

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
BANKACILIK VE SİGORTACILIK ENSTİTÜSÜ
AKTÜERYA ANABİLİM DALI

**KASKO SİGORTALARINDA AKTÜERYAL YAKLAŞIMLAR
İLE FİYATLAMADA BELİRLEYİCİ PARAMETRELERİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVİNÇ ARACI

İSTANBUL, 2019

T.C..
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
BANKACILIK VE SİGORTACILIK ENSTİTÜSÜ
AKTÜERYA ANABİLİM DALI

**KASKO SİGORTALARINDA AKTÜERYAL YAKLAŞIMLAR
İLE FİYATLAMADA BELİRLEYİCİ PARAMETRELERİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVİNÇ ARACI

Danışman: DOÇ. DR. SEHER ARIKAN TEZERGİL

İSTANBUL, 2019



T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü Müdürlüğü



Sfir Alk Proje Crtığı

Aşağıda belirtilen lisansüstü tez, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği hükümlerinde belirtilen esaslar çerçevesinde jüri önünde savunulmuş ve jüri tarafından başarılı bulunmuştur.

TEZ BAŞLIĞI : Kasko Sigortalarında Aktüeryal Yaklaşımlar ile Fiyatlamada Belirleyici Parametrelerin İncelenmesi

TÜRÜ : Yüksek Lisans

TEZİ HAZIRLAYAN : Sevinç ARACI

ANABİLİM DALI : Aktüerya

SAVUNMA TARİHİ : 10.07.2019

JÜRİ ÜYELERİ

GÖREVİ

ADI SOYADI

İmza

Danışman

Doç.Dr.Seher ARIKAN TEZERGİL

Üye

Prof.Dr.Ali KÖSE

Üye

Dr.Öğr.Üyesi Hakan ÖZCAN

ÖZET

Sigortacılık ve Aktüerya bilimlerinde belirsizlik durumunda sigorta primlerini tespit etmek amacıyla matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle çok çeşitli risk hesaplamaları yapılmaktadır.

Aynı türden tehlikeyle karşı karşıya olan kişilerin bir nevi riski paylaşmak için belirli miktarda para ödemesi şeklinde toplanan ve fiyat olarak adlandırılan bu tutarın doğru bir şekilde belirlenmesi sigorta şirketleri için son derece önemlidir. Aksi durumda sigorta şirketi az riskli müşterilerini kaybederek portföyünün yüksek riskli müşterilerden oluşması durumu ile karşı karşıya kalabilmektedir. Bu nedenle doğru bir prim fiyatlama sisteminin oluşturulması sigorta şirketleri için büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada temel amaç doğru bir prim fiyatlama yapabilmek için portföyü oluşturan araçlara ilişkin matematiksel ve istatistiksel temellere dayanan bir model ile risk parametrelerini incelemektir. Bu nedenle araçların risk parametrelerini dikkate alan bir model elde etmek ve bu parametreleri incelemek için Genelleştirilmiş Lineer Modeller kullanılmıştır.

ABSTRACT

Insurance and Actuarial Science uncertainty in insurance premiums in order to detect a wide range of mathematical and statistical methods of calculations of risk.

In danger of the same sort of people with a certain amount of money to share the risk of the payment of this amount is collected in the form of prices called determination correctly is extremely important to insurance companies. Otherwise the insurance company for a short time, losing their portfolio of high-risk customers from the customers is faced with the situation occur. Therefore the creation of a true premium pricing system for insurance companies.

In this study the main focus to be able to make a true premium pricing portfolio based on mathematical and statistical base for forming tools with a model to examine the parameters of risk. Therefore, taking into account the parameters of the risk of vehicles to achieve a model that has been used Generalized Linear Models to examine the parameters.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
TABLOLAR LİSTESİ	v
GRAFİKLER LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
GİRİŞ	1

I. BÖLÜM

KASKO SİGORTALARI ve PRİM KAVRAMI

1.1. Kasko Sigortası Tanımı.....	3
1.2. Kasko Sigortası Tarifesi.....	5
1.3. Kasko Sigortalarında Taraflar ve Yükümlülükleri	8
1.4. Türkiye Sigorta sektöründe Kasko Sigortalarının Genel Değerlendirilmesi	10
1.4.1. Kasko Sigortalarında Teknik Kar-Zarar	10
1.4.2. Kasko Sigortalarında Hasar / Prim Oranları	11
1.4.3. Kasko Sigortalarında Muallak ve Ödenen Hasar Oranları.....	13
1.4.4. Kasko Sigortalarında Prim Üretimleri ve Pazar Payları	14

II. BÖLÜM

GENELLEŞTİRİLMİŞ LİNEER MODELLEME (GLM)

2.1. Genelleştirilmiş Lineer Modellerin Yapısı	15
2.2. Genelleştirilmiş Lineer Modellerin Bileşenleri	16
2.3. Lineer Modeller	17
2.4. Üstel Dağılım Ailesi	20
2.5. Modellemenin Önemi ve Basamakları.....	23

2.6. Model Parametrelerinin Tahmini	23
2.6.1. En Çok Olabilirlik Parametre Tahmini	24
2.6.2. Newton Raphson Yöntemi	25
2.6.3. Fisher-Scoring Algoritması	26
2.7. Hipotez Testleri	27
2.7.1. Wald Testi	27
2.7.2. Likelihood Oran Testi	28
2.7.3. Pearson Ki-Kare Testi	28
2.8. Bilgi Kriterleri	29
2.8.1. Akaike Bilgi kriteri (AIC)	29
2.8.2. Schwarz (Bayesyen) Bilgi Kriteri (BIC)	29
2.9. Artıklar (Residuals)	30
2.9.1. Pearson Artıkları	30
2.9.2. Anscombe Artıkları	30
2.9.3. Sapma (Deviance) Artıkları	31
2.10. Güven Aralıkları	31
2.11. Özel Genelleştirilmiş Lineer Modeller	32
2.11.1. Doğrusal Regresyon Modeli	32
2.11.2. Gamma Regresyon Modeli	33
2.11.3. Ters-Gauss (Inverse Gaussian) Regresyon Modeli	34
2.12. Genelleştirilmiş Lineer Karma Modeller	34
2.13. Model Seçimi	36
2.14. Risk Sınıflandırması	38

III. BÖLÜM

FİYATLAMADA GENELLEŞTİRİLMİŞ LİNEER MODELLERİN KULLANILMASI VE BELİRLEYİCİ PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

3.1. Veri Setinde Kullanılan Parametreler ve Korelasyon Analizi Bulguları	40
3.1.1. Yakıt Tipi ve Motor Tipi	42
3.1.2. Silindir Sayısı ve Silindir Tipi	43
3.1.3. Beygir Gücü ile Çekiş Tipi	45

3.1.4. Hasarsızlık Kademesi ile Basamak Değişimi	46
3.1.5. Araç Yaşı ile Yakıt Tipi	49
3.1.6. Araç Sigorta Bedeli ile Araç Sınıfı	50
3.1.7. Araç Hacmi ve Araç Uzunluğu	52
3.1.8. Araç Sınıfı ile Çekiş Tipi	54
3.1.9. Plaka İl ve Mernis İl	56
3.1.10. Lüks Model ve Marka Model	57
3.2. GLM Analizi ile Parametrelerin Modelde Anlamlılığının Değerlendirilmesi	59
3.2.1. Yakıt Tipi Parametresi	60
3.2.2. Silindir Sayısı Parametresi	64
3.2.3. Beygir Gücü Parametresi	67
3.2.4. Hasarsızlık Kademesi Parametresi	71
3.2.5. Araç Yaşı Parametresi	75
3.2.6. Araç Sigorta Bedeli Parametresi	80
3.2.7. Araç Hacmi Parametresi	83
3.2.8. Araç Sınıfı Parametresi	87
3.2.9. Plaka İli Parametresi	90
3.2.10. Marka Model Parametresi	93
3.3. GLM Analiz Sonuçları Ekseninde Belirlenen Parametrelerin Katsayıları ve Tarife Primi Örneği	97
SONUÇ	101
KAYNAKÇA	106

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1:	2017 Yılı Sigorta Şirketleri Kasko-Trafik Branşlarının Konsolide Kar Zarar Hesabı (TL).....	10
Tablo 2:	2012-2017 Yılları Arası Kasko Branşı Hasar-Prim Oranları	11
Tablo 3:	2014-2017 Yılları Arası Kasko Branşı Yazılan Prim/Ödenen Hasar/Muallak Hasar	13
Tablo 4:	2016-2017 Yılları Branşların Toplam Prim Üretimleri ve Pazar Payları.....	14
Tablo 5:	Çoklu Regresyon Modellerinin Gözlemlere ve Hata Terimine Göre Varsayımları	18
Tablo 6:	Üstel Dağılım Ailesi ve Parametreleri.....	21
Tablo 7:	BIC Kriterlerine Göre Model Tercihi Dereceleri	30
Tablo 8:	Veri Setindeki Parametreler.....	40
Tablo 9:	Veri Setindeki Parametrelerin Korelasyon Analizi	41
Tablo 10:	Yakıt Tipi ile Motor Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi	42
Tablo 11:	Yakıt Tipi Alt Kategoriler /Motor Tipi Alt Kategoriler Korelasyon Analizi	42
Tablo 12:	Silindir Sayısı ile Silindir Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi.....	43
Tablo 13:	Silindir Sayısı Alt Kategoriler /Silindir Tipi Alt Kategoriler Korelasyon Analizi.....	44
Tablo 14:	Beygir Gücü ile Çekiş Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi.....	45
Tablo 15:	Beygir Gücü Alt Kategoriler / Çekiş Tipi Alt Kategoriler Korelasyon Analizi	45
Tablo 16:	Hasarsızlık Kademesi ile Çekiş Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi	46
Tablo 17:	Hasarsızlık Kademesi Alt Kategoriler/Çekiş Tipi Alt Kategoriler Korelasyon Analizi.....	46
Tablo 18:	Araç Yaşı ile Yakıt Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi.....	49
Tablo 19:	Araç Yaşı Alt Kategoriler/Yakıt Tipi Alt Kategoriler Korelasyon Analizi	49
Tablo 20:	Araç Sigorta Bedeli ile Araç Sınıfı Parametrelerinin Korelasyon Analizi	50

Tablo 21:	Araç Sigorta Bedeli Alt Kategoriler/ Araç Sınıfı Alt Kategoriler Korelasyon Analizi.....	51
Tablo 22:	Araç Hacmi ile Araç Uzunluğu Parametrelerinin Korelasyon Analizi	52
Tablo 23:	Araç Hacmi Alt Kategoriler/ Araç Uzunluğu Alt Kategoriler Korelasyon Analizi.....	53
Tablo 24:	Araç Sınıfı ile Çekiş Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi.....	54
Tablo 25:	Araç Sınıfı Alt Kategoriler/ Çekiş Tipi Alt Kategoriler Korelasyon Analizi	55
Tablo 26:	Plaka İli ile Mernis İli Parametrelerinin Korelasyon Analizi.....	56
Tablo 27:	Lüks Model ile Marka Model Parametrelerinin Korelasyon Analizi	57
Tablo 28:	Lüks Model Alt Kategoriler/ Marka Model Alt Kategoriler Korelasyon Analizi.....	58
Tablo 29:	Yakıt Tipi Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri.....	61
Tablo 30:	Yakıt Tipi Parametresinin Gruplama Sonrası Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri.....	62
Tablo 31:	Yakıt Tipi Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları	64
Tablo 32:	Silindir Sayısı Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri.....	64
Tablo 33:	Silindir Sayısı Parametresinin Gruplama Sonrası Regresyon Sonuçları.....	66
Tablo 34:	Silindir Sayısı Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları	67
Tablo 35:	Beygir Gücü Parametresinin Regresyon Sonuçları, ve Kazanılan Poliçe Adetleri	67
Tablo 36:	Beygir Gücü Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları.....	69
Tablo 37:	Beygir Gücü Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları	71
Tablo 38:	Hasarsızlık Kademesi Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri.....	72
Tablo 39:	Hasarsızlık Kademesi Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları.....	73
Tablo 40:	Hasarsızlık Kademesi Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları.....	75
Tablo 41:	Araç Yaşı Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri	76
Tablo 42:	Araç Yaşı Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları.....	78
Tablo 43:	Araç Yaşı Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları.....	80

Tablo 44:	Araç Sigorta Bedeli Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri.....	80
Tablo 45:	Araç Sigorta Bedeli Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları.....	82
Tablo 46:	Araç Sigorta Bedeli Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları.....	83
Tablo 47:	Araç Hacmi Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri.....	84
Tablo 48:	Araç Hacmi Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları.....	85
Tablo 49:	Araç Hacmi Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları.....	87
Tablo 50:	Araç Sınıfı Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri.....	87
Tablo 51:	Araç Sınıfı Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları.....	89
Tablo 52:	Araç Sınıfı Ki-Kare Testi Sonuçları.....	90
Tablo 53:	Plaka İli Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri.....	91
Tablo 54:	Plaka İli Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları.....	92
Tablo 55:	Plaka İli Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları.....	93
Tablo 56:	Marka Model Parametresinin Gruplaması.....	94
Tablo 57:	Marka Model Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri.....	95
Tablo 58:	Marka Model Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları.....	96
Tablo 59:	Marka Model Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları.....	97
Tablo 60:	Model Parametrelerinin Katsayıları.....	98

GRAFİKLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Grafik 1: Kasko Branşı Net Hasar-Prim Oranları	12
Grafik 2: Kasko Branşı Teknik Kâr Oranları	12
Grafik 3: Yakıt Tipi ile Motor Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi	43
Grafik 4: Silindir Sayısı ile Silindir Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi	44
Grafik 5: Beygir Gücü ile Çekiş Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi	46
Grafik 6: Hasarsızlık Kademesi ile Çekiş Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi	48
Grafik 7: Araç Yaşı ile Yakıt Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi	50
Grafik 8: Araç Sigorta Bedeli ile Araç Sınıfı Parametrelerinin Korelasyon Analizi	52
Grafik 9: Araç Hacmi ile Araç Uzunluğu Parametrelerinin Korelasyon Analizi	54
Grafik 10: Araç Sınıfı ile Çekiş Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi	55
Grafik 11: Plaka İli ile Mernis İli Parametrelerinin Korelasyon Analizi	56
Grafik 12: Lüks Araç ile Marka-Tip Parametrelerinin Korelasyon Analizi	59
Grafik 13: Yakıt Tipi Parametresinin Regresyon Sonuçları	61
Grafik 14: Yakıt Tipi Parametresinin Zaman Bazında Etkileşimi ile Regresyon Sonuçları	63
Grafik 15: Silindir Sayısı Parametresinin Regresyon Sonuçları	65
Grafik 16: Silindir Sayısı Parametresinin Gruplama Sonrası Regresyon Sonuçları	65
Grafik 17: Silindir Sayısı Parametresinin Zaman Bazında Etkileşimi ile Regresyon Sonuçları	66
Grafik 18: Beygir Gücü Parametresinin Regresyon Sonuçları	68
Grafik 19: Beygir Gücü Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları	70
Grafik 20: Beygir Gücü Parametresinin Uygun Fonksiyon Tespiti Sonrası Regresyon Sonuçları	71
Grafik 21: Hasarsızlık Kademesi Parametresinin Regresyon Sonuçları	73
Grafik 22: Hasarsızlık Kademesi Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları	74

Grafik 23: Hasarsızlık Kademeleri Parametresinin Uygun Fonksiyon Tespiti Sonrası Regresyon Sonuçları.....	75
Grafik 24: Araç Yaşı Parametresinin Regresyon Sonuçları.....	76
Grafik 25: Araç Yaşı Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları.....	79
Grafik 26: Araç Yaşı Parametresinin Uygun Fonksiyon Tespiti Sonrası Regresyon Sonuçları.....	79
Grafik 27: Araç Sigorta Bedeli Parametresinin Regresyon Sonuçları.....	81
Grafik 28: Araç Sigorta Bedeli Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları.....	83
Grafik 29: Araç Hacmi Parametresinin Regresyon Sonuçları.....	84
Grafik 30: Araç Hacmi Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları.....	86
Grafik 31: Araç Hacmi Parametresinin Uygun Fonksiyon Tespiti Sonrası Regresyon Sonuçları.....	86
Grafik 32: Araç Sınıfı Parametresinin Regresyon Sonuçları.....	88
Grafik 33: Araç Sınıfı Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları.....	89
Grafik 34: Plaka İli Parametresinin Regresyon Sonuçları.....	92
Grafik 35: Plaka İli Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları.....	93
Grafik 36: Marka-Tip Parametresinin Regresyon Sonuçları.....	95
Grafik 37: Marka-Tip Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları.....	96

KISALTMALAR LİSTESİ

AIC	: Akaike Bilgi Kriteri
AICC	: Akaike Bilgi Kriterinin Küçük Örneklem Yanlı Düzeltilmiş Hali
BIC	: Bayesci Bilgi Kriteri
CAIC	: Tutarlı Akaike Bilgi Kriteri
GLKM	: Genelleştirilmiş Lineer Karma Modeller
GLM	: Genelleştirilmiş Lineer Modeller
HQIC	: Hannan ve Quinn Bilgi Kriteri
TDK	: Türk Dil Kurumu
TSB	: Türk Sigortalar Birliği
TTK	: Türk Ticaret Kanunu
ÜDA	: Üstel Dağılım Ailesi

GİRİŞ

Sigortacılık ve Aktüerya bilimlerinde belirsizlik durumunda sigorta primlerini tespit etmek amacıyla matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle çok çeşitli risk hesaplamaları yapılmaktadır. Zira başta ekonomik etkiler olmak üzere sigorta şirketindeki üretimin niteliği ve kapasitesi, mevzuat, sosyal ve politik etkenler, şirketin risk kabul politikaları, poliçe ve ürün özellikleri gibi belirsizliği arttıracak yönde gelişen birçok iç ve dış faktörün etkisinden dolayı hesaplamalar uzmanlık düzeyinde bir bilgi birikimi gerektirmektedir.

Aynı türden tehlikeyle karşı karşıya olan kişilerin bir nevi riski paylaşmak için belirli miktarda para ödemesi şeklinde toplanan ve fiyat olarak adlandırılan bu tutarın doğru bir şekilde belirlenmesi sigorta şirketleri için son derece önemlidir. Aksi durumda sigorta şirketi az riskli müşterilerini kaybederek portföyünün yüksek riskli müşterilerden oluşması durumu ile karşı karşıya kalabilmektedir. Bu nedenle doğru bir prim fiyatlama sisteminin oluşturulması sigorta şirketleri için büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada temel amaç doğru bir prim fiyatlama yapabilmek için portföyü oluşturan araçlara ilişkin matematiksel ve istatistiksel temellere dayanan bir model ile risk parametrelerini incelemektir. Bu nedenle araçların risk parametrelerini dikkate alan bir model elde etmek ve bu parametreleri incelemek için Genelleştirilmiş Lineer Modeller kullanılmıştır. Hasar dağılımının incelenmesi sebebiyle bağımlı değişkenin Poisson ve Normal dağılımlarına uygunluğu dikkate alınarak link fonksiyonu için farklı parametreler uygulanmıştır. Model bağımlı ve açıklayıcı parametreler arasında olan ilişki ve bağımlı parametrelerin korelasyon analizi ile belirlenmekte ve ardından model için parametre tahminleri yapılmaktadır. Modelin yeterliliği test edildikten sonra hipotez testleri gibi istatistikî işlemler ile çıkarımlar yapılmaktadır. Bütün bunların yanında elde edilen model kullanılarak yapılan hasar frekansı tahminleri ve veri setini

oluşturan araçların geçmiş yıllara ilişkin hasar frekansları birlikte incelenerek risk değerlendirmesinin yapılması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada birinci bölümde kasko sigortalarının kısa bir tarihçesi, kasko sigortasının tarifeleri, prim hesaplarındaki yaklaşımları, teknik-kar zarar durumları, hasar-prim oranları ve kasko sigortalarının prim fiyatlamasındaki metriklerin kavramları incelenmiştir.

İkinci bölümde özellikle sigorta verilerinin analizi için elverişli olan Genelleştirilmiş Lineer Modeller açıklanmıştır. Bağımlı değişkenin Normal dağılmaması durumunda model kurmaya olanak sağlayan Genelleştirilmiş Lineer Modeller uygulama merkezinde teorik olarak anlatılmıştır.

nc bölümde ise özel bir sigorta şirketine ait 2014-2018 yılları arasındaki hususi araçlara ilişkin hasar frekansları, hasar sayısı vb.. risk parametrelerini dikkate alan bir model kurulmuştur olup Genelleştirilmiş Lineer Modeller yardımıyla fiyatlamada belirleyici parametreler incelenmiş ve regresyon sonuçlarından elde edilen parametrelerin fiyatlamadaki katsayıları tespit edilip model sonucu ile bir risk primi elde edilmiştir.

I. BÖLÜM

KASKO SİGORTALARI ve PRİM KAVRAMI

1.1. Kasko Sigortası Tanımı

İlk kez 1883-1884 yıllarında kullanılmaya başlayan otomobiller 21. yüzyılda ise şehirleşme ve gelir artışıyla birlikte sayıca artış göstermiştir. İlk kasko poliçesi ise 1890 yılında yapılmıştır. Kasko sigortalarının konusu araçlardan oluşmakta olup kaza branşında yer almaktadır. Araç sayısının artması ve araç kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte kaza riski de artmıştır. Bu sebeple diğer branşlara oranla kasko sigortaları daha büyük paya sahip olmuştur.

TDK'da kaza "İstem dışı veya umulmayan bir olay dolayısıyla bir kimsenin, bir nesnenin veya bir aracın zarara uğramasıdır." olarak tanımlanmaktadır¹. TTK'da kasko sigortaları için ayrı olarak düzenlenmiş bir branş bulunmamakta mal sigortalarının bir türü olarak geçmektedir. Sigortacının yükümlülükleri TTK'nin 1278. maddesiyle belirlenmiştir. Buna göre sigortacı, sadece sigorta ettirenin değil, sigortadan faydalanan kişinin ve sigortadan faydalanan kişinin eylemlerinden sorumlu olduğu kişilerin de yaptıkları herhangi bir şey sonucu araçta meydana gelen hasarı karşılamaktadır².

Kasko sigortaları motorlu kara taşıtları sahiplerinin iradesi dışında zarar gördüğünde tazminat alabilmek için yapılmaktadırlar. Sigorta yaptıran kişi kaza yaptığında kasko sigortası karşı aracın değil sigortalının aracının hasarını güvence altına almaktadır. Kasko sigortaları, sigortalının sahip olduğu motorlu aracın bir zarar uğraması durumunda sigortalının zararını karşılamayı amaçlamaktadırlar³.

¹ TDK. Güncel Türkçe Sözlük. <http://www.tdk.gov.tr>: http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5ad65d020af6b7.58281519 (03.04.2019)

² T. ALPAY "Kasko Sigortalarında Araç Çalınması ve Sigorta Şirketleri ile Sigortalıların Düşükleri İhtilaflar". 2018, http://www.ozgursigorta.com.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=47:t%20rafik-sigortasi&catid=1 (03.04.2019)

³ F. ÇAKIROĞLU "Kasko Sigortaları Fiyatlandırması, Avrupa Ülkeleri ile Karşılaştırması ve Bir Model Uygulaması". *Doktora Tezi*, Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, Bankacılık Anabilim Dalı. İstanbul. 2007, s.49.

Kasko sigortaları ile trafik sigortalarının kapsam ve içerik açısından birbirinden farkı bulunmaktadır. Trafik sigortası motorlu aracı olup trafiğe çıkan herkesin yasal olarak yaptırmak zorunda olduğu bir sigorta türü olarak belirtilmektedir. Ayrıca kişiler trafik sigortaları sona ermeden bunu yenilemek zorunda olmaktadır. Bununla birlikte trafik sigortaları aracın kullanıcıya düşen sorumluluğu sigorta limitleri kapsamında güvence altına almaktadırlar. Araçların zorunlu trafik sigortası olmadığı durumlarda trafiğe çıkmaları engellenmektedir. Ayrıca üçüncü şahıslara verilen zararları karşılayan trafik sigortası, kişinin kendi aracına gelen hasardan sorumlu olmamaktadır. Bu sebeple de kişinin kendi aracındaki zararı karşılamak için kasko sigortası yaptırması gerekmektedir. Kasko sigortası ise sigortacı, sigorta ettiren ve kasko sigortalıdan oluşmaktadır. Sigortacı ve sigorta ettiren sigorta sözleşmesinin tarafları olarak yer almaktadırlar. Bu kişiler kasko sigortasının genel şartlarında ve anlaşmayla eklenen özel şartlardan sorumlu olmaktadır. Kasko sigortasının poliçesinde, iki tarafın da sorumlulukları, güvence kapsamı ve sigorta başlangıç/bitiş tarihleri açıkça belirtilmektedirler⁴.

21. yüzyılda çok fazla insan motorlu kara taşıtı kullanmakta olup bu durum kasko sigortalarına olan talebi arttırmaktadır. Ayrıca Kasko sigortalarında farklı sözleşme türleri bulunmaktadır. Bunların bazıları aşağıda sıralanmıştır⁵.

a. Özel Otomobiller Sözleşmesi: Bu tür sözleşmelerde araçlar nereden geldiklerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Araç Avrupa'dan mı, Uzakdoğu'dan mı yoksa yerli malı mı diye incelenmektedir. Ayrıca bu sözleşme kapsamına sürücü de dahil olmak üzere toplamda 9 kişiyi taşıyan araçlar girmektedirler. Bu araçların gerçek ve tüzel kişiler tarafından kullanılmaları gerekmektedir. Özel otomobiller sözleşmesi kapsamına giren araçlar, otomobiller, jip, station vagon, pick-up, cankurtaran ve itfaiyenin kullandığı binek otolar ile cenaze arabaları olarak sıralanmaktadır. Taksidolmuşlar bu sözleşme kapsamında yer almamaktadırlar.

⁴ L. GÜLBİTTİ. "Kasko Sigortasının İncelenmesi ve Türkiye'de Kasko Sigortası Hasar Uygulamalarının Değerlendirilmesi". *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, İstanbul, 2007, s.49.

⁵ F. H. BAŞTÜRK, N. İSLATİNCE ve T. ÇAKIR. *Hayat Dışı Sigortalar*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları, 2013, 39-40.

b. Minibüs ve Otobüs Sözleşmeleri: Minibüslerin sürücü de dahil olmak üzere 9-15 kişi arasında yolcu taşıma ruhsatı bulunmaktadır. Bu araçlar minibüs sözleşmesi kapsamında yer almaktadırlar. Bununla birlikte sürücü hariç en az 15 oturma yeri olan ve yolcu taşıyan araçlar otobüs sözleşmeleri kapsamında değerlendirilmektedirler.

c. Park Kasko Sözleşmeleri: Bu sözleşme tipi, oto galeri ve bayi gibi araçları sergileyen mağazalarda, bu mağazaların servis ve garajlarında, bunlarla beraber özel park yerlerinde bulunan araçları kapsamaktadır.

d. Enflasyon Endeksli Sözleşmeler: Bu tarz sözleşmelerde başlangıç tarihindeki araç piyasa değerinin enflasyonla birlikte değişmesiyle ek prim ödemeleri yapılmaktadır. Sözleşmede belirtilen sigorta bedelinin aracın enflasyon ile artan güncel piyasa değerine ulaştırmak için yapılmaktadır. Yani 1 sene içinde, piyasa rayıcı ile sınırlı olmak şartıyla sigorta bedelinin artışı belirlenmiş enflasyon oranı ile güvence altına alınmaktadır.

e. Muafiyetli ve Muafiyetsiz Sözleşmeler: Muafiyetli sözleşmelerde, kasko hasarlarının ayrı ayrı zarar tutarı belirlenmekte ve bu tutardan sigorta bedeline uygulanan indirimli muafiyet oranı düşürülmektedir. Kalan tutar tazminat olarak ödenmektedir. Muafiyetsiz sözleşmeler geniş paket sözleşmeleri olarak geçmektedir. Bu sözleşmelerde tüm kasko sigortası teminatları ve ek teminatlar bulunmaktadır.

f. Asistanlı Sözleşmeler: Kaza durumlarında bu tarz bir sözleşmesi bulunan aracın 365 gün 24 saat yardım alma hakkı bulunmaktadır. Verilen hizmetler, aracın çekilmesi, kurtarılması, gerekli durumlarda profesyonel sürücü sağlama, tıbbi yardımda bulunma, aracı koruma, cenaze nakil etme ve kiralık araç bulma olarak sıralanmaktadır.

1.2. Kasko Sigortası Tarifesi

Sigorta ücretleri, sektörde bir zarar ve haksız rekabet oluşmaması amacıyla tarife olarak belirlenen kurallar çerçevesinde belirlenmektedirler. Düzenlemeler yapılarak serbest tarife sistemine 1990 yılında geçilmiştir. Trafik ve deprem sigortaları

bu sistem içinde yer almamaktadırlar. Sigorta ücretleri, sigorta şirketleri tarafından belirlenmektedirler⁶.

Kasko sigortası kapsamında risk değeri taşıyan bir aracın yaşayabileceği maddi zararların güvence altına alınabilmesi için karayolları ya da demiryollarında motorlu veya motorsuz bir araçla çarpışılması, hareket veya durma halindeyken aracı kullananın iradesi dışında araca sabit veya hareketli bir cismin çarpması, üçüncü kişiler tarafından yapılan kötü niyetli veya şaka amaçlı eylemler ve fiil ehliyeti olmayanların verdiği zararların olması, aracın yanması ve herhangi bir çalıntı durumunun olması gerekmektedir⁷.

Kasko poliçesi verdiği teminata göre adlandırılmaktadır. Yukarıda belirtilen risk gruplarından bir veya birkaçı için teminat veren poliçelerde poliçe başlığına en az 16 punto ile dar kasko, tamamı için teminat veren poliçelerde poliçe başlığına aynı şekilde kasko yazılmaktadır. Kasko poliçelerinde nelerin sigorta kapsamında olmadığı nelerin olduğu açıkça belirtilmektedir. Tüm kasko şirketlerinde, poliçelerde ana güvence maddeleri aynı olmaktadır. Buna karşın ek maddeler şirketten şirkete değişiklik göstermektedirler. Kara Araçları Kasko Sigortası Genel Şartları'nın A. 5. Maddesinde kasko sigortası kapsamında bulunmayan teminatlar belirtilmektedirler⁸. Bu teminatlar:

- a) Her türlü savaş ve savaş sebebiyle ortaya çıkan askeri hareket sebebiyle meydana gelen zararlar,
- b) Herhangi bir nükleer, radyasyon ve radyo-aktivite olayının varlığında ve buna bağlı olarak yapılan askeri önlem durumunda meydana gelen zararlar,
- c) Araçta yapılacak tasarrufların meydana getirdiği zararlar (Kamu tarafından yapılan çekilme durumları bunun dışında kalmaktadır.),
- d) Aracın ehliyeti bulunmayan biri tarafından kullanılması sonucu meydana gelen zararlar,

⁶ GÜLBİTTİ, a.g.t., s.15.

⁷ TÜRK SİGORTA BİRLİĞİ. <https://www.tsb.org.tr>; <https://www.tsb.org.tr/kara-araclari-kasko-sigortasi-genelsartlari-yururluk-tarihi-01-04-2013.aspx?pageID=501> (03.04.2019)

⁸ TÜRK SİGORTA BİRLİĞİ. "Kara Araçları Kasko Sigortası Genel Şartları".

- e) Aracı kullanan kişinin uyuşturucu madde. Karayolları Trafik Yönetmeliğinde belirtilen orandan daha fazla alkollü içki alması veya Karayolları Trafik Yönetmeliğine göre alkollü içki alamayacak kişilerin alkollü içki alması sebebiyle meydana gelen zararlar,
- f) Aracın sigortalı veya sigortalının sorumlu bulunduğu kişiler tarafından kasıtlı bir şekilde zarara uğratılması sonucu meydana gelen zararlar,
- g) Aracın, kara, deniz, nehir veya hava taşıması sırasında meydana gelen zararlar, (Taşıma ve çekilme durumlarında teminat kapsamındaki zararlar ve aracın kendi gücü ile girip çıkabileceği ruhsatlı sefer yapan gemiler ve trenlerde meydana gelen zararlar bu kapsamda yer almamaktadırlar.)
- h) Araçta ruhsatta belirtilenden daha fazla yük taşınması durumunda meydana gelen zararlar,
- i) Yetkili organların terör eylemleri sırasında araçları koruma kalkanı olarak kullanabilecek 3713 sayılı Terörle Mücadele Kanunu'nda belirtilmektedir. Bu sebeple terör eylemleri gibi kimyasal veya biyolojik kirlenme, bulaşma ya da zehirlenme sebebiyle meydana gelen zararlar,
- j) Bu sıralamada yer alan dördüncü ve beşinci maddelerdeki ihlaller sebebiyle, sürücünün kaza yerinden ayrılması (Hastaneye gidiş veya can güvenliği gibi zorunlu haller bu kapsama girmemektedirler) şeklinde sıralanmaktadır.

Kasko poliçelerinin başlıklarına en az 16 punto ile genişletilmiş kasko veya tam kasko yazılmaktadır. Buna karar verilirken nelerin teminat verildiğine bakılmaktadır. Poliçe başlığına ana teminat gruplarının hepsi ile yukarıda yer alan şartların bir kısmına teminat veriliyorsa genişletilmiş kasko, ana teminat gruplarının hepsi ile yukarıda yer alan şartların hepsine teminat veriliyorsa tam kasko yazılmaktadır. Ayrıca zararların meydana geldiği durumlarda sorun çıkmaması için yukarıda belirtilen durumlarda meydana gelen zararların teminat kapsamında olmadıklarının kişilere kasko sigortası almadan önce bildirilmesi gerekmektedir.

1.3. Kasko Sigortalarında Taraflar ve Yükümlülükleri

Türk Ticaret Kanunu'nda sigorta priminin tanımı yoktur ancak 1430. maddenin 1. bendinde sigorta ettiren kişinin sözleşmedeki primi ödemesi gerektiği hükmü yer almaktadır. Ayrıca öğretisi ve uygulamaya göre sigortacının riski üstlenmesi ile birlikte sigorta ettirenin yerine getirmesi gereken karşı ivaz, sigorta primi olarak tanımlanabilmektedir. Sigorta ettirenin sigorta primini ödeme borcu asli bir yükümlülüktür⁹. Bu durumun sigorta sözleşmesinde belirlenmesine gerek duyulmamaktadır. Sözleşmenin geçerli olması için belirlenebilir olması yeterli olmaktadır.

Hukuki açıdan bir para borcu olan sigorta primi, sigorta ettiren kişinin sözleşmede yer alan adresine ve peşin olarak ödenmektedir. Ayrıca primin peşin ödenmesinin emredici bir niteliği yoktur. Tarafların kararına göre ilk taksitin nakit olarak ödenmesi koşuluyla diğer primler kambiyo senedi olarak düzenlenebilmektedir. Sigorta priminin direkt olarak sigortacıya ödeme zorunluluğu bulunmamaktadır. Primleri toplama yetkisi bulunan acenteye yapılan ödemeler, sigortacının ödemeleri sayılmaktadır. Taksitli sigorta primi ödenmesinin sözleşme içinde net bir şekilde yer almasının gerekliliği ve özellikle kısmi ödemeleri kabul eden sigortacıların sorumlu olup olmadığı konusu açık bir şekilde bulunmamaktadır. Bazılarına göre sigortacıların kısmi ödemeleri kabul etmesini, primlerin taksitli olacak şekilde ödenmesi olarak yorumlanırken bir diğer görüşe göre ise sigortacıların çekincelerini belirtmese bile kısmi ödemeleri kabul etmesi primlerin taksitle ödenmesi anlamına gelmemektedir¹⁰.

