

**COX ORANSAL HAZARD REGRESYON MODELİ VE
TRAFİK VERİLERİNE UYGULANMASI**

Gökhan KAYGİSİZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İSTATİSTİK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2010
ANKARA**

Gökan KAYGISIZ tarafından hazırlanan “COX ORANSAL HAZARD REGRESYON MODELİ VE TRAFİK VERİLERİNE UYGULANMASI” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç.Dr. Filiz KARDİYEN
Tez Danışmanı, İstatistik Ana Bilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Reşat KASAP
İstatistik Ana Bilim Dalı, G.Ü

Yrd.Doç.Dr. Filiz KARDİYEN
İstatistik Ana Bilim Dalı, G. Ü.

Yrd. Doç. Dr. Murat ATAN
İstatistik Ana Bilim Dalı, G.Ü

Tarih : 29 / 09 / 2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans Derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Gökhan KAYGİSİZ

COX ORANSAL HAZARD REGRESYON MODELİ VE TRAFİK VERİLERİNE UYGULANMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Gökhan KAYGİSİZ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Eylül 2010

ÖZET

Yaşam sürdürme analizi, tanımlanan bir olayın belirli bir başlangıç noktasından meydana gelmesine kadar geçen sürelerden oluşan verilerin analizinde kullanılır. Cox Oransal Hazard Regresyon Modeli, yaşam sürdürme analizinde yaşam süresi üzerinde etkili faktörleri belirlemek amacıyla sık kullanılan bir modeldir. Model, açıklayıcı değişkenlerin etki düzeylerini matematiksel olarak modelleyerek, risk düzeylerini belirlemeyi sağlar. Bu çalışmada, Cox Oransal Hazard Regresyon Modeli yapısı, parametre tahminleri, hazard oranları ve oransallık varsayımının test edilmesi incelenmiştir. Uygulamada, kırmızı ışık kural hatası nedeni ile meydana gelen trafik kazalarının tekrarlanmasında etkili olduğu düşünülen değişkenler risklilik düzeyleri bakımından incelenmiş ve Cox Oransal Hazard Regresyon Modeli kullanılarak veri modellenmiştir.

Bilim Kodu	: 205.1.066
Anahtar Kelime	: Yaşam sürdürme analizi, Cox orantılı hazard regression modeli, Trafik kazaları
Sayfa Adedi	: 100
Tez Yöneticisi	: Yrd. Doç. Dr.Filiz KARDİYEN

**COX PROPORTIONAL HAZARD REGRESSION MODEL AND THE
IMPLEMENTATION OF TRAFFIC DATA**

(M.Sc.Thesis)

Gökhan KAYGİSİZ

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

September 2010

ABSTRACT

Survival analysis is used to analyze the data consist of the duration of time until a specified event occurs. Cox Proportional Hazard Regression Model in survival analysis is a method widely used to determine the factors effective on survival (failure) time. This method, models the independent variables mathematically and determines the risk levels of them. In this study, Cox Proportional Hazard Regression Model, model form, parameter estimation techniques, hazard ratios, testing the proportional hazards assumption is discussed. In application study, the independent variables effective on repetition of the traffic accidents caused by the red light rule infraction are examined in terms of risk structure and modelled with Cox Proportional Hazard Regression Model.

Science Code	: 205.1.066
Key Words	: Survival analysis, Cox proportional hazard regression model, Traffic accidents
Page Number	: 100
Adviser	: Assist. Prof. Dr. Filiz KARDİYEN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Filiz KARDİYEN'e, Trafikte kırmızı ışık kazaları verilerini kullanmama izin veren İçişleri Bakanlığı Emniyet Genel Müdür Yardımcısı ve Trafik Hizmetleri Başkanı Sayın Osman KARAKUŞ'a, verileri kullanmak için izin almamda bana yardımcı olan ve yönlendiren Emniyet Genel Müdürlüğü, Trafik Araştırma Merkezi Müdürü Sayın Yüksel ÇELİK'e, çalışmalarım sırasında trafik mevzuatı konusunda yardımcı olan Araştırma ve Bilgi Değerlendirme Büro Amiri Sayın Senem ÇINARBAŞ AKIN'a, Dışilişkiler Büro Amiri Sayın Fatih VURSAVAŞ'a, İdari Büro Amiri Aydın SERBEST'e ve İstatistik Büro Amiri Sayın Ömür KAYGISIZ'a, verilerin veri bankasından çekilmesini sağlayan Trafik Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı Bürolar Amiri Sayın İlhan KARSLI'ya ayrıca çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğündeki çalışma arkadaşlarıma ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. YAŞAM SÜRDÜRME ANALİZİ.....	2
2.1. Yaşam Sürdürme Analizinde Kullanılan Fonksiyonlar	3
2.1.1. Olasılık yoğunluk fonksiyonu	3
2.1.2. Yaşam sürdürme fonksiyonu	3
2.1.3. Hazard fonksiyonu	4
2.1.4. Birikimli hazard fonksiyonu	6
2.2. Yaşam Sürdürme ve Hazard Fonksiyonu Arasındaki İlişkiler.....	6
2.3. Durdurma	8
2.3.1. Durdurma tipleri.....	11
2.4. Yaşam Sürdürme Analizinde Kullanılan Yöntemler	12
2.4.1. Parametrik analiz yöntemleri	12
2.4.2. Parametrik olmayan analiz yöntemleri.....	14
3. PARAMETRİK OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ.....	15
3.1. Yaşam Tablosu Yöntemi (Actuarial Life Tables Method)	15
3.1.1. Yaşam tablosu tahmini için hazard fonksiyonu.....	18

Sayfa

3.2. Kaplan-Meier (KM) Yöntemi	18
3.3. Yaşam Sürdürme Eğrilerinin Karşılaştırılması	20
3.3.1. Log rank test istatistiği.....	20
3.4. Yaşam Tablosu ve KM Yönteminin Varsayımlarının Karşılaştırılması.....	23
4. COX ORANSAL HAZARD REGRESYON MODELİ	24
4.1. Cox Oransal Hazard Regresyon Modelinin Yapısı.....	25
4.2. Cox Oransal Hazard Regresyon Modelinde Katsayı Tahmini	27
4.3. Newton Raphson Metodu.....	29
4.4. β Parametrelerine İlişkin Hipotez Testleri ve Test Edilmesi.....	30
4.4.1. Olabilirlik oran test istatistiği.....	30
4.4.2. Wald test istatistiği.....	31
4.4.3. Skor test istatistiği	31
4.5. Modele Girecek Açıklayıcı Değişkenlerin Seçimi.....	31
4.6. Yaşam Sürdürme Fonksiyonu ve Hazard Fonksiyonunun Tahmini	33
5. MODELİN ORANSALLIK VARSAYIMININ TEST EDİLMESİ.....	36
5.1. Grafiksel Yaklaşım.....	36
5.2. Uyum İyiği Yaklaşımı	38
5.3. Zamana Bağlı Değişkenlerin Kullanılması	39
6. UYGULAMA.....	42
6.1. Giriş.....	42
6.2. Trafik Hakkında Bilgi.....	43
6.3. Trafiki Etkileyen Faktörler.....	44

Sayfa

6.4. Trafik Kazaları İle İlgili Genel Bilgiler.....	45
6.5. 2003 Yılında Meydana Gelen Trafik Kazaları	48
6.6. Değişkenler ve Tanımlamalar	51
6.6.1. Araştırmada kullanılan değişkenler ve tanımlamaları.....	52
6.6.2. Cox oransal hazard regresyon modeli.....	84
6.6.3. Modelin oransallığının test edilmesi.....	87
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	95
KAYNAKLAR.....	98
ÖZGEÇMİŞ.....	100

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Beş sürücüye ait olay ve durdurma zamanları.....	9
Çizelge 3.1. İki grup için Long-rank testi değişkenleri gösterimi.....	21
Çizelge 6.1. 2003 yılında bazı Avrupa ülkelerinde meydana gelen trafik kazaları ...	48
Çizelge 6.2. Çalışmada kullanılan değişkenler ve düzeyleri.....	55
Çizelge 6.3. Cinsiyet değişkeni için katsayı tahminleri.....	58
Çizelge 6.4. Öğrenim değişkenin kategorilerinin frekansı.....	59
Çizelge 6.5. Öğrenim değişkeni için katsayı tahminleri.....	60
Çizelge 6.6. Araç cinsi değişkenin kategorilerinin frekansı.....	61
Çizelge 6.7. Araç cinsi değişkeni için katsayı tahmini.....	61
Çizelge 6.8. Kullanım amacı değişkeni için katsayı tahmini.....	62
Çizelge 6.9. Yaş değişkeni için katsayı tahmini.....	63
Çizelge 6.10. Belge sınıfı değişkenin kategorilerinin frekansı.....	65
Çizelge 6.11. Belge sınıfı değişkeni için katsayı tahmini.....	65
Çizelge 6.12. Kaza sonucu değişkenin kategorilerinin frekansı.....	66
Çizelge 6.13. Kaza sonucu değişkeni için katsayı tahmini.....	66
Çizelge 6.14. Tecrübe yılı değişkenin kategorilerinin frekansı.....	67
Çizelge 6.15. Tecrübe yılı değişkeni için katsayı tahmini.....	68
Çizelge 6.16. Kazanın olduğu ay değişkeni için katsayı tahmini.....	69
Çizelge 6.17. Kazanın olduğu gün değişkeni için katsayı tahmini.....	70
Çizelge 6.18. Kazanın olduğu yer değişkeni kategorilerinin frekansı.....	72
Çizelge 6.19. Kazanın olduğu yer değişkeni için katsayı tahmini.....	73
Çizelge 6.20. Yerleşim yeri değişkeni için katsayı tahmini.....	74

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.21. Kaza oluşum şekli değişkeni kategorilerinin frekansı.....	75
Çizelge 6.22. Kaza oluşum şekli değişkeni için katsayı tahmini.....	75
Çizelge 6.23. Kazaya karışan araç sayısı değişkeni kategorilerinin frekansı.....	76
Çizelge 6.24. Kazaya karışan araç sayısı değişkeni için katsayı tahmini.....	77
Çizelge 6.25. Yolun geometrik şekli değişkeni kategorilerinin frekansı.....	78
Çizelge 6.26. Yolun geometrik şekli değişkeni için katsayı tahmini.....	78
Çizelge 6.27. Kavşak değişkeni kategorilerinin frekansı.....	79
Çizelge 6.28. Kavşak değişkeni için katsayı tahmini.....	79
Çizelge 6.29. Hava durumu değişkeni kategorilerinin frekansı.....	81
Çizelge 6.30. Hava durumu değişkeni için katsayı tahmini.....	81
Çizelge 6.31. Gün durumu değişkeni kategorilerinin frekansı.....	82
Çizelge 6.32. Gün durumu değişkeni için katsayı tahmini.....	82
Çizelge 6.33. Mevsim değişkeni kategorilerinin frekansı.....	83
Çizelge 6.34. Mevsim değişkeni için katsayı tahmini.....	84
Çizelge 6.35. Modelde yer alan değişkenlerin katsayılarının testleri.....	85
Çizelge 6.36. Modelde yer alan değişkenlerin katsayı tahminleri.....	85
Çizelge 6.37. Modelde yer alan değişkenlerin katsayılarının testleri.....	89
Çizelge 6.38. Modelde yer alan değişkenlerin katsayı tahminleri.....	89
Çizelge 6.39. Modelde yer alan değişkenlerin ki-kare değerleri.....	90
Çizelge 6.40. Modele giremeyen değişkenler	90
Çizelge 6.41. Modelde yer alan değişkenlerin katsayılarının testleri	91
Çizelge 6.42. Modelde yer alan değişkenlerin katsayı tahminleri.....	91
Çizelge 6.43. Modelde yer alan değişkenlerin ki-kare değerleri.....	91

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.44. Modele giremeyen değişkenler.....	92
Çizelge 6.45. Modelde yer alan değişkenlerin katsayılarının testleri.....	92
Çizelge 6.46. Modelde yer alan değişkenlerin katsayı tahminleri.....	93
Çizelge 6.47. Modelde yer alan değişkenlerin ki-kare değerleri.....	93

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Yaşam sürdürme fonksiyonu	4
Şekil 2.2 Sabit hazard model ve azalan yaşam fonksiyonu	5
Şekil 2.3. Artan hazard modeli.....	5
Şekil 2.4. Azalan hazard modeli	5
Şekil 2.5. Sürücülere ilişkin yaşam sürdürme zamanları	9
Şekil 2.6. Üstel olasılık fonksiyonu, yaşam fonksiyonu ve hazard fonksiyonu.....	13
Şekil 2.7. Weibull hazard fonksiyonu	14
Şekil 2.8. Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu.....	14
Şekil 2.9. Weibull logaritmik yaşam sürdürme fonksiyonu.....	14
Şekil 4.1. Beş bireye ilişkin yaşam sürdürme zamanları	28
Şekil 5.1. $\log - \log (S_{(t)})$ grafiği.....	37
Şekil 5.2. $\log - \log (S_{(t)})$ grafiği.....	38
Şekil 6.1. Türkiye’de yıllara göre trafik kaza sayısı	49
Şekil 6.2. Türkiye’de yıllara göre trafik kazası sonucu yaralı sayısı	49
Şekil 6.3. Türkiye’de yıllara göre trafik kazası sonucu ölü sayısı	49
Şekil 6.4. 2003 yılında Türkiye’de taşıt sayısı.....	50
Şekil 6.5. 2003 yılında taşıt özelliklerine göre trafik kazaları	50
Şekil 6.6. 2003 yılında taşıt özelliklerine göre trafik kazaları	50
Şekil 6.7. Yıllara göre ölümlü-yaralanmalı kırmızı ışık kazaları.....	51
Şekil 6.8. Yıllara göre maddi hasarlı kırmızı ışık kazaları.....	51
Şekil 6.9. Cinsiyet değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	58
Şekil 6.10. Cinsiyet değişkeni için hazard grafiği.....	58

Şekil	Sayfa
Şekil 6.11. Öğrenim değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	59
Şekil 6.12. Öğrenim değişkeni için hazard grafiği.....	59
Şekil 6.13. Aracın cinsi değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	60
Şekil 6.14. Aracın cinsi değişkeni için hazard grafiği.....	60
Şekil 6.15. Aracı kullanım amacı değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	62
Şekil 6.16. Aracı kullanım amacı değişkeni için hazard grafiği.....	62
Şekil 6.17. Yaş değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	63
Şekil 6.18. Yaş değişkeni için hazard grafiği.....	63
Şekil 6.19. Sürücü belgesi sınıfı değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	64
Şekil 6.20. Sürücü belgesi sınıfı değişkeni için hazard grafiği.....	64
Şekil 6.21. Kaza sonucu değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	65
Şekil 6.22. Kaza sonucu değişkeni için hazard grafiği.....	66
Şekil 6.23. Tecrübe yılı değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	67
Şekil 6.24. Tecrübe yılı değişkeni için hazard grafiği.....	67
Şekil 6.25. Kazanın olduğu ay değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	68
Şekil 6.26. Kazanın olduğu ay değişkeni için hazard grafiği.....	68
Şekil 6.27. Kazanın olduğu gün değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	69
Şekil 6.28. Kazanın olduğu gün değişkeni için hazard grafiği.....	70
Şekil 6.29. Kazanın olduğu saat değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	71
Şekil 6.30. Kazanın olduğu saat değişkeni için hazard grafiği.....	71
Şekil 6.31. Kazanın olduğu yer değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	72
Şekil 6.32. Kazanın olduğu yer değişkeni için hazard grafiği.....	72
Şekil 6.33. Yerleşim yeri değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	73

Şekil	Sayfa
Şekil 6.34. Yerleşim yeri değişkeni için hazard grafiği.....	73
Şekil 6.35. Kaza oluşum şekli değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	74
Şekil 6.36. Kaza oluşum şekli değişkeni için hazard grafiği.....	74
Şekil 6.37. Kazaya karışan araç sayısı değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	76
Şekil 6.38. Kazaya karışan araç sayısı değişkeni için hazard grafiği.....	76
Şekil 6.39. Yolun geometrik şekli değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	77
Şekil 6.40. Yolun geometrik şekli değişkeni için hazard grafiği.....	77
Şekil 6.41. Kavşak değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	78
Şekil 6.42. Kavşak değişkeni için hazard grafiği.....	79
Şekil 6.43. Hava durumu değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	80
Şekil 6.44. Hava durumu değişkeni için hazard grafiği.....	80
Şekil 6.45. Gün durumu değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	82
Şekil 6.46. Gün durumu değişkeni için hazard grafiği.....	82
Şekil 6.47. Kazanın olduğu mevsim değişkeni için yaşam sürdürme grafiği.....	83
Şekil 6.48. Kazanın olduğu mevsim değişkeni için hazard grafiği.....	83
Şekil 6.49. Kullanım amacı değişkeni için log-log grafiği.....	87
Şekil 6.50. Yaş değişkeni için log-log grafiği.....	87
Şekil 6.51. Belge sınıfı değişkeni için log-log grafiği.....	88

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojik ve bilimsel gelişmelere paralel olarak trafik kazalarının önlenmesi veya kazaların etki düzeylerinin azaltılabilmesi için birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalarda özellikle kazalara sebep olan faktörlerin tespit edilmesi ve kazaların azaltılmasını sağlamak için bu faktörlerin birbirleriyle olan ilişkilerini belirlemek amacıyla birçok istatistiki çalışmalar yapılmıştır.

Trafik; yayaların, hayvanların ve araçların karayolu üzerindeki hal ve hareketleri olarak tanımlanmaktadır. Türkiye'nin 1950 sonrası ulaşım tercihi olarak kara yolunu ön plana çıkarmasıyla birlikte trafiğe çıkan araç sayısında ve yapılan yollarda artış olmuş ve buna paralel olarak da trafik kazaları artmıştır. Trafik kazaları sonucunda ortaya çıkan maddi ve manevi kayıplar, ülke ekonomisinin kaybı olarak düşünülmelidir. Bu çalışmamızda genelde sağlık alanında sık kullanılan yaşam sürdürme analizini (survival analysis) kullanarak trafikte kırmızı ışık kural ihlali kaynaklı trafik kazalarının meydana gelmesinde hangi etkenlerin olduğunu tespit etmek amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın ilk bölümünde yaşam sürdürme analizinin nasıl bir istatistiksel teknik olduğundan ve yaşam sürdürme analizinde kullanılan fonksiyonlar açıklanmıştır. İkinci bölümünde, yaşam sürdürme analizinin diğer istatistiksel analizlerden ayıran önemli bir özelliği olan durdurulmuş gözlemler hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde, parametrik olmayan yöntemlerden yaşam tablosu ve kaplan-meier yöntemlerinde kullanılan fonksiyonlar açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, yaşam sürdürme analizinde kullanılan önemli bir regresyon modeli olan cox orantılı hazard regresyon modelinin yapısı, olabilirlik fonksiyonu ve parametre tahmini hakkında bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde, zamana bağlı değişkenlerin modele katılması, oransallığın test edilmesi, cox orantılı hazard regresyon modelinin zamana bağlı değişkenlerle genişletilmesi ve orantılı hazard varsayımının denetlenmesi hakkında bilgi verilmiştir. Altıncı bölümde, Türkiye'de 2003 yılında kırmızı ışık kuralı hatası nedeniyle meydana gelen trafik kazalarındaki sürücüler araştırmamıza alınarak, bu sürücülerin tekrar kırmızı ışık kuralı hatası yapıp yapmadıklarının incelenmesi üzerine bir uygulama yapılmıştır.

2. YAŞAM SÜRDÜRME ANALİZİ

Günümüzde sağlık alanında alınacak kararların ve yapılan çalışmaların istatistik yöntemlerine dayandırılması büyük önem taşımaktadır. Hastaların, hastalıklarından kurtulmaları ve daha uzun bir yaşam sürdürmeleri için yapılan çalışmalarda, hastaların yaş, cinsiyet, sosyal sınıf ve ekonomik durumlarına göre hastalıkların görülme sıklığının belirlenmesi, değişik yer ve zamanlarda gözlenen hastalıkların salgın özelliği olup olmadığının saptanması gibi sorunlara ilişkin kararlar alınırken istatistiki yöntemlere başvurulmaktadır.

Yaşam sürdürme analizi (survival analysis), yaşamlarının herhangi bir zamanında belirli bir ameliyat ya da tedaviye başlayan hastaların ölüm riskleri var ise, bu hastaların yaşam uzunluğunun incelenmesinde yararlanılan bir yöntem olarak kullanılmıştır. Yaşam sürdürme analizi, başarısızlık analizi (failure time analysis) yada olay zaman analizi (event time analysis) olarak da ifade edilir ve belirli bir başlangıç noktası tanımlandıktan sonra, tanımlanmış bir olayın meydana gelmesine kadar geçen sürelerden oluşan verilerin analizinde kullanılır. Yaşam sürdürme analizi, sadece ölüm veya hayatta kalma süreleri ile sınırlandırılmaz. Örneğin; bir tıbbi görüşle tedaviye alınan bireyin incelenilen özel bir konuma erişmesi (ya da erişmeden eski özelliklerini sürdürmesi), tedaviye yanıt vermesi, yapılan tedavilerde hastanın bir sonraki evreye geçmesi gibi durumlar yaşam analizinin konusu olmaktadır. Yaşam sürdürme analizi, sağlık alanı dışında da uygulanabilmektedir. Örneğin; evli olan çiftlerin evli kalma süreleri, ekonomik alanda şirketlerin aldıkları iş makinelerinin bozulma süreleri veya işlevini göremez duruma gelme süreleri, makinelerin ardışık iki kez bozulma süreleri arasında geçen süre, elektronik parçaların veya aletlerin yaşam sürelerinin analiz edilmesi gibi birçok alanda kullanılabilmektedir.

Yaşam sürdürme süresi iyi belirlenmiş bir başlangıç zamanı ile tanımlanan durumun ortaya çıktığı zaman arasında geçen süre olarak tanımlanır ve rastgele değişken T ile gösterilir [Cox ve Oakes, 1984]. Yaşam sürdürme verisi de bu sürelerden oluşur.

Araştırmaya katılan her bir birey ya da birim için yaşam sürdürme süresinin ölçümü aynı ölçek ile yapılmalıdır (gün, ay, yıl gibi).

Yaşam sürdürme daima sıfırdan büyük bir değere sahiptir ve pozitif değerlidir. T rassal değişkeni belirlemek için her bir bireye ilişkin kesin olarak bilinen başlangıç noktasının, ilgilenilen olayın sona erme noktasının bilinmesi ve geçen sürenin de aynı ölçekli olması gerekmektedir.

2.1. Yaşam Sürdürme Analizinde Kullanılan Fonksiyonlar

2.1.1. Olasılık yoğunluk fonksiyonu;

Yaşam sürdürme süresi T'ye ilişkin olasılık yoğunluk fonksiyonu f(t);

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Pr(t < T < t + \Delta t)}{\Delta t} \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Bu fonksiyon, birey ya da birimin t anındaki istenilen durumun koşulsuz başarısız olma yoğunluğunu verir [Cox ve Oakes, 1984].

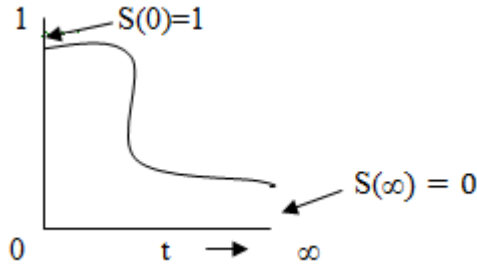
2.1.2. Yaşam sürdürme fonksiyonu

Yaşam sürdürme fonksiyonu S(t), T'nin belirlenmiş bir yaşam sürdürme zamanı olan t'den daha büyük olma olasılığını verir ve

$$S(t) = P(T > t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad 0 < t < \infty$$

$$S(t) = 1 - F(t) \text{ ' şeklinde ifade edilir.} \quad (2.2)$$

Yaşam sürdürme fonksiyonu monoton azalan bir fonksiyondur.



Şekil 2.1. Yaşam sürdürme fonksiyonu

$t=0$ iken; $S(t)=S(0)=1$ ve $t=\infty$ iken; $S(t)=S(\infty)=0$ 'dır.

Teorik olarak $S(t)$ eğrisi 0'a doğru azalır. Fakat uygulamada her bir gözlenen yaşam sürdürme zamanı t_i 'de kesikli olduğu için yaşam sürdürme fonksiyonu basamak (step) fonksiyonu biçimindedir. Çalışma döneminin sona erdiği zaman kesin olarak belirlendiği için çalışılan dönem sonsuz uzunlukta olmaz ve çalışma dönemi sonunda $S(t)$ fonksiyonu belli bir t zamanında kesilir [Kleinbaum, 1996].

2.1.3. Hazard fonksiyonu

Hazard fonksiyonu $h(t)$, bireyin t anına kadar yaşadığı biliniyorken ölüm ya da ilgilenilen olayın meydana gelmesi için birim zamandaki anlık potansiyeli verir. Burada $h(t)$ başarısızlık hızı, ani ölüm hızı ya da ölümlülük gücü olarak ifade edilir. Hazard fonksiyonu $h(t)$, bireyin t zamanına kadar yaşadığı biliniyorken $(t + \Delta t)$ zamanına kadar yaşamının sona erme riskidir.

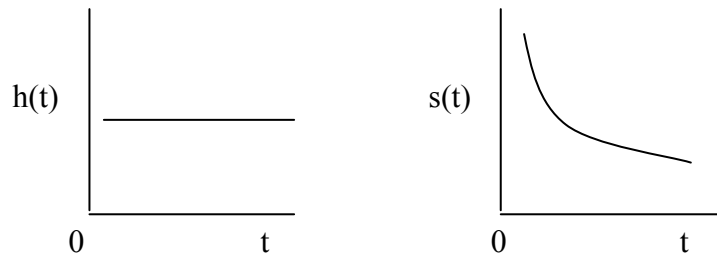
$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t / T \geq t)}{\Delta t} \quad (2.3)$$

şeklinde ifade edilir. Sürekli dağılımlar için,

- $h(t) \geq 0$ negatif olmayan bir fonksiyondur,
- $\int_t^\infty h(t) dt = \infty$ üst sınırı yoktur

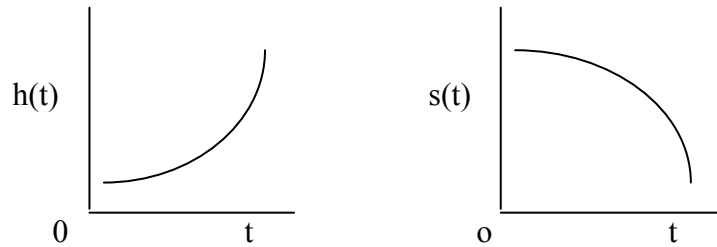
Hazard fonksiyonu bir zaman aralığında var olan başarısızlık riskidir ve “***koşullu başarısızlık oranı***” olarak tanımlanır. Hazard fonksiyonu $(0,1)$ aralığında bir olasılık fonksiyonunu değil, $(0,\infty)$ aralığında pozitif değer alan bir oranı ifade etmektedir. Yaşam sürdürme fonksiyonunun dağılımına göre hazard fonksiyonunun dağılımı farklı yapıdadır.

T üstel dağılım olduğunda,



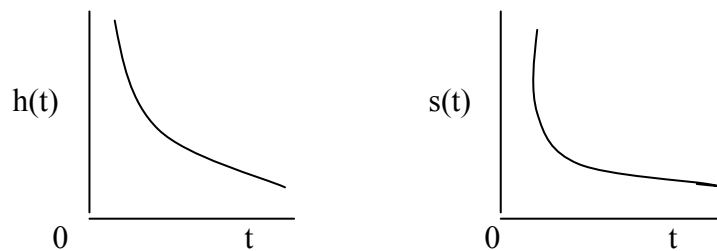
Şekil 2.2 Sabit hazard model ve azalan yaşam fonksiyonu

T weibull dağılım olduğunda,



Şekil 2.3. Artan hazard modeli

T weibull dağılım olduğunda,



Şekil 2.4. Azalan hazard modeli

2.1.4. Birikimli hazard fonksiyonu

Birikimli hazard fonksiyonu $H(t)$, çalışma dönemi içerisinde belirli bir t anına ilişkin elde edilen başarısızlık hızlarının birikimli fonksiyonudur.

$$H(t) = \left(\int_0^t h(u) du \right) \quad (2.4)$$

olarak tanımlanır.

- $H(t)$ artan bir fonksiyondur.
- $\lim_{t \rightarrow \infty} H(t) = \infty$
- Sağdan sürekli bir fonksiyondur.

2.2. Yaşam Sürdürme ve Hazard Fonksiyonu Arasındaki İlişkiler

Verilen bir t değeri için $s(t)$ ne kadar yüksekse, $h(t)$ o kadar düşüktür. Eğer $s(t)$ ya da $h(t)$ 'den biri hakkında bilgimiz varsa diğerini saptamak mümkündür.

Yaşam sürdürme süresi T 'ye ilişkin olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Pr(t < T < t + \Delta t)}{\Delta t} \quad (2.5)$$

Birikimli dağılım fonksiyonu ise ;

$$\begin{aligned} F(t) &= \Pr(T \leq t) \\ &= \int_0^t f(x) dx \\ &= 1 - S(t) \end{aligned} \quad (2.6)$$

Hazard fonksiyonunun tanımındaki koşullu olasılık;

$$\Pr (t \leq T < t + \Delta t / T > t) = \frac{\Pr (t \leq T \leq t + \Delta t)}{\Pr (T > t)} = \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{S(t)}$$

ifadesi hazard fonksiyonunda yerine konulursa $h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left\{ \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{S(t)} \right\} \frac{1}{\Delta t}$ olarak elde edilmektedir.

$$\text{Hazard fonksiyonu } h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} \text{ şeklinde gösterilmektedir.} \quad (2.7)$$

$$F(t) = 1 - S(t) \quad (2.8)$$

$$(2.8)'\text{in türevi alınırsa } f(t) = -S'(t) \text{ şeklinde yazılabilir.} \quad (2.9)$$

(2.9)'deki ifade Hazard fonksiyonunda yerine yazılırsa;

$$h(t) = \frac{-S'(t)}{S(t)} = \frac{\partial}{\partial t} \ln[S(t)] \quad (2.10)$$

Birikimli hazard fonksiyonu;

$$H(t) = \int_0^t h(u) du = -\ln S(t) \quad (2.11)$$

Yaşam sürdürme ve olasılık yoğunluk fonksiyonu ise;

$$S(t) = \exp[-H(t)] = \exp \left[- \int_0^t h(u) du \right] \quad (2.12)$$

$$f(t) = h(t) \exp \left[- \int_0^t h(u) du \right] \text{ 'şeklinde ifade edilir.} \quad (2.13)$$

2.3. Durdurma

Yaşam sürdürme analizinde, veriler diğer istatistiksel analiz yöntemlerinde ele alınan veriler gibi tamamlanmış (complete) değildir. Belirli bir T zamanında hastalanan ve tedaviye alınan kişilerin bazıları ölmüş iken diğerleri ölmemiş olurlar veya tedavilerine başka bir yerde devam edebilirler ve gözlem dışına çıkabilir ya da tedaviden vazgeçebilirler. Yaşam analizinde, bireyin yaşam süresi hakkında biraz bilgi olsa da kesin bir bilgi olmadığı zaman bireyin ölüm zamanına ilişkin veriler tamamlanmamış veri (kısıtlı, eksik, censored, incomplete) olarak nitelendirilir. Böyle gözlemler “durdurulmuş” gözlem adını alır.

