

Yaya Kazalarının Yaralanma Şiddetinin İncelenmesi: İkili Lojistik Regresyon Modeli Uygulaması

Murat ÖZEN¹

ÖZ

Bu çalışmada ikili lojistik regresyon model kullanılarak yaya kazalarının yaralanma şiddetine etki eden faktörler belirlenmiştir. Bu amaçla Emniyet Genel Müdürlüğü veri tabanından elde edilen, Mersin’de 2015-2017 yılları arasında tek bir taşıt ve tek bir yayanın karıştığı kazalara ait kaza düzeyindeki detaylı veriler kullanılmıştır. Yayaların yaralanma şiddetini belirlemek için kaza sonrası 30 günlük sürecin sonundaki veri kullanılmıştır. Model sonuçları kazalara 55 yaş ve üstü yayaların karışmasının, erkek yayaların karışmasının, kazada yayaların kusurlu olmasının, kazada hız kusuru olmasının ve kaza noktasında yatay kurb bulunmasının yaya kazalarının yaralanma şiddetinin 0,05 anlamlılık düzeyinde arttırdığını göstermiştir. Yaya kazalarının devlet yollarında ve gece meydana gelmesi yaya kazalarının yaralanma şiddetini 0,10 anlamlılık düzeyinde artırmaktadır. Öte yandan, kazalara motosikletlerin karışması yaralanma şiddetini 0,05 anlamlılık düzeyinde azalmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yaya, kaza, şiddet, güvenlik, lojistik regresyon.

ABSTRACT

Injury Severity Level Examination of Pedestrian Crashes: An Application of Binary Logistic Regression

This study used a binary logistic regression model to identify factors affecting the severity level pedestrian crashes. For this purpose, a crash level disaggregate data were provided by the General Directorate of Security for the crashes involving a single vehicle and a single pedestrian in Mersin from 2015 to 2017. 30-day post-crash data were used to describe injury severity level of pedestrians. The model results showed that older pedestrians (55 years old and older), male pedestrians, pedestrians at-fault crashes, speeding and horizontal curves increases the severity level of pedestrian crashed at 0.05 significance level. State highway and night crash are associated with increased probability of severe injuries at 0.10 significance level. On the other hand, motorcycles decreases the severity level of pedestrian accidents at 0.05 significance level.

Keywords: Pedestrian, crash, severity, safety, logistic regression.

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu’na 6 Ocak 2020 günü ulaşmıştır. 26 Haziran 2020 günü yayımlanmak üzere kabul edilmiştir.
- 31 Temmuz 2021 gününe kadar tartışmaya açıktır.

• <https://doi.org/10.18400/tekderg.670811>

1 Mersin Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mersin - ozen.murat@mersin.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-1745-7483>

1. GİRİŞ

En temel ulaşım türü olan yürümenin insan sağlığına birçok faydası bulunmaktadır [1,2]. Yürümek özellikle obeziteye ve kronik hastalıklara yakalanma riskini azaltmaktadır [3]. Yürümenin ayrıca kentlerdeki trafik sıkışıklığı kaynaklı problemlerin azaltılmasında olumlu etkileri vardır [4-5]. Bu nedenle yürüme aktivitesi sıklıkla tavsiye edilmektedir [6]. Fakat kentlerde yürümenin yaygınlaştırılması için mutlaka güvenli yürüme alanlarının oluşturulması gerekmektedir. Günümüzde ulaşım sistemi tasarımlarının yaya güvenliğini yeterince dikkate almaması nedeniyle, nüfusta ve motorlu taşıt trafiğinde yaşanan artışa paralel olarak, yayalar giderek daha çok trafik kazası tehdidi altında kalmaktadır [7]. Yayaların yavaş hareket ediyor olmaları ve çarpışmalara karşı korunmasız olmaları yaşanan kazaların sonuçlarını ciddiştirmektedir [5,8]. Bu konuda Elvik [9] yayaların trafik kazalarında yaralanma riskinin sürücülerin dört katı olduğunu, Pucher ve Dijkstra [10] yayaların taşıt-kilometredeki ölüm riskinin motorlu taşıtlardakilerin 23 katı olduğunu söylemiştir. Buna bağlı olarak, Sullman vd. [11] yaya kazalarının günümüzde yaşanan yaralanma, sakatlık ve ölümlerin önemli sebeplerinden bir tanesi olduğunu vurgulamıştır.

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre, trafik kazalarındaki ölümlerin %23'ünü yayalar oluşturmaktadır [12]. İstatistikler incelendiğinde yaya güvenliğinin sadece az gelişmiş ülkelerin sorunu olmadığı görülmektedir. Avrupa Birliği-28 ülkelerinde dahi yaya ölümlerinin payı %21'dir [13]. Yaşanan ölüm ve yaralanmaların yanı sıra, ekonomik kayıplar dikkate alındığında yaya kazalarının toplum üzerindeki olumsuz etkisi göz ardı edilemeyecek boyutlara ulaşmaktadır [14]. Bu nedenle yaya kazalarının sonuçlarını azaltılabilmesi için ortak hareket edilerek etkili karayolu güvenlik stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir [15]. Geliştirilecek stratejilerin etkili olabilmesi yaşanan kazalara etki eden faktörlerin doğru bir şekilde belirlenmesine bağlıdır [16]. Bu noktada trafik güvenliği çalışmalarının incelenen bölgeye özgü olduğu, sonuçlarının bir bölgeden diğerine her zaman kolaylıkla adapte edilemeyeceği ve her bölgede yapılacak çalışmaların sonunda ilgili politikaların geliştirilmesi gerektiği görüşü unutulmamalıdır [17].

Türkiye'de 2018 yılında trafik kazalarında 1.484 yaya ölmüştür [18]. Türkiye, trafik güvenliğinde 2015 yılından itibaren kaza sonrası 30 günlük gözlem süresini uygulamaya başlamıştır. Bu tarihten itibaren kaza noktasında ve kazayı takip eden 30 günlük süre içerisinde trafik kazasına bağlı meydana gelen ölümler trafik güvenliği istatistiklerinde gösterilmeye başlanmıştır. Bu nedenle, en korunmasız yol kullanıcısı olan yayalar ile ilgili karşılaştırmalar 2015 yılına göre yapılmalıdır. İstatistikler 2015 yılı sonrasında Türkiye'de yaya ölümlerinin %20 azaldığını göstermektedir [18]. Türkiye Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı trafikteki yaya güvenliği konusunda toplumsal bir farkındalık yaratılarak, yaya kazalarını daha da azaltmak için 2019 yılını "Öncelik Hayatın, Öncelik Yayanın" sloganıyla "Yaya Önceliği Yılı" ilan etmiştir. Yaya güvenliği konusunda yaşanan bu olumlu gelişmeye rağmen, trafik kazalarındaki ölümlerin %22'sini halen yayalar oluşturmaktadır.

Türkiye'de yaya güvenliği konusunda yapılmış çalışmalar sınırlıdır. Yaya kazalarının tanımlayıcı istatistikleri [19], yaya kazalarının zamansal ve mekânsal analizi [20-22], yaya kazalarını önleyici denetim politikaları [23], otobüs durakları çevresindeki yaya güvenliği [24] ve il düzeyinde yaya kazasına karışma oranları [25] mevcut çalışmaların odak noktalarını oluşturmuştur. Yaya güvenliğinin analizinde kullanılan yaklaşımlardan bir tanesi yaya kazalarının yaralanma şiddetine etki eden faktörlerin tespit edilmesidir. Böylece trafik güvenliği çalışmalarında, yaya kazalarındaki ölümlerin azaltılmasında kullanılacak uygun

stratejiler belirlenebilmektedir. Bu amaçla, bu çalışmada Mersin’de 2015-2017 yılları arasındaki yaya kazalarının yaralanma şiddeti ile yüksek korelasyon gösteren değişkenlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın modelleme aşamasında ikili lojistik regresyon modeli kullanılmıştır. Türkiye’deki yaya kazalarının şiddetinin ilk defa inceleniyor olması nedeniyle, çalışmanın yol güvenliği literatürüne katkıda bulunması beklenmektedir.

2. GEÇMİŞ ÇALIŞMALAR

Yaya güvenliği giderek daha çok araştırmacının dikkatini çekmektedir. Yakın geçmişteki çalışmalarda yaya ve sürücü özellikleri, kazaya sebep olan kusurlar, taşıt tipleri ve hızları, trafik özellikleri, karayolu geometrisi, zamansal/mekânsal özellikler ve hava koşulları gibi parametreler ile yaya kazalarının sıklığı ve şiddeti arasındaki ilişkiler incelenmiştir [26-36]. Bu çalışmaların araştırmacılara ve kurumlara, etkili önlemlerin alınmasında ve yaya kazalarının şiddetinin azaltılabilmesi için uygun güvenlik yönetmeliklerinin geliştirilmesinde yardımcı olması beklenmektedir [37]. Bu bölüm modelleme aşamasına temel oluşturması açısından yaya kazalarının şiddeti üzerine yapılmış çalışmalar ile sınırlandırılmıştır.

Yaya kazalarının yaralanma şiddeti kazaya karışan yayaların yaralanma seviyesiyle ifade edilmektedir. Yaralanma seviyesini tanımlamak için kesikli değişkenler kullanılmaktadır. Örnek olarak, Amerika Birleşik Devletleri’nde bu tanımlama için kullanılan KABCO ölçeğine göre, kazaya karışanların (yaya, sürücü veya yolcu) yaralanma şiddeti ölüm (K-fatal injury), kapasite kısıtlayan veya ağır yaralanma (A-incapacitating injury), kapasite kısıtlamayan yaralanma (B-non-incapacitating injury), muhtemel yaralanma (C-possible injury) ve yaralanmamış (O-uninjured) şeklinde beş seviyeye ayrılmaktadır [38].

Yayaların cinsiyet ve yaşı ile yaya kazaları arasında ilişki farklı çalışmalara konu olmuştur. Bu çalışmaların sonuçları incelendiğinde ortak bir kanaate varılamadığı görülmektedir. Çoğunlukla erkeklerin yol kenarında veya karşıdan karşıya geçerken sergiledikleri riskli davranışlar sonucu ciddi yaralanmalı ve ölümlü yaya kazalarına karışma olasılığının daha yüksek olduğu belirtilmiştir [32,39-42]. Öte yandan, bazı çalışmalarda kadınların, vücut dirençlerinin zayıf olması nedeniyle, daha yüksek olasılıkla ciddi yaralanmalı ve ölümlü yaya kazalarına karıştığı sonucuna ulaşılmıştır [15,43]. Moundon vd. [5] ise kadınların ve erkeklerin karıştıkları kazaların yaralanma şiddetleri arasında bir anlamlı bir fark bulamamıştır.

