

## TOKAT-NİKSAR KARAYOLUNDAKİ KAZAYA MEYİLLİ KESİMLERİN FREKANS ORANI YÖNTEMİYLE TESPİT EDİLMESİ

**Ferit YAKAR (ORCID: 0000-0002-9045-3841)\***

*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye*

*Geliş / Received: 30.03.2017  
Kabul / Accepted: 24.07.2017*

### ÖZ

Bu çalışmada; karayollarındaki tehlikeli kesimlerin belirlenebilmesi için "Frekans Oranı" yönteminin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu yöntemde, kazaya meyilli yol kesimlerinin belirlenmesinde kaza sayısı veya kaza oranı değerleri doğrudan kullanılmamakta, bunun yerine geçmişte meydana gelen kaza verileri kullanılarak yol kesiminin çevresel özellikleri ile yolun kazaya meyilliliği arasında bir ilişki kurulmaktadır. Bu ilişki, aynı yol üzerinde bulunan ve diğer kesimlerle benzer trafik etkisine maruz kalan, ancak kaza verisi herhangi bir sebeple eksik olan yol kesimlerinin kazaya meyilliliğini değerlendirmede de kullanılabilir. 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. Yöntem, Tokat-Niksar (D850) karayolunda denenmiştir. Yol ve çevresine ait 7 değişkene yer verilen çalışma sonunda toplam 94 kesimden 66 tanesi (%70,21) kazaya meyilli olarak nitelendirilirken, toplam 206 kazadan 174 tanesi (%84,46) bu kesimlerde meydana gelmiştir. Yani çalışma alanının nispeten küçük bir kısmında kazaların büyük bir kısmını yakalama imkânı olmuştur. Bu durum, yöntemin kazaya meyilli yol kesimlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kazaya meyilli yol kesimleri, Frekans Oranı Yöntemi, yol güvenliği

## DETERMINATION OF ACCIDENT PRONE SECTIONS OF TOKAT- NİKSAR HIGHWAY BY USING FREQUENCY RATIO METHOD

### ABSTRACT

In this study; use of "Frequency Ratio" method for dangerous road section determination was investigated. In this method, instead of using the accident number or accident ratio, a relationship between the environmental properties of the road and accident proneness of the road was established, by using past accident data. This relation can also be used for accident proneness of the sections which are on the same road and exposed to similar traffic effects but have no past accident data. Moreover, possible remedies and their effects can be guessed by trying different variable values. Developed method was tested on Tokat-Niksar (D850) State Highway. Seven variables related to road and its environment was used. 66 out of 94 sections (70,21%) were defined as accident prone, whereas 174 out of 206 accidents (84,46%) were recorded in these sections. That is, great percentage of the accidents were captured in a relatively low percent of sections. It is concluded that developed method may be used in accident prone road section determination studies.

**Keywords:** Accident prone road sections, Frequency Ratio Method, road safety

\*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 356 252 16 16 /2917; e-mail / e-posta: ferit.yakar@gop.edu.tr

## TOKAT-NİKSAR KARAYOLUNDAKİ KAZAYA MEYİLLİ KESİMLERİN FREKANS ORANI YÖNTEMİYLE TESPİT EDİLMESİ

### 1. GİRİŞ

Yol güvenliği iyileştirme çalışmalarının ilk adımı kara noktaların tespit edilmesidir [1]. Genel anlamıyla kaza kara noktası, trafik kazalarının yoğunlaştığı kesim veya noktalara verilen addır. Diğer bir deyişle, belirli bir nedenden dolayı kaza yoğunluğu yaşanan kesim ya da noktalardır [2]. Literatürde "kara nokta" terimi yerine "kazaya meyilli yerler", "sıcak noktalar", "tehlikeli kesimler", "riskli kesimler" terimleri de kullanılmaktadır. Bu çalışmada "kazaya meyilli kesimler" terimi tercih edilmiştir.

Kazaya meyilli kesimlerin tespitinde kullanılan temelde iki yaklaşım vardır: Gözlenen kaza sayılarını temel alan yaklaşım ve regresyon analizlerini temel alan yaklaşım [3]. Bu yaklaşımların her ikisinin de üstün ve zayıf yanları bulunmaktadır. Özellikle doğrudan kaza oranlarına dayanan sıralama yöntemleri, trafik kaza sayılarının yıldan yıla rasgele değişmesinden dolayı çok sayıda yanlış tanımlamalara (güvenli yerleri kazaya meyilli olarak tespit etme veya tam tersi) yol açabilmektedir [4, 5]. Yanlış pozitifler (tehlikeli olmayan bir yerin tehlikeli bulunması) kaynakların güvenliği artırmayacak önlemlere yatırılmasına sebep olacaktır. Diğer taraftan, yanlış negatifler (tehlikeli olduğu halde tehlikeli bulunmayan yerler) etkili güvenlik artırıcı tedbirlerin alınmasını engelleyecektir [6]. Poisson veya Negatif Binom regresyon modelleri gibi regresyon analizlerini temel alan modellerin kullanılabilmesi için ise bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki bazı ilişkilerin bulunması zorunludur [7]. Diğer taraftan, son zamanlarda bazı araştırmacılar kaza verisinin analizleri için "dağılımdan bağımsız" yöntemler ortaya koymuşlardır. Temel olarak gözlem verisine dayanan bu teknikleri uygulamak için kaza frekansı verisinin herhangi bir dağılıma uyma şartı yoktur [8].

Kazaya meyilli yerlerin tespit edilmesi için pek çok değişik yöntem önerilmiştir. Geurts ve Wets [9], kara nokta analizleri için kullanılan yöntem ve teknikler hakkında bir literatür özeti sunmuşlardır. Çalışmalarında, kaza frekansı ve kaza şiddetini modellemek amacıyla geliştirilmiş olan pek çok istatistiksel modeli gözden geçirmişler, birkaç da alternatif yöntem tanımlamışlardır. Kaza kesimlerinin kesitini çıkarmak için kullanılan bazı teknikleri ve bu yerlerde uygulanacak iyileştirmelerin etkilerinin tahmini için önce-sonra analizlerinin kullanılabilirliğini de tartışmışlar, son olarak da Belçika, Danimarka ve Avusturya'da kullanılan kara nokta analiz yöntem ve tekniklerini sunmuşlardır. Cheng ve Washington [6], deneysel olarak üretilen veriyi kullanarak uygulamada gözlenen üç kara nokta tespit yöntemini (basit sıralama, güven aralığı ve Ampirik Bayes) yanlış negatif ve yanlış pozitif yüzdeleri açısından değerlendirmişler, Ampirik Bayes tekniğinin diğerlerinden daha iyi performans gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır. Pirdavani ve ark. [10], trafik kazası verisinin olmadığı durumlarda kaza kara noktalarını önceliklendirmek için Çok Kriterli Değerlendirme Yöntemi'nden faydalanmışlardır.

