

# ŞEHİRLERARASI BÖLÜNMEMİŞ KARAYOLLARINDA ŞERİT VE BANKET GENİŞLİĞİNİN KARAYOLU GÜVENLİĞİNE ETKİSİ

**Mustafa KARASHAHİN\***, **Nuran BAĞIRGAN\*\***

\*Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çünür/Isparta

\*\*Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kütahya

Geliş Tarihi : 06.07.2006

## ÖZET

Karayolu geometrisinin trafik kazalarının oluşumunda etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, iki şeritli şehirlerarası bölünmemiş karayollarında trafik kazalarının oluşumunda payı olan şerit genişliği ve banket genişliğinin, 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?”. “Şerit genişliğini çok geniş, banket genişliğini ise dar almak karayolu güvenliğinde ne kadar etkili olacaktır?”. Tüm bunlar oldukça karmaşık görünmektedir. Üstelik her ülkenin kendi kültürünün de karayolu güvenliğinde etkili olduğu bilinmektedir. Karayolu güvenliği konusundaki karmaşıklık ve belirsizlikler, bu konunun bulanık mantık ile çözümlenmesinin yarar sağlayacağını düşündürmektedir.

**Anahtar Kelimeler** : Şerit genişliği, Banket genişliği, Bulanık mantık.

## EFFECTS OF LANE AND SHOULDER WIDTH ON THE PREDICTION OF TRAFFIC SAFETY ON RURAL HIGHWAYS

### ABSTRACT

Effects of lane and shoulder widths on accident rates in the two-lane rural roads are examined by using a fuzzy logic approach. As is well known, driver errors are the most common reasons leading to accidents. Moreover, climate conditions, environmental structure of the highways, the geometry and pavement of the roads greatly affects occurrence of accidents. On the other hand, determining contribution of each parameter on the accidents is a complex task. For this reason, we have developed a fuzzy logic approach synthesizing statistics of mentioned reasons previously held.

**Key Words** : Fuzzy Logic, Lane width, Shoulder width.

### 1. GİRİŞ

Ülkemizde trafik kaza tutanakları incelendiğinde, sürücü kusurlarının % 90-95 hata payına, altyapının

ise %1-2 gibi oldukça küçük hata payına sahip olduğunu görmekteyiz (Trafik İstatistik Bülteni, 1999). Özellikle altyapı eksikliğinden kaynaklanan trafik kaza oranları gelişmiş ülkelerde bile % 10-20

arasında değişmektedir (Sabey and Staughton, 1975).

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 (HRB, 1968). Karayolu güvenliğinin başlıca ölçütü trafik kazaları olduğuna göre, kuramsal olarak kaza yok ise güvenlik de tamdır (Güçmen, 1975).

Bulanık mantığın geçerli olduğu iki durum vardır: Birincisi; incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesi, ikincisi ise; insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine gereksinim gösteren hallerdir (Şen, 2001).

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.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Emniyet açısından şerit genişliğinin değerinin ne olması gerektiğini net olarak söylemek oldukça zordur. Farklı ülkelerde şerit genişliğinin emniyete etkisi üzerine yapılmış pek çok çalışma karşılaştırıldığında oldukça farklı sonuçlar dikkat çekmektedir. Burada, sürücü davranışlarının etkili olduğu düşünülebilir.

Diğer önemli bir konu ise, yapılan çalışmaların her birinde ele alınan etkenlerin birbirinden farklı olmasıdır. Örneğin bazı çalışmalarda, şerit genişliğinin emniyet etkisi araştırılırken; çevre durumu, hava koşulları, hız, trafik hacmi, banket genişliği gibi etkenlerin sadece bir tanesi ya da ikisi bir arada düşünülmüştür. Karayolu emniyetinde etkili olan tüm etkenlerin beraber değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenlerle çalışma sonuçlarının birbirinden farklılıklar göstermesi olağandır ve genel sonuç elde etmeyi engellemektedir. Çalışma sonuçlarına dayanarak; çok dar ve çok geniş şeritlerin kaza oranını artırdığını söyleyebiliriz.