Eluru vd. [32] yaşın, yaya kazalarının yaralanma şiddetini belirleyen en önemli parametre olduğunu söylemiştir. Gelişmiş ülkelerdeki çalışmalar yayaların yaşları arttıkça yaralanma şiddetinin arttığını göstermiştir [44-45]. Yine birçok çalışmada yaşlı yayaların karıştığı kazalardaki ölüm riskinin diğer yaş gruplarına göre daha yüksek olduğu bulunmuştur [46-58]. Yaşlıların karıştığı kazaların şiddetinin yüksek olması, yaşlıların algısal yeteneklerinde oluşan zayıflamalar sonucu risk olarak tehlikeli durumlarda karşıdan karşıya geçmeye çalışmalarıyla ve vücutlarının çarpışmalara karşı daha kırılğan olmasıyla açıklanmaktadır [43,59-62]. Bu sonuçların aksine, Holland ve Hill [40] ve Harell [63] yaşlıların trafikte daha dikkatli olduğunu ve riskli davranışlardan kaçındığını belirtmiştir. Burada incelenen çalışmaların çoğunluğunda yaşlı yayalar için yaş sınırı 65 kabul edilmiştir [41,44,49,55]. Sınırlı sayıdaki çalışmada ise 60 yaş [32,50] ve 70 yaş [48] sınırları kullanılmıştır. Literatürde çocukların karıştığı kazaların şiddeti ile ilgili de farklı sonuçlar elde edilmiştir. Wazana vd. [64] çocukların en yüksek yaya kazası şiddetine maruz kalan grup olduğunu ve bu kazaların

çevresel faktörler ile sürücü özelliklerinden önemli derecede etkilendiğini bulmuştur. Yasmin vd. [65] ise yaya kazasına karışan bireylerin 18 yaş ve altında olmasının yaralanma şiddetini azalttığı sonucuna ulaşmıştır.

Kim vd. [44], Salon ve McIntrye [48] ve Haleem vd. [66] yayaların kusurunun bulunmasının yaya kazalarının şiddetini arttırdığını söylemiştir. Sarkar vd. [67] karşıdan karşıya geçerken kazaya karışan yayaların, yol üzerinde yürürken kazaya karışan yayalara göre daha şiddetli yaralandığını belirtmiştir. Clifton vd. [41] trafik ışıklarına uymayan ve yaya geçitlerini kullanmayan yayaların, Jang vd. [54] cep telefonu ile konuşurken kazaya karışan yayaların şiddetli yaralanma olasılıklarının yüksek olduğunu bulmuştur. Geçmiş çalışmalar sürücüler kadar yayaların da alkollü olmasının yaya kazalarının gerçekleşme riskini ve şiddetini önemli derecede arttırdığı göstermiştir [48-49,54,68-71]. Öström ve Eriksson [68] alkollü yayaların kazalarda daha çok kafa darbesi aldıklarını ve daha şiddetli yaralanmalara maruz kaldıklarını vurgulamıştır. Alkollü yayaların kazalara daha çok karışmasına neden olarak yaşanan farkındalık kayıpları sonucu, yol üzerinde veya kenarında riskli davranışlarda bulunmaları gösterilmiştir. Ayrıca alkollü yayaların hareket kabiliyetlerinde azalma olduğu, taşıtların hızlarını ve mesafelerini doğru algılayamadıkları belirtilmiştir [72-73].

Yaya kazalarına karışan taşıtların tiplerinin, tasarımlarının, ağırlıklarının [30,49,74-75] ve çarpışma anındaki hızlarının [76-78] kaza şiddetine etkisi birçok çalışmada araştırılmıştır. Bu çalışmalarda SUV araçların [30], kamyonetlerin [31], panelvan araçların [74], kamyonların [44] karıştığı kazalardaki yayaların yaralanma şiddetinin otomobillerin karıştığı kazalara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Buna neden olarak, bu tip araçların yayaya çarpan ön aksamalarının diz seviyesinden daha yüksek ve daha sert olmasını gösterilmektedir. Starnes ve Longthorne [79] büyük araçların olumsuz etkisinin en çok 8 yaş altı çocukların karıştığı kazalarda görüldüğünü söylemiştir. Salon ve McIntrye [48] tarafından yapılan çalışmada büyük araçların yaya kazalarının şiddetini arttırdığı sonucu tekrarlanmıştır. İlginç olarak motosikletlerin karıştığı kazalardaki yaralanmalarının şiddetinin otomobillerin karıştığı kazalara göre yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yaya güvenliği araştırmaları daha yüksek çarpışma hızının yaya kazalarının şiddetini arttırdığı net bir şekilde ortaya koymuştur [80-83]. Oh vd. [84] çarpışma hızının yayalarının yaralanma şiddetini etkileyen en önemli faktör olduğunu bulmuştur. Anderson [85] hız limitlerinin azalmasının yaya kazalarını azalttığını söylemiştir. Kim vd. [44] ve Pour-Rouholamin ve Zhou [86] sürücülerin yaşı arttıkça karıştıkları yaya kazalarının şiddetinin azaldığını belirtmiştir. Bu durum sürücülerin yaşları arttıkça olgunlaşmalarıyla ve trafik kurallarına daha çok uyararak araç kullanmalarıyla açıklanmaktadır [87].

Yol geometrik tasarımı, trafik hacmi, arazi kullanımı, aydınlatma koşulları gibi faktörler ile yaya kazaları arasında ilişki farklı çalışmalarda incelenmiştir [41,88-90]. Kim vd. [44] trafiğin en yoğun olduğu akşam zirve saatlerindeki kazalarının şiddetinin düşük olduğunu söylemiştir. Ivan vd. [91] yolların fonksiyonel sınıflandırmasının ve şerit sayısının yaya kazalarının şiddetini etkilediğini bulmuştur. Zajac ve Ivan [49], Ukkusiri [92] taşıt yolu genişliği ile yaya kazalarının şiddeti arasındaki pozitif ilişkiyi ortaya koymuştur. Lee ve Abdel-Aty [43] yol geometrisinin, trafik özelliklerinin ve çevresel koşulların kavşaklardaki yaya kazalarının şiddetinde etkili olduğunu bulmuştur. Eluru vd. [32] en hafif yaya yaralanmalarının sinyalize kavşaklardaki kazalarda gerçekleştiğini söylemiştir. Moudon vd. [5] sinyalize olmayan kavşakların yaya kazalarının şiddetini arttırdığı sonucuna ulaşmıştır. Zahabi vd. [90] ise kavşakların taşıtların yavaşlamalarına neden olması nedeniyle, sinyalize

olup olmamasından bağımsız bir şekilde, yaya kazalarının şiddetini azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Abdel-Aty ve Keller [93] kavşaklardaki yaya kazalarında en ağır yaralanmalara sola dönüş yapan araçlar tarafından çarpılan yayaların maruz kaldığını belirtmiştir. Haleem vd. [66] sinyalize ve sinyalize olmayan kavşaklardaki yaya kazalarının şiddetini karşılaştırdıkları çalışmada, kavşaktaki trafik hacminin sadece sinyalize kavşaklardaki kazaların şiddetini artıran bir parametre olduğunu bulmuştur. Pour-Rouholamin ve Zhou [86] trafik kontrol ışık ve levhalarının yaya kazalarının şiddetini azalttığını söylemiştir. Bu sonuca paralel olarak, Rothman vd. [4], Sarkar vd. [67] ve Siddiqui vd. [94] kontrolsüz kesim orta noktalarındaki kazaların şiddetinin, sinyalize kavşaklardakilere göre daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır. Öte yandan, Pitt vd. [95] ve Agran vd. [96] tarafından çocukların karıştığı yaya kazalarının incelendiği çalışmalarda, kesim orta noktalarında ve kavşaklarda meydana gelen kazaların yaralanma şiddetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Literatürde şiddetli yaya kazalarının karanlık gece koşullarında gerçekleştiği yönünde bir görüş vardır [54,86,94,97]. Miles-Doan [98] ve Sullivan ve Flannagan [99] gece kazalarındaki ölüm olasılığının gündüz kazalarına göre en az üç kat yüksek olduğunu söylemiştir. Kim vd. [44] gece koşullarında gerçekleşen kazaların şiddetinin yüksek olmasının, yol ışıklandırmasının olup olmamasından bağımsız olduğunu söylerken; Siddiqui vd. [94] ışıklandırmanın ölümlü yaya kazası olasılığını ciddi derecede azalttığını belirtmiştir. Aydınlatma koşullarının yanı sıra hava koşullarının da yaya kazalarının şiddeti üzerinde etkisi vardır. Kim vd. [44] sis, yağmur ve olumsuz hava koşullarında sürücülerin araçlarını daha yavaş kullanmak zorunda kaldıklarını ve bu durumun yaya kazalarının şiddetinin azalttığını söylemiştir. Bunun aksine, Jang vd. [54] yağmurlu hava koşullarının yaya kazalarının şiddetini artıran bir faktör olduğunu bulmuştur. Siddiqui vd. [94] sisli havada meydana gelen kazaların şiddetinin yağmurlu havalardaki kazalardan daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Garber ve Lienau [88] yaya kazalarının çoğunlukla kentsel alanlarda gerçekleşmesine rağmen, düşük nüfus yoğunluğa sahip kırsal alanlardaki kazalarda ölüm olasılığının daha yüksek olduğunu bulmuştur. Başka çalışmalarda da kırsal alanlardaki kazaların yaralanma şiddetini arttırdığı sonucu tekrarlanmıştır [39, 49, 98, 100]. Marshall vd. [101] yol kenarı parklanmaların olduğu, düşük hızdaki caddelerde gerçekleşen yaya kazalarının şiddetinin diğer yol türlerine göre çok daha düşük olduğunu belirtmiştir. Clifton vd. [41] toplu taşıma erişiminin ve yüksek yaya bağlantılılığının bulunduğu bölgelerdeki yaya kazalarının şiddetinin düşük olduğunu söylemiştir. Ukkusiri [92] ticari, endüstriyel ve açık arazi kullanımının kaza riskini artırırken, konutsal arazi kullanımının tam tersi bir etki yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Kim vd. [44] de ticaret bölgelerinde gerçekleşen yaya kazalarının daha ölümcül olduğunu bulmuştur. Noland ve Quddus [102] gelir seviyesinin düşük ve kişi başına alkol tüketiminin yüksek olduğu bölgelerdeki yaya kazalarının şiddetinin daha yüksek olduğunu söylemiştir.

