0267
m11	2.88E-11	1.53E-12	0.0000
m12	9.10E-11	4.90E-12	0.0000
m22	1.96E-10	1.14E-11	0.0000
a1	0.158104	0.002964	0.0000
a2	0.275996	0.005696	0.0000
b1	0.985541	0.000311	0.0000
b2	0.948484	0.001872	0.0000
Number of Observation			3650
Log likelihood			30393.52

시장위험요인들이 상당히 높은 설명력을 가지는 것으로 나타났다. 환율에 대한 계수는 유의하지 않았는데 이는 과거 국민연금기금의 투자가 주로 국내자산에 투자되었기 때문으로 볼 수 있다. 한편 신용위험에 관련된 수익률분포의 회귀분석은 설명력이 매우 낮게 나타났다. 이는 신용위험에 영향받는 자

표 2. Risk regression result

Panel A : market risk regression

	Coefficient	standard error	p-value
C	0.000101	1.97E-05	0.0000
Index	0.181866	0.001828	0.0000
Exchange	-0.007608	0.006263	0.2246
Treasury	-0.082192	0.002250	0.0000
Number of observation			1826
Adjusted R ²			0.858156

Panel B : credit risk regression 1

	Coefficient	standard error	p-value
C	0.000143	2.52E-05	0.0000
Δ AA spread	0.190903	0.397212	0.6309
Δ BBB spread	1.478844	0.358658	0.0000
Number of observation			1826
Adjusted R ²			0.013982

Panel C : credit risk regression 2

	Coefficient	standard error	p-value
C	0.000144	2.00E-05	0.0000
Δ AA spread	-0.762384	0.316406	0.0161
Δ BBB spread	-0.538290	0.291060	0.0646
Treasury	-0.077061	0.002350	0.0000
Number of observation			1826
Adjusted R ²			0.379564

산으로 본 회사채, 금융채, ABS가 신용위험에 노출되어 있긴 하나 신용등급의 변화나 부도가가능성이 매우 낮은 상태에 있는 자산들이 주로 거래가 되고 있고 국민연금기금의 투자대상 자체가 신용위험이 낮은 자산에 국한되어 있기 때문으로 보인다. 또한 이들 자산이 시장성이 높은 자산들이기 때문에 신용위험 요인들뿐만 아니라 시장위험요인들에 영향을 받는다는 점을 반영하여 신용위험에 대한 회귀분석에 국제수익률의 로그차분을 추가한 결과가 Panel C이다. 회귀분석의 결과에서 보듯 시장위험요인인 국제수익률에 영향을 받고 있음을 볼 수 있다. 다른 시장위험요인들인 환율수익률과 지수수익률은 그 효과가 유의하게 나타나지 않아 분석에서는 제외하였다.

다음 단계로 시장위험과 신용위험에 관련된 미래 수익률분포는 시물레이션을 통해 도출하였다. 이를 위해 먼저 추정된 위험요인의 동학을 사용하여 위험요인의 미래움직임을 시물레이션하고, 위험요인과 수익률간의 회귀분석 결과에 시물레이션된 위험요인의 미래움직임을 대입하여 미래 수익률분포를 도출하는 과정을 수행하였다. 이때 위험요인과 수익률간의 회귀분석 결과 잔차의 분포가 정규분포를 따르지 않는 것을