Bir taşıtın minimum sürüş hızı ile geçebilmesi için gerekli şerit genişliğinin 3.3 m olması gerektiği, şehirlerarası bölünmemiş karayolları için yapılan bir çalışma sonucunda elde edilmiştir (Yager and Aerde,

1983). Farklı çalışmalarda farklı sonuçlara rastlanılmıştır. Örneğin bir çalışmada; şerit genişliği arttıkça kaza oluşumunda küçük artışlar olduğu belirtilirken diğer bir çalışma da ise şerit genişliği 2.7 m'den 3.7 m'ye çıkarıldığında kazalarda % 32 azalma kaydedildiği dikkat çekicidir (Hearne, 1976; TRB, 1978).

Birbirine yakın iki şerit genişliği karşılaştırıldığında durum biraz daha farklı olmaktadır. Örneğin; 3.35 m ve 3.65 m şerit genişliği için kaza oranlarının karşılaştırılması, bunlar arasında çok küçük bir fark olduğunu göstermektedir (TRB, 1978).

Trafik hacmi, şerit genişliği üzerinde oldukça etkili olmaktadır. Düşük hacimli karayollarında şerit genişliği incelendiğinde ilginç bir sonuca ulaşılmaktadır. Örneğin düşük hacimli şehirlerarası bölünmemiş karayollarında, şerit genişliği 3.65 m'den daha az alındığında kazalarda azalma olmaktadır (Hughes, 1995).

Çarpışma şekline bağlı kaza oranı incelendiğinde ise şerit genişliği yine etkili olmaktadır. Islak bir karayolu ele alındığında, şerit genişliğini artırmakla zıt yönlü çarpışma kaza oranı azaltılmaktadır (Zegeer and Deacon, 1987).

Hasarlı kaza oranında, şerit genişliği çok önemli bir değişkendir (%99), dar şeritlere göre geniş şeritlerde aynı yön çarpışma kaza oranı yüksek olabilmektedir, çünkü banketler taşıt geçmek için kullanılmaktadır (Christo and Joster, 1995). Bu çalışmanın sonucu, Güney Afrika'da sürücü davranışlarının ne kadar etkili olduğunu göstermektedir.

Şerit genişliği ve banket genişliğinin kaza oranları üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Bu araştırma sonucuna göre de şerit genişliğinin kaza oranları üzerinde banket genişliğinden daha etkili olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır (Zegeer and Deacon, 1987).

Bu çalışmaya benzer bir çalışma da Kanada'da yapılmıştır. Şehirlerarası bölünmemiş karayollarında yapılan bu çalışma için şerit genişliğinin artırılması ile kaza sıklığının azaldığı sonucuna ulaşılmıştır (Winch, 1963). Macar yolları için de aynı sonuç elde edilmiştir (Silyanov, 1973).

Şerit genişliğinin kaza oranında, banket genişliğinden daha etkili olmasını destekleyen bir başka çalışma da kaplama ve banket genişliği arasında yapılmıştır. Her iki sonuç da birbiriyle uyumludur. Kaplama genişliğini 0.3 m artırmakla elde edeceğimiz etkiyi banket genişliğini 0.3 m artırarak elde edebilmekteyiz (Maierle and Wolfgram, 1988).

Alabama Highway Department tarafından şehirlerarası bölünmemiş karayollarında, şerit genişletmenin etkisini araştırmak için 17 bölgede yapılan bir çalışmada; şerit genişliğinin 2.7-3 m'den 3.3-3.6 m'ye yükseltilmesi ile, ölümlü ve yaralanmalı kazalarda % 22 oranında azalma olduğu saptanmıştır (Mc Carthy et al., 1981).

Banket genişliği ve kaza oranı arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar karayolu emniyetinde etkili olan diğer değişkenlere göre daha fazladır (şerit genişliği hariç). Şerit genişliği gibi banket genişliğinin emniyet etkileri araştırıldığında da yaklaşık benzer sonuçlar görülmektedir. Banket tipinin kazalara etkisi araştırıldığında görülmektedir ki kaplamalı banketler kaplamasız banketlere göre kazaların azalmasında daha etkilidir. Ancak, çok düşük trafik hacimli karayollarında banket tipinin kazaları etkilemediği belirtilmektedir (Zegeer and Stewart, 1994). Trafik hacminin büyük olduğu karayolları incelendiğinde ise, banket tipi etkili olmaktadır. Yani, kaplamalı banketin kaplamasız banketten daha güvenli olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, iyileştirilen banket tasarımı ıslak-yol ve zıt-yönlü kazaların azalmasında etkilidir olmaktadır (Armour and Mclean, 1983).