3. ANALİTİK YÖNTEM

Savolainen vd. [103] trafik kazalarının şiddetinin analizinde kullanılan metodolojik alternatifleri detaylı olarak tartışmıştır. Bu alternatifler incelendiğinde, kaza şiddetinin derecelendirmesinin, tercih edilecek yöntemin seçilmesinde belirleyici unsur olduğu görülmektedir. Yöntem belirlendikten sonra, yaya özellikleri, sürücü özellikleri, taşıt

özellikleri, yol tasarım özellikleri, kaza özellikleri, zamansal özellikler, çevresel özellikler, arazi kullanımı ve kazaya sebep olan yaya ve sürücü kusurları gibi faktörlerin trafik kazalarının şiddeti üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Yasmin vd. [65] literatürde yaya kazalarının yaralanma şiddetini inceleyen araştırmacıların kullandıkları modelleri ve bu modellerdeki yaralanma seviyelerini özetlemiştir.

KABCO ölçeği ve benzerlerinde olduğu gibi, kaza şiddetinin ikiden fazla seviyede raporlanması durumunda, lojistik regresyon, multinomial logit model, sıralı logit (ordered logit), sıralı probit (ordered probit), rastgele (karışık) parametrelili logit (random (mix) parameter logit) yöntemleri veya bu yöntemlerin farklı varyasyonları kullanılmaktadır. Örnek olarak, Zajac ve Ivan [49] KABCO ölçeğine göre beş seviyede derecelendirilen yaya kazalarının şiddetini sıralı probit modeli ile incelemiştir. Kim vd. [45], dört yaralanma seviyesi (ölüm, kapasite kısıtlayan yaralanma, kapasite kısıtlamayan yaralanma, muhtemel yaralanma/yaralanmama) kullandığı çalışmada rastgele parametrelili logit modelini tercih etmiştir. Abay [2] sıralı logit ve rastgele parametrelili logit modelleri ile Danimarka'daki yaya kazalarının yaralanma seviyesini incelerken üç yaralanma seviyesi (ölüm, ciddi yaralanma ve hafif yaralanma/yaralanmama) kullanmıştır. Tay vd. [51] üç yaralanma seviyesi (ölüm, ciddi yaralanma ve hafif yaralanma) kullandığı multinomial logit modeliyle Avustralya'daki yaya kazalarının yaralanma şiddetini araştırmıştır. Yaralanma şiddetinin ölü veya yaralı gibi iki seviyede incelendiği durumlarda ikili (binary) logit veya ikili probit gibi iki seviyeli modeller kullanılmaktadır. İkili logit modeli, ikili lojistik regresyon modeli (binary logistic regression) olarak da bilinmektedir. Literatürde iki seviyeli modeller trafik güvenliği çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır [5,15,35,87,104-106]. Türkiye'de yaya kazalarına karışan yayaların yaralanma şiddeti yaralanma veya ölüm olarak iki grupta raporlanmaktadır. Buna bağlı olarak, bu çalışmanın modelleme aşamasında ikili lojistik regresyon modeli kullanılmıştır. Çalışma verileri bölümünde detaylıca anlatılacağı gibi, incelenen 1.652 yaya kazasına karışan yayaların %94,2'si yaralanmış (1.556 yaya), %5,8'i ölmüştür (96 yaya). Yakın geçmişte, Versoza ve Miles [87], Rifat ve Tay [106], Haleem ve Abdel-Aty [107] gibi araştırmacılar benzer yaralanma seviyesi oranlarıyla iki seviyeli modelleri başarıyla uygulamıştır. Çalışmada kullanılan ikili lojistik regresyon modelinde bağımlı değişken için 0 (yaralanmalı yaya kazası) ve 1 (ölümlü yaya kazası) olmak üzere iki yaralanma seviyesi oluşturulmuştur. Modelde ölümlü yaya kazasının gerçekleşme olasılığının (p) gerçekleşmeme olasılığına oranı ($1-p$), *odds oranı* (*OR*) olarak adlandırılır. *OR*, 0 ile $+\infty$ aralığında değişim gösterir. Modelde logit, *odds oranının* doğal logaritması olarak tanımlanır.

$$Y = \text{logit}(p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \alpha + \beta X \quad (1)$$

burada α modeldeki sabit terimi, X bağımlı değişkenler vektörünü; β tahmin edilecek parametreler vektörünü ifade etmektedir. Diğer faktörler sabit olmak koşuluyla, bir x_i bağımlı değişkendeki bir birim artışa bağlı olarak *odds oranı* (*OR*) $\exp(\beta_i)$ kadar artmaktadır [108]. Buna bağlı olarak, herhangi bir değişken için *OR* değerinin 1'den büyük olması o değişkenin ölümlü yaya kazası olma olasılığını arttırdığı anlamına gelmektedir. *OR* değerinin 1'den küçük olması ise tam tersi şekilde yorumlanmalıdır.

4. ÇALIŞMA VERİLERİ

Bu çalışma, yaya kazalarında yayaların yaralanma şiddeti ile korelasyon gösteren parametrelerin belirlenmesini amaçlamıştır. Çalışmada Emniyet Genel Müdürlüğü trafik kazası veri tabanı kullanılmıştır. Bu veri tabanından 2015-2017 yılları arasında Mersin’de en az bir yayanın karıştığı 1,929 ölümlü ve/veya yaralanmalı yaya kazasına ait veriler alınmıştır. Bu veriler bir ön işleme tabi tutularak kullanılabilir hale getirilmiştir. Öncelikle birden fazla aracın ve/veya birden fazla yayanın karıştığı 113 kaza yaya kazası çalışma kapsamından çıkarılmıştır. Daha sonra hata ayıklama işlemi yapılarak, eksik verilerin veya açık bir şekilde hatalı verilerin bulunduğu 164 yaya kazası çalışma dışarısında bırakılmıştır. Böylece çalışmanın modelleme aşamasında kullanılacak tek bir taşıt ve yayanın karıştığı 1.652 trafik kazası belirlenmiştir. Bu kazaların 523 tanesi 2015 yılında, 577 tanesi 2016 yılında ve 552 tanesi 2017 yılında meydana gelmiştir. Türkiye’de yaya kazalarındaki yayaların yaralanma şiddeti yaralı veya ölü şeklinde iki gruba ayrılarak raporlanmaktadır. Emniyet Genel Müdürlüğü, 2015 yılından itibaren veri tabanında bu bilgiyi kazayı takip eden 30 günlük süreci kapsayacak şekilde saklamaktadır. Örnek olarak, kaza noktasında yaralı rapor edilmiş bir yaya, kaza sonrası 30 günlük süreçte kazaya bağlı bir nedenden dolayı yaşamını yitirse veri tabanında ölü olarak güncellenmektedir. Aksi takdirde, bu yaya veri tabanında yaralı olarak kalmaktadır. Bu çalışmanın modelleme aşamasında trafik kazasına karışan her bir yayanın kazayı takip eden 30 günlük sürecin sonundaki yaralanma şiddeti kullanılmıştır. Buna göre çalışma kapsamındaki kazalara karışan yayaların %94,2’si yaralanmış (1.556 yaya) ve %5,8’i ölmüştür (96 yaya).

Tablo 1’de çalışmanın modelleme aşamasında kullanılan bağımsız değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri verilmiştir. İncelenen her bir yaya kazasında bu değişkenlerin hepsine ait bilgi mevcuttur. Bu değişkenler yaya özellikleri, sürücü özellikleri, taşıt özellikleri, yol tasarım özellikleri, kaza özellikleri, zamansal özellikler, çevresel özellikler, arazi kullanımı ve kusurlar şeklinde incelenmiştir. Yaya özellikleri, yayaların yaş ve cinsiyetini içermektedir. Sürücülerin yaş ve cinsiyeti ise çalışmada kullanılan sürücü özelliklerini oluşturmaktadır. Sürücülerin eğitim durumları, sürücülük deneyimleri (kaç yıllık ehliyet sahibi oldukları), trafik cezası ve kazası geçmişleri gibi parametrelerin de yaya kazalarının şiddetini etkileyebileceği düşünülebilir. Fakat çalışma kapsamında sürücülere ait bu bilgilere ulaşılamamıştır. Taşıtların özellikleri için kazaya karışan taşıtların tipi kullanılmıştır. Yol tasarım özellikleri, kazanın gerçekleştiği yolun fonksiyonel sınıflandırmasını (devlet yolu, otoyol, cadde vb.), trafik tipini (bölünmüş, iki yönlü trafiğe açık vb.), kaplama tipini (asfalt, parke vb.), yatay ve düşey geometrik özelliklerini içermektedir. Kaza özellikleri olarak yaya kazasının gerçekleştiği noktanın konumunu (yol üzerinde, banket üzerinde, yay kaldırımında vb.); bu noktada geçit ve kavşak bulunup bulunmadığını, bulunuyorsa da türlerini gösteren değişkenler kullanılmıştır. Zamansal özellikler kaza saati, günü (hafta içi veya hafta sonu) ve mevsiminden oluşmaktadır. Çevresel özellikler kaza anındaki hava, gün ve yol yüzeyi durumudur. Arazi kullanımı için yaya kazalarının kentsel alanlarda mı yoksa kırsal alanlarda mı gerçekleştiğini gösteren değişken kullanılmıştır. Son olarak, incelenen kazalarda yayaların ve sürücülerin kusurlu olup olmadıklarının; sürücüler için hız ve yasal limitlerin üzerinde alkol kullanımının etkisi geliştirilen modelde test edilmiştir.