Durdurulmuş verileri için;

- Gözlem altındaki birey ya da birim için çalışma dönemi içerisinde tanımladığımız olay meydana gelmemişse,
- Gözlem altındaki birey ya da birim herhangi bir sebepten dolayı kayıp olmuşsa ya da çalışmadan ayrılmışsa,
- Gözlem altındaki birey ya da birim tanımladığımız olayın dışında başka bir olaydan etkilenmişse ve bu etkilenme tanımladığımız olayın meydana gelmesini engellemişse gözlem altındaki bireyler durdurulmuş olur.

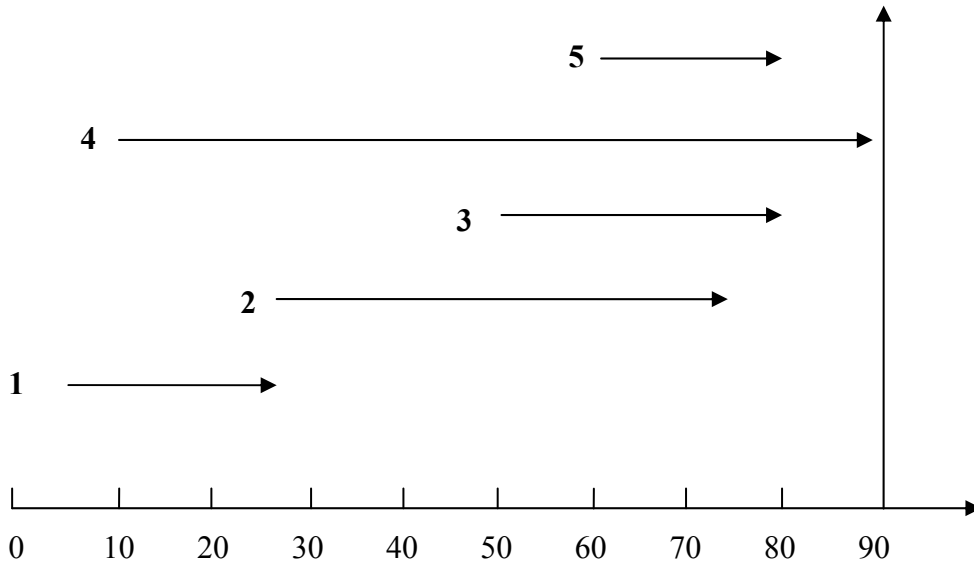
Tıbbi araştırmalarda tanımlanan olay dışında farklı bir sebepten dolayı da yaşam sürdürme süresi sona erebilir. Örneğin, herhangi bir hastalıktan dolayı tedavi altına alınmış hastalar için çalışma dönemi içerisinde tanımlanan olay ölüm olayı olduğunda, ölümün hastaya uygulanan tedaviden bağımsız olup olmadığını tespit etmek zor olabilir. Kanseri tedavisinin kullanıldığı yöntemlerin araştırıldığı bir araştırmaya katılan bir hastanın trafik kazası sonucu hayatını kaybetmesi durumunda, hastanın ölümünü sadece trafik kazasına bağlamak ve yapılan tedavilerin bu kazaya hiçbir etkisinin olmadığını söylemek çok zordur. Çünkü yapılan tedavi neticesinde doğan yan etkilere bağlı olarak baş dönmesi ve bilinç kaybı gibi durumlar kazanın

oluş sebebi olabilir. Bu gibi durumlarda herhangi bir sebepten kaynaklanan ölüme kadarki yaşam sürdürme süresi de yaşam sürdürme analizi süresine dahil edilebilir.

Örneğin; 90 aylık bir çalışma döneminde trafik kazası yapmış sürücüler için bilgiler şu şekildedir;

Çizelge 2.1. Beş sürücüye ait olay ve durdurma zamanları

Sürücüler	1	2	3	4	5
Çalışmaya alınma zamanı	5	28	50	10	60
Yaşam süreleri t_i	20	47	30	80	20
Olay (1) Durdurma (0)	1	0	0	0	1



Şekil 2.5. Sürücülere ilişkin yaşam sürdürme zamanları

Trafik kazalarına karışan sürücüler 12 tane asli kusurdan biri verilerek kazada hangi sürücünün kusurlu olduğunu trafik polisleri tarafından tespit edilir. Buna göre;

- 1. sürücü trafik kazasına ışık ihlalden kaynaklanan sebeplerden dolayı kaza yapmış ve 25. ayda aynı asli kusurdan tekrar kaza yaparak tanımlanan olay meydana gelmiştir ve yaşam sürdürme zamanı 20 aydır.

- 2. sürücü 28. ayda çalışmaya girmiş ve 75. ayda başka bir kusurdan dolayı kazaya karışmış ve hayatını kaybetmiştir. Durdurma vardır ve durdurma zamanı 47 aydır.
- 3. sürücü 50. ayda çalışmaya girmiş ve sürücü belgesine el konulduğundan 80. ayda çalışmadan ayrılmıştır. Durdurma vardır ve durdurma zamanı 30 aydır.
- 4. sürücü 10. ayda çalışmaya girmiş ve 90. ayın sonuna kadar gözlemlenmiştir. Bu süre içinde sürücü hiçbir kazaya karışmamıştır. Burada durdurma vardır ve durdurma zamanı 80 aydır.
- 5. sürücü 60. ayda çalışmaya girmiş ve 80. ayda tanımlanan olay meydana gelmiştir. Burada yaşam sürdürme zamanı 20 aydır.

Sonuç olarak 1. ve 5. sürücüler için tanımlanmış olan olay meydana gelmiş ve yaşam sürdürme zamanları elde edilmiştir. Fakat 2., 3. ve 4. sürücüler için tanımlanan olay meydana gelmemiş ve sürücülerin sadece sırasıyla 47, 30 ve 80 ay boyunca yaşamlarını sürdürdükleri bilgisi vardır.

n tane birey ya da birimin yer aldığı bir araştırmada i. birey ya da birim için yaşam sürdürme zamanı, " t_i " rastgele değişkenin aldığı değeri ve tanımlanan olay ortaya çıkmış ise durdurma zamanı " c_i " olsun, o zaman yaşam sürdürme süresi rassal değişkeni $T_i = \min(t_i, c_i)$ 'dir. Burada,

- $t_i \leq c_i$ ise, olay durdurma zamanından önce ortaya çıkmıştır ve T_i değişkeni durdurulmamıştır.
- $t_i > c_i$ ise, durdurma zamanı olayın ortaya çıkma zamanından daha önce gerçekleşmiştir ve T_i değişkeni durdurulmuştur[Cox ve Oakes, 1984].

Araştırma konusu olan olaya göre elde edilen verilerin birçok durumundan söz etmek mümkündür. Durdurma tiplerin hakkında pek çok farklı görüş vardır.

2.3.1. Durdurma tipleri

Planlanmış durdurma

I. Tip durdurma

Önceden planlanan bir zamanda çalışmanın sona erdirildiği bir zamansal durdurma (time censoring) şeklindedir.

II. Tip durdurma

Önceden planlanan sayıda olay meydana geldiği anda çalışmanın sona erdirildiği sayısal durdurma (failure censoring) şeklindedir.

Planlanmamış durdurma

Sağdan durdurma

Çalışma dönemi içerisinde bireyin kaybolması, ayrılması, yok olması gibi yani gözlem altındaki bireylerin yaşam sürelerinin tanımlanan olay meydana gelmeden sonlanması durumudur. Birey için durdurma çalışmaya dahil olduktan sonra ortaya çıkar ve en son bilinen yaşam sürdürme süresinin sağ tarafıyla ilgili olduğundan “sağdan durdurma” (right censoring) olarak adlandırılır.

Soldan durdurma

Çalışma dönemi içerisinde tanımlanan olayın, bireyin yaşam sürdürme zamanı başlamadan önce ortaya çıkması durumudur ve başlangıç zamanının tam olarak bilinmediği zaman yaşam sürdürmenin sol tarafıyla ilgili olduğundan “soldan durdurma” (left censoring) olarak adlandırılır. Soldan durdurma sağdan durdurmaya göre genelde nadir uygulanmaktadır. Örneğin bir kanser hastasının birincil tümörünün cerrahi operasyonla alınmasından sonra bu tümörün tekrarlaması üzerine

yapılan bir çalışmada, üç ay sonra kanserin tekrarlayıp tekrarlamadığı konusunda karar verebilmek için hasta incelendiğinde yaşam sürdürme süresinden önce tümörün tekrar ortaya çıkması ile tekrarlama süresi 3 aydan önce olduğu için soldan durdurulmuş olur.

Aralıklı durdurma

Bireyler bir zaman aralığında tanımlanan olayla karşı karşıya kalmakta ve kesin olarak olayın ortaya çıkma zamanı bilinmemektedir. Örneğin hastalığın tekrardan nüksedip etmediği ile ilgilenildiği bir çalışmada, kanser hastaları üç aylık periyotlarla kontrol edilmekte ve ilk üç aylık dilimde hiçbir hastada tümör tekrardan ortaya çıkmamıştır fakat altıncı ayda kontrol edildiğinde bazı hastalarda tümör tekrardan ortaya çıkmıştır. Tümörün ortaya çıkması üçüncü ve altıncı aylar arasında olacağından gözlemlenen tekrarlama süresi kesin olarak bilinmemekte ve bir aralıkta olduğu için aralıklı durdurulduğu söylenebilir.

2.4. Yaşam Sürdürme Analizinde Kullanılan Yöntemler

Yaşam sürdürme analizinde kullanılan yöntemler:

1. Parametrik analiz yöntemleri
2. Parametrik olmayan analiz yöntemleri
3. Regresyon modelleridir.

2.4.1. Parametrik analiz yöntemleri

Veriye uygun model secimi yapılabilmesi için tanımlanmış olayın süresinin iyi bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Yaşam sürdürme verisinin parametrik olarak modellenmesinde kullanılan dağılımlar;

1. Üstel dağılımı,
2. Weibull dağılımı,

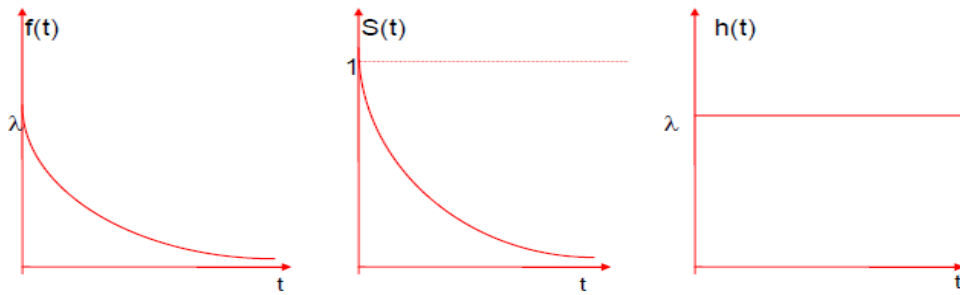
3. Gamma dağılımı,
4. Genişletilmiş gamma dağılımı,
5. Log-normal dağılımı,
6. Log-lojistik dağılımdır.

Üstel dağılım için;

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

$$s(t) = e^{-\lambda t}$$

$$h(t) = \lambda$$



Şekil 2.6. Üstel olasılık fonksiyonu, yaşam fonksiyonu ve hazard fonksiyonu

Weibull dağılım için;

$$h(t) = \lambda \gamma t^{\gamma-1}$$

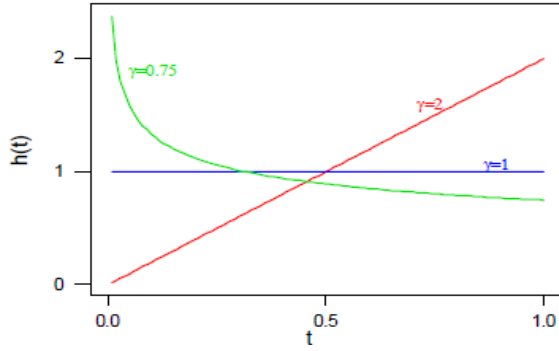
$\gamma > 1$: *artan*

$\gamma = 1$: *sabit*

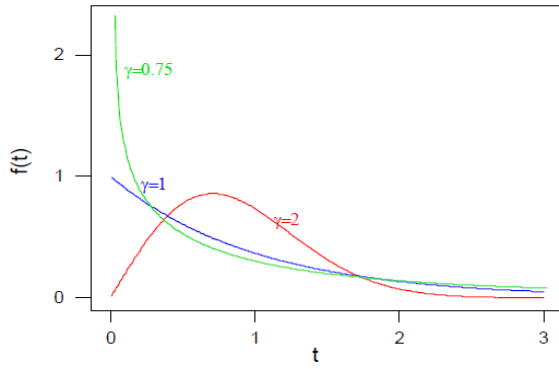
$\gamma < 1$: *azalan*

$$s(t) = \exp(-\lambda t^\gamma)$$

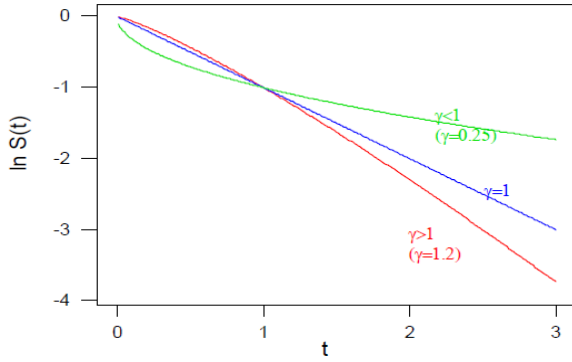
$$f(t) = \lambda \gamma t^{\gamma-1} \exp(-\lambda t^\gamma)$$



Şekil 2.7. Weibull hazard fonksiyonu



Şekil 2.8. Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu



Şekil 2.9. Weibull logaritmik yaşam sürdürme fonksiyonu

2.4.2. Parametrik olmayan analiz yöntemleri

1. Yaşam tablosu yöntemi (Actuarial Life Table Method)
2. Kaplan-Meier yöntemi (Product Limit Method)
3. Cox Regresyon yöntemi (Cox Proportional Hazard Regression Models)

3. PARAMETRİK OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ

3.1. Yaşam Tablosu Yöntemi (Actuarial Life Tables Method)

Yaşamı tanımlamanın en basit yolu yaşam tablolarını kullanmaktır. Yaşam tablosu teknikleri yaşam verilerinin analizinde kullanılan en eski metotlardır. Berkson ve Gage (1950) ve Cutler ve Ederer (1958) yaşam fonksiyonunun tahmini için bir yaşam tablosu vermiştir; Gehan (1969) yaşam, yoğunluk ve hazard fonksiyonlarının tahmini için metotlar önermiştir. Bu metotlar Cutler-Ederer metot (1958) olarak ayrıca bazı tıbbi literatürlerde bahsedilmiştir.

Yaşam tablosu (LT) yöntemi yaşam süresi verilerini zaman aralıklarına göre eşit zaman aralıklarına göre frekans tablosuna dönüştürerek analiz eden ve bu aralıklarda yaşam fonksiyonlarını hesaplamayı amaçlayan bir yöntemdir.

LT yöntemi, ölüm düzeylerinin ölçülmesi ve belirli bir yılda doğan kuşağın herhangi bir yaşta, beklenen yaşam süresini tahmin etmek için geliştirilmiştir. Sonraları uygulama alanı genişleyen yaşam tablosu yöntemi nüfus yapısı ve özellikleri, iş gücü, eğitim süresi, bekar-evli-dul-öksüz kalma süreleri, sağlıklı ve hastalıklı kalma süreleri, tedaviden sonra hastanın kaç yıl yaşayacağı gibi konularda tahmin ve projeksiyon aracı olarak kullanılmaya başlanmıştır [Özdamar, 2003].

Yaşam tablosu yönteminde, belirli bir zaman aralığında sansürlü olarak tabir edilen bireyin çalışmadan ayrılmaları veya takip edilememeleri durumunda, ilgili bireyin bu zaman aralığının ortasında çalışmadan çıktığı varsayılmaktadır. Eğer çalışma aralığı geniş tutulursa ya da bu şekilde çalışmadan çıkan birey sayısı çok fazla ise hesaplamalarda hatalar olabilir.

Yaşam tablosu yönteminin güvenilir olabilmesi için izlem süresi boyunca hastalara sağlanan koşulların değişmemesi gerekmektedir. Örneğin; 1975-1992 yılları arasında izlenen meme tümörlerinin radyoterapi sonrası yaşam analizlerini yapmak için bu 17 yıl boyunca hastalara sağlanan koşulların değişmemiş olması gerekir. Eğer 1982

yılında yeni bir radyoterapi cihazı gelmiş, 1985 yılında güçlü bir kemoterapi protokolü tedaviye eklenmişse ve 1991 yılından itibaren de yüksek doz kemoterapi +otolog kemik iliği transplantasyonu uygulanmışsa, yaşam analizinde bu değişiklikleri göz ardı ederek yapmak, kesinlikle hatalıdır [Özdemir, 2005].

Yaşam verilerinin analizinde, toplam birey sayısı 100 ve üzerinde olduğunda yaşam tablosu yönteminin kullanılması önerilmektedir. Her aralıktaki verilerin bulundukları aralığa eşit olarak (uniform distribution) dağıldığı ve bu aralıktaki veriler aralığın yarısında riske maruz kaldığı varsayılmaktadır.

Veri aralıklı olarak gruplandırılmış olması durumunda, örneklem genişliği çok büyükse veya ilgilenilen büyük populasyonlar için yaşam tablosu analizinin yapılabilmesi uygun olabilmektedir [Lee,1992].

Bu yöntemde zaman aralıklarının seçimi veri yapısına ve veri setinin genişliğine (çapına) bağlıdır. Bireyler en son kaydedilen durumlarına göre zaman aralığı boyunca sınıflandırılırlar. $i=1,2,...,m$ için t'_i ile t'_{i+1} zaman aralığında risk altında olan bireylerin sayısı,

$$n'_i = n_i - \frac{c_i}{2} \quad (3.1)$$

n_i = i. aralığa giren bireylerin sayısı

c_i = i. aralıkta yaşayan bireylerin sayısı (sansürlü bireyler dahil)

d_i =i. aralıkta ölen kişilerin sayısı

i. aralıktaki bireylerin ölüm riski (ölüm oranı) q_i ;

$$q_i = \frac{d_i}{n_i} \quad (3.2)$$

Yaşam sürdürme olasılığı p_i ;

$$p_i = 1 - q_i \quad (3.3)$$

$$S_0 = 1$$

$$S_1 = S_0 \cdot (1 - q_1) = (1 - q_1)$$

$$S_2 = S_1 \cdot (1 - q_2) = (1 - q_1)(1 - q_2)$$

.....

$$S_k = S_{k-1} \cdot (1 - q_k) = (1 - q_1)(1 - q_2) \dots (1 - q_k) \quad (3.4)$$

Yaşam tablosu yönteminde S_k 'yı tahmin etmek için (2.4)'teki tahminlerin çarpımı kullanılır [George G. Woodworth, 2004].

Buna göre yaşam sürdürme fonksiyonunun yaşam tablosu tahmin edicisi,

$$\hat{S}(t) = \prod_{i=1}^k \frac{n'_i - d_i}{n'_i}, \quad t'_k \leq t < t'_{k+1}, \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (3.5)$$

Burada p_i binom dağılımına sahip olduğu için;

$$Var(p_i) = \frac{q_i}{n'_i p_i} \quad (3.6)$$

Buradan $\hat{S}(t)$ 'nin varyansı;

$$\widehat{Var}[\hat{S}(t)] = S^2(t) \sum_{i=1}^k \frac{d_i}{n'_i(n'_i - d_i)} \quad (3.7)$$

güven aralığı;

$$\hat{S}(t) \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} SE(\hat{S}(t)) \text{ şeklinde olur.} \quad (3.8)$$

3.1.1. Yaşam tablosu tahmini için hazard fonksiyonu

Gözlemlenen yaşam sürdürme fonksiyonunun yaşam tablosu tahmini için m aralıklı grup düşünüldü. Her bir aralık üzerindeki birim başına ölümün hazard oranının tahmini, aralıktaki ortalama yaşam süresi tarafından aralığa bölünmüş ölümlerin sayısı olarak gözlemlenmiştir. Bu aralık, risk altındaki bireylerin ortalama sayısı aralığın uzunluğu ile çarpılarak bulunur. Ölüm oranı varsayımı i . aralık boyunca sabittir. $(n'_i - d_i/2)\tau_i$ aralığı; ortalama yaşam süresi ve τ_i ; i . zaman aralığının uzunluğu ise i . zaman aralığındaki hazard fonksiyonun yaşam tablo tahmini;

$$h^*(t) = \frac{d_i}{(n'_i - d_i/2)\tau_i} \text{ ,şeklindedir.} \quad (3.9)$$

Burada $t'_k \leq t < t'_{k+1}$, $k = 1, 2, \dots, m$ ve $h^*(t)$ bir adım fonksiyonudur.

Bu tahminin asimtotik standart hatasını Gehan (1969) şu şekilde vermiştir;

$$s. e. \{h^*(t)\} = \frac{h^*(t)\sqrt{1-[h^*(t)\tau_i/2]^2}}{\sqrt{d_i}} \quad (3.10)$$

[Collet, 2003].

3.2. Kaplan-Meier (KM) Yöntemi

Kaplan-Meier yöntemi yaşam sürelerine ilişkin verileri zaman aralıklarına bölmeden yaşam ve ölüm fonksiyonlarının hesaplanmasını sağlayan bir yöntemdir. Aynı zamanda çarpım-limit yöntemi olarak da adlandırılır. K-M tahmin edicileri, yaşam tablosu tahmin edicilerinde olduğu gibi çarpımlardan oluşmuştur ve çarpımdaki her bir terim de t_j zamanına kadar yaşamını sürdürdüğü bilinen bir bireyin, t_j zamanından sonra yaşamını devam ettirmesi koşullu olasılığının bir tahmini olarak düşünülmesi mümkün görülmektedir [Kaplan-Meier,1958].

$t_1 < t_2 < \dots < t_n$ 'nin sıralı gözlenen başarısızlık ya da ölüm zamanlarını gösterdiğini varsayalım. Yaşam sürdürme fonksiyonu,

$$\hat{S}(t) = \begin{cases} 1 & t < t_1 \\ \frac{n-i}{n}, & t_i \leq t < t_{i+1}, \quad i = 1, 2, \dots, n \\ 0 & t \geq t_n \end{cases} \quad (3.11)$$

n çaplı bir örnek için $k \leq n$ olmak üzere tanımladığımız olayın olma zamanları $t_1 < t_2 < \dots < t_k$ şeklinde sıralandığında ve her bir tanımlanan olayın gerçekleşme zamanında birden çok tanımlanan olayın olduğu varsayalım. n_j ; t_j 'den önce risk altındaki bireylerin sayısı, d_j ; t_j anında tanımlanan olayın meydana geldiği bireylerin sayısı ve tanımlanan olayların gözlemlenmediği bireyler için durdurma zamanları L_i ile gösterilirse, yaşam sürdürme fonksiyonunun K-M tahmin edicisi;

$$\hat{S}(t) = \prod_{t_j < t} \frac{n_j - d_j}{n_j} \quad (3.12)$$

şeklinde tanımlanabilir [Collett, 2003].

K-M tahmin edicisi, yaşam sürdürme fonksiyonunun parametrik olmayan en çok olabilirlik tahmin edicisidir [Johansen, 1978; Kaplan-Meier, 1958].

K-M tahmin edicisi tutarlı bir tahmin edicidir ve yansızdır [Turnbull, 1974, 1976]. Tahmin edicinin asimtotik varyansı olabilirlik fonksiyonu yardımıyla; n_j denemenin d_j tanesi tanımlanan olayın olması ve tanımlanan olayın gerçekleşme olasılığı da λ_j olan bir Binom sürecine benzemektedir. Burada,

$$L = \prod L_j$$

$$L = \prod_{j=1}^k \lambda_j^{d_j} (1 - \lambda_j)^{n_j - d_j} \quad (3.13)$$

olabilirlik fonksiyonu olarak ifade edilir. Yaşam sürdürme fonksiyonunun en çok olabilirlik tahmini;

$$\hat{\lambda}_j = \frac{d_j}{n_j} \quad (3.14)$$

$$\hat{S}(t) = \prod_{t_j < t} \frac{n_j - d_j}{n_j} \quad (3.15)$$

$$\widehat{Var}[\log \hat{S}(t)] = \sum_{t_j < t} (1 - \hat{\lambda}_j)^2 \widehat{Var}(1 - \lambda_j) = \sum_{t_j < t} \frac{d_j}{n_j(n_j - d_j)} \quad (3.16)$$

olarak elde edilir [Peterson, 1977]. Yaşam tablosu tahmin edicisinin asimtotik varyansı olarak elde edilen Greenwood varyansı ile aynıdır.

Güven aralığı;

$$\hat{S}(t) \exp [\pm 1,96 (\widehat{Var}(\hat{S}(t)))^{\frac{1}{2}}] \text{ 'şeklinde dir.} \quad (3.17)$$

(2.17)'de verilen formülde t'nin küçük ve büyük değerleri için güven aralığı, [0,1] aralığının dışında sonuç vereceğinden dolayı varyansın “exp” 'si alınmıştır.

3.3. Yaşam Sürdürme Eğrilerinin Karşılaştırılması

3.3.1. Log-rank test istatistiği

Log-Rank test istatistiği, iki gruba ait yaşam verilerinin ayrıntılı olarak karşılaştırılmasını sağlayan bir test istatistiğidir. Bu grupları grup1 ve grup2 olarak ele alırsak. r farklı ölüm zamanları $t_{(1)} < t_{(2)} < \dots < t_{(r)}$ iki gruba göre sıralarsak t_j zamanında grup1 için bireylerin sayısı d_{1j} ve grup2 için bireylerin sayısı d_{2j} ve $j = 1, 2, \dots, r$ 'dir. Bir grup içinde iki veya daha fazla birey aynı kaydedilen ölüm süresi yok ise d_{1j} ve d_{2j} değerleri ya sıfır ya da bir olacaktır. n_{1j} değeri $t_{(j)}$

zamanından önce 1. grup için ölüm riski altında olan bireylerin sayısı ve n_{2j} değeri de aynı şekilde 2. grup için ölüm riski altında olan bireylerin sayısıdır. $d_j = d_{1j} + d_{2j}$ ölümlerin toplamı ve $n_j = n_{1j} + n_{2j}$ risk altındaki bireylerin toplamıdır.

Çizelge 3.1. İki grup için Long-rank testi değişkenleri gösterimi

Gruplar	$t_{(j)}$ zamanında ölümlerin sayısı	$t_{(j)}$ zamanından önce yaşayan bireylerin sayısı	$t_{(j)}$ zamanında risk altında olan bireylerin sayısı
Grup1	d_{1j}	$n_{1j} - d_{1j}$	n_{1j}
Grup2	d_{2j}	$n_{2j} - d_{2j}$	n_{2j}
Toplam	d_j	$n_j - d_j$	n_j

İki gruptaki bireylerin yaşam deneyimleri ayrılmaksızın sıfır hipotezi düşünüldüğünde, bu hipotezin geçerliliğinin değerlendirilmesinde her bir ölüm zamanında iki gruptaki ölümlerin sayısı ile bireylerin beklenen ölüm sayısının arasındaki farkın değeri ile ilgilenilmektedir. Böylece test edilen sıfır hipotezi farkın “0” dan anlamlı bir şekilde farklı olup olmadığı analiz edilmektedir.

Birinci ve ikinci grup için beklenen birey sayıları;

$$e_{1j} = \frac{n_{1j}}{n_j} \times d_j \quad (3.18)$$

$$e_{2j} = \frac{n_{2j}}{n_j} \times d_j \quad (3.19)$$

Log-rank test istatistiği;

$$U_L = \sum_{j=1}^r (d_{1j} - e_{1j}) \quad (3.20)$$

d_{1j} 'nin varyansı;

$$v_{1j} = \frac{n_{1j}n_{2j}d_j(n_j-d_j)}{n_j^2(n_j-1)} \quad (3.21)$$

U_L 'nin varyansı;

$$var(U_L) = \sum_{j=1}^r v_{1j} = V_L \quad (3.22)$$

şeklindedir.

Ölüm zamanlarının sayıları çok küçük olmadığı zamanlarda, U_L normal dağılıma sahiptir. $U_L/\sqrt{V_L}$, “0” ortalama ve “1” varyanslı $N(0,1)$ bir standart normal dağılıma sahiptir.

$$\frac{U_L}{\sqrt{V_L}} \sim N(0,1) \quad (3.23)$$

Rastgele verilerin bir standart normal dağılımın karesi, bir serbestlik dereceli ki-kare dağılımına sahiptir

$$\frac{U_L^2}{V_L} \sim \chi_1^2 \quad (3.24)$$

[Collett, 2003].