Şehirlerarası bölünmemiş karayolları için yapılan çalışmada; her kenar için 0.6 m genişletilen kaplamalı bir banketin, kazaları %16 azalttığı rapor edilmektedir (Zegeer et al., 1986). Daha sonraki çalışmalarda, bu azalma % 8 ve % 6.6 olarak rapor edilmektedir (Zegeer et al., 1986; Miaou et al., 1993).

Genişliği az ve yüzeyi kaplamasız olan banket değerlendirildiğinde; bu durumun kazaları olumsuz etkilediği görülmektedir (Luyanda et al., 1983). 1950 ve 1960'lı yıllarda yapılan çalışmalarda, şehirlerarası bölünmemiş karayollarında banket genişliği ve kaza oluşumu arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır (Jorgensen, 1978).

Victoria için yapılan banket etkileri çalışmasında; kaplamalı banketin ancak trafik hacminin 360 tş/gün'ün üzerinde olması halinde ekonomik olacağı belirtilmektedir. Yine bu çalışma sonucuna göre; şehirlerarası bölünmemiş karayolunda kaplamalı banketin bulunması hasarlı kaza sıklığını önemli oranda azaltmaktadır. Bu tip karayollarında yapılan düzenlemelerle hasarlı kazalar % 41 azaltılmaktadır (Rogness, 1982; Ogden, 1997).

Sürücü etkisinin fazla olduğu Güney Afrika'da iki-şeritli karayollarında, kaplamalı banketteki kaza oranı, çakıl banketli karayolundaki kaza oranından daha fazla bulunmuştur (Christo and Joster, 1995). Araştırmacılar bu durumu ülkelerindeki sürücülerin

geniş ve kaplamalı banketi şerit gibi kullanmalarına bağlamaktadırlar. Yine Güney Afrika çalışmasının sonucuna göre; banket genişliği 2.1 m'ye çıkarıldığında kaza oranında önemli oranda azalma görülmektedir.

Banket tipinin kaza sıklığına etkisi ile ilgili bir çalışmada, şehirlerarası bölünmemiş karayolu ele alınmıştır: Platform genişliği 6 m'den az olan karayolunda banket iyileştirilerek kazalar azaltılmaktadır, fakat genişliği 7.3 m'den fazla olan karayolunda etkili olmamaktadır. Bu çalışmada ilginç olan bir sonuç, tek-taşıtlı kazaların % 47'sinde karayolu kenarındaki sabit bir cisim ile çarpışmanın olması ve bu çarpışmaların ise % 51'inin ölüm ve yaralanma ile sonuçlanmasıdır (Foody and Long, 1974). Ohio'da yapılan bir çalışmada şehirlerarası bölünmemiş karayollarında banket iyileştirmesi ile kazaların tümünde % 38, hasarlı ve ölümlü kazalarda ise % 46 azalma olmaktadır (Jorgensen, 1966).

Banketlerde yapılan genişletmeler kazaları azaltmada etkili olmasının yanında, trafik hacminin de önemli bir etkisi olmaktadır. Örneğin; ortalama günlük trafiğin 1000 tş/gün'den fazla olduğu karayollarında banket genişliğinin 1.8 m olması emniyet açısından faydalar getirmektedir (Cirillo and Council, 1986).

Yıllık ortalama günlük trafiğin 2 600 – 4 500 tş/gün arasında olduğu karayolunda banket genişliğinin artırılması ile tüm kaza çeşitlerinde azalma olmaktadır. Banket genişliğinin 2.4 m'nin üzerinde olması halinde bu sonuçlar tersine dönmekte ve kazalar artış göstermektedir (Blensley and Head, 1960).

Bir diğer araştırma sonucuna bakıldığında burada da genel sonuca benzer bir ilişki bulunmaktadır, yani banket genişliği sıfır metreden 2 m'ye artırıldığında kazalarda azalma olmaktadır ve faydalı banket genişliği 2.5 m'dir (Hedman, 1990).

Banketin bulunmadığı durumlarda karayolundan çıkma tipindeki kazaların diğer kaza tiplerine göre daha fazla olduğu saptanmıştır (Rinde, 1977; Rogness et al., 1982; Zegeer et al., 1981).

Bütün bu çalışmalardan genel sonuçlar çıkarmak mümkündür. Bunun yanında farklı sonuçların elde edildiği çalışmaların da dikkate alınması faydalı olacaktır. Örneğin; bir araştırma raporunda çok şeritli bölünmüş ve bölünmemiş karayollarında taşıtların banketlerde uygunsuz park etmelerinin kaza oranını artırdığı belirtilmektedir (TRB, 1978).

