



Sabit Cisme Çarpmaya Bağlı Trafik Kazalarında Etkili Parametrelerin Faktöriyel Tasarım Yöntemi ile Belirlenmesi

Determination of the Parameters Effective in Traffic Accidents with Fixed Objects by Factorial Design Method

Merve Burçin Cenikli¹ , Ali Payıdar Akgüngör² 

¹ Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Ankara, TÜRKİYE

² Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 71451 Kırıkkale, TÜRKİYE

Başyuru / Received: 11/09/2019

Kabul / Accepted: 25/10/2019

Çevrimiçi Basım / Published Online: 04/11/2019

Son Versiyon/Final Version: 31/01/2020

Öz

Duyarlılık analizi, seçilen modele ait birbirinden bağımsız değişkenlerin tekil etkilerini ya da bu değişkenlerin birbiri ile etkileşimlerinin model üzerindeki etkisini görmek üzere geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu çalışmada ortalama günlük trafik hacmi (ADT), şerit genişliği (W), yol kenarı alanı (C), sabit nesnenin banketten uzaklığı (D), arazi durumu (T) parametrelerini içeren 5 değişkene sahip bir kaza modeline ait parametrelerin kaza üzerindeki tekli ve çoklu etkileşimleri faktöriyel tasarım metodu ile belirlenmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. Etkili parametrelerin belirlenmesinde faktöriyel tasarım esaslarına göre hesaplanan parametre etkileri ve bunların etkileşimleri Box ve diğ. tarafından belirtilen şekilde normal dağılım grafiğinde gösterilerek ve mutlak standart sapmaların Henderson-Sellers tarafından kullanıldığı şekilde birincil ve ikincil olarak kategorize edilerek belirlenmiştir. Modele ait tekil parametreler içinde parametre etkisi en fazla olan değişken sırasıyla ortalama günlük trafik hacmi (ADT), sabit nesnenin banketten uzaklığı (D) ve şerit genişliği (W) olarak bulunmuştur. Çoklu etkileşimler göz önüne alındığında ise şerit genişliği-sabit nesnenin banketten uzaklığı (W-D) ve ortalama günlük trafik hacmi-sabit nesnenin banketten uzaklığı (ADT-D) birlikteliğinin etkisinin sabit bir cisme çarpa şeklinde meydana gelen kazalarda en etkili parametre etkileşimi olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler

“Trafik kaza modeli, faktöriyel tasarım yöntemi, duyarlılık analizi, ortalama günlük trafik “

Abstract

The sensitivity analysis is a method developed to examine the singular impacts of independent variables or the impacts of interactive relations between the independent variables on a selected model. In this study, the single and multiple interactions of parameters on an accident model with 5 variables including average daily traffic volume (ADT), lane width (W), roadside area (C), the distance of fixed positioned object to shoulder (D) and terrain condition (T) are determined by factorial design method and solutions are offered. In the determination of the effective parameters, parameter affects and their interactions calculated according to factorial design method principles are shown on the normal distribution graphic as it is addressed by Box et al. and categorized as primary and secondary importance in respect to use of absolute standard deviation by Henderson-Sellers. The most effective singular parameter variables related to the model are stated as average daily traffic volume (ADT), the distance of fixed positioned object to shoulder (D) and lane width (W), respectively. Considering the multiple interactions, lane width-the distance of fixed positioned object to shoulder (W-D) and average daily traffic volume-the distance of fixed positioned object to shoulder (ADT-D) association effects are indicated as the most effective parameter interactions for fixed object accidents.

Key Words

“Traffic accident model, factorial design method, sensitivity analysis, average daily traffic.”

1. Giriş

Hareketliliğin arttığı dünyamızda trafik her geçen gün yaşantımızı kolaylaştırıcı bir etkiye sahip olurken aynı zamanda ciddi bir sorun da oluşturmaktadır. Ülkemizde araç sahipliği hızla artmakta ve bu durum trafik sıkışıklığını, hava kirliliğini, trafikte geçen zaman kaybındaki artışı ve trafik kazalarını beraberinde getirmektedir. Ülkemiz farklı ulaştırma sistemlerine sahip olmasına rağmen en yoğun olarak kullanılan sistem karayolu ulaştırma sistemidir. Ülkemizdeki ulaştırma yük ve yolcu taşımacılığı olarak iki sınıfta incelendiğinde, yük taşımacılığı sınıfında sırası ile karayolu ulaşımı %89.20, denizyolu ulaşımı %6.00, demiryolu ulaşımı %4.80 ve yolcu taşımacılığında karayolu ulaşımı %88.80, denizyolu ulaşımı %0.60, demiryolu ulaşımı %1.20 ve havayolu ulaşımına %9.40 oranında ağırlık göstermiştir (KGM, 2018). İstatistiki verilerden de anlaşıldığı üzere ülkemizde karayolu ağırlıklı bir ulaştırma sistemi mevcuttur ki bu da trafik kazalarının her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Trafik kazaları, hem sebep oldukları can kayıpları hem de ekonomiye getirdiği yük açısından ülkemiz için önemli bir toplumsal sorundur. Dünya Bankasının yaptığı bir araştırmaya göre Türkiye'nin trafik kazaları sonucunda meydana gelen zararların sosyo-ekonomik maliyeti Gayri Safi Milli Hasılabın yaklaşık % 2,2'sini oluşturmaktadır (Çarıkçı,2013).