İki ya da daha fazla grubun karşılaştırılmasında sıfır hipotezini test etmek için diğer istatistiksel testler; Breslow (genişletilmiş Wilcoxon testi ya da Gehan testi ya da Peto testi) ve Tarone-Ware testi, log-rank testine benzer şekilde her bir yaşam süresinde gözlenen ve beklenen değerler farkını ağırlıklandırarak uygulanan testlerdir. Log-rank testinde ağırlıklar 1'e eşittir. Çünkü her bir gruptaki gözlenen ve beklenen değerler farkları toplamını kullanmaktadır. Breslow testinde ağırlıklar, her

bir yaşam süresinde risk altında olan gözlemlerin sayısıdır. Tarone-Ware testinde ise ağırlıklar risk altında gözlem sayısının karaköküdür.

3.4. Yaşam Tablosu ve K-M Yönteminin Varsayımlarının Karşılaştırılması

- Kaplan-Meier yöntemi az sayıda bireyle çalışabilir. Yaşam Tablosu yönteminde ise aralıklara düşen birim sayısının azalması tahminleri etkilemektedir. Çok sayıda birey için Kaplan-Meier ve Yaşam Tablosu yöntemi yakın sonuçlar verir. Yaşam Tablosu yöntemi çok sayıda birey olduğunda tercih edilir.
- Kaplan-Meier yönteminde tekrarlı ölçüm zamanlarına ilişkin olasılıklar hesaplanmaz. İşlem zamanlarının küçükten büyüğe doğru dizildiği serilerde ($t_i < t_{i+1} < \dots < t_{i+k}$) tekrarlı ölçüm az ise Kaplan-Meier Yöntemi, Yaşam Tablosu Yöntemine tercih edilir.
- Kaplan-Meier yönteminde kayıplar, eksik veriler dikkate alınmaz sadece ölçümler üzerinde yaşam olasılıkları hesaplanır. Yaşam olasılığı ise ölçüm olayının gerçekleştiği ana ilişkin olarak hesaplanır.
- Kaplan-Meier yönteminde kesin ölüm tarihi kullanıldığı için, nokta yaşam olasılığı bulunur. Yaşam Tablosu yöntemi ise yaklaşık bir olasılıktır. Çünkü izleme aralığı gruplara ayrılmaktadır.

4. COX ORANSAL HAZARD REGRESYON MODELİ

Regresyon analizleri, bağımlı değişkenler üzerinde etkide bulunduğu varsayılan açıklayıcı değişkenlerin, etki düzeylerini ve etki biçimlerini matematiksel olarak modellemeyi amaçlamaktadır.

Yaşam sürdürme analizinde ise amaç gözlem altındaki birey ya da birimlerin tanımlanan olay meydana gelene kadar geçen zaman aralığını etkileyen değişkenlerin etki düzeylerini belirlemektir. Açıklayıcı değişkenlerin etki düzeylerini matematiksel olarak modelleyerek bireyin yaşam süresinin tahmin edilmesinde cox oransal hazard regresyon modeli kullanılmaktadır. Örneğin, bir kanser araştırmasında bireylerin yaşam sürelerini etkilediği düşünülen yaş, kullanılan ilaçların dozu, kanserli bölgenin büyüklüğü ve hastalığın ilerleme durumu gibi açıklayıcı değişkenlerin bireyin yaşam süresini nasıl etkilediğin belirleyerek gelecekteki hastaların yaşam sürdürme sürelerinin yaklaşık olarak bu değerlere göre tahmin edilmesini sağlar.

Çok değişkenli regresyon yöntemi, sonuç değişkeni ve bu değişkenin değişimi üzerinde etkili olan bağımsız değişkenlerin etki düzeylerini ortaya koymayı amaçlar ve veri yapısının uyması gereken bazı varsayımları vardır. Bu varsayımlardan en önemlileri bağımlı ve bağımsız değişkenlerin normal dağılması ve bağımsız değişkenlerin de birbiriyle orantısal bir bağımlılık göstermemesidir. Fakat cox regresyonunda açıklayıcı değişkenler normal dağılım göstermemekte ve açıklayıcı değişkenler aralarında orantısal (proportional) ilişkiler bulunmaktadır. Bu nedenle yaşam sürdürme analizinde neden-sonuç ilişkisi çok değişkenli regresyon yöntemi yerine cox regresyon yöntemi ile açıklanmaktadır [Özdamar, 2003].

Cox regresyon modelinin belirli bir olasılık dağılımı yoktur bu nedenle yarı parametrik bir modeldir. Durdurulmuş verilerin yaşam sürdürme zamanlarını analize dahil etmesiyle lojistik regresyon modellerine karşı tercih edilir ayrıca lojistik regresyon modelleri yaşam sürdürme zamanlarını modele dahil etmezler.

Cox regresyon modeli, gözlem altındaki birey ya da birimlerin tanımlanan olay için hazardların zamana orantılı olduğu varsayımına dayanır. Eğer hazardlar zamana

orantılı değilse bu hazardların zamanla değiştiği anlamına gelmektedir. Açıklayıcı değişkenlerden zamana bağlı değişimin modele yansıtılmasıyla meydana gelen yeni model “*genişletilmiş Cox modeli*” (extended Cox model) adını alır.

Oransal regresyon yöntemi başta tıp olmak üzere demografik, endüstriyel ve ekonomik alanlarda artarak kullanılmaktadır.

4.1. Cox Oransal Hazard Regresyon Modelinin Yapısı

Bu modelde, yaşam süresi ve bu süre üzerinde etkili olarak görülen bağımsız değişkenler yer almaktadır. Bağımsız değişkenler modeli toplamsal değil, çarpımsal olarak etkilerler.

Cox regresyon modeli;

$$h(t, X) = h_{0(t)} e^{\beta'x} = h_0(t) e^{\sum_{j=1}^p \beta_j x_{ji}} \quad (4.1)$$

x : Sabit zamanlı değişkenlerden meydana gelen açıklayıcı değişken

β : Bilinmeyen parametreler vektörü

$h_0(t)$: Temel hazard fonksiyonu (baseline hazard) olarak adlandırılır.

$\sum_{j=1}^p \beta_j x_{ji}$: Açıklayıcı değişkenlerin doğrusal bileşeni ve i. birey için “ risk skoru” olarak adlandırılır [Cox D.R., 1984].

Cox Regresyon yöntemine göre, bireylerin belli bir zamandaki yaşam süreleri, logaritmik olarak azalan bir fonksiyona sahiptir. Hazard fonksiyonu bu bireylerden birinin, belli bir anda başarısızlığa uğrama olasılığını yani anlık ölüm olasılığını verir.

$h_0(t)$ tanımlanmamış bir fonksiyondur ve Cox Regresyon modelini parametrik olmayan model haline getirmektedir. Çünkü $h_0(t)$ ’nin dağılım şekli üzerine herhangi

bir varsayım bulunmadığı için hesaplanmasına da gerek yoktur. Önemli olan katsayıların yani β 'ların hesaplanmasıdır [Kleinbaum, 1996].

Orantılı hazard modelinin doğrusal bileşenleri sabit terim içermemektedir. Eğer model β_0 gibi sabit bir terim içerirse, $h_0(t)$ temel hazard fonksiyonu $\exp(\beta_0)$ 'a bölünerek yeniden ölçeklendirilebilir. Ölçeklendirildikten sonra sabit terim modelde yer almayabilir [Collet, 2003].

$$h(t, X) = h_{0(t)} e^{\beta'x} = h_{0(t)} e^{(\beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p)} \quad (4.2)$$

$$h(t, X) = h_{0(t)} \exp(\beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p) \quad (4.3)$$

ya da bir başka şekilde;

$$\log \left\{ \frac{h_i(t)}{h_0(t)} \right\} = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p \quad (4.4)$$

şeklinde de ifade edilebilir. Böylece orantılı hazard modeli, hazard oranının logaritması için doğrusal bir model haline gelmiştir.

Yaşam sürdürme analizinde iki farklı grubu karşılaştırmak için hazard oranları kullanılabilir. İki grubun karşılaştırılmasında birinci grup $X_1, X_2, \dots, X_p$ açıklayıcı değişkenleri ve ikinci grup $X_1^*, X_2^*, \dots, X_p^*$ açıklayıcı değişkenleri için;

$$HR = \frac{\hat{h}(t, X^*)}{\hat{h}(t, X)} = \frac{\hat{h}_0(t) \exp(\sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i X_i^*)}{\hat{h}_0(t) \exp(\sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i X_i)} = \frac{\exp(\sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i X_i^*)}{\exp(\sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i X_i)} = \varphi \quad (4.5)$$

$t > 0$: φ sabittir ve hazard oranı veya göreceli hazard oranıdır.

$\varphi > 1$: Herhangi bir t zamanında birinci gruptaki bireye ilişkin hazard fonksiyonu ikinci gruptaki bireyin hazard fonksiyonundan daha büyüktür ve ikinci grup daha üstündür.

$\varphi < 1$: Herhangi bir t zamanında birinci gruptaki bireye ilişkin hazard fonksiyonu ikinci gruptaki bireyin hazard fonksiyonundan daha küçüktür ve birinci grup daha üstündür.

4.2. Cox oransal Hazard Regresyon Modelinde Katsayı Tahmini

Cox regresyon modelinde açıklayıcı değişken katsayıları en çok olabilirlik yöntemi ile tahmin edilmektedir. Açıklayıcı değişkenlerin bilinmeyen katsayılarının tahmini $\hat{\beta}_i$ ile gösterilir ve olabilirlik fonksiyonunun maksimize edilmesi ile elde edilir.

Cox oransal hazard için olabilirlik fonksiyonu;

$$L(\beta) = \prod_{j=1}^r \frac{\exp(\beta'X_{(j)})}{\sum_{I \in R(t_{(j)})} \exp(\beta'X_I)} \quad (4.6)$$

olarak ifade edilir.

n tane bireye ilişkin r tane tanımlanan olay meydana gelmiş ve n-r tane birey sağdan durdurulmuş olsun. Her birey için tanımlanan olay farklı zamanlarda meydana gelmiş ise $t_{(j)}$, j.inci birey için tanımlanan olayın meydana gelmesi yani ölüm zamanını göstermektedir. Buradan hareketle r tane sıralı ölüm zamanı $t_{(1)} < t_{(2)} < \dots < t_{(j)}$ olarak gösterilmektedir. $t_{(j)}$ anında tanımlanan olayın meydana gelme riski altında olan bireyler $R(t_{(j)})$ olarak gösterilmekte ve $t_{(j)}$ anında tanımlanan olayın meydana gelmesinden önceki bireylerin oluşturduğu kümedir. $R(t_{(j)})$ kümesine “*risk kümesi*” denir.

Durdurmaya sahip olan bireyler olabilirlik fonksiyonunda katılmazlar fakat herhangi bir tanımladığımız olayın meydana gelme zamanından hemen önceki zamanda risk kümesinde yer alırlar.

Eğer olabilirlik fonksiyonuna yaşam süresini içeren veride bulunan durdurmaya sahip bireyler de katılırsa olabilirliğin yapısı değişerek durdurmaya uygun hale gelir.

$$\delta_i = \begin{cases} 0, & \text{durdurma var ise} \\ 1, & \text{durdurma yok ise} \end{cases}$$

olmak üzere olabilirlik fonksiyonu;

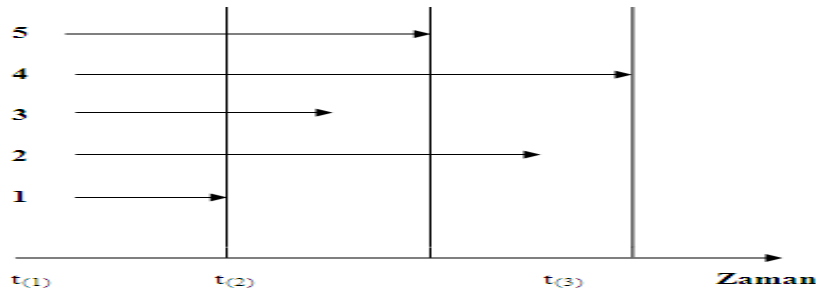
$$L(\beta) = \prod_{j=1}^n \left[\frac{\exp(\beta' X_{(j)})}{\sum_{I \in R(t_{(j)})} \exp(\beta' X_I)} \right]^{\delta} \quad (4.7)$$

olarak gösterilebilir. En çok olabilirlik fonksiyonun logaritması alınarak;

$$\log L(\beta) = \sum_{i=1}^n \delta_i \{ \beta' x_i - \log \sum_{I \in R(t_{(i)})} \exp(\beta' x_I) \} \quad (4.8)$$

şeklinde log-olabilirlik fonksiyonu elde edilir. Bu fonksiyon gerçek bir olabilirlik fonksiyonu değildir. Bu sebeple “**kısmi olabilirlik**” fonksiyonu olarak adlandırılır [Cox ve Oakes, 1984].

Kısmi olabilirliği daha iyi anlayabilmek için 1’den 5’e kadar numaralandırılmış bireylerden oluşan bir örnek düşünölsün.



Şekil 4.1. Beş bireye ilişkin yaşam sürdürme zamanları

2 ve 3 nolu bireyler için tanımlanan olay meydana gelmemiş ve bireyler sağdan durdurulmuş olsun. Üç sıralanmış ölüm zamanı sırasıyla $t_{(1)} < t_{(2)} < t_{(3)}$ ve $t_{(1)}$, 1 nolu birey, $t_{(2)}$, 5 nolu birey ve $t_{(3)}$, 4 nolu birey için tanımlanan olayın meydana gelme zamanlarıdır. Sıralı olarak verdiğimiz ölüm zamanları yani tanımladığımız olayın meydana gelme zamanlarının her birindeki risk kümesi, tanımlanan olay zamanından önce yaşayan ve durdurulmuş bireyleri kapsar. $R(t_{(1)})$ 1., 2., 3., 4. ve 5. bireylerinin oluşturduğu risk kümesi, $R(t_{(2)})$ 2., 4. ve 5. bireyin oluşturduğu risk kümesi ve $R(t_{(3)})$ ise 4. bireyin oluşturduğu risk kümesidir.

$\varphi(x_i) = \exp(\beta'x_i)$, $x_i = i$. birey için açıklayıcı değişken vektörü ve $i = 1, 2, \dots, 5$ $t_{(1)} < t_{(2)} < t_{(3)}$ zamanları için kısmi olabilirlik fonksiyonunun payları sırasıyla $\varphi_{(1)}, \varphi_{(5)}, \varphi_{(4)}$ 'dür.

Kısmi olabilirlik fonksiyonu;

$$\frac{\varphi_{(1)}}{\varphi_{(1)} + \varphi_{(2)} + \varphi_{(3)} + \varphi_{(4)} + \varphi_{(5)}} \times \frac{\varphi_{(5)}}{\varphi_{(2)} + \varphi_{(4)} + \varphi_{(5)}} \times \frac{\varphi_{(4)}}{\varphi_{(4)}}$$

şeklinde ifade edilir [Collet 2003].

Oransal hazard regresyon modelindeki β katsayıları, en çok olabilirlik tahminleri log-olabilirlik fonksiyonunun maksimize edilmesiyle elde edilir. β katsayılarının tahmini Newton-Raphson metodu kullanılarak tahmin edilir.

4.3. Newton Raphson Metodu

β katsayılarının en çok olabilirlik tahminleri için kısmi olabilirlik fonksiyonunun maksimize edilmesinde Newton-Raphson metodu kullanılmaktadır.

$u(\beta)$; (3.7)'deki log-olabilirlik fonksiyonunun β 'ya göre birinci türevinden oluşan $p \times 1$ 'lik vektör olsun ve bu vektör “*etkin skorlar vektörü*” olarak bilinir.

$I(\beta)$; (3.7)'deki log-olabilirlik fonksiyonunun β 'ya göre ikinci türevinden oluşan $p \times p$ boyutlu matris olsun ve bu matris “*gözlenen bilgi matrisi*” olarak bilinir.

Newton-Rapson yöntemi adımsal bir yöntemdir. Bu yöntem $(s+1)$ döngüsünde iken β parametrelerinin vektörünün tahmini $\hat{\beta}_{s+1}$ 'dir.

$$\hat{\beta}_{s+1} = \hat{\beta}_s + I^{-1}(\hat{\beta}_s)u(\hat{\beta}_s) \quad (4.9)$$

$s=0,1,2,\dots,n$ için $u(\hat{\beta}_s)$ etkin skorlar vektörü ve $I^{-1}(\hat{\beta}_s)$ bilgi matrisinin tersidir. İşlem $\hat{\beta}_0=0$ değeri ile başlayabilir. Log-olabilirlik fonksiyonundaki değişim yeterince küçük olduğunda işlemi sona erdirilir [Collett, 2003].

4.4. β Parametrelerine İlişkin Hipotez Testleri ve Test edilmesi

β parametresine ilişkin;

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p \quad (4.10)$$

$$H_1: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \dots \neq \beta_p \quad (4.11)$$

hipotezini test etmek için kullanılan test istatistikleri 4.4.1, 4.4.2, ve 4.4.3'de verilmiştir.

4.4.1. Olabilirlik oran test istatistiği

Kategorik değişkenlerin iki veya daha fazla olduğu durumlarda ve Cox modelinde aynı anda birden çok açıklayıcı değişkenin test edilmesinde kullanılır.

$$\chi^2_{LR} = 2[\ln L(\hat{\beta}) - \ln L(0)] \quad (4.12)$$

olarak ifade edilir.

4.4.2. Wald test istatistiği

Wald testi en çok olabilirlik tahmin edicilerinin normal dağıldığı varsayımına dayanır. Regresyon katsayısının, standart hatasına oranı β/SE_{β} Wald istatistiği olarak bilinir.

$$\chi_w^2 = \hat{\beta}^T [\hat{V}(\hat{\beta})]^{-1} \hat{\beta} \quad (4.13)$$

olarak ifade edilir.

4.4.3. Skor test istatistiği

Modeldeki değişkenler sürekli olduğunda ya da birden fazla değişken bulunduğu kullanılır. Skor istatistiği Mantel-Haenszel logrank testinin bir genellemesidir.

$$\chi_s^2 = [V(\beta)]' [I(\beta)]^{-1} [V(\beta)] \quad (4.14)$$

Yukarıdaki üç test istatistiği, H_0 'ın doğruluğu altında n serbestlik dereceli ki-kare (χ_n^2) dağılımına sahiptirler.

4.5. Modele Girecek Açıklayıcı Değişkenlerin Seçimi

Cox Regresyon yönteminin amaçlarından birisi de, açıklayıcı değişkenlerin hazard fonksiyonu üzerindeki etkisinin hangi açıklayıcı değişkenlere bağlı olduğunu tespit etmek ve modellemektir. Oluşturulan oransal hazard regresyon modelleri arasında kıyaslama yapılarak en uygun model belirlenir.

Herhangi bir modelde bilinmeyen katsayıların tahmin edilmesi için $-2\log L$ istatistiği kullanılır. (3.6)'daki ifadede β değerleri yerine, modelin en çok olabilirlik tahminleri yazılarak hesaplanır. En çok olabilirlik değerinin yüksek olması model ve gözlenen verinin uyumunun iyi olması demektir [David G.Kleinbaum,1996].

Modeller arası kıyaslamada Akaike'nin 1974'te önerdiği "Akaike Bilgi Kriteri" AIC istatistiği;

$$AIC = -2 * \log L + 2(p + k) \text{ kullanılır.}$$

p, parametrelerin sayısı, k=1 için üstel model, k=2 için Weibull, log logistic ve log normal modeller ve AIC değeri küçüldükçe model iyileşir [Klein 1997].

Model secimi için herhangi bir koşul yoksa $-2\log L$ veya AIC değerinin en az olduğu model alternatif olabilir. Fakat grafiksel metotlar yardımıyla da modelin veriye uyumunun incelenmesi mümkündür. Hangi açıklayıcı değişkenin modele dahil edilmesinin uygun olacağına karar verilmesinde üç yöntem vardır;

1. İleriye doğru seçim yöntemi (forward selection)
2. Geriye doğru seçim yöntemi (backward elimination)
3. Giriş (Enter) yöntemi

İleriye doğru seçim her adımda $-2\log L$ değerinde en büyük azalışı sağlayan açıklayıcı değişken modele eklenerek süreç devam eder. $-2\log L$ değerini önceden belirlenmiş bir değerden daha fazla azaltmayınca durur.

Geriye doğru seçim yöntemi ise açıklayıcı değişkenlerin tümünü içeren model ile başlar. Daha sonra açıklayıcı değişkenlerden $-2\log L$ değerini çok az arttıran açıklayıcı değişkenler modelden tek tek çıkarılır. $-2\log L$ değerini önceden belirlenmiş bir değerden daha çok arttırınca durur.

Giriş (Enter) yöntemi, ileriye doğru seçim yöntemiyle aynıdır fakat modelde yer alan açıklayıcı değişken sonraki aşamada modelden çıkarılacak değişken olarak düşünülebilir. Modele açıklayıcı değişken eklendikten sonra, önceden belirlenen modeldeki açıklayıcı değişkenin çıkarılıp çıkarılmayacağını kontrol eder.

Bu değişken seçim süreçlerine alternatif olarak;

1. İlk aşamada bütün açıklayıcı değişkenler için model kurulur ve $-2\log L$ değerleri elde edilir. Açıklayıcı değişkenlerin olamadığı $-2\log L$ değeri ile her bir açıklayıcı değişkenin tek başına oluşturduğu model $-2\log L$ istatistiğini belirgin bir şekilde azalttığı tespit edilir.
2. Açıklayıcı değişkenlerin bazıları diğer açıklayıcı değişkenlerin de modelde olduğu zaman önemli gözükebilir. Bunun için $-2\log L$ değerini belirgin olarak arttırmayan değişkenler çıkarılır ve her açıklayıcı değişken modelden çıkarıldığında $-2\log L$ değerindeki değişiklik hesaplanır.
3. Açıklayıcı değişkenlerden bazıları 2. aşamada bir başka açıklayıcı değişkenin varlığı ile önem kazanabilir. 2. aşamada modele tek tek eklenerek $-2\log L$ değerinde büyük bir azalış sağlayan açıklayıcı değişken modelde tutulur. Bu işlem $-2\log L$ değeri sabit kalıncaya kadar devam eder.
4. Sonuç olarak $-2\log L$ değerinde büyük bir artış sağlayan açıklayıcı değişkenin modelden çıkarılmayacağını ve $-2\log L$ değerinde belirgin bir düşüşe neden olan açıklayıcı değişkenlerin model dışında kalıp kalmadıklarının son kontrolleri yapılır.

4.6. Yaşam Sürdürme Fonksiyonu ve Hazard Fonksiyonunun Tahmini

i.inci birey için hazard fonksiyonu tahmini;

$$\hat{h}_i(t) = \exp(\hat{\beta}'x_i) \hat{h}_0(t) \quad (4.15)$$

x_i ; Açıklayıcı değişkenler vektörü (i=1,2,...n)

$\hat{\beta}$; β katsayılarının tahmini

$\hat{h}_0(t)$; $h_0(t)$ temel hazard fonksiyonunun tahmini

Temel hazard fonksiyonun tahmini en çok olabilirlik metodu yaklaşımını kullanan Kalbfleisch ve Prentice (1980) tarafından önerilmiştir. Tanımlanan olayın meydana

geldiği $j=1,2,\dots,r$ için $t_{(1)} < t_{(2)} < \dots < t_{(r)}$ sıralı zamanları olmak üzere $t_{(j)}$. anında tanımlanan olayın meydana gelme riski altında olan n_j birey olmak üzere d_j tanımlanan olayın meydana geldiği birey sayısı ve $t_{(j)}$ zamanındaki temel hazard fonksiyonunun tahmini;

$$\hat{h}_0(t_{(j)}) = 1 - \hat{\xi}_j, \quad (4.16)$$

$$\sum_{I \in D(t_{(j)})} \frac{\exp(\hat{\beta}' x_I)}{1 - \hat{\xi}_j \exp(\hat{\beta}' x_I)} = \sum_{I \in R(t_j)} \exp(\hat{\beta}' x_I) \quad (4.17)$$

$D(t_{(j)})$; j . sıradaki tanımlanan olayın meydana geldiği zamandaki d_j bireyin oluşturduğu küme,

$R(t_j)$; $t_{(j)}$. sıradaki tanımlanan olayın meydana gelmesi riski altındaki n_j bireyin oluşturduğu küme,

Tanımladığımız her olayın farklı zamanlarda meydana gelmesi durumunda $d_j=1$ için;

$$\hat{\xi}_j = \left(1 - \frac{\exp(\hat{\beta}' x_j)}{\sum_{I \in R(t_j)} \exp(\hat{\beta}' x_I)} \right)^{\exp(-\hat{\beta}' x_{(j)})} \quad (4.18)$$

Bir bireyin t_j anından t_{j+1} anına kadar hazard oranının sabit olduğu varsayımı altında temel yaşam sürdürme fonksiyonun tahmini;

$$\hat{S}_0(t) = \prod_{j=1}^k \hat{\xi}_j \quad (4.19)$$

Birikimli temel hazard fonksiyonu $H_0(t) = -\log S_0(t)$ 'nin tahmini;

$$\hat{H}_0(t) = -\log \hat{S}_0(t) = \sum_{j=1}^k \log \hat{\xi}_j \quad (4.20)$$

i.sıralı birey için birikimli hazard fonksiyonu;

$$\int_0^t \hat{h}_i(u) du = \exp(\hat{\beta}' X_i) \int_0^t \hat{h}_0(u) du \quad (4.21)$$

$$\hat{H}_i(t) = \exp(\hat{\beta}' x_i) \hat{H}_0(t) \quad (4.22)$$

şeklindedir.

5. Modelin Oransallık Varsayımının Test Edilmesi

Cox regresyon modelinde açıklayıcı değişkenlere ilişkin en önemli varsayımlardan biri, hazardların oransal olduğu varsayımıdır. Açıklayıcı değişkenler için farklı zaman aralıklarında hazardlar oransal değilse yani oransallık varsayımı sağlanmıyorsa zaman içinde değişen hazardların modellenmesi “genişletilmiş cox modeli” ile mümkündür.

Oransallığın test edilmesi için kullanılan metotlar;

1. Grafiksel yaklaşım,
2. Uyum iyiliği yaklaşımı,
3. Zamana bağlı yaklaşımlar yardımı’dır.

5.1. Grafiksel Yaklaşım

Grafiksel yaklaşım, modelin oransal hazard regresyon modeline uygun olup olmadığını belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Grafiksel yaklaşımda $-\ln(-\ln(S(t)))$ grafiği kullanılarak modelin uygun olup olmadığı yaşam sürdürme eğrilerinin birbirine paralel olup olmamasına göre test edilir. Literatürde log-log grafiği olarak bilinir.

$$h(t, x) = h_0(t) \exp [\sum_{j=1}^p \beta_j x_j] \quad (5.1)$$

$$s(t, x) = s_0^{\exp [\sum_{j=1}^p \beta_j x_j]} \quad (5.2)$$

Yaşama sürdürme fonksiyonun iki kez logaritması alınarak;

$$\ln S(t, x) = \exp [\sum_{j=1}^p \beta_j x_j] \ln S_0(t)$$

$$\ln[-\ln S(t, x)] = \ln[-\exp [\sum_{j=1}^p \beta_j x_j] \ln S_0(t)]$$

$$\ln[-\ln S(t, x)] = \ln \left[-\exp \left[\sum_{j=1}^p \beta_j x_j \right] + \ln[-\ln S_0(t)] \right] \quad (5.3)$$

şeklinde ifade edilir [David G. Kleinbaum, 1996].

Yaşam sürdürme fonksiyonu (0,1) aralığında değerler aldı için ilk logaritmasında negatif değer olacağından, pozitif değer alması için (-) ile çarpılarak ikinci kez logaritması alınır.

Örneğin; İki bireyin grafiksel yöntemle karşılaştırmak istersek $X_1 = (X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1p})$ ve $X_2 = (X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2p})$ değişken vektörleri için logaritması alınmış yaşam sürdürme fonksiyonları şu şekildedir;

$$-\ln(-\ln(S(t, X_1))) = \sum_{j=1}^p \beta_j X_{1j} - \ln(-\ln(S_0(t))) \quad (5.4)$$

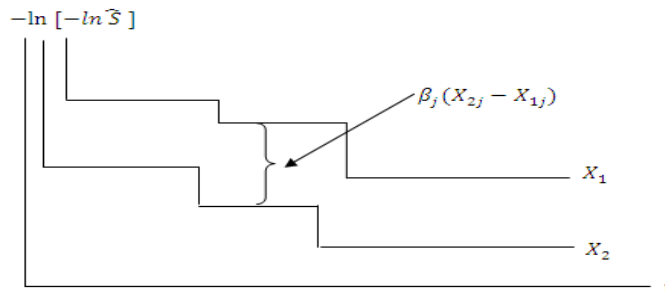
$$-\ln(-\ln(S(t, X_2))) = \sum_{j=1}^p \beta_j X_{2j} - \ln(-\ln(S_0(t))) \quad (5.5)$$

ifadesi oranlanırsa;

$$-\ln(-\ln(S(t, X_1))) = \sum_{j=1}^p \beta_j (X_{2j} - X_{1j}) - \ln(-\ln(S(t, X_2))) \quad (5.6)$$

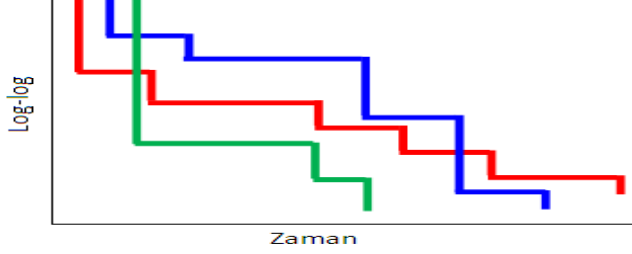
elde edilir.

İki bireye ilişkin logaritması alınmış yaşam sürdürme fonksiyonlarının grafiği Şekil 5.1'deki gibidir.



Şekil 5.1. $\log - \log (S(t))$ grafiği

Şekil 5.1.'de görüldüğü gibi eğrilerin bir birine paralel olması oransallık varsayımının sağlandığını gösterir.



Şekil 5.2. $\log - \log (S_{(t)})$ grafiği

Şekil 5.2.'de görüldüğü gibi eğrilerin bir birine paralel olmaması durumunda oransallık varsayımının sağlanmadığını gösterir.

Orantılı hazard varsayımının test edilmesinde bir diğer grafiksel yöntem ise tahmin edilen eğrilerin, gözlenen eğrilerle karşılaştırılmasıdır. Kaplan Mier (K-M) grafiği yardımıyla gözlenen eğriler çizilir. Beklenen eğriler ise yaşam sürdürme fonksiyonunun tahmini ile elde edilir.

