

KIRMIZI IŞIK KURAL İHLALİ NEDENİ İLE MEYDANA GELEN TRAFİK KAZALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Filiz KARDİYEN^(*), Gökhan KAYGİSİZ^(**)

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.

Anahtar Kelime: Yaşam sürdürme analizi, Cox oransal hazard regresyon modeli, Trafik kazaları.

1. GİRİŞ

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

sürdürme analizini (survival analysis) kullanarak trafikte kırmızı ışık kural ihlalden kaynaklanan trafik kazalarının meydana gelmesinde önemli etkenleri tespit etmek amaçlanmıştır.

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.

* Yrd.Doç. Dr., Gazi Üniversitesi İstatistik Bölümü, e-posta: fyuva@gazi.edu.tr, Ankara

** EGM Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü, e-posta: gkaygisiz@egm.gov.tr, Ankara

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 sınırlanamaz. 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.

3. COX ORANSAL HAZARD REGRESYON MODELİ

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.

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.

3.1. 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;

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

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].

$h_0(t)$ 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 'lerin 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].

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

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

ya da bir başka şekilde;

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

şeklinde 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;

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

$t > 0$: φ sabittir ve hazard oranı veya görelî 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. UYGULAMA

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 karayolu ulaşımı önemli bir boyuta ulaştığı için 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].

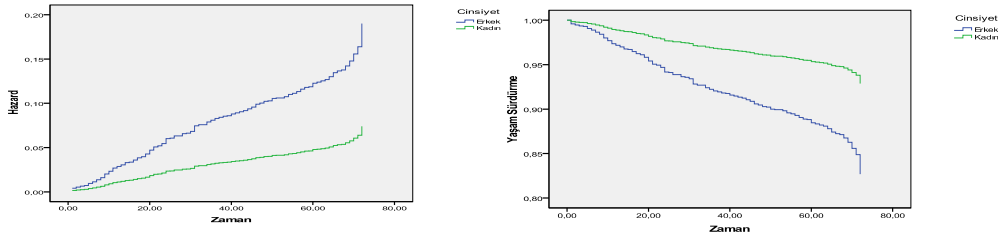
4.1. Veri Tanımlaması

2003 yılında kırmızı ışık ihlali kusurundan meydana gelen 10366 tane kaza olmuştur. Bu trafik kazalarından 8595 tanesi maddi hasarlı ve 1771 tanesi ölümlü-yaralanmalı kazalardır. Bu çalışmada 2003 yılında kırmızı ışık ihlali nedeni ile ölümlü-yaralanmalı kazaya karışan 1771 sürücüyü izlemeye alarak 2009 yılı sonuna kadar bu sürücülere ait ceza makbuzları incelenerek ikinci kez kırmızı ışık ihlali yapıp yapmadıkları incelenmiştir. 2003-2009 yılları arasında kırmızı ışık kural hatası yapmayan sürücüler durdurulmuş gözlem ve kırmızı ışık kural hatası yapan sürücüler olay gözlem olarak değerlendirilmiştir. 19 açıklayıcı değişken tek tek incelenerek yaşam sürdürme ve hazard grafiklerine göre değişkenlerin kategorileri arasındaki risk puanları (hazard oranları) belirlenmiştir.

Tablo 4.1. Bütün açıklayıcı değişkenler için hazard oranları (HO)