Türkiye'de de kara nokta tespitiyle ilgili yapılmış çalışmalar mevcuttur. Karaşahin ve Terzi [11], 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 [12], Isparta İli kent içinde 1998-2002 yılları arasında meydana gelen kazalara ait veriyi kullanarak ve CBS'den faydalanarak kara nokta tespiti yapmışlardır. Murat ve Şekerler [13], Denizli İli 2004-2006 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 ve ark. [14], 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.

Diğer taraftan, 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 ve bu üç değişkenin de eşik değerden fazla olduğu kesimlerin kara nokta olarak nitelendirildiği istatistiksel bir yöntemdir [2]. Oran-Kalite-Kontrol yönteminin en büyük eksikliği, yöntemin uygulanabilmesi için tam ve eksiksiz trafik kazası verisine, trafik hacmi verisine ve taşıt-km verilerine ihtiyaç duyulmasıdır. Türkiye'de ise bu verilerin güvenilirliklerine yönelik endişeler mevcuttur. Yöntemin bir başka eksikliği, 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 edilebilme ve iyileştirme yoluna gidilmektedir: Kazalar meydana gelmeden tehlikeli kesimlerin tespit edilebilmesi ve önlem alınması mümkün olmamaktadır. Yöntem, belirlenen tehlikeli kesimler için 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, Tokat -Niksar karayolundaki kazaya meyilli yol kesimlerinin belirlenmesi için Frekans Oranı Yöntemi'nin (FOY) kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu yöntemde analiz birimi yol kesimleridir: Her bir yol

F. YAKAR

kesiminin kazaya meyillilik durumları, yoldaki diğer kesimlere göre belirlenmiştir. Yöntemde kaza sayısı ya da kaza oranı doğrudan kullanılmamış, bunun yerine kaza sayısı ile yol/çevre özellikleri arasında bir ilişki kurularak kesimlerin kazaya meyillilikleri buna bağlı olarak belirlenmiştir. Böylece, yöre halkının yaşam biçimi ve trafik kültürü gibi yerel koşulların (örneğin yerel halkın yaya geçitlerinde geçiş önceliği kuralına uyma alışkanlığı ya da banketlerde hayvan sürüsü gütme sıklığı gibi) yolun kazaya meyilliliğine etkilerini daha iyi yansıtmak da mümkün olmuştur. Üstelik Poisson ya da Negatif Binom Regresyonu gibi çoğu istatistiksel yöntemde kaza verisinin az veya eksik olmasından dolayı belirli bir olasılık dağılımına uyması zor olabilirken, önerilen yöntemde kaza verisinin uymak zorunda olduğu bir olasılık dağılımı söz konusu değildir. Yöntemin bir diğer avantajı ise basitliğidir. Yöntemin kullanılabilmesi için özel bir istatistik paket programı veya derin bir matematik/olasılık bilgisi gerekmemektedir: Basit bir excel sayfası ya da bir hesap makinesi bile yöntemin uygulanması için yeterlidir. FOY hakkında detaylı bilgi, "2.1. Frekans Oranı Yöntemi (FOY)" bölümünde verilmektedir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Frekans Oranı Yöntemi (FOY)

FOY kolayca uygulanan bir olasılık modelidir ve özellikle heyelan duyarlılık haritalarının üretiminde yaygın şekilde kullanılmaktadır [15-20]. Bu çalışmaların temel varsayımı; "genelde heyelanların bilinen bazı çevresel faktörlere bağlı olarak ortaya çıktığı ve gelecekteki heyelanların da geçmiştekilerle aynı şartlar altında meydana geleceği"dir [21]. Bu yaklaşıma bağlı olarak, heyelanın meydana geldiği alanlar ile bu alanlardaki heyelana neden olan faktörler arasındaki ilişki kullanılarak gelecekte meydana gelecek heyelanlar konusunda bilgi sahibi olunabilir. Bu yöntemde, heyelan duyarlılık analizi için dikkate alınan parametrelere ait her bir alt parametre sınıfı ile heyelan lokasyonları karşılaştırılır ve her bir sınıfa ait heyelan meydana gelme olasılık değerleri hesaplanır. Her bir sınıf için hesaplanan olasılık değerlerinin toplanması ile o sınıfların ait olduğu ana parametrelerin de ağırlık değeri elde edilmiş olur [22].

Yukarıda anlatılan heyelan çalışmalarının temel varsayımına benzer şekilde, trafik kazaları konusunda da şu varsayım yapılabilir: "Trafik kazaları üzerinde etkili olan bazı çevresel faktörler vardır ve bu faktörler gelecekteki trafik kazaları üzerinde de etkili olacaktır." Bu yaklaşıma bağlı olarak, trafik kazalarının meydana geldiği yol kesimleri ile bu yol kesimlerindeki trafik kazalarına etkisi olan faktörler arasındaki ilişki kullanılarak kazaya meyilli yol kesimleri hakkında bilgi sahibi olunabilir. Bu amaçla; kazaya meyillilik analizi için dikkate alınan değişkenlere ait her bir değişken alt sınıfı ile trafik kazası meydana gelen yol kesimleri karşılaştırılır ve her bir değişken alt sınıfına ait trafik kazası meydana gelme olasılık değeri hesaplanır. Her bir değişken alt sınıfı için hesaplanan olasılık değerlerinin toplanması ile sınıfların ait olduğu değişkenlerin de ağırlık değeri elde edilmiş olur.

#### 2.1.1. Yöntemin Aşamaları

FOY yöntemi kazaya meyilli yol kesimlerinin belirlenmesi sürecine uyarlanabilir. Şematik gösterimi Şekil 1'de verilen sürecin ana adımları şu şekildedir:

1- Birinci adım, yol ve çevresine ait, kazaya meyilliliğe etkisi olabilecek değişkenlerin tespit edilmesidir. Çalışmalarda genel olarak yol güvenliğine etkisi olabileceği düşünülen mümkün olan en fazla sayıda değişkene yer verilmelidir. Bu amaçla geçmiş çalışmaların ve çeşitli kuruluşlarca hazırlanmış teknik raporların incelenmesiyle uzun bir ön liste elde edilebilir. Bununla birlikte, literatürde yer alan her değişken her çalışmada kullanılamayabilir. Bunun çeşitli nedenleri vardır:

