

TRAFİK KAZA VERİLERİNİN LOG LİNEER MODELLER İLE İNCELENMESİ

ANALYZING DATA ON TRAFFIC ACCIDENTS USING LOG LINEAR MODELS

Yrd. Doç. Dr. Erkan ARI¹

ÖZ

Bu çalışmada, TÜİK'in yayınlamış olduğu Trafik Kaza İstatistikleri (2011) verilerinden yararlanarak logaritmik doğrusal modeller yardımıyla yolun kaplanma cinsi ve yerleşim yerine göre trafik kaza sonucu verileri, kazanın olduğu yerdeki yol ve çevre özelliklerine göre trafik kaza sonucu verileri ve sürücülerin emniyet kemeri kullanma durumuna göre trafik kaza sonucu değişkenleri arasındaki ilişki yapısı araştırılmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda aydınlatma, trafik lambası ve yaya kaldırımı olan yerlerde ölümlü kazaların yaralanmalı kazalara göre daha az olduğu, şehir dışı yollarda trafik işaret levhası, yol şerit çizgisi ve banket bulunmasının ölümlü kazaları azalttığı belirlenmiştir. Çalışmada, ayrıca emniyet kemerinin takılı olduğu durumlarda ölen sürücü sayısının, yaralı sayısına göre daha az olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Trafik Kazaları, Ölümlü Kazalar, Logaritmik Doğrusal Modeller.

Jel Kodları: C1, C40, R40, R41.

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze, by means of logarithmic linear models, the relationships between the following data on Traffic Accident Statistics (2011) published by TÜİK: traffic accidents according to site and road pavement type; traffic accidents according to the road features and localities where the accidents took place, and the variables of the traffic accidents according to the drivers use of seat belts.

According to the results of our research, the number of accidents resulting in death is lower compared with accidents that cause injury in locations where road lighting, traffic lights and sidewalks are available, and it was established that traffic signage, lane lines and hard shoulders on interurban roads reduce the number of fatal accidents. The study also demonstrates that in accidents where the drivers are wearing seat belts, the number of drivers who die is lower when compared with the number of drivers who are injured.

Keywords: Traffic Accidents, Accidents Involving Death, Logarithmic Linear Models.

Jel Codes: C1, C40, R40, R41.

1. GİRİŞ

Trafik; insan, hayvan ve vasıtaların çeşitli yollar üzerinde gidiş-gelişleri biçiminde tanımlanabilir (Yıldız ve Karaca, 2015: 39). Bir başka tanımda ise trafik, ulaşımı sağlayan araç, sürücü, içinde seyredilen mekan ve bu mekana katılan diğer aktörlerden (diğer sürücüler

¹ Dumlupınar Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Kütahya. erkan.ari@dpu.edu.tr
iletişim: 05443613907

ve araçlar ile yayalar, trafik polisi gibi) oluşan devinim sürecidir (Gürçay ve Yüksel, 2002:118).

Türkiye’de ulaşım etkinliğinin %90’ından fazlası karayolu ile yapılmaktadır (Sungur vd., 2014:114). Bununla birlikte otomotiv sektöründeki gelişmeler sonucu yaygınlaşan motorlu taşıt kullanımı kaza riskini daha da arttırmaktadır (Şenel ve Şenel, 2013: 65). Günlük hayatta sıklıkla karşılaşılabilen kazalar çok farklı şekillerde meydana gelebilmekte, kimi zaman bireylerin geçici veya kalıcı sakatlanmalarına ya da ölümlerine neden olabilmektedir. Bu açıdan bir değerlendirme yapıldığında trafik kazalarının sonuçları itibari ile insanlara en büyük zararı veren kaza türleri arasında yerini aldığı söylenebilir (Özen vd., 2014: 2). Ülkemizde insan ölümleri nedenleri içinde trafik kazaları üçüncü sırayı almaktadır (Bayata ve Hattatoğlu, 2011: 32). Ölümlerin yanı sıra kazalar nedeniyle yaşanan ekonomik kayıp, kazada yaralananlara harcanan sağlık giderleri, kazazedelerin yakınlarının yaşadıkları psiko sosyal yıkıntılar ve diğer sorunlar dikkate alındığında trafik kazalarının Türkiye’nin en önemli toplumsal sorunlarından biri haline geldiği anlaşılmaktadır (Sümer ve Özkan, 2002:2).

Trafik kazaları, karayolları üzerinde hareket halinde bulunan araçların karıştığı ölüm, yaralanma ve maddi hasarla sonuçlanan olaylardır (Özerkmen, 2005; Alp ve Engin: 67). Bu ve buna benzer klasik kaza tanımlarının hemen hepsinde anlatılmak istenen “önceden planlanmayan, beklenmeyen ve bilinmeyen bir zamanda ortaya çıkan, can ve mal kaybı ile sonuçlanan kötü olaydır. Kaçınılmazlık algısı oluşturan bu ifadelerin yerine kazayı; “bilinen yanlış davranış ve ihmaller veya nedenler zincirinin son halkası olup, daha önce alınacak önlemler ile kaçınılabılır veya korunabilir bir olaydır” şeklinde tanımlamak gerekir (Akdur, 2012:12-20; Sungur vd., 2014: 114-115).

Türkiye İstatistik Kurumu’nun (TÜİK) yayınladığı “Karayolları Trafik Kaza İstatistikleri” ne göre, 2014 yılında ülkemizde 1 milyon 199 bin 10 adet trafik kazası meydana gelmiştir. Bu kazaların 1 milyon 300 bin 498 adedi maddi hasarlı, 168 bin 512 adedi ise ölümlü yaralanmalı trafik kazasıdır. Ölümlü yaralanmalı trafik kazaları sonucunda 3 bin 524 kişi hayatını kaybederken, 285 bin 59 kişi ise yaralanmıştır. Trafik kazalarından ölen kişilerin %42,7’si sürücü, %40,3’ü yolcu, %17,0’si ise yayadır. 2014 yılında ölümlü yaralanmalı trafik kazasına neden olan toplam 193 bin 215 kusura bakıldığında kusurların %88,6’sının sürücü, %9,4’ünün yaya, %1’inin yol, %0,6’sının taşıt ve % 0,5’inin yolcu kaynaklı olduğu görülmüştür (TÜİK, 2015).

Trafik kazalarının oluşumunu belirleyen etmenler arasında taşıma ortamı, karayolu yapısı, trafik yöntemi denetimi ve uygulanması, taşıt ve trafik koşulları, yolu kullananların davranışları (sürücü-yaya-yolcu) ve çevre koşulları yer almaktadır (Temel ve Özcebe, 2006: 193-194). Bu etmenlerden en çok kazaya sebep olan sürücüler; cinsiyet, yaş, deneyim eğitim, fizyolojik etmenler (sakatlık, şişmanlık, yorulma, yaşlılık vs.), görüş-duyuş yetersizliği, duyu hareket fonksiyonu, alkol, ilaç kullanımı, zeka, bozuk kişilik yapısı, risk kabulü, işini sevmeme, çalışma koşullarının olumsuzluğu, gürültü gibi faktörler etkilemektedir (Yıldız ve Karaca, 2015: 37-50).

Trafik kazalarına neden olan etmenlerden karayolu yapısı incelendiğinde; yol, köprü, menfez, kavşak, alt geçit, üst geçit, banket veya yaya kaldırımı, park yerleri, yol-şerit çizgileri, yolun asfalt ya da betonlanması gibi alt elamanlar ile aydınlatma, trafik lambası, trafik yönetim sistemi gibi faktörlerin etkili olduğu görülmüştür (Temel ve Özcebe, 2006: 194).

Trafik kazalarında ölenlerin aracın bir başka araca veya engele çarpmasından dolayı değil de aracın içinde ön konsola, direksiyona, tavana vs. çarpmalarıyla oluşan ikinci bir çarpışmadan

dolayı öldükleri saptanmıştır (Durna, 2011: 5). Bu nedenle emniyet kemeri büyük önem taşımaktadır. Emniyet kemeri takılarak araç içindeki ikinci çarpmalar engellenebilir ev dolayısıyla ölüm sayıları azalabilir.

Ülkemizde meydana gelen trafik kazalarında her yıl binlerce insanımız hayatını kaybetmekte, on binlercesi de yaralanmaktadır. Trafik kazaları sonucunda yok olan ve parçalanmış aileler ile yaşamın geri kalan bölümünü engelli olarak sürdürmek zorunda kalanlar olayın sosyal boyutunu ortaya koymakta, ayrıca yaralıların tedavi süreçleri ve maliyetleri ile kaza sonrasında meydana gelen maddi hasar miktarı ülke ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir.