2018 yılı itibariyle Mersin kentinin nüfusu 1.814.468’dir. Nüfus içerisinde kadınlar (%50,1) ve erkekler (%49,9) eşit olarak dağılmıştır [109]. Tablo 1’de kazalara karışan yayaların cinsiyeti incelendiğinde, yaya kazalarına karışanların %56,6’sının erkekler olduğu

görülmektedir. Birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de güvenilir yaya hareketliliği verisine ulaşmanın zor olması nedeniyle, sadece bu veriye bakarak kadınların ve erkeklerin yaya kazasına karışma riskleri hakkında sağlıklı bir yorumda bulunmak mümkün değildir. Modelleme aşamasında, yaya ve sürücü yaşları geçmiş çalışmalar dikkate alınarak beş grupta incelenmiştir. Buna göre kazaya karışan yayaların önemli bir kısmını 0-17 (%36,6) yaş grubundaki gençler oluşturmaktadır. Ayrıca, 25-54 (%26,0) ve 65+ (%19,3) yaş grupları yaya kazalarında önemli yer tutmaktadır. 55-64 (%9,2) ve 18-24 (%8,8) yaş grupları ise yaya kazalarına göreceli olarak daha az karışmaktadır. Mersin’de 25-54 yaş grubu nüfusun %42,7’sini oluşturmaktadır. 0-17 yaş grubu da nüfusta önemli bir paya sahiptir (%27,5). Diğer yaş gruplarının nüfustaki payları birbirine oldukça yakındır (18-24 için %11,0; 55-64 için %10,0 ve 65+ için %8,8). Buna göre 65+ ve 0-17 yaş gruplarındaki bireyler nüfustaki paylarına göre çok daha fazla yaya kazasına karışmaktadır. Tam tersi bir şekilde, 25-54 yaş grubundaki bireyler nüfustaki paylarından daha az yaya kazasına karışmaktadır. 18-24 ve 55-64 yaş gruplarındaki bireylerin yaya kazalarındaki oranı, nüfustaki paylarına oldukça yakındır. Kazaya karışan sürücülerin çoğunluğunu erkek (%90,7) ve 25-54 yaş grubu sürücüler (%68,3) oluşturmaktadır. Yasa dışı kullanım olan 0-17 yaş grubundaki sürücülerin kazalardaki payı %3,0’dür. Kazalardaki taşıtların %52,2’sini otomobiller oluşturmaktadır. Motosikletlerin (%19,1) en çok kazaya karışan ikinci taşıt tipi olması dikkat çekicidir. Kazaların çok büyük kısmı caddelerde (%77,7) gerçekleşmiştir. Yaya kazalarının %61,7’sinin bölünmüş, %30,9’unun iki yönlü trafiğe açık yollarda yaşandığı görülmektedir. Kazaların neredeyse tamamına yakını asfalt (%95,3) yollarda yaşanmıştır. Kaza noktaları, yatay yol geometrisi açısından düzdür (%96,9), düşey yol geometrisi açısından ise eğimsizdir (%91,9). Kaza özellikleri bakımından yayaların %95,5’i karşıdan karşıya geçerken kazaya karışmıştır.

Tablo 1 - Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

Değişken (Gözlem Sayısı: N=1.652)	Frekans	Yüzde
Kaza Şiddeti		
Yaralı	96	5,8
Ölü	1,656	94,2
Yaya Özellikleri		
<i>Yaş</i>		
<=17	605	36,6
18-24	146	8,8
25-54	430	26,0
55-64	152	9,2
65+	319	19,3

Tablo 1 - Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri (devam)

Değişken (Gözlem Sayısı: N=1.652)	Frekans	Yüzde
<i>Cinsiyet</i>		
Kadın	934	56,6
Erkek	718	43,4
Sürücü Özellikleri		
<i>Yaş</i>		
<=17	49	3,0
18-24	306	18,5
25-54	1129	68,3
55-64	125	7,6
65+	43	2,6
<i>Cinsiyet</i>		
Kadın	154	9,3
Erkek	1498	90,7
Taşıt Özellikleri		
<i>Taşıt tipi</i>		
Motosiklet	316	19,1
Otomobil	862	52,2
Minibüs	73	4,4
Kamyonet	291	17,6
Kamyon/Tır/Tanker	39	2,4
Otobüs	61	3,7
Diğer	10	0,6
Yol Tasarım Özellikleri		
<i>Fonksiyonel sınıf</i>		
Cadde	1.283	77,7
Sokak	202	12,2
Otoyol	4	0,2
Devlet yolu	142	8,5
Diğer	11	1,3
<i>Trafik tipi</i>		
Bölünmüş	1.019	61,7
Tek yönlü	114	6,9
İki yönlü	511	30,9
Diğer	8	0,5

Tablo 1 - Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri (devam)

Değişken (Gözlem Sayısı: N=1.652)	Frekans	Yüzde
<i>Kaplama tipi</i>		
Asfalt	1.575	95,3
Parke	64	3,9
Diğer	13	0,8
<i>Yatay güzergah</i>		
Düz yol	1.600	96,9
Kurb	52	3,1
<i>Düşey güzergah</i>		
Eğimsiz	1.518	91,9
Eğimli	134	8,1
Kaza Özellikleri		
<i>Kaza konumu</i>		
Yol üzerinde	1.578	95,5
Banket üzerinde	26	1,6
Orta refüjde	3	0,2
Yol kenarında	9	0,5
Yaya kaldırımında	18	1,1
Diğer	18	1,1
<i>Geçit</i>		
Demiryolu	2	0,1
Yaya geçidi	382	23,1
Okul geçidi	20	1,2
Geçit yok	1.248	75,5
<i>Kavşak</i>		
T kavşak	338	20,5
Y kavşak	25	1,5
Dört yönlü	194	11,7
Dönel	67	4,1
Köprülü	4	0,2
Kavşak yok	974	59,0

Tablo 1 - Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri (devam)

Değişken (Gözlem Sayısı: N=1.652)	Frekans	Yüzde
Zamansal Özellikler		
<i>Saat</i>		
06:00-09:59	197	11,9
10:00-15:59	703	42,6
16:00-18:59	456	27,6
19:00-21:59	228	13,8
22:00-05:59	68	4,1
<i>Gün</i>		
Hafta içi	1.258	76,2
Hafta sonu	394	23,8
<i>Mevsim</i>		
İlkbahar	462	28,0
Yaz	382	23,1
Sonbahar	423	25,6
Kış	385	23,3
Çevresel Özellikler		
<i>Hava durumu</i>		
Açık	1.587	96,1
Sis/Duman	7	0,4
Yağmur	56	3,4
Diğer	2	0,2
<i>Gün durumu</i>		
Gündüz	1.295	78,4
Gece	301	18,2
Alacakaranlık	56	3,4
<i>Yol yüzeyi</i>		
Kuru	1.565	94,7
Islak/Nemli	87	5,3
Arazi Kullanımı		
<i>Tür</i>		
Kentsel	1.611	97,5
Kırsal	41	2,5

Tablo 1 - Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri (devam)

Değişken (Gözlem Sayısı: N=1.652)	Frekans	Yüzde
Kusurlar		
<i>Yaya kusuru</i>		
Evet	1.150	69,6
Hayır	502	30,4
<i>Sürücü kusuru</i>		
Evet	791	47,9
Hayır	861	52,1
<i>Hız (Sürücü)</i>		
Evet	307	18,6
Hayır	1.345	81,4
<i>Alkol (Sürücü)</i>		
Evet	10	99,4
Hayır	1.642	0,6

İncelenen kazaların %59,0'u kavşakların ve %75,5'i geçitlerin bulunmadığı noktalarda yaşanmıştır. Kazaların zamansal özelliklerine bakıldığında, kazaların %42,6'sının 10-16 saatleri arasında, %27,6'sının 16-19 saatleri arasında, %13,8'sinin 19-22 saatleri arasında, %11,9'unun 06-10 saatleri arasında ve %4,1'inin 22-06 saatleri arasında gerçekleştiği görülmektedir. Yayaların büyük bir kısmı kazalara hafta içi (%76,2) karışmıştır. Mevsimlere göre kazaların yaşanma sıklıkları arasında önemli bir fark bulunmamaktadır. Kazalar genellikle gündüz (%78,4), açık (%96,1) ve kuru yüzey koşullarında (%94,7) meydana gelmiştir. Kaza noktalarının neredeyse tamamına yakını kentsel (%97,5) bölgelerdedir. Bu kazaların %69,6'sında (1.150 kaza) kazaya karışan yayanın kusuru vardır. %47,9'unda (791 kaza) kazaya karışan sürücünün kusuru vardır. %17,5'inde (289 kaza) ise hem sürücüler hem de yayalar kusurludur. Kazalara karışan sürücülerin %18,6 hız kusuru işlemiştir. Yine sürücülerin %0,6'sı ise yasal limitlerin üzerinde alkol değerine sahiptir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Geriye doğru eleme (backward elimination) yöntemi ile elde edilen ikili lojistik regresyon modelinin sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur. Modeldeki değişkenlerin işaretleri makul çıkmıştır. Geliştirilen modelin *p-değeri* 0,000 ($<0,05$) ve *Hosmer-Lemeshow ki kare* değeri 11,296 (serbestlik derecesi=8, $p=0,185>0,05$) bulunmuştur. Bu değerler modelin çalışma verilerine uyduğunu göstermektedir. Lojistik regresyonda geliştirilen modelin tahmin gücünü etkileyen bir diğer önemli parametre de kullanılan veri setinin büyüklüğüdür. Bu konudaki farklı çalışmalarda modeldeki bağımsız değişken başına ez 10 tane bağımlı değişkendir az olan durumun veri setinde yer alması gerektiği vurgulanmıştır [110-112]. Bu minimum örneklem büyüklüğü limiti literatürde yaygın olarak kabul görmüş bir yaklaşımdır [113]. Bu çalışmanın modelleme aşamasında 1.652 yaya kazasına ait veri

kullanılmıştır. Bu kazaların 1.556'sı yaralanmayla, 96'sı ölümlle sonuçlanmıştır. Buna bağlı olarak, geliştirilen modelde bağımlı değişken ölüm ve yaralanmalardan oluşmaktadır. Burada az olan durum ölümlerdir. Tablo 2'de görüldüğü üzere, geliştirilen modelde 9 tane bağımsız değişken yer almaktadır. Modeldeki bağımsız değişken başına $96/9=10,7$ veri düşmektedir. Bu değer 10'dan büyük olması modelde kullanılan veri setinin büyüklüğünün yeterli olduğunu göstermektedir.