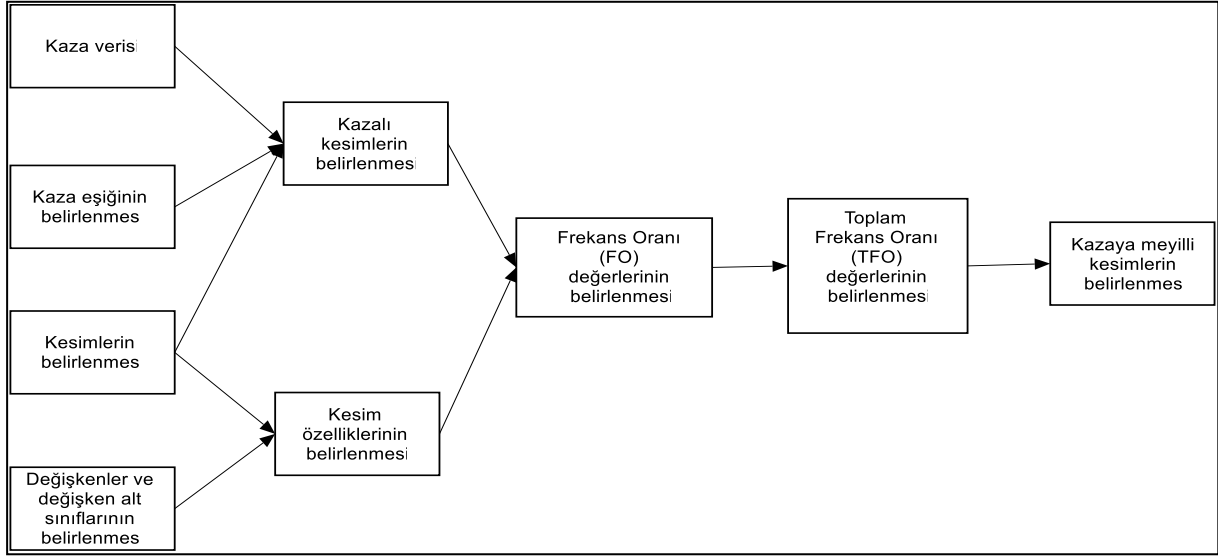
a- Yer verilmek istenen bir değişkene ait veri herhangi bir nedenle mevcut olmayabilir. Örneğin, yol yüzey pürüzlülüğü değişkeni için güncel veriler mevcut olmayabilir.

b- Değişken yol boyunca her yerde aynı değeri almış olabilir. Örneğin, tamamı 2 şeritli olan bir yolda şerit sayısı değişkenini kullanmanın bir anlamı yoktur.

c- Hangi değişkenlerin kullanılacağı aynı zamanda yol türüyle de ilgilidir: Örneğin, yerleşim yerlerinden geçmekte olan bir yol için en önemli faktörlerden birisi yaya altyapılarının mevcudiyeti olacakken, bu değişken erişme kontrollü bir yol için bir anlam ifade etmeyecektir.

Bu nedenlerle, kullanılacak değişkenler her yol için ayrı ayrı ve dikkatlice belirlenmelidir. Her değişkenin alabileceği muhtemel değerler yani değişken alt sınıfları da yolun özelliğine göre dikkatlice belirlenmelidir. Örneğin, "Yerleşim durumu" değişkeni (1- Yerleşim yeri, 2- Yerleşim yeri dışı) 2 değer alabilirken, "Yatay güzergah" değişkeni (1- Düz yol, 2- Hafif viraj, 3- Sert viraj) 3 değer alabilir.

**TOKAT-NİKSAR KARAYOLUNDAKİ KAZAYA MEYİLLİ KESİMLERİN FREKANS ORANI YÖNTEMİYLE TESPİT EDİLMESİ**



**Şekil 1.** Önerilen yöntemin şematik gösterimi

2- İkinci adım, kesimlerin belirlenmesidir. Kara nokta veya tehlikeli kesim belirlenmesine yönelik çalışmalarda kesimlerin, dolayısıyla da kesim uzunluklarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Değişken uzunluktaki kesimlerin kullanılması kaza verisinin işlenmesini çok karmaşıklaştıracağından, sabit bir kesim uzunluğu kullanılması neredeyse zorunludur.

En iyi kesim uzunluğunun ne olduğuna dair üzerinde uzlaşılmış bir değer bulunmamaktadır (Geurts ve Wets, 2003). 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. Ayrıca bir kara noktanın iki kesim arasında bölünerek kaybolabilmesi ihtimali olacaktır. Kesim uzunluğu belirlenirken bütün bu konular bir arada ele alınmalıdır.

Kesim uzunlukları belirlendikten sonra, ilk noktadan başlamak üzere kesimler belirlenmeli ve numaralandırılmalıdır.

3- Üçüncü adım, her bir kesim için değişkenlerin aldığı değişken alt sınıf değerlerinin, yani kesim özelliklerinin belirlenmesidir. Örneğin, "Yatay güzergah" değişkeninin her bir kesimde hangi değişken alt değerini (1- Düz yol, 2- Hafif viraj, 3- Sert viraj) aldığı belirlenmelidir. Bu adım esas olarak saha gözlemleriyle gerçekleştirilmekteyse de, yola ait haritalar veya uydu görüntülerinden, Trafik Kazası Tespit Tutanakları'ndan ve KGM'nin yol envanter bilgilerinden de faydalanılabilmektedir.

4- Dördüncü adımda, kesimler "kazalı" ve "kazalı değil" olarak sınıflandırılmaktadır. Bu amaçla bir "kaza eşik değeri" belirlenmekte, bu eşik değerden fazla kaza meydana gelen kesimler "kazalı" olarak adlandırılmaktadır.

Bütün çalışmalarda geçerli olacak bir kaza eşiğinin belirlenmesi mümkün değildir. Bunun yerine, kaza verisinin süresi ve ele alınan yolun özellikleri dikkate alınarak her çalışma için ayrı kaza eşiği belirlenmelidir. Örneğin, sadece 1 yıllık kaza verilerinin kullanıldığı bir çalışmada kaza eşiği 2 olarak alınabileceken, 3 yıllık veri kullanılması durumunda kaza eşiği 5 veya 6 olarak kabul edilebilir. Benzer şekilde, Yıllık Ortalama Günlük Trafik (YOGT) değerleri yüksek olan yollarda kaza değeri yüksek olacakken, YOGT değerleri düşük olan yollarda kaza ihtimali ve dolayısıyla kaza eşiği değeri de düşük olacaktır.

Çalışmada kaza verisinin kullanılacağı sürenin belirlenmesi de çok önemlidir. İstatistiksel açıdan bakıldığında, mümkün olduğu kadar fazla veriyle çalışmak tercih edilecektir. Diğer taraftan, verinin alındığı süre boyunca çalışma alanındaki yolda önemli değişiklikler (örneğin tamamı 2 yönlü olan bir yolun tamamen bölünmüş hale getirilmesi) olmaması gerekir ki bu da verisi kullanılacak süreyi kısıtlar. Bu nedenlerle, kaza kara noktası belirleme çalışmalarında kullanılacak süre 1 yıldan 5 yıla kadar değişebilmektedir. Ancak en sık kullanılan süre 3 yıldır [6, 23].