Sonuç olarak gözlenen ve beklenen eğrilerin her ikisi birlikte incelenerek bu çizilen eğriler birbirine paralel ise orantılılık varsayımı sağlanmış olur, eğer eğrilerde ciddi farklılıklar var ise orantılı hazard varsayımının sağlanmadığına karar verilir [Kleinbaum, 1996].

5.2. Uyum İyiliği Yaklaşımı

Orantılı hazard varsayımının test edilmesinde kullanılan uyum iyiliği yaklaşımı modeldeki her açıklayıcı değişken için hesaplanan ki-kare istatistikleri yardımıyla orantılı hazard varsayımını test eder. Uyum iyiliği testi diğer yöntemlerden grafiksel yaklaşıma göre daha güvenilir sonuçlar almamızı sağlar fakat modelin bütününe test etmesi en büyük dezavantajıdır [Andersen,P.K., 1982].

5.3. Zamana Bağlı Değişkenlerin Kullanılması

Orantılı hazard varsayımını değerlendirirken, açıklayıcı değişkenlerin zaman içinde değişmediğini varsayarak modelleme yapılmakta fakat bazı açıklayıcı değişkenler zaman içerisinde değişim gösterdiğinden açıklayıcı değişkenin hazard fonksiyonunun başlangıç zamanındaki değeri yerine açıklayıcı değişkenin zamanla değişen değerine bağımlı olmasıdır [Hosmer & Lemeshow, 1999].

Açıklayıcı değişkenlerin zaman içerisinde değişimi iki şekildedir;

1. İçsel değişkenler

İçsel değişkenler bireye bağımlı değişkenlerdir yani yalnızca birey yaşıyorken ölçülebilen değerlerdir. Bireyin bazı belirtileri, sadece bireye özgü değerler olan karakter ve davranışa bağlı olarak bireyin sistolik kan basıncı, kandaki kolesterol düzeyi gibi değerler içsel değişkenler olarak adlandırılır. İçsel değişkenler bireyin o anki durumunu yansıtır ve hastanın yaşam süresiyle doğrudan ilişkilidir.

2. Dışsal değişkenler

Dışsal değişkenler gelecekte herhangi bir zamanda değeri önceden bilinebilen değişkenlerdir. Buna en iyi örnek yaştır. Çalışma sırasında bireyin yaşı bilinmektedir ve ilerleyen zamanlarda hangi yaşta olacağı açık bir şekilde bilinmektedir.

Cox modelinde açıklayıcı değişkenin zaman içerisindeki değişimini kontrol altına almak için zamana bağlı yeni bir yapay değişken oluşturulur ve modele alınarak oransal hazard varsayımı denetlenir.

Cox oransal hazard modeli zamana bağlı değişkenler içerecek şekilde genişletilirse (5.7)'deki gibi olur.

$$h(t, X(t)) = h_0(t) \exp \left[\sum_{i=1}^p \beta_i X_i + \sum_{i=1}^p \delta_i X_i g_i(t) \right] \quad (5.7)$$

X_i açıklayıcı değişkenlerin oransallığının test edilmesinde δ_i katsayısının anlamlı olup olmadığına bakılır.

$$H_0: \delta_i = 0$$

$$H_1: \delta_i \neq 0$$

Burada H_0 hipotezi red edildiği zaman $\delta_i < 0$ için hazard oranı zamana bağlı olarak azalır ve $\delta_i > 0$ ise hazard oranı zamana bağlı olarak artar.

Burada $g(t)$, zamanın bir fonksiyonudur.

$$g(t) = t, \tag{5.8}$$

$$g(t) = \log t \text{ ya da} \tag{5.9}$$

$$g(t) = \begin{cases} 1 & t \geq t_0 \\ 0 & t < t_0 \end{cases} \tag{5.10}$$

(5.8), (5.9) ve (5.10)'daki gibi farklı fonksiyonlar kullanılabilir. Fakat Cox orantılı regresyon yönteminde, zamana bağlı değişkenlerin kullanılmasında bireyler için tanımlanan olay zamanlarında dışsal açıklayıcı değişkenlerdeki değişim sorun teşkil etmezken, bireylerden bağımsız olarak ortaya çıkan içsel açıklayıcı değişkenler sorun olabilmektedir [Collet, 2003].

Örneğin; $g(t)$ fonksiyonu ile orantılılığı denetlenen açıklayıcı değişken X_i olsun;

$$g(t) = \begin{cases} 1 & t \geq t_0 \\ 0 & t < t_0 \end{cases} \tag{5.11}$$

olmak üzere, fonksiyondaki t_0 noktasına açıklayıcı değişken için çizilen yaşam sürdürme eğrisine bakılarak karar verilir. Açıklayıcı değişkenin düzeyleri için çizilen eğrilerin bir birinden uzaklaştığı yer ayırma noktası olarak belirlenir.

$$t \geq t_0 \text{ ise; } g(t) = 1 \text{ için } X_i x g(t) = X_i$$

$$\text{Hazard fonksiyonu, } h(t, X) = h_0(t) \exp [(\beta + \delta)X_i] \quad (5.12)$$

$$\text{Hazard oranı, } \widehat{HR} = \exp (\hat{\beta} + \hat{\delta}) \quad (5.13)$$

$$t < t_0 \text{ ise } g(t) = 0 \text{ için } X_i x g(t) = 0$$

$$\text{Hazard fonksiyonu, } h(t, X) = h_0(t) \exp (\beta X_i) \quad (5.14)$$

$$\text{Hazard oranı, } \widehat{HR} = \exp (\hat{\beta}) \text{ olur [Kleinbaum,1996].} \quad (5.15)$$

Model şu şekildedir;

$$h(t, X(t)) = h_0(t) \exp [\beta X_i + \delta (X_i x g(t))] \quad (5.16)$$

6. UYGULAMA

6.1. Giriş

Günümüzde; teknolojik ve bilimsel gelişmeler neticesinde paralel bir düşüş olması gerekirken, trafik kazaları hala ülkemizde ve dünyada gündemin ilk sıralarında yer almaktadır. Hava, deniz ve demiryolu trafiğine göre karayollarındaki trafik, güncel hayatın önemli bir sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Trafik kazaları araştırıldığında ülkemizde her yıl binlerce can alan, yüzbinlerce insanımızda kalıcı fiziki ve ruhsal etkiler bırakan ve milyarlarla ifade edilen maddi kayıplar, ülke sorunlarımızın daima birinci sırasında yer almaktadır. Trafikte insan davranışları geliştirildikçe; trafik kazalarını önlemek için alınacak tüm tedbirlerin ve yapılacak bütün düzenlemelerin kazaları önlemede etkili olacağı düşünülmektedir.

Türkiye 1950 sonrası benimsediği siyasal anlayış gereği, kuruluş yıllarındaki ulaşım ile ilgili tercihini değiştirmiş, kara yolunu öne çıkarmıştır. Bu tarihten günümüze kadar kara yoluna önem verildiği için kazalar, yaralanma ve ölümler sonucunda ortaya çıkan maddi ve manevi kayıplar şeklindeki bütün sorunlar, kara yolu ulaşımı merkezinde ortaya çıkmaya başlamıştır [Basın Toplantıları, 2003, 225]. Türk toplumunda bu denli önemli boyuta ulaşan karayolu ulaşımı, trafik kazalarına çözüm getirilebilmesi bakımından, karayolu trafiği geniş bir perspektifle, uygarlık düzeyi göstergelerine göre değerlendirilmesi gerekir.

Trafik kazaları, sağlık ve kalkınma açısından büyük bir sorun oluşturmaktadır. Bu yüzden yılda hemen hemen 1.2 milyon kişi ölmekte, 20 ile 50 milyon arasında insan da yaralanmakta veya sakat kalmaktadır. Gerek Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), gerekse Dünya Bankası'nın elindeki veriler, gerekli müdahalelerde bulunulmaması durumunda bu sonuçların 2020 yılına kadar daha da ağırlaşacağı ve bunun hızla motorize olan ülkelerde daha belirgin biçimde görüleceğine işaret etmektedir. Bugünkü sorun yükünün yüzde 90'ının düşük ve orta gelir düzeyindeki ülkelerin üzerine binmesi bir yana, kayıp oranları da bu ülkelerde daha hızlı artmaktadır.

Trafik kazaları sonucunda ortaya çıkan maliyetle ilgili veriler sınırlı olmakla birlikte, durumun kişiler, aileler, topluluklar ve ülkelere getirdiği ekonomik maliyetin çok büyük olduğu açıktır. O kadar ki, trafik kazaları sonucunda ortaya çıkan kayıplar, ülkelerin gayri safi ulusal hasıllarının yüzde 2'sine kadar ulaşabilmektedir. Bütün bunların üstüne, kazalardan doğrudan etkilenen kişilerin, ailelerinin ve dostlarının psikolojik olarak ağır ve trajik bir yük altına girmesi de söz konusudur. Sağlık hizmetleri açısından da bakıldığında kazalar, sağ kurtulanların tedavi masrafları açısından da genellikle kazazedeler büyük sıkıntılar yaşatmaktadır.

Görüldüğü üzere trafik kazaları, tüm insanlık yaşamını ve sağlığını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen; insanların ve ülkelerin yeri doldurulması çok güç olan, çoğu zamanda mümkün olmayan maddi ve manevi kayıplara uğratan ve çözüm bekleyen önemli bir tehlikedir [Jacobs ve ark., 2000; Baguley ve ark.,2003; Wegman ve ark., 2004 (ETSC,2001); Peden ve ark.,2004 DSÖ Türkiye İrtibat Ofisi WHO 2004 Tercümesi].

6.2. Trafik Hakkında Bilgi

Trafik; *“yayaların, hayvanların ve araçların karayolu üzerindeki hal ve hareketleri”* olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre, trafikte önemli unsurların; yayalar, hayvanlar, araçlar ve karayolu olduğu ve kavramın sadece karayolu trafiğini kapsadığı görülmektedir. Ancak, çoğu karayolu trafik kazası incelendiğinde, sayılan bu unsurlar dışında, birçok faktörün ölüm, yaralanma veya maddi hasarla sonuçlanan kazalara yol açtığı görülmektedir. Diğer yandan, ülkemizdeki trafik terörünün, terör ve depremlerin aldığı candan daha fazla can aldığı; terörde 15 yılda 30 000, depremlerde 50 yılda 50 000, trafik kazalarında ise 10 yılda 100 000'i aşan insanımızın kaybedildiği belirtilerek vurgulanmaktadır [Akaya ve Altıntaş, 2002].

Kaza kelimesi sözlükte şu manalara karşılık gelmektedir; “görünür bir sebebi olmadan”, “beklenmeyen”, “amaçsız davranışlar”, “tesadüf”. Bazı kültürlerde ise kaza; sebeplerinin belirlemeye yönelik herhangi bir gayret göstermeden sadece kader olarak yorumlanmaktadır [Dizdar, 1998; Sanders ve McCormick,1993].

Ülkemizde meydana gelen trafik kazaları sonrasında trafik zabıtası (trafik polisi-trafik jandarması) kaza yerine gelerek olay yerinde iz ve delilleri tespit eder ve “*Trafik Kazası Tespit Tutanağı*” düzenlerler. Vur-kaç tipli trafik kazalarında ise delillerin toplanması görevi mahalli zabıtaya ait olup (*mahalli polis veya jandarma karakolu*), mahkemece atanan trafik bilirkişisi kaza kusur oranları hakkında görüş bildirecektir [Karayolları Trafik Kanunu, Karayolları Trafik Yönetmeliği, Polis Vazife ve Salahiyeti Kanunu]. Trafik kaza raporlarına itiraz halinde üst ve son kurul olarak Adli Tıp Kurumu Trafik İhtisas Dairesi kabul edilmiştir [Karayolları Trafik Kanunu, Karayolları Trafik Yönetmeliği, Adli Tıp Kurumu Kanunu].

Ayrıca ölüm ya da yaralanma ile sonuçlanan her trafik kazası için mahkemece en az bir bilirkişi atanır ve daha önce düzenlenen kaza tespit tutanağı ve diğer mevcut delillere göre kaza kusur oranları hakkında görüşünü bildirir [Ceza Muhakemeleri Usulü Kanunu].

6.3. Trafiği Etkileyen Faktörler

Trafik kazaları sonrası yapılan kaza tespit tutanakları aynı zamanda Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığınca her sene yayınlanan Trafik İstatistik Yıllığının veri tabanını oluşturur. Karayolları Trafik Kanunu ve Yönetmeliği’ne göre kusurları belirlenen trafik kazalarının kusur dağılımları trafiğin unsurlarına göre yapılarak yayınlanır (Trafik İstatistik Yıllığı 2007). Bu yılıktan elde edilen verilere göre aynı tip kazaların meydana gelmemesi amacıyla çalışmalar yapılır.

Bu çalışmalar neticesinde karayolu trafiğinde, kazalara neden olan temel faktörlerin; *canlılar* (başta sürücü ve yayalardan oluşan *insan* ve hayvanlar), *karayolu* ve karayolunda hareket eden *taşıtlar* olduğu söylenebilir. Trafik kazalarının ve bunların yol açtığı kayıpların azaltılması için alınacak önlemlerin geliştirilmesinde, bu faktörlerin etki derecelerinin bilinmesinin büyük önemi vardır.

Trafik kazalarını etkileyen başlıca faktörleri şöyle sıralayabiliriz. Bunlar; sürücü faktörleri, yaya faktörleri, yol faktörü ile araç faktörleri olarak sayılabilir.

Kusurlarına göre, sırasıyla sürücü kusuru, yaya ve yol kusuru ile araç kusurları olarak belirtilebilir. Bunlardan da anlaşılacağı gibi insan unsurundan kaynaklanan kusurları birinci sırada gösterilebilir. Trafik kazalarını inceleyecek olursak, sürücü kusurları da şöyle sayılabilir. Aşırı hız, arkadan çarpma, ilk geçiş hakkını vermeme, hatalı sollama, hatalı şerit değiştirme ve alkollü araç kullanmaktır. Bu kural hatalarına ayrıca önemli bir etken olarak da kişilik bozukluklarını eklemek mümkündür. Kişinin, bencillik duygusu, atak olma ve gösteriş zaafı, kendisine göre kural yaratma ve uygulama, başkasının haklarına saygısızlık ve umursamazlık gibi ruhsal yapı ve davranış bozuklukları olarak açıklayabiliriz. Bir diğer etken olarak kişinin fizyolojik bozuklukları, uykusuzluk, yorgunluk, alkol, karanlıktan ve ışıktan etkilenme olarak gösterebiliriz. Bütün bunların giderilmesi ancak eğitim ve denetim ile kontrol altında bulundurulabilir. Çevre unsurunu da bunların arasında gösterilebilir [Şengöz, 2004].

6.4. Trafik Kazaları İle İlgili Genel Bilgiler

Trafik bilirkişilerinin düzenledikleri kaza raporları, krokiler ve tutanaklar kusur oranının belirlenmesinde önemli rol oynar.

Görevli Trafik Polisi, kaza araştırmasında;

- Kazanın meydana gelme sebebi ve şekli,
- Kazaya etki eden faktörler,
- Hangi sürücünün hatalı olduğuna dair fikir, kanaat ve sonuç elde etmek için bilgiler toplama ve değerlendirme görevi,

Genel olarak trafik kazaları

- Doğrultu değiştirme manevralarını yanlış yapmak
- Kavşaklarda geçiş önceliğine uymama
- Emniyetli mesafeyi takip etmemekten arkadan çarpma
- Şerit ihlali

- Kırmızı ışık ihlali
- Park halindeki araçlara çarpma

Meydana gelen bir kazanın oluş sebepleri, bilimsel bir şekilde kaza tespit tutanağına geçirilmesi gerekir, yapılacak sınıflandırmaya göre;

- Yol durumu ile ilgili tespitler,
- Araç durumu ile ilgili tespitler,
- Sürücü davranışları ve durumu ile ilgili tespitler,
- Hava ve iklim durumu ile ilgili tespitler,
- Trafik ışık ve uyarılarla ilgili tespitler,
- Asli, tali yol önceliği durumu ile ilgili tespitler,
- Kurallarla ilgili tespitler,
- Kaza yerindeki ipuçları ve bulgularının belirlenmesi ve tespit edilmesi, (fren izi vb.)
- Araçların geldikleri yön, kavşak viraj ve şerit gibi karayolunun tespit edilmesi
- Kaza yerinde, araç, yol, izler ve diğer bulgular arasındaki ilişki, kroki, rapor, tutanak ve fotoğraf veya kamera ile ölçekli ve ölçeksiz bir şekilde tespit edilmesi, mesafelerin belirlenmesi,
- Kazanın meydana gelmesinde yol görüş şartları, trafik işaretleri, asıl-tali yol tespiti ile görüşe engel olabilecek unsurların belirlenmesi,
- Kazanın meydana gelmesinde sürücü davranış ve hareketlerinin kurallara uyumu veya ihlalinin tespiti,
- "ilk görünüş karinesi" ve "kazadan kaçış oranı" veya olasılığının tutanakta belirtilmesi,
- Trafik kazası tespit tutanağı bilgilerinin eksiksiz ve doğru bir şekilde doldurulması,
- Asli, tali veya diğer kusur durumları ile illiyet bağlarının tespiti gerekir.
- Yeni TCK'nın yürürlüğe girmesi ile birlikte 2918 sayılı kanun md. 84'te belirlenen asli kusurların trafik kazalarına göre yapılması gereken düzenlemenin;

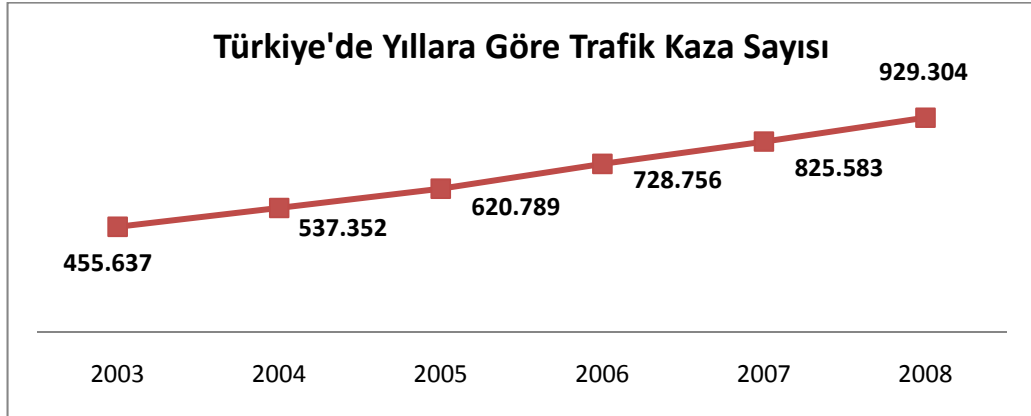
- Kırmızı ışıklı trafik işareti ve yetkili memurun dur işaretinde geçme, taşıt giremez trafik işaretinin bulunduğu karayoluna karşı yönden gelen trafiğin kullandığı şerit rampa veya yol bölümüne girmek, ikiden fazla şeritli taşıt yolunda karşı yönden gelen trafiğin kullandığı şerit veya yol bölümüne girme kurallarının ihlal edildiği trafik kazalarında, 179/2 md den işlem yapılarak cumhuriyet savcılığına intikal ettirilmesinin,
- Trafik kazalarındaki kusurlardan arkadan çarpma, geçme yasağı olan yerlerden geçme, doğrultu değiştirme manevralarını yanlış yapma, şeride tecavüz etme, kavşaklarda geçiş önceliğine uymama, kaplamanın dar olduğu yerlerde geçiş önceliğine uymama, manevraları düzenleyen genel şartlara uymama, zorunlu haller dışında park etme veya duraklama ve her durumda gerekli tedbirleri almama, park için ayrılmış yerlerde ya da kurallara uygun olarak park etmiş araçlara çarpma kurallarının ihlali ile meydana gelen trafik kazalarında kusurlama oranı yapılarak trafik kaza tespit tutanağı düzenlenerek adliyeye sevkinin gerekmeyeceğinin ancak kasten işlenen can ve mal güvenliği açısından tehlike oluşturacak şekilde olay meydana gelmişse 179/2 md işlem yapılmak üzere Cumhuriyet Savcısına intikal ettirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir [Polis Dergisi, 2006].

6.5. 2003 Yılında Meydana Gelen Trafik Kazaları

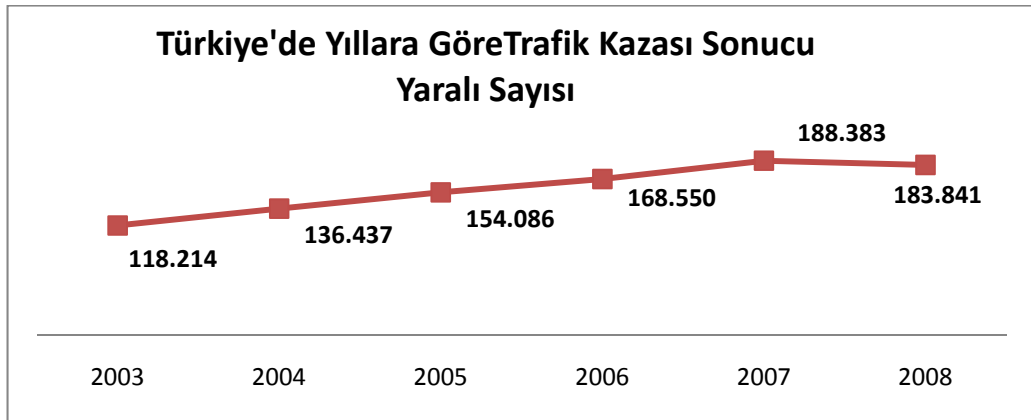
Çizelge 6.1. 2003 yılında bazı Avrupa ülkelerinde meydana gelen trafik kazaları

<i>Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye'de karayolu trafik kaza sayıları, 2003</i>						
<i>Ülke</i>	<i>Yüzölçüm</i>	<i>Nüfus</i>	<i>Toplam Araç Sayısı</i>	<i>Trafik kaza sayısı</i>	<i>Ölü Sayısı</i>	<i>Yaralı Sayısı</i>
<i>Belçika</i>	30 528	10 396 000	5.980.000	49065 ⁽¹⁾	1470 ⁽¹⁾	67961 ⁽¹⁾
<i>Danimarka</i>	43 094	5 398 000	2.502.000	6 749	432	8 412
<i>Almanya</i>	357 022	82 532 000	53.656.000	354 334	6 613	462 170
<i>İspanya</i>	505 992	41 874 000	25.170.000	99 987	5 399	150 635
<i>Fransa</i>	551 500	59 900 000	36.198.000	90 220	5 731	115 929
<i>İrlanda</i>	70 273	4 028 000	1.937.000	5 985	335	8 262
<i>İtalya</i>	301 318	58 145 000	43.223.000	235142 ⁽²⁾	6682 ⁽²⁾	334679 ⁽²⁾
<i>Lüksemburg</i>	2 586	452 000	350.000	720	53	1 052
<i>Hollanda</i>	41 526	16 258 000	8.387.000	31 635	1 088	37 976
<i>Avusturya</i>	83 858	8 140 000	5.114.000	43 426	931	56 881
<i>Portekiz</i>	91 982	9 992 000	5.197.000	41 495	1 356	55 258
<i>Finlandiya</i>	338 145	5 220 000	2.657.000	6 907	379	9 088
<i>İsveç</i>	449 964	8 976 000	4.998.000	18 365	529	27 103
<i>İngiltere</i>	242 900	57 851 000	31.097.000	214 030	3 508	287 099
<i>Çek Cumhuriyeti</i>	78 866	10 211 000	4.490.000	27 320	1 447	35 438
<i>Slovakya</i>	49 036	5 380 000	1.065.000	8 551	645	11 321
<i>Türkiye</i>	774 815	70 231 000	8.903.843	67 031	3 946	118 214
Kaynak - Statistics Of Road Traffic Accidents In Europe And Nord America, 2005 (1) 2000 yılı verilerini kapsar (2) 2001 yılı verilerini kapsar						

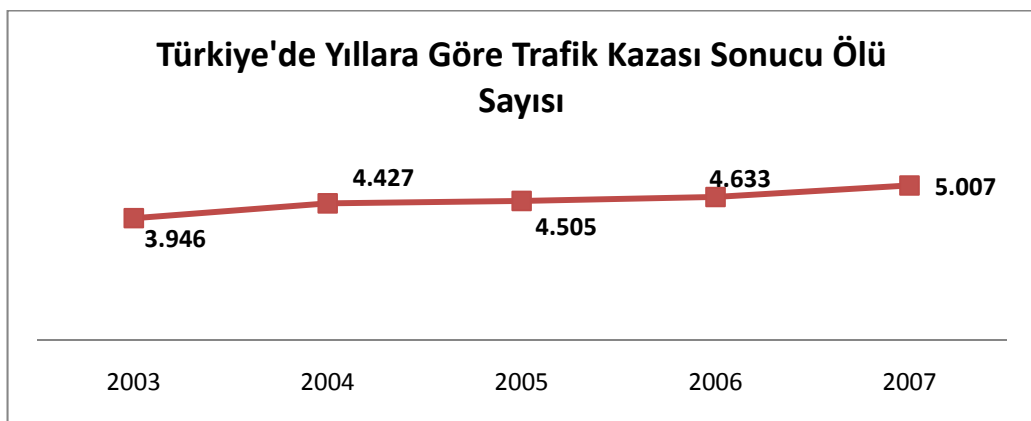
2003 yılında 67 031 ölümlü-yaralanmalı trafik kazası meydana gelmiştir. Bu kazalar sonucunda 3 946 kişi ölmüş ve 118 214 kişi yaralanmıştır. Avrupa birliği ülkeleri ile Türkiye’de meydana gelen trafik kaza sayısı, yüzölçümü ve toplam araç sayısına göre karşılaştırılırsa, yüzölçümü bakımından diğer ülkelere göre çok büyük fakat toplam araç sayısı bakımından ise Almanya, Fransa, İngiltere, İspanya ve İtalya gibi büyük ülkelerin toplam araç sayısı Türkiye’nin toplam araç sayısının 3 katından fazla olmasına rağmen ölü ve yaralı sayıları yakındır.



