

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞEHİRLERARASI KARAYOLLARINDA
TRAFİK GÜVENLİĞİ TAHMİNİ**

NURAN BAĞIRGAN

DOKTORA TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ISPARTA, 2006

**ŒEHİRLERARASI KARAYOLLARINDA
TRAFİK GÜVENLİĞİ TAHMİNİ**

Nuran BAĞIRGAN

**Doktora Tezi
İNŒAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA 2006**

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma jürimiz tarafından İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda
DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Nilay KESKİN

Üye : Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN (Danışman)

Üye : Doç. Dr. Halim CEYLAN

Üye : Doç. Dr. Mehmet SALTAN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mesut TIĞDEMİR

ONAY

Bu tez/...../ 2006 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca Belirlenen yukarıdaki
jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

...../...../ 2006

S.D.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Prof. Dr. Çiğdem SAVAŞKAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLGİSİ.....	3
2.1 Trafik Güvenliğini Etkileyen Değişkenler.....	3
2.1.1 Karayolu tipi ve trafik hacminin karayolu güvenliğine etkisi.....	4
2.1.2 Tırmanma şeridi ve boyuna eğimin karayolu güvenliğine etkisi.....	5
2.1.3 Hızın karayolu güvenliğine etkisi.....	7
2.1.4 Şerit ve platform genişliğinin karayolu güvenliğine etkisi.....	8
2.1.5 Banket genişliğinin karayolu güvenliğine etkisi.....	15
2.1.6 Yatay kurbaların karayolu güvenliğine etkisi.....	19
2.1.7 Karayolu kenarı tehlikelerinin karayolu güvenliğine etkisi.....	20
2.1.8 Bağlantı yollarının karayolu güvenliğine etkisi.....	26
2.2 Kaza Tahmin Yöntemleri.....	27
2.2.1 Tarihsel kaza verilerinden tahminler.....	27
2.2.2 İyileştirmeden önceki ve sonraki verilerden tahminler.....	27
2.2.3 Uzman kararlardan tahminler.....	28
2.2.4 İstatistik modellerden tahminler.....	28
2.3 Yapay Sinir Ağları.....	33
2.4 Kılavuz Alınan Kaza Tahmin Yöntemi.....	36
2.5 Şehirlerarası Bölünmemiş Karayollarında Kara Nokta Tespiti İçin Kaza Çözümleme Yöntemleri.....	37
2.5.1 Kaza sayısı yöntemi.....	38
2.5.2 Kaza tekrarı oranı yöntemi.....	38
2.5.3 Tablo yöntemi.....	39
2.5.4 Eşdeğer ağırlık yöntemi.....	39
2.5.5 Oran kalite kontrol yöntemi.....	41
2.6 Ülkemiz İçin Değerlendirme.....	41
3. YÖNTEM.....	47
3.1 Bulanık Mantık ve Bulanık Mantığın Gelişimi.....	47
3.1.1 İnşaat mühendisliğinde bulanık mantık uygulamaları.....	48
3.1.2 Ulaştırma alanında bulanık mantık kullanımı.....	49
3.2 Bulanık Mantık Esasları.....	50
3.2.1 Üyelik dereceleri.....	50
3.2.2 Bulanık küme işlemleri.....	50
3.2.3 Üyelik işlevinin kısımları.....	54
3.2.4 Üyelik derecesinin atanması.....	55
3.2.5 Durulaştırma İşlemleri.....	55
3.2.6 Bulanık kurallar.....	60
4. BULGULAR.....	64
4.1 Temel Modelin Oluşturulması.....	64

4.2 Geliştirilen Temel Model.....	75
5. SONUÇ.....	97
6. KAYNAKLAR.....	99
7. EKLER	
7.1 EK 1.....	114
7.2 EK 2.....	133
7.3 EK 3.....	146
8. ÖZGEÇMİŞ.....	156

ÖZET

ŞEHİRLERARASI KARAYOLLARINDA TRAFİK GÜVENLİĞİ TAHMİNİ

Çalışmanın amacı; karayollarının projelendirilmesi, yapımı aşamasında veya mevcut kesimlerinde, kaza olabilecek olası kesimleri belirlemek ve gerekli önlemleri önermektir.

Karayolu geometrisinin trafik kazalarının oluşumunda etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, iki şeritli şehirlerarası bölünmemiş karayollarında trafik kazalarının oluşumunda payı olan karayollarının geometrik özellikleri, çevre etkisi ve hız gibi etkenler incelenerek değerlendirilmiştir. Karayolunun üst yapısı, hava koşulları ve sürücü hataları çalışmanın bu aşamasında dikkate alınmamıştır.

Öncelikle; iki-şeritli şehirlerarası bölünmemiş karayollarında, kazaya etki eden etmenler (yıllık ortalama günlük trafik- YOGT, şerit genişliği, banket genişliği, yatay kurba yarıçapı, karayolunun boyuna eğimi, karayolu kenarı tehlikeleri, bağlantı yollarının yoğunluğu, hız, tırmanma şeridinin varlığı) daha önceki çalışmalardan faydalanılarak incelenmiştir. Daha sonra ise, karayolu güvenliğinde etkili olan bu değişkenlerin birlikte değerlendirileceği model geliştirilmiştir.

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. Bunun için üyelik işlevlerinin geliştirilmesinde kaynak araştırmasından yararlanılmıştır. Trafik kazalarına etki eden etmenlerin birden fazlasının birlikte değerlendirildiği FHWA (The Federal Highway Administration) (Harwood vd., 2000) raporu kılavuz model olarak kabul edilmiştir. Geliştirilen temel modelin sonuçlarının, kılavuz modeldeki sonuçlarla uyumlu olması sonucu temel model geliştirilerek yeni bir model oluşturulmuştur.

Oluşturulan bu model ile; kullanılmakta olan şehirlerarası bölünmemiş karayollarında, karayolu geometrisindeki hatalardan kaynaklanan kara noktalar tespit edilebilecektir. Ayrıca henüz proje aşamasındaki karayolu, karayolu güvenliği açısından değerlendirilecek ve böylece kaynaklar daha etkin bir şekilde kullanılmış olacaktır.

ANAHTAR KELİMELEER: Bulanık mantık, karayolu güvenliği, karayolu geometrik standartları, trafik kaza değişkenleri.

ABSTRACT

PREDICTION OF THE TRAFFIC SAFETY ON RURAL HIGHWAYS

The goal of this work is to determine the areas with a high risk of accidents during the steps of project-making and construction and in the areas that are currently in service and to suggest necessary measures to prevent such accidents.

It is known that road geometry plays an important part in road-accidents. This study assessed the geometrical features that played a role in the accidents in the two-lane rural roads, the effect of environment and the factors such as speed are included. The pavement structure, weather conditions and driver faults were ignored at this step.

We investigated the accidents factors that are annual average daily traffic, lane width, shoulder width, radius of horizontal curvature, road's forward slope, roadside hazard rating, driveway density, speed, the presence of climbing lane. Then, a model is developed to examine the variables.

There are lots of uncertainties in the emergence of traffic accidents. Thus, we proposed a fuzzy logic approach to model road accident. The most important issue in a fuzzy logic model is to determine membership functions. We used a source research in developing membership functions. We accepted as a model of FHWA (Harwood et al, 2000) that used the multiplicity of factors that influenced traffic accidents. The results of the model is tested to comply with the results of the FHWA model.

With this model, we aim to determine the black spots along the two-lane rural roads because of the faults in road geometries. Moreover, we will examine road safety during the project-level road safety so that the resources can be used more efficiently.

KEY WORDS: Fuzzy logic, highway safety, geometric design standards of highway, traffic accidents parameters.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma konusunu öneren, destek ve görüşlerini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini paylaşarak ufukumun gelişmesine yardımcı olan danışmanım Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN'e şükranlarımı sunarım.

Bulanık mantık yöntemini daha iyi kavrayabilmem için, bilgi ve görüşlerini paylaşarak bana yardımcı olan saygıdeğer büyüğüm Prof. Dr. Zekai ŞEN'e teşekkür ederim.

Doktora çalışmasının başlangıcından tamamlama aşamasına kadar, maddi ve manevi olarak her zaman yanımda olan eşim İnş. Yük. Müh. Ahmet BAĞIRGAN'a, ayrıca tez çalışmamda yardımlarını benden esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Serdal TERZİ'ye, bu günlerimi borçlu olduğum sevgili anneme, zamanlarını aldığım sevgili oğullarım Can ve Kaan'a teşekkür ederim.

06.02.2006

Nuran BAĞIRGAN

Simgeler Dizini

$\underline{A}, \underline{B}$	bulanık küme
$\underline{\underline{A}}$	\underline{A} bulanık kümesinin tamamlayıcısı
A_i	A ayırıcısının i.sınıftaki üyelik etkisi
AID	Automatic Interaction Detection
$(AMF_{1r}AMF_{2r}...AMF_{nr})$	karayolu kesimleri için kaza iyileştirme katsayıları
BG	Banket genişliği
B_j	B ayırıcısının j.sınıftaki üyelik etkisi
BYY	bağlantı yolu yoğunluğu
CAD	Computer Aided Design
CPM	Crash Prediction Module
D	yatay kurbanın eğrilik derecesi
DCM	Design Consistency Module
DRM	Intersection Diagnostic Review Module
E	gözlenen kaza sayısı ile tahmin edilen kaza sayısı arasındaki ortalama hata
EG	Karayolunun boyuna eğimi
$E_{ij...n}$	hata terimi
f	f işlevi
FHWA	The Federal Highway Administration
H_j	yapay sinir ağı, kapalı bölüm değeri
IHSDM	Interactive Highway Safety Design Model
ÖK	Ölümlü kaza sayısı
K, b_1, b_2	logaritmik regresyonla belirlenen katsayılardır
KBG	kaplamalı banket genişliği
KG	köprü genişliği
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
KM	kılavuz model
KS	Kaza sayısı
KS_k	5 yıllık bir zaman aralığında, yatay bir kurba üzerindeki kazaların toplam sayısı
KS_{ts}	Kaza iyileştirme katsayılarının kullanılmasından sonra, bir karayolu kesiminde bir yıldaki kazaların tahmin edilen toplam sayısıdır
KS_{br}	mevcut ya da temel koşullar için bir karayolu kesiminde bir yıldaki kazaların tahmin edilen toplam sayısıdır
KŞ	Kaza şiddeti
KTO	Kaza Tekrarı Oranı
L	karayolu kesiminin uzunluğu
L_k	kurbanın uzunluğu
MAC	Multiple Analysis Classification
MHL	Maddi hasarlı kaza sayısı
N	gözlemlenen kaza sayısı
PG	platform genişliği
PRM	Policy Review Module
$P(y_i)$	y_i kamyonunun kazalara karışma olasılığı

R, R_1, \dots	bulanık kümeler arasındaki kartezyen ilişki
RSM	Roadside Safety Module
SK	geçiş eğrili bir kurba için 1, geçiş eğrisi yok ise
S	bulanık çıkarım kümesi
STATE	karayolu kesiminin yeri (Minnesota'da 0, Washington'da 1 dir)
ŞG	Şerit genişliği
$T^{(n)}$	n alanında gözlenen kaza sayısı, $n = 1, 2, \dots, N$
TAM	Traffic Analysis Module
TER1	düz arazi için 1, diğer durumlarda 0
TER2	dağlık arazi için 1, diğer durumlarda 0
TM	temel model (bulanık mantık)
TS	tırmanma şeridi
UB	kaplamasız banket genişliği
$ü(x)$	x üyelik işlevinin üyelik derecesi
(X_1, X_2, \dots, X_k)	yapay sinir ağları için, bağımsız karayolu değişkenleri
x_{1i}	şerit başına ortalama günlük trafik
x_{2i}	karayolunda yatay kurba eğriliği
x_{3i}	x_{2i} .yatay kurba eğri uzunluğu
x_{4i}	yön başına banket genişliği
x_{5i}	trafik akımındaki kamyon yüzdesi
$W^{(1)}, W^{(2)}$	ağırlık matrisi
V	5 yıllık zaman aralığında taşıt hacmi (milyon taşıtta)
v_i	şehirlerarası bölünmemiş karayolunda i kesiminde belirlenen kamyon sayısı
Y	bağıl değişkenin büyük ortalaması
y	bulanık çıkarım kümesinin elemanı
y^*	durulaştırılmış değer
Y_i	yapay sinir ağı, kapalı bölüm değeri
(Y_1, Y_2, \dots, Y_3)	yapay sinir ağları için, çıktısı (kaza sayısı)
YOGT	Yıllık ortalama günlük trafik (tş/gün)
y_i	bölünmemiş karayolunun i kesiminde, kazalara karışmış kamyonların sayısı
$Y_{ij\dots n}$	A ayırıcısı i, B ayırıcısı j sınıfına girdiğinde n bölümünün değeri
YK	yaralanmalı kaza sayısı
YKT	karayolu kenarı tehlike oranı
YKY	yatay kurba yarıçapı
$Y^{(n)}$	n alanında tahmin edilen kaza sayısı, $n = 1, 2, \dots, N$
λ_i	şehirlerarası bölünmemiş karayolunda i kesimindeki kaza oranı anlamındadır

Şekiller Dizini

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Karayolunun boyuna eğiminin karayolu güvenliğine etkisi (Babkov, 1975)	7
Şekil 2.2 Şehirlerarası bölünmemiş karayollarında şerit genişliğinin kazalara etkisi (FHWA, 1981)	11
Şekil 2.3 Platform genişliğinin kazalara etkisi (Jacobs, 1976)	14
Şekil 2.4 Farklı ülke verilerine göre platform genişliğinin kazalara etkisi (Babkov, 1975)	16
Şekil 2.5 Şehirlerarası bölünmemiş karayollarında banket genişliğinin kazalara etkisi (FHWA, 1981)	18
Şekil 2.6 Karayolu kenarı tehlike oranı 1 olan şehirlerarası bölünmemiş tipik bir karayolu (Zegeer vd., 1987)	23
Şekil 2.7 Karayolu kenarı tehlike oranı 2 olan şehirlerarası bölünmemiş tipik bir karayolu (Zegeer vd., 1987)	23
Şekil 2.8 Karayolu kenarı tehlike oranı 3 olan şehirlerarası bölünmemiş tipik bir karayolu (Zegeer vd., 1987)	24
Şekil 2.9 Karayolu kenarı tehlike oranı 4 olan şehirlerarası bölünmemiş tipik bir karayolu (Zegeer vd., 1987)	24
Şekil 2.10 Karayolu kenarı tehlike oranı 5 olan şehirlerarası bölünmemiş tipik bir karayolu (Zegeer vd., 1987)	25
Şekil 2.11 Karayolu kenarı tehlike oranı 6 olan şehirlerarası bölünmemiş tipik bir karayolu (Zegeer vd., 1987)	25
Şekil 2.12 Karayolu kenarı tehlike oranı 7 olan şehirlerarası bölünmemiş tipik bir karayolu (Zegeer vd., 1987)	26
Şekil 2.13 Tipik bir yapay sinir ağı (Vogt ve Bared, 1998)	34
Şekil 2.14 Karayolu değişkenlerinin karayolu emniyetine etkisi (FHWA, 1997)	46
Şekil 3.1 <u>A</u> Bulanık kümesi (Şen, 1999)	51
Şekil 3.2 <u>A</u> ve <u>B</u> bulanık kümesinin birleşimi (Şen, 1999)	52
Şekil 3.3 <u>A</u> ve <u>B</u> bulanık kümesinin kesişimi (Şen, 1999)	52
Şekil 3.4 <u>A</u> bulanık kümesinin tamamlayıcısı (Şen, 1999)	52
Şekil 3.5 <u>A</u> bulanık kümesinin tamamlayıcısı ile birleşimi (Şen, 1999)	53
Şekil 3.6 <u>A</u> bulanık kümesinin tamamlayıcısı ile kesişimi (Şen, 1999)	53
Şekil 3.7 Üyelik işlevi bölümleri (Şen, 1999)	54
Şekil 3.8 Gauss bulanık kümesi (Şen, 1999)	55
Şekil 3.9 Karayolunun boyuna eğimi bulanık alt kümeleri	55
Şekil 3.10a Yamuk bulanık sonuç (Şen, 1999)	56
Şekil 3.10b Üçgen bulanık sonuç (Şen, 1999)	56
Şekil 3.10c İki bulanık girdinin, bulanık çıktısı (Şen, 1999)	56
Şekil 3.11 En büyük üyelik ilkesi (Şen, 1999)	57
Şekil 3.12 Sentroid yöntemi (Şen, 1999)	57
Şekil 3.13 Ağırlıklı ortalama yöntemi (Şen, 1999)	58
Şekil 3.14 Ortalama en büyük üyelik (Şen, 1999)	58
Şekil 3.15 Toplamların merkezi (Şen, 1999)	59
Şekil 3.16 En büyük alan merkezi (Şen, 1999)	59
Şekil 3.17 Kuralların grafik gösterimi (Şen, 1999)	62
Şekil 4.1 YOGT (10^3 tş/gün)-Girdi 1	65

Şekil 4.2	Şerit genişliği (m)-Girdi 2	66
Şekil 4.3	Banket genişliği (m)-Girdi 3	66
Şekil 4.4	Karayolu kenarı tehlike oranı-Girdi 4	66
Şekil 4.5	Bağlantı yolu yoğunluğu-Girdi 5	67
Şekil 4.6	Kaza sayısı-Çıktı	67
Şekil 4.7	Model sonuçlarının karşılaştırılması	73
Şekil 4.8	Model sonuçlarının R-kare dağılımı	74
Şekil 4.9	Karayolu boyuna eğimi (%), Girdi 6	77
Şekil 4.10	Tırmanma şeridinin varlığı, Girdi 7	77
Şekil 4.11	Hız (km/sa), Girdi 8	77
Şekil 4.12	Yatay kurba yarıçapı* 100 (m), Girdi	78
Şekil 4.13	Banket genişliği-kaza sayısı ilişkisi	80
Şekil 4.14	Hız-kaza sayısı ilişkisi	82
Şekil 4.15	Karayolu kenarı tehlike oranı-kaza sayısı ilişkisi	83
Şekil 4.16	Bağlantı yolu yoğunluğu-kaza sayısı ilişkisi	85
Şekil 4.17	Yatay kurba yarıçapı-kaza sayısı ilişkisi	86
Şekil 4.18	Şerit genişliği-kaza sayısı ilişkisi	88
Şekil 4.19	Farklı ŞG için, hız-kaza sayısı karşılaştırması	90
Şekil 4.20	ŞG için,hız-kaza sayısı karşılaştırması	92
Şekil 4.21	Farklı ŞG için,hız-kaza sayısı karşılaştırması	94
Şekil 4.22	Farklı ŞG için,hız-kaza sayısı karşılaştırması	96
Şekil 7.1	576.Kuralının durulaştırılması	133
Şekil 7.2	YOGT (3000-4000 tş/gün) ile ŞG arasındaki KS ilişkisi	146
Şekil 7.3	YOGT (8000-9000 tş/gün) ile ŞG arasındaki KS ilişkisi	146
Şekil 7.4	YOGT (3000-4000 tş/gün) ile BG arasındaki KS ilişkisi	146
Şekil 7.5	YOGT (8000-9000 tş/gün) ile BG arasındaki KS ilişkisi	147
Şekil 7.6	YOGT (3000-4000 tş/gün) ile YKT arasındaki KS ilişkisi	147
Şekil 7.7	YOGT (8000-9000 tş/gün) ile YKT arasındaki KS ilişkisi	147
Şekil 7.8	YOGT (3000-4000 tş/gün) ile BYY arasındaki KS ilişkisi	147
Şekil 7.9	YOGT (8000-9000 tş/gün) ile BYY arasındaki KS ilişkisi	148
Şekil 7.10	YOGT (3000-4000 tş/gün) ile EG arasındaki KS ilişkisi	148
Şekil 7.11	YOGT (8000-9000 tş/gün) ile EG arasındaki KS ilişkisi	148
Şekil 7.12	YOGT (3000-4000 tş/gün) ile HIZ arasındaki KS ilişkisi	148
Şekil 7.13	YOGT (8000-9000 tş/gün) ile HIZ arasındaki KS ilişkisi	149
Şekil 7.14	YOGT (3000-4000 tş/gün) ile YKY*100 arasındaki KS ilişkisi	149
Şekil 7.15	YOGT (8000-9000 tş/gün) ile YKY*100 arasındaki KS ilişkisi	149
Şekil 7.16	(YOGT 3000-4000 tş/gün) ŞG ile BG arasında KS ilişkisi	150
Şekil 7.17	(YOGT 8000-9000 tş/gün) ŞG ile BG arasında KS ilişkisi	150
Şekil 7.18	(YOGT 3000-4000 tş/gün) ŞG ile YKT arasında KS ilişkisi	150
Şekil 7.19	(YOGT 8000-9000 tş/gün) ŞG ile YKT arasında KS ilişkisi	151
Şekil 7.20	(YOGT 3000-4000 tş/gün) ŞG ile BYY arasında KS ilişkisi	151
Şekil 7.21	(YOGT 8000-9000 tş/gün) ŞG ile BYY arasında KS ilişkisi	151
Şekil 7.22	(YOGT 3000-4000 tş/gün) ŞG ile EG arasında KS ilişkisi	151
Şekil 7.23	(YOGT 8000-9000 tş/gün) ŞG ile EG arasında KS ilişkisi	152
Şekil 7.24	(YOGT 3000-4000 tş/gün) ŞG ile HIZ arasında KS ilişkisi	152
Şekil 7.25	(YOGT 8000-9000 tş/gün) ŞG ile HIZ arasında KS ilişkisi	152
Şekil 7.26	(YOGT 3000-4000 tş/gün) ŞG ile YKY*100 arasında KS ilişkisi	152
Şekil 7.27	(YOGT 8000-9000 tş/gün) ŞG ile YKY*100 arasında KS ilişkisi	153

Şekil 7.28	(YOGT 3000-4000 tş/gün) BG ile YKT arasında KS ilişkisi	153
Şekil 7.29	(YOGT 8000-9000 tş/gün) BG ile YKT arasında KS ilişkisi	153
Şekil 7.30	(YOGT 3000-4000 tş/gün) BG ile BYY arasında KS ilişkisi	154
Şekil 7.31	(YOGT 8000-9000 tş/gün) BG ile BYY arasında KS ilişkisi	154
Şekil 7.32	(YOGT 3000-4000 tş/gün) BG ile EĞ arasında KS ilişkisi	154
Şekil 7.33	(YOGT 8000-9000 tş/gün) BG ile EG arasında KS ilişkisi	154
Şekil 7.34	(YOGT 3000-4000 tş/gün) BG ile HIZ arasında KS ilişkisi	155
Şekil 7.35	(YOGT 8000-9000 tş/gün) BG ile HIZ arasında KS ilişkisi	155
Şekil 7.36	(YOGT 3000-4000 tş/gün) BG ile YKY*100 arasında KS ilişkisi	155
Şekil 7.37	(YOGT 8000-9000 tş/gün) BG ile YKY*100 arasında KS ilişkisi	155

Çizelgeler Dizini

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Kaplama genişliğinin karayolu güvenliğine etkisi (Kutlu ve Yayla, 1986).....	13
Çizelge 2.2. Katılma-ayrılma yeri sayısının karayolu güvenliğine etkisi (Kutlu ve Yayla, 1986).....	27
Çizelge 2.3. Tablo yöntemi (Kahramangil vd., 1999).....	39
Çizelge 2.4. Eşdeğer ağırlık, kaza sayısı ve kaza tekrarı oranı yöntemlerinin karşılaştırılması (Kahramangil vd., 1999).....	41
Çizelge 2.5. 2005 yılı Isparta – Antalya karayolunda, şerit genişliği ve banket genişliğinin arazi ölçüm değerleri.....	42
Çizelge 2.6. 2002 yılı trafik kazalarına sebep olan sürücü, yaya, yolcu, araç ve karayolu etmenlerinin kazalardaki kusur oranları (KGM, 2003).....	45
Çizelge 2.7. 2002 yılı trafik kazalarına sebep olan sürücü, yaya, yolcu, araç ve karayolu etmenlerine bağlı olarak meydana gelen kusur sayıları ve kusur oranları (KGM, 2003).....	45
Çizelge 4.1. Temel model bulanık kuralları.....	67
Çizelge 4.2. Bulanık kuralların sayısal örneklendirilmesi.....	70
Çizelge 4.3. YOGT=9000tş/gün, KS-BG (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	79
Çizelge 4.4. YOGT=9000tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	81
Çizelge 4.5. YOGT=9000tş/gün, KS-YKT (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	82
Çizelge 4.6. YOGT=9000tş/gün, KS-BYY (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	84
Çizelge 4.7. YOGT=9000tş/gün, KS-YKY (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	86
Çizelge 4.8. YOGT=9000tş/gün, KS-ŞG (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	87
Çizelge 4.9a YOGT=9000tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	89
Çizelge 4.9b YOGT=9000tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	89
Çizelge 4.9c YOGT=9000tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	89
Çizelge 4.10a YOGT=9000tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	91
Çizelge 4.10b YOGT=9000tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	91
Çizelge 4.10c YOGT=9000tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	92
Çizelge 4.11a YOGT=9000tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	93
Çizelge 4.11b YOGT=9000tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	93

Çizelge 4.11c	YOGT=9000tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	93
Çizelge 4.12a	YOGT=9000tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	95
Çizelge 4.12b	YOGT=9000tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	95
Çizelge 4.12c	YOGT=9000tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi.....	95
Çizelge 7.1.	Modelin kuralları.....	114

1.GİRİŞ

Çalışmanın amacı; karayollarının projelendirilmesi, yapımı aşamasında veya mevcut kesimlerinde, kaza olabilecek olası kesimleri belirlemek ve gerekli önlemleri önermektir. Bu çalışma ile daha projelendirme aşamasında, trafik kazalarının yoğun olduğu karayolu kesimleri önceden belirlenebilecek ve kaynakların akıllıca kullanımı sağlanmış olacaktır.