5- Beşinci adımda, değişken alt sınıflarının frekans oranları (FO), aşağıda verilen Eşitlik 1'e göre hesaplanmaktadır.

$$FO = [(A/B) / (C/D)] \quad (1)$$

Bu eşitlikte;

FO → değişken alt sınıfının frekans oranı;

## F. YAKAR

- A → ilgili değişken alt sınıfına ait olan "kazalı" kesimlerin sayısı;  
 B → "kazalı" kesimlerin toplam sayısı;  
 C → ilgili değişken alt sınıfına ait olan kesim sayısı;  
 D → kesim sayısı.

Eşitlikteki B ve D değerleri bütün değişkenler için aynıdır: D ikinci adımda, B ise 4. adımda belirlenmektedir. Ancak, C ve A değerleri her bir değişkenin her bir alt sınıfı için ayrı ayrı hesaplanmalıdır.

Eşitlik 1 ile hesaplanan FO değerleri o değişken alt sınıfının kaza oluşumuna göreceli katkısını temsil etmektedir. FO değerinin 1'den büyük olması yüksek korelasyon, birden küçük olması ise düşük korelasyon anlamına gelmektedir.

6- Bütün değişkenler için hesaplanan frekans oranı değerlerinin toplanmasıyla her kesim için Toplam Frekans Oranı (TFO) değerleri elde edilmektedir. TFO değerleri, ait olduğu kesimin kazaya meyilliliğinin bir ölçüsü olmaktadır: Değer büyüdükçe kazaya meyillilik artmaktadır.

7- Bütün kesimler için TFO değerleri hesaplandıktan sonra sıra kazaya meyilli kesimlerin belirlenmesine gelmektedir. Bu karar, kesimlerin hesaplanan TFO değerlerine göre belirlenen sayıda risk sınıfına ayrılımlarıyla verilmelidir.

Kullanılacak olan risk sınıfı sayısı da sonuçlar üzerinde oldukça etkilidir. Kesimler basit olarak "kazaya meyilli" ve "kazaya meyilli değil" olarak iki sınıfa ayrılabilir gibi, amaca bağlı olarak 3, 4 veya 5 risk sınıfı da kullanılabilir. Örneğin, eğer 5 sınıf kullanılırsa kesimler çok riskli - az riskli - nötr - az güvenli - çok güvenli olarak sınıflandırılabilir.

Kesimler için hesaplanmış olan TFO değerlerinin genişliği (en büyük değer ile en küçük değer arasındaki fark) seçilen risk sınıfı sayısına bölünerek risk sınıfı genişlikleri hesaplanır. Bu genişlik kullanılarak risk sınıfları tablosu oluşturulur. Böylece her bir kesimin risk sınıflarından hangisine girdiği, dolayısıyla hangi sınıfların kazaya meyilli olduğu tespit edilir.

### 2.1.2. En Uygun Kaza Eşik Değerinin Belirlenmesi

Yukarıda açıklandığı gibi, yöntemdeki kazalı kesimleri belirleyebilmek için bir kaza eşik değeri seçilmesi gerekmektedir. En uygun eşik değerinin belirlenmesi için duyarlılık ve özgüllük değerleri hesaplanmalıdır.

Duyarlılık ve özgüllük, bir ikili sınıflandırma testinin performansını ölçmeye yarayan istatistiksel ölçülerdir. Bir ikili sınıflandırma testinin dört olası sonucu vardır (Tablo 1):

**Tablo 1.** İkili sınıflandırma testinin olası sonuçları

Test Sonucu	Gerçek	
	Pozitif	Negatif
Pozitif (Kazaya meyilli)	GP	YP
Negatif (Kazaya meyilli değil)	YN	GN
Toplam	GP+YN	YP+GN

- GP (Gerçek Pozitif) : Gerçekte "kazaya meyilli", test sonucu da "kazaya meyilli"  
 YP (Yanlış Pozitif) : Gerçekte "kazaya meyilli değil", fakat test sonucu "kazaya meyilli"  
 YN (Yanlış Negatif) : Gerçekte "kazaya meyilli", fakat test sonucu "kazaya meyilli değil"  
 GN (Gerçek Negatif) : Gerçekte "kazaya meyilli değil", test sonucu da "kazaya meyilli değil"

Duyarlılık; doğru sınıflandırılmış olan gerçek pozitiflerin, gerçek pozitiflere olan oranını ölçer (Eşitlik 2).  
 Özgüllük; doğru sınıflandırılmış olan gerçek negatiflerin, gerçek negatiflere olan oranını ölçer (Eşitlik 3).

$$\text{Duyarlılık} = GP / (GP + YN) \quad (2)$$

$$\text{Özgüllük} = GN / (GN + YP) \quad (3)$$

Mükemmel bir ayırıcının %100 duyarlılığa ve %100 özgüllüğe sahip olması istenir. Ancak pratikte bu çok nadirdir. Bu nedenle, bir test yönteminin yüksek duyarlılık ve özgüllük değerlerine sahip olmasıyla yetinilir. İki ölçüt arasında bir denge sağlamak amacıyla, iki değerlerin ortalaması ((Duyarlılık+Özgüllük)/2), yöntemin performansını ölçmek için kullanılabilir.

Farklı kaza eşik değerleri kullanılarak tespit edilen kazalı kesimlerle süreç sonunda bulunan kazaya meyilli kesimler karşılaştırılarak ((Duyarlılık+Özgüllük)/2) değerleri hesaplanabilir, böylece en yüksek ((Duyarlılık+Özgüllük)/2) değerini veren kaza eşik değeri en uygun kaza eşik değeri olarak seçilebilir.