Yukarıdaki tartışmaların ışığında, Türkiye’de meydana gelen trafik kazalarının neden ve sonuçları arasındaki ilişkinin ortaya konması büyük önem taşımaktadır. Çalışmada, şehir içi ve şehir dışı karayolları donanım özellikleri, yolun kaplanma cinsi ve emniyet kemerinin takılıp takılmamasının vs. trafik kaza sonuçları üzerindeki etkilerinin varlığı çok boyutlu tabloların analizinde kullanılan istatistiksel bir yöntem olan logaritmik doğrusal modeller ile ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Jovic-Vorko vd. (2006) tarafından, Hırvatistan Zagreb şehrinde artan yaralanma olaylarının azaltılması amacıyla 1999-2000 yılları arasında şehir içi trafik kazası riskleri analiz edilmiştir. Basit ve ikili analizleri kullanarak Ki-kare, odds (risk) oranları hesaplanmıştır. Ayrıca araştırma kapsamındaki ölü, ağır ve hafif yaralı olarak kategorize edilen 3 grubun risklerini belirlemek için %95 güven aralığı kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, kaza yerinde ve ulaşım esnasında gerçekleşen şehir içi trafik kazalarında 260 ağır, 213 hafif yaralı ve 55 ölü olmak üzere toplam 528 kurban bulunduğu saptanmıştır. Daha ölümcül kazaların gece saatlerinde (OR=3.78; 95%, CI, 2.08-6.85), şehir içi bağlantı yollarında ve hız limiti aşıldığında meydana geldiği görülmüştür. Şehir içi bağlantı yollarında ölümden ziyade yararlanmalı kazaların ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bayanlar için ölüm veya ağır yaralanmalı kazanların en yüksek birleşik riskin; şehir içi bağlantı yolları üzerinde görüş açısı kötüyken ve hız limitinin aşılması sonucu ortaya çıktığı saptanmıştır (OR=16.15; 95%, CI, 3.901-66.881).

Quddus vd. (2010) tarafından yol trafik güvenliği ve çarpışma şiddeti arasındaki ilişki, sıralı yanıt modeliyle ekonometrik analizi yapılarak ortaya konulmuştur. Çalışmada, yol kazalarının şiddeti ve trafik yoğunluğu arasındaki ilişki diğer katkı faktörleri için kontrol edilerek kümelenmemiş kaza kayıtları ve bir trafik yoğunluk ölçümü kullanılarak incelenmiştir. Çalışmanın analizinde, sıralı logit modeli, ayrışık (heterogeneous) tercih modelleri ve genelleştirilmiş sıralı (kısmi zorlanmış) modeller kullanılmıştır. Kazalara yönelik trafik özellikleri (yoğunluk, akış ve hız) ve yolun şekline (eğimi ve gradienti vb.) ilişkin veriler 2003-2006 yılları arasında Londra M25 çevreyolundan toplanmıştır. Sonuçlar, trafik yoğunluğunun seviyesinin M25 otoyolu üzerinde yol kazalarının şiddetini etkilemediğini ortaya koymuştur. Çalışmada, kazaların şiddeti üzerindeki trafik akışı etkisi ilginç bir sonuç ortaya koyarken, modellerin içerdiği bütün diğer faktörler de diğer araştırmaların sonuçları ile tutarlılık göstermiştir.

Erdogan vd. (2008) tarafından ortaya konan araştırmada, istatistiksel analiz yöntemleri ile Türkiye’de kaza analizleri için yönetim sistemi olarak ve olay yerlerinin belirlenmesinde CBS kullanılmıştır. Coğrafi Bilgi sistemi (CBS) Teknolojisi otoyollarda olay yerinde kaza bilgi ve analizinin görselleşebilmesi için vazgeçilmez (önemli, popüler) araçlar haline gelmiştir. Çalışmada metin formatındaki bilgileri çizelge haline dönüştüren ve çizelge

formatındaki bilgileri coğrafi olarak otoyollara yerleştiren bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem ile Afyonkarahisar sınırları içinde otoyollarındaki olay yerleri, Kernel Density Analizi ve tekrarlı analiz kullanılarak keşfedilmiş ve belirlenmiştir. Sonrasında belirlenen olay yerlerindeki kaza koşulları incelenmiştir. İki farklı analiz ile belirlenen olay yerleri, kavşaklar, bağlantı noktaları gibi gerçekten problemlı yerleri göstermiştir.

Chang ve Wang (2006) tarafından Taiwan ve Taipei'deki trafik yaralanma şiddetinin analizini ortaya koymak amacıyla 2001 kaza verilerine sınıflama ve regresyon ağacı (CART) yöntemi uygulanmıştır. CART model ile yaralanma şiddeti, sürücü özellikleri, karayolu/çevresel değişkenler ve kaza değişkenleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi sağlanmıştır. Araştırmada çarpışma şiddeti ile ilişkili en önemli değişkenin araç tipi olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca trafik kazalarında yayaların, motor ve bisiklet sürücülerinin diğer araç sürücülerine göre yüksek risk altında oldukları saptanmıştır.

Gürçay ve Yüksel (2002) tarafından sürücü davranışları ile stres yaratıcı faktörlerin belirlenmesi amaçlanan çalışmada, trafikteki insanı sorgulayacak şekilde sürücü davranışlarında stres yaratıcı faktörlerin neler olduğu Ankara ve İzmir illeri için belirlenmeye çalışılmıştır. Faktör analizi sonucunda Ankara İli için; kavşak stresi, sürüş saldırganlığı, zor yollarda araç kullanımı, uygun olmayan trafik koşulları, engellenme, risk alma ve diğer sürücü davranışları altında 7 değişken altında sürücü stresini oluşturan faktörlerin toplandığı belirtilmiştir. İzmir ili için ise benzer faktörlere ilave olarak sürücülükten hoşlanmamak, diğer araçların sollaması gibi değişkenlerin eklenmesiyle, sürücü stresini oluşturan değişkenlerin 9 faktör altında toplandığı belirtilmiştir.

Hayakawa vd. (2000) tarafından ABD ve Japonya'da yaşayan vatandaşların trafik güvenliklerinin ve trafikte almış oldukları risk faktörlerindeki farklılıkları ortaya koyan bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada Japonya'da gerçekleşen ve ölümle sonuçlanan trafik kazalarının büyük çoğunluğunun motor ve bisiklet kullanıcıları ile yayalar arasında gerçekleştiği, ABD de ise ölümlü kazaların daha çok sürücüler arasında gerçekleştiği belirlenmiştir. Borowsky vd. (2010) tarafından trafikte meydana gelen olayların sahne resimleri kullanılarak tehlike algısı ve sürücü deneyimi arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma sonunda deneyimli taksi sürücülerinin deneyimsizlere göre potansiyel tehlikelere karşı algılarının çok daha iyi olduğu saptanmıştır.

Yılmaz ve Aktaş (2001) tarafından trafik kaza verilerine logaritmik doğrusal modeller kullanılmıştır. Çalışmada, ortaya konan model ile şehir içi ve şehirlerarası yollarda emniyet kemeri takıp-takmamanın trafik kaza sonuçlarına etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, sürücünün kullandığı yolun ya da bölgenin emniyet kemeri takıp takmamasını etkilediği ve özellikle de şehir içi yollarda emniyet kemerinin şehirlerarası yollara göre daha az takıldığı ve dolayısıyla emniyet kemer uygulanmasının şehir içi yollarda daha benimsenmediği ifade edilmiştir. Ayrıca çalışmada, trafik kaza sonuçlarının oluş sıklıklarına göre sıralanışının ölümlü-yaralanmalı-maddi şeklinde meydana geldiği belirtilmiştir.

Özen vd. (2014) tarafından ortaya konan Uşak İlinde trafik kazalarının nedenlerine ilişkin düşünceler ve trafikte farkındalık isimli çalışmada trafik kazalarının ekonomik yönü ele alınmayıp sosyal boyutu ele alınmıştır. Ayrıca trafik kazalarının nedenleri trafikteki bireylerin bakış açısı ile değerlendirilmiş ve kişilerin trafik konusundaki farkındalık düzeylerini ölçmek amaçlanmıştır. Çalışma sonunda trafikteki kazalarda sürücü ve yayaların önemli kusurları olduğu, kazaların yolların teknik ve fiziksel olarak önemli sorunlar taşımamasından kaynaklandığı görüşü ön plana çıkmıştır.

Şenel ve Şenel (2013) tarafından Türkiye'de gerçekleşen trafik kazaları üzerine hata ağacı analizi uygulaması yapılmıştır. Çalışmada TÜİK den elde edilen veriler 2001-2007 yılları

arasındaki kaza istatistikleri kullanılarak trafikte risk faktörleri ve bu risk faktörlerinin risk derecelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla hata ağaç analizi metodolojisi kullanılarak, belirlenen risk faktörleri ve birbirleri ile etkileşim dereceleri üzerinden ana olay olarak belirlenen trafik kazasının her bir hata türü için oluşma olasılığı ortaya koyulmuştur. Çalışma sonucunda, TÜİK trafik kazaları verilerine göre belirlenen üç hata türü etki derecesi sıralamasının çevresel hata, kişisel hatalar ve araç hataları olduğu belirtilmiştir. Genel sonuç olarak, Türkiye’de trafik kazaları riski her üç hata türü hesaba katıldığında %57,34 olarak belirlenmiştir.

Yıldız ve Karaca (2015) tarafından otomobil sürücülerinin trafik ve yol konusundaki görüşleri sosyolojik açıdan ele alınmıştır. Çalışmada otomobil sürücülerinin; kaza yapma durumları, hız ve kaza nedenleri karşısındaki tutum ve düşünceleri, trafik kurallarını algılama biçimleri, araç ve yol güvenliği konusundaki bilinç düzeyleri, trafikteki tutumları, alkollü araç kullanma konusundaki düşünceleri vs. ele alınmıştır. Araştırma; betimsel bir amaca yönelik olarak ele alınmıştır.

