

Türkiye'de Buğday Bitkisel Ürün Sigortası için Aktüeryal Prim Hesabı

Şule ŞAHİN¹, Uğur KARABEY¹, Başak BULUT KARAGEYİK¹, Ezgi NEVRUZ¹, Kasırga YILDIRAK¹

¹Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Aktüerya Bilimleri Bölümü, Ankara

Makale Künyesi

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar

Şule ŞAHİN
sule@hacettepe.edu.tr

Geliş Tarihi: 29.08.2016

Kabul Tarihi: 05.11.2016

Tarım Ekonomisi Dergisi
Cilt:22 Sayı:2 Sayfa:37-47

Özet

Bu çalışmada Türkiye'deki mevcut buğday bitkisel ürün sigortası için farklı coğrafi tehlike bölgeleri bazında hasar tutarları incelenmiş ve aktüeryal adil primler hesaplanmıştır. Tarım Sigortaları Havuzu (TARSİM) tarafından belirlenen coğrafi tehlike bölgeleri dikkate alınarak 2010-2014 yılları arasında buğday bitkisel ürün sigortası için dolu teminatı veren sigorta poliçelerinde ödenen hasar tutarları istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Her bir tehlike bölgesi hasar verisine uygun istatistiksel dağılım belirlendikten sonra aktüeryal denge göz önünde bulundurularak farklı prim hesaplama prensipleri ve yükleme faktörlerine göre aktüeryal primler hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Tarım sigortası, buğday, aktüeryal prim hesabı

Actuarial Premium Calculation for Wheat Crop Insurance in Turkey

Abstract

In this paper, the loss distributions of the wheat crop insurance for different geographical hazard districts have been analysed and the actuarial fair premiums have been calculated. The claim amounts of the wheat crop insurance covering hail risk between the years 2010-2014 have been examined by statistical methods for different geographical hazard districts classified by the Agricultural Insurance Pool (TARSİM). After deciding the statistical distributions of the claims paid for each district, the actuarial fair premiums have been calculated based on different premium principles and loading factors considering the actuarial balance.

Key words: Agricultural insurance, wheat, actuarial premium calculation

1.GİRİŞ

Tarım sektörü, ekonomik, sosyal, siyasal, teknolojik ve bireysel risklerden yüksek düzeyde etkilenen hassas bir faaliyet alanı olarak kendine özgü bir yapıya sahiptir ve dünya nüfusu açısından kritik önem taşımaktadır. Tarımın insanlığın beslenmesindeki fonksiyonunu etkili bir şekilde yerine getirmesi tarımsal üretimi tehdit eden risklerin yönetimiyle doğrudan ilişkilidir (TARSİM, 2016).

TARSİM (Tarım Sigortaları Havuzu), Türkiye'de tarım sigortalarının tanıtılması ve yaygınlaştırılmasının sağlanması ile üreticilerin doğal afetlerden ve diğer oluşabilecek risklerden korunması amacına yönelik gerekli uygulamaları bitkisel ürün, büyükbaş-küçükbaş hayvan, sera, arıcılık, kümes hayvanları ve su ürünleri alanında yürütmekle sorumludur. Türkiye'de bitkisel ürün sigortası, 2014 yılında %94.8'lik pay ile diğer tarım sigorta branşlarına göre en yüksek poliçe sayısına sahiptir.

İnsan ve hayvanların tüketimine sunmak üzere açık alanda veya örtü altında yetiştirilen sigortalanan her türlü tarla, bağ ve bahçe ürünü bitkisel ürün olarak adlandırılmaktadır. Bitkisel ürün sigortasında tüm bitkisel ürünler için; dolu, fırtına, hortum, yangın, heyelan, deprem, sel ve su baskını risklerinin neden olduğu miktar kaybı ile yaş meyve, sebze ve kesme çiçekler için doludan kaynaklanan kalite kaybı sigorta kapsamındadır. 2013-2014 yıllarına ilişkin ürün bazında poliçe sayılarının incelenmesiyle, buğday ürünü sigortasının tüm bitkisel ürün sigorta poliçeleri içindeki oranının 2013 yılı için %42.7 ve 2014 yılı için %42.2 olduğu görülmektedir (TARSİM, 2014). Benzer şekilde sigorta bedeli ve prim üretimi açısından da buğday ürünü, diğer bitkisel ürünlere kıyasla daha yüksek paya sahiptir. Bu nedenle bu çalışmada dolu teminatı veren bitkisel ürün sigortasında, Türkiye'de en yüksek sigortalama oranına sahip ürün olan buğday ürünü için aktüeryal primin hesaplanması amaçlanmıştır.

Tarım ürünü sigortalarının doğru fiyatlandırılması aktüeryal adil primin (actuarial fair premium) belirlenmesi ile mümkündür. Buğday bitkisel ürün sigortası için fiyatlandırma yapılması amaçlanan bu çalışmada, aktüeryal adil primin doğru belirlenebilmesi ancak beklenen yükümlülüklerin bugünkü değerinin beklenen prim ödemelerinin bugünkü değerine eşit olması ile mümkündür. Bu dengenin sağlanarak doğru primin belirlenebilmesi için ise risk analizinin doğru yapılması ve meydana gelecek hasarın doğru tahmin edilmesi gerekir. Tarım sigortalarında prim oranının hesaplanmasında, sigortalanan ürünün verimliliği ya da toplam hasar dağılımı bilgisinden yararlanılmaktadır.

Literatürdeki çalışmalar, primin doğru belirlenmemesi durumunda ters seçim (adverse selection) ve ahlaki tehlike (moral hazard) sorunlarının ortaya çıkabileceğini göstermektedir (Coble ve ark., 1997; Just ve ark., 1999; Makki ve Somwaru, 2002).

Tarım ürünleri sigortalarında prim oranlarının elde edilmesinde kullanılmak üzere birçok hasar tutarı dağılımı önerilmiştir.

Bu olasılık dağılımları genellikle parametrik dağılımlardır. Bu konudaki ilk çalışmalarda normal dağılımın kullanılması önerilmiş (Botts ve Boles, 1958); ancak yakın geçmişteki çalışmaların çoğunda normal olmayan dağılımların ürün verimi verilerine daha uygun olduğu belirtilmiştir. Beta, Gamma, Weibull, Burr ve log-normal dağılımları literatürde kullanılan normal olmayan dağılımlardır (Gallagher, 1987; Chen ve Miranda, 2004; Babcock ve ark., 2004; Sherrick ve ark., 2004). Parametrik dağılımların yeteri kadar esnek olmadığı gerekçesiyle bazı yarı-parametrik ve parametrik olmayan dağılımların da ürün verimliliğinin modellenmesinde kullanılabileceği yapılan çalışmalarda tartışılmıştır. Bu dağılımların kullanılması ve güvenilir sonuçlar vermesi için analizin yeterli büyüklükte bir veri seti kullanılarak yapılması gerekmektedir.

