

Farklı Kotlu Kollara Sahip Hemzemin Dönel Kavşaklardaki Kazaların Analizi: Atatürk Üniversitesi Kavşağı Örneği

Ahmet ATALAY^{1*}, Serdar KISAOĞLU²

ÖZET: Bu çalışmanın amacı, farklı kotlu kollara sahip hemzemin dönel kavşaklarda meydana gelen kazaların, kaza şiddetini etki eden faktörleri araştırmaktır. Atatürk Üniversitesi kavşağı örneğinde üç farklı veri seti oluşturularak, lojistik regresyon analizi yöntemi ile üç farklı istatistiksel modelleme yapılmıştır. İstatistiksel modellerde bağımlı değişken olarak kaza şiddeti ve kazaya karışan araç sayısı kullanılmıştır. Bağımsız değişken olarak yol yüzey durumu (kuru- ıslak), gün durumu (gündüz-gece), saat dilimi (9:00-14:59, 15:00-20:59, 21:00 2:59, 3:00-8:59) ve kazanın meydana geldiği gün (pazartesi, salı, çarşamba, perşembe, cuma, cumartesi, pazar) değişkeni kullanılmıştır. Çalışma sonunda yüzey durumunun kaza şiddetinin artmasında anlamlı bir etkisinin olmadığı, gün durumu ve saat dilimi değişkeninin, kazanın şiddeti üzerinde etkili olduğu ve Pazar günü olan kazaların şiddeti diğer günlerden fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kavşak kollarındaki mutlak eğimin çoklu kazalar üzerinde önemli etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Dönel kavşak, kaza analizi, lojistik regresyon, trafik kazası

Analysis of Accidents at Roundabouts with Different Level Legs: Example of Ataturk University Roundabout

ABSTRACT: The aim of this study is to investigate the factors that affect the severity of accidents occurring at level crossings with difference level between of legs. In the sample of Atatürk University Intersection, three different data sets were created and three different statistical models were made by logistic regression analysis method. In the statistical models, the severity of the accident and the number of vehicles involved in the accident were used as dependent variables. Road surface condition (dry-wet), day condition (day-night), time zone (9:00-14:59, 15:00-20:59, 21:00 2:59, 3:00-8:59) and day (Monday, Tuesday, Wednesday, Thursday, Friday, Saturday, Sunday) were used as independent variables. At the end of the study, it was determined that the surface condition had no effect on the severity of the accident. It was also found that the absolute slope in the intersection legs had a significant effect on multiple accidents.

Key Words: Roundabouts, accident analysis, logistic regression, road traffic accidents

¹ Ahmet ATALAY (Orcid ID: 0000-0002-8476-8900), Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

² Serdar KISAOĞLU (Orcid ID: 0000-0002-6456-3238), Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü, Erzurum, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ahmet ATALAY, e-mail: ahatalay@atauni.edu.tr

Bu çalışma Serdar KISAOĞLU'nun Doktora tez çalışmasının ön çalışmalarından üretilmiştir.

Geliş tarihi / Received: 25-12-2019

Kabul tarihi / Accepted: 15-02-2020

GİRİŞ

2018 yılında Türkiye’de 428 311 trafik kazası meydana gelmiştir. Bu kazalar sonucu ölü sayısı kaza anında ve kaza sonrasında olmak üzere 6 675 kişidir. 2018 yılında meydana gelen kazalar sonucu 307 071 kişi yaralanmıştır (Anonim, 2018). Trafik güvenliğinin sağlanmaması ve gerekli tedbirlerin alınmaması durumunda, 2020 yılına kadar dünyada trafik kazalarında ölen ve yaralanan kişi sayısının %65 artacağı, 2030 yılı itibarıyla ölüme nedenleri arasında, trafik kazalarında yaralanma sonrası meydana gelebilecek ölüm vakalarının beşinci sıraya geleceği öngörülmektedir. Halen dünyanın pek çok ülkesinde trafik kazaları her yıl yaralanma ve kalıcı bedensel işlev kaybı vakaları nedeniyle felaket düzeyinde sosyo-ekonomik kayba neden olmaktadır (Tercan, 2017). Kazalar yer ve zamana göre değişiklik göstermektedirler. Kazaların önlenmesi için kaza analizlerinin detaylı yapılması ve kazalara etki eden faktörlerin doğru tespit edilmesi gerekir. Ayrıca kazaların meydana gelmesinde etkili olan risk faktörlerinin, kazalara ne ölçüde etkisi olduğunun bilinmesi de çok önemlidir. Kazaya etki eden faktörlerin belirlenmesinden sonra, doğru çözüm önerileri uygulanarak kazaların sayısı ve şiddetinin azaltılması mümkün olabilecektir. Geçmişteki kaza verileri, trafik bilgileri, yolun geometrik özellikleri ve çevresel şartlardan yararlanılarak yol ağındaki riskli bölgeler farklı metodlarla bulunabilir (Tunç, 2003). Bu inceleme sonucunda bulunan riskli bölgelerde iyileştirme çalışmaları yapılır. Mevcut yollar için kazaların meydana geldiği yol kesimlerinde gerekli iyileştirmelerin yapılması için kaza analizleri yapılması kuşkusuz en önemli adımdır (Çodur ve ark., 2013). Ülkemizde bu çalışmaları ilgili kuruluşlar sorumlu oldukları yol ağında yapmaktadır ve bazı kuruluşlar bunları yayınlamaktadır. Yol ağının bakım ve onarımından sorumlu kuruluşlar, trafik güvenliği açısından riskli olduğu tespit edilen yol bölümleri için, projeler üreterek, bütçeleri ölçüsünde iyileştirme yapmaktadırlar. Ancak Ülkemizde toplumun kendi alışkanlıkları doğrultusunda yol yapılması beklentisi sonucu, trafik güvenliği arka plana atabilmektedir. Bazı durumlarda örneğin; yüksek maliyet, kamulaştırma, tarihi ve kültürel yapılar gibi nedenlerle yol yapıcılar riskli yol yapma mecburiyetinde kalabilmektedirler.

Al-Ghamdi (2002) yaptığı çalışmada kaza şiddeti üzerinde etkili faktörler lojistik regresyon analizi ile incelenmiştir. Kazada kullanılan değişkenler kaza şiddeti, çarpışma tipi, lokasyon (kavşak veya değil), gün durumu, sürücü yaşı, araç tipi, vatandaşlık (Sudi/Sudi değil) gibi değişkenlerin kaza şiddeti ile ilişkisi incelenmiştir. Abdel-Aty ve Keller (2005) yaptıkları çalışmada sinyalizasyon kavşaklarında meydana gelen kazaların şiddet seviyesine etki eden faktörleri incelemişlerdir. Çalışmada hiyerarşik ağaç tabanlı regresyon modeli kullanılmıştır. Çalışmada meydana gelen kazaları; maddi hasarlı kazalar, hafif-orta-ağır-yaralanmalı kazalar ve ölümlü kazalar olarak 5 kategoriye ayırmıştır. Bağımsız değişken olarak çarpma şekli, kavşak kollarının trafik miktarı, kavşağın geometrik özelliklerinin etkileri araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; günlük trafik hacminin, maddi hasarlı kazalar üzerinde diğer değişkenlere göre daha fazla etkili olduğu, sola dönüş şeridinin bulunmasının ise orta şiddetli yaralanmalı kazalar üzerinde daha fazla etkili olduğu belirlenmiştir. Tuncuk ve Kardeşin (2005) yaptıkları çalışmada sinyalizasyonsuz eşdüzey kavşak tasarım hatalarının, trafik kazaları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında Isparta ilinde seçilen kavşakların tasarım ve geometrileri incelenmiştir. Yan ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada kavşaklarda meydana gelen ön ve arka çarpışmaları incelemişlerdir. Araştırmada çoklu lojistik regresyon analizi ile yapılmıştır. Araştırmada sürücünün alkollü olması, yol yüzeyin kuru veya ıslak olması, aracın hızı kazalar üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Kim ve ark.(2007) yaptıkları çalışmada kırsal yollardaki kavşaklarda kaza olma olasılığı incelenmiştir. Çalışmada metod olarak hiyerarşik lojistik regresyon model kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak 5 kategorili çarpma şekli seçilmiştir. Bağımsız değişkenler ise 2 grup olarak eğim kurp açık-kapalı hava, yüzey, gün durumu, banket, sinyalizasyon ve kavşak kollarının

