

Genelleştirilmiş Lineer Regresyon ile Erzurum Kuzey Çevre Yolu Kaza Tahmin Modeli

Muhammed Yasin ÇODUR¹ Ahmet TORTUM² Merve ÇODUR³

ÖZET: Dünya nüfusunun artışına paralel olarak araç sahipliğinin de artması ile birlikte günlük hayattaki araç trafiği de artmıştır. Bu hareketliliğin beraberinde getirdiği en büyük olumsuzluklardan biri olan trafik kazaları, insan hayatına mal olan ve önemli ölçüde ekonomik kayıplara sebep olan bir olaydır. Bu çalışmada 2005-2010 yılları arasında Erzurum Kuzey Çevre Yoluna ait veriler kullanılmıştır. Bu çalışmada karayolu güvenliğinin sağlanmasında kazalara neden olan faktörlerin incelenmesi ve bu faktörlerin birbiriyle ilişkilerini içine alan Genelleştirilmiş Lineer Regresyon tekniği ile kaza tahmin modelinin oluşturulması hedeflenmiştir. Sonuç olarak kurulan model ve modele etki eden parametrelerin önem düzeyleri çalışma kapsamında sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Genelleştirilmiş lineer model, trafik kaza tahmin modeli, Erzurum



Erzurum North Ring Road Accident Prediction Model with Generalized Linear Regression

ABSTRACT: In parallel to the rise of the world's population, car ownership and consequently daily vehicular traffic has increased. One of the largest negativities is traffic accidents which brought these activities. The traffic accidents have caused deaths and considerable economic losses. In this study the data of Erzurum North Ring Road was used between 2005 to 2010. In this study, it is aimed to investigate factors which cause accidents, for providing road safety and to create accident prediction model with the technic of Generalized Linear Model which includes relations between these factors. As a result the model and the significance level of parameters affecting the model were presented in this study.

Keywords: Generalized linear regression model, traffic accident prediction model, Erzurum

¹ Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

³ Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye
Sorumlu Yazar/ Corresponding Author: Merve ÇODUR, mervecodur@gmail.com

GİRİŞ

Teknolojinin ilerlemesi, insan ihtiyaç ve istekleri ile paralel olarak üretimi artırmış ve çeşitlendirmiştir. Bu ihtiyaç ve isteklerin başında, hızlı ve güvenli ulaşım gelmektedir. Ülkemizde ulaşım faaliyetinin ana ögesi trafik olup trafik güvenliğine etki eden unsurlardan birisi de karayollarıdır. Motorlu araçların insan hizmetine sunulması, sürücü ve araç sayısının artması; trafik güvenliği ihtiyacını da ortaya çıkarmıştır (Tortum et al., 2012).

Karayolu güvenliği ile ilgili planlama sürecinin belirlenmesinde, ileriye yönelik trafik kaza tahminlerinin modellenmesi gerekmektedir. Kullanılan modellerin geçerliliği; trafik kaza raporlarının güvenilirliğine, kazayı etkileyen parametrelerin doğru olarak belirlenmesine ve kullanılan istatistiksel analiz yönteminin başarısına bağlıdır. Literatürde farklı yaklaşımlar ve analizler kullanılmış, bunun sonucunda birçok kaza tahmin modeli geliştirilmiştir.

Trafik kaza analizleri konusunda yapılan çalışmalar genellikle 1960 yılının ortasına doğru tamamlanmıştır. Bu yıllardan sonra, araştırmacılar daha çok kaza tahmin modellemesi ile ilgilenmişlerdir. Bilinen en eski modellerden biri olan ve Smeed Kanunu olarak bilinen modelde 1938 yılına ait 20 farklı ülkeden alınan veriler yardımıyla ölüm, araç sayısı ve nüfus arasındaki ilişki incelenmiştir (Smeed, 1949). Ancak, Andreassen, Smeed modelinin verilerin bir yıla ait olduğunu, bir zaman serisi içermediğini ve modele ait sabit ve üstel değerlerinin her ülke için farklı olabileceğinden dolayı bütün ülkelere uygulanabilmesinin mümkün olamayacağını ifade ederek farklı bir model önermiştir (Andreassen, 1985). Partyka iş ve nüfus verilerini kullanarak bir kaza tahmin modeli önermiştir. Modelinde çalışan kişi sayısı, çalışacak durumda olan fakat işsiz olan kişi sayısı ve çalışmayacak olan kişi sayılarını model parametreleri olarak kullanmıştır (Partyka, 1984). Dinesh and Bawa, ölümlü kazaları Hindistan'ın Delhi kenti örneğinde incelemişlerdir. 1984 yılında Delhi'nin diğer sanayileşmiş kentlerden farklı olduğunu kazaların %80'nin yayaların, iki tekerlekli araçların ve otobüslerin neden olduğunu ve diğer motorlu taşıtların ölümlerde daha az bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir (Dinesh and Bawa, 1984). Mekky ise gelişmekte olan ülkelerde taşıtlardaki hızlı artışın ölüm oranlarına olan etkisini incelemiş ve sanayileşmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkelerde araç