Ramirez ve McDonald (2005) hem parametrik olmayan dağılımların sunduğu esnekliği sağlayan, hem de veri setinin yeterli büyüklükte olmaması durumunda da güvenilir sonuçlar veren Johnson dağılım ailesi (Johnson family of distribution) olarak bilinen parametrik dağılımları önermişlerdir. Bahsedilen dağılımların olasılık yoğunluk fonksiyonlarının farklı ortalama, varyans, çarpıklık ve basıklık değerlerinin söz konusu olduğu verileri modellemekte etkin olduğu ifade edilmiştir. Johnson dağılım ailesi diğer parametrik dağılımların modelleyemediği değişen varyansı (heteroscedasticity) ve otokorelasyon süreçlerini de modelleyebilmektedir.

Ürün verimi ya da hasar modellenmesinde bahsedilen dağılımların hem istatistiksel olarak uygunlukları yani hangi dağılımın veriyi daha iyi temsil ettiği, hem de dağılımların prim oranlarına etkileri göz önünde bulundurularak en iyi dağılımın belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada TARSİM'den farklı tehlike bölgeleri için sağlanan hasar verisine en uygun dağılımı bulmak için R, Matlab, @RISK ve EasyFit programlama dilleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Dağılımlara ilişkin parametre tahminleri momentler yöntemi yardımıyla elde edilmiştir. Veri için belirlenen dağılımların istatistiksel olarak uygunluğu Akaike Bilgi Kriteri, hata terimleri analizi, ki-kare testi, Kolmogorov-Smirnov ve Anderson-Darling test istatistikleri gibi uygunluk testleri yardımı ile belirlenmiştir. Hasar dağılımları belirlendikten sonra 4 farklı aktüeryal prim ilkesi ve 6 farklı yükleme faktörü kullanılarak buğday bitkisel ürün sigortası için tehlike bölgeleri bazında adil primler hesaplanmıştır.

Çalışmada, prim hesaplama ilkeleri anlatılmış, bireysel ve kolektif risk modelleri kısaca açıklanmıştır. Buğday hasar verisi detaylı olarak incelenmiş, gruplandırılmış ve aykırı değer analizi yapılmıştır. Hasar şiddeti ve hasar sıklığı için tehlike bölgeleri bazında istatistiksel dağılımlar belirlenmiş, kolektif risk modeli kullanılarak hasar verisi için toplam hasar dağılımları beklenen değer ve varyansları elde edilmiştir. Tüm bu analiz ve incelemelerden sonra buğday bitkisel ürün sigortası için hesaplanan aktüeryal adil primler sunulmuştur.

2.MATERYAL ve YÖNTEM

2.1.Prim Hesaplama İlkeleri

Aktüeryal prim hesabı çeşitli prim hesaplama ilkeleri kullanılarak belirlenmektedir. Pratikte, sigortacı yükümlülük altına aldığı riskin karakteristik yapısının yanında, prim yüklemeleri adı altında tanımlanan faktörleri de göz önünde bulundurmalıdır.

S sigorta şirketinin üstlendiği toplam hasarı açıklayan raslantı değişkeni (r.d.) olmak üzere, bu hasar miktarının dağılımı belirlenerek, sigorta şirketinin karşılaşılabileceği beklenen hasar tutarı elde edilmektedir. Sigortacının belirleyeceği prim miktarı, S r.d.nin bir fonksiyonu olarak açıklanabilmektedir. Sigortacının primi P_S ile gösterilmektedir.

Sigorta priminin hesaplanmasında, S r.d.ye bağlı fonksiyonun belirlenmesi aşamasında bazı temel prensiplerden yararlanılmaktadır. Bu temel prensipler aşağıdaki şekilde açıklanabilir (Denuit ve ark., 2005).

a.Negatif Olmayan Yükleme: Bu özellik sigorta şirketinin belirleyeceği prim miktarının beklenen hasara eşit ya da daha büyük olmasını sağlayacaktır.

$$P_S \geq E[S]$$

b.Toplanabilirlik: S_1 ve S_2 olarak gösterilen iki bağımsız risk için prim hesabında

$$P_{S_1+S_2} = P_{S_1} + P_{S_2}$$

eşitliği sağlanmalıdır.

c.Ölçek Değişmezliği: $\alpha > 0$ olmak üzere, hasar miktarının bu değer ile çarpımı $Z = \alpha S$, primde de aynı değer ile çarpılmasına neden olacaktır.

$$P_Z = \alpha P_S$$

d.Tutarlılık: $c > 0$ olmak üzere, hasar miktarında c miktarı kadar bir artış, $Z = S + c$, primde de aynı miktarda artışa neden olacaktır.

$$P_Z = P_S + c$$

e.Belirlenen prim, hasar örnekleme içerisinde maksimum büyüklüğe sahip olan, s_m değerinden küçük olmalıdır.

$$P_S \leq s_m$$

Aktüerya literatüründe kullanılan temel prim hesaplama ilkeleri ise aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır (Tse, 2009):

2.1.1.Saf prim ilkesi

Saf prim ilkesinde, prim beklenen hasar miktarına eşittir. Sigortacı yönünden bu prim ilkesi çok ilgi çekici değildir. Bu hesaplamada herhangi bir yükleme yapılmamış olması, sigortacının karının azalmasına yol açmasının yanında; beklenmeyen olumsuz hasar durumlarının gerçekleşmesine bağlı olarak sigorta şirketini zor durumda bırakabilmektedir,

$$P_S = E[S].$$

2.1.2.Beklenen değer ilkesi

Bu prim ilkesi, $\theta > 0$ uygun bir yükleme faktörü olmak üzere saf prime yükleme miktarı eklenmesiyle elde edilmektedir,

$$P_S = (1 + \theta)E[S].$$

Bu yöntem, saf prim ilkesine göre daha gerçekçi olmasına rağmen, aynı beklenen hasar miktarına sahip farklı hasar tutarı dağılımları için eşit prim miktarlarının belirlenmesine neden olacaktır. Bu nedenle bu hesaplama ilkesi, risklerin varyasyonu açısından yeterli bilgiyi yansıtmamaktadır.

