

## TÜRKİYE'DE TRAFİK SİGORTALARINDA OPTİMAL ÖDÜL-CEZA SİSTEMİ TASARIMI: İYİ RİSK/KÖTÜ RİSK MODELİ

Kemal Burak BAYKAL\*

Serpil Ergün BÜLBÜL\*\*

### Öz

Ödül-ceza sistemleri zorunlu trafik sigortalarının fiyatlandırılmasında kullanılan en önemli araçlardan biridir. Sistemin amacı, uzun vadede her sigortalının kendi hasar frekansına göre prim ödemesini sağlayarak primlerde adaleti sağlamak ve sürücüleri daha dikkatli araç kullanmaya teşvik etmektir. Sigorta şirketleri açısından, verilen toplam ödül tutarı ile toplam ceza tutarının dengeli olması şirketlerin finansal dengesini muhafaza etmesi açısından oldukça önemlidir.

Türkiye'de 2014 yılı itibariyle trafik sigortalarında serbest tarife rejimine geçilmesiyle birlikte sigorta şirketleri ödül-ceza oranlarını serbestçe belirleyebilme imkanını elde etmişlerdir. Bu çalışmada, daha önceden kullanılması zorunlu olan ödül-ceza sisteminin basamak sistemi, geçiş kuralları ve devlet tarafından belirlenmiş ödül-ceza oranlarının getirdiği dezavantajlar göz önünde bulundurularak, sigortalıların hasar geçmişi bilgileri kullanılarak bir deneyim fiyatlandırması yapılmıştır. Eski sistemden farklı olarak, sigortalıların sadece bir önceki yılda yaptığı hasar talebi sayısına göre değil bir süreç boyunca yaptıkları hasar talebi sayıları dikkate alınarak, sigortalıların ceza primlerinden hızlı şekilde kurtulmaları engellenmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın uygulama bölümünde, optimum bir ödül ceza sistemi oluşturabilmek amacıyla veri seti olarak sektörde faaliyet gösteren bir şirketten alınan, otomobiller için düzenlenmiş trafik sigortası hasar talebi sayıları kullanılmıştır. Söz konusu veri setinin hasar talebi sayılarının modellemede kullanılan iyi risk/kötü risk dağılımına uygunluğu incelenmiştir. Kredibilite teorisi, Bayesci yaklaşım ve beklenen değer prim prensibi kullanılarak veri setine uygunluğu gösterilen iyi risk/kötü risk modeli ile optimal ödül-ceza sistemi oluşturulmuş ve ödül-ceza oranları bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Deneyim Fiyatlandırması, İyi Risk/Kötü Risk Modeli, Kredibilite, Ödül-Ceza Sistemi, Trafik Sigortası

**Jel Kodları:** C13; C46; G22

\* Arş.Gör. Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Yüksekokulu, Aktüerya Bölümü, burak.baykal@marmara.edu.tr

\*\* Doç.Dr. Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Yüksekokulu, Aktüerya Bölümü, serpilbulbul@marmara.edu.tr

## OPTIMAL BONUS-MALUS SYSTEM DESIGN IN MOTOR THIRD-PARTY LIABILITY INSURANCE IN TURKEY: GOOD RISK/BAD RISK MODEL

### Abstract

Bonus-malus systems are one of the most important instruments used in motor third-party liability insurance rating. The purpose of the bonus-malus system in the long term is to provide a fairness of the premiums paid by ensuring everyone pays a premium that corresponds exactly to their own claim frequency and to encourage policyholders to drive more carefully. From insurer's perspective, a balance of total amount of bonuses and maluses is very important to maintain the financial stability of the companies.

With the adoption of free tariff regime in motor third-party liability insurance in Turkey in 2014, insurance companies had a chance to freely determine the bonus-malus rates. In this study, an experience rating was implemented using the insured's individual claim experience by taking the disadvantages of using mandatory bonus-malus system's transition rules, classes and bonus-malus scales determined by the government into consideration. Unlike the previous system where rates were determined by using only the claims of the previous year, policyholders are prevented from evading malus premium fast by taking the number of the individual claim experience of the policyholders observed through a period of time into account.

In the application section of the study, data taken from an insurance company are used in order to build an optimal bonus-malus system. These data involve information about the observed claim frequencies of automobiles over a year for motor third party liability policies. It was examined whether the data in question were in compliance with the good risk/bad risk distribution that was used in observed claim frequencies of automobiles. Optimal bonus-malus systems are created and bonus-malus rates are determined by good risk/bad risk model whose accordance with the data is shown using credibility theory, Bayesian approach and the principle of expected value premium.

**Keywords:** Experince rating, Good Risk/Bad Model Risk, Credibility, Bonus-Malus System, Motor Third Party Liability Insurance

**Jel Codes:** C13; C46; G22

### Giriş

İlk olarak 1930'da İngiltere'de uygulanmaya başlanan ve temel olarak trafikte kazaya karışan bir aracın karşı tarafa vereceği zararı kusuru oranında tazmin eden bir sorumluluk sigortası olan trafik sigortası, tam adıyla Karayolları Zorunlu Mali Sorumluluk Sigortası, Türkiye'de 1953'ten bu yana uygulanmaktadır. Zorunlu trafik sigortasını yaptırmamış araçların trafiğe çıkması kanunen yasak olup, kanun koyucu tarafından yapılan yasal düzenlemeler ve önlemlerle trafik kazaları sonucunda yaşanacak mağduriyetlerin önlenmesi amaçlanmıştır.

Dünyada uygulanmakta olan trafik sigortaları tarifeleri; primlerin ve buna bağlı olarak hasarsızlık indirimi oranlarının ve ceza oranlarının kamu otoritesi tarafından belirlendiği "tamamen devlet kontrollü tarife", primlerin alt ve üst limitlerinin kamu otoritesi tarafından

belirlendiği ve sigorta şirketlerinin bu sınırlar dahilinde prim belirlemesine imkan verildiği “yarı serbest tarife” ve kamu otoritesinin prim değerlerine, indirimlere ve ceza oranlarına mşdahale etmediği, sadece şirketlerin mali yapısını denetleyerek ve yasal dşenlemeler yaparak sektöre yšn verdiği “tam serbest tarife” olarak ř ana başlık altında toplanabilir. Yıllarca ödřl-ceza oranları olarak önceden belirlenmiş indirim ve artırım oranlarının kullanıldığı Třrkiye’de 1 Ocak 2014 tarihi itibariyle trafik sigortasında tam serbest rejime geçilmiş ve sigorta şirketlerine tam serbest tarife rejimi kapsamında primlerini serbestçe belirleme imkanı tanınmıştır. Břylece sřz konusu tarih itibariyle şirketler yedi basamaklı ödřl-ceza sistemini kullanmaya devam ederek basamaklara ait indirim ve artırım oranlarını serbestçe belirleme imkanını elde etmişlerdir.

