

**Makale
(Article)**

Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Trafik Kaza Kara Nokta Belirleme: Ampirik Bayes Uygulaması

Mehmet Ali DERELİ^a, Saffet ERDOĞAN^a, Ömer SOYSAL^b, Alper ÇABUK^c, Murat UYSAL^a, İbrahim TİRYAKİOĞLU^a, Hüseyin AKBULUT^d, Süleyman DÜNDAR^e, Hamza ERDOĞDU^e, Sinan SARAÇLI^e, Mustafa YALÇIN^a, Ahmet Emin GÜLAL^a, Merve TAŞBAŞ^a, Mahmut KANTAR^f, Yaşar ARSLAN^g

^aAfyon Kocatepe Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar/TÜRKİYE

^bLouisiana State University, Louisiana/Amerika

^cAnadolu Üniversitesi, Uyu ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir/TÜRKİYE

^dAfyon Kocatepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar/TÜRKİYE

^eAfyon Kocatepe Üniversitesi, İstatistik Bölümü, Afyonkarahisar/TÜRKİYE

^fAfyon Kocatepe Üniversitesi, Enformatik Bölümü, Afyonkarahisar/TÜRKİYE

^gAfyon Kocatepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi Bilgi İşlem, Afyonkarahisar/TÜRKİYE

madereli@aku.edu.tr

Özet

Trafik kazaları dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli problemlerden birisidir. Bu nedenle trafik kazalarının azaltılmasına yönelik birçok yatırım yapılmaktadır. Gerçekleşen bu yatırımların yanında, trafik yoğunluğundan, yol geometrisinden, segment uzunluklarından, şerit sayısından vb. nedenlerden dolayı kazaların sıklıkla meydana geldiği trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi de önemlidir. Bu çalışmada trafik açısından riskli olan yol segmentlerinin belirlenmesi amacıyla, kara nokta belirleme yöntemlerinden biri olan Ampirik Bayes yöntemi kullanılmıştır. Karayolları Genel Müdürlüğü ve Emniyet Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiş olan 2006-2011 yılları Afyonkarahisar-Konya illeri dâhilinde bulunan karayollarında gerçekleşen trafik kaza verileri kullanılarak her yol segmenti için beklenen kaza tahminleri hesaplanmıştır. Her yol segmenti için hesaplanan kaza tahminleri ile performans indeksleri belirlenmiş ve performans indeksleri birden büyük olan segmentler kara nokta olarak nitelendirilmiştir. Riskli olarak belirlenen bu segmentler Coğrafi Bilgi Sistemleri destekli yazılımlar yardımıyla görselleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Trafik Kazaları, Kara Nokta, Ampirik Bayes, Coğrafi Bilgi Sistemleri

Determination of Traffic Accident Black Spot Based on Geographical Information System: The Empirical Bayes Application

Abstract

Traffic accidents are one of the important problems in our country and in world. So many investments have been made to reduce traffic accident. Traffic accidents have occurred by the road geometry, the segment length, the number of lanes etc. It is important to determine the black spot where the accident occurred frequently. In this study, the Empirical Bayes method has used in order to determine risky road segments. Traffic accident data have been compiled general directorate for highways and general directorate of security. The data cover traffic accidents in highways of Afyonkarahisar and Konya in 2006-2011 years. The Empirical Bayes methods have predicted the expected accidents for a segment. Performance Index and estimate of the accident have been

Bu makaleye atf yapmak için

"Dereli, M., Erdoğan, S., Soysal, Ö., vd., Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Trafik Kaza Kara Nokta Belirleme: Ampirik Bayes Uygulaması, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 201X, X(X) XX-XX, doi: 10.15659/hartek.15.06.69

How to cite this article

"Dereli, M., Erdoğan, S., Soysal, Ö., vd., Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Trafik Kaza Kara Nokta Belirleme: Ampirik Bayes Uygulaması Electronic Journal of Map Technologies, 201X, X (X) XX-XX, doi: 10.15659/hartek.15.06.69

calculated to determine black spot. These segments which are identified as at risk have visualized with software supported Geographical Information Systems.

