

ÇOK ŞERİTLİ BÖLÜNmüş KARAYOLLARINDA KAZA TAHMİN MODELİ

Salih BEKTAŞ*

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray

Özet-Son yıllarda iki şeritli kırsal yollarda meydana gelen trafik kazaları ile ilgili birçok kaza tahmin modeli geliştirilmiştir. Bu modellerde; trafik akım değerleri, karayolu geometrik standartları ve çevresel faktörler dikkate alınmıştır. Ancak çok şeritli bölünmüş karayolu ile ilgili kaza tahmin modeli çalışmaları çok fazla bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalarda da sürücü karakteristiklerinin trafik kazalarına etkisi çok fazla incelenmemiştir.

Bu çalışmada; Aksaray-Ankara arasındaki bölünmüş karayolunda son üç yılda meydana gelen, ölüm veya yaralanma ile sonuçlanan trafik kaza raporları incelenmiştir. Kazaların oluşumunda etkili olduğu düşünülen; yıllık ortalama günlük trafik, yol bölüm uzunluğu, banket genişliği, enine ve boyuna eğim, sürücü yaşı, tecrübesi ve öğrenim durumu, iklim ve çevre şartları vb. birçok parametre ayırma (discriminant) analizi ile incelenmiştir. Sonuçta, sürücünün tecrübesinin, öğrenim durumunun, hava durumu ve yol yüzey durumunun ve yol bölüm uzunluğunun, incelenen yolda kaza oluşumunda önemli faktörler olduğu 0,74 korelasyon ile bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bölünmüş karayolu, Sürücü tecrübesi, Diskriminant analizi

A CRASH PREDICTION MODEL FOR MULTILANE DIVIDED HIGHWAY

Abstract-In recent years, there have been many studies in the world concerning with accident occurrences in two-lane rural roads by evaluating traffic flow values, highway geometric standards and the association between environmental factors. However, there are very few forecasting models related with accidents on multi-lane divided highways and studies have not been able to assess all the parameters of the road.

In this study, reports of the traffic accidents of the last three years resulting in fatal or injury on the divided Aksaray-Ankara highway were examined. Variables thought to be effective in the occurrences of accidents including the annual average daily traffic load, road segment length, shoulder width, transverse and longitudinal slope, driver's age, experience and education level, climatic and environmental conditions, etc. were examined by applying a discriminant analysis and a model was developed based on these variables. As a result of the model, experience and education level of the driver, weather and road conditions, road segment length were found statistically significant (Determination coefficient of 0,74).

Key Words: Divided highway, Driver experience, Discriminant analysis

* salihbektasg@hotmail.com.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Son yıllarda çeşitli değişkenlerin kazalardaki etkilerini araştırmak amacıyla çeşitli metotlarla kaza tahmin modelleri geliştirilmiştir. Bu çalışmalarda genellikle kaza tahmin model parametresi olarak kaza frekansı veya kaza oranı kullanılmıştır. Bu modeller sonucu kaza frekansını etkileyen bağımsız değişkenler arasında trafik akışı, yol uzunluğu, altyapı geometrik özellikleri, kaplama yüzey koşulları, aydınlatma, hava durumu, sürücü davranışı bulunmuştur. Bazı değişkenlerin kazadaki etki değerini tahmin etmek kolay değildir. Değişkenlerin kaza oluşumuna etkisi farklı düzeylerde. Bu nedenle yapılan çalışmalarda değişken sayısı azaltılmıştır. Literatürde trafik yoğunluğu ve yol geometrisinin değişken olarak kabul edildiği çok sayıda kaza tahmin modeli olmasına rağmen, insan davranışının dahil edildiği kaza tahmin modelleri sınırlı sayıdadır. Literatüre bakıldığında modellerin dört ana grupta toplandığı görülmektedir. 1) Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz 2) Ampirik Bayes Yöntemi [1-4], 3) Bulanık Mantık [5-7], 4) Yapay Sinir Ağları [8-11]. Ayrıca, Temel Bileşen Analizi (TBA) da artık gereksiz değişkenleri [12,13] kaldırmak için bir ön araç olarak kullanılmaktadır.

