

D10 Karayolunun Arsin-Yomra Geçişlerindeki Tehlikeli Kesimlerin Tespitinde Lojistik Regresyon Yönteminin Kullanılması

Ferit YAKAR¹

¹ Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tokat.
e-posta: ferit.yakar@gop.edu.tr

Geliş Tarihi:27.01.2016; Kabul Tarihi:20.04.2016

Özet

Tehlikeli nokta/kesim iyileştirmeleri, kazaların azaltılmasında kullanılan en etkili ve basit yöntemlerden birisidir. Tehlikeli noktalar, yerel risk faktörleri sonucunda benzer noktalara nazaran daha fazla kaza meydana gelen noktalardır. Tehlikeli yol kesimlerinin tespit edilmesi çok önemlidir çünkü tespit aşamasında yapılacak yanlışlar, güvenlik iyileştirmeleri ayrılan kaynakların verimsiz kullanılmasına sebep olabilir. Bu çalışmada, tehlikeli yol kesimleri Lojistik Regresyon (LR) yöntemi kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. LR analizi, sınıflama ve atama işlemi yapmaya yardımcı olan bir regresyon yöntemidir ve kategorik veri analizinde önemli bir yere sahiptir. Çalışma alanı, D10 devlet karayolunun Trabzon ilinin Arsin ve Yomra ilçelerinden geçmekte olan 22 km'lik bölümüdür. Bölünmüş yolun batı-doğu ve doğu-batı gidiş yönleri ayrı ayrı ele alınmış ve kesim uzunluğu 500 m olarak seçilmiştir. Böylece, 44 kesimli bir çalışma alanı elde edilmiştir. Arsin ve Yomra ilçelerine ait trafik kazası verileri, 2006-2010 yıllarına ait Trafik Kazası Tespit Tutanakları'nın incelenmesiyle elde edilmiştir. Yol ve çevresine ait bilgiler, Karayolları Genel Müdürlüğü'nün (KGM) yayınladığı yol envanter bilgilerinden ve yerinde yapılan incelemelerden elde edilmiştir. Çalışma sonucunda 5 kategorik bağımsız değişkenin (yatay güzergah, düşey güzergah, köprüler, yaya geçitleri ve önemli yerler) 1 kategorik bağımlı değişkeni (tehlikeli olup olmama durumu) açıklamaya çalıştığı bir model elde edilmiştir. Elde edilen modelin doğru sınıflandırma gücü (bu çalışma alanı için) %75 olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler

Trafik Kazaları;
Tehlikeli Yol Kesimleri;
Kaza Kara Noktaları;
Lojistik Regresyon

Use of Logistic Regression Method for Identification of Risky Road Sections on Arsin-Yomra Region of D10 Highway

Abstract

Risky road section treatment is likely to be the most effective and straightforward strategy for accident reduction. A risky road section is any location that has a higher number of crashes than other similar locations as a result of local risk factors. Identification of risky road sections is very important since errors in this step may result in the inefficient use of resources for safety improvements. In this study, risky road sections were tried to be determined by using Logistic Regression (LR) technique. LR is a regression method which is used to distinguish distinct sets of observations and allocate new observations to previously defined groups. It has an important place in categorical data analysis. The study area was a 22 km long section of D10 highway, passing through Arsin and Yomra counties of Trabzon province. West-east and east-west directions of divided highway were handled separately and section length was selected as 500 m, therefore 44 sections were created. Traffic accident data for Arsin and Yomra were obtained by investigation of accident reports for the years 2006-2010. Road environment properties were obtained from Road Inventory Data of General Directorate of Highways and by site investigation. At the end of the study, a model was obtained, in which 5 independent variables (horizontal alignment, vertical alignment, bridges, pedestrian crossings, and, special facilities) were used for obtaining categorical dependent variable (being risky or non risky of road section). Accuracy value of the obtained model (for this study area) was obtained as 75%.

Keywords

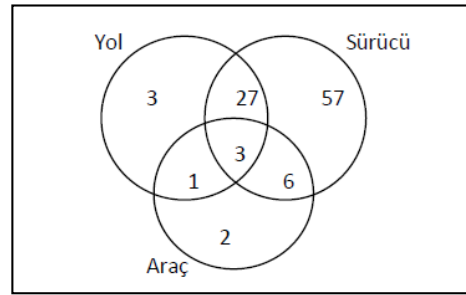
Traffic Accidents; Risky Road Sections;
Accident Black Spots;
Logistic Regression