Alp ve Engin (2011) tarafından trafik kazalarının nedenleri ve sonuçları arasındaki ilişki çok kriterli karar verme yöntemleri olan TOPSIS ve AHP yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada, TOPSIS ve AHP yöntem sonuçları incelendiğinde kaza nedenlerinin sonuçları üzerindeki etkilerinin önemli kabul edilebilecek farklılık göstermediği ortaya konulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde trafik kazalarına neden olan en yüksek etkenin alkollü araç kullanımı ve aşırı hız olduğu tespit edilmiştir.

Murat ve Şekerler (2009) tarafından trafik kaza verilerine kümeleme analizi uygulanmıştır. Çalışmada, Denizli ili 2004, 2005 ve 2006 yıllarına ait trafik kaza verileri, klasik ve bulanık kümeleme yöntemleriyle analiz edilmiş, elde edilen küme merkezlerine yakın bölgelerdeki trafik kaza verilerinin daha yoğun olduğu noktalar kara nokta olarak belirlenmiştir. Belirlenen kara noktalar detaylı biçimde ele alınarak kazaya neden olan unsurlar incelenmiştir.

Bayata ve Hattatoğlu (2011) tarafından Erzincan ili için farklı yöntemlerle trafik kazalarının modellenmesi amaçlanmıştır. Modellerde trafik kaza sayıları bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir. Aynı yılları kapsayan nüfus, araç sayısı, ölü sayısı ve yaralı sayıları ise bağımsız değişken olarak kabul edilmiştir. Bu veriler yapay sinir ağları (YSA) ve çok değişkenli zaman serileri yöntemleri ile modellenmiştir. Çalışmada, etki tepki analizi ve varyans ayrıştırması yapılarak nüfus ve araç sayısındaki bir birimlik şokların kaza sayısı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, kaza sayılarını etkileyen değişkenler arasında, araç sayısının nüfusa göre daha anlamlı çıktığı tespit edilmiştir. Çalışmada, YSA yönteminin R^2 değerinin diğer yöntemlere göre daha yüksek ve ortalama karesel hatasının (OKH) ise daha düşük olmasından dolayı YSA yönteminin istatistiksel olarak daha başarılı olduğu ifade edilmiştir.

Durna (2011) tarafından ortaya konan karayolu trafik güvenliğine sistem yaklaşımı: İsveç’in “Vizyon Sıfır” politikası isimli çalışmada, İsveç karayollarında uygulanan modern bir yaklaşım olarak benimsenen Vizyon Sıfır politikasının esasları, dayandığı ilkeler ve karayolu trafik güvenliğine etkileri değerlendirilmiştir.

3. YÖNTEM

3.1. Çok Boyutlu Kontenjans Tabloları İçin Logaritmik Doğrusal Modeller

Örneklemdaki her bir birimin m kategorik değişken üzerinde aynı anda sınıflandırılmasıyla oluşturulan tablolara m boyutlu kontenjans tablosu denir. Değişkenlerin düzeylerine aynı anda sahip olan istatistik birimlerinin sayısı olan gözlenen sıklıklar, gözlemlendiği değişkenler

itibariyle bir ya da daha fazla sıra ve sütun halinde gösterilmesiyle kontenjans tablosu oluşturulmuş olur. Çok boyutlu kontenjans tablolarındaki gözlem değerleri belli olasılık modellerine göre elde edilmektedir. Genel olarak kontenjans tablolarında kullanılan üç tür örnekleme modeli Multinomial, Poisson ve Product Multinomial örnekleme modelidir. (Zelterman, 1999). Poisson örnekleme modelinde toplam gözlem sayısına ilişkin belirlenen bir ilk değer yoktur. Alınan sabit bir zaman süreci içinde tablonun her gözesinde Poisson süreci gözlenir. Bu modelde örnekleme hacmi n rassal değişkendir. t zamanında meydana gelen trafik kazaları, tutuklama sayıları, doğum sayıları ve intihar sayıları örnek olarak verilebilir. Çok sınıflı (Multinomial) örnekleme modelinde sabit bir n örnekleme hacmi alınır ve çoklu kategoriler içerisinde gözlemlerin multinomial dağıldığı varsayılır. Çarpımsal çok sınıflı (Product Multinomial) örnekleme modelinde farklı evrenlerden gelen örneklemlerin bağımsız ve her örneklemin multinomial dağıldığı varsayımıyla oluşturulan modeldir. Bu modelde satırlarda yer alan örnekleme hacimleri sabittir. Bu üç tür örnekleme modelinin her biri için beklenen sıklıkların kestirimleri aynı yolla tahmin edilmektedir.

Günümüzde toplum bilim alanında yapılan araştırmaların çoğunda incelenen değişkenlerin sınıflayıcı veya sıralayıcı ölçüm düzeyinde ölçülmüştür. Bu tür ölçüm düzeyinde ölçülen değişkenler birimlerin kategorik değişkenler itibariyle gözlenmesi söz konusudur. İstatistik birimlerinin bu tür ölçüm düzeyinde ölçülmesinden elde edilen verilere kategorik veriler denmektedir. Bu tür çalışmalarda temel amaç gözlem sonucu elde edilen kategorik verilerin çeşitli kontenjans tabloları halinde düzenlemek ve düzenlenen tablolarındaki frekanslar yardımıyla kararlar vermektir. Bilim dallarının çoğunda doğru kararlar alabilmek için başvuru temel kavramlardan biri de model kavramıdır. Model, bir sistemde bileşenlerin ve bunlar arasındaki ilişkilerin matematiksel ve mantıksal ifadelerle anlatımıdır. Değişkenler arasındaki etkileşim yapılarının araştırılmasıyla ilişkilerin en uygun matematiksel modelle ifade edilmesi çalışmaları Logaritmik doğrusal modellerin de temelini oluşturmaktadır. Çünkü logaritmik doğrusal modeller çok değişkenli kontenjans tablolarında değişkenler arasındaki ilişki yapılarını ortaya çıkarmak için başvuru bir yöntem olup çeşitli modellerden oluşur (Yılmaz,1996).

Kontenjans tablolarıyla (KT) özetlenen kategorik veriler ile ilgili değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki ana etkileri ve etkileşim etkileri logaritmik doğrusal modellerin terimleriyle ifade edilir. Böylece söz konusu modeller yardımıyla ana etki ve etkileşim etkilerinin anlamlı olmadığını ifade eden önsavların sınanmasına olanak sağlanmış olur.

m değişkenli KT için gözlenen sıklık,

$$x_{i_1 \dots i_m} ; i_1 = 1, 2, \dots, I_1 ; \dots ; i_m = 1, 2, \dots, I_m \quad (1)$$

şeklinde ifade edilirken beklenen sıklık da benzer şekilde $m_{i_1 \dots i_m}$ olarak yazılabilir. Çok değişkenli KT analizinde kullanılan logaritmik doğrusal modeli ana etki ve etkileşim parametreleri yardımıyla eşitlik 2'deki gibi yazmak mümkündür (Agregi,1990).

$$m_{i_1 \dots i_m} = \exp \left\{ \tau_{i_1 i_2 \dots i_m}^{AB \dots S} + \dots + \tau_{i_1 i_2 i_3}^{ABC} + \dots + \tau_{i_1 i_2}^{AB} + \dots + \tau_{i_1}^A + \dots + \tau_{i_m}^S + \tau_0 \right\} \quad (2)$$

Eşitlik 2'deki modelde,

τ_0 , ortalama etkiyi

$\tau_{i_1}^A, \dots, \tau_{i_m}^S$, A,B, ..., S değişkenlerinin ana etki parametrelerini,

$\tau_{i_1 i_2}^{AB}, \tau_{i_1 i_3}^{AC}, \dots, \tau_{i_1 i_m}^{AS}$, iki değişkenli etkileşim parametrelerini,

$\tau_{i_1 i_2 i_3}^{ABC}, \tau_{i_1 i_2 i_4}^{ABD}, \dots$, üç değişkenli etkileşim parametrelerini,

$\tau_{i_1 i_2 i_3 \dots i_m}^{ABC \dots S}$, m değişkenli etkileşim parametresini

gösterir.

K yönlü etkileşim tablolarıyla tek yön ana etkiler, ikinci derece iki yönlü etkileşimler ve üç yönlü etkileşimler test edilir. Uygulamada dört değişkenden daha yüksek düzey etkileşimleri yorumlamak oldukça zor olduğundan kullanılması sınırlıdır. Bu nedenle bundan sonraki kısımda Logaritmik Doğrusal modellerin daha iyi anlaşılabilmesi için model yapıları ve parametre kestirimlerinin hesaplanması üç değişkenli kontenjans tabloları üzerinde gösterilecektir.

