

İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Kara Nokta Belirleme Çalışmaları

Mehmet Ali Dereli¹, Saffet Erdoğan¹, Alper Çabuk², Ömer Soysal³, İbrahim Tiryakioğlu¹, Murat Uysal¹, Hamza Erdoğan⁴, Sinan Saraçlı⁵, Hüseyin Akbulut⁶, Süleyman Dünder⁵, Mustafa Yalçın¹, Merve Taşbaş¹, Ahmet Emin Gülal¹, Yaşar Arslan⁷, Mahmut Kantar⁸

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 03200, Afyonkarahisar.

²Anadolu Üniversitesi, Uyu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü, Eskişehir.

³Louisiana State University, Amerika Birleşik Devletleri.

⁴Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, 03200, Afyonkarahisar.

⁵Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, 03200, Afyonkarahisar.

⁶Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 03200, Afyonkarahisar.

⁷Afyon Kocatepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Bilgi İşlem Müdürlüğü, 03200, Afyonkarahisar.

⁸Afyon Kocatepe Üniversitesi, Enformatik Bölümü, 03200, Afyonkarahisar.

Özet

Trafik kazaları insan hayatını tehdit eden önemli olgulardan biridir. Dünyada ve ülkemizde trafik kazalarından dolayı hayatını kaybedenlerin ve yaralananların sayısı ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Ülkemizde trafik kazalarının önüne geçmek adına önemli yatırımlar yapılmaya devam etmektedir. Bu yatırımlarla birlikte yolların güvenliği belirlemek amacıyla bilimsel yöntemlerinde kullanılması trafik kazalarını azaltmak adına önemli bir yer tutacaktır. Dünyanın bir çok yerinde, özellikle de Amerika kıtasının çoğu eyaleti ve Avrupa ülkelerinin bazılarında trafik güvenliği için farklı istatistiksel testler kullanılarak yıllara ilişkin beklenen tahmini kaza sayıları belirlenmektedir.

Trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi amacıyla kullanılacak istatistiksel teknikler; Poisson regresyon, Negatif Binomiyal regresyon ve Ampirik Bayes yöntemleridir. Özellikle trafik kazaları gibi sayısal verilerin değerlendirilmesinde kullanılan Poisson regresyon ile her yol segmentinde gerçekleşecek olan kaza olasılıkları tahmin edilmektedir. Negatif Binomiyal ise kazalarda meydana gelen yayılımın (varyansın ortalama değerden büyük ya da küçük olması durumu) hesaplanmasında kullanılan bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. Ampirik Bayes yöntemi de Yıllık Ortalama Günlük Trafik Yoğunluğu (Annual Average Daily Traffic-AADT) verileri ile trafik kazaları arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak hesaplayan bir yöntemdir. Ampirik Bayes yönteminde bağımlı değişken olan kazalara etki eden değişkenler modele eklenerek segmentlere ilişkin beklenen kaza tahminleri gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada karayollarına ilişkin bahsi geçen istatistikler tekniklerle birlikte kara nokta belirleme çalışmalarının nasıl gerçekleştirileceği ve bu tekniklerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile nasıl ilişkilendirileceği anlatılmaktadır.

Anahtar Sözcükler

Trafik Kazaları, Kara Nokta, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Poisson regresyon, Negatif Binomiyal, Ampirik Bayes

1. Giriş

Trafik kazaları insan hayatını doğrudan tehdit eden en önemli insan kaynaklı felaketlerden birisidir. Trafik kazaları sonucunda, kazadan doğrudan ve dolaylı etkilenenler açısından hem maddi hem de manevi kayıplar söz konusu olmaktadır. Bu nedenle kazaların meydana geldiği alanların belirlenmesi insan odaklı bir çalışma olacaktır. Özellikle bu kazaların sıklıkla yaşandığı alanların (kara nokta) belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Literatürde trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi farklı istatistiksel testlerle belirlenebilmektedir.

Lord (2010) ve Elvik (2008) Poisson Regresyon, Negatif Binomiyal ve Ampirik Bayes yöntemlerini kullanarak kara nokta belirleme çalışmaları yapmışlardır. Erdoğan (2007) Afyon bölgesinde yapmış olduğu çalışmada Poisson regresyon yöntemine göre, çalışma alanındaki kara noktaları belirlemiştir. Kuzey Amerika bulunan bir çok eyalette trafik güvenliği çalışmalarında (Srinivasan, vd., 2010; Garber, vd., 2010; Tegge, vd., 2010) Ampirik Bayes yöntemini kullanılarak sonuç raporlar hazırlanmıştır.