Yol tasarımı ile ilgili planlama ve geliştirilecek yeni projeler için trafik güvenliği ile ilgili yapılmış çalışmalar ve kaza tahmin modelleri önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Gelecekteki trafik güvenliği politikaları oluşturulmasında ve trafik güvenliği ile ilgili çalışmalarda istatistiki veriler ve kaza tahmin modelleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatürde farklı unsurları içerisinde barındıran birçok kaza modeli bulunmaktadır. Ancak,1938 yılındaki birçok ülke verileri kullanılarak ölüm, araç sayısı ve nüfus parametrelerini içeren ve Smeed(1968) tarafından geliştirilen Denklem 1' de verilen trafik kaza modeli literatürde yer alan en eski modellerden birisidir.

$$F=k.M^{0,33}.I^{0,67} \quad (1)$$

F : Ölü sayısı

M :Araç sayısı

I :Nüfus

k : Ülke bazında değişen katsayı

Denklem 1'de gösterilen bu model literatürde Smeed Kanunu olarak da bilinmektedir. Ancak bu modelde verilerin bir yıllık olması ve ülkeler bazında değişkenlik gösterebilmesinden dolayı Andreassen (1985) tarafından eleştirilmiş ve farklı bir model önerilmiştir. Mekky (1985) gelişmekte olan ülkelerde hızlı artan araç sahipliği ile beraber artan ölüm oranı arasındaki ilişkiyi incelemiş ve bir model geliştirmiştir. Partyka (1984) ise iş ve nüfus verilerine bağlı bir kaza modeli önermiştir. Valli (2005) Hindistan ve büyük şehirleri için Smeed ve Andreassen modelleri yardımıyla yeni kaza tahmin modelleri önererek kaza ve ölüm sayıları hakkında tahminlerde bulunmuştur. Yine benzer şekilde Akgüngör ve Doğan (2008) Smeed ve Andreassen modelleri yardımıyla Türkiye'de kullanılmak üzere kaza, ölü ve yaralı sayılarını tahmin eden kaza tahmin modelleri geliştirmişlerdir. Bir başka çalışmada ise Camkesen (1998) İstanbul'da belirlenen kesitlerde meydana gelen kazaları alan yöntemi ile incelenmiş ve kaza raporlarına göre simülasyon modelleme metodu kullanılarak kaza modelleri geliştirmiştir. Mirasyedi (2006) ise çalışmasında Türkiye'de meydana gelen kazalarla mevsimler arasındaki ilişkisini incelemiş ve regresyon analizi yardımıyla kaza modelleri geliştirerek her mevsim için yaralı –kaza sayısı eğrilerini oluşturmuştur. Yapay zeka teknikleri trafik kaza tahminlerinde de kullanılmış ve Bağırhan (2006) tarafından iki şeritli şehirlerarası bölünmemiş yollar için kazaya etki eden yol geometrik özellikleri bulanık mantık (fuzzy) yaklaşımı ile incelenerek yeni bir model önerilmiştir. Doğan (2007) regresyon analizi, yapay sinir ağları ve genetik algoritma teknikleri ile Türkiye'de meydana gelen kazalar için ölü ve yaralı sayılarını tahmin etmek üzere Smeed ve Andreassen model formlarını kullanarak kaza tahmin modelleri geliştirmiştir. Çalışmasında kazalara etki eden faktörleri inceleyerek, bu faktörlerin birbiri ile olan ilişkisini araştırmıştır. Bir diğer çalışmada ise Çodur (2012) Erzurum ili için kaza veri tabanı oluşturmuş ve bu veri sonuçları ile Yapay Sinir Ağları, Genelleştirilmiş Lineer Regresyon Analizi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yöntemleri karşılaştırılarak etkili parametreleri araştırmıştır. Diğer bir çalışmada ise literatürde birçok araştırmacı tarafından farklı kaza modelleri geliştirilse de Denklem 2'de verilen ve Zegeer ve diğ. (1987) tarafından geliştirilen model formu, trafik kazalar üzerinde etkili olan yol geometrisi, trafik parametreleri ve çevre faktörü etkisini (arazi yapısı) de göz önünde alması sebebiyle bu konuda yapılan en kapsamlı çalışmalardan birisidir.

$$KS=0.0019.(YOGT). (0,8786)^W.(0,9192)^{PA}.(0,9316)^{UP}.(1,2365)^H.(0,8822)^{TER1}.(1,3221)^{TER2} \quad (2)$$

Burada;

KS :Kaza sayısı(Kaza/Mil/Yıl)

YOGT:İki yöndeki yıllık ortalama günlük trafik(taşıt/gün)

W : Şerit genişliği(ft.)

PA : Kaplamalı banket genişliği (ft.)

UP : Kaplamasız banket genişliği(ft.)