1956 tarihli Türk Ticaret Kanunu'nda karşılığı bulunmayan Türk Ticaret Kanunu'nun 1431. maddesinin 2. bendinde izleyen taksitlerin miktarı, zamanı ve priminin gereken zamanda ödenmemesi durumunun sonuçları, poliçenin yanında sigorta ettirene bildirilmeli ya da bu koşullar poliçe yer almalı bilgisi bulunmaktadır. Yani bu maddeye göre taksitlendirme sadece tarafların net bir şekilde isteklerini belirtmesiyle olmaktadır fikrini desteklemiş gibi görünmektedir fakat aslen tarafların net bir rızayla taksitlendirmeyi kabul etmemesi noktasında sigortacının yükümlülüklerini

⁹ H. ARSEVEN, *Sigorta Hukuku*. İstanbul: Beta Basım Yayın, 1991, s.117,120.

¹⁰ K. ŞENOCAK, *Hukuki Himaye Sigortası*. Ankara: Dayınlarlı, 1993, s.158; A. AYLÍ, *Zarar Sigortalarında Prim Ödeme Borcu*. İstanbul: Vedat Kitapçılık, 2003.

belirtmektedir. Madde emredici gibi görünse dahi taksitli ödemenin sadece tarafların kabulüyle olacağı anlamı taşımamaktadır. Aynı zamanda gizli olarak primlerin taksitle ödenmesine dair herhangi bir yasak yer almamaktadır. Buna göre sigortacının kısmi prim ödemeyi kabulü, dolayısıyla primlerin taksitlendirilmesinin kabulü olarak görülmelidir. Böylece kısmi ödemeleri kabul eden sigortacı, oluşan risklerden sorumlu olmanın yanında primlerin ödenmemesi gerekçesi ile sözleşmeden vazgeçme hakkını kullanma imkânı olmamalıdır.

Sigorta sözleşmesi ile beraber prim ödeme borcu ortaya çıkmaktadır¹¹. Fakat sigorta ettirene poliçe teslimi ile muaccel olmaktadır. Buna göre sigorta ettirenin, poliçeyi teslim almadığı sürece prim ödeme yükümlülüğü bulunmamaktadır. Sigorta ettiren, sigortacının sorumluluğunu üstlenmesini hemen isterken poliçe düzenlememesine rağmen prim ödemek istediğinde sigortacı bu ödemeyi kabul etme durumuna dair herhangi bir düzenleme Türk Ticaret Kanunu'nda bulunmamaktadır. Ancak 1431. maddenin 1. bendine göre kural olarak sigorta primi, sigorta sözleşmesi yapıldığı anda ve poliçe tesliminde ödenecek şekilde düzenlenmiştir. Maddeye göre ödeme zamanı, "borcun muacceliyetini" yani sigorta ettiren kişinin sigorta primi ödeme zorunluluğu olduğu, sigortacının sigorta priminin ödenmesini isteme özgürlüğü olduğu ve gereken durumda hukuki yollara başvurabileceği belirtilmektedir. Buna göre sigorta primi, sigorta sözleşmesi imzalandığında "ifa edilebilir" olacağı için sigortacı, herhangi bir sebebe dayanmaksızın, sigorta poliçesinin düzenlenmesinden önce yapılan prim ödemesini kabul etmelidir¹².

¹¹ ARSEVEN, a.g.e., s.122.

¹² AYLİ. a.g.e., s.64; R. KENDER. "Poliçe Verme Yükümlülüğüne Aykırılıktan Doğan Hukuki Sonuçlar". *Sigorta Hukuku Dergisi*, 2(1), 1997, s.111; F. EREN. *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*. Ankara: Yetkin Yayınları, 2013, s.947.

1.4. Türkiye Sigorta sektöründe Kasko Sigortalarının Genel Değerlendirilmesi

1.4.1. Kasko Sigortalarında Teknik Kar-Zarar

Tablo 1: 2017 Yılı Sigorta Şirketleri Kasko-Trafik Branşlarının Konsolide Kar Zarar Hesabı (TL)

	TRAFİK (TL)	KASKO (TL)
1.) TEKNİK GELİR	11.042.362.249	7.114.288.551
A.) YAZILAN PRİMLER (NET)	8.988.155.621	6.756.900.815
a.) Yazılan Primler (Brüt)	12.498.269.696	6.916.052.730
b.) Reasüröre Devredilen Primler (-)	-2.413.649.549	-159.151.916
c.) SGK'ya Aktarılan Primler (-)	-1.096.464.527	0
B.) KAZANILMAMIŞ PRİMLER KARŞILIĞI (NET) (-)	-4.649.677.961	-3.716.914.711
a.) Kazanılmamış Primler Karşılığı (Brüt) (-)	-6.699.221.228	-3.796.207.128
b.) Kazanılmamış Primler Karşılığı (Reas. Payı)	1.471.644.604	79.292.418
c.) Kazanılmamış Primler Karşılığı (SGK. Payı)	577.898.664	0
C.) DEVREDEN KAZANILMAMIŞ PRİMLER KARŞILIĞI (NET)	5.660.639.754	3.326.882.124
a.) Devreden Kazanılmamış Primler Karşılığı (Brüt)	6.541.522.751	3.363.384.743
b.) Devreden Kazanılmamış Primler Karşılığı (Reas. Payı) (-)	-237.299.428	-36.502.619
c.) Devreden Kazanılmamış Primler Karşılığı (SGK. Payı)	-643.583.569	0
D.) DEVAM EDEN RİSKLER KARŞILIĞI (NET)	-7.081.117	-11.163.570
a.) Devam Eden Riskler Karşılığı (Brüt)	-7.275.852	-14.075.608
b.) Devam Eden Riskler Karşılığı (Reas. Payı) (-)	194.735	2.912.038
E.) DEVREDEN DEVAM EDEN RİSKLER KARŞILIĞI (NET)	1.028.495	6.363.947
a.) Devreden Devam Eden Riskler Karşılığı (Brüt)	1.494.409	7.102.036
b.) Devreden Devam Eden Riskler Karşılığı (Reas. Payı) (-)	-465.914	-738.089
F.) TEKNİK OLMAYAN BÖLÜMDEN AKTARILAN YATIRIM GELİRLERİ	829.372.413	666.814.348
G.) DİĞER TEKNİK GELİRLER	10.417.524	27.384.509
H.) TAHAKKUK EDEN RÜCU VE SOVTAJ GELİRLERİ	209.507.520	58.021.088
2.) TEKNİK GİDER	-11.580.423.545	-6.825.027.781
A.) ÖDENEN HASARLAR (NET) (-)	-5.763.918.766	-4.654.403.690
a.) Ödenen Hasarlar (Brüt) (-)	-6.258.158.144	-4.856.117.214
b.) Ödenen Hasarlar (Reas. Payı)	494.239.378	201.713.524
B.) MUALLAK HASARLAR KARŞILIĞI (NET) (-)	-11.710.439.654	-894.380.950
a.) Muallak Hasarlar Karşılığı (Brüt) (-)	-12.668.547.791	-968.679.782
b.) Muallak Hasarlar Karşılığı (Reas. Payı)	958.108.137	74.298.832
C.) DEVREDEN MUALLAK HASARLAR KARŞILIĞI (NET)	8.097.474.030	743.479.568
a.) Devreden Muallak Hasarlar Karşılığı (Brüt)	8.520.122.039	759.040.753
b.) Devreden Muallak Hasarlar Karşılığı (Reas. Payı) (-)	-422.648.009	-15.561.185
D.) MATEMATİK KARŞILIK (NET) (-)	0	0
a.) Matematik Karşılığı (Brüt) (-)	0	0
b.) Matematik Karşılığı (Reas. Payı)	0	0
E.) DEVREDEN MATEMATİK KARŞILIĞI (NET)	0	0
a.) Devreden Matematik Karşılığı (Brüt)	0	0
b.) Devreden Matematik Karşılığı (Reas. Payı) (-)	0	0
F.) İKRAMIYE VE İNDİRİMLER KARŞILIĞINDA DEĞİŞİM	-664.645	-46.198.632
G.) DİĞER TEKNİK KARŞILIKLARDA DEĞİŞİM (-)	14.015	-28.403.536
H.) FAALİYET GİDERLERİ (-)	-2.077.424.179	-1.582.688.622
I.) DİĞER TEKNİK GİDERLER	-125.464.346	-362.431.919
3.) TEKNİK KAR/ZARAR	-538.061.296	289.260.770
TEKNİK KAR/ZARAR ORANI [3/(1.A+1.B+1.C)]	%-5,4	%4,5

Kaynak: <https://www.tsb.org.tr/gelir-tablosu.aspx?pageID=911>

Trafik ve Kasko branşlarının konsolide kar-zarar hesap tablosu incelendiğinde, bir önceki yıla göre sektörün teknik kar ve teknik kar oranlarının azaldığı görülmektedir. 2016 yılında trafik branşında teknik karlılık %0,2 gibi pozitif bir değere ulaşmıştır. Bu oran 2017 yılında %-5,4 olarak gözlenmiştir. Teknik karlılık yönünden düşüş görülmeğe de 2016 öncesi dönemde %-50'lere varan oranlar ile kıyaslandığında branşın pozitif bir eğilimde olduğu ifade edilebilir. Bu pozitif eğilimin sebebi ise yazılan primlerdeki artış ile açıklanabilmektedir. 2017 yılında kasko branşında da teknik karlılıkta düşüş görülmektedir. 2015 yılında %8,6 olan teknik kar oranı, 2016 yılında %8'e düşmüştür. 2017 yılında kasko branşı teknik kar oranı %4,5 olarak gerçekleşmiştir. Teknik gelirdeki artışa rağmen kasko branşında 2017 yılında 4.5 milyar TL üzerinde hasar ödemesi gerçekleşmiş ve şirketlerin faaliyet giderleri de enflasyon ile paralel olarak artış göstermiştir.

1.4.2. Kasko Sigortalarında Hasar / Prim Oranları

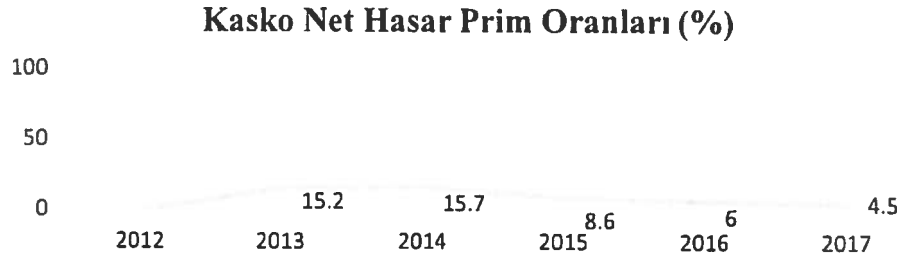
Teknik gelir ve giderlere ilave olarak branş içerisinde hasar-prim oranları da sektörün seyri açısından önemli bir göstergedir. Tablo 2'de kasko branşında sigorta şirketlerin hasar-prim oranları sunulmuştur. Sektör toplamında 2016 yılı içerisinde hasar-prim oranlarının düştüğü gözlemlenmektedir. Ancak bu düşüşten en yüksek oranda istifade eden şirketler branş içerisinde ilk onda yer alan şirketlerdir. Toplanan prim miktarı azaldıkça, hasar-prim oranı da yükselmektedir.

Tablo 2: 2012-2017 Yılları Arası Kasko Branşı Hasar-Prim Oranları

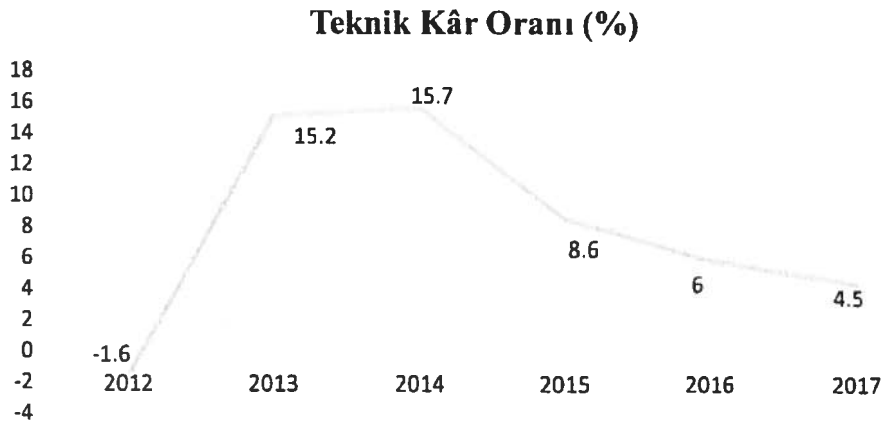
Şirket	2017 (%)	2016 (%)	2015 (%)	2014 (%)	2013 (%)	2012 (%)
Sektör Toplamı	71,2	69,4	72,8	64,6	63,2	77,7
İlk 10 Şirket	70,1	68,8	72,5	64,1	63,1	75,8
İkinci 10 Şirket	72,8	73,5	74,5	65,0	61,5	73,0

Kaynak: <https://tsb.org.tr/Document/istatistikler/Kasko%202012-2017.xlsx>

İlave maliyetler de göz önüne alındığında 2013 yılında %91,3 olan bileşik oran ortalaması 2016 yılında %100,8'e yükselmiştir. Bu da sektörün ağır maliyetlere katlanmak zorunda olduğunu göstermektedir.



Grafik 1: Kasko Branşı Net Hasar-Prim Oranları



Grafik 2: Kasko Branşı Teknik Kâr Oranları

Grafik 2'de de görüleceği üzere 2013-2014 yıllarında elde edilen yüksek nispetli teknik kar oranı 2016 yılında %8'e düşmüştür. Bu oran 2017 yılında daha da azalarak %4,5 olarak hesaplanmıştır.

1.4.3. Kasko Sigortalarında Muallak ve Ödenen Hasar Oranları

Tablo 3: 2014-2017 Yılları Arası Kasko Branşı Yazılan Prim/Ödenen Hasar/Muallak Hasar

YIL	Muallak Tazminat Tutarı (TL)	Yazılan Prim (TL)	Toplam Ödenen Tazminat (TL)	Ödenen Hasar -Kazanılmış Prim Oranı (%)	Muallak Hasar -Kazanılmış Prim Oranı (%)
2017	1.411.404.322,00	6.902.325.266,97	5.009.762.210,74	72,58	20,45
2016	1.032.160.200,00	6.158.709.427,10	4.429.271.370,96	71,92	16,76
2015	939.097.490,59	5.529.588.085,95	3.964.833.732,87	71,70	16,98
2014	751.881.212,18	5.058.277.245,14	3.412.467.186,26	67,46	14,86

Kaynak: <https://tsb.org.tr/Document/istatistikler/Kasko%202014-2017.xlsx>

Sigorta şirketleri tarafından muallak tazminat amacı ile ayrılan tutarın, gerçekte ödenen prim tutarına yakın olması özellikle kasko branşı için bir zorunluluktur. Çünkü kasko branşında riskin büyük bölümü sigorta şirketi üzerinde kalmaktadır.

Tablo 3’de görüleceği üzere muallak hasar-kazanılmış prim oranı artış göstererek 2017 yıl sonunda %20,45 olarak gerçekleşmiştir. 2014-2017 yılları arasında ödenen tazminat-kazanılmış prim oranı da küçük yükselişler ile %72,58 olarak gerçekleşmiştir.

2017 yılında muallak tazminat tutarı olarak ayrılan tutardaki artış, ödenen hasar-kazanılmış prim orandaki artışa kıyasla daha fazla olmuştur.

1.4.4. Kasko Sigortalarında Prim Üretimleri ve Pazar Payları

Tablo 4: 2016-2017 Yılları Branşların Toplam Prim Üretimleri ve Pazar Payları

Sıra	Şirket Adı	2017 Yılı		2016 Yılı		Değişim (%)
		Toplam Üretim (TL)	Pazar Payı %	Toplam Üretim (TL)	Pazar Payı %	
1	Anadolu Anonim Türk Sigorta Şirketi	953.043.378	13,78%	899.454.812	14,58%	5,96%
2	Axa Sigorta AŞ	780.147.650	11,28%	678.188.696	10,99%	15,03%
3	Allianz Sigorta AŞ	746.185.450	10,79%	732.144.230	11,86%	1,92%
4	Aksigorta AŞ	641.095.251	9,27%	590.851.704	9,58%	8,50%
5	Sompo Japan Sigorta AŞ	466.082.804	6,74%	376.883.369	6,11%	23,67%
6	HDI Sigorta AŞ	353.592.117	5,11%	251.902.644	4,08%	40,37%
7	Groupama Sigorta AŞ	307.620.424	4,45%	295.529.396	4,79%	4,09%
8	Mapfre Sigorta AŞ	294.316.658	4,26%	254.685.278	4,13%	15,56%
9	Eureko Sigorta AŞ	292.838.636	4,23%	342.197.165	5,55%	-14,42%
10	Güneş Sigorta AŞ	292.366.866	4,23%	258.014.047	4,18%	13,31%
	İLK 10 ŞİRKET	5.127.289.236	74,13%	4.679.851.340	75,84%	9,56%
11	Neova Sigorta AŞ	200.605.477	2,90%	155.845.048	2,53%	28,72%
12	Ergo Sigorta AŞ	182.562.785	2,64%	235.445.972	3,82%	22,46%
13	Unico Sigorta AŞ	152.380.306	2,20%	139.165.554	2,26%	9,50%
14	Ziraat Sigorta AŞ	148.950.406	2,15%	131.805.768	2,14%	13,01%
15	Doga Sigorta AŞ	146.263.893	2,11%	80.283.889	1,30%	82,18%
16	Halk Sigorta AŞ	126.185.700	1,82%	138.731.538	2,25%	-9,04%
17	Ankara Anonim Türk Sigorta Şirketi	118.524.556	1,71%	73.468.592	1,19%	61,33%
18	Ray Sigorta AŞ	112.682.401	1,63%	86.929.782	1,41%	29,62%
19	Liberty Sigorta AŞ	100.787.966	1,46%	97.764.016	1,58%	3,09%
20	Zurich Sigorta AŞ	74.706.744	1,08%	65.371.790	1,06%	14,28%
	İLK 20 ŞİRKET	6.490.939.469	93,85%	5.884.663.290	95,36%	10,30%
21	Etilca Sigorta AŞ	72.902.903	1,05%	18.831.094	0,31%	287,14%
22	Dubai Starı Sigorta AŞ	66.754.586	0,97%	57.014.022	0,92%	17,08%
23	Generali Sigorta AŞ	59.701.609	0,86%	47.361.113	0,77%	26,06%
24	Orient Sigorta AŞ	50.901.571	0,74%	38.559.271	0,62%	32,01%
25	Türk Nippon Sigorta AŞ	50.881.899	0,74%	42.820.010	0,69%	18,83%
26	Bereket Sigorta AŞ	39.085.352	0,57%	34.264.615	0,56%	14,07%
27	Quick Sigorta AŞ	25.573.734	0,37%	0	0,00%	0,00%
28	Gulf Sigorta AŞ	22.582.981	0,33%	20.747.158	0,34%	8,85%
29	Koru Sigorta AŞ	17.088.217	0,25%	10.393.904	0,17%	64,41%
30	Turkland Sigorta AŞ	12.312.058	0,18%	8.889.939	0,14%	38,49%
31	SBN Sigorta AŞ	4.960.494	0,07%	7.144.411	0,12%	-30,57%
32	SS Atlas Karşılıklı Sigorta Kooperatifi	2.492.370	0,04%	0	0,00%	0,00%
33	Magdeburger Sigorta AŞ	3.288	0,00%	2.634	0,00%	24,84%
	SEKTÖR TOPLAMI	6.916.180.532	100,00%	6.170.691.462	100,00%	12,08%

Kaynak: www.tsb.org.tr

Kasko branşı için pazar payı büyüklüğüne göre sıralanmış sigorta şirketlerinin, toplam prim üretimleri ve pazar payları Tablo 4'de gösterilmiştir. 2016 yılının lideri Anadolu Anonim Türk Sigorta şirketi liderliği bırakmasa da Pazar payının bir kısmını kaybetmiştir. Listenin alt bölümünde yer alana şirketler 2017 yılında bir önceki yıla kıyasla pazar paylarını kısmen artırmışlardır. 2017 yılında ilk 10 şirketin toplam pazar payında kısmi azalma görülmektedir.

II. BÖLÜM

GENELLEŞTİRİLMİŞ LINEER MODELLEME (GLM)

Genelleştirilmiş Lineer Modeller (GLM) Normal Doğrusal Modellerin sınırlayıcı varsayımlarını esneterek bağımlı değişkenin Normal dağılmadığı durumlar için analize izin veren değişkenler arasındaki ilişkiyi modelleyen bir metodolojidir¹³. Normal dağılmayan veri setlerini modellemek için geliştirilen bir yöntemdir.

Sigortacılık verileri genellikle Normal dağılım göstermediğinden Doğrusal Regresyon Analizi'nin varsayımlarını karşılamamaktadır. Bu nedenle GLM sigorta verilerinin analizinde önemli yer tutmaktadır.

GLM, standart hataların hesaplanabilmesi, güven aralıklarının belirlenmesi, hipotez testleri ve model seçimi gibi özellikleri ile genel bir istatistiksel teoriye dayanması nedeniyle prim fiyatlamada geleneksel yöntemlere göre üstünlük taşımaktadır. Ayrıca GLM'in istatistiksel olarak pek çok alanda kullanılıyor olması, aktüerya bilimi içinde veya dışındaki gelişmeleri takip etmek açısından da önem taşımaktadır. Aynı zamanda pek çok istatistik paket programının kullanılabilmesi fiyat belirlemede GLM'in kullanılmasını kolaylaştırmaktadır¹⁴.

2.1. Genelleştirilmiş Lineer Modellerin Yapısı

Genelde genelleştirilmiş olan lineer modellerin üç bileşeni bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilmektedir:

1. Bağımlı değişkenin dağılımı
2. Lineer kestiricinin olduğu sistematik bölüm
3. Link fonksiyonu

¹³ P. DE JONG & G. Z. HELLER. *Generalized Linear Models for Insurance Data*. London: Cambridge University Press, 2008.

¹⁴ E. OHLSSON & B. JOHANSON. "Combining Credibility and GLM for Rating of MultiLevel Factors, CAS 2004 Discussion Paper Program". http://www.csact.org/pubs/dpp_ppp04, (03.04.2019)

Genelleştirilen lineer modellerin yapıları aşağıda net şekilde gösterilmektedir:

- a. y_1, y_2, \dots, y_n bağımlı değişken gözlemleri sırasıyla $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ ortalamalı birbirlerinden bağımsız gözlemlerdir.
- b. y_i gözlemleri üssel aile üyesi olan bir dağılıma sahiptir.
- c. Modelin sistematik kısmı x_1, x_2, \dots, x_k bağımsız değişkenlerini içermektedir.
- d. Model $\eta = X'\beta = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i$ lineer kestirici civarında oluşturulur.

Genelleştirilmiş lineer modellerin bileşenleri aşağıda detaylı biçimde açıklanmaktadır.

2.2. Genelleştirilmiş Lineer Modellerin Bileşenleri

Genelleştirilmiş lineer modellerde, model bir link fonksiyonu ile bulunur.

$$\eta = g(\mu_i), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.1)$$

Link fonksiyonu diferansiyellenebilen, monoton bir fonksiyondur.

$\sigma_i^2 (i = 1, 2, \dots, n)$ varyansı, μ_i ortalamasının bir fonksiyonudur.

Bağımlı değişken dağılımı tarafından taşınan özellikler, genelleştirilmiş olan lineer modellerde link fonksiyonu tarafından üstlenilmiştir. Probit ve tamamlayıcı log-log link fonksiyonları yalnızca Binom ve Bernoulli dağılımlarıyla beraber kullanılırlar. Link fonksiyonu yanlış seçilirse analizlerin sonucu da yanlış olmaktadır.

Link fonksiyonu belirlenirken genelde denklem ve verilen güç aile link fonksiyonlarının kullanıldığı görülmektedir. Bağımlı değişken tarafından normal dağılıma uygunluk varsayımlarının gerçekleştirilmemesi ile yapılan Box-Cox dönüşümü ve güç aile link, aynıdır¹⁵.

¹⁵ A. J. NELDER & R. W. WEDDERBURN. "Generalized Linear Models". *Journal of the Royal Statistical Society*(135), 1972, , s. 370-384

Link fonksiyonunda alternatif birden fazla seçim bulunmaktadır. Link fonksiyonu iki şekildedir. Bu fonksiyonlar; kanonik ve kanonik olmayandır. $\eta_i = \sigma_i$ şeklinde seçilirse eğer η_i , kanonik link olarak adlandırılmaktadır¹⁶.

Genelleştirilmiş lineer modellerin diğer link fonksiyonları şu şekildedir:

- 1) Probit link $\eta_i = \phi^{-1} [E(y_i)]$ 'dir.
- 2) Tamamlayıcı log-log link, $\eta_i = \ln\{\ln[1 - \mu_i]\}$
- 3) Güç aile link,

$$\eta_i = \begin{cases} \mu_i^\lambda, & \lambda \neq 0 \\ \ln[\mu_i], & \lambda = 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

biçimindedir.

2.3. Lineer Modeller

Aktüeryal incelemelerde varlık ve yükümlülük konusunda finansal denge sağlanabilmesi için sigortacı tarafından üstlenen riske dair belirsizlik belirginleştirilmelidir. Modelleme açısından bakıldığında belirsizliğin minimum seviyeye gelmesi önem taşımaktadır. Bu sebeple geçmiş dönemlerdeki veri toplanmakta, analiz edilmekte, model oluşturulmakta, bazı yöntemlerle parametrelerin tahmini yapılmakta, duyarlılık analizleriyle model parametreleri incelenmekte ve böylece en uygun model belirlenmektedir¹⁷.

Doğrusal model varsayımlarının genelde hata terimi ile verildiği görülmektedir. Fakat birkaç çalışmada bağımlı değişkenle ilişkilendirilmiş olan varsayımlara da yer verilmektedir. Bu karmaşıklığın önüne geçebilmek için doğrusal

¹⁶ K. U. AKAY "Genelleştirilmiş Lineer Modeller Yardımıyla Karma Denemelerin Analizi". **Yayınlanmamış Doktora Tezi**. İstanbul: Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.

¹⁷ S. HABERMAN & A. E. RENSCHAW. "Generalized Linear Models and Actuarial Science". *The Statistician*, 45(4), 1996, , s. 407-436.

modellerden biri olan çoklu doğrusal regresyon modeli adına hata terimine ve bağımlı değişkene göre yapılmış olan varsayımlar belirtilmektedir¹⁸. (bkz. Tablo 5).

Tablo 5: Çoklu Regresyon Modellerinin Gözlemlere ve Hata Terimine Göre Varsayımları

Gözlemlere Göre Varsayımlar	Hata T
$E(Y_i X_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik}$	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i$
$Y_i X_i \sim N(X_i, \beta, \sigma^2)$	$\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$
(x_i, \dots, x_{ik}) değişkenleri stokastik değil	(x_i, \dots, x_{ik}) değişkenleri stokastik değil
$E(Y_i X_i) = X_i \beta$ $Var(Y_i X_i) = \sigma^2$	$E(\varepsilon_i) = 0$ ve $Var(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2$
Y_i R.D.'leri bağımsız	ε_i 'ler bağımsız.
Y_i R.D.'leri normal dağılımlı	ε_i 'ler normal dağılımlı

Bu varsayımlara dair yapılmış olan parametre tahmin yöntemleri aşağıda sıralanmaktadır:

1. En Çok Olabilirlik Tahmini: $L(\beta)$ olabilirlik fonksiyonunun maksimize olabilmesi için bir $\hat{\beta}$ değeri bulunmaktadır. Bir En Çok Olabilirlik tahmin edicisinin sağlaması gereken özellikler; değişmezlik (invariance), tutarlılık (consistent), minimum varyanslılık (minimum variance) ve asimptotik yansızlıktır (asymptotically unbiased).

2. En Küçük Kareler Tahmini: $\sum_{i=1}^p y_i - \hat{y}_i$ değerinin minimize olmasını sağlayan $\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$ değeri bulunmaktadır. En Küçük Kareler yönteminde $\{\hat{\beta} \sim N(\beta, \sigma^2(X'X)^{-1})\}$ tahmin edicisi $\hat{\beta}$ varsayımını sağlamaktadır¹⁹. Buna göre $\hat{\beta}$ tahmin edicisi yansız olmaktadır ve bu $E(\varepsilon_i) = 0$ durumunda elde edilmektedir. En Çok Olabilirlik tahmin değeri ve En Küçük Kareler tahmin değeri birbirleriyle örtüşmektedir.

3. Ağırlıklandırılmış En Küçük Kareler Tahmini: Gözlem sayısı az olduğunda w_i ağırlık faktörünün modele katılımıyla tahmin yapılmaktadır. w_i ağırlığı, genelde exposure yani riskle karşılaşan birim sayısı şeklinde alınmaktadır. $Var(\varepsilon_i) = \sigma_i / w_i$ olduğu için bütün model ağırlık kareköküyle çarpılmaktadır. Köşegen elemanları W ,

¹⁸ E. W. FRESS. *Regression Modeling With Actuarial and Financial Applications*. New York: Cambridge University Press, 2010.

¹⁹ DE JONG ve HELLER, (2008) a.g.e.

ağırlıkları w_i olan köşegen matriste ağırlıklandırılmış model ve parametre tahminleri şu şekildedir:

$$\sqrt{w_i}y_i = \sqrt{w_i}\beta_0 + \sqrt{w_i}\beta_1x_{i1} + \sqrt{w_i}\beta_2x_{i2} + \dots + \sqrt{w_i}\beta_px_{ip} + \sqrt{w_i}\varepsilon_i$$

$$\hat{\beta}_{\text{ağırlıklandırılmış}} = (X'WX)^{-1}X'WY \quad (2.3)$$

$$\hat{\beta}_{\text{ağırlıklandırılmış}} \sim N\{\beta, \sigma^2(X'WX)^{-1}\}$$

Özellikle sınıflandırılmış verilerin modellenmesi için ağırlıklandırılmış tahminler kullanılmaktadır. En Küçük Kareler tahmin edicileri tarafından yansızlık ve hata terimi varyansına dair sağlanan özellikler, Ağırlıklandırılmış En Küçük Kareler tahmin edicileri tarafından da sağlanmaktadır. Doğrusal model çeşitlerinden olan regresyon modelleri, bağımlı ve bağımsız değişkenler arası ilişkilerin açıklanması için kullanılmaktadır. Regresyon modellerinin kullanımında ön şart, modelin sabit bir varyansı olması ve hata teriminin normal dağılımı uyum sağlamasıdır. Bu şartları sağlamayan veri kümesinde dönüşümler yapılmakta ve veri ile model uygunlaştırılmaya çalışılmaktadır. Normal dağılıma uyum sağlamak amacıyla verilen logaritmasının alımı gibi doğrusal dönüşümlerin uygulanabildiği belirtilmektedir. Sabit varyans için En Küçük Kareler ve Ağırlıklandırılmış En Küçük Kareler yöntemleri kullanılabilir. Bu dönüşümlerin dışında kullanımında sorun olmayacak alternatif ise GLM'lerdir.

Sigorta hasarı sayısı gibi aktüeryal veri kümeleri genelde simetrik olmayan sağa çarpık dağılımlı olmaktadır. Uç değerlerin yer aldığı bu şekildeki veri kümelerinde yapılan modellemeler, simetrik dağılım olan normal dağılım varsayımını sağlamayabilmektedir. Aynı zamanda hasar sayısı verisinin kesikli dağılımı, hata terimleri ile normal dağılım arasında uyum sorunu yaşanmasına yol açmaktadır. Bu sebeple klasik doğrusal modellerin kullanımı yanlış bulunmaktadır. Bu tarz verilerin analizinde hata teriminin normal dağılımlı veri olması yerine, bağımlı değişkenin üstel dağılım ailesinden herhangi bir dağılımla uyum göstermesi durumunda, GLM'ler kullanılabilir. Klasik doğrusal modellerin genelleştirilmiş şekli GLM'lerdir²⁰.

²⁰ HABERMAN ve RENSCHAW, a.g.m.

GLM açıklayıcı değişkenlerin doğrusal fonksiyonu şeklinde dönüştürülen ortalamayı modellemektedir²¹. GLM'ler bağımlı değişkeni yanıt, bağımsızları ise açıklayıcı değişkenler şeklinde ele almaktadırlar. Bağımlı değişkeninin ÜDA (binom, Poisson, normal, gamma, ters Gauss, negatif binom) 'dan gelmesi GLM için yeterli olmaktadır. Bu nokta ÜDA'ya dair dağılımlar, varsayımlar ve özelliklerden söz etmek önemlidir.

2.4. Üstel Dağılım Ailesi

Hasar sayısı ve hasar tutarının dağılımı, hayat dışı sigortaların fiyatlandırılması için önem taşımaktadır. Hasar sayılarında genelde Poisson, binom , negatif binom gibi kesikli dağılımlar kullanılmaktadır. Hasar tutarında tercih edilen dağılımlar ise normal, gamma, ki-kare, log-normal, dirichlet, ters-Gauss gibi süreklidir. Bu dağılımlardan Poisson, binom , negatif binom, normal, gamma ve ters-Gauss, Üstel Dağılım Ailesinden gelen dağılımlardır. Üstel Dağılım Ailesi, GLM'lerin anahtarıdır. Üstel Dağılım Ailesi için olasılık yoğunluk fonksiyonu şu şekildedir:

$$f(y) = c(y, \phi) \exp \left\{ \frac{y\theta - a(\theta)}{\phi} \right\} \quad (2.4)$$

θ kanonik parametresi (veya doğal parametre) ve ϕ yayılım parametresi (veya ölçek parametresi)'dir. θ kanonik parametresinin y_1, y_2, \dots, y_n gözlemlerine bağlı olduğu, ϕ yayılım parametresinin ise her gözlemde sabit olduğu belirtilmektedir²². Genelde eşitlik 2.6 üstel dağılım ailesindeki bütün dağılımları temsil eder fakat $\phi, \theta, a(\theta)$ ve $c(y, \phi)$ değerleri, kullanılacak dağılım türüne göre seçilip özelleştirilebilmektedir. Üstel Dağılım Ailesindeki her dağılım için θ kanonik parametresi, ϕ yayılım parametresi ve $a(\theta)$ alacağı değerler Tablo 8'de gösterilmiştir²³. Çizelgede beklenen değer ve varyans ifadeleri, verilen θ parametresinden yola çıkılarak hesap edilmiştir. Örnek vermek gerekirse Poisson dağılımı için $\theta = \ln \mu$ olduğu zaman varyans ve beklenen değer μ 'ye bağlı olmaktadır.

²¹ K. ANTONIO & J. BEIRLANT "Risk Classification in NonLife Insurance". *Proceedings of the 4th Actuarial and Financial Mathematics Day*. Brussels, 2006.

²² DE JONG ve HELLER,(2008) a.g.e..

²³ DE JONG ve HELLER,(2008) a.g.e..

