

COX ORANSAL HAZARD REGRESYON MODELİ VE TRAFİK VERİLERİNE UYGULANMASI

Filiz KARDİYEN*

Gökhan KAYGISIZ**

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 Kelimeler: 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 ihlalinden 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

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

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 kullanılabilir.

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 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) zamanına kadar yaşamının sona erme riskidir.

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

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,∞) aralığında pozitif değer alan bir oranı ifade etmektedir. Yaşam sürdürme fonksiyonunun dağılımına göre hazard fonksiyonunun dağılımı farklı yapıdadır.

2.2 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.

- 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 durum tanımladığımız olayın meydana gelmesini engellemişse gözlem altındaki bireyler durdurulmuş olur.

Herhangi bir araştırmada 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. Kanser 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 kadar ki yaşam sürdürme süresi de yaşam sürdürme analizi süresine dahil edilebilir.

Yaşam sürdürme analizinde 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).

3. COX ORANSAL HAZARD REGRESYON MODELİ

Yaşam sürdürme analizinde 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;

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

x : Sabit zamanlı değişkenlerden meydana gelen açıklayıcı değişken

β : Bilinmeyen parametreler vektörü

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

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

Cox Regresyon modelini $h_0(t)$ fonksiyonu parametrik olmayan model haline getirmektedir. Ayrıca $h_0(t)$ '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;

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

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;

$$HR = \frac{h(t, X^*)}{h(t, X)} = \frac{h_0(t) \exp(\sum_{i=1}^p [\beta_i X_i^*])}{h_0(t) \exp(\sum_{i=1}^p [\beta_i X_i])} = \frac{\exp(\sum_{i=1}^p [\beta_i X_i^*])}{\exp(\sum_{i=1}^p [\beta_i X_i])} = \varphi$$

$t > 0$: 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.

3.2 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;

$$L(\beta) = \prod_{j=1}^n (\exp(\beta' X(j))) / (\sum_{l \in R(t(j))} \exp(\beta' X_l))$$

olarak ifade edilir.

4. MODELİN ORANSALLIK VARSAYIMININ TEST EDİLMESİ

Cox regresyon modelinde açıklayıcı değişkenlere ilişkin en önemli varsayımlardan biri, hazardların oransal olduğu varsayımdır. 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. Grafikselle yaklaşım,
2. Uyum iyiliği yaklaşımı,
3. Zamana bağlı yaklaşımlar.

4.1 Grafikselle Yaklaşım

Grafikselle yaklaşım, modelin oransal hazard regresyon modeline uygun olup olmadığını belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Grafikselle yaklaşımda grafiği kullanılarak modelin uygun olup olmadığı, yaşam sürdürme eğrilerinin birbirine paralel olup olmamasına göre test edilir. Literatürde log-log grafiği olarak bilinir.

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

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

Yaşama sürdürme fonksiyonunun iki kez logaritması alınarak;

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

$$\ln[-\ln s(t, x)] = \ln \left[-\exp \left[\sum_{j=1}^p \beta_j x_j \right] \ln s_0(t) \right]$$

$$\ln[-\ln s(t, x)] = \ln \left[-\exp \left[\sum_{j=1}^p \beta_j x_j \right] + \ln[-\ln s_0(t)] \right]$$

şeklinde ifade edilir (David G. Kleinbaum, 1996).

4.2 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 bütünü test etmesi en büyük dezavantajıdır (Andersen, P. K., 1982).

4.3 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 değeri tercih edilebilir (Hosmer ve Lemeshow, 1999).

Cox oransal hazard modeli zamana bağlı değişkenler içerecek şekilde genişletilirse;

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

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.

$$g(t) = t, \quad (1)$$

$$g(t) = \log t \quad (2)$$

ya da

$$g(t) = \begin{cases} 1 & t \geq t_0 \\ 0 & t < t_0 \end{cases} \quad (3)$$

(1), (2) ve (3)'deki gibi farklı fonksiyonlar kullanılabilir. Fakat Cox orantılı hazard 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).

5. 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).

