

TÜRKİYE'DE TRAFİK KAZALARININ COUNT DATA MODELİ İLE İNCELENMESİ

*Examining the Traffic Accidents in Turkey By
Count Data Model*

Emine Çoruh *
Abdulkaki Bilgiç **
Ahmet Tortum ***

ÖZ

Trafik kazaları, ülkemizde sebep olduğu maddi ve manevi kayıpların büyüklüğü ile sürekli olarak büyüyen ve acil eylem gerektiren önemli sağlık ve sosyal sorunlardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Karayolu kaza problemi; toplum sağlığı problemi, ekonomik problem, sosyal problem ve trafik problemi gibi tüm gerçek boyutlarıyla algılandığı zaman ancak başarı sağlanabilecektir. Bu çok boyutlu karayolu güvenliği problemi konusunda özellikle son yıllarda çözüm odaklı önemli istatistik çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışma ile 81 il ve 2008, 2009 ve 2010 yılları (hem yatay kesit hem de zaman serisi) için trafik kaza sayısına etki eden faktörler 'Panel Count Data' modelleri kullanılarak incelenmiştir. Aynı zamanda da trafik kaza sayısına etki eden bu faktörlerin birimsel etkileri gösterilmiştir. Kaza sayılarındaki değişkenliğin illerin bulunduğu yedi coğrafi bölge arasında farklılığa neden olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Trafik kazaları, panel count data modeli, ekonomik ve demografik göstergeler.

ABSTRACT

Constantly growing intangible and material losses by traffic accident are unfortunately identified as one of the major emerging health and social problems in Turkey. Imperative actions are needed that account for both public health and economic problems along with social strains simultaneously to reduce the number of traffic accidents. Solution oriented major statistical approaches have now emerged to account for multi-dimensional problems of road safety in worldwide in recent years. In this study, factors affecting the number of traffic accidents in

* Arş. Görevlisi, Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Sivil Mühendislik Bölümü, coruhemine@gmail.com

** Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü

***Doç. Dr. Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Sivil Mühendislik Bölümü

81 cities in subsequent 2008-2010 years were examined using various panel count data models. Meanwhile, marginal effects of factors on the number of traffic accident were derived along with their standard errors. Results indicate that the number of traffic accidents varies significantly across seven geographic regions of the country.

Keywords: Traffic accidents, panel count data model, economic and demographic indicators

Giriş

Dünya çapında trafik kazalarında her yıl yaklaşık 1,2 milyon insanın ölmekte ve 50 milyon insanın da yaralandığı tahmin edilmektedir. Dünya Bankası verilerine göre, karayolu trafik kazalarında uğranılan maddi kayıplar, ülkelerin her yıl gayri safi milli gelirlerinin %1–3 arasındadır (World Bank, 2003). Dolaylı zararlar (fiziksel ve psikolojik maliyetlerden dolayı oluşan maliyetler) ise bunun üç ve dört katı olup toplam zarar ülkeler açısından küçümsenemeyecek kadar fazladır. Gelişmiş ülkeler de bu rakam, %1' den daha az olmakla birlikte, bu sözü edilen meblağ çok büyük rakamlardır. Her ülkenin böyle bir kaynağı kullanacağı ve kaybolmasına tahammül edemeyeceği açıktır (Al Haji, 2005, s. 7). Kayıpların yüksek rakamları ve maliyetlerinin yanında, birde çekilen acılar eklendiğinde ülkelerin, yol güvenliğini artırma konusunda ihtiyaç duyulan tedbirlerin alınmasına ne kadar acil ihtiyaç duyduğu görülmektedir (Hermans vd., 2010, s.48).

Ülkemizde ise her yıl üç binden fazla kişi, trafik kazalarında ölmekte ve iki yüz bin kişi de yaralanmaktadır. Diğer bir ifade ile her gün yollarda yaklaşık 10 kişi ölmekte ve 500'den fazla kişi de yaralanmaktadır. Toplam kaza sayısı 2007 yılında 800 bin civarında iken, 2012 yılında bu rakam 500 bin artarak bir milyon üç yüz bin dolayında olmuştur. Fakat bu artışa karşın, ölü sayısı bu beş yıllık dönemde 5 binden 3,750'ye düşmüş olmakla beraber yaralı sayısı 150 binden 268 bin dolayına yükselmiştir. Bu sonuçlar, ülkemizde kişi başına artan gelirle birlikte artan araç sayısına karşın (araç firmalarının inanılmaz cazip fiyat teklifleri vb. nedenler), beş yıllık dönemde (2007–2012) kazalara anında acil yardım ile ilk müdahale, bölünmüş yol kilometresindeki artış, artan yol denetimi ve alternatif toplu taşımanın (hızlı tren) devreye girmesi ile ölüm vakalarının düşüş eğilimine geçmiş olmasına sebep olarak gösterilebilir. Diğer taraftan kaza sayıları, kişi başına düşen milli gelirdeki artış, hızlı kentleşme ve taşıt sahipliğindeki artış eğilimi ile birlikte artmakta ve bu olgu gelişmekte olan ülkelerle yakın benzerlik göstermektedir (kgm.gov.tr, 2013). Trafik kazaları neden oldukları sosyal, psikolojik acı ve sıkıntıların yanında, ülkemiz için büyük ekonomik kayıpları da beraberinde getirmektedir.

Karayolu taşımacılığı topluma büyük faydalar sağlamakla birlikte, bir çok sosyal ve ekonomik maliyeti de bulunmaktadır. Örneğin, kazanın kendisine ait oluşturduğu maliyet, polis ve acil servis gibi idari masraflar, araç hasarı, donanım, personel ve yol altyapısı gibi maliyetler, hastane, rehabilitasyon, protez gibi tıbbi harcamalar ve trafik sıkışıklığı sonucunda meydana gelen kayıplar, ekonomik yaşamda meydana gelen kayıplar, doğrudan ve dolaylı maliyetleri de beraberinde getirmektedir. Sonuç olarak, her kaza ister istemez tıbbi yardım, ekonomide potansiyel kayıp, ağrı-acı çekme, maddi hasar, hukuki ve polis maliyeti gibi sosyo-ekonomik maliyetleri doğurur (Brijs vd., 2003; Quddus 2008; Lyubenow vd., 2010).

