

SMEED VE ANDREASSEN KAZA MODELLERİNİN TÜRKİYE UYGULAMASI: FARKLI SENARYO ANALİZLERİ

Ali Payıdar AKGÜNGÖR ve Erdem DOĞAN

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Yahşihan, Kırıkkale
akgungor@kku.edu.tr, edogan@kku.edu.tr

(Geliş/Received: 04.01.2008 ; Kabul/Accepted: 04.08.2008)

ÖZET

Bu çalışmada, 1986-2005 yılları arasındaki nüfus (P), araç (N), kaza (C), yaralı (I) ve ölü sayıları'na (D) ait veriler kullanılarak Türkiye için trafik kaza modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller geliştirilirken, yapısal form olarak Smeed ve Andreassen modellerinden yararlanılmakla birlikte Smeed modeli farklı bir bakış açısından ele alınarak geliştirilmiş ve bu modele *Smeed Benzeşim Modeli* adı verilmiştir. Avrupa Birliğine tam üye olma yolunda olan Türkiye' nin 2010 yılına kadar olan süreçte kaza, yaralı ve ölü sayıları farklı üç senaryo ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Geliştirilen her iki model yüzdelik hatalar (YH), ortalama mutlak hatalar (OMH) ve ortalama karesel hataların karekökü (OKHK) esas alınarak karşılaştırılmıştır. Türkiye için geliştirilen Andreassen Modeli 1986-2005 yılları arasında Smeed Benzeşim modeline göre genel olarak daha küçük yüzdelik hatalara sahip olmakla birlikte, senaryolara göre ileriye yönelik kaza, yaralı ve ölü sayılarına ait tahminlerde Smeed Benzeşim modelinin daha anlamlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kaza tahmin modelleri, Smeed modeli, Andreassen modeli, Türkiye.

APPLICATION OF SMEED AND ANDREASSEN ACCIDENT MODELS FOR TURKEY: VARIOUS SCENARIO ANALYSES

ABSTRACT

In this study, accident prediction models for Turkey were developed by using the historical data, between 1986 and 2005, including population (P), the number of vehicles (N), accidents (C), injuries (I), and fatalities (D). In the models development, the structural form of Smeed and Andreassen Models were employed. However, Smeed Model was developed in different point of view so that this model was called as *Smeed Similarity Model*. The number of accident, injury and fatalities in Turkey which is on the way of a full member of European Union, were tried to estimate under different three scenarios until the year of 2010. Both models were compared in terms of percent difference (PD), mean absolute percent errors (MAPE), and root mean square errors (RMSE). Despite that Andreassen model for the years between 1986 and 2005 had errors lower than Smeed Similarity model, for future estimates latter gave more plausible results with scenarios.

Keywords: Accident prediction models, Smeed model, Andreassen model, Turkey.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Trafik kazaları ve bu kazaların neden olduğu ölüm ve yaralanmalar hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin karşı karşıya kaldığı ciddi bir trafik güvenliği problemidir. Her yıl yaklaşık olarak dünya genelinde 1.2 milyon kişi trafik kazalarına bağlı olarak yaşamını yitirmekte, 50 milyona yakın kişide bu kazalarda yaralanmaktadır. Trafik kazalarına bağlı olarak oluşan ölüm ve yaralanmalarda gelişmekte ve

gelişmişliğe geçiş aşamasında olan ülkeler daha fazla etkilenmektedir. Bu ülkelerdeki toplam araç sayısı gelişmiş ülkelerdeki toplam araç sayısının 1/3'ü olmasına rağmen, trafik kazalarındaki ölümlerin 3/4'ü yine bu ülkelerde meydana gelmektedir[1]. Benzer şekilde, diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi, Türkiye'de de trafik kazaları ve bu kazaların neden olduğu problemler ciddi boyuttadır. Her yıl ülke genelinde 5.000'e yakın kişi trafik kazalarında ölmekte ve 135.000 den fazla kişide yaralanmaktadır.

Başka bir ifadeyle, Türkiye’de 1986 ile 2005 yılları arasında kayıtlara geçen 5.893.535 adet kaza meydana gelmiş olup, bu kazalarda 103.969 kişi hayatını kaybetmiş ve 1.966.317 kişi de yaralanmıştır.