2.1.3.Varyans ilkesi

Varyans ilkesi, beklenen değer ilkesinde açıklanan eksikliğin giderilebilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu ilke kapsamında, beklenen hasara varyansın pozitif sabit bir katsayı ($\alpha > 0$) ile çarpımı eklenmektedir.

$$P_S = E[S] + \alpha V(S).$$

2.1.4.Standart sapma ilkesi

Standart sapma prensibinde, beklenen hasara standart sapmanın pozitif sabit bir katsayı ($\alpha > 0$) ile çarpımı eklenmektedir.

$$P_S = E[S] + \alpha \sqrt{V(S)}.$$

2.1.5. Sıfır fayda ilkesi

Sigortacının, bir riski sigortalaması durumunda gelirinde meydana gelen değişimin ölçülmesinde çeşitli fayda fonksiyonlarından yararlanılmaktadır. Sıfır fayda ilkesinde $u(x)$ olarak tanımlanan fayda fonksiyonu kullanılarak sigorta şirketinin sıfır faydayı sağlayacağı şekilde minimum bir prim seviyesinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. w sigortacının varlığı olmak üzere S riski için belirlenen prim P_S

$$u(w) = E[u(w + P_S - S)]$$

eşitliğinden elde edilir (Dickson, 2005).

2.2.Toplam Hasar Dağılımı

Bir sigorta şirketi için, risklerinin modellenmesinde kullanılan toplam hasar tutarı S ile ifade edilir. S r.d.nin elde edilmesinde kullanılan iki temel model bulunmaktadır (Bowers et al., 1997).

1.Bireysel Risk Modeli: $S = X_1 + X_2 + \dots + X_n$ olarak tanımlanan toplam hasar r.d. eşitliğinde X_i , i 'nci hasar tutarını gösterirken n sigortalanan risk birim sayısını göstermektedir. X_i 'ler bağımsız ve aynı dağılıma sahip varsayılmaktadır.

2.Kolektif Risk Modeli: $S = X_1 + X_2 + \dots + X_N$ olarak tanımlanan toplam hasar r.d. eşitliği bir sigorta portföyünde ortaya çıkan bireysel hasarların toplamını ifade eder. Eşitlikte yer alan N belirli bir periyotta portföydeki hasar sayısını gösterirken, X_i i 'nci hasarın tutarını göstermektedir.

Kolektif Risk Modeli:

$S = X_1 + X_2 + \dots + X_N$ olarak tanımlanan toplam hasar r.d.nin dağılımına ulaşmak için N ve X_i r.d.lerinin dağılımlarının bilinmesi gerekmektedir. Burada N hasar sayısını ifade etmekte ve hasarın sıklığını göstermektedir. Bireysel hasar miktarları olan X_1, X_2, \dots hasarların şiddetini ölçen r.d.leridir. Kolektif risk modellerinin temel iki varsayımı bulunmaktadır:

- i. X_1, X_2, \dots r.d. aynı dağılıma sahiptir.
- ii. N, X_1, X_2, \dots r.d. bağımsızdır.

Dolayısıyla, her bir coğrafi tehlike bölgesi ayrı bir portföy gibi ele alınarak her biri için N ve X r.d.nin dağılımları belirlenmiş; toplam hasar r.d.nin beklenen değer ve varyansı elde edilmiştir.

$p_k = E[X^k]$ X r.d.nin orijine göre k 'nci momenti olmak üzere, yukarıdaki varsayımlar kullanılarak; $S = X_1 + X_2 + \dots + X_N$ biçiminde tanımlanan toplam hasarın beklenen değeri

$$E[S] = E[E(S|N)] = E[p_1 N] = p_1 E[N] = E[X]E[N] \quad (1)$$

ve varyansı,

$$\begin{aligned} Var(S) &= E[Var(S|N)] + Var[E(S|N)] = E[N Var(X)] + Var[p_1 N] \\ &= E[N]Var(X) + p_1^2 Var(N) \end{aligned} \quad (2)$$

eşitlikleri ile elde edilir. Burada $Var(X) = p_2 - p_1^2 = E[X^2] - (E[X])^2$ olarak ele alınır.

Kolektif risk modelinde, portföydeki toplam poliçe sayısı yerine hasar bildirimlerinin olduğu poliçe sayısı (yani hasar sayısı) göz önünde bulundurulmaktadır. Bu çalışmada da TARSİM tarafından temin edilen veride buğday ürününe ait 2010-2014 yılları arasında gerçekleşen her bir hasara ilişkin ödenen tazminat tutarları incelenmektedir. Bu nedenle çalışmada kolektif risk modelinin kullanılması gerekmektedir.

2.3. Verinin İncelenmesi

Bitkisel ürün sigortasının fiyatlandırılmasında aktüeryal yöntemler kullanılırken, çevresel risklerin dikkate alınması gerekmektedir. Tarımsal sigortalarda teminat altına alınan risklerin neden olduğu hasarlar; çeşitli meteorolojik olaylardan etkilenerek her bir bitkisel ürün için farklı sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle tehlikelerin, bitkisel ürünlerin hassasiyetlerine göre coğrafi bölgeler bazında sınıflandırılması gerekmektedir. Bu sınıflandırma TARSİM tarafından her bir teminat (dolu, don, fırtına, dolu kalite kaybı, sel ve su baskını teminatları) için ayrı ayrı olmak üzere tehlike matrisleri şeklinde yapılmıştır. Bu çalışmada, buğday ürünü için TARSİM tarafından oluşturulan mevcut dolu teminatı tehlike matrisi ele alınmış, coğrafi tehlike bölgelerinin örneklem büyüklüğü istatistiksel analiz için anlamlı olacak şekilde yeniden düzenlenmiştir.

2.3.1. Coğrafi Tehlike Bölgelerinin Sınıflandırılması

Coğrafi tehlike bölgeleri il, ilçe, bucak, köy ayrımında ilgili bölgenin coğrafi özellikleri dikkate alınarak TARSİM tarafından belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan veri 2010-2014 yılları ve 23 farklı coğrafi tehlike bölgesi için elde edilmiş dolu teminatı veren sigorta poliçelerine ait hasar verisidir. Belirlenen coğrafi tehlike bölgelerine ilişkin örneklem büyüklükleri incelendiğinde bazı bölgelerin istatistiksel olarak modellemeye uygun örneklem sayısına ulaşmadığı; bu nedenle de bahsi geçen coğrafi tehlike bölgelerinin birleştirilmesi gerektiği öngörülmüştür.