3.2. Üç Yönlü Kontenjans Tablolarında Logaritmik Doğrusal Modeller

İki kategorik değişken arasındaki ilişkiyi inceleyen kontenjans tablo analizleri, değişken sayısı ikiden fazla olduğunda yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle çok boyutlu tabloların analizinde kategorik değişkenlerin birbirleriyle olan etkileşimlerini, ana etkilerini, iki değişkenli ve üç değişkenli etkilerin anlamlılığına dair hipotez testlerini inceleyen logaritmik doğrusal modeller kesikli çok değişkenli analizler arasında önemli bir yere sahiptir (Yılmaz ve Aktaş, 2001:169).

Logaritmik doğrusal modeller, kontenjans tablo içindeki her bir hücre frekansının logaritmasını, tabloda mevcut olan değişkenler arasındaki mümkün her etkileşimin bir doğrusal kombinasyonu olarak ifade eder (Öncel ve Erdugan, 2015: 223). Logaritmik doğrusal analiz, en iyi modelin bulunmasında kurulan modelin anlamlılığının test edilmesinde de kullanılır (Howell, 2009).

Üç kategorik değişken birbiri ile ilişkili olduğu zaman üç yönlü kontenjans tablosu kullanılmaktadır. Üç değişkenli kontenjans tablolarında sıralar I, sütunlar J ve tabakalar K simgeleriyle gösterildiğinde ($i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J; k = 1, 2, \dots, K$) $I \times J \times K$ tabloları söz konusu olur. Üç değişkenli kontenjans tablolarında tüm ana etki ve etkileşim parametrelerini içeren doymuş (Saturated) logaritmik doğrusal model,

$$\ln m_{ijk} = \tau_0 + \tau_i^A + \tau_j^B + \tau_k^C + \tau_{ij}^{AB} + \tau_{ik}^{AC} + \tau_{jk}^{BC} + \tau_{ijk}^{ABC} \quad (3)$$

şeklinde ifade edilebilir. Eşitlik 3'deki model parametrelerinin daha açık ifadelerini aşağıdaki tanımlamalar yardımıyla yapmak mümkündür. (Andersen, 1990)

Kontenjans tabloları için mümkün logaritmik doğrusal model sayısı boyut sayısına bağlıdır. n boyut sayısını göstermek üzere KT'daki mümkün logaritmik doğrusal model sayısı $2^{2^n - 1}$ formülüyle hesaplanır (Darroch vd., 1980, 522-539). Örneğin n=3 iken mümkün logaritmik doğrusal model sayısı 128'dir. Tüm bu modellerin hepsinin ele alınarak incelenmesi imkansızdır. Bu nedenle benzer özellikleriyle bir araya getirilen modeller tam bağımsızlık, kısmi bağımsızlık, koşullu bağımsızlık ve doymuş model başlıkları altında incelenmesi daha uygundur (Christensen, 1997, 66-68; Yılmaz ve Aktaş, 2001: 168).

3.3. Üç Değişkenli Kontenjans Tablolarında Ana Etkiler ve Etkileşim Parametrelerinin Sınanmasında Hiyerarşik Logaritmik Doğrusal Modeller

Hiyerarşik Logaritmik Doğrusal modeller değişkenlerin en yüksek düzey etkileşimlerini modele almadan önce aşamalı olarak sınama ilkesine dayanır. Üç değişkenli tablolarda önce üç değişkenli etkileşimin modele katılıp katılmayacağına karar vermek için üç değişkenli etkileşim etkisinin anlamlı olmadığı önsavı sınanır. (Agresti,1990).

Üç değişkenli Etkileşim Etkisinin Olmadığı Model:

$H_{0_1}; \tau_{ijk}^{ABC} = 0$ Sözkonusu önsav üç değişkenli etkileşim etkisinin anlamlı olmadığı şeklindedir ve doymuş model alternatifine karşı sınanır. Eğer H_{0_1} önsavı kabul edilirse uygun model Eşitlik 4'deki gibi olacaktır.

$$\ln m_{ijk} = \tau_0 + \tau_i^A + \tau_j^B + \tau_k^C + \tau_{ij}^{AB} + \tau_{ik}^{AC} + \tau_{jk}^{BC} \quad (4)$$

İki Değişkenli Etkileşim Etkilerinden Birinin Olmadığı Model:

Üçüncü değişkenin düzeyleri üzerinde A ve B değişkenleri arasındaki etkileşim etkilerinin olmadığı durumdur. Sınanacak önsav hiyerarşi özelliğinden dolayı $H_{0_2}; \tau_{ijk}^{ABC} = \tau_{ij}^{AB} = 0$ olacaktır. H_{0_2} önsavı kabul edilirse uygun model Eşitlik 5'deki gibi olacaktır.

$$\ln m_{ijk} = \tau_0 + \tau_i^A + \tau_j^B + \tau_k^C + \tau_{ik}^{AC} + \tau_{jk}^{BC} \quad (5)$$

İki Değişkenli Etkileşim Etkilerinden İkisinin Olmadığı Model:

Bu durumda sınanacak önsav, $H_{0_3}; \tau_{ijk}^{ABC} = \tau_{ij}^{AB} = \tau_{ik}^{AC} = 0$ olacaktır. H_{0_3} kabul edilirse uygun model A değişkeninin diğer iki değişkenden bağımsız olarak bağımlı değişkeni etkilediği şeklindedir.

İki Değişkenli Etkileşim Etkilerinden Hiçbirinin Olmadığı Model:

Tüm iki değişkenli etkileşim etkilerinin anlamlı olmadığı model için $H_{0_4}; \tau_{ijk}^{ABC} = \tau_{ij}^{AB} = \tau_{ik}^{AC} = \tau_{jk}^{BC}$ önsavı söz konusudur. H_{0_4} kabul edildiğinde uygun model

$$\ln m_{ijk} = \tau_0 + \tau_i^A + \tau_j^B + \tau_k^C \quad (6)$$

her üç değişkenin de birbirinden bağımsız olarak bağımlı değişkeni etkilediği şeklindedir. Bundan sonra sınanacak önsavlar ise sırasıyla A, B ve C değişkenlerinin ana etkilerinin anlamlılığıyla ilgili olacaktır.

Ele alınan modelin veriye uygunluğunu sınanması gözlenen ve ele alınan modele göre hesaplanan beklenen sıklık arasındaki farka dayanan Pearsen ki kare veya benzerlik oran istatistikleri yardımıyla yapılır. Model iki yönlü ise Pearsen χ^2 veya G^2 tercih edilebilir. Model etkileşimleri üç veya daha fazla yönlü ise logaritmik doğrusal modeller tercih

edilebilir. Tam bölünebilme özelliğine sahip G^2 istatistiği asimtotik χ^2 dağılımı göstermekte ve Pearsen χ^2 daha üstündür. n_{ijk} , (i,j,k) gözesinin gözlenen frekansını ve m_{ijk} , ele alınan modele dayanarak hesaplanan beklenen sıklıklar olduğunda söz konusu istatistikler, eşitlik 7'deki gibi yazılabilir (Haberman, 1977, 555-561; Yılmaz ve Aktaş: 2001: 175-176).

$$\chi^2 = \sum_i \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \frac{(n_{ijk} - m_{ijk})^2}{m_{ijk}} \quad ; \quad G^2 = 2 \sum_i \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K n_{ijk} \ln(n_{ijk}/m_{ijk}) \quad (7)$$

Kontenjans tablosundaki veriler için en uygun modelin bulunmasında üç temel yaklaşım vardır. Bunlardan birincisi K-yönlü etkilerin anlamlılığının incelenmesi, ikincisi değişkenler arasındaki kısmi ki-kare değerleri ve üçüncüsü geriye doğru veya ileriye elemedir. (Backward, Forward Elimination) (Benedetti vd., 1978, 680-686; Yılmaz ve Aktaş, 2001:176).

4. BULGULAR

Çalışmanın uygulama kısmında yer alan değişkenler ve değişken düzeyleri aşağıda verilmiştir:

A_i : $i=1,5$; Yolun kaplanma cinsi ($i=1 \rightarrow$ Beton; $i=2 \rightarrow$ Asfalt; $i=3 \rightarrow$ Parke yol; $i=4 \rightarrow$ Stabilize yol; $i=5 \rightarrow$ Ham yol)

B_j : $j=1,2$; Kazanın olduğu yer ($j=1 \rightarrow$ Şehir içi, $j=2 \rightarrow$ Şehir dışı)

C_k : $k=1,2$; Kazanın sonucu ($k=1 \rightarrow$ ölümlü kazalar, $k=2 \rightarrow$ yaralanmalı kazalar)

D_d : $d=1,2$; Aydınlatma durumu ($d=1 \rightarrow$ aydınlatma var, $d=2 \rightarrow$ aydınlatma yok)

E_e : $e=1,2$; Trafik lambası ($e=1 \rightarrow$ trafik lambası var, $e=2 \rightarrow$ trafik lambası yok)

F_f : $f=1,2$; Yaya kaldırımı ($f=1 \rightarrow$ yaya kaldırımı var, $f=2 \rightarrow$ yaya kaldırımı yok)

G_g : $g=1,2$; Emniyet kemeri ($g=1 \rightarrow$ emniyet kemeri takılı, $g=2 \rightarrow$ emniyet kemeri takılı değil)