Yol güvenliği ile ilgili planlama ve politikaların belirlenmesinde, ileriye yönelik kaza tahminlerin bilinmesi ve modellenmesi gerekmektedir. Geliştirilen modellerin güvenilirliği ise kazayı etkileyen parametrelerin doğru olarak tespit edilmesine, bu parametrelere ait verilerin güvenilirliğine ve kullanılan istatistiksel analiz yöntemine bağlıdır. Farklı yaklaşımlar ve analizler kullanılarak literatürde birçok kaza tahmin modelleri geliştirilmiştir. Bilinen en eski modellerden bir tanesi Smeed tarafından geliştirilen modeldir. Smeed 1938 yılına ait 20 farklı ülkelerden aldığı veriler yardımıyla ölüm, araç sayısı ve nüfus arasındaki ilişkiyi incelemiş ve Smeed Kanunu olarak da bilinen modeli geliştirmiştir [2]. Ancak, Andreassen, Smeed modelinin verilerin bir yıla ait olduğunu, bir zaman serisi içermediğini ve modele ait sabit ve üstel değerlerinin her ülke için farklı olabileceğinden dolayı bütün ülkelere uygulanabilmesinin mümkün olamayacağını ifade etmiştir [3]. Mekky ise gelişmekte olan ülkelerde taşıtlardaki hızlı artışın ölüm oranlarına olan etkisini incelemiş ve sanayileşmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkelerde araç başına ölüm oranları ile motorlu taşıt sayıları arasında ters bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur [4]. Livneh ve Hakkert gelişmekte olan ülkelerde, kazalara etki eden nedenleri İsrail örneğinde araştırmışlardır [5]. Partyka iş ve nüfus verilerini kullanarak bir kaza tahmin modeli önermiştir. Modelinde çalışan kişi sayısı, çalışacak durumda olan fakat işsiz olan kişi sayısı ve çalışmayacak olan kişi sayılarını model parametreleri olarak kullanmıştır [6]. Mohan ve Bawa, ölümlü kazaları Hindistan’ın Delhi kenti örneğinde incelemişlerdir. 1984 yılında Delhi’nin diğer sanayileşmiş kentlerden farklı olduğunu kazaların %80’nin yayaların, iki tekerlekli araçların ve otobüslerin neden olduğunu ve diğer motorlu taşıtların ölümlerde daha az bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir [7]. Vali, Hindistan ve metropol kentleri için Smeed ve Andreassen bağıntılarından faydalanarak kaza tahmin modelleri önermiştir ve bu modeller yardımıyla 2007 ve 2010 yılı için kaza, yaralı ve ölü sayılarını tahmin etmeye çalışmıştır [8]. Zeeger trafik, yol geometrisi ve arazi yapısının kazaların meydana gelmesi üzerinde etkin parametreler olduğunu vurgulamış ve bu parametrelere ait verileri kullanarak bir kaza tahmin modeli geliştirmiştir [9]. Akgüngör ve Yıldız ise kısmi faktöriyel metodunu kullanarak Zeeger’in modelindeki parametrelerin duyarlılıklarını incelemişler ve yıllık ortalama günlük trafiğin modeldeki en etkin parametre olduğunu ortaya koymuşlardır [10].

Türkiye için ise sınırlı sayıda trafik kaza tahmin modeli bulunmaktadır. Bu modellerden bir tanesinde Bozkurt 80 il için 1997 yılı verilerini kullanarak bir

kaza tahmin modeli geliştirmiştir. Geliştirdiği bu modelde karayolu kapasite indeksi, kişi başı gayri safi milli hâsıla, nüfus yoğunluğu, kişi başına düşen araç sayısı, şehirleşme indeksi ve sıcaklığı model parametreleri olarak kullanılmıştır [11]. Işık ve Erdem ise nüfus, motorlu taşıt sayısı, yol uzunluğu gibi değişkenler kullanarak Türkiye için farklı modeller önermişlerdir [12]. Mirasyedi 26 yıllık zaman serisi kullanarak mevsimlerin kazalar üzerindeki etkisini araştırmıştır [13].

Bu makalede, 20 yıllık veriler kullanılarak Türkiye için Smeed ve Andreassen’in önerdiği model formlarında kaza tahmin modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerin performansının test etmek için, modellere ait olan tahminler gerçek verilerle karşılaştırılmıştır. Nüfus ve araç sayısının farklı durumları göz önüne alınarak üç farklı senaryo üretilmiş ve 2010 yılına kadar olan kaza, yaralı ve ölü sayıları her iki model için senaryolar dâhilinde tahmin edilmiştir.

2. TÜRKİYE’DEKİ MEVCUT ULAŞIMIN DURUMUNA GENEL BİR BAKIŞ (A GLANCE OF CURRENT SITUATION OF TRANSPORTATION IN TURKEY)

Türkiye, artan nüfusunun yanında ekonomisi ile de gelişmekte olan bir ülkedir. Bu gelişmeye paralel olarak ülke genelinde motorlu araç sayısı hızla artmakta ve her geçen gün yeni araçlar karayolu trafiğine katılmaktadır. Bugün Türkiye’de yolcu taşımacılığının yaklaşık % 95’i, yük taşımacılığının ise % 89’u karayolu ile yapılmaktadır. Hem yük hem de yolcu taşımacılığının karayolu üzerinde yoğunlaşmasının doğal bir sonucu olarak karayollarında meydana gelen trafik kazaları da artış göstermektedir. Ülke geneline bakıldığında 1986–2005 yılları arasında nüfus %38 artarak 52 milyondan 72 milyona çıkarken, araç sayısı ise aynı yıllar için %320 artarak yaklaşık 2.5 milyondan 10.5 milyona çıkmıştır. Türkiye, artan nüfus ve araç sayısı karşısında azalan ölüm değerlerine sahip olsa da, Tablo 1 den de görüldüğü üzere bazı Avrupa ülkeleri ile kıyaslandığında sahip olduğu ölüm ve yaralanma oranları oldukça yüksektir.

