

Şehirlerarası Bölünmemiş Karayollarında Yatay Kurba Yarıçapının Karayolu Güvenliğine Etkisi

Mustafa KARAŞAHİN¹, Nuran BAĞIRGAN²

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü / ISPARTA

² Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü / KÜTAHYA

Özet: Karayolu geometrisinin trafik kazalarının oluşumunda etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, iki şeritli şehirlerarası bölünmemiş karayollarında trafik kazalarının oluşumunda payı olan yatay kurba yarıçapının, karayolu güvenliğine etkisi bulanık mantık (fuzzy) yaklaşımı ile değerlendirilmektedir.

Karayolu güvenliği denildiğinde, içerisine birden fazla değişkenin katıldığı karmaşık bir kavram ortaya çıkmaktadır. Bu kavram üzerinde etkili olan değişkenlerin, ne kadar etkisinin olduğunu belirlemek de oldukça zordur. Trafik kazalarının oluşumunda en önemli pay, sürücü hatalarına verilmektedir. Karayolu geometrisinin, karayolu üst yapısının, hava koşullarının, yolun çevresinin vb. kazalarda ne kadar paya sahip olduğunu tam olarak söylemek oldukça zordur. Karayolu güvenliğinde etkili olan değişkenlerin etkisini sayısal olarak söyleyebilmek için daha önceki verilerden yararlanarak tahmin yapılabilmektedir. Örneğin, şehirlerarası bölünmemiş bir karayolu yapımı planlanmaktadır. “Bu karayolunun güvenliği için en etkili değişken ya da değişken grupları ne olacaktır?”. “Yatay kurba yarıçapının hangi değerleri karayolu güvenliğinde ne kadar etkili olacaktır?”. Tüm bunlar oldukça karmaşık bir durumdur. Üstelik her ülkenin kendi kültürlerinin de karayolu güvenliğinde etkili olduğu bilinmektedir. Karayolu güvenliği konusundaki karmaşıklık ve belirsizlikler, bu konunun bulanık mantık ile çözümlenmesinin yarar sağlayacağını düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yatay Kurba Yarıçapı, Bulanık Mantık

Effect of Horizontal Curvature on The Traffic Safety for Rural Highways

Abstract: It is a well-known fact that the geometry of highways have effect on accident occurrence. This study assessed the horizontal curvature that played a role in the accidents in the two-lane rural roads. In this model we use the fuzzy logic approach.

Highway safety is a complex concept, which includes several variables. It is rather difficult to determine exactly how much these variables affect this concept. The largest share of responsibility in occurrence of traffic accidents is given to the driver errors. It is hard to say exactly how much share do highway geometry, pavement of the road, climatic conditions, environment of the highway and other variables have in accidents. It is possible to make estimations relying on the previous data in order to be able to express numerically the effects of the factors on highway safety. For instance, suppose an rural highways in planning phase. “Which variables or variable groups are going to be the most influential factors?”. “How efficient will it be to apply the horizontal curvature in highway safety?”. All these questions constitute a complicated situation. Besides it is a well-known fact that the culture of the society in every country effects highway safety, too. The complexity and vagueness in highway safety makes it beneficial to analyze this issue with fuzzy logic.

Key Words: Fuzzy Logic, Horizontal Curvature.

Giriş

Ülkemizde trafik kaza tutanakları incelendiğinde, sürücü kusurlarının % 90-95 hata payına, altyapının ise % 1-2 gibi oldukça küçük hata payına sahip olduğunu görmekteyiz [1]. Özellikle altyapı eksikliğinden kaynaklanan trafik kaza oranları gelişmiş ülkelerde bile % 10-20 arasında değişmektedir [2].