1. Giriş

Motorlu taşıt kazaları nadiren tek bir nedene dayanan, karmaşık olaylardır (Retting et al, 2001). Esas olarak kazaların oluşumunda etkili olan 3 faktör vardır: yolun kendisi ve çevresi, yolda seyreden araçlar ve yol kullanıcıları (sürücüler, yolcular ve yayalar). Genellikle bu 3 faktör içerisinde en önemli olanın en sondaki, yol kullanıcıları, olduğu kabul edilir: Türkiye'de 2014 yılında meydana gelen ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarındaki kusur oranları incelendiğinde, yol kullanıcılarının payının % 98,81 gibi büyük bir oran olduğu, araçların payının % 0,62 ve yol ve çevresinin payının ise %0,58 gibi çok düşük bir oran olduğu görülmektedir (Trafik Kazaları Özeti, 2015). Aslında bu oranların bu denli dengesiz oluşunun başlıca nedeni, trafik kaza istatistiklerinin derleniş biçimidir: Türkiye'de trafik kazası istatistikleri, kazadan sonra olay yerine giden trafik polisi veya jandarma trafik birimlerinin kazayla ilişkin bilgileri yazdıkları Trafik Kazası Tespit Tutanaqları'na dayanmaktadır. Aldıkları eğitim itibariyle kazanın meydana gelmesinde etken olan trafik kuralı ihlalleri konusunda uzman olan ancak yol veya araç kusurlarını değerlendirme altyapısına ve bilgi birikimine sahip olmayan trafik polisleri ve jandarma trafik ekipleri doğal olarak kazanın meydana gelmesini büyük oranda insan unsuruna dayandırmakta, yol ve araç kusurları çok düşük düzeyde kalmaktadır. Diğer taraftan, dünya genelinde de kazalara sebep olan unsurlardan en büyük paya sahip olanı (bu denli yüksek olmasa da) insan unsurudur.

Literatürdeki pek çok modele göre kazalar, yol ortamı ve/veya araç özelliklerine uygun olmayan sürücü davranışlarının sonucu oluşmaktadır. Kazalar, sürücünün sürüş performansı yol ve çevrenin performans gerekliliklerini karşılamakta yetersiz kaldığında meydana gelmektedir (Geurts ve Wets, 2003). Dolayısıyla, trafik kazaları çoğu zaman birden fazla unsurun etkileşimi sonucu meydana gelmektedir. Şekil 1'de (Rumar, 1985) görüldüğü gibi, sadece yola bağlı kazaların oranı düşük olsa da, yol unsurunun diğer unsurlarla (sürücü ve araç) olan

etkileşimleri de dikkate alındığında, yaklaşık olarak kazaların üçte birinin yol unsuruyla ilintili olduğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 1. Trafik kazalarına sebep olan unsurlar (Rumar, 1985)

Bir yol ağındaki bir noktada ya da bir kesimde ağır diğer kısımlarından fazla kaza gözlemleniyorsa sebep büyük ihtimalle o nokta veya kesimdeki yol ve çevre özellikleridir. Bu gibi yerler tehlikeli yol kesimleri (aynı zamanda sıcak noktalar, kara noktalar, kazaya meyilli yerler, riskli kesimler, vb.) olarak adlandırılırlar.

Bu yerler performans gerekliliğinin zirvede olduğu terlerdir. Yol ağında yapılacak mühendislik iyileştirmeleri sürücü üzerindeki performans gerekliliğini düşürür. Bu da sürücünün performans seviyesi ile yolda gerekli olan performans gerekliliği arasındaki makası arttırarak kaza olasılığını düşürür. (Geurts and Wets) .

Tehlikeli yol kesimlerinin tanımlanması amacıyla pek çok sıralama yöntemi önerilmiştir. Geurts ve Wets (2003) kara nokta analizleri için kullanılan yöntem ve teknikler hakkında bir literatür özeti sunmuşlardır. Elvik (2008) sekiz Avrupa ülkesindeki tehlikeli yol kesimlerinin tanımlanmasında kullanılan yöntem ve kriterler hakkında çalışmıştır. Kwon vd. (2013) otoyolların yüksek çarpışma yoğunluğuna sahip yerlerini tespit etmek amacıyla kullanılan üç değişik yöntemin performanslarını değerlendirmişlerdir: Kayan Pencere (Sliding Moving Window), Yoğunluk Tespiti (Peak Searching) ve Risk Profili (Continuous Risk Profile). Montella (2010) sıkça kullanılan yedi Sıcak Nokta Tespit yöntemini (kaza frekansı, eşdeğer

maddi hasarlı kaza frekansı, kaza oranı, oran yöntemi, toplam kaza frekansının ampirik Bayes tahmini, şiddetli kaza frekansının ampirik Bayes tahmini, ve iyileştirme potansiyeli) dört değerlendirme kriterini (saha uyumluluğu testi, yöntem uyumluluğu testi, toplam sıralama farkları testi ve toplam puan testi) kullanarak karşılaştırmıştır. Miranda-Moreno vd. (2007) sıcak noktaların tespiti için iki Bayes teknik üzerinde çalışmıştır. Cheng ve Washington (2005) deneysel olarak üretilen veriyi kullanarak uygulamada gözlenen üç sıcak nokta tespit yöntemini (basit sıralama, güven aralığı ve Ampirik Bayes) yanlış negatif ve yanlış pozitif yüzdeleri açısından değerlendirmişlerdir. Geurts vd. (2005) birliktelik kuralları (veri madenciliği) uygulayarak kaza kara noktalarında ve kara noktalar dışında meydana gelen kazalarda sıklıkla bir arada gözlenen durumları otomatik olarak tanımlamaya çalışmışlardır. Pirdavani vd. (2010) trafik kazası verisinin olmadığı durumlarda kaza sıcak noktalarını önceliklendirmek için Çok Kriterli Değerlendirme yönteminden faydalanmışlardır.

