



Aktüerya Derneği

İstatistikçiler Dergisi: İstatistik & Aktüerya

Journal of Statisticians: Statistics and Actuarial Sciences

IDIA 10, 2017, 2, 59-75

Geliş/Received:02.05.2017, Kabul/Accepted: 23.08.2017

www.istatistikciler.org

Araştırma Makalesi / Research Article

Yatırımlar ve hasarlar arasındaki bağımlılığın Türkiye hayat dışı sigorta şirketlerinin finansal analizine etkisi

Betül Zehra Karagül

Hacettepe Üniversitesi
Fen Fakültesi
Aktüerya Bilimleri Bölümü
06800-Beytepe, Ankara, Türkiye
betul.zehra@hacettepe.edu.tr

 0000-0002-9964-4521

Murat Büyükyazıcı

Hacettepe Üniversitesi
Fen Fakültesi
Aktüerya Bilimleri Bölümü
06800-Beytepe, Ankara, Türkiye
muratby@hacettepe.edu.t

 0000-0002-8622-4659

Öz

Bu çalışmada Türkiye sigorta sektörü verisinden elde edilen parametreler ile yatırımlar ve hasarlar arasındaki bağımlılığın bir hayat dışı sigorta şirketinin finansal analizine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla hayat dışı sigorta şirketi için en temel bileşenlerin kullanıldığı ve doğrusal olmayan bağımlılığı da içeren Dinamik Finansal Analiz model yaklaşımıyla benzetim çalışması yapılmıştır. Modele doğrusal olmayan bağımlılıklar kopula kullanılarak dahil edilmiştir. Yapılan benzetim ile bu bağımlılıkların sigortacının risk ve kar profiline ve şirketin yükümlülüğünü yerine getirememesi riski ile iflas olasılığına olan etkileri ölçülmüştür.

Anahtar sözcükler: Hayat dışı sigorta; Dinamik Finansal Analiz; Benzetim; Kopula; Risk ve performans ölçümü; Bağımlılık

Abstract

The effect of dependency between investments and losses on Turkey's non-life insurance companies' financial analysis

In this study, it is aimed to examine the effects of the dependence between investments and losses on the financial analysis of a non-life insurance company with the parameters obtained from the Turkey insurance sector data. For this purpose, we have a simulation study with the Dynamic Financial Analysis model approach, which includes the most basic components for a non-life insurance company and includes non-linear dependency. Nonlinear dependencies are integrated into the model using copulas. We evaluate the influence of these dependencies on insurers' risk and return profile; ruin probability and solvency risk.

Keywords: Non-life insurance; Dynamic Financial Analysis; Simulation; Copula; Risk and performance measurement; Dependency.

1. Giriş

Sigorta şirketleri için finansal modelleme yapmak geleceği öngörmek açısından oldukça önemlidir. Sigorta şirketleri bu sayede gelecek dönemlerdeki risklerini değerlendirir, getirilerini tahmin eder ve

performans değerlendirmesi yaparlar. Günümüzde etkin ve yaygın olarak kullanılan finansal modellerden bir tanesi Dinamik Finansal Analizdir (DFA).

Literatürde tanımlanmış birçok DFA modeli vardır. Şirketler kendi ihtiyaçlarına göre farklı DFA modelleri belirleyebilirler. Bu özelliği DFA modelini daha kullanışlı ve geçerli kılmaktadır.

Literatürde DFA ile ilgili pek çok araştırma ve uygulama yer almaktadır. Lowe ve Stanard [1] ve Kaufmann, Gadmer, ve Klett [2] DFA için bir model oluşturmuş ve bu model üzerinde bir uygulama ile DFA'yı uygulamışlardır. Lowe ve Stanard [1] sigorta, yatırım ve katasrof nitelikli reasüransın sermaye yönetim süreci için bir DFA modeli geliştirmiştir. Kaufmann, Gadmer ve Klett [2] bir hayat dışı sigorta şirketi için kullanılabilir bir model oluşturmuşlardır. Blum ve arkadaşları[3] DFA çatısı altında kur riskinin reasürans üzerindeki etkisini araştırmış ve D'Arcy ve Gorvett [4] ise mal ve kaza sigortası için optimal büyüme oranını araştırmak için DFA'yı kullanmıştır. Yönetim stratejilerinin sigortacının risk ve getirisi üzerindeki etkileri Eling, Parnitzke ve Schmeiser [5] tarafından DFA kullanılarak araştırılmıştır.

Bir sigorta şirketinin kullandığı DFA modelinden elde edilen sonuçların geçerli ve gerçeğe yakın olabilmesi varlık ve yükümlülüklerinin stokastik davranışlarının doğru biçimde modellenmesine bağlıdır. Kullanılan DFA modellerinde genellikle doğrusal ilişki varsayımı ele alınmıştır. Ancak bu konu üzerine yapılan çalışmalar sigorta alanında sıklıkla görülen kalın kuyruklu ve çarpık dağılıma sahip riskler arasındaki bağımlılığın modellenmesi için sadece doğrusal korelasyon varsayımının uygun olmadığını gösterir [6].

Hayat dışı sigortalar yapıları gereği hayat sigortalarına göre daha belirsiz ve büyük risklere sahiptir. Bu risklerden bazıları kalın kuyruklu ve çarpık dağılıma sahip risklerdir. Bunlar özellikle büyük hasarların olduğu dönemlerdeki risklerdir.

Örneğin sigorta şirketleri hem mortgage'a dayalı finansal ürünlere yatırım yapmaları hem de teminatlı borç yükümlülüğü gibi yapılandırılmış kredi ürünlerini sigortalamaları sonucu ortaya çıkan kriz nedeniyle hem yatırım zararı elde etmişler hem de yüksek meblağlarda sigorta ödemesi yapmışlardır. Yine Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl oluşan kasırgalar sigorta şirketlerinin çok yüklü ödemeler yapmasına sebep olmaktadır. Bu konuda araştırma yapan şirketler bu ödeme miktarlarının ciddi bir artış göstereceğini öngörmektedir [7].Terör saldırıları sonucu meydana gelen ekonomik kayıpların da çok önemli boyutlarda olduğu görülmektedir. "Insurance Service Office" isimli kuruluşun raporlarına göre Dünya Ticaret Merkezi'ne yapılan terörist saldırılar nedeniyle 50.000'e yakın bireysel mal sigortası hasarı, yaklaşık 18.000 adet ticari hasar ve 4.800 adet motorlu araç hasarı için hasar başvurusunda bulunulmuştur [8].

Doğal afetlerin sebep olabileceği ekonomik krizler sonucu sigorta şirketlerinin sigorta işlerinden elde edeceği hasarın yanı sıra finansal kriz sonucu yatırımlarından elde edeceği zarar da şirketin varlıklarında azalmaya neden olur. Oluşan büyük hasarların sigorta şirketlerini mali açıdan etkilediği ve finansal krizin eşliğine getirebildiği bir gerçektir. Türkiye gibi deprem kuşağı üzerinde olan bir ülke için de bu tip doğal afetlerin sigortaya ve finansal piyasalara olan etkileri göz ardı edilemez. Özellikle hayat dışı sigorta şirketleri için bu durumların risk ve kar profiline etkilerinin incelenmesi gerekmektedir.

Kalın kuyruklu ve çarpık dağılıma sahip riskler arasındaki bağımlılık yapılarını modellemek için doğrusal olmayan bağımlılıklar incelenmelidir. Doğrusal olmayan bağımlılıklar için kullanılacak olan bağımlılık ölçümlerinden en etkin ve uygun olanı kopulalardır.

Kopula kavramı ile sigorta alanında doğrusal olmayan bağımlılıkların eşleştirilmesi ilk kez ilişkili risk portföylerinin bütünleştirilmesi için algoritmalar ve modeller ortaya koyan Wang [9] tarafından 1998'de yapılmıştır. Klugman ve Parsa [10], Mashal ve Zeevi [11], Malevergne ve Sornette [12] , Dias [13] ve Kole, Koedijk ve Verbeek [14] deneysel veriye kopula uygulayarak sigorta ve sermaye piyasalarının analizi için uygun modeller geliştirmişlerdir.Oakes [15] [16], Hougaard, Harvald ve Holm [17], ve Carriere [18] hayat tablolarının tahminleri için yaşam modellerinde bağımlılık yapılarını analiz etmişlerdir. Tibiletti [19] sigorta talebi alanında; Wang [20] ve Frees, Carriere ve Valdez [21] de sigorta ürünlerinin fiyatlandırılmasında kopulaları kullanmışlardır.

Bu çalışmada hayat dışı sigorta şirketleri için Martin Eling ve Denis Toplek [6] tarafından kurulan DFA modeline Türkiye hayat dışı sigorta şirketlerinden elde edilen parametreler yerleştirilerek yatırımlar ve hasarlar arasındaki bağımlılığın Türkiye hayat dışı sigorta şirketlerinin finansal analizine olan etkileri incelenmiştir. Modele bağımlılıklar kopula yardımıyla dahil edilmiştir. Çalışmanın İkinci Bölüm'ünde DFA hakkında bilgi verilmiş ve kullanılan model yapısı açıklanmıştır. Üçüncü Bölüm'de bağımlılık yapısı için kullanılan kopulalara değinilmiştir. Dördüncü Bölüm'de risk, getiri ve performans ölçümünde kullanılan finansal rasyolar verilmiştir. Beşinci Bölüm'de uygulama ve sonuçlar, Altıncı Bölüm'de ise öneriler yer almaktadır.