Trafik sigortaları primlerinin belirlenmesinde ödşl-ceza (bonus-malus) uygulaması çok önemli bir etkiye sahiptir. Dşnyanın çeşitli şlkelerinde “ödşl-ceza sistemi”, “hasarsızlık indirimi”, “liyakat fiyatlandırması” ve “deneyim fiyatlandırması” adlarıyla anılan bu sistemler genel olarak, sigortalıların yaptıkları hasar talebi sayısına göre bir sonraki yıl sigorta primine indirim veya zam yapılmasını öngörür. Sigortalı içinde bulunduğu yıl bir hasar talebinde bulunmazsa ertesini yıl bir basamak yükselir ve belirli bir indirim oranı (bonus) ile ödşllendirilir. Aksi durumda, sürücü kusurlu olduğu bir kaza sonucunda hasar talebinde bulunursa bir sonraki sene, geçiş kurallarında belirtilen kadar basamak geriler ve belirli bir zam oranı ile (malus) cezalandırılır. Ödşl-ceza sistemlerinin en temel amaçlarından biri, her sigortalının sigorta havuzuna kattığı riski oranında prim ödemesini sağlayarak adaleti temin etmektir. Bşylece az sayıda kaza yapan iyi sürücüler daha az prim, fazla sayıda kaza yapan kötü sürücüler ise daha fazla prim ödeyecek ve uzun vadede kimse bir başkasının mali yükünü yüklenmemiş olacaktır.

Bu çalışmada serbest tarife rejimine geçildikten sonra daha da önem arzeden ödşl-ceza oranlarının nasıl belirlenebileceği konusunda finansal ve bilimsel açıdan güvenilir yeni bir tasarım ortaya konulmaya çalışılmıştır. Tşrkiye’de daha önce uygulanan sistemden farklı olarak, sektörden alınan veriler yardımıyla hasar sayılarının olasılık dağılımını tespit edilmiş, sigortalıların hasar geçmişi bilgileri kullanılarak kredibilite teorisi özelinde Bayesci yaklaşım ile sonsal hasar frekansları bulunmuş ve buna uygun prim değeri belirlenmiştir. Bşylece her şirketin prim ödemesini kendi hasar frekansına göre geekleştirmesinin ve ödşl-ceza sistemi ile verilen indirimlerin ve artırımların birbirlerini karşılayarak sigorta şirketi açısından finansal dengenin kurulmuş olmasının sağlanması amaçlanmıştır.

## **1. Literatşr Taraması**

Dşnyada ödşl-ceza sistemlerine ilişkin çalışmalar 1960’lı yıllardan itibaren yoğunluk kazanırken, Tşrkiye’de bu konuya ilişkin çalışmaların 2000’li yıllardan sonra başladığı görşlmektedir.

Bichsel (1964), çalışmasında her poliçe sahibinin kendi beklenen hasar talebi sayısı oranında prim ödemesi dşşncesinden hareketle beklenen değer prim prensibini oluşturmuştur.

Bşhlmann (1967), deneyim fiyatlandırması ve kredibilite konusunda yaptığı çalışmasında,

dağılım fonksiyonun ortalamasının bireysel riskleri temsil eden rassal değişkenin sonsal ortalamasına eşit alınarak portföydeki risk grupları arasında, herkesin kendi riskine göre prim ödeyeceği bir yapı kurulabileceğini öne sürmüştür.

Corlier, Lemaire ve Muhokolo (1979), Belçikâda uygulanmakta olan ödül-ceza sisteminin denge olmaması ve verilen ödüller (indirim) sebebiyle prim gelirlerinin sürekli düşüş göstermesi nedeniyle hasar sayılarını Negatif Binom (Poisson-Gamma) dağılımı ile modelleyerek 70 yıllık bir simülasyon yapmışlar ve sürücülerin hangi ödül-ceza basamaklarında yer alacaklarını ve böylece ortalama prim gelirini araştırmışlardır.

Dionne ve Vanasse (1989), bütün olası bilgileri tahminlemede kullanabilmek için Poisson ve Negatif Binom modellerine regresyon bileşeni ekleyerek sadece sonsal bilgiye bağlı olarak geliştirilen bir ödül-ceza sisteminin, hem sonsal hem de önsel bilgilerin aynı anda kullanılmasıyla nasıl modifiye edilebileceğini göstermişlerdir.

Tremblay (1992), otomobillere ait kaza sayısı verilerini Poisson-Ters Gauss dağılımını kullanarak modellemiş ve karesel kayıp fonksiyonunu kullanarak, sigortacının riskini minimize edecek şekilde ödül-ceza sistemi oluşturmuştur. Poisson-Ters Gauss modelinin, aynı veri setinin başka bir çalışmada (Leamire,1985) Negatif Binom dağılımı ile modellenerek oluşturulan ödül-ceza sisteminin oranlarına oldukça yakın sonuçlar verdiğini görmüştür.

Walhin ve Paris (1999), yapı fonksiyonu olarak parametrik bir dağılım olan Hofmann dağılımı ile parametrik olmayan bir karma Poisson dağılımı seçerek ödül-ceza sistemleri oluşturmuşlar ve bunları karşılaştırmışlardır. Parametrik olmayan karma Poisson dağılımı ile oluşturulan modelin parametrik dağılımlı modele göre veri setini daha iyi temsil ettiği görülmesine rağmen, parametrik olmayan model ile oluşturulan ödül-ceza sistemindeki primlerin pratikte uygulanamayacak şekilde dalgalı bir seyir izlediği görülmüş ve bu sebeple ödül-ceza tablolarının oluşturulmasında, sürekli fonksiyon olmasının avantajıyla, parametrik dağılımın tercih edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Frangos ve Vrontos (2001), hasar sayısı için Negatif Binom dağılımı, hasar şiddeti için Pareto dağılımı ile sonsal hasar sayısı ve sonsal hasar şiddetini beraber kullanarak optimal bir ödül-ceza sistemi oluşturmuşlardır. Sonrasında, Dionne and Vanasse (1989)'in kurduğu sadece hasar frekansı bileşenine bağlı regresyon modelini geliştirerek, hem hasar frekansı hem de hasar şiddetine bağlı bir genelleştirilmiş optimal ödül-ceza sistemi önermişlerdir.