Türkiye'de de kara nokta tespitiyle ilgili yapılmış çalışmalar mevcuttur. Karaşahin ve Terzi (2003), Isparta-Antalya karayolu üzerinde 1996-1999 yılları arasında meydana gelen trafik kaza verilerini Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden (CBS) faydalanarak incelemişler ve kara noktaları tespit etmişlerdir. Saplıoğlu ve Karaşahin (2006), Isparta ili kent içinde 1998-2002 yılları arasında meydana gelen kazalara ait veriyi kullanarak ve CBS'den faydalanarak kara nokta tespiti yapmışlardır. Murat ve Şekerler (2009), Denizli ili 2004, 2005 ve 2006 yıllarına ait trafik kaza verilerini bilgisayar programları kullanarak klasik ve bulanık kümelenme yöntemleriyle analiz etmişler, elde edilen küme merkezlerine yakın bölgelerdeki trafik kazalarının daha yoğun olduğu noktaları kara nokta olarak belirlemişlerdir. Ayrıca belirlenen kara noktaları detaylı biçimde ele alarak kazaya neden olan unsurları incelemişlerdir. Dereli vd. (2015), 2006-2011 yılları arasında Afyonkarahisar-Konya illeri dâhilinde bulunan karayollarında gerçekleşen trafik kaza verilerini kullanarak her yol segmenti için beklenen kaza tahminlerini Ampirik Bayes

yöntemini kullanarak hesaplamışlar, CBS'den de faydalanarak kaza kara noktalarını tespit etmişlerdir.

Türkiye'de KGM tarafından kaza kara noktalarının tespit edilmesi için kullanılan yöntem, Oran-Kalite-Kontrol yöntemidir. Oran-Kalite-Kontrol yöntemi, bir kilometre uzunluğundaki her bir yol kesimi için kaza oranı, kaza frekansı ve kaza şiddeti indeksi olmak üzere üç değişkenin hesaplandığı istatistiksel bir yöntemdir. Daha sonra değişkenlerin analize alınan yollar üzerindeki ortalamaları bulunur ve her üç değişkenin değeri de ortalama değerlerden fazla olan kesimler, tehlikeli kesim olarak adlandırılır (Kahramangil ve Şenkal, 1999).

KGM tarafından kaza kara noktalarının tespit edilmesi için kullanılan Oran-Kalite-Kontrol yönteminin en büyük handikapı, yöntemin uygulanabilmesi için tam ve eksiksiz trafik kazası verisine, trafik hacmi verisine ve taşıt-km verilerine ihtiyaç duymasındır. Türkiye'de ise bu verilerin güvenilirliklerine yönelik endişeler mevcuttur. Yöntemin bir başka handikapı, bir kesimde bir yıl meydana gelen tek bir büyük kazanın (örneğin çok sayıda ölüm gerçekleşen bir otobüs kazası) sonuçları büyük ölçüde etkileyebilmesidir. Ayrıca, bu yöntemle kazalar meydana geldikten sonra tehlikeli kesimler tespit edilebilmekte ve iyileştirme yoluna gidilmektedir: Kazalar meydana gelmeden tehlikeli kesimlerin tespit edilebilmesi ve önlem alınması mümkün olmamaktadır. Tehlikeli kesimler belirlendikten sonra da hangi iyileştirmelerin yapılması gerektiği ya da yapılacak iyileştirmelerin ne gibi sonuçlar vereceğine dair bir öngörü vermemekte, yapılacak iyileştirmeler ve alınacak sonuçlar, bulunan kesimlerin uzmanlar tarafından derinlemesine incelenmesiyle belirlenmektedir.

Bu çalışmada, tehlikeli yol kesimlerinin belirlenmesinde yolun kendisine ve çevresine ait özellikleri dikkate alan bir yöntem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla D10 Karayolu'nun Arsin-Yomra geçişlerindeki tehlikeli yol kesimlerinin belirlenmesinde Lojistik Regresyon (LR) yönteminin

kullanımı araştırılmıştır. LR hakkında detaylı bilgi Bölüm 2.2.'de verilmiştir.

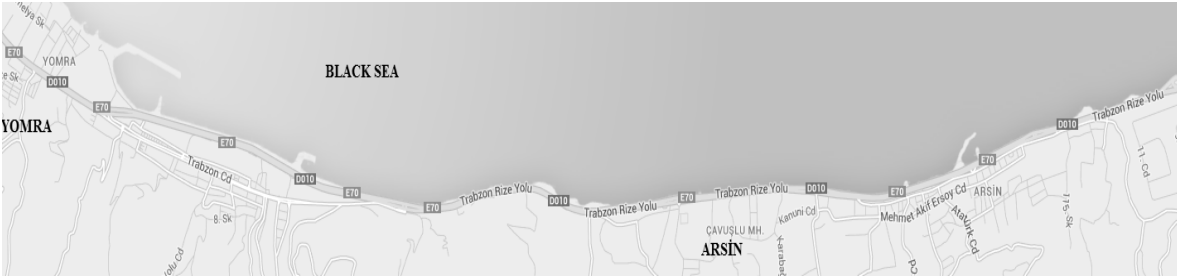
2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı ve Veriler

Çalışma, D10 Devlet Karayolu'nun (Karadeniz Sahil Yolu olarak bilinmektedir), Trabzon ilinin ilçeleri olan

Arsin ve Yomra'dan geçmekte olan 22 km'lik (11 km batı doğu ve 11 km doğu-batı doğrultusu) kısmında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2).