Panel B : 99% ES using Normal Copula

Weight	rho = 0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	rho = 1
0	-0.0027	-0.0027	-0.0027	-0.0027	-0.0027	-0.0027	-0.0027	-0.0027	-0.0027	-0.0027	-0.0027
0.1	-0.0034	-0.0036	-0.0037	-0.0039	-0.0040	-0.0042	-0.0043	-0.0045	-0.0046	-0.0047	-0.0049
0.2	-0.0052	-0.0054	-0.0056	-0.0058	-0.0060	-0.0062	-0.0064	-0.0065	-0.0067	-0.0069	-0.0070
0.3	-0.0074	-0.0076	-0.0078	-0.0080	-0.0082	-0.0083	-0.0085	-0.0087	-0.0088	-0.0090	-0.0092
0.4	-0.0097	-0.0099	-0.0101	-0.0102	-0.0104	-0.0105	-0.0107	-0.0109	-0.0110	-0.0112	-0.0113
0.5	-0.0121	-0.0122	-0.0124	-0.0125	-0.0127	-0.0128	-0.0129	-0.0131	-0.0132	-0.0133	-0.0135
0.6	-0.0145	-0.0146	-0.0147	-0.0148	-0.0149	-0.0151	-0.0152	-0.0153	-0.0154	-0.0155	-0.0156
0.7	-0.0169	-0.0170	-0.0171	-0.0172	-0.0172	-0.0173	-0.0174	-0.0175	-0.0176	-0.0177	-0.0177
0.8	-0.0193	-0.0194	-0.0194	-0.0195	-0.0196	-0.0196	-0.0197	-0.0197	-0.0198	-0.0198	-0.0199
0.9	-0.0217	-0.0218	-0.0218	-0.0218	-0.0219	-0.0219	-0.0219	-0.0219	-0.0220	-0.0220	-0.0220
1.0	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242

Panel C : 99.9% VaR using Normal Copula

Weight	rho = 0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	rho = 1
0	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032
0.1	-0.0039	-0.0042	-0.0043	-0.0045	-0.0047	-0.0049	-0.0051	-0.0052	-0.0054	-0.0055	-0.0057
0.2	-0.0061	-0.0064	-0.0066	-0.0068	-0.0070	-0.0072	-0.0074	-0.0076	-0.0078	-0.0080	-0.0082
0.3	-0.0087	-0.0089	-0.0091	-0.0093	-0.0095	-0.0097	-0.0099	-0.0101	-0.0103	-0.0105	-0.0107
0.4	-0.0113	-0.0115	-0.0117	-0.0119	-0.0121	-0.0123	-0.0125	-0.0126	-0.0128	-0.0130	-0.0132
0.5	-0.0141	-0.0143	-0.0144	-0.0146	-0.0147	-0.0149	-0.0151	-0.0152	-0.0154	-0.0155	-0.0157
0.6	-0.0169	-0.0170	-0.0171	-0.0173	-0.0174	-0.0175	-0.0177	-0.0178	-0.0179	-0.0180	-0.0182
0.7	-0.0197	-0.0198	-0.0199	-0.0200	-0.0201	-0.0202	-0.0203	-0.0204	-0.0205	-0.0206	-0.0207
0.8	-0.0225	-0.0226	-0.0226	-0.0227	-0.0228	-0.0228	-0.0229	-0.0230	-0.0230	-0.0231	-0.0232
0.9	-0.0253	-0.0253	-0.0254	-0.0254	-0.0254	-0.0255	-0.0255	-0.0255	-0.0256	-0.0256	-0.0257
1.0	-0.0282	-0.0282	-0.0282	-0.0282	-0.0282	-0.0282	-0.0282	-0.0282	-0.0282	-0.0282	-0.0282