### 3. YÖNTEM

Genel olarak değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık, belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına Bulanık adı verilir (Şen, 1999). Belirsizlik durumlarında en uygun yöntem küme elemanlarına değişik üyelik derecelerinin verilmesi ile olacaktır (Zadeh, 1965). Aristo mantığında kesinlik vardır. Örneğin; trafik hacmi çoktur değilse azdır 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 işlemenin 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 (Şen, 1999).

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.

Teodorovic ve Vukadinovic (1998)'e göre bulanık bir sonucun daha açık anlaşılması için  $x_1, x_2, x_3$  gibi üç girdisi ve  $y$  gibi bir çıkarımı olan  $k$  tane kural tabanlı bulanık bir sistemi EĞER-İSE ifadesi ile modellemek için aşağıdaki gibi bir yol izlenmektedir:

- Kural 1 : Eğer  $x_1 P_{11}$  ve  $x_2 P_{12}$  ve  $x_3 P_{13}$  ise,  $y S_1$ 'dir, veya  
 Kural 2 : Eğer  $x_1 P_{21}$  ve  $x_2 P_{22}$  ve  $x_3 P_{23}$  ise,  $y S_2$ 'dir, veya  
 Kural  $k$  : Eğer  $x_1 P_{k1}$  ve  $x_2 P_{k2}$  ve  $x_3 P_{k3}$  ise,  $y S_k$ 'dir.

Verilen kurallar veya bağlacı ile ilişkilendirilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi  $P_{k1}$  ve  $P_{k3}$  ( $k=1,2,3,4,\dots$ ) bulanık kümelerinin üyelik işlevleridir ve üçgen şeklindedir.  $P_{k2}$  ve  $S_k$  ( $k=1,2,3,\dots$ ) bulanık kümesinin üyelik işlevidir ve yamuk şeklinde kabul edilmektedir.  $i_1, i_2$  ve  $i_3, x_1, x_2$  ve  $x_3$  girdilerinin bilinen değerleridir. Şekilde gösterilmekte olan  $S$  çıktısının üyelik işlevi aşağıda gösterilmektedir:

$$\mu_S(y) = \max_k \left\{ \min \left[ \mu_{P_{k1}}(i_1), \mu_{P_{k2}}(i_2), \mu_{P_{k3}}(i_3) \right] \right\} \quad (1)$$

$k=1, 2, 3,\dots$

$S$  bulanık çıktı kümesi, tüm kuralların  $Y_1, Y_2, \dots, Y_k$  gibi bulanık çıktılarının birleşimidir.

$$S = Y_1 \cup Y_2 \cup \dots \cup Y_k \quad (2)$$

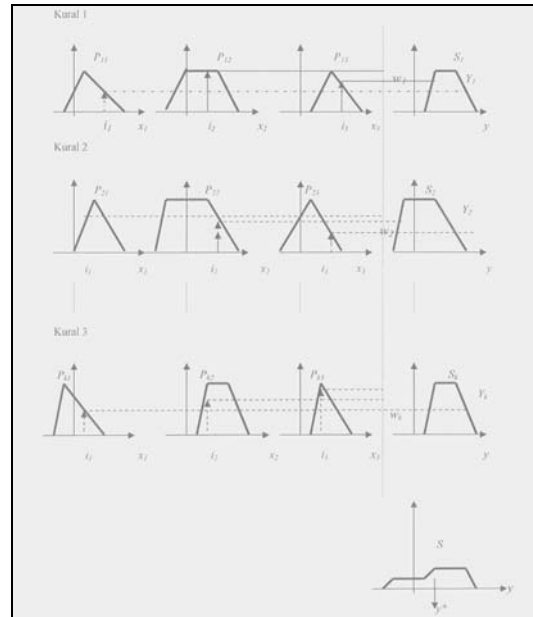
$x_1, x_2$  ve  $x_3$  girdilerinin bilinen  $i_1, i_2$  ve  $i_3$  değerlerinden,  $y$  çıktısının  $y^*$  değeri hesaplanır. Kural 1'e dikkat edildiğinde;