kesişim açısı seçilmiştir. Araştırma sonucunda her çarpma çeşidine göre bağımsız değişkenler ayrı ayrı değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Wong ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada sinyalizasyon kavşaklarında kazalara katkıda bulunan faktörler incelemişlerdir. Bu çalışmada yöntem olarak poisson regresyon ve negatif binom regresyon kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarında, incelenen kavşaklardaki YOGT (Yıllık Ortalama Günlük Trafik), kavşak yakınındaki tramvay durağının varlığı, ticari araç oranı, yaya akım sayısı, ortalama şerit genişliği, ortalama dönüş yarıçapı değişkenlerinin kazalar üzerinde etkili oldukları belirtilmiştir. Bektaş ve Hınıs (2008) yaptıkları çalışmada şehir içi trafik kazalarını incelemişlerdir. Çalışmada yöntem olarak lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak kaza şiddeti, bağımsız değişkenler ise yol yüzeyi, sürücü yaşı, kaza nedeni, kazanın olduğu mevsim, saat, gün, sürücü alkol kullanım durumu olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarında kazayı etkileyen parametreler ve etki miktarları belirlenmiştir. Saplıoğlu ve Karaşahin (2010) yaptıkları çalışmada şehiriçi sinyalizasyonsuz kavşaklardaki kazalarının oluşmasına neden olan yol ve çevre unsuru, özellikle kavşak geometrik özellikleri ile kazalar üzerindeki etkilerini ayrıntılı olarak incelenmişlerdir. Çalışma sonucunda şehiriçi sinyalizasyonsuz kavşaklarda kazalara etki eden parametreler sırasıyla: trafik hacmi, hız, görüş unsurları ile ilgili olan engelin yola mesafesi-yol kenarı park, geometrik unsurlardan boyuna eğim-kol açısı-kavşak kollarının kesişmeme durumu olduğu belirlenmiştir. Çalışmada gece kaza oranlarının gündüz kaza oranlarına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Kononen ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada motorlu araç kazalarında oluşan ciddi yaralanmalar incelenmiştir. Araştırmada lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan değişkenler çoklu tekli kazalar, çarpma şekli, sürücü yaşı, araçta bayan olup olmaması, kemer kullanımı ve araç cinsidir. Çalışma sonuçlarında, bu değişkenlerin kaza sonucu oluşan ciddi yaralanmalara etkisi olduğu belirlenmiştir. Chen ve ark. (2012) yaptıkları bir çalışmada kavşaklarda kazayı etkileyen risk faktörleri incelenmiştir. Çalışmada metod olarak lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Araştırmadaki değişkenler sürücü yaşı, cinsiyet, trafik kontrol tipi, hız bölgesi, çarpma tipi, günün saati ve emniyet kemeri kullanımınıdır. Araştırma sonunda 100km/saat hız bölgesinde ve kontrolsüz kavşaklarda olan kazaların daha şiddetli olduğu ortaya çıkarılmıştır. Çodur ve Tortum (2013) yaptıkları çalışmada 2005-2010 yılları arasında Erzurum-Pasinler Yoluna ait trafik kaza raporlarından elde edilen veriler kullanılarak kazalara neden olan faktörler ve bu faktörlerin birbiri ile ilişkileri incelemişlerdir. Çalışmada yöntem olarak genelleştirilmiş lineer regresyon tekniği kullanılmıştır. Çalışma sonucunda mevcut bölünmüş yollarda, kazaya karışan ağır araçların yüzdesi, yaz mevsiminde olan kazaların yüzdesi ve yıllık ortalama günlük trafik arttığında kaza sayılarının arttığı belirtilmiştir. Zhao ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada, şehir içi sinyalizasyon kavşak yaklaşımlarında olan kazaları çok değişkenli poisson log-normal model kullanılarak incelemişlerdir. Çalışmada üç seviyeli kaza şiddeti bağımlı değişken olarak, bağımsız değişkenler ise incelenen kavşakların yerleri, sola dönüş şeritleri, kol sayıları, kavşakların ana ve tali yollarındaki yaklaşım hızları, banket genişlikleri ve kolları arasındaki açılar olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarında dar şeritli yaklaşımlarda daha az kaza olduğu belirtilmiştir.

Tercan ve Beşdok (2018) bölünmüş yollardaki trafik kazalarına neden olan faktörler arasındaki ilişkiyi belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada yöntem olarak Temel Bileşenler Analizi (TBA) biplot yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar gün (gece), gün (gündüz), çok araçlı, tek araçlı, kaza tipi (yoldan çıkma), kavşak yok ve kavşak var parametrelerinin ölümlü ve yaralanmalı kazalarda en önemli parametreler olduğunu göstermektedir. Kabit ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada, Malezya'daki sinyalizasyon kavşaklarda meydana gelen kazalarda sürücü yaralanma şiddetine etki eden faktörler incelenmiştir. Bu çalışmada yöntem olarak lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Çalışmada kaza şiddeti, sürücü yaşı ve cinsiyeti, araç tipi, kaza tipi, olumsuz sürücü davranışları olarak; riskli sürüş, aşırı hız, kırmızı ışıkta geçme ve hava şartları gibi değişkenler kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarında, sürücü