## TOKAT-NİKSAR KARAYOLUNDAKİ KAZAYA MEYİLLİ KESİMLERİN FREKANS ORANI YÖNTEMİYLE TESPİT EDİLMESİ

### 2.1.3. Yöntemin Performansının Ölçülmesi

Yöntemin performansını ölçmek için kullanılabilir yöntemlerden birisi, basit karşılaştırma yöntemidir. Ayalew ark. [24], bu yöntemi lojistik regresyon yöntemini kullanarak elde ettikleri heyelan duyarlılık haritasının doğruluğunu değerlendirmek için kullanmışlar; oluşturdukları heyelan duyarlılık haritası ile heyelan envanter haritasını karşılaştırarak, belirlenen duyarlılık sınıfı alanları içerisinde ne kadar heyelan düştüğünü tespit etmişlerdir. Performansı yüksek çalışmalarda, tehlikeli olarak nitelenen hücrelerin oranı mümkün olduğu kadar az olmasına karşın bu hücrelere düşen heyelan sayısının mümkün oldukça fazla olması beklenmektedir. Bu yaklaşım kazaya meyilli yol kesimlerinin belirlenmesine uyarlanabilir. Ancak, heyelan söz konusu olduğunda 2 boyutlu olan haritaların (heyelan duyarlılık ve heyelan envanter haritaları) karşılaştırılması gerekirken, bir çizgisel mühendislik yapısı olan yol söz konusu olduğunda 1 boyutlu vektörlerin (risk sınıfları vektörü ve kaza sayıları vektörü) karşılaştırılması gerekmektedir. Bunun için önce her bir yol kesiminin hangi risk sınıfına girdiğini gösteren risk sınıfları vektörüyle her bir yol kesiminde meydana gelmiş olan kaza sayılarını gösteren kaza sayıları vektörünün oluşturulması, daha sonra bu iki vektör karşılaştırılarak her bir risk sınıfına düşen kaza yüzdelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Performansı yüksek çalışmalarda, kazaya meyilli olarak nitelenen (yani birinci risk sınıfına giren) kesimlerin oranının mümkün olduğu kadar az olmasına karşın kazaların büyük bir oranının bu kesimlerde meydana gelmiş olması istenir. Karşılaştırma işleminin açıklanması amacıyla, 10 kesimden oluşan ve içerisinde 20 kaza meydana gelmiş örnek bir yol için oluşturulan risk sınıfı vektörü ve kaza sayısı vektörü aşağıdaki Şekil 2'de gösterilmiştir. Buna göre, 10 kesimin sadece 3 tanesi (%30'u) birinci risk sınıfına girmektedirken meydana gelen 20 kazadan 15 tanesinin (%75) birinci risk sınıfına giren kesimlerde meydana geldiği görülmektedir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Risk sınıfı vektörü	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2
Kaza sayısı vektörü	5	4	1	0	1	0	6	2	0	1

Şekil 2. Karşılaştırma işlemini açıklayan örnek

## 2.2. Tokat Niksar Karayolundaki Kazaya Meyilli Kesimlerin Tespit Edilmesi

### 2.2.1. Çalışma Alanı ve Veriler

Geliştirilen yöntem, D850 Devlet Karayolunun Tokat İli ile Niksar İlçesini bağlayan 47 km uzunluğundaki ve 2X1 (iki şeritli-iki yönlü) kesimindeki bir kısmının (Şekil 3) kazaya meyilli kesimlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

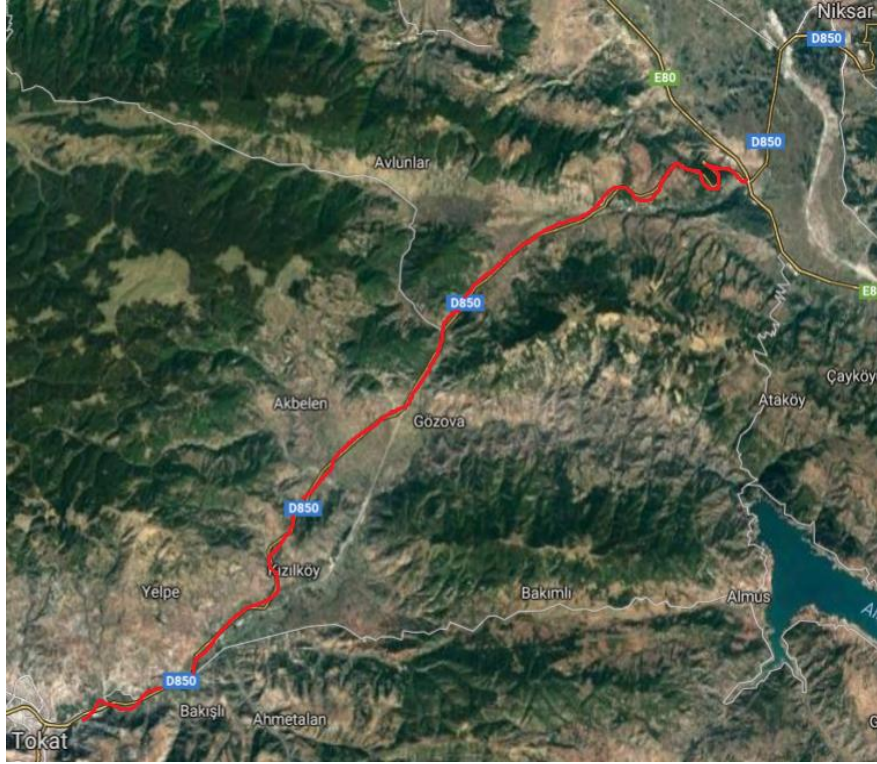
Çalışma kapsamında, bahsedilen yolda 2011-2014 yılları arasında meydana gelen 206 adet ölümlü ve/veya yaralamalı kazaya ait Trafik Kazası Tespit Tutanağı incelenerek kazalara ait veriler derlenmiştir (Türkiye'de, sadece ölümlü ve yaralamalı kazalar resmi olarak raporlandığı için çalışmada sadece ölümlü ve/veya yaralamalı kazalar dikkate alınmıştır).

Çalışmada, ele alınan yolda kaza sayıları çok yüksek olmadığı için 4 yıllık kaza verileri kullanılmıştır. Böylece, istatistiksel açıdan daha iyi sonuç vermesi için mümkün olduğu kadar çok kaza verisi sağlayacak uzunlukta bir süre kullanmakla yol ve çevresinde önemli değişiklikler olmayacak kadar kısa bir süre kullanmak arasında denge kurulmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada hem homojenliği sağlayacak hem de konum bilgisinin hassasiyetinde sorun oluşturmayacak optimum bir uzunluk olarak kesim uzunluğu 500 m seçilmiştir. Yolun toplam uzunluğu 47 km ve kesim uzunluğu 500 m olduğundan toplam 94 kesim oluşmuştur.

Tehlikeli yol kesimlerini belirleme çalışmalarında yol güvenliğine etkide bulunduğu bilinen mümkün oldukça fazla sayıda değişkenin dikkate alınması istenir. Çalışma alanına ait veriler elde edildikten ve incelendikten sonra başlangıçta yer verilmesi düşünülen bazı değişkenlere (şerit genişliği, aydınlatma durumu, vb.) ait özelliklerin yolun tamamı için aynı olduğu, dolayısıyla kazalara olan etkilerinin tespit edilemeyeceği anlaşılmış ve bu değişkenler çalışma dışında tutulmuştur. Dolayısıyla bu çalışmada Tablo 2'nin ikinci sütununda listelenen 7 değişkene yer verilmiştir. Bu tabloda, 3. sütun değişken alt sınıflarını, yani değişkenlerin alabileceği olası değerleri gösterirken, son sütun değişken alt sınıflarının Eşitlik 1 ile hesaplanmış olan frekans oranlarını göstermektedir. 4. ve 5. sütunlar ise her bir değişken alt sınıfının FO değerlerinin hesaplanması için Eşitlik 1'de kullanılan C ve A değerlerini göstermektedir.