Morillo ve Bermúdez (2003), karesel kayıp fonksiyonu yerine üstel kayıp fonksiyonu kullanarak Poisson-Ters Gauss dağılımı ile bir ödül-ceza sistemi oluşturmuşlardır. Üstel kayıp fonksiyonunun kullanılması ile ceza oranları ve ödül oranlarında bir azalma oluştuğunu tespit etmişlerdir.

Mert ve Saykan (2005), primlerin sadece hasar frekansı ile belirlendiği klasik ödül-ceza sistemleri ile primlerin hem hasar frekansı hem de hasar şiddeti ile belirlendiği ödül-ceza sistemini karşılaştırmışlardır. Hasar frekansı için Geometrik (Poisson-Üstel) dağılım, hasar şiddeti için Pareto dağılımını kullanarak, karesel kayıp fonksiyonu ve net prim prensibi ile oluşturdukları

sistemler sonucunda sürücülerin ödül-ceza oranlarının hem hasar frekansları hem de toplam hasar şiddetlerine göre belirlenmesinin daha adil olabileceğini öne srmşlerdir.

Durak ve Erdoğan (2010), trafik sigortalarında ödül-ceza sistemi üzerine yaptıkları uygulamada Negatif Binom (Poisson-Gamma) kredibilite modeli ile örnek bir ödül-ceza sistemi oluşturmuşlardır. Önsel fiyatlandırma ve kredibilite primini birbirinden bağımsız ele almışlar, karesel kayıp fonksiyonu ve üstel kayıp fonksiyonu kullanarak iki ayrı prim tablosu oluşturup bunları karşılaştırarak üstel kayıp fonksiyonunun daha az ödül ve ceza oranları oluşturduğunu belirtmişlerdir.

## 2. Ödül-Ceza Sistemi (CS)

Trafik sigortaları primlerinin belirlenmesinde çok önemli bir etkiye sahip olan ve dnyanın çeşitli lkelerinde "dl-ceza sistemi", "hasarsızlık indirimi", "liyakat fiyatlandırması" ve "deneyim fiyatlandırması" adlarıyla anılan ödül-ceza (bonus-malus) uygulaması, genel olarak sigortalıların yaptıkları hasar talebi sayısına göre bir sonraki yıl sigorta primine indirim veya zam yapılmasını öngörür. Sistemi( ardında yatan felsefe, kusurlu olduğu bir kazadan sonra hasar talebinde bulunan sigortalıyı belirli bir zam oranı (prim arttırımı) ile cezalandırmak (malus), hasarsız bir yıl geçiren sigortalıyı ise priminde yapılacak bir indirim oranı (bonus) ile dllendirmektir. Günümüzde Asya ve Avrupa lkelerinde sıklıkla kullanılan dl-Ceza sistemleri Avrupada 1960'ların başlarında ortaya çıkmaya başlamış, Delaporte (1965), Bichel (1964) ve Bhlmann (1964)'in çalışmaları CS'lere ışık tutmuş ve takip eden süreçte ödül-ceza sistemleri Avrupada sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Leamire, 1998, 26)

Sigortacılar dl-Ceza sistemlerini otomobil sigortalarında iki ana amaç için kullanmaktadırlar: (1) Hasarsız geçen bir yıl sonunda indirim vererek sürücüleri daha dikkatli araç kullanmaya teşvik etmek (2) Hasar geçmişi bilgisinden elde edilen bireysel riskleri primlere yansıtarak, her sigortalının, uzun vadede, kendi hasar frekansına göre prim ödemesini sağlamak. CS, hasar geçmişi bilgisini kullanarak risk sınıflarındaki heterojenliği azaltmaktadır. Sigortalılar kendi risk seviyelerine göre prim ödemekte ve bunun bir sonucu olarak da primlerde adalet sağlanmış olmaktadır. (Dionne ve Ghali, 2005, 611)

Ödül-Ceza sistemleri; prim leği, başlangıç basamağı ve geçiş kuralları olmak üzere üç ana unsurdan oluşur. Sistemin işleyiş şekli genel olarak şöyledir: Sigorta yaptırmak isteyen kişi belirli bir başlangıç basamağından sisteme girer. Sürüş hayatı boyunca sigortasını yenilediği her yıl, bir önceki yıldaki hasar talebi sayısına göre geçiş kuralları uygulanır ve yeni ödül-ceza basamağı belirlenir. Eğer sigortalı bir yılı hasarsız geirmişi bir üst indirim basamağına ykseltirilip prim indirimi ile ödüllendirilirken, kusuru bulunan bir kaza sonucunda hasar talebinde bulunmuş sigortalı ise prim artışı ile cezalandırılarak, geçiş kurallarında belirtilen basamağa düşürülür. Prim leği; sigortalının bulunduğu basamaktaki ödül veya ceza oranıdır. Bir başka deyişle, sigortalının geçiş kuralları sonucunda geldiği basamaktaki indirimi veya srprimi gösteren orandır (Frees, 2009, 464)

Ödül-Ceza sistemlerinde, gözlenemeyen ve ölçülemeyen sürücü karakteristiklerinin, hasar şiddetinden çok hasar frekansına etkisi olması nedeniyle çoğunlukla sadece bildirilen hasar talebi sayıları kullanılmaktadır. Hasar talebi derken kastedilen, sürücünün kusuru bulunan bir kaza sonucundaki hasar talebidir. Sürücünün kusurunun bulunmadığı kazalardaki hasar tutarları kazaya karışan diğer sürücü veya sürücülerin sigorta şirketlerinden tahsil edileceği için kusuru bulunmayan sürücünün hasarsızlık indirimini bozmayacaktır. Otomobil sigortalarında çok az tercih edilmekle birlikte, hasar şiddeti baz alınarak oluşturulmuş ödül-ceza sistemleri de mevcuttur. Japonya bu tipte ÖCS kullanan istisnai bir örnek olarak diğer ülkelerden ayrılmaktadır (Kaas ve Diğerleri, 2008, 138)