H_h : $h=1,2$; Trafik işaret levhası ($h=1 \rightarrow$ trafik işaret levhası var, $h=2 \rightarrow$ trafik işaret levhası yok)

M_m : $m=1,2$; Yol şerit çizgisi ($m=1 \rightarrow$ yol şerit çizgisi var, $m=2 \rightarrow$ yol şerit çizgisi yok)

N_n : $n=1,2$; Banket durumu ($n=1 \rightarrow$ banket var, $n=2 \rightarrow$ banket yok)

4.1. Yolun Kaplanma Cinsi, Yerleşim Yeri ve Kaza Sonucu İçin Elde Edilen Logaritmik Doğrusal Analizine İlişkin Bulgular

Yapılan logaritmik doğrusal analiz sonucuna göre; yolun kaplanma cinsi ve yerleşim yerine göre trafik kaza sonucu verileri için kısmi ilişkiler incelendiğinde tüm ana etkiler 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Yolun kaplanma cinsi ve yerleşim yeri ve kaza sonucu için elde edilen logaritmik doğrusal analize ilişkin etkileşim parametre kestirimleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Yolun Kaplanma Cinsi, Yerleşim Yeri ve Kaza Sonucu İçin Elde Edilen Logaritmik Doğrusal Analize İlişkin Etkileşim Parametre Kestirimleri

Etkileşim	Parametre	Katsayı	Standart Hata	Z	p
Yolun kaplanma cinsi*Kaza yeri*Kaza sonucu	1	-,094	,114	-,824	,410
	2	-,195	,070	-2,785	,005
	3	-,300	,179	-1,674	,094
	4	,143	,111	1,289	,197
Yolun kaplanma cinsi*Kaza yeri	1	-,066	,114	-,579	,563
	2	-,600	,070	-8,578	,000
	3	1,151	,179	6,425	,000
	4	-,404	,111	-3,640	,000
Yolun kaplanma cinsi*Kaza sonucu	1	-,071	,114	-,623	,533
	2	-,041	,070	-,583	,560
	3	-,214	,179	-1,194	,232
	4	,101	,111	,906	,365
Kaza yeri*Kaza sonucu	1	-,183	,069	-2,634	,008
Yolun kaplanma cinsi	1	-,558	,114	-4,905	,000
	2	3,914	,070	55,999	,000
	3	-,871	,179	-4,860	,000
	4	-,688	,111	-6,199	,000
Kaza yeri	1	,838	,069	12,083	,000
Kaza sonucu	1	-1,851	,069	-26,697	,000

Tablo 1 incelendiğinde; $A_2B_1C_1 = -0,195$ ve ($z = -2,785, p < 0,05$) değeri ile üç değişkenli etkileşim katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuca göre şehir içi asfalt yollarda meydana gelen kazalarda ölümlü kazaların yaralanmalı kazalara göre daha az meydana geldiği ifade edilebilir. İki değişkenli etkileşim katsayılarına bakıldığında; $B_1C_1 = -0,183$ ve ($z = -2,634, p < 0,05$) değeri ile iki değişkenli etkileşim katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç şehir içinde meydana gelen kazalarda ölümlü kazaların yaralanmalı kazalara göre daha az olduğunu ifade etmektedir. Uygun modeli elde etmek için geriye doğru adımlama yaklaşımı uygulanmış ve sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Geriye Doğru Adımlama Yaklaşımı Sonra Uygun Model İçin İstatistikler

UYGUN MODEL ^a	
Üreten sınıf	Yolun kaplanma cinsi*Kaza yeri*Kaza sonucu
İterasyonların sayısı	0
Aralarındaki maximum fark	,000
Gözlenen ve Uyumlu Marjinaler	
Yakınsama Kriteri	78,248

a. Geriye doğru adımlama yaklaşımı sonrası son model için istatistikler

Geriye doğru adımlama yaklaşımı sonrasında Yolun kaplanma cinsi*Kaza yeri*Kaza sonucu için elde edilen üçlü yaklaşım uygun model olarak bulunmuştur. Geriye doğru adımlama yaklaşımı hesaplanan ki-kare değeri içindeki en az anlamlı değişimi sağlayan etkinin modelden çıkartılması prensibine dayanır. Tablo 2’de yer alan eliminasyon çıktısı incelendiğinde ikili etkileşimlerin modelde yer almaması gerektiği söylenebilir. Uygun bulunan modelin uyum iyiliği test istatistikleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: Uygun Bulunan Modelin Uyum İyiliği Testi

	χ^2	Sd.	p
Benzerlik Oran	,000	0	1,000
Pearson	,000	0	1,000

Tablo 3 te verilen model uyum istatistikleri incelendiğinde, üçlü etkileşim modelinin uygun olduğu görülmektedir ($p > 0,05$).

4.2. Kazanın Olduğu Yerdeki Yol ve Çevre Özelliklerine Göre Trafik Kaza Sonucu İçin Elde Edilen Logaritmik Doğrusal Analize İlişkin Bulgular

4.2.1. Karayolunun Aydınlatma Durumu ve Kaza Sonuçlarına Etkisi

Karayolunun aydınlatma durumu ve kaza sonuçlarına ilişkin elde edilen bulgulara göre tüm ana etkiler ve iki değişkenli etkileşim etkiler 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Karayolunun aydınlatma durumu ve kaza sonucuna etkisi için elde edilen logaritmik doğrusal analize ilişkin etkileşim parametre kestirimleri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4: Karayolunun Aydınlatma Durumu ve Kaza Sonucu İçin Elde Edilen Logaritmik Doğrusal Analize İlişkin Etkileşim Parametre Kestirimleri

Etkileşim	Parametre	Katsayı	Standart Hata	Z	p
Kaza yeri*Kaza sonucu*Aydınlatma	1	-,011	,013	-,839	,401
Kaza yeri*Kaza sonucu	1	-,276	,013	-21,799	,000
Kaza yeri*Aydınlatma	1	,598	,013	47,177	,000
Kaza sonucu*Aydınlatma	1	-,078	,013	-6,117	,000
Kaza yeri	1	,305	,013	24,038	,000
Kaza sonucu	1	-2,133	,013	-168,213	,000
Aydınlatma	1	-,330	,013	-26,033	,000

Tablo 4 incelendiğinde; $C_1D_1 = -0,078$ ve ($z = -6,117$, $p < 0,05$) değeri ile iki değişkenli etkileşim katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuca göre, aydınlatma olan yerlerde ölümlü kazalar yaralanmalı kazalara göre daha az gerçekleşmektedir. Uygun modeli elde etmek için geriye doğru adımlama yaklaşımı uygulanmış ve sonuçlar Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5: Geriye Doğru Adımlama Yaklaşımı Sonra Uygun Model İçin İstatistikler

UYGUN MODEL ^a	
Üreten sınıf	Kaza yeri*Kaza sonucu Kaza yeri*Aydınlatma Kaza sonucu*Aydınlatma
İterasyonların sayısı	0
Aralarındaki maximum fark	72,167
Gözlenen ve Uyumlu Marjinaler	
Yakınsama Kriteri	92,361

a. Geriye doğru adımlama yaklaşımı sonrası son model için istatistikler

Geriye doğru adımlama yaklaşımı sonrasında ikili etkileşimlerin modelde yer alması gerektiği sonucu bulunmuştur. Tablo 5’de yer alan eliminasyon çıktısı incelendiğinde üçlü etkileşimlerin modelde yer almaması gerektiği söylenebilir. Uygun bulunan modelin uyum iyiliği test istatistikleri Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6: Uygun Bulunan Modelin Uyum İyiliği Testi

	χ^2	Sd.	p
Benzerlik Oran	1,495	1	,221
Pearson	1,512	1	,219

Tablo 6’da verilen model uyum istatistikleri incelendiğinde, ikili etkileşim modelinin uygun olduğu görülmektedir ($p > 0,05$).