2. Dinamik Finansal Analiz

DFA, finansal sonuçları olası senaryolar altında inceleyen, içsel ve dışsal koşulların değişimiyle çıktılarının nasıl etkilendiğini gösteren, finansal modellemeye getirilmiş sistematik bir yaklaşımdır [5]. Bu yaklaşım sayesinde şirketler geleceğe yönelik iflas olasılıklarını, yükümlülüklerini karşılayıp karşılayamayacaklarını daha net görebilir ve yönetim kararlarını da buna göre alabilirler.

DFA karar verme sürecinde önemli bir araç ve firma risk yönetimi için esas parça haline gelmiştir. Hayat dışı sigorta şirketlerinde hasarın meydana gelme anı ve büyüklüğü hayat sigortası şirketlerine göre daha belirsizdir ve faiz oranı riskine daha çok maruz kalmaktadırlar. Bu nedenle DFA hayat dışı sigorta şirketleri için oldukça kullanışlıdır.

Pek çok ekonomik ve matematiksel kavramı ve yöntemi bir araya getiren DFA için tek bir yöntem bilim tanımlamak imkansızdır. Piyasada hayat dışı sigorta şirketleri için ulaşılabilir bazı DFA yazılım ürünleri mevcuttur ve bunların her biri kendi DFA yaklaşımlarına dayalıdır. Bir DFA modeli için en önemli soru en iyi stratejinin ne olduğudur. DFA'dan elde edilecek başarı, stokastik davranışlarının uygun biçimde modellenmesine ve bağımlılıkların doğru eşleştirilmesine bağlıdır.

Bir sigorta şirketinin etkilenebileceği piyasa riski, enflasyon riski, kredi riski ve operasyonel riskler gibi pek çok risk vardır. Tüm bu riskler ve daha fazlası modele dahil edilebilir. Ancak anlaşılabilirlik ve hesaplamalarda kolaylık için bu çalışmada Martin Eling ve Denis Toplek'in [6] kullandığı model esas alınmıştır ancak model üzerinde bir takım değişiklikler yapılmıştır.

Sigorta şirketinin t dönem ($t \in 1, \dots, T$) sonundaki öz sermayesi EC_t ve şirketin t dönemindeki kazancı E_t olmak üzere zaman içinde öz sermayedeki değişim şöyle gösterilebilir;

$$EC_t = EC_{t-1} + E_t \quad (1)$$

Şirketin t dönemindeki kazancı olan E_t 'yi elde etmek için

$$E_t = I_t + U_t - \max(tr(I_t + U_t), 0) \quad (2)$$

eşitliği kullanılır. Bu eşitlikte yatırım kazancı olan I_t ve sigortadan elde edilen kazancı gösteren U_t toplanır ve vergi oranı (tr) çıkartılır. Şirket kar etmemesi durumunda vergi vermeyecektir. Bu çalışmada kullanılan modelde kolaylık açısından vergi hukuku oldukça basitleştirilmiştir. Gerçek hayatta pek çok ulusal vergi sistemi en azından belli bir seviyede geçmişe ya da ileriye yönelik hasarlara izin veren karşılıklar içerir.

Varlıkların tamamı yüksek karlı bonolar ya da hisse senetleri gibi yüksek riskli ve getirisi çok olan yatırımlara veya devlet tahvilleri ve para piyasası araçları (mevduat hesapları, mevduat sertifikası, finansman bonusu vb.) gibi düşük riskli ve getirisi az yatırımlara yönlendirilebilir. Böyle yapmak yerine varlıklar her iki tür yatırım araçlarına belirli oranlarda da paylaştırılabilir. α_{t-1} t döneminde yüksek riskli

yatırımların oranı, r_{1t} yüksek riskli yatırımların getirisi ve benzer biçimde r_{2t} düşük riskli yatırımların getirisi olmak üzere şirketin t zamanında yatırımlarından elde ettiği yatırım getirisi, r_{pt} , Eş. 3'teki gibi ifade edilebilir.

$$r_{pt} = \alpha_{t-1} r_{1t} + (1 - \alpha_{t-1}) r_{2t} \quad (3)$$

Yatırıma yönlendirilecek uygun fon büyüklüğü ile Eş. 3'te elde edilen r_{pt} yatırım getirisi çarpılarak yatırımlardan elde edilen yatırım kazancı I_t elde edilir. Yatırıma yönlendirilecek uygun fon büyüklüğü öz sermaye ve prim geliri (P_{t-1}) toplamından görünen maliyetlerin (Ex_{t-1}^P) çıkartılmasıyla

$$I_t = r_{pt} \underbrace{(EC_{t-1} + P_{t-1} - Ex_{t-1}^P)}_{\substack{t-1 \text{ ile } t \text{ arasında} \\ \text{yatırıma yönlendirilen sermaye}}} \quad (4)$$

eşitliğindeki gibi elde edilir. Görünen maliyetler hasar oluşumuna bağlı olmayıp sigortacılık işiyle ilişkili diğer harcama kalemlerini içermektedir.

Prim seviyesini hesaplamak için genellikle DFA modellerinde üç durumun mevcut olduğu sigorta piyasası döngüleri kullanılır. Bu üç durum zayıf rekabet, orta rekabet ve güçlü rekabet piyasa koşullarıdır. Sigorta piyasası döngülerinin bir Markov sürecini izlediği varsayımıyla bir durumdan diğerine geçiş olasılıklarının yer aldığı geçiş matrisi kullanılır. Erişilebilir prim seviyesinin de geçerli piyasa durumuna bağlı olarak değiştiği varsayılır. Bu varsayım için geçiş matrisi aşağıda verilmiştir [2].

$$P_{sj} = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{pmatrix} \quad (5)$$

Örneğin bu geçiş matrisinde p_{11} zayıf rekabet durumunda kalma olasılığını, p_{12} zayıf rekabet durumundan orta rekabet durumuna geçiş olasılığını verir. Bu geçiş olasılıklarına bağlı olarak π^s ile gösterilen prim seviyesi üç durum için ($s=1,2,3$) üç farklı değer alır.

MV sigorta piyasası hacmini ve β_{t-1} ilgili şirketin sigorta piyasasındaki payını göstermek üzere tüm şirketlerin sigorta piyasası payları toplamı 1'dir ve bu sigorta piyasası hacminin bütün şirketler arasında paylaştırıldığını gösterir.

Prim gelirleri sadece prim seviyesi π^s 'yle değil aynı zamanda tüketici tepki fonksiyonuyla da ilişkilidir. Sigorta şirketlerinin borçlarını zamanında ödeyememe risklerinde meydana gelen artış elde edilebilir prim seviyelerinde düşüşe sebep olmaktadır. Tüketici tepki fonksiyonu yazılan primlerle şirketin güvenlik seviyesi arasındaki ilişkidir ve cr ile gösterilmektedir. Güvenlik seviyesi bir önceki dönem sonundaki öz sermaye ile ifade edilir. Tüm bu verilenler ışığında prim geliri aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunur.

$$P_{t-1} = cr_{t-1}^{EC_{t-1}} \pi_{t-1}^s \beta_{t-1} MV (1+i)^{t-1} \quad (6)$$

Model içerisinde iki tip maliyet kullanılacaktır. Birincisi, görünen maliyetler Ex_{t-1}^P ve ikincisi de hasar çözümleme maliyetleri olan Ex_t^C 'dir. Görünen maliyetler yazılı piyasa hacmi seviyesine γ faktörüyle doğrusal biçimde bağlıdır; sigorta işlerinin artması ya da azalması nedeniyle reklam ve promosyon gibi sebeplerden doğan ek masraflara dayalı olarak meydana gelen yazılı piyasa hacmindeki değişime ise η

faktörüyle karesel olarak bağlıdır. Bu bilgiler doğrultusunda görünen maliyetler aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunur.

$$Ex_{t-1}^P = \gamma\beta_{t-1}MV(1+i)^{t-1} + \left(\eta(\beta_{t-1} - \beta_{t-2})MV(1+i)^{t-1}\right)^2 \quad (7)$$

Hasar çözümleme maliyetleri meydana gelen hasarların δ oranı kadardır, $Ex_t^C = \delta C_t$. Meydana gelen hasarlar C_{cat} ile ifade edilen katastrof ve C_{ncat} ile ifade edilen katastrof olmayan hasarların toplamıdır.

$$C = C_{ncat} + C_{cat} \quad (8)$$

Sigorta işinden elde edilen kazanç elde edilen primlerden hasarların ve masrafların çıkartılmasıyla

$$U_t = P_{t-1} - C_t - (Ex_{t-1}^P + Ex_t^C) \quad (9)$$

eşitliği ile bulunur. Çalışmada kullanılan modele başka bileşenler de eklenebilir ve model daha fazla parametreye dayandırılabilir ancak modelin karmaşıklığı arttıkça hassasiyeti azalacak ve üzerinde çalışmak zorlaşacaktır. Bu nedenle model, risk ve getiri üzerinde etkisi olabilecek bazı bağımlılıkların etkilerinden arındırılmıştır. Sigorta şirketi yönetimi model içerisinde her yıl piyasa payının ne olacağını ve yatırımın ne kadarının riskli araçlar ne kadarının da risksiz araçlar üzerine yapılacağını belirleyebilir.