Tablo 1. 2001 yılı yüz bin araca düşen ölü ve yaralı sayıları (The death and injury numbers per 100.000 vehicles in 2001)

Ülke	Ölü Sayısı	Yaralı Sayısı
Almanya	0.80	56
Avusturya	1.14	70
Bulgaristan	1.23	11
Yunanistan	1.45	18
Slovenya	26	1197
Türkiye	44	1221

Avrupa Birliğine girme yolunda olan Türkiye’nin de kaza, ölü ve yaralı sayılarını arzu edilen düzeye indirebilmek ve Avrupa Birliğindeki ülkelerin değerlerine yaklaşmak için diğer ulaşım sistemlerinin taşıma içindeki oranını arttırmak durumundadır. Bu

durumun bilinciyle başta İstanbul – Ankara – Sivas ve Ankara-Konya hatları olmak üzere birçok hatta hızlı tren inşaatına veya uygulama projesi çalışmalarına başlamışlardır. Bu güzergâhların tamamlanması ile birlikte bu hatta yoğun olarak kullanılan karayolu seyahati oranını belirgin ölçüde azaltacaktır. Bunun sonucu olarak karayolu trafik kazalarını azaltıcı yönde olacağı beklenmektedir.

3. KAZA TAHMİN MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ (THE DEVELOPMENT OF TRAFFIC ACCIDENT MODELS)

Smeed Modeli (The Smeed Model)

Önceden de belirtildiği gibi, Smeed 1948 yılında 20 adet ülkenin nüfus ve araç sayıları ile ölü sayılarına ait bir yıllık verileri kullanılarak Denklem 1 de ifade edilen bir kaza tahmin modeli geliştirmiştir.

$$\frac{D}{N} = 0.0003 \left(\frac{N}{P} \right)^{-0.67} \quad (1)$$

Burada, D ölü sayısını, N araç sayısını, P ise nüfusu ifade etmektedir.

Smeed modelini geliştirirken ölü sayısını bağımlı, araç sayısını ve nüfusu ise bağımsız değişken olarak belirlemiş ve regresyon analizi için aşağıda verilen formu kullanmıştır.

$$\log D = \log C + B_1 \log N + B_2 \log P \quad (2)$$

Burada C , B_1 ve B_2 regresyon analizi tarafından belirlenen model sabitlerdir.

Yapılan regresyon analizi sonucunda ise Denklem 3 de verilen modeli geliştirmiştir.

$$D = 0.0000993 N^{0.3377} P^{0.7323} \quad (3)$$

Daha sonra Smeed, geliştirdiği bu modeli kullanım kolaylığı için basitleştirmiş ve aşağıda ifade edilen şekilde düzenlemiştir.

$$D = 0.0003 (NP^2)^{1/3} \quad (4)$$

Smeed, Denklem 4 de verilen modeli cebirsel olarak manipüle ederek, Denklem 1 de ifade edilen şekline dönüştürmüş ve alternatif bir form olarak kullanılabilirliğini ileri sürmüştür. Smeed ve Jeffcoate çeşitli yıllar için bu modeli test edilmişler ve model tahminlerinin gerçek değerlere yakın olduğunu belirtmişlerdir [14-15].

Andreassen Modeli (The Andreassen Model)

Başta Andreassen olmak üzere, Preston ve MacLean gibi bazı araştırmacılar ise Smeed'in geliştirdiği

modelin güvenilirliği araştırmış ve bazı eleştirilerde bulunmuşlardır [16-18]. Andreassen'ın eleştirileri, Smeed modelini oluşturan verilerin bir yıllık olması, ülkelerin içinde bulunduğu farklı sosyal ve ekonomik şartlardan dolayı bütün ülkeler için uygulanabilir olamayacağı, ayrıca Smeed'in modelini geliştirdiği yıllarda bilgisayar teknolojisinin sınırlı olmasından dolayı verilerin analizinde hataların yapılmış olabileceği yönündedir. Bunlara ilave olarak Andreassen'ın yaptığı temel eleştirilerden birisi de Smeed modelinin alternatif formunu (Denklem 1) oluştururken yaptığı cebirsel manipülasyondur. Andreassen'e göre, regresyon analizi yapıldıktan sonra model üzerinde cebirsel manipülasyonun yapılması bağımlı ve bağımsız değişkenleri ve değerlerini değiştirmekte, bu durumda ise yeni değişkenlere göre regresyon analizinin tekrarlanması gerekli kılmaktadır.