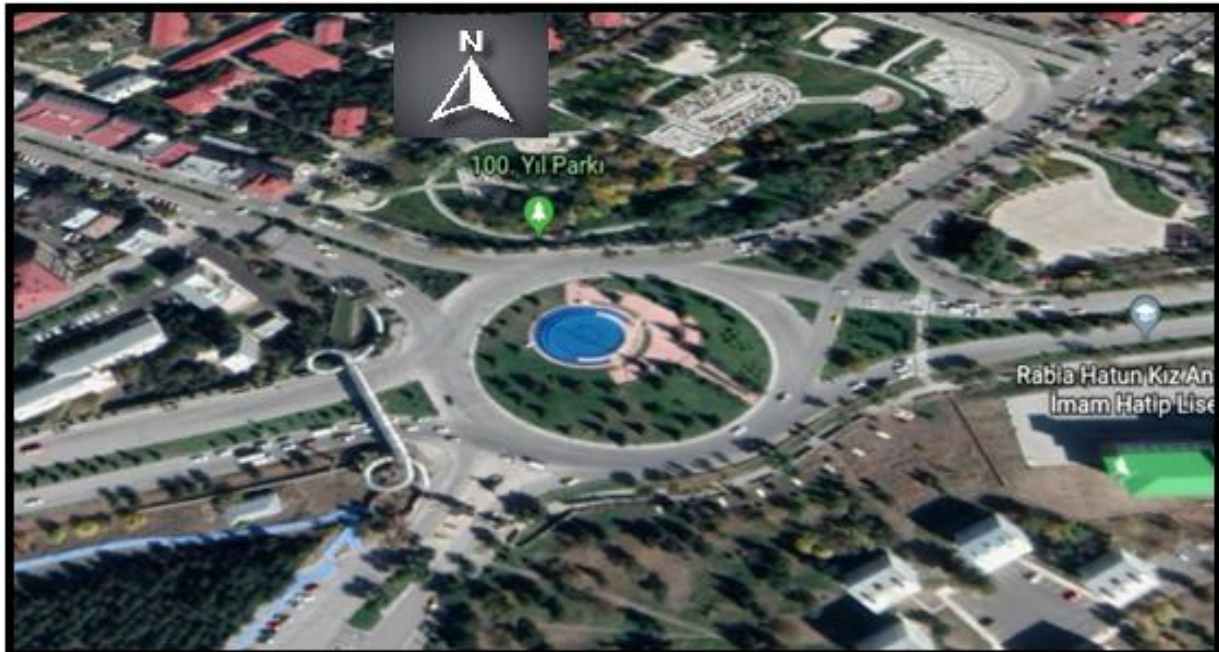
yaralanma şiddetine olumsuz sürücü davranışlarının en fazla etkili olduğu belirlenmiştir. Pathivada ve Perumal (2019) yaptıkları çalışmada ikilem sürücü davranışının sinyalize kavşaklardaki etkisi incelemiştir. Bu çalışma da yöntem olarak lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarında, sürücülerin kavşaklar da ikilem yaşadığında kaza olmasına etkili en anlamlı değişken otomobil olduğunu belirtilmiştir. Özen (2019) çalışmasında dört kollu kent içi sinyalize kavşakta kaza sıklığını etkileyen faktörleri incelemiştir. Çalışmada poisson ve negatif binom regresyon yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarında, kavşağa yaklaşan toplam şerit sayısı ile kaza frekansı arasında anlamlı ilişki olduğu belirtilmiştir. Literatürde kavşak yaklaşımlarında eğimin azaltılmamasının trafik güvenliğini artırdığı bilinmektedir (Tunç, 2003). Ancak Ülkemizde kavşak kollarındaki yaklaşım eğimleri ve kavşak bütünündeki kot farkları kazaları nasıl etkilediğine dair bir araştırmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı şehir içinde beklenenden çok fazla ölümlü yaralanmalı kaza olan yaklaşım kolları arasında kot farkı olan sinyalize dönel kavşak içerisindeki kaza şiddetine etki eden faktörleri tespit etmektir. Bu çalışma kapsamında yöntem olarak lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Kaza şiddeti ve kazaya karışan araç sayısı bağımlı değişken olarak alınmıştır. Bağımsız değişken olarak gün durumu, saat dilimi, yüzey durumu, kazanın olduğu gün ve kazanın olduğu kavşak kolunun mutlak eğimi alınmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında Erzurum'da kazaların yoğun yaşandığı bir kavşak olan Atatürk Üniversitesi kavşağı seçilmiştir. Bu kavşak etrafındaki kültürel alanlar ve kavşak kolları arasındaki kot farkı nedeniyle değişiklik veya iyileştirme yapılması oldukça zor bir yerdedir. Atatürk Üniversite kavşağına günde ortalama 50 000 araç giriş yapmaktadır.

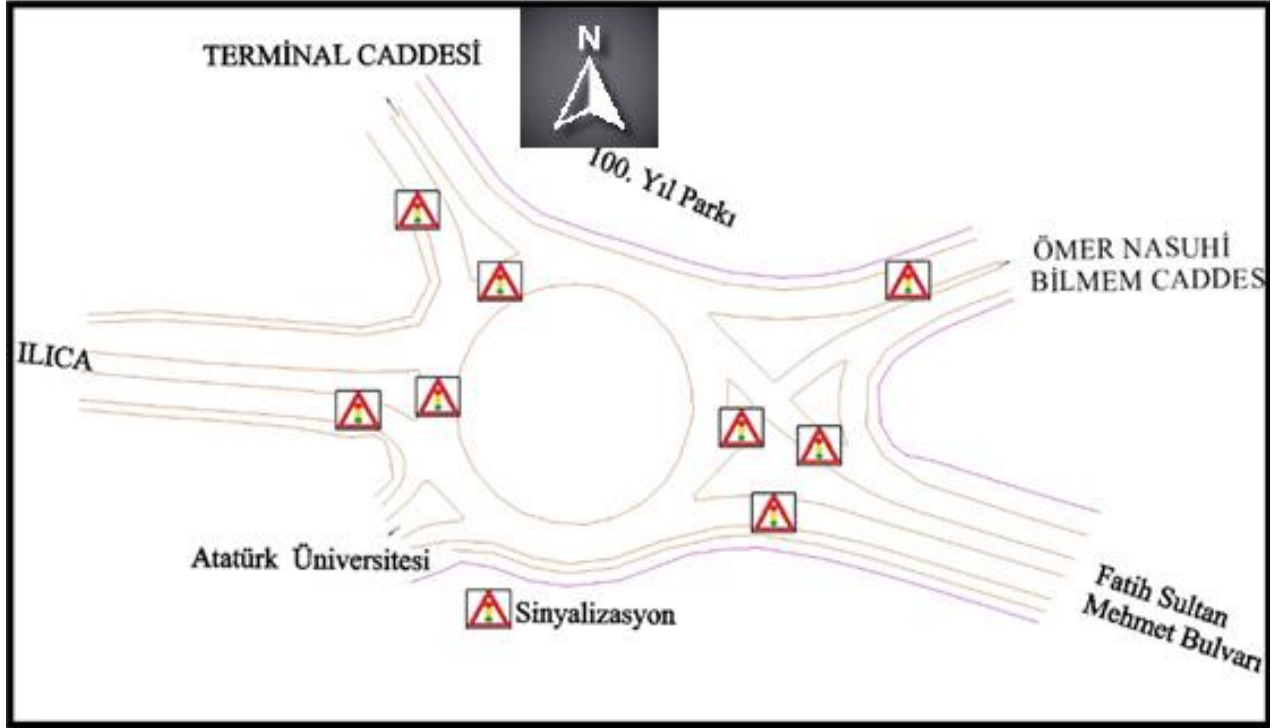
Kavşağın 5 adet kolu vardır. Kavşak içerisinde sinyalizasyon bulunmaktadır. Kavşağın uydu görüntüsü Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Atatürk Üniversitesi Kavşağının uydu görüntüsü

Atatürk Üniversitesi Kavşağı sinyalize dönel kavşaktır. Kavşağın ortasında yaklaşık 100 m çapında tam daire olmayan bir ada mevcuttur. Kavşağa giriş yapılan 4 kolda sinyalizasyon varken

Atatürk Üniversitesi giriş ve çıkışında sinyalizasyon yoktur. Kavşağın dönel kısmında 3 noktada sinyalizasyon mevcuttur. Bir adette yayalar için Fatih Sultan Mehmet Bulvarı çıkışında sinyalizasyon vardır. Toplam 8 noktada sinyalizasyon bulunmaktadır. Şekil 2’de gösterilmiştir.