3. Kopula tanımı ve bazı kopula aileleri

İstatistikçiler uzun bir süre çok değişkenli dağılım fonksiyonları ve onların daha az değişkenli marjinal dağılımları arasındaki ilişkileri incelemişler ve 50'li yıllarda iki değişkenli ve üç değişkenli dağılımlar ile onların tek değişkenli marjinalleri üzerine çalışmalar yapmışlardır. A.Sklar [22] 1959 yılında bu problem üzerine eğilmiş ve "copulas" adını verdiği fonksiyonları elde etmiştir. Kopulalar marjinalleri $[0,1]$ aralığında tekdüze dağılan iki değişkenli dağılım fonksiyonlarının $[0,1]^2$ şeklinde ifade edilen birim kare alanı içerisinde gösterilmesidir. Özetle Sklar şunu demektedir, eğer H marjinalleri $F(x)$ ve $G(y)$ olan iki değişkenli bir dağılımsa, $H(x, y) = C(F(x), G(y))$ olacak biçimde bir C kopulası mevcuttur. Eğer F ve G fonksiyonları süreklilyse tek bir C kopulası vardır. Benzer biçimde C bir kopulaysa ve F ve G dağılım fonksiyonlarıysa H , marjinalleri F ve G olan bir bileşik dağılım fonksiyonudur.

Çalışmada bağımlılık yapılarını modellemek için kullanılan ve literatürde de adı sıkça geçen önemli kopula aileleri aşağıda verilmiştir.

3.1. Eliptik kopulalar

Eliptik kopulalar çok değişkenli eliptik dağılımlardan türemişlerdir. İçlerinde en önemlileri sırasıyla t-kopula (Student kopula) ve normal kopula olarak da anılan Gaussian kopuladır. İkisi arasında karşılaştırma yapılmak istenirse merkez kısımlarında oldukça benzer ve Student kopulanın serbestlik derecesi arttıkça da kuyruk bölgesinde de birbirlerine benzer oldukları görülür. Eliptik kopulalar sayısal olarak kolayca üretilebilir bu da onları sayısal benzetimler ve senaryo çalışmaları açısından kullanışlı kılar. Böyle kolayca üretilebiliyor olmalarının nedeni değişkenlerin uygun monoton değişimleri ile kopulanın değişmezliğini korurken doğru marjinal dağılımlar veren Gaussian ve t dağılımlı rastgele değişkenlerin kolayca üretilebilmesidir [23].

3.1.1. Gaussian kopula

Gaussian kopula çok değişkenli Gaussian dağılımdan türemiştir. Φ standart normal birikimli dağılım ve $\Phi_{\rho, n}$ korelasyon matrisi ρ ile n-boyutlu standart Gaussian dağılım olsun. Öyleyse korelasyon matrisi ρ ile Gaussian n-kopula,

$$C_{\rho,n}^{Gauss}(u_1, \dots, u_n) = \Phi_{\rho,n}(\Phi^{-1}(u_1), \dots, \Phi^{-1}(u_n)) \quad (10)$$

biçiminde gösterilir ve yoğunluk fonksiyonu da Eş.11'deki gibidir.

$$c_{\rho,n}^{Gauss}(u_1, \dots, u_n) = \frac{\partial C_{\rho,n}^{Gauss}(u_1, \dots, u_n)}{\partial u_1 \dots \partial u_n} = \frac{1}{\sqrt{|\rho|}} \exp\left(-\frac{1}{2} y^t(u)(\rho^{-1} - I_d)y(u)\right) \quad (11)$$

Bu eşitlikte $y^t(u) = (\Phi^{-1}(u_1), \dots, \Phi^{-1}(u_n))$ 'dir, I_d birim matristir ve $|\cdot|$ determinant gösterir. Gaussian kopulalar korelasyon matrisleri yardımıyla elde edilebilir [23].

3.1.2. t-kopula

t-kopula çok değişkenli Student dağılımdan türemiştir. ν serbestlik derecesi ve ρ korelasyon matrisiyle n-boyutlu bir $T_{n,\rho,\nu}$ Student dağılımı verilsin.

$$T_{n,\rho,\nu}(x) = \frac{1}{\sqrt{|\rho|}} \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)(\pi\nu)^{n/2}} \int_{-\infty}^{x_1} \dots \int_{-\infty}^{x_n} \frac{dx}{\left(1 + \frac{x^t \rho^{-1} x}{\nu}\right)^{\frac{\nu+n}{2}}} \quad (12)$$

Bu durumda ilgili t-kopula Eş. 13'deki gibidir.

$$C_{n,\rho,\nu}^t(u_1, \dots, u_n) = T_{n,\rho,\nu}(T_v^{-1}(u_1), \dots, T_v^{-1}(u_n)) \quad (13)$$

t-kopulanın yoğunluğu ise $y^t = (T_v^{-1}(u_1), \dots, T_v^{-1}(u_n))$ olmak üzere Eş. 14'deki gibidir.

$$c_{n,\rho,\nu}^t(u_1, \dots, u_n) = \frac{1}{\sqrt{|\rho|}} \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+n}{2}\right) \left[\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)\right]^{n-1} \prod_{k=1}^n \left(1 + \frac{y_k^2}{\nu}\right)^{\frac{\nu+1}{2}}}{\left[\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)\right]^n \left(1 + \frac{y^t \rho^{-1} y}{\nu}\right)^{\frac{\nu+n}{2}}} \quad (14)$$

3.2. Arşimed kopulalar

Arşimed kopula ailesi çok önemli ve bazı temel nedenlerden dolayı çok kullanışlı bir kopula sınıfıdır. Bu temel sebepler; Arşimed kopulaların kolay inşa edilebilmesi, bu sınıfa mensup çok sayıda kopula olması, bu kopulaların çok sayıda faydalı özelliklere sahip olması ve özellikle sigorta alanındaki farklı ve çeşitli bağımlılık yapılarını modellemek için kullanılabilmesidir.

3.2.1. Clayton kopula

$\theta \in [-1, \infty]$ olmak üzere ve üretici fonksiyon $\varphi(t) = \frac{t^{-\theta}-1}{\theta}$ ile Clayton kopula fonksiyonu $C_\theta^{Cl}(u, v) = \max\left(\left[u^{-\theta} + v^{-\theta} - 1\right]^{-1/\theta}, 0\right)$, biçimindedir. $\theta = -1$ olduğunda Clayton kopula Fréchet-Hoeffding alt sınırına eşit olur.

3.2.2. Gumbel kopula

Gumbel kopula; Malevergne ve Sornette'nin [23] kitabında yer alan uç değer teoremini kullanarak bağımlılık tanımında özel bir rol oynar.

$\theta \in [-1, \infty]$ olmak üzere ve üretici fonksiyon $\varphi(t) = (-\ln t)^\theta$ ile Gumbel kopula $C_\theta^G(u, v) = \exp\left(-\left[(-\ln u)^\theta + (-\ln v)^\theta\right]^{1/\theta}\right)$ fonksiyonu ile gösterilir.

3.2.3. Frank kopula

$\theta \in R$ olmak üzere ve üretici fonksiyon $\varphi(t) = -\ln \frac{e^{-\theta t} - 1}{e^{-\theta} - 1}$ ile Frank kopula $C_\theta^F(u, v) = -\frac{1}{\theta} \ln\left(1 + \frac{(e^{-\theta u} - 1)(e^{-\theta v} - 1)}{e^{-\theta} - 1}\right)$ fonksiyonu ile gösterilir.

Yukarıda söz edilen tüm Arşimed kopula türleri ve formülasyonları 2 boyutludur. $n > 2$ olması durumunda kopulalar çok değişkenli (boyutlu) olarak adlandırılırlar. Çalışmada 2 boyutlu ve 4 boyutlu arşimed kopula kullanılmıştır. Çok değişkenli bir Arşimed kopula için genel gösterim şu şekildedir:

$$C(u_1, \dots, u_n) = \phi^{[1]}(\phi(u_1) + \dots + \phi(u_n)). \tag{15}$$

Kopulalar üzerinde bağımlılık çalışırken Kendall'ın Tau korelasyon katsayısı kullanılır. Çizelge 1'de arşimedyan kopulalar ile Tau katsayısı arasındaki ilişki gösterilmektedir.