Andreassen, yukarıda yapılan açıklamalar doğrultusunda ölü sayılarını tahmin için araç sayısı ve nüfusa bağlı olarak aşağıdaki model formunu önermiştir. Yazar, Almanya, Fransa, İngiltere ve ABD vb. her ülke için Denklem 5 de belirtilen farklı B_1 ve B_2 üstel değerlerini elde etmiştir.

$$D = \text{sabit}(N)^{B_1} (P)^{B_2} \quad (5)$$

4. TÜRKİYE İÇİN KAZA TAHMİN MODELLERİ (ACCIDENT PREDICTION MODELS FOR TURKEY)

Bilindiği üzere, yol, insan, araç ve çevre gibi birçok faktör ve bunların etkileşimleri bir trafik kazasının meydana gelmesinde etkin olan parametrelerdir. Ancak kazaya etki eden bütün parametrelerin bir model üzerinde toplanması çoğu zaman mümkün olmamakla birlikte, modelin pratik olarak kullanılabilirliği açısından da uygun değildir. Bundan dolayı geliştirilen modellerin basit ve güvenilir olması arzu edilmektedir. Bu özelliklerden dolayı Türkiye için geliştirilen kaza tahmin modellerinde ölü, yaralı ve kaza sayıları ile doğrudan ilişkili olan nüfus ve araç sayıları kullanılmıştır. 1986-2005 yılları arasında ait olan bu veriler Emniyet Genel Müdürlüğü (E.G.M) [19] ve Türkiye İstatistik Kurumundan (T.U.İ.K) [20] temin edilmiştir.

Türkiye'ye ait kaza tahmin modelleri geliştirilirken, Smeed ve Andreassen model formlarından yararlanılmıştır. Ancak Smeed model formu kullanılırken önceden de belirtildiği gibi yapılan cebirsel manipülasyon, bağımlı ve bağımsız değişkenleri ve değerlerini değiştireceğinden dolayı bağımlı değişken olarak D yerine D/N , N ve P bağımsız değişkenleri yerine de N/P kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Oluşturulan model şekil yönüyle Smeed modeline benzemekle birlikte başlangıçta alınan bağımlı ve bağımsız değişkenler yönüyle farklı olduğundan dolayı bu modele "Smeed

Benzeşim Modeli” adı verilmiştir. Ayrıca D/N’ e ilave olarak yaralı ve kaza tahminleri içinde I/N ve C/N bağımlı değişkenleri de kullanılmış ve farklı modeller geliştirilmiştir. 20 yıla ait veriler kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucunda Türkiye için kaza, yaralı ve ölü sayılarını tahmin eden Smeed Benzeşim modelleri sırası ile denklem 6, 7 ve 8 de verilmiştir.

$$C/N=157,45*(N/P)^{0.49} \quad (6)$$

$$I/N=1,8477*(N/P)^{-0.94} \quad (7)$$

$$D/N=0,0054*(N/P)^{-2.05} \quad (8)$$

Andreassen, Denklem 5 de verilen model formunu ölü sayılarını tahmin etmek için önermiştir. Ancak, bu çalışmada önerilen model formu yardımı ile ölü sayılarının tahminine ilave olarak yaralı ve kaza sayıları da tahmin edilmiştir. Bu modellere ait değişkenler olan nüfus ve motorlu araç sayılarının üstel değerleri ise Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo2. Türkiye için geliştirilen modele ait araç sayısı ve nüfusun üstel değerleri (Exponent values of vehicles and population in the developed model for Turkey)

	B ₁	B ₂
Kaza (C)	2.54	-4.78
Yaralı (I)	2.03	-7.40
Ölü (D)	2.71	-14.38

Andreassen’ın 1962-1982 yılları arasındaki verileri kullanarak ölü sayılarını çeşitli ülkeler için (Yunanistan, Danimarka, Almanya, Hollanda vb) tahmin eden modeller geliştirmiştir. Danimarka ve Hollanda için geliştirdiği bu modellerdeki motorlu araç sayılarına ve nüfusa ait üstel değerler (B₁ ve B₂) sırası ile 1.12, -9.5 ve 1.9, -9.2 olarak elde etmiştir [3]. Değişkenlere ait üstel ifadelerin ters işaretli olması artan veya azalan eğilimin yakalanmasını sağlamaktadır.

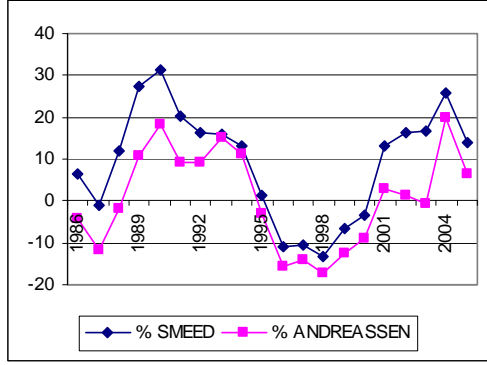
Tablo 3 Türkiye için Smeed ve Andreassen modellerinin tahmin sonuçlarının karşılaştırılması. (The comparison of Smeed and Andreassen model estimates for Turkey)