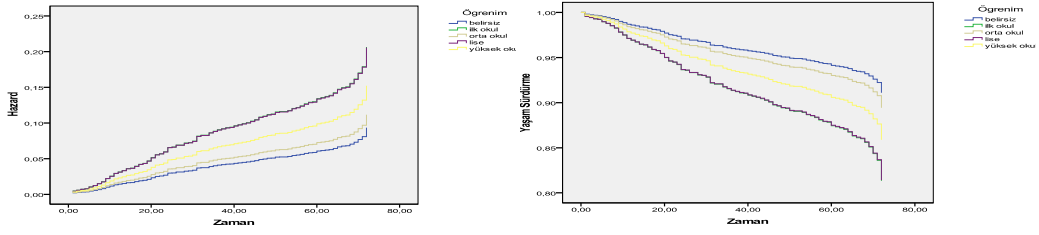
	β	Sh	HO Exp(B)		β	Sh	HO Exp(B)
Cinsiyet (Erkek)	,943	,452	2,567	Yas(0-14)	,224	1,000	1,251
Öğrenim(Belirsiz)	-,489	,611	,613	Yas(15-17)	-10,139	108,542	,000
Öğrenim(İlkokul)	,305	,219	1,356	Yas(18-20)	,465	,802	1,592
Öğrenim(Ortaokul)	-,310	,300	,733	Yas(21-24)	1,099	,727	3,000
Öğrenim(Lise)	,300	,242	1,350	Yas(25-35)	1,195	,714	3,302
Araç_Sayısı(Tek Araçlı)	-,381	,286	,683	Yas(36-64)	,720	,716	2,054
Araç_Sayısı(İki araçlı aynı yönlü)	-,761	,610	,467	Belge_sınıfı(A2)	3,512	,802	33,508
Araç_Sayısı(iki araçlı zıt yönlü)	-,579	,404	,561	Belge_sınıfı(B)	2,609	,714	13,582
Araç_Sayısı(İki araçlı komşu yönlü)	-,426	,211	,653	Belge_sınıfı(C)	3,230	,736	25,271
Araç_Cinsi(Diğer araç türleri)	-,846	1,026	,429	Belge_sınıfı(E)	3,161	,714	23,605
Araç_Cinsi(Otomobil)	,299	,250	1,349	Belge_sınıfı(Diğer)	-9,446	151,906	,000
Araç_Cinsi(Minibüs)	,893	,345	2,443	Kaza_Ayı(1)	,077	,328	1,080
Araç_Cinsi(Kamyonet)	,835	,295	2,304	Kaza_Ayı(2)	,330	,317	1,390
Araç_Cinsi(Kamyon)	1,377	,277	3,964	Kaza_Ayı(3)	-,649	,433	,523
Araç_Cinsi(Otobüs)	1,259	,320	3,521	Kaza_Ayı(4)	,049	,327	1,051
Kul_Amacı(Özel)	,274	,416	1,316	Kaza_Ayı(5)	-,205	,316	,814
Kul_Amacı(Ticari)	1,195	,426	3,303	Kaza_Ayı(6)	-,417	,327	,659
kaza_sonucu (Yaralı)	-,567	,146	,567	Kaza_Ayı(7)	-,553	,333	,575
Tecrübe_Yıl (0-5)	1,117	,238	3,055	Kaza_Ayı(8)	,128	,280	1,136
Tecrübe_Yıl (5-10)	1,121	,237	3,068	Kaza_Ayı(9)	-,103	,289	,902
Tecrübe_Yıl (10-15)	,850	,261	2,339	Kaza_Ayı(10)	-,109	,294	,897
Tecrübe_Yıl (15-20)	1,055	,274	2,872	Kaza_Ayı(11)	-,340	,312	,712
Yol_Geo_şekli(Eğimsiz)	,179	,711	1,196	Kaza_yeri(Cadde)	-,147	,149	,864
Yol_Geo_şekli(Hafif eğimli)	,283	,728	1,327	Kaza_yeri(Diğer)	-1,287	1,008	,276
Gün_Durumu(Gündüz)	-,514	,301	,598	mevsim(Kış)	,289	,181	1,335
Gün_Durumu(Gece)	-,313	,311	,731	mevsim(İlkbahar)	-,042	,202	,959
Oluş_türü(Karşılıklı çarpışma)	-,275	,601	,760	mevsim(Yaz)	-,064	,181	,938
Oluş_türü(Arkadan çarpma)	-,106	,671	,899	Yer_yeri (içi)	-,049	,267	,952
Oluş_türü(Yandan çarpma)	-,115	,505	,892	Kaza_günü(Pazartesi)	-,061	,260	,941
Oluş_türü(Duran araca çarpma)	-11,142	185,853	,000	Kaza_günü(Salı)	-,017	,249	,983
Oluş_türü(Sabit Cisme çarpma)	-11,142	219,000	,000	Kaza_günü(Çarşamba)	,187	,247	1,206
Oluş_türü(Yayaya çarpma)	-,007	,550	,993	Kaza_günü(Perşembe)	-,019	,258	,981
Oluş_türü(Devrilme)	-11,142	230,102	,000	Kaza_günü(Cuma)	,071	,256	1,073
Kavşak(Üç yönlü (T))	,213	,287	1,237	Kaza_günü(Cumartesi)	,061	,246	1,063
Kavşak(Üç yönlü (Y))	,218	,375	1,244	Hava_Durumu(Açık)	-,018	1,003	,982
Kavşak(Dört yönlü)	-,081	,243	,922	Hava_Durumu(Bulutlu)	,388	1,012	1,474
Kavşak(5+ yönlü)	-,037	,342	,963	Hava_Durumu(Sisli)	,478	1,415	1,612
Kavşak(Dönel)	-,218	,316	,804	Hava_Durumu(Yağmurlu)	,071	1,029	1,073
Kavşak(Diğer kavşak türleri)	,119	,312	1,127				