Trafik kazası; genel olarak ulaşımın temel unsurları olan insan, taşıt ve karayolu ve bazen çevre koşullarının bir veya birkaçında ya da bu unsurların birbirleri ile etkileşimleri sonucu ortaya çıkan, maddi hasar, yaralanma, ölüm durumlarından biri veya birkaçı ile sonuçlanan olaydır [3]. Karayolu güvenliğinin başlıca ölçütü trafik kazaları olduğuna göre, kuramsal olarak kaza yok ise güvenlik de tamdır [4].

Kısacası; trafik kazalarını etkileyen pek çok etmen vardır ve bunların tamamı belirsizlik içermektedir. Farklı ülkelerde yapılan çalışma sonuçları birbirine benzemektedir, ancak aynı değildir. Sonuçlar kelimelerle, yüzdelerle ve yaklaşık rakamlarla açıklanmaktadır.

Trafik kazalarının oluşumunda oldukça fazla belirsizlik bulunmaktadır. Bu nedenle model oluşumunda bulanık mantık (fuzzy) yaklaşımı kullanılmıştır. Bulanık mantığa dayalı model geliştirilmesinde en önemli konu, üyelik işlevlerinin belirlenmesidir. Üyelik işlevlerinin geliştirilmesinde kaynak araştırmasından yararlanılmıştır.

Bulanık mantığın en geçerli olduğu iki durumdan ilki; incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş

ve değer yargılarına yer vermesi, ikincisi ise; insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine gereksinin gösteren hallerdir [5].

Bu çalışmada; şehirlerarası bölünmemiş karayollarında, yatay kurba yarıçapının karayolu güvenliğine etkisi bulanık mantık yöntemi ile değerlendirilmektedir.

Kaynak Araştırması

Karayolu güvenliği ile yakından ilişkili olan karayolu yatay geometrisini, yatay kurba ve alinyman özellikleri belirlemektedir ve karayolu güvenliği üzerinde, yatay geometri ile ilgili standartlar, düşey geometri ile ilgili standartlara göre daha etkili olmaktadır [6].

Yatay kurbalardaki kazalarda, yatay kurba yarıçapı ve iki kurba arasındaki uzaklık önemli iki değişkendir [7]. Yatay kurba yarıçapı azaldıkça kaza oranı da artmaktadır. Eğer bir karayolunda düz alinymanlardan sonra yarıçapı çok küçük yatay kurba gelirse böyle bir karayolu arka arkaya gelen kurbalı bir karayolundan daha tehlikelidir [8, 9]. Karayolunda kurbaların bulunması da çok uzun alinymanlardan daha güvenli olmaktadır [10]. Burada yatay kurba yarıçapı oldukça önemlidir, alinymanda kullanılan hız ile yatay kurbada kullanılan hız arasında büyük fark bulunmamalıdır. Küçük yarıçaplı bir kurbanın hemen arkasından gelen ters yönlü bir kurba bulunması da yine kaza oranı üzerinde çok etkili olabilir.

Toplam kazalar ile geometrik standartlar ilişkisi incelendiğinde; karayolundaki alinyman kesim uzunlukları toplamı, developman kesim uzunlukları toplamına nazaran arttıkça, toplam kazalarda artış görülmekte, yani karayolu güvenliği azalmaktadır [6]. Yatay kurbaların bulunduğu bir karayolu kesimindeki kaza oranı, düz bir kesimdekenden yaklaşık üç kat fazla olmaktadır [11]. Yatay kurba yarıçapı azaldıkça kaza oranı artmaktadır, örneğin 200 m'den daha küçük yarıçaplar için kaza oranı, 400 m yarıçaptan yaklaşık iki kat daha fazladır [12, 13].

Karayolu emniyetini olumsuz etkileyen değişkenler yatay kurba ile birleştiğinde sonucun tehlikeli olması kaçınılmazdır. Elbette yatay kurba, eğim ve düşük sürtünme yüzeyi ile birleştiğinde daha tehlikelidir, özellikle kurbadan sonra iniş eğiminin bulunması kaza sıklığını artırmaktadır [12, 8].