5.1 Veri Tanımlaması

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. 18 sürücü bu kırmızı ışık kazasında hayatını kaybetmiş olduğu için çalışmaya alınmamıştır. 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 5.1. Açıklayıcı değişkenlerin olay (1) ve durdurma (0) frekansları

Değişken Düzeyleri		N	Olay (1)	Durdurma (0)	Değişken Düzeyleri		N	Olay (1)	Durdurma (0)
Cinsiyet					Oluşum Türü				
Erkek	(1)	1662	223	1439	Karşılıklı Çarpışma	(1)	82	9	73
Kız	(2)	91	5	86	Arkadan Çarpma	(2)	37	5	32
Yaş					Yandan Çarpma	(3)	1443	191	1252
0-14	(1)	30	2	28	Duran araca Çarpma	(4)	12	0	12
15-17	(2)	39	0	39	Sabit Cisme Çarpma	(5)	9	0	9
18-20	(3)	82	7	75	Yaya Çarpma	(6)	134	19	115
21-24	(4)	222	35	187	Devrilme	(7)	8	0	8
25-35	(5)	606	102	504	Yoldan Çıkma	(8)	28	4	24
36-64	(6)	736	80	656	Araç Sayısı				
65+	(7)	38	2	36	Tek Araçlı	(1)	179	23	156
Öğrenim					İki araçlı Aynı Yönlü	(2)	32	3	29
Belirsiz	(1)	44	3	41	İki Araçlı Zıt Yönlü	(3)	76	8	68
İlk Okul	(2)	860	126	734	İki araçlı Komşu Yönlü	(4)	1329	168	1161
Orta Okul	(3)	245	20	225	Çok Araçlı	(5)	137	26	111
Lise	(4)	377	54	323	Hava Durumu				
Yüksek Okul	(5)	227	25	202	Açık	(1)	1370	167	1203
Araçın Cinsi					Bulutlu	(2)	241	42	199
Motosiklet	(1)	246	19	227	Sisli	(3)	5	1	4
Otomobil	(2)	983	102	881	Yağmurlu	(4)	128	17	111
Minibüs	(3)	81	15	66	Karlı	(5)	9	1	8
Kamyon	(4)	152	42	110	Gün Durumu				
Kamyonet	(5)	173	29	144	Gündüz	(1)	1172	140	1032
Otobüs	(6)	82	20	62	Gece	(2)	521	76	445
Diğer	(7)	36	1	35	Alaca Karanlık	(3)	60	12	48
Kullanım Amacı					Yolun Şekli				
Özel	(1)	1418	156	1262	Eğimsiz	(1)	1504	193	1311
Ticari	(2)	263	66	197	Hafif Eğimli	(2)	230	33	197
Diğer	(3)	72	6	66	Dik Eğimli	(3)	19	2	17
Belge Sınıfı					Kavşak				
A2	(1)	26	7	19	Üç Yönlü (T)	(1)	199	31	168
B	(2)	837	99	738	Üç Yönlü (Y)	(2)	68	11	57
C	(3)	117	24	93	Dört Yönlü	(3)	891	110	781
E	(4)	492	96	396	5+ Yönlü	(4)	115	15	100
Diğer	(5)	61	0	61	Dönel	(5)	186	20	166
Belgesiz	(6)	220	2	218	Diğer Kavşaklar	(6)	142	21	121
Tecrübe Yılı					Kavşak Yok	(7)	152	20	132
0-5 Yıl	(1)	407	67	340	Mevsim				
5-10 Yıl	(2)	424	69	355	Kış	(1)	366	61	305
10-15 Yıl	(3)	298	38	260	İlkbahar	(2)	369	41	328
15-20 Yıl	(4)	198	30	168	Yaz	(3)	525	60	465
20+ Yıl	(5)	426	24	402	Sonbahar	(4)	493	66	427
Kaza Yeri					Kaza Sonucu				
Cadde	(1)	1304	165	1139	Yaralı	(1)	718	66	652
Devlet Yolu	(2)	425	62	363	Sağ	(2)	1035	162	873
Diğer	(3)	24	1	23					
Kaza Yerleşim Yeri									
Yerleşim Yeri	(1)	1642	213	1426					
Yerleşim Yeri Dışı	(2)	111	15	96					

Tablo 5.2. Bütün açıklayıcı değişkenler için hazard oranları (HO)