4.2. Açıklayıcı Değişkenler için Hazard ve Yaşam Sürdürme Grafikleri;



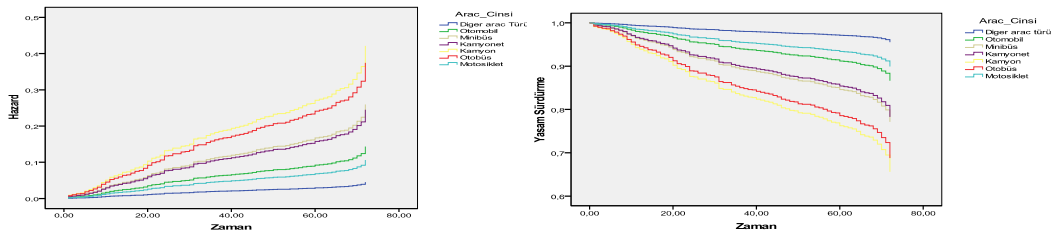
Şekil 4.1. Cinsiyet değişkeni için hazard ve yaşam sürdürme grafiği

Erkek sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanları kadın sürücülere göre daha fazla olduğu söylenebilir.



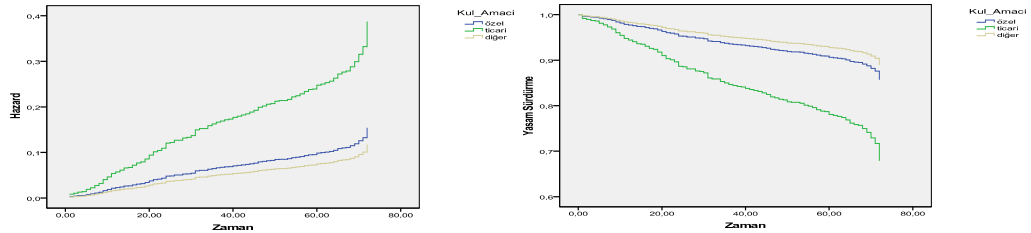
Şekil 4.2. Öğrenim değişkeni için hazard ve yaşam sürdürme grafiği

Öğrenim durumu ilköğretim ve lise olan sürücüler en riskli grubu oluşturmaktadır ve daha sonra sırasıyla yüksek okul, ortaokul ve öğrenim durumu belirlenemeyenler olarak sıralanabilir.



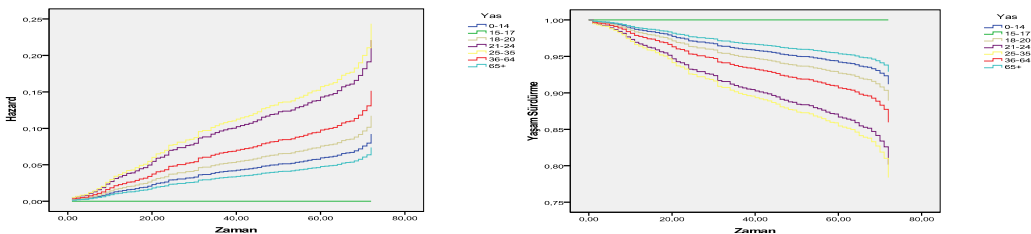
Şekil 4.3. Araç cinsi değişkeni için hazard ve yaşam sürdürme grafiği

Kamyon ve otobüs kullanan sürücülerin diğer sürücülere göre en riskli grubu oluşturduğu söylenebilir.