Çizelge 1. Arşimedyan kopulalar için Kendall'ın Tau katsayıları

Kopula	τ	Tanım aralığı
Clayton	$\theta/(\theta + 2)$	$\theta \geq -1$
Gumbel	$1 - 1/\theta$	$\theta \geq 1$
Frank	$1 - 4\theta^{-1}(1 - D_1(\theta))$	$\theta \in R$

Çalışmada Gumbel ve Clayton yaşam kopulaları da kullanılmıştır. Yaşam kopulası, diğer kopulaların bileşik dağılım fonksiyonuyla marjinlerini birleştirmesi gibi bileşik yaşam fonksiyonunu tek değişkenli marjinlerine bağlar. $\hat{C}: [0,1]^2 \rightarrow [0,1]$ şeklinde tanımlanan fonksiyon yaşam kopulasıdır Bu durumda $\hat{C}(u, v) = u + v - 1 + C(1 - u, 1 - v)$ ve $\bar{H}(x, y) = \hat{C}(\bar{F}(x), \bar{G}(y))$ olur.

4. Risk getiri ve performans ölçümünde kullanılan finansal rasyolar

DFA modeline kopulalar yardımıyla bağımlılıkları ekledikten sonra yapılacak benzetim sonucu elde edilen değerlerin risk, getiri ve performans ölçümü için Çizelge 2'deki finansal rasyolar kullanılmıştır [5].

Getiri ölçümü olarak yıllık beklenen kazanç ele alınmıştır. Başlangıç zamanından T zamanına kadar beklenen kazanç; $E(EC_T) - EC_0$ 'dır. Bu durumda yıllık beklenen kazanç $E(G) = [E(EC_T) - EC_0]/T$ şeklindedir.

Çizelge 2. Finansal rasyolar

	Sembol	Ölçüm
Getiri	$E(G)$	yıllık beklenen kazanç
Risk	$\sigma(G)$	yıllık kazancın standart sapması
	RP	iflas olasılığı
	EPD	beklenen poliçeli açığı
Performans	SR_{σ}	Sharpe oranı
	SR_{RP}	değiştirilmiş Sharpe oranı (RP)
	SR_{EPD}	değiştirilmiş Sharpe oranı (EPD)

Risk ölçümü olarak yıllık kazancın standart sapması, iflas olasılığı ve beklenen poliçeli açığı (EPD) ele alınmıştır. Yıllık kazancın standart sapması olan $\sigma(G)$ beklenen değerden tüm pozitif ve negatif sapmaları hesaba katar, toplam riskin bir ölçümüdür ve $\sigma(G) = \sigma(EC_T) / T$ şeklinde ifade edilir.

Buna ek olarak sigorta sektöründe risk genellikle iflas olasılığı (RP) ya da EPD gibi aşağı yönlü risk ölçümleriyle de ölçülür. Toplam risk ölçümlerine benzemeyen aşağı yönlü risk ölçümleri sadece belirli bir eşikten negatif sapmalar durumunda hesaba katılır. Bu açıdan iflas olasılığı $t=1,2,\dots,T$ için ve $\hat{\tau} = \inf\{t > 0; EC_t < 0\}$ olmak üzere $RP = \Pr(\hat{\tau} \leq T)$ biçiminde iflasın ilk kez ortaya çıkması olayını gösterir. Beklenen poliçeli açığı için formülasyon $EPD = \sum_{t=1}^T E[\max(-EC_t, 0)](1+r_f)^{-t}$ şeklindedir ve r_f

risksiz getiri oranıdır.

Performans ölçümü olarak Sharpe oranı, beklenen poliçeli açığına göre değiştirilmiş Sharpe oranı ve iflas olasılığına göre değiştirilmiş Sharpe oranı kullanılmaktadır. Formülasyon sırasıyla;

$$SR_{\sigma} = \frac{E(EC_T) - EC_0 \cdot (1+r_f)^T}{\sigma(EC_T)}, \quad SR_{RP} = \frac{E(EC_T) - EC_0 \cdot (1+r_f)^T}{RP} \quad \text{ve} \quad SR_{EPD} = \frac{E(EC_T) - EC_0 \cdot (1+r_f)^T}{EPD}$$

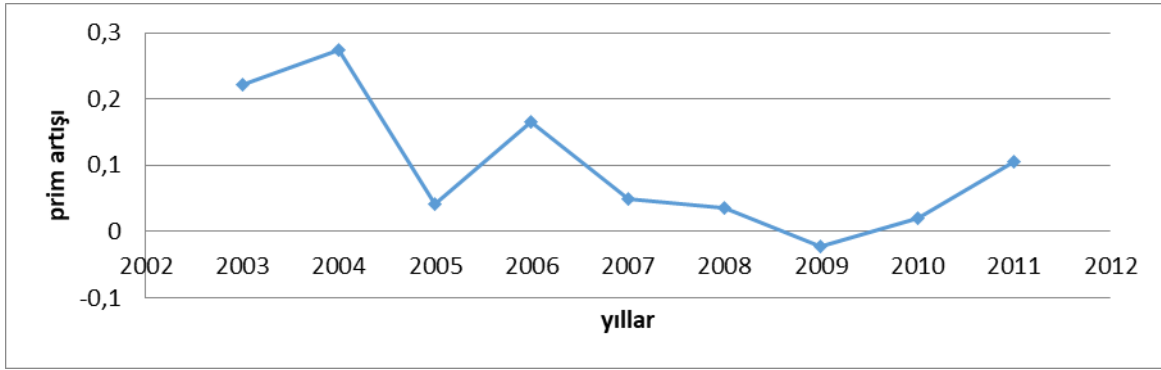
şeklindedir.

5. Uygulama

5.1. Benzetim modeli parametreleri

Çalışmanın bu bölümünde uygulama için kurulan DFA modeline ait varsayımlardan bahsedilmektedir. Kullanılan parametreler; sembolleri, tanımları ve başlangıç değerleri ile birlikte Çizelge 4'de gösterilmiştir.

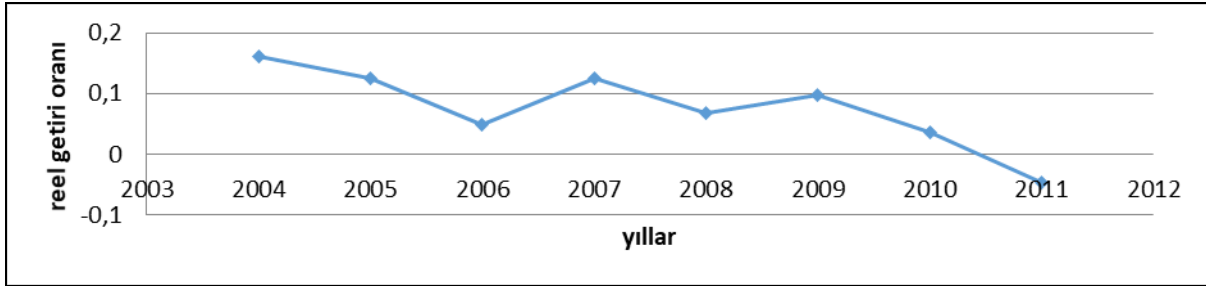
Benzetim 5 yıllık süre için yapılmıştır. Başlangıç anındaki piyasa hacmi MV çalışmanın Türkiye verisine uygun olabilmesi açısından Hazine Müsteşarlığı'nın 2011 yılında yayımlanmış olduğu Türkiye'de Sigortacılık ve Bireysel Emeklilik Faaliyetleri Hakkında Rapordan alınmıştır ve değeri 14.014.702.000 TL'dir. Piyasa hacminin yıllık artışı için doğru bir varsayım yapabilmek amacıyla T.C Başbakanlık Hazine Müsteşarlığı'nın yayımlanmış olduğu Sigortacılık ve Bireysel Emeklilik Faaliyetleri Hakkındaki Raporlar yıllar itibariyle incelenmiştir. Yıllık brüt prim değerleri 2003 temel yılı tüketici fiyatları endeks değerleri ile 2012 aralık ayına göre deflate edilerek yıllık reel brüt prim artış değerleri Şekil 1'deki gibi elde edilmiştir.



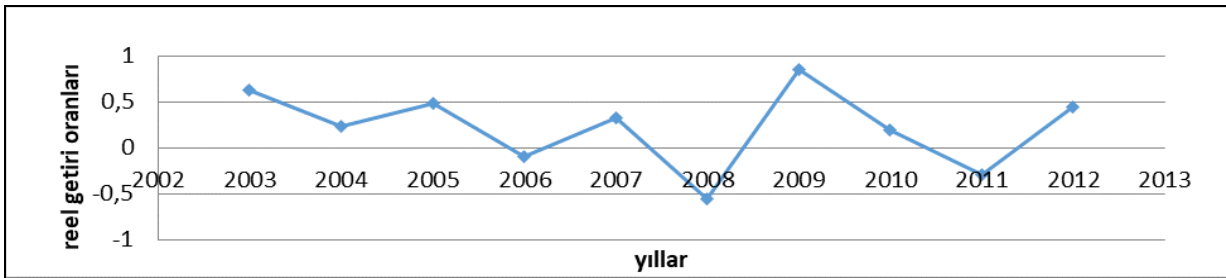
Şekil 1. Hayat dışı sigorta şirketleri reel prim artışı

Şekil 1'den artışların doğrusal olmadığı, bazı yıllardaki artışların diğer yıllara oranla daha az bazı yıllarda ise daha fazla olduğu görülmektedir. Dolayısıyla artış oranı varsayımı yapılırken 10 yıllık dönemin (2002-2011) reel artış oranlarının ortalaması benzetim çalışmasının piyasa hacmi artış oranı olarak alınmıştır. Bu oran 0,098'dir. Başlangıçta şirketin piyasa payı β_{t-1} 0,15 ve öz sermayesi 400.000.000 TL olarak alınmıştır.