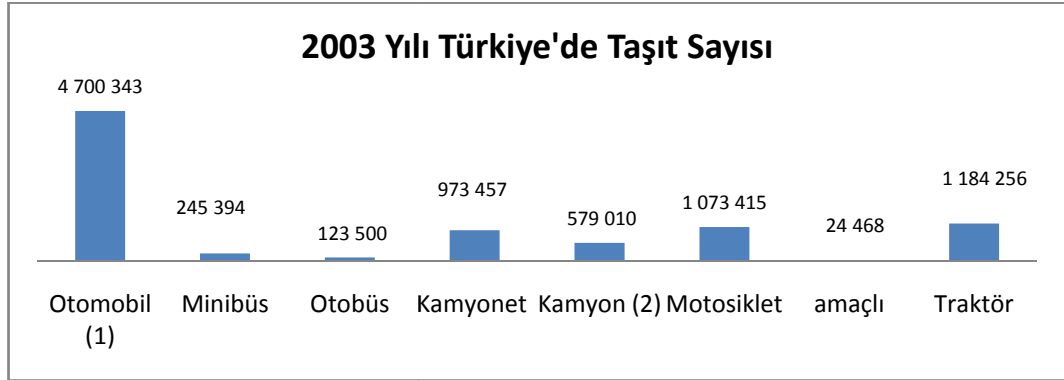
Şekil 6.1. Türkiye’de yıllara göre trafik kaza sayısı



Şekil 6.2. Türkiye’de yıllara göre trafik kazası sonucu yaralı sayısı

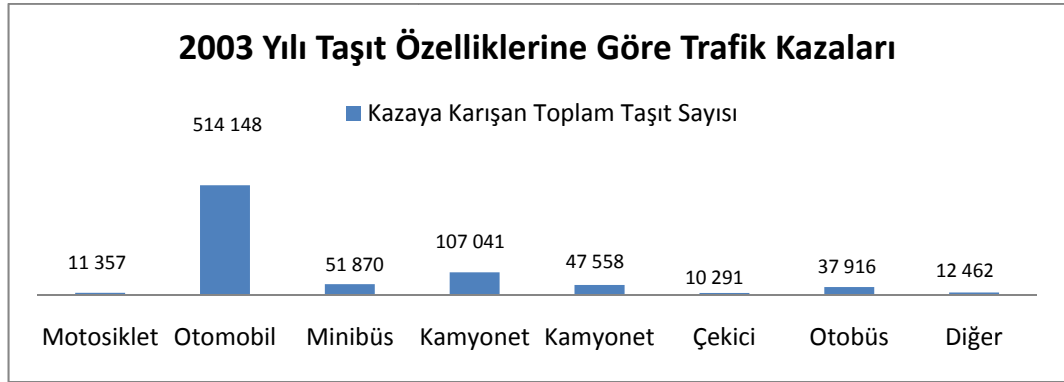


Şekil 6.3. Türkiye’de yıllara göre trafik kazası sonucu ölü sayısı

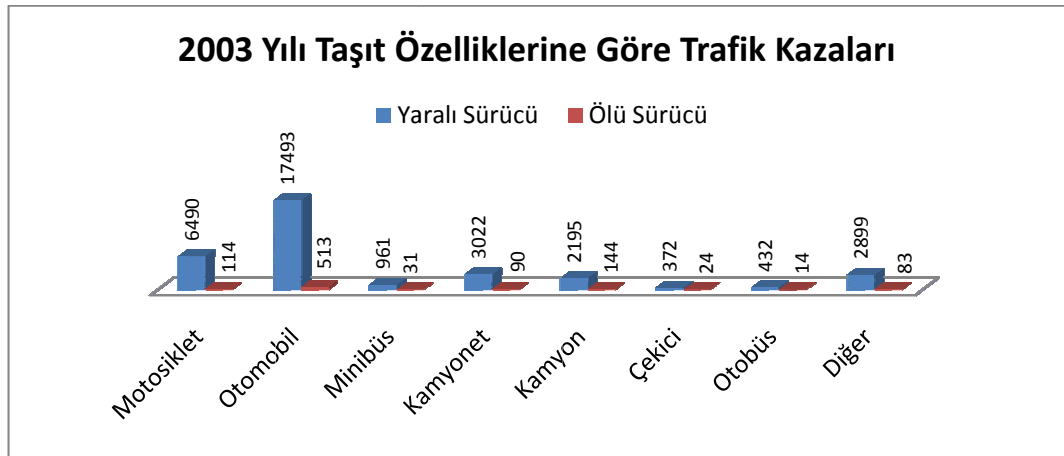


(1) Arazi Taşıtı Dahil (2) Ağır Tonajlı Araçlar Dahil (Çekici, Çöp Kamyonu...vb)

Şekil 6.4. 2003 yılında Türkiye’de taşıt sayısı



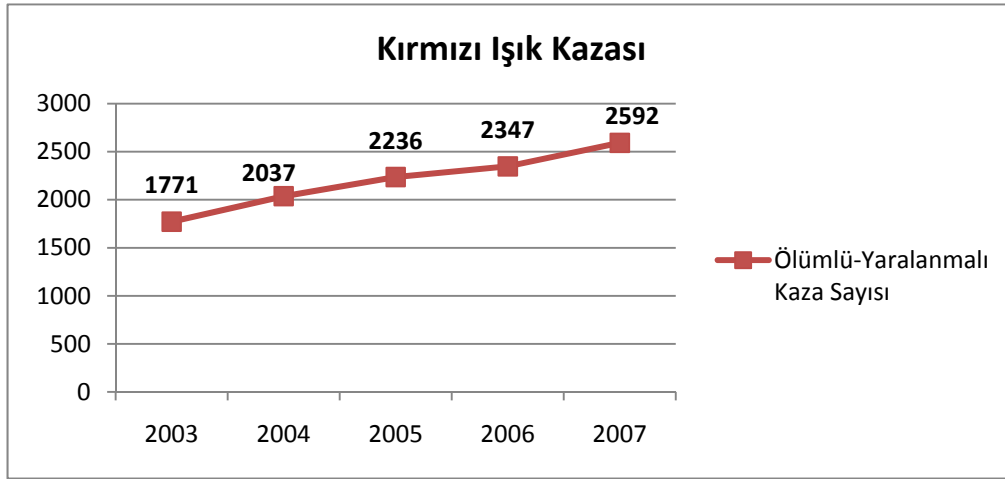
Şekil 6.5. 2003 yılında taşıt özelliklerine göre trafik kazaları



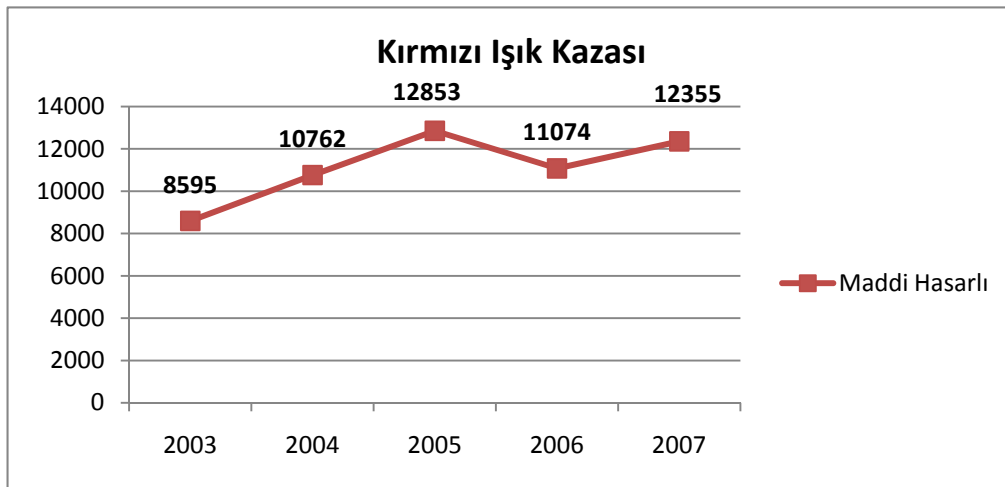
Şekil 6.6. 2003 yılında taşıt özelliklerine göre trafik kazaları

6.6. Değişkenler ve Tanımlamalar

2003 yılında kırmızı ışık ihlali kusurundan meydana gelen 10 366 tane kaza olmuştur. Bu trafik kazalarından 8 595 tanesi maddi hasarlı kazalar ve 1 771 tanesi ölümlü-yaralanmalı kazalardır. Bu çalışmada 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeni ile ölümlü-yaralanmalı kazaya karışan 1 771 sürücüyü izlemeye alarak 2009 yılı sonuna kadar bu sürücülere ait ceza makbuzları incelenerek ikinci kez kırmızı ışık ihlali yapıp yapmadıkları incelenmiştir.



Şekil 6.7. Yıllara göre ölümlü-yaralanmalı kırmızı ışık kazaları



Şekil 6.8. Yıllara göre maddi hasarlı kırmızı ışık kazaları

6.6.1. Araştırmada kullanılan değişkenler ve tanımlamaları

Bu çalışmada ele alınan değişkenler;

Cinsiyet : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle kazaya karışan sürücülerden erkek olan sürücülere “1”, kadın olan sürücülere “2” değeri verilerek kodlanmıştır.

Yaş : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle kazaya karışan sürücülerden 0-14 yaş aralığında olanlara “1”, 15-17 yaş aralığında olanlara “2”, 18-20 yaş aralığında olanlara “3”, 21-24 yaş aralığında olanlara “4”, 25-35 yaş aralığında olanlara “5”, 36-64 yaş aralığında olanlara “6”, 65+ yaş üstündeki sürücülere “7” değeri verilerek kodlanmıştır.

Öğrenim : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle kazaya karışan sürücülerden öğrenim durumu tespit edilemeyen sürücüler “1”, ilkokul mezunu olan sürücüler “2”, ortaokul mezunu olan sürücüler “3”, lise mezunu olan sürücülere “4”, üniversite mezunu olan sürücülere “5” değeri verilerek analize alınmıştır.

Araçın cinsi : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle kazaya karışan sürücülerin kullandıkları araç cinslerine göre motosiklet kullananlar “1”, otomobil kullanan sürücüler “2”, minibüs kullanan sürücüler “3”, kamyon kullanan sürücüler ile ağır vatsa olan çekici ve tanker kullanan sürücüler “4”, kamyonet kullanan sürücüler “5”, otobüs kullanan sürücüler “6”, diğer sınıfında traktör, ambulans, arazi taşıtı ve özel amaçlı araçları kullanan sürücüler “7” değeri ile kodlayarak analize dahil edilmiştir.

Araç kullanım amacı : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle kazaya karışan sürücülerin kullandıkları araçları hangi amaçla kullandıklarına göre kategorize edilmiştir. Sürücülerin kullandıkları araçlar özel amaçlı ise “1”, sürücüler araçlarını ticari olarak kullanıyorlarsa “2”, emniyet aracı, askeri araç, zirai araç ve diğer kamu araçları “3”, değeri verilerek kodlanmıştır.

Belge sınıfı : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle kazaya karışan sürücüler sürücü belgesi sınıfına göre kategorize edilerek A2 sınıfı belgesi olanlar “1”, B sınıfı belgesi olanlar “2”, C sınıfı belgesi olanlar “3”, E sınıfı belgesi olanlar “4”, diğer sürücü belgeleri F, H, yabancı ülke “5”, sürücü belgesi olmayanlar “6” değeri verilerek kodlanmıştır.

Tecrübe yılı : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle kazaya karışan sürücülerin sürücü belgesini aldıkları yıllara göre tecrübe durumları kategorize edilerek 0-5 yıl aralığında sürücü belgesine sahip olan sürücüler “1”, 5-10 yıl aralığında sürücü belgesine sahip olan sürücüler “2”, 10-15 yıl aralığında sürücü belgesine sahip olan sürücüler “3”, 15-20 yıl aralığında sürücü belgesine sahip olan sürücüler “4”, 20+ yıldan fazla sürücü belgesine sahip olan sürücüler “5” değeri verilerek analize alınmıştır.

Kaza yeri : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle kazaya karışan sürücülerin kazayı yaptıkları yer cadde ise “1”, devlet yolu ise “2”, sokak, otoyol ve il yolu diğer olarak “3” değeri verilerek kodlanmıştır.

Yerleşim yeri : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle kazaya karışan sürücülerin kazayı yaptıkları yer yerleşim yeri şehir merkezi ise “1”, yerleşim yeri dışında olmuş ise “2” değeri verilerek kodlanmıştır.

Kaza oluşum türü : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle kazaya karışan sürücüler kazayı yapma şekillerine göre kategorize edilmiştir. Karşılıklı çarpışma “1”, arkadan çarpma “2”, yandan çarpma “3”, duran araca çarpma “4”, sabit cisme çarpma “5”, yayaya çarpma “6”, devrilme “7”, yoldan çıkma “8” değeri verilerek analize alınmıştır.

Kazaya karışan araç sayısı : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle oluşan kazalarda kazaya karışan araç sayısına göre; tek araçlı “1”, iki araçlı aynı yönlü “2”, iki araçlı zıt yönlü “3”, iki araçlı komşu yönlü “4”, çok araçlı kazalar “5” değeri verilerek kodlanmıştır.

Hava durumu : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle oluşan kaza sırasında havanın durumuna göre; açık hava “1”, bulutlu hava “2”, sisli hava “3”, yağmurlu hava “4”, karlı hava “5” değeri verilerek kodlanmıştır.

Gün durumu : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle oluşan kaza sırasında gündüz ise “1”, gece ise “2”, alacakaranlık ise “3” değeri verilerek kodlanmıştır.

Yolun geometrik şekli : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle oluşan kaza sırasında yolun şekline göre; Eğimsiz “1”, hafif eğimli “2”, dik eğimli “3”, değerleri verilerek kodlanmıştır.

Kavşak : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle oluşan kazanın yeri üç yönlü “T” şeklinde kavşak “1”, üç yönlü “Y” şeklinde kavşak “2”, dört yönlü kavşak “3”, beş yönlü kavşak “4”, dönel kavşak “5”, diğer kavşaklar “6”, kavşak olmaması durumu ise “7” değerleri verilerek kodlanmıştır.

Kazanın olduğu ay : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle oluşan kazaların aylara göre ; ocak “1”, şubat “2”, mart “3”, nisan “4”, mayıs “5”, haziran “6”, temmuz “7”, ağustos “8”, eylül “9”, ekim “10”, kasım “11” ve aralık “12” değerleri verilerek kodlanmıştır.

Kazanın olduğu gün : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle oluşan kazanın gününe göre ; pazartesi “1”, salı “2”, çarşamba “3”, perşembe “4”, cuma “5”, cumartesi “6” ve pazar “7” değerleri verilerek kodlanmıştır.

Kazanın olduğu saat : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle oluşan kazanın saati 00:00 “0”, saat 1:00 ”1”, saat 2:00 “2”, saat 3:00 “3”, saat 4:00 “4”, saat 5:00 “5”, saat 6:00 “6”, saat 7:00 “7”, saat 8:00 “8”, saat 9:00 “9”, saat 10:00 “10”, saat 11:00 “11”, saat 12:00 “12”, saat 13:00 “13”, saat 14:00 “14”, saat 15:00 “15”, saat 16:00 “16”, saat 17:00 “17”, saat 18:00 “18”, saat 19:00 “19”, saat 20:00 “20”, saat 21:00 “21”, saat 22:00 “22”, saat 23:00 “23” değerleri verilerek kodlanmıştır.

Kazanın olduğu mevsim : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle oluşan kazanın olduğu mevsime göre; kış “1”, ilkbahar “2”, yaz “3”, sonbahar “4” değerleri verilerek kodlanmıştır.

Kaza sonucu : 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeniyle oluşan kaza sonucu sürücünün durumuna göre; sürücü yaralı ise “1”, sürücü yaralı değil ise “2” değerleri verilerek kodlanmıştır.

Çizelge 6.2. Çalışmada kullanılan değişkenler ve düzeyleri

Değişken	Değişken Düzeyleri	N	%	Olay(1)	Durdurma(0)
Cinsiyet	Erkek	(1) 1662	94,8	223	1439
	Kız	(2) 91	5,1	5	86
Yaş	0-14	(1) 30	1,7	2	28
	15-17	(2) 39	2,2	0	39
	18-20	(3) 82	4,6	7	75
	21-24	(4) 222	12,6	35	187
	25-35	(5) 606	34,5	102	504
	36-64	(6) 736	41,9	80	656
	65+	(7) 38	2,1	2	36
Öğrenim	Belirsiz	(1) 44	2,5	3	41
	İlk Okul	(2) 860	49	126	734
	Orta Okul	(3) 245	13,9	20	225
	Lise	(4) 377	21,5	54	323
	Yüksek Okul	(5) 227	12,9	25	202
Aracın Cinsi	Motosiklet	(2) 246	13,9	19	227
	Otomobil	(3) 983	56	102	881
	Minibüs	(4) 81	4,6	15	66
	Kamyon	(5) 152	8,6	42	110
	Kamyonet	(6) 173	9,8	29	144
	Otobüs	(7) 82	4,6	20	62
	Diğer	(8) 36	2,0	1	35
Aracı Kullanım Amacı	Özel	(1) 1418	80,5	156	1262
	Ticari	(2) 263	15	66	197
	Diğer	(3) 72	4,5	6	66
Belge Sınıfı	A2	(1) 26	1,5	7	19
	B	(2) 837	47,7	99	738
	C	(3) 117	6,7	24	93
	E	(4) 492	28,1	96	396
	Diğer	(5) 61	3,5	0	61
	Belgesiz	(6) 220	12,5	2	218
Tecrübe Yılı	0-5 Yıl	(1) 407	23,2	67	340
	5-10 Yıl	(2) 424	24,1	69	355
	10-15 Yıl	(3) 298	16,9	38	260
	15-20 Yıl	(4) 198	11,2	30	168
	20+ Yıl	(5) 426	24,3	24	402

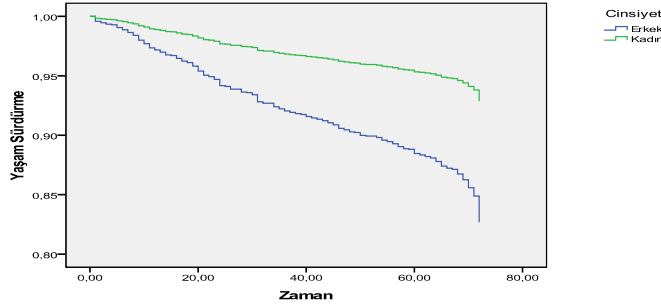
Çizelge 6.2. (Devam) Çalışmada kullanılan değişkenler ve düzeyleri

Değişken	Değişken Düzeyleri		N	%	Olay(1)	Durdurma(0)
Kaza Yeri	Cadde	(1)	1304	74,3	165	1139
	Devlet Yolu	(2)	425	24,2	62	363
	Diğer	(3)	24	1,2	1	23
Kaza Yerleşim Yeri	Yerleşim Yeri	(1)	1642	93,6	213	1426
Kaza Oluşum Türü	Yerleşim Yeri Dışı	(2)	111	6,3	15	96
	Karşılıklı Çarpışma	(1)	82	4,6	9	73
	Arkadan Çarpma	(2)	37	2,1	5	32
	Yandan Çarpma	(3)	1443	82,3	191	1252
	Duran araca Çarpma	(4)	12	0,6	0	12
	Sabit Cisme Çarpma	(5)	9	0,5	0	9
	Yaya Çarpma	(6)	134	7,6	19	115
	Devrilme	(7)	8	0,4	0	8
	Yoldan Çıkma	(8)	28	1,6	4	24
	Kazaya Karışan Araç Sayısı	Tek Araçlı	(1)	179	10,2	23
İki araçlı Aynı Yönlü		(2)	32	1,8	3	29
İki Araçlı Zıt Yönlü		(3)	76	4,3	8	68
İki araçlı Komşu Yönlü		(4)	1329	75,8	168	1161
Çok Araçlı		(5)	137	7,8	26	111
Hava Durumu	Açık	(1)	1370	78,1	167	1203
	bulutlu	(2)	241	13,7	42	199
	Sisli	(3)	5	0,2	1	4
	Yağmurlu	(4)	128	7,3	17	111
	Karlı	(5)	9	0,5	1	8
Gün Durumu	Gündüz	(1)	1172	66,8	140	1032
	Gece	(2)	521	29,7	76	445
	Alaca Karanlık	(3)	60	3,4	12	48
Yolun Geometrik Şekli	Eğimsiz	(1)	1504	85,7	193	1311
	Hafif Eğimli	(2)	230	13,1	33	197
	Dik Eğimli	(3)	19	1	2	17
Kavşak	Üç Yönlü (T)	(1)	199	11,3	31	168
	Üç Yönlü (Y)	(2)	68	3,8	11	57
	Dört Yönlü	(3)	891	50,8	110	781
	5+ Yönlü	(4)	115	6,5	15	100
	Dönel	(5)	186	10,6	20	166
	Diğer Kavşaklar	(6)	142	8,1	21	121
	Kavşak Yok	(7)	152	8,6	20	132
	Kış	(1)	366	20,9	61	305
Kazanın Olduğu Mevsim	İlkbahar	(2)	369	21,0	41	328
	Yaz	(3)	525	29,9	60	465
	Sonbahar	(4)	493	28,1	66	427
	Kaza Sonucu	Yaralı	(1)	718	41	66
Sağ		(2)	1035	59	162	873

Çizelge 6.2. (Devam) Çalışmada kullanılan değişkenler ve düzeyleri

Değişken	Değişken Düzeyleri		N	%	Olay(1)	Durdurma(0)
Kazanın Olduğu Ay	Ocak	(1)	119	6,8	16	103
	Şubat	(2)	102	5,8	18	84
	Mart	(3)	99	5,6	7	92
	Nisan	(4)	113	6,4	16	97
	Mayıs	(5)	157	9,0	18	139
	Haziran	(6)	168	9,6	16	152
	Temmuz	(7)	180	10,3	15	165
	Ağustos	(8)	177	10,1	29	148
	Eylül	(9)	183	10,4	25	158
	Ekim	(10)	160	9,1	23	137
	Kasım	(11)	150	8,6	18	132
	Aralık	(12)	145	8,3	27	118
Kazanın Olduğu Gün	Pazartesi	(1)	247	14,1	29	218
	Salı	(2)	277	15,8	35	242
	Çarşamba	(3)	236	13,5	36	200
	Perşembe	(4)	243	13,9	30	213
	Cuma	(5)	232	13,2	31	201
	Cumartesi	(6)	278	15,9	37	241
	Pazar	(7)	240	13,7	30	210
Kazanın Olduğu Saat	00:00	(0)	42	2,4	5	37
	01:00	(1)	22	1,3	5	17
	02:00	(2)	21	1,2	4	17
	03:00	(3)	11	0,6	0	11
	04:00	(4)	9	0,5	0	9
	05:00	(5)	5	0,3	1	4
	06:00	(6)	14	0,8	2	12
	07:00	(7)	76	4,3	10	66
	08:00	(8)	107	6,1	17	90
	09:00	(9)	80	4,6	4	76
	10:00	(10)	90	5,1	13	77
	11:00	(11)	102	5,8	13	89
	12:00	(12)	108	6,2	12	96
	13:00	(13)	94	5,4	10	84
	14:00	(14)	101	5,8	15	86
	15:00	(15)	115	6,6	18	97
	16:00	(16)	102	5,8	14	88
	17:00	(17)	112	6,4	12	100
	18:00	(18)	111	6,3	13	98
	19:00	(19)	90	5,1	14	76
	20:00	(20)	80	4,6	9	71
	21:00	(21)	103	5,9	16	87
	22:00	(22)	87	5,0	10	77
23:00	(23)	71	4,1	11	60	

Cinsiyet Değişkeni



Şekil 6.9 Cinsiyet değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.10 Cinsiyet değişkeni için hazard grafiği

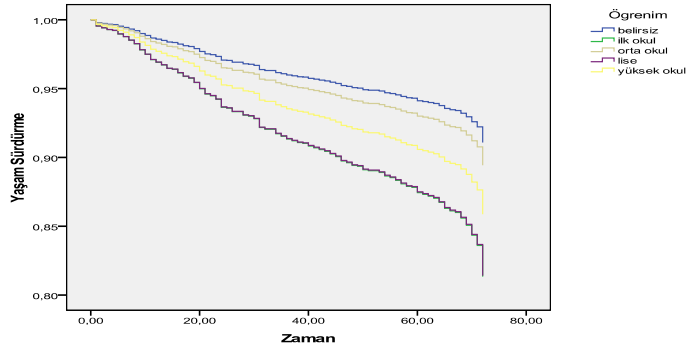
Cinsiyet değişkeni için yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, 2003 yılında kırmızı ışık kural hatası nedeniyle trafik kazası yapan erkek sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanları kadın sürücülere göre daha fazla olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.3 Cinsiyet değişkeni için katsayı tahminleri

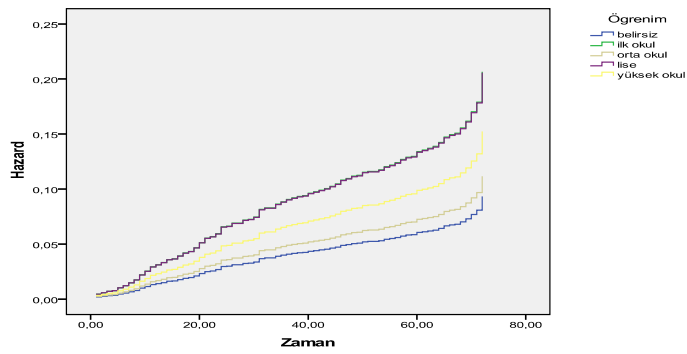
	B	Sh	HR Exp(B)
Cinsiyet	,943	,452	2,567

Cinsiyet değişkeni için, değişkenin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenilirlik düzeyinde; erkek sürücülerin, kadın sürücülere göre 2.567 kat daha fazla risk altında olduğu söylenebilir.

Öğrenim Değişkeni



Şekil 6.11 Öğrenim değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.12 Öğrenim değişkeni için hazard grafiği

Öğrenim değişkeni için yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, 2003 yılında kırmızı ışık kural hatası nedeniyle trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanlarına göre öğrenim durumu ilköğretim ve lise olan sürücüler en riskli grubu oluşturmakta ve daha sonra sırasıyla yüksek okul, ortaokul ve öğrenim durumu belirlenemeyenler olarak sıralanabilir.

Çizelge 6.4 Öğrenim değişkeninin kategorilerinin frekansı

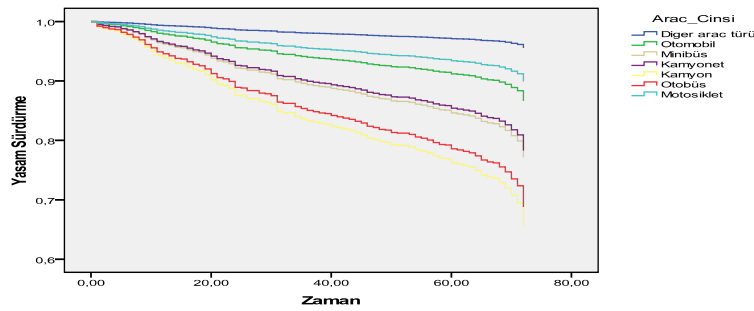
	Frekans	(1)	(2)	(3)	(4)
Öğrenim 0=belirsiz	44	1	0	0	0
1=ilk okul	860	0	1	0	0
2=orta okul	245	0	0	1	0
3=lise	377	0	0	0	1
4=yüksek okul	227	0	0	0	0

Çizelge 6.5 Öğrenim değişkeni için katsayı tahminleri

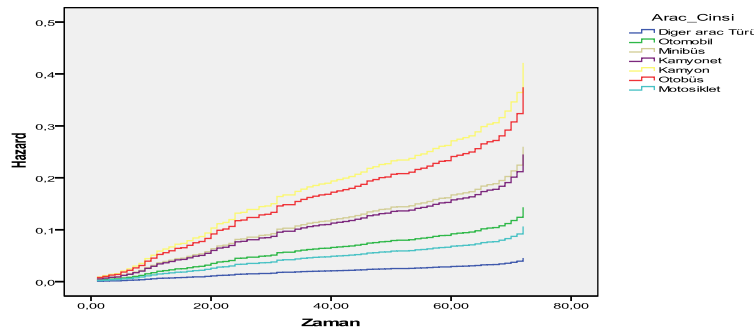
	B	Sh	HR Exp(B)
Öğrenim(Belirsiz)	-,489	,611	,613
Öğrenim(ilkokul)	,305	,219	1,356
Öğrenim(Ortaokul)	-,310	,300	,733
Öğrenim(Lise)	,300	,242	1,350

Öğrenim değişkenin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlilik düzeyinde; öğrenim durumu yüksek okul olan sürücülere göre öğrenim durumu belirlenemeyen sürücülerin 0.613 kat daha az risk altında, öğrenim durumu ilkokul olan sürücülerin 1.356 kat daha fazla risk altında, öğrenim durumu ortaokul olan sürücülerin 0.733 kat daha az risk altında ve öğrenim durumu lise olan sürücülerin 1.350 kat daha fazla risk altında olduğunu hazard oranlarına bakarak söylenebilir.

Araç Cinsi Değişkeni



Şekil 6.13 Aracın cinsi değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.14 Aracın cinsi değişkeni için hazard grafiği

Araç cinsi değişkeni için yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, 2003 yılında kırmızı ışık kural hatası nedeniyle trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanlarına göre, kamyon ve otobüs kullanan sürücülerin diğer sürücülere göre risk puanlarının fazla olduğu ve ardından minibüs ve kamyonet sürücülerinin bunu izleyen riskli grup olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.6 Araç cinsi değişkenin kategorilerinin frekansı

Katagorik Degisken								
	Frekans	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
Arac_Cinsi	31	1	0	0	0	0	0	0
Diger Arac_Türleri	988	0	1	0	0	0	0	0
Otomobil	81	0	0	1	0	0	0	0
Minibüs	173	0	0	0	1	0	0	0
Kamyonet	152	0	0	0	0	1	0	0
Kamyon	82	0	0	0	0	0	1	0
Otobüs	246	0	0	0	0	0	0	1
Motosiklet		0	0	0	0	0	0	0

a. parametrelerin gösterimi

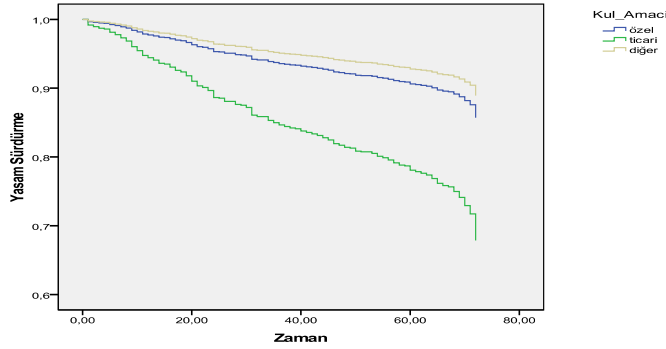
b. Kategori degisken: Arac_Cinsi

Çizelge 6.7 Araç cinsi değişkeni için katsayı tahmini

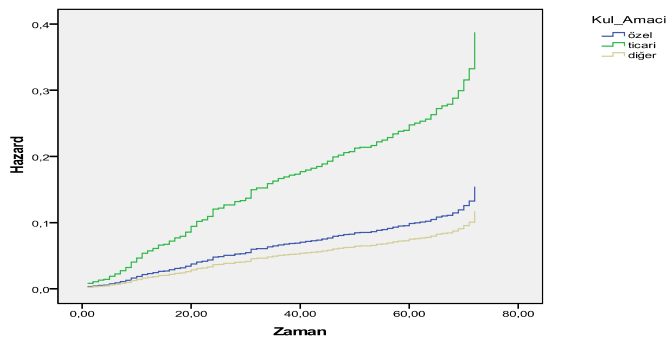
	B	Sh	HR Exp(B)
Arac_Cinsi(Diger_arac_türleri)	-,846	1,026	,429
Arac_Cinsi(Otomobil)	,299	,250	1,349
Arac_Cinsi(Minibüs)	,893	,345	2,443
Arac_Cinsi(Kamyonet)	,835	,295	2,304
Arac_Cinsi(Kamyon)	1,377	,277	3,964
Arac_Cinsi(Otobüs)	1,259	,320	3,521

Araç cinsi değişkenin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlilik düzeyinde; Diğer araç cinsleri olarak belirlenen “ambulans, traktör ve özel amaçlı” araç kullananların motosiklet kullananlara göre 0.429 kat daha az risk puanı olduğu, otomobil kullananların motosiklet kullananlara göre 1.349 kat daha fazla risk puanı olduğu, minibüs kullananların motosiklet kullananlara göre 2.443 kat daha fazla risk puanı olduğu, kamyonet kullananların motosiklet kullananlara göre 2.304 kat daha fazla risk puanı olduğu, kamyon kullananların motosiklet kullananlara göre 3.964 kat daha fazla risk puanı olduğu, otobüs kullananların motosiklet kullananlara göre 3.521 kat daha fazla risk altında olduğunu söylenebilir.

Aracı Kullanım Amacı Değişkeni



Şekil 6.15 Aracı kullanım amacı değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.16 Aracı kullanım amacı değişkeni için hazard grafiği

Aracı kullanım amacı değişkeni için yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, 2003 yılında kırmızı ışık kural hatası nedeniyle trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanlarına göre, en riskli grubun ticari araç kullanan sürücülerin olduğunu söylenebilir.