Karayolu geometrisinin trafik kaza oluşumunda etkisinin olduğu bilinmektedir. Ancak, ülkemizde trafik kaza tutanakları dikkate alınarak kusur belirlenmesi yapıldığından, karayolu geometrisinin kaza oluşumundaki payı fazla dikkate alınmamaktadır. Çalışmada, trafik kazalarının oluşumunda payı olan yatay kurba kesimleri, boyuna eğim, şerit ve banket genişliği, bağlantı yolları, karayolu kenarı tehlikeleri, hız, trafik hacmi gibi etmenlerin karayolu güvenliğine etkilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

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 ve Staughton, 1975). Ancak, istatistik veriler sadece polisler tarafından tutulan trafik kaza tutanaklarından yararlanılarak elde edildiğinden, altyapı eksikliğinin etkisinin düşük çıkması oldukça normaldir; çünkü trafik kaza tutanaklarını hazırlayan kişilerin herhangi bir mühendislik bilgisi bulunmamaktadır. Bu nedenle, ülkemizde altyapı eksikliğinden kaynaklanan kaza oranının belirlenmesi, planlama sürecinde büyük kolaylıklar sağlayacaktır. Ayrıca, trafik kaza raporlarının amacı, kazadaki kusur oranını sürücüler arasında paylaşım olarak düşünülmektedir.

Ülkemizde karayollarındaki trafik kazalarında karayolu ve çevre koşullarının kazalara etkisinin az görülmesinde asıl neden, bu konunun yeterince değerlendirilmemiş olmasıdır. Bu çalışmada; sürücü hataları, hava koşulları,

karayolu üstyapı özellikleri dikkate alınmayarak, karayolu geometrisi trafik mühendisliği açısından değerlendirilerek bir model geliştirilmiştir.

Şehirlerarası bölünmemiş karayollarında, kazaya etki eden etmenler (yıllık ortalama günlük trafik hacmi-YOGT, şerit genişliği-ŞG (m), banket genişliği-BG (m), yatay kurba yarıçapı-YKY (m), yolun boyuna eğimi-EG (%), karayolu kenarı tehlike oranı-YKT, bağlantı yollarının yoğunluğu-BYY (bir km'lik karayolu kesiminde bulunan bağlantı yollarının sayısı), hız-HIZ (km/sa), tırmanma şeridinin-TS varlığı gibi) ele alınarak modelde geliştirilmiştir.

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.

Trafik kazalarına etki eden etmenlerin birden fazlasının birlikte değerlendirildiği FHWA (Harwood vd., 2000) raporu kılavuz model olarak kullanılmıştır. Öncelikle, bir temel model geliştirilmiştir. Sonuçların kılavuz modelle uyumlu olmasının görülmesi üzerine model geliştirilmiştir.

2. KAYNAK BİLGİSİ

2.1 Trafik Güvenliğini Etkileyen Değişkenler

Kazalarda önemli bir orana sahip karayolu geometrik standartlarının ve trafik değişkenlerinin karayolu emniyetine etkileri pek çok çalışmada teker teker ele alınarak değerlendirilmiştir. Bu etkenlerden en önemlisi trafik hacmidir. Yapılan kaynak araştırmalarında görülmektedir ki, geometrik tasarım elemanları ve trafik değişkeninin karayolu emniyeti ile ilişkisi için yapılmış çalışmaların büyük bir çoğunluğunda bu değişkenler ayrı ayrı ya da bir ikisi birlikte ele alınmaktadır. Yine bu çalışmaların büyük bir bölümünde istatistiksel modeller kullanılmaktadır.

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).

Karayolu güvenliğinin ölçütü olan trafik kazalarının oluşumunda en etkili unsur; sürücüler (karayolunu kullananlar) daha sonra ise sırası ile karayolu ve çevresi ile taşıttır. Bu durum, karayolu güvenliğinin sağlanmasında, iyi bir geometrik tasarımın ve buna bağlı olarak geometrik standartların önemini ortaya koymaktadır (İyınam, 1997).

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.

2.1.1 Karayolu tipi ve trafik hacminin karayolu güvenliğine etkisi

Karayolu emniyetinde en etkili değişkenlerden biri, karayolu tipi ve trafik hacmidir. YOGT, kazaların tahmininde çok önemli değişkenlerden birisidir ve çoğu modelde değişken olarak kullanılmaktadır. Genel olarak, kontrol edilebilir diğer değişkenler ile ilişkisi nedeniyle bağımlı bir değişken olarak YOGT'nin kullanımı tavsiye edilmektedir (Hauer, 1994).

Örneğin Avustralya'da yapılan bir çalışmada hasarlı kazaların %20'si ve ölümlü kazaların %33'ünün şehirlerarası karayollarında olduğuna dikkat çekilmektedir (Armour ve Cinquegrana, 1990). şerit sayısının fazla olması kazaları azaltmada etkili olabilmektedir, ancak diğer değişkenlerin etkisinin de dikkate alınması ve birlikte değerlendirilmesi uygun olacaktır.

Genel olarak, bölünmüş karayollarındaki kaza oranının, bölünmemiş karayollarına göre daha az olduğunu söylemek mümkündür. Ancak, bazı çalışmaların da gösterdiği gibi; eğer bölünmemiş karayolunda hız çok düşük ise bu durumda toplam kaza oranı bölünmüş bir karayolundan daha az olabilmektedir (Christo ve Joster, 1995).

şerit sayısını artırmakla o karayolunun çok güvenli hale getirildiğini söylemek hatalı olacaktır. Altı-şeritli bir karayolu ile dört-şeritli bir karayolu tipi için hasarlı kazaya karışmada kaza oranında önemli bir değişiklik yoktur, ancak toplam kaza oranında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Ayrıca dört-şeritli bölünmemiş bir karayolu, bölünmüş bir karayolundan daha tehlikelidir (Branolte vd., 1993).

Karayolu tipinin karayolu emniyetine etkisi üzerine daha önce yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğu, şehirlerarası bölünmemiş karayolları üzerinedir. Örneğin, Portekiz'de şehirlerarası bölünmemiş karayollarında yapılan bir çalışmada; (1988-1993) yılları arasında oluşan 90682 kaza incelenmiştir. Bu kazaların %73'ü kavşak dışında meydana gelmektedir. Bütün kazaların %26'sı kurbalarda, hasarlı kazaların ise %10'dan fazlası kaza kara noktalarında oluşmaktadır (Cordoso, 1995). Bu çalışmaya benzer bir çalışma; şehirlerarası bölünmemiş karayolları için yapılmıştır

ve şehirlerarası bölünmemiş karayollarında kaza olasılığının kavşaklardan, köprülerden ve yatay kurbalardan daha fazla olduğu rapor edilmiştir (Brinkman ve Smith, 1984).

Çalışma sonuçları, trafik kazalarının oluşumunda en önemli etkenin trafik hacmi olduğunu göstermektedir. Genel olarak trafik hacmi arttıkça kaza oranında artışlar olduğunu söylemek mümkündür (Satterhwaite, 1981). Örneğin, karayolu kenarı gelişiminin az olduğu ve aynı zamanda dar banketli şehirlerarası bölünmemiş karayolunda; trafik hacmi arttıkça kaza oranı da artmaktadır (Hearne, 1976).

Ortalama günlük trafiğin yaklaşık 2000 tş/gün'den az olduğu şehirlerarası karayollarında yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) kaza oranlarında çok etkili olmamaktadır. Fakat, bunun yerine arazi değişkeni tek-taşıtlı ve zıt-yönlü kaza oranlarıyla ilişkilidir (Zegeer vd., 1994). Eğer YOGT, 2000-13000 tş/gün arasında ise kaza sıklığı da oldukça önemli bir hal almaktadır. Amerika'da yapılan bir çalışmada; YOGT 4000 tş/gün'ün altında olduğu şehirlerarası bölünmemiş karayollarında kazaları tahmin etmede karayolu uzunluğunun daha etkili olduğu gözlenmiştir (Cleveland vd., 1984).

2.1.2 Tırmanma şeridi ve boyuna eğimin karayolu güvenliğine etkisi

Karayolunun boyuna eğiminin tek başına kazalarda etkili olduğu söylenemez. Ancak, emniyette etkili diğer parametrelerle bir araya geldiğinde oldukça önemli bir orana sahip olabilmektedir.

Boyuna eğimli bir karayolu kesimi düz eğimli bir karayolu kesiminden, dik eğimli karayolu kesimleri hafif eğimli karayolu kesimlerinden ve iniş eğimleri ise çıkış eğimlerinden daha yüksek kaza oranına sahiptir (Glennon vd., 1987). Bu çalışma sonucuna benzer olan diğer bir çalışma sonucuna göre; yüksek boyuna eğim değerlerine sahip olan karayolu kesimlerinde, iniş yönünde oluşan kazaların oranı, çıkış yönünde oluşan kazalara göre 1.5-3.0 kat daha fazla olmaktadır (Babkov, 1975). Dikkat çekici olan iniş eğimlerin, daha tehlikeli olduğudur, burada hız

değerlendirilmesi gereken önemli bir etkidir. Eğimin etkisi değerlendirilirken bu eğimli karayolu kesimin uzunluğu da oldukça önem taşımaktadır.

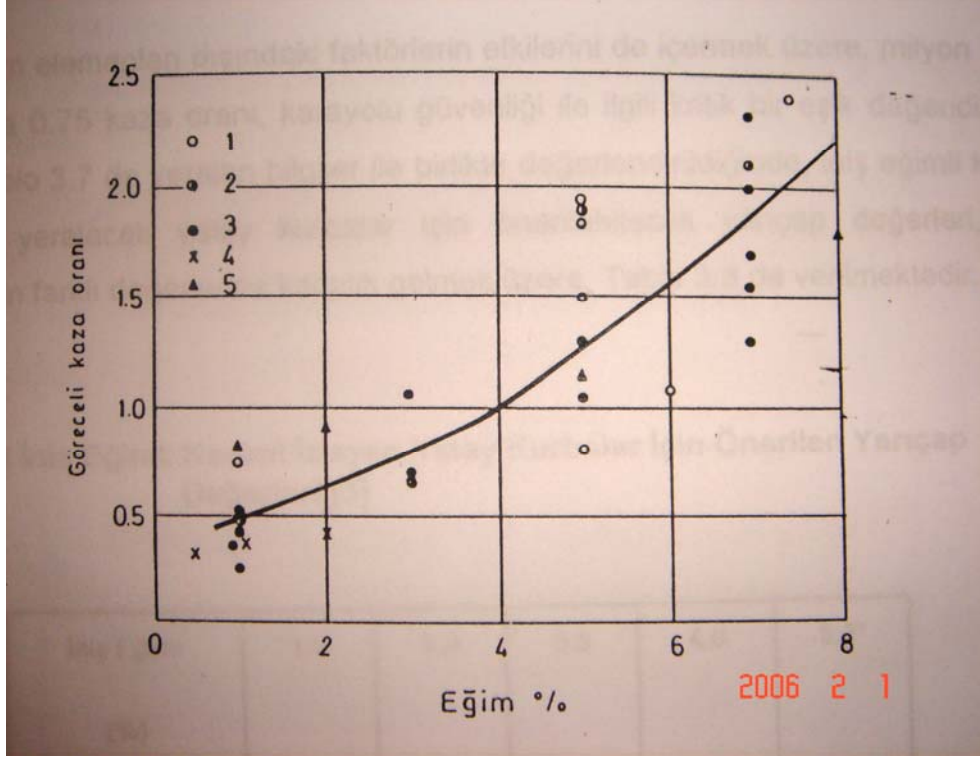
Kısa uzunluğa sahip çok dik eğimli karayolu kesimlerinde kaza şiddeti, dik eğimli karayolu kesimlerinden daha fazladır (Simpson ve Kerman, 1982). Yani, %6'dan daha az boyuna eğimler kazaların oluşumunda etkili olmamaktadır, fakat bundan daha büyük değerlerde kazaların arttığı gözlemlenmiştir (Krebs ve Kloeckner, 1977; Choveiri vd., 1994). Bu çalışmayla uyuşmayan bir başka çalışmada ise eğimin %2.5-%4 olduğu karayolu kesimlerinde kazaların %10-%20 arttığı belirtilmektedir (Hedman, 1990). Ancak bu çalışmalarda dikkat edilmesi gereken, eğimlerin iniş veya çıkış olarak ya da tırmanma şeritleri ile beraber değerlendirilip değerlendirilmediğidir. Ayrıca, eğimli karayolu kesimin kurbada olup olmadığı da bilinmesi gereken önemli bir durumdur. Kurba ve eğimin bir arada değerlendirildiği bir çalışmada; eğimli kurbalarda kaza oranlarının arttığı belirtilmektedir (TRB, 1978).

Karayolunun boyuna eğimi değerlendirilirken tırmanma şeridinin düşünülmesi kaçınılmazdır. Değişik ülkelerdeki benzer çalışmalarda birbirinden tamamen farklı sonuçlar elde edilmektedir. Örneğin, Amerika'da yapılan bir çalışmada tırmanma şeridinin kazaları azaltmada etkili olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Jorgensen, 1966; Harwood vd., 1985).

Ancak, başka çalışma sonuçları çok farklıdır ve tırmanma şeridinin varlığı açıkça ortaya konulmaktadır. Bir başka deyişle; şehirlerarası bölünmemiş karayollarında bir km'lik tırmanma şeridinin bulunması kaza oranlarını en aza indirmektedir ve tırmanma şeridinin varlığı ile kazalar %13 azaltılmaktadır (Martin, 1978; Grime, 1987). Bu değer İngiltere'de yapılan bir çalışma sonucu elde edilmiştir.

Yine şehirlerarası bölünmemiş karayolları için yapılan bir başka çalışmada; eğer boyuna eğim orta (%3-%4) ise kaza oranında %10-%20 azalma, boyuna eğim büyük (%5-%8) ise %20-%40 azalma olduğu gözlemlenmiştir, toplam kaza oranını ise ortalama %25 azaltmaktadır (Hedman, 1990).

Değişik ülkeler için yapılan araştırma sonuçlarına göre; boyuna eğim değerinin artması ile kaza oranının da artması Şekil 2.1'de görülmektedir. Şekildeki semboller, farklı ülkelerdeki çalışmaları göstermektedir.



Şekil 2.1. Karayolunun boyuna eğiminin karayolu güvenliğine etkisi (Babkov, 1975)

Boyuna eğimli karayolu kesiminin yatay kurba ile birleştiği noktada eğimin etkisi, kurba yarıçapının azalması ile birlikte azalmakta, yarıçap değeri 2000 m'den fazla olduğunda ise düz kesimlerden farklı olmamaktadır (TRRL, 1991).

2.1.3 Hızın karayolu güvenliğine etkisi

Hız; yıllık ortalama günlük trafik, görüş mesafesi, kurba eğriliği ve kaplama genişliğinin kaza oranına etkisi üzerine ek bir etki getirmektedir. Trafik kazalarında çok etkili olan hız değişkeninin emniyete etkisini araştıran çok az çalışma bulunmaktadır. Hızın, kazalara etkisini modelleyen birkaç çalışmadan biri Finlandiya'da (Kulmala ve Roine, 1988) tarafından yapılmıştır. Danimarka'da, hız

azaltmanın ölümlü kazaları azalttığı rapor edilmiştir (Fridstrom vd., 1995). Tasarım hızı ve işletme hızı arasında büyük farkların olması kaza oranlarına da aynı şekilde yansımaktadır. Birleşik Devletler ve Avustralya'daki araştırmacıların şehirlerarası bölünmemiş karayollarında tasarım hızı ve işletme hızı arasında ilişki kuran çalışmaları bulunmaktadır. Bu çalışmaların sonucuna göre tasarım hızı için, sadece kurbalarda anlamlı olduğu, düz karayolunda ise bir anlam kazanmadığını söylemek olasıdır (Kanellaidis, 1991).

Hız değişkeni ele alındığında sürücü davranışları da önem kazanacaktır. Sürücü davranışlarının hıza etkisi üzerine oldukça fazla çalışma bulunmaktadır ve bu da farklı bir çalışmayı gerektirmektedir. Sonuç olarak, eğer tasarım hızı düşük ise sürücülerin hıza daha yatkın olduğu söylenebilir (A Policy on Geometrik Design of Highways and Streets, 1993). Karayolu yatay ve düşey geometrisi sürücünün hız yapmasına olanak verdiği ölçüde, karayolunun güvenliği azalmaktadır (İyınam, 1997).

“Hızın azaltılması kaza oranını ne ölçüde etkilemektedir?” ya da “Yüksek hız sınırında kazaya karışma oranı nedir?”, gibi sorular yöneltildiğinde daha önceki çalışmalar çok olmamakla birlikte soruna ışık tutmaktadır. Örneğin; ortalama hızda 1.6 km/sa'lık bir azaltma yapıldığında oluşacak zararda %5'lik bir azalma gözlemlenmiştir. Yani; hız 100 km/sa'den 90 km/sa'e indirildiğinde kazalara %11 oranında az karışılmaktadır (Finch, 1994).

2.1.4 Şerit ve platform genişliğinin karayolu güvenliğine etkisi

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 her ülkenin kendi koşullarının farklı olmasının etkili olduğu düşünülebilir.

Diğer önemli bir konu ise yapılan çalışmaların her birinde ele alınan etkenlerin bir birinden farklı olmasıdır. Örneğin bazı çalışmalarda, şerit genişliğinin emniyet etkisi araştırılırken; çevre etkisi, 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, genel olarak şerit genişliği için şu sonucu söyleyebiliriz; çok dar şerit genişliği taşıt güvenliği açısından ve çok geniş şerit genişliği ise sürücülerin fazladan şerit genişliği gibi düşünüp kullanmalarından dolayı kaza oranını artırmaktadır.

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 ve 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 ve Deacon, 1987).

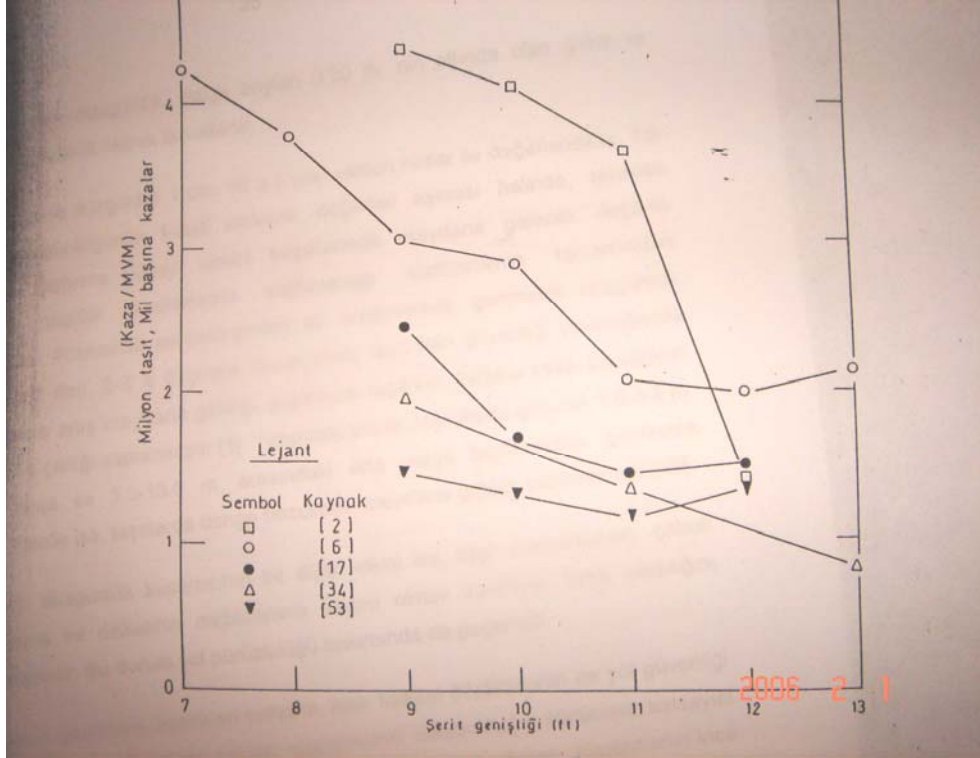
Hasarlı kaza oranında, şerit genişliği çok önemli bir değişkendir (%99), dar şeritlere göre geniş şeritlerde aynı yön çarpışma kaza oranı yüksek olabilmektedir, çünkü banketler taşıt geçmek için kullanılmaktadır (Christo ve Joster, 1995). Bu çalışmanın sonucu, Güney Afrika'da sürücü davranışlarının ne 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 ve 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 birbiriyle uyumludur. Kaplama genişliğini 0.3 m artırmakla elde edeceğimiz etkiyi banket genişliğini 0.3 m artırarak elde edebilmekteyiz (Maierle ve Wolfgram, 1988).

Şerit genişliğinin artması ile kaza oranının azaldığını gösteren beş farklı ülke çalışmasının sonucu Şekil 2.2'de gösterilmektedir. Şekil 2.2'deki sembollerin kaynakları şunlardır: 2- Arizona, 1978; 6- Dart vd., 1970; 17- Foody ve Long, 1974; 34- Jorgensen, 1978; 53- Zegeer vd., 1981.



Şekil 2.2. Şehirlerarası bölünmemiş karayollarında şerit genişliğinin kazalara etkisi (FHWA, 1982)

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

Şerit genişliği yerine kaplama genişliği dikkate alınarak yapılmış olan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Benzer alinymanlara sahip ve 90 km/sa hız limitli karayollarında platform genişliğinin 13 m'ye çıkarılması kaza oranlarında önemli azalmalar sağlamaktadır (Brüde vd., 1980).

Kaplama genişliği kaza oranlarını ne kadar etkiliyor diye araştırıldığında çok fazla çalışma sonucuna ulaşılamamaktadır. Bu konuda yapılmış çalışma sonuçları şaşırtıcı değildir. Örneğin; karayolu kaplama genişliği 5.5 m'den 6.7 m'ye çıkartıldığında, kazalar (kaza/milyon tş-km) %39 azalmaktadır (Williams ve Fritts, 1995; Dearing ve Hutchinson, 1988). Bu çalışma sonucuna çok benzer olan bir diğer çalışma da ise

karayolu kaplama genişliği 5 m'den 7.5 m'ye çıkarıldığında, kaza oranının 1.7 kez azaldığı belirtilmektedir (Srinivasan, 1982). Ancak, başka bir çalışma sonucuna göre de; kaplama genişliği 4 m'den 7 m'ye artırıldığında kazalarda çok büyük artışlarla karşılaşmaktadır (Hedman, 1990).

Illinois'de iki-şeritli karayollarında kaplama genişliği 5.5 m'den 6.7 m'ye çıkarılan yaklaşık 395 km uzunluğunda 22 kesim incelenerek kaza oranlarında şerit genişliğinin etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma sonucuna göre: Kaplama genişliği artırıldığında kaza oranı azalmaktadır (kaza oranı 10^6 tş.km başına 1.4'den 0.9 kaza azalmaktadır) (Cope, 1955).

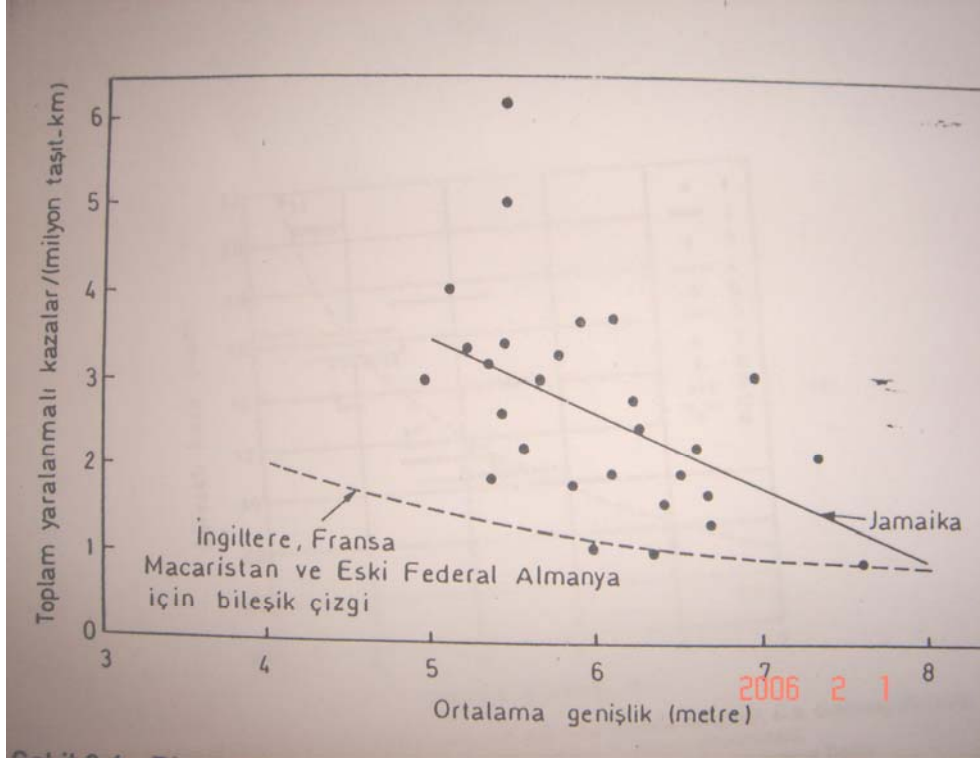
Amerika'da, şehirlerarası bölünmemiş karayolları için yapılan kaza araştırmalarında, kaplama genişliğinin artması ile kaza oranının azaldığı sonucu elde edilmiştir. Bu çalışma sonucuna göre; 5.5 m'den daha az kaplama genişliği trafik emniyeti için uygun değildir, 7 m'den daha fazla kaplama genişliğinin ise emniyet faydası bulunmaktadır (Baldwin, 1946). Yine bu çalışma ile benzer sonuç elde edilmiş bir diğer çalışma sonucu ise kaplama genişliğinin 4 m'den 9 m'ye artırılmasının kaza oranını azalttığı yönündedir (Balogh, 1967).

Kaplama genişliği az olan karayollarında, karşılıklı gelen taşıtların karşılaşmaları sırasında, taşıt yanal aralıkları ile taşıt tekerlekleri ve kaplanmamış banket arasındaki aralık, karşılaşan taşıt sürücülerinin hız azaltmalarına karşın, güvenle geçiş için yeterli olmayabilir, bu durum; kaplama genişliği azaldıkça, kaza oranının artmasının temel nedenidir (Babkov, 1975). Kaplama genişliğinin, kazalarda belirgin bir etkisi bulunmaktadır ve platform genişliği arttıkça kaza oranı düşmektedir (Çizelge 2.1) (Kutlu ve Yayla, 1986).