Yatırımların getirileri normal dağılımla, katastrof hasarlar Pareto dağılımla ve katastrof olmayan hasarlar Lognormal dağılım ile modellenmiştir [6]. Varlıkların dağılım parametrelerinin (beklenen değer ve sapma) varsayımının belirlenmesi için Türkiye'deki yüksek riskli ve düşük riskli yatırım araçlarının 10 yıllık reel getirileri incelenmiştir.



Şekil 2. Düşük riskli yatırımlar için getiri oranları



Şekil 3. Yüksek riskli yatırımlar için getiri oranları

Şekil 2. ve Şekil 3. incelendiğinde yüksek riskli yatırımların getiri oranlarının beklenildiği gibi düşük riskli yatırımlardan daha yüksek bir sapmaya sahip olduğu görülmektedir. Her iki durum için de getiri oranlarının ortalama ve standart sapma değerleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucu elde edilen değerler Çizelge 4'te verilmiştir. Tüketici tepki parametresi, öz sermayenin şirketin güvenlik seviyesi olan minimum sermaye gereksiniminin (MCR) altına düşmediği varsayımıyla $cr = 1$ olarak seçilmiştir. Yatırım oranlarının varsayımının yapılabilmesi için Türkiye'deki sigorta şirketlerinin yatırımlarının ne kadarını yüksek riskli ve ne kadarını düşük riskli yatırım araçlarına yönlendirdikleri incelenmiştir. Bunun

İçin T.C. Başbakanlık Hazine Müsteşarlığı Sigorta Denetleme Kurulunun yayımlanmış olduğu 2011 yılı sigortacılık ve bireysel emeklilik faaliyetleri hakkındaki raporda yer alan Çizelge 3'teki bilgiler kullanılmıştır. Çizelgede DT devlet tahvilini, HB ise hazine bonosunu ifade etmektedir.

Çizelge 3. Finansal varlıkların dağılımı

(Milyon TL)	2007	2008	2009	2010	2011
DT/HB	5.244	7.576	8.319	7.819	7.556
Hisse senedi	1.576	143	269	339	269
Yatırım fonu	90	134	179	236	222
Diğer finansal varlıklar	968	899	899	989	1.256
Toplam	7.878	8.752	9.666	9.384	9.303

Çizelge 3'deki devlet tahvili ve hazine bonusu düşük riskli yatırım araçları ve diğer finansal varlıklar da yüksek riskli yatırım araçları olarak değerlendirilmektedir.

Yıllar itibariyle sigorta şirketlerinin düşük riskli yatırım araçlarına yaptıkları yatırımın oranı incelendiğinde sigorta şirketlerinin 2007 yılında yatırımlarının yaklaşık %67'sini düşük riskli yatırım araçlarına yaptıkları ve bu oranın diğer yıllarda %80'in üzerine çıktığı görülmektedir. 2011 yılına doğru ise bu oran tekrar %80 seviyelerine doğru düşmüştür. Bu seviyenin devam edeceği düşünülerek yapılan benzetim çalışmasında düşük riskli yatırım araçlarına yapılan yatırım oranının başlangıç değeri %80 olarak seçilmiştir.

Prim seviyesini hesaplamada gerekli olan geçiş matrisi olasılık değerlerini hesaplamak için öncelikle geçmiş yılların piyasa koşullarının zayıf, orta ve güçlü rekabet piyasa koşulları olarak sınıflandırılması ardından da uzun seneler gözlemlenerek geçiş olasılıklarının bulunması gerekmektedir. Türkiye için böyle bir çalışma bulunmadığından Eling, Parnitzke ve Schmeiser'in çalışmasında kullanılan geçiş matrisi değerleri kullanılmıştır [5].

Bu geçiş olasılıklarına bağlı olarak prim seviyesi π^s üç durum için $s = 1,2,3$ üç farklı değer alır. 1.durum zayıf rekabet durumudur ve bu durumda yüksek bir prim gelir seviyesi elde edilmesi beklenir bu nedenle $\pi^1 = 1,05$ olarak varsayılmıştır. Orta rekabet durumunda prim seviyesi $\pi^2 = 1$ olarak alınmıştır. Piyasada güçlü rekabet koşulları hakim olduğunda ise alınması beklenen prim daha az olacaktır bu sebeple $\pi^3 = 0,95$ 'dir. Başlangıçta piyasa koşullarının orta rekabet durumunda olduğu varsayılmıştır.

Aynı model içerisinde bağımlılık seviyeleri değiştirilerek sonuç üzerindeki etkileri karşılaştırılabilir. Bu çalışmada Eling ve Toplek'in [6] makalelerinde kullandığı korelasyon katsayıları kullanılmıştır. Yüksek ve düşük riskli yatırımlar arasındaki korelasyon 0,2; katastrof hasarlar ile katastrof olmayan hasarlar arasındaki korelasyon 0,2 ve varlıklar ile yükümlülükler arasındaki korelasyon -0,1 olarak alınmıştır.

Çizelge 4. Uygulamanın parametreleri

Sembol	Başlangıç değeri (t=0)	Sembol	Başlangıç değeri (t=0)
T	5	$c_{t-1}^{EC_{t-1}}$	1
EC_t	400.000.000 TL	γ	0,05
tr	0,25	C_{ncat}	
α_{t-1}	0,25	$E(C_{ncat})$	1.786.874.505 TL
$E(r_{1t})$	0,22	$\sigma(C_{ncat})$	178.687.450 TL
$\sigma(r_{1t})$	0,43	C_{cat}	Katastrof olan
$E(r_{2t})$	0,076	$E(C_{cat})$	5.255.513 TL
$\sigma(r_{2t})$	0,065	$\sigma(C_{cat})$	137.189.024 TL
r_f	0,03	δ	0,05
MV	14.014.702.000 TL	i	0,098
β_t	0,15	π^s	
τ_1	0,2	π^1	1,05
τ_2	0,2	π^2	1
τ_3	-0,1	π^2	0,95

5.2. Benzetim sonuçları

DFA modelinin MATLAB’da 100.000 yinelemesi sonucu elde edilen değerleri korelasyonsuz model ve yedi farklı kopula ile kurulmuş bağımlılık içeren korelasyonlu modeller için Çizelge 5’de gösterilmektedir. Çizelgede tüm kopyaların alt ve üst kuyruk bağımlılıklarına sahip olup olmadığı ayrıca belirtilmiştir.

Çizelge 5. Uygulamanın benzetim sonuçları

kuyruk bağımlılığı	bağımlılık yapısı	f. rasyolar	$E(G)$ milyar TL	$\sigma(G)$ milyar TL	RP	EPD milyon TL	SR_σ	SR_{RP} milyar	SR_{EPD} bin
Yok	Korelasyon yok		0,6990	0,1691	0,0090	0,9483	4,0574	380,61	3,6185
Yok	Gaussian		0,6966	0,1999	0,0275	3,7689	3,4208	124,49	0,9073
Üst ve alt	t	1	0,6972	0,1990	0,0428	10,216	3,4392	80,000	0,3350
		3	0,6980	0,2002	0,0369	7,4472	3,4215	92,780	0,4600
		5	0,6975	0,2013	0,0332	6,3461	3,4018	103,13	0,5395
		7	0,6963	0,1999	0,0320	5,7296	3,4181	106,87	0,5965
		9	0,6980	0,2008	0,0300	5,0119	3,4128	114,07	0,6836
Üst	Gumbel		0,6983	0,1962	0,0216	2,9765	3,5779	159,00	1,1517
Alt	Gumbel Yaşam		0,6977	0,1933	0,0212	3,0961	3,5804	161,41	1,1063
Alt	Clayton		0,6979	0,1914	0,0411	3,3105	3,5797	83,250	1,0349
Üst	Clayton Yaşam		0,6985	0,1920	0,0205	3,1075	3,5711	167,60	1,1035
Yok	Frank		0,7029	0,1880	0,0144	1,7228	3,6710	240,32	2,0032

Hiçbir bağımlılığın yer almadığı korelasyonsuz durumda 169.150.000 TL’lik sapmayla yıllık beklenen kazanç 699.060.000 TL olarak elde edilmiştir. İflas olasılığı 0,009 ve EPD ise 948.350 TL’dir.

Korelasyonsuz durum ile doğrusal bağımlılığın olduğu Gaussian kopula karşılaştırıldığında yıllık beklenen kazanç Gaussian kopula ile 696.690.000 TL’dir ve dolayısıyla % 0.33’lük bir azalış olduğu

görülmektedir. Getiri üzerindeki bu değişim küçük ve önemsizdir ancak risk üzerindeki değişimler daha büyük ve önemlidir. Korelasyonsuz durum için yıllık kazancın standart sapması 169.150.000 TL iken Gaussian yapı için bu değer % 18,2'lik artışla 199.940.000 TL'dir. İflas olasılığı korelasyonsuz durum için 0,0090 iken Gaussian yapı için bu olasılık % 205,5 artarak 0,0275 olmuştur. Bu durum bize bağımlılığın risk ölçülmesi üzerindeki etkilerinin çok büyük olduğunu gösterir. Bu etki toplam risk ölçümü olan $\sigma(G)$ 'de daha az, aşağı yönlü risk ölçümü olan RP 'de daha fazladır.