Eğer  $x_1 P_{11}$  ve  $x_2 P_{12}$  ve  $x_3 P_{13}$  ise,  $y S_1$ 'dir

$\mu_{p_{11}}(i_1)$  değeri,  $i_1$ 'in  $P_{11}$ 'e eşit olduğu yerdeki gerçek değeri göstermektedir. Aynı şekilde  $i_2$ 'nin  $P_{12}$ 'ye,  $i_3$ 'ün  $P_{13}$ 'e eşit olduğu yerdeki değerler  $\mu_{p_{12}}(i_2)$  ve  $\mu_{p_{13}}(i_3)$ 'dür.  $w_1$ 'in değeri ( $w$ , kural çıktısının üyelik derecesidir):

$$w_1 = \min \left\{ \mu_{P_{11}}(i_1), \mu_{P_{12}}(i_2), \mu_{P_{13}}(i_3) \right\} \quad (3)$$

$i_1 P_{11}$ 'e,  $i_2 P_{12}$ 'ye,  $i_3$ 'ün  $P_{13}$ 'e eşit olduğu gerçek değerlerden en küçük olanı işaret etmektedir.  $w_2, w_3, \dots, w_k$ 'nin değerleri de aynı yöntemle hesaplanabilir.

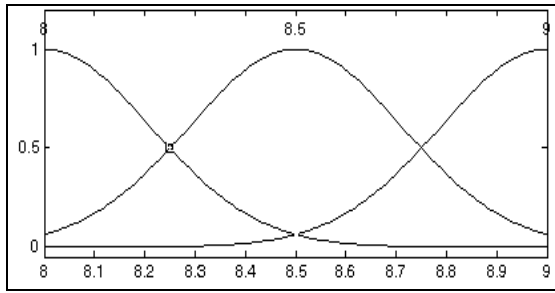


Şekil 1. Kuralların grafik gösterimi (Şen, 1999).

### 4. BULGULAR

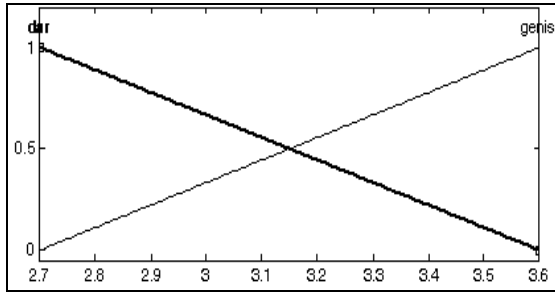
Şerit genişliği ve banket genişliğinin şehirlerarası karayollarında trafik güvenliğine etkisi değerlendirilirken; bulanık mantık kuralları ile oluşturulan kaza tahmin modeli kullanılmaktadır (Bağırğan, 2006). Bu modelde, üyelik işlevleri ve kural tabanı oluşturulurken MATLAB yazılımının bulanık mantık işlevinden yararlanılmıştır. Modelde; yıllık ortalama günlük trafik (YOGT); karayolu

güvenliğinde en önemli değişken olduğu için, işlev aralığı birden çok değerde alınmaktadır (Şekil 2). Şerit genişliği (SG), 2.7m - 3.6m genişlik için değerlendirilmektedir. Şerit genişliği 'dar' ve 'geniş' olmak üzere iki bulanık alt kümeye ayrılmıştır (Şekil 3). Banket genişliği (BG) de, 0-2.4 m genişlik için yine şerit genişliğinde olduğu gibi 'dar' ve 'geniş' bulanık alt kümelerine ayrılmıştır (Şekil 4). Kaza sayısı (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 kümeye ayrılmaktadır. YOGT  $(8-10) \cdot 10^3$  için hazırlanan kaza sayısı, dokuz bulanık alt kümeden oluşmaktadır. YOGT'nin  $(8-10) \cdot 10^3$  tş/gün değer aralığının burada kullanımı, sadece örnek vermek içindir.