Tehlike sınıflarının birleştirilmesi ile analize devam edilmiştir. Coğrafi tehlike bölgeleri sınıflandırmasında yapılan değişiklikler Çizelge 1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Coğrafi tehlike bölgelerinin sınıflandırılması

Örneklem Büyüklüğü	Coğrafi Tehlike Bölgesi	Örneklem Büyüklüğü	Birleştirilen Sınıflar
83	A		
786	B	1,838	A+B+C
969	C		
4,862	D	4,862	D
263	E		
1,095	F	3,197	E+F+G
1,839	G		
6,268	H	6,268	H
2,252	I	2,252	I
1,806	J	1,806	J
2,927	K	2,927	K
5,14	L	5,140	L
7,788	M	7,788	M
3,887	N	3,887	N
3,079	O	3,079	O
8,107	P	8,107	P
1,425	R		
1,003	S	2,428	R+S
673	T		
1,958	U	2,631	T+U
1,719	V		
526	Y	2,465	V+Y+Z
220	Z		

Çizelge 1'de gösterildiği üzere A+B+C, E+F+G, R+S, T+U ve V+Y+Z sınıfları birleştirilerek 23 adet olan coğrafi tehlike bölgesi, 15 adete düşürülmüştür. Hasar verisi bu şekilde yeniden sınıflandırıldıktan sonra, coğrafi bölgeler bazında elde edilen 15 örneklem kümesi için öncelikle aykırı değer analizi yapılmış, ardından hasar tutarı dağılımlarının tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

2.3.2. Aykırı Değer Analizi

Her bir coğrafi tehlike bölgesinde gerçekleşen hasar tutarlarının incelenmesiyle, hasar tutarı dağılımlarının sağa çarpık olduğu gözlemlenmiş ve bu nedenle aykırı değer analizi örneklemelerin sağ kuyruk bölgesine uygulanmıştır. Öncelikle her bir örnekleme ilişkin en yüksek on adet gözlem incelenerek veride aykırı değer olarak kabul edilebilecek bir gözlem değeri olup olmadığı araştırılmıştır. Bu değerlerin aykırı değer olarak kabul edilip edilemeyeceğine, örneklem ortalaması, varyansı ve ilgili gözlemlerin kendisinden sonra gelen en büyük değerle arasındaki farkın büyüklüğü incelenerek karar verilmiştir.

Aykırı değer analizinin istatistiksel bir temele dayanması açısından, örneklemdeki en büyük ilk on gözlemin incelenmesinin yanı sıra iki farklı yöntemle örneklemelerde aykırı gözlem olup olmadığı saptanmaya çalışılmıştır.

İlk olarak, “standart sapma yöntemi” ile aykırı değer analizi yapılmıştır. Bu yöntemle göre; ilgili değişkenin popülasyonda normal dağılım gösterdiği biliniyorsa, incelenen verinin hassasiyetine göre ± 2 ya da ± 3 standart sapmanın altında ve üstünde kalan değerler aykırı değer olarak belirlenmektedir. Bu yöntemin kullanılabilmesi için örneklem genişliğinin 120 ve üzeri olması gerekmektedir (Seo, 2006). Hasar verisinin sağa çarpıklığı dikkate alınarak, gözlem değeri; \bar{x} örneklem ortalaması ve s örneklem standart sapması olmak üzere $\bar{x} + 2s, \dots, \bar{x} + 6s$ değerlerinden büyük olan gözlem sayıları her bir coğrafi tehlike bölgesi için incelenmiştir. Çalışmada yapılan analizler, $\pm 2, \dots, \pm 6$ standart sapma üstünde kalan gözlem sayılarının coğrafi tehlike bölgelerinin örneklem büyüklükleri dikkate alındığında önemli sayıda olduğunu ve bu nedenle bu gözlemlerin aykırı değer olarak kabul edilemeyeceğini göstermiştir.

Aykırı değer analizinde kullanılan diğer bir yöntem ise çarpık dağılımların söz konusu olduğu durumlarda uygulanmaktadır (Hubert ve Van der Veeken, 2008). Bu yöntemle göre, $Q1$ birinci çeyreklik ve $Q3$ üçüncü çeyreklik olmak üzere $IQR = Q3 - Q1$ çeyreklik genişliği olarak tanımlandığında; MC (medcouple) çarpıklığın sağlam bir ölçüsü olmak üzere gözlemlerin aşağıda belirtilen aralık içerisinde bulunması gerekmektedir (Brys ve ark., 2004):

$$MC > 0 \text{ ise } [Q_1 - 1.5e^{-4MC}IQR, Q_3 + 1.5e^{3MC}IQR]$$

$$MC < 0 \text{ ise } [Q_1 - 1.5e^{-3MC}IQR, Q_3 + 1.5e^{4MC}IQR]$$

Burada MC ölçüsü

$$MC(X_n) = \text{med } h(x_i, x_j)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. $x_i < \text{med}_n < x_j$ örneklem ortancası iken $h(x_i, x_j)$ fonksiyonu,

$$h(x_i, x_j) = \frac{(x_j - \text{med}_n) - (\text{med}_n - x_i)}{x_j - x_i}$$

biçiminde hesaplanmaktadır. Dolayısıyla bu yöntemle elde edilen aralıklar dışında kalan gözlemler aykırı değer olarak kabul edilebilir. Bu şekilde her bir coğrafi tehlike bölgesi için belirlenen aralık dışındaki gözlem sayıları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Çarpık dağılımlar için aykırı değer analizindeki alt ve üst sınırları geçen gözlem sayıları

Coğrafi Tehlike Bölgesi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Alt ve Üst sınırı geçen gözlem sayısı	Alt	0	0	0	0	0	0	17	101	0	0	0	8	44	36	
	Üst	37	67	35	82	14	25	54	69	152	105	118	131	64	29	42

Hubert ve Van der Veeken (2008) tarafından önerilen bu yöntem hem sağa, hem sola çarpık dağılımlar için önerilen bir yaklaşım olduğundan hem alt, hem de üst sınırlar için aykırı değer analizi yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ancak bu çalışma kapsamında ilgilenilen hasar dağılımı sağa çarpık bir dağılım olduğundan sadece üst sınırı aşan gözlem sayıları incelenmiştir. Üst sınırın üstünde kalan gözlem sayıları, coğrafi tehlike bölgelerinin örneklem büyüklükleri dikkate alındığında önemli büyüklükte olduğundan bu gözlemler aykırı değerler olarak kabul edilmemektedir.