F. YAKAR



Şekil 3. Çalışma alanı

Tablo 2. Değişkenler, değişken alt sınıfları ve değişken alt sınıflarının FO değerleri

Değ. No	Değişken	Değişken Alt Sınıfları	Alt Sınıftaki Kesim Sayısı (C)	Alt Sınıftaki Kazalı Kesim Sayısı (A)	İlgili Alt Sınıfın Frekans Oranı (FO)
1	Yerleşim durumu	1- Yerleşim yeri	7	7	1,1605
		2- Yerleşim yeri dışı	87	74	0,9871
2	Yatay Güzergâh	1- Düz yol	47	39	0,963
		2- Hafif viraj	26	25	1,1159
		3- Keskin viraj	21	17	0,9394
3	Düşey Güzergâh	1- Eğimsiz	39	31	0,9224
		2- Hafif eğimli	40	39	1,1315
		3- Dik eğimli	15	11	0,851
4	Kavşaklar	1- 3 yönlü (T)	4	2	0,5802
		2- 3 yönlü (Y)	1	1	1,1605
		3- 4 yönlü	4	4	1,1605
		4- 5 yönlü	0	0	0
		5- Dönel	2	2	1,1605
		6- Diğer	1	1	1,1605
		7- Kavşak yok	82	71	1,0048
5	Önemli Yerler	1- Küçük yerleşim	16	15	1,088
		2- Tesis (akaryakıt ist., cami, vb.)	8	7	1,0154
		3- Önemli yer yok	70	59	0,9781
6	Banket Genişliği	1- BG < 200 cm	43	30	0,8096
		2- 200 cm < BG < 300 cm	45	45	1,1605
		3- BG > 300 cm	6	6	1,1605
7	YOGT	1- 3688	38	31	0,9467
		2- 4269	8	5	0,7253
		3- 5083	41	38	1,0756
		4- 7602	7	7	1,1605

**TOKAT-NİKSAR KARAYOLUNDAKİ KAZAYA MEYİLLİ KESİMLERİN FREKANS ORANI YÖNTEMİYLE TESPİT EDİLMESİ**

Yol ve çevresine ait özellikler, yolda yapılan gözlemlerle elde edilmiştir. Elde edilen bu bilgiler, Trafik Kazası Tespit Tutanaqları ve KGM'nin yol envanter bilgileriyle de karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Kesimlerde değişkenlerin aldığı değerler ve kesimlerde çalışma süresi boyunca meydana gelen kaza sayıları Tablo 3'te verilmiştir (yer kısıtlılığı nedeniyle tablonun sadece bir kısmı verilmiştir). Örneğin, ilk kesimde ilk değişken olan yerleşim durumu değişkeninin aldığı değer 2 olarak görülmektedir ki Tablo 2'nin 3. sütunundan anlaşılacağı gibi bu da bu kesimin yerleşim yeri dışında olduğu anlamına gelmektedir.

**2.2.2. Hesaplamalar**

Değişkenler ve değişken alt sınıfları belirlenerek Tablo 2'de verilmiştir (Yöntemin aşamaları bölümündeki 1. adım). Daha sonra kesimler ve her bir kesime ait özellikler (kesimlerin her bir değişken için değişken alt sınıflarından hangisine ait olduğu) belirlenerek Tablo 3'te verilmiştir (Yöntemin aşamaları bölümündeki 2. ve 3. adımlar). Toplam kesim sayısı (yani Eşitlik 1'deki D sayısı) 94 olarak elde edilmiştir. Aynı tablonun (Tablo 3) son sütununda, her bir kesimde meydana gelen kaza sayıları da gösterilmiştir (yer kısıtlılığından dolayı tablonun bir kısmı verilmiştir).

Kaza eşliğinin belirlenmesi için, "en uygun kaza eşik değerinin belirlenmesi" bölümünde açıklandığı gibi, farklı eşik değerler kullanılarak duyarlılık ve özgüllük değerleri hesaplanmış ve bu iki değerlerin ortalamasını en büyük yapan değer olan 0, kaza eşik değeri olarak belirlenmiştir (Tablo 4). Yani, içerisinde 0'dan fazla (1 veya daha çok) kaza meydana gelen kesimler "kazalı", diğer kesimler "kazalı değil" olarak nitelendirilmiştir (Yöntemin aşamaları bölümündeki 4. adım). Böylece, toplam "kazalı" kesim sayısı (Eşitlik 1'deki B değeri) elde edilmiştir (bu çalışma için 81).

**Tablo 3.** Kesimler, değişkenlerin kesimlerdeki değerleri ve kesimlerdeki kaza sayıları

Kes No	Baş. km	Bitiş km	Değişkenler							Kaza sayısı
			Yerleşim Durumu	Yatay Güz.	Düşey Güz.	Kavşak Durumu	Önemli Yerler	Banket Gen	YOĞT	
1	29,00	29,50	2	1	1	1	3	1	4269	1
2	29,50	30,00	2	1	1	1	1	1	4269	0
3	30,00	30,50	2	1	1	7	2	1	4269	1
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
92	74,50	75,00	2	1	1	7	3	2	7602	1
93	75,00	75,50	2	1	1	7	3	2	7602	4
94	75,50	76,00	1	1	1	7	3	2	7602	5

**Tablo 4.** Farklı eşik değerler için Duyarlılık, Özgüllük ve (Duy.+Özg.)/2 değerleri

Eşik değeri	Duyarlılık	Özgüllük	(Duy. + Özg.)/2
0	0,8025	0,9231	0,8628
1	0,7586	0,6111	0,6849
2	0,6216	0,8596	0,7406
3	0,8500	0,7568	0,8034
4	0,8750	0,6977	0,7864

Kesimlerin kazalılık durumları belirlendikten sonra, her değişken alt sınıfına ait kazalı kesim sayıları (Eşitlik 1'deki A değeri) ve her değişken alt sınıfına ait toplam kesim sayıları (Eşitlik 1'deki C değeri) belirlenerek Tablo 2'de gösterilmiştir. Belirlenen A ve C değerleri ve Eşitlik 1'i kullanarak hesaplanan FO değerleri de Tablo 2'nin son sütununda verilmiştir (Yöntemin aşamaları bölümündeki 5. adım). Örneğin, "yatay güzergâh" değişkeni için "hafif virajlı" alt sınıfına ait toplam kesim sayısı 26 (C değeri), "hafif virajlı" alt sınıfına giren "kazalı" kesimlerin sayısı 25 (A değeri) olduğundan, FO değeri Eşitlik 1 ile hesaplanarak 1,1159 olarak bulunmuştur (D=94 ve B=81 olduğu daha önce belirtilmişti).

Her bir değişken için hesaplanan FO değerleri kesimlere atanmış ve bunlar toplanarak her kesim için TFO değerleri hesaplanmıştır (Yöntemin aşamaları bölümündeki 6. adım). Her bir kesim için hesaplanan FO ve TFO değerleri Tablo 5'te verilmiştir (yer kısıtlılığı nedeniyle tablonun tamamı verilmemiştir).