Çizelge 2.1. Kaplama genişliğinin karayolu güvenliğine etkisi
(Kutlu ve Yayla, 1986)

İki-şeritli Karayollarında Kaplama genişliği (m)	Kaza Oranı (milyon taşıt-km başına)
4.5	2.20
5.0	1.70
5.5	1.40
6.0	1.30
6.5	1.10
7.0	1.05
7.5	1.00
8.0	0.90
9.0	0.80

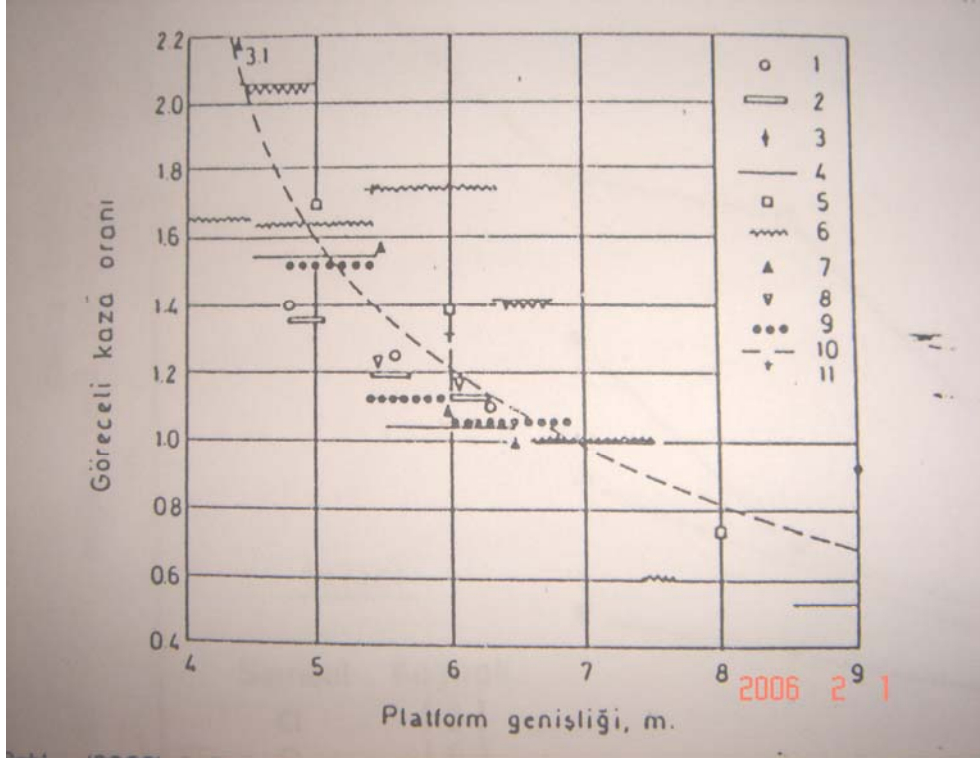
Jamaika'da yapılan bir araştırmada; ortalama platform genişliği ile yaralanmalı kaza oranları arasındaki ilişki, gelişmiş bazı ülkelerle karşılaştırılmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Platform genişliğinin kazalara etkisi (Jacobs, 1976)

Yapılan bir başka çalışmada, platform genişliğinin, YOGT'ye bağlı olarak da kaza oranları ile ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmada; platform genişliğinin 1400 tş/gün'den daha küçük trafik hacimli karayollarında (tek taşıtlı kazalar dışında) bütün trafik kazalarında, 1500-1900 tş/gün'de tek taşıtlı trafik kazalarında, 3000-6900 tş/gün'de ise trafik kazaları ile bir ilişkisi bulunmadığı görülmektedir (Gupta ve Jain, 1973).

Farklı ülke verilerine göre, platform genişliği ile kaza oranı arasındaki ilişkiler Şekil 2.4'de görülmektedir. Şekil 2.4'deki sembollerin kaynakları şunlardır: 1- V. Babkov (SSCB), 2- T. Coburn (İngiltere), 3- F. Bitzi (eski federal Almanya), 4- S. Goldberg (Fransa), 5- İsveç, 6- I. Bohacek (Çekoslovakya), 7- T. Balogh (Macaristan), 8- M. Raff (Amerika), 9- A.B.D., 10- G. Charlesworth (İngiltere), 11- ortalama değerdir.



Şekil 2.4. Farklı ülke verilerine göre platform genişliğinin kazalara etkisi (Babkov, 1975)

Karayolu kaplama genişliği az olduğu halde şerit genişliğini artırmak kaza oluşum şeklinde etkili olmaktadır. Örneğin; 6 m'nin altında bulunan karayolu platform genişliğinde, şerit genişliğinin artması, kaza sıklığını azaltmakta fakat hasarlı ve şiddetli hasarlı kaza riskini artırmaktadır (The Roads Directorate, 1981).

2.1.5 Banket genişliğinin karayolu güvenliğine etkisi

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 benzer sonuçlar görülmektedir. Banket tipinin kazalara etkisi araştırıldığında görülmektedir ki, kaplamalı banketler kaplamasız banketlere göre kazaların azalmasında daha etkilidir. Ancak çok düşük trafik hacimli karayolunda banket tipinin kazaları etkilemediği belirtilmektedir (Zegeer ve Stewart, 1994). Trafik hacminin büyük olduğu karayolları incelendiğinde ise banket tipi etkili olmaktadır.

Yani, kaplamalı banketin kaplamasız banketten daha güvenli olduğu gözlemlenmiştir. Banketsiz bir karayoluna kaplamalı banket eklendiğinde emniyet faydası elde edilmektedir. Ayrıca iyileştirilen banket tasarımı ıslak-yol ve zıt-yönlü kazaların azalmasında etkilidir (Armour ve Mclean, 1983).

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

Banket tipi, banket genişliği ve banket yüzeyini kapsayan bir karışım, kaza oluşumlarını etkilemektedir (Luyanda, 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, toplam kaza oranı ve hasarlı kaza oranı benzerdir, ancak çakıl banketli karayolundaki kaza oranından daha fazla bulunmuştur (Christo ve 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 ve 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).

Banket genişliğinde 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 ve Council, 1986). Yine bu çalışmayı tamamen destekleyici olan bir başka çalışma California'da yapılmıştır. Bu çalışmada da yıllık ortalama günlük trafik esas alınmış ve 1.8 m banket genişliği olan karayollarında, banket genişliği 0.3-0.9 m olan karayollarına göre yaklaşık yarı yarıya daha az kaza olduğu tespit edilmiştir (Belmont, 1954).

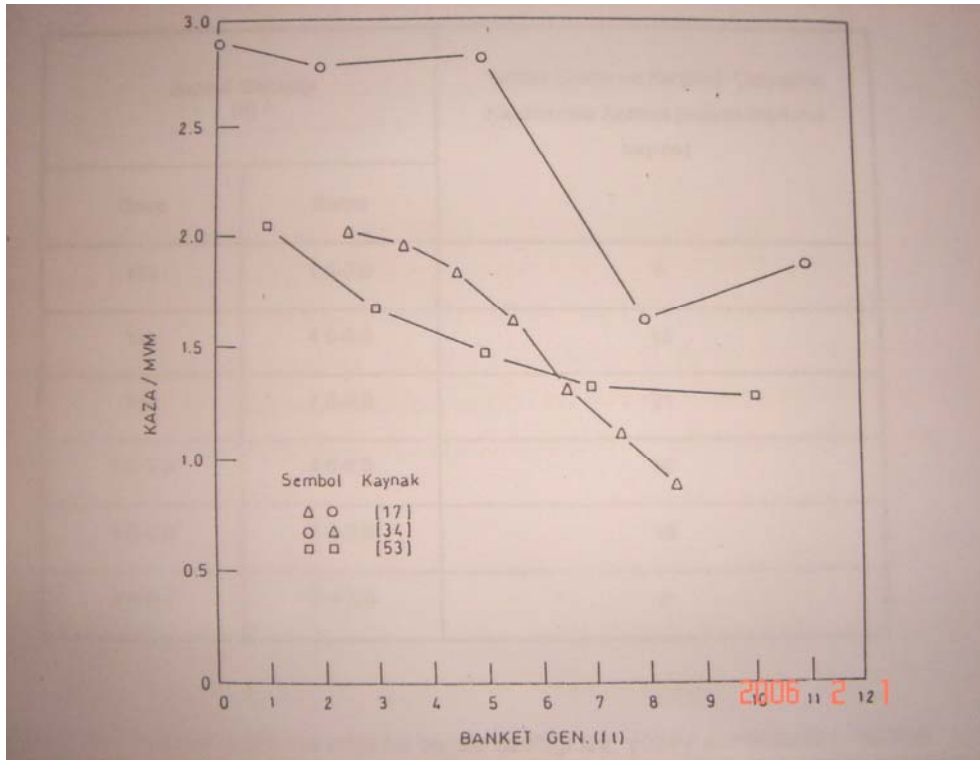
New York'da yapılan çalışmada da sonuç benzerdir. Yıllık ortalama günlük trafiğin 2000-6000 tş/gün olduğu karayolunda banket genişliğinin artırılması kazaları azaltmaktadır (Stohner, 1956). Bu araştırma sonuçlarına benzemeyen ve Oregon'da yapılmış bir çalışmada ise yıllık ortalama günlük trafiğin 3600-5000 tş/gün olduğu karayolu için banket genişliğini artırmanın toplam kazaları da artırdığı vurgulanmaktadır (Head ve Kaestner, 1956). Ancak bu çalışmada, banket genişliğinin hangi değerden daha fazla genişletildiğinde bu sonucun elde edildiğine dair bir açıklık bulunmamaktadır.

Yıllık ortalama günlük trafiğin 2600-4500 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 ve Head, 1960).

New York'da iyi alinymanlı karayolları için 1.2-1.5 m banket genişliği elverişli olmakta ancak zayıf geometrili karayolları için banket genişliği 2.4 m tercih edilmektedir (Billion ve Stohner, 1957). Bir diğer araştırma sonucuna bakıldığında burada da genel sonuca benzer bir ilişki bulunmaktadır, yani banket genişliği sıfır m'den 2 m'ye arttığında kazalarda azalma olmaktadır ve faydalı banket genişliği 2.5 m'dir (Hedman, 1990).

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

Şehirlerarası bölünmemiş karayollarında banket genişliğinin kazalara etkisi Şekil 2.5'de gösterilmektedir. Şekil 2.5'deki sembollerin kaynakları şunlardır: 17- Foody ve Long, 1974; 34- Jorgensen, 1978; 53- Zegeer vd., 1981.



Şekil 2.5. Şehirlerarası bölünmemiş karayollarında banket genişliğinin kazalara etkisi (FHWA, 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).

2.1.6 Yatay kurbaların karayolu güvenliğine etkisi

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 (İyınam, 1997).

Yatay kurbalardaki kazalarda, yatay kurba yarıçapı ve iki kurba arasındaki uzaklık önemli iki değişkendir (Brenac ve Annex, 1994). 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 (Srinivasan, 1982; Brenac, 1990). Karayolunda kurbaların bulunması da çok uzun alinymanlardan daha güvenli olmaktadır (Christo ve Joster, 1995). 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 (İyınam, 1997). Yatay kurbaların bulunduğu bir karayolu kesimindeki kaza oranı, düz bir kesimdekinden yaklaşık üç kat fazla olmaktadır (Glennon vd., 1987). Yatay kurba yarıçapı azaldıkça kaza oranı artmaktadır. Örneğin 200 m'den daha küçük yarıçaplar için kaza oranı, 400 m yarıçaptan yaklaşık iki kat fazladır (Perchonok vd., 1978; Department of Transport, 1984).

Karayolu emniyetini olumsuz etkileyen değişkenler yatay kurba ile birleştğinde sonucun tehlikeli olması kaçınılmazdır. Yatay kurba, eğim ve düşük sürtünme yüzeyi ile birleştğinde daha tehlikelidir. Özellikle kurbadan sonra iniş eğiminin bulunması kaza sıklığını artırmaktadır (Perchonok vd., 1978; Srinivasan, 1982).

Yatay kurbalarda kazalara neden olan bir başka etken ise geçiş eğrisidir. Bir araştırmada 200'den fazla geçiş eğrili ve eğrisiz kurba karşılaştırılmış ve geçiş eğrili kurbalarda hasarlı kaza oranının %73'den fazla olduğu rapor edilmiştir (Stewart, 1995). 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 (Zegeer vd., 1991).

Araştırmacılar modelleme yöntemlerinde, ardışık değişkenleri (Polus, 1980; Kulmala ve Roine, 1988) ve tekil değişkenleri (Miaou vd., 1993) kullanmışlardır. Araştırma sonuçları kılavuz alındığında; karayolu emniyetinde ardışık kurba değişkenlerinin kullanılmasının daha faydalı olduğu görülmektedir.

2.1.7 Karayolu kenarı tehlikelerinin karayolu güvenliğine etkisi

Karayolu kenarının emniyetini etkileyen çok fazla cisim bulunmaktadır. Bunlar; kamuya ait direkler, ağaçlar, hendek setleri, işaret direkleri, korkuluk ve çitler, drenaj işletmeleridir. Bu cisimler ayrı ayrı düşünülüğünde, kaza oranı yüzdesi düşüktür. Ancak, yapılan araştırmalarda bu cisimlerin geri çekilmesi gerektiği belirtilmektedir (Graham ve Harwood, 1982; Zegeer vd., 1986). En fazla ölüm oranı, karayolu kenarındaki sabit cisme çarpma sonucu meydana gelmektedir (Foody ve Long, 1974; Perchonoc, 1978; Tignor vd., 1982).

Şehirlerarası bölünmemiş karayollarında, taşıtın karayolundan çıkması ile oluşan kazalarda %75 sabit bir cisme çarpma, %25 ise devrilme görülmektedir ayrıca, sabit cisme çarpma kazalarının 3'te 1'i, devrilme kazalarının 5'te 1'i hasarlı ve ölümlü kazalardır (Cleveland ve Kitmura, 1978). Taşıt-ağaç ve taşıt-kamu direği kazaları,

şehirlerarası bölünmemiş karayollarında sabit-cisme çarpma kazalarının en genel olanlarıdır. 1981-1985 yıllarında Michigan'daki kazaların toplamının %2,8'i ağaca çarpma şeklindedir ve bu kazaların %11'i ölümlüdür (Zeigler, 1987).

Illinois de, 1980-1985 yıllarında, şehirlerarası bölünmemiş karayollarında yıllık 23958 kaza meydana gelmiştir. Bu kazaların %25'i tek-taşıklı karayolundan çıkma kazalarıdır ve bunların da %46'sı ölümlü ve hasarlı kazalardır (Boyce vd., 1988).

Dağlık arazi tiplerinin, karayolu emniyetinde olumsuz etkisi bulunmaktadır (Zegeer vd., 1991). Karayolu kenarındaki görüş alanının netliğine göre, 1'den 7'ye kadar rakamlarla karayolu kenarı tehlike oranı belirlenmiştir (Zegeer vd., 1987). Bu çalışmada, şehirlerarası bölünmemiş karayollarında kaza tahmin modeli için geliştirilen karayolu kenarı tehlike oranı (1-en iyi, 7-kötü), bu oranların sınıflandırılması ve bu sınıflandırmanın fotoğrafları aşağıda verilmektedir:

Oran = 1

- Kaplama kenarından itibaren 9 m ya da daha fazla görüş alanı bulunmaktadır.
- Şev eğimi 4:1 dir.
- Kazanılabılır alan vardır.

Oran = 2

- Kaplama kenarından itibaren 6 m ile 7.5 m arasında görüş alanı bulunmaktadır.
- Şev eğimi 4:1 dir.
- Kazanılabılır alan vardır.

Oran = 3

- Kaplama kenarından itibaren yaklaşık 3 m görüş alanı bulunmaktadır.
- Şev eğimi 3:1 ile 4:1 dir.
- Karayolu yüzeyi düzgün değildir.
- Kazanılabılır alan azdır.

Oran = 4

- Kaplama kenarından itibaren 1.5 m ile 3 m görüş alanı bulunmaktadır.
- Şev eğimi 3:1 ile 4:1 dir.
- Kaplama kenarından 1.5 m den 2 m'ye arasında değişen alan korunabilir.
- Kaplama kenarından yaklaşık 3 m sonra ağaç, direk ve diğer cisimler bulunur.
- Kazanılabılır alan azdır.

Oran = 5

- Kaplama kenarından itibaren 1.5 m ile 3 m görüş alanı bulunmaktadır.
- Şev eğimi 3:1'dir.
- Kaplama kenarından 0 den 1.5 m'ye kadar alan korunabilir.
- Kaplama kenarından yaklaşık 2 m-3 m sonra ağaç, direk ve diğer cisimler bulunur.
- Kazanılabılır alan yoktur.

Oran = 6

- Kaplama kenarından itibaren yaklaşık 1.5 m görüş alanı bulunmaktadır.
- Şev eğimi 2:1'dir.
- Korunabilir alan yoktur.
- Kaplama kenarından yaklaşık 0-2 m sonra ağaç, direk, ve diğer cisimler bulunur.
- Kazanılabılır alan yoktur.

Oran = 7

- Kaplama kenarından itibaren 1.5 m ile 3 m görüş alanı bulunmaktadır.
- Şev eğimi 2:1 ya da daha diktir.
- Uçurum ya da dik kayalıktır.
- Kazanılabılır alan yoktur.
- Karayolu kenarı heyelanından zararların olması olasılığı yüksektir.



Şekil 2.6. Karayolu kenarı tehlike oranı 1 olan şehirlerarası bölünmemiş tipik bir karayolu (Zegeer vd., 1987)



Şekil 2.7. Karayolu kenarı tehlike oranı 2 olan şehirlerarası bölünmemiş tipik bir karayolu (Zegeer vd., 1987)



Şekil 2.8. Karayolu kenarı tehlike oranı 3 olan şehirlerarası bölünmemiş tipik bir karayolu (Zegeer vd., 1987)



Şekil 2.9. Karayolu kenarı tehlike oranı 4 olan şehirlerarası bölünmemiş tipik bir karayolu (Zegeer vd., 1987)



Şekil 2.10. Karayolu kenarı tehlike oranı 5 olan şehirlerarası bölünmemiş tipik bir karayolu (Zegeer vd., 1987)



Şekil 2.11. Karayolu kenarı tehlike oranı 6 olan şehirlerarası bölünmemiş tipik bir karayolu (Zegeer vd., 1987)



Şekil 2.12. Karayolu kenarı tehlike oranı 7 olan şehirlerarası bölünmemiş tipik bir karayolu (Zegeer vd., 1987)

2.1.8 Bağlantı yollarının karayolu güvenliğine etkisi

Bağlantı yollarının trafik kazalarına etkisi üzerine dikkat çeken iki çalışma bulunmaktadır (Fee vd., 1970; McGuirk ve Staterly, 1976). Bağlantı yollarının yoğunluğu ve yeri, karayolu emniyetinde etkilidir. Bu nedenle, kaza oranlarını belirlemek için McGuirk ve Staterly (1976) lineer bir model geliştirmişlerdir. Şehir içi ve şehirlerarası karayolları için bağlantı yollarının kazalara etkisi ilişkilendirilmiştir (Cirillo, 1992).

Bağlantı yolları yoğunluğunun trafik kazalarına etkisi araştırılmış ve km başına üç bağlantı yolu esas kabul edilmiştir (Muskaug, 1985).

Karayolu boyunca, yerleşim bölgelerinde trafik güvenliği üzerinde etkili olan bir değişken; karayoluna katılma ve karayolundan ayrılma noktalarının belirli bir uzunluk boyunca sayılarıdır ve bu sayının artması ile güvenlik azalmaktadır (Çizelge 2.2) (Kutlu ve Yayla, 1986).

Çizelge 2.2. Katılma-ayrılma yeri sayısının karayolu güvenliğine etkisi
(Kutlu ve Yayla, 1986)

Bir km uzunluktaki katılma-ayrılma yeri sayısı	100 milyon taşıt-km başına kaza sayısı
0.1	78
1.2	167
12.0	1.060

2.2 Kaza Tahmin Yöntemleri

Mevcut ya da tasarlanan şehirlerarası bölünmemiş bir karayolunun, emniyet performansını tahmin etmek için kullanılan dört yöntem bulunmaktadır: Tarihsel kaza verilerinden tahminler, iyileştirmeden önceki-sonraki verilerle tahminler, uzman karar tahminleri ve istatistik modellerden tahminler (Harwood, 2000).

2.2.1 Tarihsel kaza verilerinden tahminler

Bir karayolunun emniyet performansını tahmin etmek için, o karayolunun geçmiş yıllardaki kaza verileri kullanılmaktadır. Harwood (2000)'a göre bu yöntem uzun zaman aralıklarında beklenen kaza oranı tahminini vermemektedir, ancak 1 ile 3 yıllık zaman aralıkları için kullanımı daha uygun olmaktadır.

Bu yöntem çoğunlukla, 1-3 yıllık zaman aralığında kazaların çok olduğu karayolu kesimleri (kara nokta) için kullanılmaktadır.

2.2.2 İyileştirmeden önceki ve sonraki verilerden tahminler

Harwood (2000)'un bu yöntem için görüşleri aşağıdaki gibidir:

“Önceki ve sonraki çalışmalar, karayolu iyileştirme etkilerini değerlendirmek için uzun yıllar kullanılmıştır. Ancak, bu yöntemle yapılmış çalışmalarda sonraki yıllarda

tasarım kusurları tespit edilmiştir. Bu nedenle, yapılan iyileştirmelerin doğru sonucu gösterip göstermediğinden emin olunamamaktadır.”

Kaza çözümlenmeleri ile ilgili yapılan ilk çalışmalarda kullanılan iyileştirmeden önceki-sonraki verilerle tahminler yönteminde, iyileştirmeden önceki ve sonraki kaza sayıları karşılaştırılmaktadır. Bu konudaki ilk çalışmalar, Kerrich (1951) ve Weber (1972) tarafından yapılmıştır. Daha sonra, Williford ve Barton (1973)'un yaptıkları çalışmalarla geliştirilmiştir. Bu yöntemin herhangi bir karayolu kesitindeki kaza tahminlerinde, sadece kaza sayıları alınarak yapılan hesaplamalardan daha etkili olduğunu, Hauer (1986), Hauce ve Persaud (1987), Brude ve Larsson (1987) yaptıkları çalışmalarla desteklemiştir. İyileştirmeden önce ve sonraki kaza sayılarının değerlendirilerek yapıldığı bu çalışmaların yanlış sonuçlar doğurabileceği Hauer (1986)'in yaptığı çalışma ile görülmüştür (Camkesen, 1998).

2.2.3 Uzman kararlardan tahminler

Uzun yıllar karayolu emniyeti alanında deneyimlerini geliştiren uzman kişilerin kullanmış olduğu bir yöntemdir. Ancak, uzmanların faydalı kararları alabilmeleri için diğer kaza verilerini kılavuz almaları gerekmektedir (Harwood, 2000).

2.2.4 İstatistik modellerden tahminler

Kaza çözümlenmeleri konusunda yapılan çalışmalar genel olarak 1970'li yıllarda tamamlandıktan sonra, araştırmacılar kaza tahmin modellemesi çalışmalarına başlamışlardır. Karayollarında kaza tahmininde, istatistik tekniklerin kullanıldığı model uygulamaları kullanılmaktadır. Bu modellerde, trafik hacmi, karayolu geometrik tasarımı gibi değişkenler ve kaza verileri kullanılmıştır. Oluşturulan modellerin çoğu regresyon çözümlenmeleri ile geliştirilmiştir.

Regresyon modelleri bir karayolu kesimi için, beklenen toplam kaza sayısının tahmininde iyidir, fakat karayolu geometrik özelliklerinin etkilerini yeterince açıklayamamaktadır (Harwood, 2000).

Kaza oluşumu ile trafik hacmi birbiri ile ilişkilidir; trafik hacmi arttıkça, kaza oluşumu da artmaktadır (Satterhwaite, 1981). Kaza tahmin model çalışmalarında; kaza oluşumunda trafik hacminin etkisinin çok fazla olduğunun görülmesi üzerine, trafik hacminin etkisi araştırılmıştır (Camkesen, 1998).

Kaza tahmin modelleri kullanılan trafik hacminin büyüklüğüne göre iki grupta incelenmektedir: 1) trafik hacmi ölçütü olarak yıllık ortalama günlük trafik (YOGT), 2) trafik ölçütü olarak saatlik trafik hacmi (ST) alınmaktadır (Camkesen, 1998).

Kihlberg ve Tharp (1968), karayolu tipleri ve karayolu geometrik değişkenleri ile motorlu araç kazaları arasındaki ilişkileri araştırmışlardır (Dzbik, 1992). Daha sonra Dzbik tarafından geliştirilen model aşağıda verilmektedir:

$$KS = k.L^{b_1}.YOGT^{b_2} \quad (2.1)$$

KS = kaza sayısı

L = karayolu kesiminin uzunluğu

$YOGT$ = yıllık ortalama günlük trafik

k, b_1, b_2 = logaritmik regresyonla belirlenen katsayılarıdır.

Bu çalışmanın ikinci aşamasında, şerit sayısı, bağlantı yollarının kontrol durumu, orta refüj, kurba, karayolunun boyuna eğimi, kavşak sayısı gibi homojen kesit özellikleri olan karayolu geometrik özelliklerinin kazalara olan etkileri araştırılmış ve orta refüj ile bağlantı yollarının kontrolünün kazaların azalmasında etkili olduğu görülmüştür (Camkesen, 1998).