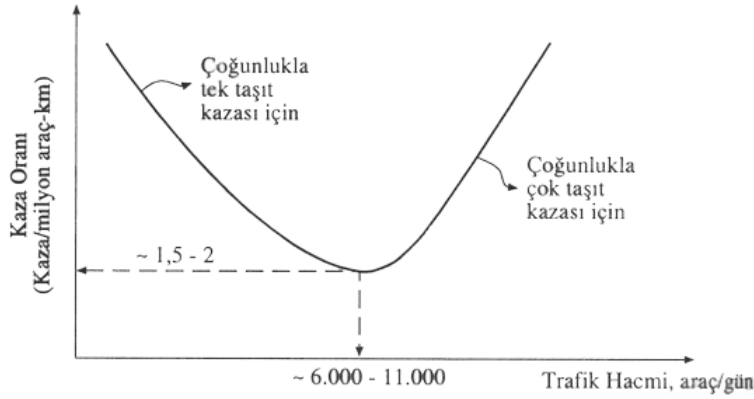
H : Yol Kenarı tehlike derecesi(1-7 aralığı)

TER1 : Düz arazi durumu için 1; diğer 0

TER2 : Engebeli arazi durumu için 1; diğer 0

Trafik kazalarının meydana gelmesinde kuşkusuz trafik hacmi önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle literatürde yapılan birçok çalışma ve geliştirilen kaza modelleri trafik hacmi üzerine yoğunlaşmıştır. Şekil.1'de görüldüğü üzere, YOGT ile kaza oranı arasında V harfine benzer bir ilişki görülmektedir. Trafik hacmi azken hıza bağlı olarak tek aracın karıştığı kaza sayısı artarken

trafik hacminin artmasıyla birlikte tek aracın karıştığı kazalar için kaza oranı azalmakta ancak, artan trafik hacminden dolayı çoklu araç kazalarına bağlı olarak kaza oranı artmaktadır. Çoklu taşıt kazaları daha çok çarpışma ve hacim artışından dolayı yoldan çıkma vb. sebeplerle oluşmaktadır.



Şekil 1. YOGT ile kaza oranı ilişkisi [Tunç, 2004]

Şerit genişliği, banket genişliği, platform genişliği, yol platformunun bölünmüş olup olmaması ve yol üzerinde bir kavşağın mevcut olup olmaması, yatay düşey kurların varlığı ve bu kurların yarıçapları, yol yüzeyinin yapısı ve eğimi gibi yol ile ilgili faktörlerde kaza oluşumunda etkili olan yol parametreleridir. Şerit genişliği yoldan çıkma, karşı yön ve aynı yönde çarpışma şeklindeki kazaları oldukça etkilemektedir. Şerit genişliği arttıkça kaza sayılarında azalma gözlemlenirken, hızla bağlı kazaların atışına da neden olabilmektedir. Kazalar için banketin varlığı, banket kaplamasının tipi ve banket genişliği önemli parametrelerdir. Yoğunluğu fazla bölünmemiş yollarda banket varlığı kaza sayısını azaltmaktadır. Banketlerin kaplamasız ve yol kotundan düşük olması durumunda bu unsur bir tehlike haline gelebilmektedir. Kaplamalı ve banket genişliği 1.8m.' nin üzerinde olması halinde ise kazaların bu şartlarda azalması beklenmektedir. Özellikle şerit genişliği az bölünmemiş bir yolda banket varlığı kazaları büyük ölçüde azaltmaktadır. Kaplamalı banketler kaplamasız olanlara kıyasla kontrolü sağlamak açısından kaza sayılarının azalmasında daha etkilidir. Akgüngör ve Yıldız (2007), kısmi faktöriyel metod yardımıyla Zegeer' in Denklem 2'de verilen kaza modelindeki parametrelerin duyarlılıklarını incelemişler ve inceleme neticesinde trafik hacmine ilave olarak şerit genişliğinin ve kaplamalı banket genişliğinin kazalar üzerinde etkili parametreler olduklarını tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada kullanılan yöntem olan duyarlılık analizi seçilen modele ait birbirinden bağımsız değişkenlerin tekil etkilerini ya da bu değişkenlerin birbiri ile etkileşimlerinin etkisini görmek üzere geliştirilmiştir. Duyarlılık analizlerinde her seferinde tek bir parametrenin değiştirildiği duyarlılık analizi en sık kullanılan yöntemdir. Ancak bu yöntemde sadece seçilen bir parametreye ait sınır değerlerin değiştirilmesi ile model sonuçları değerlendirilmektedir. Bu nedenle parametrelerin birbiri ile etkileşimlerinin görülememesi bu yöntemin en olumsuz yanıdır. Faktöriyel Tasarım Metodu ise bir duyarlılık analizi olarak Box ve diğerleri tarafından geliştirilmiş olup diğer birçok analiz yönteminden farklı olarak parametrelerin birbiri ile etkileşimlerini de göz önüne almaktadır (Box vd. 1978). Faktöriyel tasarım metodu bir modele ait hem tekil parametrelerin etkilerinin incelenmesine hem de bu parametrelerin birbiri ile olan etkileşimlerinin açığa çıkartılmasına olanak sağlamaktadır.