3.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

3.1.İstatistiksel Dağılımların Belirlenmesi

TARSİM tarafından temin edilen veride buğday ürününe ait 2010-2014 yılları için poliçe bazında il, ilçe, köy, ada-parsel ayrımında oluşan hasar nedeni ve ödenen tazminat tutarları bulunmaktadır. Verideki bilgiler kullanılarak gerçekleşmiş hasar tutarı,

$$\text{Gerçekleşmiş Hasar Tutarı} = \text{Sigorta Bedeli} * \text{Hasar Oranı}$$

formülü ile hesaplanmıştır. Daha sonra verideki köy kodları gerçekleşen hasarlara ait köy kodları ile eşleştirilerek hasarlar tehlike bölgelerine göre ayrıştırılmış ve Çizelge 3'te sunulmuştur.

Çizelge 3. Tehlike bölgeleri bazında gerçekleşen hasar sayıları

Coğrafi Tehlike Bölgeleri	Hasar Bildirimi Yapılan Poliçe Sayısı	Hasar Bildirimi Yapılmayan Poliçe Sayısı	Toplam Poliçe Sayısı
A	83	40,010	40,093
B	786	83,512	84,298
C	969	130,106	131,075
D	4,862	205,541	210,403
E	263	10,016	10,279
F	1,095	49,779	50,874
G	1,839	81,007	82,846
H	6,268	208,953	215,221
I	2,252	75,088	77,340
J	1,806	61,190	62,996
K	2,927	73,031	75,958
L	5,140	126,590	131,730
M	7,788	87,877	95,665
N	3,887	52,865	56,752
O	3,079	41,072	44,151
P	8,107	65,845	73,952
R	1,425	11,351	12,776
S	1,003	10,709	11,712
T	673	5,828	6,501
U	1,958	11,733	13,691
V	1,719	7,454	9,173
Y	526	1,794	2,320
Z	220	1,781	2,001
Toplam	58,675	1,443,132	1,501,807

Her bir coğrafi tehlike bölgesindeki hasar tutarları içerisinde aykırı gözlem bulunmadığı sonucuna ulaşıldıktan sonra, örneklemelerin betimsel istatistikleri ve histogram grafikleri incelenerek, verinin uyum göstereceği dağılımlar dikkate alınmıştır. Aktüerya literatüründe hasar tutarı verisine sıklıkla uygulanan dağılımlardan biri log-normal dağılımdır. Bu çalışmada öncelikle log-normal dağılımının farklı coğrafi bölgeler için farklı parametre değerleri ile veriyi temsil edip etmediği “momentler yöntemi” ve “en çok olabilirlik yöntemi” kullanılarak araştırılmıştır.

Gerçekleşen hasar tutarı dağılımlarının modellenmesinde, bazı coğrafi tehlike bölgeleri için öngörülen dağılımların gerçek örneklem dağılımının basıklığını iyi ifade edemediği gözlemlenmiştir. Bu durum coğrafi tehlike bölgelerinin örneklem histogramı ile istatistiksel dağılımlara uyum eğrilerinin grafikleri incelendiğinde açık bir şekilde görülmüştür. Bu nedenle dağılımlara ilişkin parametre tahminlerinin basıklık ölçüsü dikkate alınarak, momentler yöntemi yardımıyla elde edilmesi amaçlanmıştır.

İlk aşama kestirimi için örneklem basıklığı ile modele ilişkin basıklık formülünün eşitlenmesi uygun bulunmuştur. Momentler yönteminin kullanımında birçok coğrafi bölge için önsel olarak uygun bulunan log-normal dağılımın beklenen değeri, varyansı ve basıklığı için formüller aşağıdaki gibidir:

$$X \sim \ln N(\mu, \sigma^2); \mu \in \mathbb{R}, \sigma > 0, x \in (0, +\infty)$$

olmak üzere

$$E[X] = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right), \text{Var}(X) = (e^{\sigma^2} - 1)\exp(2\mu + \sigma^2)$$

$$\text{Kurt}(X) = e^{4\sigma^2} + 2e^{3\sigma^2} + 3e^{2\sigma^2} - 3$$

Lognormal dağılımın basıklık değeri, örneklemelerden elde edilen basıklık değerine eşitlenerek $\hat{\sigma}$ ölçek parametresi tahmin edilmiştir. Daha sonra $\hat{\mu}$ konum parametresinin tahmini için hem $E[X]$ hem de $\text{Var}(X)$ formülleri kullanılarak iki farklı biçimde hesaplama yapılmıştır.

Hesaplamalarda ortalama ve varyans olmak üzere iki farklı yaklaşımdan yararlanılmıştır.

$$1. \text{Yaklaşım: } E[X] = \exp\left(\mu + \frac{\hat{\sigma}^2}{2}\right) = \bar{x}$$

$$\Rightarrow \hat{\mu}_1 = \ln(\bar{x}) - \frac{\hat{\sigma}^2}{2}$$

$$2. \text{Yaklaşım: } \text{Var}(X) = (e^{\hat{\sigma}^2} - 1)\exp(2\mu + \hat{\sigma}^2) = s^2$$

$$\Rightarrow \hat{\mu}_2 = \left[\ln\left(\frac{s^2}{e^{\hat{\sigma}^2} - 1}\right) - \hat{\sigma}^2 \right] / 2$$

Her bir coğrafi bölgede gerçekleşen hasar tutarlarının log-normal dağılıma uyduğu varsayıldığında moment eşleştirme yöntemi yardımıyla elde edilen parametre tahminlerinden; $\hat{\sigma}^2$ tahminleri her iki yaklaşım için ortak olup, $\hat{\mu}_1$ ve $\hat{\mu}_2$ parametre tahminleri Çizelge 4'te gösterildiği üzere iki yaklaşım için farklılık göstermektedir:

Çizelge 4. Coğrafi tehlike bölgeleri için elde edilen parametre tahminleri

Coğrafi Tehlike Bölgeleri	Log-normal Dağılımı Parametreleri		
	$\hat{\sigma}^2$	1. Yaklaşım	2. Yaklaşım
		$\hat{\mu}_1$	$\hat{\mu}_2$
Tehlike Bölgesi 1	0.752425	6.609772	7.045900
Tehlike Bölgesi 2	1.270669	6.612312	6.805501
Tehlike Bölgesi 3	1.127429	6.824303	6.882814
Tehlike Bölgesi 4	0.758884	6.963853	7.255568
Tehlike Bölgesi 5	0.315585	7.438673	8.100495
Tehlike Bölgesi 6	0.554655	7.593330	8.149724
Tehlike Bölgesi 7	1.041223	7.094779	7.517009
Tehlike Bölgesi 8	1.436494	7.058845	7.334069
Tehlike Bölgesi 9	1.012918	7.140644	7.646196
Tehlike Bölgesi 10	0.990243	7.770658	8.480140
Tehlike Bölgesi 11	0.688301	7.599281	8.391516
Tehlike Bölgesi 12	0.760702	7.702348	8.403241
Tehlike Bölgesi 13	1.045477	7.196562	8.080776
Tehlike Bölgesi 14	0.608476	6.485196	6.863945
Tehlike Bölgesi 15	0.888698	6.538933	6.836712