Tablo 6: Üstel Dağılım Ailesi ve Parametreleri

Dağılım Türü	θ	$a(\theta)$	ϕ	$E(y)$	$V(\mu) = \frac{var(y)}{\phi}$
Binom (n, p)	$\ln \frac{p}{1-p}$	$n \ln(1 + e^\theta)$	l	np	$np(1-p)$
Poisson (μ)	$\ln \mu$	e^θ	l	μ	μ
Normal (μ, σ^2)	μ	$\frac{1}{2}\theta^2$	σ^2	μ	l
Gamma (α, β)	$-\frac{1}{\alpha}$	$-\ln(-\theta)$	$\frac{l}{\beta}$	α	α^2
Inv. Gau. (α, β)	$-\frac{1}{2\alpha^2}$	$-\sqrt{-2\theta}$	β	α	α^3
Neg. Bin. (n, p)	$\ln \frac{np}{l+np}$	$-\frac{l}{p} \ln(1 - pe^\theta)$	l	n	$n(1+np)$

Üstel Dağılım Ailesi için genel ortalama ve varyans şu şekildeki eşitlikler ile verilebilmektedir:

$$\mu = E(y) = \frac{\partial a(\theta)}{\partial \theta} \quad (2.5)$$

$$Var(y) = \phi \frac{\partial^2 a(\theta)}{\partial \theta^2}$$

Varyans Fonksiyonu: $V(.)$ fonksiyonuyla gösterilen varyans fonksiyonu, ortalama ve varyans arasında bulunan ilişkiyi göstermektedir. Varyans fonksiyonlarının iki bakımdan önemi bulunmaktadır. İlki direkt gözlemlerin ortalamasıyla ilişkili olma durumudur. İkincisi ise parametre tahmini için kullanılan yöntemin belirlenmesi için kullanımıdır. $V(\mu)$ Üstel Dağılım Ailesinde bulunan dağılımlardan biri özelleştirilemediğinde aşırı yayılım ve zaman durumunda parametre tahmini için log-olabilirlik yerine yarı-olabilirlik seçilebilmektedir. Varyans fonksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilmektedir²⁴.

$$\frac{\partial^2 a(\theta)}{\partial \theta^2} = \frac{\partial \left(\frac{\partial a(\theta)}{\partial \theta} \right)}{\partial \theta} = \frac{\partial \mu}{\partial \theta} = V(\mu) \quad (2.6)$$

²⁴ DE JONG ve HELLER, (2008) a.g.e.

Eşitlik 2.8 ile belirtilmiş olan bağımlı değişkeni varyansı, varyans fonksiyonu ile şekildeki gibi gösterilmektedir:

$$Var(y) = \phi V(\mu) \quad (2.7)$$

Üstel Dağılım Ailesinde θ ve ϕ parametreleri tahmin edilirken momentler yöntemi ve En Çok Olabilirlik tahmin yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. İyi bir En Çok Olabilirlik tahmin edicisinde bulunması gereken özellikler aşağıda sıralanmaktadır:

- Değişmezlik: Bir parametre fonksiyonunun (monoton) tahmin edici, onun tahmin edici fonksiyonu olmaktadır. g monoton bir fonksiyon olduğu zaman θ parametresinin En Çok Olabilirlik tahmin edici $\hat{\theta}$ ise, $g(\hat{\theta})$ 'nin En Çok Olabilirlik tahmin edicisi de $g(\hat{\theta})$ olmaktadır.
- Asimptotik Yansızlık: Örneklem büyüklüğünün artmasıyla tahmin edicinin beklenen değerinin kendisine yaklaşıyor olması beklenmektedir. Asimptotik yansızlık, $E(\hat{\theta}\hat{\theta})$ olduğu zaman sağlanmaktadır.
- Tutarlılık: Örneklem büyüklüğünün artması ile tahmin edicinin dağılımı, parametre dağılımına yaklaşmaktadır.
- Küçük Varyanslılık: Varyans değerleri ve parametrelerin güvenilirliği test edilebilmektedir. Küçük varyans durumu olduğunda tahmin edicinin güvenilirliği artmaktadır. Örneklem büyüklüğünün artması daha küçük varyans elde etme ihtimalini artırmaktadır.

Bu özelliklerin birçoğunda örneklem büyüklüğü fazlalığı ya da sonsuza gitme şarttır. Bu durumda özelliklerin asimptotik özellik şeklinde isimlendirildiği belirtilmektedir. Aktüertal uygulamalarda genelde tek parametrelili Üstel Dağılım Ailesi kullanıldığı görülmektedir²⁵.

²⁵ J. A. NELDER & R. J. VERALL. "Credibility Theory and Generalized Linear Models". *ASTIN Bulletin*, 27(1), 1997, s. 71-82.

2.5. Modellemenin Önemi ve Basamakları

Modellemenin amacı, elde bulunan veriden çıkarımlar yapmak ve böylece geleceğe yönelik öngörü elde edebilmektedir. En önem taşıyan noktalardan biri ise veri kümesine uygun modelleme yapısının seçimidir. Bu sebepten dolayı öncelikle yapılacak olan işlem verinin düzgün veride incelenmesidir. Böylece veri türü ve ona uygun olan modelleme kararı verilebilecektir. GLM'nin sigorta uygulamalarında en sık kullanılan dağılımlar; Poisson, Bileşik Poisson ve Gammadır²⁶. GLM uygulamalarında Poisson dağılımının hasar dağılımı için, Gamma dağılımının ise hasar tutarının modellenmesi için kullanıldığı görülmektedir. Model tanımı bağımlı değişken ve açıklayıcı değişkenler arasında olan ilişki ve bağımlı değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonunu belirtmektedir. Ardından modelin parametre tahminleri yapılmaktadır. Modelin anlamlılığı test edildikten sonra güven aralıkları ve hipotez testleri gibi istatistikî işlemler ile çıkarımlar yapılmaktadır²⁷. Bu adımlar şu şekilde olmaktadır:

- Bağımlı değişkenine uygun binom, normal, Poisson gibi bir parametrik dağılım seçilmektedir.
- $g(\mu)$ link fonksiyonu bağımlı değişken dağılımı doğrultusunda seçilir.
- x_1 açıklayıcı değişkenleri seçilir.
- x_1, x_2, \dots, x_n açıklayıcı değişkenlerine karşılık gelen y_1, y_2, \dots, y_n gözlemleri bulunur.
- Parametre tahmini yapılır.
- Uyum iyiliği testleriyle model test edilir.

2.6. Model Parametrelerinin Tahmini

Parametreler tahmin edilirken En Çok Olabilirlik yönteminin çok sık kullanıldığı görülmektedir. β katsayısı, En Çok Olabilirlik eşitliğiyle birlikte Newton-Raphson gibi tekrarlı hesaplamalarla bulunmaktadır. Model parametrelerinin tahmininde log-olabilirlik fonksiyonları önemli olmaktadır. Uygulamada eğer birim link fonksiyonu normal dağılım için, logaritmik link fonksiyonu Poisson

²⁶ OHLSSON ve JOHANSON, a.g.m.

²⁷ J. A. DOBSON, *An Introduction to Generalized Linear Models*. London: Chapman and Hall CRC, 2002.

dağılımı için, logit link fonksiyonu binom dağılımı için, ters link fonksiyonu ise gamma dağılımı için kullanılmaktadır.

1) Normal dağılım için Log-Olabilirlik Fonksiyonu

$$L(\beta) = \frac{\mu_i y_i - \frac{1}{2} \mu_i^2}{\sigma^2} - \frac{y_i^2}{2\sigma^2} - \frac{1}{2} \log(2\pi\sigma^2)$$

2) Poisson Dağılımı için Log-Olabilirlik Fonksiyonu

$$L(\beta) = y_i \log \mu_i - \mu_i - \log y_i!$$

Gamma ve binom dağılımları için log-olabilirlik fonksiyonlarının kapalı yapıları çok karışık olmaktadır²⁸. En Çok Olabilirlik yönteminin kullanılması için varsayımı ya da dağılım bilgisi gerekmektedir. Bunlar elde olmadığında En Küçük Kareler ya da yarı-En Çok Olabilirlik kullanılmaktadır. En Çok Olabilirlik tahmin edicilerinin hesabında iteratif yöntemleri de tercih edilmektedir. Bunlardan biri de Newton-Raphson yöntemidir.

2.6.1. En Çok Olabilirlik Parametre Tahmini

Bağımlı değişkenin i . gözlemi $i = (1, 2, \dots, N)$ $\eta_i = X' \beta = \sum_{j=1}^p x_{ij} \beta_j$ lineer kestiriciye sahipken matris formunda bağımlı değişken:

$$\eta = \begin{pmatrix} \eta_1 \\ \vdots \\ \eta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X'_{11} \beta \\ \vdots \\ X'_{N1} \beta \end{pmatrix} = X \beta \quad (2.8)$$

olur. Lineer kestiriciler $E(Y) = \mu$ ile monoton ve diferansiyellenebilir olan $g(\cdot)$ link fonksiyonunun bağlantılı olduğu göz önünde bulundurulduğunda,

$$g(\mu) = \begin{pmatrix} g(\mu_1) \\ \vdots \\ g(\mu_n) \end{pmatrix} = \eta \quad (2.9)$$

biçiminde olursa $g(\mu_i) = X' \beta$ ve $E(Y_i) = \mu_i = b'(\Phi_i)$ olduğundan Φ , parametreleri β parametrelerine bağlı yani $\Phi_i = \Phi_i(\beta)$ olur. Türevler;

²⁸ HABERMAN ve RENSHAW, a.g.m., NELDER ve VERALL, a.g.m.

$$\frac{\partial l_i}{\partial \theta_i} = \frac{Y_i - b'(\theta_i)}{a(\theta)} = \frac{Y_i - \mu_i}{a(\theta)} \quad (2.10)$$

$\mu_i = b'(\theta_i)$ olduğu için;

$$\frac{\partial \theta_i}{\partial \mu_i} = \left(\frac{\partial \mu_i}{\partial \theta_i} \right)^{-1} = \frac{1}{b''(\theta_i)} = \frac{a(\theta)}{\text{var}(Y_i)} \quad (2.11)$$

$$\frac{\partial \eta_i}{\partial \beta_i} = \frac{\partial \sum_{k=1}^p x_{ik} \beta_k}{\partial \beta_j} = x_{ij} \quad (2.12)$$

şeklindedir. Link fonksiyonu belirlenmeden türevin tanımlanması mümkün değildir.

Fisher bilgi matrisi;

$$I(\beta) = E \left(- \frac{\partial^2 l(\beta)}{\partial \beta \partial \beta'} \right) = X'WX \quad (2.13)$$

2.6.2. Newton Raphson Yöntemi

Lineer olmayan denklemlerin çözümünde kullanılan iteratif yöntemlerden biri Newton-Raphson yöntemidir. Lineer olmayan denklemin çözülmesi, fonksiyonun maksimumda bulunduğu noktanın belirlenmesi için önemlidir. Bu yöntem başlangıç çözüm için başlangıç tahmini ile olmaktadır. Ardından ikinci dereceli bir polinom ve başlangıç tahmininin birliği ile maksimize edilecek fonksiyona yaklaşılmaktadır. Bu noktada polinomun maksimize olduğu değer konumunun bilinmesi ile ikinci tahmin elde edilmektedir. Ardından diğer ikinci dereceli polinom ve ikinci tahminin birlikteliği ile fonksiyona yaklaşılmaktadır. Bu noktada polinomun maksimize olduğu konumda üçüncü tahmin elde edilmektedir. Bu sırayla ilerlenmekte ve Newton-Raphson yöntemi ile bir tahmin dizisi sağlanmaktadır. Bu dizi, fonksiyonun uygun ya da başlangıç tahmininin iyi olduğu noktada maksimum konuma yakınsamaktadır²⁹.

Çok değişkenli bir fonksiyonun tüm ikinci türev bilgisini yakalayarak, Hessian matrisi tek değişkenli analizde sıradan ikinci türeve benzer bir rol oynar. Çok değişkenli fonksiyonların ikinci dereceden kestirimleri, biraz ikinci mertebeden Taylor

²⁹ A. AGRESTI, *Categorical Data Analysis*. New York: John Wiley & Sons, Inc. 2002.

polinomuna benzer, ama çok değişkenli fonksiyonlar içindir. İkinci kısmi türev testi, çok değişkenli bir fonksiyonun maksimum/minimumunu bulmanıza yardımcı olur.

Bu yöntemle $L(\beta)$ fonksiyonunu maksimum yaparak β parametre tahmininin belirlenmesi için

$$u' = \left(\frac{\partial L(\beta)}{\partial \beta_1}, \frac{\partial L(\beta)}{\partial \beta_2}, \dots \right)$$

alınır. H matrisi elemanları $h_{ab} = \frac{\partial^2 L(\beta)}{\partial \beta_a \partial \beta_b}$ biçiminde tanımlanır. u vektörü ile H matrisinin $\hat{\beta}$ tahmininin $t(.)$ iterasyonu olan $\beta^{(t)}$ de değerlendirilen değerleri $u^{(t)}$ ve $H^{(t)}$ olarak değerlendirilirse $t.$ adımdaki iterasyon ikinci mertebe Taylor serisi açılımı ile $\beta^{(t)}$ ve $L(\beta)$ fonksiyonuna yaklaşıır:

$$L(\beta) \approx L(\beta^{(t)}) + u^{(t)'} + (\beta - \beta^{(t)}) + \left(\frac{1}{2}\right) (\beta - \beta^{(t)})' H^{(t)} (\beta - \beta^{(t)}) \quad (2.14)$$

Bu açılımda her iki tarafın β parametresine göre türevi alınır, ve sıfıra eşitlenir ise:

$$\frac{\partial L(\beta)}{\partial \beta} \approx u^{(t)} - \beta H^{(t)} (-\beta^{(t)}) = 0$$

olur. Sonraki tahmin:

$$\beta^{(t+1)} = \beta^{(t)} - (H^{(t)})^{-1} u^{(t)} \quad (2.15)$$

biçiminde yazılabilir.

2.6.3. Fisher-Scoring Algoritması

Fisher-Scoring algoritması, β parametresinin en çok olabilirlik tahminini bulmak için kullanılabilen; ağırlıkların iteratif olarak ele alındığı, lineer regresyonda ağırlıklandırılmış en küçük kareler yöntemine benzeyen bir algoritmadır. Fisher bilgi matrisi kullanımı ile temellenen algoritma,

$$\beta^{(t+1)} = \beta^t - (I^t)^{-1} q^t$$

$$I^{(t)} + \beta^{(t+1)} = I^{(t)}\beta^t + q^t$$

Biçimindedir. Algoritmanın formülü: $I' = (X'W^{(k)}X)$ olmak üzere;

$$(X'W^{(k)}X)\beta^{(k+1)} = (X'W^{(k)}X)\beta^k + q^k \quad (2.16)$$

Biçimindedir. 2.18 numaralı denklemde sağ vektörün bileşenleri;

$$\Sigma_h \left[\Sigma_i \frac{x_{ij}x_{ih}}{\text{var}(Y_i)} \left(\frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} \right)^2 \beta_h^{(k)} \right] + \Sigma_i \frac{(y_i - \mu_i^{(k)})x_{ij}}{\text{var}(Y_i)} \left(\frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} \right), \quad (k = 1, 2, \dots, p) \quad (2.17)$$

şeklinde verilebilir. En çok olabilirlik tahmincisi $\hat{\beta}$ ise şöyle elde edilir³⁰;

$$\hat{\beta}^{(k+1)} = (X'W^{(k)}X)^{-1} X'W^{(k)}z^{(k)} \quad (2.18)$$

2.7. Hipotez Testleri

Hipotez , parametre hakkındaki bir inanıştır. Parametre hakkındaki inancı test etmek için hipotez testi yapılır. Hipotez testleri sayesinde örnekten elde edilen istatistikler aracılığıyla anakütle parametreleri hakkında karar verilir.

2.7.1. Wald Testi

Wald testi, eğim parametresi β_1 ' in en çok olabilirlik tahmini ile bu tahminin standart hatasını karşılaştırmaya dayanmaktadır. $\hat{\beta}$ ' nın standart hatası, kovaryans matrisindeki köşegen elemanlarının kareköklerinin alınmasıyla elde edilmektedir.

Standart hataların tahminleri $H_0 : \beta_i = 0$ hipotezinin test edilmesi amacıyla aşağıdaki formülle ifade edilen Wald testiyle gerçekleştirilmektedir:

$$z_i^2 = \left(\frac{\hat{\beta}_i}{\text{se}(\hat{\beta}_i)} \right)^2 \quad (2.19)$$

Bu test; sonuç çıkarımı ve parametre güven aralıklarının belirlenmesi için de kullanılmaktadır³¹.

³⁰ C. R. RAO & H. TOUTENBURG. *Linear Models: Least Squares and Alternatives*. USA, 1999.

³¹ P. MCCULLAGH & J. A. NELDER. *Generalized Linear Models*. London: Chapman and Hall, 1989.

2.7.2. Likelihood Oran Testi

Geniş örneklemlerde Pearson ki-kare ile aynı sonucu verir. Özellikle az sayıda örneklemin olduğu tablolarda faydalıdır.

Likelihood ya da olabilirlik oran testinin sapma değeri aşağıdaki formül ile tanımlanmaktadır:

$$D(\beta) = -2 \ln \left[\frac{L(\beta)}{L(\mu)} \right] \quad (2.20)$$

Formüldeki $D(\beta)$ ifadesi “uyum iyiliği” biçiminde tanımlanmaktadır. Denklemden verilen bu test küçük örneklere ilişkin problemlerde kullanımı uygun olmayan bir testtir. Wald testi daha kısa sürede hesaplanabildiğinden Likelihood oran testine göre daha sık tercih edilmektedir. Bunun yanında Likelihood oran testinin her bir parametre testinde alt model uydurumu gerekmektedir³².

2.7.3. Pearson Ki-Kare Testi

Örneklem sayısından son derece etkilenir. Çok geniş örneklerde en ufak sapma bile anlamlıyken küçük örneklemlerde büyük sapmalar bile anlamsızdır. Örneklem boyutu küçüldükçe değeri düşer.

Bir diğer hipotez testi olan Pearson Ki-Kare testi, aşağıdaki formülle ifade edilmektedir:

$$X_s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{\mu}_i)^2}{\text{var}(Y_i)} = \frac{1}{a(\phi)} \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{\mu}_i)^2}{V(\bar{\mu}_i)} \quad (2.21)$$

Y rastgele değişkeninin gerçekleşen bir y değeri için $a(\phi) = 1$ olması halinde aşağıdaki şekilde ifade elde edilmektedir ve buna ölçeklenmiş Pearson ki-kare istatistiği adı verilmektedir:

$$X_s^2 = \frac{1}{\phi} \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{\mu}_i)^2}{V(\bar{\mu}_i)} \quad (2.22)$$

³² S. L. LEWIS, R. H. MONTGOMERY & R. H. MYERS. “Confidence Interval Coverage for Designed Experiments Analyzed with GLMs”. *Journal of Quality Technology*, 2001, s. 279-292.

Pearson ki-kare testi, yayılım parametresinin tahmini için kullanılmaktadır³³.

2.8. Bilgi Kriterleri

Bilgi kriterleri açıklayıcı değişkenlerin sayısını tespit etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Modelin anlamlılığı ve varyansı arasında karşılıklı iyi bir denge oluşturmaktadır. Model derecesinin belirlenmesinde en çok olabilirlik yönteminin kullanılması, her zaman model için en büyük dereceyi seçmek anlamını taşır.

2.8.1. Akaike Bilgi kriteri (AIC)

AIC, model karşılaştırmalarında en iyi modelin seçilebilmesi amacıyla kullanılan bilgi kriteridir. Burada iç içe geçmemiş modeller ya da farklı örneklemlerden elde edilen modeller için karşılaştırma yapılabilmektedir. AIC formülü, aşağıda verilmektedir:

$$AIC = -2 \ln L(\Phi_k) + 2k \quad (2.23)$$

Bu kriterde aynı link ve varyans fonksiyonuna sahip ancak farklı değişkenli GLM karşılaştırmaları uygun görülmektedir³⁴.

2.8.2. Schwarz (Bayesyen) Bilgi Kriteri (BIC)

BIC, AIC'ye benzer biçimde iç içe geçmiş ve geçmemiş modellerin karşılaştırılmasında kullanılmaktadır. Daha iyi uyum gösteren model AIC'de olduğu gibi daha küçük değere sahiptir. Kriterin formülü aşağıda verilmiştir:

$$BIC = -2 \ln L(\Phi_k) + k \ln n \quad (2.24)$$

Aşağıdaki tabloda ise BIC kriteri kapsamında model tercihi dereceleri verilmektedir:

³³ Ö. KORUCU. "Genelleştirilmiş Lineer Modellerde Model Seçimi Üzerine Alternatif Bir Yaklaşım". *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010, s.23.

³⁴ B. HUA & J. SHAOB. "Generalized linear model selection using R2". *Journal of Statistical Planning and Inference*, 2008, s. 3705-3712.

Tablo 7: BIC Kriterlerine Göre Model Tercih Dereceleri

$ fark $	Tercih Derecesi
0-2	Zayıf
2-8	Pozitif
6-10	Güçlü
>10	Çok Güçlü

2.9. Artıklar (Residuals)

Artıklar modellenmiş değerlerin standart sapmasıyla standart hale getirilen artıklardır. Dönüşüm hesaplanan artıkların standart normal dağılıma yaklaşık olduğu biçimde seçilir.

2.9.1. Pearson Artıkları

Y_i gözlemi için ham artık $\hat{e}_i = y_i - \hat{y}_i$ biçiminde tanımlanmaktadır. Bu artıklar modellenmiş değerlerin standart sapmasıyla standart hale getirilen artıklardır ve şu biçimde ifade edilmektedirler:

$$e_{i,Pearson} = \frac{y_i - \hat{y}_i}{\sqrt{\hat{y}_i}} \quad (2.25)$$

Bu artıklar Person ki-kare ile ilişkili olup eğer model tutarlaysa büyük örneklem söz konusu olduğunda sabit varyansla yaklaşık şekilde normal dağıldığı kabul edilmektedir. Fakat \hat{y}_i standart hatası ile bu artıkların varyansı standartlaştırıldıklarına dahi 1 olduğu kabul edilmemektedir. Person artıklarında standart hatalarının düzeltilmiş hali aşağıdaki formülle elde edilebilmektedir:

$$e_{i,adj,P} = \frac{e_{i,Pearson}}{\sqrt{1-d_{ii}}} \quad (2.26)$$

2.9.2. Anscombe Artıkları

Anscombe, artıkların gözlenen veri ile modellenmiş değerlerin çeşitli dönüşümlerine dayalı olarak tanımlanabileceğini 1953'te ifade etmiştir. Buna göre

dönüşüm hesaplanan artıkların standart normal dağılıma yaklaşık olduğu biçimde seçilir ve bu artıklar aşağıdaki formül ile tanımlanmaktadır:

$$e_{i,Anscombe} = \frac{A(y_i) - A(\hat{y}_i)}{\sqrt{var(A(y_i) - A(\hat{y}_i))}} \quad (2.27)$$

Yukarıdaki formülde A(.) fonksiyonu, veri türü çerçevesinde seçilmektedir³⁵.

2.9.3. Sapma (Deviance) Artıkları

Gözlem sayısı i modelin uyum ölçüsü biçiminde sapmaya aşağıdaki ifade kapsamında katkıda bulunmaktadır:

$$D = \sum_{i=1}^n d_i$$

Sapma artıklarının tanımlanması ise aşağıdaki formül ile gerçekleştirilmektedir:

$$e_{i,sapma} = sign(y_i - \hat{y}_i) \sqrt{d_i} \quad (2.28)$$

Sapma artıklarının standart formu ise şu biçimde ifade edilmektedir:

$$e_{i,adj,D} = \frac{e_{i,sapma}}{\sqrt{1 - H_{ij}}} \quad (2.29)$$

Burada H_{ii} ifadesi Hessian matrisinin köşegen elemanlarını göstermektedir³⁶.

2.10. Güven Aralıkları

$\beta = (\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_q)'$ parametrelerinde bireysel elemanlar doğrultusunda oluşturulacak güven aralıkları, Likelihood oran testi ya da Wald testi ile oluşturulmaktadır³⁷.

³⁵ E. OHLSSON & B. JOHANSSON. "Non-Life Insurance Pricing with Generalized Linear Models". Springer, (174), 2010, s.211

³⁶ KORUCU, a.g.t., s.28.

³⁷ A. KHURI. Linear Models Methodology. USA: Chapman & Hall, 2010, s.483.

Wald güven aralıklarında GLM için örnek hacmi sonsuza yaklaşırken aşağıdaki ifade yaklaşık olarak normal dağılımlıdır:

$$\frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{\sqrt{a_{ij}}}, \quad i = 1, 2, \dots, q \quad (2.30)$$

Bağımlı değişkenin ortalama değeri için güven aralıkları kapsamında ortalama $\mu(x)$ üzerindeki güven aralığı aşağıdaki biçimde ifade edilmektedir:

$$g^{-1} \left\{ x' \hat{\beta} \pm [x'(X'WX)^{-1}x_i]^{1/2} Z_{\alpha/2} \right\} \quad (2.31)$$

2.11. Özel Genelleştirilmiş Lineer Modeller

2.11.1. Doğrusal Regresyon Modeli

Değişkenler arası ilişkilerin incelenmesi için birçok modelin olduğu görülmektedir. Bu modellerden biri de doğrusal modellerdir. Bu modellerde olan doğrusallık varsayımı, parametreler arası ilişkinin doğrusallığından dolayıdır. Örneğin; $\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p$, $\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_1^2$ veya $\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_1 x_2$ modellerindeki parametreler doğrusaldır. Açıklayıcı değişkenlerin polinomial veya çarpımsal olduğu görülmektedir³⁸. Bunlarda amaç, gözlemlenen bir değişkende olan değişimin, bir ya da daha fazla gözlemlenen değişkenle açıklanmasıdır. Bu değişimi, bir değişkenle açıklamış olan modeller basit doğrusal modellerdir. Ancak daha fazla değişkenle açıklamış olanlar çoklu doğrusal model olarak adlandırılmışlardır. Farklı kaynaklarda bağımlı değişken ya da sonuç değişkeni olarak isimlendirilen Y bağımlı değişkeni; bağımsız değişken, eş değişken, tahmin edici, risk faktörü, dışsal değişken ve regresör olarak isimlendirilen ise X açıklayıcı değişkenidir. Genellikle bir doğrusal modelin şekli şöyledir:

$$E(y|x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p \quad (2.32)$$

Eşitliğin farklı bir biçimi ise şu şekilde gösterilebilmektedir:

³⁸ DE JONG ve HELLER,(2008), a.g.e.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon, \quad E(\varepsilon) = 0 \quad (2.33)$$

Bu model matris olarak $Y = X\beta + \varepsilon$ şeklinde gösterilmektedir. Burada $Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_n\}'$ şeklinde gözlem vektörü, X $n \times p$ boyutlu açıklayıcı değişken matrisi, $\beta = \{\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p\}'$ parametre vektörü ve $\varepsilon = \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n\}'$ hata vektörüdür. $\beta = \{\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p\}'$ parametrelerinin bulunması için 1980'lerde yapılan ilk çalışma, hata terimlerinin karelerini toplayan $\varepsilon'\varepsilon = \sum_i \varepsilon_i^2$ ifadesini en az yapan β değerlerini, bu parametrelerin tahmini şeklinde kabul edilmesidir. Sonradan önerilen bazı yaklaşımlarda ise hata teriminin ortalaması ve varyansına ilişkin varsayımlar yapılmıştır³⁹. Bu model varsayımlarında kullanılan hata terimi $\varepsilon = Y - X\beta$ dır.

Klasik doğrusal bir modelde aşağıdaki özelliklerin olduğu kabul edilmektedir:

- Sabit Varyanslılık (Homoskedastic): $Var(\varepsilon) = \sigma_\varepsilon^2$, σ^2 sonlu ve sabit bir değerdir.
- Normal Dağılımlılık (Normal): $\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$
- İlişkisizlik (Uncorrelated): Her y gözlemi bağımsız olarak bulunmaktadır. ε hata terimleri de bağımsız veya ilişkisiz olmaktadır⁴⁰.

2.11.2. Gamma Regresyon Modeli

Gamma dağılımı, istatistik ve olasılık teorisi dışında beta dağılımıyla beraber matematik teorisinde de geniş biçimde kullanılmaktadır. Bunun yanında gamma dağılımı güvenilirlik uygulamalarında da kullanılmakta olup tüm $t > 0$ değerleri için şu biçimde tanımlanmaktadır⁴¹.

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} \cdot e^{-x} \cdot dx \quad (2.34)$$

Gamma regresyon modelinde T_j Gamma (β_0, k, σ) varsayılmıştır. İlişkili kümülatif sıklık fonksiyonu aşağıda verilmiştir:

³⁹ MCCULLAGH ve NELDER, a.g.e., s.21-25.

⁴⁰ DE JONG ve HELLER, a.g.e., s.35-40.

⁴¹ M. AYTAÇ Matematiksel İstatistik. Bursa: Ezgi Kitabevi, 2012.

$$F(\tau) = \begin{cases} \text{eğer } K > 0 \text{ ise} & I(y, u) \\ \text{eğer } K = 0 \text{ ise} & \Phi(z) \\ \text{eğer } K < 0 \text{ ise} & 1 - I(y, u) \end{cases} \quad (2.35)$$

Burada kümülatif sıklık fonksiyonu ile aşağıda verilen ifade, tamamlanmamış gamma fonksiyonudur:

$$I(a, x) = \frac{1}{\Gamma(a)} \int_0^x e^{-v} v^{a-1} dv \quad (2.36)$$

Dolayısıyla sonuç olarak fonksiyon;

$$E\{\ln(T_j)|x_j\} = \beta_0 + x_j\beta_x + e(u_j) \quad (2.37)$$

biçimindedir.

2.11.3. Ters-Gauss (Inverse Gaussian) Regresyon Modeli

Ters-Gauss dağılımı genellikle pozitif ve sağa çarpık veri setlerini tanımlamak amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır⁴². Kişilerin hasar talebi sayısının λ parametresi ile poisson dağıldığı ve λ parametresinin değişken bir dağılım fonksiyonu olan Λ değerinin gözlenen değeri olduğu varsayıldığında Λ ifadesinin dağılımı Ters-Gauss ile aşağıdaki biçimde ifade edilmektedir:

$$U(\lambda) = \frac{g}{\sqrt{2\pi h\lambda}} e^{-\frac{(\lambda-g)^2}{2h\lambda}} \quad g, h > 0 \quad (2.38)$$

2.12. Genelleştirilmiş Lineer Karma Modeller

GLM'nin rastgele etkiler sonucu genişletilmiş hali GLKM'dir. GLM'de bütün açıklayıcı değişkenlerin sabit etki değişkenleri şeklinde düşünüldüğü, GLKM'de ise sabit ve rastgele etkiler düşünüldüğü belirtilmektedir. Kümelenmiş veriler ve panel verilerin analizinde GLKM'ler çok sık kullanılmaktadır. Aktüerya verilerinin sabit ve rastgele etkileri bir arada barındırdığı söylenebilmektedir. Bu sebeple GLKM ile modelleme daha uygun olmaktadır.

⁴² M. DENUIT & P. LAMBERT. "Smoothed NPML Estimation of the Risk Distribution Underlying Bonus-Malus Systems". *Proceedings of the Casualty Actuarial Society*, 88(169), 2001.

Nelder ve Verall'a (1989) göre GLM, rastgele etkileri de içinde barındıran bir regresyon kredibilite modeli şeklinde ele alınabilmektedir. GLM rastgele etkiler sonucunda GLKM'ye dönüşmektedir. Bu GDKM'de bir regresyon kredibilite modeli şeklinde ifade edilmektedir. GLKM'ye dair yapılan bu araştırmalardan sonra Antonio ve Beirlant (2007) ve Ohlsson (2010) tarafında da çalışmalar yapılmıştır. GLKM'ler, link fonksiyonu, doğrusal bileşen ve GLM gibi olasılık yoğunluk fonksiyonu gibi model bileşenlerden meydana gelmektedirler. Karma modellerde rastgele etki değişkeninin devreye girdiği görülmektedir. Bu durum ikili ve sınıflandırılmış veri analizlerinde önemli olmaktadır⁴³. GLKM'de rastgele etki kullanımı, β regresyon katsayılarının bir alt kümesi için gözlemlerde heterojenlik olması fikriden dolayıdır⁴⁴.

Antonio ve Beirlant (2007), Aktüerya Bilimlerinde GLKM'lerin kullanımına dair bir araştırma yapmışlardır. GLM'de gözlemlerin birbirlerinden bağımsız olduğu varsayımı vardır fakat risk sınıfları birbiri ile bağımlı olmakta ve risk sınıfları ile çalışırken GDKM'ler kullanılmalıdır. Bu tarz verilerde bağımlılık problemi yaşanabilmektedir. Meydana getirilen sınıflar içinde bağımlılığın yok edilmesi için GDKM'lerde sınıflara özel rastgele etki değişkeni belirlenmektedir. Bu rastgele etki değişkeninin elde olduğu varsayımında sınıflar arasında bağımsızlık şartı elde edilmektedir. Veri dönüşümü gereksinimi olmaması ve üstel aileden farklı dağılımlarda kullanılabilirdiği için GLKM de GLM kadar önemli bir yöntem olarak görülmektedir⁴⁵.

Dannenburg ve arkadaşları (1996), kredibilite faktörleri türünden risk primine dair tahmin elde etmek için kredibilite hesaplamaları yapmış ve farklı gözlemlere ağırlıklandırma yapmışlardır. Yapılan bu araştırmalar, bilinmeyen varyans bileşenleri ve β 'nin fonksiyonlarıdır. Karma modellerde bu tarz fonksiyonların modellenmesi yararlıdır. Bunun nedeni ise şu şekilde sıralanabilmektedir⁴⁶:

- Rastgelene etkilerin tahminlere etki edebilmesi

⁴³ J. GARRIDO & J. ZHOU. "Full Credibility with Generalized Linear and Mixed Models". *ASTIN Bulletin*, 39(1), 2009, s. 61-80.

⁴⁴ K. ANTONIO ve J. BEIRLANT "Actuarial Statistics with Generalized Linear Mixed Models". *Insurance: Mathematics and Economics*, (19), 2007.

⁴⁵ ANTONIO ve BEIRLANT, a.g.m

⁴⁶ ANTONIO ve BEIRLANT, a.g.m..

- Bu modellerin regresyon katsayısı (β) ve varyans bileşenlerini modele aynı esnada dahil edebilmesi ve daha geniş modelleme imkanı sunabilmesi

Sigorta portföyünde birden çok risk sınıfı ortaya çıktığında, risk sınıflarının gerçekleşmiş hasar sayısına etkisini incelemek için GLKM'ler kullanılabilir. GLM'de parametreler sabit etkilerdir, fakat GLKM'de sabit ve rastgeledir. GLKM'lerde β_i ve u rastgele etki parametrelerinin tahmini için birçok yöntem kullanılabilir. Bunlar; Sınırlandırılmış Sözde Olabilirlik (Restricted Pseudo-Likelihood), Cezalı Yarı-Olabilirlik (Penalized Quasi-Likelihood(PQL)), en çok olabilirlik yaklaşımları için Monte- Carlo Yöntemi, Bayesci Yöntem, doğrusallaştırma temelli Sözde-Olabilirlik (Pseudo-Likelihood), Gauss-Hermite Tümevli (Gauss-Hermite Quadrature), Laplace Yakınsaması, Genelleştirilmiş Tahmin Eşitliği (Generalized Estimating Equation) olarak sıralanabilmektedir⁴⁷.