Türkiye'de, sadece ölümlü ve yaralamalı kazalar resmi olarak raporlanmaktadır. Bu nedenle çalışma sadece ölümlü ve/veya yaralamalı kazalarla sınırlandırılmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanı haritası (Kaynak: Google Maps)

Çalışmada kaza verileri 22 km'lik çalışma alanında 2006-2010 yılları arasında meydana gelen 132 adet ölümlü-yaralamalı Trafik Kazası Tespit Tutanağı'nın incelenmesiyle elde edilmiştir.

Çalışmada sadece yola ve yol çevresine ait özellikler ele alınmış, kazalara karışan taşıtlar veya yol kullanıcılarıyla ilgili özellikler ele alınmamıştır. Yol ve çevresine ait bilgiler hem KGM'nin yol envanterinden hem de Trafik Kazası Tespit Tutanakları'ndan elde edilmiştir. Bu bilgiler daha sonra sahada yapılan incelemelerle doğrulanmıştır.

Çalışma sırasında bölünmüş yolun gidiş ve geliş

yönlerindeki yol ve çevre özelliklerinin birbirinden farklı olabildiği görülmüştür. Örneğin, eğer gidiş yönünde yola bir katlım varsa bu sadece o yöndeki trafiği etkilemekte, diğer yöndeki trafiğe bir etkide bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmada bölünmüş yolun gidiş ve geliş yönleri farklı yol kesimleri olarak ele alınmıştır.

Tehlikeli yol kesimlerini belirleme çalışmalarında yol güvenliğine etkide bulunduğu bilinen mümkün oldukça fazla sayıda değişkenin dikkate alınması gereklidir. Bu çalışmada Tablo 1.'in ikinci sütununda listelenen 9 değişken kullanılmıştır.

Tablo 1. Değişkenler ve değişken sınıfları

Değişkenler	Değişken Sınıfları
1-Yerleşim durumu	1- Yerleşim yeri, 2- Yerleşim yeri dışı
2-Yatay güzergah	1- Viraj var, 2- Viraj yok (doğruda yol)
3-Düşey güzergah	1- Eğim var 2- Eğim yok (düzlük yol)
4-Kavşaklar	1-Kavşak var, 2- Kavşak yok
5-Geçitler	1- Geçit var, 2- Geçit yok
6-Toplama yollarının varlığı	1- Toplayıcı yol mevcut, 2- Toplayıcı yol mevcut değil
7-Önemli bina veya yerler	1- Önemli bina/yer mevcut, 2- Önemli bina/yer mevcut değil
8-Köprüler	1- Köprü var, 2- Köprü yok
9-YOGT	1-8000, 2- 9500, 3-16000

Tehlikeli yol kesimi belirleme çalışmalarında kesim uzunluğunun belirlenmesi çok önemlidir. Eğer kesim uzunluğu çok fazla seçilirse kesimler içerisinde homojenliği sağlamak zor olacaktır. Diğer taraftan eğer kesim uzunluğu çok kısa seçilirse çok fazla sayıda kesim oluşacak ve bu da iş yükünü artıracaktır. Üstelik konum bilgilerin hassasiyeti konusunda da sıkıntılar oluşabilecektir. Kesim uzunluğu belirlenirken bütün bu konular bir arada ele alınmalıdır.

Bu çalışmada hem homojenliği sağlayacak hem de konum bilgisinin hassasiyetinde sorun oluşturmayacak optimum bir uzunluk olarak kesim uzunluğu 500 m seçilmiştir. Yolun toplam uzunluğu 22 km (11 km batı-doğu yönü ve 11 km doğu-batı yönü) ve kesim uzunluğu 500 m olduğundan toplam 44 kesim oluşmuştur. Kesimlerden 1-22 arasındakiler batı- doğu yönünde (Yomra-Arsin) ve 23-44 arasındakiler doğu-batı yönündedirler (Arsin-Yomra). Bu kesimlerde değişkenlerin aldıkları değerler ve kesimlerde meydana gelen kaza sayıları Tablo 2.'de verilmiştir. Örneğin, birinci kesimde ilk değişken olan yerleşim durumu değişkeninin değeri 1'dir ki bu da bu kesimde yolun yerleşim yerinden geçtiğini göstermektedir (Tablo 1.).

2.2. Lojistik Regresyon (LR) Yöntemi

LR analizi, sınıflama ve atama işlemi yapmaya yardımcı olan bir regresyon yöntemidir ve kategorik veri analizinde önemli bir yere sahiptir (Girginer ve Cankuş, 2008). LR hem çoklu regresyona, hem de diskriminant analizine oldukça benzer. Özellikle, LR ile diskriminant analizi, bağımlı değişkenin kategorik olması açısından da benzerlik gösterirler (Büyüköztürk ve Çokluk-Bökeoğlu, 2008). Bununla birlikte LR analizinde, diskriminant analizi ve çoklu regresyon analizinden farklı olarak bağımsız değişkenlerin normal dağılımı, doğrusallık ve varyans-kovaryans matrislerinin eşitliği gibi varsayımların karşılanması gerekmez. Dolayısıyla da LR'nin diğer iki teknikten çok daha esnek olduğu ifade edilebilir (Çokluk, 2010).