Literatürde bilindiği kadarıyla çok şeritli yollar için ilk kaza tahmin modeli Persaud ve Dzbiç (1993) tarafından geliştirilmiştir. Çalışmada kaza verileri ve trafik akımı arasındaki ilişkiler ortalama günlük trafik ve saatlik hacimler dikkate alınarak açıklanmıştır. Analiz genelleştirilmiş lineer modele dayandırılmış ve trafik akımını ifade eden ortalama günlük trafik ve saatlik trafik artığında kaza oranının arttığı sonucu bulunmuştur. Dört şeritli otoyollarda kaza riski, aynı trafik hacminde, dörtten daha fazla şeritli yollardan az çıkmıştır. Bunun sebebinin sürücülerin serbest akım şartlarında, manevra özgürlüğünün çokluğundan doğan risk artımı olarak değerlendirilmiştir [14].

Knuiman ve diğ. (1993) negatif binom dağılımını kullanarak, kaza oranına dört şeritli yollarda refüj genişliğinin etkisini incelemiştir. Bulgularda kaza oranının refüj genişliği arttıkça azaldığı ve ayrıca zıt yönlü taşıtların kafa kafaya çarpışmalarındaki geçiş kazalarını azalttığı belirlenmiştir [15].

Fridstrøm ve diğ. (1995) trafik akımı, hız limitleri, hava ve aydınlatma koşullarına bağlı kaza tahmin modelini negatif binom dağılımını kullanarak oluşturmuşlardır. Çalışmada uygunluk ölçü birimi olarak varyasyonlar karşılaştırılmıştır. Sonuçta yukarıdaki dört bağımsız değişkenin kaza oranını %85 ve %95 arasında değişen oranlarda açıkladığı belirtilmiştir [16].

Hadi ve diğ. (1995) kırsal veya kentsel çok şeritli ve iki şeritli yollar için birçok kaza tahmin modeli önermişlerdir. Modelde bağımsız değişken olarak toplam kaza oranı ya da yaralanmalı kaza oranı kullanılmıştır. Kaza oranının trafik hacmi yüksek düzeyde olan yollarda artan yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) artışı ile arttığı ve daha düşük trafik hacimli yollarda yıllık ortalama günlük trafik azalışı ile azaldığı belirtmiştir [17].

Persaud ve diğ. (2000) iki şeritli yollarda, alıman ve kurlar için ayrı analizler gerçekleştiren ilk araştırmacılardan biri olmuşlardır. Çalışmada bağımlı değişken olarak kaza frekansı ve bağımsız değişkenler olarak trafik akımı ve yol geometrisi alınmıştır. Regresyon modelleri genelleştirilmiş doğrusal modelleme kullanılarak kalibre edilmiştir. Düz veya dalgalı araziler için bir kukla değişken kullanılmıştır. Yolun kurb olan kısımlarında kaza frekansının, yıllık ortalama günlük trafik, yol bölüm uzunluğu ve eğrilik yarıçapı ile arttığı, yolun doğru ve düzlükteki kesimleri için ise yıllık kaza sayısının yol bölüm uzunluğu ve yıllık ortalama günlük trafik ile arttığı, yüksek kaza sayısının dalgalı araziden çok düz arazide olduğu görülmüştür [18].

Abdel-Aty ve Essam Radwan (2000) kaza frekansı tahmininde negatif binom dağılımını kullanmış, dağılımda yıllık ortalama günlük trafik, yatay kurb açısı, yol bölüm uzunluğu, şerit

banket ve refüj genişliği, ve yolun kırsal yada kentsel oluş parametrelerini kullanmıştır. Bu çalışmada sürücü karakteristiklerini dikkate alınmıştır (cinsiyet: erkek ya da kadın, yaş: genç, orta yaş ve yaşlı) dikkate alan bir model geliştirilmesidir. Sonuçta, kaza frekansının yıllık ortalama günlük trafik, yatay kurp açısı ve yol bölüm uzunluğu parametreleri ile arttığı, şerit, banket ve refüj genişliği artışı ile azaldığı belirlenmiştir [19].

Martin (2002) Fransa'daki şehirlerarası otoyollar için, kaza oranı ile saatlik trafik hacmi arasındaki ilişkiyi ve trafiğin kaza şiddeti üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada negatif binom dağılımı kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen en önemli sonuç; çarpışma oranı ve saatlik trafik arasındaki ilişkinin lineer olmadığıdır. Yaralanmalı ve hasarlı yüksek kaza oranı değeri, saatlik trafik hacmi 400 taşıt/saat olduğunda bulunmuş, kaza oranı hızlı bir şekilde artan saatlik trafiğe bağlı olarak azaldığı gözlemlenmiştir (yaklaşık 1000-1500 taşıt/saat iki ve üç şeritli anayollarda). Daha sonra kademeli olarak kaza oranı trafik artışına göre arttığı belirtilmiştir [20].