2.13. Model Seçimi

Modellemede parametre tahmininden sonra ortaya çıkan model için uyum iyiliği testlerinin yapılması gerekmektedir. Ölçüt, model seçimi için büyük önem taşımaktadır. Örnek vermek gerekirse; yalnızca Y ve Y 'nin bir dönüşümü ($\log Y$ gibi) arasında hangisinin uygun olduğuna dair sorulan soruya verilecek yanıt çok önemlidir. GLM'lerde model sonuçları yorumlanırken, en iyi modelin seçimi için bilgi kısıtlarından faydalanılabilmektedir. Modellerin karşılaştırılmasında L olabilirlik değerini, p parametre sayısını, n örneklem büyüklüğünü, S artık kareler toplamını ve σ^2 varyansını ifade etmek üzere kullanılacak kısıtlar şu şekilde sıralanabilmektedir⁴⁸:

- Log-Olabilirlik Değeri
- AIC: Akaike Bilgi Kriteri ($-2L + 2p$) veya ($S/\sigma^2 + 2p$)
- BIC: Bayesci Bilgi Kriteri ($-2L + p \log n$) veya ($S/\sigma^2 + p \log n$).

S / σ^2 işlemi, gözlemlenmiş verilerin modellenmesi noktasında yanlılığın ölçülmesini sağlamaktadır ve küçük olması beklenmektedir.

⁴⁷ T. KOÇ ve M. A. CENGİZ. "Genelleştirilmiş Linear Karma Modellerde Tahmin Yöntemlerinin Uygulamalı Karşılaştırılması". *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 2012, s. 47-52.

⁴⁸ KOÇ ve CENGİZ. *a.g.m.*, s.35.

- AICC: Akaike Bilgi Kriterinin Küçük Örneklem Yanlı Düzeltilmiş Hali $(-2L + 2p^n / (n-p-1) - 2L)$
- CAIC: Tutarlı Akaike Bilgi Kriteri $(-2L + p(\log n + 1))$
- HQIC: Hannan ve Quinn Bilgi Kriteri $(-2L + p \log n)$
- Genelleştirilmiş Pearson Ki-Kare
- Sapma Değeri
- Artık Değerler : Pearson Artığı, Anscombe Artığı, Yanıt Artığı, Kısmi Artık şeklindedir.

En iyi modeller, bu kısıtlar içinde Log-Olabilirlik dışında en küçük değere sahip olanlardır. Log-Olabilirlik değerine göre karşılaştırma yapılırken değerinin büyük olması, en iyi model olduğunu göstermektedir. Modelde olacak değişkenler ve olmayacak değişkenler önemli bir noktadır. Tüm açıklayıcı değişkenleri barındıran modeller, en iyi olarak görülebilmektedir fakat bağımlı değişkene etkisi minimum olan değişkenler, model uyumunun azalmasına neden olacaktır. Buna göre değişkenlerin bazıları, birlikte modelde yer alırsa eğer etkilerini azaltabilmektedir.

Zhou (2011), GLM'ler için bir uyum iyiliği analizi üzerinde çalışmıştır. Araştırmada GLM tahmin edicileri ile kısmi kredibilitenin ağırlıklı tahmin edicilerini karşılaştırmakta ve kredibilite tahmin edicilerinin belirli standartlarda GLM tahmin edicilerinden üstün olduğunu kanıtlamaktadır. Bu standartlar; Yanıt Artığı, Anscombe Artığı, Sapma Artığı, Pearson Artığı, Olabilirlik Artığı, Çalışan Artık, Skor Artığı, Kısmi Artık ve Düzeltilmiş Sapma Artığıdır. GLM'ler, kişisel verilerle meydana getirilebileceği gibi sınıflanmış verilerle de oluşturulabilmektedir. Sigorta verilerinin genelde sınıflandığı veya sınıflanmaya uygun olduğu görülmektedir. Sınıflanmış veri kullanımında, her bir sınıfta olan kişi sayısı ağırlık faktörleriyle işin içine girmektedir. Poisson Regresyon Modelleri, logaritmik link fonksiyonunun kullanıldığı modellerdendir. Bu ağırlıklar bu modelde bulunmaktadır.

2.14. Risk Sınıflandırması

Ayrı türdeki risklerden meydana gelen bir portföyün risk sınıflarına ayrılarak, adil prim üretmesi için risk sınıflandırması yapmak önemli olmaktadır⁴⁹. Bir trafik sigortası, belirli risk etkenlerine göre sınıflandırılabilir. Cinsiyet, yaş, kaza geçmişi, medeni hal, kullanım tarzı, hasarsızlık indirimi ve yaşanan bölge gibi etkenler sürücü özellikleridir. Motor gücü, motor hacmi, araç bedeli, araç yaşı, yakıt tipi, araç rengi ve araç ağırlığı gibi etkenler ise fiyatlandırma faktörlerindedir. Risk faktörleriyle önsel sınıflandırma yapılabilmektedir fakat homojen bir sınıflandırma mümkün olmamaktadır. Sonrasında geçmiş hasar deneyim bilgisi ile daha kuvvetli bir sınıflandırma gerekebilir. Açıklayıcı değişkenlerin sınıflandırılmasında belirli ölçümler kullanılmaktadır. Veri analizi konusunda önemli noktalardan biri ise yapılan ölçümlerde kullanılmış olan ölçüt olmaktadır. Kullanılan veri sürekli ya da kategorik olabilmektedir. Kategorik veri söz konusu olduğunda belirlenen değişkenlerin nominal veya ordinal olduğu önem kazanmaktadır.

Nominal Sınıflandırma: İkili (binary), iki terimli (binomial) değişkenler ya da çoklu (multinomial) veri kümelerine uygun olduğu düşünülmektedir. Örnek vermek gerekirse eğer yeşil-mavi-kırmızı, kadın-erkek, biliniyor-bilinmiyor, evet-hayır gibi.

Sıralı (Ordinal) Sınıflandırma: Bir derecelendirme veya sıralamaya göre yapılmaktadır. Örnek vermek gerekirse eğer genç-orta yaşlı-yaşlı, kan basıncı değerleri $\leq 70, 71 - 90, 91 - 110, 111 - 130, \geq 130$ mm Hg, motor hacmi $\leq 1600, 1600 - 2000, \geq 2000$ gibi.

Nominal ve ordinal sınıflandırma için kullanılmış olan veriler, "kategorik veri kümeleri" şeklinde isimlendirilmekte ve gözlemlerin sayı değerleri ya da sıklıklarıyla ilgilenilmektedir⁵⁰.

⁴⁹ ANTONIO ve BEIRLANT, a.g.m., s.25.

⁵⁰ DOBSON, a.g.c., s.78.

III. BÖLÜM

FİYATLAMADA GENELLEŞTİRİLMİŞ LINEER MODELLERİN KULLANILMASI VE BELİRLEYİCİ PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Türkiye’de sigorta sektörünün son yıllarda hızlı büyümesi sebebiyle şirketler sektör paylarını arttırmak için çeşitli yöntemlerle fiyatlama çalışmaları geliştirmektedirler. Fiyatlama çalışmasında en önemli faktörden biri uygun, doğru ve/veya etkili parametrelerin belirlenmesidir.

Bu çalışmada, tarife çalışmasına ilişkin poliçelerin fiyatlandırılmasında Genelleştirilmiş Lineer Modeller kullanılarak her bir poliçeye ilişkin risk parametrelerini göz önüne alan istatistiksel bir model elde etmek amaçlanmıştır.

Literatürde kasko sigortaları fiyatlaması ve parametre analizi ile ilgili olarak oldukça az sayıda çalışma bulunmakla birlikte Douglas Bates veri özelliklerini dikkate alan örneklemeler ile birlikte parametre tahminlerini ve model tahmini çalışmasını içeren bir makale yayınlamıştır⁵¹.

2012 yılında İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü’nde “Aktüerya Alanında Genelleştirilmiş Lineer Modeller Kullanılarak Prim Fiyatlama ve Filo Verisi Üzerinde Bir Uygulama” isimli doktora tezi bulunmakta olup, filolara ilişkin poliçelerin fiyatlandırılmasında Genelleştirilmiş Lineer Modeller kullanılarak her bir sigortalı araca ilişkin risk faktörlerini göz önüne alan istatistiksel bir model elde edilmiştir. Bu tez çalışmasında “Araç Kullanım Tipi”, “Araç Yaşı”, “Motor Gücü”, “Yakıt Tipi” ve “Silindir Sayısı” gibi parametrelerin analizleri incelenmekte olup, veri setinin analizi sonucunda hasar tutarlarının, Gama ve Ters Gauss dağılımına uyduğu yapılan Q-Q Plot grafik analizlerle gösterilmiştir. Bağımsız parametreler arasındaki korelasyonlar dikkate alınarak etkileşimli parametreler oluşturularak çok sayıda model denenmesine rağmen

⁵¹ Douglas BATES, *Generalized Linear Models* November 01, 2010, s.31-45.

AIC değerlerinin yükseldiği görülmüştür. Bu nedenle gelecek döneme ilişkin tahminlerin yapılmasında Logaritmik Bağlı Gama Modeli kullanılmıştır.

Analizde kullanılan veri seti, özel bir sigorta şirketine ilişkin hasar sayısı ve araca ilişkin özelliklerden oluşmaktadır. Veri seti özel bir sigorta şirketinden elde edilmiş 160.593 farklı poliçeye^{*} ilişkin toplam 17 değişkenden ve hususi araçların müşteri tipi tüzel olan verilerinden oluşmaktadır.

Veri yapısının anlaşılabilmesi için veri seti içerisinde bulunan bütün parametrelerin grafik analizleri ile detaylı olarak Bölüm 3.1 ve Bölüm 3.2’de incelenmiştir.

Analizde ilk olarak poliçelere ait olan 17 tanımlayıcı parametreyi uzman aktüer görüşünde ikililer şeklinde gruplayarak bunların kendi aralarında korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. İkinci olarak korelasyon analizi sonrasında fiyatlamaya dahil edilen parametrelerin hasar frekans model tahmini yönetimi ile çoklu regresyon sonuçları incelenmiş olup son olarak ise regresyon sonuçlarından elde edilen parametrelerin fiyatlamadaki katsayıları tespit edilip model sonucu ile bir risk primi elde edilmiştir.

3.1. Veri Setinde Kullanılan Parametreler ve Korelasyon Analizi Bulguları

160.593 adet poliçeden oluşan veri setinde poliçelere ait 17 farklı parametre bulunmakta olup bu parametreler sektörde kullanılan, kabul görmüş ve uzman aktüer görüşü doğrultusunda belirlenmiş standart tarife parametreleridir.

Bu parametreler Tablo 8’de yer almaktadır.

Tablo 8: Veri Setindeki Parametreler

Yakıt Tipi	Hasarsızlık Kademesi	Araç Uzunluğu
Motor Tipi	Basamak Değişimi	Plaka İl-İlçe
Silindir Sayısı	Araç Yaşı	Mernis İl-İlçe
Silindir Tipi	Araç Sigortalı Bedeli	Lüks Model
Beygir Gücü	Araç Sınıfı	Marka Model
Çekiş Tipi	Araç Hacmi	

* Sigorta Şirketi ile tarafımca imzalanan gizlilik sözleşmesi gereği şirketin ismi verilememektedir.

Çalışmada Sigorta Bilgi ve Gözetim Merkezi veri deseni üzerinden aktarılan parametrelerden uzman aktüer görüşü doğrultusunda şirketler bazında standart olarak kullanılan 17 parametre seçilmiştir. Seçilen bu parametrelerin Korelasyon Analizi incelenerek aynı şekilde uzman aktüer görüşü doğrultusunda korelasyonu 0.6 nın üzerinde olan parametrelerden aralarındaki ilişkinin güçlü olduğu varsayımı altında 10 parametre belirlenmiş ve uygulamada kullanılmıştır. Tablo 9’da 17 parametreye ait korelasyon analizi sonuçları yer almaktadır. Bu analizler ekseninde “Yakıt Tipi”, “Silindir Sayısı”, “Beygir Gücü”, “Hasarsızlık Kademesi”, “Araç Yaşı”, “Araç Sigorta Bedeli”, “Araç Hacmi”, “Araç Sınıfı”, “Plaka İli” ve “Marka-Tip” olmak üzere 10 parametrenin Genelleştirilmiş Lineer Modelleme Analizinde kullanılmasına karar verilmiştir.

Tablo 9: Veri Setindeki Parametrelerin Korelasyon Analizi

Faktör	Marka	Lüks Model	Meris İlçe	Plaka İlçe	Silindir Sayısı	Silindir Tipi	Çekis Tipi	Motor Tipi	Yakıt Tipi	Beygir Gücü	Araç Uzunluğu	Basamak Değişimi	Hasarsızlık Kademesi	Araç Yaşı	Araç Bedeli	Araç Hacmi	Araç Sınıfı
Marka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüks Model	0.033	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meris İlçe	0.033	0.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plaka İlçe	0.05	0.057	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Silindir Sayısı	0.638	0.637	0.331	0.048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Silindir Tipi	0.487	0.431	0.327	0.046	0.159	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çekis Tipi	0.706	0.705	0.043	0.064	0.628	0.639	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Motor Tipi	0.44	0.393	0.332	0.054	0.69	0.56	0.583	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yakıt Tipi	0.559	0.501	0.04	0.065	0.567	0.571	0.573	0.991	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beygir Gücü	0.425	0.425	0.339	0.06	0.616	0.495	0.739	0.487	0.619	0	0	0	0	0	0	0	0
Araç Uzunluğu	0.421	0.419	0.038	0.059	0.567	0.45	0.675	0.459	0.581	0.464	0	0	0	0	0	0	0
Basamak Değişimi	0.032	0.029	0.027	0.045	0.01	0.028	0.031	0.016	0.02	0.027	0.026	0	0	0	0	0	0
Hasarsızlık Kademesi	0.061	0.061	0.033	0.051	0.055	0.054	0.086	0.045	0.056	0.065	0.065	0.65	0	0	0	0	0
Araç Yaşı	0.256	0.255	0.026	0.043	0.374	0.292	0.425	0.341	0.445	0.208	0.197	0.151	0.207	0	0	0	0
Araç Bedeli	0.207	0.24	0.032	0.046	0.45	0.36	0.583	0.336	0.436	0.411	0.323	0.036	0.076	0.287	0	0	0
Araç Hacmi	0.487	0.485	0.042	0.063	0.546	0.441	0.683	0.452	0.574	0.502	0.699	0.223	0.054	0.289	0.41	0	0
Araç Sınıfı	0.47	0.468	0.041	0.06	0.567	0.455	0.748	0.448	0.585	0.463	0.593	0.225	0.053	0.237	0.389	0.829	0

Korelasyon temel anlamda iki parametre arasındaki ilişkiyi göstermek için kullanılır. Korelasyon iki parametrenin birlikte değişiminin bir ölçüsüdür. Korelasyon katsayısı matematiksel olarak -1 ile +1 arasında değerler alır.

Eğer iki parametre arasında hiç ilişki yoksa korelasyon katsayısı sıfır ya da sıfıra yakın bulunur. Eğer iki parametre birbiriyle yüzde yüz oranında ilişkili ise korelasyon maksimum (1) değeri (mükemmel ilişki) alır.

Korelasyon Katsayısı Yorumu

- +1,00' a yaklaştıkça iki parametre arasında aynı yöndeki ilişki artar. Parametrelerden biri artarken diğeri de artar.
- -1,00' a yaklaştıkça iki parametrenin arasında ters yönde ilişki artar. Parametrelerden biri artarken diğeri azalır.
- 0,00'a yaklaştıkça iki parametre arasındaki ilişki azalır. (Prof.Dr. Kemal Doymuş)

3.1.1. Yakıt Tipi ve Motor Tipi

Tablo 10: Yakıt Tipi ile Motor Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi

Korelasyon Analizi	Motor Tipi
Yakıt Tipi	0.991

Yakıt tipi ve Motor tipi parametreleri için aralarındaki korelasyon katsayısı 0.991 olup, yüksek ilişkinin en iyi örneklerinden biri olduğu görülmektedir.

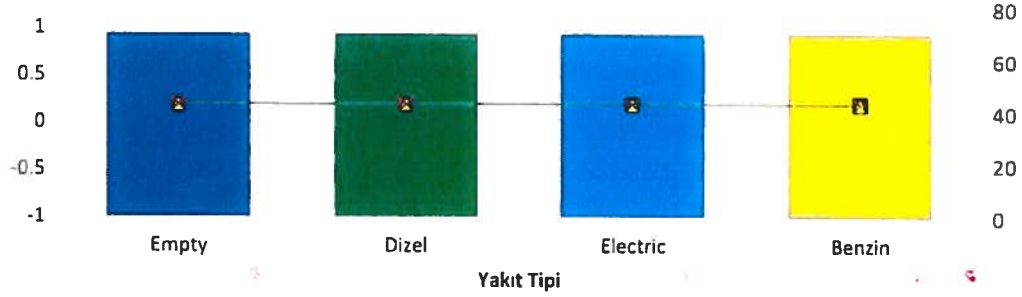
Bu iki parametrenin aralarındaki ilişkinin çok güçlü olduğu görülmekte olup modelde ikisinin de aynı trendleri vereceği anlaşılmaktadır dolayısıyla analizde mutlaka birinin kullanılmasının gerektiği tespit edilmiştir. Uzman aktüer görüşü doğrultusunda fiyatlama çalışmasında kullanılmak üzere *yakıt tipi* parametresi seçilmiştir.

Tablo 11: Yakıt Tipi Alt Kategoriler /Motor Tipi Alt Kategoriler Korelasyon Analizi (%)

	Motor Tipi (Boş)	Motor Tipi (Dizel Motor)	Motor Tipi (Elektrikli Motor)	Motor Tipi (Hibrit Motor)	Motor Tipi (Benzinli Motor)	Motor Tipi (Wankel Motor)
Boş	70.3146	0	0	0	0	0
Dizel	0.0348	69.806	0	0.0036	0.4703	0
Elektrik	0	0	70.3146	0	0	0
Benzin	0.0481	0.1021	0	0.2693	69.8844	0.0106

Yakıt tipi *elektrikli araçlar* ile Motor tipi *elektrikli motor* olan araçların korelasyon katsayılarının en yüksek olduğu görülmekte olup ilişkilerinin güçlü olduğu tespiti yapılmıştır. Ayrıca korelasyon katsayısı düşük olan Yakıt tipi *benzinli* olan

araçlar ile Motor tipi *wankel motor* olan araçların ilişkilerinin çok zayıf olduğu görülmektedir.



Grafik 3: Yakıt Tipi ile Motor Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi

Grafiğin aynı renk olması korelasyonun 1'e çok yakın olduğunu göstermektedir.

Bir diğer ifadeyle Yakıt tipi dizel olan araçların Motor tipi *dizel* motor olan araçlarla, *elektirikli* yakıt tipi araçların *elektrikli* motor araçlarla, *benzin* yakıt tipi araçların *benzin* motor tipi araçlarla korelasyonlarının yüksek olduğunu ifade etmektedir. Örneğin *dizel* yakıt tipi araçların motor tipi *dizel* olan araçlarla korelasyonunun 68.8 değeri ile yüksek bir orana sahip olduğu görülmektedir.

3.1.2. Silindir Sayısı ve Silindir Tipi

Tablo 12: Silindir Sayısı ile Silindir Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi

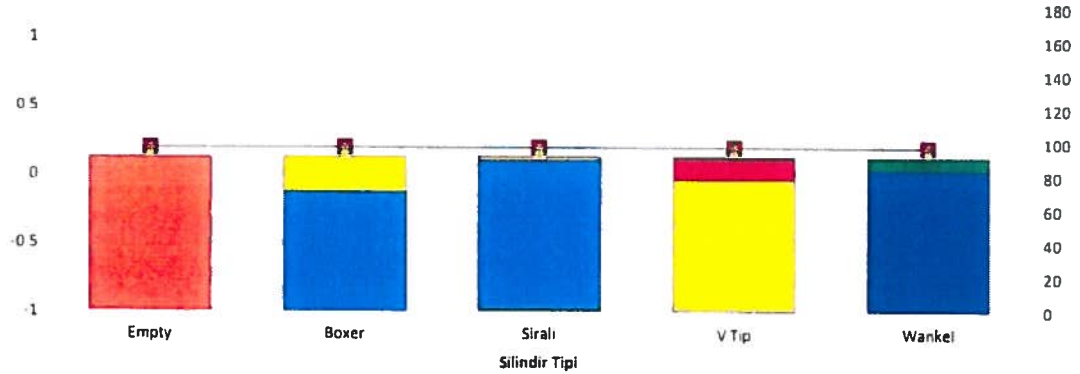
Korelasyon Analizi	Silindir Sayısı
Silindir Tipi	0.759

Silindir sayısı ile silindir tipi arasındaki korelasyon ilişkisi 0.76 gibi yüksek bir orana sahip olduğundan ilişkilerinin güçlü olduğu görülmektedir. Uzman aktüer görüşü doğrultusunda fiyatlama çalışmasında kullanılmak üzere *silindir sayısı* parametresi seçilmiştir.

Tablo 13: Silindir Sayısı Alt Kategoriler /Silindir Tipi Alt Kategoriler Korelasyon Analizi (%)

	Silindir (1-2 Silindir)	Silindir (3 Silindir)	Silindir (4 Silindir)	Silindir (5 Silindir)	Silindir (6 Silindir)	Silindir (8 Silindir)	Silindir (10-12 Silindir)	Silindir (Empty)
Boş	0.0123	0	0	0	0	0	0	91.9216
Boxer	0	0	71.4173	0	20.5166	0	0	0
Sıralı	0.0031	1.9838	87.908	0.7365	1.3023	0.0002	0	0
V Tip	0	0	0.0326	0.554	77.8055	12.5166	0.9982	0.027
Wankel	83.7771	0	0	0	0	0	8.1568	0

Silindir tipi *boxer* ve *sıralı* olan araçlar silindir sayısı "4" olan araçlar ile yüksek korelasyon göstermektedir. Aynı şekilde silindir tipi *V-tipi* olan araçların silindir sayıları "6" olan araçlar ile yüksek korelasyonlu olduğu ve en son *Wankel* silindir tipli araçların silindir sayısı "1-2" olan araçlarla ilişkisinin yüksek olduğu görülmektedir. Silindir tipi *wankel* araçlar ile silindir sayısı "10-12" olan araçların ilişkilerinin zayıf olduğu tespit edilmiştir.



Grafik 4: Silindir Sayısı ile Silindir Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi

Daha önce ifade edildiği gibi grafiğin aynı renk olması korelasyonun 1'e çok yakın olduğunu göstermektedir. Örneğin silindir tipi *boxer* olan araçların silindir sayısı "4" olan araçlar yüksek korelasyonlu (71.4173) görülmektedir. Sarı ile gösterilen alan ise silindir tipi *boxer* araçların silindir sayısı "6" olan araçlarla korelasyon sonucu olan 20.5166'yı ifade etmektedir.

3.1.3. Beygir Gücü ile Çekiş Tipi

Tablo 14: Beygir Gücü ile Çekiş Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi

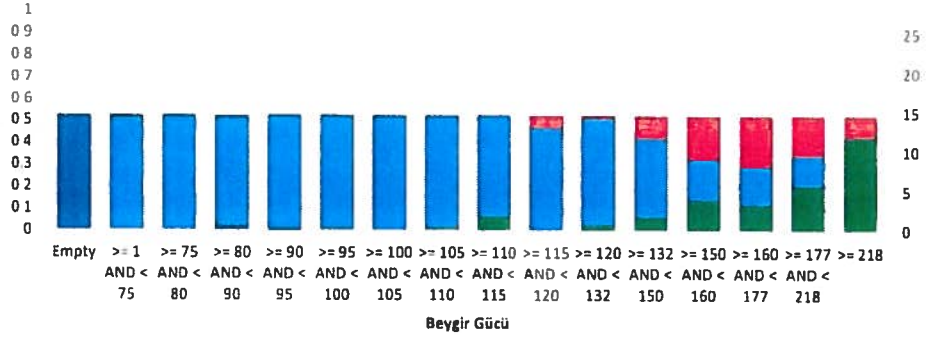
Korelasyon Analizi	Çekiş Tipi
Beygir Gücü	0.73

Beygir gücü ile aracın çekiş tipi arasında güçlü bir ilişki olduğu görülmekte olup aralarındaki korelasyon 0.73 tür. Uzman aktüer görüşü doğrultusunda fiyatlama çalışmasında kullanılmak üzere *beygir gücü* parametresi seçilmiştir.

Tablo 15: Beygir Gücü Alt Kategoriler / Çekiş Tipi Alt Kategoriler Korelasyon Analizi (%)

	Çekiş Tipi (Empty)	Çekiş Tipi (4X4)	Çekiş Tipi (Önden Çekiş)	Çekiş Tipi (Arkadan Çekiş)
Empty	14.5579	0	0	0
>= 1 AND < 75	0.0006	0.0065	14.4223	0.1285
>= 75 AND < 80	0	0	14.544	0.0139
>= 80 AND < 90	0.3418	0.2183	13.8785	0.1193
>= 90 AND < 95	0	0.1028	14.4522	0.0028
>= 95 AND < 100	0	0.1423	14.3987	0.0169
>= 100 AND < 105	0.0131	0.0022	14.4684	0.0741
>= 105 AND < 110	0	0.2749	14.262	0.0209
>= 110 AND < 115	0	1.7373	12.8204	0.0001
>= 115 AND < 120	0	0.0251	12.8671	1.6656
>= 120 AND < 132	0.0286	0.6782	13.4106	0.4404
>= 132 AND < 150	0	1.627	10.0169	2.914
>= 150 AND < 160	0	3.9261	5.0341	5.5976
>= 160 AND < 177	0.0002	3.2944	4.7487	6.5146
>= 177 AND < 218	0	5.754	3.742	5.0618
>= 218	0	11.6759	0.2112	2.6708

Korelasyon analizi sonucunda çekiş tipi *önden çekiş* olan araçların beygir gücü "1-150" arasındaki araçlar ile yüksek korelasyonda olduğu görülmektedir. Beygir gücü "150 -218" arasındaki araçların *önden çekişli* araçlar ile daha zayıf ilişkisinin olduğu görülmektedir.



Grafik 5: Beygir Gücü ile Çekiş Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi

Yukarıdaki grafikte beygir gücü ile çekiş tipi *önden çekiş* olarak tanımlanmış araçların yüksek bir korelasyon gösterdiği tespit edilmektedir.

Beygir gücü "*132 ve üzeri*" araçlar için *önden çekiş* tipi ağırlıklı olmaktan çıkmaya başlamaktadır. Hatta beygir gücü "*218 ve üzeri*" araçların çekiş tipi "*4x4*" olan araçlar ile ilişkilerinin yoğunluğu artmaktadır.

3.1.4. Hasarsızlık Kademesi ile Basamak Değişimi

Tablo 16: Hasarsızlık Kademesi ile Basamak Değişimi Parametrelerinin Korelasyon Analizi

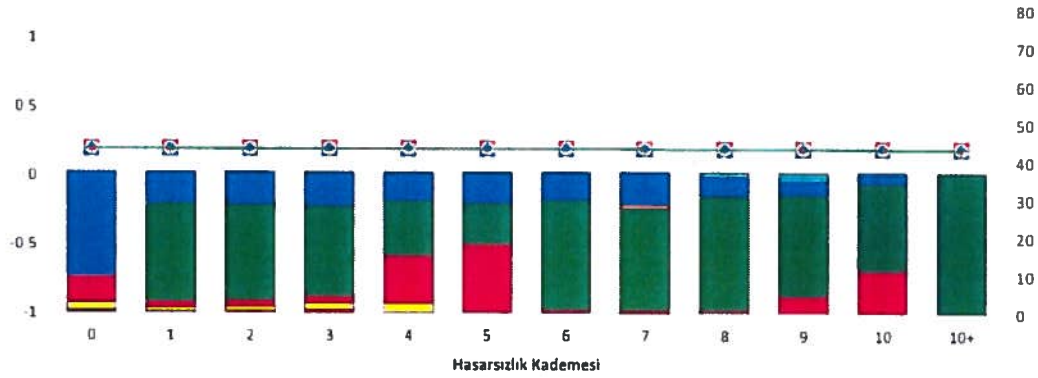
Korelasyon Analizi	Basamak değişimi
Hasarsızlık Kademesi	0.65

İki parametre arasındaki korelasyon 0.65 dir. Uzman aktüer görüşü doğrultusunda fiyatlama çalışmasında kullanılmak üzere *hasarsızlık kademesi* parametresi seçilmiştir.

Tablo 17: Hasarsızlık Kademesi Alt Kategoriler/Basamak Değişimi Alt Kategoriler Korelasyon Analizi (%)

	basamak değişimi (-5)	basamak değişimi (-4)	basamak değişimi (-3)	basamak değişimi (-2)	basamak değişimi (-1)	basamak değişimi (0)	basamak değişimi (1)	basamak değişimi (2)	basamak değişimi (Yeni İş)	basamak değişimi (-6 +)	basamak değişimi (Other)
0	0.0637	0.1563	0.1729	0.5201	1.796	7.083	0	0	27.4473	0.0107	0
1	0.0024	0.0518	0.0405	0.3661	0.9214	1.6826	25.8017	0	8.3816	0.0018	0
2	0.0046	0.0049	0.0555	0.4853	0.9515	1.8709	25.1453	0.1681	8.5617	0.0021	0
3	0.0076	0.0236	0.0808	0.8183	1.5531	1.9727	23.7991	0.0578	8.7826	0.0107	0.1437
4	0.019	0.0377	0.0997	0.1534	2.2853	12.4667	14.5686	0.0342	7.3895	0.0074	0.1884
5	0.0165	0.0372	0.0636	0.1083	0.2622	17.776	10.6508	0.075	8.0287	0	0.2316
6	0	0.0352	0	0.0114	0.0214	0.8833	28.8413	0.0988	7.204	0	0.1544
7	0	0	0	0.0921	0.1007	0.623	27.0367	0.8754	8.4313	0	0.0906
8	0	0	0	0	0.0473	0.9037	29.949	0.0728	5.172	0	1.1051
9	0	0	0	0	0	4.5886	26.7697	0	3.6145	0	2.2771
10	0	0	0	0	0	11.3503	23.0323	0	2.2298	0	0.6375
10+	0	0	0	0	0	0	37.2499	0	0	0	0

Bir araç bir yıl içerisinde yaptığı hasar sayısına göre bir sonraki poliçe döneminde bir veya daha fazla basamak değiştirmektedir. Dolayısıyla yaptığı hasar adedine göre basamakları artar yada azalır. Bir poliçe ilk defa kasko sigortası yaptırıyorsa 0. basamaktan başlar ve hasarsız olarak devam eder ise 1,2,3,4 ve 5+ olarak, hasarlı olarak devam eder ise -1,-2 olarak tanımlı basamağa sahip olur. Basamak değişimi 1 olan değişken ile tüm basamakların ilişkilerinin güçlü olduğu, basamak değişimi (-5) olan değişken ile tüm basamakların ilişkilerinin zayıf olduğu görülmektedir.



Grafik 6: Hasarsızlık Kademesi ile Basamak Değişimi Parametrelerinin Korelasyon Analizi

Grafikten hasarsızlık kademesi 0 olan araçların büyük çoğunluğunun yeni iş araçları olduğu görülmektedir. Korelasyon katsayısı da bununla doğru orantılı olarak yüksek çıkmaktadır. 5. basamak dışında diğer basamaklar incelendiğinde ise basamak değişimi 1 olan araçların korelasyonunun yüksek çıktığı görülmektedir. Bunun anlamı ise bir araç bir yıl içerisinde en yüksek 1 basamak fark yaratarak bir sonraki yenileme poliçesine geçmektedir.

5. *hasarsızlık* kademesinin basamak değişimi "0" olanlar ile en yüksek korelasyona sahip olduğu görülmektedir. Bunun sebebi bazı şirketlerin basamaklarını arttırmayıp her yıl hasarsız dahi olsa 5. basamak olarak devam ettirmeleridir.

3.1.5. Araç Yaşı ile Yakıt Tipi

Tablo 18: Araç Yaşı ile Yakıt Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi

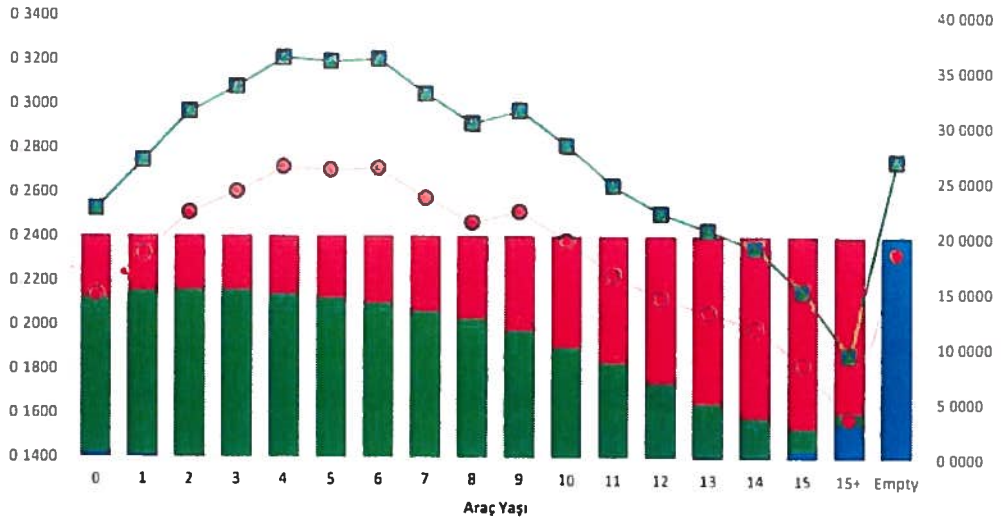
Korelasyon Analizi	Yakıt Tipi
Araç Yaşı	0.445

Araç yaşı ile yakıt tipi parametreleri arasındaki korelasyon katsayısının 0.445 olduğu görülmektedir. İlişkilerinin zayıf yönlü bir ilişki olduğu tespit edilip fiyatlama çalışmasında her iki değişkenin de kullanılmasının gerekli olduğu kararı verilmiştir.

Tablo 19: Araç Yaşı Alt Kategoriler/Yakıt Tipi Alt Kategoriler Korelasyon Analizi (%)

	Boş	Dizel	Elektrikli	Benzinli
0	0.3706	13.995453	0.0083	5.6539
1	0.2299	14.7834	0.007	5.0079
2	0.1316	15.001	0.0117	4.8839
3	0.0393	15.0448	0.0109	4.9332
4	0.0029	14.7358	0.0093	5.2801
5	0.0024	14.4085	0.0089	5.6083
6	0.0018	13.9482	0.0046	6.0736
7	0.0028	13.1959	0	6.8295
8	0.0094	12.5237	0	7.4951
9	0.005	11.4651	0	8.5582
10	0.0074	9.9299	0	10.0909
11	0.0076	8.5501	0	11.4705
12	0.0229	6.6919	0	13.3134
13	0.065	4.8031	0	15.1601
14	0.0732	3.5416	0	16.4134
15	0.6598	2.0526	0	17.3157
15+	3.0148	1.0056	0	16.0077
Empty	20.0282	0	0	0

Araç yaşı "1-9" arasındaki olan araçların yakıt tipi *dizel* olan araçlarla ilişkisinin güçlü olduğu görülmekte olup, "7-9" yaş arasındaki araçların yakıt tipi *elektrikli* araçlar ile ilişkilerinin yok sayılabilecek kadar az olduğu tespit edilmektedir.



Grafik 7: Araç Yaşı ile Yakıt Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi

Yukarıdaki grafikte “0-9” yaş araçlar için ağırlıklı olarak *dizel* araçların yoğunluğunun olduğu, daha az oranda *benzinli* araçların var olduğu görülmüştür. “10 yaş ve üzeri” araçlar için ise bu yoğunluğun *benzinli* araçlarda olduğu görülmektedir.