Panel D : 99.9% ES using Normal Copula

Weight	rho = 0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	rho = 1
0	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035
0.1	-0.0043	-0.0045	-0.0047	-0.0049	-0.0051	-0.0053	-0.0055	-0.0057	-0.0059	-0.006	-0.0062
0.2	-0.0066	-0.0069	-0.0071	-0.0074	-0.0076	-0.0079	-0.0081	-0.0083	-0.0085	-0.0087	-0.0089
0.3	-0.0094	-0.0097	-0.0099	-0.0101	-0.0104	-0.0106	-0.0108	-0.0110	-0.0112	-0.0114	-0.0116
0.4	-0.0124	-0.0126	-0.0128	-0.0130	-0.0132	-0.0134	-0.0136	-0.0138	-0.014	-0.0142	-0.0144
0.5	-0.0154	-0.0155	-0.0157	-0.0159	-0.0161	-0.0162	-0.0164	-0.0166	-0.0167	-0.0169	-0.0171
0.6	-0.0184	-0.0185	-0.0187	-0.0188	-0.019	-0.0191	-0.0192	-0.0194	-0.0195	-0.0197	-0.0198
0.7	-0.0214	-0.0216	-0.0217	-0.0218	-0.0219	-0.022	-0.0221	-0.0222	-0.0223	-0.0224	-0.0225
0.8	-0.0245	-0.0246	-0.0247	-0.0247	-0.0248	-0.0249	-0.0249	-0.0250	-0.0251	-0.0251	-0.0252
0.9	-0.0276	-0.0276	-0.0276	-0.0277	-0.0277	-0.0278	-0.0278	-0.0278	-0.0279	-0.0279	-0.0279
1.0	-0.0307	-0.0307	-0.0307	-0.0307	-0.0307	-0.0307	-0.0307	-0.0307	-0.0307	-0.0307	-0.0307

플레이션 2는 시장위험 및 신용위험 회귀분석 2의 결과를 바탕으로 정규주변분포 및 Normal Copula를 이용하여 통합위험 수

익률분포를 도출한다. 그런 다음 도출된 통합위험 수익률분포를 이용하여 99% VaR 및 ES와 99.9% VaR 및 ES를 위험 간 상관

Panel B : 99% ES using t-Copula

Weight	rho = 0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	rho = 1
0	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032	-0.0032
0.1	-0.0037	-0.0039	-0.0041	-0.0043	-0.0044	-0.0046	-0.0047	-0.0049	-0.0050	-0.0052	-0.0053
0.2	-0.0054	-0.0056	-0.0059	-0.0061	-0.0063	-0.0065	-0.0067	-0.0069	-0.0071	-0.0072	-0.0074
0.3	-0.0075	-0.0077	-0.0079	-0.0082	-0.0084	-0.0086	-0.0088	-0.0090	-0.0091	-0.0093	-0.0095
0.4	-0.0098	-0.0100	-0.0102	-0.0104	-0.0105	-0.0107	-0.0109	-0.0111	-0.0113	-0.0114	-0.0116
0.5	-0.0121	-0.0123	-0.0124	-0.0126	-0.0128	-0.0129	-0.0131	-0.0132	-0.0134	-0.0136	-0.0137
0.6	-0.0145	-0.0146	-0.0148	-0.0149	-0.0150	-0.0152	-0.0153	-0.0154	-0.0155	-0.0157	-0.0158
0.7	-0.0169	-0.0170	-0.0171	-0.0172	-0.0173	-0.0174	-0.0175	-0.0176	-0.0177	-0.0178	-0.0179
0.8	-0.0193	-0.0194	-0.0195	-0.0195	-0.0196	-0.0197	-0.0197	-0.0198	-0.0199	-0.0199	-0.0200
0.9	-0.0217	-0.0218	-0.0218	-0.0219	-0.0219	-0.0219	-0.0220	-0.0220	-0.0220	-0.0221	-0.0221
1.0	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242	-0.0242