Türkiye'de 1953 tarihinde yürürlüğe giren 6085 sayılı Karayolları Trafik Kanunu kapsamında sigorta primleri Bakanlar Kurulu kararnamele ile belirlenmiş, ancak kanunda birçok kez değişiklik yapılmasına rağmen uygulamada meydana gelen aksaklıklar ve eksiklikler tam olarak giderilememiştir. Bunun neticesinde, günün şartlarına ve uluslararası antlaşmalara uygun olacak şekilde, 1983 yılında 2918 sayılı yeni bir Karayolları Trafik Kanunu düzenlenerek yürürlüğe girmiş ve yeni kanunda da sigorta tarifelerinin belirlenmesi devlet kontrolünde kalmaya devam etmiştir. (<http://www.arem.gov.tr>, Türkiye'de Trafik Mevzuatının Gelişimi, 13.05.2015, s.25) Son olarak, Türkiye'de Trafik Sigortası'nda 1 Ocak 2014 tarihi itibarıyla serbest tarife uygulamasına geçilerek, sigorta şirketlerine mevcut basamak sistemini kullanmaya devam ederek hasarsızlık sebebiyle prim indirim oranlarını ve hasar sebebiyle prim artırımı oranlarını serbestçe belirleyebilme imkânı tanınmıştır. (<http://www.resmigazete.gov.tr>, Sayı: 28682, 19 Haziran 2013)

### **3. İyi Risk/Kötü Risk Modeli ile Ödül Ceza Sistemi Uygulaması**

Aşağıda çalışmada kullanılan ham veri setinin kullanılacak modele uygunluğu test edilerek parametre tahminleri yapılmış ve iyi risk/kötü risk modeli oluşturularak ödül-ceza katsayıları hesaplanmıştır. Analizde Microsoft Excel (2010) programı kullanılmıştır.

#### **3.1 Veri Seti ve Yapısı**

Araştırmanın veri seti, Türkiye'de faaliyet gösteren büyük ölçekli bir sigorta şirketine ait ve Karayolları Zorunlu Mali Sorumluluk Sigortası kapsamında sigortalanan otomobiller için düzenlenmiş 60.000 poliçeden oluşmakta ve aracın kullanım tipi (özel/tüzel) ile her poliçenin bir yıl içerisinde bildirdiği hasar talebi sayısını içermektedir. Ödül-ceza sistemlerinin basamaklı yapısı ve geçiş kuralları gereği her poliçenin bir yıllık hasar talebi sayısı incelenmiş ve bir yılını doldurmadan, bir başka deyişle, poliçe vadesi bitmeden sigortalı veya sigortacı tarafından iptal edilen poliçeler veri setine alınmamıştır. Bunun yanında, ülkeler arasında seyahat eden sigortalıların seyahat ettikleri ülkelerde neden oldukları kazalara teminat veren yeşil kart poliçeleri de araştırma kapsamına dahil edilmemiştir. Her müşterinin yıl içinde farklı zamanlarda poliçe yaptırabileceği gerçeğinden hareketle ve çalışmanın da bir yılını dolduran poliçeler üzerinden yapılması gerektiğinden poliçeler için başlangıç tarihi aralığı belirlenmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu nedenle, başlangıç tarihleri (01.01.2013 - 31.12.2013) tarihleri arasında olan ve bir yıl boyunca yaşayan poliçeler kullanılmıştır.

Veri seti incelendiğinde özel otomobil sayısının 51.093, tüz el otomobil sayısının ise 8.961 olduğu görülmüştür. Portföyün yaklaşık olarak %85'i özel otomobillerden oluşurken %15'i ise tüz el otomobillerden oluşmaktadır. Gerek portföydeki ağırlığı, gerekse tüz el otomobillerin kullanım şekli ve sıklığına bağılı olarak hasar frekansının özel otomobillerin hasar frekansının yaklaşık iki katı olması nedeniyle çalışmanın sadece özel otomobiller üzerinden yapılmasının daha uygun olacağı düşünölmüştür. Özel otomobiller için düzenlenmiş 51.093 trafik sigortası poliçesinin bir yıl süresince gözlenen hasar sayıları Tablo 1'de özetlenmiştir.

**Tablo 1. Gözlenen Hasar Frekansları**

Hasar Talebi Sayısı ( $k$ )	Gözlenen Frekanslar ( $n_k$ )
0	47.837
1	2.908
2	262
3	28
4	4
>4	0
Toplam	51.039

Tablo 1'de hasar sayıları  $k$  ile bu hasar sayılarına ilişkin frekans değerleri ise  $n_k$  ile gösterilmiştir. Tablodan anlaşılacağı üzere, bir yıl boyunca hiç hasar talebinde bulunmamış poliçe sayısı 47.837, bir kez hasar talebinde bulunan poliçe sayısı 2.908, iki kez hasar talebinde bulunan poliçe sayısı 262, 3 kez hasar talebinde bulunan poliçe sayısı 28, dört kez hasar talebinde bulunan poliçe sayısı 4 iken dörtten daha fazla hasar talebinde bulunulmamıştır.

Özel otomobillere ait bir yıl içindeki gerçekleşen hasar talebi sayılarının ortalaması  $\bar{x} = 0,0692$  ve varyansı  $s^2 = 0,0789$  olarak hesaplanmıştır.

### 3.2 Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada, deneyim fiyatlandırması penceresinden bakılarak ve kredibilite teorisinden yararlanılarak Türkiye'de uygulanan zorunlu trafik sigortalarına ait optimal ödöl-ceza prim oranlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Türkiye'de 1 Ocak 2014 tarihi itibariyle geçilen serbest tarife rejimiyle birlikte ödöl-ceza sistemlerinde uygulanacak indirim (ödöl) ve artırım (ceza) oranları sigorta şirketleri tarafından serbestçe belirlenebilmekte, bunun yanında aynı basamakta olan kişilere farklı indirim veya artırım oranlarının uygulanmasının önünde yasal bir engel bulunmaması sebebiyle ödöl-ceza sisteminin basamak yapısının getirdiği olumsuzluk da ortadan kalkmaktadır. Artık önceden belirlenmiş, sabit ödöl-ceza oranları olmadığına göre sigortalılara yaptıkları hasar talebi sayısına göre efektif, optimal ve hem sigortalı hem de sigortacı açısından

finansal olarak adil bir ödül-ceza sistemi kullanılması ihtiyacı doğmuştur. Bu çalışmada söz konusu ihtiyaca çözüm olabilecek nitelikte eski sistemden farklı bir yaklaşım sunulması amaçlanmıştır.

### 3.3 Veri Setinin İyi Risk / Kötü Risk Dağılımına Uygunluğu

Çalışmada kullanılan veri setinin İyi Risk/Kötü Risk dağılımına uygunluğu Ki-Kare uygunluk testi ile araştırılmış, parametreleri tahmin edilmiş ve literatürde sıklıkla tercih edilen İyi Risk/Kötü Risk modeli kullanılarak kredibilite yöntemi ile ödül-ceza sistemi oluşturulmuştur.