Genel olarak tüm kopyaların ve korelasyonsuz durumun beklenen kazancı karşılaştırıldığında aralarında önemli bir farklılık olmadığı görülür. İflas olasılığı üzerindeki etkilere bakılırsa bağımlılık söz konusu olduğunda iflas olasılığının tüm kopyalarda korelasyonsuz yapıdakinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Üst kuyruk bağımlılığı içeren Gumbel kopya ve kuyruk bağımlılığı içermeyen Frank kopyada iflas olasılığı Gauss kopyadakine göre daha düşüktür. Alt kuyruk bağımlılığı içeren Clayton kopyada iflas olasılığı üst kuyruk bağımlılığı içeren Gumbel kopyadan daha yüksektir. Bu sonuçları yaşam kopyalarının sonuçlarıyla karşılaştırıldığında alt kuyruk bağımlılığına sahip olan Gumbel yaşam ve Clayton kopyalarının iflas olasılıkları üst kuyruk bağımlılığı gösteren Gumbel ve Clayton yaşam kopyalarınınkinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Simetrik tek Arşimed kopya olan Frank kopya diğer tüm kopyalardan daha düşük bir iflas olasılığına sahiptir çünkü kuyruklarda daha hafiftir.

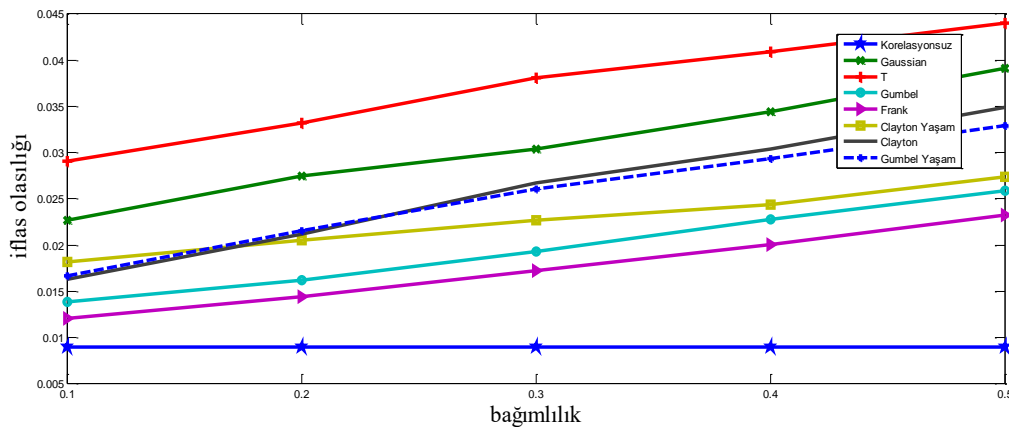
Beklenen poliçeli açığı için karşılaştırma yapılırsa korelasyonsuz durumda EPD değerinin tüm korelasyonlu durumlardan daha düşük olduğu görülmektedir. En yüksek EPD değeri hem alt hem de üst kuyruk bağımlılığı gösteren t-kopyadadır.

t-kopyanın sonuçlarını incelenirken t-kopyada daha az serbestlik derecesinin daha yüksek kuyruk bağımlılığı anlamına geldiğinin unutulmaması gerekir. Bu bilgi doğrultusunda serbestlik derecesi arttıkça iflas olasılığının ve EPD 'nin azaldığı görülmektedir.

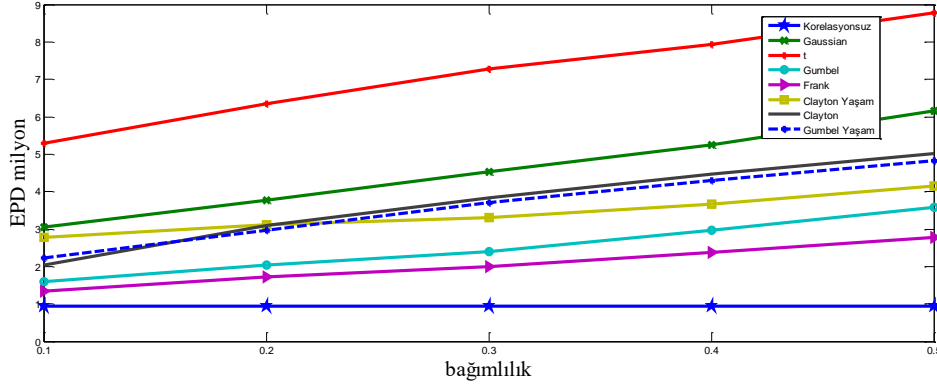
Performans ölçümlerine bakıldığında ise en yüksek değerlerin korelasyonsuz yapıda olduğu ve kopyalı yapının performans ölçümlerinin daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Bu sonuçlar hayat dışı sigorta şirketleri için var olduğu düşünülen doğrusal olmayan bağımlılığın DFA içerisinde incelenmesinin ne kadar önemli olduğunu gösterir çünkü bu bağımlılık yapısının modele dahil edilmesi ile sigorta şirketinin risk ve performans ölçümü üzerinde büyük değişiklikler olmuştur. Bu sonuçlar düzenleyiciler ve derecelendirme kuruluşları için oldukça önemlidir. İlişkilerin doğru modellenmesi önemlidir.

Bağımlılıklardaki değişimin sonuçlar üzerine olan etkilerini görebilmek için önce yatırımlar arasındaki bağımlılıklar ardından hasarlar arasındaki bağımlılıklar diğer bağımlılıklar sabit tutulmak kaydıyla 0.1'den 0.5'e 0.1'erlik artışlarla değiştirilmiştir ve elde edilen benzetim sonuçları yatırımlar için Şekil 4 – Şekil 8'de ve hasarlar için Şekil 9 – Şekil 12 yardımıyla gösterilmektedir.