Panel C : 99.9% VaR using t-Copula

Weight	rho = 0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	rho = 1
0	-0.0038	-0.0038	-0.0038	-0.0038	-0.0038	-0.0038	-0.0038	-0.0038	-0.0038	-0.0038	-0.0038
0.1	-0.0044	-0.0046	-0.0048	-0.0050	-0.0052	-0.0054	-0.0055	-0.0057	-0.0059	-0.0060	-0.0062
0.2	-0.0063	-0.0066	-0.0068	-0.0071	-0.0073	-0.0076	-0.0078	-0.0080	-0.0082	-0.0084	-0.0086
0.3	-0.0088	-0.0090	-0.0093	-0.0095	-0.0097	-0.0100	-0.0102	-0.0104	-0.0107	-0.0109	-0.0111
0.4	-0.0114	-0.0116	-0.0118	-0.0121	-0.0123	-0.0125	-0.0127	-0.0129	-0.0131	-0.0133	-0.0135
0.5	-0.0141	-0.0143	-0.0145	-0.0147	-0.0149	-0.0151	-0.0152	-0.0154	-0.0156	-0.0157	-0.0160
0.6	-0.0169	-0.0170	-0.0172	-0.0173	-0.0175	-0.0176	-0.0178	-0.0179	-0.0180	-0.0182	-0.0184
0.7	-0.0196	-0.0197	-0.0199	-0.0200	-0.0201	-0.0202	-0.0203	-0.0204	-0.0206	-0.0207	-0.0208
0.8	-0.0224	-0.0225	-0.0226	-0.0227	-0.0228	-0.0228	-0.0229	-0.0230	-0.0231	-0.0232	-0.0233
0.9	-0.0253	-0.0253	-0.0254	-0.0254	-0.0254	-0.0255	-0.0255	-0.0256	-0.0256	-0.0257	-0.0257
1.0	-0.0281	-0.0281	-0.0281	-0.0281	-0.0281	-0.0281	-0.0281	-0.0281	-0.0281	-0.0281	-0.0281

Panel D : 99.9% ES using t-Copula

Weight	rho = 0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	rho = 1
0	-0.0041	-0.0041	-0.0041	-0.0041	-0.0041	-0.0041	-0.0041	-0.0041	-0.0041	-0.0041	-0.0041
0.1	-0.0048	-0.0050	-0.0052	-0.0055	-0.0057	-0.0059	-0.0061	-0.0062	-0.0064	-0.0066	-0.0068
0.2	-0.0069	-0.0072	-0.0075	-0.0077	-0.0080	-0.0083	-0.0085	-0.0088	-0.0090	-0.0092	-0.0094
0.3	-0.0096	-0.0098	-0.0101	-0.0104	-0.0106	-0.0109	-0.0111	-0.0114	-0.0116	-0.0119	-0.0121
0.4	-0.0124	-0.0127	-0.0129	-0.0132	-0.0134	-0.0136	-0.0139	-0.0141	-0.0143	-0.0145	-0.0147
0.5	-0.0154	-0.0156	-0.0158	-0.0160	-0.0162	-0.0164	-0.0166	-0.0168	-0.0170	-0.0172	-0.0174
0.6	-0.0184	-0.0186	-0.0187	-0.0189	-0.0191	-0.0192	-0.0194	-0.0196	-0.0197	-0.0199	-0.0200
0.7	-0.0214	-0.0216	-0.0217	-0.0218	-0.0219	-0.0221	-0.0222	-0.0223	-0.0224	-0.0225	-0.0227
0.8	-0.0245	-0.0246	-0.0246	-0.0247	-0.0248	-0.0249	-0.0250	-0.0251	-0.0252	-0.0252	-0.0253
0.9	-0.0275	-0.0276	-0.0276	-0.0277	-0.0277	-0.0278	-0.0278	-0.0278	-0.0279	-0.0279	-0.0280
1.0	-0.0306	-0.0306	-0.0306	-0.0306	-0.0306	-0.0306	-0.0306	-0.0306	-0.0306	-0.0306	-0.0306

<표 8>과 <표 9>는 통합위험시뮬레이션 5와 통합위험시뮬레이션 6의 결과로 시장위험 및 신용위험 회귀분석 1과 2의 결과를 바탕으로 비모수 주변분포 및 Normal Copula를 이용한

결과이다. 비모수 주변분포는 시뮬레이션된 수익률분포의 서열을 이용하여 계산되었다. 이렇게 계산한 결과는 정규 주변분포를 이용한 경우보다는 큰 손실을 기록하는 것을 볼 수 있