#### 3.3.1 İyi Risk / Kötü Risk Dağılımı

Bir karma Poisson dağılımı olan İyi Risk / Kötü Risk Modeli, otomobil kaza sayılarının modellenmesinde sıklıkla tercih edilmektedir. İyi risk/kötü risk modelinde sigortalılar, “iyi risk” ve “kötü risk”e sahip sürücüler olarak iki ayrı grup altında incelenmekte ve her grubun kendi  $\lambda$  parametresiyle kendi Poisson dağılımına sahip olduğu varsayılmaktadır. (Klugman ve Diğerleri, 2012, 109)

Yapı fonksiyonu  $u(\lambda)$ 'nin  $a_1$  olasılıkla, hasar talebi frekansı parametresi  $\lambda_1$  olan “iyi sürücüler” ve  $a_2$  olasılıkla, hasar talebi frekansı parametresi  $\lambda_2$  olan “kötü sürücüler” ürettiği kabul edilirse, rastgele seçilmiş bir sürücünün hasar talebi sayısının iki-noktalı dağılımla karma Poisson dağılıma uyduğu söylenebilir. (Kaas ve Diğerleri, 2008, 223)

İyi risk / kötü risk dağılımının olasılık fonksiyonu;

$$p_k = a_1 \frac{e^{-\lambda_1} \lambda_1^k}{k!} + a_2 \frac{e^{-\lambda_2} \lambda_2^k}{k!} \quad a_1, a_2, \lambda_1, \lambda_2 > 0, \quad a_1 + a_2 = 1 \quad (3.1)$$

ortalaması,

$$m = a_1 \lambda_1 + a_2 \lambda_2 \quad (3.2)$$

varyansı,

$$\sigma^2 = \alpha_2 - m^2, \quad \alpha_2 = a_1 \lambda_1^2 + a_1 \lambda_1 + a_2 \lambda_2^2 + a_2 \lambda_2 \quad (3.3)$$

biçiminde ifade edilmektedir. (Lemaire, 1985, 125)

İyi risk kötü risk modeli üç parametrelidir. Dağılımın parametreleri  $\hat{a}_1, \hat{\lambda}_1, \hat{\lambda}_2$ 'nin moment tahmin edicileri;



$$\hat{a}_1 = \frac{a - \hat{\lambda}_2}{\hat{\lambda}_1 - \hat{\lambda}_2}, \quad \hat{\lambda}_1 = \frac{S - \sqrt{S^2 - 4P}}{2}, \quad \hat{\lambda}_2 = \frac{S + \sqrt{S^2 - 4P}}{2} \quad (3.4)$$

şeklinde iken,

$$S = \frac{c - ab}{b - a^2}, \quad P = \frac{ac - b^2}{b - a^2} \quad (3.5)$$

olarak verilmektedir.  $\alpha_2^*$  ve  $\alpha_3^*$  gözlenen dağılımin sırasıyla sıfıra göre ikinci ve üçüncü momentlerini,  $\bar{X}$  ise gözlenen dağılımin ortalamasını göstermek üzere;

$$a = \bar{x}, \quad b = \alpha_2^* - \bar{x}, \quad c = \alpha_3^* - 3\alpha_2^* + 2\bar{x} \quad (3.6)$$

şeklinde ifade edilmektedir. (Leamire, 1995, 39)

İyi risk / kötü risk modeline ilişkin olarak, gerçek hayatta, “iyi sürücüler” ve “kötü sürücüler” den daha fazla tipte sürücünün var olduğu düşünülebilir. Fakat bu model, hali hazırdaki otomobil kaza verilerine uygulandığında pratikte ekseriyetle olumlu sonuç vermektedir. (Kaas ve Diğerleri, 2008, 223)

### 3.3.2 İyi Risk / Kötü Risk Dağılımına Uygunluk

(3.6) da verilen eşitliklerden yararlanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda iyi risk/kötü risk modelinin parametreleri;  $\hat{a}_1 = 0,9140$  ,  $\hat{a}_2 = 1 - \hat{a}_1 = 0,0860$  ,  $\hat{\lambda}_1 = 0,0390$  ,  $\hat{\lambda}_2 = 0,3904$  olarak elde edilmiştir. Bu parametreler bize portföyün % 91,40'ının % 3,9 hasar frekansına sahip “iyi risk”lerden, % 8,60'ının ise % 39,04 hasar frekansına sahip “kötü risk”lerden oluştuğunu göstermektedir.

İyi risk/kötü risk modelinin olasılık değerleri eşitlik (3.1) den yararlanılarak hesaplanmış ve bulunan olasılık değerleri gözlem sayısı olan  $n$  ile çarpılarak modele ilişkin beklenen frekanslar elde edilmiştir. İyi risk/kötü risk modeline ilişkin gözlenen ve beklenen frekanslar aşağıda Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Gözlenen ve Beklenen Frekanslar

$k$	$nk$	$n P_k$
0	47.837	47.836,9
1	2.908	2.908,5
2	262	260,5
3	28	29,9
4	4	2,9
>4	0	0,2
Toplam	51.039	51.093,0

Tablo 2’den görüleceği üzere, iyi risk/kötü risk modeli sonucunda elde edilen beklenen frekanslar gözlenen frekanslara oldukça yakın çıkmıştır. Veri setinin iyi risk/kötü risk modeline uygunluğunu test etmek için ki-kare uyum iyiliği testi kullanılmıştır.

Çalışma hipotezleri;

$H_o$  = Örneğin seçildiği anakütle dağılımı iyi risk/kötü risk dağılımına uygundur.

$H_s$  = Örneğin seçildiği anakütle dağılımı iyi risk/kötü risk dağılımına uygun değildir.

şeklinde oluşturulmuştur.

Hesaplamalar neticesinde, gözlenen frekans değerleri 5’ten küçük olan gözeler birleştirilmiş ve  $\chi^2$  hesap değeri 0,04 olarak bulunmuştur.  $\chi^2_{hesap} = 0,04 < \chi^2_{1;0,05} = 3,84$  olduğundan  $H_o$  hipotezi red edilememektedir. Ki-kare uyum iyiliği testi sonucuna göre, %95 güvenle örneğin seçildiği anakütle dağılımının iyi risk/kötü risk modeline uygun olduğu söylenebilir.