Bütün bu olumsuzluklara karşın ülkemizde, karayolu trafik güvenliği konusunda son yıllarda önemli adımlar atılmış bulunmaktadır. Yapılan düzenlemelerin ortaya koyduğu olumlu yöndeki en önemli gelişmelerden biri Karayolu Taşıma Kanunu ile Yönetmeliği çıkarılmış olup, Avrupa Birliği'ne (AB) uyumlu hale getirecek hükümler Trafik Kanunu'na eklenmiştir. Ayrıca ülkemizde şehirlerarası bölünmüş yol yapım çalışmaları son yıllarda büyük ivme kazanmıştır. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün (KGM, 2012, s. 205) verilerine göre, Türkiye'de karayolu ağının toplam uzunluğu, 2,119 km otoyol, 32,525 km devlet yolu ve 30,405 km il yolu olmak üzere toplam 65,049 km'dir. Bu yolların toplam % 22,25'i bölünmüş yol olarak karayolu ağına katılmış, toplamda karayollarının %3,25'ini otoyollar, %50'sini devlet yolları ve %46,75'ini il yolları oluşturmaktadır. Karayolu ağımızın, otoyollar dâhil %35'i çok şeritli yoldur.

Türkiye son on yıl içinde istikrarlı bir politika ile kişi başına gayri safi milli hâsılda önemli bir artış eğilimini yakalamıştır. Ülkemiz, Arjantin ve Çin'den sonra % 5–6 oranında yıllık ekonomik büyümeyi son yıllarda düzenli bir şekilde gerçekleştirmiştir. Ekonomideki bu istikrarlı büyüme, alt ve üst yapı sektörüne büyük ölçüde yansımıştır. Bu bağlamda, trafik kazalarının ve sonucunda da can kaybının azaltılmasına yönelik olarak ülkemizde, karayolları altyapısının iyileştirilmesi için 15,000 km yeni "bölünmüş yol" yapım çalışmalarına, 3 Ocak 2003 tarihinde kamuoyuna duyurulan Acil Eylem Planı (AEP) kapsamında başlanmıştır. 2003'te yaklaşık 6 bin km olan bölünmüş yollarımız 2012 yılında 16152 km'ye ulaşmıştır. Bu eylem planında amacın, yolların kapasitesini artırmak ve kaza sayısını olabildiğince azaltmak olduğu bildirilmiştir. Kuramsal olarak "bölünmüş yol" yapımının, kazaları yaklaşık %35 azaltacağı vurgulanmıştır.

Diğer taraftan, ekonomideki olumlu hava ülkelerin kalkınma sürecinde hiçbir ülke coğrafyasında dengeli, homojen ve eşit biçimde başlamamış olup,

ekonomik faaliyetler coğrafi olarak hep bazı belirli bölgelerde yoğunlaşmıştır. Dünya coğrafyasında ki bu eşitsiz görünüm özellikle son yıllarda giderek artmıştır. Üretimin büyük kent merkezlerinde yoğunlaşması, bazı kentlerin öne çıkması, ülkelerin/bölgelerin/illerin refah ve zenginlik seviyeleri arasında ki farklılıklar doğrudan/dolaylı olarak her alanda olduğu gibi trafik alanında da bölgeler arası farklılıkları oluşturmaktadır. Son yıllarda bu farklılıklar üzerine oldukça ilgi çekici araştırmalar yapılmaya başlanmıştır (Köse vd., 2012, s. 78).

Ülkemizde bölgeler ve iller arasında tarihi, demografik, kültürel faktörler, coğrafi etkenler ve doğal kaynaklar gibi birçok etken hemen hemen her alanda farklılık gösterdiği gibi, trafik konusunda da farklılıkların oluşmasına neden olmaktadır. Ülke düzeyinde illerin ve bölgelerin ölçülebilir, birbirleri ile kıyaslanabilir ulaşım durumlarının ortaya konması gelecekte alınacak önlemler ve ulaşım planlaması için büyük önem arz etmektedir (Gaygısız, 2010, s. 1894). Aynı zamanda da ortaya konulan sonuçlar ile mevcut durumun yeterliliği ve eksik yönleri ortaya çıkacak, böylelikle güncel ve gerçekçi değerlendirmelere olanak verecektir. Dünyada karayolu karakteristiği ile kaza sıklıkları arasındaki ilişkiyi incelemekte sıfır dahil pozitif tam sayı modellerinden (count data models¹) Poisson (PO), Negatif Binominal (NB) ve bunların genelleştirilmiş yapıları gibi birçok istatistiki yaklaşım kullanılmaktadır. Bu bağlamda, trafik kazalarının nedenlerini anlama, insan, araç, sosyo-ekonomi, yol altyapısı, arazi kullanımı ve çevre ile ilgili önemli faktörleri ve kaza sayılarındaki değişkenliği kontrol etmede son yıllarda bu tür modeller çok sık kullanılmaktadır (Beenstock vd., 2001; Washington vd., 2003; Kumara ve Chin, 2004; Quddus, 2008; Malyshkina ve Mannering, 2010; Son vd., 2010; Yaacob vd., 2011; Rosenbloom ve Eldror, 2013). Örneğin, Karlaftis ve Tarko (1998) Hindistan'da, Beenstock vd., (2001) İsrail'de, Chin ve Quddus (2003) Singapur'da, Yaacob vd., (2011) Malezya'da Rosenbloom ve Eldror (2013) İsrail'de Poisson ve Negatif Binominal modeller yardımı ile kaza sayılarında meydana gelen değişkenliği kontrol etmede sosyo-demografik, ekonomik ve diğer faktörler kullanılmıştır.

Trafik kazalarındaki değişkenliği kontrol etmede kullanılan sosyo-demografik ve ekonomik faktörlerle ilgili yukarıda değinildiği gibi uluslararası çalışmalara çok sıkça rastlanmasına karşın, ülkemizde bu tür çalışmalara maalesef pek rastlanmamıştır. Bu çalışma ile hem il (yatay kesit) hem de zaman serisi (2008-2010) bağlamında trafik kaza sayısına etki eden faktörler 'panel count data' modelleri kullanılarak analiz edilecektir. Bilgilerimize göre bu çalışma ülkemizde kendi sahasında ilkinin oluşturmaktadır. Aynı zamanda modelde kullanılan değişkenlerde meydana gelen birim artışların kaza

¹ Uluslararası literatürde Türkçe karşılığı sıfır dahil tam pozitif sayılara eş değer tanım genellikle 'count data model' olarak bilinmekte olup bizde bundan sonraki açıklamalarımızda bu terimi kullanmayı tercih edeceğiz.

sayısında meydana getireceği birim etkilerinin (marjinal etkiler) boyutu ortaya konulacaktır. Bu çalışma, kaza sayısında etkin olan faktörleri ortaya koyacak; yerel ve ulusal politikacılara kaza sayısının en aza indirgenmesinde daha etkin, sürdürülebilir politika ve altyapı projelerinin geliştirilmesinde öncülük edecektir. Ayrıca bu çalışma, bölgeler arasındaki kaza sayıları farklılığını da ortaya çıkaracaktır².