Tablo 2'ye göre yatay güzergah (kaza noktasında kurb bulunması ($p=0,013$), taşıt tipi (motosiklet ($p=0,042$), yaya yaşı (55-64 ($p=0,003$) ve 65+ ($p=0,000$)), yaya cinsiyeti (kadın ($p=0,000$)), yaya kusuru (yaya kusuru var ($0,007$)), hız kusuru (hız kusuru var ($p=0,000$)) ve modelin sabit terimi ($p=0,000$) 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Yol fonksiyonel sınıflandırması (devlet yolu ($p=0,082$)) ve gün durumu (gece ($p=0,063$)) 0,10 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır ($p<0,10$). Diğer parametrelerin anlamlı bir etkisi bulunmamıştır.

İncelenen yaya kazalarında erkeklerin ölüm riskinin kadınların 2,754 (1/0,363) katı olduğu anlaşılmaktadır (bak Tablo 2). Bu sonuç erkek yayaların trafikte daha çok riskli durumlarda karşıdan karşıya geçmeye çalıştıkları şeklinde yorumlanabilir. Bu literatürdeki çoğu çalışmanın sonucu ile örtüşmektedir [39-42]. Bu noktada, kadınların karıştığı yaya kazalarının şiddetinin daha yüksek olduğu ve cinsiyetin yaya kazalarının şiddetine eden bir faktör olmadığı sonucuna ulaşan çalışmalar da göz ardı edilmemelidir [5,15,43]. Bu durum, trafik güvenliği çalışmalarında çalışılan bölgeye, bölgede yaşayan bireylerin algı ve davranışlarına bağlı sonuçlar elde edildiği gerçeğini tekrarlamaktadır.

Kazaya karışan yayaların yaşlarının 55'in üzerinde olması ölüm olasılığı arttırmaktadır. 55-64 yaş grubundaki yayaların ölüm olasılığı 25-54 yaş grubundaki yayaların 3,192 katıdır. Buna ek olarak, 65 ve üstü yaş grubundaki yayaların ölüm olasılığı ise 25-54 yaş grubu yayaların 3,791 katıdır. Literatürde birçok çalışma 60 yaş üstü yaşa sahip yayaların karıştığı kazalardaki ölüm olasılığının daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır [32,41,46-58]. Bu çalışmada bu riskin 55 yaşından sonra artmaya başladığı bulunmuştur. Bu bakımdan elde edilen sonuç önceki çalışmalarla uyumludur. Daha önce belirtildiği gibi bu durum yaşlıların yavaş hareket etmeleriyle, algısal yeteneklerinde oluşan zayıflıklar sonucu riskli durumlarda karşıdan geçmeye çalışmalarıyla ve vücutlarının darbelere karşı daha kırılgan olmalarıyla açıklanmaktadır [43,59-62]. Çalışma diğer yaş grupları için anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Yayaların kusurlu olması yaya kazalarındaki ölüm olasılığını 2,070 kat arttırmaktadır. Bu geçmiş çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur [44,48,66]. Yaya kazalarında sürücülerin kusurlu olup olmamasının anlamlı bir etkisi bulunmamıştır. Spesifik olarak, sürücülerin hız kusuru bulunması durumunda yayaların ölüm olasılığı 2,361 kat artmaktadır. Devlet yolunda kazaya karışan yayaların ölüm olasılığı, caddelerde kazaya karışan yayaların ölüm olasılığının 1,815 katı bulunmuştur. Modelde bu parametre 0,10 seviyesinde anlamlıdır. Geçmiş çalışmalar bölümünde bahsedildiği gibi, hız yaya kazalarının şiddetini belirleyen en önemli faktörlerden biridir ve daha yüksek çarpışma hızları yaya kazalarının şiddetini arttırmaktadır [80-84]. Hız kusurunun olduğu kazalarda, yani sürücülerin yayalara yüksek hızlarda çarptığı kazalarda, ölüm olasılığının yüksek olması önceki çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur. Buna paralel biçimde, ortalama seyahat hızlarının yüksek olduğu devlet yolu kesimlerinde yaşanan kazalardaki ölüm olasılığının yüksek olması beklenen bir durumdur. Ek olarak, devlet yollarındaki taşıt-yolu genişliği cadde ve sokaklardan genellikle daha

büyüktür. Bu bakımdan da elde edilen sonuç literatürde daha önce belirtilen taşıt yolu genişliği ile yaya kazalarının şiddeti arasındaki pozitif ilişkiyi tekrarlamaktadır [49,92]. Öte yandan, hız limitlerinin ve dolayısıyla ortalama seyahat hızlarının daha yüksek olduğu otoyollarda yaşanan kazaların anlamlı bir etkisi bulunamamıştır. Bu normal koşullar altında yaya trafiğine yasak olan otoyollarda sadece 4 kaza yaşanmış olması ve bu durumun parametrenin anlamlılığını test etmeye yeterli olmaması ile açıklanabilir.

Taşıt tiplerinden sadece motosikletlerin karıştığı kazaların anlamlı etkisi bulunmuştur. Buna göre otomobillerin karıştığı yaya kazalarındaki ölüm olasılığı motosikletlerin karıştığı kazaların 2,262 (1/0,442) katıdır. Bir başka ifadeyle, motosikletlerin karışması yaya kazalarının şiddetini azaltmaktadır. Geçmiş çalışmaların çoğunda motosikletlerin yaya kazalarının şiddeti üzerine anlamlı bir etkisi bulunamamıştır. Sadece Salon ve McIntyre [48] motosikletlerin karıştığı kazalardaki yaralanma şiddetinin otomobillerin karıştığı kazalardan yüksek olduğunu söylemiştir; ancak, bu çalışmadaki etki bunun tam tersi çıkmıştır. Literatürde birçok çalışmada büyük araçların yaralanma şiddetini artırdığı bulunmuştur [30-31,74]. Fakat bu çalışmada minibüs, kamyonet, kamyon/tır/tanker gibi araçların karıştığı yaya kazalarının yaralanma şiddeti ile otomobillerin karıştığı yaya kazalarının yaralanma şiddeti arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu durum, yaralanma şiddeti üzerinde asıl etkili olan parametrenin taşıt tipi değil, çarpışma hızı olduğu yorumu ile açıklanabilir. Taşıtlarını yasal limitlerinden daha hızlı kullanan sürücülerin karıştığı kazalarda ve ortalama seyahat hızlarının daha yüksek olduğu devlet yollarında meydana gelen yaya kazalarının ölümlü olma olasılığının anlamlı derecede daha yüksek olması bu durumun bir göstergesidir.

Gece koşullarında yaşanan yaya kazalarının ölümlü olma olasılığı gündüz koşullarındaki yaya kazalarının 1,645 katı olduğu bulunmuştur. 0,10 anlamlılık düzeyinde anlamlı olan bu parametrenin etkisi geçmiş çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur [44,54,86,94,97-99]. Kazalarının meydana geldiği noktada yatay kurb bulunması yayaların ölüm olasılığını 3,094 kat artırmaktadır. Geçmiş çalışmalarda bu etki incelenmemiştir. Bu bulgu, görüşün kısıtlandığı yatay kurlarda, sürücülerin ve yayaların birbirlerini geç fark etmeleri nedeniyle daha şiddetli yaya kazalarının meydana geldiği şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 2 - Lojistik regresyon modeli için parametre tahminleri

Değişken	Katsayı	Standart Hata	p-değeri	Odds Oranı (OR)	%95 Güven Aralığı (OR)
Fonksiyonel Sınıf			0,068		
Cadde (Referans)					
Sokak	-0,855	0,540	0,113	0,425	0,148-1,225
Otoyol	1,956	1,216	0,108	7,070	0,653-76,576
Devlet yolu	0,596	0,343	0,082**	1,815	0,927-3,552
Diğer	-0,515	1,097	0,639	0,598	0,070-5,131

Tablo 2 - Lojistik regresyon modeli için parametre tahminleri (devam)

Değişken	Katsayı	Standart Hata	p-değeri	Odds Oranı (OR)	%95 Güven Aralığı (OR)
Yatay Güzergah					
Düz yol (Referans)					
Kurb	1,130	0,456	0,013*	3,094	1,267-7,557
Geçit					
Geçit yok (Referans)					
Demiryolu	25,025	25x10 ³	0,999	7.380x10 ⁷	0,000
Yaya geçidi	-0,004	0,269	0,987	0,996	0,588-1,687
Okul geçidi	-0,344	1,186	0,772	0,709	0,069-7,251
Gün					
Gündüz (Referans)					
Alacakaranlık	-1,245	1,094	0,255	0,288	0,034-2,460
Gece	0,498	0,267	0,063**	1,645	0,974-2,778
Taşıt Tipi					
Otomobil (Referans)					
Motosiklet	-0,816	0,401	0,042*	0,442	0,201-0,970
Minibüs	0,456	0,509	0,371	1,577	0,581-4,280
Kamyonet	0,330	0,290	0,255	1,391	0,788-2,454
Kamyon/Tır/Tanker	-0,173	0,777	0,824	0,841	0,183-3,858
Otobüs	0,647	0,501	0,196	1,911	0,716-5,101
Diğer	1,204	1,136	0,289	3,332	0,360-30,876
Yaya Yaşı					
25-54 (Referans)					
0-17	-0,488	0,374	0,192	0,614	0,295-1,278
18-24	-0,031	0,531	0,954	0,970	0,342-2,478
55-64	1,161	0,389	0,003*	3,192	1,488-6,845
65+	1,333	0,316	0,000*	3,791	2,043-7,037
Yaya Cinsiyeti					
Erkek (Referans)					
Kadın	-1,013	0,265	0,000*	0,363	0,216-0,611

Tablo 2 - Lojistik regresyon modeli için parametre tahminleri (devam)

Değişken	Katsayı	Standart Hata	p-değeri	Odds Oranı (OR)	%95 Güven Aralığı (OR)
Yaya Kusuru					
Yok (Referans)					
Var	0,728	0,272	0,007*	2,070	1,215-3,529
Hız Kusuru					
Yok (Referans)					
Var	0,859	0,246	0,000*	2,361	1,459-3,819
Sabit	-4,298	0,415	0,000*	0,014	
Model Parametreleri					
Gözlem sayısı: 1.652					
Anlamlılık (p-değeri): 0,000 (<0,05)					
Hosmer ve Lemeshow ki kare: 11,296 (p=0,185>0,05)					
Serbestlik derecesi: 8					

6. SINIRLILIKLAR

Bu çalışmanın da bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Bu çalışmada kapsamında sadece yaya kazalarının şiddetine etkide eden faktörler incelenmiştir. Bu nedenle elde edilen sonuçlar ile yaya kazalarının sıklığı ilişkilendirilmemelidir. Örnek olarak, bu çalışmanın sonuçlarına bakılarak, yatay kurlar daha çok yaya kazasına neden oluyor şeklinde bir çıkarım yapılmamalıdır. Çalışmadaki modele bakarak sadece yatay kurların yaya kazalarının şiddetini arttırdığı şeklinde bir yorum yapılabilir.