Golob ve Recker (2003) kaza türü ile trafik akımı, hava ve aydınlatma koşulları arasındaki ilişkiyi belirlemek için doğrusal ve doğrusal olmayan çok değişkenli istatistiksel analizler kullanmıştır. Çalışmadaki yaklaşım Temel Bileşen Analizine dayandırılmış, orijinal trafik akım değişkenleri setinden en önemli değişkenleri belirlemek için kanonik korelasyon analizi yapılmıştır. Golob ve diğ. (2004) bir başka çalışmada, karayolunda trafik akışı değişimlerinin güvenlik üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Analizde üç kaza karakteristiği kaza türü (arka ve önden çarpma, yandan ya da sabit cisme çarpma, kaza karışan taşıt sayısı) kaza yeri (sol şerit, iç şerit, sağ şerit, banket), kaza şiddeti (yaralanma ve ölüm) kullanılarak kaza tahmin modeli elde edilmiştir [12, 21].

Hauer (2004a) negatif binom dağılımı kullanarak istatistiksel yol güvenliği modeli geliştirmiştir. Bağımlı değişken olarak her yıl kaza sayısını bağımsız değişken olarak da yol geometrik özellikleri ve trafik akımını kullanmıştır [22].

Bir başka çalışmada Hauer (2004b) dört şeritli bölünmemiş kentsel yollarda, kaza frekansı tahmin etmek için yukarıda belirtilen istatistik modeli uygulanmıştır. Önerilen modelde, yıllık kaza sayısı yıllık ortalama günlük trafik, kamyon yüzdesi, yatay kurp uzunluğu ve açısı, düşey kurpların uzunluğu ve tanjant uzunluğu, şerit genişliği, banket genişliği ve tipi, yol kenarı tehlike oranı, hız limiti, erişim noktası (sinyalizasyon kavşak, dur kontrollü kavşak, ticari anayol ve diğer özel yollar), park ve sola dönüş şeridi varlığı değerlendirilmiştir. Bulgularda önemli değişkenler olarak; YOGT, ticari yol sayısı ve hız limiti bulunmuştur [23].

Şehirlerarası bölünmemiş karayollarında yatay kurp yarıçapının karayolu güvenliğine etkisi üzerinde yapılan çalışmada, sadece kurp yarıçapının tek başına bir etkiye sahip olmadığı ancak diğer değişkenler ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır [24]. Şerit ve banket genişliğinin şehirlerarası bölünmemiş karayollarında karayolu güvenliğine etkisini araştıran başka bir çalışmada, YOGT'nin az olduğu karayollarında, şerit ve banket genişliğinin kazaların oluşumunda çok etkili olmadığı, ancak YOGT'nin 5000 taşıt/gün den fazla ve şerit genişliğinin 3 m.'den az olduğu durumda ise etkili olduğu bulunmuştur [25].

Yağışın kaza oluşumunda önemli bir etken olduğu kabul edilmektedir. Fakat yağışların kaza oluşumuna etkisinin belirlenmesinde kullanılması gereken değişkenlerin farklılıkları ve zaman periyodunun değişkenliği yağış parametresinin modelde kullanımını zorlaştırmaktadır. Bir çok çalışmada yağmur ve kar şeklindeki yağışların kuru durumla karşılaştırıldığında çok ciddi kazalara sebep olduğu, ayrıca yağış yüksekliğinin kazayı etkileyen önemli bir faktör olduğu bulunmuştur [12,16,26-29].

Aksaray-Ankara arasında daha önceleri iki şeritli kırsal karayolu olan güzergah, 2002- 2005 yılları arasında dört şeritli bölünmüş karayolu haline getirilmiştir. Bölünmüş karayollarında

kazaya sebep olan etkin parametrelerin bilinmesi, planlamacılar ve uygulamacılar açısından çok önemlidir. Hızlı akan trafikte meydana gelen kazaların sonucu, çarpışmanın şiddetinden dolayı çoğunlukla ölümlü veya yaralanmalı kazalar olmaktadır.