Çalışmada veri ve modellerle ilgili detaylı bilgiler materyal ve yöntem bölümünde sunulacaktır. Parametre katsayıları ve marjinal etkiler bulgular ve tartışma bölümünde tartışıldıktan sonra, politika yapıcılara, yerel ve genel idari yöneticilerine ilişkin öneriler, sonuç ve öneriler bölümünde yer alacaktır.

1. Materyal ve Yöntem

1.1. Materyal ve Değişkenlerin Seçimi

Bu çalışmada, 2008, 2009 ve 2010 yıllarına ait 81 il için kullanılan; istihdam oranı (%), tüketim harcamaları içerisinde ulaştırma (%), tüketim harcamaları içerisinde alkol (%), illerin şehirleşme oranı, karayolu ağı yüzdesi (il ve devlet yolu, otoyol), net göç hızı (%) ve eğitim düzeylerine göre nüfus ile sağlık çalışanı (uzman hekim, hekim, diş hekimi sayısı, hastane yatağı sayısı vb) verileri Türkiye İstatistik Kurumundan elde edilmiştir. Yine çalışmada 81 il için 2008, 2009 ve 2010 yıllarına ait kaza sayısı, kırmızı ışık ihlali, hız sınırını %10'dan %30'a kadar aşmak (512A), hız sınırını %30'dan fazla aşmak (512B) verileri Emniyet Genel Müdürlüğünden (EGM) alınmıştır.

Hızlı ve sürekli olarak devam eden ekonomik gelişme, nüfus artışı, şehirleşme ve motorlu araç sayısında artış ile birlikte, kentsel alanlara ağır yüklenmeye ve dolayısı ile bu alanlarda büyük ölçeklerde ulaşım problemlerine neden olmaktadır (Darçın, 2006, s. 18). Karayolu kaza sayısı ve büyüklüğü ile gelir arasında negatif bir ilişki vardır. Gelirdeki artış daha güvenilir araçlar ve daha gelişmiş altyapı olanakları ile zengin/gelişmiş/kalkınmış bölgelerde daha az kayıp ve kazanın meydana gelmesinde rol oynar. Ancak gelirdeki gelişme ile paralel olarak yapılacak seyahat uzunluğu (yüksek derecede kazaya maruz kalma riski) ve tüketilecek alkol miktarı artar ve dolayısı ile Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) ile kazalar arasında ters yönlü bir ilişki meydana gelir (Hakim vd., 1991, s.380). Türkiye'de 2000 yılında meydana gelen ekonomik krizden sonra, üç yıllık bir süreçte kazalarda azalma görülmesi bu savı destekleyici bir örnek olarak verilebilir (Söylemezoğlu, 2006, s. 8). 2001'de OECD ülkelerinde yapılan bir çalışmada yüksek istihdam rakamlarının (1980-1994) ölüm

² Bu makale 4. Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi'nde sunulan metne dayalı olarak geliştirilmiş ve güncellenmiştir. Çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi tarafından desteklenmiştir. Proje No:2012/92 bu kısmı başka bir yere almak gerekebilir.

cül kaza sayısında artış gösterdiği açıklanmış, sosyo-ekonomik ve kültürel durumun yüksek seviyede olması ile insanın daha hareketli olmaya başladığı belirtilmiştir. Bu sosyo-ekonomik seviyenin yükselmesi ile paralel olarak mobilitenin arttığı gözlemlenmiştir. Mobilete artışları bir araya geldiğinde ulaşım talebinin ve dolayısı ile kaza sayısının arttığı belirtilmiştir (Karacasu, 1996, s. 6). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), birçok çalışmada düzenli gelirle birlikte araç başına ölüm oranının azaldığını, bunun temelinde GSYİH'nin artması ile birlikte yüksek riskli araçlardan (yaya, bisiklet vb.) daha korunaklı araçlara geçişin sağlanması veya ülkelerin güvenlik konusunda daha fazla fon ayırmaya teşebbüs etmesinin olduğunu vurgulamıştır (Al Haji, 2005, s. 23).

Daha çok haberlerden takip edildiği üzere trafik kazalarının ardında yatan önemli sebeplerden biri de alkol tüketimidir. Uzun yıllara ait veriler dikkate alındığında Türkiye'de alkol tüketimi ve buna bağlı olarak trafik kaza sayılarındaki artışı gözlemek mümkündür. Bu konuda yapılan çalışmalarda alkol tüketimi ile kaza sayısı arasında pozitif yönlü anlamlı ilişki bulunmuştur (Karagöz, 2004, s. 225). Diğer taraftan, polis gözetiminin sürücü hız ayarlaması üzerinde etkisi olduğuna dair genel bir görüş vardır. Hız yapan sürücüler incelendiğinde bir polis ekibinin yanından geçerken sürücülerin hızlarını düşürdükleri gözlemlenmiştir. Dolayısı ile hız limitlerine uymayan sürücülerin radar veya trafik polisi etkisi sonucu hız limitlerine uyan daha dikkatli sürüşler gerçekleştirdikleri belirlenmiştir. Emniyet kemeri, kask kullanımı, alkollü araç kullanımı, hızlı sürüş başta olmak üzere yapılan çalışmalarda, trafik kural ve düzenlemeleri sürücü davranışında güvenli sürüşü artırıcı yönde etkili olduğu belirlenmiştir (Aberg, 1998, s. 204-208). Bu bağlamda, Türkiye'de, Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından 1996 ve 2002 yılları arasında yürütülen araştırmalarda, güvenli bir karayolu ulaşımı sağlanabilmesi için denetimlerin etkisinin %12 olduğu rapor edilmiştir (Kılıç, 2004, s. 4). Ayrıca, literatürde daha önceki çalışmalarda hem alkol denetimlerinin hem de hız denetimlerinin trafik kazalarını azaltmakta etkili olduğu ifade edilmiştir (Delice, 2012, s.32-33). Çalışmada kullanılan değişkenlerle ilgili betimleyici istatistikler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Değişkenlere İlişkin Betimleyici İstatistikler