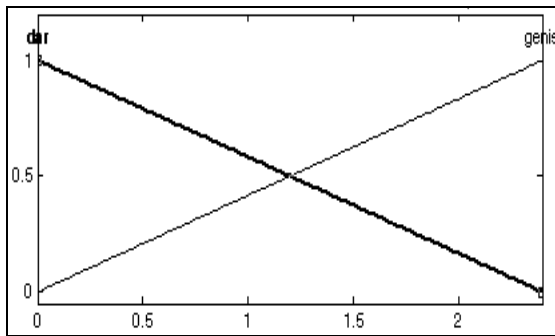
YOGT ( $\times 10^3$  tş/gün)

Şekil 2. YOGT'nin üyelik fonksiyonu eğrisi (Girdi 1)



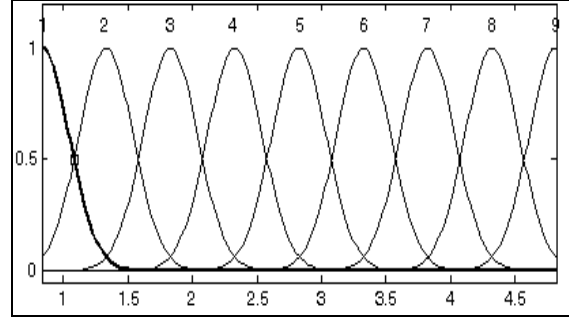
Şerit Genişliği (m)

Şekil 3. Şerit genişliği üyelik fonksiyonu eğrisi (Girdi 2)



Banket Genişliği (m)

Şekil 4. Banket genişliği üyelik fonksiyonu eğrisi (Girdi 3)



Kaza Sayısı

Şekil 5. Kaza sayısı üyelik fonksiyonu eğrisi (Çıktı)

Şerit ve banket genişliğinin karayolu güvenliğine etkisi değerlendirilirken; karayolu güvenliğinde etkili olan, modeldeki diğer değişken değerleri sabit alınmaktadır. Şehirlerarası bölünmemiş karayolu için; şerit genişliği ve banket genişliği arasındaki kaza tahmini ilişkisini, bulanık mantık modeli ile değerlendiren örnek aşağıda verilmektedir.

Karayolu kenarı tehlike oranı = 3

Bağlantı yolları yoğunluğu = 3 (km başına)

Düz yol kesimi

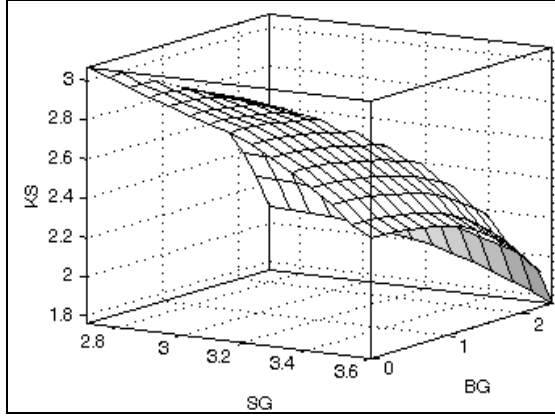
Karayolu boyuna eğimi = 1 (%)

Tırmanma şeridi yok

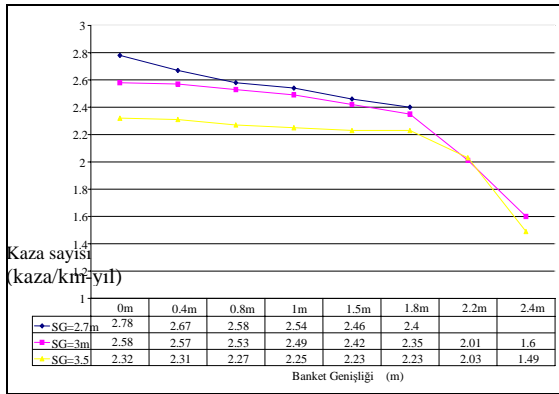
Hız = 80 km/sa

YOGT = 9 000 tş/gün

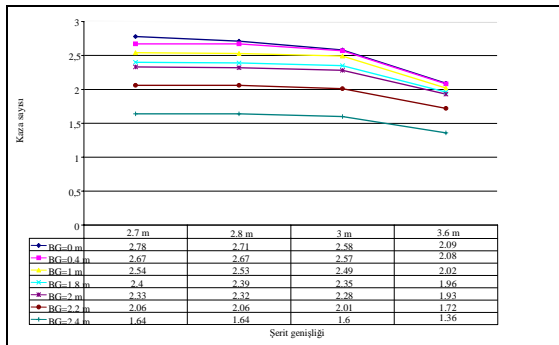
EĞER – İSE kural tabanlı modelde; şerit ve banket genişlikleri arasındaki kaza sayısı ilişkisi Şekil 6'da gösterilmektedir. Şekilde SG; şerit genişliğini, BG; banket genişliğini, KS; kaza sayısını göstermektedir. Şerit genişliği ve banket genişliği arttıkça, kaza sayısı azalmaktadır. Eğer şerit genişliği az ise, banket genişliği trafik güvenliğinde daha etkili olmaktadır (Şekil 7a,b). Banket genişliği 2 m'nin üzerinde alındığında ise, kaza sayısında büyük azalma olmaktadır. Banketin, şerit gibi kullanılıyor olması bunun nedenlerinden biri olabilir. Şerit genişliği 3m'den, banket genişliği de 1.8m'den fazla olduğunda kaza sayısında önemli bir düşüş gözlenmektedir. Trafik kazalarında banket genişliğinin etkisi şerit genişliğinin etkisine benzemektedir. Bu nedenle her ikisinde yapılan genişletme kaza sayısının azalmasında daha etkili olmaktadır. Bu sonuçlar literatürdeki sonuçlarla benzeşmektedir.