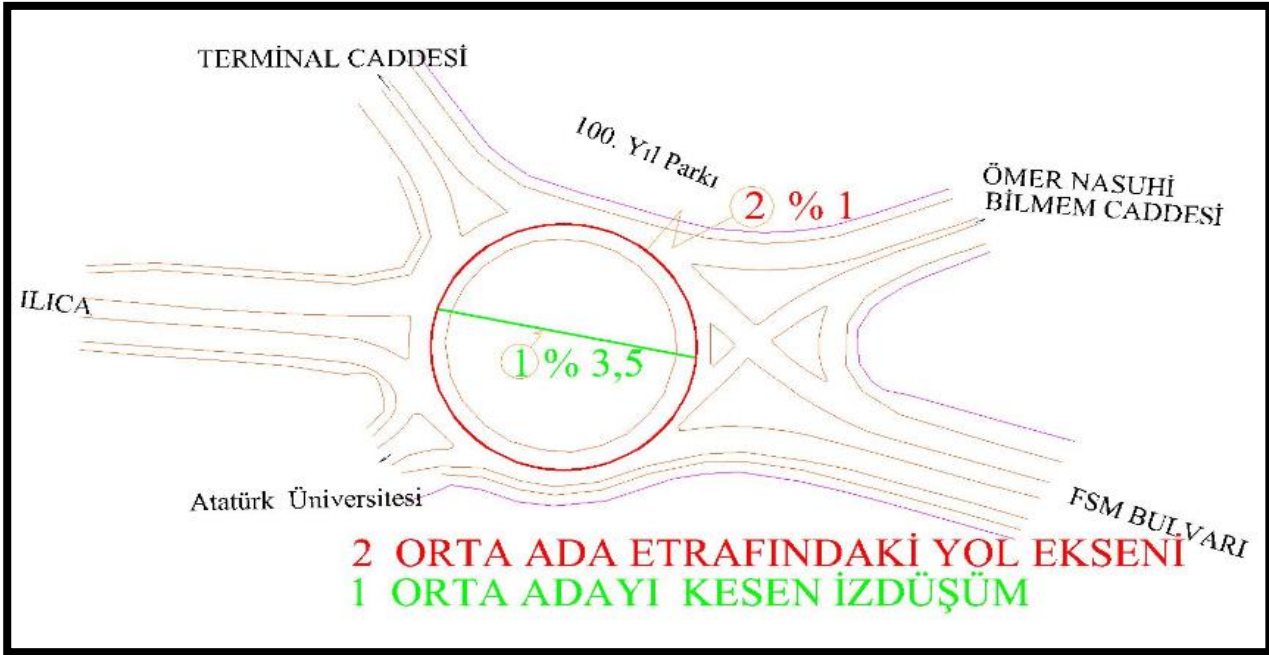


Şekil 2. Atatürk Üniversitesi Kavşağı sinyalizasyon ışıklarının konumları

Bu kavşağın dönel kısmındaki platformun uzunluğu 362 m’dir. Kavşağın bu kısımdaki yolun en yüksek kotu 1 903.345 m iken en düşük kotu ise 1 899.897 m’dir. Kavşağın dönel yolu Atatürk Üniversitesi girişinde yükselmeye başlayarak Fatih Sultan Mehmet Bulvarı kolu kısmında en yüksek noktaya ulaşıyor ve bu noktadan sonra alçalmaya başlayarak en düşük noktasında İlica çıkışında ulaşıyor. Kavşağın bir başka önemli özelliği ise kavşak kollarının boyuna eğimleridir. Kavşağın Fatih Sultan Mehmet Bulvarı %-5.00, Atatürk Üniversitesi Girişi %-1.45, Ömer Nasuhi Bilmem Caddesi %-2.67 ile kavşağa daha yüksek kottan alçalarak yaklaşıyor. Diğer kolları daha alçak kottan kavşağa yükselerek yaklaşıyorlar. Terminal Caddesi %+4.84, İlica yönü %+3.44 eğim ile düşük kottan kavşağa yükselerek yaklaşmaktadır. Yukarıda anlatılan eğimler nedeniyle yağışlı havalarda yüzey kayma direncinin azalması ve kot farkından dolayı bazı kesimlerde yetersiz görüş açısı olması bu kavşak için birer risk faktörüdür. Kavşağın kollarının birleştiği, çevre uzunluğu 362 m olan ada etrafındaki dönel yolda ortalama boyuna eğim % 1 civarındadır. Ancak kavşak adasını dik kesen bir hat çizildiğinde bu hat boyunca eğim %3.5’a kadar çıkmaktadır. Şekil 4’de gösterilmektedir. Bu durum kavşak içerisindeki araçlarla kavşağa katılan araçların birbirlerini fark etmesinde dezavantajlı bir durum oluşturmaktadır. Kavşak platformunun boyuna eğimi Şekil 3’de verilmiştir.

Z	NM			Z	NM		
		1890	1900			1890	1900
1902.231	0+185.000			1899.897	0+000.000		
1902.056	0+190.000			1900.036	0+004.774		
1901.882	0+195.000			1900.179	0+009.548		
1901.718	0+200.000			1900.329	0+014.321		
1901.581	0+205.000			1900.479	0+019.095		
1901.454	0+210.048			1900.644	0+023.869		
1901.344	0+214.822			1900.827	0+028.643		
1901.234	0+219.596			1901.025	0+033.417		
1901.119	0+224.370			1901.211	0+038.191		
1900.984	0+229.144			1901.415	0+042.964		
1900.819	0+233.917			1901.627	0+047.738		
1900.627	0+238.691			1901.797	0+052.512		
1900.415	0+243.465			1901.971	0+057.286		
1900.290	0+248.239			1902.173	0+062.060		
1900.224	0+253.013			1902.333	0+066.834		
1900.255	0+257.787			1902.414	0+070.000		
1900.283	0+262.560			1902.524	0+075.000		
1900.335	0+267.334			1902.623	0+080.000		
1900.126	0+272.108			1902.737	0+085.000		
1899.857	0+276.882			1902.877	0+090.000		
1899.719	0+280.000			1903.025	0+095.000		
1899.589	0+285.000			1903.124	0+100.000		
1899.424	0+290.000			1903.199	0+105.000		
1899.305	0+295.000			1903.258	0+109.798		
1899.287	0+300.000			1903.297	0+114.572		
1899.276	0+305.000			1903.321	0+119.346		
1899.313	0+310.000			1903.345	0+124.119		
1899.353	0+315.000			1903.234	0+128.893		
1899.389	0+319.846			1903.112	0+133.667		
1899.389	0+324.620			1903.070	0+138.441		
1899.408	0+329.394			1903.069	0+143.215		
1899.449	0+334.168			1902.923	0+147.989		
1899.508	0+338.942			1902.833	0+152.762		
1899.544	0+343.715			1902.764	0+157.536		
1899.578	0+348.489			1902.791	0+162.310		
1899.755	0+353.263			1902.731	0+167.084		
1899.897	0+358.037			1902.684	0+170.000		
1900.036	0+362.811			1902.579	0+175.000		
				1902.427	0+180.000		

Şekil 3. Atatürk Üniversitesi Kavşağı orta ada etrafındaki dönel yola ait boykesit



Şekil 4. Kavşağın merkez ada etrafı ve dik izdüşümünün boyuna eğiminin şematik gösterimi

Dönel kavşakların diğer eş düzey kavşaklara oranla, güvenlik seviyesini artıran dört neden vardır. Bu dört neden;

1-Dönel kavşaklarda daha az çatışma noktasının olması.

2- Dönel kavşakta hızın düşük olması.

3-Kavşağı kullanan araçların hızlarının birbirlerine yakın olması.

4-Yaya geçişlerine, kavşağın yapısı nedeniyle diğer kavşaklara oranla daha uygun olmasıdır (Anonim, 2010).