Tarım alanındaki deneysel tasarım araştırmaları için ilk kez faktöriyel tasarım kavramı 1930'lu yıllara dayanmakla birlikte Box ve diğ. tarafından Faktöriyel tasarım metodu geliştirilmiş ve diğer birçok araştırmacı (Henderson-Sellers, 1992 ve 1993; Liang, 1994; Yıldız, 2001; Akgüngör vd. , 2006, Akgüngör, 2011, Akgüngör ve Korkmaz, 2018) tarafından da farklı birçok alanda kullanılmıştır. Faktöriyel tasarım metodu farklı alanlarda kullanılmakla beraber yaygın olarak biyoloji, tıp, kozmetik, tekstil ve mühendislik alanlarında kullanılmaktadır. Sayısız deneyler yapılarak ulaşılabilecek sonuçların faktöriyel tasarım metoduyla oluşturulacak modeller sonucunda ortaya koyulan etkili unsurlar çerçevesinde ele alınarak az sayıda sonuç odaklı çalışmalar yapılmasına olanak sağlamaktadır.

2.Faktöriyel Tasarım Yöntemi

Faktöriyel tasarımlar, denemeler ve bunların birbiri arasındaki kombinasyonlarından oluşmaktadır. Parametreler ve her bir parametre için seçilen düzeylerin iki seviyesi olmaktadır. Bu seviyeler minimum ve maksimum değerler ya da bir parametrenin varlığının olması / olmaması şeklinde ifade edilebilir. Parametre düzeylerinin alt ve üst sınır değerler olduğu bir model için hesaplanan sonuçlar kullanılarak oluşturulan tekil ve çoğul parametre etkileri Normal Dağılım Grafiğinde gösterilerek Box ve diğ. tarafından belirtilen şekilde; yani doğrusal dağılım gösteren tekil yada çoğul parametre etkileşimleri etkisiz iken, doğrudan sapsmiş olan parametre yada parametre etkileşimlerinin modele dair etkili değerler olarak yorumlanır.

Bir modelde k adet parametre ve bu parametrelere ait iki düzey dikkate alınacak ise modele dair 2^k adet deneme olacaktır. Bir başka deyişle 2^k değerinde 2 düzey sayını, k ise faktör/parametre sayısını ifade etmektedir. Dört değişkenli bir model için bu durum şu şekilde açıklanabilir. X, Y, Z, W değişkenlerine ve iki düzeye sahip modelde $2^4=16$ adet deneme olmalıdır. Bu dört parametrenin birbiri ile çoklu etkileşimleri ise (XY), (YZ), (XW), (YZ), (YW), (ZW), (XYZ),(XYW), (XZW), (YZW), (XYZW) şeklinde olmaktadır. Tekil parametrelerin tasarım matrisi Tablo 1.' de gösterilmektedir. Bu matristeki örnekler ile şu şekilde açıklanabilmektedir. Düzey olarak alt ve üst değerler seçilmiş ise 1. deneme olan β_1 denemesi için X,Y,Z ve W faktörleri için

seçilen modelde alt değerler kullanılacakken, β_2 denemesi için X faktörü üst değer Y,Z ve W faktörleri için alt değer kullanılacaktır. Tablo 1’de görülen tekli parametreler için faktöriyel tasarım matrisi değerleri “1” katsayısının işaretleri şeklindedir ve X, Y, Z ve W parametrelerinin birbirleri ile etkileşimleri ve hesaplama matrisi Tablo 2 ile gösterildiği şekilde tekli parametre değerlerinin matematiksel olarak çarpımından oluşmaktadır.

Tablo 1. Tekli parametreler için faktöriyel tasarım matrisi

Deneme	X	Y	Z	W	β
1	-	-	-	-	β_1
2	+	-	-	-	β_2
3	-	+	-	-	β_3
4	+	+	-	-	β_4
5	-	-	+	-	β_5
6	+	-	+	-	β_6
7	-	+	+	-	β_7
8	+	+	+	-	β_8
9	-	-	-	+	β_9
10	+	-	-	+	β_{10}
11	-	+	-	+	β_{11}
12	+	+	-	+	β_{12}
13	-	-	+	+	β_{13}
14	+	-	+	+	β_{14}
15	-	+	+	+	β_{15}
16	+	+	+	+	β_{16}

Tablo 2. Çoklu parametreler için faktöriyel tasarım düzeyleri matrisi.

Deneme	XY	XZ	XW	YZ	YW	ZW	XYZ	XYW	XZW	YZW	XYZW
1	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+
2	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-
3	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	-
4	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+
5	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-
6	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+
7	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+
8	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-
9	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-
10	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+
11	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+
12	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-
13	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+
14	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-
15	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Bu dört faktörün iki düzeyindeki model için $16 \times 11 = 176$ adet deney yapılması gerekmektedir ki bu sayı faktör ve düzey sayısının artması ile ciddi boyutta artabilir ve bu durum maddi olumsuzlukları beraberinde getirmektedir. Faktöriyel tasarım metodu ile modele etki eden düşük ve yüksek etkili parametrelerin belirlenmesi mümkün olacaktır. Bir deneysel tasarımda gerekli olan sınırlı sayıdaki deneme yapılarak para ve zaman boyutlarındaki kayıp azalacaktır.