başına ölüm oranları ile motorlu taşıt sayıları arasında ters bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur (Mekky, 1985). Zegeer trafik, yol geometrisi ve arazi yapısının kazaların meydana gelmesi üzerinde etkin parametreler olduğunu vurgulamış ve bu parametrelere ait verileri kullanarak bir kaza tahmin modeli geliştirmiştir (Zegeer, 1987). Vali, Hindistan ve metropol kentleri için Smeed ve Andreassen bağıntılarından faydalanarak kaza tahmin modelleri önermiştir ve bu modeller yardımıyla 2007 ve 2010 yılı için kaza, yaralı ve ölü sayılarını tahmin etmeye çalışmıştır (Vali, 2005). Akgüngör ve Yıldız ise kısmi faktöriyel metodunu kullanarak Zegeer'in modelindeki parametrelerin duyarlılıklarını incelemişler ve yıllık ortalama günlük trafiğin modeldeki en etkin parametre olduğunu ortaya koymuşlardır (Akgüngör ve Yıldız, 2007). Akgüngör ve Doğan (2008) 1985-2005 yılları arasındaki nüfus, araç, kaza, yaralı ve ölü sayılarına ait verileri kullanarak Türkiye için Smeed Benzeşim Modelini geliştirmişlerdir. Kibar (2008), Trabzon bölünmüş sahil yolundan yaklaşık 113.5 km'lik karayolu kesimini kullanmıştır. Bu kesimden 5 yıllık trafik kaza verileri alınarak önce Poisson Regresyon Modelinin geliştirildiği Genelleştirilmiş Lineer Model yaklaşımı kullanılmış, ancak verinin aşırı yayılım yapmasından dolayı Negatif Binom Regresyon Modeli uygulanmış ve kaza tahmin modeli oluşturulmuştur. Akgüngör ve Doğan (2010) 1986-2005 yılları arasındaki verilerden yararlanarak İzmir ili için regresyon analizi, yapay sinir ağları ve genetik algoritma yöntemleri kullanılarak trafik kaza tahmin modellerini geliştirmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında 2005-2010 yılları arasındaki Erzurum Kuzey Çevre Yolu verileri kullanılmıştır. Trafik kazalarının sayısını azaltabilmek için trafik kazalarına etki ettiği düşünülen parametreler belirlenmiş ve Genelleştirilmiş Lineer Regresyon ile modelleme çalışması yapılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

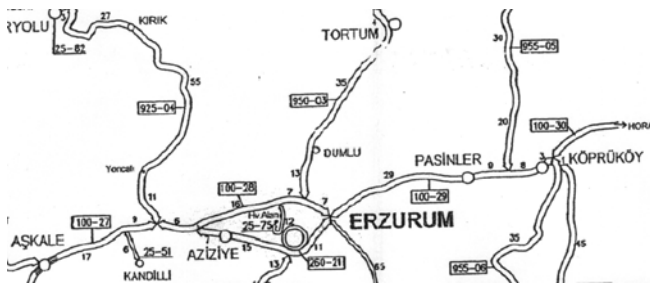
Materyal

Doğu Anadolu'nun en büyük kenti olan Erzurum'un MÖ 4900 yıllarında kurulduğu tahmin edilmektedir. Kent, Orta Çağ'dan itibaren, İran-Hint ve Orta Asya ticaretinin Akdeniz ülkelerine giden önemli bir konaklama ve ticaret merkezi olmuştur. Tiflis-Kars üzerinden gelen Kafkas yolu ve Tebriz-Doğubeyazıt'tan geçen