### 3.4 Optimal Ödül-Ceza Sisteminin Oluşturulması

Çalışmanın bu bölümünde veri setine uygunluğu ispatlanan iyi risk/kötü risk modeli üzerinden kredibilite yöntemi ile deneyim fiyatlandırması yapılarak ödül-ceza sistemi oluşturulmuştur. Prim prensibi olarak ise sigorta şirketlerinin sıklıkla kullandığı prim hesaplama yöntemlerinden biri olan ve sigortalının net priminin üstüne net primiyle orantılı bir güvenlik yüklemesi yapılmasını öngören “beklenen değer prim hesaplama prensibinden” yararlanılmıştır. Hesaplamalar süre olarak on yıl ( $t = 10$ ), kaza sayısı olarak da altı ( $k = 6$ ) ile sınırlandırılmıştır. Doğal olarak, bir sigortalının on yıldan uzun süre kaza yapmama ihtimali olduğu gibi on yıl içinde altıdan fazla kaza yapma olasılığı da vardır. Fakat hesaplamaların bir noktada bitirilmesi gerektiğinden çalışmaya bu sınırlar çerçevesinde devam edilmiştir.

Daha önce, portföydeki sigortalıları “iyi risk” ve “kötü risk” olarak ikiye ayıran iyi risk/kötü risk modelinin veri setine uygunluğu gösterilmiş ve parametre tahminleri  $\hat{a}_1 = 0,9140$ ,  $\hat{a}_2 = 0,0860$ ,  $\hat{\lambda}_1 = 0,0390$  ve  $\hat{\lambda}_2 = 0,3904$  olarak bulunmuştu.  $\hat{a}_1$  portföydeki iyi riske sahip sigortalıları,  $\hat{a}_2 = 1 - \hat{a}_1$  portföydeki kötü riske sahip sigortalıları,  $\hat{\lambda}_1$  iyi risk olarak nitelendirilen sigortalıların hasar frekansını,  $\hat{\lambda}_2$  ise kötü risk olarak nitelendirilen sigortalıların hasar

frekansını gstermek üzere, portföyün %91,40'ı iyi riske sahip, hasar frekansı  $\hat{\lambda}_1 = 0,0390$  olan sürücülerden oluşurken, portföyün %8,60'ı kötü riske sahip ve hasar frekansları  $\hat{\lambda}_2 = 0,3904$  olan sürücülerden oluşmaktadır.

Hasar talebi geçmişi  $(k_1, \dots, k_t)$  olan bir sigortalı olduğunu varsayalım. Bu sigortalının “iyi risk” e sahip bir sürücü olduğunu düşündüğümüzde bu sigortalının sonsal olasılığı  $a_1(k_1, \dots, k_t)$ , İyi riske sahip sürücüler “İR”, kötü riske sahip sürücüler “KR” ile gösterilmek üzere Bayes teoremi aracılığı ile aşağıdaki gibi gösterilir. (Leamire, 1995, 171)

$$a_1(k_1, \dots, k_t) = P[\dot{I}R | k_1, \dots, k_t]$$

$$= \frac{P[k_1, \dots, k_t | \dot{I}R] \cdot P[\dot{I}R]}{P[k_1, \dots, k_t | \dot{I}R] \cdot P[\dot{I}R] + P[k_1, \dots, k_t | KR] \cdot P[KR]} \quad (3.7)$$

$$a_1(k_1, \dots, k_t) = P[\dot{I}R | k_1, \dots, k_t] = \frac{1}{1 + \frac{(1-a_1)}{a_1} \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^k e^{-t(\lambda_2-\lambda_1)}}$$

Bu sonsal olasılığın hasar talebi sayısı  $k$ 'ya ve  $t$  zamana bağılı bir fonksiyon olarak gelişimi Tablo 3'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Sonsal (Posterior) Olasılıklar

Yıllar (t)	Hasar Talebi Sayısı (k)						
	0	1	2	3	4	5	6
0	0,9140						
1	0,9379	0,6012	0,1308	0,0148	0,0015	0,0001	0,00001
2	0,9555	0,6817	0,1762	0,0209	0,0021	0,0002	0,00002
3	0,9682	0,7527	0,2331	0,0294	0,0030	0,0003	0,00003
4	0,9774	0,8122	0,3016	0,0413	0,0043	0,0004	0,00004
5	0,9840	0,8601	0,3803	0,0577	0,0061	0,0006	0,0001
6	0,9887	0,8973	0,4659	0,0801	0,0086	0,0009	0,0001
7	0,9920	0,9255	0,5535	0,1101	0,0122	0,0012	0,0001
8	0,9944	0,9464	0,6379	0,1495	0,0172	0,0017	0,0002
9	0,9960	0,9616	0,7145	0,1999	0,0243	0,0025	0,0002
10	0,9972	0,9727	0,7806	0,2620	0,0342	0,0035	0,0004

Tablo 3'den görüleceği üzere,  $t = 0$  ve  $k = 0$  anındaki sonsal olasılık  $\hat{a}_1 = 0,9140$  olarak alınmıştır. Bayes teoreminin doğal bir sonucu olarak, sigortalının hasar talebinde bulunmadığı bilinirken bir sonraki yıl hasar talebinde bulunma olasılığı düşmekte, bir başka deyişle iyi riske sahip sigortalı olma olasılığı artmaktadır. Sigortalı hasar talebinde bulunduğu anda ise, hasar talebinde bulunduğu biliniyorken bir sonraki yıl hasar talebinde bulunma olasılığı artmakta, başka bir ifade ile iyi riske sahip sigortalı olma olasılığı azalmaktadır. Tablo 3'deki olasılık değerleri incelendiğinde bu durum kolaylıkla görülebilmektedir. 10 yıl boyunca hiç hasar talebinde bulunmayan bir sigortalının iyi riske sahip bir sürücü olma olasılığı 0,9140'den 0,9972'ye çıkmaktadır. Tersi durumda ise, bir yıl içinde 6 kez hasar talebinde bulunan bir sigortalının iyi riske sahip bir sürücü olma olasılığı 0,00001 gibi çok küçük bir değere gerilemektedir. Başka bir açıdan bakarsak, sistem bu sürücüyü artık iyi riske sahip sürücü olarak değil kötü riske sahip bir sürücü olarak değerlendirmektedir.

İyi riske sahip olma olasılığı ile kötü riske sahip olma olasılığı toplamının 1'e eşit olması gerektiği göz önünde bulundurulduğunda, bir sigortalının iyi riske sahip olma olasılığı ne kadar fazla ise kötü riske sahip olma olasılığı o kadar az, iyi riske sahip olma olasılığı ne kadar az ise kötü riske sahip olma olasılığı o kadar fazladır denilebilir.