	β	Sh	P değeri	HO Exp (B)		β	Sh	P değeri	HO Exp (B)
Cinsiyet (Erkek)	,943	,452	0,037	2,567	Yas(0-14)	,224	1,000	0,017	1,251
Öğrenim(Belirsiz)	-,489	,611	0,423	,613	Yas(15-17)	-10,139	108,542	0,926	,000
Öğrenim(İlkokul)	,305	,219	0,164	1,356	Yas(18-20)	,465	,802	0,028	1,592
Öğrenim(Ortaokul)	-,310	,300	0,001	,733	Yas(21-24)	1,099	,727	0,019	3,000
Öğrenim(Lise)	,300	,242	0,044	1,350	Yas(25-35)	1,195	,714	0,038	3,302
(Tek Araçlı)	-,381	,286	0,184	,683	Yas(36-64)	,720	,716	0,315	2,054
(İki araçlı aynı yönlü)	-,761	,610	0,012	,467	Belge_sınıfı(A2)	3,512	,802	0,000	33,508
(iki araçlı zıt yönlü)	-,579	,404	0,053	,561	Belge_sınıfı(B)	2,609	,714	0,000	13,582
(İki araçlı komşu yönlü)	-,426	,211	0,043	,653	Belge_sınıfı(C)	3,230	,736	0,000	25,271
(Diğer araç türleri)	-,846	1,026	0,410	,429	Belge_sınıfı(E)	3,161	,714	0,000	23,605
Otomobil	,299	,250	0,025	1,349	Belge_sınıfı(Diğer)	-9,446	151,906	0,950	,000
Minibüs	,893	,345	0,042	2,443	Kaza_yeri(Cadde)	-,147	,149	0,025	,864
Kamyonet	,835	,295	0,058	2,304	Kaza_yeri(Diğer)	-1,287	1,008	0,092	,276
Kamyon	1,377	,277	0,028	3,964	Yer_yeri (içi)	-,049	,267	0,952	,952
Otobüs	1,259	,320	0,040	3,521	Tecrübe_Yıl (0-5)	1,117	,238	0,000	3,055
Kul_Amacı(Özel)	,274	,416	0,510	1,316	Tecrübe_Yıl (5-10)	1,121	,237	0,000	3,068
Kul_Amacı(Ticari)	1,195	,426	0,049	3,303	Tecrübe_Yıl (10-15)	,850	,261	0,001	2,339
Eğimsiz	,179	,711	0,810	1,196	Tecrübe_Yıl (15-20)	1,055	,274	0,000	2,872
Hafif eğimli	,283	,728	0,860	1,327	kaza_sonucu (Yaralı)	-,567	,146	0,000	,567
Gün_Durumu(Gündüz)	-,514	,301	0,046	,598	Hava_Açık	-,018	1,003	0,985	,982
Gün_Durumu(Gece)	-,313	,311	0,038	,731	Hava_Bulutlu	,388	1,012	0,702	1,474
Karşılıklı çarpışma	-,275	,601	0,253	,760	Hava_Sisli	,478	1,415	0,736	1,612
Arkadan çarpma	-,106	,671	0,000	,899	Hava_Yağmurlu	,071	1,029	0,945	1,073
Yandan çarpma	-,115	,505	0,002	,892	Kavsak(Üç yönlü (T))	,213	,287	0,042	1,237
Duran araca çarpma	-11,142	185,853	0,898	,000	Kavsak(Üç yönlü (Y))	,218	,375	0,031	1,244
Sabit Cisme çarpma	-11,142	219,000	0,896	,000	Kavsak(Dört yönlü)	-,081	,243	0,049	,922
Yayaya çarpma	-,007	,550	0,023	,993	Kavsak(5+ yönlü)	-,037	,342	0,987	,963
Devrilme	-11,142	230,102	0,896	,000	Kavsak(Dönel)	-,218	,316	0,491	,804
mevsim(Kış)	,289	,181	0,022	1,335	Diğer kavşak	,119	,312	0,703	1,127
mevsim(İlkbahar)	-,042	,202	0,956	,959					
mevsim(Yaz)	-,064	,181	0,958	,938					

İstatistiksel olarak anlamlı bulunan 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; 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 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. İki araçlı komşu yönlü kazaya karışan sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin, iki araçlı aynı yönlü kazaya karışan sürücülerden 1,39 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. 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. Kaza saati, kaza günü ve kaza ayı açıklayıcı değişkenleri anlamlı bulunmadığı için Tablo 5.2'ye alınmamıştır.

5.2 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.

$$\hat{h}(t) = \hat{h}_0(t) \exp[\hat{\beta}_{11} \text{cinsiyet}(1) + \dots + \hat{\beta}_{203} \text{Mevsim}(3) + \hat{\beta}_{204} \text{Mevsim}(4)] \quad (4)$$

Adimsal yöntemde -2LogL değerini en çok arttıran ve en küçük p değerine sahip olan açıklayıcı değişkenler modele eklenerek devam edilmiştir. İleriye doğru adimsal seçim yöntemine göre analize giren değişkenlerden sadece kullanım amacı, yaş ve belge sınıfı değişkenleri %95 güvenle önemli bulunmuştur.