Şekil 6. Şerit genişliği (SG) (m) ile banket genişliği (BG) (m) arasındaki kaza sayısı (kaza sayısı/km-yıl) ilişkisi.



Şekil 7a. Farklı şerit ve banket genişlikleri için kaza tahmin değerleri.



Şekil 7b. Farklı şerit ve banket genişlikleri için kaza tahmin değerleri.

## 5. SONUÇ

Daha önceki çalışma sonuçları; şerit ve banket genişliğinin karayolu güvenliğinde oldukça etkili olduğunu göstermektedir. İncelenen bu çalışmalarda; YOGT'nin az olduğu karayollarında, şerit ve banket genişliğinin kazaların oluşumunda çok etkili

olmadığı, ancak YOGT fazla olduğunda ise tam tersine çok etkili olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. YOGT'nin fazla olduğu şehirlerarası bölünmemiş karayollarında (5000 tş/gün den fazla), eğer şerit genişliği dar (3 m den daha az) ise, bu durumda banket genişliği önem kazanmaktadır. Şerit genişliğinin ve banket genişliğinin küçük artışlarında, trafik güvenliğinde büyük değişimler olmamaktadır. Ancak; şerit genişliğini 2.7m'den 3m ve üzerine çıkardığımızda kaza sayısında önemli azalmalar olmaktadır. Şerit genişliğini 3.5 m alındığında, banket genişliği 1.8 m den sonra etkili olmaktadır. Banket genişliğinin trafik güvenliğine etkisi de şerit genişliğine benzer olarak değişmektedir. Trafik güvenliği açısından banket genişliğinin hiç bulunmaması özellikle çok dar şeritlerde oldukça olumsuz bir duruma neden olmaktadır. Şehirlerarası bölünmemiş karayollarında trafik güvenliği açısından, banket genişliğinin 1.8m'nin üzerinde alınması önerilmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

Armour, M., Mclean, J. R. 1983. The Effect of Shoulder Width and Type on Rural Traffic Safety and Operations, Australian Road Research 13, 4, 259-270.

Bağırçan, N. 2006. Şehirlerarası Karayollarında Trafik Güvenliği Tahmini, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta.

Blensley, R. C., Head, J. A. 1960. Statistical Determination of Effect of Paved Shoulder Width on Traffic Accident Frequency, HRB, Bull. 240, pp. 1-23.

Christo, J.B., Joster, A. M. 1995. The Effect of Rural Road Geometry on Safety in Southern Africa, 1<sup>st</sup> International Symposium on Highway Geometric Design, Boston.

Cirillo, J. A., Council, F. M. 1986. Transportation Research Circular 1068: Highway Safety: Twenty Years Later, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.90-95.

Footy, T. J., Long, M. D. 1974. The Identification of Relationships Between Safety and Roadway Obstructions, Ohio Department of Transportation, Columbus.

Güçmen, Ö. 1975. Karayolu Ulaşımında Güvenlik Sorununun Başlıca Yönleri ile Genel İncelemesi, Doçentlik Tezi, İTÜ, İstanbul.