Year	KAZA SAYISI			YARALI SAYISI			ÖLÜ SAYISI		
	Smeed	Andreassen	Gerçekleşen	Smeed	Andreassen	Gerçekleşen	Smeed	Andreassen	Gerçekleşen
1986	98.720	88.643	92.625	79.636	80.137	71.264	6.328	8.111	7.315
1987	109.211	97.118	110.207	79.600	82.065	80.321	6.103	7.396	7.530
1988	120.351	105.876	107.651	79.365	83.993	79.174	5.897	6.734	6.846
1989	132.056	114.756	103.758	78.877	85.919	80.013	5.712	6.115	6.332
1990	151.539	136.400	115.295	85.603	87.712	87.693	5.324	6.361	6.286
1991	171.129	155.223	142.145	88.427	89.836	90.520	5.054	6.081	6.231
1992	199.984	187.514	171.741	95.921	92.110	94.824	4.680	6.215	6.214
1993	242.058	240.828	208.823	109.396	94.548	104.33	4.226	6.803	6.457
1994	264.117	259.505	233.803	108.580	96.606	104.717	4.103	6.194	5.942
1995	282.960	271.377	279.663	105.343	98.606	114.319	4.033	5.477	6.004
1996	307.138	290.204	344.641	104.045	100.700	104.599	3.927	4.961	5.428
1997	346.843	332.242	387.533	108.584	102.988	106.146	3.719	4.841	5.181
1998	381.398	364.067	440.149	109.581	105.173	114.552	3.585	4.524	4.935
1999	408.851	382.837	438.338	107.224	107.234	109.899	3.516	4.067	4.596
2000	450.642	424.214	466.385	109.886	109.330	115.877	3.373	3.912	3.941
2001	463.151	420.691	409.407	103.845	110.924	94.497	3.388	3.408	2.954
2002	472.850	412.993	407.103	97.453	112.478	94.225	3.418	2.945	2.900
2003	492.514	419.997	422.302	94.165	114.115	95.324	3.397	2.650	2.818
2004	621.838	593.520	494.851	118.418	116.667	109.681	2.947	3.395	3.082
2005	649.716	608.152	570.419	118.316	115.347	114.342	2.920	3.096	2.977

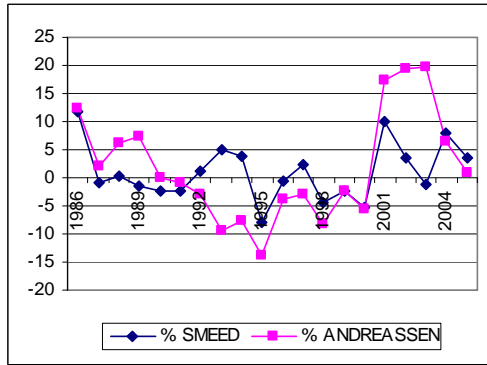
Tablo 3’de kaza, yaralı ve ölü sayıları Smeed Benzeşim ve Andreassen Modelleri ile tahmin edilmiş ve sonuçlar gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Her iki modelde kaza ve yaralı sayılarındaki artışları, ölü sayılarındaki azalış eğilimini yakalamakta ve 20 yıllık zaman periyodu için her iki modelin de tahminlerinin gerçek değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir. Şekil 1a, 1b ve 1c’de ise tahmin değerleri ile gerçek değerler arasındaki yüzdelik farklar verilmektedir. Şekillerden de görüldüğü üzere genel olarak Andreassen modeli Smeed Benzeşim modeline göre daha az yüzdelik hataya sahiptir. Kaza sayısı tahmininde her iki model de en büyük hatayı 1990 yılı tahmininde vermektedir. Bu yılda, Smeed Benzeşim modelindeki hata miktarı %30 seviyesinde olurken, bu değer Andreassen modeli için %20’lerde kalmaktadır. Yaralı sayısı tahminlerinde yüzdelik hata miktarı her iki model içinde belirgin oranda düşmektedir. Smeed Benzeşim modelinin tahminleri gerçek değerlere daha fazla yaklaşmakta ve maksimum yüzdelik hata miktarı %10 seviyesinde kalmaktadır. Şekil 1c’den de görüldüğü üzere ölü sayısı tahmininde Andreassen modeli daha başarılı olup gerçek değerlerle arasındaki yüzdelik hata miktarı 2001 yılı hariç her zaman %10 seviyesinin altında kalmaktadır. Tablo 4’te ise yine model performansının bir göstergesi olarak ortalama mutlak hatalar (OMH) ve ortalama karesel hataların karekökü (OKHK) her iki modele ait ölü, yaralı ve kaza sayıları için verilmektedir.

5. TÜRKİYE İÇİN SENARYOLAR (THE SCENARIOS FOR TURKEY)

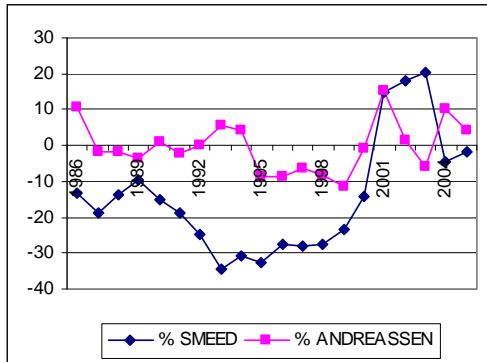
Geliştirilen her iki model yardımı ile Türkiye’nin 2010 yılına kadarki olan süreçte ölü, yaralı ve kaza sayıları tahmin edilmiştir. Senaryolar geliştirilirken, nüfusa ait 2 adet, motorlu araç sayılarına ait ise 3 adet farklı durum göz önüne alınmıştır. Nüfusa ait ilk durum için Devlet Planlama Teşkilatı (DPT)’nin



Şekil 1a. Kazalara ait yüzdelik farklar (Percent differences for accidents)



Şekil 1b. Yaralanmalara ait yüzdelik farklar (Percent differences for injuries)



Şekil 1c. Ölümlere ait yüzdelik farklar (Percent differences for deaths)

öngörüsünden yararlanılmış olup, DPT 2005-2010 yılları arasında nüfus artış oranının %11.8 olacağını öngörülmüştür. İkinci durumda ise nüfus artış oranının azalarak %8.5 olacağı farz edilmiştir.