Kuzey İnan yolu: Sivas üzerinden Diyarbakır-Irak-Suriye-Basra körfezine ve Akdeniz kıyılarına giden yollar ile yine Sivas üzerinden Ankara, İstanbul ve Ankara-İzmir' e giden yollar burada birleşmektedir. Erzurum' dan geçen transit yollar, Kuzey Anadolu dağlarını Kop ve Zigana geçitlerini aşarak Trabzon'a ve Karadeniz' e ulaşmaktadır. Şehir İspir üzerinden Rize' ye, Bingöl üzerinden de Diyarbakır iline bağlanmaktadır. Erzurum ili karayolu, demiryolu ve havayolu taşımacılığı yönünden bulunduğu Doğu Anadolu Bölgesinde önemli bir konuma sahiptir. Ayrıca İpek yolu güzergâhı üzerinde bulunan Erzurum ilinde de Türkiye'nin genelinde olduğu gibi karayolu taşımacılığının üstünlüğü mevcuttur.

Türkiye İstatistik Kurumu' nun 2010 yılı sonu istatistik verilerine göre motorlu kara taşıtı sayısı Erzurum' da bir önceki yıla göre % 11 artarak, 80149' a yükselmiştir. 2010 yılsonu itibariyle Erzurum' da 39419 otomobil, 16 303 kamyonet, 5622 kamyon, 2982 minibüs, 1047 otobüs, 2230 motosiklet, 294 özel amaçlı taşıt ve 12252 traktörün trafikte kaydı bulunmaktadır (Anonim, 2010). Ülkemizi etkileyen trafik kaza sorunu Erzurum ilinde de kendini göstermekte ve çözüm yollarını beklemektedir.

Bu çalışmada, Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü' ne bağlı, Erzurum Bölge Trafik Denetleme Şube Müdürlüğü görev alanındaki 100-28 numaralı Kuzey Çevre Yolunun kaza tahmin modellemesi yapılmıştır. Bu yol Aşkale' den Erzurum istikametine gelinirken çevre yoluna girildiğinde 0+00 km ile başlayan ve havaalanının önünden devam eden çevre yolu sonu ya da Nenehatun Kavşağı olarak bilinen yaklaşık 30+00 km ile biten kesimdir (Şekil 1).



Şekil 1. Kuzey çevre yolu

Trafik kaza tahmin model çalışmaları genellikle istatistiğe dayalı çalışmalardır ve diğer trafik çalışmalarından oldukça farklıdır. Çünkü trafik kazaları, ne

zaman ve nerede meydana geleceği önceden tahmin edilemeyen, meydana gelişleri ise objektif olarak izlenemeyen olaylardır. Bu nedenle trafik kaza analizleriyle uğraşan kişilerin, kazaların yerlerini, şiddetlerini, sıklıklarını, tiplerini ve diğer özelliklerini tam ve doğru olarak gösterecek bilgi ve kayıtlara ihtiyaçları vardır. Bu bilgileri sağlayacak temel kaynaklar ise, kaza sonrasında hazırlanan trafik kaza tespit tutanaklarıdır. Bu nedenle, yapılacak olan kaza analizlerinin sonuçlarının doğruluğu bu raporların eksiksiz ve tam olarak doldurulmasına ayrıca raporun içeriğinin analiz çalışmaları için gerekli olan bilgiler açısından yeterli olmasına bağlıdır. Bu çalışmada belirtilen yola ait 2005-2010 yılları arasında meydana gelen trafik kaza raporları Erzurum Trafik Denetleme Şube Müdürlüğü'nden alınmıştır. Ayrıca yola ait bazı geometrik verilerde Karayolları 12. Bölge Müdürlüğünden temin edilerek detaylı bir ön çalışma yapılmıştır (Çodur, 2012).

Yöntem

Genelleştirilmiş Lineer Modeller: Lineer ve lineer olmayan regresyon modellerinde normal dağılım önemli bir rol oynamaktadır. Hem lineer hem de lineer olmayan modellerde sonuç çıkarımı için y yanıt değişkeninin normal dağılıma sahip olduğu varsayılmaktadır. Bazı durumlarda bu varsayım gerçekçi olmamaktadır. Yanıt değişkeninin sayı (count) gibi kesikli değişken olması durumu, yani kusurların sayısı, trafik kazaları belirli hastalığa yakalanan insanların sayısı veya deprem ve kasırgaları içeren doğal olayların meydana gelme sayısı gibi "nadir olaylar" örnek olarak verilebilir.