Değişkenler	Birim Tanım	Ortalama	Std. Sapma	VIF
Bağımlı Değişken				
Kaza Sayısı	Sayı	1366.819	1896.047	
Bağımsız Değişkenler				
Sürekli Değişkenler				
İstihdam Oranı	Yüzde (%)	43,30535	8,179763	2,37640
Ulaştırma Harcaması	Yüzde (%)	14,05185	2,306447	1,93522
Alkol Harcaması	Yüzde (%)	4,408642	,643698	,971307
Şehirleşme Oranı	Yüzde (%)	62,97737	13,92749	2,05843
İl ve devlet yolu	Km	769,4691	444,1137	1,87255
Otoyol	Km	24,84774	51,17186	2,25808
Kırmızı ışık ihlali	Sayı	2040,300	3643,279	6,40308
Hız sınırını aşma (%10-%30)	Sayı	9760,432	12333,24	5,74529
Hız sınırını aşma (%30 fazlası)	Sayı	7008,745	8765,277	3,50651
Net Göç Hızı	Yüzde (%)	-3,986872	11,41612	1,52024
Eğitilmiş Kişi Başına Sağlık Çalışanı	Sayı	,004186	,001479	1,46254
Kukla Değişkenler (0/1)				
Marmara Bölgesi	1	,135802	-	3,05495
Ege Bölgesi	1	,098765	-	2,82739
Akdeniz Bölgesi	1	,098765	-	2,99590
İç Anadolu Bölgesi	1	,160494	-	3,37500
Karadeniz Bölgesi	1	,222222	-	5,50456
Doğu Anadolu Bölgesi	1	,172840	-	3,42211

1.2. Yöntem

Trafik kazaları; sıfır dâhil pozitif tam sayılardan oluşup, nadiren ve rassal olarak meydana gelme özelliğine sahiptirler. Dolayısı ile kaza sayımlarında kısa bir süre içerisinde önemli dalgalanmalar beklenilmekte ve bu özelliğinden dolayı sayımlar negatif olmayan ayrık bir yapıya sahip olmaktadır. Genellikle de kazaların bu özelliklerine rağmen kaza verilerini modellemek için yapısına uygun olmayan normal dağılımlı geleneksel lineer regresyon bir öngörü olarak uygulanmaktadır (Hadayeghi vd., 2003, s. 4). Son yıllarda ise kaza parametrelerinin tutarsız, yanlı ve etkin olmayan sonuçlarından dolayı, kazaların modellenmesinde sıkça kullanılan sürekli dağılım yerine kesikli dağılım olan 'Count Data Modeli' kullanılmaktadır. Count data öncelikle kesit, zaman serisi ve panel olarak sınıflandırılabilir (Quddus, 2008, s. 1735). Son yıllarda, Poisson ve Negatif Binom modelleri kesitsel ve zaman serilerine uygulanılmaya başlanılmış ve analizlerde sabit ve rassal etkili yöntemler olarak kullanılmaya devam etmiştir. Count data modelleri içerisinde de Poisson dağılımı daha

çok tercih edilmektedir. Poisson modeli genelde homojen şartlar (eşit varyans özelliğinden dolayı) altında iyi hizmet sunarken, Negatif Binominal modeli heterojen şartlar altında değişkenliği açıklamada kullanılmaktadır (Lord, vd. 2004). Dolayısıyla, count data model genellikle iki nedenle yaygın olarak kullanılmakta, ilki; kaza sayısının negatif olmayan tam sayı olması ve kaza verilerinin dağılımının tipik sağa çarpık olması, ikincisi ise kaza verilerinin tahmincilerle ilişkisinde varyansın artış göstermesinden kaynaklanmaktadır. Bu özelliğe sahip verilere klasik lineer regresyon uygulanırsa sonuçlar, etkinsiz ve sapmalı parametrelere neden olmaktadır. Yukarıdaki modellerle birlikte karayolu kaza sayıları için panel count data model analizleri, Hausman tarafından 1984'de panel count data modelini geliştirmesi ile başlamıştır. Karayolu güvenliğinde panel modeller özellikle son birkaç yılda popüler çalışmalar arasına girmiştir. Hausman vd., (1984, s. 909), tarafından önerilen hem sabit hemde rassal (rastgele) etkili panel count data modelleri karayolu kazalarındaki değişkenliği açıklamak için uygulanmıştır. Yol kaza sayımlarının negatif olmayan doğası ve ayrık yapısından dolayı sıradan en küçük kareler yönteminin bu tip verileri modellemek için uygun olmadığı, sabit ve rassal etkili panel count data modellerinin daha avantajlı olduğu açıklanmıştır (Yaacob vd., 2011, s. 1190).

Panel verilerinin önemli bir özelliği, sabit değişkenleri bir regresyon denkleminde dâhil etmeden onları kontrol etme yeteneğine sahip oluşudur. Bu da genel olarak, bireysel değişkenliği kullanarak tahmincilere ulaşmak ve bireyler üzerinden ortalama tahmincilere ulaşmakla mümkündür. Panel veriler için sabit etkiler Poisson regresyon modeli Cameron ve Trivedi (2012) tarafından detaylı bir şekilde tarif edilmiştir. Bağımlı değişken, y_{it} bireyler ($i=1, \dots, n$) ve zamana ($t=1, \dots, T_i$) bağlı olarak değişmektedir. Bu bağımlı değişken, parametresi μ_{it} olan Poisson dağılımlı, bir veya birden fazla bağımsız değişken x_{it} setine bağlı ve aşağıdaki log-doğrusal fonksiyona sahiptir:

$$\ln \mu_{it} = \delta_i + \beta x_{it}, \text{ burada; } \mu_{it} = e^{\delta_i + \beta x_{it}} = \alpha_i \lambda_{it}, \alpha_i = e^{\delta_i} \text{ ve } \lambda_{it} = e^{\beta x_{it}} \quad \text{Denklem 1.1.}$$

Denklem 1.1'deki δ_i 'sabit etki'dir ve baz alınacak olan il'e karşı yaklaşık her bir 80 ilin sabit etkisini ifade edecektir. Burada, panel sabit etki Poisson modeli iki farklı şekilde modellenebilmektedir: İlki En Yüksek Olabilirlik Fonksiyonu (Maximum Likelihood Function, MLE) yardımıyla Geleneksel Poisson Regresyon modeli ile her bir birey (il gözlemleri) için kukla değişkeni (80 adet kukla değişkeni) kullanmak şartı ile sabit etki modelinde tahminciler elde edilebilir. Burada, sabit etkiler, Poisson Regresyon modeli ile bireyler arasında sınırsız heterojen sağlamasına karşın; modelin ortalama değeri varyansına eşit sayılmaktadır (denklem 1.2):

$$E(y_{it}) = \text{var}(y_{it}) = \mu_{it} \quad \text{Denklem 1.2.}$$

Panel veri sabit etkili poisson yoğunluk ve olabilirlik fonksiyonları, sırasıyla:

$$f(y_{it} | \lambda_{it}) = \frac{e^{-\lambda_{it}} \lambda_{it}^{y_{it}}}{y_{it}!}$$

$$l(\beta) = \sum_{i=1}^n \{y_{it} \ln \lambda_{it} - \lambda_{it} - \ln y_{it}!\} = \sum_{i=1}^n \{y_{it} (\delta_i + \beta x_{it}) - e^{\delta_i + \beta x_{it}} - \ln y_{it}!\} \quad \text{Denklem 1.3.}$$