Bu çalışmada 52 km.'lik bölünmüş karayolunda üç yıllık süreçte (2009, 2010 ve 2011) meydana gelen 199 adet ölümlü veya yaralanmalı trafik kazası incelenmiştir. Bağımlı değişken olarak, 40 yaşın altında ve üstünde kaza yapan sürücüler (eğer sürücü yaşı < 40 ise modelde 0; eğer sürücü yaşı > 40 ise modelde 1) alınmıştır. Bağımsız değişken olarak alınan değişkenler ve bunlara ait parametreler aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

- 1) İncelenen bölünmüş karayoluna ait değişkenler (yıllık ortalama günlük trafik, kazanın yeri banket genişliği, kaza kilometresi, kaza anında yolda çalışma olup/olmadığı)
- 2) Hava ve iklim koşullarına ait değişkenler (hava durumu, gün durumu, yol yüzey durumu)
- 3) Sürücüye ait değişkenler (Sürücünün yaşı, öğrenim durumu ve tecrübesi)
- 4) Taşıtlara ait değişkenler (kazaya karışan taşıt cinsi)

2.YÖNTEM (METHOD)

Çalışmada, kaza yapan sürücüler 40 yaştan daha küçük ve daha büyük olanlar diye ikiye ayrılarak sürücülerin kaza yapmasında etkili olan faktörler araştırılmıştır. Bu faktörlerin belirlenmesinde ve modelin kurulmasında ayırma (discriminant) analizi kullanılmıştır. Ayırma analizi, kategorik bağımlı değişkenler ile metrik bağımsız değişkenler arasındaki ilişkileri tahmin etmeyi amaçlayan çok değişkenli istatistik tekniklerden biridir. Değişkenlerin grup üyeliğini tahmin etmede, verilerin gruplara ayrılmasında, bağımsız değişkenlerin aritmetik ortalamalarının gruplar arasında nasıl değiştiğini tespit etmede, bağımlı değişkenin varyansının ne kadarının bağımsız değişkenler tarafından açıklanabildiğini belirlemede kullanılır. Ayırma fonksiyonu (discriminant function) bağımsız değişkenlerin lineer bir birleşimidir. Fonksiyon;

$$Z = \alpha + b_1X_1 + b_2X_2 + b_nX_n \quad (1)$$

şeklinde ifade edilir. Burada; α sabiti, b 'ler diskriminant katsayılarını ve X 'ler bağımsız değişkenleri gösterir. Ayırma analizinin lojistik regresyondan farkı, lojistikte üç veya daha fazla kategorik değişken olduğu zaman model kurmak zordur. Bu nedenle de ayırma analizi tercih edilmektedir. Literatürde ayırma analizi ile ilgili pek çok kaynak mevcuttur [29-31]. Sürücülerin kaza yapmalarına sebep olan etkin parametreler olarak 11 adet değişken belirlenmiş ve bu değişkenlerin model parametreleri ve parametrelerin istatistik testleri SPSS paket programı (SPSS Inc, 2004) kullanılarak bulunmuştur.

3. BULGULAR (FINDINGS)

3.1. Verilerin Temel İstatistik Değerlendirilmesi (Evaluation of Basic Statistics)

Aksaray-Ankara arasındaki bölünmüş karayolu Ankara il sınırına kadar 52 km uzunluğunda büyük oranda düz arazi üzerindedir. Karayolunda üç yılda (2009, 2010 ve 2011) toplam 199 adet ölümlü veya yaralanmalı trafik kazası meydana gelmiştir. Oluşturulan kaza tahmin modeli bu veriler dikkate alınarak kurulmuştur. Trafik kazalarının; % 4,5 ölümlü ve yaralanmalı, %95,5'i ise yaralanmalı kazalardır. Kazaya karışan araçların % 62'si tek araçlı, %35,5 iki araçlı (aynı, zıt veya komşu yönlü) %2,5'i ise çok araçlıdır ayrıca kazaların %53'ü taşıtların yoldan çıkmaları sonucu, %18'i yandan çarpma ve %12'si arkadan çarpma sonucu meydana gelmiştir. Otomobiller %58,8'lik oran ile en fazla kazaya karışan taşıt türüdür ve otomobili %19 oran ile kamyonet ve %8'lik oran işle çekici takip etmektedir. Kazaların % 40'ı "sürücülerin araçlarının