LR analizinde, bağımlı değişken kategorik veri oluşturmakta ve kesikli değerler almaktadır.

Bağımsız değişkenlerin ise hepsinin veya bazılarının sürekli ya da kategorik değişkenler olmasına ilişkin bir zorunluluk bulunmamaktadır (Işığışık, 2003; Girginer ve Cankuş, 2008).

LR denkleminin genel yapısı;

$$\log \left(\frac{p(Y=1|x)}{1-p(Y=1|x)} \right) = \theta_0 + \theta_1 X_1 + \theta_2 X_2 + \dots + \theta_k X_k$$

şeklinde formüle edilir

Burada Y, bağımlı değişken, $p(Y=1|x)$ bağımlı değişkenin verilen bağımsız değişkene ait olması şartıyla belirlenen sınıf içerisinde bulunma olasılığı, X_1, X_2, \dots, X_k bağımsız değişkenler, ve $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$ regresyon katsayılarıdır. 1-p ise verilen şartlar altında olayın gerçekleşmemesi olasılığıdır.

Bu denklemdaki $\frac{p}{1-p}$ terimi literatürde bir olayın gerçekleşme olasılığının gerçekleşmeme olasılığına oranı (odd's ratio) olarak bilinir. Bu oranın 1'den küçük olması şansın azalması, büyük olması ise bu şansın artması olarak yorumlanır. Şans oranının 1 olması ise bağımsız değişkenlerde meydana gelebilecek değişimlerin bağımlı değişkende bir etki yapmayacağını gösterir (Bektaş, 2012).

Lojistik regresyon analizi için pek çok kaynak literatürde mevcuttur (Agresti, 1990; Hosmer ve Lemeshow, 2000; Lawal, 2003; Pham, 2006; Marques de Sa, 2007).

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada, D10 Karayolu Arsin - Yomra Kesimine Ait Trafik Kazası Verisine LR yöntemi uygulanmıştır.

Önceki bölümde belirtildiği gibi, LR analizinde bağımlı değişken kategorik veri oluşturmakta ve kesikli değerler almaktadır. Bağımsız değişkenlerin ise sürekli ya da kategorik değişkenler olmasına ilişkin bir zorunluluk bulunmamaktadır. Bu bağlamda, LR yöntemi karayolu tehlikeli kesimlerinin belirlenmesi çalışmalarında kullanılmaya oldukça elverişlidir: Bağımlı değişken olarak "yol kesiminin kaza açısından tehlikeli olup olmaması" (kategorik), bağımsız değişkenler olarak ise yol ve çevresine ait özellikler kullanılmıştır.

Tablo 2. Değişkenlerin kesimlerde aldığı değerler ve kesimlerde meydana gelen kaza sayıları

Kesim No	Başlangıç km	Bitiş km	Değişken numaraları									2006-2010 arasında meydana gelen kaza sayısı
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	9,00	9,50	1	2	2	1	1	2	2	2	3	1
2	9,50	10,00	1	2	1	2	2	2	2	1	3	4
3	10,00	10,50	1	1	2	1	1	2	1	2	2	14
4	10,50	11,00	2	2	2	2	1	2	1	2	2	0
5	11,00	11,50	2	2	2	2	1	2	1	2	2	3
6	11,50	12,00	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1
7	12,00	12,50	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
8	12,50	13,00	2	1	2	1	1	2	2	2	2	8
9	13,00	13,50	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1
10	13,50	14,00	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3
11	14,00	14,50	2	1	1	1	2	2	1	1	2	4
12	14,50	15,00	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1
13	15,00	15,50	2	2	2	1	1	1	1	2	2	8
14	15,50	16,00	1	2	2	2	1	1	2	2	1	0
15	16,00	16,50	1	1	2	2	2	1	2	2	1	5
16	16,50	17,00	1	2	2	2	2	1	2	2	1	4
17	17,00	17,50	1	1	2	2	1	1	1	1	1	3
18	17,50	18,00	1	2	2	2	2	1	2	2	1	1
19	18,00	18,50	1	2	2	2	2	1	2	2	1	14
20	18,50	19,00	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2
21	19,00	19,50	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2
22	19,50	20,00	1	2	1	1	1	2	1	2	1	0
23	20,00	19,50	2	2	1	1	1	2	1	2	1	0
24	19,50	19,00	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0
25	19,00	18,50	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
26	18,50	18,00	2	2	2	2	2	2	1	2	1	13
27	18,00	17,50	2	2	2	1	2	2	1	2	1	4
28	17,50	17,00	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2
29	17,00	16,50	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
30	16,50	16,00	2	1	2	2	2	2	2	2	1	4
31	16,00	15,50	2	2	2	2	1	2	2	2	1	0
32	15,50	15,00	2	1	2	2	1	2	2	2	2	5
33	15,00	14,50	2	1	1	2	1	2	2	2	2	5
34	14,50	14,00	2	1	1	2	2	2	2	1	2	0
35	14,00	13,50	2	1	1	2	2	2	2	2	2	0
36	13,50	13,00	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1
37	13,00	12,50	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1
38	12,50	12,00	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4
39	12,00	11,50	2	2	2	2	1	2	1	1	2	4
40	11,50	11,00	2	2	2	2	1	2	2	2	2	0
41	11,00	10,50	2	2	2	2	1	2	2	2	2	0
42	10,50	10,00	2	1	2	1	1	2	2	2	2	5
43	10,00	9,50	2	2	1	2	2	2	2	1	3	2
44	9,50	9,00	1	2	2	2	1	2	2	2	3	0