şeklinde dir. İkinci yöntem ise, şartlı olabilirlik fonksiyonu yardımı ile her bir ilin üç yıl boyunca toplam kazaları $\sum_{i=1}^T y_{it}$ 'ye bağlı olarak aşağıdaki denklem 1.4 ile ifade edilir.

$$f(y_{it} | \lambda_{it}) = \prod_i \prod_t \left(\frac{e^{\beta x_{it}}}{\sum_s e^{\beta x_{is}}} \right)^{y_{it}} \quad \text{Denklem 1.4.}$$

Denklem 1.4.'e dikkat edilecek olursa şartlı olabilirlik fonksiyonu δ_i ortadan kaldırmıştır. Fakat birçok veri setinde, model tarafından kestirilemeyen ekstra heterojenlik söz konusu olabilir. Bu heterojenliği gidermede ekstra bir parametre ile negatif binom modeli önerilmektedir. Böylece varyans genelde ortalama değerden fazla olmaktadır. Negatif binom yoğunluk ve olabilirlik fonksiyonları sırası ile denklem 1.5'de ki gibidir.

$$f(y_{it} | \lambda_{it}, \theta_i) = \frac{\Gamma(\lambda_{it} + y_{it})}{\Gamma(\lambda_{it})\Gamma(y_{it} + 1)} \left(\frac{\theta_i}{1 + \theta_i} \right)^{y_{it}} \left(\frac{1}{1 + \theta_i} \right)^{\lambda_{it}}$$

$$l(\beta) = \sum_{i=1}^n \left\{ \ln(\Gamma(\lambda_{it} + y_{it})) - \ln(\Gamma(\lambda_{it})) - \ln(\Gamma(y_{it} + 1)) + y_{it} \ln \left(\frac{\theta_i}{1 + \theta_i} \right) + \lambda_{it} \left(\frac{1}{1 + \theta_i} \right) \right\}$$

$$= \sum_{i=1}^n \left\{ \ln(\Gamma(\beta x_{it} + y_{it})) - \ln(\Gamma(\beta x_{it})) - \ln(\Gamma(y_{it} + 1)) + y_{it} \ln \left(\frac{\theta_i}{1 + \theta_i} \right) + \beta x_{it} \left(\frac{1}{1 + \theta_i} \right) \right\}$$

Denklem 1.5

Burada, Γ sembolü gamma fonksiyonunu göstermektedir, θ_i parametresi her bir birey için zamana göre sabit ve λ_{it} aşağıdaki fonksiyonla bağımsız değişkenlere bağlı olmaktadır:

$$E(y_{it}) = \theta_i \lambda_{it} \quad \text{Denklem 1.6}$$

$$\text{var}(y_{it}) = (1 + \theta_i) \theta_i \lambda_{it}$$

Modele ait ortalama ve varyans aşağıdaki gibidir:

$$\ln \lambda_{it} = \beta x_{it}$$

Denklem 1.7

Denklem 1.7'de ortalamanın varyansa oranı $(1 + \theta_i)$ 'dir. Bu oran bireye karşı değişken, zamana karşı ise sabittir. Aynı şekilde, negatif binom modelinin şartlı olasılık yoğunluk fonksiyonu denklem 1.8'de ki gibidir:

$$f(y_{it} | \lambda_{it}, \theta_i) = \frac{\Gamma\left(\sum_t y_{it}\right) \Gamma\left(\sum_t \lambda_{it}\right)}{\Gamma\left(\sum_t y_{it} + \sum_t \lambda_{it}\right)} \prod_t \frac{\Gamma(\lambda_{it} + y_{it})}{\Gamma(\lambda_{it}) \Gamma(y_{it} + 1)}$$

Denklemler 1.8

Bu denklemlerde θ_i parametresi yok olmaktadır. Benzer şekilde Poisson ve Negatif Binom modellerinde, rassal değişkenlerin elde edilmesi ise her bir birey yani i 'e ait sabit etkiyi $\alpha_i = \alpha + \varepsilon_i$ şeklinde yazmakla gerçekleşmektedir. Burada, bütün bireylerin (bütün illerin) ortak sabit etkisi α ve gözlenemeyen faktörlerin etkisi ε_i diye iki kısımdan oluşmaktadır.

2. Bulgular ve Tartışma

Panel Poisson ve Negatif Binom Count veri analiz sonuçları Tablo 2 ve 3'de verilmiştir. Sabit ve rassal etkili model sonuçlarına bakıldığında, Poisson ve Negatif binom modellerinde istihdam oranı, şehirleşme oranı, il ve devlet yolundaki artış, ototoyl ve net göç hızı, kaza sayılarındaki değişkenliği pozitif yönde etkilerken, kırmızı ışık ihlali, alkol harcaması ve hız sınırını %30'dan fazla aşma ihlali ceza sayılarındaki artışın kazalar üzerinde literatürdeki çok az çalışmada da belirtildiği üzere negatif bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Diğer taraftan rassal etki modellerinde, Güneydoğu Anadolu bölgesine göre Marmara, Ege ve Akdeniz bölgelerimiz kaza sayılarındaki değişkenliği pozitif yönde belirlemektedir.

Tablo 2. Panel Poisson Count Veri Analizleri (Sabit-Rassal Etkili Modeller)

Değişkenler	Sabit Etkili		Rassal Etkili	
	Katsayılar	t-değeri	Katsayılar	t-değeri
Sabit	-	-	3,128***	3,08
İstihdam Oranı	,008***	7,83	,009***	15,87
Ulaştırma Harcaması	-	-	,022	,42
Alkol Harcaması	-	-	-,040	-,25
Şehirleşme Oranı	,045***	15,77	,041***	37,79
İl ve devlet yolu	,469D-04	,48	,000***	4,37
Otoyol	,003***	4,79	,003***	16,65
Kırmızı ışık ihlali	-,765D-05***	-5,52	-,730D-05***	-8,47
Hız sınırını aşma (%10-%30)	,171D-06	,38	,000	-,22
Hız sınırını aşma (%30 fazlası)	-,507D-06 ***	-1,01	-,987D-06***	-3,94
Net Göç Hızı	,001***	3,22	,001***	5,97
Eğitilmiş Kişi Başına Sağlık Çalışanı	-12,783*	1,81	12,053***	5,26
Marmara	-	-	,435	1,45
Ege	-	-	1,130***	3,37
Akdeniz	-	-	,659*	1,66
İç Anadolu	-	-	,151	,37

Karadeniz	-	-	,308	1,21
Doğu Anadolu	-	-	-,062	-,21
Alpha			,296	4,16
Log-olabilirlik değeri	-1463,063		-1777,808	

Not: *p<0,5/**p<0,05/***p<0,001

Tablo 3. Panel Negatif Count Veri Analizleri (Sabit-Rassal Etkili Modeller)