Karayolu kesimi boyunca kazaları tahmin için, kamyon kazalarına uygulanan, ancak diğer taşıtlara da uygulanabilen Poisson modeli 1993'te kullanılmıştır. Kazalar, kazasız karayolu kesimlerinin oranının yüksek olması nedeni ile genellikle pozitif sonuç vermektedir. Ayrıca Poisson regresyon modeli; çok katlı lineer regresyon gibi kullanılan diğer genel modellerin tersine, kolay bir olasılık bağıntısı sağlamaktadır (Miaou vd., 1993). Modelin gösterimi ve açıklaması aşağıda verilmektedir:

$$P(y_i) = \frac{(\lambda_i v_i)^{y_i} e^{-\lambda_i v_i}}{y_i!} \quad (2.2)$$

y_i = açıklanması için verilen, şehirlerarası bölünmemiş karayolunun i . kesiminde, kazalara karışmış kamyonların sayısı,

$P(y_i) = y_i$ kamyonunun kazalara karışma olasılığı,

λ_i = şehirlerarası bölünmemiş karayolunda i . kesimindeki kaza oranı anlamındadır,

v_i = şehirlerarası bölünmemiş karayolunda i . kesiminde belirlenen kamyon sayısı,

Bu durumda λ_i 'nin hesaplanması aşağıda verilmektedir:

$$\lambda_i = e^{(0.0818 + 0.1022x_{1i} + 0.0949x_{2i} + 0.0426x_{3i} + 0.0341x_{4i} + 0.0263x_{5i})} \quad (2.3)$$

i kesimi için;

x_{1i} = şerit başına ortalama günlük trafik,

x_{2i} = yatay eğrilik (feet derecesinde)

x_{3i} = x_{2i} .yatay eğri uzunluğu (mil olarak)

x_{4i} = yön başına banket genişliği (feet olarak)

x_{5i} = trafik akımındaki kamyon yüzdesi.

λ_i 'nin tahmini değeri daima negatif değildir. Trafik ve diğer karayolu geometrik değişkenleri (x_{ij}) log-lineer bir işlev ile gösterilmektedir. Şehirlerarası bölünmemiş karayolu kesiminde eşit varyans anlamına gelen Poissona göre tahmin çok tatmin edici değildir ve Vogt ve Bared (1998)'in bu konudaki görüşleri aşağıda verilmektedir:

“Poisson ve negatif binominal model tekniklerinin, kaza modelleme için tamamen uygun olduğuna inanılmaktadır. Ancak, bu yaklaşık modelin olumsuzlukları şunlardır: Kamyon kazaları toplam kazaların küçük bir oranını oluşturmaktadır. Diğer bir olumsuzluğu ise, günlük ortalama kamyon trafiğinin verilmemiş olmasıdır.”

Şehirlerarası bölünmemiş bir karayolunun geometrik özellikleri ile kaza oluşumu arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar bulunmaktadır. Grup çözümlenmeleri, ayırma çözümlenmeleri, etken çözümlenmeleri ve lineer regresyonu kademeli olarak kullanarak oluşturulan modelde karayolu kesimi üçe ayrılmaktadır (Luyanda, 1983). Bu karayolu kesimleri; çok-şeritli kesimler, geniş ve düzgün arazide iki-şeritli kesimler ve engebeli arazide iki-şeritli kesimlerdir. Bu raporda, çok-şeritli kesim dışında, diğer kesimler için R^2 değeri 0.23 ve 0.079 gibi çok düşüktür.

Şehirlerarası bölünmemiş karayolu kesimi için regresyon teknikleri kullanılarak kaza modelleri geliştirilmiştir (Zegeer, 1986; Mak, 1987; Zegeer, 1991). Zegeer vd. (1986) tarafından şehirlerarası bölünmemiş karayolu kesimi için hazırlanan model:

$$KS = 0.0019(YOGT)^{0.0024} (0.8786)^{SG} (0.9192)^{KBG} (0.9316)^{UB} (1.2365)^{YKT} (0.8822)^{TER1} (1.3221)^{TER2} \quad (2.4)$$

KS = kaza sayısı (yılda mil başına kaza sayısı)

$YOGT$ = ortalama günlük trafik (iki-yön)

SG = şerit genişliği (feet)

KBG = kaplamalı banket genişliği (feet)

UB = kaplamasız banket genişliği (feet)

YKT = ortalama karayolu kenarı tehlike oranı

$TER1$ = düz arazi için 1, diğer durumlarda 0

$TER2$ = dağlık arazi için 1, diğer durumlarda 0

Bu modelde düşünülen kazalar tek araçlı, burun buruna çarpışmalı, aynı ve zıt yönlü yandan çarpmalı kazalardır.

Mak (1987) tarafından köprüler için ikinci dereceden bir model geliştirilmiştir. Bu model:

$$KS = 0.50 - 0.061(KG) + 0.0022(KG)^2 \quad (2.5)$$

KS = kaza sayısı (milyon taşıt başına)

KG = köprü genişliği (feet)

Lineer ve non-lineer değişkenler birlikte kullanılarak ve log-lineer modelden daha anlamlı sonuçlar elde edilen yeni bir model geliştirilmiştir (Zegeer vd., 1991). Bu modelde başlangıç çözümlemesi ile önemli değişkenler belirlenmiştir. Bu değişkenleri anlamlı tanımlamak için, çok katlı lineer regresyon modelleri kullanılmıştır.

Yatay kurbalardaki kaza oluşumları için de bir model geliştirilmiştir. Zegeer vd. (1991) tarafından yatay kurbalar için geliştirilen bu model aşağıda verilmektedir:

$$KS_k = (1.552L_k.V + 0.14D.V - 0.12SK.V)(0.978)^{(PG-30)} \quad (2.6)$$

KS_k = 5 yıllık bir zaman aralığında, yatay bir kurba üzerindeki kazaların toplam sayısı

L_k = kurbanın uzunluğu (mil)

V = 5 yıllık zaman aralığında taşıt hacmi (milyon taşıtta)

D = yatay kurbanın eğrilik derecesi

SK = geçiş eğrili bir kurba için 1, geçiş eğrisi yok ise 0

PG = platform genişliği (feet)

Şehirlerarası bölünmemiş karayolu kesimleri için, lineer kabulleri ortadan kaldıran bir model geliştirilmiştir (Kuo-Liang ve Chin-Lung, 1988). Bu modelde, otomatik etki algılayıcısı (AID) denilen ve karayolu kesimlerini gruplandıran bir teknik kullanılmıştır. Daha sonra da çoklu sınıflandırma analizi (MAC) tekniği ile model geliştirilmiştir. Geliştirilen bu model:

$$Y_{ij...n} = Y + A_i + B_j + \dots E_{ij...n} \quad (2.7)$$

$Y_{ij...n}$ = A ayırıcısı i , B ayırıcısı j sınıfına girdiğinde n bölümünün değeri

Y = bağıl değişkenin büyük ortalaması

A_i = A ayırıcısının i .sınıftaki üyelik etkisi

B_j = B ayırıcısının j .sınıftaki üyelik etkisi

...

$E_{ij...n}$ = bu bölüm için hata terimi

Bir risk modeli, farklı bilim alanlarında (tıp, inşaat mühendisliği, makine mühendisliği, fizik gibi) hiyerarşik ve modüler oluşumlara bilgileri ayırmaya yardım eder (Vogt ve Bared, 1998). Kaza çözümlemesi ve kaza modellemesi için geleneksel yöntemlerden farklı olan risk çözümlemesi, şehirlerarası bölünmemiş karayollarında karayolu emniyetini değerlendirmek için kullanılmıştır (Durth, 1989).

Finlandiya karayolları için yapılan kaza tahmin çalışmaları sonucu, bir Poisson hata dağılımı kabul edilerek model geliştirilmiştir (Kulmala ve Roine, 1988).

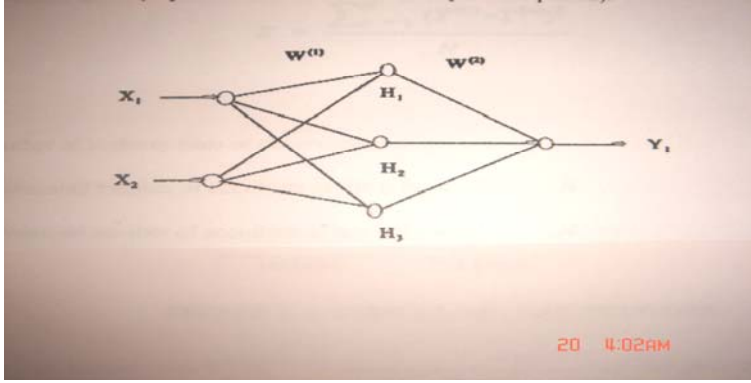
2.3 Yapay Sinir Ağları

McCullogh ve Pitts (1943)'in, biyolojik sinir hücrelerinin yapısından esinlenerek yaptığı yapay sinir hücre modeli ile “ve-veya” gibi mantık işlemlerinin sayısal olarak yapılabileceğini gösterdiği bilinmektedir. Bu model geliştirilerek farklı dallarda araştırma yapanlar tarafından kullanılmaktadır.

Yapay sinir ağı modelleme yöntemi ya da tahmini, istatistik modellemeyle karşılaştırılabilir önemli bir olgudur (Smith, 1993). Sinir ağları, non-lineer verileri uygun hale getirmek için istatistik modellemeye alternatif bir yöntemdir (Vogt ve Bared, 1998).

Vogt ve Bared (1998) yapay sinir ağı modelini aşağıdaki gibi açıklamaktadırlar:

“Tipik bir yapay sinir ağı modelinde (Şekil 2.13) öncelikle, bağımsız değişkenlerin (karayolu değişkenleri) yerini alan giriş bölümleri (X_1, X_2, \dots) oluşturulmaktadır. İlk aşama, kapalı bir aşamadır. İkinci aşama, çıkış aşamasıdır ve çıkış bölümlerini (Y_1, \dots) oluşturur. Çıkış aşaması, bağımlı değişkenlerin (zaman periyodunda kazaların tahmini sayısı) yerini almaktadır. Kapalı bölümler (H_1, H_2, \dots) ise ortadaki



Şekil 2.13. Tipik bir yapay sinir ağı (Vogt ve Bared, 1998)

değişkenlerin yerini almaktadır. Bunlar; ağırlık matrisi ($W^{(1)}$) ve düzeltilebilir ağırlık matrisi ($W^{(2)}$) ile birbirlerini etkilemektedirler.

Kapalı bölümlerin değerleri aşağıdaki bağıntı ile oluşturulur:

$$H_j = f\left(\sum_k W_{jk}^{(1)} X_k\right) \quad (2.8)$$

$$Y_i = f\left(\sum_j W_{ij}^{(2)} H_j\right) \quad (2.9)$$

İlk matris; giriş vektörü $X = (X_1, X_2, \dots)$ oluşturulur ve sonucun her bir üyesi için bir f işlevini işler durumuna getirir. İkinci ağırlık matrisi; kapalı bölüm değerlerinin vektörü $H = (H_1, H_2, \dots)$ için uygulanarak oluşturulur. Daha sonra sonucun her bir üyesi için işler durumuna gelen f işlevi uygulanır. İşler duruma getirme işlevi f , sigma formu, logaritmik bir işlev ve benzeri işlevler şeklinde olabilir.

İşler duruma getirme işlevi genellikle bütün üyeler için aynı olabilir, fakat gereklilik olmayabilir. $W^{(1)}$ ve $W^{(2)}$ 'nin değerleri, birinci iterasyonda kabul edilirler. Tahmin edilen çıkışın doğruluğu, tekrar eğitici bir yöntemle düzeltilir. Burada değişik giriş vektörleri için çıkışlar, hedefler (kazaların gözlemlenen sıklığı) ile karşılaştırılır. Ortalama bir E hata değeri hesaplanır.

$$E = \frac{\sum_{n=1}^N (Y^{(n)} - T^{(n)})^2}{N} \quad (2.10)$$

N = kazaların gözlemlenen sayısı

$Y^{(n)}$ = n alanında tahmin edilen kaza sayısı, $n = 1, 2, \dots, N$

$T^{(n)}$ = n alanında gözlenen kaza sayısı, $n = 1, 2, \dots, N$

E 'yi en küçük yapan $W^{(1)}$ ve $W^{(2)}$ ağırlıklarının düzeltilen değerlerini hesaplamak için, dereceli bir küçültme yöntemi kullanılmaktadır. Dereceli küçültme yöntemi ile ağırlıkların tekrar değerlendirilmesinden sonra başarılı geçişler yapılabilir ve hata istenilen bir düzeye gelinceye kadar ağırlıkları düzeltir. Hesaplama iki model vardır; çıktıların hesaplandığı işaretleme modeli ve E 'yi küçültmek için ağırlıkların düzeltildiği eğitim modeli.”

Yapay sinir ağları modelinin en önemli hassasiyet bölümü genelleştirme bölümüdür ve bir modelin geliştirilmesi gelecekteki kazaların tahmininde güvenilirdir. Bu nedenle; veri kümesi üç ayrı alt kümeye ayrılmalıdır (Öğrenme için %40, fazla denemeyi önlemek için %30 ve test etmek için %30) (Smith, 1993).

Smith (1993)'e göre bu modelin işleyişi:

“Bu modelin işleyişi: Öğrenme grubundaki öğrenme, ikinci gruptaki E hatası artmaya başladığında (ikinci grup öğrenme için kullanılmaz fakat sadece öğrenmenin ne zaman durdurulacağına karar vermede kullanılır) devir durdurulmalıdır. Daha sonra üçüncü grup model performansının ne kadar iyi olduğunu görmek için kullanılmaktadır. Çapraz onaylama, denemeyi üç yolda optimize etmeye yardım etmektedir: 1- Sınırlama/gizli bölümlerin sayısının optimizasyonu, 2- sınırlama/iterasyon sayısı optimizasyonu ve 3- geniş ağırlıklar kullanan şebekenin engellenmesidir.”

Vogt ve Bared (1998)'e göre model oluşturulurken yapay sinir ağlarının kullanılmasının olumlu ve olumsuz yanları:

“Olumlu yanları:

- İstatistik modellemede yapıldığı gibi var olan bir veri dağılımını kabul etmeye gereksinin duymaz,
- Yapay sinir ağları, çok değişkenli non-lineer sorunlara uygulanabilir,
- Değişkenlerin aktarımı otomatik olarak hesaplanır.

Olumsuz yanları:

- Fazla deneme, büyük bir hesaplama gücü gerektirir,
- Giriş ve çıkış değişkenleri arasındaki tekil ilişkiler, mühendislik kararı ile geliştirilemediği için analitik olmayan siyah bir kutu ya da giriş-çıkış tablosuna yönelir,
- Örnek büyüklüğü geniş olmalıdır.”

2.4 Kılavuz Alınan Kaza Tahmin Yöntemi

Harwood vd. (2000)'e göre kılavuz olarak yararlandığımız rapor aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

“Rapor; tarihi kaza verilerini, regresyon çözümlmelerini, iyileştirmeden önceki-ve-sonraki çalışmaları ve uzman kararları birleştirerek kullanan, kaza tahmininde yeni bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, şehirlerarası bölünmemiş karayollarında kaza tahmini için kullanılmıştır. Daha sonraki zamanlarda bu yaklaşım; bölünmüş karayollarına, şehir yollarına ve otoyollara uygulanabilir.

Karayolu tasarımcılarının kullanımı için, birbirini etkileyen karayolu emniyet tasarım modeli IHSDM, FHWA tarafından geliştirilmiştir. IHSDM, karayolu iyileştirme tasarımları için çoğu acenta tarafından kullanılan CAD sistemleri ile çalışmaktadır. IHSDM'nin elemanları şunlardır: Kaza tahmin modülü - CPM, yol kenarı emniyet modülü – RSM, kavşak görünüş belirleme modülü – DRM, tasarım uyum modülü – DCM, polis görüş modülü – PRM, trafik çözümlleme modülü – TAM.

Bu rapordaki kaza tahmin modeli, karayolu kesimleri ve eşdüzey kavşaklar için ayrı modeller olarak geliştirilmiştir. Bir karayolunun tamamı ya da iyileştirme projeleri için kaza tahmininde birlikte kullanılmaktadır.

Karayolu kesimleri için geliştirilen bu model, şehirlerarası bölünmemiş karayollarında, toplam kaza sıklığı tahmininde en uygun regresyon modelidir. Bu model, bir takım bağımsız değişkenlerin bir işlevi gibi bağımlı bir değişkenin değerini tahmin etmektedir. Karayolu kesim modeli için bağımlı değişken, özel bir zaman periyodu süresinde karayolu kesimi üzerinde tahmini kaza sıklığının toplamıdır.

Kaza sıklığının tahmininde kullanılan bağımsız değişkenler, trafik hacimlerinin, geometrik tasarım değişkenlerinin ve karayolu kesimindeki trafik kontrol özelliklerinin tanımlayıcılarıdır. Bu modele benzeyen regresyon modelleri, tüm kaza sıklığı tahminlerinde kullanışlıdır. Ancak onların katsayıları, tekil geometrik tasarım ve trafik kontrol özelliklerinin artan etkilerini göstermede güvenilir değildir. Bundan dolayı bu model, sadece temel koşulların özel bir takımı için, tahmini kaza sıklığını tahmin etmede kullanılmaktadır (örneğin; şerit genişliği 3.6 m, 1.8 m gibi). Bu kaza sıklığının tahmini; tekil geometrik tasarım ve trafik değişkenlerinin emniyet etkilerini anlatan kaza iyileştirme faktörleri ile düzeltilmektedir. Karayolu kesimi kaza sıklığı tahmini algoritmasının genel bağıntısı, temel modeller ve kaza iyileştirme etmenleri aşağıda verilmektedir:

$$KS_{rs} = KS_{br} (AMF_{1r}, AMF_{2r}, \dots, AMF_{nr}) \quad (2.11)$$

KS_{rs} = Kaza iyileştirme katsayılarının kullanılmasından sonra, bir karayolu kesiminde bir yıldaki kazaların tahmin edilen toplam sayısıdır,
 KS_{br} = mevcut ya da temel koşullar için bir karayolu kesiminde bir yıldaki kazaların tahmin edilen toplam sayısıdır,
 $(AMF_{1r}, AMF_{2r}, \dots, AMF_{nr})$ = karayolu kesimleri için kaza iyileştirme katsayılarıdır.

Kaza iyileştirme katsayısı (AMF_s), tekil geometrik tasarım ve trafik kontrol özelliklerinin etkileri için temel kaza sıklığını düzeltmede kullanılan çarpma katsayılarıdır. Her bir kaza iyileştirme katsayısı (AMF) modellenmektedir. Böylece sözde ya da temel koşul, kaza iyileştirme katsayısı 1 alınarak gösterilmektedir. Sözde ya da temel koşullara göre yüksek kaza deneyimleri ile ilişkili koşullar 1'den daha az kaza iyileştirme katsayısına sahip olmaktadır.

Örneğin; karayolu kesimi, kaza sıklığı (KS_{br}), temel model ile tahmin edilirse, şerit genişliği 3.6 m esas alınmaktadır. Fakat karayolu kesiminin bir bölümü 3.3 m şerit genişliğine sahip ise şerit genişliği için kaza iyileştirme katsayısı 1.15 gibi bir değere sahip olacaktır. Bu kaza iyileştirme katsayısı, 3.6 m şerit genişliğine sahip bir karayolu kesiminin, 3.3 m şerit genişliğine sahip kesimden %15 daha fazla kaza tahmin edildiğini göstermektedir.

Bu modelde temel alınan değişken değerleri:

Şerit genişliği = 3.6 m
 Banket genişliği = 1.8 m
 Yol kenarı tehlike oranı = 3
 Bağlantı yolları yoğunluğu = 3 (km başına)
 Düz yol kesimi
 Boyuna eğim = 0
 Tırmanma şeridi yok.”

2.5 Şehirlerarası Bölünmemiş Karayollarında Kara Nokta Tespiti İçin Kaza Çözümleme Yöntemleri

Kaza çözümlemesi yapmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin bazıları terkedilmiş, bazılarında değişiklikler yapılmış, bazıları ise ilk haliyle kullanılmaktadır. Ancak, yaygın olarak kullanılan ve çoğu ülkeler tarafından benimsenmiş olan beş yöntem vardır (Kahramangil ve Şenkal, 1999). Bunlar:

- 1- Kaza sayısı (kaza frekansı, harita) yöntemi
- 2- Kaza tekrarı oranı yöntemi
- 3- Tablo (sayı-oran) yöntemi

- 4- Eşdeğer ağırlık (kaza şiddeti) yöntemi
5- Oran-kalite kontrol yöntemi.

2.5.1 Kaza sayısı yöntemi

Kahramangil ve Şenkal (1999)'a göre bu yöntem:

“Harita yöntemi ya da kaza frekansı yöntemi olarak da adlandırılan bu yöntemde, belirli bir karayolu kesiminde, belirli zaman aralığında meydana gelen kaza sayısı tespit edilir. Bu yöntemin kullanılması sırasında genellikle tercih edilen zaman aralığı bir yıldır. Zaman aralığı olarak bir yıl seçilmesinin en büyük yararı, tüm mevsim koşullarındaki kaza dağılımını görebilmektir.

Bulunan kaza sayısının, belirlenen kritik kaza sayısından az olup olmadığına bakılır ve eğer fazlaysa, o kesim kara nokta olarak adlandırılır. Bu yöntemde önemli olan kritik kaza sayısını tespit etmektir. Kritik kaza sayısı, ülkenin sosyo-ekonomik yapısına göre ilgili kuruluş tarafından saptanır ya da her yıl için aynı değer kullanılmaktadır. Örneğin; İngiltere bu yöntemi kullanmakta olup, yıllık kaza sayısı 3 ya da daha fazla olarak bulunan kesimleri kaza kara noktası olarak tespit etmektedir.

Bu yöntemin olumsuz yönü olarak, trafik yoğunluğunun ve kesim uzunluğunun dikkate alınmaması gösterilebilir. Ancak, şehir içi karayollarında ya da trafik yoğunluğunun çok az olduğu karayollarında kullanılabileceği gibi, yıllık kaza sayısı az olan ülkelerde de kullanılabilir.”

2.5.2 Kaza tekrarı oranı yöntemi

Kahramangil ve Şenkal (1999)'a göre bu yöntem:

“Belirli bir karayolu kesiminde belirli bir zaman aralığında geçen birim araç başına düşen kaza sayısına, kaza tekrarı oranı denir. Bu yöntemi kaza sayısı yönteminden ayıran tek fark, trafik yoğunluğunun dikkate alınmasıdır. Bu yöntemde kullanılan zaman aralığı da genellikle bir yıldır. Kaza tekrarı oranının bulunabilmesi için aşağıdaki bağıntı kullanılmaktadır:

$$KTO = (KS * 1000000) / (YOGT * 365 * L) \quad (2.12)$$

KTO = Kaza Tekrarı Oranı

KS = Kaza Sayısı (Yıllık)
 $YOGT$ = Yıllık Ortalama Günlük Trafik
 L = Karayolu uzunluğu (km)

Bu yöntemde de, kaza sayısı yönteminde olduğu gibi, bulunan KTO değerleri, bilinen bir sınır KTO değeri ile karşılaştırılmaktadır. Sınır değeri aşan karayolu kesimleri kaza kara noktası olarak adlandırılmaktadır.”

2.5.3 Tablo yöntemi

Kahramangil ve Şenkal (1999)’a göre bu yöntem:

“Matris yöntemi ya da sayı-oran yöntemi adı da verilen bu yöntemde, kaza tekrarı ve kaza oranı tekrarı yöntemleri bir arada kullanılır. Bu yöntemde her bir karayolu kesimi için hem kaza tekrarı hem de kaza oranı tekrarı bulunur. Belli değerler arasındaki tekrarlama sayılarına göre gruplama yapılarak tablo doldurulur ve tablonun en sağ alt tarafında bulunan hücrelerdeki kesimler yani en fazla tekrar sayısına sahip kesimler kara nokta olarak adlandırılır. Bu yönteme ait bir örnek Çizelge 2.3’de verilmektedir.

Bu tabloya bakıldığında, sağ en alt köşedeki hücrede yer alan J8,G6,U8 isimli karayolu kesimleri, en fazla kaza tekrarı ve kaza tekrarı oranına sahip kesimler olduğu için, diğerlerine göre daha tehlikeli oldukları söylenmektedir.”

Çizelge 2.3. Tablo yöntemi (Kahramangil ve Şenkal, 1999)

K.Tekrarı	Kaza tekrarı Oranı						
	0-6	6-12	12-18	18-24	34-36	36-42	42-...
0-3	A5,C7	H1,Y7	S3	B6,N1	D5,E8	R1,T1,P2	Z6,E9
3-5	F57	J65	I87	L2	L2,S3	A4,B43	C2,K60
5-8	0	G5	K1,M1	O3,X3	0	D23,G6	0
8-10	0	0	0	A2,G7	R11	G9,H11	J8,G6,U8

2.5.4 Eşdeğer ağırlık yöntemi

Kahramangil ve Şenkal (1999)'a göre bu yöntem:

“Kaza şiddeti yöntemi olarak da adlandırılan bu yöntem, diğer yöntemlerden biraz farklıdır. En büyük farkı, kazaya karışan araçların ve kazazedelerin değerlendirilmesidir. İncelenen karayolu kesimlerinin her biri için, meydana gelen kazalar sonucunda yaralanan ya da ölen kişi sayısı ile birlikte hasar gören araçlar da göz önüne alınmaktadır ve incelenen kesimin toplam şiddeti olarak, bu üç sayının toplamı verilmektedir. Bundan dolayı oldukça farklı olan bu üç değeri bir araya getirip toplayabilmek için her birinin ortak bir birimde toplanması gerekmektedir. Genel olarak kabul edilen rakamlar, aşağıda verilen rakamlar olmakla beraber, ülkenin gelişmişlik derecesine göre değişiklik göstermektedir.

1 ölümlü kaza = 9 maddi hasarlı kaza
1 yaralanmalı kaza = 3 maddi hasarlı kaza

Bu kabullere göre, bir kesimin şiddetini bulabilmek için aşağıdaki bağıntı kullanılmaktadır:

$$KŞ = 9ÖK + 3YK + MHK \quad (2.13)$$

$KŞ$ = Kaza şiddeti
 $ÖK$ = Ölümlü kaza sayısı
 YK = Yaralanmalı kaza sayısı
 MHL = Maddi hasarlı kaza sayısı

Eşdeğer ağırlık yöntemi, kaza tekrarı oranı metodu ve kaza sayısı yöntemlerinin karşılaştırıldığı Çizelge 2.4 aşağıda görülmektedir.

Bu çizelge, çeşitli yöntemlere göre çözümlenmesi yapılan karayolu kesimlerinin hangisinin gerçekten kara nokta olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Her üç yönteme göre de kara nokta olarak görülen kesimler dikkate alınmaktadır. Kaza sayısı yöntemine göre A kesimi, kaza tekrarı oranı yöntemine göre J kesimi, eşdeğer ağırlık yöntemine göre de E kesimi kara nokta olarak görülmektedir.”