Her iki yaklaşımla elde edilen parametre tahmin değerlerine sahip log-normal dağılımın uyumluluğu, her bir coğrafi tehlike bölgesi için Kolmogorov-Smirnov ve Anderson-Darling testleri ile sınanmıştır. Elde edilen sonuçlar log-normal dağılıma ilişkin hesaplanan parametre değerlerinin gerçek veri ile uyumlu olmadığını göstermiştir. Çalışmada yapılan analizler sonucunda basıklık değerlerindeki uyumsuzluğun, basıklık momentlerinin eşleştirilmesiyle giderilemediği görülmüştür. Bu durumun öncelikli sebebi önsel olarak belirlenen log-normal dağılımın örneklemelerin çoğu için uygun bir dağılım olmamasıdır. Bazı coğrafi tehlike bölgelerinde uygun olmasına rağmen, tüm bölgelerde log-normal dağılım geçerli bir dağılım değildir. Bu nedenle farklı coğrafi tehlike bölgeleri için farklı dağılımlar denenmiş ve hasar tutarlarına en uygun dağılımlar belirlenmiştir. Dağılımlar için parametre tahminleri en çok olabilirlik yöntemi ile elde edilmiştir.

Coğrafi tehlike bölgeleri için elde edilen hasar tutarlarına en uygun istatistiksel dağılımlar, parametre değerleri ve bu değerlerden elde edilen beklenen değer ve varyanslar Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Tehlike bölgeleri bazında hasar tutarlarının dağılımları

Tehlike Bölgesi	Dağılım	E[X]	Var(X)
1	Pearson 6: $\alpha_1 = 1.5525, \alpha_2 = 2.2233, \beta = 871.97$	1,106.6	9,805,200
2	Lognormal (3P): $\sigma = 1.2038, \mu = 6.5353, \gamma = -15.031$	1,407.1	6,591,700
3	Log-Pearson: $\alpha = 48.752, \beta = 0.1679, \gamma = 14.947$	1,603.5	4,546,100
4	Log-Pearson: $\alpha = 60.692, \beta = -0.15247, \gamma = 15.948$	1,533.9	4,518,400
5	Gen.Gamma (4P): $k = 0.3758, \alpha = 5.6851, \beta = 13.808, \gamma = 5.5843$	1,996.6	5,975,300
6	Pearson 6: $\alpha_1 = 1.2237, \alpha_2 = 2.3084, \beta = 2,911.7$	2,723.3	49,760,000
7	Lognormal (3P): $\sigma = 1.2713, \mu = 6.8169, \gamma = -18.768$	2,030.1	16,935,000
8	Lognormal: $\sigma = 1.2646, \mu = 6.9778$	2,386.3	22,491,000
9	Lognormal (3P): $\sigma = 1.3859, \mu = 6.6921, \gamma = -8.8915$	2,097.0	25,838,000
10	Log-Pearson: $\alpha = 371.38, \beta = 0.07234, \gamma = -19.646$	3,791.3	124,100,000
11	Log-Pearson: $\alpha = 508.46, \beta = 0.06573, \gamma = -26.592$	2,913.5	97,314,000
12	Log-Pearson: $\alpha = 308.89, \beta = -0.09561, \gamma = 36.356$	3,470.4	115,670,000
13	Log-Pearson: $\alpha = 266.73, \beta = 0.08293, \gamma = -15.471$	2,037.3	32,934,000
14	Log-normal (3P): $\sigma = 1.0435, \mu = 6.274, \gamma = -17.014$	897.6	16,485,000
15	Burr: $k = 1.53, \alpha = 1.3713, \beta = 917.53, \gamma = 0$	1,096.4	14,602,000

Çizelge 5'te verilen dağılımların ortak özelliği sağa çarpık, uzun ve/veya kalın kuyruklu dağılımlar olmalarıdır. Buğday ürünü hasar tutarı verisi belirlenen 15 tehlike bölgesi için ayrı ayrı incelenmiş ve 49 parametrik dağılımın uyum iyilikleri bölge bazında karşılaştırılmıştır. Çizelge 5'te sunulan dağılımlar bu testlerde en iyi sonuçları veren ve prim hesaplama ilkelerine uygun olan dağılımlardır.

Bireysel hasar tutarlarının modellenmesinden sonra her bir tehlike bölgesi için hasar sayılarının modellenmesi gerekmektedir. N hasar sayısı $r.d.nin$ dağılımının belirlenmesinde hasarlı poliçe adedi dikkate alınmış ve N -Binom (n, p) dağıldığı varsayılmıştır. Burada n poliçe sayısını ve p bir polichenin hasar getirmesi olasılığını ifade etmektedir. Coğrafi tehlike bölgeleri için Binom dağıldığı varsayılan hasar sayılarına ilişkin parametre değerleri ve bu değerlerden elde edilen beklenen değer ve varyanslar Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Tehlike bölgeleri bazında hasar sayılarının dağılımları

Tehlike Bölgesi	Dağılım	E[N]	Var(N)
1	Binom($n=40,093; p=0.007195$)	1,838	1,824.78
2	Binom($n=84,298; p=0.0231085$)	4,862	4,749.65
3	Binom($n=131,075; p=0.022202$)	3,197	3,126.02
4	Binom($n=210,403; p=0.029124$)	6,268	6,085.45
5	Binom($n=10,279; p=0.029118$)	2,252	2,186.43
6	Binom($n=50,874; p=0.028668$)	1,806	1,754.23
7	Binom($n=82,846; p=0.038534$)	2,927	2,814.21
8	Binom($n=215,221; p=0.039019$)	5,140	4,939.44
9	Binom($n=77,340; p=0.081409$)	7,788	7,153.99
10	Binom($n=62,996; p=0.068491$)	3,887	3,620.78
11	Binom($n=75,958; p=0.069738$)	3,079	2,864.28
12	Binom($n=131,730; p=0.109625$)	8,107	7,218.27
13	Binom($n=95,665; p=0.099151$)	2,428	2,187.26
14	Binom($n=56,752; p=0.130299$)	2,631	2,288.18
15	Binom($n=44,151; p=0.182673$)	2,465	2,014.71

3.2. Aktüeryal Primlerin Hesaplanması

Bu çalışmada buğday bitkisel ürün sigortasında toplam hasarın modellenmesi amaçlandığından kolektif risk modeli kullanılmıştır. Kolektif risk modeli için verilen Eşitlik (1) ve Eşitlik (2)'deki formüller yardımıyla Çizelge 5'te ve Çizelge 6'da hesaplanan beklenen değer ve varyanslar kullanılarak toplam hasara ilişkin beklenen değer ve varyanslar elde edilmiştir.