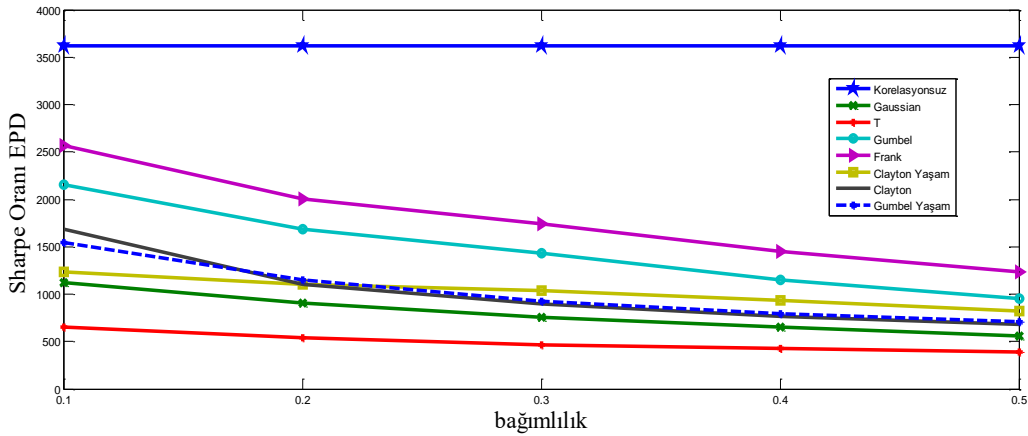


Şekil 4. Yatırımlar arasındaki bağımlılığın iflas olasılığına etkisi

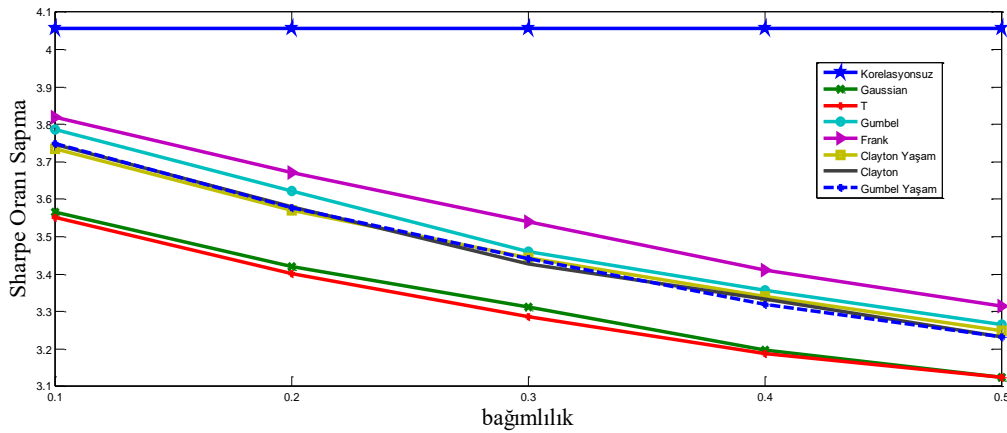


Şekil 5. Yatırımlar arasındaki bağımlılığın beklenen poliçeli açığına etkisi

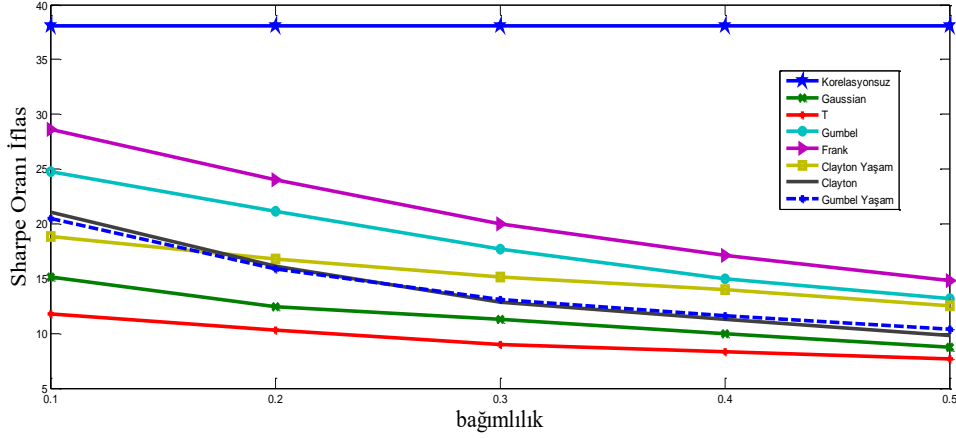
Düşük riskli yatırımlar ile yüksek riskli yatırımlar arasındaki bağımlılık seviyesi arttıkça iflas olasılığı ve EPD değerleri tüm bağımlılık içeren durumlar için artmaktadır. Daha yüksek bağımlılık her iki yatırım tipinde de üretilen negatif çıktıların olabirliğinde daha fazla artış anlamına gelmektedir. Şekillerde mavi ve siyah renkle gösterilen alt kuyruk bağımlılığı içeren Gumbel Yaşam ve Clayton kopulalar için bağımlılığın etkisi diğer durumlardan daha fazladır. Ayrıca Clayton kopulada artış Gumbel Yaşam kopulasına göre daha fazladır. Bu durum Kendall'ın tau katsayı arttıkça Clayton kopulada alt kuyruk bağımlılığının daha fazla artmasından kaynaklanmaktadır [6].



Şekil 6. Yatırımlar arasındaki bağımlılığın değiştirilmiş Sharpe oranına (SR_{EPD}) etkisi



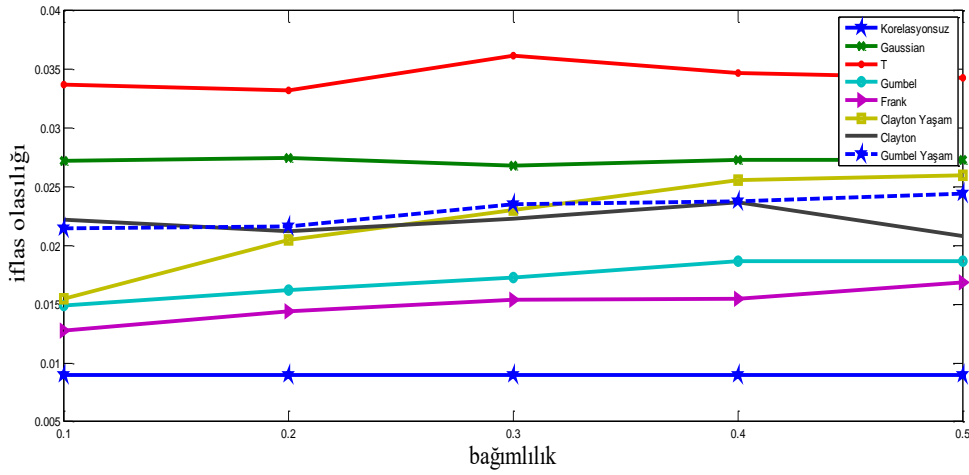
Şekil 7. Yatırımlar arasındaki bağımlılığın Sharpe oranına (SR_{σ}) etkisi



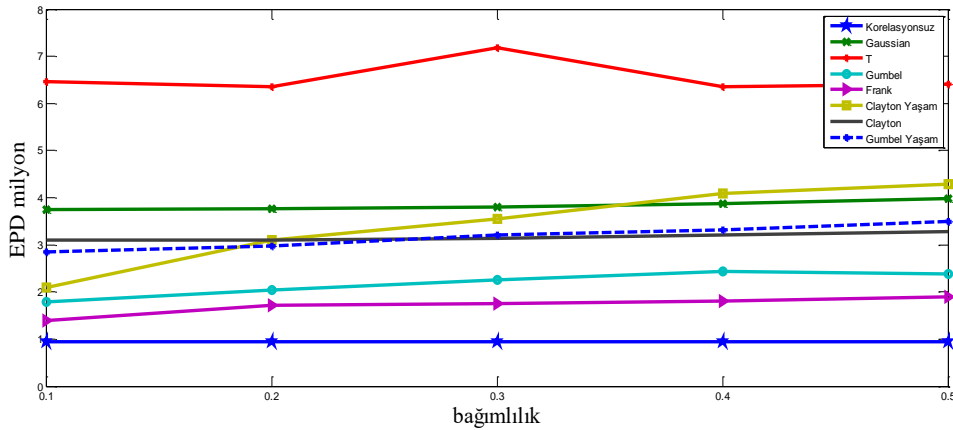
Şekil 8. Yatırımlar arasındaki bağımlılığın değiştirilmiş Sharpe oranına (SR_{RP}) etkisi

Şekil 6 – Şekil 8’de yüksek riskli ve düşük riskli yatırımlar arasındaki bağımlılık arttıkça tüm korelasyonlu durumlar için Sharpe oranı düşmektedir.

Şekil 4 – Şekil 8’e bakıldığında yatırımlar arasındaki bağımlılığın hem risk ölçümleri için hem de getiri ölçümleri için önemli etkileri olduğu görülmektedir. Bu durum doğru bağımlılık seviyesinin belirlenmesi ve DFA’ya dahil edilmesinin önemini gözler önüne sermektedir.