Değişkenler	Sabit Etkili		Rassal Etkili	
	Katsayılar	t-değeri	Katsayılar	t-değeri
Sabit	5,637**	2,20	2,057***	2,80
İstihdam Oranı	,006**	2,57	,009***	2,99
Ulaştırma Harcaması	-,167	-1,45	-,023	-,78
Alkol Harcaması	-,601	-1,36	-,023	-,21
Şehirleşme Oranı	,041***	11,20	,032***	7,51
İl ve devlet yolu	-,000	-,42	,001***	7,27
Otoyol	,004***	3,67	,004***	4,74
Kırmızı ışık ihlali	-,176D-05	-,38	-,858D-05*	-1,83
Hız sınırını aşma (%10-%30)	-,120D-05	-,67	,446D-06	,26
Hız sınırını aşma (%30 fazlası)	,843D-06	,68	,000	-,04
Net Göç Hızı	-,001	-,49	,001	,63
Eğitimli Kişi Başına Sağlık Çalışanı	-17,181*	-1,73	-12,393	-1,28
Marmara	5,471	1,01	,640***	2,68
Ege	4,124***	3,67	1,213***	4,73
Akdeniz	2,117***	2,67	,859***	2,84
İç Anadolu	1,939**	2,30	,467*	1,72
Karadeniz	2,276***	3,32	,462**	2,25
Doğu Anadolu	,700	1,11	-,090	-,40
A	-	-	5,757	3,78
B	-	-	25,133	3,49
Log-olabilirlik değeri	-852,706		-1555,478	

Not: *p<0,5/**p<0,05/***p<0,001

Poisson ve negatif binom modellerinde bağımsız değişkenin beklenen değeri doğrusal olmadığından bağımsız değişkenlerin birimsel etkileri farklı bir şekilde elde edilmektedir:

$$m_k = \frac{\partial \lambda_{it}}{\partial \beta_k} = \beta_k e^{\beta x_{it}}$$

Denklem 2.1

$$Var(m_k) = \left(\frac{\partial m_m}{\partial \beta_k} \right) \Sigma \left(\frac{\partial m_m}{\partial \beta_k} \right)'$$

Burada m_k bağımsız değişkenin marjinal etkisini göstermekte ve $\frac{\partial m_m}{\partial \beta_k}$ ilgili

marjinal etkinin parametreye göre skor değerini ve Σ modelden elde edilen parametrelere ait varyans-ortakvaryans matrisini vermektedir. Yukarıdaki denklem 2.1'e göre değişkenlerin kaza sayıları üzerindeki marjinal etkileri ve onların t-değerleri, Poisson ve Negatif Binom modelleri için sırasıyla Tablo 4 - 5'de verilmiştir.

Tablo 4. Panel Poisson Count Veri Modellerine Ait Marjinal Etkiler (Sabit Rassal Etkili Modeller)

Değişkenler	Sabit Etkili		Rassal Etkili	
	Katsayılar	t-değeri	Katsayılar	t-değeri
İstihdam Oranı	11,461***	4,61	11,583***	15,87
Ulaştırma Harcaması	-	-	30,355	,42
Alkol Harcaması	-	-	-54,583	-,25
Şehirleşme Oranı	61,266***	4,36	55,842***	37,79
İl ve devlet yolu	,064	0,47	,414***	4,37
Otoyol	3,374***	3,70	3,636***	16,65
Kırmızı ışık ihlali	-,011***	-4,73	-,010***	-8,47
Hız sınırını aşma (%10-%30)	,000	,38	-,000	-,22
Hız sınırını aşma (%30 fazlası)	-,001	-1,01	-,001***	-3,94
Net Göç Hızı	1,774***	2,70	1,605***	5,97
Eğitilmiş Kişi Başına Sağlık Çalışanı	17471,8*	1,81	16474,3***	5,26
Marmara	-	-	594,395	1,45
Ege	-	-	1543,86***	3,37
Akdeniz	-	-	901,219*	1,66
İç Anadolu	-	-	206,946	,37
Karadeniz	-	-	420,321	1,21
Doğu Anadolu	-	-	-84,766	-,21

Not: *p<0,5/**p<0,05/***p<0,001

Tablo 5 . Panel Negatif Count Veri Modellerine Ait Marjinal Etkiler
(Sabit-Rassal Etkili Modeller)

Değişkenler	Sabit Etkili		Rassal Etkili	
	Katsayılar	t-değeri	Katsayılar	t-değeri
Sabit	-	-	-	-
İstihdam Oranı	8,592**	2,57	12,681***	2,99
Ulaştırma Harcaması	-227,759	-1,45	-31,366	-,78
Alkol Harcaması	-820,790	-1,36	-31,325***	-,21
Şehirleşme Oranı	56,175***	11,20	43,085***	7,51
İl ve devlet yolu	-,185	-,42	1,135***	7,27
Otoyol	5,709***	3,67	5,688*	4,74
Kırmızı ışık ihlali	-,002	-,38	-,012	-1,83
Hız sınırını aşma (%10-%30)	-,002	-,67	,001	,26
Hız sınırını aşma (%30 fazlası)	,001	,68	-,888D-04	-,04
Net Göç Hızı	-,709	-,49	1,016	,63
Eğitilmiş Kişi Başına Sağlık Çalışanı	-23483,3*	-1,73	-16939,0	-1,28
Marmara	7477,72	1,01	874,346***	2,68
Ege	5637,17***	3,67	1658,36***	4,73
Akdeniz	2893,95***	2,67	1174,100***	2,84
İç Anadolu	2650,61**	2,30	638,088*	1,72
Karadeniz	3110,53***	3,32	632,035**	2,25
Doğu Anadolu	956,776	1,11	-123,311	-,40

*p<0,5/**p<0,05/**p<0,001

Tablo 4 - 5'e göre istihdam oranında %1'lik bir artış, sırasıyla sabit ve rassal Poisson modelindeki ortalama kaza sayısını 11,46 ve 11,53 sayı kadar artıracaktır. Buna karşın negatif binom modellerinde ise bu değerler 8,59 ve 12,68'dir. Dikkat edilecek olursa rassal etkili modeldeki etki, sabit etkili modelin etkisinden daha fazla olmaktadır. Ülkemizdeki istihdam oranındaki artış ve dolayısıyla aile fertlerinin istihdama katılması ile birlikte aile gelirinde artış meydana gelecektir. Aile gelirindeki artış araba sayısına etki edecek, dolayısı ile fazla araba sayısı diğer bütün faktörler sabit kalmak şartı ile kaza sayılarını etkileyecektir. Ulaştırma harcaması oranındaki artış beklenildiği gibi kaza sayılarını düşürmesine karşın, bu etki istatistikî açıdan önemli bulunmamıştır. Beklenen olgunun tersine alkol harcaması oranındaki artış kaza sayılarını düşürdüğü görülmekle birlikte, maalesef verilerimizde alkol harcama oranları yıllar itibari ile sabit tutulmuştur. Dolayısıyla, zamana karşı alkol harcama oranları değişmemekte ve yalnızca iller bazında değişkenlik göstermektedir. Şehirleşme oranı arttıkça kaza sayılarındaki değişkenlik pozitif olarak artmış ve bu değerler istatistikî açıdan önemli bulunmuştur. Kentleşme oranındaki %1'lik bir değişme Panel Poisson modelinde sabit ve rassal etkiler için sırasıyla kaza sayılarında 61,27 ve 55,84 artışa sebep olurken, bu değerler