LR yönteminin uygulanması için "SPSS (v16.0)" paket programının "Analyze" menüsü altında bulunan "Regression - Binary Logistics" fonksiyonundan faydalanılmıştır (Aynı komut "IBM SPSS Statistics Version 20"de bulunmamaktadır). Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Modelde başlangıçta Tablo 1.'de verilen 9 adet bağımsız değişken ele alınmış, ancak yapılan analizler sonucu bu değişkenlerden 4 adedi önemsiz bulunarak analizden çıkarılmıştır. Önemli bulunarak modelde yer verilen bağımsız değişkenler ve bunların kodlanması Tablo 3'te görülmektedir.

Tablo 3. Kategorik değişkenler ve kodlanması

		Frekans	Değişken kodları
			(1)
Kopru	Var	8	1,000
	Yok	36	,000
duseyguzergah	Düz	32	1,000
	hafif eğimli	12	,000
Gecit	geçit var	22	1,000
	Geçityok	22	,000
onemliyer	Var	12	1,000
	Yok	32	,000
yatayguzergah	viraj var	16	1,000
	viraj yok	28	,000

Lojistik regresyon modeli sonucu Tablo 4'de verilmiştir. Tablo 4'de; modelde yer alan değişkenlerin katsayıları (B'ler), bu katsayılar ait olan standart hatalar (SE), Wald istatistikleri, anlamlılık düzeyleri (sig.) ve Exp (B) verilmiştir.

Tabloda verilen anlamlılık düzeyi (significance level), Tip1 hata işleme olasılığını yani gerçek hipotezin reddedilme olasılığını verir (Simoncic, 2001). Tabloda verilen Exp(B) ifadesi olayın oluşma şansını (odds ratio) göstermektedir.

Tablo 4. Denklemden yer verilen değişkenler

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
yatayguzergah(1)	2,863	1,104	6,721	1	,010	17,513
duseyguzergah(1)	2,679	1,133	5,588	1	,018	14,574
gecit(1)	-1,720	,907	3,598	1	,058	,179
onemliyer(1)	2,758	1,205	5,240	1	,022	15,773
kopru(1)	2,213	1,294	2,927	1	,087	9,145
Constant	-2,943	1,171	6,313	1	,012	,053

a. Adım 1'de girilen değişkenler: yatayguzergah, duseyguzergah, gecit, onemliyer, kopru.

Tablo 4 incelendiğinde bağımsız değişkenlerin her birinin model içerisindeki ağırlığı ayrı ayrı görülebilir. Çalışma alanındaki yol kesimlerinin tehlikeli olup olmamasında; kesim içerisinde viraj bulunması, bulunmamasına göre 17,513 kat, düşey güzergahın düz olmaması düz olmasına göre 14,574 kat, kesim içerisinde önemli yer bulunması bulunmamasına göre 15,773 kat, kesim içerisinde köprü bulunması bulunmamasına göre 9,145 kat ve kesim içerisinde

geçit bulunması bulunmamasına göre 0,179 kat etkili bulunmuştur.

Daha önce belirtildiği gibi Exp (B) değerinin (odds ratio) 1 olması bağımsız değişkenlerde meydana gelebilecek değişimlerin bağımlı değişkende bir etki yapmayacağını gösterir. Değerin 1'den küçük olması şansın azalması, büyük olması ise bu şansın artması olarak yorumlanır. Tablo 4. İncelendiğinde,

değişkenlerden biri hariç hepsine ait Exp (B) değerlerinin 1'den büyük olduğu, sadece geçit kriterine ait Exp (B) değerinin 1'den küçük olduğu görülmektedir. Bu durum, kesim içerisinde geçit olması durumunda (Tablo 3.'e göre değişken değerinin 1 olması durumunda) kesimin tehlikeli olma şansının azaldığını göstermektedir ki beklenti de buna paraleldir. Aynı şekilde Exp(B) değeri üzerinden diğer değişkenlere bakıldığında, kesim içerisinde önemli yer varsa, köprü varsa, yatay güzergah virajlıysa tehlikeliliğin arttığı görülmektedir ki beklenti de bu yöndedir. Beklentiye paralel oluşmayan tek değişken düşey güzergah değişkenidir: Bu değişkendeki Exp(B) değerinin 1'den büyük olması, eğer düşey güzergah düz ise (değişken değeri 1 ise) tehlikeliliği arttığını, hafif eğimli ise (değişken değeri 0 ise) tehlikeliliğin azaldığını göstermektedir. Bu durumun, çalışma sahasında hafif eğimli olarak nitelenen kesimlerin de esasen düze çok yakın olmalarından, yani yanlış sınıflandırılmış olmalarından kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmektedir.