Türkiye’de, 2005 yılı itibari ile 10.5 milyon araca bulunmaktadır. Araç sayısı, 1986 yılından 2005 yılına kadar ortalama yıllık %7.54 oranında artış

Tablo 4. Smeed Benzeşim ve Andreassen modellerine ait hataların karşılaştırması (Error comparisons of Smeed Similarity and Andreassen models)

	Kaza		Yaralı		Ölü	
	OMH	OKHK	OMH	OKHK	OMH	OKHK
Smeed Benzeşim Modeli	39328	49077	8529	22623	1069	1219
Andreassen Modeli	29258	39322	10990	20862	274	341

göstermiştir. Avrupa Birliği üyesi ülkelere bakıldığında kişi başına düşen araç miktarının 0.4 ile 0.6 arasında değiştiği görülmektedir. Türkiye’de ise 2005 yılı itibari ile kişi başına düşen araç sayısı 0.15 civarlarında olup Avrupa Birliği üyesi ülkeler ile kıyaslandığında bu oran oldukça düşüktür. Türkiye’nin Avrupa Birliğine giriş sürecinde tam üyeliği düşünülen 2020 yılının da kişi başına düşen araç sayısının 0.4–0.6 aralığına düşeceği tahmin edilebilir. Bu bağlamda motorlu taşıt sayıları ile ilgili üç adet durum öngörülmüştür. Bunlardan ilki, motorlu taşıt sayısındaki artış oranının 2010 yılına kadar %7.54, yani normal eğiliminde gittiği, ikinci durumlarda ise Avrupa Birliğine üye olma yolunda olan Türkiye’de 2010 yılında kişi başına düşen araç sayısının 0.25 değerine ulaşacağıdır. Üçüncü durumda ise beklenenden hızlı bir artış kaydedilerek kişi başına düşen araç sayısının 2010 yılında 0.40 değerine ulaşacağı öngörülmektedir. Her üç duruma göre oluşan araç sayıları ise Tablo 5’te verilmektedir.

Tablo 5. Araç sayısı tahminleri (Vehicle number estimates)

Yıllar	Araç Sayısı		
	Durum I	Durum II	Durum III
2006	11.384.448	10.937.305	14.094.781
2007	12.242.835	12.541.881	17.099.833
2008	13.165.945	14.556.033	20.745.571
2009	14.158.657	16.615.973	25.168.592
2010	15.226.220	19.104.592	30.072.110

Nüfus ve motorlu araç sayılarının farklı durumlarına bağlı olarak oluşturulan senaryolar göz önüne alındığında:

- I. Senaryoda nüfus artış hızının %11.8; taşıt artış hızının %7.54
- II. Senaryoda nüfus artış hızının %11.8 iken kişi başına düşen taşıt sayısının artarak 2010 yılında 0.25 değerine ulaşacağı,
- III. Senaryoda nüfus artış hızının %8.5 iken kişi başına düşen taşıt sayısının artarak 2010 yılında 0.40 değerine ulaşacağı

öngörülmektedir.

Bu senaryolardan ilk ikisi olması muhtemel durumları yansıtırken üçüncü senaryo daha çok yakın zamanda gerçekleşmesi mümkün olmayan durumu yansıtmaktadır. Bu senaryonun çalışmaya dâhil edilmesinin nedeni ise nüfus ve araç sayısı arasındaki farkın, belirgin oranda artışının kaza, yaralı ve ölü sayıları üzerindeki etkisini araştırmaktır.

Üç senaryo için Smeed Benzeşim ve Andreassen modelleri kullanılarak tahmin edilen kaza, yaralı ve ölü sayıları sırası ile Tablo 6, 7 ve 8'de verilmektedir. Trafik kazaları ve yaralı sayıları yönünden model tahminleri incelendiğinde her iki modelinde senaryo I'den düşük, senaryo III'te ise en yüksek trafik kaza ve yaralı sayısını tahmin ettiği görülmektedir. Bu durum, trafik kazalarının ve yaralanmaların araç sayısı ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Geçmiş yıllara ait ölü sayılarını içeren istatistikler incelendiğinde, ölü sayılarının yıllar itibari ile azalan bir eğilimde olduğu gözlemlenmektedir. Sanayileşmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkelerde araç başına ölüm oranları ile motorlu taşıt sayıları arasında ters bir ilişkinin olduğunu da bilinmektedir [4]. Bu yönüyle, gelecek yıllar içinde ölü sayılarının azalan bir eğilimde devam etmesi beklenmektedir ki Smeed Benzeşim modeli bu eğilimi yakalamaktadır. Araç sayısı senaryo I'den senaryo III'e doğru artarken, bu modele ait ölü sayısı tahminleri ise düşmektedir. Ancak, Tablo 8'de ölü sayılarına ait model tahminleri incelendiğinde, Andreassen modeli beklenilen tersine artış eğilimi öngörmektedir.