Tablo 5.3. Adımsal regresyon modeli sonuçları

Adım	-2 Log L	Genel (Puan)			Adımdaki Değişim			Bloktaki Değişim		
		Ki-kare	sd	P	Ki-kare	sd	P	Ki-kare	sd	P
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	,000	128,048	13	,000

1. Adımda modele giren değişken: Belge_sınıfı
2. Adımda modele giren değişken: Yaş
3. Adımda modele giren değişken: Kul_Amacı
- Blok sayısı 0, ilk giriş olabilirlik fonksiyonu: -2Log L: 3326,272
- Blok sayısı 1, Başlangıç Yöntemi = ileri doğru seçim yöntemi (olabilirlik oranı)

Tablo 5.3’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 5.4. 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	

Tablo 5.4'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 güvenirlilik 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 güvenirlilik 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 (5)'deki gibidir;

$$\hat{h}(t) = \hat{h}_0(t) \exp[\beta_{51}KulAmanci(1) + \dots + \beta_{64}BelgeSınıfı(4) + \beta_{65}BelgeSınıfı(5)] \quad (5)$$

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 $T_COV_ = T_*(\text{Modele giren açıklayıcı değişken})$ 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 $-2\text{LogL}=3198,224$

Genişletilmiş Cox Regresyon Modeline ait $-2\text{LogL}=3195,017$

$$H_0: \delta_i = 0$$

$$H_1: \delta_i \neq 0$$

$$LR = -2\text{LogL}(\text{Cox Regresyon Modeli}) - (-2\text{LogL}(\text{Genişletilmiş Cox Regresyon modeli}))$$
$$= 3198,224 - 3195,017$$
$$= 3,207$$

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. Bu sonuca göre genişletilmiş Cox oransal hazard modelinin alternatif bir model olmadığı söylenebilir.

6. 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, ilköğretim ve lise mezunu sürücülerin kırmızı ışık ihlali yapma riskinin diğer öğrenimlere göre en fazla olduğu 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.

Yapılan adimsal regresyon sonuçlarına göre; aracı kullanım amacı, yaş ve belge sınıfı açıklayıcı değişkenleri oransal hazard regresyon modelinde yer almıştır. Kırmızı ışık kural hatası yapan sürücülerin tekrar aynı kural hatasını yapma risklerini belirlerken sürücünün aracı hangi amaçla kullandığı, belge sınıfı ve yaşının belirleyici olduğu tespit edilmiştir.

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. Modelde yer alan açıklayıcı değişkenlere göre sürücünün ticari araç kullanması, yaşının 21-35 arasında olması ve ehliyetinin A2, C veya E sınıfı olması risk durumunu arttırmakta olduğunu dikkate alınmalıdır. Bu nedenle ticari amaçlı ağır taşıt

kullanan 21-35 yaş aralığındaki sürücülerin, trafik kuralları konusunda sürekli eğitilmeleri ve takip edilmelerinin gerekliliği söylenebilir.

7. KAYNAKLAR

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

Collett D., 2003. Modelling Survival Data in Medical Research, Chapman Hall London, 1-271.

Cox, D. R., Oakes, D., 1972. Analysis of Survival Data”, Chapman Hall, London.

Cox, D. R., 1984. Regression models and life tables, Journal of Royal Statistical Society, 187-220.

Temel, F., Özcebe, H., 2004. Türkiye’de Karayollarında Trafik Kazaları, Road Traffic Accidents in Turkey.

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

Kay, R., 1977. Proportional hazard regressional models and the analysis of censored survival data, Journal of Royal Statistical Society, 227-37.

Kleinbaum, D.G., 1982. Survival Analysis: A Self- Learning Text, Springer, 1-350.

Lawless, J.F., 1982. Statistical Models and Methods for Life Time Data ,Wiley, New York, 578.

Lee, E. T., 1992. Statistical Methods for Survival Analysis, Wiley, New York, 340.

Özdamar, K., 2003. Spss ile Biyoistatistik, Kaan Kitabevi, 472-502.

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

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

Torben M., T. H. Scheike, 2006. Dynamic Regression Models for Survival Data, Springer.

COX PROPORTIONAL HAZARD REGRESSION MODEL AND AN APPLICATION ON TRAFFIC DATA

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 is a widely used method in survival analysis to determine the factors that are effective on survival (failure) time. This method models the independent variables mathematically and determines the risk levels of them. In this study, the form of Cox Proportional Hazard Regression Model, parameter estimation techniques, hazard ratios and testing the proportional hazards assumption are discussed. In application study, the independent variables that are taught to be effective on the repetition of the traffic accidents caused by the red light violation are examined in terms of risk structure and the data is modeled with Cox Proportional Hazard Regression Model.

Keywords: Survival analysis, Cox proportional hazard regression model, Traffic accidents.