4.2.2. Karayollarında Trafik Lambalarının Kaza Sonuçlarına Etkisi

Karayollarında trafik lambalarının kaza sonuçlarına etkisi için elde edilen bulgulara göre tüm ana etkiler ve iki değişkenli etkileşim etkiler 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Karayolları trafik lambalarının kaza sonuçlarına etkisi için elde edilen logaritmik doğrusal analize ilişkin etkileşim parametre kestirimleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7: Karayollarında Trafik Lambaları ve Kaza Sonucu İçin Elde Edilen Logaritmik Doğrusal Analize İlişkin Etkileşim Parametre Kestirimleri

Etkileşim	Parametre	Katsayı	Standart Hata	Z	p
Kaza yeri*Kaza sonucu*Trafik lambası	1	-,012	,022	-,535	,593
Kaza yeri*Kaza sonucu	1	-,315	,022	-14,480	,000
Kaza yeri*Trafik lambası	1	,410	,022	18,863	,000
Kaza sonucu*Trafik lambası	1	-,057	,022	-2,638	,008
Kaza yeri	1	,476	,022	21,902	,000
Kaza sonucu	1	-2,164	,022	-99,558	,000
Trafik lambası	1	-1,261	,022	-58,022	,000

Tablo 7 incelendiğinde; $C_1E_1 = -0,057$ ve ($z = -2,638$, $p < 0,05$) değeri ile iki değişkenli etkileşim katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuca göre, trafik lambası olan yerlerde ölümlü kazalar yaralanmalı kazalara göre daha az gerçekleşmektedir. Uygun modeli elde etmek için geriye doğru adımlama yaklaşımı uygulanmış ve sonuçlar Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8: Geriye Doğru Adımlama Yaklaşımı Sonra Uygun Model İçin İstatistikler

UYGUN MODEL ^a	
Üreten sınıf	Kaza yeri*Kaza sonucu Kaza yeri*Trafik lambası Kaza sonucu*Trafik lambası
İterasyonların sayısı	0
Aralarındaki maximum fark	18,560
Gözlenen ve Uyumlu Marjinaller	
Yakınsama Kriteri	113,595

a. Geriye doğru adımlama yaklaşımı sonrası son model için istatistikler

Geriye doğru adımlama yaklaşımı sonrasında ikili etkileşimlerin modelde yer alması gerektiği sonucu bulunmuştur. Tablo 8’de yer alan eliminasyon çıktısı incelendiğinde üçlü etkileşimlerin modelde yer almaması gerektiği söylenebilir. Uygun bulunan modelin uyum iyiliği test istatistikleri Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9: Uygun Bulunan Modelin Uyum İyiliği Testi

	χ^2	Sd.	p
Benzerlik Oran	,240	1	,624
Pearson	,243	1	,622

Tablo 9’da verilen model uyum istatistikleri incelendiğinde, ikili etkileşim modelinin uygun olduğu görülmektedir ($p > 0,05$).

4.2.3. Karayollarında Yaya Kaldırımı Durumunun Kaza Sonuçlarına Etkisi

Karayollarında yaya kaldırımı durumunun kaza sonuçlarına etkisi için elde edilen bulgulara göre tüm ana etkiler ve iki değişkenli etkileşim etkiler 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Karayolları yaya kaldırımı durumunun kaza sonuçlarına etkisi için elde edilen logaritmik doğrusal analize ilişkin etkileşim parametre kestirimleri Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10: Karayollarında Yaya Kaldırımı ve Kaza Sonucu İçin Elde Edilen Logaritmik Doğrusal Analize İlişkin Etkileşim Parametre Kestirimleri

Etkileşim	Parametre	Katsayı	Standart Hata	Z	p
Kaza yeri*Kaza sonucu*Yaya kaldırımı	1	-,035	,028	-1,268	,205
Kaza yeri*Kaza sonucu	1	-,221	,028	-7,947	,000
Kaza yeri*Yaya kaldırımı	1	1,004	,028	36,043	,000
Kaza sonucu*Yaya kaldırımı	1	-,206	,028	-7,386	,000
Kaza yeri	1	,747	,028	26,817	,000
Kaza sonucu	1	-2,192	,028	-78,695	,000
Yaya kaldırımı	1	-,925	,028	-33,210	,000

Tablo 10 incelendiğinde; $C_1F_1 = -0,206$ ve ($z = -7,386, p < 0,05$) değeri ile iki değişkenli etkileşim katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuca göre, yaya kaldırımı olan yerlerde ölümlü kazalar yaralanmalı kazalara göre daha az gerçekleşmektedir. Uygun modeli elde etmek için geriye doğru adımlama yaklaşımı uygulanmış ve sonuçlar Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11: Geriye Doğru Adımlama Yaklaşımı Sonra Uygun Model İçin İstatistikler

UYGUN MODEL ^a	
Üreten sınıf	Kaza yeri*Kaza sonucu Kaza yeri*Yaya kaldırımı Kaza sonucu*Yaya kaldırımı
İterasyonların sayısı	0
Aralarındaki maximum fark	68,832
Gözlenen ve Uyumlu	
Marjinaler	
Yakınsama Kriteri	90,148

a. Geriye doğru adımlama yaklaşımı sonrası son model için istatistikler

Geriye doğru adımlama yaklaşımı sonrasında ikili etkileşimlerin modelde yer alması gerektiği sonucu bulunmuştur. Tablo 11’de yer alan eliminasyon çıktısı incelendiğinde üçlü etkileşimlerin modelde yer almaması gerektiği söylenebilir. Uygun bulunan modelin uyum iyiliği test istatistikleri Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12: Uygun Bulunan Modelin Uyum İyiliği Testi

	χ^2	Sd.	p
Benzerlik Oran	2,207	1	,137
Pearson	2,271	1	,132

Model uyum istatistikleri incelendiğinde, ikili etkileşim modelinin uygun olduğu görülmektedir ($p > 0,05$).

4.2.4. Karayollarındaki Trafik İşaret Levhalarının Kaza Sonuçlarına Etkisi

Karayollarındaki trafik işaret levhalarının durumuna göre trafik kaza sonucu verileri için kısmi ilişkiler incelendiğinde tüm ana etkiler 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Karayollarında trafik işaret levhaları, yerleşim yeri ve kaza sonucu için elde edilen logaritmik doğrusal analize ilişkin etkileşim parametre kestirimleri Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13:Trafik İşaret Levhaları, Yerleşim Yeri ve Kaza Sonucu İçin Elde Edilen Logaritmik Doğrusal Analize İlişkin Etkileşim Parametre Kestirimleri

Etkileşim	Parametre	Katsayı	Standart Hata	Z	p
Kaza yeri*Kaza sonucu*Trafik işaret levhası	1	,052	,010	5,164	,000
Kaza yeri*Kaza sonucu	1	-,296	,010	-29,359	,000
Kaza yeri*Trafik işaret levhası	1	-,103	,010	-10,169	,000
Kaza sonucu*Trafik işaret levhası	1	,114	,010	11,263	,000
Kaza yeri	1	,118	,010	11,702	,000
Kaza sonucu	1	-2,104	,010	-208,434	,000
Trafik işaret levhası	1	-,092	,010	-9,151	,000

Tablo 13 incelendiğinde; $B_1C_1H_1 = 0,052$ ve ($z = 5,164$ $p < 0,05$) değeri ile üç değişkenli etkileşim katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuca göre şehir dışı yollarda trafik işaret levhalarının bulunmasının ölümlü kazaları azalttığı görülmektedir. Uygun modeli elde etmek için geriye doğru adımlama yaklaşımı uygulanmış ve sonuçlar Tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14: Geriye Doğru Adımlama Yaklaşımı Sonra Uygun Model İçin İstatistikler

UYGUN MODEL ^a	
Üreten sınıf	Kaza yeri*Kaza sonucu*Trafik işaret levhası
İterasyonların sayısı	0
Aralarındaki maximum fark	0,000
Gözlenen ve Uyumlu Marjinaler	
Yakınsama Kriteri	92,503

a. Geriye doğru adımlama yaklaşımı sonrası son model için istatistikler

Geriyeye doğru adımlama yaklaşımı sonrasında üçlü etkileşimin modelde yer alması gerektiği sonucu bulunmuştur. Tablo 14’te yer alan eliminasyon çıktısı incelendiğinde ikili etkileşimlerin modelde yer almaması gerektiği söylenebilir. Uygun bulunan modelin uyum iyiliği test istatistikleri Tablo 15’te verilmiştir.

Tablo 15: Uygun Bulunan Modelin Uyum İyiliği Testi

	χ^2	Sd.	p
Benzerlik Oran	,000	0	1,000
Pearson	,000	0	1,000

Model uyum istatistikleri incelendiğinde, üçlü etkileşim modelinin uygun olduğu görülmektedir ($p > 0,05$).

4.2.5. Karayollarındaki Yol Şerit Çizgilerinin Kaza Sonuçlarına Etkisi

Karayollarındaki yol şerit çizgilerinin durumuna göre trafik kaza sonucu verileri için kısmi ilişkiler incelendiğinde tüm ana etkiler 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Karayollarında yol şerit çizgileri, yerleşim yeri ve kaza sonucu için elde edilen logaritmik doğrusal analize ilişkin etkileşim parametre kestirimleri Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16: Yol Şerit Çizgileri, Yerleşim Yeri ve Kaza Sonucu İçin Elde Edilen Logaritmik Doğrusal Analize İlişkin Etkileşim Parametre Kestirimleri

Etkileşim	Parametre	Katsayı	Standart Hata	Z	p
Kaza yeri*Kaza sonucu*Yol şerit çizgisi	1	,056	,017	3,339	,001
Kaza yeri*Kaza sonucu	1	-,308	,017	-18,332	,000
Kaza yeri*Yol şerit çizgisi	1	-,522	,017	-31,068	,000
Kaza sonucu*Yol şerit çizgisi	1	,132	,017	7,839	,000
Kaza yeri	1	,465	,017	27,685	,000
Kaza sonucu	1	-2,182	,017	-129,800	,000
Yol şerit çizgisi	1	,837	,017	49,785	,000

Tablo 16 incelendiğinde; $B_1C_1M_1 = 0,056$ ve ($z = 3,339, p < 0,05$) değeri ile üç değişkenli etkileşim katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuca göre şehir dışı yollarda yol şerit çizgilerinin bulunmasının ölümlü kazaları azalttığı görülmektedir. Uygun modeli elde etmek için geriye doğru adımlama yaklaşımı uygulanmış ve sonuçlar Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17: Geriye Doğru Adımlama Yaklaşımı Sonra Uygun Model İçin İstatistikler

UYGUN MODEL ^a	
Üreten sınıf	Kaza yeri*Kaza sonucu*Yol şerit çizgisi
İterasyonların sayısı	0
Aralarındaki maximum fark	0,000
Gözlenen ve Uyumlu	
Marjinaler	
Yakınsama Kriteri	77,360

a. Geriye doğru adımlama yaklaşımı sonrası son model için istatistikler

Geriyeye doğru adımlama yaklaşımı sonrasında üçlü etkileşimin modelde yer alması gerektiği sonucu bulunmuştur. Tablo 17’te yer alan eliminasyon çıktısı incelendiğinde ikili etkileşimlerin modelde yer almaması gerektiği söylenebilir. Uygun bulunan modelin uyum iyiliği test istatistikleri Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18: Uygun Bulunan Modelin Uyum İyiliği Testi

	χ^2	Sd.	p
Benzerlik Oran	,000	0	1,000
Pearson	,000	0	1,000

Model uyum istatistikleri incelendiğinde, üçlü etkileşim modelinin uygun olduğu görülmektedir ($p > 0,05$).