Yapılan çalışmalara bakıldığında bu çalışmaları “sıcak nokta”, “yüksek riskli noktalar” ya da kara nokta olarak görmekteyiz. Ampirik Bayes yöntemi özellikle de son 30 yıldan beri gelişimini devam ettirmektedir. Bu yöntem kazaların beklenen sayılarının tahmin edilmesinde modern bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

2. Yöntemler

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 $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$, vektörüyle ifade edilmektedir. Aynı zamanda kaza ortalaması $\mu_i = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$ ile gösterilmektedir. Bu model $E(Y_i|\mu_i) = \text{Var}(Y_i|\mu_i) = \mu_i$ 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 $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)$ verilerden tahmin edilen regresyon parametresi olarak karşımıza çıkmaktadır (Miranda-Moreno ve Lord, 2005).

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 (ortalamanın varyansa eşit olduğu varsayımı), NB dağılımında varyansın ortalamaдан daha büyük olması durumu ile belirtilir. NB dağılımında varyans $\mu_i + k(\mu_i)^2$ olarak tanımlanmaktadır. Burada k aşırı yayılım (over-dispersion) 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 (Elvik, 2008) :

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

2.3. Ampirik Bayes Yöntemi

Ampirik Bayes 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 yöntemi Ezra Hauer tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Özellikle de bu yöntemle trafik kazaları analiz edilerek gözlemlenen kaza verilerinden yararlanarak, segmentlere ilişkin beklenen kaza sayılarını tahmin etmede kullanılmaktadır.

Ampirik Bayes işleyişi dört adımı içermektedir:

Güvenlik Performance Fonksiyonunun (Safety Performance Function-SPF) belirlenmesi, SPF,

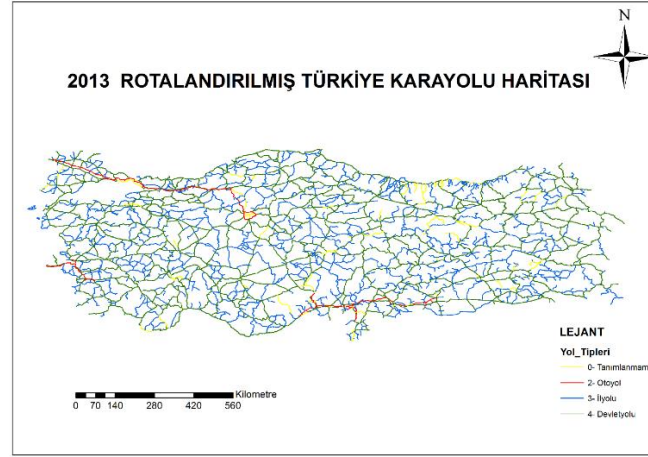
Over-Dispersion (Aşırı Yayılım) parametresinin belirlenmesi, ,

Ağırlıklar, α ,

Tahmin edilmiş beklenen kaza sayısı, π , (Powers ve Carson, 2004).

3. Çalışmada Kullanılacak Veriler

Trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi ile trafik kazalarının gerçekleştiği noktalar dikkatle incelenecek ve bu doğrultuda noktalara ilişkin kara nokta olup olmadığı karar verilecektir. Bu amaçla Karayolları Genel Müdürlüğü ve Emniyet Genel Müdürlüğü kurumlarından yollara ilişkin otoyol, ilyolu ve devlet yolu bilgileri temin edilmiştir. Karayolu güzergahları Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı olan ArcGIS 10.2 programı ile oluşturulmuş ve her bir yol segmenti Linear Referencing modülü ile rotalandırılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışmada Kullanılan Altlık Karayolu Haritası

Karayollarına ilişkin her bir alt segmente ilişkin kara nokta belirleme çalışmaları kapsamında kullanılacak olan kaza verileri bu çalışma kapsamında 2006 -2011 yılları dahilinde olan verilerdir (Tablo 1). Bu veriler kullanılarak ilgili modeller ışığında tahminler gerçekleştirilmiştir. Bu veriler ilgili yazılımla beraber karayolları ağı ile ilişkilendirilerek kullanılmıştır.