Atatürk Üniversitesi Kavşağında dört giriş sinyalizasyonla kontrol altına alınsa da, üç şeritli dönel alanda yeni çakışmalar oluşmakta kavşağa giren araçlar ile çıkmak isteyen araçlar sürekli kaza yapma eğilimindedirler. Bu kavşak, kavşağa giren aracın kavşakta olan araca yol verme prensibiyle çalışan bir dönel kavşak olması durumunda, uzun periyotta beklenen kaza frekansı aşağıda hesaplanmıştır(Anonim, 2010);

Toplam Kaza:

$$Kaza\ Frekansı = 0.0073xA^{0.7490} \quad (1)$$

Ölümlü Yaralanmalı Kaza:

$$Kaza\ Frekansı = 0.0029xA^{0.5923} \quad (2)$$

Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü'nün 2017 yılında bu kavşak için yaptığı bir ölçüm sonucu kavşağa günde giriş yapan araç sayısı ortalama olarak 50 000 araç olduğu belirlenmiştir (Anonim, 2017). Buna göre Eşitlik 1. kullanılarak,

$$Toplam\ Kaza\ Frekansı = 0,0073x50\ 000^{7490}$$

Toplam Kaza Frekansı=24.1 kaza/yıl olarak belirlenmiştir. Kavşakta ölümlü ve yaralanmalı kaza frekansı Eşitlik 2. kullanılarak

$$Ö.Y.Kaza\ Frekansı = 0.0029x50.000^{0.5923}$$

Ö.Y. Kaza Frekansı=1.8 kaza/yıl olarak belirlenmiştir.

2008-2017 yılları arasında bu kavşakta olan kazalara ait kaza frekansı 33.5 kaza/ yıldır. Ölümlü yaralanmalı kaza frekansı ise 10.4 kaza/ yıldır. Bu kavşakta olan toplam kaza Ülkemizdeki trafik kazalarının gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında beklenen kazanın 24.1 kaza/ yıl olması, gerçekleşen kaza frekansının 33.5 kaza/ yıl olması açıklanabilir. Ancak bu kavşakta olan ölümlü yaralanmalı kazalarda beklenenin 1.8 kaza/ yıl olması gerçekleşenin de 10.4 kaza/ yıl olması Ülkemizde bulunan genel kaza riski oluşturan faktörlerle izahı zordur. Bu kavşakta olan şiddetli kazaların, bu kavşağa özgü faktörlerin etkili olduğu aşikârdır.

Bu kavşakta fazla kaza olmasını tetikleyen etki kavşağın kendine özel geometrisidir. Kavşağın yukarıda anlatılan topoğrafik yapısı nedeniyle kazalar üzerinde oluşturduğu risk durumunun kaza şiddetine etkisi gün durumu ve yüzey durumu değişkenleri üzerinden bu çalışmada incelenmiştir. Burada eğimin araçlar üzerinde görüş nedeniyle bir olumsuzluğu ortadadır. Ancak yol yüzeyi ile lastikler arasında oluşacak yetersiz bir tutunma, ıslak ve kuru zemin kazaların da kendini gösterir. Bu nedenle bu çalışmada bağımsız değişken olarak yüzey durumu (kuru ve kuru olmayan (karlı, buzlu, ıslak) ve gün durumu (gündüz, gece) değişkenleri seçilmiştir. Bu analizde ayrıca kazanın olduğu gün değişkeninin de kaza şiddetine etkisi incelenmiştir.

Kaza Verileri

Çalışma kapsamında bu kavşak alanı içerisinde 2008-2017 yılları arasında olan 335 adet kaza bilgileri Erzurum Emniyet Müdürlüğü'nden alınmıştır. Bu kaza verilerine ilaveten 2018 yılında meydana gelmiş ölümlü yaralanmalı 9 adet kaza tutanağına da ulaşılmıştır. Bu çalışmada toplam 344 adet kaza verisi kullanılarak analiz yapılmıştır. Emniyet Müdürlüğü'nden alınan 2008-2017 kaza verilerinde sunulan değişkenler 2013 yılından sonra sadeleştirilmiştir. Özellikle bu çalışmada incelenmek istenen yüzey durumu 2013-2017 yıllarına ait verilerde bulunmamaktadır. Bu nedenle yüzey durumu 2008-2012 yılları arasındaki 229 veri ile incelenmiştir. Bu kavşakta olan ölümlü yaralanmalı kazaların, 54 adet kazanın tutanağına Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır. Bu 54 veriden 45 veri emniyetten alınan veriler içerisinde mevcuttur. 9 kaza ise 2018 yılında ölümlü yaralanmalı kazalara aittir. Bu kaza tutanakları da bu çalışmada ayrıca incelenmiştir. Özetle bu kavşakta meydana gelen kazalar üç ayrı veri seti kullanılarak incelenmiştir (Çizelge 1). Ayrıca çalışmada kullanılan değişkenler kategorik olarak düzenlenmiştir(Çizelge 2).

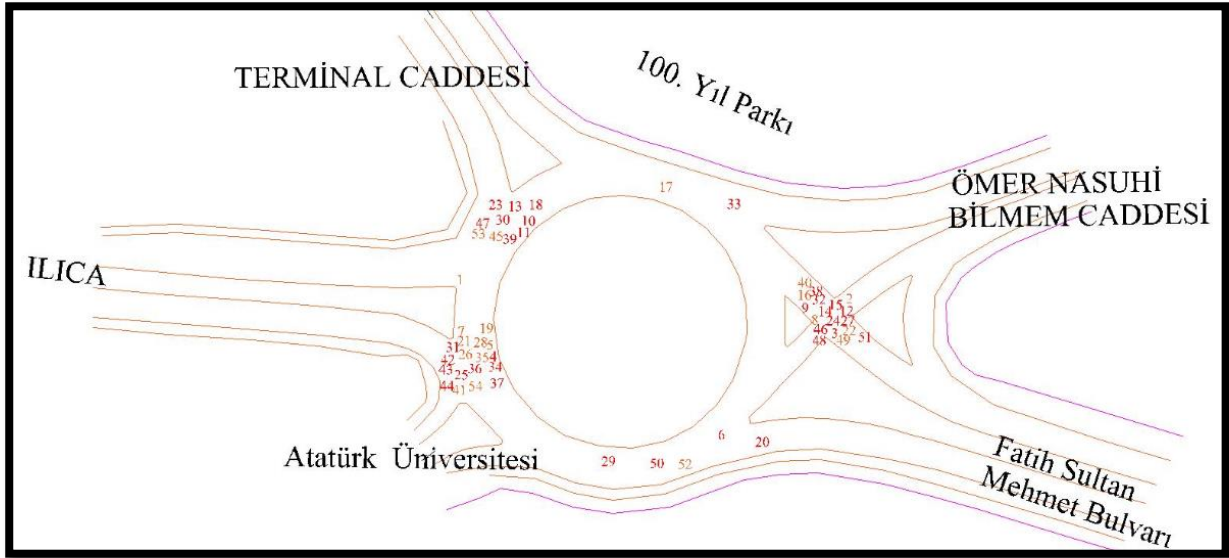
Çizelge 1. Kazada kullanılan değişkenler.