Keywords: Traffic Accident, Black Spot, Empirical Bayes, Geographical Information System

1. GİRİŞ

Trafik kazaları dünya genelinde doğal felaketlerden sonra insanların yaşamını tehdit eden en büyük problemlerden birisidir. Bu kapsamda trafik kazalarının ya da kaza sonucu hayatını kaybedenlerin sayısının azaltılmasına yönelik çok farklı çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle trafik kazalarının meydana geldiği bölgeler incelenerek trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi için uygulamalar gerçekleştirilmektedir. [1] ve [2] Poisson Regresyon, Negatif Binomiyal ve Ampirik Bayes yöntemlerini kullanarak kara nokta belirleme çalışmaları yapmışlardır. [3] Afyon bölgesinde yapmış olduğu çalışmada Poisson regresyon yöntemine göre, çalışma alanındaki kara noktaları belirlemiştir. Kuzey Amerika’da bulunan birçok eyalette, trafik güvenliği çalışmalarında [4-6] Ampirik Bayes yöntemi kullanılarak sonuç raporları hazırlanmıştır. Ampirik Bayes yönteminin uygulanmasında kullanılacak olan parametre katsayıları Genelleştirilmiş Lineer Model (GLM) ailesinden Poisson ya da Negatif Binomiyal (NB) metotları dikkate alınarak hesaplanmaktadır [2, 4, 7]. Bu veriler çerçevesinde bahsi geçen bu yöntemler, detaylı bir şekilde ilerleyen bölümlerde anlatılmaktadır.

2. METODOLOJİ

2.1 Poisson Regresyon Yöntemi

Trafik kazalarının güvenlik ölçümlerinde ya da incelemelerinde Standart Poisson regresyon modeli, kaza verilerinin modellenmesi için uygulanmaktadır. Bu regresyon modelinde i noktasında belirli zaman periyotlarında meydana gelen kaza sayıları Y_i olarak farz edilirse o zaman Poisson dağılımı; $(Y_i|\mu_i) \sim \text{Poisson}(\mu_i)$ olur.

Burada n bölgeleri için bağımsız gözlemler grubu $y_i = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ vektörüyle ifade edilmektedir. Aynı zamanda kaza ortalaması $\mu_i = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$ ile gösterilmektedir. Bu model $E(Y_i|\mu_i) = \mu_i$ varsayımı ile sınırlandırılmaktadır.

Poisson regresyon modelinde, belirli zaman periyodundaki y_i kazalarının oluştuğu yol i nesnelerinin (segment, kesişim, vb.) olasılığı Eşitlik 1’deki gibi olur.

$$P(y_i) = \left(\frac{\text{EXP}(-\mu_i) \mu_i^{y_i}}{y_i!} \right) \quad (1)$$

Burada μ_i , i yol nesneleri için Poisson parametresidir. Poisson regresyon modelleri Poisson parametresi μ_i ’nin belirlenmesiyle tahmin edilmektedir. μ_i yaygın bir şekilde ortak değişkenler vektörünün üstel bir fonksiyonu $\mu_i = \exp(x_i\beta)$ olarak tanımlanmaktadır. Bu formülde $x_i = (1, x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik})$ ortak değişkenler vektörü ve $\beta_i = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)$ verilerden tahmin edilen regresyon parametresi olarak karşımıza çıkmaktadır [8].

Bu modelin bir eksikliği genellikle ortak değişken vektörleri, dışsal değişken ya da rastgele değişkenlerin ihmal edilmesinden dolayı koşullu ortalama tamamen açıklanamamaktadır. Örnek olarak kaza olaylarının doğal karmaşık yapılarından dolayı ve kaza ile ilgili bilgilerin kısıtlılığından dolayı (sürücü davranışı, hava koşulları, vb.) kaza oluşumuna etki eden tüm faktörleri düşünmek mümkün olamamaktadır. Bu yüzden Poisson modelleri aşırı ve düşük yayılımı (over – under dispersion) çözmekte başarılı değildir [1]. Poisson dağılımı GLM ailesindendir. Bu dağılımda Deviance (G2 istatistiği) ve Pearson Ki-Kare