3.1.6. Araç Sigorta Bedeli ile Araç Sınıfı

Tablo 20: Araç Sigorta Bedeli ile Araç Sınıfı Parametrelerinin Korelasyon Analizi

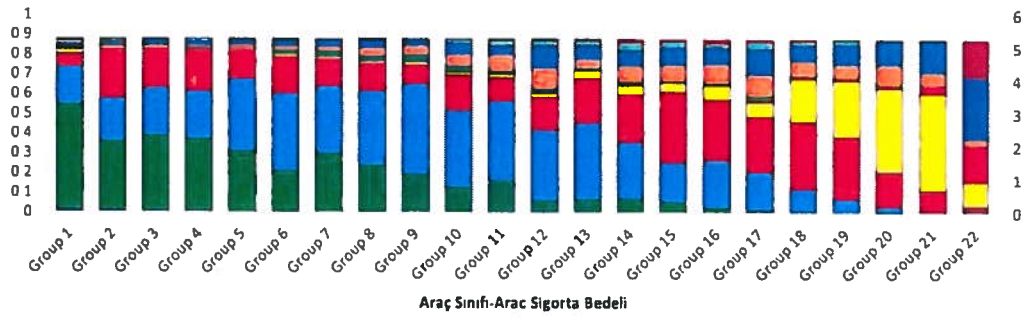
Korelasyon Analizi	Araç Sınıfı
Araç Sigorta Bedeli	0.389

Araç Sigorta Bedeli ile Araç Sınıfı parametreleri arasındaki ilişkinin zayıf yönlü olduğu görülmesi dolayısıyla fiyatlandırma da her iki değişkenin de kullanılmasına karar verilmiştir.

Tablo 21: Araç Sigorta Bedeli Alt Kategoriler/ Araç Sınıfı Alt Kategoriler Korelasyon Analizi (%)

Araç Bedel Grup	Araç Sigorta Bedeli	Mini	Small	Lower-medium	Upper-medium	Upper	Executive	MPV (large)	SUV (small)	SUV (large)	LCV (small)	LCV (large)	Empty
Group 1	>= 1 AND < 36.000	0.0786	3.235	1.1273	0.4250	0.1150	0.0252	0.0192	0.0317	0.1011	0.0809	0.0298	0.0397
Group 2	>= 36.001 AND < 43.500	0.0593	2.1172	1.2816	1.5233	0.0611	0.0214	0.0123	0.0383	0.1000	0.0464	0.0235	0.0027
Group 3	>= 43.501 AND < 50.000	0.0503	2.2974	1.4143	1.2505	0.0516	0.0095	0.0108	0.0161	0.1363	0.0358	0.0143	0.0002
Group 4	>= 50.001 AND < 54.000	0.0408	2.2172	1.4102	1.2807	0.0295	0.0080	0.0065	0.0635	0.1572	0.0577	0.0148	0.0011
Group 5	>= 54.001 AND < 58.000	0.0117	1.8539	2.1673	0.9547	0.0381	0.0077	0.0031	0.0611	0.1351	0.0204	0.0319	0.0020
Group 6	>= 58.001 AND < 62.000	0.0142	1.2420	2.3472	1.1327	0.0489	0.0020	0.1395	0.1174	0.1657	0.0171	0.0594	0.0010
Group 7	>= 62.001 AND < 65.500	0.0039	1.7960	2.0025	0.8779	0.0385	0.0020	0.1880	0.1223	0.2122	0.0245	0.0098	0.0094
Group 8	>= 65.501 AND < 71.000	0.0098	1.4236	2.2457	0.8571	0.0499	0.0062	0.1639	0.2259	0.2505	0.0290	0.0235	0.0020
Group 9	>= 71.001 AND < 75.500	0.0094	1.1648	2.7074	0.6184	0.0553	0.0181	0.2159	0.2767	0.1251	0.0328	0.0619	0.0012
Group 10	>= 75.501 AND < 81.000	0.0069	0.7656	2.3125	1.0989	0.0683	0.0031	0.1940	0.3592	0.3126	0.0402	0.1154	0.0103
Group 11	>= 81.001 AND < 86.500	0.0168	0.9551	2.3904	0.7453	0.0836	0.0117	0.0954	0.4994	0.2643	0.0176	0.1777	0.0298
Group 12	>= 86.501 AND < 92.500	0.0275	0.3581	2.1020	1.0225	0.1103	0.0196	0.1375	0.6118	0.6793	0.0168	0.1601	0.0416
Group 13	>= 92.501 AND < 99.500	0.0082	0.4072	2.2704	1.3861	0.2366	0.0077	0.0641	0.2740	0.4325	0.0058	0.1530	0.0415
Group 14	>= 99.501 AND < 108.500	0.0019	0.4243	1.6932	1.4779	0.2691	0.0177	0.0856	0.4869	0.4629	0.0192	0.2290	0.1194
Group 15	>= 108.501 AND < 118.500	0.0025	0.3292	1.1447	2.2067	0.2597	0.0200	0.0153	0.4985	0.5445	0.0131	0.1712	0.0816
Group 16	>= 118.501 AND < 133.500	0.0000	0.1603	1.4045	1.8879	0.4028	0.0284	0.0510	0.5705	0.4933	0.0050	0.1399	0.1437
Group 17	>= 133.501 AND < 155.500	0.0000	0.0658	1.1414	1.7139	0.4474	0.0601	0.1157	0.6512	0.7835	0.0057	0.2048	0.0976
Group 18	>= 155.501 AND < 181.000	0.0000	0.0384	0.6671	2.0611	1.2953	0.0817	0.0211	0.4526	0.4855	0.0028	0.1041	0.0775
Group 19	>= 181.001 AND < 210.000	0.0000	0.0075	0.3886	1.9211	1.7024	0.0837	0.0155	0.3870	0.6221	0.0009	0.1362	0.0220
Group 20	>= 210.001 AND < 258.500	0.0000	0.0105	0.1530	1.0930	2.5255	0.1033	0.0134	0.6006	0.7290	0.0000	0.0462	0.0125
Group 21	>= 258.501 AND < 383.000	0.0000	0.0008	0.0488	0.6420	2.9158	0.2819	0.0096	0.3644	0.9618	0.0000	0.0200	0.0419
Group 22	>= 383.001 AND < 724.000	0.0000	0.0540	0.0144	0.1337	0.7460	1.1324	0.0037	0.1659	1.8762	0.0022	0.0017	1.1568

Araçların sigorta bedellerini tek tek incelemek sağlıklı bir sonuç vermeyeceğinden (uzman aktüer görüşü dahilinde) yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi bir gruplama yapılmış ve bu grupların araç sınıfları ile olan korelasyon analizi incelenmiştir. Araç sigorta bedelleri “54.001 -108.500” arasındaki olan araçların araç sınıfı *lower-medium* olan araçlar ile korelasyon katsayıları yüksek olup ilişkileri güçlü, aynı şekilde araç sigorta bedelleri yüksek olan araçların araç sınıfı mini olan araçlar ile ilişkileri düşük olduğu görülmektedir.



Grafik 8: Araç Sigorta Bedeli ile Araç Sınıfı Parametrelerinin Korelasyon Analizi

Grafikten görüldüğü üzere araçların sigorta bedelleri arttıkça araç sınıfı değişkenleri ile olan ilişkileri azalış göstermektedir.Örneğin *grup 22* olan araç bedelleri “383.001-724.000 “arasında olan araçların araç sınıflarının birçoğu ile güçlü olmayan ilişkilerinin olduğu görülmektedir.

3.1.7. Araç Hacmi ve Araç Uzunluğu

Tablo 22: Araç Hacmi ile Araç Uzunluğu Parametrelerinin Korelasyon Analizi

Korelasyon Analizi	Araç Uzunluğu
Araç Hacmi	0.699

Aracın hacmi ile aracın uzunluğu olarak ifade edilen iki parametrenin arasındaki korelasyon katsayısı 0.699 dir.Bu sebeple iki parametrenin arasındaki ilişkinin yüksek olduğu görülmektedir. Fiyatlama çalışmasında her iki parametreyi birlikte kullanmak anlamsızdır. Hacim olarak bahsettiğimiz parametre aracın hem boyu hem eni olarak geçtiğinden fiyatlamada *araç hacmi* parametresi tercih edilmiştir.

Tablo 23: Araç Hacmi Alt Kategoriler/ Araç Uzunluğu Alt Kategoriler Korelasyon Analizi (%)

	Uzunluk (>= Empty) AND < 3842)	Uzunluk (>= 3842 AND < 3970)	Uzunluk (>= 3970 AND < 4020)	Uzunluk (>= 4020 AND < 4063)	Uzunluk (>= 4063 AND < 4186)	Uzunluk (>= 4186 AND < 4255)	Uzunluk (>= 4255 AND < 4280)	Uzunluk (>= 4280 AND < 4315)	Uzunluk (>= 4315 AND < 4348)
Empty	28.1491	0	0	0	0	0	0	0	0
> 0 AND < 10	8.1565	3.4352	8.0387	0.8588	2.5969	0.3952	1.0987	0.0052	0.0363
>= 10 AND < 11	0.0875	1.7878	4.8871	5.1496	3.9294	3.3322	0.8953	4.0529	0.5415
>= 11 AND < 12	0	0.7222	0.0066	0.0356	0.9718	1.1317	3.0908	1.0274	0.7327
>= 12 AND < 13	0	0.1284	0.0253	0.0488	0.103	0.2181	0.4865	0.1102	0.7885
>= 13 AND < 14	0	0	0	0.0021	0.0076	0.0448	0.1331	0.0141	2.9359
>= 14 AND < 16	0	0.002	0	0	0.3853	0.2658	0.002	0.04	0.7011
>= 16	0.0318	0	0	0	0	0	0	0	0

	Uzunluk (>= 4355 AND < 4379)	Uzunluk (>= 4379 AND < 4427)	Uzunluk (>= 4427 AND < 4447)	Uzunluk (>= 4447 AND < 4498)	Uzunluk (>= 4498 AND < 4532)	Uzunluk (>= 4532 AND < 4545)	Uzunluk (>= 4545 AND < 4560)	Uzunluk (>= 4560 AND < 4590)	Uzunluk (>= 4590 AND < 4618)
Empty	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 0 AND < 10	0	0.0012	0	0	3.5203	0.0061	0	0	0
>= 10 AND < 11	0.032	0.0594	0.1729	0.1185	0.0248	0.0272	0	0.0078	0
>= 11 AND < 12	3.1832	0.6072	2.6198	0.9409	0.9837	0.5897	2.5033	3.6991	2.6282
>= 12 AND < 13	0.0175	1.7899	0.1117	1.4543	0.0685	2.6599	0.1715	0.2605	0.1957
>= 13 AND < 14	0.1045	1.1158	1.5497	1.2337	1.6276	0.1192	0.1562	0.4104	0.0546
>= 14 AND < 16	0	0.478	0.0036	1.0237	1.7466	0	0	2.3766	1.7004
>= 16	0	0.0455	0.0014	0	1.0557	0	0	0.0604	0.2629

Korelasyon analizi sonucunda en yüksek ilişki, araç hacmi "12-13" olan araçların araç uzunluğu "4.618-4.624" olan araçlar ile olduğunu, en zayıf ilişkinin ise araç uzunluğu "4.868-4.907" olan araçlar ile olduğu görülmektedir. Araç hacmi "16 ve üzeri" araçlar için araç uzunlukları "4971 ve üzeri" araçlar ile korelasyonun yüksek olduğu görülmektedir.



Grafik 9: Araç Hacmi ile Araç Uzunluğu Parametrelerinin Korelasyon Analizi

Yukarıdaki grafikte görüldüğü gibi araç hacmi *kiçük* araçların ,araçların *uzunlukları* ile ilişkileri daha yüksek korelasyon göstermektedir. Araçların hacmi büyüdükçe araçların uzunluk çeşitlilikleri artıp korelasyon ilişkileri azalmaktadır.

3.1.8. Araç Sınıfı ile Çekiş Tipi

Tablo 24: Araç Sınıfı ile Çekiş Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi

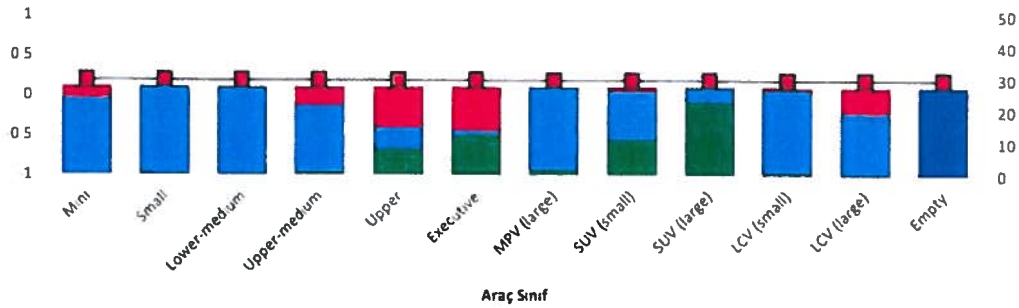
Korelasyon Analizi	Çekiş Tipi
Araç Sınıfı	0.748

Araç sınıfı ile çekiş tipi arasındaki iki değişkenin korelasyon katsayısı 0.748 olup, aralarında yüksek bir ilişki vardır. Uzman aktüer görüşü doğrultusunda fiyatlama çalışmasında kullanılmak üzere *araç sınıfı* parametresi seçilmiştir.

Tablo 25: Araç Sınıfı Alt Kategoriler/ Çekiş Tipi Alt Kategoriler Korelasyon Analizi (%)

	Çekiş Tipi (Boş)	Çekiş tipi (4X4)	Çekiş tipi (Önden Çekiş)	Çekiş tipi (Arkadan Çekiş)
Mini	0	0.0966	24.0709	3.3827
Small	0	0.2757	27.2647	0.0098
Lower-medium	0.0922	0.1906	26.9169	0.3505
Upper-medium	0.0523	1.0384	20.8237	5.6357
Upper	0.003	8.3578	6.3823	12.807
Executive	0.0156	12.4673	1.3354	13.7318
MPV (large)	0.0607	1.6253	25.8464	0.0177
SUV (small)	0	11.2873	15.0467	1.2162
SUV (large)	0.0127	23.1289	4.4028	0.0058
LCV (small)	0	1.1856	25.5039	0.8607
LCV (large)	0.2244	0.1466	19.0295	8.1497
Empty	27.5501	0	0	0

Araç sınıfının kategorilerinin birçoğu çekiş tipi *önden çekiş* olan araçlar ile ilişkileri güçlüdür. Ayrıca ilişkileri en az güçlü olan araç sınıfı *small araçlar* ile çekiş tipi *arkadan çekiş* olan araçlardır.



Grafik 10: Araç Sınıfı ile Çekiş Tipi Parametrelerinin Korelasyon Analizi

Yukarıdaki grafikte görüldüğü üzere araç sınıfı *mini* olan araçların *önden çekiş* araçlarla ile korelasyonu diğerlerine göre yüksek olup 24.07 dir.

Small, Lower(medium), Upper(medium), MPV(large), SUV(small), LCV(small), LCV(Large) araç sınıfına ait araçların *çekiş tipi önden çekiş* olan araçlar ile korelasyonları yüksek olup ilişkilerinin güçlü olduğu görülmektedir.

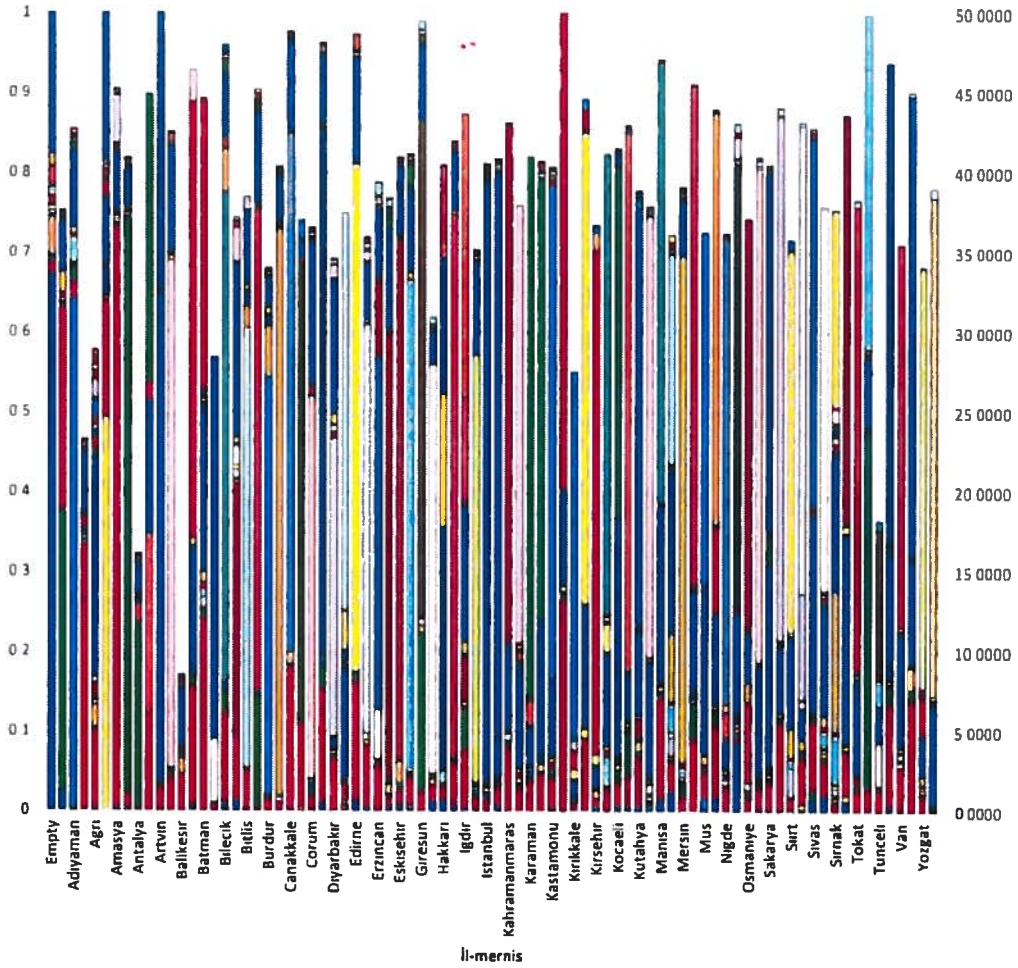
Upper, Executive ve SUV(Large) araç sınıfına ait araçların ise korelasyonları yüksek olduğu *çekiş tipi(4*4)* olarak tespit edilmiştir.

3.1.9. Plaka İl ve Mernis İl

Tablo 26: Plaka İli ile Mernis İli Parametrelerinin Korelasyon Analizi

Korelasyon Analizi	Mernis İl
Plaka İl	1.00

Plaka il ile mernis ili (ikametgah ili) arasındaki korelasyon analizi katsayısı 1'dir. Uzman aktüer görüşü doğrultusunda fiyatlama çalışmasında kullanılmak üzere *plaka il* parametresi seçilmiştir.



Grafik 11: Plaka İli ile Mernis İli Parametrelerinin Korelasyon Analizi

Her bir ilin *plaka il* ile *mernis ili* arasındaki korelasyon oldukça yüksek olduğundan grafikte tek çizgi halinde görülmektedir.

Yukarıdaki grafikte de görüldüğü gibi birçok il bazında *plaka ili* ile *mernis ili* yüksek ilişkiye sahiptir. İl sayısı yoğunluğu sebebiyle karmaşık görünmektedir. İl bazında incelendiğinde her ilde düz renklerin grafikte hacimlerinin daha fazla olduğunu görmekteyiz, bunun yorumu ise *plaka il* ve *mernis il* arasındaki ilişkinin yüksek olmasındandır.

Korelasyon analizi sonuçları tablosu diğer örneklerdeki gibi olup, 81 adet il bulunmaktadır.

3.1.10. Lüks Model ve Marka Model

Tablo 27: Lüks Model ile Marka Model Parametrelerinin Korelasyon Analizi

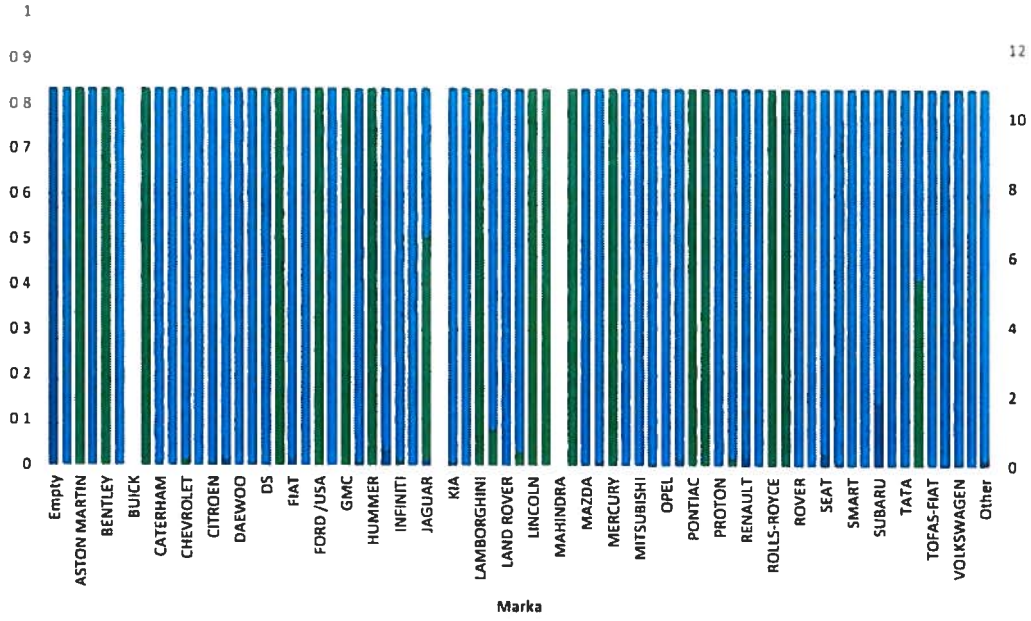
Korelasyon Analizi	Marka Model
Lüks Marka	0.89

Lüks model parametresi ile aracın marka modeli birebir yüksek ilişkili olması sebebiyle korelasyonu da bu orantıda yüksek çıkmaktadır. Uzman aktüer görüşü doğrultusunda fiyatlama çalışmasında kullanılmak üzere *marka model* parametresi seçilmiştir.

Tablo 28: Lüks Model Alt Kategoriler/ Marka Model Alt Kategoriler Korelasyon Analizi (%)

	Is Luxury (empty)	Is Luxury (LUX)	Is Luxury (NORMAL)		Is Luxury (empty)	Is Luxury (LUX)	Is Luxury (NORMAL)
Empty	10 8274	0 0000	0 0000	LEXUS	0 0000	0 3842	10 4432
ALFA ROMEO	0 0000	0 0000	10 8274	LINCOLN	0 0000	10 8274	0 0000
ASTON MARTIN	0 0000	10 8274	0 0000	LOTUS	0 0000	10 8274	0 0000
AUDI	0 0016	0 0000	10 8258	MAHINDRA	0 0000	0 0000	0 0000
BENTLEY	0 0000	10 8274	0 0000	MASERATI	0 0000	10 8274	0 0000
BMW	0 0037	0 0000	10 8237	MAZDA	0 0135	0 0000	10 8139
BUICK	0 0000	0 0000	0 0000	MERCEDES	0 0794	0 0012	10 7468
CADILLAC	0 0000	10 8274	0 0000	MERCURY	0 0000	10 8274	0 0000
CATERHAM	0 0000	0 0000	10 8274	MINI	0 0000	0 0000	10 8274
CHERY	0 0000	0 0000	10 8274	MITSUBISHI	0 0000	0 0000	10 8274
CHEVROLET	0 0000	0 1799	10 6475	NISSAN	0 0000	0 0206	10 8068
CHRYSLER	0 0000	0 0000	10 8274	OPEL	0 0000	0 0000	10 8274
CITROEN	0 0556	0 0000	10 7718	PEUGEOT	0 2257	0 0000	10 6017
DACIA	0 1700	0 0000	10 6574	PONTIAC	0 0000	10 8274	0 0000
DAEWOO	0 0000	0 0000	10 8274	PORSCHE	0 0000	10 8274	0 0000
DAIHATSU	0 0000	0 0000	10 8274	PROTON	0 0000	0 0000	10 8274
DS	0 0000	0 0000	10 8274	RANGE ROVER	0 0000	0 1950	10 6324
FERRARI	0 0000	10 8274	0 0000	RENAULT	0 2327	0 0000	10 5947
FIAT	0 2053	0 0000	10 6221	RENAULT (OYAK)	0 0000	0 0000	10 8274
FORD	0 0035	0 0000	10 8239	ROLLS-ROYCE	0 0000	10 8274	0 0000
FORD /USA	0 0000	10 8274	0 0000	ROLLS-ROYCE/BENTLEY	0 0000	10 8274	0 0000
GEELY	0 0000	0 0000	10 8274	ROVER	0 0000	0 0000	10 8274
GMC	0 0000	10 8274	0 0000	SAAB	0 0000	0 0000	10 8274
HONDA	0 0870	0 0000	10 7404	SEAT	0 3442	0 0000	10 4812
HUMMER	0 0000	10 8274	0 0000	SKODA	0 0428	0 0000	10 7846
HYUNDAI	0 4245	0 0000	10 4029	SMART	0 0000	0 0000	10 8274
INFINITI	0 0000	0 1316	10 6958	SSANGYONG	0 0000	0 0000	10 8274
ISUZU	0 0000	0 0000	10 8274	SUBARU	1 7818	0 0000	9 0456
JAGUAR	0 1465	6 4021	4 2789	SUZUKI	0 0000	0 0000	10 8274
JEEP	0 0000	0 0000	0 0000	TATA	0 0000	0 0000	10 8274
KIA	0 0904	0 0000	10 7369	TESLA	0 0000	5 3663	5 4611
LADA	0 0000	0 0000	10 8274	TOFAS-FIAT	0 0000	0 0000	10 8274
LAMBORGHINI	0 0000	10 8274	0 0000	TOYOTA	0 0202	0 0000	10 8072
LANCIA	0 0000	1 0375	9 7899	VOLKSWAGEN	0 0389	0 0000	10 7885
LAND ROVER	0 0000	0 0000	10 8274	VOLVO	0 0000	0 0000	10 8274
				Other	0 1552	0 0491	10 6230

Araçların markaları ile lüks model parametresinin korelasyonları incelendiğinde orta segmentli araç markalarının normal, lüks segmentli araçların ise lüks olan araçlar ile ilişkilerinin güçlü olduğu görülmektedir. Bazı araç markalarının ilişkileri ise hem lüks hem normal araçlar ile aynı yakınlık göstermektedir. Örneğin Jaguar araç markası hem lüks hemde normal araçlar ile benzer ilişkilere sahiptir.



Grafik 12: Lüks Model ile Marka Model Parametrelerinin Korelasyon Analizi

Grafik incelediğinde her bir marka için tek renk olma alanının fazla olduğu görülmektedir. Bu da lüks markalar ile araçların marka model parametresinin aralarındaki ilişkinin güçlü olduğunu göstermektedir.

3.2. GLM Analizi ile Parametrelerin Modelde Anlamlılığının Değerlendirilmesi

GLM uzun süreli bir gözlem aralığının genelleştirilmiş bir lineer modelden uzaklığına bakarak analiz yapmaktadır. GLM de önemli olan fonksiyonu doğrusal modele uygun hale getirmektir. Bu çalışmada çoklu değişkenlerin analizinde poisson dağılımı kullanılmıştır.

Bu bölüm parametrelere ilişkin grafik analizleri ve modellere dair testleri içermektedir. Öncelikli olarak veri setinde modeli doğrusal hale getirecek parametreler belirlenmiştir. Korelasyon analizi sonucunda güçlü olmayan ilişkiler model sınırları içerisinde göz ardı edilmiştir. Sonuç itibari ile bir veri setinin içerisindeki ilişkili olabilecek noktaların ilişki kuvvetleri ölçülerek ve model içerisindeki yeri ve kuvveti tespit edilmiştir. Daha sonra verinin ağırlık merkezinde yer alan noktaya göre ağırlıklı

uzaklıklarına bakılarak fiyatlamadaki katsayıları ile alınması gerekli katsayılar modelden elde edilmiştir.

Analiz için hasar adetleri baz alınıp poisson olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak ilişkilerine bakılmış olup hasar frekans (hasar sayısı) modeli üzerinde ilerleyerek fiyatlama katsayıları oluşturulmuştur. Hasar frekansı ile model oluşturulduğunda hasarlı ve hasarsız poliçelerin tümü göz önünde bulundurulmaktadır.

Hasar frekans modelinde hata dağılımı poisson dağılımı, link fonksiyonu ise log dağılımıdır. Seçilen parametrelerin fiyatlamada birer belirleyici parametre olması için tek tek fiyatlama çalışmasına ekleyip hasar frekansı ile regresyon sonuçlarını incelenmiş ve zaman (yıllar) bazında trendlerine, adetlerine bakılarak trendin tutarlılığı (modelde anlamlılığını) test edilmiştir.

Parametreler hasar frekansı ile fiyatlama ekseninde değerlendirilirken;

1. Parametrelerin regresyon sonuçlarından ortaya çıkan hasar frekansı sonuçları incelenmiştir.
2. Gerekli durumlar var ise (İl-İlçe, araç sigorta bedel vs) gruplaması yapılmıştır.
3. Parametrelerin zaman bazında regresyon sonuçları ile trendine bakılmıştır.
4. En son modele eklemek için uygun fonksiyon tespit edilerek logaritmik bir eğriye oturtulmuştur.
5. Fiyatlama için parametrelerin risk katsayılarına ulaşılmıştır.

3.2.1. Yakıt Tipi Parametresi

Parametreler arası ilişkilerin incelenebilmesi için birçok modelin olduğu bilinmekte olup söz konusu modellerden biri de doğrusal modellerdir. Bu modellerdeki doğrusallık varsayımı, parametreler arası ilişkinin doğrusallığından kaynaklanmaktadır.

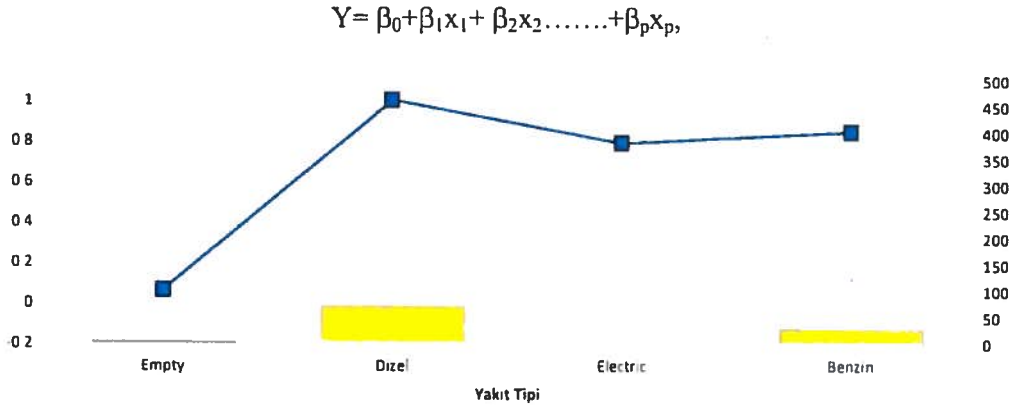
Analiz veri setinde diğer tüm parametrelerin aynı olduğu varsayımı altında araçların yakıt tipi olarak adlandırılan parametrenin *dizel*, *benzinli* ve *elektirikli* araç

kategorilerinin GLM modellemesi ile regresyon incelemesinin sonuçları aşağıdaki gibidir.

Tablo 29: Yakıt Tipi Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri

	Regresyon sonucu	Kazanılan Poliçe Adet	Poliçelerin Yüzdesi
Empty	0.063	2,819	1.8
Dizel	1	112,920	70.2
Electric	0.788	60	0.0
Benzin	0.846	44,794	28.0

Doğrusal regresyon modelinde Y bağımlı değişkeni hasar frekansını, bağımsız değişken (diğer bir adı risk faktörü değişkeni) olarak isimlendirilen X değişkenleri ise empty, dizel, elektrikli ve benzinli olarak ifade edilmiştir.



Grafik 13: Yakıt Tipi Parametresinin Regresyon Sonuçları

Regresyon analizi sonucunda *dizel* yakıt tipi olan araçların baz seviye seçildiği görülmekte olup, regresyon sonucunu 1 atamaktadır. Devam eden sonuçlarda ise diğer parametrelerin baz parametreye göre relative sonuçları incelenmekte olup baz parametreden ne kadar uzakta olduğu tespit edilmektedir.

Sonuç olarak yakıt tipi parametresinde *benzinli* araçların *dizel* araçlardan hasar frekansının %15 kadar daha düşük olması beklenmektedir. Bu da tüm diğer değişkenler (il, hasarsızlık kademesi, araç yaşı, araç bedeli vs.) aynı olsa varsayımı altında *benzinli* araçların *dizel* araçlara göre hasar frekansının %15 düşük olduğu anlamına gelmektedir.

Hasar frekansının düşük olması *benzinli* araçların *dizel* araçlara göre hasar yapma ihtimalinin düşük olduğunu ifade etmektedir.

Modelleme açısından bakıldığında belirsizliğin minimum seviyeye gelmesi önem taşımaktadır. Bu sebeple geçmiş dönemlerdeki veri toplanmakta, analiz edilmekte, model oluşturulmakta, bazı yöntemlerle parametrelerin tahmini yapılmakta, duyarlılık analizleriyle model parametreleri incelenmekte ve böylece en uygun model belirlenmektedir⁵².

Bu sebeple çalışma da öncelikle kazanılan poliçe adetinin az olması sebebiyle gruplamalar yapıldıktan sonra yakıt tipi parametresinin zaman faktörü ile etkileşimi incelenip modele dahil edilmiştir.

Tablo 30: Yakıt Tipi Parametresinin Gruplama Sonrası Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri

	2014- Regresyon Sonucu	2015- Regresyon Sonucu	2016- Regresyon Sonucu	2017- Regresyon Sonucu	2018- Regresyon Sonucu	
Empty (1), Dizel (2)	0.36	0.332	0.279	0.275	0.26	
Electric (3), Benzin (4)	0.307	0.277	0.238	0.232	0.22	

	2014- Poliçelerin Yüzdesi	2015- Poliçelerin Yüzdesi	2016- Poliçelerin Yüzdesi	2017- Poliçelerin Yüzdesi	2018- Poliçelerin Yüzdesi	Toplam
Empty (1), Dizel (2)	10.90	15.90	16.40	16.30	12.50	72.00
Electric (3), Benzin (4)	4.30	6.30	6.30	6.30	4.80	28.00

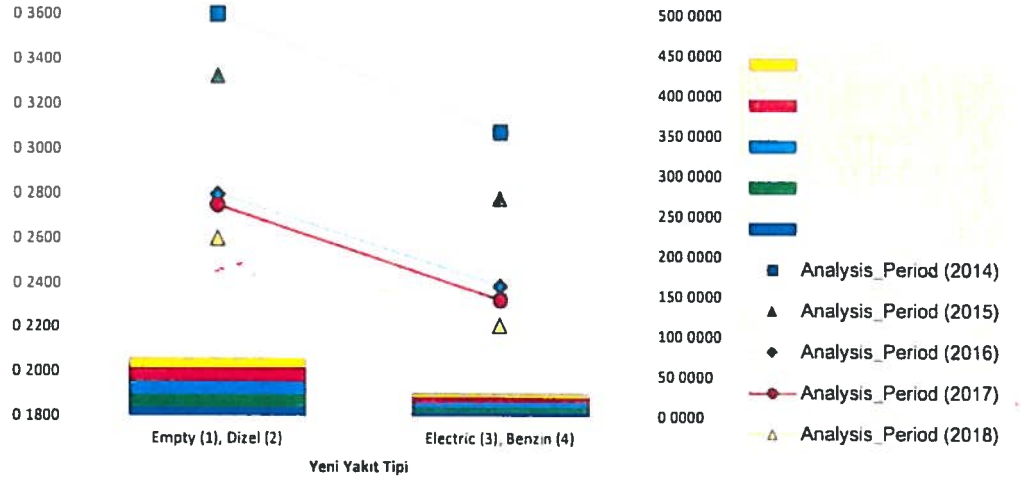
Yakıt tipi parametresinin zaman ile regresyon sonuçlarına ulaşmak için çoklu doğrusal regresyon modeli kullanılmış ve böylelikle bağımlı değişkeni etkileyen bağımsız değişkenler incelenmiştir.