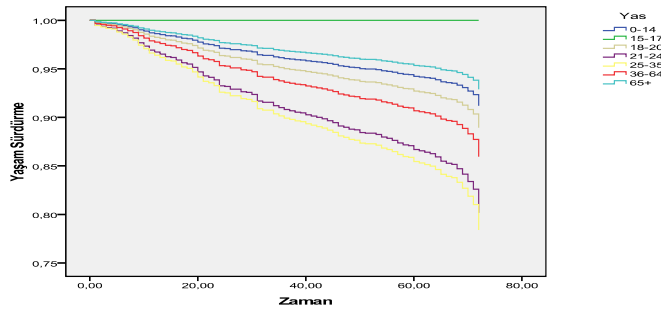
Çizelge 6.8 Kullanım amacı değişkeni için katsayı tahmini

	B	Sh	HR Exp(B)
Kul_Amacı(Özel)	,274	,416	1,316
Kul_Amacı(Ticari)	1,195	,426	3,303

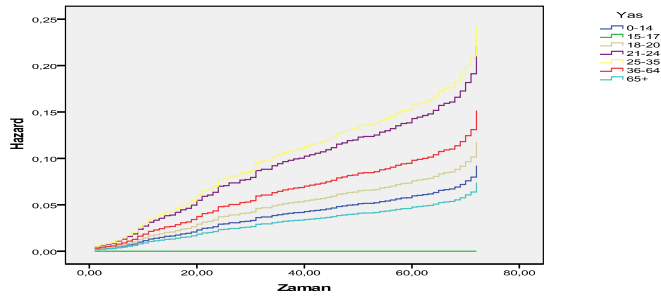
Aracı kullanım amacı değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenilirlik düzeyinde; Diğer araç kullanım amaçları olarak belirlediğimiz “emniyet, askeri ve diğer kamu” araç kullananlara göre özel amaçlı araç kullanan sürücülerin

1.316 kat daha fazla risk altında olduğu ve ticari amaçlı olarak araç kullanan sürücülerin diğer araç sürücülerine göre 3.303 kat daha fazla risk altında olduğu hazard oranlarına bakılarak söylenebilir.

Yaş Değişkeni



Şekil 6.17 Yaş değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.18 Yaş değişkeni için hazard grafiği

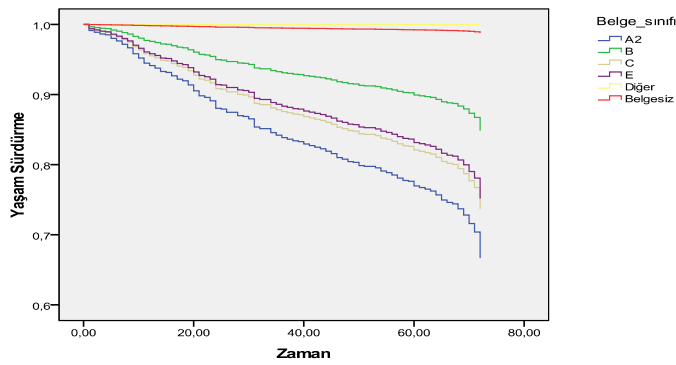
Yaş değişkeni için yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, 2003 yılında kırmızı ışık kural hatası nedeniyle trafik kazasına karışan 21-24 ve 25-35 yaş aralığındaki sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanları diğer yaş aralığındaki kişilere göre daha fazla olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.9 Yaş değişkeni için katsayı tahmini

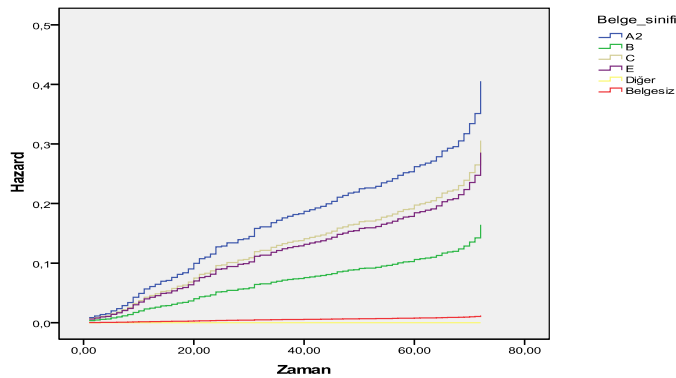
	B	Sh	HR Exp(B)
Yas(00-14)	,224	1,000	1,251
Yas(15-17)	-10,139	108,542	,000
Yas(18-20)	,465	,802	1,592
Yas(21-24)	1,099	,727	3,000
Yas(25-35)	1,195	,714	3,302
Yas(36-64)	,720	,716	2,054

Yaş değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlilik düzeyinde; hazard oranlarına bakarak 65+ yaş gurubuna göre, 0-14 yaş grubunun 1.251 kat daha fazla risk altında, 18-20 yaş grubunun 1.592 kat daha fazla risk altında, 21-24 yaş grubunun 3 kat daha fazla risk altında, 25-35 yaş grubunun 3.302 kat daha fazla risk altında ve 36-64 yaş grubunun 2.054 kat daha fazla risk altında olduğu söylenebilir.

Sürücü Belgesi Sınıfı Değişkeni



Şekil 6.19 Sürücü belgesi sınıfı değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.20 Sürücü belgesi sınıfı değişkeni için hazard grafiği

Sürücü belgesi sınıfı değişkeni için yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, 2003 yılında kırmızı ışık kural hatası nedeniyle trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanlarına göre, A2 ehliyetine sahip sürücüler en riskli sürücüler ve ardından sırasıyla C sürücü belgesi olanlar, E sürücü belgesi olanlar, B sürücü belgesi olanlar, sürücü belgesi olmayanlar ve diğer sürücü belgesine sahip olanlar (F, H ve yabancı sürücü belgesi) olarak sıralanır.

Çizelge 6.10 Belge sınıfı değişkeninin kategorilerinin frekansı

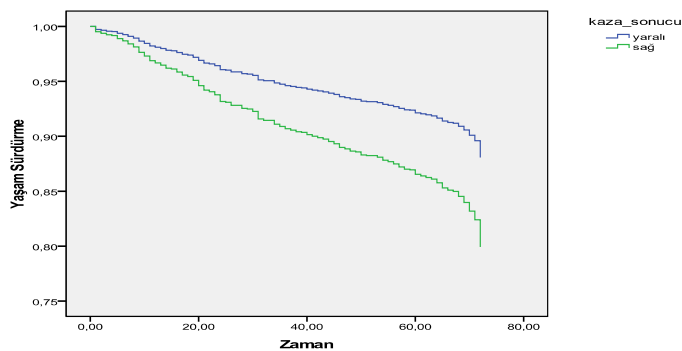
	Frekans	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Belge_sınıfı A2	26	1	0	0	0	0
B	837	0	1	0	0	0
C	117	0	0	1	0	0
E	492	0	0	0	1	0
diğer	61	0	0	0	0	1
Belgesiz	220	0	0	0	0	0

Çizelge 6.11 Belge sınıfı değişkeni için katsayı tahmini

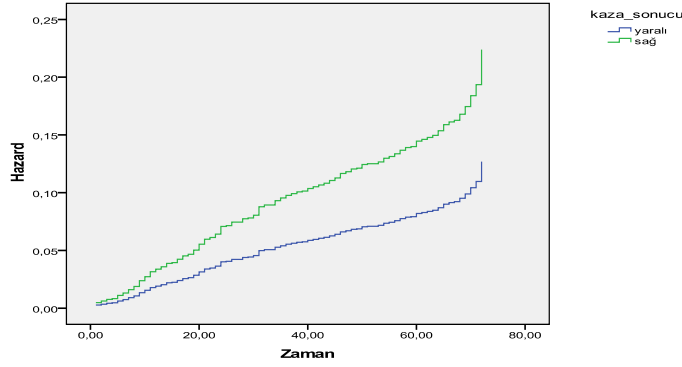
	B	Sh	HR Exp(B)
Belge_sınıfı(A2)	3,512	,802	33,508
Belge_sınıfı(B)	2,609	,714	13,582
Belge_sınıfı(C)	3,230	,736	25,271
Belge_sınıfı(E)	3,161	,714	23,605
Belge_sınıfı(Diğer)	-9,446	151,906	,000

Sürücü belgesi sınıfı değişkeni için, değişkenin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlik düzeyinde; sürücü belgesi olmayan guruba göre A2 sınıfı ehliyeti olan sürücülerin 33.508 kat daha fazla risk altında, B sınıfı ehliyeti olan sürücülerin 13.582 kat daha fazla risk altında, C sınıfı ehliyeti olan sürücülerin 25.271 kat daha fazla risk altında, E sınıfı ehliyeti olan sürücülerin 23.605 kat daha fazla risk altında ve diğer ehliyet sınıfına sahip olan sürücülerin belirli bir risk durumunun olmadığını hazard oranlarına bakarak söylenebilir.

Kaza sonucu değişkeni



Şekil 6.21 Kaza sonucu değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.22 Kaza sonucu değişkeni için hazard grafiği

Kaza sonucu değişkeni için yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, 2003 yılında kırmızı ışık kural hatası nedeniyle trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanlarına göre, kaza sonucu yaralanmadan sağ olarak kurtulan sürücülerin risk puanının, kaza sonucu yaralı olarak kurtulan sürücülerin risk puanına göre daha fazla olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.12 Kaza sonucu değişkeninin kategorilerinin frekansı

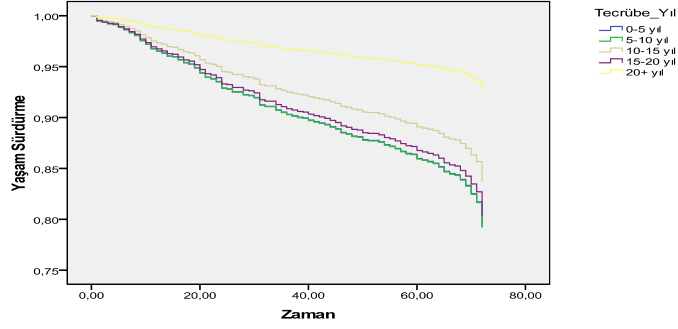
	Frekans	(1)
kaza_ 1=yaralı	718	1
sonucu 2=sag	1035	0

Çizelge 6.13 Kaza sonucu değişkeni için katsayı tahmini

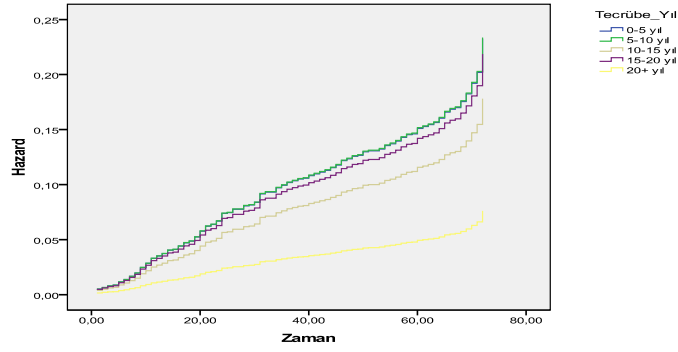
	B	Sh	HR Exp(B)
kaza_sonucu	-,567	,146	,567

Kaza sonucu değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlilik düzeyinde; kaza sonucu yaralı olarak kurtulan sürücülerin, kaza sonucu yaralanmadan kurtulan sürücülere göre 0.567 kat daha az risk altında olduğu hazard oranına bakarak söylenebilir.

Tecrübe Yılı Değişkeni



Şekil 6.23 Tecrübe yılı değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.24 Tecrübe yılı değişkeni için hazard grafiği

Tecrübe yılı değişkeni için yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, 2003 yılında kırmızı ışık kural hatası nedeniyle trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanlarına göre, 0-5 yıl ve 5-10 yıl sürücü belgesine sahip olan sürücülerin en riskli sürücüler olduğu ve ardından sırasıyla 15-20 yıl sürücü belgesine sahip olanlar, 10-15 yıl sürücü belgesine sahip olanlar ve 20+ yıl sürücü belgesine sahip olanlar gelmektedir.

Çizelge 6.14 Tecrübe yılı değişkeninin kategorilerinin frekansı

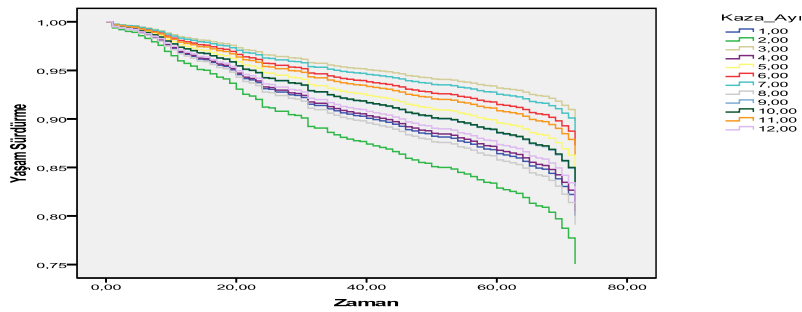
	Frekans	(1)	(2)	(3)	(4)
Tecrübe_Yıl 1=0-5 yıl	407	1	0	0	0
2=5-10 yıl	424	0	1	0	0
3=10-15 yıl	298	0	0	1	0
4=15-20 yıl	198	0	0	0	1
5=20+ yıl	426	0	0	0	0

Çizelge 6.15 Tecrübe yılı değişkeni için katsayı tahmini

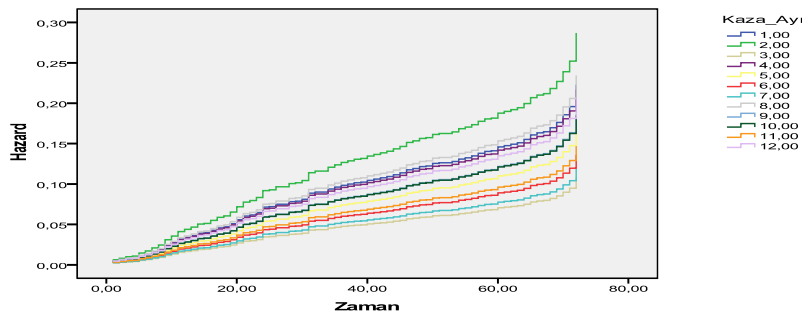
	B	SE	HR Exp(B)
Tecrübe_Yil(0-5)	1,117	,238	3,055
Tecrübe_Yil(5-10)	1,121	,237	3,068
Tecrübe_Yil(10-15)	,850	,261	2,339
Tecrübe_Yil(15-20)	1,055	,274	2,872

Tecrübe yılı değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlilik düzeyinde; 20+ yıldan fazla sürücü belgesine sahip olan sürücülere göre, 0-5 yıl aralığında sürücü belgesine sahip olan sürücülerin 3.055 kat daha fazla risk altında, 5-10 yıl aralığında sürücü belgesine sahip olan sürücülerin 3.068 kat daha fazla risk altında, 10-15 yıl aralığında sürücü belgesine sahip olan sürücülerin 2.339 kat daha fazla risk altında ve 15-20 yıl aralığında sürücü belgesine sahip olan sürücülerin 2.872 kat daha fazla risk altında olduğu hazard oranlarına bakarak söylenebilir.

Kazanın Olduğu Ay Değişkeni



Şekil 6.25 Kazanın olduğu ay değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.26 Kazanın olduğu ay değişkeni için hazard grafiği

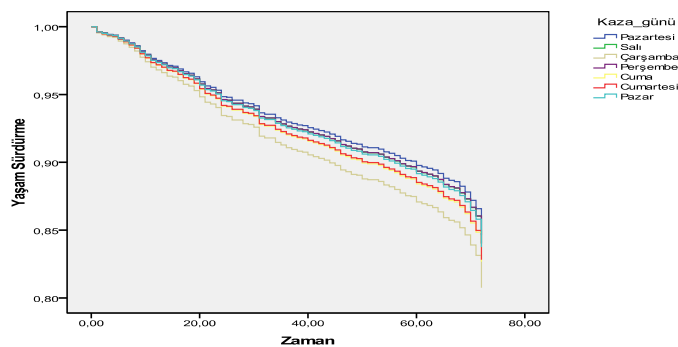
Kazanın olduğu ay değişkeni için yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, 2003 yılında kırmızı ışık kural hatası nedeniyle trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanları bakımından kazanın olduğu ay değişkeni için şubat ayının en riskli ay olduğu söylenebilir. Şubat ayında kırmızı ışık kural ihlali nedeniyle kaza yapan sürücülerin, kaza nedeni olarak kendi hatalarından çok havanın sisli, yağmurlu veya karlı olmasının kazaya neden olduğunu düşünerek, kırmızı ışık kural hatasından kaynaklanan kazadan ders almayıp tekrar bu kural hatasını yapmakta bir sakınca görmedikleri düşünülebilir.

Çizelge 6.16 Kazanın olduğu ay değişkeni için katsayı tahmini

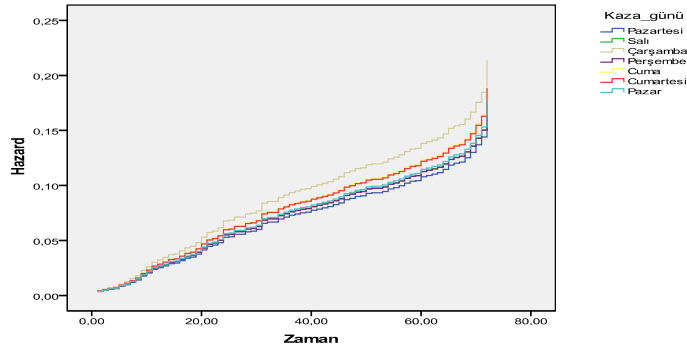
	B	Sh	HR Exp(B)
Kaza_Ayi(1)	,077	,328	1,080
Kaza_Ayi(2)	,330	,317	1,390
Kaza_Ayi(3)	-,649	,433	,523
Kaza_Ayi(4)	,049	,327	1,051
Kaza_Ayi(5)	-,205	,316	,814
Kaza_Ayi(6)	-,417	,327	,659
Kaza_Ayi(7)	-,553	,333	,575
Kaza_Ayi(8)	,128	,280	1,136
Kaza_Ayi(9)	-,103	,289	,902
Kaza_Ayi(10)	-,109	,294	,897
Kaza_Ayi(11)	-,340	,312	,712

Kazanın olduğu ay değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlilik düzeyinde; kazanın olduğu aylara bakıldığında risk puanlarına göre sırasıyla şubat, ağustos, ocak ve nisan aylarının diğer aylara göre risk durumunun daha fazla olduğu söylenebilir.

Kazanın Olduğu Gün Değişkeni



Şekil 6.27 Kazanın olduğu gün değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.28 Kazanın olduğu gün değişkeni için hazard grafiği

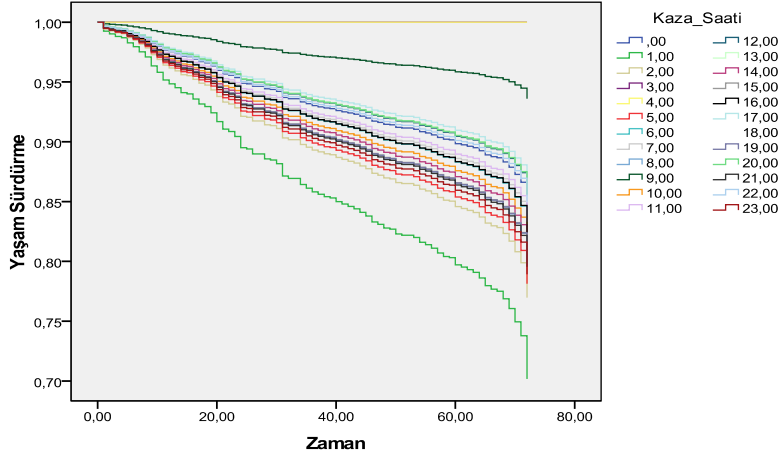
Yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, 2003 yılında kırmızı ışık kural hatası nedeniyle trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanlarına göre, çarşamba gününün en riskli gün olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.17 Kazanın olduğu gün değişkeni için katsayı tahmini

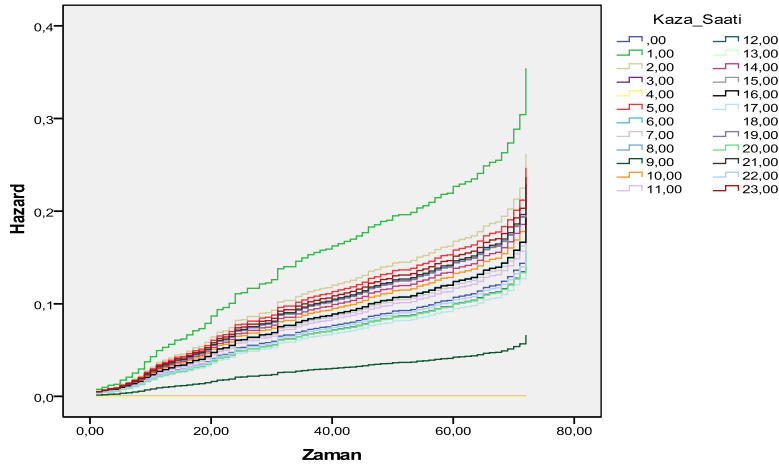
	B	Sh	HR Exp(B)
Kaza_gunu(Pazartesi)	-,061	,260	,941
Kaza_gunu(Salı)	-,017	,249	,983
Kaza_gunu(Çarşamba)	,187	,247	1,206
Kaza_gunu(Perşembe)	-,019	,258	,981
Kaza_gunu(Cuma)	,071	,256	1,073
Kaza_gunu(Cumartesi)	,061	,246	1,063

Kazanın olduğu gün değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlilik düzeyinde; Pazar gününde kırmızı ışık kural ihlali nedeniyle kaza yapan sürücülere göre, Pazartesi günü kaza yapan sürücülerin 0.941 kat daha az risk altında, Salı günü kaza yapan sürücülerin 0.983 kat daha az risk altında, Çarşamba günü kaza yapan sürücülerin 1.206 kat daha fazla risk altında, Perşembe günü kaza yapan sürücülerin 0.981 kat daha az risk altında, Cuma günü kaza yapan sürücülerin 1.073 kat daha fazla risk altında ve Cumartesi günü kaza yapan sürücülerin 1.063 kat daha fazla risk altında olduğu söylenebilir.

Kazanın Olduğu Saat Değişkeni



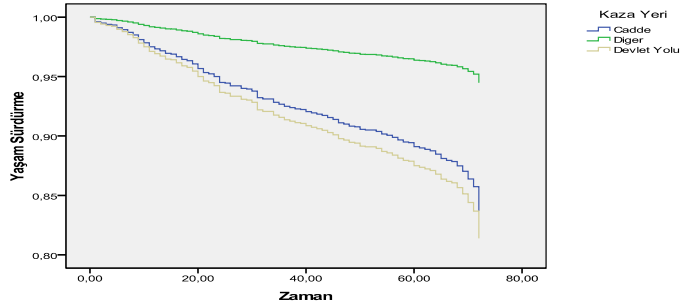
Şekil 6.29 Kazanın olduğu saat değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



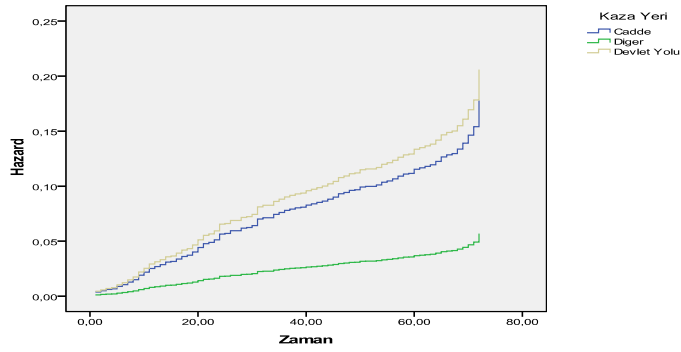
Şekil 6.30 Kazanın olduğu saat değişkeni için hazard grafiği

Yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, 2003 yılında kırmızı ışık kural hatası nedeniyle trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanları kazanın olduğu saat değişkeni bakımından saat 01:00, diğer saatlere göre risk puanı en fazla olan saat ve saat 04:00, diğer saatlere göre risk puanı en az olan saattir. Diğer saatler için risk değerlendirmesi yapılacak olursa risk puanlarında belirgin bir farklılığın olmadığı söylenebilir.

Kazanın Olduğu Yer Değişkeni



Şekil 6.31 Kazanın olduğu yer değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.32 Kazanın olduğu yer değişkeni için hazard grafiği

Kaza olduğu yer değişkeni için yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, 2003 yılında kırmızı ışık kural hatası nedeniyle trafik kazası yapan sürücülerin kaza yaptıkları yer olarak devlet yolu ve caddelerin risk puanlarının yüksek olduğu grafikte görülmektedir. Sürücülerin cadde ve devlet yolunda kırmızı ışık kural ihlali neticesinde trafik kazasına karışması ve sonrasında bu kural hatasını tekrar yapma risk puanının sokak, otoyol ve il yolunda kaza yapan sürücülere göre daha fazla olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.18 Kazanın olduğu yer değişkeni kategorilerinin frekansı

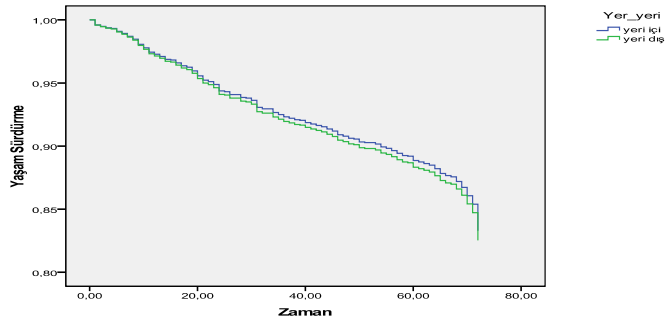
		Frekans	(1)	(2)
Kaza Yeri	Cadde	1304	1	0
	Diğer	24	0	1
	Devlet Yolu	425	0	0

Çizelge 6.19 Kazanın olduğu yer değişkeni için katsayı tahmini

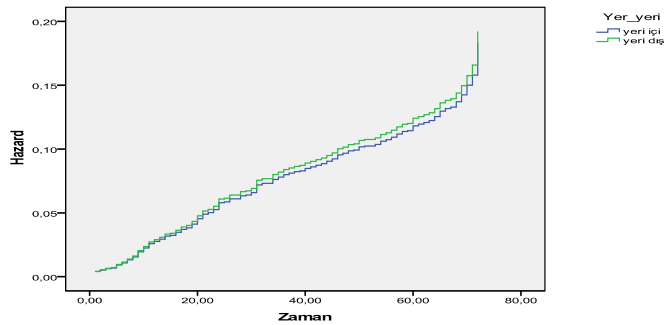
	B	Sh	HR Exp(B)
Kaza_yeri(Cadde)	-,147	,149	,864
Kaza_yeri(Diger)	-1,287	1,008	,276

Kazanın olduğu yer değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlilik düzeyinde; devlet yolunda kırmızı ışık kural ihlali yaparak trafik kazası yapan sürücülere göre, caddede kırmızı ışık kural ihlali yaparak trafik kazasına karışan sürücülerin 0.864 kat daha az risk altında ve sokak, otoyol ve il yolunda kırmızı ışık kural ihlali yaparak trafik kazası yapan sürücülerin 0.276 kat daha az risk altında olduğu hazard oranlarına bakarak söylenebilir.

Yerleşim Yeri Değişkeni



Şekil 6.33 Yerleşim yeri değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.34 Yerleşim yeri değişkeni için hazard grafiği

Yerleşim yeri değişkeni için yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, 2003 yılında kırmızı ışık kural hatası nedeniyle trafik kazası yapan sürücülerin tekrar

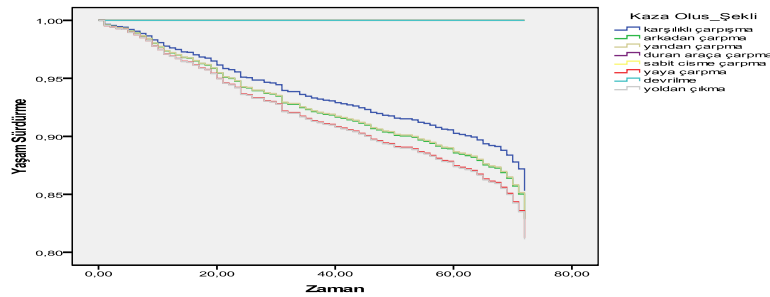
kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanları bakımından yerleşim yeri içinde kural hatası yapma risk puanı, yerleşim yeri dışında kural hatası yapma risk puanından daha fazla olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.20 Yerleşim yeri değişkeni için katsayı tahmini

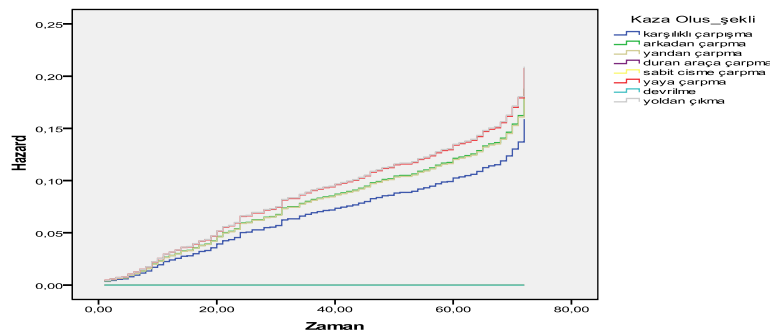
	B	Sh	HR Exp(B)
Yer_yeri	-,049	,267	,952

Yerleşim yeri değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlilik düzeyinde; yerleşim yeri dışında kırmızı ışık kural ihlali yaparak kazaya karışan sürücülere göre, yerleşim yeri içinde kırmızı ışık kural hatası yaparak kazaya karışan sürücülerin 0.952 kat daha az risk puanının sahip olduğu hazard oranlarına bakarak söylenebilir.