Türkiye’de yaya kazalarının ölümlü ve yaralanmalı olarak iki seviyede raporlanması çalışmanın en önemli sınırlılığıdır. Buna ek olarak, düşük hızlarda gerçekleşen ve herhangi bir yaralanmanın yaşanmadığı bazı yaya kazaları kayıt altına alınmamaktadır. Bu çalışmadaki modelin ölüm ve yaralanma şeklinde iki seviyeli olmasını zorunlu hale getirmiştir. Literatür incelendiğinde, bazı ülkelerde yayalarının yaralanma şiddetinin yaralanmamış, muhtemel yaralanma, kapasite kısıtlamayan yaralanma, kapasite kısıtlayan yaralanma ve ölüm gibi farklı seviyelerde raporlandığı görülmektedir. Bu durum farklı model alternatiflerinin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Böyle durumlarda hafif yaralanma (yaralanmamış, muhtemel yaralanma, kapasite sınırlamayan yaralanma seviyelerinin birleşimi), kapasite kısıtlayan yaralanma (ciddi yaralanma) ve ölüm şeklinde 3 seviyeli model geliştirebilmektedir [2,51]. Benzer şekilde, hafif yaralanma (yaralanmamış, muhtemel yaralanma, kapasite sınırlamayan yaralanma seviyelerinin birleşimi) ve ağır yaralanma/ölüm (kapasite sınırlayan yaralanma ve ölüm seviyelerinin birleşimi) şeklinde 2 seviyeli yaklaşımlar da kullanılmıştır [87].

Belirtildiği üzere, çalışmadaki modelin bağımlı değişkeninde şeklinde iki seviye (yaralı ve ölü) kullanılmak zorunda kalınmıştır. Böyle bir durumda, geliştirilen modelde hangi noktadaki yaralanma kayıtlarının kullanıldığı önem kazanmaktadır. Kaza noktasındaki kayıtların kullanıldığı durumda, kaza noktasında yaralı olarak kayıt altına alınan ağır yaralı yayaların kaza sonrası süreçte hayatını kaybetme olasılığı göz ardı edilmiş olacaktır. Bunun sonucunda, bu yayalar modelde yaralı olarak kullanılmış olacaktır. Böyle bir duruma düşmemek için, bu çalışmada yayaların kaza sonrasındaki 30 günlük sürecin sonucundaki yaralanma seviyeleri kullanılmıştır. Türkiye’de trafik kazalarının raporlanmasında kullanılan yaralanma seviyelerinin artırılması durumunda, literatürdekilere benzer yaklaşımlar geliştirilebilecektir. Buna ek olarak, trafik kazalarında toplanan verilerin çeşitliliğinin artırılması, bu konuda ileride yapılacak çalışmaların modelleme aşamasına zenginlik katacaktır.

7. ÖNERİLER

Bu çalışmada ikili lojistik regresyon modeli kullanılarak Mersin’de gerçekleşen yaya kazalarında yaralanma şiddetine etki eden faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda, 2015-2017 yılları arasında tek bir araç ve tek bir yayanın karıştığı 1.652 yaya kazasına ait detaylı veriler kullanılmıştır. Model sonuçları, kazalara 55 yaş ve üstü yayaların karışmasının, erkek yayaların karışmasının, kazalarda yaya kaynaklı kusur ve hız kusurunun bulunmasının, kaza noktasında yatay kurb bulunmasının, kazaların devlet yollarında ve gece meydana gelmesinin yaya kazalarının şiddetini arttırdığını göstermiştir. Yayalara motosikletlerin çarpması ise yaya kazalarının şiddetini azaltmaktadır.

Türkiye’de yakın zamandaki istatistikler incelendiğinde yaya ölümlerinin %20 oranında azaldığı görülmektedir. Buna rağmen yaya ölümleri halen trafik kazalarındaki ölümlerin %22’sini oluşturmaktadır. Bu noktada 2019 yılının “Öncelik Hayatın, Öncelik Yayanın” sloganıyla “Yaya Önceliği Yılı” ilan edilmesi, yaya güvenliğinin ve bu konudaki farkındalığın iyileştirilmesi açısından önemli bir gelişmedir. Mersin’de gerçekleştirilen bu çalışma, kentteki yerel yönetimlere ve emniyet birimlerine yaya güvenliğinin iyileştirilmesinde öncelik verilmesi gereken noktalar konusunda yardımcı olabilecektir. Çalışmanın sonuçları yaya güvenliğinde 55 yaş ve üstü yayalara, erkek yayalara, hız yönetimi ve denetimine öncelik verilmesi gerektiğini göstermektedir. Çalışmada yayaların kusurlu olması kazaların şiddetini arttırdığını göstermiştir. Buna bağlı olarak, yaya güvenliği konusunda yapılacak eğitim kampanyalarında ve geliştirilecek stratejilerde sadece sürücülerin değil yayaların da trafik kurallarına uymalarının sağlanması hedeflenmelidir. Hız kusurunun bulunduğu kazaların ölüm olasılığını artırması, kazaların yoğunlaştığı kesimlerde hız düşürücü önlemlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Çalışma bulgularına göre kazalara 55 yaş ve üstü yayaların karışması ölüm olasılığını arttırmaktadır. Bu sonuç trafik ışıklarındaki yaya yeşil sürelerinin ayarlanmasında 55 yaş üstü bireylerin yürüme hızlarının da dikkate alınması gerekliliğini göstermektedir. Bunun yanı sıra, yol geometrisinin mümkün kıldığı noktalarda yol ortasına yerleştirilecek platformlarla yaşlı yayaların iki aşamada karşıdan karşıya geçebilmelerinin sağlanması gerekmektedir. Yatay kurların bulunduğu kesimlerde yayaların taşıtları, sürücülerin ise yayaları algılamaları zorlaştırmaktadır. Bu sorunun azaltılmasında taşıtların hızlarını düşürücü zemin işaretlemeleri etkili olabilir. Diğer yandan yaya geçitlerinin kurların başladığı/bittiği noktalardan yeterli mesafede düzenlenmesi önerilmektedir. Bunun yanı sıra yaya

işaretleme ve araçların algılanmasını kolaylaştıracak renk ve aydınlatma elemanlarının eklenmesi ölümlü kazaları azaltabilir. Literatürde benzer çalışmaların artırılması ile farklı kentlerin karşılaştırılması, bu çalışmadaki bulguların diğer kentlerdeki etkilerinin tespit edilmesi, ulusal düzeyde alınacak önlemler için daha kapsamlı çalışmaların yapılması yaya güvenliğinin iyileştirilmesinde etkili olacaktır.

Semboller

OR : Odds Oranı

Kaynaklar

- [1] Kim, S., Ulfarsson, G. F., Traffic Safety in an Aging Society: Analysis of Older Pedestrian Crashes. *Journal of Transportation Safety & Security*, 11(3), 323-332, 2019.
- [2] Abay, K. A., Examining Pedestrian-Injury Severity using Alternative Disaggregate Models. *Research in Transportation Economics*, 43(1), 123-136, 2013
- [3] Lee, I. M., Buchner, D. M., The Importance of Walking to Public Health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(7), S512-S518, 2008.
- [4] Rothman, L., Howard, A. W., Camden, A., Macarthur, C., Pedestrian Crossing Location Influences Injury Severity in Urban Areas. *Injury prevention*, 18(6), 365-370, 2012.
- [5] Moudon, A. V., Lin, L., Jiao, J., Hurvitz, P., Reeves, P., The Risk of Pedestrian Injury and Fatality in Collisions with Motor Vehicles: A Social Ecological Study of State Routes and City Streets in King County, Washington. *Accident Analysis & Prevention*, 43(1), 11-24, 2011.
- [6] Islam, S., Jones, S. L., Pedestrian At-Fault Crashes on Rural And Urban Roadways in Alabama. *Accident Analysis & Prevention*, 72, 267-276, 2014.
- [7] Kim, M., Kho, S. Y., Kim, D. K., Hierarchical Ordered Model for Injury Severity of Pedestrian Crashes in South Korea. *Journal of safety research*, 61, 33-40, 2017.
- [8] Niebuhr, T., Junge, M., Rosén, E., Pedestrian Injury Risk and the Effect of Age. *Accident Analysis & Prevention*, 86, 121-128, 2016.
- [9] Elvik, R., *The Handbook of Road Safety Measures*, 2004.
- [10] Pucher, J., Dijkstra, L., Promoting Safe Walking and cycling to Improve Public Health: Lessons from the Netherlands and Germany. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1509-1516, 2003.
- [11] Sullman, M. J., Gras, M. E., Font-Mayolas, S., Masferrer, L., Cunill, M., Planes, M., The Pedestrian Behaviour of Spanish Adolescents. *Journal of Adolescence*, 34(3), 531-539, 2011.
- [12] World Health Organization, *Global Status Report on Road Safety 2015*. World Health Organization, 2018.