2010 yılında araç sayısı iki kat arttığında Smeed Benzeşim modeli sonuçlarına göre kaza sayısı üç kat artmakta, yaralı sayısı önemli bir oranda değişmemek-

te, ölü sayısı ise iki kata yakın bir oranda azalmaktadır. Andreassen modelinin 2010 yılındaki tahminleri incelendiğinde ise gerek kaza, gerek yaralı ve gerekse de ölü sayısı tahminlerinin Smeed benzeşim modeline göre belirgin bir oranda fazla olduğu görülür. Bu durum Andreassen modelinin araç sayısındaki hızlı artıştan daha fazla etkilendiğini ortaya koymaktadır.

Her üç senaryoya bakıldığında Smeed Benzeşim modelindeki tahminlerin birbirleri ile Andreassen Modeline göre daha tutarlı olduğu gözlenmektedir. Bu sonuçların ışığı altında Smeed Benzeşim modelinin, gerçek değerleri tahmin etmede Andreassen modeline göre daha yüksek hata oranına sahip olmasına rağmen (Şekil 1a, 1b ve 1c) geleceğe yönelik tahminlerde daha anlamlı sonuçlar vermektedir.

6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, Smeed ve Andreassen model formlarından yararlanarak Türkiye için kaza tahmin modelleri geliştirilmiş ve çeşitli senaryolar göz önüne alınarak kaza, yaralı ve ölü sayıları tahmin edilmiştir. Andreassen model formu Türkiye'ye ait 1986–2005 yılları arasındaki veriler için, Smeed Benzeşim Modeline göre daha iyi tahminlerde bulunmuş olmasına rağmen ileriye yönelik tahminlerde Andreassen modelinin beklenen ölüm

Tablo 6. Farklı senaryolar için kaza tahminleri (The accident predictions for different scenarios)

Yıl	SENARYO I		SENARYO II		SENARYO III	
	Smeed Benzeşim Modeli	Andreassen Modeli	Smeed Benzeşim Modeli	Andreassen Modeli	Smeed Benzeşim Modeli	Andreassen Modeli
2006	719.943	691.574	678.186	624.627	991.514	1.208.649
2007	797.762	786.438	826.993	836.173	1.317.209	1.896.596
2008	883.991	894.315	1.026.717	1.154.132	1.749.890	2.976.115
2009	979.541	1.016.990	1.243.559	1.527.305	2.324.700	4.670.083
2010	1.085.419	1.156.493	1.522.469	2.058.484	3.018.828	7.049.468

Tablo 7. Farklı senaryolar için yaralı tahminleri (The injury predictions for different scenarios)

Yıl	SENARYO I		SENARYO II		SENARYO III	
	Smeed Benzeşim Modeli	Andreassen Modeli	Smeed Benzeşim Modeli	Andreassen Modeli	Smeed Benzeşim Modeli	Andreassen Modeli
2006	120.163	122.540	119.866	112.981	121.381	193.544
2007	122.038	130.182	122.220	136.708	123.814	268.966
2008	123.943	138.300	124.711	169.504	126.296	373.778
2009	125.877	146.924	127.124	203.225	128.828	519.434
2010	127.842	156.086	129.641	247.239	131.287	699.860

Tablo 8. Farklı senaryolar için ölüm tahminleri (The death predictions for different scenarios)

Yıl	SENARYO I		SENARYO II		SENARYO III	
	Smeed Benzeşim Modeli	Andreassen Modeli	Smeed Benzeşim Modeli	Andreassen Modeli	Smeed Benzeşim Modeli	Andreassen Modeli
2006	2.771	3.185	2.891	2.857	2.199	5.953
2007	2.630	3.276	2.564	3.497	1.827	8.897
2008	2.496	3.370	2.246	4.423	1.517	13.297
2009	2.369	3.466	2.002	5.348	1.260	19.874
2010	2.248	3.566	1.771	6.593	1.063	28.500

eğilimindeki azalışı yakalayamadığı görülmüştür. Andreassen modelinin ileriye yönelik tahminlerde diğer modele göre daha fazla tahmin etmesinin nedeni modeldeki araç sayısına ait üstel değerin pozitif olması ve Türkiye’de motorlu taşıt sayısının nüfusa göre daha hızlı artmasıdır. Senaryo III de bu durum daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır.

Oluşturulan senaryoların sonuçları ileriki yıllara ait trafik güvenliği hakkında bir fikir vermektedir. Türkiye’nin 2010 yılında araç sayısının normal eğiliminde artması halinde 15 milyona, senaryolar dâhilinde nüfusa bağlı olarak kişi başına düşen araç sayısının sırası ile 0.25’e ve 0.40’a yükselmesi durumunda araç sayısının da yaklaşık 19 ve 30 milyona çıkacağı tahmin edilmektedir.