Çizelge 7. Tehlike bölgeleri bazında toplam hasar dağılımının beklenen değer ve varyansları

Tehlike Bölgesi	E[S]	Var(S)
1	2,033,931	20,256,516,693.02
2	6,841,320	41,452,821,871.86
3	5,126,390	22,571,542,617.75
4	9,614,485	42,639,477,424.99
5	4,496,343	22,172,385,427.13
6	4,918,280	102,876,566,272.53
7	5,942,103	61,166,965,586.40
8	12,265,582	143,731,023,909.09
9	16,331,436	232,685,364,011.91
10	14,736,783	534,421,631,283.24
11	8,970,667	323,943,195,939.03
12	28,134,533	1,024,671,196,315.44
13	4,946,564	89,042,174,304.97
14	2,361,480	6,180,593,236.35
15	2,702,626	38,415,798,707.44

Çizelge 7'de her bir coğrafi tehlike bölgesi için toplam hasar tutarlarının beklenen değer ve varyansları verilmektedir. Çizelge 7 incelendiğinde 12. tehlike bölgesi için toplam hasar tutarının en yüksek beklenen değer ve varyansa sahip olduğu, 1. tehlike bölgesi için toplam hasarın en düşük beklenen değere ve 14. tehlike bölgesi için toplam hasarın en düşük varyansa sahip olduğu görülmüştür.

Toplam hasarlar için hesaplanan beklenen değer ve varyanslar kullanılarak aktüeryal primler elde edilmiş ve Çizelge 8'de sunulmuştur. Buğday bitkisel ürün sigortası için dolu teminatına karşılık toplam prim tutarı; ilgili ürünün coğrafi tehlike bölgesi için hesaplanan prim oranı ile toplam sigorta bedelinin çarpılmasıyla bulunur.

15 coğrafi tehlike bölgesinin her biri için, dört farklı prim hesaplama ilkesi ve altı farklı yükleme faktörü kullanılarak; buğday bitkisel ürün sigortasında ortalama 1 birim sigorta bedeli karşılığında alınması gereken ortalama prim tutarları yüzde olarak ifade edilmiştir. Sigorta bedeli, ürünün ekili/dikili bulunduğu arazideki toplam ürün miktarı/verimi ve birim fiyatı dikkate alınarak hesaplanan tutardır. Kullanılan yükleme faktörleri, sigorta uygulamasında sıklıkla uygulanan oranlar dikkate alınarak belirlenmiştir. Prim oranı sonuçlarının tutarlılığı açısından, tehlike bölgeleri için elde edilen toplam hasar r.d. varyansının oldukça büyük olması nedeniyle; varyans ilkesinde kullanılan yükleme faktörleri, standart sapma ilkesindeki yükleme faktörlerinin binde biri olarak seçilmiştir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, 1. tehlike bölgesinden 15. tehlike bölgesine doğru gidildikçe prim oranlarının genel olarak arttığı görülmüştür. Yorumlarda ve karşılaştırmalarda esas alınan prim oranları, saf prim ilkesi ile elde edilen oranlardır. Saf prim ilkesine göre tehlike bölgeleri için elde edilen prim oranlarında 6. tehlike bölgesinden itibaren bölge sıralamasındaki desenin bazı yerlerde bozulduğu görülmektedir. Tehlike bölgesi numarası arttıkça prim oranlarının artması beklenirken, yapılan analizler sonucu elde edilen prim oranlarının birkaçı bu duruma uymamaktadır. Bu bölgelerde genellikle yüksek sayıda hasar bildirim ve yüksek tutarda hasar ödemeleri yapıldığı gözlenmektedir.

Çizelge 8'de beklenen değer prim ilkesi, varyans prim ilkesi ya da standart sapma prim ilkesinden elde edilen prim oranları incelendiğinde prim hesaplama ilkesi değişikçe ve yükleme faktörü arttıkça prim oranlarının arttığı görülmektedir.

Coğrafi tehlike bölgesi sınıflandırması iklim ve meteorolojik veriler ile farklı tarım ürünleri verileri de kullanılarak yapılmaktadır. Çalışmada belirlenen prim oranları sadece buğday ürünü için ve sadece hasar verisi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu nedenle bazı bölgelerde tehlike sınıflandırmasına uygun prim oranı elde edilememiş olması şaşırtıcı değildir. Daha doğru bir fiyatlandırma için primler ürün verimliliğini etkileyen diğer faktörler de dikkate alınarak belirlenmelidir.

Çizelge 8. Tehlike bölgeleri bazında farklı prim ilkelere ve yüklenme faktörlerine göre elde edilen primler (%)