hızlarını teknik özelliklerini yol durumuna uydurmamaktan”, %12,1’i arkadan çarpmadan, %12’ü “trafik güvenliği ve düzeni ile ilgili kurallara uymamaktan” ve %6’sı şeridi ihlal etmekten meydana gelmiştir. Sürücülerin 18-30 yaş grubu kazaların %28’ini, 31-40 yaş grubu %26,5’ini, 40 yaşından daha büyükler ise kazaların %44,5’ini yapmıştır. Kavşaklarda toplam kazaların %11,6’sı, kavşak dışında ise %88,4’ü meydana gelmiştir. Ayrıca kazaların %17,6’sının karayolunda herhangi bir çalışma olduğunda (çoğunlukla bölünmüş yolun iki şeritli kırsal yol gibi kullanıldığı durumda) olmuştur. Karayolunda kazaların fazla meydana geldiği bölümler, yolun 13, 22, 26 ve 41’ci km’leridir.

3.2. Diskriminant Analiz Sonuçları (Discriminant Analysis Results)

Oluşturulan modelde elde edilen kanonik korelasyon, ayırma skorları ve ayırma grupları arasındaki ilişkiyi ölçer ve açıklanan toplam varyansı gösterir. Aşağıda Tablo 1’de verilen bu korelasyon değeri 0,735’dir. Yani modelimiz bağımlı değişkendeki varyansın yaklaşık %74 ‘ünü açıklayabilmektedir. Öz değer istatistiği 0,40’dan daha büyük olması ($1,117 > 0,40$) yapılan analizde değişken varyansının fonksiyon tarafından büyük oranda açıklandığını göstermektedir.

Tablo 1. Özdeğer İstatistiği (Eigenvalue Statistical)

Fonksiyon	Özdeğer	% Varyans	Toplam %	Kanonik Korelasyon
1	1.177	100.0	100.0	0.735

Bağımsız değişkenlerin önemlerinin değerlendirilmesi için diskriminant fonksiyonu katsayılarına ve yapı (structure) matrisinde her bir bağımsız değişkenin yüküne bakılır. Yapılan analizin ayırma fonksiyon katsayıları Tablo 2’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde fonksiyon katsayılarının değerleri dikkate alındığında, sürücünün tecrübesi ve öğrenim durumu, kazanın olduğu kilometreler, hava durumu ve yol yüzey durumunun, bağımlı değişken tahmininde nisbi öneme sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Ayırma Fonksiyon Katsayıları (Standardized Canonical Discriminant Function Coefficients)

Faktörler	Fonksiyon Katsayıları
Kaza yeri	0.081
Öğrenim durumu	-0.306
Tecrübe	0.968
Yol yüzeyi	-0.222
Gün durumu	-0.037
YOGT	0.052
Kaza km	0.285
Banket genişliği	-0.063
Hava durumu	0.253
Yolda çalışma durumu	0.022
Taşıt cinsi	0.010

Yapı matrisi her bir değişkenin ayırma fonksiyonu ile olan korelasyonunu vermektedir. Tablo 3 incelendiğinde en büyük korelasyonların sırasıyla; sürücülerin tecrübeleri, öğrenim durumları, kaza kilometreleri, hava durumu ve yol yüzey durumu arasında olduğu görülmektedir. Modeldeki katsayıların ve sabitin değeri Tablo 4’te görülmektedir. Bu katsayılar yardımıyla kurulan model denklem (2)’de verilmiştir.

$$Y = - 1.537 - 0.198 (\ddot{O}\ddot{G}\ddot{D}) + 0.131 (T) - 0.696 (YY) + 0.023 (Kkm) + 0.266 (HD) \quad (2)$$

...Çok Şeritli Bölünmüş Karayollarında Kaza Tahmin Modeli...

Modelin sınıflandırma sonuçları Tablo 5’de verilmiştir. Buna göre modelde 40 yaşın altında kaza yapan 99 sürücünden 10 tanesi, 40 yaşın üstündeki 72 sürücünün 18 tanesi yanlış sınıflandırılmıştır. Model birinci grupta %90.8 ikinci grupta ise %80 doğru sınıflandırma yaptığı bu tablodan anlaşılmaktadır.