Çoklu regresyon modelinde Y bağımlı değişkeni hasar frekansını, X_1 bağımsız değişken ise empty, dizel, elektrikli ve benzinli çeşitlerini, diğer bağımsız değişken olan X_2 ise zamanı (2014,2015..2018 vs.) ifade etmektedir.

⁵² HABERMAN ve RENSCHAW, a.g.m., s.??

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_1 X_2 + \beta_4 X_1 X_3 + \beta_5 X_1 X_4 + \dots + \dots + \dots + \beta_a X_{1a} X_{2a}$$

Yakıt tiplerine göre veri setindeki araçlar iki grupta kategorize edilmiştir. Buna göre toplam veri seti içerisindeki araçların yaklaşık %72'si *dizel* yakıt kullanmaktadır.



Grafik 14: Yakıt Tipi Parametresinin Zaman Bazında Etkileşimi ile Regresyon Sonuçları

Grafik incelendiğinde zaman trendlerinin paralel olması parametrenin zaman bazında tutarlılığını göstermektedir.

Zaman bazındaki eğrilerin benzer eğim ve yönde olduğu görülmektedir. Yıllar bazında benzer trendler görülmesi bu faktörün zaman bazında tutarlılığı sonucunu beraberinde getirmekte olup bu parametreyi modele dahil etmek için önemli bir kriterdir.

Modelin açıklayıcılığı çeşitli test istatistikleri ile değerlendirilmektedir. (Akaike (AIC), Schwarz (Bayesyen) (BIC), Pearson Ki-Kare Testi vs.) Bu istatistik sonuçları ile modelin açıklayıcılığına dair yorumlar yapılmaktadır.

Tablo 31: Yakıt Tipi Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları

Ki-Kare Yüzde Oranı	Fark (p değeri)
	0.000

Pearson Ki-Kare testindeki amaç gözlenen değerlerin beklenen değerden farklı olup olmadığını tespit etmek olup söz konusu örnek için hipotezler aşağıdaki şekilde kurulmuştur:

H_0 : Yakıt tipi değişkenin modelde yer alması istatistiksel olarak anlamsızdır.

H_1 : Yakıt tipi değişkenin modelde yer alması istatistiksel olarak anlamlıdır.

Söz konusu hipotezin ki-kare test sonuçlarına göre p değeri 0,05'ten küçük olduğu için ($p=0,000$) yakıt tipi değişkeni modelde istatistiksel olarak anlamlı olup. H_0 hipotezi reddedilmekte ve *Yakıt Tipi* parametresi modele dahil edilmiştir.

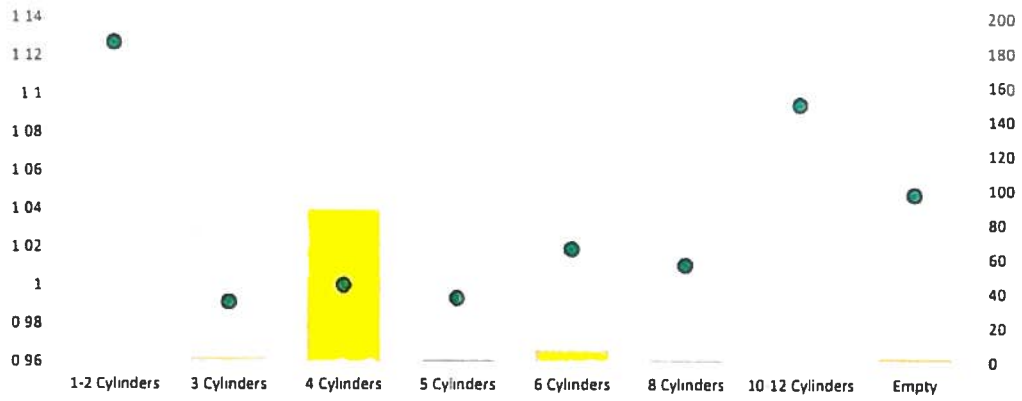
3.2.2. Silindir Sayısı Parametresi

Veri setinde diğer tüm parametrelerin aynı olduğu varsayımı altında araçların silindir sayısı olarak grupladığımız parametrenin GLM modellenmesi ile regresyon incelemesinin sonuçları aşağıdaki gibidir.

Tablo 32: Silindir Sayısı Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri

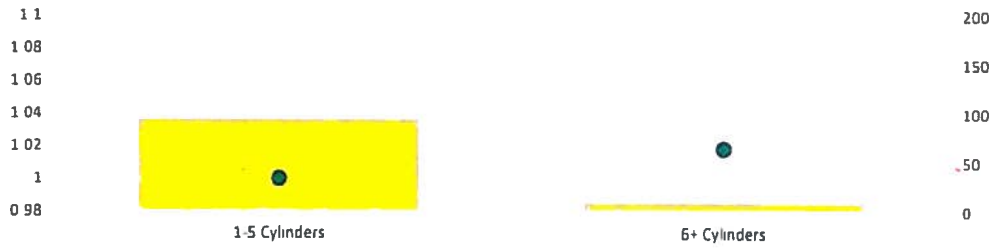
	Regresyon sonucu	Kazanılan Poliçe Adet	Poliçelerin Yüzdesi
1-2 Cylinders	1.127	12	0.0
3 Cylinders	0.991	3,186	2.0
4 Cylinders	1.000	141,659	88.1
5 Cylinders	0.993	1,239	0.8
6 Cylinders	1.019	10,123	6.4
8 Cylinders	1.011	1,270	0.8
10-12 Cylinders	1.094	102	0.1
Empty	1.048	3,002	1.9

Veri setindeki poliçelerin %88.1'i "4" silindirli araçlardan oluşmaktadır. "1-2" ve "10-12" gibi silindir sayısına sahip araçlar da adetsel olarak oldukça azdır.



Grafik 15: Silindir Sayısı Parametresinin Regresyon Sonuçları

Yukarıdaki grafikte de görüldüğü gibi silindir sayısı "1-2", "3", "5", "8" ve "10-12" olan araçlarda adet yoğunluğunun az olması sebebiyle gruplama yaparak tekrar regresyon yapılması daha sağlıklı olacaktır. Çünkü yüzdesel azlık sebebiyle grafikteki trendlerin yanıltıcı olma ihtimali söz konusudur.



Grafik 16: Silindir Sayısı Parametresinin Gruplama Sonrası Regresyon Sonuçları

Silindir sayıları bazında gruplamalarımızı yaptıktan sonra zaman bazında tutarlılığını incelemekteyiz.

Grafikte görüldüğü üzere silindir sayısı "6 ve üzeri" olan araçların veri setindeki adetsel payının düşüklüğü ve frekansının "1-5" silindir sayısı olan araçlardan %2 gibi küçük bir farkla büyük olması bu parametrenin fiyatlamaya alınacak kadar güçlü bir anlamlılığının olmadığını göstermektedir.

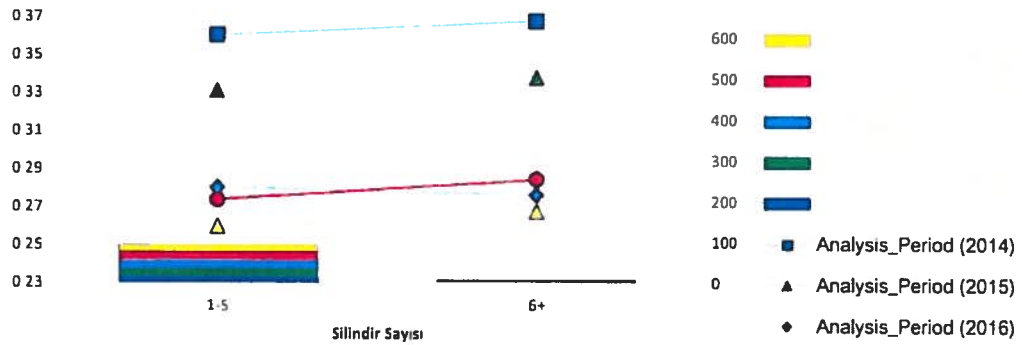
Tablo 33: Silindir Sayısı Parametresinin Grublama Sonrası Regresyon Sonuçları

	2014- Regresyon Sonucu	2015- Regresyon Sonucu	2016- Regresyon Sonucu	2017- Regresyon Sonucu	2018- Regresyon Sonucu
5-Jan	0.3604	0.331	0.2803	0.2739	0.2594
6+	0.3678	0.3384	0.2765	0.2845	0.2677

	2014- Poliçelerin Yüzdesi	2015- Poliçelerin Yüzdesi	2016- Poliçelerin Yüzdesi	2017- Poliçelerin Yüzdesi	2018- Poliçelerin Yüzdesi	Toplam
5-Jan	14.10	20.50	21.10	21.00	16.10	92.80
6+	1.10	1.60	1.70	1.60	1.20	7.20

Adet azlığı sebebiyle grublama yaptıktan sonra silindir sayısı değişkeninin zaman faktörü ile etkileşimi incelenerek modele dahil edilmiştir.

Araçların yaklaşık %92.8'inin "1-5" silindir sayısına sahip iken daha düşük hasar frekansının da bu grupta olduğu görülmektedir.



Grafik 17: Silindir Sayısı Parametresinin Zaman Bazında Etkileşimi ile Regresyon Sonuçları

Yukarıdaki grafikten görüldüğü üzere zaman bazında doğrusal bir trend yakalayamamasından ve araçların yoğunluğunun bir kategoride toplanıp bu kategorinin hasar frekansının düşük olmasından dolayı buradan silindir sayısının hasar sayısı üzerinde etkili bir parametre olmadığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 34: Silindir Sayısı Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları

	Fark (p değeri)
Ki-Kare Yüzde Oranı	47.90

Yakıt tipi parametresinde olduğu üzere aynı şekilde hipotez testleri uygulanıp ki-kare sonuçları incelenmiştir.

Ki-Kare tablosundaki p değeri 0,05 ten büyük olduğundan (p=47.90) silindir sayısı değişkeni modelde istatistiksel olarak anlamsız olup, Ho hipotezi kabul reddedilememiştir. Bu sebeble *Silindir Sayısı* modele dahil edilmemiştir.

3.2.3. Beygir Gücü Parametresi

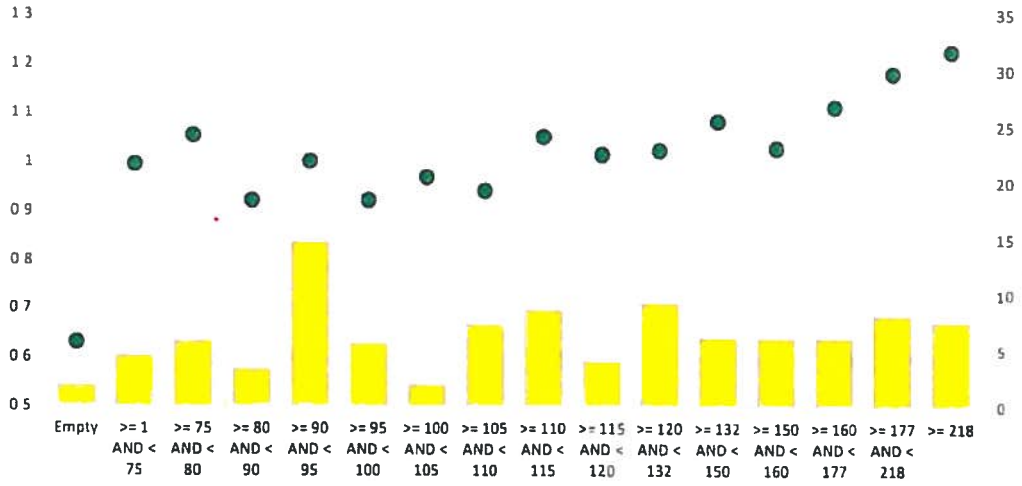
Beygir gücü parametresine göre veri setindeki araçlar "1-75", "75-80", "... " "177-218" ve "218+" vs. beygir gücü aralığında olan araçlar olarak 15 kategoride incelenmiştir.

Tablo 35: Beygir Gücü Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri

	Regresyon sonucu	Kazanılan Poliçe Adet	Poliçelerin Yüzdəsi
Empty	0.631	2,904	1.80
>= 1 AND < 75	0.993	7,164	4.50
>= 75 AND < 80	1.052	9,295	5.80
>= 80 AND < 90	0.92	5,287	3.30
>= 90 AND < 95	1	23,416	14.60
>= 95 AND < 100	0.92	8,914	5.60
>= 100 AND < 105	0.968	3,006	1.90
>= 105 AND < 110	0.939	11,721	7.30
>= 110 AND < 115	1.049	13,720	8.50
>= 115 AND < 120	1.013	6,328	3.90
>= 120 AND < 132	1.021	14,671	9.10
>= 132 AND < 150	1.081	9,757	6.10
>= 150 AND < 160	1.026	9,723	6.10
>= 160 AND < 177	1.111	9,717	6.10
>= 177 AND < 218	1.178	12,916	8.00
>= 218	1.223	12,056	7.50

Buna göre veri seti içerisindeki araçların %14,6 olarak en yüksek adetsel yoğunluğunun "90-95" beygir gücü arasında olduğu görülmektedir.

Regresyon sonuçlarına göre hasar frekansı I'in üzerinde olan araçların beygir gücü aralığı "110" dan başlayıp "218 ve üzerine" kadar ilerlemektedir.



Grafik 18: Beygir Gücü Parametresinin Regresyon Sonuçları

Yukarıdaki grafikte regresyon analizi sonucunda beygir gücü "90-95" arasındaki araçların adet yoğunluğu sebebiyle baz seviye seçildiği görülmektedir. Dolayısıyla beygir gücü "90-95" olan araçların regresyon sonucunu I olarak atamaktadır.

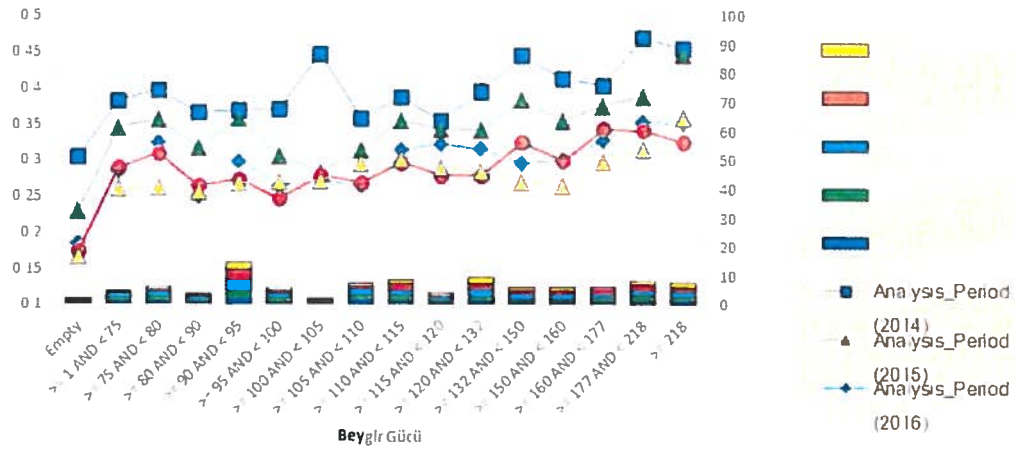
Beygir gücü parametresinde sonuç olarak grafikte görüldüğü gibi "90 ve üzeri" beygir gücü arasındaki araçların beygir gücü sayısı arttıkça hasar frekansı da artmaktadır. "1-90" beygir gücü aralığındaki araçlar arasında ise hasar frekansı hafif bir azalış görülmektedir. Bu beygir gücü aralığındaki azalışın güvenilir ve tutarlı bir azalış olup olmadığı zaman bazında incelenmelidir. Zira bazen bu azalışın sebebi adet yoğunluğunun azlığından da kaynaklanabilmektedir.

Beygir gücü parametresinin zaman faktörü ile etkileşimini inceleyerek modele dahil ediyoruz.

Tablo 36: Beygir Gücü Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

	2014 Regresyon Sonucu	2015 Regresyon Sonucu	2016 Regresyon Sonucu	2017 Regresyon Sonucu	2018 Regresyon Sonucu
>= 1 AND < 75	0.382	0.345	0.284	0.289	0.26
>= 75 AND < 80	0.396	0.357	0.323	0.309	0.261
>= 80 AND < 90	0.366	0.318	0.249	0.265	0.255
>= 90 AND < 95	0.37	0.358	0.298	0.273	0.269
>= 95 AND < 100	0.371	0.305	0.265	0.247	0.269
>= 100 AND < 105	0.447	0.282	0.271	0.278	0.271
>= 105 AND < 110	0.358	0.314	0.266	0.269	0.296
>= 110 AND < 115	0.387	0.354	0.314	0.296	0.3
>= 115 AND < 120	0.355	0.343	0.321	0.278	0.29
>= 120 AND < 132	0.394	0.341	0.315	0.278	0.284
>= 132 AND < 150	0.446	0.384	0.296	0.325	0.27
>= 150 AND < 160	0.413	0.354	0.3	0.299	0.265
>= 160 AND < 177	0.403	0.375	0.327	0.343	0.297
>= 177 AND < 218	0.47	0.389	0.354	0.341	0.315
>= 218	0.455	0.447	0.351	0.325	0.36

	2014 Poliçelerin Yüzdesi	2015 Poliçelerin Yüzdesi	2016 Poliçelerin Yüzdesi	2017 Poliçelerin Yüzdesi	2018 Poliçelerin Yüzdesi	Toplam
Empty	0.30	0.30	0.40	0.40	0.30	1.80
>= 1 AND < 75	1.20	1.20	0.90	0.70	0.40	4.50
>= 75 AND < 80	1.00	1.50	1.30	1.10	0.80	5.80
>= 80 AND < 90	0.70	0.90	0.70	0.60	0.40	3.30
>= 90 AND < 95	1.90	3.00	3.40	3.60	2.70	14.60
>= 95 AND < 100	0.80	1.30	1.30	1.20	1.00	5.60
>= 100 AND < 105	0.30	0.40	0.40	0.40	0.30	1.90
>= 105 AND < 110	1.30	2.00	1.70	1.40	0.90	7.30
>= 110 AND < 115	1.20	1.70	1.90	2.10	1.60	8.50
>= 115 AND < 120	0.60	0.90	0.90	0.90	0.70	3.90
>= 120 AND < 132	1.10	1.80	2.10	2.30	1.90	9.10
>= 132 AND < 150	0.80	1.20	1.40	1.50	1.30	6.10
>= 150 AND < 160	0.80	1.20	1.30	1.50	1.20	6.10
>= 160 AND < 177	0.80	1.30	1.40	1.40	1.00	6.10
>= 177 AND < 218	1.20	1.80	1.80	1.90	1.40	8.00
>= 218	1.10	1.60	1.70	1.80	1.40	7.50

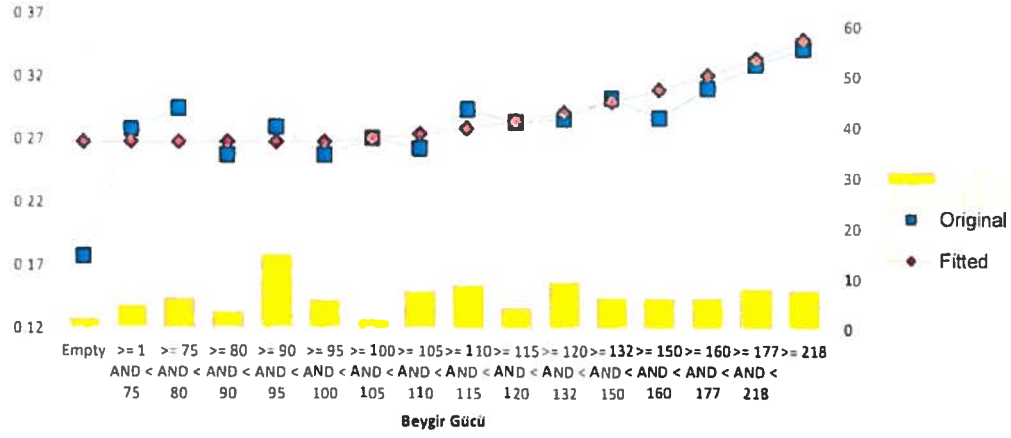


Grafik 19: Beygir Gücü Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

Beygir gücünün zaman ile etkileşimi grafikten görüldüğü üzere "90 ve üzeri" beygir gücüne sahip araçların beygir gücü sayısı arttıkça hasar frekansı da artmaktadır. "1-90" beygir gücü aralığındaki araçların ise yer yer tutarlı yer yer değişken bir trend izlediği görülmekte olup burdaki trendin sabit tutulmasına karar verilmiştir.

Bir değişken alt ve üst sınırlar arasında herhangi bir değer alabilme olasılığına sahip ise sürekli değişkendir.

Beygir gücü parametresi sürekli bir değişken olduğundan zaman bazında trendin ve tutarlılığın sağlanması için modele uygun bir fonksiyon tespiti yapılarak doğrusal bir eğriye oturtulmuştur.



Grafik 20: Beygir Gücü Parametresinin Uygun Fonksiyon Tespiti Sonrası Regresyon Sonuçları

Yukardaki yoruma istinaden düşük beygir güçlü araçların (1-90) trendleri sabit bir seviyede tutulmuş ve belli bir noktadan itibaren (90 ve üzeri) artan bir trend olacak şekilde eğriye oturtulmuştur. Trend kırmızı çizgi ile gösterilmekte olup fiyatlama katsayıları bu doğrusal fonksiyon modeline göre oluşturulmaktadır.

Tablo 37: Beygir Gücü Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları

	Fark (p değeri)
Ki-Kare Yüzde Oranı	0.002

Diğer parametrelerde de yukarıda olduğu gibi aynı şekilde hipotez testleri uygulanıp, ki-kare sonuçlar incelenmiştir.

Ki-Kare tablosundaki p değeri 0,05'ten küçük olduğundan ($p=0.002$) beygir gücü parametresi modelde istatistiksel olarak anlamlı olup, H_0 hipotezi reddedilmiş ve *Beygir Gücü* parametresi modele dahil edilmiştir.

3.2.4. Hasarsızlık Kademesi Parametresi

Polisçelere ait bir özellik olan hasarsızlık kademesi parametresi aşağıdaki örnek ile açıklanabilir.

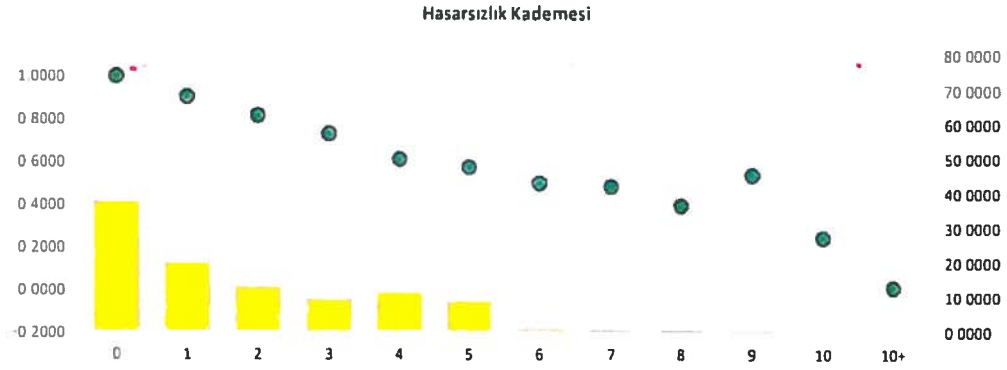
“Örneğin 2018 yılında ilk defa kasko poliçesi yapılan bir aracın hasarsızlık kademesi 0 dan başlamaktadır. 2018-2019 yılında poliçesi bir yıl boyunca hasar kaydı almadığı ve poliçe süresinin bittiği bilinmekte iken yeni dönem poliçesinde hasarsızlık kademesi 1 olarak değişmektedir.”

Analiz veri setinde diğer tüm parameterelerin aynı olduğu varsayımı altında araçların hasarsızlık kademesi olarak adlandırılan parametrenin regresyon sonuçları aşağıdaki gibidir.

Tablo 38: Hasarsızlık Kademesi Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri

	Regresyon sonucu	Kazanılan Poliçe Adet	Poliçelerin Yüzdesi
0	1	59,821	37.20
1	0.903	31,594	19.70
2	0.814	20,262	12.60
3	0.729	14,733	9.20
4	0.611	18,017	11.20
5	0.572	13,986	8.70
6	0.497	980	0.60
7	0.481	541	0.30
8	0.391	324	0.20
9	0.536	208	0.10
10	0.241	116	0.10
10+	0.007	11	0.00

Regresyon sonuçları incelendiğinde veri setinde adetsel yoğunluğun %37.2 oranında 0 hasarsızlık kademesine sahip poliçelerde olduğu görülmektedir. Bunu takip eden %19.7 oranı ile 1. hasarsızlık kademesine sahip poliçelerdir.



Grafik 21: Hasarsızlık Kademesi Parametresinin Regresyon Sonuçları

Yukarıdaki grafikte regresyon analizi sonucunda hasarsızlık kademesi "0" olan poliçelerin baz seviye seçildiği görülmektedir. Buna bağlı olarak "0" hasarsızlık kademesine sahip araçların regresyon sonucu 1 olarak atanmaktadır.

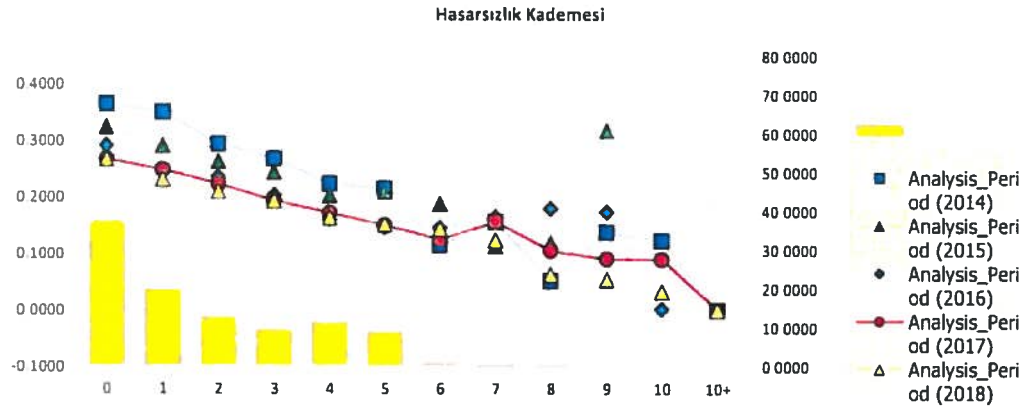
Hasarsızlık kademesi parametresi için hasarsızlık kademesi arttıkça hasar frekansının azalış gösterdiği görülmektedir..

Tablo 39: Hasarsızlık Kademesi Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

	2014- Regresyon Sonucu	2015- Regresyon Sonucu	2016- Regresyon Sonucu	2017- Regresyon Sonucu	2018- Regresyon Sonucu	Toplam Poliçelerin Yüzdesi
0	0.364	0.324	0.292	0.267	0.267	37.20
1	0.35	0.29	0.247	0.247	0.23	19.70
2	0.294	0.262	0.235	0.222	0.209	12.60
3	0.268	0.243	0.202	0.193	0.192	9.20
4	0.223	0.202	0.16	0.171	0.163	11.20
5	0.214	0.209	0.146	0.149	0.15	8.70
6	0.113	0.188	0.145	0.125	0.143	0.60
7	0.155	0.113	0.165	0.155	0.123	0.30
8	0.052	0.119	0.179	0.104	0.063	0.20
9	0.137	0.318	0.174	0.09	0.053	0.10
10	0.122	2.687	0.001	0.089	0.032	0.10
10+	0	0	0	0	0	0.00

Sektörün standart parametrelerinden olan hasarsızlık kademesi, "0" ile "4" arasındaki adet yoğunluğu %89.9 oranında gerçekleşmiştir.

Hasarsızlık kademesi parametresinin zaman faktörü ile etkileşimini incelenerek modele dahil edilmiştir.



Grafik 22: Hasarsızlık Kademesi Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

“0” hasarsızlık kademesinden başlayıp araçların hasarsızlık kademeler “1 den 8” e olan araçların hasar frekansları düşüş göstermektedir. “9 ile 10 üzeri” arasındaki araçların ise tutarsız bir trend izlediği ve adetsel yoğunluğunun az olması sebebiyle burdaki trendin sabit tutulması gerektiği görülmektedir.

Hasarsızlık kademesi parametresi sürekli bir değişken olduğundan zaman bazında trendin ve tutarlılığın sağlanması için modele uygun bir fonksiyon tespiti yapılarak doğrusal bir eğriye oturtulmuştur.



Grafik 23: Hasarsızlık Kademesi Parametresinin Uygun Fonksiyon Tespiti Sonrası Regresyon Sonuçları

Yukarıdaki açıklamalara istinaden doğrusal fonksiyon uygulanan model artan bir trend olacak şekilde eğriye oturtulmuş olup trend kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Zaman ile trendin tutarlık sağlaması sebebiyle hasarsızlık kademesi parametresini modele dahil edilmiştir.

Tablo 40: Hasarsızlık Kademesi Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları

	Fark (p değeri)
Ki-Kare Yüzde Oranı	0.000

Diğer parametrelerdeki gibi hipotez testi uygulanarak ki-kare sonuçları incelenmiştir.

Ki-Kare tablosundaki p değeri 0,05'ten küçük olduğundan ($p=0.000$) hasarsızlık kademesi parametresi modelde istatistiksel olarak anlamlı olup, H_0 hipotezi reddedilmiştir. *Hasarsızlık Kademesi* parametresi modele dahil edilmiştir.

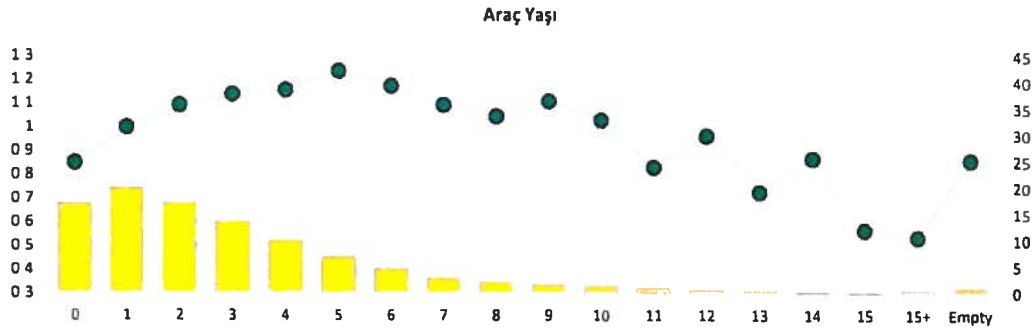
3.2.5. Araç Yaşı Parametresi

Veri setindeki araçlar model yılı yani araç yaşları bazında 0 ile 15 ve üzeri araç yaşları olmak üzere kategorilere ayrılmışlardır.

Tablo 41: Araç Yaşı Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri

	Regresyon sonucu	Kazanılan Poliçe Adet	Poliçelerin Yüzdesi
0	0.849	27,165	16.92
1	1	31,987	19.92
2	1.093	27,499	17.12
3	1.141	21,792	13.57
4	1.158	15,789	9.83
5	1.237	10,948	6.82
6	1.176	7,340	4.57
7	1.095	4,559	2.84
8	1.048	3,385	2.11
9	1.112	2,541	1.58
10	1.03	1,903	1.18
11	0.831	1,262	0.79
12	0.965	815	0.51
13	0.726	568	0.35
14	0.868	401	0.25
15	0.566	289	0.18
15+	0.535	780	0.49
Empty	0.861	1,570	0.98

Yukarıdaki tabloda incelenen araç yaşı parametresinin kategorik olarak regresyon sonuçları mevcuttur. Adetsel yoğunluğunun yaklaşık olarak %85'ini "0 ile 5" yaş araçlar oluşturmaktadır.



Grafik 24: Araç Yaşı Parametresinin Regresyon Sonuçları

Regresyon analizi sonucunda adetsel yoğunluğu en yüksek olan "1" yaş araçların baz seviye seçildiği görülmekte olup, regresyon sonucu 1 atanmıştır.

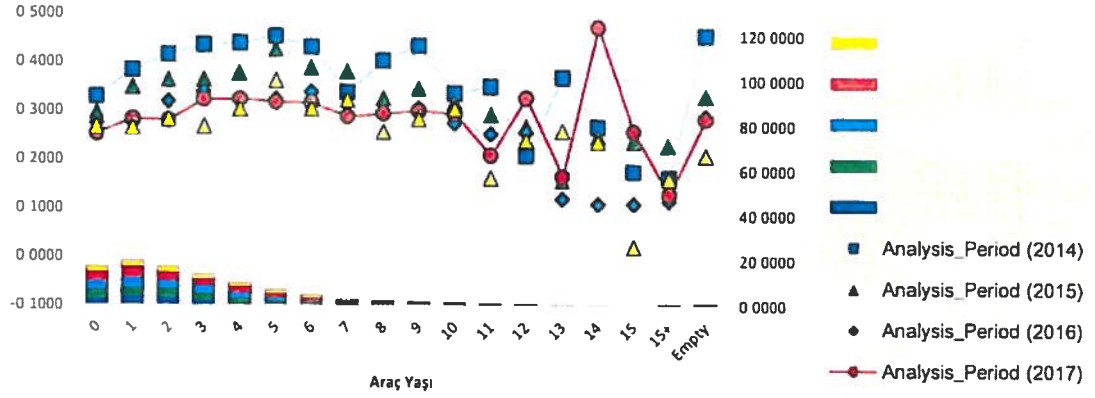
Araç yaşı parametresinde sonuç olarak. "0" yaştan başlayarak araçların yaşları arttıkça hasar frekansları da artış göstermektedir. "6" yaştan itibaren hasar frekansı dalgalı bir trend izlemektedir.Örneğin "2" yaş araçların hasar frekansının "1" yaş araçlardan %10 fazla olmasını beklenmektedir.

Araç yaşı parametresinin zaman faktörü ile etkileşimini inceleyip modele dahil edilmiştir.