Model sonuçları göstermektedir ki nüfus ve özellikle motorlu taşıt sayısındaki hızlı artış trafik kazalarının artışına neden olmaktadır. Buna rağmen yakın gelecekte Türkiye’de araç sahipliği henüz doyuma ulaşmadığı için araç sayılarının azalması veya artış eğiliminin belirgin bir oranda düşmesi olası gözükmemektedir. Bu durumda kazaların ve sonuçlarının önüne geçebilmek için ulaştırma plan ve politikaları tekrar revize edilerek karayolunun yolcu ve yük taşımacılıktaki ağırlıklı oranı başta demiryolu olmak üzere diğer ulaştırma sistemleri arasında dağıtılmalıdır. Bu amaçla hızlı tren teknolojisinin alt yapısı ülkemizde oluşturulmaya başlanmış inşası devam eden İstanbul- Ankara-Konya hatlarına ilave olarak uygulama projeleri yapılmakta olan İzmir-Ankara- Sivas hatları ile karayolunun taşımadaki ağırlığı hafifletilerek trafik kazalarının azaltılması amaçlanmaktadır. Öte yandan, Avrupa Birliği’ne uyum süreci içinde araç ve yol teknolojilerinin gelişmesi, yol geometrik standartlarının yükseltilmesi diğer ulaştırma sistemlerinin cazip hale getirilmesi, trafik eğitimi ve kültürünün gelişmesine ilave olarak yeni yasal düzenlemelerin uygulanması ile karayolu kaynaklı trafik problemlerin azalması beklenebilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Peden M., Scurfield, R., Sleet, D., Mohan, D., Hyder, A.A., Jarawan, E. and Mathers, C., (eds), **The World Report on Road Traffic Injury Prevention**, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2004.
2. Smeed, R.J., “Some Statistics Aspects of Road Safety Research”, **Journal of the Royal Statistical Society**, Series A, Part I, 1-34, 1949
3. Andreassen, D.C., “Linking Deaths with Vehicles and Population”, **Traffic Engineering & Control**, Cilt 26, No11, 547-549, 1985.
4. Mekky, A., “Effect of Rapid Increase in Motorization Levels on Road Fatality Rates in Some Rich Developing Countries”, **Accident Analysis & Prevention**, Cilt17, No 2, 101-109, 1985.
5. Livneh, M. And Hakkert, A.S., “Some Factors Effecting the Increase Road Accidents in Developing Countries, with particular reference to Israel”, **Accident Analysis & Prevention** Cilt 16, No 3,211-222, 1984.
6. C Partyka., “Simple Models of Fatality Trends Using Employment and Population Data”, **Accident Analysis & Prevention**, Cilt 16, No 3, 211-222, 1984.
7. Dinesh M. and Bawa B.S., “An Analysis of Road Traffic Fatalities in Delhi, India” **Accident Analysis & Prevention**, Cilt 17, No 1, 33-45, 1985.
8. Valli, P.P “Road Accident Models for Large Metropolitan Cities of India”, **IATSS Research**, Cilt 29, No 1, 57-65, 2005.
9. Zegeer C.V., Deacon, JA., **State of the Art Report 6**, Transportation Research Board, 1987.
10. A.P.Akgüngör, O.Yıldız, “Sensitivity Analysis of an Accident Prediction Model by the Fractional Factorial Method” **Accident Analysis & Prevention**, Cilt 39, No 1, 63-68, 2007.
11. Bozkurt, E. **Türkiye’de Karayolları Trafik Kazaları Üzerine Bir Model Çalışması** Devlet İstatistik Enstitüsü, Uzmanlık Tezi, 2002.
12. Isik, A.; Erdem, M. Türkiye’de Karayolu Trafik Kazalarına Etkili Faktörlerin Regresyon Analiziyle İncelenmesi, **II. Trafik Şurası**, ATO, Ankara, 15 sayfa, 21-22 Ekim, 2004.
13. Mirasyedi, F., **Mevsimlerin Türkiye’deki Trafik Kazalarına Etkisinin İncelenmesi ve Kaza Tahmin Modelleri**, Master Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
14. R.J Smeed., “Variations in The Pattern of Accident Rates in Different Countries And Their Causes”, **Traffic Engineering & Control**, Cilt 10, No 7, 364-371, 1968.
15. Smeed, R.J., Jaffocate “Effects of Changes in Motorization in Various Countries on the Number of Road Fatalities” **Traffic Engineering and Control**, Cilt 12, No 3,150-151, 1970.
16. Andreassen, D., “Population and Registered Vehicle Data and Road Deaths” **Accident Analysis and Prevention** Cilt 23, No 5, 343-351, 1991.
17. Preston, B “Road Safety: International Comparison” **Transport Reviews** Cilt 1, No1, 75-98, 1980.
18. MacLean, S. Relationship between Variables **Proc., Esso-Monash Civ.Eng. Workshop on Traffic Accident Evaluation**, Department of Civil Engineering, Monash University,1993
19. Emniyet Genel Müdürlüğü www.egm.gov.tr
20. Türkiye İstatistik Kurumu, Karayolu Kaza İstatistikleri, 1986-2005. www.tuik.gov.tr