- Hearne, R. 1976. Selected Geometric Elements and Accident Densities on the National Network, Environmental Research Unit, Dublin.
- Hedman, K.O. 1990. Proceedings of Strategic Highway Research Program and Traffic Safety and Two Continents, Road Design and Safety Gothenburg, 1989. VTI Report 315A.
- HRB, 1968. Accident Rates as Related to Design Elements of Rural Highways, National Cooperative Highway Research Program Report 47, Highway Research Board.
- Hughes, W.E. 1995. Safety and Human Factors: Worldwide Review, International Symposium on Highway Geometric Design Practices, Transportation Research Board, Boston.
- Jorgensen, R. 1978. Cost and Safety Effectiveness of Highway Design Elements, Associates, Inc. National Cooperative Highway Research Program, Report 197, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
- Jorgensen, R. 1966. Evaluation of Criteria for Safety Improvement on The Highway, Roy Jorgensen Associates, Inc., Gaithersburg, MD.
- Luyanda, F., Smith, R.W., Padron, M., Resto, P., Gutierrez, J., Fernandez, L. 1983. Multivariate Statistical Analysis of Highway Accident and Highway Conditions, University of Puerto Rico, Mayaguez School of Engineering Research Center, Report DOT-RSPA-DMA-50/84/9, Puerto Rico.
- Maierle, M.J., Wolfgram, M.J. 1988. Rural Two-Lane Highway Accidents and Geometrics: A Statistical Analysis, Presented at 67<sup>th</sup> Annual Meeting. Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Mathworks Inc., Matlab, 2002. The Language of Technical Computing, Version 6.5.
- Mc Carthy, J., Scruggs, J.C., Brown, D. B. 1981. Estimating the Safety Benefits for Alternative Highway and/or Operational Improvement, Report No. FHWA/RD-81/179, Federal Highway Administration.
- Miao, S.P., Lum, H. 1993. Modeling Vehicle Accidents and Highway Geometric Design Relationships, Accident Analysis and Prevention, 25(6): 689-709.
- Ogden, K.W. 1997. The Effects of Paved Shoulders on Accidents on Rural Highways, Accident Analysis and Prev., Vol. 29, No.3, pp. 353-362, Elsevier Science Ltd., Britain.
- Rinde, E.A. 1977. Accident Rates as Shoulder Width, Report CA-DOT-TR-314-1-77-01, California Department of Transportation, Sacramento, September.
- Rogness, R. O., Fambro, D.B., Turner, D. S. 1982. Before-After Accident Analysis for Two Shoulder Upgrading Alternatives, In Transportation Research Record 855, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- Sabey, B. E., Staughton, G. C. 1975. Interacting Roles of Road Environment Vehicle and Road Users in Accidents, IATM, Fifth Conference.
- Silyanov, V.V. 1973. Comparison of the Pattern of Accident Rates on Roads of Different Countries, Traffic Engineering and Control, Vol. 14, pp. 432-435.
- Şen, Z. 1999. Mühendislikte Bulanık Modelleme İlkeleri, İTÜ, (yayınlanmamış).
- Şen, Z. 2001. Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, Bilge Kültür Sanat, İstanbul.
- Teodorovic, D., Vukadinovic, S. 1998. Traffic Control and Transport Planning, Kluwer Academic Publishers.
- Trafik İstatistik Bülteni 1999. KGM.
- Transportation Research Board 1978. Cost and Safety Effectiveness of Highway Design Elements, NCH RPT 197.
- Yager, M., Van Aerde, R. 1983. Geometric and Environmental Effects on Speeds of Two-Lane Highways, Transportation Research, Vol. 17A, No 4.
- Winch, D. M. 1963. The Economics of Highway Planning, Canadian Studies in Economics, Toronto, Ontario, Canada.
- Zadeh, L. 1965. Fuzzy Sets, Information and Control, 8, 338-353.
- Zegeer, C. V., Deen, R.C., Mayes, J. G. 1981. Cost-Effectiveness of Lane and Shoulder Widening of Rural, Two-Lane Roads in Kentucky, In Transportation Research Record 806, TRB, National Research Council, Washington, D.C.

Zegeer, C. V., Deacon, J. A. 1987. Effect of Lane Width, Shoulder Width and Shoulder Type on Highway Safety, In State of the Art Report 6, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 1-21.

Zegeer, C.V., Stewart, R., Council F., and Neuman, T.R. 1994. Accident Relationship of Roadway

Width on Low-Volume Roads, Paper 940864 Presented at the 73<sup>rd</sup> Annual Meeting, National Research Council, Washington, D.C.

Zegeer, C. V., Reinfurt, D.W., Hummer, J., Herf, L., Hunter, W. 1986. Safety Effects of Cross-Section Design for Two-Lane Roads, FHWA-RD-87-008, Federal Highway Administration, Washington, D. C.