Genelleştirilmiş Lineer Modeller, yanıtın Üssel aileden olması halinde regresyon modellerini uydurmaya izin vermektedir. Üssel ailenin genel formu,

$$f(y; \theta, \phi) = \exp \left\{ \frac{y\theta - b(\theta)}{a(\phi)} + c(y, \phi) \right\} \quad (1)$$

şekindedir. Burada $a(\cdot)$, $b(\cdot)$ ve $c(\cdot)$, belirli fonksiyonlardır. θ Parametresi doğal konum parametresidir, ϕ ise yayılım (dispersion) veya ölçek (scale) parametresidir. Genel olarak, Genelleştirilmiş Lineer Modeller üç bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler; (1) Yanıtın dağılımı, (2) Lineer kestiricilerin bulunduğu sistematik kısım ve (3) Link fonksiyonudur. Yapının daha açık biçimi aşağıdaki gibi verilebilir.

- 1) y_1, y_2, \dots, y_n sırasıyla $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ ortalamalı bağımsız yanıt gözlemler
- 2) y_i gözlemleri Üssel aile üyesi olan bir dağılıma sahiptir.
- 3) Modelin sistematik kısmı x_1, x_2, \dots, x_k açıklayıcı değişkenlerini içermektedir.
- 4) Model $\eta = x'\beta = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i$ lineer kestirici civarında inşaa edilir.
- 5) Model bir link fonksiyonu aracılığı ile bulunur.

$$\eta_i = g(\mu_i), i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Link terimi, ortalama ve lineer kestirici arasında bağlayıcı fonksiyon gerçeğinden türetilmiştir. Beklenen yanıt $E(y_i) = g^{-1}(\eta_i) = g^{-1}(x'\beta)$ dir. Çoklu lineer regresyonda model,

$$\mu_i = \eta_i = x_i'\beta, i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

özel bir durumu göstermektedir. Yani $g(\mu_i) = \mu_i$ dir. Bu durumda birim link fonksiyonu kullanılmaktadır.

- 6) Link fonksiyonu diferansiyellenebilen monoton bir fonksiyondur.
- 7) $\sigma_i^2 (i = 1, 2, \dots, n)$ varyansı, μ_i ortalamasının bir fonksiyonudur.

Genelleştirilmiş Lineer Modellerde link fonksiyonu yanıtın doğal dağılım avantajını üstlenmektedir. Özellikle link fonksiyonunun yanlış seçimi doğal dağılımı etkileyeceğinden sonuçları olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmada Genelleştirilmiş Lineer Model Stata paket programı kullanılarak kurulmuştur.

Genelleştirilmiş Lineer Modeller için Sonuç Çıkarımı: İstatistiksel sonuç çıkarımının iki esas aracı, güven aralıkları ve hipotez testleridir. Genelleştirilmiş Lineer Modeller için güven aralıkları ve testler ayrıntılı olarak McCullagh and Nelder (1989), Myers et al. (2001) ve Lewis et al. (2001a, 2001b)'de ele alınmaktadır.

Herhangi bir model uydurma işleminde olduğu gibi, artıkların analizi Genelleştirilmiş Lineer Modellerde de önemlidir. Artıklar, varsayımların gerçekleşmesinde modelin tüm yeterliliği ile ilgili kılavuz bilgiler sağladığı gibi seçilen link fonksiyonunun uygunluğu ile de bilgi vermektedir. Genel olarak, sapma artıkları, normal lineer regresyondaki standart artıklara benzer olarak davranmaktadır. Bu nedenle, standart normal lineer regresyondaki modellerin yeterlilikleri için kullanılan normal olasılık grafiği ve kestirilen değerlere karşı artıkların grafiği Genelleştirilmiş Lineer Model-

ler için de kullanılmaktadır. Fakat standart artıkların Genelleştirilmiş Lineer Modeller için uygun olmaması nedeniyle, standart artıklar yerine sapma artıkları kullanılmaktadır.

Bu çalışmada poisson ve ardından negatif binomial regresyon modelleri denenmiş fakat Genelleştirilmiş Lineer Regresyon Modeli kadar trafik kaza değişkenlerinin kaza sayısını tahmin etmesinde başarılı olamamıştır. Trafik kazalarının modellenmesinde Genelleştirilmiş Lineer Regresyon Modeli kurulmuştur.