Bu çalışmada oluşturulan modelde faktörlere ait maksimum ve minimum parametre değerleri olacak şekilde iki düzey esas alınmıştır. Çoklu etkileşim matrisinin oluşturulmasının ardından X, Y, Z ve W faktörlerine ait alt ve üst değerleri belirlenmelidir. Tekil ve çoğul matrislerde (-) işareti minimum değeri, (+) işareti ise maksimum değeri göstermektedir (Denklem 3).

$$E_j = [\sum_i^k S_{ij} \cdot R_i] / N_j \quad (3)$$

Denklem 3’deki E_j değeri ile her tekil parametrenin ve çoğul etkileşimlerinin modele dair etkileri görülebilir. E_j , parametrenin etkisini, k deneme sayısını ($k=16$ yukarıda görülen örnek için); S_{ij} “i” satırı ve “j” kolonunun işaretini, R_i i. deneme ye ait belirlenen sınır değerler için modele ait sonucu ve N_j “j” kolonundaki “+” işaretlerin sayısını göstermektedir. Seçilen modele ait etkili parametreler belirlenerek Box ve diğ. tarafından belirtildiği şekilde Normal Dağılım Grafiği çizilerek doğrusal değerlerin dışında kalan parametrelerin etkin olduğu belirlenmekte ve bu parametreler hakkında gerekli çalışmalar yapılarak sonuca ulaşılmış olunacaktır. Modellere dair uygulanabilecek diğer bir yöntem ise tanımlanan parametreler Henderson-Sellers tarafından kullanılan şekilde birincil ve ikincil derecede öneme sahip olarak kategorize etmektir (Henderson vd.,1992). Bu kategori sıralaması hesaplanan mutlak standart sapmaların ölçüğüne göre belirlenmektedir.

3. Beş faktörlü ve sabit cisimle çarpışma şeklindeki kazalar için geliştirilen bir kaza modelin incelemesi

Duyarlılık analizi için Denklem 4’de verilen kaza modeline iki seviyeli faktöriyel tasarım uygulanmıştır. Bu amaç için modele ait beş parametrenin kullanılan alt ve üst sınır değerleri Tablo3 de verilmiştir. Faktöriyel tasarım metodu esaslarına göre Tablo 1. ve 2.’de belirtildiği şekilde parametrelere dair tekil tasarım ve hesap matrisi oluşturulmuş olup modele ait tekil tasarım matrisi Tablo 4’de verilmektedir

$$CO = 0,00002 * ADT * 0,88 W * 1,10 C * 0,86 D * 1,2 T \quad (4)$$

Burada

ADT: Ortalama günlük trafik hacmi (araç/gün)

W : Şerit genişliği (feet)

C : Yol kenarı alanı (%)

D : Sabit nesnenin banketten uzaklığı (feet)

T : Arazi durumu

olarak ifade edilmektedir.

Tablo 3. Model parametreleri ve parametreler için seçilen alt–üst değerler.

Parametre No	Parametre Adı	Sembol	Alt Değer	Üst Değer
1	Ortalama günlük trafik hacmi	ADT	500	10.000
2	Şerit genişliği	W	8	12
3	Yol kenarı alanı	C	0,10	0,30
4	Sabit nesnenin banketten uzaklığı	D	1	12
5	Arazi durumu (Dağlık 1, diğer 0)	T	0	1

Tablo 4. Parametrelere dair tekil tasarım matrisi

Deneme	1(ADT)	2(W)	3(C)	4(D)	5(T)
1	-	-	-	-	-
2	+	-	-	-	-
3	-	+	-	-	-
4	+	+	-	-	-
5	-	-	+	-	-
6	+	-	+	-	-
7	-	+	+	-	-
8	+	+	+	-	-
9	-	-	-	+	-
10	+	+	-	+	-
11	-	+	-	+	-
12	+	+	-	+	-
13	-	-	+	+	-
14	+	-	+	+	-
15	-	+	+	+	-
16	+	+	+	+	-
17	-	-	-	-	+
18	+	-	-	-	+
19	-	+	-	-	+
20	+	+	-	-	+
21	-	-	+	-	+
22	+	-	+	-	+
23	-	+	+	-	+
24	+	+	+	-	+
25	-	-	-	+	+
26	+	-	-	+	+
27	-	+	-	+	+
28	+	+	-	+	+
29	-	-	+	+	+
30	+	-	+	+	+
31	-	+	+	+	+
32	+	+	+	+	+

Tablo 5. Hesaplama matrisi ve çoklu parametre etkileri

Deneme	12	13	14	15	23	24	25	34	35	45	123	124	125	134	135	145	234	235	245	345	1234	1235	1245	1345	2345	12345	
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-
2	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
3	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
4	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-
5	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+
6	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-
7	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-
8	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+
9	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+
10	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-
11	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-
12	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+
13	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	-
14	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+
15	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+
16	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
17	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+
18	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-
19	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-
20	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+
21	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-
22	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-	+	+
23	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	-	+
24	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
25	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-
26	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+
27	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+
28	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-
29	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+
30	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-
32	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