Panel C : 99.9% VaR using Normal Copula

Weight	rho = 0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	rho = 1
0	-0.0039	-0.0039	-0.0039	-0.0039	-0.0038	-0.0038	-0.0039	-0.0039	-0.0039	-0.0039	-0.0039
0.1	-0.0049	-0.0052	-0.0055	-0.0057	-0.0060	-0.0063	-0.0066	-0.0069	-0.0072	-0.0075	-0.0079
0.2	-0.0087	-0.0090	-0.0092	-0.0095	-0.0098	-0.0101	-0.0104	-0.0107	-0.0110	-0.0114	-0.0118
0.3	-0.0130	-0.0132	-0.0134	-0.0137	-0.0139	-0.0141	-0.0144	-0.0147	-0.0150	-0.0154	-0.0158
0.4	-0.0173	-0.0175	-0.0177	-0.0179	-0.0181	-0.0183	-0.0185	-0.0188	-0.0191	-0.0194	-0.0198
0.5	-0.0217	-0.0219	-0.0220	-0.0222	-0.0223	-0.0225	-0.0227	-0.0229	-0.0231	-0.0234	-0.0238
0.6	-0.0261	-0.0262	-0.0263	-0.0264	-0.0266	-0.0267	-0.0269	-0.0270	-0.0272	-0.0274	-0.0277
0.7	-0.0305	-0.0306	-0.0307	-0.0307	-0.0308	-0.0309	-0.0311	-0.0312	-0.0313	-0.0315	-0.0317
0.8	-0.0349	-0.0349	-0.0350	-0.0350	-0.0351	-0.0352	-0.0352	-0.0353	-0.0354	-0.0355	-0.0357
0.9	-0.0393	-0.0393	-0.0393	-0.0393	-0.0394	-0.0394	-0.0394	-0.0395	-0.0395	-0.0396	-0.0397
1.0	-0.0436	-0.0436	-0.0436	-0.0436	-0.0436	-0.0436	-0.0436	-0.0436	-0.0436	-0.0436	-0.0436

Panel D : 99.9% ES using Normal Copula

Weight	rho = 0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	rho = 1
0	-0.0047	-0.0047	-0.0047	-0.0047	-0.0047	-0.0047	-0.0047	-0.0048	-0.0048	-0.0048	-0.0049
0.1	-0.0057	-0.0060	-0.0064	-0.0067	-0.0070	-0.0074	-0.0078	-0.0082	-0.0087	-0.0091	-0.0096
0.2	-0.0105	-0.0107	-0.0110	-0.0113	-0.0116	-0.0120	-0.0124	-0.0128	-0.0133	-0.0138	-0.0143
0.3	-0.0156	-0.0158	-0.0160	-0.0163	-0.0166	-0.0169	-0.0172	-0.0176	-0.0180	-0.0185	-0.0190
0.4	-0.0207	-0.0209	-0.0211	-0.0214	-0.0216	-0.0218	-0.0221	-0.0225	-0.0228	-0.0233	-0.0237
0.5	-0.0259	-0.0261	-0.0263	-0.0264	-0.0266	-0.0268	-0.0271	-0.0274	-0.0277	-0.0280	-0.0284
0.6	-0.0311	-0.0312	-0.0314	-0.0315	-0.0317	-0.0318	-0.0320	-0.0323	-0.0325	-0.0328	-0.0331
0.7	-0.0363	-0.0364	-0.0365	-0.0366	-0.0367	-0.0369	-0.0370	-0.0372	-0.0374	-0.0376	-0.0378
0.8	-0.0415	-0.0416	-0.0417	-0.0417	-0.0418	-0.0419	-0.0420	-0.0421	-0.0422	-0.0424	-0.0425
0.9	-0.0467	-0.0468	-0.0468	-0.0468	-0.0469	-0.0469	-0.0470	-0.0470	-0.0471	-0.0471	-0.0472
1.0	-0.0519	-0.0519	-0.0519	-0.0519	-0.0519	-0.0519	-0.0519	-0.0519	-0.0519	-0.0519	-0.0519

들에서는 이러한 결과를 찾아볼 수 없기 때문에 이러한 결과는 신용위험 회귀분석 1에 의해 추정된 신용위험수익률분포가 음의 꼬리가 두텁고 길게 나타나기 때문으로 해석된다.