BULGULAR

Veri Setinin Oluşturulması: Trafik kazalarına etki ettiği düşünülen, trafik kaza tahmin raporlarını ve yolun geometrik verilerini içeren detaylı bir tablo oluşturulmuştur. Bu tablodan hareketle çeşitli denemeler yapılmış ve nihai olarak yol kesiminin kilometresi, yıllık ortalama günlük trafik (YOGT), düşey kurp sayısı, yatay kurp sayısı, yaz mevsiminde meydana gelen kazaların yüzdesi, kazalara karışan ağır araçların yüzdesi bağımsız değişken ve kaza sayısı da bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. D-100-28 yolu 7.3, 8.7, 7, 8.023' lük dört bölüme ayrılmıştır. Kaza sayıları gruplandırıldıktan sonra veriler toplam 24 tanedir. Bu verilerin ortalamaları 14.208, standart sapmaları 3.84, varyansları 14.78' dir. Model parametreleri %95 güven aralığında anlamlı bulunmuş ortalama Pearson Ki-kare (Pearson Ki-kare değerinin serbestlik derecesine bölümü) değerinin 1.03 olduğu görülmüştür. Hadayeghi (2002) modelin negatif binom regresyonuna uyması için ortalama Pearson Ki-kare değerinin 0.8 ile 1.2 arasında olması gerektiğini belirtmiştir. Bu nedenle genelleştirilmiş modelin link fonksiyonlarından biri negatif binom regresyonu seçilmiştir.

Çizelge 1 parametrelerin katsayılarını, standart hatalarının $|z|$ ve P değerlerinin yer aldığı genelleştirilmiş lineer regresyon model sonucunu göstermektedir. Bu modelde P değerleri % 95 güven aralığında olup 0,05 değerinden küçüktür. Kurulan modelde trafik kazalarının artmasında en etkili parametre ağır araçların karıştığı kazaların yüzdesi bulunmuştur. Modelin genel denklemi aşağıda verilmektedir.

Çizelge 1. Genelleştirilmiş lineer model sonuçları

	n= 24	sd=n-p=24-6=18	Pearson $\chi^2 =18,55$	
Parametre	Katsayı	Standart Hata	Z oranı	P > z
Sabit	1.853453	0.1501055	12.46	0.000
Düş. Kur. Say.	0.0558456	0.0208461	6.23	0.000
Yol Kes. Km.	0.0234265	0.0084413	3.57	0.000
YOGT	0.0002561	0.0000387	4.47	0.000
Ağır Araç	-0.3023125	0.191108	-2.93	0.002
Yaz Mev.	-0.2456548	0.1687042	-2.41	0.025
Yat. Kur. Say.	-0.0582456	0.0014957	-6.03	0.000

*n: Gözlem sayısı, p: Parametre sayısı, sd: Serbestlik derecesi

$$E(KS) = \exp(b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n) \quad (4)$$

Burada:

E(KS) : Bağımlı değişken

X_i : Bağımsız değişkenler

$b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$: Katsayılar

$$E(KS) = \exp(1,853453 + 0,0234265 * YKKM + 0,0002561 * YOGT + 0,0558456 * DKS - 0,0582456 * YKS - 0,245648 * YM - 0,3023125 * AA) \quad (5)$$

Elde edilen modelde:

E(KS) : Tahmin edilen kaza sayısı

YKKM: Yol kesim kilometresi

YOGT : Yıllık ortalama günlük trafik

DKS : Düşey kurp sayısı

YKS : Yatay kurp sayısı

YM : Yaz mevsiminde meydana gelen kazaların yüzdesi

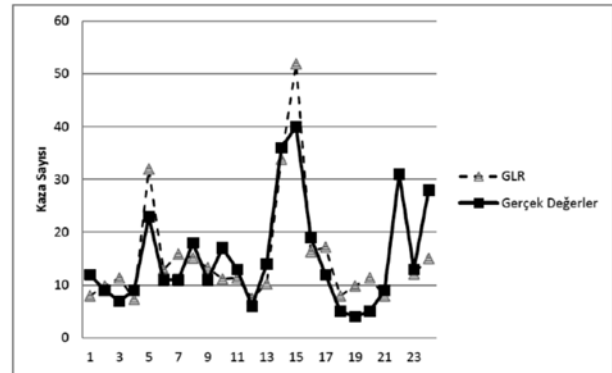
AA : Ağır araçların karıştığı kazaların yüzdesi tanımlamaları yapılmaktadır.

SONUÇLAR

Dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de yol güvenliğinin ölçütü olan trafik kazalarına çözüm aranmaktadır. Gelişmiş ülkelerin karayolu güvenliği problemlerinin çözümünde gösterdikleri başarının en önemli nedeni; karayolu planlaması ve trafik mühendisliğine verdikleri önemdir. Mevcut yollar için kazaların meydana geldiği yol kesimlerinde gerekli iyileştirmelerin yapılması kuşkusuz en önemli adımdır. Bunun haricinde kazaya etki eden diğer faktörlerin belirlenmesi olası diğer kazaların azaltılmasında etkili bir yol sunacaktır.