- [13] European Road Safety Observatory, Traffic Safety Basic Facts 2018: Pedestrians. European Road Safety Observatory, 2018.
- [14] Zhang, G., Yau, K. K., Zhang, X., Analyzing Fault and Severity in Pedestrian–Motor Vehicle Accidents in China. *Accident Analysis & Prevention*, 73, 141-150, 2014.
- [15] Sze, N. N., Wong, S. C., Diagnostic Analysis of the Logistic Model for Pedestrian Injury Severity in Traffic Crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 39(6), 1267-1278, 2007.
- [16] Kong, C., Yang, J., Logistic Regression Analysis of Pedestrian Casualty Risk in Passenger Vehicle Collisions in China. *Accident Analysis & Prevention*, 42(4), 987-993, 2010.
- [17] Ulfarsson, G. F., Kim, S., Booth, K. M., Analyzing Fault in Pedestrian–Motor Vehicle Crashes in North Carolina. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 1805-1813, 2010.
- [18] Türkiye İstatistik Enstitüsü. Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, 2018. Türkiye, 2019. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30640>
- [19] Hoşkal, D., 2003-2004 Yıllarında Diyarbakır İlinde Meydana Gelen Yaralanmalı Yaya Kazalarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2006.
- [20] Kaygısız, Ö., Yıldız, A., Duzgun, S., Spatio-Temporal Pedestrian Accident Analysis to Improve Urban Pedestrian Safety: The Case of The Eskisehir Motorway. *Gazi University Journal of Science*, 28(4), 623-630, 2015.
- [21] Avcı, C., Durduran, S. S., Analysis of Pedestrian Accidents Using a Geographical Information System (GIS) in Konya City, Turkey. *WIT Transactions on the Built Environment*, 134, 495-501, 2013.
- [22] Cınarbaş Akın, S., Ankara Şehir İçinde Meydana Gelen Yaralanmalı Yaya Kazalarının Konumsal Olarak İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2002.
- [23] Özkan, K., Ankara'da Meydana Gelen Yaya Kazalarına Uygun Denetim Politikasının Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2002.
- [24] Yüksekol, İ., Evaluation of Pedestrian Safety Around Bus Stops Using Geographic Information Systems, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2012.
- [25] Ozen, M., Sayin, C. G., Yuruk, Y., Analysis of the Pedestrian Accidents in Turkey. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2(3), 100-109, 2017.
- [26] Baltés, M. R., Descriptive Analysis of Crashes Involving Pedestrians in Florida, 1990–1994. *Transportation Research Record*, 1636(1), 138-145, 1998.
- [27] Jensen, S., Pedestrian Safety in Denmark. *Transportation Research Record*, 1674(1), 61-69, 1999.
- [28] Graham, D. J., Glaister, S., Spatial Variation in Road Pedestrian Casualties: The Role of Urban Scale, Density and Land-Use Mix. *Urban Studies*, 40(8), 1591-1607, 2003.
- [29] Martinez, K. L. H., Porter, B. E., The Likelihood of Becoming a Pedestrian Fatality and Drivers' Knowledge of Pedestrian Rights and Responsibilities in the Commonwealth

- of Virginia. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 7(1), 43-58, 2004.
- [30] Ballesteros, M. F., Dischinger, P. C., Langenberg, P., Pedestrian Injuries and Vehicle Type in Maryland, 1995–1999. *Accident Analysis & Prevention*, 36(1), 73-81, 2004.
- [31] Roudsari, B. S., Mock, C. N., Kaufman, R., Grossman, D., Henary, B. Y., Crandall, J., Pedestrian Crashes: Higher Injury Severity and Mortality Rate for Light Truck Vehicles Compared with Passenger Vehicles. *Injury Prevention*, 10(3), 154-158, 2004.
- [32] Eluru, N., Bhat, C. R., Hensher, D. A., A Mixed Generalized Ordered Response Model for Examining Pedestrian and Bicyclist Injury Severity Level in Traffic Crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 40(3), 1033-1054, 2008.
- [33] Mabunda, M. M., Swart, L. A., Seedat, M., Magnitude and Categories of Pedestrian Fatalities in South Africa. *Accident Analysis & Prevention*, 40(2), 586-593, 2008.
- [34] Zegeer, C. V., Zegeer, S. F., 1988. Pedestrians and Traffic-Control Measures, Report No: 139, 1988.
- [35] Aidoo, E. N., Amoh-Gyimah, R., Ackaah, W., The Effect of Road and Environmental Characteristics on Pedestrian Hit-and-Run Accidents in Ghana. *Accident Analysis & Prevention*, 53, 23-27, 2013.
- [36] Colucci, B., Valle, D., Characterization of Motor Vehicle–Pedestrian Fatalities in Urban Arterial Corridor, In *Transportation Research Board 93rd Annual Meeting*, Transportation Research Board of the National Academies, 2014.
- [37] Liu, J., Hainen, A., Li, X., Nie, Q., Nambisan, S., Pedestrian Injury Severity in Motor Vehicle Crashes: An Integrated Spatio-Temporal Modeling Approach. *Accident Analysis & Prevention*, 132, 105272, 2019.
- [38] Federal Highway Administration, KABCO Injury Classification Scale and Definitions, 2019.
https://safety.fhwa.dot.gov/hsip/spm/conversion_tbl/pdfs/kabco_ctable_by_state.pdf
- [39] Campbell, B. J., Zegeer, C. V., Huang, H. H., Cynecki, M. J., A Review of Pedestrian Safety Research in the United States and Abroad, Publication No: FHWA-RD-03-Federal Highway Administration, United States, 2003.
- [40] Holland, C., Hill, R., The Effect of Age, Gender and Driver Status on Pedestrians’ Intentions to Cross the Road in Risky Situations. *Accident Analysis & Prevention*, 39(2), 224-237, 2007.
- [41] Clifton, K. J., Burnier, C. V., Akar, G., Severity of Injury Resulting from Pedestrian Vehicle Crashes: What Can We Learn From Examining the Built Environment?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(6), 425-436, 2009.
- [42] Rosén, E., Sander, U., Pedestrian Fatality Risk as a Function of Car Impact Speed. *Accident Analysis & Prevention*, 41(3), 536-542, 2009.
- [43] Lee, C., Abdel-Aty, M., Comprehensive Analysis of Vehicle–Pedestrian Crashes at Intersections in Florida. *Accident Analysis & Prevention*, 37(4), 775-786, 2005.

- [44] Kim, J. K., Ulfarsson, G. F., Shankar, V. N., Kim, S., Age and Pedestrian Injury Severity in Motor-Vehicle Crashes: A Heteroskedastic Logit Analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 40(5), 1695-1702, 2008.
- [45] Kim, J. K., Ulfarsson, G. F., Shankar, V. N., Mannering, F. L., A Note on Modeling Pedestrian-Injury Severity in Motor-Vehicle Crashes with the Mixed Logit Model. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 1751-1758, 2010.
- [46] Sklar, D. P., Demarest, G. B., McFeeley, P., Increased Pedestrian Mortality among the Elderly. *The American journal of emergency medicine*, 7(4), 387-390, 1989.
- [47] Fontaine, H., Gourlet, Y., Fatal Pedestrian Accidents in France: A Typological Analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 29(3), 303-312, 1997.
- [48] Salon, D., McIntyre, A., Determinants of Pedestrian and Bicyclist Crash Severity by Party at Fault in San Francisco, CA. *Accident Analysis & Prevention*, 110, 149-160, 2018.
- [49] Zajac, S. S., Ivan, J. N., Factors Influencing Injury Severity of Motor Vehicle–Crossing Pedestrian Crashes in Rural Connecticut. *Accident Analysis & Prevention*, 35(3), 369-379, 2003.
- [50] Henary, B. Y., Ivarsson, J., Crandall, J. R., The Influence of Age on the Morbidity and Mortality of Pedestrian Victims. *Traffic injury prevention*, 7(2), 182-190, 2006.
- [51] Tay, R., Choi, J., Kattan, L., Khan, A., A Multinomial Logit Model of Pedestrian–Vehicle Crash Severity. *International Journal of Sustainable Transportation*, 5(4), 233-249, 2011.
- [52] Loo, B. P., Tsui, K. L., Pedestrian Injuries in an Ageing Society: Insights from Hospital Trauma Registry. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 66(4), 1196-1201, 2009.
- [53] Watanabe, R., Katsuhara, T., Miyazaki, H., Kitagawa, Y., Yasuki, T., Research of the Relationship of Pedestrian Injury to Collision Speed, Car-Type, Impact Location and Pedestrian Sizes using Human FE Model (THUMS Version 4), Report No: 2012-22-0007, SAE Technical Paper, 2012.
- [54] Jang, K., Park, S. H., Kang, S., Song, K. H., Chung, S., Evaluation of Pedestrian Safety: Geographical Identification of Pedestrian Crash Hotspots and Evaluating Risk Factors for Injury Severity. In *Transportation Research Board 92nd Annual Meeting*, Transportation Research Board of the National Academies, 2013.
- [55] Aziz, H. A., Ukkusuri, S. V., Hasan, S., Exploring the Determinants of Pedestrian–Vehicle Crash Severity in New York City. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 1298-1309, 2013.
- [56] Harruff, R. C., Avery, A., Alter-Pandya, A. S., Analysis of Circumstances and Injuries in 217 Pedestrian Traffic Fatalities. *Accident Analysis & Prevention*, 30(1), 11-20, 1998.
- [57] Islam, S., Hossain, A. B., Comparative Analysis of Injury Severity Resulting from Pedestrian–Motor Vehicle and Bicycle-Motor Vehicle Crashes on Roadways in Alabama. *Transportation research record*, 2514(1), 79-87, 2015.