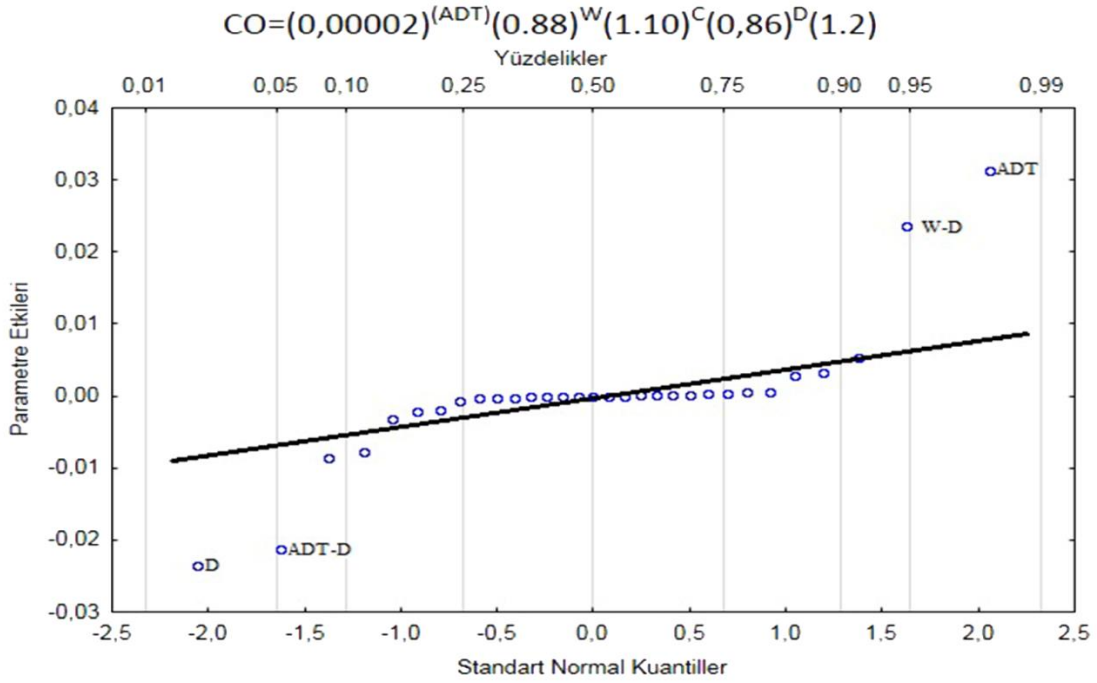
Tablo 5’de ortalama günlük trafik hacmi, şerit genişliği, yol kenarı alanı, sabit nesnenin banketten uzaklığı ve arazi durumu parametreleri için etkileşim parametreleri, tekil parametre matrisindeki duyarlılık işaretlerinin cebirsel çarpımı olacak şekilde hesaplama matrisi oluşturulmuştur.

Model parametrelerine ait iki düzeyli faktöriyel tasarım metodu uygulanarak her bir parametre için Tablo 3’ de belirtilen maksimum ve minimum değerler için modele ait kaza sayıları hesaplanarak tekli-çoğul parametre etkileşimlerinin kaza sayısı ile ilişkileri ise Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Parametre etkileri

Deneme No	Kaza Sayısı	Parametre ve Etkileşimleri	Parametre Etkileri	Mutlak Sapma
1	0,0031	1	0,03136	3,71671
2	0,0624	2	-0,00867	1,02796
3	0,0019	3	0,00033	0,03915
4	0,0375	4	-0,02358	2,79431
5	0,0032	5	0,00315	0,37345
6	0,0637	12	-0,00785	0,93006
7	0,0019	13	0,00030	0,03542
8	0,0382	14	-0,02134	2,52819
9	0,0006	15	0,00285	0,33788
10	0,0119	23	-0,00033	0,03915
11	0,0004	24	0,02358	2,79431
12	0,0071	25	-0,00315	0,37345
13	0,0006	34	-0,00022	0,02663
14	0,0121	35	0,00003	0,00356
15	0,0004	45	-0,00214	0,25403
16	0,0073	123	-0,00007	0,00886
17	0,0037	124	0,00534	0,63265
18	0,0749	125	-0,00071	0,08455
19	0,0022	134	-0,00020	0,02410
20	0,0449	135	0,00003	0,00322
21	0,0038	145	-0,00194	0,22984
22	0,0764	234	0,00006	0,00666
23	0,0023	235	-0,00001	0,00089
24	0,0458	245	0,00054	0,06357
25	0,0007	345	-0,00002	0,00242
26	0,0143	1234	0,00005	0,00603
27	0,0004	1235	-0,00001	0,00081
28	0,0086	1245	0,00049	0,05751
29	0,0007	1345	-0,00002	0,00219
30	0,0145	2345	0,00001	0,00061
31	0,0004	12345	0,00000	0,00055
32	0,0087			