<그림 1>은 앞서의 시뮬레이션 결과들 중 99% VaR를 Z축으로 하고 시장위험의 비중을 X축으로, 상관관계를 Y축으로 하여 그래프로 나타낸 것이다. 포트폴리오를 구성하는 데 있어 시장위험의 비중이 증가할수록 더 큰 VaR를 가지게 되는 것은 모든 그래프에서 동일하게 나타나고 있다. 이는 앞에서 살펴봤듯이 시장위험이 더 큰 VaR를 가지고 있기 때문에 시장위험의 비중이 증가할수록 전체 포트폴리오의 VaR가 더 커지기 때문이다. 또한 모든 그래프에서 시장위험과 신용위험의 상관관계가 1에 가까워질수록 더 큰 VaR를 가지는 것도 확인할 수 있다. 이는 시장위험과 신용위험의 상관관계가 낮을수록 위험의 분산효과가 커지기 때문이다. 한편 비모수주변분포와 Normal Copula를 이용한 분석의 경우 다른 분석들보다 좀 더 큰 VaR를 가지게 됨을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 연구는 Copula를 이용하여 시장위험과 신용위험을 통합하여 측정하는 방법론에 관한 연구이다. 이를 위해 Rosenberg and Schuermann(2006)의 방법론을 국민연금기금의 투자자산에 적용하여 위험요인들의 동학과 이들 위험요인이 투자수익률에 미치는 영향을 추정하고 추정된 결과를 이용하여 위험요인들의 미래 움직임과 그에 따른 투자수익률의 미래 분포를 시뮬레이션하였다. 그리고 시뮬레이션된 투자수익률의 미래 분포를 Copula를 이용하여 통합된 투자수익률의 분포를 도출하고 이를 이용하여 통합위험을 측정하였다. 그 결과 위험 간의 상관관계수와 개별 위험에의 투자비중에 따라 통합위험의 크기가 변화하며 위험의 분산효과가 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 정규 주변분포와 Normal Copula, $t(3)$ 주변분포와 t -Copula, 비모수 주변분포와 Normal Copula를 이용한 결과에서 모두 확인할 수 있었다. 또한 비모수 주변분포를 사용할 경우 정규 주