Kaza Oluşum Şekli Değişkeni



Şekil 6.35 Kaza oluşum şekli değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.36 Kaza oluşum şekli değişkeni için hazard grafiği

Yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, yoldan çıkma ve yayaya çarpma şeklinde trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık hatası yapma risk puanı en yüksek olan birinci grubu, yandan çarpma ve arkadan çarpma şeklinde trafik kazası yapan sürücülerin risk puanı en yüksek ikinci grubu oluşturmakta olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.21 Kaza oluşum şekli değişkeni kategorilerinin frekansı

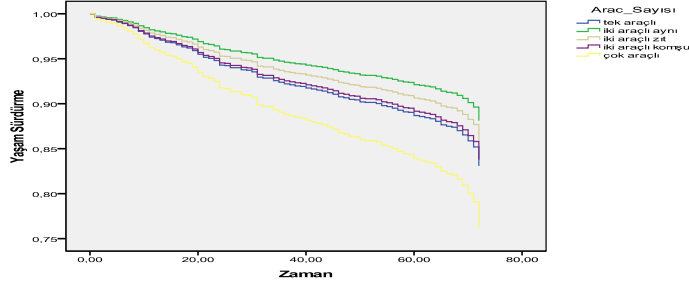
	Frekans	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Olus_türü 1=karsilikli çarpisma	82	1	0	0	0	0	0	0
2=arkadan çarpma	37	0	1	0	0	0	0	0
3=yandan çarpma	1443	0	0	1	0	0	0	0
4=duran araç çarpma	12	0	0	0	1	0	0	0
5=sabit cisme çarpma	9	0	0	0	0	1	0	0
6=yaya çarpma	134	0	0	0	0	0	1	0
7=devrilme	8	0	0	0	0	0	0	1
8=yoldan çıkma	28	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 6.22 Kaza oluşum şekli değişkeni için katsayı tahmini

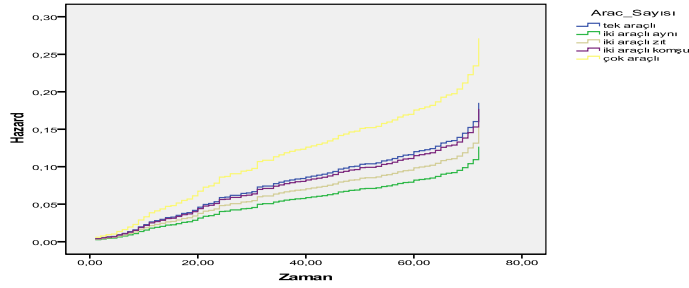
	B	Sh	HR Exp(B)
Olus_türü(Karsilikli carpisma)	-,275	,601	,760
Olus_türü(Arkadan carpisma)	-,106	,671	,899
Olus_türü(Yandan carpisma)	-,115	,505	,892
Olus_türü(Duran araca carpma)	-11,142	185,853	,000
Olus_türü(Sabit cisme carpma)	-11,142	219,000	,000
Olus_türü(Yayaya carpma)	-,007	,550	,993
Olus_türü(Devrilme)	-11,142	230,102	,000

Kaza oluşum şekli değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlilik düzeyinde; yoldan çıkma şeklinde trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanına göre, karşılıklı çarpışma 0.760 kat daha az risk altında, arkadan çarpışma 0.899 kat daha az risk altında, yandan çarpışma 0.892 kat daha az risk altında ve yayaya çarpma 0.993 kat daha az risk altında olduğu hazard oranlarına bakarak söylenebilir.

Kazaya Karışan Araç Sayısı Değişkeni



Şekil 6.37 Kazaya karışan araç sayısı değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.38 Kazaya karışan araç sayısı değişkeni için hazard grafiği

Yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, çok araçlı şeklinde trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanı en yüksek olan grup, tek araçlı ve iki araçlı komşu yönlü kazalar ikinci yüksek risk puanlı grubu oluşturmakta daha sonra sırasıyla iki araçlı zıt yönlü ve iki araçlı aynı yönlü trafik kazaları gelmektedir.

Çizelge 6.23 Kazaya karışan araç sayısı değişkeni kategorilerinin frekansı

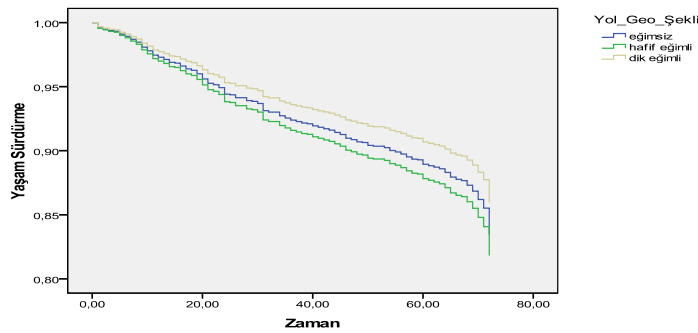
	Frekans	(1)	(2)	(3)	(4)
Arac_Sayisi 1=tek araçlı	179	1	0	0	0
2=iki araçlı aynı	32	0	1	0	0
3=iki araçlı zıt	76	0	0	1	0
4=iki araçlı komşu	1329	0	0	0	1
5=çok araçlı	137	0	0	0	0

Çizelge 6.24 Kazaya karışan araç sayısı değişkeni için katsayı tahmini

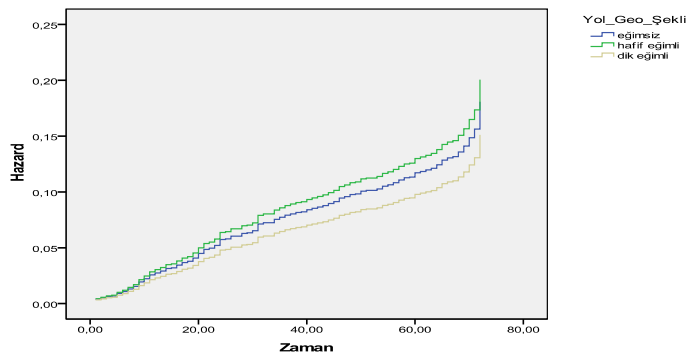
	B	Sh	HR Exp(B)
Arac_Sayisi(Tek araçlı)	-,381	,286	,683
Arac_Sayisi(iki araçlı aynı yönlü)	-,761	,610	,467
Arac_Sayisi(iki araçlı zıt yönlü)	-,579	,404	,561
Arac_Sayisi(iki araçlı komşu yönlü)	-,426	,211	,653

Kazaya karışan araç sayısı değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenilirlik düzeyinde; çok araçlı şekilde trafik kazası yapan sürücülerin risk puanlarına göre, tek araçlı şeklinde trafik kazası yapan sürücülerin 0.683 kat daha az risk altında, iki araçlı aynı yönlü şeklinde trafik kazası yapan sürücülerin 0.467 kat daha az risk altında, iki araçlı zıt yönlü şeklinde trafik kazası yapan sürücülerin 0.561 kat daha az risk altında ve iki araçlı komşu yönlü şeklinde trafik kazası yapan sürücülerin 0.653 kat daha az risk altında olduğu söylenebilir.

Yolun Geometrik Şekli Değişkeni



Şekil 6.39 Yolun geometrik şekli değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.40 Yolun geometrik şekli değişkeni için hazard grafiği

Yolun geometrik şekli değişkeni için yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, hafif eğimli yolda trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanlarının eğimsiz ve dik eğimli yollara göre daha fazla olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.25 Yolun geometrik şekli değişkeni kategorilerinin frekansı

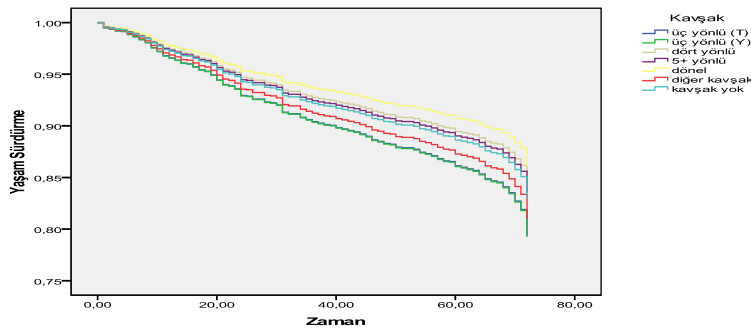
		Frekans	(1)	(2)
Yol_Geo_sekli	1=eğimsiz	1504	1	0
	2=hafif eğimli	230	0	1
	3=dik eğimli	19	0	0

Çizelge 6.26 Yolun geometrik şekli değişkeni için katsayı tahmini

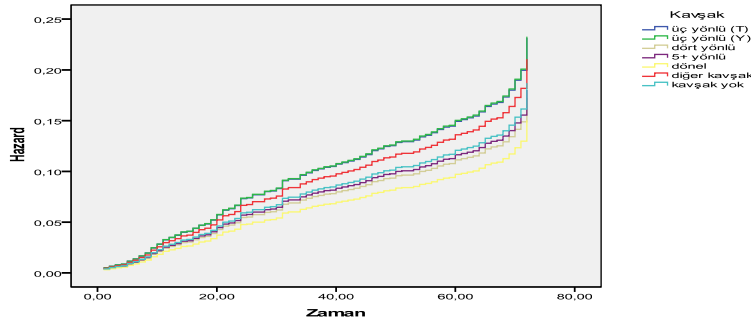
	B	Sh	HR Exp(B)
Yol_Geo_duz(eğimsiz)	,179	,711	1,196
Yol_Geo_duz(hafif eğimli)	,283	,728	1,327

Yolun geometrik şekli değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenilirlik düzeyinde; dik eğimli yolda trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanlarına göre, eğimsiz yolda trafik kazası yapan sürücülerin 1.196 kat daha fazla risk altında olduğu ve hafif eğimli yolda trafik kazası yapan sürücülerin 1.327 kat daha fazla risk altında olduğu söylenebilir.

Kavşak Değişkeni



Şekil 6.41 Kavşak değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.42 Kavşak değişkeni için hazard grafiği

Yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, üç yönlü (T) ve üç yönlü (Y) şeklindeki kavşaklarda trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanları bakımından en yüksek grubu oluşturmakta ve sırasıyla diğer kavşaklar, kavşakların olmadığı yerler, 5+ kavşak türleri ve dört yönlü kavşaklar gelmektedir. Risk puanı en az olan dönel kavşak kazaları yapan sürücülerin oluşturduğu söylenebilir.

Çizelge 6.27 Kavşak değişkeni kategorilerinin frekansı

Kavşak	Frekans	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1=üç yönlü (T)	199	1	0	0	0	0	0
2=üç yönlü (Y)	68	0	1	0	0	0	0
3=dört yönlü	891	0	0	1	0	0	0
4=5+ yönlü	115	0	0	0	1	0	0
5=dönel	186	0	0	0	0	1	0
6=diğer kavşak	142	0	0	0	0	0	1
7=kavşak yok	152	0	0	0	0	0	0

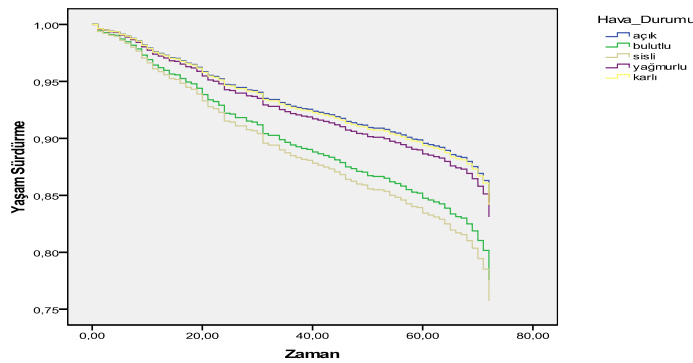
Çizelge 6.28 Kavşak değişkeni için katsayı tahmini

	B	Sh	HR Exp(B)
Kavşak(Üç yönlü (T))	,213	,287	1,237
Kavşak(Üç yönlü (Y))	,218	,375	1,244
Kavşak(dört yönlü)	-,081	,243	,922
Kavşak(5+ yönlü)	-,037	,342	,963
Kavşak(dönel)	-,218	,316	,804
Kavşak(diğer kavşak)	,119	,312	1,127

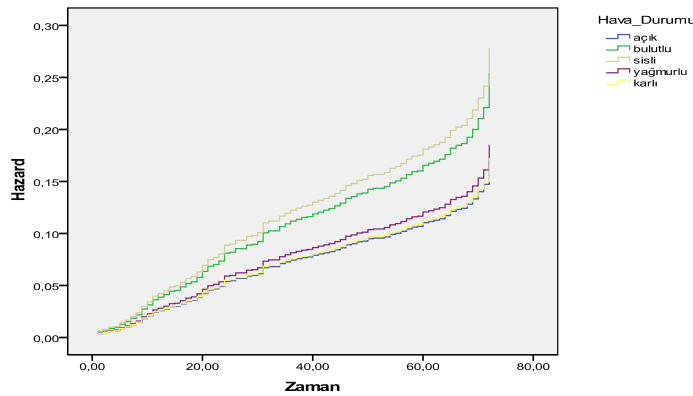
Kavşak değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlilik düzeyinde; kavşağın olmadığı yerde trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanlarına göre, üç yönlü (T) kavşaklarda trafik kazası yapan sürücülerin 1.232 kat daha fazla risk altında, üç yönlü (Y) kavşaklarda trafik kazası

yapan sürücülerin 1.244 kat daha fazla risk altında, dört yönlü kavşaklarda trafik kazası yapan sürücülerin 0.922 kat daha az risk altında, 5+ yönlü kavşaklarda trafik kazası yapan sürücülerin 0.963 kat daha az risk altında, dönel kavşaklarda trafik kazası yapan sürücülerin 0.804 kat daha az risk altında ve diğer kavşaklarda trafik kazası yapan sürücülerin 1.127 kat daha fazla risk altında olduğunu söylenebilir.

Hava Durumu Değişkeni



Şekil 6.43 Hava durumu değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.44 Hava durumu değişkeni için hazard grafiği

Hava durumu değişkeni için sisli ve bulutlu havada trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanları bakımından en yüksek grubu oluşturmakta ve sırasıyla yağmurlu hava, karlı hava ve açık havada kazaya karışan sürücüler gelmektedir.

Çizelge 6.29 Hava durumu değişkeni kategorilerinin frekansı

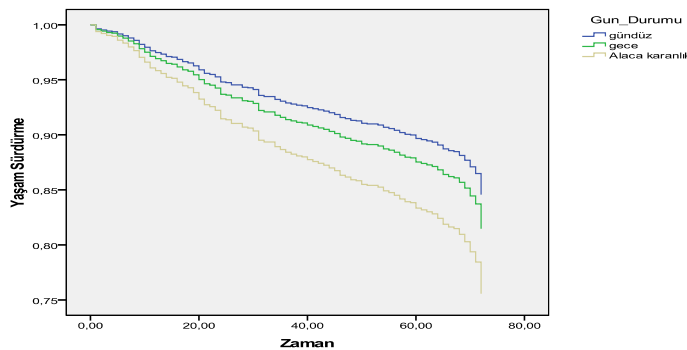
	Frekans	(1)	(2)	(3)	(4)
Hava_Durumu 1,00=açık	1370	1	0	0	0
2,00=bulutlu	241	0	1	0	0
3,00=sisli	5	0	0	1	0
4,00=yagmurlu	128	0	0	0	1
5,00=karli	9	0	0	0	0

Çizelge 6.30 Hava durumu değişkeni için katsayı tahmini

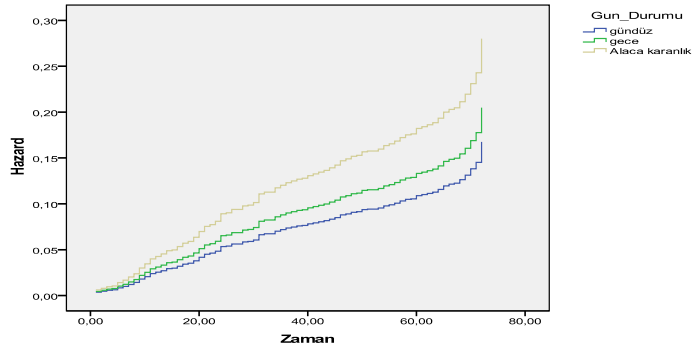
	B	Sh	HR Exp(B)
Hava_Durumu(Açık)	-,018	1,003	,982
Hava_Durumu(Bulutlu)	,388	1,012	1,474
Hava_Durumu(Sisli)	,478	1,415	1,612
Hava_Durumu(Yagmurlu)	,071	1,029	1,073

Hava durumu değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlilik düzeyinde; karlı havada trafik kazası yapan sürücülerin risk puanlarına göre, açık havada trafik kazası yapan sürücülerin 0.982 kat daha az risk altında, bulutlu havada trafik kazası yapan sürücülerin 1.474 kat daha fazla risk altında, sisli havada trafik kazası yapan sürücülerin 1.612 kat daha fazla risk altında ve yağmurlu havada trafik kazası yapan sürücülerin 1.073 kat daha fazla risk altında olduğu hazard oranlarına bakılarak söylenebilir.

Gün Durumu Değişkeni



Şekil 6.45 Gün durumu değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.46 Gün durumu değişkeni için hazard grafiği

Gün durumu değişkeni için yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, alacakaranlıkta kaza yapan sürücülerin risk puanları bakımından en yüksek grubu oluşturmakta ve sırasıyla gece ve gündüz kazaya karışan sürücüler izlemektedir.

Çizelge 6.31 Gün durumu değişkeni kategorilerinin frekansı

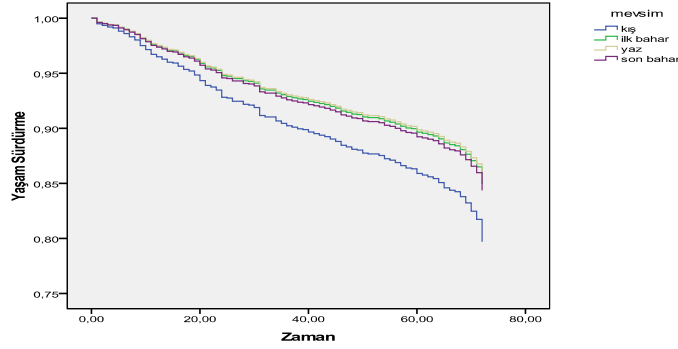
	Frekans	(1)	(2)
Gun_Durumu 1,00=gündüz	1172	1	0
2,00=gece	521	0	1
3,00=Alaca karanlık	60	0	0

Çizelge 6.32 Gün durumu değişkeni için katsayı tahmini

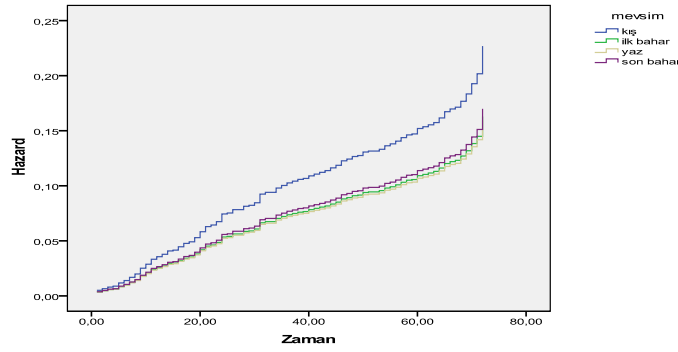
	B	Sh	HR Exp(B)
Gun_Durumu(gündüz)	-,514	,301	,598
Gun_Durumu(gece)	-,313	,311	,731

Gün durumu değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlilik düzeyinde; alacakaranlıkta trafik kazası yapan sürücülerin risk puanlarına göre, gündüz trafik kazası yapan sürücülerin 0.598 kat daha az risk altında ve gece trafik kazası yapan sürücülerin 0.731 kat daha az risk altında olduğu hazard oranlarına bakılarak söylenebilir.

Kazanın Olduğu Mevsim Değişkeni



Şekil 6.47 Kazanın olduğu mevsim değişkeni için yaşam sürdürme grafiği



Şekil 6.48 Kazanın olduğu mevsim değişkeni için hazard grafiği

Kazanın olduğu mevsim değişkeni için yaşam sürdürme ve hazard grafikleri incelendiğinde, kış aylarında trafik kazası yapan sürücülerin risk puanları bakımından sonbahar, ilkbahar ve yaz mevsiminde kazaya karışan sürücülere göre risk puanı daha fazladır.

Çizelge 6.33 Mevsim değişkeni kategorilerinin frekansı

	Frekans	(1)	(2)	(3)
mevsim 1,00=kış	366	1	0	0
2,00=ilk bahar	369	0	1	0
3,00=yaz	525	0	0	1
4,00=son bahar	493	0	0	0

Çizelge 6.35 Modelde yer alan değişkenlerin katsayılarının testleri

Model Katsayılarının testleri										
Adım	-2 Log L	Genel (Puan)			Adımdaki Değişim			Bloktaki Değişim		
		Ki-Kare	sd	P_Degeri	Ki-Kare	sd	P_Degeri	Ki-Kare	sd	P_Degeri
1 ^a	3237,601	66,202	5	,000	88,671	5	,000	88,671	5	,000
2 ^b	3212,473	87,986	11	,000	25,128	6	,000	113,799	11	,000
3 ^c	3198,224	108,529	13	,000	14,249	2	,001	128,048	13	,000

- a. 1. adımda modele giren değişken: Belge_sinifi
b. 2. adımda modele giren değişken: Yas
c. 3. adımda modele giren değişken: Kul_Amaci
d. Blok sayısı 0, ilk giriş olabirlik fonksiyonu :-2 Log L: 3326,272
e. Blok sayısı 1, Baslangıç Yöntemi = ileri doğru seçim yönetemi (Olabilirlik Oranı)

Çizelge 6.35’de görüldüğü gibi analiz 3 adımda sonuçlanmıştır. Genel (Puan) sonuçları ($p < 0.05$) olduğundan modeldeki en az bir değişken anlamlıdır. Ayrıca bir önceki adıma göre değişimi gösteren p değeri son adımda ($0.000 < 0.05$) olduğundan kurulan modelin son hali genel olarak anlamlıdır.

Çizelge 6.36 Modelde yer alan değişkenlerin katsayı tahminleri

Adım		B	Sh	Wald	sd.	P_Degeri	HR Exp(B)
Adım 1	Belge_sinifi			36,961	5	,000	
	Belge_sinifi(1)	3,512	,802	19,182	1	,000	33,508
	Belge_sinifi(2)	2,609	,714	13,341	1	,000	13,582
	Belge_sinifi(3)	3,230	,736	19,256	1	,000	25,271
	Belge_sinifi(4)	3,161	,714	19,581	1	,000	23,605
	Belge_sinifi(5)	-9,446	151,906	,004	1	,950	,000
Adım 2	Yas			24,584	6	,000	
	Yas(1)	2,470	1,035	5,698	1	,017	11,822
	Yas(2)	-8,347	193,869	,002	1	,966	,000
	Yas(3)	1,030	,806	1,633	1	,201	2,802
	Yas(4)	1,408	,731	3,711	1	,054	4,087
	Yas(5)	1,102	,716	2,369	1	,124	3,011
	Yas(6)	,581	,717	,656	1	,418	1,787
	Belge_sinifi			41,636	5	,000	
	Belge_sinifi(1)	3,692	,842	19,239	1	,000	40,126
	Belge_sinifi(2)	2,775	,756	13,457	1	,000	16,033
	Belge_sinifi(3)	3,415	,785	18,950	1	,000	30,420
	Belge_sinifi(4)	3,492	,764	20,908	1	,000	32,837
	Belge_sinifi(5)	-9,556	147,699	,004	1	,948	,000
	Kul_Amaci			14,151	2	,001	
Adım 3	Kul_Amaci(1)	,535	,424	1,588	1	,208	1,707
	Kul_Amaci(2)	1,090	,434	6,307	1	,012	2,973
	Yas			24,166	6	,000	
	Yas(1)	2,654	1,053	6,356	1	,012	14,210
	Yas(2)	-8,363	201,526	,002	1	,967	,000
	Yas(3)	1,009	,807	1,564	1	,211	2,742
	Yas(4)	1,368	,731	3,502	1	,061	3,927
	Yas(5)	1,081	,716	2,279	1	,131	2,949
	Yas(6)	,575	,717	,643	1	,423	1,777
	Belge_sinifi			28,878	5	,000	
	Belge_sinifi(1)	3,777	,855	19,498	1	,000	43,678
	Belge_sinifi(2)	2,838	,772	13,526	1	,000	17,082
	Belge_sinifi(3)	3,300	,803	16,907	1	,000	27,107
	Belge_sinifi(4)	3,360	,784	18,365	1	,000	28,789
	Belge_sinifi(5)	-9,593	150,666	,004	1	,949	,000

Tablo'dan anlaşılabacağı gibi incelenilen 20 açıklayıcı değişkenden kullanım amacı açıklayıcı değişkeni, yaş açıklayıcı değişkeni ve belge sınıfı değişkenleri ($p < 0.05$) olduğu için cox oransal hazard regresyon modeli için anlamlı olduğu görülmüştür.

Aracı kullanım amacı değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenilirlik düzeyinde; diğer araç kullanım amaçları olarak belirlediğimiz “emniyet, askeri ve diğer kamu” araç kullananlara göre özel amaçlı araç kullanan sürücülerin 1.707 kat daha fazla risk altında olduğu ve ticari amaçlı olarak araç kullanan sürücülerin diğer araç sürücülerine göre 2.973 kat daha fazla risk altında olduğu hazard oranlarına bakılarak söylenebilir.

Yaş değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenilirlik düzeyinde; 65+ yaş gurubuna göre, 0-14 yaş grubunun 14.210 kat daha fazla risk altında, 18-20 yaş grubunun 2.742 kat daha fazla risk altında, 21-24 yaş grubunun 3.927 kat daha fazla risk altında, 25-35 yaş grubunun 2.949 kat daha fazla risk altında ve 36-64 yaş grubunun 1.777 kat daha fazla risk altında olduğu hazard oranlarına bakılarak söylenebilir.

Sürücü belgesi sınıfı değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenilirlik düzeyinde; sürücü belgesi olmayan guruba göre A2 sınıfı ehliyeti olan sürücülerin 43.678 kat daha fazla risk altında, B sınıfı ehliyeti olan sürücülerin 17.082 kat daha fazla risk altında, C sınıfı ehliyeti olan sürücülerin 27.107 kat daha fazla risk altında, E sınıfı ehliyeti olan sürücülerin 28.789 kat daha fazla risk altında ve diğer ehliyet sınıfına sahip olan sürücülerin belirli bir risk durumunun olmadığı hazard oranlarına bakılarak söylenebilir.

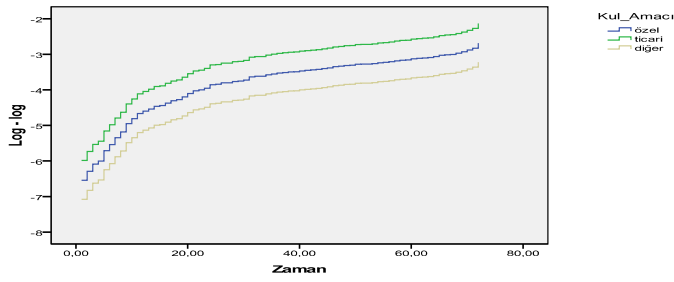
Modelleme süreci sonunda elde edilen orantılı hazard regresyon modeli tahmini;

$$\hat{h}(t) = \hat{h}_0(t) \exp \left[\begin{array}{c} \hat{\beta}_{51}Kul_amaci(1) + \hat{\beta}_{52}Kul_amaci(2) + \hat{\beta}_{21}Yas(1) + \hat{\beta}_{22}Yas(2) \\ \hat{\beta}_{23}Yas(3) + \hat{\beta}_{24}Yas(4) + \hat{\beta}_{25}Yas(5) + \hat{\beta}_{26}Yas(6) + \hat{\beta}_{61}BelgeSinifi(1) \\ \hat{\beta}_{62}BelgeSinifi(2) + \hat{\beta}_{63}BelgeSinifi(3) + \hat{\beta}_{64}BelgeSinifi(4) + \hat{\beta}_{65}BelgeSinifi(5) \end{array} \right]$$

6.6.3. Modelin oransallığının test edilmesi

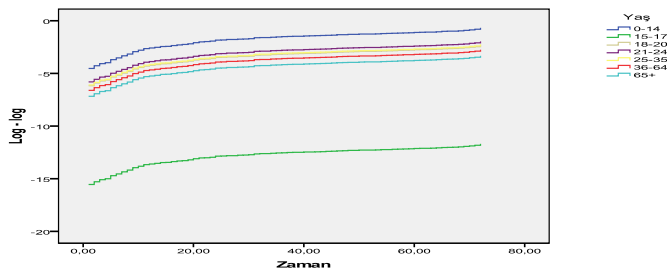
Cox regresyon modelindeki değişkenlerin oransallık varsayımını sağlaması gerekmektedir. Bu nedenle kurulan modelin oransallık varsayımını sağlayıp sağlamadığı “Zamana Bağlı Açıklayıcı Değişkenler ile Oransallık Varsayımı’nın Testi” yöntemi uygulanarak araştırılmıştır. Modele giren açıklayıcı değişkenlerin Log-Log yada ln-ln grafikleri yardımıyla oransallığın olup olmadığı kontrol edilebilir.

Modele giren açıklayıcı değişkenlerin Log-Log grafikleri şu şekildedir;



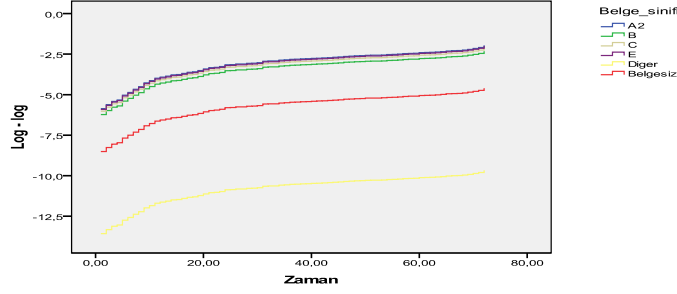
Şekil 6.49 Kullanım Amacı Değişkeni için Log-Log grafiği

Aracı kullanım amacı değişkeni için Log-Log grafiği incelendiğinde, risk durumlarına göre özel, ticari ve diğer kategorilerin grafikte görüldüğü gibi birbirlerini kesmeyip paralel olmaları sebebiyle kategoriler arasında oransallık olduğu söylenebilir.



Şekil 6.50 Yaş Değişkeni için Log-Log grafiği

Yaş değişkeni için Log-Log grafiği incelendiğinde, risk durumlarına göre 0-14, 15-17, 18-20, 21-24, 25-35, 36-64 ve 65+ kategorileri birbirlerini kesmeyip paralel oldukları için kategoriler arasında oransallık olduğu söylenebilir.



Şekil 6.51 Belge Sınıfı Değişkeni için Log-Log grafiği

Belge sınıfı değişkeni için Log-Log grafiği incelendiğinde, risk durumlarına göre A2, B, C, E, diğer ve belgesiz kategorilerin birbirlerini kesmeyip paralel oldukları için kategoriler arasında oransallık olduğu söylenebilir.