	1. Grup Kaza Verileri	2. Grup Kaza Verileri	3. Grup Kaza Verileri
Ait olduğu zaman aralığı	2008-2017	2008-2012	2012-2018
Veri Sayısı	335	229	54
Bağımlı değişkenler	Kaza Şiddeti	Kaza Şiddeti	Kazaya Karışan Araç Sayısı
	Gün Durumu	Gün Durumu	Gün Durumu
Bağımsız Değişkenler	Saat Dilimi	Yüzey Durumu	Yüzey Durumu
	Gün		Kavşak Kolu Eğimi

Çizelge 2. Çalışmadaki kategorik değişkenler

Gün Durumu	1-Gündüz 2- Gece
Yüzey Durumu	1-Kuru 2- Islak, Karlı, Buzlu
Araç Sayısı	1-Tekli 2- Çoklu
Gün	1 Pazartesi, 2-Salı, 3- Çarşamba, 4-Perşembe, 5- Cuma, 6- Cumartesi 7- Pazar
Saat Dilimi	1- 9:00-14:59 2-15:00-20:59 3-21:00 2:59 4-3:00-8:59
Kaza Şiddeti	1- Maddi hasarlı 2- Yaralanmalı Ölümlü
Kavşak Kolu	1- Ömer Nasuhi BİLMEM Bulvarı (2.67) 2- Terminal Caddesi(4.84), 3- Ilıca Yolu(3.44)
Eğimleri	4- Atatürk Üniversitesi Girişi (1.45) 5-Fatih Sultan Mehmet Bulvarı (5.00)

Birinci grupta 335 kaza incelenmiştir. 2018 yılındaki 9 ölümlü yaralanmalı kaza bu guruba dahil edilmemiştir. 2018 yılında olan maddi hasarlı kaza verileri elimizde bulunmadığı için, 9 adet 2018 yılına ait ölümlü yaralanmalı kaza bu guruba dahil edilmeyerek, 335 kaza ile analiz edilmiştir. İkinci Grupta yer alan 229 veride yol yüzey durumunun kaza şiddetine etkisi incelenmiştir. Kaza anındaki yol yüzey durumu 335-229=106 veride maalesef kayıtları tutulmamıştır. Üçüncü Grup kazaların Kavşak bölgesindeki oluş yerleri Şekil 5’de gösterilmiştir. Bu kazaların hepsi yaralanmalı ölümlü kazalardır. Bu kazalar, kazaya karışan araç sayısına bağlı olarak incelenmiştir.



Şekil 5. 2012-2018 Yılları arasındaki yaralanmalı-ölümlü kazaların meydana geldiği yerler

İstatistik Analizler

İkili (Binary) Lojistik Regresyon

Bu çalışmada Atatürk Üniversitesi Kavşağında olan kazaları etkileyen faktörlerin incelenmesi lojistik regresyon analizi kullanılarak yapılmıştır. Lojistik regresyon analizinde değişkenler ikili veya çoklu olabilir. Bağımlı değişkenler kategorik değişken olmalıdır. Bağımsız değişkenler kategorik, sürekli veya kesikli ölçülen değişken olabilir. Lojistik regresyon analizinde bağımlı değişkenin alabileceği değerlerden birini gerçekleşme olasılığı tahmin edilebilir. Lojistik regresyon modelinin temeli üstünlük oranına (Odds Oranı) dayanır. Bir olayın meydana gelme olasılığının, meydana gelmeme olasılığına oranlanması ile elde edilir. Çok değişkenli Lojistik regresyon modeli aşağıdaki gibidir;

$$P(Y) = \frac{e^z}{(1+e^z)} = \frac{1}{(1+e^{-z})} \quad (3)$$

Burada;

P(Y) : Olayın meydana gelme olasılığı

Z ise aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$Z = B_0 + B_1 * x_1 + B_2 * x_2 \dots + B_n * x_n \quad (4)$$

Burada;

B: Lojistik regresyon katsayısıdır.

X: Bağımsız değişkenler, (1,2,...n)

Çok değişkenli lojistik regresyon modelde;

$$Q(Y) = 1 - P(Y) \quad (5)$$

Q(y)= olayın olmama olasılığı

$$\ln\left(\frac{P(Y)}{Q(Y)}\right) = B_0 + B_1 * x_1 + B_2 * x_2 \dots + B_n * x_n \quad (6)$$

$$Odds Oranı = \frac{P(Y)}{Q(Y)} = e^{B_0+B_1*x_1+B_2*x_2+\dots+B_n*x_n} \quad (7)$$

Lojistik regresyon modeli SPSS (Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler İçin İstatistik Paketi)) paket programından faydalanarak % 95 güven aralığında model oluşturulmuş ve analizler yapılmıştır. Oluşturulan lojistik regresyon modellerin uyumu Omnibus testi, Nagelkerke R, Hosmer ve Lemeshow testi ile kontrol edilmiştir. Omnibus testi önem 0.05'den küçük olduğunda bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arasında bir ilişki var olduğunun göstergesidir. Nagelkerke R-kare testi bu test bağımsız değişkenin bağımlı değişkendeki toplam değişimini gösterir 0-1 arası değer alır. Bu değer ne kadar büyük olursa model o kadar uyumludur, anlamı çıkar. Hosmer ve Lemeshow testi bu test lojistik regresyonu bir bütün olarak uyumunu değerlendirir. Özellikle bağımsız değişkenlerin sürekli değişken olduğu durumda ya da küçük örneklerle çalışıldığı durumda geleneksel kıkare testinden çok daha güçlüdür. Bu teste önem 0.05 den büyük olduğunda model veri uyumunun yeterli düzeyde olduğunu gösterir (Karagöz, 2016).

BULGULAR VE TARTIŞMA

1. Grup Verilerin Analizi

335 adet veri setinde saat dilimi, gün durumu ile kazanın meydana geldiği gün değişkeninin kaza şiddetine olan etkisi incelenmiştir. Bulunan sonuçlarda Çizelge 3'de belirtilmiştir. Model uyumu için Omnibus testi önem 0.00 olup 0.05'den küçüktür. Nagelkerke R-kare değeri 0.174, Hosmer ve Lemeshow testinde önem 0.147 olup ve 0.05 den büyüktür, bulgulara göre model uyumludur. Lojistik regresyon analizinde kategorik bağımsız değişkenlerde referans kategori belirlenerek analiz buna göre yapılır. Referans kategori analizde Odds oranı ve lojistik regresyon katsayısı hesaplanmaz. Diğer kategoriler için değerler referans kategori dikkate alınarak hesaplanır. Bu çalışmada referans kategoriler; gün durumu için "gündüz", saat dilimi için 09:00-14:59 kadar olan kazalar, haftanın günü değişkeni için pazartesi günü olan kazalar belirlenmiştir. Bulunan sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir. Analiz sonucunda, anlamlı olan değişkenlerin anlamlılık değerleri koyu yazılarak dikkat çekilmiştir(Çizelge 3). Gün değişkeni pazartesi günü olan kazalar referans alındığında pazar günü olan kazaların şiddetinin artması yönündedir. Odds oranı 4.630'dur. Pazar günü olan kazalar pazartesi gününde olan kazalara göre 4.630 kat daha şiddeti fazladır. Aynı şekilde cumartesi ve perşembe günü olan kazaların şiddeti de pazartesi günü olan kazalardan daha yüksektir. Saat dilimi değişkeninde ise 21:00-2:59 arasında olan kazaların şiddeti 9:00-14:59 arası olan kazalara göre şiddeti 2.876 kat daha fazladır. 3:00-2:59 arası olan kazaların şiddeti 9:00-14:59 arası olan kazalara göre şiddeti 3.868 kat daha fazladır.