Negatif Binom modellerinde sırasıyla, 56,175 ve 43,09 olmuştur. Şehirleşme ile birlikte artan mahalle arası yol (ara arter) ve trafik düzenlemesindeki gecikmeler kaza sayılarının artmasını da beraberinde getirmektedir. İyi bir ulaşım planlaması ve çevre düzenlemesi ile birlikte düzenli yol yapımının kısa vadede trafikte sıkıntılara sebep olması beklenirken, uzun vadede kaza sayılarını önemli derecede düşürebileceği söylenebilir.

Benzer şekilde il ve devlet yol sayılarındaki artışlar genel eğilime paralel olarak kaza sayılarını etkilemektedir. Örneğin otoyollarda 1 km'lik artışla, sabit ve rassal etkili Poisson modelinde kaza sayılarında 3,37 ve 3,36 artış görünmesine karşın, Negatif Binom modellerinde bu değerler sırasıyla 5,71 ve 5,68'dir. Literatürde çok zayıf olarak değinilen kırmızı ışık ihlali, ceza sayısındaki artış kaza sayılarının düşmesine neden olmuştur. Diğer taraftan net göç hızındaki artış beklenildiği gibi kaza sayılarındaki değişkenliğe pozitif yönde etkili ve istatistikî açıdan son derece önemli bulunmuştur. Net göç hızının artış oranındaki yüzde birlik bir değişme kaza sayılarında sırasıyla Poisson modellerinde 1,77 ve 1,61; rassal Negatif Binom modelinde ise 1,02'lik değişime neden olmuştur. Net göç hız oranı, şehirlerarası yoğun trafik akışı ve şehirlerde daha fazla hareketlilik demektir. Yoğun trafik akışı ve hareketlilik kuşkusuz beraberinde kazaları da kaçınılmaz kılmaktadır. Diğer taraftan eğitilmiş kişi başına sağlık çalışanındaki artış Poisson modelinde pozitif bir artışa sebep olurken, negatif binom modelinde ise tam aksine negatif bir etkiye sahip olmuştur. Kaza sayılarındaki değişkenlik, illerin bulunduğu yedi coğrafi bölge arasında farklılığa neden olmaktadır. Güneydoğu Anadolu bölgesi temel alındığında Marmara, Akdeniz ve Ege bölgelerimizde yoğun kaza sayıları belirlenmiş ve bu kaza sayılarının istatistikî açıdan son derece önemli olduğu görülmüştür. Özellikle Ege bölgesi Güneydoğu Anadolu bölgesi ile karşılaştırıldığında trafik kaza sayılarında açık bir fark görülmektedir. Bu fark, nüfus yoğunluğundan kaynaklı olabilir.

Ayrıca Poisson modelindeki kaza sayılarının tahmini değerleri, kaza sayılarının varyansa eşit olduğu varsayımını yansıtmaktadır. Hâlbuki gerçek dünyada varyans genelde ortalama değerden daha büyük olmaktadır. Bu heterojenliğe imkân tanımada negatif binom modeli ön plana çıkmaktadır. Rassal etkili panel negatif binom modelindeki iki parametrenin (a ve b) istatistikî açıdan önemli olduğu görülmüştür. Dolayısıyla ortalama değeri varyansa eşit kılan Poisson modelinin verilere uyumu söz konusu olmamaktadır. Diğer taraftan sabit etkili negatif binom modelinin rassal etkili negatif binom modelinden daha tutarlı olduğunu ileri süren sıfır ön savı, Hausman spesifikasyon testi yardımı ile yapılmıştır. Bu m testi ki-kare k (modeldeki parametre sayıları) serbestlik derecesi ile dağılmaktadır. Test, sonuçta rassal etkili panel negatif binom modelin daha tutarlı olduğunu göstermiştir ($\chi^2 = 25,66$ ve 18 serbestlik derecesi).

Sonuç ve Öneriler

Türkiye’de 81 ile ve üç yıla (2008–2010) ait kaza sayılarına etki eden faktörler panel, sabit ve rassal Poisson ve sabit ve rassal Negatif Binom modeller kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre birçok değişken beklenen öncül işaretle örtüşmektedir. Örneğin, artan istihdam miktarı, şehirleşme oranı, il-devlet yolu ve otoyol kilometresi ve net göç hızı değişkenleri kaza sayılarını pozitif yönde tetiklemesine karşın; eğitilmiş kişi başına sağlık çalışanı hem negatif yönde hem de pozitif yönde kaza sayılarındaki değişkenlikte rol oynamaktadır. Yapılan trafik denetimlerinin artırıldığı ve bunun sonucu olarak ülke genelinde kaza sayılarının azaldığının belirlenmesi çalışmanın önemli bulgularındandır.

Ülkemizde son 10 yılda gerçekleşen ekonomik büyümeye paralel olarak artan bölünmüş yol kilometresi ve buna bağlı olarak trafik kural ve işaretlerinde yapılacak uluslararası standartlara uyumlu iyileştirmeler kaza sayılarını azaltacaktır. Artan ekonomik refah altyapıya yansımıştır. Fakat bu altyapı iyileştirmelerinin kısa vadeli çözümler yerine günümüz insan psikolojisi, araç ve teknoloji şartlarına uygun olması ve ulaşımında kolaylığı sağlayacak uzun vadeli yol ağlarının ülkenin geneline yayılması şeklinde uygulanması halinde başarının yakalanacağı düşünülmektedir. Uluslararası gelişmiş toplumlara benzer trafik kural ve işaretlerinde yeniden iyileştirmelere ve uyumlara gidilmesi faydalı olabilir. Yazılı ve görsel medyada kazaların üretici boyutu sürekli gündemde tutularak, özellikle çocuklu ailelerde ebeveynleri trafik kurallarını ihlal ve aşırı hızlardan vazgeçirmede çocukların, farkındalığı artırması için aktif rol üstlenmeleri sağlanabilir. Ayrıca bölgeler arası otoyol sayılarındaki artış ve taşımada demiryolunun hızlı bir şekilde devreye sokulması ile trafik kazalarının minimuma indirilmesinde büyük başarılar sağlanması kaçınılmazdır. Ayrıca ülkedeki eğitilmiş birey sayısındaki artışın kaza sayılarını nispeten azaltacağı beklenmektedir.