Tablo 3. Yapı Matrisi (Structure Matrix)

Faktörler	Katsayılar
Tecrübe (T)	0.890
Öğrenim Durumu (ÖĞD)	-0.221
Kaza km. (Kkm)	0.168
Hava Durumu (HD)	0.146
Yol yüzeyi (YY)	0.105

Tablo 4. Kanonikal Diskriminant Katsayıları (Canonical Discriminant Function Coefficients)

Faktörler	Fonksiyon
Öğrenim Durumu (ÖĞ)	-0.198
Tecrübe (T)	0.131
Yol Yüzeyi (YY)	-0.696
Kaza km.(Kkm)	0.023
Hava durumu (HD)	0.266
Sabit	-1.537

Tablo 5. Sonuçların Sınıflandırması (Classification Results)

Sürücü Yaşı	Tahmini Grup Üyeliği		Toplam
	0.00	1.00	0.00
0.00	99	10	109
1.00	18	72	90
.00	90.8	9.2	100.0
1.00	20.0	80.0	100.0

4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Aksaray- Ankara arasındaki 52 km.’lik bölünmüş karayoluna ait üç yıllık 199 adet ölümlü veya yaralanmalı trafik kazası verileri incelenmiştir. Kaza verilerinden sürücüler iki gruba ayrılarak kırk yaşın altındaki ve üstündeki sürücülerin kaza yapmalarında etkili olan parametreler ve bu parametrelere dayalı bir model geliştirilmiştir. Parametrelerin bulunmasında diskriminant analizi kullanılmış ve 11adet parametre içinde etkinlik ağırlığı en fazla olan 5 adet parametre tespit edilmiştir. Bulunan sonuçlara göre sürücülerin tecrübesi kazaları azaltmada etkin bir parametre olarak bulunmuştur. Sürücülerin öğrenim durumu ilkökul mezuniyeti referans olarak alındığında, öğrenim seviyesi arttıkça kazaya karışma riskinin azaldığı bulunmuştur, bu faktörün katsayısının eksi olması bu durumu açıklamaktadır. Hava durumunun yağmurlu ve yol yüzeyinin ıslak olması da kazaların oluşumunda etkin parametreler olarak bulunmuştur. İncelenen karayolunda yolun bölüm uzunluğu da kaza oluşumunu etkileyen önemli bir faktör olduğu, özellikle 13, 22, 26 ve 41’ci km’lerin fazla kaza olan yol bölümleri olduğu belirlenmiştir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Hauer, E., (2001). Overdispersion in modelling accidents on road sections and in Empirical Bayes estimation, *Accid. Anal. Prev.*, 33, pp. 799–808
- [2]. Miaou, S.P., Song, J.J., (2005). Bayesian ranking of sites for engineering safety improvements: decision parameter, treatability concept, statistical criterion, and spatial dependence, *Accid. Anal. Prev.*, 37, pp. 699–720
- [3]. Ozbay, K., Noyan, N., (2006). Estimation of incident clearance times using Bayesian Network approach, *Accid. Anal. Prev.*, 38, pp. 542–555
- [4]. Persaud, B., C. Lyon, T. Nguyen, (1999). Empirical Bayes procedure for ranking sites for safety investigation by potential for safety improvement, *Transp. Res. Rec.*, 1665 pp. 7–12
- [5]. Adeli, H., Karim, A., (2000). Fuzzy-wavelet RBFNN model for freeway incident detection, *J. Transp. Eng.*, 126 (6), pp. 464–471
- [6]. Hsiao, C.H., Lin, C.T., Cassidy, M., (1994). Application of fuzzy logic and neural networks to automatically detect freeway traffic incidents, *J. Transp. Eng.*, 120, pp. 753–773
- [7]. Sayed, T., Abdelwahab, W., Navin, A. F., (1995) Identifying accident-prone location using fuzzy pattern recognition, *J. Transp. Eng.*, 121, pp. 352–358
- [8]. Abdelwahab, H.T., Abdel-Aty, M.A., (2001). Development of Artificial Neural Network Models to Predict Driver Injury Severity in Traffic Accident at Signalized Intersection. *Transportation Research Record*, 1746, pp. 6–13.
- [9]. Chiou, Y.C., (2006). An artificial network-based expert system for appraisal of two-car crash accidents, *Accid. Anal. Prev.*, 38, pp. 777–785
- [10]. Delen, D., Sharda, R., Besson, M., (2006). Identifying significant predictors of injury severity in traffic accidents using a series of artificial neural Networks, *Accid. Anal. Prev.*, 38, pp. 434–444
- [11]. Mussone, L., Ferrari, A., Oneta, M., (1999). An analysis of urban collision using an artificial intelligence model, *Accid. Anal. Prev.*, 31, pp. 705–718
- [12]. Golob, T.F., Recker W.W., (2003). Relationship among urban freeway accidents, traffic flow, weather, and lighting conditions, *J. Transp. Eng.*, 129, pp. 342–353
- [13]. Caliendo, C., Parisi, A., (2005). Principal component analysis applied to crash data on multilane roads Proceedings of Third International SIIV Congress <http://www.sed.siiv.scelta.com>
- [14]. Persaud, B., Dzbik, L., (1993). Accident prediction models for freeways, *Transp. Res. Rec.*, 1401, pp. 55–60
- [15]. Knuiman, M.W., Council, F.M., Reinfurt, D.W., (1993). Association of median width and highway accident rates, *Transp. Res. Rec.*, pp. 1401-149
- [16]. Fridstrøm, L., Ifver, J., Ingebrigtsen, S., Kumala, R., Krogsård Thomsen, L., (1995). Measuring the contribution of randomness, exposure, weather, and daylight to the variation in road accident counts, *Accid. Anal. Prev.*, 27, pp. 1–20
- [17]. Hadi, M.A., Aruldas, J., Chow, L., Wattleworth, J.A., (1995). Estimating safety effects of cross-section design for various highway types using Negative Binomial regression, *Transp. Res. Rec.* pp. 1500-1510
- [18]. Persaud, B., Retting, R.A., Lyon, C., (2000). Guidelines for the identification of Hazardous Highway Curves, *Transp. Res. Rec.*, 1717, pp. 14–18
- [19]. Abdel-Aty, M.A., Essam Radwan, E.A., (2000). Modeling traffic accident occurrence and involvement, *Accid. Anal. Prev.*, 32, pp. 633–642
- [20]. Martin, J.-L., (2002). Relationship crash rate and hourly traffic flow on interurban motorways *Accid. Anal. Prev.*, 34, pp. 619–629
- [21]. Golob, T.F., Recker, W.W., Alvarez, V.M., (2004) Toll to evaluate safety effect of changes in freeway traffic flow, *J. Transp. Eng.*, 130 (2)
- [22]. Hauer, E., (2004a). Statistical road safety modeling Proceedings of the 83rd TRB Annual Meeting, Washington, DC, USA, January 11–15