Çizelge 3. 2008-2017 Yılları arasında meydana gelen kazaların sonuçları

	B	S.E.(Standart Hata)	Wald	df*	Anlamlılık Değeri	Odds Oranı	% 95 Güven Sınırları	
							Alt Sınır	Üst Sınır
Saat Dilimi 1 (Ref)			20.085	3	0.000			
Saat Dilimi 2	0.012	0.357	0.001	1	0.973	1.012	0.503	2.038
Saat Dilimi 3	1.056	0.341	9.598	1	0.002	2.876	1.474	5.610
Saat Dilimi 4	1.353	0.422	10.264	1	0.001	3.868	1.691	8.847
Pazartesi (Ref)			19.456	6	0.003			
Salı	-0.400	0.599	0.448	1	0.503	0.670	0.207	2.166
Çarşamba	0.941	0.508	3.432	1	0.064	2.562	0.947	6.931
Perşembe	1.172	0.510	5.282	1	0.022	3.229	1.188	8.775
Cuma	0.674	0.512	1.735	1	0.188	1.962	0.720	5.352
Cumartesi	1.046	0.518	4.077	1	0.043	2.847	1.031	7.860
Pazar	1.532	0.495	9.579	1	0.002	4.630	1.754	12.218
Sabit	-0.796	0.137	33.613	1	0.000	0.451		

* df: Serbstlik Derecesi

2. Grup Verilerin Analizi

İkinci grup, 229 adet veriden oluşmaktadır. Bu veri gurubunda yüzey durumu ve gün durumu bağımsız değişkenlerinin kaza şiddetine olan etkisi incelenmiştir. Bulunan sonuçlarda Çizelge 4'de gösterilmiştir. Model uyumu için Omnibus testi anlamlılığı 0.00 olup, 0.05'den küçüktür. Nagelkerke R-kare değeri 0.087'dir. Hosmer ve Lemeshow testinde önem 0.734 olup ve 0.05'den büyüktür. Bu parametrelere göre model uyumludur. Bu sonuçlara göre Üniversite Kavşağında olan kazaların şiddetine yol yüzey durumunun anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır. Ancak hava karardığında olan kazalar, gündüz olan kazalara göre % 95 güven aralığının da 2.899 kat daha şiddetli olduğu analiz sonucu ortaya çıkmıştır. Bu sonuca benzer olarak Saphioğlu ve Kardeşin (2010) yaptıkları çalışmada şehiriçi sinyalizasyonsuz kavşaklarda gece kaza oranlarının gündüz kaza oranlarına göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 2008-2012 Yılları arasında meydana gelen kazaların analiz sonuçları

	B	S.E.(Standart Hata)	Wald	df	Anlamlılık Değeri	Odds Oranı	% 95 Güven Sınırları	
							Alt sınır	Üst sınır
Yüzey Durumu Ref (Kuru)	-0.093	0.286	0.106	1	0.745	0.911	0.520	1.596
Gün Durumu Ref (Gündüz)	1.064	0.276	14.902	1	0.000	2.899	1.689	4.976
Sabit	0.000	0.143	0.000	1	0.997	1.000		

* df: Serbstlik Derecesi

3. Grup Verilerin Analizi

Bu grupta bulunan 54 adet kaza verisi ölümlü ya da yaralanmalı kazalardır. Bu incelemede yüzey durumu, gün durumu ve kazanın olduğu bölgedeki kavşak koluna ait yüzde eğimin mutlak değeri ile kazaya karışan araç sayısına (tekli- çoklu kaza) etkisi incelenmiştir. Kurulan lojistik modelde Omnibus testi önem 0.046 olup ve 0.05'den küçüktür. Nagelkerke R-kare değeri 0.189'dir. Hosmer ve Lemeshow testinde önem 0.449 olup, değer 0.05'den büyük olduğu için model uyumludur.

Bu analizde Atatürk Üniversitesi kavşağında olan yaralanmalı ve ölümlü kazaların çoklu veya tekli olmasına yüzey durumunun, gün durumunun ve kavşak kollarının mutlak eğimin etkisi olup olmadığı incelenmiştir. Anlamlılık değerleri koyu yazılarak dikkat çekilmiştir (Çizelge 5). İnceleme sonucunda yüzey durumunun ve gün durumunun anlamlı bir etkisinin olmadığı, ancak mutlak eğimin % 95 güven aralığının da 1 birim artmasının 1.767 kat kazaların tekliden çokluya doğru yönelim eğiliminde olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. 2012-2018 Yılları arasında meydana gelen yaralanmalı-ölümlü kazaların analizi

	B	S.E.(Standart Hata)	Wald	df	Anlamlılık Değeri	Odds Oranı	% 95 Güven Sınırları	
							Alt sınır	Üst Sınır
Yüzey Durumu Ref (Kuru)	1.191	0.660	3.260	1	0.071	3.292	0.903	11.996
Gün Durumu Ref (Gündüz)	-0.620	0.689	0.809	1	0.369	0.538	0.139	2.077
Mutlak Eğim	0.569	0.255	4.977	1	0.026	1.767	1.072	2.914
Sabit	-1.930	1.103	3.061	1	0.080	0.145		

* df: Serbstlik Derecesi

SONUÇ

Yapılan bu çalışmada Atatürk Üniversitesi kavşağında olan kazalar kendi içerisinde incelenmiştir. Bu kavşakta olan kazaların şiddetine etkili olan en önemli etken gün durumu olduğu görülmektedir. Gece olan kazalar gündüz kazalarına göre daha şiddetli olmaktadır. Bu çalışmada toplam 344 kaza incelenmiştir. Bu kazaların 200'ü gündüz meydana gelmiştir ve bu kazaların 144'ü ise gece olmuştur. Ancak gece olan kazaların şiddeti daha yüksektir. Gece olan kazalarda saat 3:00-9:00 arası olan kazaların frekansı az olmasına rağmen şiddeti daha yüksek olmuştur. Bunun muhtemel nedeni kavşağın diğer olumsuz faktörlere ilaveten, bu saatler de sürücülerin uykusuz ve yorgun olmaları kaza şiddetini tetiklemiş olabilir. Bu eğimli kavşakta beklendiği gibi yüzey durumunun kaza şiddetine önemli bir etkisi bulunamamıştır. Erzurum da yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 122.5 gündür (Anonim, 2019). Yaklaşık toplam kazanın % 36.2'si ıslak zeminde meydana gelmiştir. Bu araştırmada kullanılan 229 kazanın 83'ü ıslak zeminde olmuştur. Bu 83 kazanın 40'ı ölümlü yaralanmalı, 43'ü ise maddi hasarlıdır. Görüldüğü üzere ıslak zeminin kaza şiddeti üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur. Bunun muhtemel nedeni yeni nesil araçlar da bulunan ABS gibi güvenlik sistemleri, kışın sürücülerin önemli bir bölümünün kışlık lastik kullanması gibi durumlar olabilir. Bu araştırmada bir kavşağın içinde olan kazalar değerlendirilmiştir. Eğer birçok kavşak değerlendirmeye tabi tutulsaydı yüzey durumu kaza frekansına etkisi anlamlı bulunabilirdi.

Hafta içerisinde kavşakta olan kaza dağılımı dengeli olmasına rağmen (pazartesi 48, salı 46, çarşamba 49, perşembe 48, cuma 50, cumartesi 43, pazar 51) pazar günü meydana gelen kazaların büyük bir oranı ölümlü yaralanmalı kazalardan oluşmaktadır. Perşembe ve cumartesi gününde diğer günlere göre daha fazla şiddetli kaza olmaktadır. Pazartesi ve salı ise maddi hasarlı kazalar daha çok olmaktadır. Pazar günü 51 kazadan 26'sı ölümlü yaralanmalı olmuştur. Pazartesi gününü ise 48 kazadan 8 ölümlü yaralanmalı kazadır. 10 yıllık dönemde pazar günü olan kazalarda önemli bir etki vardır. Kavşakta olan kazaları tetikleyen bir diğer önemli etken kavşak kollarının yüksek eğime sahip olmasıdır. Şiddetli kazaların dağılımı incelendiğinde, % 5 eğimli Fatih Sultan Mehmet Bulvarı girişi ile % 3.44 eğimli Ilıca yaklaşımı ve % 4.84 Terminal Caddesi girişinde olmaktadır. Toplam ölümlü yaralanmalı kazaların çok büyük bir bölümü bu bölgelerde olmaktadır. Bu ölümlü yaralanmalı kazaların önemli bir bölümü de çoklu kazalardır. Atatürk Üniversitesi Kavşağının girişlerde sinyalizasyon olması nedeniyle araç hızları genelde düşüktür. Ancak araç hızları kavşak içinde bir birlerine göre farklılık göstermektedir. Bu kavşakta olan kazalar sürücülerin kural ihlali nedeniyle olmaktadır. Kavşak içerisinde olan kazaların önemli bir bölümü küçük hasarlıdır. Ancak kavşak içerisinde birçok aracın karıştığı ciddi hasarların yaralanmaların olduğu kazalarda beklenenden çok fazladır. Bu kazaların azaltılması ve şiddetinin düşürülmesi için öneriler aşağıdadır.