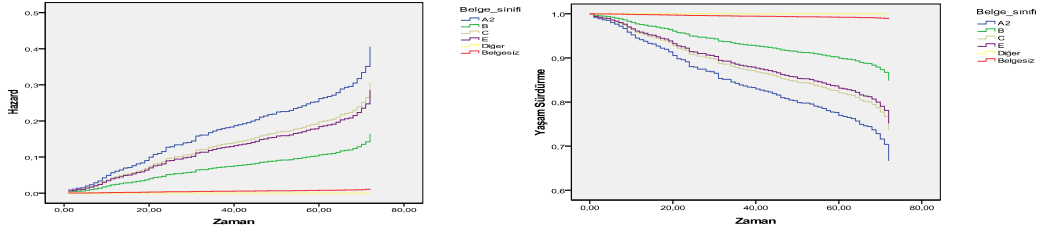
Şekil 4.4. Kullanım amacı değişkeni için hazard ve yaşam sürdürme grafiği

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.



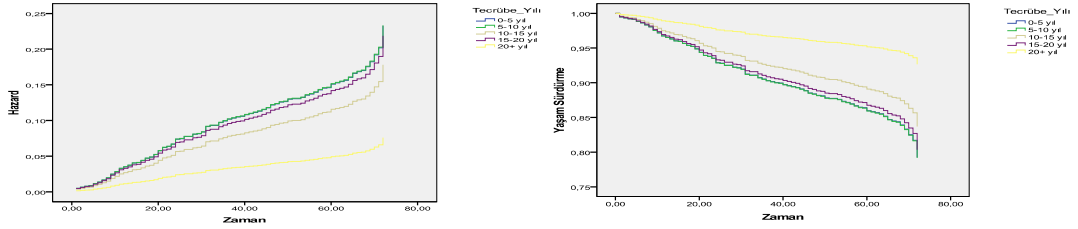
Şekil 4.5. Yaş değişkeni için hazard ve yaşam sürdürme grafiği

Yaş değişkeni için; 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.



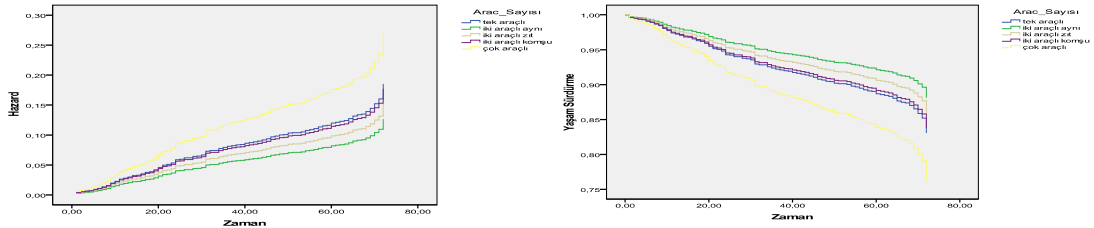
Şekil 4.6. Belge sınıfı değişkeni için hazard ve yaşam sürdürme grafiği

A2 ehliyetine sahip sürücüler, kırmızı ışık kural ihlali yapma riskinin en fazla olduğu sürücüler olarak tespit edilmiş ve risk durumuna göre C, E ve B ehliyetine sahip sürücüler olarak sıralayabiliriz.



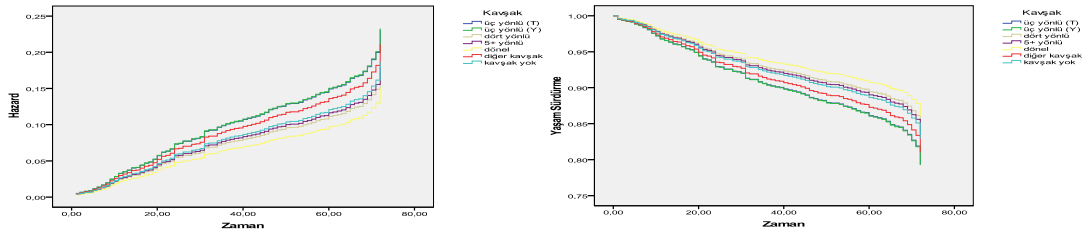
Şekil 4.7. Tecrübe yılı değişkeni için hazard ve yaşam sürdürme grafiği

0-5 yıl ve 5-10 yıl sürücü belgesine sahip olan sürücülerin kırmızı ışık kural ihlali yapma riskinin en fazla olduğunu görülmüştür. 20 yılın üzerinde ehliyeti olan sürücülerin kırmızı ışık kural ihlalini yapma riskinin en az olduğu söylenebilir.