Çizelge 2.4. Eşdeğer ağırlık, kaza sayısı ve kaza tekrarı oranı yöntemlerinin karşılaştırılması (Kahramangil ve Şenkal, 1999)

Sıra No.	Kesim Adı	Uzun. (Km)	YOGT	Ölü Sayısı	Yaralı Sayısı	Maddi H.Araç	Kaza Sayısı	Kaza Tek.Or	Eşd. Ağırlık
1	A	1	7000	2	10	30	14	5	78
2	B	1	4000	1	8	25	13	9	58
3	C	1	3400	3	13	28	12	0	94
4	D	1	2800	1	5	20	11	11	44
5	E	1	2200	8	5	18	10	12	135
6	F	1	1600	4	12	19	8	14	91
7	G	1	1100	5	8	15	7	17	84
8	H	1	500	1	3	13	5	27	31
9	I	1	300	1	5	10	4	37	34
10	J	1	200	1	9	7	3	41	43

2.5.5 Oran kalite kontrol yöntemi

Kahramangil vd. 1999'e göre bu yöntem:

“Karayolları Genel Müdürlüğü’nce (KGM) de kullanılan bu yöntem, daha önce anlatılan yöntemleri kısmen kapsayan ve istatistiksel yöntem olarak da adlandırılan bir yöntemdir. Çözümlenen veriler doğru ve güvenilir olduğu sürece, bu yöntemle bulunan kaza kara noktaları, ülke gerçeğini tamamen yansıtmakta ve büyük bir hassasiyetle kaza kara noktasının yerini vermektedir. Ayrıca yine bu yöntemle bulunan kara noktalar, diğer yöntemlerle bulunanlar gibi üzerinde fazla bir mühendislik yorumu gerektirmeyen, sonuca çabuk ulaşılan noktalardır.

Oran-kalite kontrol yöntemi, her kesim için üç ayrı indeks değerinin hesaplanması temeline oturur. Bu indeks değerleri: Kaza oranı indeksi, frekans indeksi, şiddet indeksi olup, her bir kesim için bu üç indeks değeri hesaplanmaktadır. Çözümlemeye alınan karayolu üzerindeki ortalama indeks değerleri bulunur ve her üç indeks değeri de ortalama değerden fazla olan karayolu kesimi, tehlikeli kesim olarak adlandırılmaktadır.”

2.6 Ülkemiz İçin Değerlendirme

Ülkemizde şehirlerarası bölünmemiş karayolları için karayolu geometrik standartları, KGM’nin “karayolu geometrik standartları” çizelgesinden seçilmektedir. Karayolu geometrik standartları YOGT ve karayolunun hizmet servisi esas alınarak

seçilmektedir. Örneğin bu tablolarda; şerit genişliği 3 ile 3.5 m, banket genişliği ise 1 ile 2.5 m arasında seçilmektedir. Ancak, yapılan arazi ölçümlerinde (Isparta – Antalya karayolunda), bazı karayolu kesimlerinde bu standartların uygulanmadığı görülmektedir. Isparta – Antalya karayolunda, şerit genişliği ve banket genişliğinin ölçüm değerleri verilmektedir (Çizelge 2.5). Çizelgede, her iki yön için banket genişliğinin küçük olan değeri verilmektedir.

Çizelge 2.5. 2005 yılı Isparta – Antalya karayolunda, şerit genişliği ve banket genişliğinin ölçüm değerleri

YOL NO	KM	ŞG	BG
685-01	31-32	3,5	2
685-01	32-33	3,5	2
685-01	33-34	3,5	0,5
685-01	34-35	3,5	1,8
685-01	35-36	3,5	1
685-01	36-37	3,5	0,6
685-01	37-38	3,5	1
685-01	38-39	3,5	1,8
685-01	39-40	3,5	1
685-01	40-41	3,5	1
685-03	0-1	3,5	2
685-03	1-2	3,5	2
685-03	2-3	3,5	1,5
685-03	3-4	3,5	0,8
685-03	4-5	3,5	0,5
685-03	5-6	3,5	0,5
685-03	6-7	3,5	0,5
685-03	7-8	3,5	0,5
685-03	8-9	3,5	1
685-03	9-10	3,5	0,3
685-03	10-11	3,5	0
685-03	11-12	3,5	0,2
685-03	12-13	3,5	0,5
685-03	13-14	3,5	1,8
685-03	15-16	3,5	1,2
685-03	16-17	3,5	1
685-03	17-18	3,5	1,8
685-03	18-19	3,5	1,5
685-03	19-20	3,5	1,5
685-03	20-21	3,5	2
685-03	21-22	3,5	1

Çizelge 2.5.	devamı		
YOL NO	KM	ŞG	BG
685-03	22-23	3,5	0,5
685-03	23-24	3,5	0,6
685-04	0-1	3,5	0,6
685-04	1-2	3,5	0,6
685-04	2-3	3,5	0,2
685-04	3-4	3,5	0,5
685-04	4-5	3,5	1,5
685-04	5-6	3,5	2
685-04	6-7	3,5	2
685-04	7-8	3,5	1,5
685-04	8-9	3,5	2
685-04	9-10	3,5	1
685-04	10-11	3,5	2
685-04	11-12	3,5	2
685-04	12-13	3,5	2
685-04	13-14	3,5	1
685-04	14-15	3,5	0,5
685-04	15-16	3,5	0,5
685-04	16-17	3,5	0,5
685-04	18-19	3,5	0,5
685-04	19-20	3,5	0,5
685-04	20-21	3,5	1,5
685-04	21-22	3,5	1
685-04	22-23	3,5	2
685-04	23-24	3,5	2
685-04	24-25	3,5	1,8
685-04	25-26	3,5	1
685-04	26-27	3,5	1,5
685-04	27-28	3,5	1
685-04	28-29	3,5	0,5
685-04	29-30	3,5	0,2
685-04	30-31	3,5	0,2
685-04	31-32	3,5	0,5
685-04	32-33	3,5	0
685-04	33-34	3,5	0,3
685-04	34-35	3,5	0,6
685-04	35-36	3,5	1
685-04	36-37	3,5	1
685-05	0-1	3,5	1
685-05	1-2	3,5	2
685-05	2-3	3,5	1,5
685-05	3-4	3,5	2
685-05	4-5	3,5	2

Çizelge 2.5.	devamı		
YOL NO	KM	ŞG	BG
685-05	5-6	3,5	2
685-05	6-7	3,5	2
685-05	7-8	3,5	2
685-05	8-9	3,5	2,2
685-05	9-10	3,5	2,2
685-05	10-11	3,5	2
685-05	11-12	3,5	2
685-05	12-13	3,5	1,6
685-05	13-14	3,5	0,5
685-05	14-15	3,5	0,5
685-05	15-16	3,5	1,8
685-05	16-17	3,5	1,5
685-05	17-18	3,5	2
685-05	18-19	3,5	2
685-05	19-20	3,5	1,8
685-05	20-21	3,5	2
685-05	21-22	3,5	2
685-05	22-23	3,5	2
685-05	23-24	3,5	2
685-05	24-25	3,5	2
685-05	25-26	3,5	2
685-05	26-27	3,5	2
685-05	27-28	3,5	2
685-05	28-29	3,5	2,2
685-05	29-30	3,5	2,4
685-05	30-31	3,5	0,6
685-05	31-32	3,5	1
685-05	32-33	3,5	1,5
685-05	33-34	3,5	1,2
685-05	34-35	3,5	1,2

Ülkemizdeki istatistik veriler incelendiğinde çok düşündürücü bir durumla karşılaşmaktayız. 2002 yılı trafik kazalarına sebep olan sürücü, yaya, yolcu, araç ve karayolu etmenlerinin kazalardaki kusur oranlarını veren Çizelge 2.6'ya bakıldığında karayolu hatasından kaynaklanan kusurun yok denecek kadar az olduğu görülmektedir (KGM, 2003). Yani karayollarının bu istatistik verilerine göre karayollarımız ideal tasarım standartlarına sahiptir.

Karayolu kusurlarına göre şehir içinde ve şehirlerarası karayollarında oluşan gelen kusur sayıları ve kusur oranlarını veren Çizelge 2.7 incelendiğinde de yine özellikle şehirlerarası karayollarımızın kusurunun çok az olduğunu görmekteyiz (KGM, 2003).

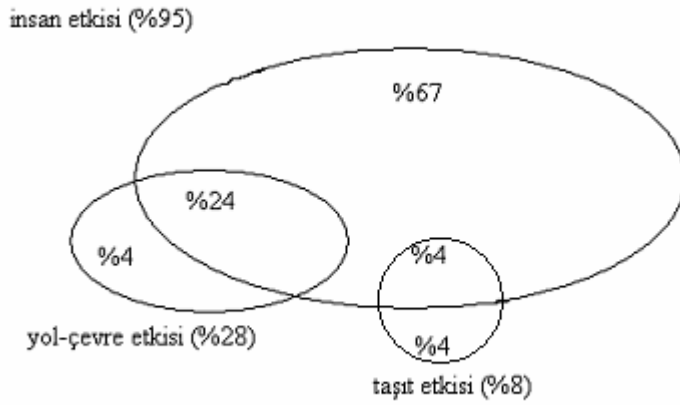
Çizelge 2.6. 2002 yılı trafik kazalarına sebep olan sürücü, yaya, yolcu, araç ve karayolu etmenlerinin kazalardaki kusur oranları (KGM, 2003)

YILLAR	SÜRÜCÜ %	YAYA %	YOLCU %	ARAÇ %	YOL %	DİĞER %
1998	96,48	2,77	0,21	0,53	0,01	-
1999	96,59	2,77	0,18	0,45	0,01	-
2000	96,21	2,49	0,17	0,46	0,67	-
2001	96,82	2,38	0,16	0,32	0,32	-
2002	96,99	2,48	0,12	0,25	0,16	-

Çizelge 2.7. 2002 trafik kazalarında sebep olan sürücü, yaya, yolcu, araç ve karayolu etmenlerine bağlı olarak meydana gelen kaza sayıları ve kusur oranları (KGM, 2003)

KAZA FAKTÖRLE Rİ	ŞEHİRİÇİ		ŞEHİRDİŞİ		TOPLAM	
	Kusur Sayısı	%	Kusur Sayısı	%	Kusur Sayısı	%
Sürücü	436.167	97,08	46.948	96,12	483.115	96,99
Yaya	11.580	2,58	777	1,59	12.357	2,48
Yolcu	482	0,11	106	0,22	588	0,12
Araç	390	0,09	837	1,71	1.227	0,25
Yol	649	0,14	178	0,36	827	0,16
TOPLAM	449.268	100,00	48.846	100,0	498.114	100,0

Amerika, Avustralya ve Yeni Zelanda'da yapılan bir çalışmanın sonucuna göre; karayolu ve çevresinin karayolu emniyetindeki etkisi Şekil 2.14'de verilmektedir (FHWA, 1997). Bizim ülkemizdeki verilerle karşılaştırıldığında sonuçların çok farklı olduğu görülmektedir.



Şekil 2.14. Karayolu değişkenlerinin karayolu emniyetine etkisi (FHWA, 1997)

Şekil 2.14'te; sadece sürücü hatasından kaynaklanan kusur % 67 olarak verilmektedir. Karayolu ve insan kusurları birlikte değerlendirildiğinde bu oran %24 olmaktadır. Karayolu ve çevre etkisi birlikte değerlendirildiğinde ise bu oranın %28 olduğu görülmektedir. Şekilde taşıt etkisi %8 olarak verilmektedir. Ancak bu ifadenin böyle olabilmesi için bu değerlerin şema içerisinde gösterilmesi gerekir. Yine bu şekilde taşıt etkisi %8 olarak verilmektedir.

3. YÖNTEM

3.1 Bulanık Mantık ve Bulanık Mantığın Gelişimi

Genel olarak değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık, belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına *Bulanık* adı verilir (Şen, 1999).

Bulanık mantık, Amerika’da Berkeley Üniversitesi’nde Lütü Zadeh (1965) tarafından ortaya sürülmüştür. Zadeh (1965)’in, “Fuzzy Sets (Bulanık Kümeler)” adlı makalesi *Information and Control* adlı dergide yayınlanmıştır. O tarihten günümüze, bulanık kümeler kuramı hem Zadeh’in kendisi, hem de sayısız araştırmacı tarafından hızlı bir biçimde geliştirilmiştir. Aynı zamanda bu kuramın gerçek uygulamaları da başarılı bir biçimde gerçekleştirilmiştir. Bulanık kümeler kuramının ana fikri, tamamen sezgisel ve doğal olmasıdır (Sakawa, 1993).

Altrock (1995)’a göre bulanık mantığın gelişimi ve uygulamaları aşağıdaki gibidir;

“Teorik olarak bulanık mantık ile yapılamayacak bir şey yoktur. Bulanık mantık, geleneksel mantığın bir uzantısıdır. Bundan dolayı, geleneksel tasarım teknikleri kullanılarak yapılan bir uygulama, bulanık mantık ile de yapılabilir. Fakat birkaç konuda geleneksel çözümler basit, hızlı ve daha etkilidir. Bulanık mantık geleneksel tekniklerle birleştirildiğinde daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir.

Avrupa’da bulanık mantığın ilk endüstriyel uygulamaları 1970’ten sonra yapılmıştır. İngiltere’de İbrahim Mamdani, geleneksel tekniklerle denetleyemediği bir akım jeneratörünü bulanık mantık kullanarak kontrol edebilmiştir. Almanya’da Hans Zimmermann, emir destek sistemleri için bulanık mantığı kullanmıştır. Bu ilk çalışmaların sonucunda çimento ocağının denetimi gibi diğer endüstriyel uygulamalar gelişmiştir. Ancak bulanık mantık, endüstride büyük takdirler getirememiştir.

‘Çok değerli mantık’ veya ‘sürekli mantık kavramları’ ile yapılan bu birkaç bulanık mantık uygulaması gizli tutulmuştur. 1980’li yıllarda Avrupa’da bulanık mantık, karar destekleme ve veri çözümlenme uygulamalarında tekrar kullanılmaya başlanmıştır. Pek çok bulanık mantık teknolojisi bu uygulamalar ve araştırma projeleri ile geliştirilmiştir.

Avrupa'daki ilk bulanık mantık uygulamalarından esinlenen Japon işletmeler, 1980'den sonra, denetim mühendisliğinde ilk bulanık mantık teorisini kullanmaya başladılar. Standart bilgisayarlarda ilk bulanık mantık algoritmalarının çok hesaplamalı verimliliğinden dolayı, uygulamaların çoğu bulanık mantıklı bilgisayarlara verilmiştir. İlk bulanık mantık uygulamalarından bazıları, 1983'te Fuji elektriğin yaptığı bir su davranış tesisi ve 1987'de Hitachi tarafından açılan bir metro sistemidir.

İlk uygulamaların başarısı Japonya'da ilgiyi çok artırmıştır. Japonya'da bulanık mantığın tutulmasının bir takım nedenleri vardı. Japon mühendisler ilk önce basit bir çözümle başlayarak daha sonra bunu geliştirmişlerdir.

Bulanık mantık, hızlı ve optimum kullanımı destekler. Ayrıca, bir bulanık mantık sistemi kolay anlaşılır ve basittir. Bulanık mantık sisteminin üstünlüğü, diferansiyel denklemleri yok etmeden kullanabilmesidir.

Bulanık mantığın kısa zamanda geniş alanlarda kullanılmasında teknolojik etkenler, nedenlerden sadece bir kısmıdır. Japon hükümeti de teknoloji aktarımında destekleyici olmuştur. Bu alanda Japonya'da yüzlerce yeni endüstri alanı gelişmiştir. Bunun sonucu olarak da günümüzde akıllı denetim veya veri modelleme alanlarında bulanık mantık kullanılmaktadır. Bulanık mantık, fotoğraf makineleri, video kameraları, otomobil ve fabrika denetiminde kullanılmıştır. Ayrıca kimya ve biyolojide de bulanık mantık en uygun kullanımı vermektedir.

Japonların bu gelişmelerinden beş yıl sonra Avrupa, tekrar bulanık mantığı teknolojik gelişmelerinde kullanmaya başlamıştır. O günden sonra bulanık mantık ile çalışan 200'den fazla üretim yapılmıştır. Uygulamalardaki bu başarılarından dolayı bulanık mantık, tasarım tekniğinde bir standart olarak düşünülmektedir.

Amerika, Japonya ve Avrupa'dan farklı olarak, bulanık mantığı, iletişim araçları, ofis ve bilgisayar donanımlarında kullanmaktadır.”

3.1.1 İnşaat mühendisliğinde bulanık mantık uygulamaları

Mühendislikte matematiksel model oluşturulurken sözel bilgiler çoğunlukla önemsenmemektedir. İnşaat mühendisliğinde de matematiksel bağıntılar kullanılmakta ve sonuçları elde edilmektedir. Ancak, kullanılan bağıntılara duyulan güvensizlikten dolayı her zaman güvenlik katsayıları kullanılmaktadır. Bu da bulanıklılığın ve şüphenin olduğunun göstergesidir. İnşaat mühendisliğinde bulanık mantık uygulamaları daha çok hidrolik ve ulaştırma alanlarındadır. Bulanık mantık

uygulamaları diğer mühendisliklerde olduğu gibi inşaat mühendisliğinde de 1980’li yıllarda başlamıştır.

3.1.2 Ulaştırma alanında bulanık mantık kullanımı

Ulaştırma alanında çalışırken, sorunları çözülemeye çalıştığımızda karşımıza pek çok belirsizlik çıkmaktadır. Bu belirsizlikleri sayılarla tanımlamak oldukça zordur. Örneğin; sürücü davranışlarının karayolu emniyetine etkisini kesin sayılarla anlatmak olanaksızdır. Trafik işletmecilerinin vereceği kişisellik içeren kararlar karayolu güvenliğini nasıl etkilemektedir? Bu kesinlik belirtmez. Karayolu kaplamasındaki cilalanmanın trafik kazalarına etkisinin ne olduğunu ancak istatistik bilgilerle anlatabiliriz. Trafik ve ulaştırma sorunları çözülürken sadece bağıntı ve denklemleri kullanmayız. Mühendislikte kesinlikten bahsetmemize karşın bağıntılara duyulan güvensizlik nedeni ile kullandığımız emniyet katsayıları da yine belirsizlik şüphesindedir. Ayrıca, trafikte sıkça karşılaştığımız sözel bilgiler vardır ve bunlar kişisel bilgi içermektedir.

Teodorovic (1998) ulaştırma alanında 1980’li yılların orta ve sonlarında, kullanılmaya başlanan ve 1990’lı yıllarda ise yaygınlaşan bulanık mantık çalışmalarını aşağıdaki gibi derlemiştir:

“Nakatsuyama (1983), Sugeno ve Murakami (1985), Sugeno (1985), Nishida, (1986), Sasaki (1987), Akiyama (1988) karışık trafik ve ulaştırma sorunlarını bulanık küme teorisini kullanarak çözdüler. 1980’li yılların sonunda ve 1990’lı yılların başlarında, trafik ve ulaştırmada bulanık küme teorisi oldukça geniş alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Delaware Üniversitesi’nin araştırma grubu, Shinya Kikuchi önderliğinde çalışmalar yapmıştır (Chakroborthy, 1990; Chakroborthy ve Kikuchi, 1990; Perincherry, 1990; Perincherry ve Kikuchi, 1990; Teodorovic ve Kikuchi, 1990, 1991a; Kikuchi vd, 1991). 1990’lı yılların başlarında ve ortalarında, dünyada diğer üniversitelerde trafik ve ulaştırmada bulanık mantık uygulamalarının ilginçliği artmıştır. Bulanık küme teori teknikleri kullanılarak trafik ve ulaştırma sorunları; Chen vd., 1990; Tzeng ve Teng, 1993; Lotan ve Koutsopoulos, 1993a, 1993b; Xu ve Chan, 1993a, 1993b; Teodorovic ve Babic, 1993; Akiyama ve Shao, 1993; Chang ve Shyu, 1993; Chanas vd, 1993; Vukadinovic ve Teodorovic, 1994; Teodorovic vd, 1994; Teodorovic, 1994; Teodorovic ve Kalic, 1995; Milosavljevic vd, 1996; Teodorovic ve Pavkovic, 1996; Teodorovic ve Lucic, 1998; Tzeng vd, 1996 tarafından başarı ile çözümlenmiştir.”

3.2 Bulanık Mantık Esasları

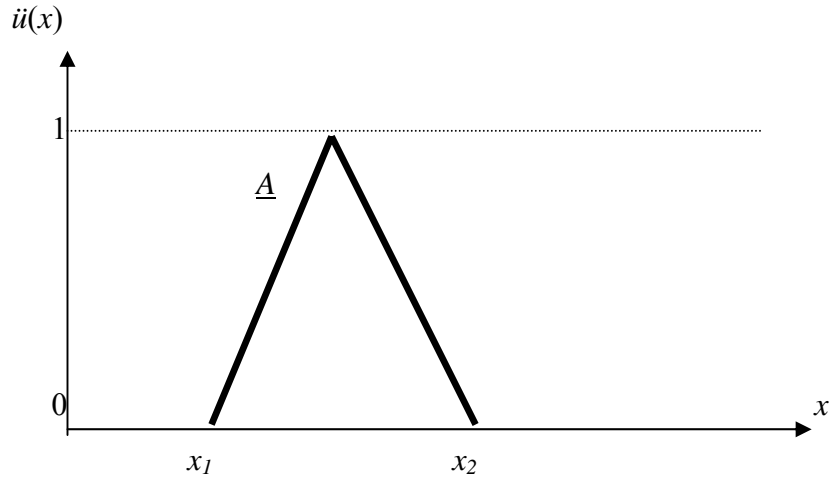
3.2.1 Üyelik dereceleri

Belirsizlik durumlarında en uygun yöntem küme elemanlarına değişik üyelik derecelerinin verilmesi ile olacaktır (Zadeh, 1965). 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 değerlerin yakınındaki değerler esas değer kadar kuvvetli olmasa da biraz daha az derece ile çok trafik hacmi kümesinde yer alır. Buna benzer örnekler çoğaltılabilir. Şen (1999)'in Aristo mantığı ve Bulanık mantıkta kümeler kavramına yaklaşımı aşağıdaki gibidir:

“Aristo mantığında klasik küme kavramı vardır, elemanlar kümenin ya içinde yani “1” ya da dışında yani “0” yer alır ve bu iki değerden başka üyelik derecesi yoktur. Oysa bulanık küme kavramında durum tam tersidir ve üyelik dereceleri 1 ile 0 arasında değişmektedir. Her bir bulanık söz için tanımlanan üyelik derecelerinin üç temel özelliği sağlaması gerekmektedir. Birincisi, bulanık kümenin normal olmasıdır ki bunun için en azından o kümede bulunan öğelerden bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip olması gerekliliğidir. İkinci olarak, bulanık kümenin monoton olması istenir ki bunun anlamı üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeye yakın olan sağda ve soldaki öğelerin üyelik derecelerinin 1'e yakın olmasıdır. Üçüncü olarak ise, üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeden sağa ve sola eşit aralıkta hareket edildiği zaman, bulunan öğelerin üyelik derecelerinin birbirine eşit olmasıdır. Ancak bazı durumlarda olmayabilir. Bulanık küme bu üç koşuldan ilk ikisini sağlayacak şekilde üyelik derecesi işlevlerine sahip olmalıdır.”

3.2.2 Bulanık küme işlemleri

Bulanık kümenin öğeleri farklı üyelik derecelerine sahiptir ve ayrıca bulanık kümenin her hangi bir öğesi başka bir kümenin de öğesi olabilir. Bulanık kümeler, altında çizgi olan büyük harfle gösterilir. Örneğin; A veya B bulanık kümesi gibi. Aşağıda, Şekil 3.1' de yatay ekseni gerçek sayı x ile ve dikey ekseni üyelik derecesi işlevi $ü(x)$ ile gösterilen bir bulanık küme ve bulanık kümenin yazılım şekli gösterilmektedir (Şen, 1999).



Şekil 3.1. \underline{A} bulanık kümesi (Şen, 1999)

$$\underline{A} = \left\{ \frac{\ddot{u}(x_1)}{x_1} + \frac{\ddot{u}(x_2)}{x_2} + \dots \right\} = \left\{ \sum_i \frac{\ddot{u}(x_i)}{x_i} \right\} \quad (3.1)$$

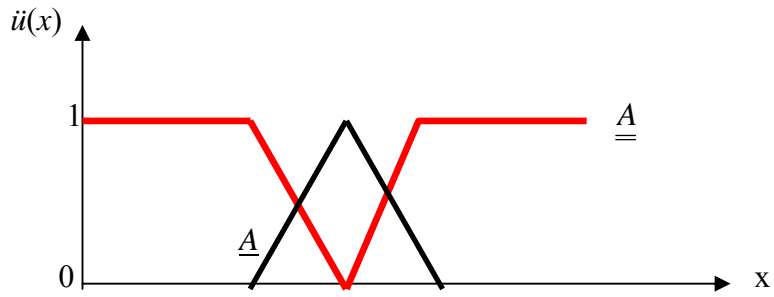
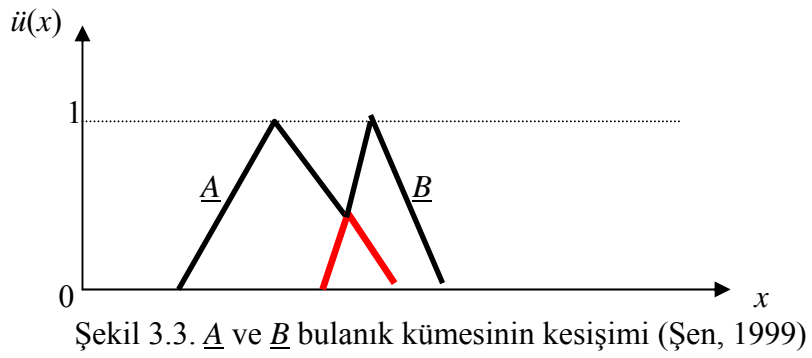
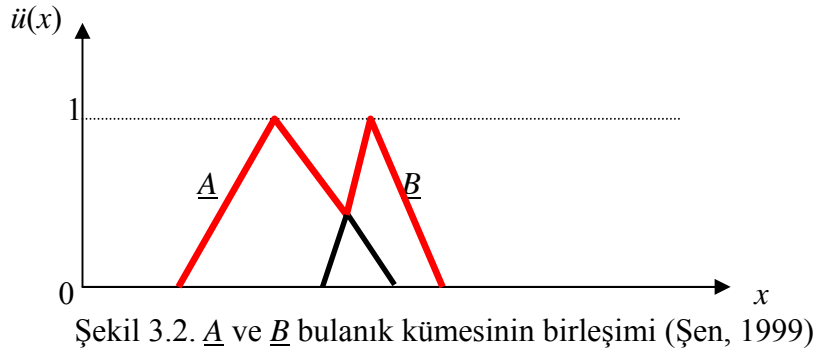
Bu gösterimde bölme işareti bölme işlemi anlamı taşımamaktadır, alttaki gerçek sayıya karşılık gelen üyelik derecesini göstermektedir. Bulanık kümeler arasındaki işlemler, klasik kümeler arasındaki işlemlere benzemektedir ve aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Şen, 1999).