istatistikleri uygulanan modele ilişkin aşırı yayılım (varyansın ortalamadan büyük olması durumu) veya düşük yayılım (varyansın ortalamadan küçük olması durumu) parametrelerini belirlemek için kullanılır. Burada aşırı yayılım ya da düşük yayılım olması, tahmin değerinin uygun olup olmadığını göstermektedir. Eğer modelde aşırı yayılım olursa burada tahmin değerinin tutarlı olduğu ancak bunun yeterli olmadığı anlaşılabacaktır. Bu gibi durumlarda Poisson dağılımı yerine GLM ailesinden NB dağılımının kullanılması uygun olacaktır [9].

2.2 Negatif Binomiyal Regresyon Yöntemi

NB (Poisson-Gamma) modeli, verilerdeki mevcut aşırı yayılımın üstesinden gelmek için Poisson modelin bir uzantısıdır. Poisson dağılımına ve modeline benzer bir model olan NB Modeli karmaşık ve nadir olayların oluşumunu tanımlar. Ancak Poisson dağılımının ortalamasının varyansa eşit olduğu varsayımı, NB dağılımında varyansın ortalamadan daha büyük olması durumu ile belirtilir. NB dağılımında $Var = \mu_i + k(\mu_i)^2$ olarak tanımlanmaktadır. Burada k aşırı yayılım parametresidir.

Birçok araştırmaya baktığımızda kazaların modellenmesinde, hesaba katılmayan değişkenlerden dolayı NB yönteminin daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. NB yöntemi, eşitlik 2’de belirtilen şekilde hesaplanmaktadır [12]:

$$P(y_i) = \frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{k})}{y_i! \Gamma(\frac{1}{k})} \left(\frac{k\mu_i}{1+k\mu_i} \right)^{y_i} \quad (2)$$

Bu yöntem ile müşteri istek ve gereksinimlerinin öncelikleri belirlenmekte ve müşteri sesine göre ürünle ilgili özellikler önem sırasına göre sıralandırılmaktadır. Böylece tasarımcı ürünün tasarımında teknik ya da estetik nedenlerden dolayı müşteri istek ve gereksinimleri arasında tercih yapma durumunda kaldığı zaman, bu sıralamayı incelemekte ve bu sıraya göre ürünü tasarlamaktadır. Bunun sonucunda, hem zaman kaybı önlenmekte hem de ürün en çok istenilen özellikleri içerecek şekilde tasarlanmakta ve üretilmektedir.

2.3 Ampirik Bayes Yöntemi

Yol güvenliği tahmini için Ampirik Bayes yaklaşımı Ezra Hauer tarafından geliştirilmiştir. EB modelleri, geçen son 30 yıldan buyana aşama aşama gelişimini devam ettirmektedir. Aynı zamanda EB metodunun kullanımı American Association of State Highway and Transportation Officials (ASSHTO) tarafından yayınlanan Highway Safety Manuel (HSM)’de önerilmekte ve Federal Highway Administration (FHWA) tarafından kullanımı onaylanmaktadır [10]. Günümüzde bu teknik kazaların beklenen sayısını tahmin etmek için kullanılmaktadır [7]. Bu yaklaşım yol güvenliği ölçümlerinin etkilerini değerlendiren önce ve sonraki incelemelerde “regresyon to mean (RTM)” olgusunu kontrol etmek için geliştirilmiştir [1]. RTM kaza verilerinde doğal bir varyasyondur. Eğer RTM hesaba katılmazsa, bir nokta, inceleme amacıyla kazaların rastgele yüksek dalgalanmaya maruz kaldığında seçilmiş olabilir ya da rastgele düşük dalgalanma altında olduğu zaman araştırmada gözden kaçmış olabilir. İşte bu duruma RTM olgusu denmektedir [10].

EB motodu, gözlemlenen kaza sayıları ile tahmin edilmiş bir ağırlık kombinasyonunun hesaplanması ile beraber, özel yol segmentleri ya da kavşaklar için kaza sayılarının tahmin edilmesini sağlayabilmektedir.