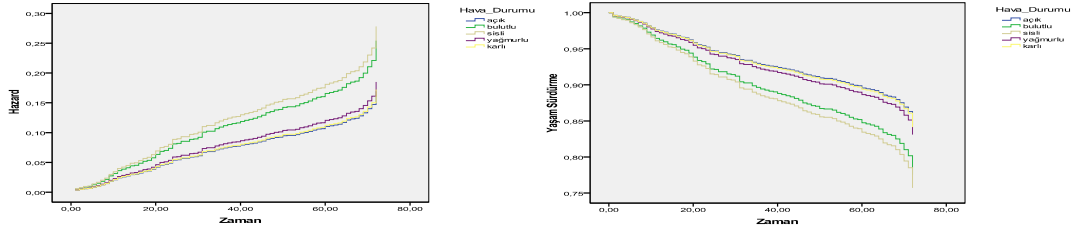
Şekil 4.8. Araç sayısı değişkeni için hazard ve yaşam sürdürme grafiği

Çok araçlı şeklinde trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanı en yüksek olan grubu oluşturmaktadır. 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.



Şekil 4.9. Kavşak değişkeni için hazard ve yaşam sürdürme grafiği

Üç yönlü (T) ve üç yönlü (Y) şeklindeki kavşaklarda trafik kazası yapan sürücülerin tekrar kırmızı ışık kural hatası yapma risk puanları bakımından en riskli kavşaklar olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.10. Hava durumu değişkeni için hazard ve yaşam sürdürme grafiği

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.

Açıklayıcı değişkenlerin hazard oranlarına göre, değişkenlerin kategorileri arasındaki kırmızı ışık ihlali yapma risk puanları belirlenebilir. Cinsiyet değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenilirlik düzeyinde; erkek sürücülerin, kadın sürücülere göre 2,567 kat daha fazla risk altında olduğu söylenebilir. Öğrenim değişkeni için; ilkökul mezunu sürücülerin, ortaokul mezunu sürücülere göre kırmızı ışık ihlali yapma riskinin 1,85 kat daha fazla olduğu, lise mezunu sürücülerin, ortaokul mezunu sürücülere göre kırmızı ışık ihlali yapma riskinin 1,84 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Yüksek okul mezunu sürücülere göre, lise mezunu sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski 1,350 kat ve ilkökul mezunu sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riski 1,356 kat daha fazla oldu söylenebilir. Ticari amaçlı olarak araç kullanan sürücülerin, özel amaçlı araç kullanan sürücülere göre kırmızı ışık ihlali yapma riski 2,51 kat daha fazla olduğu bulunmuştur. Trafik kazasından yaralı olarak kurtulan sürücülerin, kazada hiç yara almadan kurtulan sürücülere göre ikinci kez kırmızı ışık ihlali yapma riski 0,567 kat daha az 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 riskinin, kamyon kullanan sürücülerden 2,95 kat, otobüs kullanan sürücülerden 2,62 kat ve minibüs kullanan sürücülerden 1,82 kat daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Sürücü belgesi sınıfına göre, A2 ehliyeti olan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin, 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 riskinin, B sınıfı ehliyeti olan sürücülerden 1,86 kat daha fazla olduğu söylenebilir. E ehliyeti olan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin, B sınıfı ehliyeti olan sürücülerden 1,74 kat daha fazla olduğu söylenebilir. 0-5 ve 5-10 yıllık tecrübeye sahip sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin diğer tecrübe yıllarına göre daha fazla olduğu söylenebilir. Devlet yolunda kaza yapan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin, 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 durumlarının diğer kaza oluşum şekillerine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Arkadan çarpma şeklinde kaza yapan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin, 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 riskinin, diğer kazaya karışan araç sayılarına göre daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Tek araçlı kazaya karışan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin, 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 riskinin, diğer hava durumlarına göre daha fazla olduğu görülmüştür. Gün durumuna göre alacakaranlıkta kaza yapan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin, diğer gün durumlarına göre daha fazla olduğu görülmüştür. Gece kaza yapan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin, gündüz kaza yapan sürücülerden 1,22 kat daha fazla olduğu söylenebilir. Mevsimlere göre kış aylarında kaza yapan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin, diğer mevsimlere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Üç yönlü (T) ve üç yönlü (Y) şeklindeki kavşaklarda kazaya karışan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin, diğer kavşak türlerine göre daha fazla olduğu saptanmıştır. Üç yönlü (T) kavşaklarda kazaya karışan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin, dört yönlü kavşaklarda kazaya karışan sürücülerden 1,34 kat daha fazla olduğu söylenebilir. Üç yönlü (Y) kavşaklarda kazaya karışan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin, dört yönlü kavşaklarda kazaya karışan sürücülerden 1,35 kat daha fazla olduğu söylenebilir.