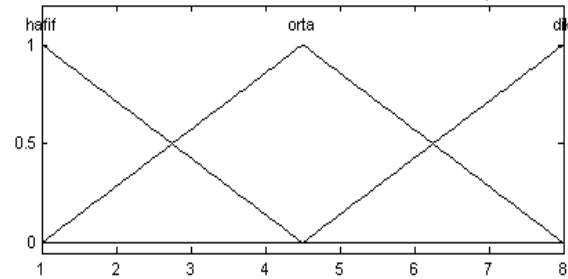
Yatay kurbalarda kazalara neden olan bir başka etken ise geçiş eğrisidir. Bir çalışmada 200'den fazla geçiş eğrili ve eğrisiz kurba karşılaştırılmış ve geçiş eğrili kurbalarda hasarlı kaza oranının % 73'den fazla olduğu rapor edilmiştir [14]. Bu çalışmaya karşın, bir kurba spiral ilave edilmesi ile kazaların toplamında % 5 azalma sağlandığını belirten başka bir çalışma da bulunmaktadır. Özellikle keskin kurbalarda spiralli geçişler emniyet açısından büyük faydalar vermektedir [15].

Yöntem

Genel olarak değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık, belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına *bulanık* adı verilir [16]. Belirsizlik durumlarında en uygun

yöntem küme elemanlarına değişik üyelik derecelerinin verilmesi ile olacaktır [17]. Aristo mantığında kesinlik vardır. Örneğin; trafik hacmi çoktur değilse az gibi. Bulanık mantık yaklaşımına göre çokluğun dereceleri vardır ve bu durumda trafik hacminin bir tanesi esas alınır, bu değer yakınındaki değerler esas değer kadar kuvvetli olmasa da biraz daha az derece ile çok trafik hacmi kümesinde yer alır. Bulanık kümenin öğeleri farklı üyelik derecelerine sahiptir ve ayrıca bulanık kümenin her hangi bir öğesi başka bir kümenin de öğesi olabilir. Bilgiyi, insan dilindeki gibi EĞER-İSE ile temsil etmek bilgi işleminin değişik bir yoludur. EĞER ile İSE kelimeleri arasındaki kısım öncül (şartlar), İSE kelimesinden sonraki kısım ise çıkarım kısmıdır. Bu yapıdaki ifadeler EĞER-İSE kural tabanlı biçim denilmektedir [16]. Burada bilinen bazı bilgiler kullanılarak faydalı başka bilgiler çıkarılmaktadır. Çıkarılan bu bilgiler kişisel deneyimlerle elde edildiğinden yüzeyseldir. Daha nesnel bilgiler için bu sözel bilgiler yeterli değildir.

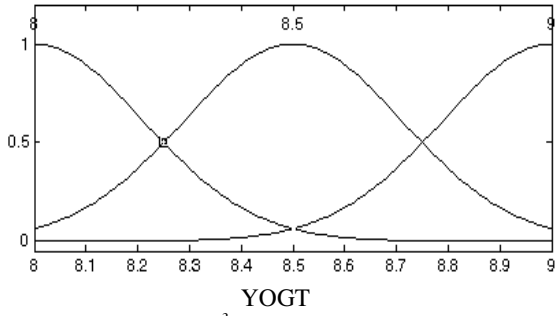
Örneğin, karayolunun boyuna eğiminin üyelik derecelerini atamak için çok genel olarak hafif, orta ve dik diye üç tane bulanık alt küme oluşturabiliriz. Boyuna eğim bulanık alt kümeleri Şekil 1'de gösterilmektedir:



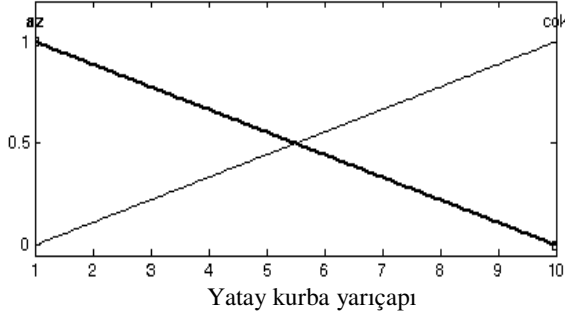
Şekil 1. Karayolunun boyuna eğimi bulanık alt kümeleri

Bulgular

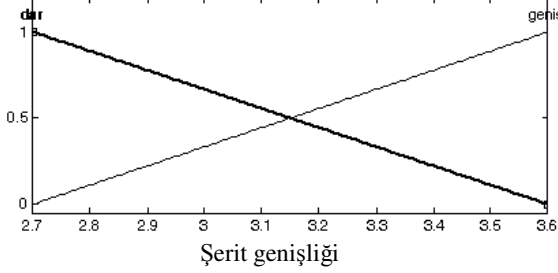
Yatay kurba yarıçapının, şehirlerarası karayollarında trafik güvenliğine etkisi değerlendirilirken; bulanık mantık kuralları ile oluşturulan kaza tahmin modeli kullanılmaktadır [18]. Bu modelde; yıllık ortalama günlük trafik (YOGT); karayolu güvenliğinde en önemli değişken olduğu için, işlev aralığı birden çok değerde alınmaktadır (Şekil 2). Ayrıca, yarıçapı 100 - 1 000 m olan yatay kurbalar değerlendirmeye katılmaktadır (Şekil 3). Yatay kurba yarıçapı, "az" ve "çok" diye iki bulanık alt küme ayrılmaktadır. Yatay kurba yarıçapının şerit genişliği (SG) ile birlikte değerlendirildiği bu çalışmada; şerit genişliği değişkeni "dar" ve "geniş" iki bulanık alt kümeden oluşmaktadır (Şekil 4). Modelin kaza sayısı (M-KS) (bir karayolu kesiminde, bir km'de, bir yılda tahmin edilen toplam kaza sayısı) çıktısı ise (Şekil 5)'de verilmektedir. Kaza sayısı çıktısı, dokuz bulanık alt küme ayrılmaktadır. YOGT (8-10)*10³ için hazırlanan kaza sayısı, dokuz bulanık alt kümeden oluşmaktadır.



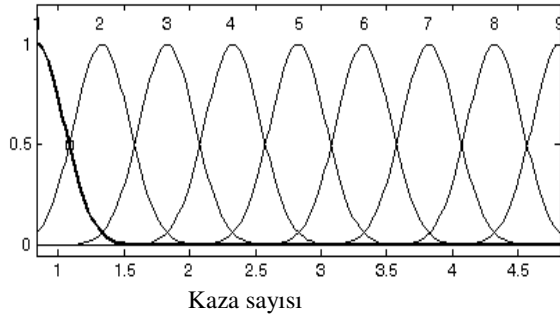
Şekil 2. YOGT (10^3 tş/gün)-Girdi 1



Şekil 3. Yatay kurba yarıçapı* 100 (m), Girdi 2



Şekil 4. Şerit genişliği (m)-Girdi 2



Şekil 5. Kaza sayısı-Çıktı

Yatay kurba yarıçapının karayolu güvenliğine etkisi değerlendirilirken; karayolu güvenliğinde etkili olan diğer değişken değerleri sabit alınmaktadır. Şehirlerarası bölünmemiş karayolu için; yatay kurba yarıçapı ve şerit genişliğinin trafik güvenliği ile ilişkisini, bulanık mantık modeli ile değerlendiren örnek aşağıda verilmektedir. Karayolu kenarı tehlike oranı (YKT); karayolu kenarındaki görüş alanının netliğine göre, 1'den 7'ye kadar rakamlarla belirlenmiştir [19].