Ampirik Bayes işleyişi dört adımı içermektedir:

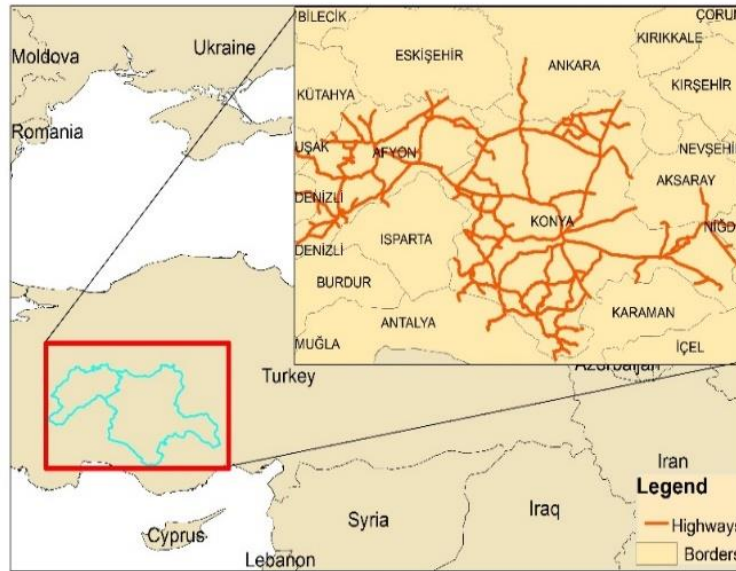
- Güvenlik Performans Fonksiyonu’nun (Safety Performance Function) belirlenmesi, SPF,

- Aşırı yayılım parametresinin belirlenmesi, ϕ ,
- Ağırlıklar, α ,
- Tahmin edilmiş beklenen kaza sayısı, π , [11].

3. UYGULAMA

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 [12]. Meydana gelen bu kazalarda ölü ve yaralı sayısının azaltacak önlemler, ilgili kurumlar ya da yöneticiler tarafından alınmalıdır. Bu kapsamda alınacak olan tedbirlerin, hangi yol segmentinde ya da hangi yol kavşağında olacağını belirlemek gerekmektedir. Güvenlik Performans Fonksiyonu mevcut veriler yardımı ile ilgili yol segmentinde beklenen kaza sayılarını tahmin edebilmektedir.

Uygulama için Afyonkarahisar-Konya illerine bağlı 30 Kontrol Kesim Numarasına (KKN) ilişkin karayolları örnek çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı

Yol segmentlerinin her biri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı yardımı ile 1'er km'lik segmentlere bölünmüş ve böylece toplam 1415 yol segmenti elde edilmiştir. Bu yol segmentlerinde gerçekleşen kazalara ilişkin her bir veri için 32 sınıfta (KKN, km, kazaID, kaza günü, saati, kaza ili, ilçesi, X ve Y koordinatları, Kaza yerleşim yeri, yolun tipi, kaplaması, sınıfı, kavşak, yol eğimi, gün durumu, hava durumu, Yıllık Ortalama Günlük Trafik Yoğunluğu, vb.) öznitelik bilgisi bulunmaktadır. Bu öznitelik bilgileri içerisinde çalışmamızda kaza sayıları ile Yıllık Ortalama Günlük Trafik Yoğunluğu verileri kullanılmıştır. Belirlenen bu karayollarına ilişkin 2005-2011 yıllarına ait trafik kaza verileri ilgili müdürlüklerden, Karayolları Genel Müdürlüğü ve Emniyet Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