Prim İlkeleri	Coğrafi Tehlike Bölgeleri														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Saf Prim İlkesi	0.20	0.58	0.80	0.81	1.31	1.23	1.46	1.25	2.77	2.52	2.78	4.16	3.50	3.66	5.63
$\theta=0$	0.20	0.58	0.80	0.81	1.31	1.23	1.46	1.25	2.77	2.52	2.78	4.16	3.50	3.66	5.63
$\theta=0.01$	0.20	0.58	0.81	0.82	1.32	1.25	1.48	1.26	2.80	2.55	2.81	4.20	3.54	3.69	5.69
$\theta=0.05$	0.21	0.61	0.84	0.85	1.37	1.30	1.53	1.31	2.91	2.65	2.92	4.37	3.68	3.84	5.91
$\theta=0.10$	0.22	0.64	0.88	0.90	1.44	1.36	1.61	1.38	3.05	2.77	3.06	4.58	3.85	4.02	6.20
$\theta=0.15$	0.23	0.67	0.92	0.94	1.50	1.42	1.68	1.44	3.19	2.90	3.20	4.79	4.03	4.21	6.48
$\theta=0.20$	0.24	0.69	0.96	0.98	1.57	1.48	1.75	1.50	3.32	3.02	3.34	4.99	4.20	4.39	6.76
$\alpha=0$	0.20	0.58	0.80	0.81	1.31	1.23	1.46	1.25	2.77	2.52	2.78	4.16	3.50	3.66	5.63
$\alpha=0.00001$	0.22	0.61	0.84	0.85	1.37	1.49	1.61	1.40	3.17	3.43	3.78	5.68	4.13	3.75	6.43
$\alpha=0.00005$	0.30	0.75	0.98	0.99	1.63	2.53	2.21	1.98	4.74	7.09	7.80	11.74	6.66	4.14	9.63
$\alpha=0.00010$	0.39	0.93	1.15	1.17	1.95	3.82	2.97	2.72	6.72	11.66	12.82	19.32	9.81	4.61	13.64
$\alpha=0.00015$	0.49	1.10	1.33	1.36	2.28	5.11	3.72	3.45	8.69	16.23	17.84	26.90	12.97	5.09	17.64
$\alpha=0.00020$	0.59	1.28	1.51	1.54	2.60	6.40	4.47	4.18	10.66	20.80	22.85	34.48	16.12	5.57	21.64
$\alpha=0$	0.20	0.58	0.80	0.81	1.31	1.23	1.46	1.25	2.77	2.52	2.78	4.16	3.50	3.66	5.63
$\alpha=0.01$	0.27	0.66	0.89	0.89	1.43	1.44	1.63	1.39	3.02	2.82	3.15	4.57	3.83	3.83	6.11
$\alpha=0.05$	0.55	0.97	1.25	1.22	1.91	2.24	2.30	1.95	4.04	4.01	4.63	6.20	5.16	4.52	8.00
$\alpha=0.10$	0.90	1.37	1.69	1.62	2.51	3.25	3.14	2.65	5.30	5.50	6.49	8.23	6.81	5.39	10.38
$\alpha=0.15$	1.25	1.76	2.14	2.03	3.11	4.26	3.98	3.35	6.57	6.99	8.34	10.27	8.47	6.25	12.75
$\alpha=0.20$	1.60	2.16	2.58	2.44	3.72	5.27	4.82	4.06	7.83	8.48	10.19	12.31	10.12	7.12	15.12

4.SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada TARSİM tarafından sağlanan buğday bitkisel ürün sigortası için hasar verileri analiz edilerek aktüeryal adil primler hesaplanmıştır. Veriler incelenerek hasar şiddeti ve hasar sıklığı için tehlike bölgeleri bazında istatistiksel dağılımlar belirlenmiştir. Daha sonra bu dağılımlardan elde edilen beklenen değer ve varyanslar prim hesaplama yöntemlerinde kullanılmıştır. Hesaplanan primler genel olarak coğrafi bölgelerin tehlike sıralamasına uygun sonuçlar vermiştir. Çalışmada elde edilen prim oranları bitkisel tarım ürünleri fiyatlamasında bir örnek teşkil etmektedir ve sadece hasar verisi dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır. Daha etkin bir fiyatlama yapılabilmesi için detaylı iklim ve meteorolojik verilerin de kullanılması ve diğer risk faktörlerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Teşekkür

Bu araştırmanın (TAGEM, FUK-2015-6321 nolu proje) gerçekleştirilmesine maddi olanak sağlayan T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Babcock, B. A., C. E. Hart, D. J. Hayes. 2004. *Actuarial Fairness of Crop Insurance Rates with Constant Rate Relativities.* American Journal of Agricultural Economics 86:563–75.
- Botts, R.R., Boles, J.N. 1958. *Use of Normal-Curve Theory in Crop Insurance Rate Making, Journal of Farm Economics, 40:733-40.*
- Bowers, N.L., Gerber, H.U., Hickman, J.C., Jones, D.A., Nesbitt, C. J. 1997. *Actuarial Mathematics, SOA, USA.*
- Brys, G., Hubert, M., Struyf, A., 2004. *A Robust Measure of Skewness, Journal of Computational and Graphical Statistics, 13:996–1017.*
- Chen, S., Miranda, M. 2004. *Modeling Multivariate Crop Yield Densities with Frequent Extreme Values, USA, American Agricultural Economics Association Annual Meeting, August 1-4, 2004, Colorado, Denver.*
- Coble, K.H., Knight, T.O., Pope, R.D., Williams, J.R. 1997. *An Expected Indemnity Approach to the Measurement of Moral Hazard in Crop Insurance, American Journal of Agricultural Economics, 79:216-26.*
- Denuit, M., Dhaene, J., Goovaerts, M., Kaas, R., 2005. *Actuarial Theory for Dependent Risks Measures, Orders and Models, John Wiley & Sons, England.*
- Dickson, D.C.M. 2005. *Insurance Risk and Ruin, Cambridge University Press, Cambridge, UK.*
- Hubert, M., Van der Veecken, S., 2008. *Outlier Detection for Skewed Data, Journal of Chemometrics, 22 (3-4):235-246.*
- Gallagher, P. 1987. *U.S. Soybean Yields: Estimation and Forecasting with Nonsymmetric Disturbances, American Journal of Agricultural Economics, 71:796-803.*
- Just, R.E., Calvin, L., Quiggin, J. 1999. *Adverse Selection in Crop Insurance: Actuarial and Asymmetric Information Incentives, American Journal of Agricultural Economics, 81:834-849.*
- Makki, S.S., Somwaru, A.L. 2002. *Asymmetric Information in Cotton Insurance Markets: Evidence from Texas, USA, American Agricultural Economics Association Meetings, July 27-31, 2002, Long Beach, California.*
- Ramirez, O.A., McDonald, T. 2005. *The Reparameterized Johnson System: A Highly Flexible Yield and Price Distribution Model, USA, Department of Agricultural Economics and Agricultural Business and Extension Economics New Mexico State University, New Mexico, Las Cruces.*
- Seo, S., 2006. *A Review and Comparison of Methods for Detecting Outliers in Univariate Data Sets, Master thesis, University of Pittsburgh.*
- Sherrick, B.J., Zanini, F.C., Schnitkey, G.D., Irwin, S.H. 2004. *Crop Insurance Valuation Under Alternative Yield Distributions, American Journal of Agricultural Economics, 86:406-419.*
- Tarım Sigortaları Havuzu (TARSİM), 2016. <https://web.tarsim.gov.tr>. (ET: 27.06.2016).
- Tarım Sigortaları Havuzu (TARSİM), 2014. *2014 Yılı Faliyet Raporu*, <https://web.tarsim.gov.tr>. (ET: 27.06.2016).
- TAGEMFUK-2015-6321 nolu proje, *Tarım Sigortaları ve Tarımda Doğal Afet Yönetiminin Etkinliğinin Değerlendirilmesi, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Araştırma–AR-GE Destek Programı, 2015.*
- Tse, Y.K., 2009. *Nonlife Actuarial Models Theory Methods and Evaluation Actuarial Mathematics, Cambridge University Press, UK.*