F. YAKAR

**Tablo 5.** Kesimler için hesaplanan FO ve TFO değerleri

Kesim No.	FO							TFO	Risk Sınıfı
	Yerleşim Durumu	Yatay Güz.	Düşey Güz.	Kavşak Durumu	Önemli Yerler	Banket Gen.	YOGT		
1	0,9871	0,9630	0,9224	0,5802	0,9781	0,8096	0,7253	5,9657	1
2	0,9871	0,9630	0,9224	0,5802	1,0880	0,8096	0,7253	6,0756	1
3	0,9871	0,9630	0,9224	1,0048	1,0154	0,8096	0,7253	6,4276	1
4	0,9871	0,9630	0,9224	0,5802	0,9781	0,8096	0,7253	5,9657	1
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
92	0,9871	0,9630	0,9224	1,0048	0,9781	1,1605	1,1605	7,1764	2
93	0,9871	0,9630	0,9224	1,0048	0,9781	1,1605	1,1605	7,1764	2
94	1,1605	0,9630	0,9224	1,0048	0,9781	1,1605	1,1605	7,3498	2

Bütün kesimlerin TFO değerleri belirlendikten sonra kesimlere ait en büyük TFO değeri olan 7,7190'dan en küçük TFO değeri olan 5,9658 çıkarılmış ve bu aralık 2 eşit parçaya ayrılarak (sınıf sayısı 2 olarak belirlendiği için) Tablo 6'da verilen tehlikelilik sınıfları tablosu oluşturulmuştur. Bu tabloya göre, Tablo 5'teki TFO değerleri nazara alınarak çalışma alanını oluşturan 94 kesimin risk sınıfları tespit edilmiş ve Tablo 5'in son sütununda verilmiştir (Yöntemin aşamaları bölümündeki 7. adım). 1. risk sınıfına giren 66 kesim incelemeye alınması gereken kesimler olarak değerlendirilmiştir.

**Tablo 6.** Tehlikelilik sınıfları tablosu

Tehlikelilik sınıfı	Minimum TFO değeri	Maksimum TFO değeri
1	5,9658	6,8424
2	6,8424	7,7190

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada; geçmişte meydana gelen trafik kazalarına neden olan yol ve çevreye ilişkin etkenlerin, gelecekte meydana gelecek trafik kazalarına da etken olacağından hareketle, yol ve çevreye ilişkin verilerin gelecekte meydana gelecek kazaların tahmin edilmesinde kullanılabileceği varsayılmış ve karayollarındaki kazaya meyilli kesimlerin belirlenebilmesi için "Frekans Oranı" yönteminin kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Çalışma sonunda 9 adet kesim tehlikeli kesim olarak belirlenmiştir. Yöntemin performansını ölçmek amacıyla, risk sınıflarının her birisine düşen kesim sayısı ve kaza sayısı belirlenmiş ve risk sınıflarındaki kaza yüzdeleri hesaplanmıştır. Tablo 7'de görüldüğü gibi, çalışma alanındaki toplam 94 kesimden 66 tanesi (%70,21) 1. sınıfa düşerek kazaya meyilli olarak nitelendirilirken, 206 kazadan 174 tanesi (%84,46) bu kesimlerde meydana gelmiştir.

**Tablo 7.** Performans ölçüm tablosu

Risk sınıfı	Kesim sayısı	Kesim %	Kaza sayısı	Kaza Oranı (%)
1	66	70,21	174	84,46
2	28	29,79	32	15,54
Toplam	94	100	206	100

Bu çalışmada bazı değişkenlerin kesimlerde aldığı değerler ölçümle değil de gözlemlenmiştir. Örneğin; yatay güzergâh değişkeni ele alınırken kesimlerin hafif virajlı mı yoksa sert virajlı mı olduğunun belirlenmesi için nesnel bir ölçüm yerine kişisel değerlendirmeler kullanılmıştır. Bunun sebebi, kaza verilerinin sağlandığı Trafik Kazası Tespit Tutanakları'nda da bu değerlendirmenin aynı şekilde yapılıyor olmasıdır. Eğer bu değerlendirmelerin yapılabilmesi için herhangi bir nesnel ölçüm kullanılırsa, yönteme bu değerlendirmeler girilerek kullanılmaya devam edilebilir.

## TOKAT-NİKSAR KARAYOLUNDAKİ KAZAYA MEYİLLİ KESİMLERİN FREKANS ORANI YÖNTEMİYLE TESPİT EDİLMESİ

Yöntemin uygulaması çok kolaydır. Basit bir hesap makinesiyle ya da Excel sayfasıyla uygulanabilir. Özel bir yazılım, vb. gerektirmemektedir. Ancak; yol uzunluğunun artması, kesim uzunluğunun azalması veya değişken sayısının artması gibi durumlarda bu basit matematiksel işlemlerin elle yapılması oldukça zaman alıcı olabilecektir. Bu sebeple, matematiksel işlemlerin yapılması için MATLAB yazılımı kullanılarak bir program yazılmıştır. Program girdi olarak kesim sayısını, kesim özelliklerini ve kesimlerde meydana gelen kazaları istemekte, çıktı olarak ise kazaya meyilli yerleri ve elde edilen performans değerlerini vermektedir. Böyle bir yazılım kullanılması, kesim uzunluklarının, kaza eşik değerinin veya risk sınıfı sayısının kolaylıkla ve hızlıca değiştirilip denenmesini de mümkün kılmaktadır.

### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada karayollarındaki kazaya meyilli kesimlerin belirlenebilmesi için "Frekans Oranı" yönteminin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda çalışma alanının küçük bir kısmını oluşturan yol kesimlerinde, meydana gelen kazaların büyük kısmının yakalanabildiği görülmüştür. Bu durum, yöntemin kazaya meyilli yol kesimlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda kullanılabilceğini göstermiştir.

Bu yöntemle, ele alınan bir yola ve çevresine ait özellikler kullanılarak ele alınan yolun kazaya meyilli kesimleri kolayca ve hızlıca bulunarak iyileştirme çalışmaları yapılabilir. Yöntem pek çok kara nokta tespit yönteminden farklı olarak, kaza verisinin dağılımıyla ilgili bir ön kabul gerektirmemektedir. Hâlihazırda 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, bir kesimde bir yıl meydana gelen tek bir büyük kazanın (örneğin çok sayıda ölüm gerçekleşen bir otobüs kazası) sonuçları büyük ölçüde etkilememesidir. Zira tehlikeli kesimler doğrudan kaza sayıları ya da ölü sayıları kullanılarak belirlenmemekte, yol ve çevresinin sahip olduğu özellikler ve bu özelliklerin sahip olduğu frekans değerleri kullanılarak belirlenmektedir.

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 güzergâhın durumunda değişiklik yapılırsa tehlikelilik durumunun nasıl değişeceği denemelerle belirlenebilir ve buna göre en uygun önlem belirlenebilir.