4.3.Cox oransal hazard regresyon modeli

Analizde öncelikle, 2003 yılında kırmızı ışık kural hatası nedeniyle ölümlü-yaralanmalı trafik kazası yapan sürücülerin 2009 yılına kadar gözlemlenmesi sonucu tekrar kırmızı ışık kural hatası yapmalarını etkileyebileceği düşünülen açıklayıcı değişkenler belirlenmiştir. Bu değişkenler cinsiyet, yaş, öğrenim durumu, kullanılan aracın cinsi, aracı kullanım amacı, sürücünün belge sınıfı, tecrübe yılı, kaza yeri, kaza yerleşim yeri, kazanın oluş türü, kazaya karışan araç sayısı, kaza saati, kaza günü, kaza ayı, kaza sonucu durum, kaza mevsimidir. Bu değişkenlerin hepsi modele alınarak ileriye doğru adimsal seçim yöntemi kullanılarak modele giren değişkenler belirlenmiştir.

$$\hat{h}(t) = \hat{h}_0(t) \exp \left[\begin{array}{l} \hat{\beta}_{11}cinsiyet(1) + \hat{\beta}_{12}cinsiyet(2) + \hat{\beta}_{21}yaş(1) + \hat{\beta}_{22}yaş(2) + \dots \\ \hat{\beta}_{31}öğrenim(1) + \hat{\beta}_{32}öğrenim(2) + \dots + \hat{\beta}_{41}AracCinsi + \dots \\ \hat{\beta}_{51}KullanımAmacı(1) + \dots + \hat{\beta}_{61}BelgeSınıfı(1) + \dots + \dots \\ \dots + \hat{\beta}_{20_3}Mevsim(3) + \hat{\beta}_{20_4}Mevsim(4) \end{array} \right] \quad (5.1)$$

Adimsal yöntemde $-2\text{Log}L$ değerini çok az arttıran ve en büyük p değerine sahip olan açıklayıcı değişkenler modelden çıkarılarak devam edilmiştir. İleriye doğru adimsal seçim yöntemine göre analize giren değişkenlerden sadece kullanım amacı, yaş ve belge sınıfı değişkenleri %95 güvenle önemli bulunmuştur.

Tablo 4.2. Modelde yer alan değişkenlerin 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_sınıfı
2. adımda modele giren değişken: Yas
3. adımda modele giren değişken: Kul_Amacı
- Blok sayısı 0, ilk giriş olabirlik fonksiyonu :-2 Log L: 3326,272
- Blok sayısı 1, Baslangıç Yöntemi = ileri doğru seçim yönetemi (Olabilirlik Oranı)

Çizelge 4.2.'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.