Oransallık varsayımının testi, açıklayıcı değişkenlerin zamana bağlı olarak değişen hazard oranını, zamanın bir fonksiyonu yardımı ile açıklayıcı değişkenin zaman içerisindeki değişimini modele katmaktadır. Zamana bağlı açıklayıcı değişkenlerde hazard oranı tüm kategorilerde sabit kalmamakta zaman içerisinde değişim göstermektedir. Bu zaman içerisindeki değişim $T_COV_$ olarak ifade edilir. Modele giren açıklayıcı değişkenlerin oransallık varsayımının test edilmesinde $T_COV_ = T_ * (Modele \text{ giren açıklayıcı değişken})$ kullanılır. İleriye doğru adımsal seçim yöntemi kullanılarak oluşturulan $T_COV_$ açıklayıcı değişkeninin bulunduğu yeni model bizim genişletilmiş cox regresyon modelimiz olmaktadır. Oluşturulan Cox oransal hazard regresyon modeline giren kullanım amacı, yaş ve belge sınıfı açıklayıcı değişkenlerinin, zamana bağlı açıklayıcı değişken olup olmadıklarının test edilmesi ve zamana bağlı açıklayıcı değişkenler ise genişletilmiş cox oransal hazard regresyon modellerin oluşturulması;

1. Kullanım amacı açıklayıcı değişkeni, ($T_COV_ = T_ * Kul_Amacı$) şeklinde genişletilerek ileri doğru adimsal seçim yöntemi kullanılarak genişletilmiş cox oransal hazard regresyon modeli oluşturulmuştur.

Çizelge 6.37 Modelde yer alan değişkenlerin katsayılarının testleri

Model Katsayılarının testleri

Adım	-2 Log L	Genel (Puan)			Adımdaki Değişim			Bloktaki Değişim		
		Ki-Kare	sd	P_Degeri	Ki-Kare	sd	P_Degeri	Ki-Kare	sd	P_Degeri
1 ^a	3237,601	66,202	5	,000	88,671	5	,000	88,671	5	,000
2 ^b	3212,473	87,986	11	,000	25,128	6	,000	113,799	11	,000
3 ^c	3198,224	108,529	13	,000	14,249	2	,001	128,048	13	,000

- a. 1. adımda modele giren değişken: Belge_sinifi
b. 2. adımda modele giren değişken: Yas
c. 3. adımda modele giren değişken: Kul_Amaci
d. Blok sayısı 0, ilk giriş olabilirlik fonksiyonu :-2 Log L: 3326,272
e. Blok sayısı 1, Başlangıç Yöntemi = ileri doğru seçim yöntemi (Olabilirlik Oranı)

Çizelge 6.38 Modelde yer alan değişkenlerin katsayı tahminleri

Adım		B	Sh	Wald	sd	P_Degeri	HR Exp(B)
Adım 1	Belge_sinifi			36,961	5	,000	
	Belge_sinifi(1)	3,512	,802	19,182	1	,000	33,508
	Belge_sinifi(2)	2,609	,714	13,341	1	,000	13,582
	Belge_sinifi(3)	3,230	,736	19,256	1	,000	25,271
	Belge_sinifi(4)	3,161	,714	19,581	1	,000	23,605
	Belge_sinifi(5)	-9,446	151,906	,004	1	,950	,000
Adım 2	Yas			24,584	6	,000	
	Yas(1)	2,470	1,035	5,698	1	,017	11,822
	Yas(2)	-8,347	193,869	,002	1	,966	,000
	Yas(3)	1,030	,806	1,633	1	,201	2,802
	Yas(4)	1,408	,731	3,711	1	,054	4,087
	Yas(5)	1,102	,716	2,369	1	,124	3,011
	Yas(6)	,581	,717	,656	1	,418	1,787
	Belge_sinifi			41,636	5	,000	
	Belge_sinifi(1)	3,692	,842	19,239	1	,000	40,126
	Belge_sinifi(2)	2,775	,756	13,457	1	,000	16,033
	Belge_sinifi(3)	3,415	,785	18,950	1	,000	30,420
	Belge_sinifi(4)	3,492	,764	20,908	1	,000	32,837
	Belge_sinifi(5)	-9,556	147,699	,004	1	,948	,000
	Kul_Amaci			14,151	2	,001	
	Kul_Amaci(1)	,535	,424	1,588	1	,208	1,707
	Kul_Amaci(2)	1,090	,434	6,307	1	,012	2,973
Adım 3	Yas			24,166	6	,000	
	Yas(1)	2,654	1,053	6,356	1	,012	14,210
	Yas(2)	-8,363	201,526	,002	1	,967	,000
	Yas(3)	1,009	,807	1,564	1	,211	2,742
	Yas(4)	1,368	,731	3,502	1	,061	3,927
	Yas(5)	1,081	,716	2,279	1	,131	2,949
	Yas(6)	,575	,717	,643	1	,423	1,777
	Belge_sinifi			28,878	5	,000	
	Belge_sinifi(1)	3,777	,855	19,498	1	,000	43,678
	Belge_sinifi(2)	2,838	,772	13,526	1	,000	17,082
	Belge_sinifi(3)	3,300	,803	16,907	1	,000	27,107
	Belge_sinifi(4)	3,360	,784	18,365	1	,000	28,789
	Belge_sinifi(5)	-9,593	150,666	,004	1	,949	,000

Çizelge 6.39 Modelde yer alan değişkenlerin ki-kare değerleri

		Ki-Kare	sd	P_Degeri
Adım 1	Belge_sinifi	88,671	5	,000
Adım 2	Yas	25,128	6	,000
	Belge_sinifi	86,223	5	,000
Adım 3	Kul_Amaci	14,249	2	,001
	Yas	24,357	6	,000
	Belge_sinifi	67,443	5	,000

Çizelge 6.40 Modele giremeyen değişkenler

		Score	Sd	P_Degeri
Adım1	T_COV_	1,475	1	,225
	Kul_Amaci	15,668	2	,000
	Kul_Amaci(1)	7,201	1	,007
	Kul_Amaci(2)	14,628	1	,000
	Yas	26,896	6	,000
	Yas(1)	5,009	1	,025
	Yas(2)	,429	1	,512
	Yas(3)	,020	1	,889
	Yas(4)	8,422	1	,004
	Yas(5)	6,280	1	,012
	Yas(6)	15,592	1	,000
Adım 2	T_COV_	,993	1	,319
	Kul_Amaci	14,615	2	,001
	Kul_Amaci(1)	6,058	1	,014
	Kul_Amaci(2)	13,276	1	,000
Adım 3	T_COV_	,021	1	,885

“T_COV_ = T_ * Kul_Amacı” değeri 3. adımdaki p değeri (0.885>0.05) olduğundan modele girememiştir. Kul_Amacı açıklayıcı değişkeni zamana bağlı bir açıklayıcı değişken değildir.

2. Belge sınıfı açıklayıcı değişkeni, (T_COV_ = T_ * Belge_sinifi) şeklinde genişletilerek ileri doğru adımsal seçim yöntemi kullanılarak genişletilmiş cox oransal hazard regresyon modeli oluşturulmuştur.

Çizelge 6.41 Modelde yer alan değişkenlerin katsayılarının testleri

Model Katsayılarının testleri										
Adım	-2 Log L	Genel (Puan)			Adımdaki Değişim			Blokta Değişim		
		Ki-Kare	sd	P_Degeri	Ki-Kare	sd	P_Degeri	Ki-Kare	sd	P_Degeri
1 ^a	3237,601	66,202	5	,000	88,671	5	,000	88,671	5	,000
2 ^b	3212,473	87,986	11	,000	25,128	6	,000	113,799	11	,000
3 ^c	3198,224	108,529	13	,000	14,249	2	,001	128,048	13	,000

1. adımda modele giren değişken: Belge_sinifi
2. adımda modele giren değişken: Yas
3. adımda modele giren değişken: Kul_Amaci
- Blok sayısı 0, ilk giriş olabilirlik fonksiyonu : -2 Log L: 3326,272
- Blok sayısı 1, Baslangıç Yöntemi = ileri doğru seçim yöntemi (Olabilirlik Oranı)

Çizelge 6.42 Modelde yer alan değişkenlerin katsayı tahminleri

		B	Sh	Wald	Sd	P_Degeri	HR Exp(B)
Adim 1	Belge_sinifi			36,961	5	,000	
	Belge_sinifi(1)	3,512	,802	19,182	1	,000	33,508
	Belge_sinifi(2)	2,609	,714	13,341	1	,000	13,582
	Belge_sinifi(3)	3,230	,736	19,256	1	,000	25,271
	Belge_sinifi(4)	3,161	,714	19,581	1	,000	23,605
	Belge_sinifi(5)	-9,446	151,906	,004	1	,950	,000
Adim 2	Yas			24,584	6	,000	
	Yas(1)	2,470	1,035	5,698	1	,017	11,822
	Yas(2)	-8,347	193,869	,002	1	,966	,000
	Yas(3)	1,030	,806	1,633	1	,201	2,802
	Yas(4)	1,408	,731	3,711	1	,054	4,087
	Yas(5)	1,102	,716	2,369	1	,124	3,011
	Yas(6)	,581	,717	,656	1	,418	1,787
	Belge_sinifi			41,636	5	,000	
	Belge_sinifi(1)	3,692	,842	19,239	1	,000	40,126
	Belge_sinifi(2)	2,775	,756	13,457	1	,000	16,033
	Belge_sinifi(3)	3,415	,785	18,950	1	,000	30,420
	Belge_sinifi(4)	3,492	,764	20,908	1	,000	32,837
	Belge_sinifi(5)	-9,556	147,699	,004	1	,948	,000
Adim 3	Kul_Amaci			14,151	2	,001	
	Kul_Amaci(1)	,535	,424	1,588	1	,208	1,707
	Kul_Amaci(2)	1,090	,434	6,307	1	,012	2,973
	Yas			24,166	6	,000	
	Yas(1)	2,654	1,053	6,356	1	,012	14,210
	Yas(2)	-8,363	201,526	,002	1	,967	,000
	Yas(3)	1,009	,807	1,564	1	,211	2,742
	Yas(4)	1,368	,731	3,502	1	,061	3,927
	Yas(5)	1,081	,716	2,279	1	,131	2,949
	Yas(6)	,575	,717	,643	1	,423	1,777
	Belge_sinifi			28,878	5	,000	
	Belge_sinifi(1)	3,777	,855	19,498	1	,000	43,678
	Belge_sinifi(2)	2,838	,772	13,526	1	,000	17,082
	Belge_sinifi(3)	3,300	,803	16,907	1	,000	27,107
	Belge_sinifi(4)	3,360	,784	18,365	1	,000	28,789
	Belge_sinifi(5)	-9,593	150,666	,004	1	,949	,000

Çizelge 6.43 Modelde yer alan değişkenlerin ki-kare değerleri

		Ki-Kare	Sd	P_Degeri
Adim 1	Belge_sinifi	88,671	5	,000
Adim 2	Yas	25,128	6	,000
	Belge_sinifi	86,223	5	,000
Adim 3	Kul_Amaci	14,249	2	,001
	Yas	24,357	6	,000
	Belge_sinifi	67,443	5	,000

Çizelge 6.44 Modele giremeyen değişkenler

		Score	Sd	P_Degeri
Adim 1	T_COV_	,121	1	,728
	Kul_Amaci	15,668	2	,000
	Kul_Amaci(1)	7,201	1	,007
	Kul_Amaci(2)	14,628	1	,000
	Yas	26,896	6	,000
	Yas(1)	5,009	1	,025
	Yas(2)	,429	1	,512
	Yas(3)	,020	1	,889
	Yas(4)	8,422	1	,004
	Yas(5)	6,280	1	,012
	Yas(6)	15,592	1	,000
Adim 2	T_COV_	,127	1	,722
	Kul_Amaci	14,615	2	,001
	Kul_Amaci(1)	6,058	1	,014
	Kul_Amaci(2)	13,276	1	,000
Adim 3	T_COV_	,151	1	,697

“T_COV_ = T_ * Belge_sinifi” değeri 3. adımdaki p değeri (0.697>0.05) olduğundan modele girememiştir. Belge_sinifi açıklayıcı değişkeni zamana bağlı bir açıklayıcı değişken değildir.

3. Yaş açıklayıcı değişkeni, (T_COV_ = T_ * Yas) şeklinde genişletilerek ileri doğru adimsal seçim yöntemi kullanılarak genişletilmiş cox oransal hazard regresyon modeli oluşturulmuştur.

Çizelge 6.45 Modelde yer alan değişkenlerin katsayılarının testleri

Model Katsayılarının Tēsti

Adim	-2 Log L	Genel (puan)			Adımdaki Degisim			Bloktaki Degisim		
		Ki-Kare	Sd	P_Degeri	Ki-Kare	Sd	P_Degeri	Chi-square	Sd	P_Degeri
1 ^a	3237,601	66,202	5	,000	88,671	5	,000	88,671	5	,000
2 ^b	3222,956	75,834	6	,000	14,645	1	,000	103,316	6	,000
3 ^c	3208,110	97,091	8	,000	14,846	2	,001	118,162	8	,000
4 ^d	3195,017	111,553	14	,000	13,094	6	,042	131,256	14	,000

a. 1. adimda modele giren degisken: Belge_sinifi

b. 2. adimda modele giren degisken: T_COV_

c. 3. adimda modele giren degisken: Kul_Amaci

d. 4. adimda modele giren degisken: Arac_Cinsi

e. Blok sayisi 0, ilk giris olabilirlik fonksiyonu: -2 Log L :3326,272

f. Blok sayisi 1. Baslangıç yöntemi= ileriye dogru seçim yöntemi (Olabilirlik orany)

Çizelge 6.46 Modelde yer alan değişkenlerin katsayı tahminleri

		B	Sh	Wald	Sd	P_Degeri	HR Exp(B)
Adim 1	Belge_sinifi			36,961	5	,000	
	Belge_sinifi(1)	3,512	,802	19,182	1	,000	33,508
	Belge_sinifi(2)	2,609	,714	13,341	1	,000	13,582
	Belge_sinifi(3)	3,230	,736	19,256	1	,000	25,271
	Belge_sinifi(4)	3,161	,714	19,581	1	,000	23,605
	Belge_sinifi(5)	-9,446	151,906	,004	1	,950	,000
Adim 2	Belge_sinifi			45,522	5	,000	
	Belge_sinifi(1)	3,913	,812	23,206	1	,000	50,039
	Belge_sinifi(2)	3,014	,726	17,226	1	,000	20,360
	Belge_sinifi(3)	3,706	,753	24,246	1	,000	40,710
	Belge_sinifi(4)	3,700	,735	25,356	1	,000	40,443
	Belge_sinifi(5)	-9,201	148,116	,004	1	,950	,000
	T_COV_	-,007	,002	16,354	1	,000	,993
Adim 3	Kul_Amaci			14,757	2	,001	
	Kul_Amaci(1)	,537	,420	1,639	1	,200	1,712
	Kul_Amaci(2)	1,102	,429	6,590	1	,010	3,010
	Belge_sinifi			32,551	5	,000	
	Belge_sinifi(1)	3,927	,813	23,349	1	,000	50,764
	Belge_sinifi(2)	3,008	,727	17,118	1	,000	20,255
	Belge_sinifi(3)	3,521	,757	21,625	1	,000	33,827
	Belge_sinifi(4)	3,508	,741	22,420	1	,000	33,370
	Belge_sinifi(5)	-9,250	152,010	,004	1	,951	,000
	T_COV_	-,007	,002	15,919	1	,000	,993
Adim 4	Arac_Cinsi			12,915	6	,044	
	Arac_Cinsi(1)	1,432	1,071	1,787	1	,181	4,187
	Arac_Cinsi(2)	,770	1,034	,555	1	,456	2,160
	Arac_Cinsi(3)	1,087	1,059	1,053	1	,305	2,964
	Arac_Cinsi(4)	1,211	1,044	1,346	1	,246	3,356
	Arac_Cinsi(5)	1,438	1,041	1,910	1	,167	4,213
	Arac_Cinsi(6)	1,403	1,046	1,798	1	,180	4,067
	Kul_Amaci			4,172	2	,124	
	Kul_Amaci(1)	,551	,453	1,475	1	,225	1,734
	Kul_Amaci(2)	,831	,447	3,454	1	,063	2,295
	Belge_sinifi			27,050	5	,000	
	Belge_sinifi(1)	3,835	,814	22,192	1	,000	46,293
	Belge_sinifi(2)	3,451	,767	20,221	1	,000	31,535
	Belge_sinifi(3)	3,757	,792	22,492	1	,000	42,802
	Belge_sinifi(4)	3,780	,782	23,362	1	,000	43,808
	Belge_sinifi(5)	-8,916	152,625	,003	1	,953	,000
	T_COV_	-,007	,002	13,534	1	,000	,993

Çizelge 6.47 Modelde yer alan değişkenlerin ki-kare değerleri

		Ki-Kare	Sd	P_Degeri
Adim 1	Belge_sinifi	88,671	5	,000
Adim 2	Belge_sinifi	103,307	5	,000
	T_COV_	14,645	1	,000
Adim 3	Kul_Amaci	14,846	2	,001
	Belge_sinifi	82,103	5	,000
	T_COV_	14,471	1	,000
Adim 4	Arac_Cinsi	13,094	6	,042
	Kul_Amaci	4,713	2	,095
	Belge_sinifi	73,114	5	,000
	T_COV_	12,433	1	,000

“T_COV_ = T_ * Yas” değeri 4. adımda p değeri ($0.000 < 0.05$) olduğundan modele girmiştir. Yaş açıklayıcı değişkeni zamana bağlı bir açıklayıcı değişkendir. Genişletilmiş cox regresyon modelinde daha önceden modele girmeyen Arac_Cinsi açıklayıcı değişkeni, yaş açıklayıcı değişkenin zamana bağlı değişkenler yardımıyla genişletilmesi sonucu 4. adımda modele girmiştir.

Cox Regresyon Modeline ait	-2LogL=3198.224
Genişletilmiş Cox Regresyon Modeline ait	-2LogL=3195.017

$$H_0: \delta_i = 0$$

$$H_1: \delta_i \neq 0$$

$$\begin{aligned} LR &= -2\text{Log}L_{\text{Cox Regresyon Modeli}} - (-2\text{Log}L_{\text{Genişletilmiş Cox Regresyon modeli}}) \\ &= 3198.224 - 3195.017 \\ &= 3.207 \end{aligned}$$

Orantılı hazard varsayımı 1 serbestlik dereceli ki-kare (tablo değeri: 3,84) dağılımına göre olabilirlik oran istatistiği yardımı ile test edilmiş ve $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde H_0 hipotezi red edilmemiştir. Orantılı hazard varsayımının sağlandığı görülmüştür.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Modelde yer alan değişkenlerimiz, ileriye doğru seçim yöntemi kullanılarak analize katılmıştır. Yirmi açıklayıcı değişkenden sadece kullanım amacı, yaş ve belge sınıfı açıklayıcı değişkenlerinin modelde yer almasına %95 güvenle karar verilmiştir. Kullanım amacı, yaş ve belge sınıfı açıklayıcı değişkenlerinin hazard oranları bulunarak sonuçlar yorumlanmıştır.

Yirmi açıklayıcı değişken için verilen hazard oranları yardımıyla açıklayıcı değişkenlerin kategorileri arasındaki risk durumları belirlenmiştir. Erkek sürücülerin, 2. kez kırmızı ışık ihlali yapma riski kadın sürücülere göre 2,567 kat daha fazla olduğu söylenebilir. Öğrenim durumlarına bakıldığında ilkokul ve lise mezunu sürücülerin diğer öğrenim durumlarına göre kırmızı ışık ihlali yapma riskinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sürücülerin kullandıkları araçlara göre kamyon ve otobüs kullanan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Otomobil kullanan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, kamyon kullanan sürücülerden 2,95 kat, otobüs kullanan sürücülerden 2,62 kat ve minibüs kullanan sürücülerden 1,82 kat daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Ticari amaçlı olarak araç kullanan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, özel amaçlı olarak araç kullanan sürücülerden 2,51 kat daha fazla olduğu söylenebilir. Sürücülerin yaş aralığına göre 21-24 ve 25-35 yaş aralığındaki sürücülerin diğer yaş aralığındaki sürücülere göre kırmızı ışık ihlali yapma riskinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. 21-24 yaş aralığındaki sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin, 18-20 yaş aralığındaki sürücülerden 1,88 kat ve 36-64 yaş aralığındaki sürücülerden 1,46 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. 25-35 yaş aralığındaki sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, 18-20 yaş aralığındaki sürücülerden 2,07 kat ve 36-64 yaş aralığındaki sürücülerden 1,61 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Sürücü belgesi sınıfına göre, A2 ehliyeti olan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, B sınıfı ehliyeti olan sürücülerden 2,47 kat, C sınıfı ehliyeti olan sürücülerden 1,33 kat ve E sınıfı ehliyeti olan sürücülerden 1,42 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. C ehliyeti olan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, B sınıfı ehliyeti olan sürücülerden 1,86 kat daha fazla olduğu söylenebilir. E ehliyeti olan sürücülerin

kırmızı ışık ihlali yapma riski, B sınıfı ehliyeti olan sürücülerden 1,74 kat daha fazla olduğu söylenebilir. Kaza sonucunda yaralanmadan sağ kurtulan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, yaralanan ve tedavi gören sürücülerden 1,76 kat daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. 0-5 ve 5-10 yıllık tecrübeye sahip sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski diğer tecrübe yıllarına göre daha fazla olduğu söylenebilir. Devlet yolunda kaza yapan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, caddede kaza yapan sürücülerden 1,58 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Kazanın oluşum şekline göre yoldan çıkma ve yayaya çarpma şeklinde kaza yapan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma risk durumları diğer kaza oluşum şekillerine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Arkadan çarpma şeklinde kaza yapan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, karşılıklı çarpışma şeklinde kaza yapan sürücülerden 1,18 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Kazaya karışan araç sayısına göre çok araçlı kazalara karışan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, diğer kazaya karışan araç sayılarına göre daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Tek araçlı kazaya karışan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, iki araçlı aynı yönlü kazaya karışan sürücülerden 1,46 kat, iki araçlı zıt yönlü kazaya karışan sürücülerden 1,22 kat ve iki araçlı komşu yönlü kazaya karışan sürücülerden 1,05 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Hava durumuna göre sisli ve bulutlu havalarda kaza yapan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, diğer hava durumlarına göre daha fazla olduğu görülmüştür. Gün durumuna göre alacakaranlıkta kaza yapan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, diğer gün durumlarına göre daha fazla olduğu görülmüştür. Gece kaza yapan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, gündüz kaza yapan sürücülerden 1,22 kat daha fazla olduğu söylenebilir. Mevsimlere göre kış aylarında kaza yapan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, diğer mevsimlere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Üç yönlü (T) ve üç yönlü (Y) şeklindeki kavşaklarda kazaya karışan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, diğer kavşak türlerine göre daha fazla olduğu saptanmıştır. Üç yönlü (T) kavşaklarda kazaya karışan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, dört yönlü kavşaklarda kazaya karışan sürücülerden 1,34 kat daha fazla olduğu söylenebilir. Üç yönlü (Y) kavşaklarda kazaya karışan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski, dört yönlü kavşaklarda kazaya karışan sürücülerden 1,35 kat daha fazla olduğu söylenebilir.

Kırmızı ışık ihlali nedeni ile oluşan kazaların, sürücülerin ışıkta geçme kurallarına uyması ile engellenebilecek trafik kazaları olduğu söylenebilir. Kamyon ve otobüs gibi büyük araçları kullanan sürücülerin ve trafik kazasında hiç yaralanmadan kurtulan sürücülerin yeniden kırmızı ışık ihlali yapma riskinin daha fazla olmasının nedeni; yol kullanıcıları tarafından çok basit olarak kabul edilen ve “daha önce de ihlal ettim, bir Őey olmadı?” Şeklinde inanılan “sözde önemsiz” kuralların, ihmal veya ihlal edilmesine bağlı olduğu söylenebilir. Kırmızı ışık ihlali nedeni ile meydana gelen kazalara karışan sürücülere, kazanın kırmızı ışık kuralları ihlal edildiği için meydana geldiği trafik denetleyicileri tarafından anlatılarak, kazaya karışan sürücülerin tekrar kırmızı ışık ihlali yapmaları engellenebilir.

 yönlü (T) ve üç yönlü (Y) Şeklinde kavşaklarda kaza yapan sürücüler, sisli ve bulutlu havada kaza yapan sürücüler ve çok araçlı kazalara karışan sürücülerin diğer kategorilere göre yeniden kırmızı ışık ihlali yapma riskinin fazla çıkması; sürücülerin yaptığı trafik kazasının nedenini kırmızı ışık ihlali yerine başka nedenlere atfederek kısa zaman sonra tekrar kırmızı ışık ihlali yapmaları ile ilgili olduğu düşünülebilir.

 yönlü (T) ve üç yönlü (Y) Şekli kavşakların, kazaya sebep olma acısından risk taşıdığı, çalışma sonunda saptanan önemli konulardan biridir. Kamyon ve otobüs gibi büyük araç sürücülerinin kurallara uyma konusunda daha bilinçsiz oldukları gözlemlenmiştir. Bundan dolayı ağır taşıt sürücülerinin trafik kuralları konusunda sürekli eğitilmeleri ve takip edilmelerinin gerekliliği sonucuna varılmıştır. Kırmızı ışık ihlallerinin önlenmesinde caydırıcı etkisi olan MOBESE (Mobil elektronik sistem entegrasyonu) kamera sistemleri ülke genelinde yaygınlaştırılması, kırmızı ışık ihlallerinin azalmasında etkili olabilir.

KAYNAKLAR

Akkaya, Ş., Altıntaş, H. Türkiye’de karayolu trafik kazaları istatistik analizi, 1989-1999, Çukurova Üniversitesi **5. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu**, Adana (2001).

Altman D.G. and J.M. Bland., “Survival Probabilities (The Kaplan-Meier Method)”, **British Medical Journal**, 317: 1572-1580 (1998).

Collett D., “Modelling Survival Data in Medical Research”, **Chapman&Hall** London, 1-271 (2003).

Cox, D.R and Oakes, D, “Analysis of Survival Data”, **Chapman & Hall**, London 1-201 (1984).

Cox, D.R., “Regression models and life tables”, **Journal of Royal Statistical Society**, 187-220 (1972).

Cox, D.R., “Partial likelihood”, **Biometrika**, 62: 269-276 (1975).

Çerezci, E. T., “Cox Oransal Hazard Regresyon Modeli” Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-53 (2004).

Dr. F. Temel, Dr. H. Özcebe, “Türkiye’de Karayollarında Trafik Kazaları”, **Road Traffic Accidents in Turkey**, (2004).

Dünya Sağlık Örgütü, Jacobs ve ark., 2000; Baguley ve ark,2003; Wegman ve ark., 2004 (ETSC,2001); Peden ve ark., **DSÖ Türkiye İrtibat Ofisi WHO Tercümesi** Ankara (2004).

George G., Woodworth “A Bayesian Introduction”, Biostatistics, 245-277, **John Wiley & Sons**, (2004).

İnternet: Karayolları Trafik Kanunu, Karayolları Trafik Yönetmeliği, Adli Tıp Kurumu Kanunu, Polis Vazife ve Salahiyeti Kanunu,
(http://www.egm.gov.tr/tuddb/Trafik_Uygulama_Denetleme/karayollari%20trafik%20yonetmeli.htm)
(<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Asp?MevzuatKod=1.3.2559&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch>)

İnternet: Şengöz, M., Emniyet Müdürü, Adile Sadullah Mermerci Polis Meslek Yüksek Okulu- İstanbul,
www.trafik.gov.tr/.../2nci_Trafik_Surasi_Serbest_Bildiriler_II.doc
T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı Dokuzuncu Kalkınma Planı, <http://ekutup.dpt.gov.tr/plan/plan9.pdf>

John P. Klein, “Small Sample Moments of Some Estimators of the Variance of The Kaplan-Meier and Nelson-Aalen Estimators”, *Journal of the American Statistical Association*, 333-340 (1991).

Kay, R., “Proportional hazard regression models and the analysis of censored survival data”, *Journal of Royal Statistical Society*, 227-37 (1977).

Kleinbaum, D.G., “Survival Analysis : A Self- Learning Text”, *Springer New York*, 1-350 (1996).

Lawless, J.F., “Statistical Models and Methods for Life Time Data” ,*Wiley*, New York, 578 (1982).

Lee, E.T., “Statistical Methods for Survival Analysis”, *John Wiley and Sons*, New York, 340 (1992).

Marubini, E. Ve Valsecchi, M., “Analysing Survival Data from Clinical Trials and Observation Studies”, *John Wiley and Sons*, USA, 1-250 (2004).

Özdamar, K. “Spss ile Biyoistatistik” *Kaan Kitapevi*, 472-502 (2003).

Özdemir, O., “Medikal İstatistik”, *İstanbul Medikal Yayıncılık*, 249-276 (2005).

Schoenfeld D., “Partial residuals for the proportional hazards regression model”, *Biometrika*, 239-41 (1982).

T.C. İçişleri Bakanlığı Emniyet Genel Müdürlüğü, Trafik Hizmetleri Başkanlığı, Trafik Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı, *Trafik İstatistik Yıllığı*, (2003-2007).

T.C. İçişleri Bakanlığı Emniyet Genel Müdürlüğü, Eğitim Dairesi Başkanlığı, *Polis Dergisi*, (2006).

Terzi, Y., Cengiz, M.A. ve Bek, Y., “Cox Regresyon Modelinde Oransal Hazard Varsayımının Artıklarla İncelenmesi ve Akciğer Kanseri Hastaları Üzerinde Uygulanması”, *VII. Ulusal Biyoistatistik Kongresi*, (2004).

Torben M., Thomas H. Scheike, “Dynamic Regression Models for Survival Data”, *Springer*, (2006).

Y.Y. Chen, M. Hollander, and N.A. Langberg, “Small-Sample Result for the Kaplan-Meier Estimator”, *Journal of the American Statistical Association*, 141-152 (1982).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KAYGİSİZ, Gökhan
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 23.05.1982, Kırıkkale
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (312) 412 21 85 - 0530 325 71 37
e-mail : gokhankaygisiz_71@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lise	Hürriyet İlk Öğretim Okulu	1995-2000
Lisans	O.M.Ü. /İstatistik Bölümü	2000-2004

İş Deneyim

Yıl	Yer	Görev
2009-2010	EGM Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü İstatistik Büro Amirliği	Polis Memuru

Yabancı Dil

İngilizce