Tablo 4.'deki B katsayıları kullanılarak kurulan model denklemi şu şekilde oluşmuştur:

$$\text{Kesim tehlikeliliği} = -2,943 + 2,863 * \text{yatayguzergah}(1) + 2,679 * \text{duseyguzergah}(1) - 1,720 * \text{gecit}(1) + 2,758 * \text{onemliyer}(1) + 2,213 * \text{kopru}(1)$$

Elde edilen modeldeki katsayıların yorumlanması da bir önceki paragrafta Exp (B) değerlerini yorumlanmasına benzer şekilde yapılabilir: B katsayıları pozitif olan değişkenlerin (yatay güzergah, düşey güzergah, önemli yer ve köprü) 1 değerini almaları (kesimde viraj olması, düşey güzergahın düz olması, kesim içerisinde önemli yer olması ve kesim içerisinde köprü olması) kesim tehlikeliliğini artırırken, negatif değer alan değişkenin (geçit) 1 değerini alması (yani kesim içerisinde geçit bulunması) kesim tehlikelilik değerini düşürmektedir (Düşey güzergah değişkeninin beklentinin aksine hareket etmesinin sebebi önceki paragrafta açıklanmıştı).

4. Sonuç

Bu çalışmada tehlikeli karayolu kesimlerinin belirlenmesinde LR yönteminin kullanımı araştırılmıştır. İstatiksel analizler için SPSS (v16.0) yazılımı kullanılmıştır.

Kurulan model kullanılarak tahmin edilen değerler gözlenen değerler ile karşılaştırılmış ve modelin validasyonu Tablo 5'te verilmiştir. Tablo 5, aslında tehlikeli olan 23 kesimden 15'inin doğru tahmin edildiğini ve aslında tehlikeli olmayan 21 kesimden de 18'inin doğru tahmin edildiğini göstermektedir. Buna göre modelin genel olarak doğru sınıflandırma gücü %75,0 olarak bulunmuştur.

Tablo 5. Sınıflandırma Tablosu

Gözlenen	Tahmin edilen		
	Tehlikeli	Tehlikeli	Doğruluk
	Değil		yüzdesi
Tehlikeli değil	18	3	85,7
Tehlikeli	8	15	65,2
Genel doğruluk yüzdesi			75,0

Yöntem başarılı sonuçlar vermiş ve LR yönteminin tehlikeli yol kesimlerinin belirlenmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Bu yöntemle, yola ve çevresine ait özellikler kullanılarak yolun tehlikeli kesimleri kolayca ve hızlıca bulunarak iyileştirme çalışmaları yapılabilir. Halihazırda kullanılmakta olan (oran-kalite-kontrol) yöntemin aksine, (ilk başta trafik kaza verileri ve çevresel özellikler kullanılarak model oluşturulduktan sonra) tehlikeli kesimlerin belirlenmesi için eksiksiz trafik kazası verisine, trafik hacmi verisine ve taşıt-km verilerine ihtiyaç duyulmamaktadır. Hatta, eğer herhangi bir sebeple yolun bir kısmına ait trafik kaza verisi mevcut değilse bile, yolun benzer özellikteki diğer kesimlerine ait kaza verileri kullanılarak model oluşturulabilir ve bu modele verilerin eksik olduğu kesimdeki yola ve çevresine ait özellikler girilerek yolun tehlikelilik durumu tahmin edilebilir.

Yöntemin bir başka avantajı, (tehlikeli kesimleri belirlemek için kaza verileri doğrudan kullanılmadığı için) bir kesimde bir yıl meydana gelen tek bir büyük kazanın (örneğin çok sayıda ölüm gerçekleşen bir otobüs kazası) sonuçları büyük ölçüde etkilememesidir.

Ayrıca, bu yöntemle tehlikeli kesimlerin belirlenmesi için kazaların meydana gelmesini beklemek gerekmemekte, yola ve çevresine ait özellikler kullanılarak tehlikeli kesimler tespit edilebilmekte ve iyileştirme yoluna gidilmektedir. Ayrıca, tehlikeli kesimler belirlendikten sonra da hangi iyileştirmelerin yapılması gerektiği ya da yapılacak iyileştirmelerin ne gibi sonuçlar vereceği, modele girilen değişken değerleriyle denemeler yapılarak tahmin edilebilmektedir. Örneğin, tehlikeli olarak tespit edilen bir kesimde geçit yapılırsa veya yatay güzergahın durumunda değişiklik yapılırsa tehlikelilik durumunun nasıl değişeceği denemelerle belirlenebilir ve buna göre en uygun önlem belirlenebilir.

Bu çalışmada, tek bir kaza bile görülen kesimler tehlikeli kesimler olarak nitelendirilmiştir. Ancak, çalışma yapılan yoldaki trafik hacminin fazla olması ya da değerlendirmede ele alınan sürenin fazla olması durumunda bu eşik değer 1'den farklı da seçilebilir. Örneğin, yüksek trafik hacmi olan bir yolda yapılan bir çalışmada, tek bir kazanın aslında güvenli olan kesimlerde bile şans eseri görülmüş olabileceği düşünülerek eşik değer 2 (veya daha fazla) kabul edilebilir, yani içerisinde bir kaza görülen kesimler tehlikeli kesim olarak nitelenmeyerek içerisinde 2 veya 2'den fazla kaza görülen kesimler tehlikeli kesimler olarak nitelendirilebilir. Bu eşik değer belirlenmesinde iyileştirme için kullanılacak mali kaynak da etkili olacaktır: Eldeki kaynak fazlaysa eşik değer daha düşük, kaynak kısıtlıysa eşik değer daha büyük belirlenebilir.