Birleşim $\ddot{u}_{\underline{A} \cup \underline{B}}(x) = \ddot{u}_{\underline{A}}(x) \vee \ddot{u}_{\underline{B}}(x) \quad (3.2)$

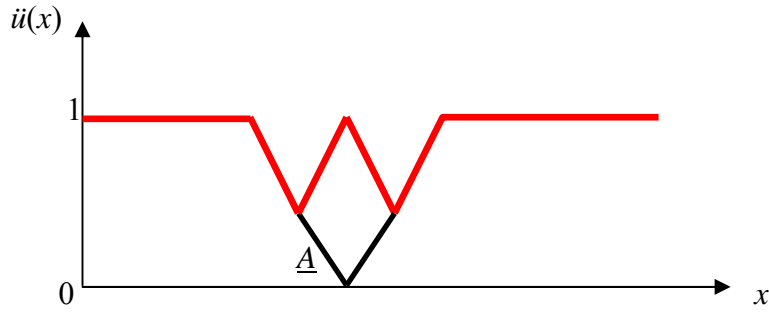
Kesişim $\ddot{u}_{\underline{A} \cap \underline{B}}(x) = \ddot{u}_{\underline{A}}(x) \wedge \ddot{u}_{\underline{B}}(x) \quad (3.3)$

Tamamlayıcı $\ddot{u}_{\underline{\underline{A}}}(x) = 1 - \ddot{u}_{\underline{A}}(x) \quad (3.4)$

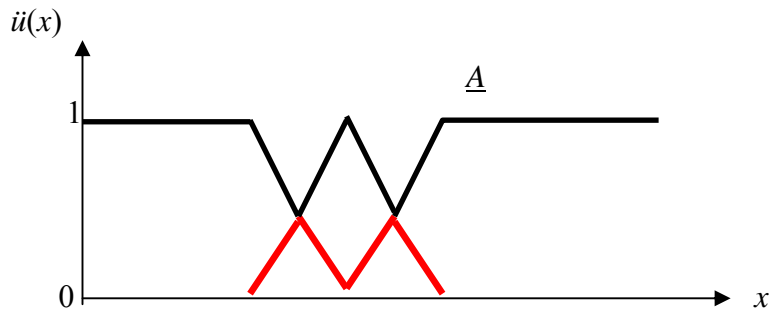
Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4'te bulanık kümeler arasındaki birleşme, kesişme ve tamamlama işlemlerinin üyelik işlevlerinin üçgen gösterimi verilmektedir (Şen, 1999).



Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da ise bulanık bir kümenin tamamlayıcısı ile birleşimi ve kesişimi gösterilmektedir (Şen, 1999).



Şekil 3.5. \underline{A} bulanık kümesinin tamamlayıcısı ile birleşimi (Şen, 1999)



Şekil 3.6. \underline{A} bulanık kümesinin tamamlayıcısı ile kesişimi (Şen, 1999)

\underline{A} ve \underline{B} bulanık kümeleri arasında kartezyen bir ilişki vardır. Örneğin, $\underline{A} = (x_1, x_2, x_3)$ ve $\underline{B} = (y_1, y_2)$ kümeleri arasındaki ilişki R ile tanımlandığında $R = \underline{A} \times \underline{B}$ olur. R ilişkisini daha açık yazdığımızda (Teodorovic ve Vukadinovic, 1998);

$$R = \underline{A} \times \underline{B} = ((x_1, y_1), (x_1, y_2), (x_2, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_1), (x_3, y_2)) \quad (3.5)$$

\underline{A} , \underline{B} ve \underline{Z} kümeleri arasındaki ilişki $R_1(\underline{A}, \underline{B})$ ve $R_2(\underline{Y}, \underline{Z})$ ise $R(\underline{A}, \underline{Z})$ arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde olmaktadır:

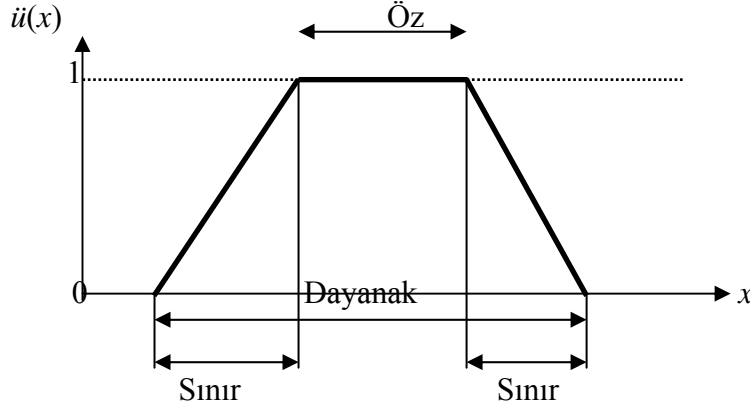
$$R(\underline{A}, \underline{Z}) = R_1(\underline{A}, \underline{B}) \circ R_2(\underline{Y}, \underline{Z}) \quad (3.6)$$

$R(\underline{A}, \underline{Z})$ birleşimi, $(x, z) \in R$ olan $\underline{A} \times \underline{Z}$ kartezyen çarpımının bir alt kümesidir. Üyelik işlevi hesaplanırken en büyük-en küçük birleşimi kullanılır:

$$\ddot{u}_{R_1 \circ R_2}(x, z) = \max_{y \in Y} \{ \min [\ddot{u}_{R_1}(x, y), \ddot{u}_{R_2}(y, z)] \} \quad (3.7)$$

3.2.3 Üyelik işlevinin kısımları

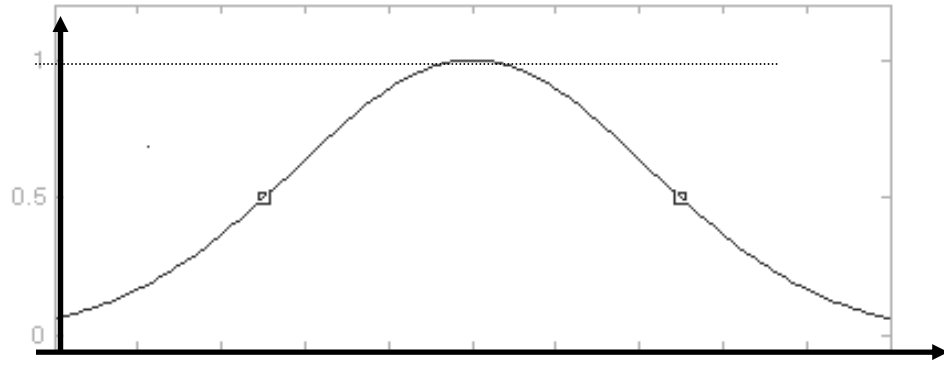
Genel olarak üyelik işlevinde bulunması gereken bölümler vardır. Şen (1999) üyelik işlevi bölümlerini Şekil 3.7’de açıklamaktadır:



Şekil 3.7. Üyelik işlevi bölümleri (Şen, 1999)

Şekil 3.7’de görüldüğü gibi birden fazla ögenin üyelik derecesi 1’e eşit alınabilir. Üyelik derecesi 1 olan ögeler alt kümenin orta kısmında toplanmaktadır ve o alt kümenin özünü oluşturmaktadır. Üyelik işlevi üçgen şeklinde olduğunda sadece bir ögenin üyelik derecesi 1 olmaktadır. Zaten normal bir bulanık kümenin de en az bir tane üyelik derecesi 1’e eşit ögesinin bulunması gerekmektedir. Bulanık kümenin diğer özelliği de dış bükey olması gerektiğidir. Bulanık kümenin üyelik derecesinin 0.5’e eşit olduğu nokta geçiş noktasıdır.

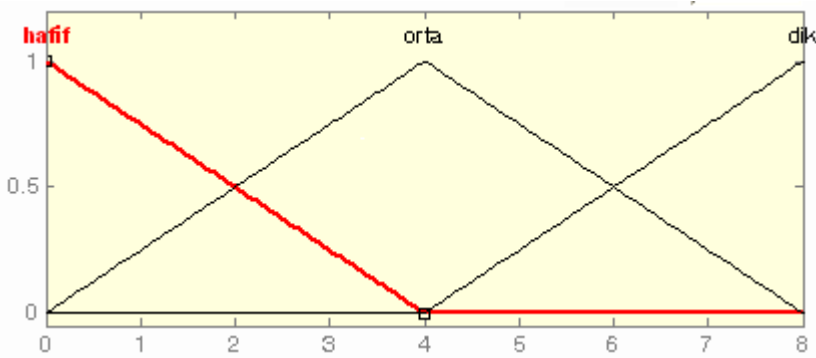
Üyelik işlevi dağılım işlevine benzemektedir. Dağılım işlevlerinde tepe noktası 1’e eşit değildir, ancak histogram olarak dağılım işlevinin altındaki alanın 1’e eşit olması gereklidir. Şekil 3.8’de tepe noktası 1’e eşit olan Gauss eğrisi şeklinde dağılım ve üyelik işlevleri gösterilmektedir (Şen, 1999).



Şekil 3.8. Gauss bulanık kümesi (Şen, 1999)

3.2.4 Üyelik derecesinin atanması

Günlük yaşantımızda karşılaştığımız sorunlarımızı çözmek için çoğu zaman kendi hislerimizi, mantığımızı ve tecrübelerimizi kullanırız. Bulanık kümelerin üyelik derecelerinin ve üyelik işlevinin belirlenmesinde de pek çok yöntem (sezgi, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar vb.) kullanılmaktadır. Bunlardan, en az teknik bilgi içeren ve kişinin olaya bakışına bağlı olan sezgi kullanımı daha fazladır. Örneğin, karayolunun boyuna eğiminin üyelik derecelerini atamak için çok genel olarak hafif, orta ve dik diye üç tane bulanık alt küme oluşturabiliriz. Karayolu eğiminin bulanık alt kümeleri Şekil 3.9'da gösterilmektedir:

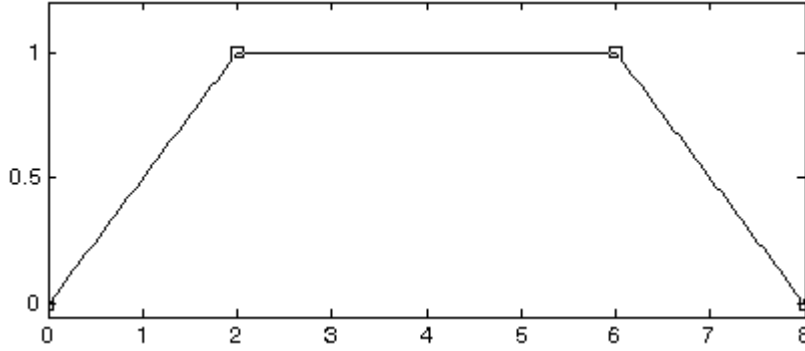


Şekil 3.9. Karayolu boyuna eğimi bulanık alt kümeleri

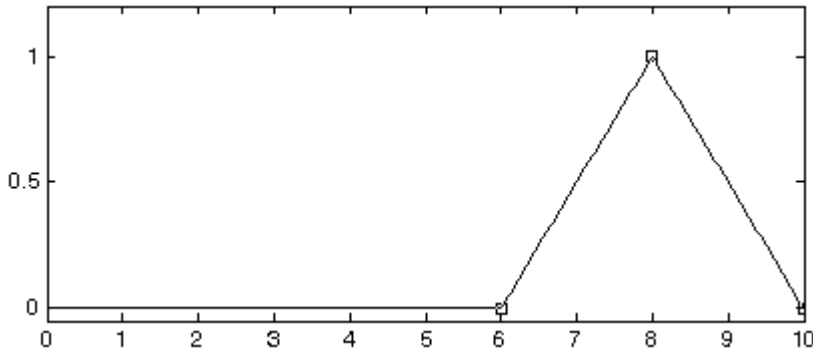
3.2.5 Durulaştırma İşlemleri

Bulanık küme, mantık ve sistem işlemleri için bulanıklaştırarak elde edilen bulanık bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne

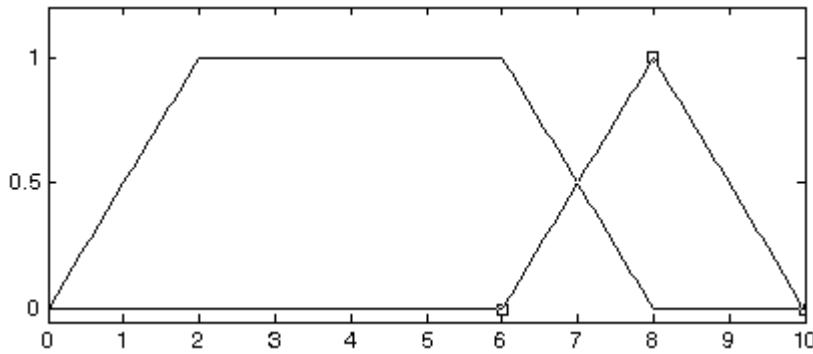
‘durulaştırma işlemleri’ denilmektedir (Şen, 1999). Yapılan işlemler sonrasında yamuk şeklinde ve üçgen şeklinde iki bulanık sonucun bulanık çıkarımı Şekil 3.10a, Şekil 3.10b, Şekil 3.10c’de gösterilmektedir:



Şekil 3.10a Yamuk bulanık sonuç (Şen, 1999)



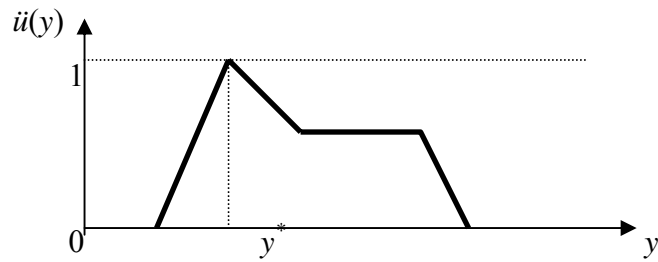
Şekil 3.10b Üçgen bulanık sonuç (Şen, 1999)



Şekil 3.10c İki bulanık girdinin, bulanık çıktısı (Şen, 1999)

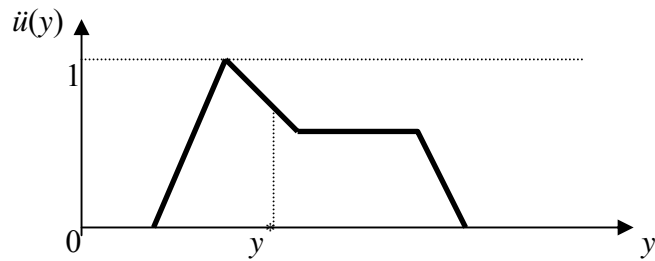
Çalışmayı yapan kişi, sorununun türüne göre yedi farklı durulaştırma işleminden hangisini kullanacağına karar vermektedir. Şen (1999) durulaştırma esaslarını aşağıdaki gibi açıklamaktadır (Çıkarım bulanık kümesi S , elemanları y , durulaştırılmış değeri ise y^* ile gösterilmektedir):

1. En Büyük Üyelik İlkesi: Diğer adı da ‘yükseklik’ yöntemidir. Yöntemi kullanmak için tepeleri olan çıkarımlara gereksinim duyulur (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. En büyük üyelik ilkesi (Şen, 1999)

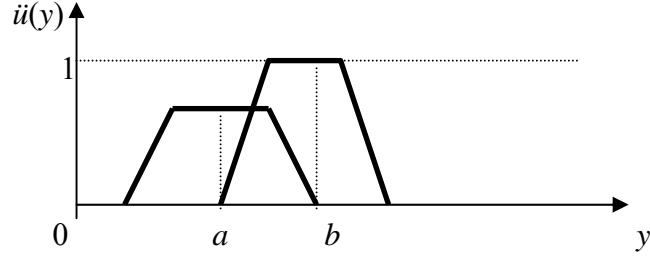
2. Sentroid Yöntemi: Diğer adı da ağırlık merkezi yöntemidir (Şekil 3.12). Durulaştırma işlemleri arasında en fazla kullanılandır.



Şekil 3.12. Sentroid yöntemi (Şen, 1999)

3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi: Bu yöntemin kullanılabilmesi için simetrik üyelik işlevinin bulunması gerekir (Şekil 3.13). Aritmetik gösterimi:

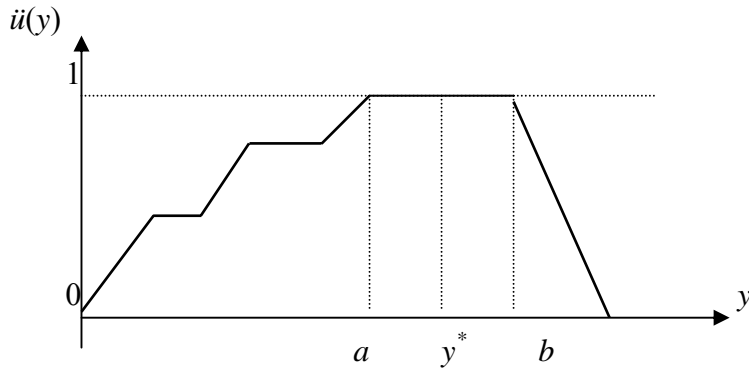
$$y^* = \frac{\sum \ddot{u}_s(y) \cdot y}{\sum \ddot{u}_s(y)} \quad (3.8)$$



Şekil 3.13. Ağırlıklı ortalama yöntemi (Şen, 1999)

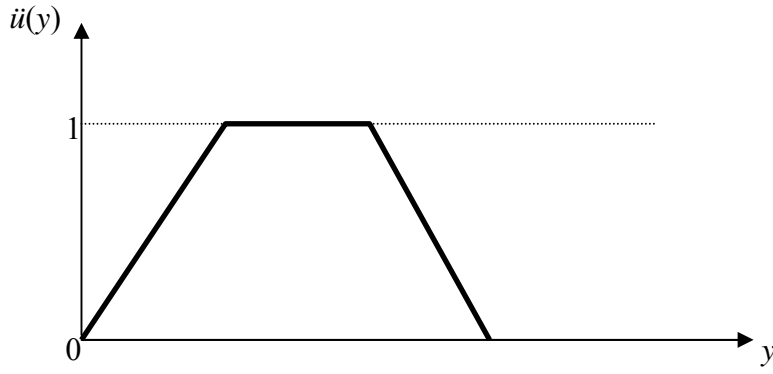
4. Ortalama En Büyük Üyelik: Bu yöntem, en büyüklerin ortasıdır diye de bilinir. Ancak, üyelik işlevinin en büyük üyelik derecesine sahip olan, $\ddot{u}_A(y)=1$, bir nokta yerine düz bir kesim şeklinde olabilir (Şekil 3.14). Durulaştırılmış değer işleminin gösterimi:

$$y^* = \frac{a+b}{2} \quad (3.9)$$



Şekil 3.14. Ortalama en büyük üyelik (Şen, 1999)

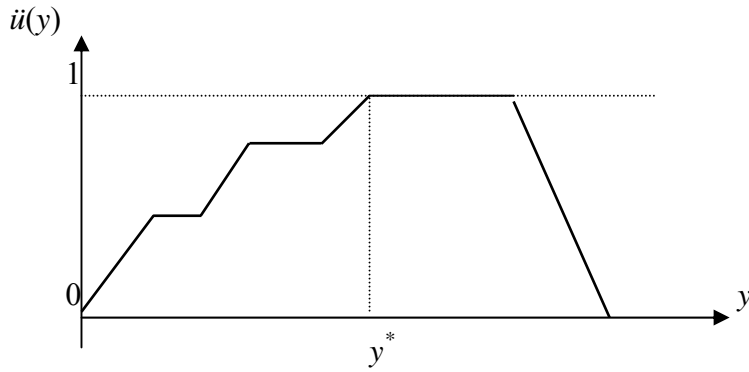
5. Toplamların Merkezi: Kullanılan durulaştırma işlemlerinden en hızlı olan bu yöntemdir. Bu yöntemde iki bulanık kümenin yerine onların cebirsel toplamı kullanılmaktadır. Bu yöntemin sakıncalı tarafı örtüşen kısımların iki defa toplama girmesidir (Şekil 3.15.).



Şekil 3.15. Toplamların merkezi (Şen, 1999)

Bu yöntemde hesaplama şekli ortalama durulaştırmasına benzemektedir. Ancak, toplamların merkezi yönteminde ağırlıklar ilgili üyelik işlevlerinin alanlarıdır. Ortalama ağırlıklar yönteminde ise bu her bir üyelik derecesidir.

6. En Büyük Alanın Merkezi: Eğer çıkış bulanık kümesi en azından iki tane dış bükey alt bulanık kümeyi içeriyor ise, dış bükey bulanık kümelerin en büyük alanlısının ağırlık merkezi durulaştırma işleminde kullanılmaktadır (Şekil 3.16.).



Şekil 3.16 En büyük alan merkezi ile durulaştırma (Şen, 1999)

7. En Büyük İlk veya Son Üyelik Derecesi: Bu yöntemde tüm çıktıların birleşimi olarak ortaya çıkan bulanık kümede en büyük üyelik derecesine sahip olan en küçük (veya en büyük) bulanık küme değerini seçmek esasına dayanır.

Yöntem seçerken aşağıdaki ölçütlere dikkat edilmelidir (Şen,1999) :

- İncelenen olayın sürekli olup olmadığı. Süreklilik var ise sistemdeki küçük bir değişiklik çıktılarda büyük değişikliklere neden olmaz.
- Durulaştırmadan sonra çıkan sonucun çok cevaplı olmaması.
- Sonuçların geçerli ve mantıklı olması.
- Yapılan işlemlerin kolay olması.
- Bulanık çıktı kümesinin ağırlıklarını da kapsayan ağırlıklı yöntem öncelikle tercih edilmelidir.
- Durulaştırma sonucunda elde edilen değer sorunun çözümünde en iyi yanıtı vermelidir.

3.2.6 Bulanık kurallar

Bulanık sözleri ve tanımları, kümelerle işleyebilecek kural ve işlemlere gerek vardır. Şen (1999)'e göre:

“Bulanık küme kavramları sözelden sayısala geçiş için bir köprü görevi üstlenir. Günlük kullandığımız dilde, tıpkı maddenin temel taşları olan atomlar gibi anlam temsil eden en küçük kelimelere de edebiyatta kelime atomları denilebilir. İşte her şey bu kelime atomlarının bulanık olarak modellenmesi ile başlar. Kelime atomları arasında güzel, orta, genç, az, yavaş, alçak vb. kelimeler gelir. Bunların başlarına sıfatlar getirilerek daha da bulanık veya göreceli olarak durulaşmış başka kelimeler elde edilir. Örneğin; çok yavaş, fazla sıcak, çok çok güzel, aşağı yukarı genç gibi kelimeler temel kelime atomlarından elde edilebilecek değişik bulanık kümeleri temsil eder. Ayrıca sözel kelimelerin sayısal değerlerini içeren üyelik işlevlerine o kelimenin ‘yorumu’ denir. Bu şekilde tanımlanan kelime atomlarından oluşan cümleleri oluşturabilmek için ‘ve’, ‘veya’ veya ‘değil’ gibi bağlaçlar kullanılarak küme işlemleri yapılır.”

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 ifadelere 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.