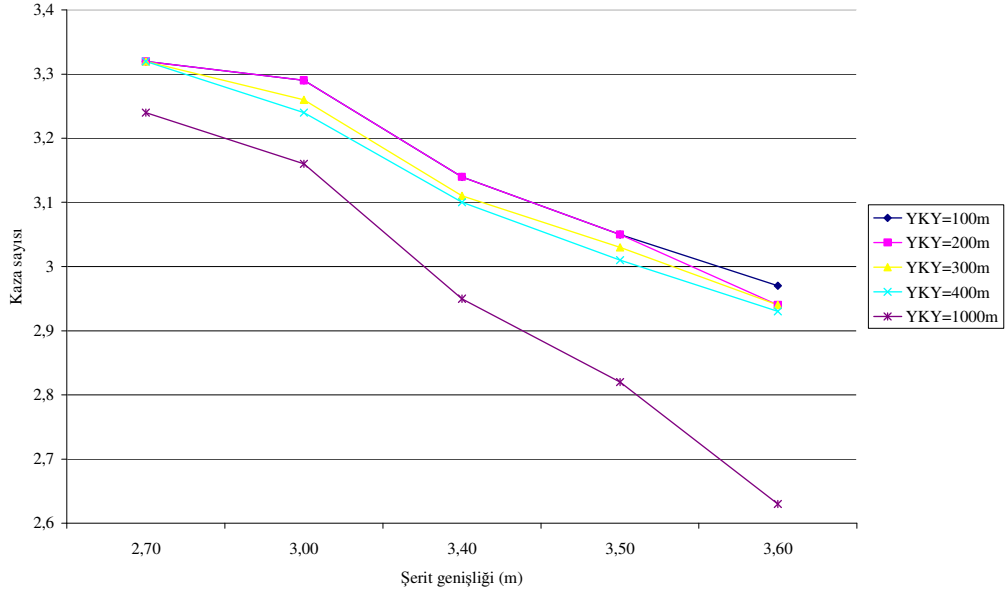
Banket genişliği (BG) = 0.4 m
 Karayolu kenarı tehlike oranı (YKT) = 6
 Bağlantı yolları yoğunluğu (BYY) = 6 (km başına)
 Karayolu boyuna eğimi (E) = % 5
 Tırmanma şeridi (TS) yok
 YOGT = 9 000 tş/gün
 Hız = 90 km/sa

Eğer – İse kural tabanlı modelde; şerit genişliği ve yatay kurba yarıçapı arasındaki kaza sayısı ilişkisi Şekil 6'da gösterilmektedir. Şerit genişliği ve yatay kurba yarıçapı azaldıkça, kaza sayısı artmaktadır. Eğer şerit genişliği "dar" ise, yatay kurba yarıçapı trafik güvenliğinde daha etkili olmaktadır. Yatay kurba yarıçapı 300 m'nin altında ve şerit genişliği de "dar" ise, bu durum trafik güvenliğinde oldukça etkili olmaktadır. Ancak, büyük yarıçaplara sahip yatay kurbaların trafik kazalarına etkisi, düz bir karayolunun etkisi gibi olmaktadır. Örnekte; farklı yatay kurba yarıçapları için şerit genişliği- kaza sayısı ilişkisi incelenmektedir (Şekil 6). Şekilde, şerit genişliğinde küçük artışlar ile yatay kurba yarıçapının, trafik güvenliğine etkisinin azaltılabildiği görülmektedir. Kabul edilen her farklı değişken takımı için yatay kurba yarıçapının etkisi de değişecektir. Bazı değişken takımı için yatay kurba yarıçapı emniyette etkili olmayacağı gibi bazen de önemli bir değişken durumuna gelecektir.