Kavşağın Fatih Sultan Mehmet (FSM) Bulvarı girişi farklı seviyeli yapılabilir. Kavşak içerisinden Ömer Nasuhi Bilmen Bulvarına doğru giden araçlar mevcut zeminin altından transit geçiş verilerek FSM Bulvarından kavşağa girenlerle ayrılır. Böylece ölümlü yaralanmalı kazaların üçte bir oranında azaltılabilir. Kavşağın gece olan şiddetli kazalarının azaltılması için ışıklandırma gözden geçirilmelidir. Işıklıdırmanın özellikle Ilıca, Terminal Caddesi, FSM Bulvarı girişi, yerden veya

sürücülerin göz hizasından yapılması tavsiye edilir. Bu girişlerdeki kavşağa giren araçların sol taraflarındaki görüşü engelleyecek bitkileri ve nesnelere yeniden tanzim edilmesi önerilir. Atatürk Üniversitesi girişinin araç trafiğine kapatılması Ilıca girişinden giren araçlarla Üniversiteye dönmeye çalışan araçların çakışmasını engellenerek bu bölge de olan kazaların önüne geçilebilir. Bu işlem yapıldığı takdirde kavşağın dört kollu kavşağa dönüşeceği için diğer kol girişlerinde olan kazaların azalmasına pozitif etki yapacaktır. Ancak bu radikal karar, toplumun tepkisine neden olabilir. Kavşağa FSM-Ilıca veya Ömer Nasuhi Bilmen-Ilıca güzergâhlarından biri transit olarak yeraltından verilen bir farklı seviyeli kavşak yapılabilir. Ancak bu yapılması düşünülen kavşağın kolları arasındaki eğitim farkı nedeniyle yaklaşımları çok uzun olabilir. Bu durum hem ciddi bir maliyet oluşturur, hem de bu bölgenin mevcut görünümünü ve estetiğini olumsuz etkiler. Pazar günü olan şiddetli kazaların azaltılması için trafik denetimi yapılması önerilir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Aty M, Keller J, 2005. Exploring the overall and specific crash severity levels at signalized intersections *Accident Analysis and Prevention* 37: 417–425.
- Ali S, Al-Ghamdi, 2002. Using logistic regression to estimate the influence of accident factors on accident severity *Accident Analysis and Prevention* 34: 729–741.
- Anonim, 2010. NCHRP Report 672 Roundabouts: An Information Guide U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Page 5-23 U.S.
- Anonim, 2017. Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü, Trafik Başmühendisliği, Erzurum.
- Anonim, 2018. Emniyet Genel Müdürlüğü, Trafik Hizmetleri Başkanlığı, Trafik İstatistik Bülteni, Ankara.
- Anonim, 2019. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Resmi İnternet Sitesi, <https://www.mgm.gov.tr/tahmin/il-ve-ilceler.aspx?il=Erzurum> (Erişim Tarihi: 18.01.2020)
- Bektaş S ve Hınıs MA, 2008. Şehir içi Trafik Kazalarına Etki Eden Faktörlerin Lojistik Regresyon Modeli İle İncelenmesi: Aksaray Örneği *Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, C.23: S.3.
- Chen H, Cao L, Logan D, 2012. Analysis of Risk Factors Affecting the Severity of Intersection Crashes by Logistic Regression *Traffic Injury Prevention* 13:3: 300-307.
- Çalışkanelli SP, Özuysal M, 2019. Kentiçi Otobüs Sisteminin Güvenilirliğini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi *DEU FMD* 21(61): 259-269.
- Çodur, MY, Tortum A, 2013. Erzurum-Pasinler Yolu Trafik Kaza Tahmin Modeli. *Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg.*, Cilt:3, Sayı:2, 39-49.
- Çodur MY, Tortum A, Çodur M, 2013. Genelleştirilmiş Lineer Regresyon ile Erzurum Kuzey Çevre Yolu Kaza Tahmin Modeli. *İğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 3(1): 79-84.
- Kabit MR, Syn MLM, Zulkipli N, Gregory ZA, 2019. Modelling Driver Injury Severity at Signalized Intersections in Malaysia. *International Conference on Applied Science, Technology and Engineering J. Mech. Cont.& Math. Sci.*, Special Issue, No:4:288-299.
- Karagöz Y, 2016. PSS ve AMOS 23 Uygulamalı İstatistiksel Analizler 914 – 924 Ankara.
- Kima D. G, Lee Y, Washington S, Choi K, 2007. Modeling crash outcome probabilities at rural intersections: Application of hierarchical binomial logistic models. *Accident Analysis and Prevention* 39:125–134.
- Kononena DW, Flannagan CAC, Wang SC, 2010. Identification and validation of a logistic regression model for predicting serious injuries associated with motor vehicle crashes *Accident Analysis and Prevention* 43: 112–122.

- Özen M ,2019. Dört Kollu Sinyalize Kentsel Kavşaklarda Trafik Kazalarının Sıklığını Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi. Teknik Dergi 07 Ocak 2019
- Pathivada BK, Perumal V, 2019. Analyzing dilemma driver behavior at signalized intersection under mixed traffic conditions Transportation Research Part F 60: 111–120.
- Saplıoğlu,M., M.Karaşahin, 2010. Şehir içi kontrolsüz eşdüzey kavşak kazalarını etkileyen unsurların değerlendirilmesi. SDU International Technologic Sciences vol. 2, no 2, june 2010 pp. 26-49.
- Tercan E, 2017. Karayolu Güvenliğinde Esnek Hesaplama Tekniklerinin Kullanılması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi:113 Kayseri.
- Tercan E., Beşdok E, 2018. Trafik Kazalarına Etki Eden Faktörler Arasındaki İlişkilerin TBA Biplot Analiz Yöntemi İle Değerlendirilmesi, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. 8(1): 103-111.
- Tuncuk M., Karaşahin M., 2005. Şehir içi Eşdüzey Kavşak Geometrilerinin ve Kazalara Etkilerinin İncelenmesi, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya, 470-483.
- Tunç A, 2003. Trafik Mühendisliği ve Uygulamaları sayfa 502, 572 Ankara.
- Wong S.C, Sze NN, Li YC, 2007. Contributory factors to traffic crashes at signalized intersections in Hong Kong Accident Analysis and Prevention 39:1107–1113.
- Yan X, Radwan E, Abdel-Aty M, 2005. Characteristics of rear-end accidents at signalized intersections using multiple logistic regression model Accident Analysis and Prevention 37:983–995.
- Zhao M, Liu C, Li W, Sharma A, 2017. Multivariate Poisson-lognormal model for analysis of crashes on urban signalized intersections approach Journal of Transportation Safety & Security 10:3: 251-265.