Tablo 42: Araç Yaşı Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

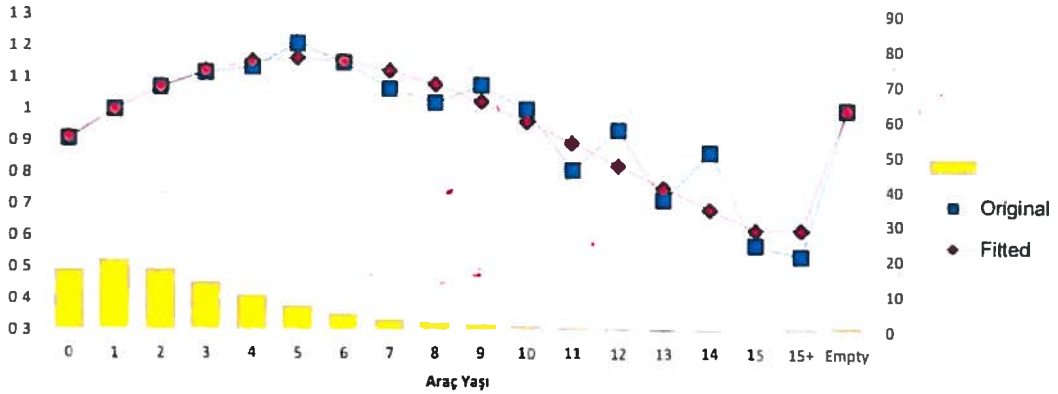
	2014- Regresyon Sonucu	2015- Regresyon Sonucu	2016- Regresyon Sonucu	2017- Regresyon Sonucu	2018- Regresyon Sonucu	2014- Poliçelerin Yüzdesi	2015- Poliçelerin Yüzdesi	2016- Poliçelerin Yüzdesi	2017- Poliçelerin Yüzdesi	2018- Poliçelerin Yüzdesi	Toplam
0	0.328	0.296	0.274	0.252	0.267	2.6	4.2	4.1	3.6	2.5	16.9
1	0.383	0.348	0.275	0.283	0.265	3.6	4.2	4.4	4.4	3.2	19.9
2	0.415	0.364	0.319	0.279	0.282	3.2	4.1	3.4	3.6	2.8	17.1
3	0.435	0.364	0.339	0.322	0.267	2.0	3.5	3.3	2.6	2.2	13.6
4	0.439	0.377	0.321	0.323	0.303	0.9	2.0	2.7	2.6	1.6	9.8
5	0.452	0.426	0.324	0.318	0.362	0.6	1.0	1.5	2.1	1.6	6.8
6	0.431	0.388	0.338	0.316	0.303	0.6	0.7	0.7	1.2	1.3	4.6
7	0.338	0.381	0.289	0.288	0.321	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7	2.8
8	0.402	0.325	0.300	0.293	0.256	0.3	0.5	0.5	0.5	0.4	2.1
9	0.433	0.347	0.305	0.300	0.281	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	1.6
10	0.336	0.317	0.274	0.293	0.302	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.2
11	0.350	0.292	0.253	0.208	0.161	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.8
12	0.208	0.267	0.255	0.325	0.238	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5
13	0.368	0.155	0.118	0.165	0.258	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4
14	0.266	0.246	0.107	0.471	0.236	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3
15	0.174	0.236	0.108	0.257	0.020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
15+	0.163	0.229	0.115	0.128	0.159	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5
Empty	0.455	0.331	0.289	0.283	0.208	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	1.0

Zaman ile etkileşiminin regresyon sonuçları incelendiğinde "0-7" yaş aralığında yaşı arttıkça hasar frekansının arttığını görmektedir.



Grafik 25: Araç Yaşı Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

Araçların "6" yaştan sonrası için zaman bazında yer yer tutarsız bir trend izlediği adetsel yoğunluğunun giderek azalış gösterdiği görülmekte olup sürekli değişken olması sebebiyle modele uygun bir fonksiyon tespiti yapılarak doğrusal bir eğriye oturtulmuştur.



Grafik 26: Araç Yaşı Parametresinin Uygun Fonksiyon Tespiti Sonrası Regresyon Sonuçları

Tablo 43: Araç Yaşı Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları

Ki-Kare Yüzde Oranı	Fark (p değeri)
	0.000

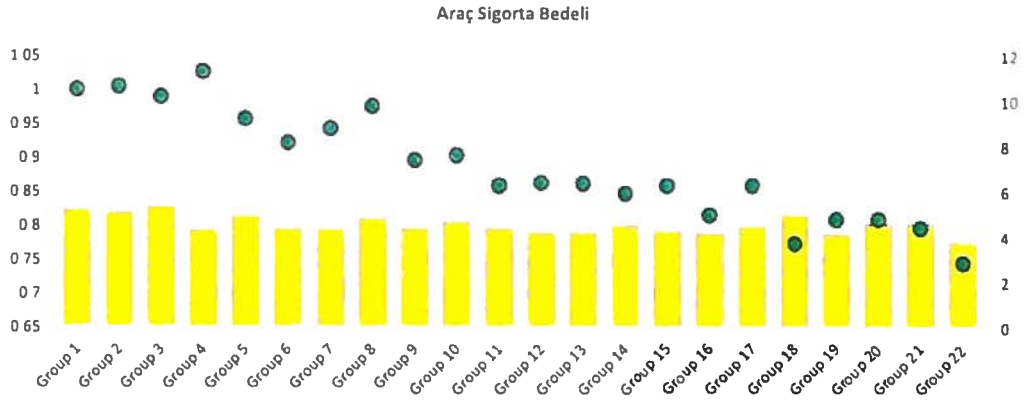
Ki-kare testi için H_0 hipotezi reddedilmiş dolayısıyla *Araç Yaş* parametresi anlamlı bir parametre olarak modele dahil edilmiştir.

3.2.6. Araç Sigorta Bedeli Parametresi

Veri setindeki araçların sigorta bedelleri uzman aktüer görüşü ekseninde aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi gruplanarak regresyon sonuçları incelenmiştir.

Tablo 44: Araç Sigorta Bedeli Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri

Araç Bedel Grup	Araç Sigorta Bedeli	Regresyon sonucu	Kazanılan Poliçe Adet	Poliçelerin Yüzdesi
Group 1	≥ 1 AND < 36.000	1	8,210	5.11
Group 2	≥ 36.001 AND < 43.500	1.004	8,049	5.01
Group 3	≥ 43.501 AND < 50.000	0.989	8,491	5.29
Group 4	≥ 50.001 AND < 54.000	1.026	6,827	4.25
Group 5	≥ 54.001 AND < 58.000	0.956	7,827	4.87
Group 6	≥ 58.001 AND < 62.000	0.921	6,939	4.32
Group 7	≥ 62.001 AND < 65.500	0.942	6,853	4.27
Group 8	≥ 65.501 AND < 71.000	0.975	7,646	4.76
Group 9	≥ 71.001 AND < 75.500	0.895	6,953	4.33
Group 10	≥ 75.501 AND < 81.000	0.902	7,425	4.62
Group 11	≥ 81.001 AND < 86.500	0.858	6,959	4.33
Group 12	≥ 86.501 AND < 92.500	0.862	6,632	4.13
Group 13	≥ 92.501 AND < 99.500	0.862	6,656	4.15
Group 14	≥ 99.501 AND < 108.500	0.846	7,178	4.47
Group 15	≥ 108.501 AND < 118.500	0.859	6,822	4.25
Group 16	≥ 118.501 AND < 133.500	0.816	6,636	4.13
Group 17	≥ 133.501 AND < 155.500	0.859	7,110	4.43
Group 18	≥ 155.501 AND < 181.000	0.773	7,993	4.98
Group 19	≥ 181.001 AND < 210.000	0.809	6,588	4.10
Group 20	≥ 210.001 AND < 258.500	0.809	7,360	4.58
Group 21	≥ 258.501 AND < 383.000	0.796	7,330	4.57
Group 22	≥ 383.001 AND < 724.000	0.745	8,109	5.05



Grafik 27: Araç Sigorta Bedeli Parametresinin Regresyon Sonuçları

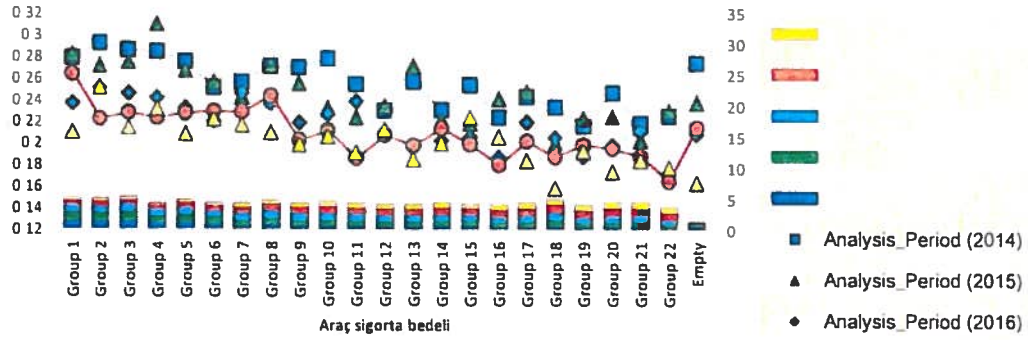
Araç sigorta bedel parametresinin regresyon sonuçları incelendiğinde 1. Grup olan (0-36.000 araç bedel aralığı) kategorisinin baz olarak alındığı görülmektedir. 2. Gruptaki araçların hasar frekansı ile 1. Gruptaki araçların hasar frekanslarının birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

4. Gruptaki araçların hasar frekansı 1. Gruptaki araçların hasar frekansından %2.5 daha yüksek olduğu görülmektedir. 22. Gruptaki araçların ise hasar frekansı 1. Gruptaki araçların hasar frekansından %25 düşüktür.

Araç sigorta bedeli parametresinin zaman faktörü ile etkileşimi incelenerek modele dahil edilmiştir.

Tablo 45: Araç Sigorta Bedeli Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

Araç Bedel Group	Araç Sigorta Bedeli	2014- Regresyon Sonucu	2015- Regresyon Sonucu	2016- Regresyon Sonucu	2017- Regresyon Sonucu	2018- Regresyon Sonucu	2014- Poliçelerin Yüzdesi	2015- Poliçelerin Yüzdesi	2016- Poliçelerin Yüzdesi	2017- Poliçelerin Yüzdesi	2018- Poliçelerin Yüzdesi	Toplam
Group 1	>= 1 AND < 16.000	0.279	0.282	0.237	0.264	0.210	1.4	1.4	1.1	0.8	0.5	5.1
Group 2	>= 16.001 AND < 43.500	0.292	0.271	0.251	0.222	0.252	1.3	1.5	1.0	0.8	0.5	5.0
Group 3	>= 43.501 AND < 50.000	0.286	0.275	0.246	0.228	0.214	1.4	1.5	1.1	0.8	0.5	5.3
Group 4	>= 50.001 AND < 54.000	0.285	0.310	0.242	0.223	0.232	1.0	1.2	1.0	0.7	0.4	4.3
Group 5	>= 54.001 AND < 58.000	0.275	0.267	0.232	0.228	0.208	1.1	1.4	1.1	0.9	0.5	4.9
Group 6	>= 58.001 AND < 62.000	0.251	0.256	0.220	0.229	0.222	0.9	1.2	1.0	0.8	0.5	4.3
Group 7	>= 62.001 AND < 65.500	0.257	0.243	0.246	0.229	0.217	0.6	1.0	1.2	1.0	0.6	4.3
Group 8	>= 65.501 AND < 71.000	0.271	0.272	0.237	0.244	0.210	0.8	1.1	1.1	1.1	0.6	4.8
Group 9	>= 71.001 AND < 75.500	0.270	0.255	0.219	0.203	0.198	0.5	0.9	1.1	1.1	0.7	4.3
Group 10	>= 75.501 AND < 81.000	0.278	0.232	0.226	0.212	0.206	0.6	0.9	1.1	1.2	0.9	4.6
Group 11	>= 81.001 AND < 86.500	0.254	0.224	0.238	0.186	0.191	0.5	0.9	1.0	1.0	0.9	4.3
Group 12	>= 86.501 AND < 92.500	0.230	0.234	0.206	0.208	0.212	0.5	0.8	1.0	1.1	0.8	4.1
Group 13	>= 92.501 AND < 99.500	0.257	0.271	0.196	0.198	0.185	0.5	0.8	0.9	1.0	0.9	4.1
Group 14	>= 99.501 AND < 108.500	0.230	0.221	0.202	0.213	0.200	0.5	0.8	1.0	1.1	1.0	4.5
Group 15	>= 108.501 AND < 118.500	0.253	0.218	0.205	0.199	0.223	0.5	0.9	1.0	1.0	0.8	4.2
Group 16	>= 118.501 AND < 133.500	0.223	0.241	0.187	0.180	0.206	0.4	0.7	0.9	1.1	0.9	4.1
Group 17	>= 133.501 AND < 155.500	0.243	0.247	0.219	0.202	0.184	0.4	0.8	1.0	1.1	1.1	4.4
Group 18	>= 155.501 AND < 181.000	0.233	0.200	0.205	0.187	0.159	0.6	1.0	1.2	1.2	1.0	5.0
Group 19	>= 181.001 AND < 210.000	0.216	0.223	0.187	0.198	0.193	0.4	0.7	0.9	1.2	1.0	4.1
Group 20	>= 210.001 AND < 258.500	0.246	0.224	0.198	0.195	0.174	0.4	0.7	1.0	1.3	1.1	4.6
Group 21	>= 258.501 AND < 383.000	0.218	0.203	0.211	0.188	0.184	0.5	0.8	1.0	1.2	1.1	4.6
Group 22	>= 383.001 AND < 724.000	0.225	0.230	0.165	0.165	0.177	0.7	0.9	1.0	1.3	1.2	5.0



Grafik 28: Araç Sigorta Bedeli Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

Araç sigorta bedellerinin grup bazında zaman ile etkileşimi grafikten görüldüğü gibi yer yer tutarlı yer yer değişken bir trend izlediği tespit edilmiştir.

Zaman bazında hasar frekansları aynı trend ve tutarlıkta ilerlemekte olup dolayısıyla modele araç sigorta bedeli dahil edilmiştir.

Tablo 46: Araç Sigorta Bedeli Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları

	Fark (p değeri)
Ki-Kare Yüzde Oranı	0.000

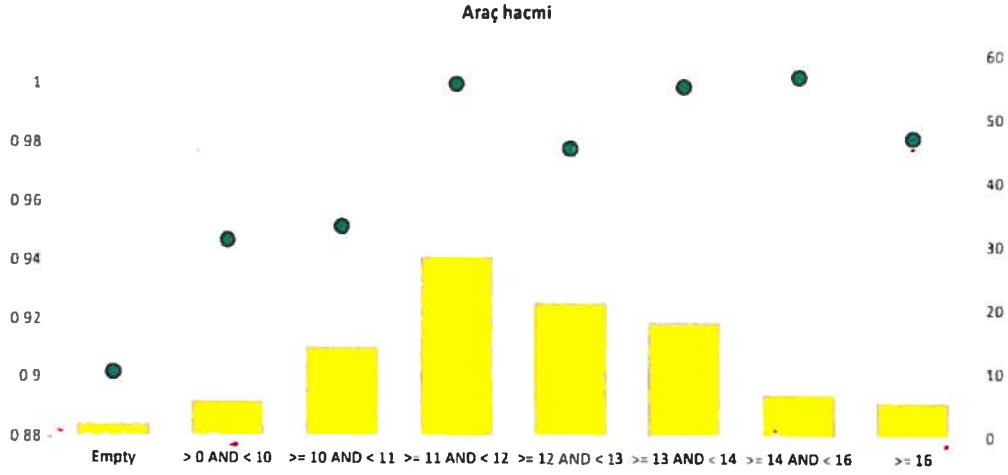
Ki-Kare tablosundaki p değeri 0,05'ten küçük olduğundan ($p=0.000$) araç sigorta bedeli parametresi modelde istatistiksel olarak anlamlı olup, H_0 hipotezi reddedilmiştir. Araç sigorta bedeli parametresi modele dahil edilmiştir.

3.2.7. Araç Hacmi Parametresi

Araç hacmi parametresine göre veri setindeki araçlar 7 kategoride incelenmiştir. Buna göre veri seti içerisindeki araçların %49'u "11-13" araç hacmi grupları arasındadır. Hasar frekansı regresyon sonuçları incelediğinde ise hasar frekansı sonuçlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Tablo 47: Araç Hacmi Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri

	Regresyon sonucu	Kazanılan Poliçe Adet	Poliçelerin Yüzdesi
Empty	0.902	2,962	1.84
> 0 AND < 10	0.947	8,638	5.38
>= 10 AND < 11	0.951	22,373	13.93
>= 11 AND < 12	1	45,205	28.15
>= 12 AND < 13	0.978	33,529	20.88
>= 13 AND < 14	0.999	28,853	17.97
>= 14 AND < 16	1.003	10,488	6.53
>= 16	0.982	8,545	5.32



Grafik 29: Araç Hacmi Parametresinin Regresyon Sonuçları

Regresyon analizi sonucunda araç hacmi "11-12" olan araçların baz seviye seçildiği görülmekte olup, regresyon sonucu 1 atanmaktadır.

Araç hacmi "12-13" aralığındaki araçların hasar frekansları "11-12" olan araçlardan %3 daha düşüktür. Aynı şekilde "10-11" araç hacmi olan araçların hasar frekansı %5 daha düşük seyretmektedir.

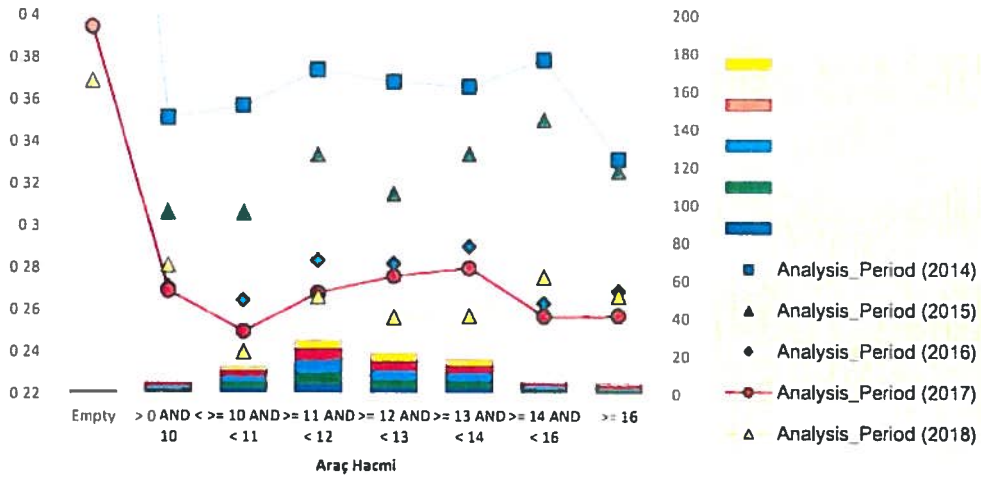
Araç hacmi parametresinin zaman faktörü ile etkileşimi incelenip modele dahil edilmiştir.

Tablo 48: Araç Hacmi Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

	2014- Regresyon Sonucu	2015- Regresyon Sonucu	2016- Regresyon Sonucu	2017- Regresyon Sonucu	2018- Regresyon Sonucu
Empty	0.675	0.522	0.425	0.394	0.369
> 0 AND < 10	0.351	0.307	0.271	0.269	0.281
>= 10 AND < 11	0.357	0.306	0.264	0.249	0.240
>= 11 AND < 12	0.374	0.334	0.283	0.268	0.266
>= 12 AND < 13	0.368	0.315	0.282	0.276	0.256
>= 13 AND < 14	0.366	0.334	0.290	0.279	0.257
>= 14 AND < 16	0.379	0.350	0.263	0.257	0.275
>= 16	0.332	0.326	0.269	0.257	0.266

	2014- Poliçelerin Yüzdesi	2015- Poliçelerin Yüzdesi	2016- Poliçelerin Yüzdesi	2017- Poliçelerin Yüzdesi	2018- Poliçelerin Yüzdesi	Toplam
Empty	0.35	0.34	0.40	0.41	0.35	1.84
> 0 AND < 10	1.01	1.32	1.22	1.10	0.73	5.38
>= 10 AND < 11	2.34	3.31	3.22	2.92	2.14	13.93
>= 11 AND < 12	4.57	6.50	6.40	6.14	4.55	28.15
>= 12 AND < 13	2.70	4.25	4.73	5.14	4.06	20.88
>= 13 AND < 14	2.68	3.85	3.99	4.19	3.25	17.97
>= 14 AND < 16	0.96	1.42	1.48	1.51	1.16	6.53
>= 16	0.66	1.12	1.22	1.29	1.03	5.32

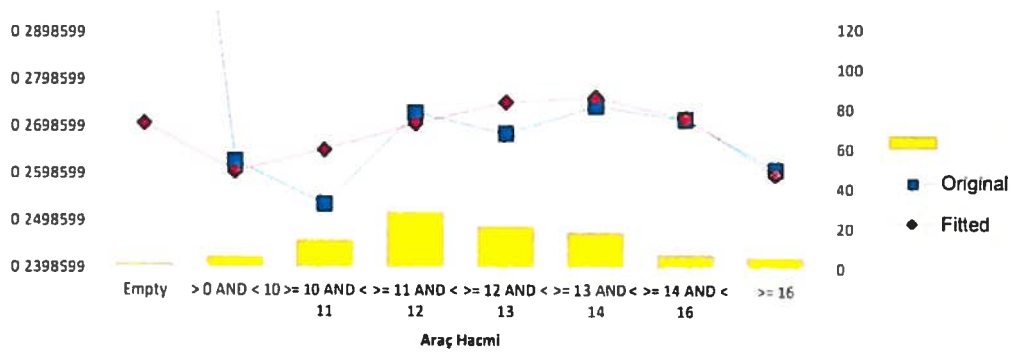
Araç hacmi "10-14" arasında olan araçların adetsel yoğunluğu %81'dir.



Grafik 30: Araç Hacmi Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

Grafikte görüldüğü üzere zaman bazında hasar frekansları aynı trend ve tutarlıkta ilerlemektedir. Adetsel yoğunluğunun az olması sebebiyle sadece "empty" kategorisinde tutarsız bir trend söz konusudur.

Hasar frekansının araç hacmi "13-14" kategorisine kadar artış gösterdiği bundan sonra düşüğe geçtiği yorumunu yapılmaktadır. Araç hacmi parametresinin sürekli bir değişken olması sebebiyle gözlemlenmiş trendin sağlanması amacıyla bu parametre bir eğriye oturtulmuştur.



Grafik 31: Araç Hacmi Parametresinin Uygun Fonksiyon Tespiti Sonrası Regresyon Sonuçları

Tablo 49: Araç Hacmi Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları

	Fark (p değeri)
Ki-Kare Yüzde Oranı	0.000

Ki-kare testi sonuçları için H_0 hipotezi reddedilmiş olup *Araç Hacmi* parametresinin modelde anlamlı bir parametre olduğu ve fiyatlamada kullanılması gerektiği kararı verilmiştir.

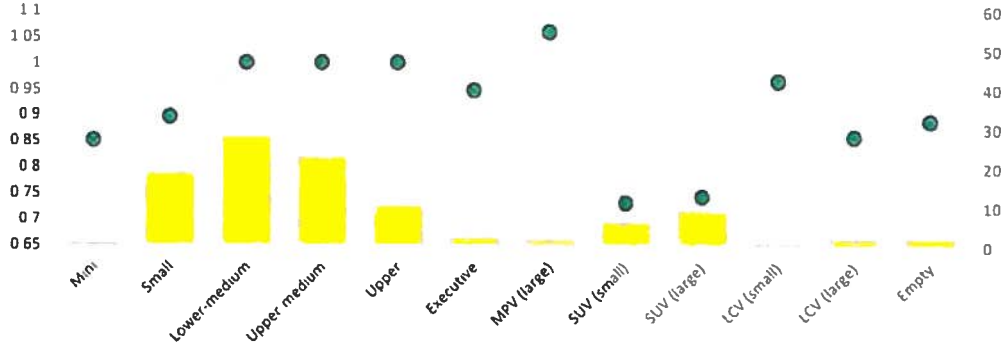
3.2.8. Araç Sınıfı Parametresi

Veri setinde diğer tüm parametrelerin aynı olduğu varsayımı altında araçların araç sınıfı olarak adlandırdığı *mini, small, SUV* vs. gibi kategorilerin regresyon analizi sonuçları aşağıdaki gibidir.

Tablo 50: Araç Sınıfı Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri

	Regresyon sonucu	Kazanılan Poliçe Adet	Poliçelerin Yüzdesi
Mini	0.851	496	0.31
Small	0.896	29,808	18.56
Lower-medium	1	44,243	27.55
Upper-medium	1.001	35,938	22.38
Upper	1.001	15,941	9.93
Executive	0.947	2,866	1.78
MPV (large)	1.06	2,122	1.32
SUV (small)	0.732	9,242	5.75
SUV (large)	0.744	13,874	8.64
LCV (small)	0.966	672	0.42
LCV (large)	0.858	2,571	1.60
Empty	0.889	2,820	1.76

Araçların adetsel yoğunluğunun yaklaşık %50'si *Lower-Upper* medium araç sınıfı kategorisinde yer almaktadır. Bu sebeble regresyon sonucu baz olarak 1 atanmaktadır.



Grafik 32: Araç Sınıfı Parametresinin Regresyon Sonuçları

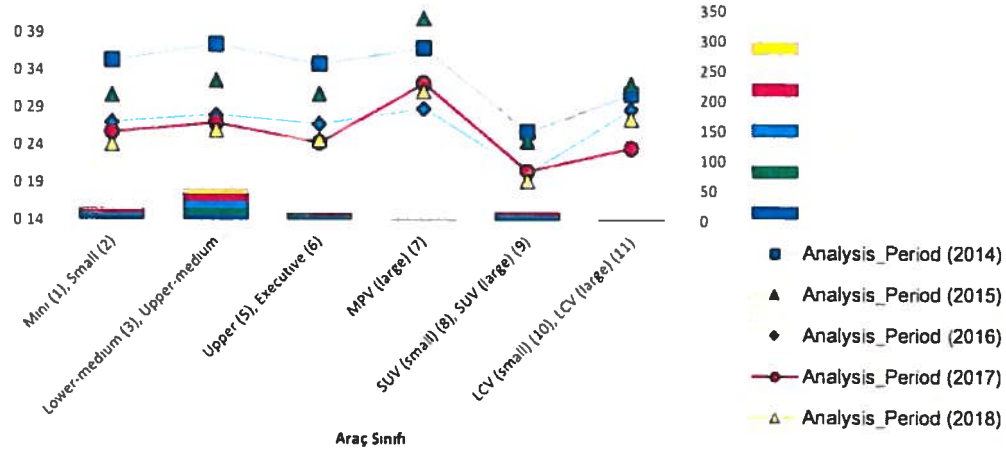
Regresyon sonuçları incelendiğinde *MPV (large)* araç sınıfına ait araçların *Upper-medium* araç sınıfına ait araçlardan hasar frekansının %5 yüksek olduğu görülmekte olup, *SUV (small)* ve *SUV (Large)* araç sınıfına ait araçların ise hasar frekanslarının yaklaşık olarak %27 düşük olduğu görülmektedir.

Bazı araç sınıfı kategorilerinde adet azlığı sebebiyle gruplama yapıldıktan sonra araç sınıfı parametresinin zaman faktörü ile etkileşimi incelenip modele dahil edilmiştir.

Tablo 51: Araç Sınıfı Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

	2014- Regresyon Sonucu	2015- Regresyon Sonucu	2016- Regresyon Sonucu	2017- Regresyon Sonucu	2018- Regresyon Sonucu
Mini (1), Small (2)	0.353	0.307	0.270	0.257	0.242
Lower-medium (3), Upper-medium (4), Empty (12)	0.375	0.326	0.280	0.270	0.260
Upper (5), Executive (6)	0.348	0.309	0.268	0.244	0.247
MPV (large) (7)	0.370	0.410	0.289	0.323	0.312
SUV (small) (8), SUV (large) (9)	0.258	0.246	0.202	0.205	0.193
LCV (small) (10), LCV (large) (11)	0.309	0.323	0.288	0.237	0.276

	2014- Poliçelerin Yüzdesi	2015- Poliçelerin Yüzdesi	2016- Poliçelerin Yüzdesi	2017- Poliçelerin Yüzdesi	2018- Poliçelerin Yüzdesi	Toplam
Mini (1), Small (2)	3.25	4.38	4.15	4.00	3.08	18.87
Lower-medium (3), Upper-medium (4), Empty (12)	8.05	11.59	11.82	11.60	8.63	51.68
Upper (5), Executive (6)	1.71	2.47	2.67	2.76	2.11	11.71
MPV (large) (7)	0.15	0.29	0.32	0.34	0.23	1.32
SUV (small) (8), SUV (large) (9)	1.91	2.96	3.24	3.50	2.78	14.39
LCV (small) (10), LCV (large) (11)	0.20	0.43	0.46	0.49	0.44	2.02



Grafik 33: Araç Sınıfı Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

Grafikte trendlerin zaman bazında aynı yönlü olması bize faktörün zaman bazında tutarlılığını göstermektedir.

Zaman bazındaki eğrilerin benzer eğim ve yönde olduğu görülmektedir. Yıllar bazında benzer trendler görüldüğünden bu faktörün zaman bazında tutarlığı sonucunu elde edip bu faktör modele dahil edilmektedir.

Tablo 52: Araç Sınıfı Ki-Kare Testi Sonuçları

	Fark (p değeri)
Ki-Kare Yüzde Oranı	0.000

Ki-Kare tablosundaki p değeri 0,05'ten küçük olduğundan ($p=0.000$) *Araç Sınıfı* parametresi modelde istatistiksel olarak anlamlı olup, H_0 hipotezi reddedilmiş olup söz konusu parametre modele dahil edilmiştir.

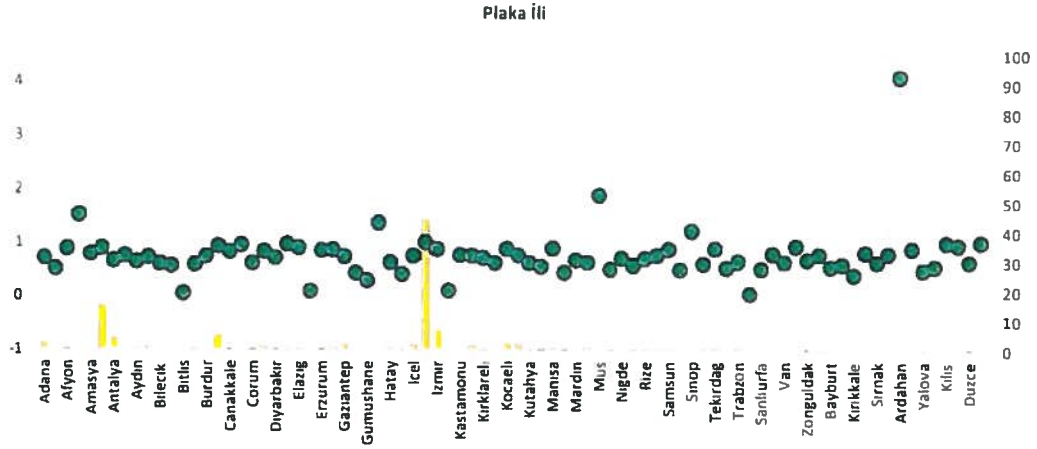
3.2.9. Plaka İli Parametresi

Veri setinde 81 il kodunda araçlar bulunmaktadır. Adetsel yoğunluğu %44 ile *İstanbul* ili en başta gelmekte olup, ikinci sırayı %15 ile *Ankara* ve %6 ile *İzmir* üçüncü sırayı almaktadır.

Ayrıca plaka illeri kategorik olarak fazla olması sebebiyle, uzman aktüer görüşü doğrultusunda gruplama yapılmıştır.

Tablo 53: Plaka İli Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri

Plaka İli Grup	Plaka İli	Regresyon sonucu	Kazanılan Poliçe Adet	Poliçelerin Yüzdesi	Plaka İli	Regresyon sonucu	Kazanılan Poliçe Adet	Poliçelerin Yüzdesi
3	Adana	0.71	3,372	2.10	Konya	0.765	3,247	2.02
5	Adiyaman	0.506	145	0.09	Kutahya	0.622	318	0.20
3	Afyon	0.881	519	0.32	Malatya	0.553	476	0.30
2	Agri	1.512	27	0.02	Manisa	0.891	1,016	0.63
3	Amasya	0.778	165	0.10	Kahramanmaraş	0.442	497	0.31
1	Ankara	0.891	23,593	14.69	Mardin	0.674	135	0.08
3	Antalya	0.661	6,052	3.77	Mugla	0.63	1,410	0.88
3	Artvin	0.752	59	0.04	Mus	1.882	30	0.02
3	Aydın	0.634	893	0.56	Neveshir	0.505	310	0.19
3	Balıkesir	0.724	1,091	0.68	Nigde	0.713	131	0.08
1	Bilecik	0.605	157	0.10	Ordu	0.577	282	0.18
2	Bingöl	0.567	24	0.01	Rize	0.706	208	0.13
2	Bitlis	0.043	18	0.01	Sakarya	0.765	1,056	0.66
5	Bolu	0.585	300	0.19	Samsun	0.88	887	0.55
5	Burdur	0.742	176	0.11	Sirt	0.496	28	0.02
1	Bursa	0.929	7,687	4.79	Sinop	1.22	31	0.02
3	Canakkale	0.825	442	0.28	Sivas	0.603	297	0.18
3	Cankırı	0.957	106	0.07	Svan	0.889	1,186	0.74
5	Conun	0.617	401	0.25	Tekirdag	0.529	152	0.09
2	Denizli	0.835	1,886	1.17	Tunceli	0.656	4	0.00
3	Diyarbakır	0.712	466	0.29	Trabzon	0.043	1,058	0.66
2	Edirne	0.965	314	0.20	Sanliurfa	0.51	365	0.23
3	Elazig	0.9	303	0.19	Usak	0.789	312	0.19
5	Erzincan	0.097	54	0.03	Van	0.638	129	0.08
1	Erzurum	0.853	376	0.23	Yozgat	0.934	110	0.07
1	Eskisehir	0.865	1,063	0.66	Zonguldak	0.686	496	0.31
3	Gaziantep	0.735	2,642	1.65	Aksaray	0.78	302	0.19
5	Giresun	0.429	184	0.11	Bayburt	0.552	17	0.01
3	Gumushane	0.288	31	0.02	Karunan	0.595	198	0.12
2	Hakkari	1.366	3	0.00	Kirkkale	0.403	79	0.05
5	Hatay	0.631	1,168	0.73	Baunan	0.823	108	0.07
5	Isparta	0.412	278	0.17	Sirnak	0.636	43	0.03
3	Icel	0.75	2,568	1.60	Bartın	0.802	114	0.07
1	Istanbul	1	70,684	44.01	Ardahan	4.096	10	0.01
1	Izmir	0.875	10,753	6.70	Igdir	0.892	46	0.03
2	Kars	0.103	57	0.04	Yalova	0.489	260	0.16
3	Kastamonu	0.764	162	0.10	Karabuk	0.562	183	0.11
3	Kayseri	0.753	2,377	1.48	Kilis	0.999	27	0.02
2	Kirkkareli	0.713	267	0.17	Osmaniye	0.954	141	0.09
1	Kirsehir	0.622	130	0.08	Duzce	0.643	380	0.24
1	Kocaeli	0.879	3,518	2.19	Empty	1.011	3	0.00



Grafik 34: Plaka İli Parametresinin Regresyon Sonuçları

Yukarıdaki grafikte görüldüğü üzere regresyon analizi sonucunda plaka ili 34 olan *istanbul* ili poliçeleri baz seviye seçilmiş olup İstanbul ilindeki araçların regresyon sonucu 1 olarak atanmıştır.