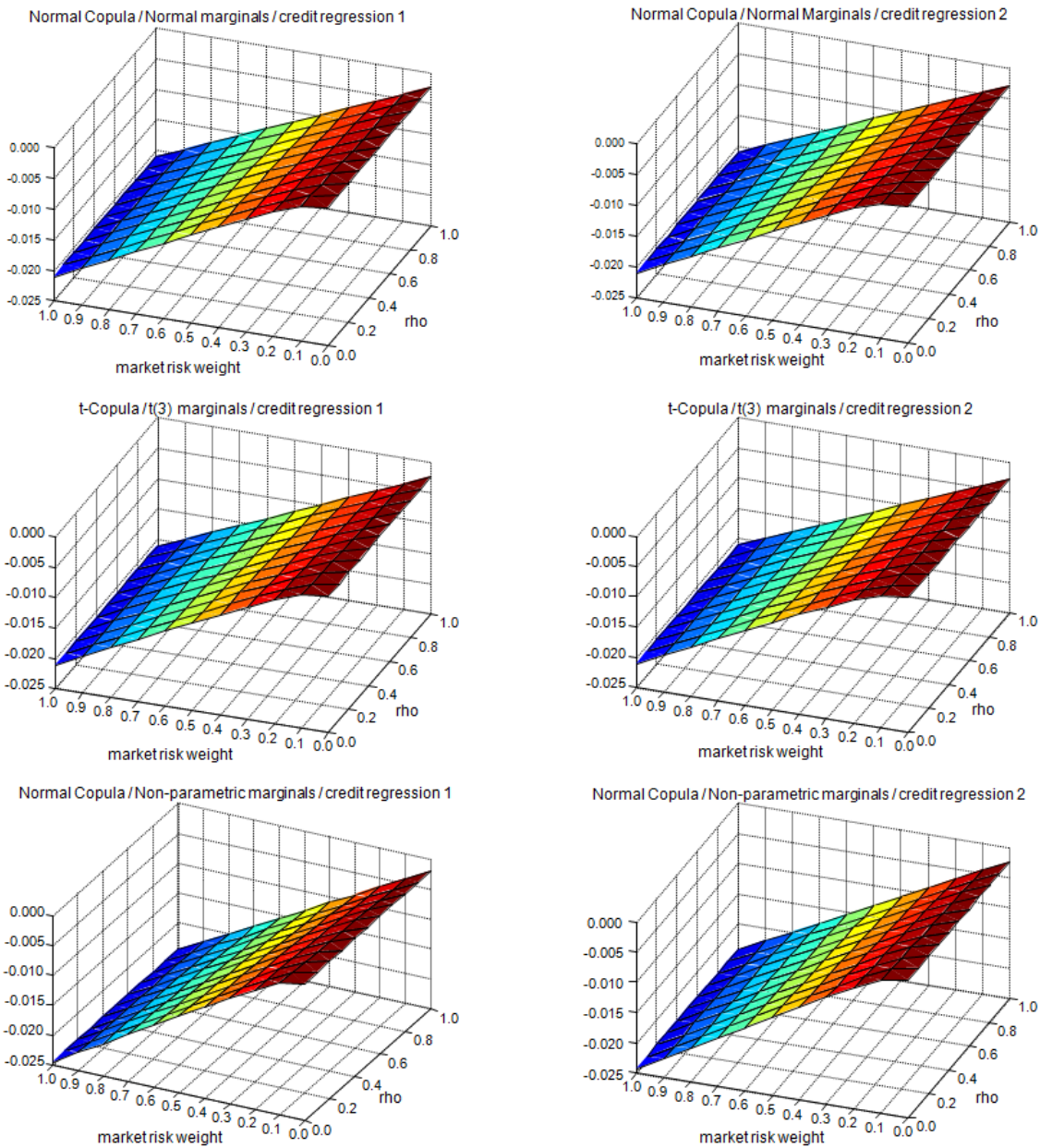


그림 1. 99% VaR의 분포

변분포를 사용한 경우보다 더 큰 통합위험이 측정되었는데 이는 비모수 주변분포를 이용하는 것이 Copula를 이용한 통합위험의 측정에서 보수적인 결과를 가져옴을 의미한다.

통합위험을 사용하여 위험간의 분산효과를 얻을 수 있게 된다면 금융기관들은 통합위험의 측정을 통해 필요한 경제적 자본을 적게 요구받게 되며 이는 금융기관들의 효율성 증가에 도움을 줄 수 있다. 그러나 개별 위험의 단순합이 금융기관의 총위험을 과대평가한다는 점에서 금융기관들을 감독하는 감독기관은 금융기관의 안정성 확보차원에서라도 개별 위험의 단순합을 더 선호할 수도 있음을 감안해야 한다. 이러한 관계는 통합위험의 측정과 그에 따른 금융기관의 총위험 계산 및 그에 따른 적정한 위험자본 보유가 단순한 효율성 증가를 넘

어서 보수적인 위험평가에 따른 안정성 확보보다 더 큰 효과를 가져와야만 함을 의미한다. 따라서 통합위험의 측정에 관한 다양한 연구들이 지속적으로 이루어져 금융기관의 총위험 계산 및 적정한 위험자본 보유를 통한 금융기관의 효율성 증가가 충분히 크다는 점을 보일 필요성이 있다.