Tablo 1: Yıllara göre trafik kaza sayıları

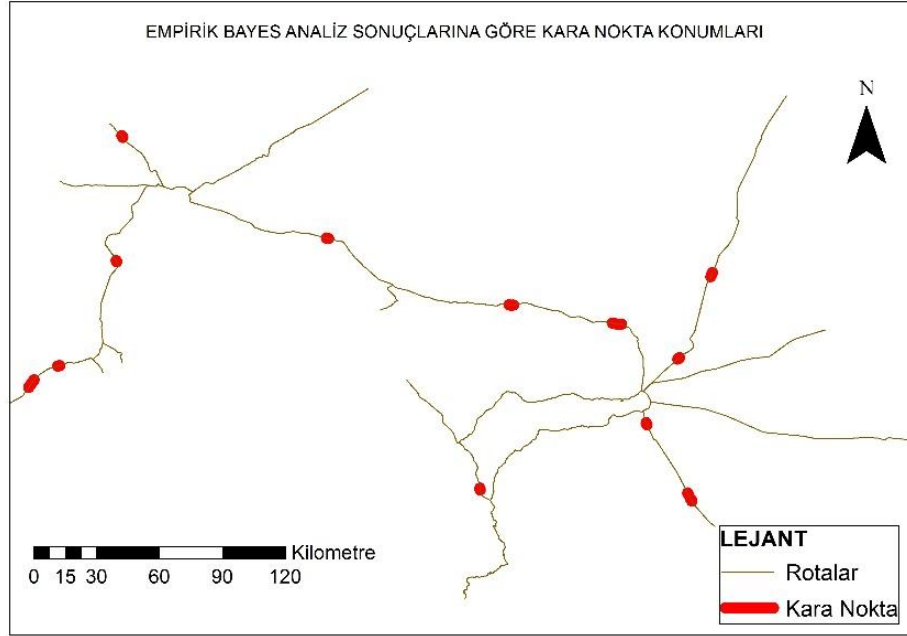
Kaza Yılı	Kaza Sayısı	Yaralı Sayısı	Ölüm Sayısı
2006	29492	63534	2578
2007	31241	67616	2597
2008	29134	63632	2229
2009	31198	69495	2189
2010	32878	73265	2015
2011	36053	79591	1940

4. Uygulama

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

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 öznitelik bilgisi bulunmaktadır.

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 metodlarına göre parametre tahminleri yapılmıştır. Bu tahminler Genelleştirilmiş Lineer Model kapsamında bulunan fonksiyonel ara yüzler üzerinden gerçekleştirilmiştir. R istatistiksel yazılım aracılığı ile elde edilen parametreler yardımıyla Ampirik Bayes sonuçları elde edilmiştir. Bu sonuçlar önceki konularda vurgulanan Güvenlik Performans Fonksiyonu'nun belirlenmesi ile birlikte ilgili ağırlık matrisleri ve dispersiyon parametrelerinin hesaplanması ile gerçekleştirilmiştir. Kaza kara noktalarının belirlenmesi amacıyla Performans İndeksi hesaplanmıştır. Performans İndeksi > 1.5 ' ten büyük olan alt segmentler riskli nokta (hotspot) olarak sıralanmaktadır (Denham vd., 2011) (Şekil 2).



Şekil 2. Afyonkarahisar-Konya illeri Kara Nokta Haritası

Şekil 2’de yer alan bilgiler ışığında Tablo 2’de belirtilen yol segmentleri bu çalışma kapsamında kara nokta olarak belirlenmiştir.

Tablo 2: 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

5. Sonuçlar

Ülkemizde Ampirik Bayes yöntemi kullanılarak trafik kazalarına ilişkin tahminlerin gerçekleşmesi, bu çalışmalarla birlikte uygulanabilir bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Avrupa ülkelerinde ve Amerika’nın birçok eyaletinde kullanılan bu yöntemlerin yol güvenliklerine ilişkin gerekli adımların atılmasına olumlu katkılar sağladığı bir gerçektir. Bu çalışmada 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. 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 ilgili sonuçlar hakkında daha sağlıklı bilgiler temin edilecektir. Ampirik Bayes yönteminde girdi verisi olarak, AADT bilgilerin yanında karayoluna ilişkin farklı verilerinde entegre edilmesi mümkün olmaktadır.

Teşekkürler

Bu çalışma 113Y417 nolu TÜBİTAK Projesi tarafından desteklenmektedir.

Kaynaklar

- 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.
- Elvik, R. (2008), The predictive validity of Empirical Bayes estimates of road safety. Accident analysis and prevention, 40(6).
- 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.
- Garber, N. J., ve Ph, D. (2010), Contract report safety performance functions for intersections on highways maintained by the Virginia department of transportation.
- Hauer, E., (2002), Estimating safety by the Empirical Bayes method: A tutorial.
- 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.
- Miranda-Moreno, L. F., & Lord, D. (2005), Bayesian road safety analysis : incorporation of past experiences and effect of hyper-prior choice, (519), 1–39.
- 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.
- Srinivasan, R., Carter, D., & Hill, C. (2010), 2010-09 Final report development of Safety Performance Functions for North Carolina performing agency : University of North Carolina Highway Safety Research Center 730 Martin Luther King Jr Blvd (pp. 919–962).
- Tegge, R. A., ve Jo, J. (2010), Development and application of Safety Performance Functions for Illinois research report (2009-2010).
- 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.