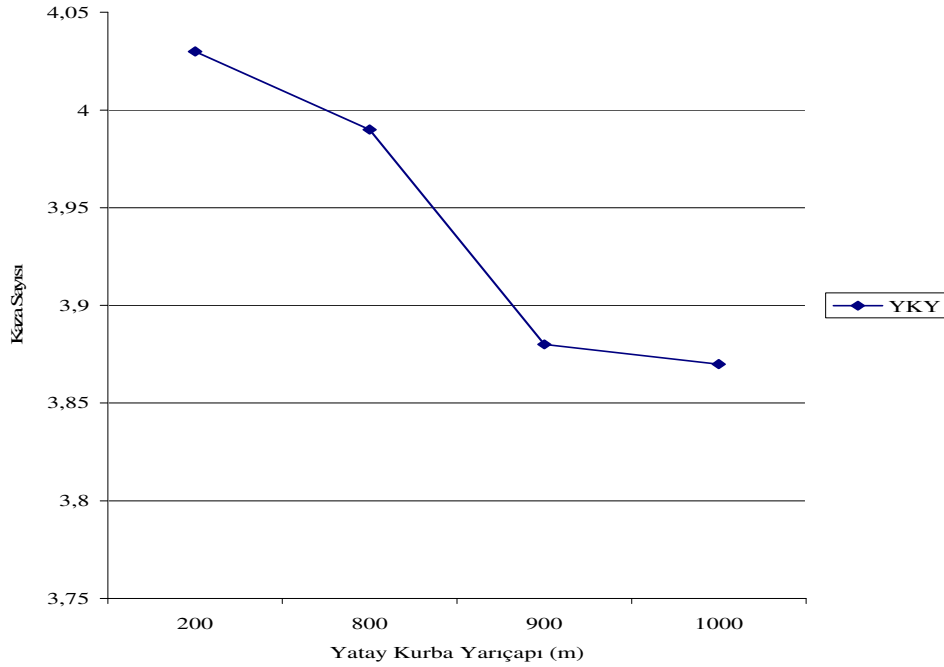
Yine tüm değişkenlerin sabit alınması durumunda, sadece yatay kurba yarıçapının değişiminin kaza sayısını nasıl etkilediğini göstermek amacı ile verilen bir diğer örnekte; yatay kurba yarıçapı arttıkça kaza sayısının azaldığı görülmektedir (Şekil 7). Bu örnekte verilen değişkenlerin değerleri aşağıda verilmektedir:

Banket genişliği (BG) = 1 m
 Karayolu kenarı tehlike oranı (YKT) = 3
 Bağlantı yolları yoğunluğu (BYY) = 6 (km başına)
 Karayolu boyuna eğimi (E) = % 7
 Tırmanma şeridi (TS) yok
 YOGT = 9 000 tş/gün
 Hız = 90 km/sa

Değişkenler sabit alınarak verilen bu örnekte Şerit genişliği 3.5m olarak alınmaktadır. Şekil 7. incelendiğinde yatay kurba yarıçapı arttıkça kaza sayısının azaldığı görülmektedir.



Şekil 6. Yatay kurba yarıçapı ile şerit genişliği kaza sayısı ilişkisi
($BG=0,4m$, $YKT=6$, $BYY=14$, $EG=5$, $TS=yok$, $HIZ=90km/sa$)



Şekil 7. Yatay kurba yarıçapı-kaza sayısı ilişkisi
($SG=3,5m$, $BG=1m$, $YKT=3$, $BYY=6$, $EG=7$, $TS=yok$, $HIZ=90km/sa$)

Sonuç

Yatay kurba yarıçapının, şehirlerarası bölünmemiş karayollarında trafik güvenliğine etkisini gösteren çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Bunun nedeni; yatay kurba yarıçapının trafik kazalarında tek başına bir etkiye sahip olmaması olabilir. Yatay kurba yarıçapı, diğer karayolu geometrik değişkenleri ile birlikte değerlendirildiğinde sonuç daha gerçekçi olacaktır. Çok fazla belirsiz değişkenin bir arada değerlendirildiği bulanık mantık modeli; yatay kurba yarıçapının trafik güvenliğinde tek başına etkisinin olmadığını göstermektedir. Diğer karayolu geometrik ve trafik değişkenleri tanımlanmadan, yatay kurba yarıçapının az olmasının trafik kazalarını artırdığını ya da azalttığını söylemek doğru bir yaklaşım olmayacaktır. İncelenen her bir karayolu kesimindeki yatay kurba yarıçapının emniyet etkisi, ancak incelenen o karayolu kesiminin diğer tüm değişkenleri ile birlikte bir anlam kazanmaktadır.