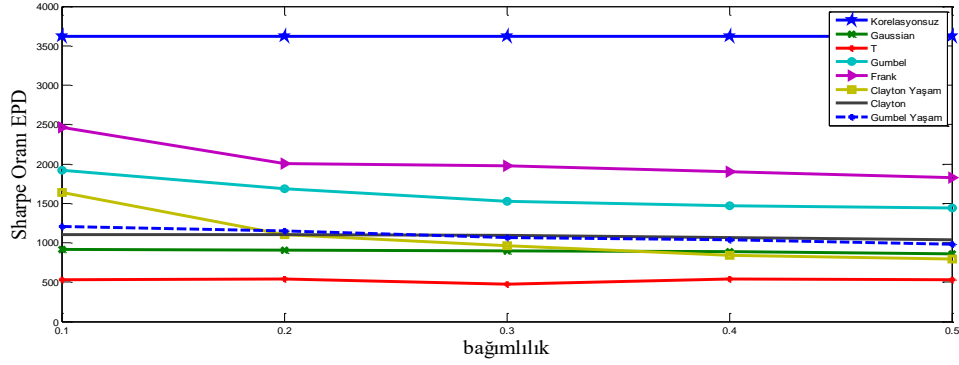


Şekil 9. Hasarlar arasındaki bağımlılığın iflas olasılığına etkisi

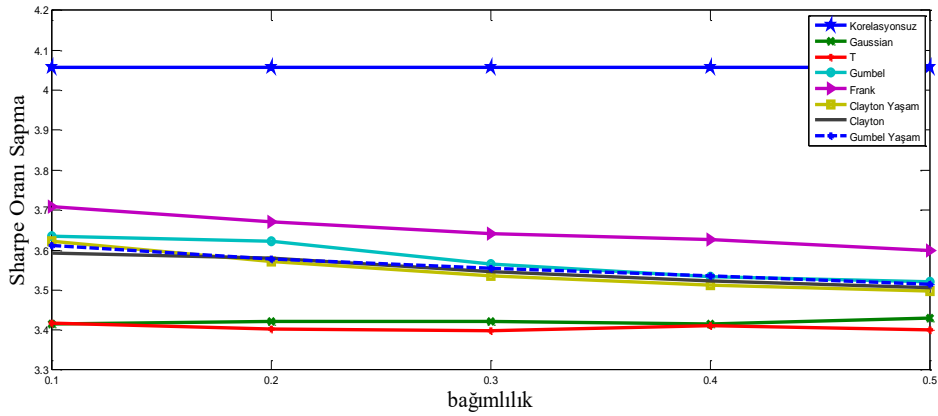


Şekil 10. Hasarlar arasındaki bağımlılığın beklenen poliçeli açığına etkisi

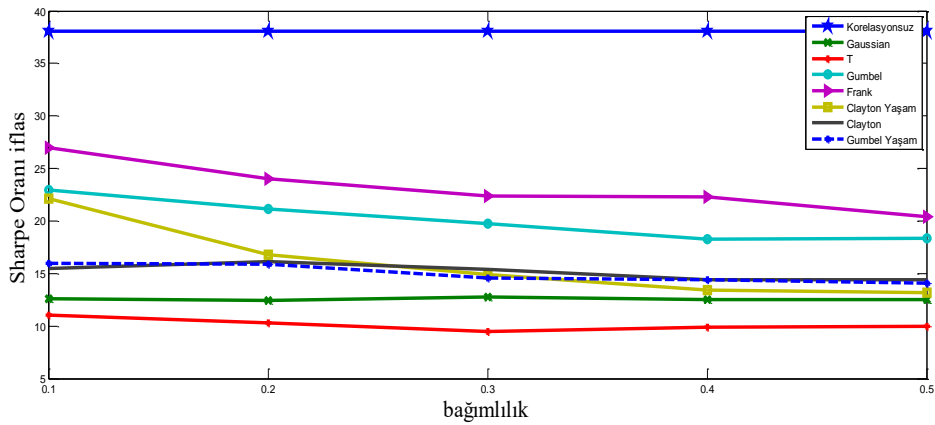
Şekil 9 ve Şekil 10 incelendiğinde katastrofik hasarlar ile katastrofik olmayan hasarlar arasındaki bağımlılık arttıkça korelasyonlu durumların genelinde hem iflas olasılığında hem de EPD’de bir artış söz konusudur ancak bu artış yatırımlar arasındaki bağımlılık artışı sonucu oluşan artış kadar yüksek değildir. Bunun nedeni verilen parametrelerle yatırımlardan elde edilen sonuçların sigortacının karlılığını hasarlardan daha fazla etkilemesidir. Hem alt hem de üst kuyruk bağımlılığı gösteren t kopulada iflas olasılığı ve beklenen poliçeli açığının her ikisinde de hem artış hem azalış görülmektedir ancak rakamlar incelendiğinde bu farkların çok ciddi boyutlarda olmadığı görülür ve yineleme sayısı arttıkça grafik daha düz bir hal alacaktır.



Şekil 11. Hasarlar arasındaki bağımlılığın değiştirilmiş Sharpe oranına (SR_{EPD}) etkisi



Şekil 12. Hasarlar arasındaki bağımlılığın Sharpe oranına (SR_{σ}) etkisi



*Gerçek sharpe oranı iflas değerleri şekildekinin (1010) katıdır.

Şekil 13. Hasarlar arasındaki bağımlılığın değiştirilmiş Sharpe oranına (SR_{RP}) etkisi.

Şekil 11 – Şekil 13 incelendiğinde yüksek riskli ve düşük riskli yatırımlar arasındaki bağımlılık arttıkça korelasyonlu durumların genelinde Sharpe oranlarının düştüğü görülmektedir. Ancak bu düşüş yatırımlar arasındaki bağımlılık artışı sonucu oluşan düşüş kadar fazla değildir. Bunun nedeni verilen parametrelerle yatırımlardan elde edilen sonuçların sigortacının karlılığını hasarlardan daha fazla etkilemesidir.

Yineleme sayısı arttırıldığında elde edilen değerler birbirine yaklaşır ve doğrular daha düzgün azalan bir hal alır. Şekiller hasarlar arasındaki bağımlılık seviyesinin doğru belirlenmesi ve DFA'ya dahil edilmesinin önemli olduğunu göstermektedir.

Uygulamanın sonuçları incelendiğinde görülmektedir ki hayat dışı sigorta şirketlerini ilgilendiren kalın kuyruklu ve çarpık dağılıma sahip risklerin bağımlılıklarının DFA modeline dahil edilmesiyle iflas olasılığı, beklenen poliçeli açığı gibi sigorta şirketi yöneticilerinin geleceğe yönelik kararlarını, durum analizlerini ve yönetimle ilgili pek çok kararı etkileyebilecek finansal rasyolarda ciddi farklılıklar meydana gelmiştir. Tüm bu finansal rasyolar sadece sigorta şirketi yöneticilerini değil aynı zamanda sigorta şirketlerini denetleyen kuruluşları ve derecelendirme şirketlerini de ilgilendirmektedir. Bu sonuçlar eşliğinde daha doğru ve gerçekçi rakamların elde edilmesi ve yorumların da daha gerçekçi yapılması söz konusudur.

6. Öneriler

Günümüzde hem sigortalıların hem de sigortacıların çıkarlarının karşılıklı olarak korunması için şirketlerin yükümlülüklerini karşılama yeterliliklerinin doğru şekilde hesaplanması giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Avrupa Birliği'nin 1997 Müller Raporu sonuçlarına dayanarak oluşturduğu pek çok ülkede uygulanmakta olan ve Türkiye'de kullanılan yükümlülük karşılama yeterliliği sisteminin temellerini oluşturan Solvency I ve geliştirilmekte olan Solvency II bu duruma en güzel örnektir. Her iki sistem için de DFA'nın önemi büyüktür ve sadece doğrusal bağımlılığın incelenmesinin doğru olmayacağı doğrusal olmayan bağımlılıkların da hesaba katılması gerekliliği gerçeği bu sistemler için de geçerlidir.

Kaynaklar

- [1] S.P. Lowe, J.N. Stanard, 1997, An Integrated Dynamic Financial Analysis and Decision Support System for a Property Catastrophe Reinsurer, *Astin Bulletin*, 27, 339-371,
- [2] R. Kaufmann, A. Gadmer, R. Klett, 2001, Introduction to Dynamic Financial Analysis, *Astin Bulletin*, 31(1), 213-249.
- [3] P. Blum, M. Dacarogna, P. Emrechts, T. Neghaiwi, H. Niggli, 2001, Using DFA for Modeling the Impact of Foreign Exchange Risks on Reinsurance Decisions, *Casualty Actuarial Society Forum*.
- [4] S.P. D'Arcy, R.W. Gorratt, 2004, The Use of Dynamic financial Analysis to Determine Whether an Optimal Growth Rate Exists for a Property-Liability Insurer, *Journal of Risk and Reinsurance*, 71, 583-615.
- [5] M. Eling, T. Parnitzke, H. Schmeiser, 2008, Management Strategies and Dynamic Financial Analysis, *Variance*, 2(1): 52-70.
- [6] M. Eling, D. Toplek, 2009, Modeling and management of nonlinear dependencies –copulas in dynamic financial analysis, *The Journal of Risk and Insurance*, Vol. 76, No. 3, 651-681.
- [7] Reasürör, 61. Sayı, http://www.millire.com/dergi/SAYI_61.pdf (Mayıs, 2013),
- [8] B. Güner, Terör ve Sigorta, <http://eski.tsrbsb.org.tr/private/trk/sayi23/ince23.htm> (Mayıs, 2013)
- [9] S.Wang, Aggregation of Correlated Risk Portfolios: Models and Algorithms, 1998, *Proceedings of the Casualty Actuarial Society*, 85(163): 848-939.
- [10] S.A. Klugman, and R. Parsa, 1999, Fitting Bivariate Loss Distributions with Copulas, *Insurance: Mathematics and Economics*, 24(1): 139-148.
- [11] A. Zeevi, R. Mashal, 2002, Beyond Correlation: Extreme Co-Movements Between Financial Assets, *Working Papers Series*.
- [12] Y. Malevergne, and D. Sornette, 2003, Testing the Gaussian Copula Hypothesis for Financial Assets Dependences, *Quantitative Finance*, 3(4): 231-250.
- [13] A. Dias, 2004, Copula Inference for Finance and Insurance, Doctoral Thesis ETH No. 15283, Zurich.
- [14] E. Kole, K. Koedijk, M. Verbeek, 2007, Selecting Copulas for Risk Management, *Journal of Banking & Finance*, 31(8): 2405-2423.

- [15] D. Oakes, A model for association in bivariate survival data, 1982, *Journal of the Royal Statistical Society*, B 44: 414–22.
- [16] D. Oakes, 1989, Bivariate survival models induced by frailties, *Journal of the American Statistical Association* 84: 487–93.
- [17] P. Hougaard, , B. Harvald, and N.V. Holm., 1992, Measuring the similarities between the lifetimes of adult Danish twins born between 1881–1930, *Journal of the American Statistical Association* 87: 17–24.
- [18] J. Carriere, 1994, Dependent decrement theory, *Transactions of the Society of Actuaries* 46: 45–74.
- [19] L. Tibiletti, 1995, Beneficial changes in random variables via copulas: An application to insurance, *Geneva Papers on Risk and Insurance – Theory* 20: 191–202.
- [20] S. Wang, 1996, Premium calculation by transforming the layer premium density, *ASTIN Bulletin*, 26: 71–92.
- [21] E. Frees, J. Carriere, and E.Valdez., 1996, Annuity valuation with dependent mortality, *Journal of Risk and Insurance* 63,no. 2: 229–61.
- [22] A. Sklar, 1959, Fonctions de répartition à n dimensions et leurs marges, *Publ. Inst. Statist. Univ.*, Paris 8: 229–23.
- [23] Y. Malevergne, D. Sornette, 2006, *Extreme Financial Risks: From Dependence to Risk Management*, Springer.