Yöntemin kullanılmasıyla ilgili dikkat edilecek bir nokta, yöntemin sadece ele alınan yol için kazaya meyilli kesimleri belirlemek için kullanılması gerektiğidir: Bir yoldaki geçmiş kaza verisiyle çevresel ilişkiler arasında kurulan ilişkiler başka bir yoldaki kazaya meyilli kesimlerin tespiti için kullanılamaz.

Bundan sonrası için yapılabilecek bazı çalışmalar da vardır. Örneğin, veri hassasiyetinin izin verdiği ölçüde kesim uzunluğunu azaltıp kesim sayısını artırmak kazaya meyilli yol kesimlerinin daha hassas biçimde tespit edilmesini sağlayacaktır. Kesim uzunluklarının azalmasıyla banket genişliği, bariyer durumu, sabit cisim (direk vb. gibi değişkenlere yer vermek de mümkün olabilecektir. Diğer taraftan, çalışılan yol kesiminde meydana gelen ölümlü kazaların ağırlığını yaralanmalı kazalara nazaran artıran bir uygulama da yapılabilir. Ayrıca, kesim uzunluğunun veya veri süresinin sonuçlar üzerindeki etkisi de araştırılabilir.

### KAYNAKLAR

- [1] GHAFFARI, A., KASHANI, A.T., MOGHIMIDARZI, S., "Identification of Black Spots Based on Reliability Approach", *Promet – Traffic&Transportation*, 25, 525-532, 2013.
- [2] KAHRAMANGİL, M., ŞENKAL, Ş., "Kaza Kara Noktaları Belirleme Yöntemleri", II. Ulaşım ve Trafik Kongresi-Sergisi, Ankara, 1999.
- [3] QIN, X., NG, M., REYES, P.E., "Identifying Crash-Prone Locations with Quantile Regression", *Accident Analysis and Prevention*, 42, 1531-1537, 2010.
- [4] HAUER, E., *Observational Before-After Studies in Road Safety*, Pergamon, Tarrytown, NY, 1997.
- [5] PERSAUD, B.N., "Safety Migration, the Influence of Traffic Volumes, and Other Issues in Evaluating Safety Effectiveness", *Transport. Res. Record.*, 1086, 33-41, 1986.

F. YAKAR

- [6] CHENG, W., WASHINGTON, S., “Experimental Evaluation of Hotspot Identification Methods”, *Accident Analysis and Prevention*, 37, 870–881, 2005.
- [7] CHANG, L.Y., CHEN, W.C., “Data Mining of Tree-Based Models to Analyze Freeway Accident Frequency”, *Journal of Safety Research*, 36(4), 365–375, 2005.
- [8] ABDEL-ATY, M., PANDE, A., “Crash Data Analysis: Collective vs. Individual Crash Level Approach”, *Journal of Safety Research*, 38, 581–587, 2007.
- [9] GEURTS, K., WETS, G., “Black Spot Analysis Methods: Literature Review”, 2003, <https://doclib.uhasselt.be/dspace/bitstream/1942/5004/1/17.pdf>. 22.05.2014.
- [10] PIRDAVANI, A., BRIJS, T., WETS, G., “A Multiple Variables Decision-Making Approach for Prioritizing Accident Hotspots in the Absence of Crash Data”, *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 30(1), 97-113, 2010.
- [11] KARAŞAHİN, M., TERZİ, S., “Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Isparta-Antalya - Burdur Karayolunun Kara Nokta Analizi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(3), 305-311, 2003.
- [12] SAPLIOĞLU, M., KARAŞAHİN, M., “Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımı ile Isparta İli Kentiçi Trafik Kaza Analizi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(3), 321-332, 2006.
- [13] MURAT, Y.Ş., ŞEKERLER, A., “Trafik Kaza Verilerinin Kümeleme Analizi Yöntemi ile Modellenmesi”, *İMO Teknik Dergi*, 4759(4777), 311, 2009.
- [14] DERELİ, M. A., ERDOĞAN, S., SOYSAL, Ö., ÇABUK, A., UYSAL, M., TİRYAKİOĞLU, İ., AKBULUT, H., DÜNDAR, S., ERDOĞDU, H., SARAÇLI, S., YALÇIN, M., GÜLAL, A. M., TAŞBAŞ, M., KANTAR, M., ARSLAN, Y., “Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Trafik Kaza Kara Nokta Belirleme: Ampirik Bayes Uygulaması”, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(2), 36-42, 2015.
- [15] AKGÜN, A., “A Comparison of Landslide Susceptibility Maps Produced by Logistic Regression, Multi-Variables Decision, and Likelihood Ratio Methods: A Case Study at Izmir, Turkey”, *Landslides*, 9, 93–106, 2012.
- [16] YILMAZ, I., “Landslide Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio, Logistic Regression, Artificial Neural Networks and their Comparison: A Case Study from Kat Landslides (Tokat—Turkey)”, *Computers & Geosciences*, 35, 1125–1138, 2009.
- [17] DEMİR, G., AYTEKİN M., AKGÜN, A., İKİZLER, S.B., TATAR, O., “A Comparison of Landslide Susceptibility Mapping of the Eastern Part of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) by Likelihood-Frequency Ratio and Analytic Hierarchy Process Methods”, *Nat Hazards*, 65, 1481–1506, 2013.
- [18] LEE, S., SAMBATH, T., “Landslide Susceptibility Mapping in the Damrei Romel Area, Cambodia Using Frequency Ratio and Logistic Regression Models”, *Environ Geol.*, 50(6), 847–855, 2006.
- [19] PRADHAN, B., LATIF, Z.A., AMAN, S.N.A., “Application of Airborne Lidar Derived Parameters and Probabilistic-Based Frequency Ratio Model in Landslide Susceptibility Mapping”, *Appl. Mech. Mater.*, 225, 442–447, 2012.
- [20] REGMI, A.D., DEVKOTA, K.C., YOSHIDA, K., PRADHAN, B., POURGHASEMI, H.R., KUMAMOTO, T., AKGUN, A., “Application of Frequency Ratio, Statistical Index, and Weights-of-Evidence Models and their Comparison in Landslide Susceptibility Mapping in Central Nepal Himalaya”, *Arab. J. Geosci.*, 7, 725-742, 2013.
- [21] LEE, S., TALIB, J.A., “Probabilistic Landslide Susceptibility and Factor Effect Analysis”, *Environmental Geology*, 47, 982–990, 2005.
- [22] AKGÜN, A., “Ayvalık ve Yakın Çevresinin Erozyon ve Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi”, *Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir. 2007.*
- [23] ELVIK, R., “A Survey of Operational Definitions of Hazardous Road Locations in Some European Countries”, *Accident Analysis and Prevention*, 40, 1830–1835, 2008.
- [24] AYALEW, L., YAMAGISHI, H., MARUI, H., KANNO, T., “Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-Based Susceptibility Mapping with Comparisons of Results from Two Methods and Verifications”, *Engineering Geology*, 81(4), 432-445, 2005.