Sigortalı kaç tane hasar talebinde bulunursa bulunsun iyi riske sahip olan bir sürücü olma sonsal olasılığı 0'a yakınsamakta fakat hiçbir zaman "0" olmamaktadır.  $t$  yılda  $k$  adet hasar talebinde bulunmuş bir sigortalının ödeyeceği prim;

$$P_{t+1}(k_1, \dots, k_t) = (1 + \alpha) \left[ a_1(k_1, \dots, k_t) \lambda_1 + (1 - a_1(k_1, \dots, k_t)) \lambda_2 \right] \quad (3.8)$$

eşitliği ile bulunacaktır.

$t$  inci yıla kadar olan hasar bilgisi ışığında  $t + 1$  inci yılda alınacak primin değerini veren formül (3.8) incelendiğinde, sigortalının iyi riske sahip olma olasılığı  $a_1(k_1, \dots, k_t)$  iyi riske sahip sürücülerin hasar frekansı tahmini olan  $\lambda_1$  ile çarpılmakta iken, sigortalının kötü riske sahip olma olasılığı  $(1 - a_1(k_1, \dots, k_t))$  kötü sürücülerin hasar frekansı tahmini olan  $\lambda_2$  ile çarpılmakta ve elde edilen değerler toplanmaktadır. Denklemdaki  $(1 + \alpha)$  ifadesi yüklem çarpanını göstermekte olup sigorta şirketi tarafından serbestçe belirlenebileceğinden hesaplamalara dahil edilmesine gerek duyulmamıştır.  $t = 0$  ve  $k = 0$  anındaki prim değerini 100 olacak şekilde ölçeklendirdikten sonra,  $t$  yılda  $k$  adet hasar talebinde bulunmuş bir sigortalının ödeyeceği prim Tablo 4'deki gibi olacaktır.

**Tablo 4.** İyi Risk/Kötü Risk Modeli Ödül-Ceza Sistemi Prim Oranları

Yıllar (t)	Hasar Talebi Sayısı (k)						
	0	1	2	3	4	5	6
0	100,00						
1	87,86	258,86	497,73	556,64	563,39	564,08	564,15
2	78,93	217,94	474,69	553,54	563,07	564,05	564,14
3	72,44	181,89	445,80	549,20	562,62	564,00	564,14
4	67,77	151,67	410,99	543,17	561,98	563,94	564,13
5	64,43	127,37	371,02	534,84	561,07	563,84	564,12
6	62,05	108,47	327,58	523,48	559,78	563,71	564,11
7	60,37	94,17	283,09	508,24	557,96	563,53	564,09
8	59,17	83,56	240,23	488,21	555,39	563,27	564,06
9	58,33	75,79	201,29	462,63	551,79	562,89	564,03
10	57,74	70,18	167,76	431,08	546,77	562,36	563,97

Hasarsız geçen birkaç yılın sonunda ödül-ceza sistemi sigortalının “iyi risk” olduğuna karar vermekte ve  $\bar{x} = 0,0692$  ,  $\hat{\lambda}_1 = 0,0390$  ve  $\hat{\lambda}_2 = 0,3904$  olmak üzere, primi  $(100 \times 0,0390) \div 0,0692 = 56,35$ ’e yaklaşmaktadır. Sigortalının yapacağı birkaç hasar talebinden sonra ise ödül-ceza sistemi sürücünün “kötü risk” olduğuna karar vermekte ve primi  $(100 \times 0,3904) \div 0,0692 = 564,16$ ’ye yaklaşmaktadır. Kötü risk kategorisine giren bir sürücünün ödül-ceza sistemi tarafından tekrar iyi riske sahip bir sürücü olarak değerlendirilebilmesi için uzun yıllar geçmesi gerekmektedir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Farklı basamak ve indirim oranları ile ülkeden ülkeye farklılıklar gösteren ödül-ceza sistemleri, bir yılı hasarsız geçiren sigortalıları bir sonraki yıl prim indirimi ile ödüllendiren (bonus), yıl içinde hasar talebinde bulunan sigortalıları ise bir sonraki yıl prim artırımını (malus) ile cezalandıran bir deneyim fiyatlandırması yöntemidir. Ödül-ceza (bonus-malus) sistemleri, sürücülerini daha dikkatli araç kullanmaya teşvik etmesinin yanında, sürücülerin hasar geçmişi bilgisinden elde edilen bireysel riskleri primlere yansıtarak uzun vadede herkesin kendi hasar frekansına göre prim ödemesini sağlar. Bunun yanında, deneyim fiyatlandırması ile yapılacak bir sonsal fiyatlandırma, önsel fiyatlandırma ile oluşan eksiklikleri gidererek primlere düzeltici bir etki yapar.

Türkiye’de uygulanan ödül-ceza sisteminde zorunlu trafik sigortasına ilişkin değişikliklere bağlı olarak yıllar itibariyle bir takım düzenlemeler olmuş, 2004 yılında yürürlüğe giren Karayolları Motorlu Araçlar Zorunlu Mali Sorumluluk Sigortası Tarife ve Talimatı’nın “Hasarsızlık İndirimi ve Prim Artırımını Oranları” maddesi uyarınca ödül-ceza oranları yedi basamak olarak belirlenmiştir.

Yine sonraki yıllarda sistemde yarı serbestlik sağlayacak bir takım değişiklikler yapılmış ve nihayetinde 1 Ocak 2014 tarihi itibariyle tam serbestliğe geçilerek sigorta şirketlerine primleri istedikleri gibi belirleme imkanı verilmiştir. Bu tarihten itibaren mevcut basamak sistemini kullanarak indirim ve artırım oranlarını serbestçe belirleyen sigorta şirketleri açısından, sektörde yaşanan yoğun rekabet de göz önünde bulundurulduğunda doğru fiyatlandırmanın yapılabilmesi için müşteri profili ve sürücülerin hasar geçmişi bilgisi büyük önem kazanmıştır.

Bu nedenle bu çalışmada, Karayolları Motorlu Taşıtlar Zorunlu Mali Sorumluluk Sigortası'nda serbest tarife geçilmesiyle birlikte sigorta şirketleri tarafından serbestçe belirlenip uygulanabilecek ödül ve ceza (bonus-malus) oranlarına dair bir değerlendirme yapılarak optimal ödül-ceza sistemi oluşturulmaya çalışılmıştır. Araştırmada Türkiye'de faaliyet gösteren bir sigorta şirketinden alınan, (01.01.2013-31.12.2013) aralığında başlayan ve bir yıl boyunca yaşayan otomobillere ait zorunlu trafik sigortası poliçe hasar verileri kullanılmıştır. Veri setinin yapısı incelenerek tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmış, portföydeki risklerin heterojenliğini temsil etmesi için karma Poisson dağılımlarına yönelinmiş ve literatürde sıklıkla kullanılan İyi Risk/Kötü Risk dağılımının veri setine uygunluğu araştırılmış ve yapılan ki-kare uygunluk testi sonucunda söz konusu dağılımın veri setine uygun olduğu görülmüştür.