- [23]. Hauer, E., (2004b). Safety models for urban four-lane undivided road segments Proceedings of the 83rd TRB Annual Meeting, Washington, DC, USA, January 11–15
- [24]. Kardeşahin, M., Bağırđan, N., (2006). Şehirlerarası Bölünmemiş Karayollarında Yatay Kurba Yarıçapının Karayolu Güvenliğine Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10 (3), s.404-408
- [25]. Bağırđan, N. Kardeşahin, M., (2007). Şehirlerarası Bölünmemiş Karayollarında Şerit ve Banket Genişliğinin Karayolu Güvenliğine Etkisi, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sayı 2, s.265-272
- [26]. Edwards, J.B., (1998). The relationship between road accident severity and recorded weather, J. Saf. Res., 29 (4), pp. 249–262
- [27]. Eisenberg, D., (2004). The mixed effects of precipitation on traffic crashes, Accid. Anal. Prev., 36, pp. 637–647
- [28]. Key, K., Sommonds, I., (2005). The association of rainfall and other weather variables with road traffic volume in Melbourne Aust, Accid. Anal. Prev., 37, pp. 109–124
- [29]. Shankar, V., Mannering, F., Barfield, W., (1995). Effect of roadway geometrics and environm. factors on rural freeway accident frequencies, Accid. Anal. Prev., 27 (3), pp. 542–555
- [30]. Agresti, A., (1990). Categorical Data Analysis. Wiley & Sons, New York
- [31]. Hosmer, D., Lemeshow, S., (2000). Applied Logistic Regression, Wiley & Sons, New York.
- [32]. Kalaycı, Ş., (Editör) (2005). SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Asil Yayın Dağıtım, Ankara
- [33]. Alsop, J., Langley, J. (2001). Under-reporting of motor vehicle traffic crash victims in New Zeland, Accident Analysis and Prevention, 33, pp. 353-359
- [34]. Caliendo, C., Guida, M., Parisi, A., (2007). A crash-prediction model for multilane roads, Accident Analysis and Prevention, 39, 657–670
- [35]. Teodorovic, D., Vukadinovic, S., (1998). Traffic Control and Transport Planning, Kluwer Academic Publishers