Kaynak

- [1]. Trafik İstatistik Bülteni, 1999. KGM.
- [2]. Sabey, B.E. and Staughton, G.C., 1975. Interacting Roles of Road Environment, Vehicle and Road Users in Accidents, The Fifth International Conference of The International Association For Accident traffic Medicine, TRRL, London.
- [3]. HRB, 1968. Accident Rates as Related to Design Elements of Rural Highways, National Cooperative Highway Research Program Report 47, Highway Research Board.
- [4]. Güçmen, Ö., 1975. Karayolu Ulaşımında Güvenlik Sorununun Başlıca Yönleri ile Genel İncelemesi, Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), İTÜ, İstanbul.
- [5]. Şen, Z., 2001. Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, Bilge Kültür Sanat, İstanbul.
- [6]. İyınam, A.F., 1997. Karayolu Güvenliği ile Yol Geometrik Standartları Arasındaki İlişkilerin Analizi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s.166, İstanbul.
- [7]. Brenac, T., 1994. Curves on Two-Lane Roads Safety Effects of Road Design Standards, Annex IX to SWOV-R94-7. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands.
- [8]. Srinivasan, S., 1982. Effect of Roadway Elements and Environment on Road Safety, Institution of Engineers, Vol. 63.
- [9]. Brenac, T., 1990. Speed, Safety and Highway Design, Recherche Transports Securite, English Issue, No:5.
- [10]. Christo, J.B., Joster, A.M., 1995. The Effect of Rural Road Geometry on Safety in Southern Africa, 1st International Symposium on Highway Geometric Design, Boston, pp.15/1-10
- [11]. Glennon, J.C., 1987. Effect of Alignment on Highway Safety. In State of the Art Report 6, Transport Research Board, National Research Council, Washington, D.C., pp.48-63.

- [12]. Perchonok, K., Ranney, T.A., Baum, A. S., Morris, D. F., Eppich, J. D., 1978. Hazardous Effects of Highway Features and Roadside Objects, Vol. 1 and 2, Reports FHWA-RD-78-201 and FHWA-RD-78-202, FHWA, U.S. Department of Transportation.
- [13]. Department of Transport, 1984. Highway Link Design, Advice Note TA43/84, HMSO, London.
- [14]. Stewart, D., 1995. Risk on Roadway Curves, Letter to Traffic Engineering and Control, pp. 528, 35 (9).
- [15]. Zegeer, C.V., Stewart, R., Reinfurt, D., Council, F., Neuman, T., Hamilton, E., Miller, T., Hunter, W., 1991. Cost Effective Geometric Improvements for Safety Upgrading of Horizontal Curves, FHWA-RD-90-021, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- [16]. Şen, Z., 1999. Mühendislikte Bulanık Modelleme İlkeleri, İTÜ, (yayınlanmamış)
- [17]. Zadeh, L., 1965. Fuzzy Sets, Information and Control, 8, pp.338-353.
- [18]. Bağrgan, N., 2006. Şehirlerarası Karayollarında Trafik Güvenliği Tahmini, SDÜ Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, s.156, Isparta.
- [19]. Zegeer, C.V., Reinfurt, D.W., Hummer, J., Herf, L., Hunter, W., 1987. Safety Cost-Effectiveness of Incremental Changes in Cross-Section Design – Informational Guide, FHWA-RD-87-094, Federal Highway Administration, Washington, D.C.