Tablo 6’de hesaplanan parametre etkileri Box ve diğ. belirttiği şekilde normal olasılık ölçeğinde grafik ortamına geçirilerek Şekil 2 oluşturulmuştur. Şekil 2’den de görüleceği üzere parametre etkileri normal dağılım grafiğinde gösterilmiş olup bu grafik yardımı ile modele dair en etkili tekil ve çoğul parametrelerin bulunması amaçlanmıştır. Modele ait tekil parametre etkisi en fazla olan faktörler sırasıyla ADT (Ortalama günlük trafik hacmi), D (Sabit nesnenin banketten uzaklığı) şeklinde bulunmuştur. Çoğul etkileşimler göz önüne alındığında ise Şerit genişliği-Sabit nesnenin banketten uzaklığı (W-D) ve ortalama günlük trafik hacmi-sabit nesnenin banketten uzaklığı (ADT-D) birlikteliğinin etkisi görülmektedir.



Şekil 2. Beş faktörlü (Sabit cisimle çarpışma şeklindeki kazalar) modeli için normal olasılık ölçeğinde çizilen parametre etkileri

Modele ait parametre etkilerini belirlemede kullanılan ve diğer bir yöntem olan mutlak standart sapmalara göre (Henderson-Sellers tarafından kullanıldığı şekilde) model parametreleri birincil ve ikincil olarak kategorize edilmiştir. Mutlak standart sapmalara göre kategorize edildiğinde sabit bir cisme çarpma şeklinde oluşan kazalar için Tablo 6 ve 7'den de görüleceği üzere tekil parametreler için $|4\sigma|$ (4 standart sapma) değerine sahip en etkili tekil parametre ADT (Ortalama günlük trafik hacmi), ikincil olarak $|3\sigma|$ (3 standart sapma) değerine sahip D (Sabit nesnenin banketten uzaklığı) ve $|\sigma|$ (1 standart sapma) değerine sahip W (Şerit genişliği) bulunmuştur. Çoklu parametre etkileşimlerinde ise W-D (Şerit genişliği-Sabit nesnenin banketten uzaklığı) birlikteliği ile ADT-D (Ortalama günlük trafik hacmi-Sabit nesnenin banketten uzaklığı) birlikteliği bulunmuştur.

Tablo 7. Parametreler için $|\sigma|$, $|3\sigma|$ ve $|4\sigma|$ değerlerindeki etkiler.

Parametreler	1.Derece Etkili $ 4\sigma $	2. Derece Etkili	
		$ 3\sigma $	$ \sigma $
ADT	Ortalama günlük trafik hacmi	√	
D	Sabit nesnenin banketten uzaklığı		√
W-D	Şerit genişliği-Sabit nesnenin banketten uzaklığı		√
ADT-D	Ortalama günlük trafik hacmi-Sabit nesnenin banketten uzaklığı		√
W	Şerit genişliği		√

4. Sonuçlar

Bu çalışma sabit cisme çarpma şeklinde gerçekleşen kazalara dair ortalama günlük trafik hacmi, şerit genişliği, yol kenarı alanı, sabit nesnenin banketten uzaklığı, arazi durumu parametrelerini içeren seçilen model için faktöriyel tasarım yöntemi yardımıyla en etkili parametreyi tespit ederek trafik güvenliği adına en uygun çözüm önerisini sunmayı amaçlamıştır.

Sabit cisme çarpma şeklindeki kazalar için en etkili parametre olarak ortalama günlük trafik hacmi (ADT) bulunmuştur. İkincil olarak etkili parametreler standart sapma yöntemi aracılığı ile sabit nesnenin banketten uzaklığı (D) ve şerit genişliği (W) olurken çoklu etkileşimlerde ise şerit genişliği-sabit nesnenin banketten uzaklığı (W-D) ve ortalama günlük trafik hacmi-sabit nesnenin banketten uzaklığı (ADT-D) birlikteliği olduğu görülmüştür. Normal dağılım grafiği yöntemi ile standart sapma metodu aracılığıyla belirlenen etkili parametreler birbiri ile paralel olup; tekil etkide ortalama günlük trafik hacmi (ADT), sabit nesnenin

banketten uzaklığı (D), çoklu parametre etkileşimlerinde ise şerit genişliği-sabit nesnenin banketten uzaklığı (W-D) ve ortalama günlük trafik hacmi-sabit nesnenin banketten uzaklığı (ADT-D) bulunmuştur.