- [58] Li, D., Ranjitkar, P., Zhao, Y., Yi, H., Rashidi, S., Analyzing Pedestrian Crash Injury Severity under Different Weather Conditions. *Traffic injury prevention*, 18(4), 427-430, 2017.
- [59] Oxley, J., Fildes, B., Ihsen, E., Charlton, J., Day, R., Differences in Traffic Judgements between Young and Old Adult Pedestrians. *Accident Analysis & Prevention*, 29(6), 839-847, 1997.
- [60] Maring, W., Van Schagen, I., Age Dependence of Attitudes and Knowledge in Cyclists. *Accident Analysis & Prevention*, 22(2), 127-136, 1990.
- [61] DeLucia, P. R., Bleckley, M. K., Meyer, L. E., Bush, J. M., Judgments about Collision in Younger and Older Drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 6(1), 63-80, 2003.
- [62] Dommès, A., Cavallo, V., Vienne, F., Aillerie, I., Age-Related Differences in Street-Crossing Safety before and after Training of Older Pedestrians. *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 42-47, 2012.
- [63] Harrell, W. A., Precautionary Street Crossing by Elderly Pedestrians. *The International Journal of Aging and Human Development*, 32(1), 65-80, 1991.
- [64] Wazana, A., Rynard, V. L., Raina, P., Krueger, P., Chambers, L. W. Are Child Pedestrians at Increased Risk of Injury on One-Way Compared to Two-Way Streets?. *Canadian Journal of Public Health*, 91(3), 201-206, 2000.
- [65] Yasmin, S., Eluru, N., Ukkusuri, S. V., Alternative Ordered Response Frameworks for Examining Pedestrian Injury Severity in New York City. *Journal of Transportation Safety & Security*, 6(4), 275-300, 2014.
- [66] Haleem, K., Alluri, P., Gan, A., Analyzing Pedestrian Crash Injury Severity at Signalized and Non-Signalized Locations. *Accident Analysis & Prevention*, 81, 14-23, 2015.
- [67] Sarkar, S., Tay, R., Hunt, J. D., Logistic Regression Model of Risk of Fatality in Vehicle-Pedestrian Crashes on National Highways in Bangladesh. *Transportation Research Record*, 2264(1), 128-137, 2011.
- [68] Öström, M., Eriksson, A., Pedestrian Fatalities and Alcohol. *Accident Analysis & Prevention*, 33(2), 173-180, 2001.
- [69] DaSilva, M. P., Smith, J. D., Najm, W. G., Analysis of Pedestrian Crashes, Publication No: DOT-VNTSC-NHTSA-02-02, U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, United States, 2003.
- [70] Sciortino, S., Chiapello, E., Environmental, Behavioral, and Demographic Factors that Affect the Severity of Pedestrian Injuries. *AAP*, 37, 357-68, 2005.
- [71] Spainhour, L. K., Wootton, I. A., Modeling Fault in Fatal Pedestrian Crashes by Using Various Data Sources. *Transportation Research Record*, 2002(1), 64-71, 2007.
- [72] Struik, M., Alexander, K., Cave, T., Fleming, A., Lyttle, J., Stone, A., Pedestrian Accident Project Report No. 4: Literature Review of Factors Contributing to Pedestrian Accidents (No. GR/88/8), 1988.

- [73] Oxley, J., Lenné, M., Corben, B., The Effect of Alcohol Impairment on Road-Crossing Behaviour. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 9(4), 258-268, 2006.
- [74] Lefler, D. E., Gabler, H. C., The Fatality and Injury Risk of Light Truck Impacts With Pedestrians in The United States. *Accident Analysis & Prevention*, 36(2), 295-304, 2004.
- [75] Matsui, Y., Effects of Vehicle Bumper Height and Impact Velocity on Type of Lower Extremity Injury in Vehicle–Pedestrian Accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 37(4), 633-640, 2005.
- [76] Pasanen, E., Salmivaara, H., Driving Speeds and Pedestrian Safety in the City of Helsinki. *Traffic Engineering and Control*, 34(6), 308-310, 1993.
- [77] Davis, G. A., Relating Severity of Pedestrian Injury to Impact Speed in Vehicle-Pedestrian Crashes: Simple Threshold Model. *Transportation Research Record*, 1773(1), 108-113, 2001.
- [78] Leden, L., Gårder, P., Johansson, C., Safe Pedestrian Crossings for Children and Elderly. *Accident Analysis & Prevention*, 38(2), 289-294, 2006.
- [79] Starnes, M., Longthorne, A., Child Pedestrian Fatality Rates by Striking Vehicle Body Type: A Comparison of Passenger Cars, Sport Utility Vehicles, Pickups, and vans, Publication No: HS-809 640, United States 2003.
- [80] Cuerden, R., Richards, D., Hill, J., Pedestrians and Their Survivability at Different Impact Speeds. In *Proceedings of the 20th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles*, Lyon, France, Paper No: 07-0440, 2007.
- [81] Leaf, W. A., Preusser, D. F., Literature Review on Vehicle Travel Speeds and Pedestrian Injuries. US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, 1999.
- [82] Limpert, R., Motor Vehicle Crash Reconstruction and Cause Analysis, Michie Company, United States, 1994.
- [83] Rosén, E., Stigson, H., Sander, U., Literature Review of Pedestrian Fatality Risk as A Function of Car Impact Speed. *Accident Analysis & Prevention*, 43(1), 25-33, 2011.
- [84] Oh, C., Kang, Y. S., Kim, B., Kim, W., Analysis of pedestrian-vehicle crashes in Korea. In 84th Annual Meeting, Transportation Research Board of the National Academies, 2005.
- [85] Anderson, R. W., McLean, A. J., Farmer, M. J. B., Lee, B. H., Brooks, C. G., Vehicle Travel Speeds and the Incidence of Fatal Pedestrian Crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 29(5), 667-674, 1997.
- [86] Pour-Rouholamin, M., Zhou, H., Investigating the Risk Factors Associated with Pedestrian Injury Severity in Illinois. *Journal of Safety Research*, 57, 9-17, 2016.
- [87] Verzosa, N., Miles, R., Severity of Road Crashes Involving Pedestrians in Metro Manila, Philippines. *Accident Analysis & Prevention*, 94, 216-226, 2016.

- [88] Garber, N. J., Lienau, T., Traffic and Highway Geometric Characteristics associated with Pedestrian Crashes in Virginia, Report No: 96-R29, Virginia Transportation Research Council, United States, 1996.
- [89] LaScala, E. A., Gerber, D., Gruenewald, P. J., Demographic and Environmental Correlates of Pedestrian Injury Collisions: A Spatial Analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 32(5), 651-658, 2000.
- [90] Zahabi, S. A. H., Strauss, J., Manaugh, K., Miranda-Moreno, L. F., Estimating Potential Effect of Speed Limits, Built Environment, and other Factors on Severity of Pedestrian and Cyclist Injuries in Crashes. *Transportation Research Record*, 2247(1), 81-90, 2011
- [91] Ivan, J. N., Garder, P. E., Zajac, S. S. Finding Strategies to Improve Pedestrian Safety in Rural Areas, 2001.
- [92] Ukkusuri, S., Miranda-Moreno, L. F., Ramadurai, G., Isa-Tavarez, J., The Role of Built Environment on Pedestrian Crash Frequency. *Safety Science*, 50(4), 1141-1151, 2012.
- [93] Abdel-Aty, M., Keller, J., Exploring The Overall and Specific Crash Severity Levels at Signalized Intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 37(3), 417-425, 2005.
- [94] Siddiqui, N. A., Chu, X., Guttenplan, M., Crossing Locations, Light Conditions, and Pedestrian Injury Severity. *Transportation Research Record*, 1982(1), 141-149, 2006.
- [95] Pitt, R., Guyer, B., Hsieh, C. C., Malek, M., The Severity of Pedestrian Injuries in Children: An Analysis of the Pedestrian Injury Causation Study. *Accident Analysis & Prevention*, 22(6), 549-559, 1990.
- [96] Agran, P. F., Winn, D. G., & Anderson, C. L., Differences in Child Pedestrian Injury Events by Location. *Pediatrics*, 93(2), 284-288, 1994.
- [97] Tulu, G. S., Washington, S., Haque, M. M., King, M. J., Injury Severity of Pedestrians Involved in Road Traffic Crashes in Addis Ababa, Ethiopia. *Journal of Transportation Safety & Security*, 9(1), 47-66, 2017
- [98] Miles-Doan, R., Alcohol Use among Pedestrians and the Odds of Surviving an Injury: Evidence from Florida Law Enforcement Data. *Accident Analysis & Prevention*, 28(1), 23-31, 1996.
- [99] Sullivan, J. M., Flannagan, M. J., Differences in Geometry of Pedestrian Crashes in Daylight and Darkness. *Journal of Safety Research*, 42(1), 33-37, 2011.
- [100] Tarko, A., Azam, M. S., Pedestrian Injury Analysis with Consideration of the Selectivity Bias in Linked Police-Hospital Data. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1689-1695, 2011.
- [101] Marshall, W. E., Garrick, N. W., Hansen, G., Reassessing On-Street Parking. *Transportation Research Record*, 2046(1), 45-52, 2008.
- [102] Noland, R. B., Quddus, M. A., Analysis of Pedestrian and Bicycle Casualties with Regional Panel Data. *Transportation Research Record*, 1897(1), 28-33, 2004.

- [103] Savolainen, P. T., Mannering, F. L., Lord, D., Quddus, M. A., The Statistical Analysis of Highway Crash-Injury Severities: A Review and Assessment of Methodological Alternatives. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1666-1676, 2011.
- [104] Krull, K. A., Khattak, A. J., Council, F. M., Injury Effects of Rollovers and Events Sequence in Single-Vehicle Crashes. *Transportation Research Record*, 1717(1), 46-54, 2000.
- [105] Toy, E. L., Hammitt, J. K., Safety Impacts of SUVs, Vans, and Pickup Trucks in Two-Vehicle Crashes. *Risk Analysis: An International Journal*, 23(4), 641-650, 2003.
- [106] Rifaat, S. M., Tay, R., Effects of Street Patterns on Injury Risks in Two-Vehicle Crashes. *Transportation Research Record*, 2102(1), 61-67, 2009.
- [107] Haleem, K., Abdel-Aty, M., Examining Traffic Crash Injury Severity at Unsignalized Intersections. *Journal of Safety Research*, 41(4), 347-357, 2010.
- [108] Greene, W. H. *Econometric Analysis*. Pearson Education India, 2003.
- [109] Türkiye İstatistik Enstitüsü. Nüfus İstatistikleri. Türkiye, 2019. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059
- [110] Peduzzi, P., Concato, J., Kemper, E., Holford, T. R., Feinstein, A. R., A Simulation Study of the Number of Events per Variable in Logistic Regression Analysis. *Journal of clinical epidemiology*, 49(12), 1373-1379, 1996.
- [111] Moons, K. G., de Groot, J. A., Bouwmeester, W., Vergouwe, Y., Mallett, S., Altman, D. G., ... Collins, G. S., Critical Appraisal and Data Extraction for Systematic Reviews of Prediction Modelling Studies: The CHARMS Checklist. *PLoS Medicine*, 11(10), 2014.
- [112] Pavlou, M., Ambler, G., Seaman, S., De Iorio, M., Omar, R. Z., Review and Evaluation of Penalised Regression Methods for Risk Prediction in Low-Dimensional Data with Few Events. *Statistics in Medicine*, 35(7), 1159-1177, 2015.
- [113] Vittinghoff, E., McCulloch, C. E. Relaxing the Rule of Ten Events per Variable in Logistic and Cox Regression. *American journal of epidemiology*, 165(6), 710-718, 2007.