4.2.6. Karayollarındaki Banket Durumunun Kaza Sonuçlarına Etkisi

Karayollarındaki banket durumuna göre trafik kaza sonucu verileri için kısmi ilişkiler incelendiğinde tüm ana etkiler 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Karayollarında banket durumu, yerleşim yeri ve kaza sonucu için elde edilen logaritmik doğrusal analize ilişkin etkileşim parametre kestirimleri Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 19: Banket Durumu, Yerleşim Yeri ve Kaza Sonucu İçin Elde Edilen Logaritmik Doğrusal Analize İlişkin Etkileşim Parametre Kestirimleri

Etkileşim	Parametre	Katsayı	Standart Hata	Z	p
Kaza yeri*Kaza sonucu*Banket durumu	1	,113	,011	10,367	,000
Kaza yeri*Kaza sonucu	1	-,246	,011	-22,602	,000
Kaza yeri*Banket durumu	1	-,484	,011	-44,486	,000
Kaza sonucu*Banket durumu	1	,158	,011	14,479	,000
Kaza yeri	1	,136	,011	12,461	,000
Kaza sonucu	1	-2,074	,011	-190,542	,000
Banket	1	,037	,011	3,401	,001

Tablo 19 incelendiğinde; $B_1C_1N_1 = 0,113$ ve ($z = 10,367, p < 0,05$) değeri ile üç değişkenli etkileşim katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuca göre şehir dışı yollarda banket olması ölümlü kazaları azaltmaktadır. Uygun bulunan modelin uyum iyiliği test istatistikleri Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20: Geriyeye Doğru Adımlama Yaklaşımı Sonra Uygun Model İçin İstatistikler

UYGUN MODEL ^a	
Üreten sınıf	Kaza yeri*Kaza sonucu*Banket durumu
İterasyonların sayısı	0
Aralarındaki maximum fark	0,000
Gözlenen ve Uyumlu	
Marjinaler	
Yakınsama Kriteri	111,189

a. Geriyeye doğru adımlama yaklaşımı sonrası son model için istatistikler

Geriyeye doğru adımlama yaklaşımı sonrasında üçlü etkileşimin modelde yer alması gerektiği sonucu bulunmuştur. Tablo 20’de yer alan eliminasyon çıktısı incelendiğinde ikili etkileşimlerin modelde yer almaması gerektiği söylenebilir. Uygun bulunan modelin uyum iyiliği test istatistikleri Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21: Uygun Bulunan Modelin Uyum İyiliği Testi

	χ^2	Sd.	p
Benzerlik Oran	,000	0	1,000
Pearson	,000	0	1,000

Model uyum istatistikleri incelendiğinde, üçlü etkileşim modelinin uygun olduğu görülmektedir ($p > 0,05$).

4.3. Emniyet Kemer Kullanma Durumuna Göre Trafik Kaza ve Sonucu İçin Elde Edilen Logaritmik Doğrusal Analizine İlişkin Bulgular

Emniyet kemeri kullanma durumunun kaza sonuçlarına etkisi için elde edilen bulgulara göre tüm ana etkiler ve iki değişkenli etkileşim etkiler 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Emniyet kemeri kullanma durumunun kaza sonuçlarına etkisi için elde edilen logaritmik doğrusal analize ilişkin etkileşim parametre kestirimleri Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22: Emniyet Kemer Kullanma Durumu ve Kaza Sonucu İçin Elde Edilen Logaritmik Doğrusal Analize İlişkin Etkileşim Parametre Kestirimleri

Etkileşim	Parametre	Katsayı	Standart Hata	Z	p
Emniyet kemer durumu*Kaza yeri*Kaza sonucu	1	-,020	,054	-,368	,713
Emniyet kemer durumu*Kaza yeri	1	-,206	,054	-3,797	,000
Emniyet kemer durumu*Kaza sonucu	1	-,423	,054	-7,801	,000
Kaza yeri*Kaza sonucu	1	-,268	,054	-4,939	,000
Emniyet kemer durumu	1	-,013	,054	-,240	,810
Kaza yeri	1	-,071	,054	-1,305	,192
Kaza sonucu	1	-1,120	,054	-20,643	,000

Tablo 22 incelendiğinde; $C_1F_1 = -0,423$ ve ($z = -7,801, p < 0,05$) değeri ile iki değişkenli etkileşim katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuca göre, emniyet kemerinin takılı olduğu kazalarda ölen sürücü sayısının yaralı sürücü sayısına göre daha az olduğu görülmektedir. Uygun bulunan modelin uyum iyiliği test istatistikleri Tablo 23’te verilmiştir.

Tablo 23: Geriye Doğru Adımlama Yaklaşımı Sonra Uygun Model İçin İstatistikler

UYGUN MODEL ^a	
Üreten sınıf	Emniyet kemer durumu*Kaza yeri Emniyet kemer durumu*Kaza sonucu Kaza yeri*Kaza sonucu
İterasyonların sayısı	0
Aralarındaki maximum fark	,279
Gözlenen ve Uyumlu Marjinaler	
Yakınsama Kriteri	,409

a. Geriye doğru adımlama yaklaşımı sonrası son model için istatistikler

Geriyeye doğru adımlama yaklaşımı sonrasında üçlü etkileşimin modelde yer alması gerektiği sonucu bulunmuştur. Tablo 23'te yer alan eliminasyon çıktısı incelendiğinde ikili etkileşimlerin modelde yer almaması gerektiği söylenebilir. Uygun bulunan modelin uyum iyiliği test istatistikleri Tablo 24'te verilmiştir.

Tablo 24: Uygun Bulunan Modelin Uyum İyiliği Testi

	χ^2	Sd.	<i>p</i>
Benzerlik Oran	,185	1	,667
Pearson	,183	1	,669

Model uyum istatistikleri incelendiğinde, üçlü etkileşim modelinin uygun olduğu görülmektedir ($p > 0,05$).

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmanın temel amacı, TÜİK'in yayınlamış olduğu Trafik Kaza İstatistikleri Karayolu-2011 verilerinden yararlanarak oluşturulan çok boyutlu kontenjans tablolarına, logaritmik doğrusal modeller uygulayarak değişkenler arasındaki ilişki yapısını ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda, çalışmada yolun kaplanma cinsi ve yerleşim yerine göre trafik kaza sonucu verileri, kazanın olduğu yerdeki yol ve çevre özelliklerine göre trafik kaza sonucu verileri ve sürücülerin emniyet kemeri kullanma durumuna göre trafik kaza sonucu verileri arasındaki ilişki yapısını ortaya koymak için logaritmik doğrusal analizler uygulanmıştır. Literatür incelendiğinde trafik kazalarını psikolojik ve sosyolojik bakış açısıyla ele alan çok sayıda araştırmaya rastlamak mümkünken trafik kazalarının neden ve sonuçları arasındaki ilişkiyi logaritmik doğrusal modeller ile ortaya koyan çok fazla çalışmaya rastlanılmadığı görülmektedir. Bu nedenle şu ana kadar ki yapılan çalışmalarda kullanılan istatistiksel yöntemlerden farklı olarak, çalışmada Türkiye'deki trafik kazalarının neden ve sonuçları arasındaki ilişkinin logaritmik doğrusal modeller ile ortaya konulmasının literatüre farklı bir bakış açısı kazandıracağı söylenebilir.