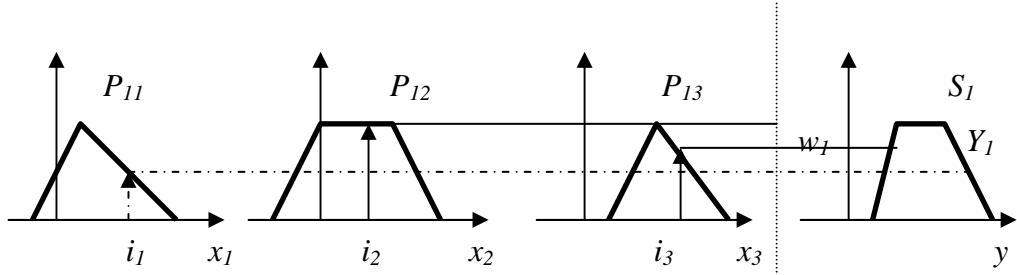
Verilen kurallar veya bağlacı ile ilişkilendirilmiştir. Şekil 3.17'de görüldüğü gibi P_{k1} ve P_{k3} ($k=1,2,3,4,\dots$) bulanık kümelerinin üyelik işlevleridir ve üçgen şeklindedir. P_{k2} ve S_k ($k=1,2,3,\dots$) bulanık kümesinin üyelik işlevidir ve yamuk şeklinde kabul edilmektedir. i_1, i_2 ve i_3, x_1, x_2 ve x_3 girdilerinin bilinen değerleridir. Şekilde gösterilmekte olan S çıktısının üyelik işlevi aşağıda gösterilmektedir:

$$\mu_S(y) = \max_k \left\{ \min \left[\mu_{P_{k1}}(i_1), \mu_{P_{k2}}(i_2), \mu_{P_{k3}}(i_3) \right] \right\} \quad k=1, 2, 3, \dots \quad (3.10)$$

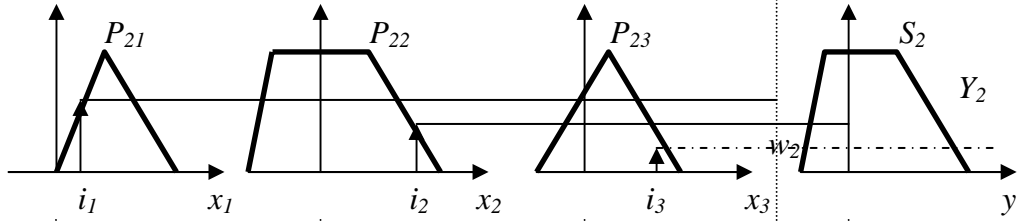
S bulanık çıktı kümesi, tüm kuralların Y_1, Y_2, \dots, Y_k gibi bulanık çıktılarının birleşimidir.

$$S = Y_1 \cup Y_2 \cup \dots \cup Y_k \quad (3.11)$$

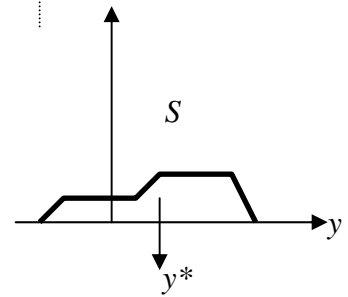
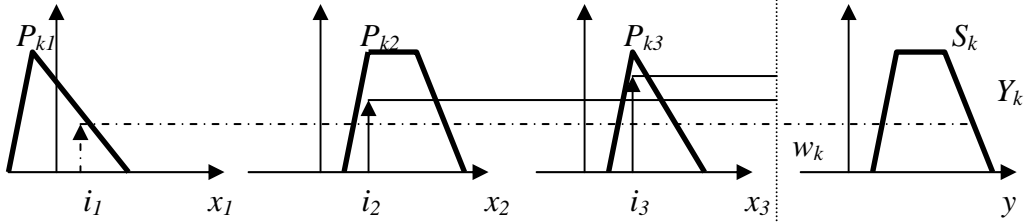
Kural 1



Kural 2



Kural 3



Şekil 3.17. Kuralların grafik gösterimi (Şen, 1999)

$$\ddot{u}_S(y) = \max\{\ddot{u}_{Y_1}(y), \ddot{u}_{Y_2}(y), \dots, \ddot{u}_{Y_k}(y)\} \quad (3.12)$$

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

$\ddot{u}_{p11}(i_1)$ 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 $\ddot{u}_{p12}(i_2)$ ve $\ddot{u}_{p13}(i_3)$ 'dür. w_1 'in değeri (w , kural çıktısının üyelik derecesidir):

$$w_1 = \min\{\ddot{u}_{p_{11}}(i_1), \ddot{u}_{p_{12}}(i_2), \ddot{u}_{p_{13}}(i_3)\} \quad (3.13)$$

$i_1 P_{11}$ '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.

4. BULGULAR

4.1 Temel Modelin Oluşturulması

Kaynak araştırma çalışmaları değerlendirilerek trafik ve karayolu geometrik değişkenlerinin trafik kazalarına etkileri incelenmiştir. Amaç, birden fazla değişkenin birlikte kullanılması olduğu için, FHWA (Harwood vd., 2000) raporu bu çalışmada kılavuz olarak alınmaktadır. Bu raporda, öncelikle temel bir model kullanılmaktadır. Daha sonra ise bu model geliştirilmiştir. Raporda yer alan temel model ilişkisi aşağıda verilmektedir.

$$KS = (YOGT)(L)(365)(10^{-6})e^{(0.6409+0.1388.STATE-0.0846.ŞG-0.0591.BG+0.0668.YKT+0.0084.BYY)} \quad (4.1)$$

KS = bir karayolu kesiminde, bir km’de, bir yılda tahmin edilen toplam kaza sayısı

YOGT = bir karayolu kesiminde yıllık ortalama günlük trafik hacmi (tş/gün),

L = karayolu kesiminin uzunluğu (km),

STATE = karayolu kesiminin yeri (Minnesota’da 0, Washington’da 1 dir),

ŞG = şerit genişliği (m); iki farklı seyahat yönü için ortalama şerit genişliği,

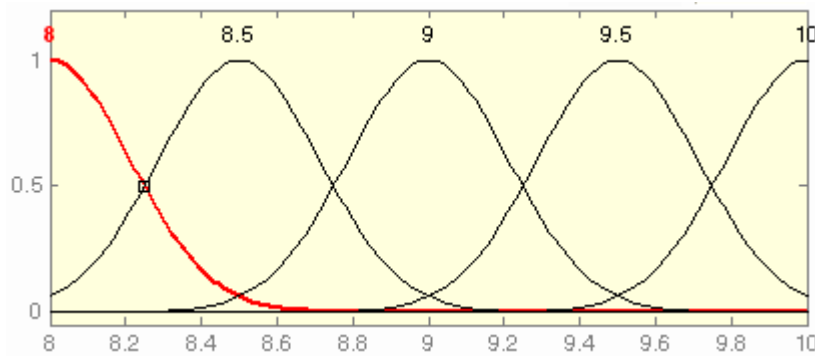
BG = banket genişliği (m); iki farklı seyahat yönü için ortalama banket genişliği,

YKT = karayolu kenarı tehlike oranı (1’den 7’ye değer almaktadır),

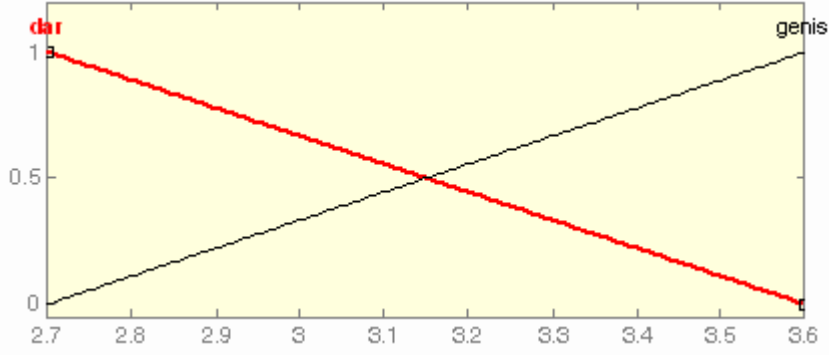
BYY = bir km karayolu kesimindeki bağlantı yollarının sayısı.

Bulanık mantık kuralları ile oluşturulan temel model; beş girdi ve bir çıktıdan oluşmaktadır. Üyelik işlevleri belirlenirken kullanılan değerler; kaynak araştırma çalışmalarından ve kılavuz alınan rapordaki değerlerden faydalanılarak elde edilen değerlerdir. İşlev aralıkları ise deneme çalışmaları ile elde edilmiştir. Yıllık ortalama günlük trafik (*YOGT*); modelde kullanılan en önemli değişken olduğu için işlev aralığı birden çok değerde alınmıştır. Bulanık kuralların yazım ve gösterim kolaylığı bakımından *YOGT*, parça aralıklı olarak modelde yer almaktadır (Şekil 4.1). *YOGT*’nin bu aralıkları için hazırlanan modelde süreklilik bulunmaktadır. Şerit genişliği (*ŞG*), 2.7 m-3.6 m genişlik için değerlendirilmektedir. Şerit genişliği ‘dar’

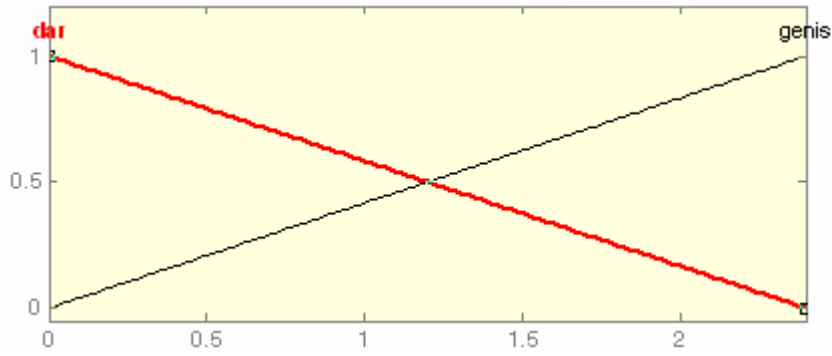
ve ‘geniş’ olmak üzere iki bulanık alt kümeye ayrılmaktadır (Şekil 4.2). Banket genişliği (BG) de, 0-2.4 m genişlik için yine şerit genişliğinde olduğu gibi ‘dar’ ve ‘geniş’ bulanık alt kümelerine ayrılmaktadır (Şekil 4.3). Karayolu kenarı tehlike oranı (YKT); şehirlerarası bölünmemiş karayollarında karayolunun çevresinin karayolu emniyetine etkisinin 1 (iyi)’den 7 (kötü)’ye kadar derecelendirilmesidir (Şekil 4.4) (Zegeer vd., 1988). Birim karayolu kesiminde bulunan bağlantı yollarının sayısı (BYY), ‘az’ ve ‘çok’ iki bulanık alt kümeye ayrılmaktadır (Şekil 4.5). Bağlantı yolu yoğunluğu, bir km karayolu kesimi için 1 ile 19 bağlantı yolu sayısı olarak alınmaktadır. Temel modelin kaza sayısı (TM-KS) (bir karayolu kesiminde, 1.5 km’de, bir yılda tahmin edilen toplam kaza sayısı) çıktısı ise Şekil 4.6’da verilmektedir. Kaza sayısı çıktısı, dokuz bulanık alt kümeye ayrılmaktadır. Bu dokuz bulanık alt kümenin işlev aralıklarının sayısal değerleri, modelin işleyişini denetlemek amacıyla kılavuz alınan FHWA raporundaki sayısal değerlerdir (KM-KS). Bu sayısal değerler kendi ülke koşullarımıza göre tekrar değerlendirilecektir. YOGT $(8-10) \cdot 10^3$ olarak 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. Temel model için 80 tane bulanık kural yazılmıştır. Bu kurallar Çizelge 4.1’deki gibidir. Kılavuz alınan rapordaki kaza sayısı değerleri ile bulanık mantık kuralları ile elde edilen kaza sayısı değerlerinin her ikisi Çizelge 4.2’de birlikte verilmektedir. Bu çizelgeden yararlanılarak kılavuz alınan rapordaki modelin sonuçları (KM-KS) ile bulanık temel modelin (TM-KS) sonuçları Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de değerlendirilmektedir.



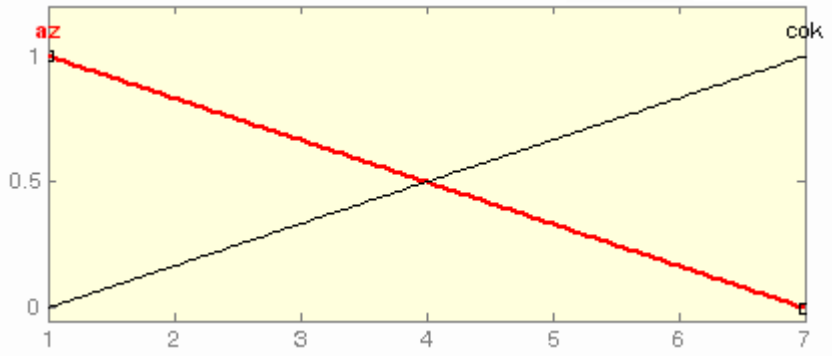
Şekil 4.1. YOGT (10^3 tş/gün)-Girdi 1



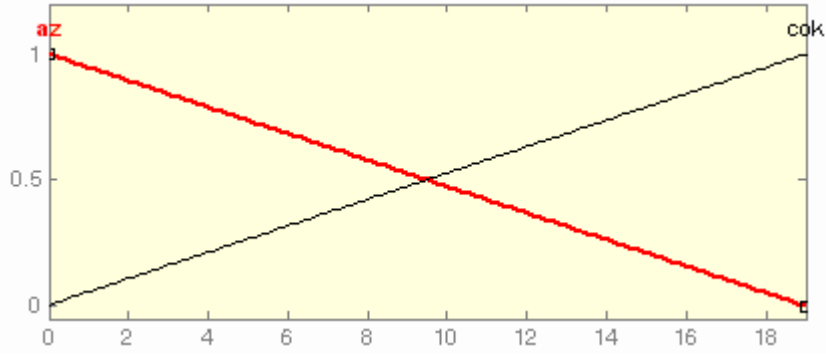
Şekil 4.2. Şerit genişliği (m)-Girdi 2



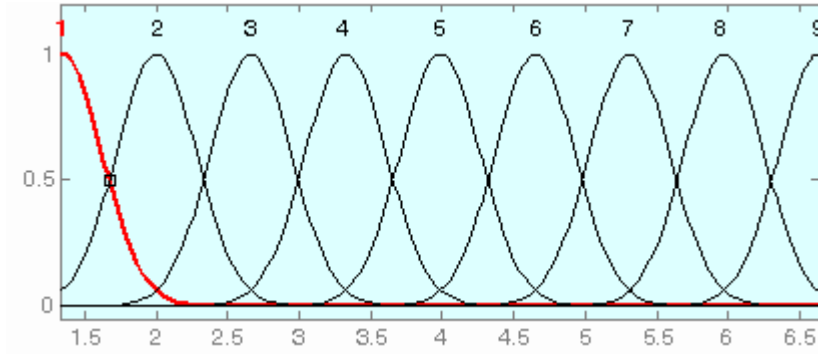
Şekil 4.3. Banket genişliği (m)-Girdi 3



Şekil 4.4. Karayolu kenarı tehlike oranı-Girdi 4



Şekil 4.5. Bağlantı yolu yoğunluğu-Girdi 5



Şekil 4.6. Kaza sayısı-Çıktı

Çizelge 4.1. Temel model bulanık kuralları

<u>KURAL</u>	<u>YOGT*10³</u>	<u>ve</u>	<u>ŞG</u>	<u>ve</u>	<u>BG</u>	<u>ve</u>	<u>YKT</u>	<u>ve</u>	<u>BYY</u>	<u>ise</u>	<u>Böl.</u>
1	8	ve	Dar	ve	Dar	ve	az	ve	az	ise	3
2	8	ve	Dar	ve	Dar	ve	az	ve	çok	ise	4
3	8	ve	Dar	ve	Dar	ve	çok	ve	az	ise	5
4	8	ve	Dar	ve	Dar	ve	çok	ve	çok	ise	7
5	8	ve	Dar	ve	Geniş	ve	az	ve	az	ise	2
6	8	ve	Dar	ve	Geniş	ve	az	ve	çok	ise	2
7	8	ve	Dar	ve	Geniş	ve	çok	ve	az	ise	3
8	8	ve	Dar	ve	Geniş	ve	çok	ve	çok	ise	4

KS

9	8	ve Geniş	ve Dar	ve az	ve az	ise 2
10	8	ve Geniş	ve Dar	ve az	ve çok	ise 3
11	8	ve Geniş	ve Dar	ve çok	ve az	ise 4
12	8	ve Geniş	ve Dar	ve çok	ve çok	ise 5
13	8	ve Geniş	ve Geniş	ve az	ve az	ise 1
14	8	ve Geniş	ve Geniş	ve az	ve çok	ise 2
15	8	ve Geniş	ve Geniş	ve çok	ve az	ise 2
16	8	ve Geniş	ve Geniş	ve çok	ve çok	ise 3
17	8,5	ve Dar	ve Dar	ve az	ve az	ise 3
18	8,5	ve Dar	ve Dar	ve az	ve çok	ise 5
19	8,5	ve Dar	ve Dar	ve çok	ve az	ise 6
20	8,5	ve Dar	ve Dar	ve çok	ve çok	ise 7
21	8,5	ve Dar	ve Geniş	ve az	ve az	ise 2
22	8,5	ve Dar	ve Geniş	ve az	ve çok	ise 3
23	8,5	ve Dar	ve Geniş	ve çok	ve az	ise 3
24	8,5	ve Dar	ve Geniş	ve çok	ve çok	ise 4
25	8,5	ve Geniş	ve Dar	ve az	ve az	ise 2
26	8,5	ve Geniş	ve Dar	ve az	ve çok	ise 3
27	8,5	ve Geniş	ve Dar	ve çok	ve az	ise 4
28	8,5	ve Geniş	ve Dar	ve çok	ve çok	ise 6
29	8,5	ve Geniş	ve Geniş	ve az	ve az	ise 1
30	8,5	ve Geniş	ve Geniş	ve az	ve çok	ise 2
31	8,5	ve Geniş	ve Geniş	ve çok	ve az	ise 2
32	8,5	ve Geniş	ve Geniş	ve çok	ve çok	ise 3
33	9	ve Dar	ve Dar	ve az	ve az	ise 4
34	9	ve Dar	ve Dar	ve az	ve çok	ise 5
35	9	ve Dar	ve Dar	ve çok	ve az	ise 6
36	9	ve Dar	ve Dar	ve çok	ve çok	ise 8
37	9	ve Dar	ve Geniş	ve az	ve az	ise 2
38	9	ve Dar	ve Geniş	ve az	ve çok	ise 3
39	9	ve Dar	ve Geniş	ve çok	ve az	ise 3
40	9	ve Dar	ve Geniş	ve çok	ve çok	ise 5

41	9	ve Geniş	ve Dar	ve az	ve az	ise 3
42	9	ve Geniş	ve Dar	ve az	ve çok	ise 4
43	9	ve Geniş	ve Dar	ve çok	ve az	ise 4
44	9	ve Geniş	ve Dar	ve çok	ve çok	ise 6
45	9	ve Geniş	ve Geniş	ve az	ve az	ise 1
46	9	ve Geniş	ve Geniş	ve az	ve çok	ise 2
47	9	ve Geniş	ve Geniş	ve çok	ve az	ise 2
48	9	ve Geniş	ve Geniş	ve çok	ve çok	ise 3
49	9,5	ve Dar	ve Dar	ve az	ve az	ise 4
50	9,5	ve Dar	ve Dar	ve az	ve çok	ise 5
51	9,5	ve Dar	ve Dar	ve çok	ve az	ise 6
52	9,5	ve Dar	ve Dar	ve çok	ve çok	ise 8
53	9,5	ve Dar	ve Geniş	ve az	ve az	ise 2
54	9,5	ve Dar	ve Geniş	ve az	ve çok	ise 3
55	9,5	ve Dar	ve Geniş	ve çok	ve az	ise 4
56	9,5	ve Dar	ve Geniş	ve çok	ve çok	ise 5
57	9,5	ve Geniş	ve Dar	ve az	ve az	ise 3
58	9,5	ve Geniş	ve Dar	ve az	ve çok	ise 4
59	9,5	ve Geniş	ve Dar	ve çok	ve az	ise 5
60	9,5	ve Geniş	ve Dar	ve çok	ve çok	ise 6
61	9,5	ve Geniş	ve Geniş	ve az	ve az	ise 1
62	9,5	ve Geniş	ve Geniş	ve az	ve çok	ise 2
63	9,5	ve Geniş	ve Geniş	ve çok	ve az	ise 3
64	9,5	ve Geniş	ve Geniş	ve çok	ve çok	ise 4
65	10	ve Dar	ve Dar	ve az	ve az	ise 4
66	10	ve Dar	ve Dar	ve az	ve çok	ise 6
67	10	ve Dar	ve Dar	ve çok	ve az	ise 7
68	10	ve Dar	ve Dar	ve çok	ve çok	ise 9
69	10	ve Dar	ve Geniş	ve az	ve az	ise 2
70	10	ve Dar	ve Geniş	ve az	ve çok	ise 3
71	10	ve Dar	ve Geniş	ve çok	ve az	ise 4
72	10	ve Dar	ve Geniş	ve çok	ve çok	ise 5

73	10	ve Geniş	ve Dar	ve az	ve az	ise 3
74	10	ve Geniş	ve Dar	ve az	ve çok	ise 4
75	10	ve Geniş	ve Dar	ve çok	ve az	ise 5
76	10	ve Geniş	ve Dar	ve çok	ve çok	ise 7
77	10	ve Geniş	ve Geniş	ve az	ve az	ise 2
78	10	ve Geniş	ve Geniş	ve az	ve çok	ise 2
79	10	ve Geniş	ve Geniş	ve çok	ve az	ise 3
80	10	ve Geniş	ve Geniş	ve çok	ve çok	ise 4

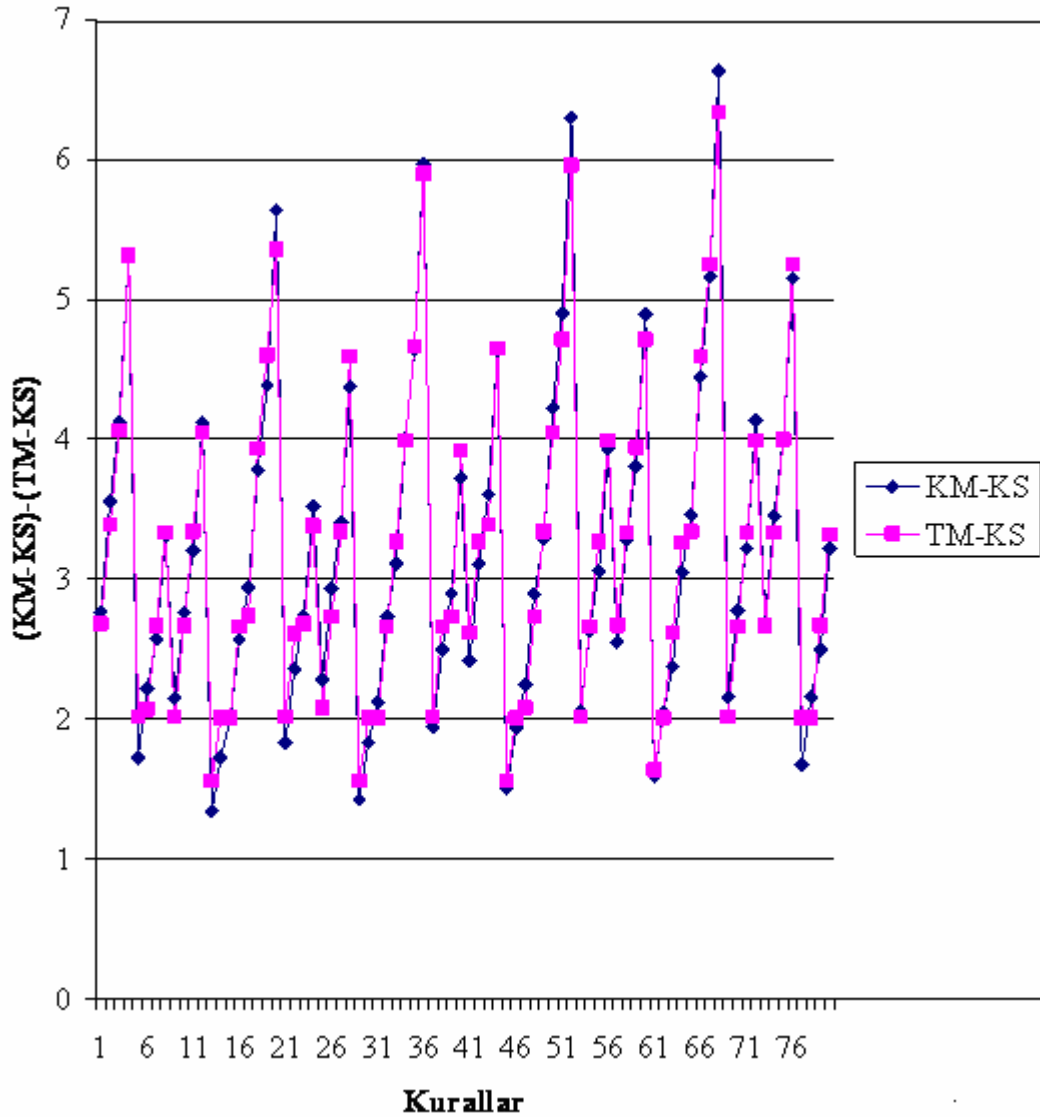
Çizelge 4.2. Bulanık kuralların sayısal örneklendirilmesi

KURAL	YOGT*10³	ŞG	BG	YKT	BYY	KM-KS	TM-KS
1	8	ve 2.7	ve 0	ve 1	ve 0	ise 2,768	2,68
2	8	ve 2.7	ve 0	ve 1	ve 19	ise 3,558	3,39
3	8	ve 2.7	ve 0	ve 7	ve 0	ise 4,127	4,06
4	8	ve 2.7	ve 0	ve 7	ve 19	ise 5,306	5,31
5	8	ve 2.7	ve 2.4	ve 1	ve 0	ise 1,728	2,02
6	8	ve 2.7	ve 2.4	ve 1	ve 19	ise 2,221	2,07
7	8	ve 2.7	ve 2.4	ve 7	ve 0	ise 2,576	2,67
8	8	ve 2.7	ve 2.4	ve 7	ve 19	ise 3,312	3,33
9	8	ve 3.6	ve 0	ve 1	ve 0	ise 2,149	2,02
10	8	ve 3.6	ve 0	ve 1	ve 19	ise 2,763	2,67
11	8	ve 3.6	ve 0	ve 7	ve 0	ise 3,205	3,34
12	8	ve 3.6	ve 0	ve 7	ve 19	ise 4,12	4,05
13	8	ve 3.6	ve 2.4	ve 1	ve 0	ise 1,341	1,56
14	8	ve 3.6	ve 2.4	ve 1	ve 19	ise 1,724	2,01
15	8	ve 3.6	ve 2.4	ve 7	ve 0	ise 2	2,01
16	8	ve 3.6	ve 2.4	ve 7	ve 19	ise 2,571	2,66
17	8,5	ve 2.7	ve 0	ve 1	ve 0	ise 2,941	2,74
18	8,5	ve 2.7	ve 0	ve 1	ve 19	ise 3,781	3,93
19	8,5	ve 2.7	ve 0	ve 7	ve 0	ise 4,385	4,6
20	8,5	ve 2.7	ve 0	ve 7	ve 19	ise 5,638	5,36