본 연구의 한계는 다음과 같다. 먼저 통합위험의 측정에 있어 운영위험을 반영하지 않았다. 은행들의 운영위험에 대하여는 그 특성과 손실분포를 확인하여 이를 모형화하는 연구들이 있으며 Rosenberg and Schuermann(2006)도 은행에 대한 운영위험손실을 모형화하여 반영하였으나 본 연구의 대상인 연금기금이나 자산운용사의 경우 그 운영위험의 특성과 손실분포에 대하여 구체적으로 연구되어 있지 않은 상태이다. 따라서 운

영위험을 반영하기 위해 그 특성과 손실분포에 대한 연구가 병행될 필요가 있다. 또 하나 현재의 연구기간이 최근의 금융 위기가 있기 전의 상당히 안정적인 기간에 국한되어 있다는 점이다. 본 연구는 2003년부터 2007년까지를 연구기간으로 삼고 있어 그 이후의 금융위기 상황을 포함하고 있지 않다. 이러한 점은 본 연구의 결과를 적용하는데 있어 주의를 기울여야 한다는 것을 의미한다.

참고문헌

Aas, K., Dimakos, X. K., and Øksendal, A. (2005), Risk Capital Aggregation, Norsk Regnesentral Working paper.

Alessandri, P. and Drehmann, M. (2007), An Economic Capital Model Integrating Credit and Interest Rate Risk, Working paper, Conference on the Interaction of Market and Credit Risk, Deutsche Bundesbank.

Alexander, C. and Pezier, J. (2003), On the Aggregation of Firm-Wide Market and Credit Risks, University of Reading Working paper.

Breuer, T., Jandacka, M., Rheinberger, K., and Summer, M. (2007), Regulatory Capital for Market and Credit Risk Interaction: Is Current Regulation Always Conservative?, Working paper, Conference on the Interaction of Market and Credit Risk, Deutsche Bundesbank.

Cech, C. (2006), Copula-based top-down approaches in financial risk aggregation, University of Applied Sciences of bfi Vienna Working paper.

Chung, U. C. (1999), Deposit Insurance, Seoul National University Press, Seoul, Korea.

Drehmann, M., Stringa, S. and Sorensen, M. (2007), The Integrated Impact of Credit and Interest Rate Risk on Banks : An Economic Value and Capital Adequacy Perspective, Working paper, Conference on the Interaction of Market and Credit Risk, Deutsche Bundesbank.

Jarrow, R. A. and Turnbull, S. M. (2000), The intersection of market and credit risk, *Journal of Banking and Finance*, 24, 271-299.

Kim, M.-J. and Shin, S. H. (2003), Estimation and Simulation of Copula Function: An Application to Daily Korean Treasury and A-Rated Corporate Spot Rates, *Korean Journal of Futures and Options*, 11(2), 103-131.

Lee, S. K. (2006), Operational Risk Measurement Method using Loss Distribution Approach, Risk Review 2006 Summer, Financial Supervisory Service.

Rosenberg, J. V. and Schuermann, T. (2006), A general approach to integrated risk management with skewed, fat-tailed risks, *Journal of Financial Economics*, 79, 569-614.

Saita, F. (2004), Risk Capital Aggregation : the Risk Manager's Perspective, Università Bocconi Working paper.



변진호

연세대학교 경영학사 및 경영학석사
University of Wisconsin-Madison 재무금융 석사
State University of New York at Buffalo 재무금융 박사
현재 : 이화여자대학교 경영대학 부교수
관심분야 : 투자론, 기업재무, 행태 재무



남재우

KAIST 경영정책학과 학사
KAIST 산업경영학과 석사
KAIST 경영공학 박사
현재 : 국민연금연구원 기금평가팀장
관심분야 : 변동성모형, 부도확률, 위험관리, 자산운용



이호선

KAIST 물리학과 학사
서강대학교 경영학과 석사
서강대학교 경영학과 박사
현재 : 국민연금연구원 부연구위원
관심분야 : 기업재무, 자산운용, 금융기관