Çalışmada, şehir içi asfalt yollarda meydana gelen kazalarda ölümlü kazaların yaralanmalı kazalara göre daha az meydana geldiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca şehir içinde meydana gelen kazalarda ölümlü kazaların yaralanmalı kazalara göre daha az görüldüğü belirlenmiştir. Çalışmada, yol kaplama cinsinin ve kazanın meydana geldiği yer ve kaza sonucuyla yakın ilişki içinde olduğu görülmektedir. Çalışma, sonucuyla örtüşen bulgulara rastlamak mümkündür. Özen vd. (2014) de ortaya koymuş oldukları çalışmada kazaların yolların teknik ve fiziksel olarak önemli sorunlar taşımasından kaynaklandığını belirtmiştir. Benzer şekilde, Şenel ve Şenel (2013)'in ortaya koydukları çalışmada da yol kaplama cinsinden dolayı oluşan kazaların olasılık değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada, aydınlatma, trafik lambası ve yaya kaldırımı olan yerlerde ölümlü kazaların yaralanmalı kazalara göre daha az olduğu belirlenmiştir. Şehir dışı yollarda trafik işaret levhalarının, yol şerit çizgilerinin ve banket bulunmasının ölümlü kazaları azalttığı belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca emniyet kemerinin takılı olduğu durumlarda ölen sürücü sayısının, yaralı sayısına göre daha az olduğu belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen bu sonuçlar, kazanın olduğu yerdeki yol ve çevre özelliklerinin, emniyet kemeri takma durumunun trafik kaza ve sonuçlarında ne kadar önemli etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yılmaz ve Aktaş (2001)'in ortaya koymuş oldukları çalışmada da çalışma bulgusuna benzer şekilde emniyet kemeri takmanın şehir içi ve şehir dışı yollarda kaza sonuçlarını etkilediği ortaya konulmuştur. Benzer şekilde Şenel ve Şenel (2013), ortaya

koydukları çalışmada da emniyet kemeri takmamanın ölümlü kazalarda yüksek ölçüde risk olduğu ortaya konulmuştur.

Bu çalışmada şehir içi ve şehir dışı karayolları donanım özellikleri, yolun kaplanma cinsi ve emniyet kemerinin takılıp takılmamasının trafik kaza sonuçları üzerindeki etkilerinin varlığı istatistiksel olarak ortaya konulmuştur.

Analiz sonucu elde edilen bulgulardan hareketle şu düşünceler önerilebilir;

- Aydınlatmanın olması ölümlü ve yaralanmalı kazaları azaltmada etkilidir. Şehir dışı yollarda da aydınlatma yaygınlaştırılmalı.
- Yaya kaldırımı olduğunda ölümlü kazalar azalmakta. Şehir içinde yaya kaldırımı yaygınlaştırılmalıdır.
- Trafik lambasının olması kazaları azaltmaktadır. Bundan dolayı trafik lambaları yaygınlaştırılmalıdır.
- Şehir içi ve şehir dışı yollarda asfalt yollar daha çok yapılmalıdır. Eskiyen asfalt yollar yenilenmelidir.
- Emniyet kemerinin takılı olması ölümlü kazaları azalmaktadır. Sürücüler emniyet kemeri takma konusunda bilinçlendirilmeli ve daha duyarlı olmalıdırlar. Şehir içi yollarda da emniyet kemeri takılmalıdır.

KAYNAKÇA

- AGRESTI, A. (1990). "Categorical Data Analysis". John Wiley and Sons, New York.
- ANDERSEN, E.B. (1990). "The Statistical Analysis of Categorical Data". Springer-Verlag, Berlin, 520 s.
- AKDUR, R. (2012). "Türkiye'deki Trafik Kazalarının Epidemiyolojik İlkeler Işığında Değerlendirilmesi". Ulaşım ve Trafik Güvenliği Dergisi, Sayı: Ağustos 2012, 1-17.
- ALP, S., ENGİN, T. (2011). "Trafik Kazalarının Nedenleri ve Sonuçları Arasındaki İlişkinin TOPSIS ve AHP Yöntemleri Kullanılarak Analizi ve Değerlendirilmesi". İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 19, 65-87.
- BAYATA, H.F., HATTATOĞLU, F. (2011). "Different Methods for The Modelling of Traffic Accidents Prediction of Erzincan Province". EÜFBED-Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(1), 31-46.
- BENEDETTI, J.K., BROWN, N.B. (1978). "Strategies For The Selection of Log-Linear Models". Biometrics, 34, 680-686.
- BOROWSKY, A., GILAD, T.O., PARMET, Y. (2010). "The Role of Experience in Hazard Perception and Categorization: A Traffic Scene Paradigm". World Academy of Science, Engineering and Technology, 66, 305-309.
- CHANG, L.Y., WANG, H.W. (2006). "Analysis of Traffic Injury Severity: An Application of Non-Parametric Classification Tree Techniques". Accident Analysis and Prevention, 38, 1019-1027.
- CHRISTENSEN, R. (1997). "Logaritmik doğrusal Modeller ve Logistic Regression". New York: Springer-Verlag.

- DARROCH, J.N., LAURITZEN, S.L., SPEED, T.D. (1980). "Markov Fields And Logaritmik doğrusal Interaction Models For Contingency Tables". *Annals Of Statistics*, 8(3), 522-539.
- DURNA, T. (2011). "Karayolu Trafik Güvenliğine Sistem Yaklaşımı: "İsveç'in Vizyon Sıfır" Politikası". *Polis Bilimleri Dergisi*, 13(1), 1-24.
- ERDOĞAN, S., YILMAZ, I., BAYBURA, T., GÜLLÜ, M. (2008). "Geographical Information Systems Aided Traffic Accident Analysis System Case Study: City of Afyonkarahisar". *Accident Analysis and Prevention*, 40, 174-181.
- GÜRÇAY, C., YÜKSEL, İ. (2002). "Sürücü Davranışları İle Stres Yaratıcı Faktörlerin Belirlenmesi –Ankara ve İzmir İlleri Kent İçi Personel Taşımacılığı Yapan Sürücüler Örneği". *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(3), 118-138.
- HABERMAN, J.S. (1977). "A Waning On The Use Of Chi-Square Statistics With Frequency Tables With small Expected Cell Counts". *JASA*, Vol.63-402, 555-561.
- HAYAKAWA, H., FISCHBECK, P.S. FISCHHOFF, B. (2000). "Traffic Accident Statistics and Risk Perceptions in Japon and the United States". *Accident Analysis and Prevention*, 32, 827-835.
- HOWELL, D.C. (2009). "Statistical Methods for Psychology (Seventh Edition)". Belmont: Wadsworth Cengage Learning.
- JOVIC, A.V., KERN, J., BILOGLAV, Z. (2006). "Risk Factors in Urban Road Traffic Accidents". *Journal of Safety Research*, 37, 93-98.
- MURAT, Y., ŞEKERLER, A. (2009). "Trafik Kaza Verilerinin Kümeleme Analizi ile Modellenmesi". *İMO Teknik Dergisi*, Yazı 311, 4759-4777.
- ÖNCEL, S., ERDUGAN, F. (2015). "Kontenjans Tablolarının Analizinde Logaritmik doğrusal Modellerin Kullanımı ve Sigara Bağımlılığı Üzerine Bir Uygulama". *SAÜ Fen Bil. Der.*, 19(2), 221-235.
- ÖZEN, E., GENÇ, E., KAYA, Z. (2014). "Trafik Kazalarının Nedenlerine İlişkin Düşünceler ve Trafikte Farkındalık". *Optimum Journal of Economics and Managemnt Sciences*, 1(1), 1-19.
- ÖZERKMEN, N. (2005). "Trafik Kazalarının Nedenleri ve Sürücü Davranışları". *Polis ve Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 1-11.
- QUDDUS, M., WANG, C., ISON, S. (2010). "Road Traffic Congestion and Crash Severity: Econometric Analysis Using Ordered Response Models." *J. Transp. Eng.*, 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000044, 424-435.
- SUNGUR, İ., AKDUR, R., PİYAL, B. (2014). "Türkiye'deki Trafik Kazalarının Analizi". *Ankara Med Journal*, 14(3), 114-124.
- SÜMER, N., ÖZKAN, T. (2002). "Sürücü Davranışları, Becerileri, Bazı Kişilik Özellikleri ve Psikolojik Belirtilerin Trafik Kazalarındaki Rollerini". *Türk Psikoloji Dergisi*, 17(50), 1-22.
- ŞENEL, B., ŞENEL, B. (2013). "Risk Analizi: Türkiye'de Gerçekleşen Trafik Kazaları Üzerine Hata Ağacı Analizi Uygulaması". *Anadolu University Journal of Social Sciences*, 13(3), 65-83.

- TEMEL, F., ÖZCEBE, H. (2006). “Türkiye’de Karayollarında Trafik Kazaları”. Sürekli Eğitim Tıp Dergisi (sted), 15(11), 192-197.
- TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU (TÜİK) (2015). “Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, 2014”. Haber Bülteni, Sayı: 18760. Erişim adresi: www. tüik.gov.tr.
- YILDIZ, M.C., KARACA, M. (2015). “Otomobil Sürücülerinin Trafik ve Yol Güvenliği Konusundaki Görüşlerine Sosyolojik Bakış”. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 12, 39.
- YILMAZ, V. (1996). Türkiye’deki İntiharlarla İlişkin Çok Değişkenli Kategorik Verilerinin Log-Lineer Modellerle Analizi. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Eskişehir.
- YILMAZ, V., AKTAŞ, C. (2001). “Üç Boyutlu Kontenjans Tablolarının Analizinde Logaritmik doğrusal Modellerin Kullanımı ve Trafik Kazalarına Uygulanması”. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2, 169-182.
- ZELTERMAN, D. (1999). “Models for Discrete Data”. Clarendon Press Oxford.