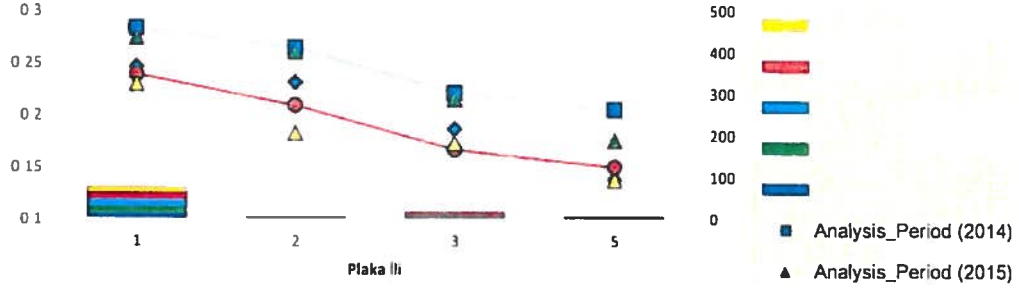
Grafikte *Muş* ilinin hasar frekansı *İstanbul* ilinin hasar frekasından %88 daha fazla olduğu görülmektedir. *Elazığ* ilinin ise hasar frekansı *İstanbul* ilinin hasar frekasından %90 daha düşüktür. Söz konusu farkın bu kadar büyük olmasının en önemli sebebi adetsel olarak yoğunluğun az olmasındandır. Bazı illerde adet azlığı olması sebebiyle gruplama yapıp plaka ili parametresinin zaman faktörü ile etkileşimi incelenip modele dahil edilmiştir.

Tablo 54: Plaka İli Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

	2014- Regresyon Sonucu	2015- Regresyon Sonucu	2016- Regresyon Sonucu	2017- Regresyon Sonucu	2018- Regresyon Sonucu
1	0.283	0.274	0.246	0.238	0.230
2	0.264	0.260	0.231	0.209	0.182
3	0.221	0.215	0.186	0.166	0.173
5	0.205	0.175	0.138	0.150	0.137

	2014- Poliçelerin Yüzdesi	2015- Poliçelerin Yüzdesi	2016- Poliçelerin Yüzdesi	2017- Poliçelerin Yüzdesi	2018- Poliçelerin Yüzdesi	Toplam
1	11.54	16.50	16.90	16.89	12.90	74.73
2	0.45	0.71	0.67	0.69	0.52	3.04
3	2.51	3.71	3.81	3.87	2.90	16.81
5	0.77	1.19	1.27	1.24	0.94	5.41

4. kategori de bulunan illerde adet azlığı olması sebebiyle regresyon analizi uygulanmamıştır.



Grafik 35: Plaka İli Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

Grafikteki zaman trendlerin paralel olması bize faktörün zaman bazında tutarlılığını göstermektedir. Zaman bazındaki eğrilerin benzer eğim ve yönde olduğu görülmekte olup plaka ili parametresi modele dahil edilmiştir.

Tablo 55: Plaka İli Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları

	Fark (p değeri)
Ki-Kare Yüzde Oranı	0.000

Ki-Kare tablosundaki p değeri 0,05' ten küçük olduğundan ($p=0.000$) *Plaka İli* arametresi modelde istatistiksel olarak anlamlı olup, H_0 hipotezi reddedilerek modele dahil edilmiştir.

3.2.10. Marka Model Parametresi

Veri setinde bulunan marka model parametresi 204 farklı kategoriden oluşmaktadır. Bu parametre uzman aktüer görüşü doğrultusunda gruplanarak, özet tablosu aşağıdaki gibidir.

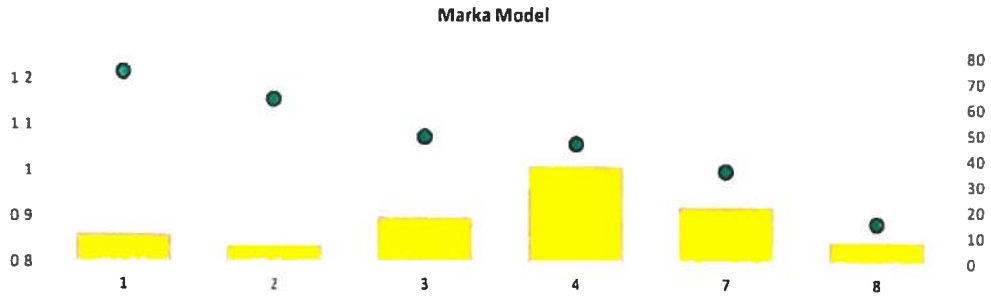
Tablo 56: Marka Model Parametresinin Gruplaması

1. grup:	CITROEN	DACIA	HONDA	PEUGEOT	TOYOTA	VOLVO	VOLKSWAGEN-POL	VOLVO-S80
2. grup:	ALFA ROMEO	AUDI-A4	CITROEN-C5	HYUNDAI-I30	RENAULT-MEG	SUZUKI		
3. grup:	ASTON MARTIN	AUDI-Q3	BENTLEY	FERRARI	JAGUAR	LAMBORGHINI	LANCIA	LOTUS
	MASERATI	MAZDA	OPEL-INS	PORSCHE-CAY	RENAULT(OYAK)-MEG	ROLLS	ROVER	SAAB
4. grup:	AUDI-A3	BMW-316	CADILLAC	CHERY	CHRYSLER-JEE	DACIA-SAN	FORD /USA	FORD-FIE
	GEELY	HYUNDAI-I20	MERCEDES-AI	OPEL-AST	RENAULT(OYAK)-SYM	SEAT	TESLA	VOLKSWAGEN
7. grup:	BMW-520	CHEVROLET	HYUNDAI-ACC	MERCEDES-CI	NISSAN-JUK	TOFAS-FIAT	VOLKSWAGEN-GOL	
8. grup:	CHEVROLET-CAP	LAND ROVER	MERCEDES-EI80	MINI	OPEL-COR	TOFAS-FIAT-LINEA	VOLKSWAGEN-CC	

Tablo 57: Marka Model Parametresinin Regresyon Sonuçları ve Kazanılan Poliçe Adetleri

	Regresyon sonucu	Kazanılan Poliçe Adet	Poliçelerin Yüzdesi
1. Grup	1.217	16,609	10.34
2. Grup	1.157	9,688	6.03
3. Grup	1.075	27,933	17.39
4. Grup	1.059	59,450	37.02
7. Grup	1.000	34,585	21.54
8. Grup	0.885	12,328	7.68

Gruplama sonrası regresyon sonuçları incelendiğinde baz olarak 7 gruptaki araçların seçildiğini gördük.



Grafik 36: Marka Model Parametresinin Regresyon Sonuçları

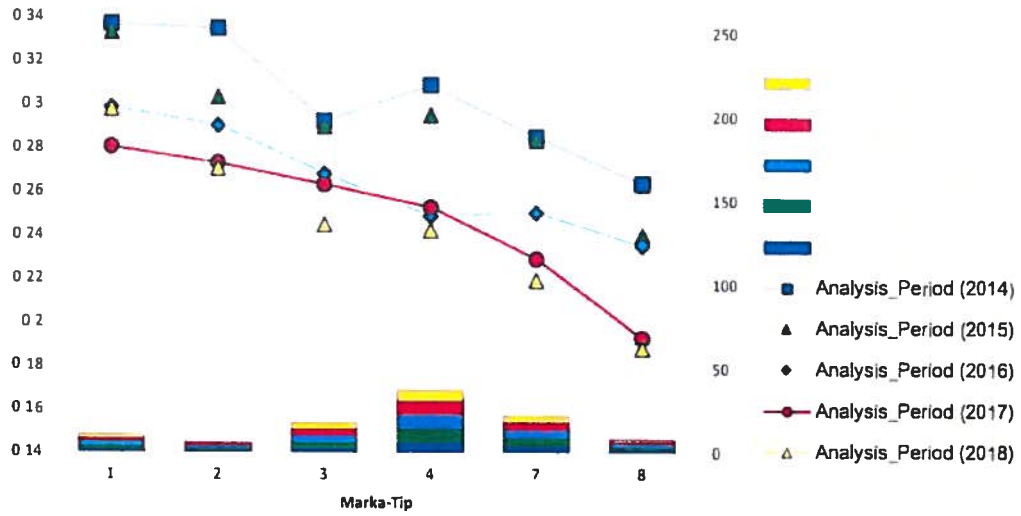
1. Gruptaki araçların (Citroen, Toyota, vs.) hasar frekansı 7. Gruptaki araçlardan (Bmw, Mercedes vs.) %20 daha yüksektir. Benzer şekilde 8. Gruptaki (Volkswagen, Mini vs.) araçların ise hasar frekansı 7. Gruptaki araçlardan %12 düşüktür.

Gruplamaları yaptıktan sonra marka model parametresinin zaman faktörü ile etkileşimi incelenip modele dahil edilmiştir.

Tablo 58: Marka Model Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

	2014- Regresyon Sonucu	2015- Regresyon Sonucu	2016- Regresyon Sonucu	2017- Regresyon Sonucu	2018- Regresyon Sonucu
1	0.337	0.333	0.298	0.280	0.297
2	0.334	0.303	0.290	0.273	0.270
3	0.292	0.289	0.268	0.263	0.244
4	0.308	0.295	0.248	0.252	0.242
7	0.285	0.283	0.250	0.229	0.219
8	0.263	0.240	0.235	0.192	0.188

	2014- Poliçelerin Yüzdesi	2015- Poliçelerin Yüzdesi	2016- Poliçelerin Yüzdesi	2017- Poliçelerin Yüzdesi	2018- Poliçelerin Yüzdesi	Toplam
1	1.58	2.18	2.34	2.40	1.85	10.34
2	0.98	1.37	1.32	1.33	1.02	6.03
3	2.31	3.60	3.86	4.21	3.42	17.39
4	5.62	8.22	8.45	8.42	6.31	37.02
7	3.48	4.79	4.85	4.80	3.62	21.54
8	1.30	1.94	1.84	1.53	1.06	7.68



Grafik 37: Marka Model Parametresinin Zaman Bazında Etkileşiminin Regresyon Sonuçları

Grafikteki zaman trendlerin paralel olması bize faktörün zaman bazında tutarlılığını göstermektedir. Zaman bazındaki eğrilerin benzer eğim ve yönde olduğu görülmekte olup marka model parametresi modele dahil edilmiştir.

Tablo 59: Marka Model Parametresinin Ki-Kare Testi Sonuçları

	Fark (p değeri)
Ki-Kare Yüzde Oranı	0.000

Ki-Kare tablosundaki p değeri 0,05'ten küçük olduğundan (p=0.000) *Marka Model* parametresi modelde istatistiksel olarak anlamlı olup, Ho hipotezi reddedilerek modele dahil edilmiştir.

3.3. GLM Analiz Sonuçları Ekseninde Belirlenen Parametrelerin Katsayıları ve Tarife Primi Örneği

GLM kullanılarak elde edilen model ile 2014-2018 yıllarına ait verilere ilişkin hasar frekansını tahmin eden bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma ile elde edilen modelin hasar frekansı değişik parametreler ve kategorilerde hesaplanmıştır.

Sonuç olarak GLM ile modele dahil edilen parametreler incelenip zaman bazında tutarlılıkları ve trendleri ortaya çıkarılmıştır.

Uzman aktüer görüşü doğrultusunda seçilen parametrelerin fiyatlama çalışmasındaki katsayıları oluşturulur iken aşağıdaki regreyon örneği bazında bir analiz ortaya çıkmıştır.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9$$

Y (Bağımlı değişken): Hasar Frekansı

β_0 (Sabit Katsayı): Sabit Katsayı

X_1 (Bağımsız değişken): Yakıt Tipi

X_2 (Bağımsız değişken): Beygir Gücü

X_3 (Bağımsız değişken): Hasarsızlık Kademesi

X_4 (Bağımsız değişken): Araç Yaşı

X_5 (Bağımsız değişken): Araç Sigorta Bedeli

X_6 (Bağımsız değişken): Araç Hacmi

X_7 (Bağımsız değişken): Araç Sınıfı

X_8 (Bağımsız değişken): Plaka İl

X_9 (Bağımsız değişken): Marka Model

Tablo 60: Model Parametrelerinin Katsayıları

Sabit (β_0)	Katsayı	Zaman	Katsayı	Yakıt Tipi (X_1)	Katsayı
Sabt	0.2328	2017	1.0000	Empty	1.0000
				Dizel	1.0000
				Electric	0.8765
				Benzin	0.8765

Beygir Gücü (X_2)	Katsayı	Hasarsızlık Kademesi (X_3)	Katsayı	Araç Yaşı (X_4)	Katsayı
Empty	1.0000	0	1.0000	0	0.8788
>= 1 AND < 75	1.0000	1	0.9027	1	1.0000
>= 75 AND < 80	1.0000	2	0.8129	2	1.1001
>= 80 AND < 90	1.0000	3	0.7304	3	1.1733
>= 90 AND < 95	1.0000	4	0.6547	4	1.2169
>= 95 AND < 100	1.0000	5	0.5855	5	1.2309
>= 100 AND < 105	1.0051	6	0.5224	6	1.2179
>= 105 AND < 110	1.0138	7	0.4650	7	1.1823
>= 110 AND < 115	1.0262	8	0.4130	8	1.1293
>= 115 AND < 120	1.0424	9	0.3659	9	1.0645
>= 120 AND < 132	1.0626	10	0.3235	10	0.9931
>= 132 AND < 150	1.0870	10+	0.2853	11	0.9198
>= 150 AND < 160	1.1159			12	0.8482
>= 160 AND < 177	1.1496			13	0.7810
>= 177 AND < 218	1.1886			14	0.7203
>= 218	1.2332			15	0.6673
				15+	0.6673

Araç Sigorta Bedeli (X_5)	Katsayı	Araç Hacmi (X_6)	Katsayı	Araç Sınıfı (X_7)	Katsayı
>= 1 AND < 18500	1.0084	Empty	1.0000	Mini	0.9215
>= 18500 AND < 27500	1.0063	> 0 AND < 10	0.9513	Small	0.9215
>= 27500 AND < 31000	1.0042	>= 10 AND < 11	0.9816	Lower-medium	1.0000
>= 31000 AND < 33000	1.0021	>= 11 AND < 12	1.0000	Upper-medium	1.0000
>= 33000 AND < 36000	1.0000	>= 12 AND < 13	1.0082	Upper	0.9849
>= 36000 AND < 37500	0.9979	>= 13 AND < 14	1.0083	Executive	0.9849
*	0.9958	>= 14 AND < 16	1.0026	MPV (large)	1.0602
*	0.9937	>= 16	0.9936	SUV (small)	0.7379
*	0.9915			SUV (large)	0.7379
>= 123000 AND < 127500	0.9979			LCV (small)	0.8908
*	0.9873			LCV (large)	0.8908
*	0.9852			Empty	1.0000
*	0.9830				
*	0.9809				
*	0.9788				
>= 50000 AND < 50500	0.9766				
>= 724000	0.7735				

Tablo 60 (devam): Model Parametrelerinin Katsayıları

Plaka İli (X_8)	Katsayı	Marka Model(X_9)	Katsayı
Adana	0.7539	Empty	1.0563
Adiyaman	0.6263	ALFA ROMEO	1.1552
Afyon	0.7539	ASTON MARTIN	1.0757
Agri	0.9062	AUDI	1.0757
Amasya	0.7539	AUDI-A3	1.0563
Ankara	1.0000	AUDI-A4	1.1552
*	0.7539	AUDI-A5	1.0757
*	0.7539	*	1.0757
*	0.7539	*	1.0757
*	0.7539	*	1.0757
*	1.0000	*	1.0757
*	0.9062	*	1.0757
İstanbul	1.0000	*	1.0563
İzmir	1.0000	HYUNDAI-I10	1.0000
*	0.6263	HYUNDAI-I20	1.0563
*	1.0000	*	1.0563
Duzce	0.7539	VOLVO-XC9	1.1552

Bu analizin sonunda ortaya çıkan modelin hasar frekansı hesaplanarak ortalama yıllık hasar dosya maliyeti ile çarpılarak tarife primi oluşturulmaktadır.

Aşağıda bu çalışma ile belirlenen parametreler ekseninde hesaplanan tarife primi örneği yer almaktadır.

2017 yılına ait bir poliçe örneği;

Sabit katsayısı	:	0.2328
Yakıt tipi: Benzin'li Araç	:	0.8765
Beygir Gücü :112 HP	:	1.0262
Hasarsızlık Kademesi :5 basamak:	:	0.5855
Araç Yaşı: 3 Yaş	:	1.1733
Araç Sigorta Bedeli :125.000 TL	:	0.9979
Araç Hacmi :12 santimetreküp	:	1.0082
Araç Sınıfı :Upper Araç	:	0.9849
Plaka İl :İstanbul İli	:	1.0000
Marka Tip :Audi (A5 sınıfı)	:	1.0757

Yukarıdaki özelliklere sahip bir poliçenin tüm parametrelerinin katsayılarını çarptığımızda 0.1556 olmaktadır. Modeldeki bu özelliklere sahip bir poliçenin hasar frekansı %15.56 dır.

Hasar Frekansı=0.1556

2017 yılında ortalama hasar dosya maliyeti tutarı= 5.000 (Türkiye Motorlu Taşıtlar Birlik sonuçları veya şirketler bazında ortalama hasar dosya maliyeti varsayımı altında)

Tarife Risk Primi = 0.1556*5,000= 778 TL olarak ortaya çıkmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmanın amacı doğru bir prim fiyatlaması yapabilmek için portföyü oluşturan araçlara ilişkin matematiksel ve istatistiksel temellere dayanan bir modelin risk parametrelerini incelemektir. Bu amaçla öncelikle çalışmada kullanılan Genelleştirilmiş Lineer Modeller incelenmiştir.

Genelleştirilmiş Lineer Modeller (GLM), Normal Doğrusal Modellerin sınırlayıcı varsayımlarını esneterek bağımlı değişkenin Normal dağılmadığı durumlar için analize izin veren, değişkenler arasındaki ilişkiyi modelleyen bir metodolojidir⁵³. Sigortacılık verileri genellikle Normal dağılım göstermediğinden Doğrusal Regresyon Analizi'nin varsayımlarını karşılamamaktadır. Bu nedenle GLM sigorta verilerinin analizinde önemli yer tutmaktadır. GLM, standart hataların hesaplanabilmesi, güven aralıklarının belirlenmesi, hipotez testleri ve model seçimi gibi özellikleri ile genel bir istatistiksel teoriye dayanması nedeniyle prim fiyatlamada geleneksel yöntemlere göre üstünlük taşımaktadır.

Bu çalışmanın uygulama kısmında kullanılan veri seti özel bir sigorta şirketinden elde edilmiş olup 160.593 farklı poliçeye ilişkin toplam 17 değişken ekseninde hususi araçların müşteri tipi tüzel olan verilerinden oluşmaktadır.

Çalışmada Sigorta Bilgi ve Gözetim Merkezi veri deseni üzerinden aktarılan parametrelerden uzman aktüer görüşü doğrultusunda şirketler bazında standart olarak kullanılan 17 parametre seçilmiştir. Seçilen bu parametrelerin Korelasyon Analizi incelenerek aynı şekilde uzman aktüer görüşü doğrultusunda korelasyonu 0.6 nın üzerinde olan parametrelerden aralarındaki ilişkinin güçlü olduğu varsayımı altında 10 parametre belirlenmiş ve uygulamada kullanılmıştır.

Korelasyon analizi sonucunda başlangıçtaki 17 parametre aşağıda detaylandırılan 10 parametreye düşürülmüştür. Ayrıca analiz sonuçlarına göre "*Yakıt Tipi*" ve "*Motor Tipi*" parametreleri için aralarındaki korelasyon katsayısı 0.99 olup,

⁵³ DE JONG ve HELLER, a.g.e.,

yüksek ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Bu iki parametrenin ilişkilerinin çok güçlü olduğu ve bunun sonucunda modelde ikisinin de aynı trendleri vereceği yaklaşımı ile GLM analizi ile modelde anlamlılığını test ederken birinin yeterli olduğuna karar verilmiştir.

"*Yakıt Tipi*" parametresi sektörde daha çok kabul görmüş olması sebebiyle seçilmiştir. "*Silindir Sayısı*" ile "*Silindir Tipi*" parametrelerinin korelasyon katsayısı 0.76 olup modele "*Silindir Sayısı*" parametresi dahil edilmiştir. "*Beygir Gücü*" ile "*Çekiş Tipi*" parametreleri arasında korelasyon katsayısı 0.73 olup "*Beygir Gücü*" parametresinin anlamlılığı test edilmiştir. "*Hasarsızlık Kademesi*" ve "*Basamak Değişimi*" parametrelerinin korelasyon katsayısı 0.65 olduğundan ilişkilerinin güçlü olduğu kabul edilip "*Hasarsızlık Kademesi*" parametresi modelde incelenmiştir. "*Araç Yaşı*" ile "*Yakıt Tipi*" parametrelerinin korelasyon katsayısı 0.44 olup zayıf yönlü bir ilişkisi olduğu tespit edildiğinden, modelde her iki parametre de incelenmiştir. "*Araç Sigorta Bedeli*" ile "*Araç Sınıfı*" parametreleri arasında ilişkileri zayıf yönlü olmakla birlikte korelasyon katsayıları 0.38 dir. Bu sebeble modelde her iki parametre de kullanılmıştır. "*Araçın Hacmi*" ile "*Araçın Uzunluğu*" parametreleri arasındaki korelasyon katsayısı 0.69 dir. Model çalışmasında her iki parametreyi kullanmak anlamsız olduğundan "*Araç Hacmi*" dahil edilmiştir. "*Araç Sınıfı*" ile "*Çekiş Tipi*" parametrelerinin korelasyon katsayısı 0.74 olup, "*Araç Sınıfı*" modelde kullanılmıştır. "*Plaka İli*" ile "*Mernis İli (ikametgah ili)*" arasındaki korelasyon katsayısı 1 olup modelde "*Plaka İli*" parametresini kullanılmıştır. "*Lüks Araç*" ile "*Marka Model*" parametrelerinin korelasyon katsayısı 0.89 olup, modele "*Marka Model*" parametresi dahil edilmiştir. Korelasyon analizi sonucunda güçlü olmayan ilişkiler model sınırları içerisinde göz ardı edilmiştir.

Korelasyon analizi sonrasında '*Yakıt Tipi*', '*Silindir Sayısı*', '*Beygir Gücü*', '*Hasarsızlık Kademesi*', '*Araç Yaşı*', '*Araç Sigorta Bedeli*', '*Araç Hacmi*', '*Araç Sınıfı*', '*Plaka İli*' ve '*Marka-Tip*' parametreleri secilmiş olup fiyatlamada birer belirleyici parametre olup olmadıklarını araştırmak için tek tek model çalışmasına eklenip hasar frekansı yönetimi ile regresyon sonuçları incelenmiş ve zaman (yıllar) bazında trendlerine bakılarak hipotez testleri uygulanmıştır.

'*Yakıt tipi*' parametresinin regresyon sonuçlarına göre, benzinli araçların dizel araçlardan hasar frekansından %15 kadar daha düşük olması beklenmektedir. Ki-Kare tablosundaki p-value değeri 0,05 ten küçük olduğundan ($p=0,000$) *yakıt tipi* değişkeni istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş olup, *Yakıt tipi* değişkeni modele dahil edilmiştir.

Veri setindeki poliçelerin %92.8'i '*Silindir Sayısı*' '1-5' arasında olan araçlardan oluşmaktadır. '1-2' ve '10-12' silindir sayısına sahip araçların adetsel olarak azlığı sebebiyle regresyon sonuçlarını ve zaman bazında trendleri yanıltmaktadır. Ki-Kare tablosundaki p-value değeri 0,05 ten büyük olduğundan ($p=47.90$) *silindir sayısı* değişkenin istatistiksel olarak anlamsız olduğu tespit edilmiş ve modele dahil edilmemiştir.

'*Beygir Gücü*' parametresinin regresyon sonuçları incelendiğinde '90 ve üzeri' beygir gücüne sahip araçların beygir gücü sayısı arttıkça hasar frekansı da artmaktadır. Ki-Kare tablosundaki p-value değeri 0,05 ten küçük olduğundan ($p=0.002$) *beygir gücü* parametresi istatistiksel olarak anlamlı olup, modele dahil edilmiştir.

'*Hasarsızlık Kademesi*' parametresinin regresyon sonuçları için hasarsızlık kademesi arttıkça hasar frekansının azalış gösterdiği yorumu ortaya çıkmaktadır. Ki-Kare p-value değeri 0,05 ten küçük olduğundan ($p=0.000$) *hasarsızlık kademesi* istatistiksel olarak anlamlı olup, modele dahil edilmiştir.

Adetsel yoğunluğunun yaklaşık olarak %85'ini 0 ile 5 yaş araçlar oluşturmaktadır. 'Araç Yaşı' parametresinde sonuç olarak, 0 yaştan başlayarak araçların yaşları arttıkça hasar frekansları da artış göstermektedir. Sonuç olarak araç yaşı parametresinin anlamlı bir parametre olduğunu görülmüş olup (Ki-Kare değeri $p=0.001$ olduğundan) modele dahil edilmiştir.

Veri setindeki *araçların sigorta bedelleri* uzman aktüer görüşünde gruplanmış olarak regresyon sonuçları incelenmiştir. '1-36.000' ile '36.001- 43.500' *araç sigorta bedel* grupları arasındaki regresyon sonuçları birbirine yakın olduğu görülmüştür. Hipotez testi sonuçları anlamlı bulunmuş (Ki-Kare değeri $p=0.001$ olduğundan) ve modele dahil edilmiştir.

'Araç Hacmi' parametresine göre veri setindeki araçlar 7 kategoride incelenmiş olup veri seti içerisindeki araçların %49'u '11-13' araç hacmi grupları arasındadır . Regresyon sonuçları incelendiğinde ise hasar frekansı sonuçlarının birbirine yakın olduğu görülmüştür. Hipotez testi sonuçları anlamlı bulunmuş olup (Ki-Kare değeri $p=0.001$ olduğundan) modele dahil edilmiştir.

'Araç Sınıfı' parametresinin regresyon sonuçları incelendiğinde MPV (large) araç sınıfına ait araçların Upper-medium araç sınıfına ait araçların hasar frekasından %5 yüksek olduğu, SUV(small) ve SUV(Large) araç sınıfına ait araçların ise hasar frekanslarından yaklaşık olarak %27 düşük olduğu görülmektedir. Hipotez testi sonuçları anlamlı bulunmuş olup (Ki-Kare değeri $p=0.001$ olduğundan) modele dahil edilmiştir.

Adetsel yoğunluğu %44 olan İstanbul ili en başta gelmekte olup, %15 oranla Ankara ve %6 oranla İzmir illeri sürdürmektedir. Muş ilinin hasar frekansı İstanbul ilinin hasar frekasından %88 daha fazla olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak Elazığ ilinin ise hasar frekansı İstanbul ilinin hasar frekasından %90 daha düşüktür. Bu farkın bu kadar büyük olmasının en önemli sebebi adetsel olarak yoğunluğun az olmasındandır. Ki-Kare p-value değeri 0,05 ten küçük olduğundan ($p=0.000$) plaka ili istatistiksel olarak anlamlı olup, modele dahil edilmiştir.

Veri setinde bulunan *Marka-Model* parametresi 204 farklı marka-tip kırılımlarından oluşmaktadır. Bu parametre uzman aktüer görüşü doğrultusunda gruplanarak regresyon sonuçları incelenmiştir. 1.Gruptaki araçların (Citroen, Toyota, vs.) hasar frekansı 7. Gruptaki araçlardan (Bmw, Mercedes vs.) %20 daha yüksek olduğu görülmüştür. Hipotez testi sonuçları anlamlı bulunmuş olup (Ki-Kare değeri $p=0.001$ olduğundan) modele dahil edilmiştir.

Sonuç olarak GLM ile modele dahil edilen parametreler incelenip zaman bazında tutarlılıkları ve trendleri ortaya çıkarılmıştır. Bu analizin sonunda sadece *silindir sayısı* parametresi anlamsız olarak tespit edilmiş olup, diğer (*yakıt tipi, beygir gücü, hasarsızlık kademesi, araç yaşı, araç sigorta bedeli, araç hacmi, araç sınıfı, plaka ili ve marka-tip*) parametrelerin modele dahil edilmiş olarak hasar frekansları

hesaplanmıştır. Hasar frekansı ortaya çıkan parametrelerin ortalama yıllık hasar dosya maliyeti ile çarpımı sonucunda tarife risk primi ortaya çıkmaktadır.

Bu analiz sonucunda bağımlı değişkenler ile açıklayıcı değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal ve polinomial olarak matematiksel fonksiyona ait olduğu ortaya çıkmaktadır. Çoğu uygulamalarda tanımlı böyle bir fonksiyon bulunamayabilir veya bu ilişki kolayca tanımlanamayabilir. Genelleştirilmiş Lineer Modeller ile var olan ilişkilerin ortaya çıkarılması için tanımlı bir fonksiyonla, parametrik olmayan bir değişkeni değiştirerek sonuca varıldı. Fiyatlandırma çalışması için GLM analizi çoklu regresyonda model seçiminde kullandı. Böylece poliçelerin belirlenerek gelecek dönem için fiyatlandırma yapılırken bu bilginin dikkate alınması sigorta şirketi açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışma, 2014-2018 yılları arasındaki 160.593 poliçeye ilişkin bilgileri kapsamaktadır. İleriye dönük olarak veri seti genişletilerek tesadüfi ve sabit etkileri dikkate alan Genelleştirilmiş Lineer Modeller kullanılarak çalışma genişletilebilir.

KAYNAKÇA

- AGRESTİ, A. **Categorical Data Analysis**. New York: John Wiley & Sons, Inc. 2002.
- AKAY, K. U. "Genelleştirilmiş Lineer Modeller Yardımıyla Karma Denemelerin Analizi". **Yayınlanmamış Doktora Tezi**. İstanbul: Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- ALPAY, T. "Kasko Sigortalarında Araç Çalınması ve Sigorta Şirketleri ile Sigortalıların Düşükleri İhtilaflar". Mart 17, 2018 tarihinde http://www.ozgursigorta.com.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=47:t%20rafik-sigortasi&catid=1 adresinden alındı.
- ANTONIO, K., & BEIRLANT, J. "Actuarial Statistics with Generalized Linear Mixed Models". **Insurance: Mathematics and Economics**, (19), 2007.
- ANTONIO, K., & BEIRLANT, J. "Risk Classification in NonLife Insurance". **Proceedings of the 4th Actuarial and Financial Mathematics Day**. Brussels, 2006.
- ARSEVEN, H. **Sigorta Hukuku**. İstanbul: Beta Basım Yayın, 1991.
- AYLI, A. **Zarar Sigortalarında Prim Ödeme Borcu**. İstanbul: Vedat Kitapçılık, 2003.
- AYTAÇ, M. **Matematiksel İstatistik**. Bursa: Ezgi Kitabevi, 2012.
- BAŞTÜRK, F. H., İSLATİNCE, N., ve ÇAKIR, T. **Hayat Dışı Sigortalar**. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları, 2013.
- BATES, Douglas, **Generalized Linear Models** November 01, 2010.
- ÇAKIROĞLU, F. "Kasko Sigortaları Fiyatlandırması, Avrupa Ülkeleri ile Karşılaştırması ve Bir Model Uygulaması". **Doktora Tezi**, Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, Bankacılık Anabilim Dalı. İstanbul, 2007.

- DANNENBURG, D. R., KAAS, R., & GOOVAERTS, M. J. **Practical Actuarial Credibility Models**. The Netherlands: University of Amsterdam Institute of Actuarial Science and Econometrics, 1996.
- DE JONG, P., & HELLER, G. Z. **Generalized Linear Models for Insurance Data**. London: Cambridge University Press, 2008.
- DENUIT, M., & LAMBERT, P. "Smoothed NPML Estimation of the Risk Distribution Underlying Bonus-Malus Systems". **Proceedings of the Casualty Actuarial Society**, 88(169), 2001.
- DOBSON, J. A. **An Introduction to Generalized Linear Models**. London: Chapman and Hall/CRC, 2002.
- EREN, F. **Borçlar Hukuku Genel Hükümler**. Ankara: Yetkin Yayınları, 2013.
- FRESS, E. W.. **Regression Modeling With Actuarial and Financial Applications**. New York: Cambridge University Press, 2010.
- GARRIDO, J., & ZHOU, J. "Full Credibility with Generalized Linear and Mixed Models". **ASTIN Bulletin**, 39(1), 2009, 61-80.
- GÜLBİTTİ, L. "Kasko Sigortasının İncelenmesi ve Türkiye'de Kasko Sigortası Hasar Uygulamalarının Değerlendirilmesi". **Yüksek Lisans Tezi**, Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- HABERMAN, S., & RENSHAW, A. E. "Generalized Linear Models and Actuarial Science". **The Statistician**, 45(4), 1996, 407-436.
- HUA, B., & SHAOB, J. "Generalized linear model selection using R2". **Journal of Statistical Planning and Inference**, 2008, 3705-3712.
- KENDER, R. "Police Verme Yükümlülüğüne Aykırılıktan Doğan Hukuki Sonuçlar". **Sigorta Hukuku Dergisi**, 2(1), 1997.
- KHURI, A. **Linear Models Methodology**. USA: Chapman & Hall, 2010.
- KOÇ, T., ve CENGİZ, M. A. "Genelleştirilmiş Linear Karma Modellerde Tahmin Yöntemlerinin Uygulamalı Karşılaştırılması". **Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi**, 2(2), 2012, 47-52.

- KORUCU, Ö. "Genelleştirilmiş Lineer Modellerde Model Seçimi Üzerine Alternatif Bir Yaklaşım". **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- LEWIS, S. L., MONTGOMERY, R. H. & MYERS, R. H. "Confidence Interval Coverage for Designed Experiments Analyzed with GLMs". **Journal of Quality Technology**, 2001, 279-292.
- MCCULLAGH, P., & NELDER, J. A. **Generalized Linear Models**. London: Chapman and Hall, 1989.
- NELDER, A. J., & WEDDERBURN, R. W. "Generalized Linear Models". **Journal of the Royal Statistical Society**(135), 1972, 370-384.
- NELDER, J. A., & VERALL, R. J. "Credibility Theory and Generalized Linear Models". **ASTIN Bulletin**, 27(1), 1997, 71-82.
- OHLSSON, E., & JOHANSON, B. "Combining Credibility and GLM for Rating of MultiLevel Factors, CAS 2004 Discussion Paper Program". 04 28, 2018 tarihinde <http://www.csact.org/pubs/dpp/ppp04> adresinden alındı, 2004.
- OHLSSON, E., & JOHANSSON, B. "Non-Life Insurance Pricing with Generalized Linear Models". **Springer**, (174), 2010.
- OLSSON, M. "Generalized Linear Models: An Applied Approach". **Studentlitteratur**, 2002, 46-47.
- RAO, C. R., & TOUTENBURG, H. **Linear Models: Least Squares and Alternatives**. USA, 1999.
- ŞENOCAK, K. **Hukuki Himaye Sigortası**. Ankara: Dayınlarlı, 1993.
- TDK. **Güncel Türkçe Sözlük**. Mart 17, 2018 tarihinde <http://www.tdk.gov.tr:5ad65d020af6b7.58281519> adresinden alındı, 2018.

TÜRK SİGORTA BİRLİĞİ. “Kara Araçları Kasko Sigortası Genel Şartları”. Mart 18, 2018 tarihinde <https://www.tsb.org.tr>: <https://www.tsb.org.tr/kara-araclari-kasko-sigortasi-genelsartlari-yururluk-tarihi-01-04-2013.aspx?pageID=501> adresinden alındı, 2018.

ZHOU, J. “Theory and Applications of Generalized Linear Models in Insurance”. **Phd Thesis**. Canada: Concordia University, 2018.