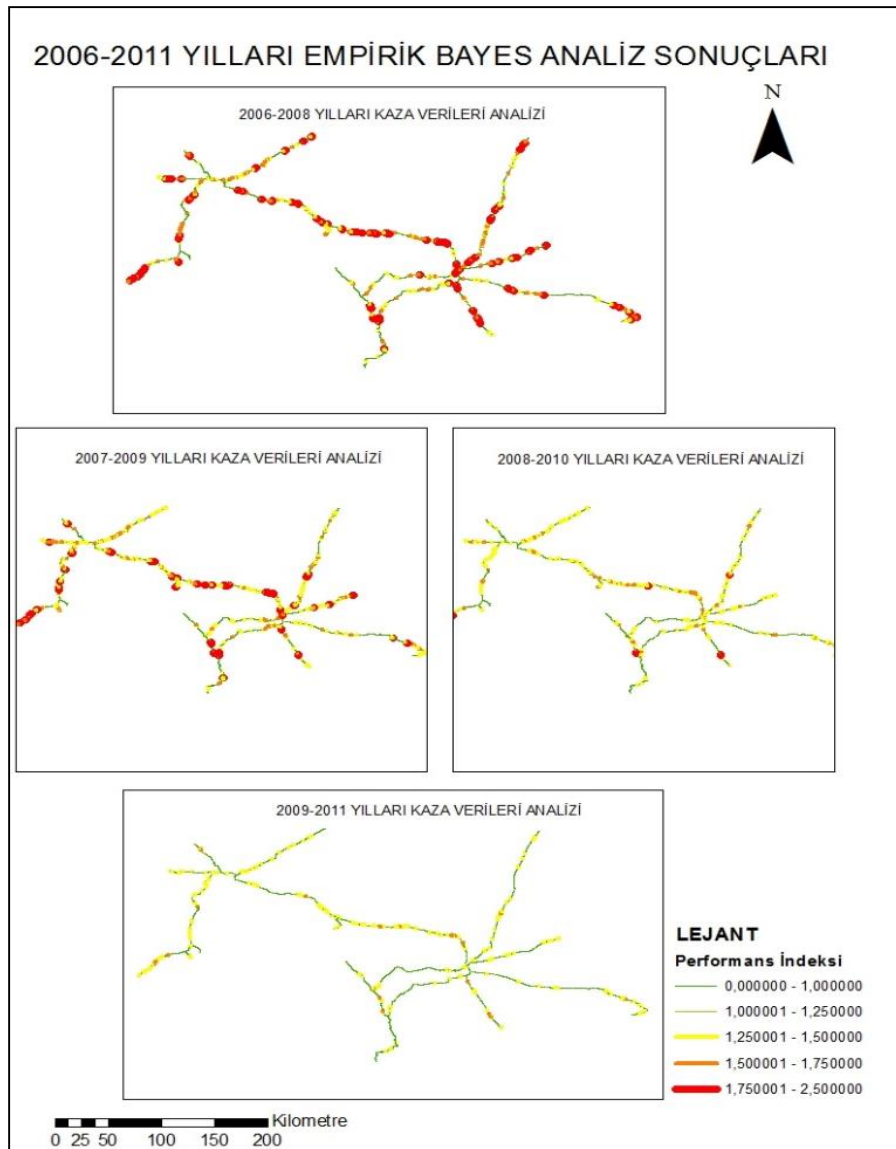
2006-2011 yıllarına ait veriler üçerli gruplar halinde toplanarak (2006-2008, 2007-2009, 2008-2010, 2009-2011) R istatistik paket programında, Poisson Regresyon ve NB regresyon metotlarına göre parametre tahminleri yapılmıştır. Bu tahminler GLM kapsamında bulunan fonksiyonel ara yüzler üzerinden gerçekleştirilmiştir. R paket yazılım aracılığı ile elde edilen parametreler yardımıyla Ampirik Bayes sonuçları elde edilmiştir. Empirik Bayes yöntemi, Güvenlik Performans Fonksiyonu'nun (SPF) hesaplanması ile başlamaktadır. Bu fonksiyon;

$$SPF = \alpha * AADT^{\beta} \quad (3)$$

İşlemi ile hesaplanmaktadır. Buradaki α ve β Negatif Binomiyal Regresyon yöntemine göre elde edilen katsayıları ifade etmektedir. AADT parametresi ise Yıllık Ortalama Günlük Trafik Yoğunluğu'nu belirtmektedir. İkinci olarak ağırlık fonksiyonu kullanılarak, kazalara ilişkin ağırlık değişkeni;