Bu çalışmada, karayolu güvenliğinin değerlendirilmesinde, ülkemiz ulaştırma tercihinin ortaya çıkardığı

trafik kazaları sorunundan yola çıkarak, kazaların azaltılmasında yolun geometrik özellikleri ve trafik karakteristiklerinin kaza oluşumlarındaki etkileri göz önünde bulundurularak Genelleştirilmiş Lineer Regresyon yöntemi ile kaza tahmin modeli oluşturulmuştur.



Şekil 2. Gerçekleşen ve GLR değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 2 Gerçekleşen ve GLR modeli ile bulunan değerleri göstermektedir. Y ekseninde kaza sayıları X ekseninde ise kaza sıra numaraları bulunmaktadır. Modelin istatistiksel uyumu sağlanmış olup model sonucunda, mevcut bölünmüş yollarda kazaya karışan ağır araçların yüzdesi, yaz mevsiminde olan kazaların yüzdesi ve yatay kurp sayısı arttığında kaza sayılarının azaldığı; buna karşın düşey kurp sayısının, yol kesim kilometresinin ve YOGT'nin artması ile kaza sayılarının arttığı bulunmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya verdikleri destekten dolayı Erzurum Trafik Denetleme Şube Müdürlüğü ve Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü personellerine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akgüngör, A.P., Doğan, E., 2008. Smeed ve Andreassen kaza modellerinin Türkiye uygulaması: Farklı senaryo analizleri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(24): 821-827.
- Akgüngör, A.P., Doğan, E., 2010. Farklı yöntemler kullanılarak geliştirilen trafik kaza tahmin modelleri ve analizi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 2(1): 16-22.
- Akgüngör, A.P., Yıldız, O., 2007. Sensitivity analysis of an accident prediction model by the fractional factorial method. *Accident Analysis & Prevention*, 39(1), 63-68.
- Andreassen, D.C., 1985. Linking deaths with vehicles and population. *Traffic Engineering & Control*, 26(11): 547-549.
- Anonim, 2010. Motorlu kara taşıtları istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Çodur, M.Y., 2012. Trafik kaza tahmin modelleri: erzurum ili çevre karayolları için uygulamalar. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmamış), Erzurum.
- Dinesh, M., Bawa, B.S., 1985. An analysis of road traffic fatalities in Delhi, India. *Accident Analysis & Prevention*, 17(1): 33-45.
- Kibar Türe, F., 2008. Trafik kazaları ve Trabzon bölünmüş sahil yolu örneğinde kaza tahmin modelinin oluşturulması. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Trabzon.
- Lewis, S.L., Montgomery, D.C., Myers, R.H., 2001a. Examples of designed experiments with nonnormal responses. *Journal of Quality Technology*, 33: 265-278.
- Lewis, S.L., Montgomery, D.C., Myers, R.H., 2001b. Confidence interval coverage for designed experiments analyzed with GLMs. *Journal of Quality Technology*, 33: 279-292.
- McCullagh, P., Nelder, J.A., 1989. *Generalized linear models*. 2nd ed. Chapman & Hall.
- Mekky, A., 1985. Effect of rapid increase in motorization levels on road fatality rates in some rich developing countries. *Accident Analysis and Prevention*, 17(2): 101-109.
- Myers, R.H., Montgomery, D.C., Vining, G.G., 2001. *Generalized linear models with applications in engineering and the sciences*. John Willey & Sons, New York.
- Partyka, C., 1984. Simple models of fatality trends using employment and population data. *Accident Analysis & Prevention*, 16(3): 211-222
- Smeed, R.J., 1949. Some statistics aspects of road safety Research. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, Part I*, 112: 1-34.
- Tortum A., Çodur M.Y., Kılınç B., 2012. Modelling traffic accidents in turkey using regression analysis. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(3): 69-78.
- Valli, P.P., 2005. Road accident models for large metropolitan cities of India. *IATSS Research*, 29(1): 57-65.
- Zegeer, C. V., Deacon, J.A., 1987. Effect of lane width, shoulder width and shoulder type on highway safety. In *State of the Art Report 6, TRB, National Research Council, Washington, D.C.*, pp. 1-21.