Tablo 4.3. Modelde yer alan değişkenlerin katsayı tahminleri

		B	Sh	Wald	Sd	P değeri	HO Exp(B)
Adım 1	Belge_sınıfı			36,96	5	0,00	
	Belge_sınıfı(1)	3,51	0,80	19,18	1	0,00	33,51
	Belge_sınıfı(2)	2,61	0,71	13,34	1	0,00	13,58
	Belge_sınıfı(3)	3,23	0,74	19,26	1	0,00	25,27
	Belge_sınıfı(4)	3,16	0,71	19,58	1	0,00	23,61
	Belge_sınıfı(5)	-9,45	151,91	0,00	1	0,95	0,00
Adım 2	Yaş			24,58	6	0,00	
	Yaş(1)	2,47	1,04	5,70	1	0,02	11,82
	Yaş(2)	-8,35	193,87	0,00	1	0,97	0,00
	Yaş(3)	1,03	0,81	1,63	1	0,20	2,80
	Yaş(4)	1,41	0,73	3,71	1	0,05	4,09
	Yaş(5)	1,10	0,72	2,37	1	0,12	3,01
	Yaş(6)	0,58	0,72	0,66	1	0,42	1,79
	Belge_sınıfı			41,64	5	0,00	
	Belge_sınıfı(1)	3,69	0,84	19,24	1	0,00	40,13
	Belge_sınıfı(2)	2,78	0,76	13,46	1	0,00	16,03
	Belge_sınıfı(3)	3,42	0,79	18,95	1	0,00	30,42
	Belge_sınıfı(4)	3,49	0,76	20,91	1	0,00	32,84
	Belge_sınıfı(5)	-9,56	147,70	0,00	1	0,95	0,00
	Adım 3	Kul_Amacı			14,15	2	0,00
Kul_Amacı(1)		0,54	0,42	1,59	1	0,21	1,71
Kul_Amacı(2)		1,09	0,43	6,31	1	0,01	2,97
Yaş				24,17	6	0,00	
Yaş(1)		2,65	1,05	6,36	1	0,01	14,21
Yaş(2)		-8,36	201,53	0,00	1	0,97	0,00
Yaş(3)		1,01	0,81	1,56	1	0,21	2,74
Yaş(4)		1,37	0,73	3,50	1	0,05	3,93
Yaş(5)		1,08	0,72	2,28	1	0,13	2,95
Yaş(6)		0,58	0,72	0,64	1	0,42	1,78
Belge_sınıfı				28,88	5	0,00	
Belge_sınıfı(1)		3,78	0,86	19,50	1	0,00	43,68
Belge_sınıfı(2)		2,84	0,77	13,53	1	0,00	17,08
Belge_sınıfı(3)		3,30	0,80	16,91	1	0,00	27,11
Belge_sınıfı(4)		3,36	0,78	18,37	1	0,00	28,79
Belge_sınıfı(5)		-9,59	150,67	0,00	1	0,95	0,00

Çizelge 4.3'den anlaşılacağı gibi incelenilen 20 açıklayıcı değişkenden kullanım amacı, yaş ve belge sınıfı değişkenleri p değeri 0,05'den küçük ($p < 0,05$) olduğu için cox oransal hazard regresyon modeli için anlamlı olduğu görülmüştür.

Aracı kullanım amacı değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenirlilik düzeyinde; diğer araç kullanım amaçları olarak belirlediğimiz “emniyet, askeri ve diğer kamu” araç kullananlara göre ticari amaçlı olarak araç kullanan sürücülerin 2,973 kat daha fazla risk altında olduğu hazard oranlarına bakılarak söylenebilir.

Yaş değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenilirlik düzeyinde; 65+ yaş grubuna göre, 0-14 yaş grubunun 14,210 kat daha fazla risk altında, 21-24 yaş grubunun 3,927 kat daha fazla risk altında olduğu hazard oranlarına bakılarak söylenebilir.

Sürücü belgesi sınıfı değişkeninin bütün düzeyleri dikkate alındığında %95 güvenilirlik düzeyinde; A2 sınıfı ehliyeti olan sürücülerin B sınıfı ehliyeti olan sürücülere göre 2,56 (43,68/17,08) kat daha fazla risk altında, C sınıfı ehliyeti olan sürücülerin B sınıfı ehliyeti olan sürücülere göre 1,59 kat daha fazla risk altında, E sınıfı ehliyeti olan sürücülerin C sınıfı ehliyeti olan sürücülere göre 1,06 kat daha fazla risk altında olduğunu hazard oranlarına bakılarak söylenebilir.