Kaynaklar

- Agresti, A., 1990. *Categorical Data Analysis*. Wiley & Sons, New York
- Bektaş, S., 2012. Çok Şeritli Bölünmüş Karayollarında Kaza Tahmin Modeli. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi* **1** (1), 27-34.
- Büyüköztürk, Ş., Çokluk-Bökeoğlu, Ö. 2008. Discriminant analysis: Concept and application. *Eurasian Journal of Educational Research*, **33**, 73-92.
- Cheng, W., Washington, S., 2005. Experimental evaluation of hotspot identification methods. *Accident Analysis and Prevention*, **37**, 870–881.
- Çokluk, Ö., 2010. Lojistik Regresyon Analizi: Kavram ve Uygulama. Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri / Educational Sciences: Theory & Practice, **10** (3), 1357-1407.
- Dereli, M., Erdoğan, S., Soysal, Ö., vd., 2015. Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Trafik Kaza Kara Nokta Belirleme: Ampirik Bayes Uygulaması, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(2) 36-42.
- Elvik, R., 2008. A survey of operational definitions of hazardous road locations in some European countries. *Accident Analysis and Prevention*, **40**, 1830–1835.
- Geurts, K., Wets, G., 2003. Black Spot Analysis Methods: Literature Review. <https://doclib.uhasselt.be/dspace/bitstream/1942/5004/1/17.pdf>. 22.05.2014.
- Geurts, K., Thomas, I. Wets, G., 2005. Understanding spatial concentrations of road accidents using frequent item sets. *Accident Analysis and Prevention*, **37**, 787–799.
- Girginer, N. , Cankuş, B., 2008. Tramvay Yolcu Memnuniyetinin Lojistik Regresyon Analiziyle Ölçülmesi: Estram Örneği, *Yönetim ve Ekonomi*, **15**(1), 181-193.
- Hosmer, D., Lemeshow, S., 2000. *Applied Logistic Regression*. Wiley & Sons, New York.

- İşğičok, E. 2003. Bebeklerin Dogum Ağırıklarını ve Boylarını Etkileyen Faktörlerin Lojistik Regresyon Analiziyle Arastırılması. Ankara, *VI. Ulusal Ekonometri ve _statistik Sempozyumu Bildiri Kitabı*, Gazi Üniversitesi İ.İ.B.F. Ekonometri Bölümü.
- Kahramangil, M., Şenkal, Ş., 1999. Kaza Kara Noktaları Belirleme Yöntemleri, II. Ulaşım Ve Trafik Kongresi - Sergisi, Ankara.
- Karaşahin, M., Terzi, S., 2003. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Isparta-Antalya-Burdur Karayolunun Kara Nokta Analizi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9 (3) 305-311.
- KGM (Karayolları Genel Müdürlüğü), 2015. Trafik Kazaları Özeti 2014. www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Trafik/TrafikKazalariOzeti.aspx
- Kwon, O.H., Park, M.J., Yeo, H., Chung, K. 2013. Evaluating the performance of network screening methods for detecting high collision concentration locations on highways. *Accident Analysis and Prevention*, **51**, 141- 149
- Lawal, B., 2003. Categorical Data Analysis with SAS and SPSS Applications. Lawrence Erlbaum Ass. London.
- Marques de Sa J.P., 2007. Applied Statistics Using SPSS, Statistica, Matlab and R, 2nd edition, Springer- Verlag, Berlin.
- Miranda-Moreno, L. F., Labbe, A., Fu, L., 2007. Bayesian multiple testing procedures for hotspot identification. *Accident Analysis and Prevention*, **39**, 1192–1201.
- Montella, A. 2010. A comparative analysis of hotspot identification methods. *Accident Analysis and Prevention*, **42**, 571–581.
- Murat, Y.Ş., Şekerler, A., 2009., Trafik Kaza Verilerinin Kümelenme Analizi Yöntemi ile Modellenmesi, *İMO Teknik Dergi*, Yazı 311, 4759-4777.
- Pham, H.(Ed.) 2006. Handbook of Engineering Statistics. Springer-Verlag. London.
- Pirdavani A., Brijs, T., Wets, G. 2010. A Multiple Criteria Decision-Making Approach for Prioritizing Accident Hotspots in the Absence of Crash Data, *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, **30(1)**, 97-113.
- Retting, R. A., Weinstein, H. B., Williams, A. F, Preusser, D. F., 2001. A simple method for identifying and correcting crash problems on urban arterial streets. *Accident Analysis and Prevention*, **33**, 723–734.
- Rumar, K., 1985. The Role of Perceptual and Cognitive Filters in Observed Behavior, *Human Behavior in Traffic Safety*, eds. L. Evans and R. Schwing, Plenum Press.
- Saplıoğlu, M., Karaşahin, M., 2006. Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımı İle Isparta İli Kentiçi Trafik Kaza Analizi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi* 12 (3) 321-332.
- Simoncic, M. 2001. Road accident in Slovenia involving a pedestrian, cyclist or motorcyclist and a car. *Accident Analysis and Prevention*, **33**, 147-156.