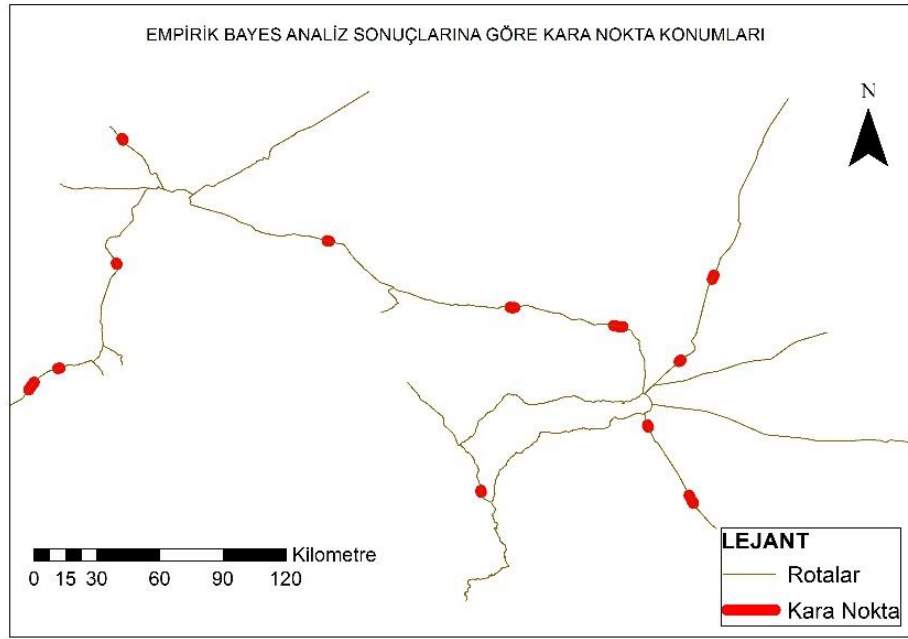
$$Ağırlık = \frac{1}{\left[1 + \frac{SPF \cdot Yıl}{Dispersion}\right]} \quad (4)$$

şeklinde hesaplanır. Dispersiyon parametresi NB Regresyon yöntemi sonucunda elde edilen yayılım parametresini göstermektedir. Bu değişkenler kullanılarak segmentler için beklenen kaza sayılarının tahmini gerçekleştirilmektedir. Kaza kara noktalarının belirlenmesi amacıyla Performans İndeksi hesaplanmıştır. Performans İndeksi > 1.5' ten büyük olan segmentler riskli nokta (hotspot) olarak sıralanmaktadır [13] (Şekil 2).



Şekil 2. 2006-2001 yılları Ampirik Bayes analiz sonuçları

Performans indeksinin 1.5 değerinden yüksek olduğu segmentler için elde edilmiş olan Şekil 2'deki haritalar, CBS yazılımı aracılığı ile üst üste çakıştırılarak, her haritada var olan ortak riskli alanlar belirlenmiştir Afyonkarahisar- Konya illeri dâhilinde bulunan karayollarında kara nokta diye adlandırabileceğimiz riskli segmentler Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Afyonkarahisar-Konya illeri kara nokta haritası

Şekil 3 'te verilen bilgiler ışığında Tablo 1 'de bulunan noktalar kara nokta olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Kara nokta listesi

S. No	KKN	Yol	Km'si	S. No	KKN	Yol	Km'si
1	715-05	Konya-Çumra	9.km	11	320-05	Afyon-Dinar	35.km
2	715-05	Konya-Çumra	12.km	12	320-05	Afyon-Dinar	36.km
3	300-11	Konya- Kadınhanı	40.km	13	330-15	Konya-Ereğli	22.km
4	300-11	Konya- Kadınhanı	41.km	14	650-08	Afyon-Kütahya	30.km
5	300-09	Afyon- Sultandağı	20.km	15	650-09	Afyon-Sandıklı	1.km
6	300-12	Konya-Sarayönü	35.km	16	695-08	Konya- Seydişehir	40.km
7	300-12	Konya-Sarayönü	36.km	17	715-02	Konya-Cihanbeyli	11.km
8	300-12	Konya-Sarayönü	38.km	18	715-02	Konya-Cihanbeyli	12.km
9	320-05	Afyon-Dinar	20.km	19	715-03	Konya-Altınekin	21.km
10	320-05	Afyon-Dinar	33.km	20	715-04	Konya-Meram	24.km