Modelleme süreci sonunda elde edilen orantılı hazard regresyon modeli tahmini (4.2)'deki gibidir;

$$\hat{h}(t) = \hat{h}_0(t) \exp \left[\begin{array}{l} \hat{\beta}_{51}Kul_amacı(1) + \hat{\beta}_{52}Kul_amacı(2) + \hat{\beta}_{21}Yas(1) + \hat{\beta}_{22}Yas(2) \\ \hat{\beta}_{23}Yas(3) + \hat{\beta}_{24}Yas(4) + \hat{\beta}_{25}Yas(5) + \hat{\beta}_{26}Yas(6) + \hat{\beta}_{61}BelgeSinifi(1) \\ \hat{\beta}_{62}BelgeSinifi(2) + \hat{\beta}_{63}BelgeSinifi(3) + \hat{\beta}_{64}BelgeSinifi(4) + \hat{\beta}_{65}BelgeSinifi(5) \end{array} \right] \quad (4.2)$$

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 giren açıklayıcı değişken) kullanılır. İleriye doğru adımsal seçim yöntemi kullanılarak oluşturulan T_COV açıklayıcı değişkeninin bulunduğu yeni model genişletilmiş cox regresyon modeli 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 modellerinin belirlenmesine yönelik yapılan analiz sonucunda yalnızca yaş değişkeni zamana bağlı açıklayıcı değişken olarak bulunmuştur.

Yaş değişkeni için;

Cox Regresyon Modeline ait $-2\text{Log}L=3198,224$
Genişletilmiş Cox Regresyon Modeline ait $-2\text{Log}L=3195,017$

$$H_0: \delta_i = 0$$

$$H_1: \delta_i \neq 0$$

$$\begin{aligned} LR &= -2\text{Log}L_{\text{Cox Regresyon Modeli}} - (-2\text{Log}L_{\text{Genişletilmiş Cox Regresyon modeli}}) \\ &= 3198,224 - 3195,017 \\ &= 3,207 \end{aligned}$$

Orantılı hazard varsayımı 1 serbestlik dereceli ki-kare (tablo değeri: 3,84) dağılımına göre olasılık oran istatistiği yardımı ile test edilmiş ve $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde H_0 hipotezi red edilmemiştir. Orantılı hazard varsayımının sağlandığı görülmüştür. Bu sonuca göre genişletilmiş cox oransal hazard modelinin alternatif bir model olmadığı söylenebilir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Açıklayıcı değişken için verilen hazard oranları yardımıyla değişkenlerin kategorileri arasındaki risk durumları belirlenmiştir. Buna göre erkek sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin en fazla olduğu gözlemlenmiştir. Öğrenim değişkenine göre, ilkokul ve lise mezunu sürücülerin

kırmızı ışık ihlali yapma riskinin diğer öğrenimlere göre en fazla oldu tespit edilmiştir. Kamyon ve otobüs gibi büyük araç sürücülerinin ikinci kez kırmızı ışık ihlali yapma riski açısından en riskli grup olduğu söylenebilir. A2 ehliyetli sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma risk puanı en yüksektir. Kaza sonucunda yaralanmadan sağ kurtulan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma risk puanı, yaralanan ve tedavi gören sürücülerden daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. 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.

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 şey 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 yapmalarını engellenebilir.

Üç yönlü (T) ve üç yönlü (Y) şekilli kavşakların, kazaya sebep olma açısından 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.

6. KAYNAKLAR

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

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 s. 1-201 (1984).

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

Dr. F. Temel ve 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).

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

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

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

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

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

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*, (2

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

7. YAYINLANDIĞI YERLER

1. Karayolları Trafik Sempozyumu ve kamu güvenliği fuarında 11 Mayıs 2011 tarihinde karayolu trafik kaza analiz yöntemleri kısmında sunulmuştur. “http://www.karayoltrafiksempozyumu.com/2011/index.php?option=com_content&view=article&id=50:sempofuar&catid=3:newsflash&Itemid=57”

2. Türkiye İstatistik Kurumu Araştırma Dergisi Temmuz 2011 sayısında makale olarak yayınlanmıştır. “<http://www.tuik.gov.tr/iad/indexDergi.html>”

3. Ankara Trafik Vakfı Temmuz-Ağustos-Eylül / 2011 sayısında yayınlanmıştır.

4. “**Işık ihlalinden vazgeçmediler**” adında gazete ve televizyonlarda 20.08.2011 tarihinde yayın yapılmıştır.