Çalışma yapılırken trafik güvenliği açısından dünya literatüründe sıkça rastlanan emniyet kemeri/kask kullanma oranı, rastgele yapılan kandaki alkol içeriği testi gibi veriler maalesef ülkemizde il bazında bulunamamış bu verilerin ancak özel bir çaba ile belirli bir zaman diliminde belirli bir yol kesimi için yapıldığı bilgisine ulaşılmıştır. Ayrıca kazaların nerde nasıl meydana geldiği bilgisi için daha sağlıklı sonuçlar vereceği düşünülen yol kilometresi-şerit sayısı verisi de maalesef mevcut değildir. Bu vb. verilerin her il için elde edilememesi çalışmanın karşılaşılan zorluklarından. İlerde benzer alanlarda yapılacak çalışmalar için özellikle iller bazında karşılaştırma sağlayacak yüksek korelasyonlu değişkenlerin eklenmesi ile çalışmanın genişletilerek illerin ve bölgelerin karşılaştırılmasının daha da olanaklı hale getirileceği önerilmektedir.

Kaynakça

- Al Haji, G. (2005). *Towards a Road Safety Development Index (RSDI)*, MS., Department of Science and Technology Campus Norrköping, Linköping University.
- Aberg, L., (1998). Traffic rules and traffic safety. *Safety Science*, 29, 205-215.
- Beenstock, M., Gafni, D., ve Goldin, E. (2001). The effect of traffic policing on road safety in Israel. *Accident Analysis and Prevention*, 33, 73–80.
- Brijs, T., Van Den Bossche, F., Wets, G., & Karlis, D. (2004). A Bayesian model for ranking hazardous sites.
- Cameron, A. C., ve Trivedi, P. (2012). *Regression Analysis of Count Data*. New York: Cambridge University Press.
- Chin, H. C., ve Quddus, M. A. (2003). Applying the random effect negative binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 253–259.
- Darçın, M. (2006). “Türkiye’de Ulaşım Göstergelerinin İller Bazında Çok Değişkenli Analiz Teknikleri Yardımı İle Karşılaştırılması”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Delice, M. (2012). Hız, alkol ve genel trafik denetimlerinin trafik kazaları üzerindeki etkilerinin incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(2), 27-44.
- Gaygısız, E. (2010). Cultural values and governance quality as correlates of road traffic fatalities: A nation level analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 1894–1901.
- Hadayeghi, A., Shalaby, A. S., ve Persaud, B. N. (2003). Macro-Level accident prediction models for evaluating the safety of urban transportation systems. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1840(1), 87-95.
- Hakim, S., Shefer, D., Hakkert, A.S., ve Hocherman, I. (1991). A critical review of macro models for road accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 23(5), 379-400.
- Hausman, J., Hall, B. H., ve Griliches, Z. (1984). Econometric models for count data with application to the patents- r and d relationship. *Econometrica*, 52, 909-938.
- Hermans, Elke., Ruan, Da., Brijs, Tom., Wets, Geert., ve Vanhoof, Koen., (2010). Road safety risk evaluation by means of ordered weighted averaging operators and expert knowledge,. *Knowledge-Based Systems*, 23,48-52.

- Karacasu, Mustafa,. (1996). “Eskişehir Kent İçi Ulaşımında Trafik Türlerine Göre Dağılımın Belirlenmesi”, Y. Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- Karagöz, Murat. (2004). Trafik kazaları ile alkol tüketimi ilişkisi: Bir transfer fonksiyonu analizi,. İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası, Vol. 54, (1),209-226.
- Karlaftis, Matthew. G., ve Tarko, A. P. (1998). Heterogeneity considerations in accident modeling,. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (4):, 425-433.
- KGM (2012). *2011 Trafik Ve Ulaşım Bilgileri*. Ankara: KGM
- KGM(2013). “Kaza Sayıları”, <http://www.kgm.gov.tr>,(erişim tarihi: 15.03.2013).
- Kılıç, Ö. (2004). Trafik Yönetimi ve Denetiminde Eğitimin Rolü ve Önemi, www.devletarsivleri.gov.tr/Handlers/hhFile.ashx?Id=2897ff22-e340-43be-9b9ed7b86409ca5f (erişim Tarihi: 10.07.2013).
- Köse, Seyit., Eser, Uğur., ve Konur, Fatih,. (2012). Türkiye’de bölgesel gelişmişlik farkları: Bir veri zarflama analizi (düzey-2 bölgeleri). *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 77-97.
- Kumara, S. S. P., ve Chin, E. C. (2004). Study of fatal traffic accidents in Asia Pacific Countries. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1897, 43–47.
- Lord, D., Washington, S. P., ve Ivan, J. N. (2004). Poisson, poisson-gamma and zero-inflated regression models of motor vehicle crashes: Balancing statistical fit and theory. *Accident Analysis & Prevention*, 37(1), 35-46.
- Lyubenov, D. A., Marinov, M. M., Kostadinov, S. A., ve Gelkov, Z. R. (2013). “Road Safety Estimation in Bulgaria from 1990 to 2010”, <http://dspace.snu.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/454/19/Lyubenoj.pdf> (erişim tarihi 20.08.2013)
- Malyshkina, N. V., ve Mannering, F. L. (2012). Empirical assessment of the impact of highway design exceptions on the frequency and severity of vehicle accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 131–139.
- Quddus, M. A. (2008). Time series count data models: An empirical application to traffic accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 1732–1741.
- Rosenbloom, T., ve Eldror, E. (2013). Vehicle impoundment regulations as a means for reducing traffic-violations and road accidents in Israel. *Accident Analysis and Prevention*, 50, 423– 429.

- Son, D. H., Kweon, Y. J., ve Park, B. B. (2010). Development of crash prediction models with individual vehicular data. *Transportation Research*, 19, 1353–1363.
- Söylemezoğlu, T. (2006). “Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Trafik Kazalarının Analizi: Ankara Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Washington, S. P., Karlaftis, M. G., ve Mannering, F. L. (2003). *Statistical and Econometric Methods For Transportation Data Analysis*, Boca Raton, FL: CRC Press LLC.
- World Bank (2003). Traffic Fatalities and Economic Growth. Policy Research Working Paper Series, 3035.
- Yaacob, W. F. W., Lazim, M. A., ve Wah, Y. B. (2011). Applying fixed effects panel count model to examine road accident occurrence. *Journal of Applied Sciences* 11(7), 1185-1191.