4. SONUÇLAR

2006-2011 yılları Afyonkarahisar Konya illerine ait karayollarında gerçekleşen kazalardan Ampirik Bayes yöntemi kullanılarak beklenen kaza sayılarının tahminleri hesaplanmıştır. Bu bilgiler ışığında iki ilimize ait karayollarında 20 adet kara nokta belirlenmiştir. Bu çalışmada Ampirik Bayes yöntemi bünyesinde kaza sayıları ve Yıllık Ortalama Günlük Trafik yoğunluğu (Annual Average Daily Traffic-AADT) verileri kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Ampirik Bayes yöntemi ile elde edilen sonuçların kaza verilerine, yol geometrilerine, yol durumuna vb. durumlara bakıldığında doğru sonuçlar ortaya koyduğu belirlenmiştir. Ampirik Bayes yönteminde girdi verisi olarak, AADT bilgilerinin yanında karayoluna ilişkin farklı verilerin de entegre edilmesi mümkün olmaktadır. Yapılan bu çalışma, kara yollarından meydana gelen kazalar ile karayollarına ilişkin AADT verileri dikkate alınarak

gerçekleşmiştir. Kara noktalara ilişkin birçok değişkenin birlikte kullanıldığı daha detaylı bir çalışma bu proje çalışması kapsamında gerçekleştirilecektir.

NOT

Bu çalışma 113Y417 nolu TÜBİTAK Projesi tarafından desteklenmektedir. Hitit Üniversitesinde 15-17 Ekim 2014 tarihleri arasında gerçekleştirilen 7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumunda sunulan “Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Trafik Kaza Kara Nokta Belirleme: Ampirik Bayes Uygulaması” başlıklı çalışmanın revize edilmiş ve genişletilmiş halidir.

5. KAYNAKLAR

1. Lord, D., ve Mannering, F. (2010). The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(5), 291–305.
2. Elvik, R. (2008). The predictive validity of empirical Bayes estimates of road safety. *Accident analysis and prevention*, 40(6).
3. Erdogan, S., Yilmaz, I., Baybura, T., ve Güllü, M. (2007). Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar. *Accident Analysis and Prevention*, 40 (1), 174–81.
4. Garber, N. J., ve Ph, D. (2010). Contract Report Safety Performance Functions For Intersections On Highways Maintained By The Virginia Department Of Transportation.
5. Tegge, R. A., ve Jo, J. (2010). Development And Application Of Safety Performance Functions For Illinois Research Report (2009-2010).
6. Vogt, A. and Bared, J.G.(1998), Accident Models for Two-lane Rural Roads: Segments and Intersections, Federal Highway Administration, Report FHWA-RD-98-133.
7. Hauer, E., (2001). Estimating Safety by the Empirical Bayes Method: A Tutorial.
8. Miranda-Moreno, L. F., & Lord, D. (2005). Bayesian road safety analysis : incorporation of past experiences and effect of hyper-prior choice, (519), 1–39.
9. Ankaralı, H., (2005). Mersin’ de Yaşayan Çocuklarda İntihar Girişim Sıklığı İçin Poisson Regresyon Modelinin Kullanımı, VIII. Ulusal Biyoistatistik Kongresi, 20-22 Eylül 2005.
10. An Introduction to the Highway Safety Manuel, 2010.
11. Powers M. ve Carson J., 2004. Before-After Crash Analysis: A Primer for Using the Empirical Bayes Method. Montana State University, Department of Civil Engineering.
12. Kahramangil, M., Şenkal, Ş., (1999), Kaza Kara Noktaları Belirleme Yöntemleri, II. Ulaşım ve Trafik Kongresi- Sergisi.
13. Denham, B., Eguakun, G., ve Quaye, K., (2011). GeoTAIS: An Application of Spatial Analysis for Traffic Safety Improvements on Provincial Highways in Saskatchewan, Effective methods for identification of potential Sites for Roadway improvements Session of the 2011 Annual Conference of the Transportation Association of Canada Edmonton, Alberta.