İyi Risk/Kötü Risk dağılımının veri setine uygunluğu gösterildikten sonra, ödül-ceza prim oranlarının oluşturulmasında kredibilite teorisi ve Bayesci yaklaşım kullanılarak etkili ve adil bir deneyim fiyatlandırması yapılmaya çalışılmıştır. Kredibilite primleri oluşturulurken literatürde sıklıkla tercih edilen beklenen değer prim prensibi kullanılarak, iyi risk/kötü risk dağılımı ile optimal ödül-ceza sistemi oluşturularak ödül-ceza sistemi prim oranları hesaplanmıştır.

Ulaşılan sonuçlar, serbest tarife geçilmeden önce uygulamada olan ödül ve ceza oranlarına göre oldukça farklı çıkmıştır. Eski sistemden farklı olarak, bu çalışmada oluşturulan sistemlerde hasar talebinde bulunan bir sigortalı bu hasar talebinin neden olduğu ceza primlerine uzun yıllar katlanmak durumunda kalmaktadır. Yeni oluşturulan sistemlerin Bayesci yaklaşım ekseninde optimal olduğu ve finansal açıdan dengede olduğu düşünüldüğünde sigortacı açısından oldukça olumlu olduğu söylenebilir. Çünkü, her sigortalı geçmişte yaptığı hasar talebi sayısına göre prim ödeyeceğinden sigortacının az kaza yapan sigortalılara vereceği indirimler (bonus) ile fazla kaza yapan sürücülerden alacağı sürprimler (malus) birbirini dengeleyecektir. Önceki sistemlerde basamak sisteminin ve önceden belirli ödül-ceza oranlarının getirdiği dezavantajlar neticesinde sigortalılar sistemin ödül bölgesinde birikebiliyor ve bu durum sigorta şirketlerinin daha az prim toplayarak ödemeleri gerekenden daha fazla hasar ödemesi yapmalarına sebep olabiliyordu. Yeni oluşturulan sistemlerde bu ortadan kaldırılmaya çalışılmış ve ayrıca her sigortalının uzun vadede kendi hasar frekansına göre prim ödemesi sağlanarak adalet sağlanmaya çalışılmıştır.

İyi Risk/Kötü Risk modeli ödül ceza sistemi ile elde edilen ödül ve ceza oranları eski sisteme göre genel olarak yüksek olarak değerlendirilebilir. Bu durumu değiştirmek ve ticari açıdan daha uygulanabilir kılmak için, hasar talebi sayılarını modellerken çalışmada kullanılan dağılımdan farklı olasılık dağılımlarından yararlanılabilir. Bunun yanında, farklı kayıp fonksiyonları ve prim prensipleri kullanılarak elde edilen sonuçlar tartışılabilir.

## Kaynakça

- BICHSEL, Fritz. "Erfahrungs-Tarifierung in der Motorfahrzeughaftpflicht-Versicherung", **Mitteilungen der Vereinigung Schweizerischer Versicherungsmathematiker**, 64, 1964, pp.119-129.
- BUHLMANN, Hans. "Experience Rating and Credibility", *ASTIN Bulletin*, Volume 4, Issue 03, July 1967, pp.199-207.
- CORLIER, Freddy, Jean LEMAIRE ve Dunia MUHOKOLO. "Simulation of an automobile portfolio", *Geneva Papers on Risk and Insurance*, 1979, pp.40-46.
- DIONNE, Georges ve Olfa GHALI. "The (1992) Bonus-Malus System In Tunisia: An Empirical Evaluation", *The Journal of Risk and Insurance*, Vol.72, No.4, 2005, pp.609-633.
- DURAK, N. Tuba ve Koray ERDOĞAN. "Trafik Sigortaları'nda dl-Ceza Sistemi zerine Bir Uygulama", *Reasrr*, Ekim 2010, s.4-13.
- FRANGOS, Nicholas E. ve Spyridon D. VRONTOS. "Design of optimal bonus-malus systems with a frequency and a severity component on an individual basis in automobile insurance", *ASTIN Bulletin*, Vol.31, No.1, 2001, pp.1-22.
- FREES, Edward W., *Regression Modeling with Actuarial and Financial Applications*, New York: Cambridge University Press, 2009.
- KAAS, Rob, Marc Goovaerts, Jan Dhaene ve Michel Denuit. "Modern Actuarial Risk Theory: Using R" 2nd. Edition, Berlin: Springer Science & Business Media, 2008.
- KLUGMAN, Stuart A., Harry H. PANJER ve Gordon E. WILLMOT. "Loss Models: From Data Decisions", 4th. Edition, New Jersey: John Wiley & Sons Ltd, 2012.
- LEMAIRE, Jean. "Bonus-Malus Systems: The European And Asian Approach To Merit-Rating", *North American Actuarial Journal*, Vol.2, No.1, 1998, pp.26-38.
- LEMAIRE, Jean. "Automobile Insurance: Actuarial Models", Boston: Kluwer Academic Publisher, 1985.
- LEMAIRE, Jean. "Bonus-Malus Sytems In Automobile Insurance", 1.Baskı, Boston: Kluwer Academic Publisher, 1995.
- MERT, Mehmet ve Yasemin SAYKAN. "On A Bonus-Malus System Where The Claim Frequency Distribution Is Geometric And The Claim Severity Distribution Is Pareto", *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, Volume 34, 2005.
- MORILLO, Isabel ve Lluıs BERMÚDEZ. "Bonus-malus system using an exponential loss function with an Inverse Gaussian distribution", *Insurance: Mathematics and Economics* 33, 2003, pp.49-57.
- WALHIN, Jean-François ve José Paris, "Using Mixed Poisson Processes in Connection with Bonus-Malus Systems", *ASTIN Bulletin*, Volume 29, Issue 01, May 1999, pp.81-99.

## İnternet Kaynakları

<http://www.resmigazete.gov.tr> , Sayı: 28682, 19 Haziran 2013

[http://www.arem.gov.tr/ortak\\_icerik/arem/Projeler/Arastirma\\_raporlari/trafik/B2.pdf](http://www.arem.gov.tr/ortak_icerik/arem/Projeler/Arastirma_raporlari/trafik/B2.pdf) , (13.05.2015), s.25