Bir yol üzerinde seyreden taşıt sayısının artması yolda meydana gelebilecek potansiyel kaza riskini de arttıracaktır. Bu nedenle çoğu kaza modellerine günlük trafik hacmi temel bir değişken olarak modellere dahil edilmiştir. Bu çalışmadan da elde edilen bulgular, kazaların meydana gelmesinde en etkili olan parametrenin kuşkusuz araç sayısı olduğunu doğrulamaktadır. Özellikle yol kenarında sabit bir cisme çarpma şeklinde meydana gelen kazaların önlenmesinde yol kenarındaki banketin varlığı, sonrasında ise banket ile cisim arasındaki mesafenin fazlalığı kazanın önlemede manevra kabiliyeti açısından önemlidir. Sabit cisme çarparak gerçekleşebilecek kazalarda sabit cismin banketten uzak olması ve şerit genişliğinin fazla olması halinde kaza olma olasılığı ve kaza şiddeti azalmaktadır. Yine aynı şekilde kaybedilen araç hakimiyeti şerit içerisinde ya da banket-cisim arasında kontrol altına alınabilmektedir. Bu nedenle yol kenarı ile ilgili tehlikesiz alanlar oluşturulması, banketin varlığı ve şerit genişliğinin trafik güvenliği üzerindeki etkisi dikkate alınarak projelendirilme yapılması kaza sayılarında önemli bir oranda azalmaları beraberinde getirecektir. Öte yandan sabit nesnenin bankete yakın olması veya banketin bulunmaması yoğun trafik hacmine sahip olan yollarda kaza riskini arttıracaktır.

Referanslar

Akgüngör, A.P., Yıldız, O., Demirel A., (2006) A sensitivity analysis of the HCM 2000 delay model with the factorial design method. Turkish Journal of Engineering and Environmental Science, 30(4), 259-267.

Akgüngör, A.P., Yıldız, O., (2007) Sensitivity analysis of an accident prediction model by the fractional factorial method. Accident Analysis and Prevention, 39(1), 63-68.

Akgüngör A.P., Doğan E., (2008). Smeed ve Andreassen kaza modellerinin Türkiye uygulaması: Farklı senaryo analizleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi 23(4), 821-827.

Akgüngör A.P., (2011) Webster modeline ait parametrelerin gecikme üzerindeki etkisinin faktöriyel tasarım yöntemi ile incelenmesi, 9. Ulaştırma Kongresi, 16-18 Mayıs 2011, Beşiktaş, İstanbul.

Akgüngör, A. P., Korkmaz, E., (2018) Investigating parameter interactions with the factorial design method: Webster's optimal cycle length model, Technical Gazette, 25, Suppl. (2), 2018, 391-395 DOI: <https://doi.org/10.17559/TV-20170908185847>

Andreassen D.C., (1985). Linking deaths with vehicles and population, Traffic Engineering & Control, 26(11), 547-549.

Bağırhan N. (2006). Şehirlerarası karayollarında trafik güvenliği tahmini, Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

Box, G.E.P., Hunter, W.G., Hunter, J.S., (1978), Statistics for experimenters: An introduction to design, data analysis and model building, Wiley and Sons.

Camkesen N., (1998) Trafik kaza analizleri ve kaza tahmin modelleri, Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul,

Çarıkcı M.K. (2013). Bölünmüş yol çalışmalarının trafik kazaları üzerine etkisinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

Çodur M.Y., (2012), Trafik kaza tahmin modelleri: Erzurum ili çevre karayolları için uygulamalar. Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Doğan E., (2007), Regresyon analizi ve yapay zekâ yaklaşımı ile Türkiye ve seçilen bazı büyük iller için trafik kaza tahmin modelleri, Yüksek lisans tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.

Henderson-Sellers, A., (1992), Assessing the sensitivity of a land surface scheme to parameters used in tropical deforestation experiments. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 118(508), 1101-1116

Henderson-Sellers, A., 1993. A factorial assessment of the sensitivity of the BATS land surface parameterization scheme. Journal of Climate 6 (2), 227-247

KGM, Trafik Kazaları Özeti (2018). Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara www.kgm.gov.tr

Liang, X., (1994), A two-layer variable infiltration capacity land surface representation for general circulation models. Water Resources Series Technical Report No. 140, University of Washington, Department of Civil Engineering Environmental Engineering and Science, Seattle, Washington, USA.

Mirasyyedi F., (2006). Mevsimlerin Türkiye'deki trafik kazalarına etkisinin incelenmesi ve kaza tahmin modelleri, Yüksek lisans tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.

Mekky A., (1985), Effect of rapid decrease in motorization levels on road fatality rates in some rich developing countries. *Accident Analysis and Prevention*, 17(2), 101-109.

Partyka C., (1984). Simple models of fatality trends using employment and population data, *Accident Analysis and Prevention*, 16(3), 211-222.

Smeed R.J., (1968), Variations in the pattern of accident rates in different countries and their causes. *Traffic Engineering & Control*, 10(7), 364-371.

Tunç. A., *Yol Güvenlik Mühendisliği ve Uygulamaları*, Asil Yayın Dağıtım, 1. Baskı, Ankara, 2004

Valli P.P, (2005). Road accident models for large metropolitan cities of India, *IATSS Research*, 29(1), 57-65.

Yildiz, O., (2001) Assessment and simulation of hydrologic extremes by a physically based spatially distributed hydrologic model. Ph.D. thesis. Pennsylvania State University, University Park, PA.

Zegeer, C.V., Reinfurt, D., Hummer, J., Herf, L., Hunter,W., (1987), Safety effect of cross-section design for two-lane roads. Vols. 1–2. Report FHWA-RD- 87/008 and 009 Federal Highway Administration, Department of Transportation, USA.