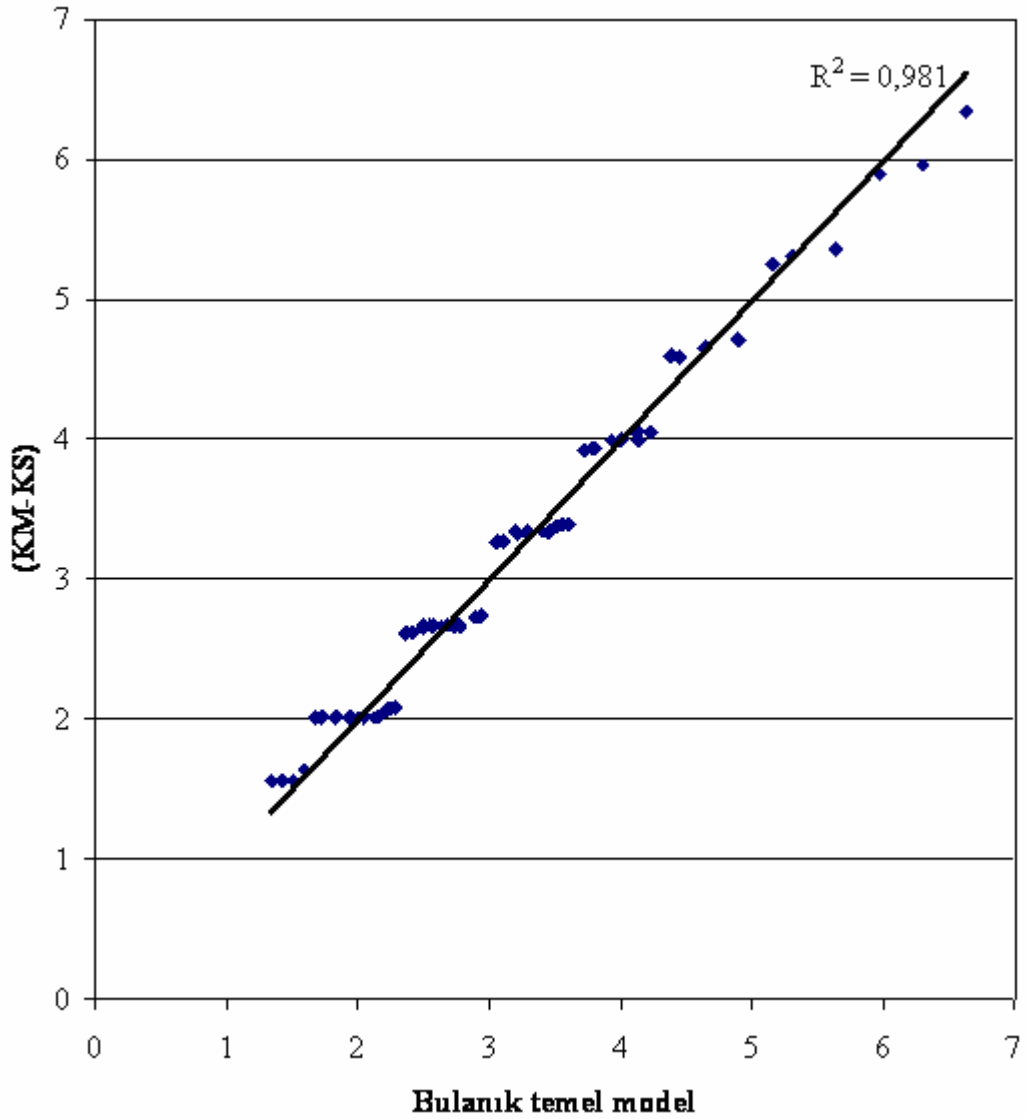
21	8,5	ve 2.7	ve 2.4	ve 1	ve 0	ise 1,835	2,02
22	8,5	ve 2.7	ve 2.4	ve 1	ve 19	ise 2,36	2,61
23	8,5	ve 2.7	ve 2.4	ve 7	ve 0	ise 2,737	2,68
24	8,5	ve 2.7	ve 2.4	ve 7	ve 19	ise 3,519	3,38
25	8,5	ve 3.6	ve 0	ve 1	ve 0	ise 2,283	2,08
26	8,5	ve 3.6	ve 0	ve 1	ve 19	ise 2,935	2,73
27	8,5	ve 3.6	ve 0	ve 7	ve 0	ise 3,405	3,34
28	8,5	ve 3.6	ve 0	ve 7	ve 19	ise 4,377	4,59
29	8,5	ve 3.6	ve 2.4	ve 1	ve 0	ise 1,425	1,56
30	8,5	ve 3.6	ve 2.4	ve 1	ve 19	ise 1,832	2,01
31	8,5	ve 3.6	ve 2.4	ve 7	ve 0	ise 2,125	2,01
32	8,5	ve 3.6	ve 2.4	ve 7	ve 19	ise 2,732	2,66
33	9	ve 2.7	ve 0	ve 1	ve 0	ise 3,114	3,27
34	9	ve 2.7	ve 0	ve 1	ve 19	ise 4,003	3,99
35	9	ve 2.7	ve 0	ve 7	ve 0	ise 4,643	4,66
36	9	ve 2.7	ve 0	ve 7	ve 19	ise 5,969	5,9
37	9	ve 2.7	ve 2.4	ve 1	ve 0	ise 1,943	2,02
38	9	ve 2.7	ve 2.4	ve 1	ve 19	ise 2,499	2,66
39	9	ve 2.7	ve 2.4	ve 7	ve 0	ise 2,898	2,73
40	9	ve 2.7	ve 2.4	ve 7	ve 19	ise 3,726	3,92
41	9	ve 3.6	ve 0	ve 1	ve 0	ise 2,418	2,62
42	9	ve 3.6	ve 0	ve 1	ve 19	ise 3,108	3,27
43	9	ve 3.6	ve 0	ve 7	ve 0	ise 3,605	3,39
44	9	ve 3.6	ve 0	ve 7	ve 19	ise 4,635	4,65
45	9	ve 3.6	ve 2.4	ve 1	ve 0	ise 1,509	1,56
46	9	ve 3.6	ve 2.4	ve 1	ve 19	ise 1,94	2,01
47	9	ve 3.6	ve 2.4	ve 7	ve 0	ise 2,25	2,08
48	9	ve 3.6	ve 2.4	ve 7	ve 19	ise 2,893	2,73
49	9,5	ve 2.7	ve 0	ve 1	ve 0	ise 3,287	3,34
50	9,5	ve 2.7	ve 0	ve 1	ve 19	ise 4,225	4,05
51	9,5	ve 2.7	ve 0	ve 7	ve 0	ise 4,901	4,71
52	9,5	ve 2.7	ve 0	ve 7	ve 19	ise 6,301	5,96

53	9,5	ve 2.7	ve 2.4	ve 1	ve 0	ise 2,051	2,02
54	9,5	ve 2.7	ve 2.4	ve 1	ve 19	ise 2,637	2,66
55	9,5	ve 2.7	ve 2.4	ve 7	ve 0	ise 3,059	3,27
56	9,5	ve 2.7	ve 2.4	ve 7	ve 19	ise 3,933	3,99
57	9,5	ve 3.6	ve 0	ve 1	ve 0	ise 2,552	2,67
58	9,5	ve 3.6	ve 0	ve 1	ve 19	ise 3,281	3,33
59	9,5	ve 3.6	ve 0	ve 7	ve 0	ise 3,806	3,94
60	9,5	ve 3.6	ve 0	ve 7	ve 19	ise 4,892	4,71
61	9,5	ve 3.6	ve 2.4	ve 1	ve 0	ise 1,593	1,64
62	9,5	ve 3.6	ve 2.4	ve 1	ve 19	ise 2,048	2,01
63	9,5	ve 3.6	ve 2.4	ve 7	ve 0	ise 2,375	2,62
64	9,5	ve 3.6	ve 2.4	ve 7	ve 19	ise 3,054	3,26
65	10	ve 2.7	ve 0	ve 1	ve 0	ise 3,46	3,34
66	10	ve 2.7	ve 0	ve 1	ve 19	ise 4,448	4,59
67	10	ve 2.7	ve 0	ve 7	ve 0	ise 5,159	5,25
68	10	ve 2.7	ve 0	ve 7	ve 19	ise 6,633	6,34
69	10	ve 2.7	ve 2.4	ve 1	ve 0	ise 2,159	2,02
70	10	ve 2.7	ve 2.4	ve 1	ve 19	ise 2,776	2,66
71	10	ve 2.7	ve 2.4	ve 7	ve 0	ise 3,22	3,33
72	10	ve 2.7	ve 2.4	ve 7	ve 19	ise 4,14	3,99
73	10	ve 3.6	ve 0	ve 1	ve 0	ise 2,686	2,67
74	10	ve 3.6	ve 0	ve 1	ve 19	ise 3,454	3,33
75	10	ve 3.6	ve 0	ve 7	ve 0	ise 4,006	4
76	10	ve 3.6	ve 0	ve 7	ve 19	ise 5,15	5,25
77	10	ve 3.6	ve 2.4	ve 1	ve 0	ise 1,677	2,01
78	10	ve 3.6	ve 2.4	ve 1	ve 19	ise 2,156	2,01
79	10	ve 3.6	ve 2.4	ve 7	ve 0	ise 2,5	2,67
80	10	ve 3.6	ve 2.4	ve 7	ve 19	ise 3,214	3,32

Şekil 4.7, kılavuz alınan FHWA (Harwood vd., 2000) raporundaki (KM-KS) kaza sayısı ile bulanık model ile oluşturulan temel modelden elde edilen (TM-KS) kaza sayısı değerlerini karşılaştırmaktadır. Şekil 4.7’de, 80 tane bulanık kuralın sayısal değerleri bulunmaktadır. Aynı değişken değerleri, kılavuz modeldeki bağıntıda kullanılarak KM-KS değerleri elde edilmiştir. Şekil 4.7’de YOGT değeri 8000-10000 tş/gün olarak alınmıştır. Şekil 4.8’de ise model sonuçlarının R Kare dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Model sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 4.8. Model sonuçlarının R-Kare dağılımı

Temel model için, “ve” bağlacı kullanılarak yazılan 80 tane EĞER-İSE kuralından bazıları aşağıda verilmektedir:

10.Kural EĞER YOGT=8000 tş/gün ve ŞG geniş ve BG dar ve YKT az ve BYY çok İSE KS 3.bölgededir.

20.Kural EĞER YOGT=8500 tş/gün ve ŞG dar ve BG dar ve YKT çok ve BYY çok İSE KS 7.bölgededir.

30.Kural EĞER YOGT=8500 tş/gün ve ŞG geniş ve BG geniş ve YKT az ve BYY çok İSE KS 2.bölgededir.

40.Kural EĞER YOGT=9000 tş/gün ve ŞG dar ve BG geniş ve YKT çok ve BYY çok İSE KS 5.bölgededir.

60.Kural EĞER YOGT=9500 tş/gün ve ŞG geniş ve BG dar ve YKT çok ve BYY çok İSE KS 6.bölgededir.

80.Kural EĞER YOGT=10000 tş/gün ve ŞG geniş ve BG geniş ve YKT çok ve BYY çok İSE KS 4.bölgededir.

Örnek olarak verilen bu kurallara, sayısal değerler verildiğinde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir:

10.Kural EĞER YOGT=8000 tş/gün ve ŞG=3,6 m ve BG=0 ve YKT=1 ve BYY=19 İSE KS=2,67 (KM-KS=2,76)

20.Kural EĞER YOGT=8500 tş/gün ve ŞG=2,7 m ve BG=0 ve YKT=7 ve BYY=19 İSE KS=5,36 (KM-KS =5,63)

30.Kural EĞER YOGT=8500 tş/gün ve ŞG=3,6 m ve BG=2,4 m ve YKT=1 ve BYY=19 İSE KS=2,01 (KM-KS =1,83)

40.Kural EĞER YOGT=9000 tş/gün ve ŞG=2,7 m ve BG=2,4 m ve YKT=7 ve BYY=19 İSE KS=3,92 (KM-KS =3,73)

60.Kural EĞER YOGT=9500 tş/gün ve ŞG=3,6 m ve BG=0 ve YKT=7 ve BYY=19 İSE KS=4,71 (KM-KS =4,89)

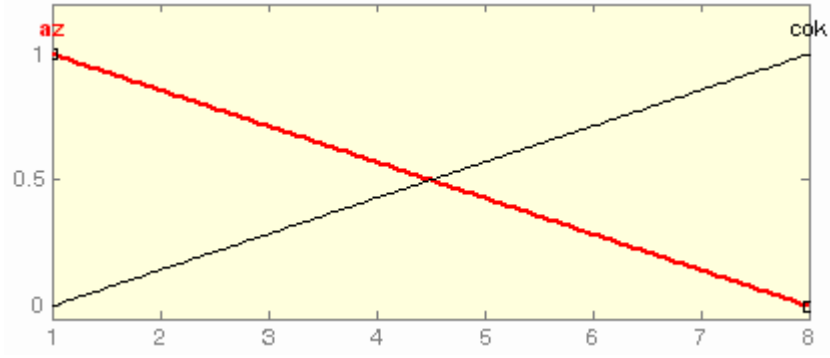
80.Kural EĞER YOGT=10000 tş/gün ve ŞG=3,6 m ve BG=2,4 m ve YKT=7 ve BYY=19 İSE KS=3,32 (KM-KS =3,21)

4.2 Geliştirilen Temel Model

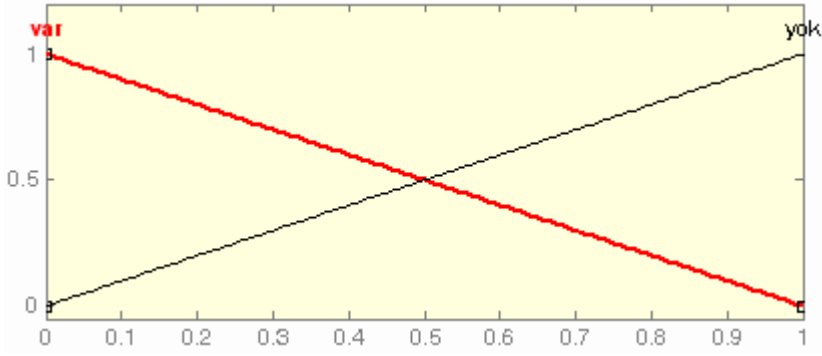
Temel modelden elde edilen sonuçların, daha önceden geliştirilmiş FHWA (Harwood vd., 2000) raporundaki modelle uyumlu olduğu görüldükten sonra modele diğer değişkenler ilave edilmiştir. Bundan sonra, modele istenildiği kadar trafik değişkeni katılabilir ve model geliştirilebilir. Bu çalışmada modele katılan yeni değişkenler, şehirlerarası bölünmemiş karayollarında kazalara etkisi olduğu

düşünülen trafik değişkenleridir. Bunlar; karayolunun boyuna eğimi (EG), tırmanma şeridi (TS), hız (HIZ), yatay kurba yarıçapı (YKY) dır. Önceki değişkenler gibi bu değişkenlerin de trafik kazalarına etkisini net olarak söylemek olası değildir. Bu nedenle modele katılan değişkenlerin, şehirlerarası bölünmemiş karayollarında trafik kazalarına etkilerinin değeri belirlenirken daha önce yapılan çalışma sonuçları kılavuz kabul edilmiştir. Modele katılan her değişkenin kazalara etkisi için bir oran kabul edilmiştir. Bulanık mantık felsefesinde kesinlik olmadığı ve kişilerin yaklaşık kabulleri esas olduğu için, kabul edilen bu oranlar da kişilere göre farklılıklar gösterebilmektedir.

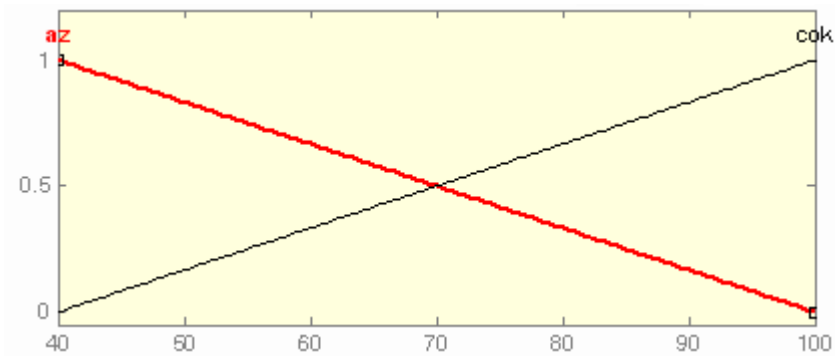
Oluşturulan yeni modelde, YOGT 10 gruba ayrılmıştır. Her YOGT grubu için 9 bulanık alt kümeli kaza sayısı çıktısı hazırlanmıştır ve her grup için 768 bulanık kural yazılmıştır. Temel modele katılan değişkenler iki bulanık alt kümeden oluşmaktadır. Bu bulanık kümeler, sözel kavramlar ile tanımlanmaktadır. Oluşturulan yeni modeldeki dokuz değişkenin ilk beş girdi ve bir çıktısı daha önceki bölümde verilmektedir. Temel modele katılan dört yeni değişkenden biri, karayolunun boyuna eğimidir (%1-%8) (Şekil 4.9). Tırmanma şeridi bulanık düşünülemediği için 'var' ya da 'yok' olarak değerlendirilmektedir (Şekil 4.10). Modeldeki en bulanık değişken hızdır. Ülkemizde şehirlerarası bölünmemiş karayollarında, daha fazlası kazalara neden olduğu için yasal olarak hız sınırı 90 km/sa'dır. Bu nedenle, modeldeki hız değişkeni 40-100 km/s hız aralığında değerlendirilmektedir (Şekil 4.11). Son değişken, yatay kurba yarıçapı olarak düşünülmektedir. Yarıçapı 100-1000 m olan yatay kurbalar değerlendirmeye katılmaktadır (Şekil 4.12). Modelde kullanılan değişkenlerin bulanık alt kümeleri oluşturulurken; küme sayıları artırılmış ve çok farklı küme takımları kullanılmıştır. Ancak deneme yöntemi ile yapılan bu değerlendirmeler sonucu en uygun küme takımlarının, modelde kullanılanlar olduğu sonucuna varılmıştır. Oluşturulan modelde kurallar 've' bağlacı ile bağlanmaktadır. Dokuz girdisi ve bir çıkarımı olan modelin kurallarının ve durulaştırılmış olan çıktısının yer aldığı (YOGT 8000-9000 tş/gün aralığı için) çizelge EK 1'de verilmektedir. Sadece bir kuralın durulaştırılmış değerini elde eden grafik gösterim ise EK 2'de gösterilmektedir. YOGT ile diğer değişkenlerin birbirleri arasındaki ilişkiyi veren şekiller EK 3'te verilmektedir.



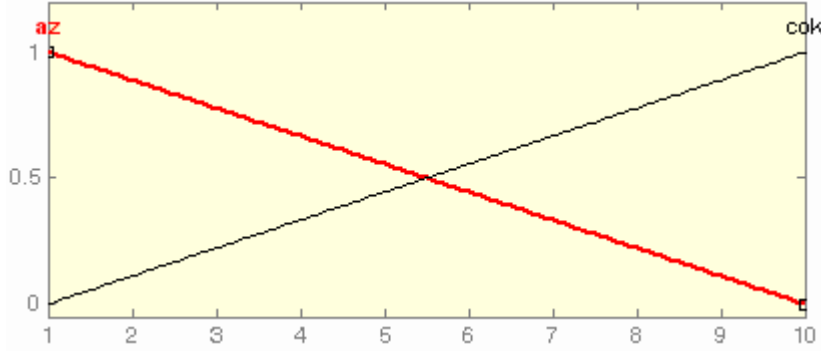
Şekil 4.9. Karayolunun boyuna eğimi (%), Girdi 6



Şekil 4.10. Tırmanma şeridinin varlığı, Girdi 7



Şekil 4.11. Hız (km/sa), Girdi 8



Şekil 4.12. Yatay kurba yarıçapı* 100 (m), Girdi 9

Geliştirilen model için, “VE” bağlacı kullanılarak yazılan 768 tane EĞER-İSE kuralından bazıları aşağıda verilmektedir:

514. Kural EĞER YOĞT=9000 tş/gün ve ŞG dar ve BG dar ve YKT az ve BYY az ve EG az ve TS var ve HIZ az ve YKY çok İSE KS 3.bölgededir.

575. Kural EĞER YOĞT=9000 tş/gün ve ŞG dar ve BG dar ve YKT çok ve BYY çok ve EG çok ve TS yok ve HIZ çok ve YKY az İSE KS 9.bölgededir.

641. Kural EĞER YOĞT=9000 tş/gün ve ŞG geniş ve BG dar ve YKT az ve BYY az ve EG az ve TS var ve HIZ az ve YKY az İSE KS 2.bölgededir.

767. Kural EĞER YOĞT=9000 tş/gün ve ŞG geniş ve BG geniş ve YKT çok ve BYY çok ve EG çok ve TS yok ve HIZ çok ve YKY az İSE KS 4.bölgededir.

Örnek olarak verilen bu kurallara, sayısal değerler verildiğinde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir:

514. Kural EĞER YOĞT=9000 tş/gün ve ŞG=2,7 m ve BG=0 ve YKT=1 ve BYY=0 ve EG=%1 ve TS=var ve HIZ=40 km/sa ve YKY=1000 m İSE KS=2,96

575. Kural EĞER YOĞT=9000 tş/gün ve ŞG=2,7 m ve BG=0 ve YKT=7 ve BYY=19 ve EG=%8 ve TS=yok ve HIZ=100 km/sa ve YKY=100 m İSE KS=7,4

641. Kural EĞER YOĞT=9000 tş/gün ve ŞG=3,6 m ve BG=0 ve YKT=1 ve BYY=0 ve EG=%1 ve TS=var ve HIZ=40 km/sa ve YKY=100 m İSE KS=2,16

767. Kural EĞER YOGT=9000 tş/gün ve ŞG=3,6 m ve BG=2,4 m ve YKT=7 ve BYY=19 ve EG=%8 ve TS=yok ve HIZ=100 km/sa ve YKY=100 m İSE KS=3,75

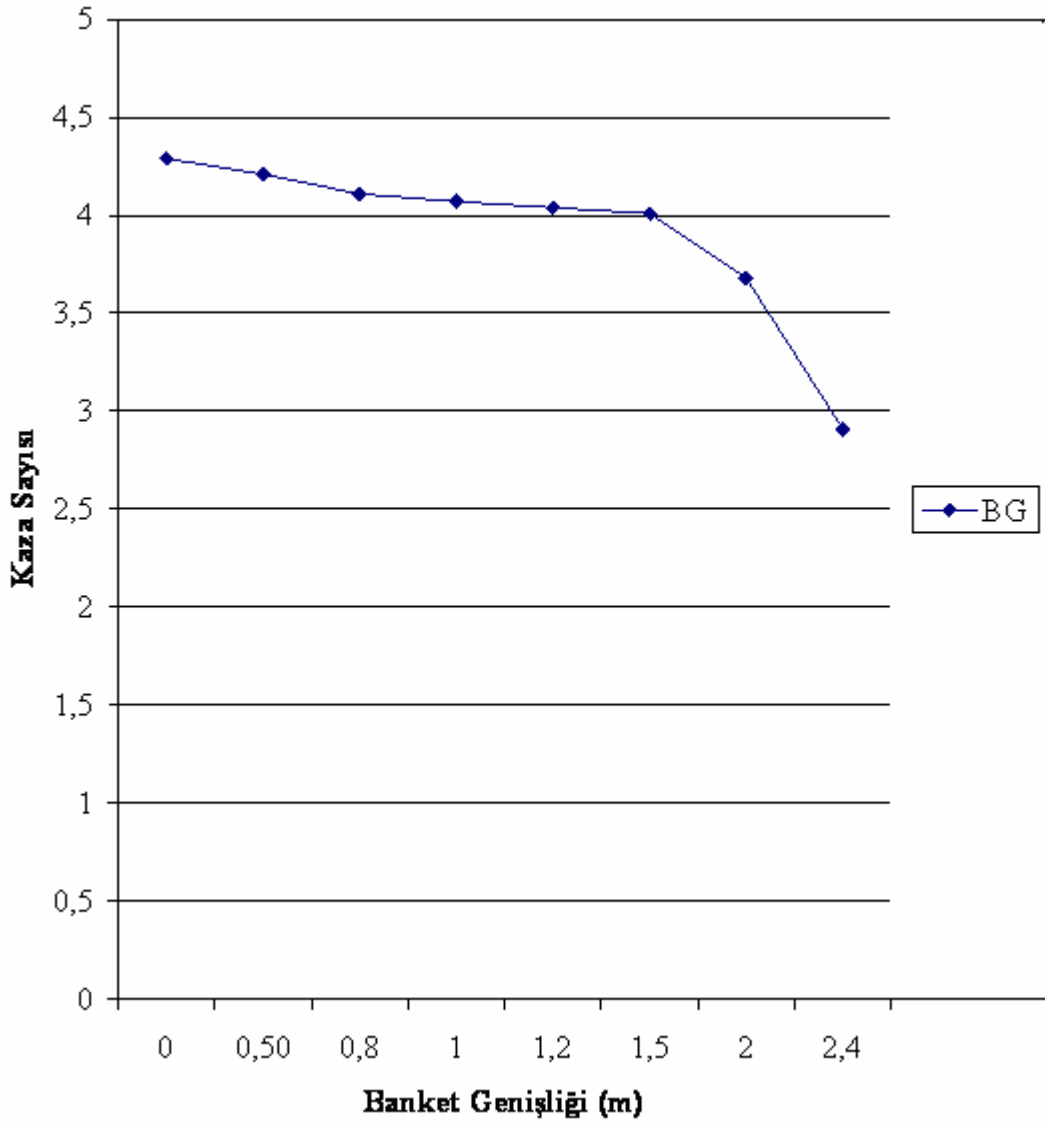
Kaza sayısı olarak en kötü değeri, 575 kuralı vermektedir. Bu kuralda değişkenlerin en olumsuz olduğu değerler alınmaktadır. Bu kuralda YOGT değeri arttıkça, kaza sayısı da artmaktadır. Tüm değişkenleri olumsuz alıp sadece şerit genişliğini artırdığımızda YOGT 9000 tş/gün için kaza sayısı 7.4'den 6.08'e inmektedir. Şerit genişliği ile birlikte banket genişliği de genişletildiğinde kaza sayısı yaklaşık %50 azalmaktadır. YOGT 9000 tş/gün, hız 100 km/sa ve diğer değişkenler de ideal alındığında kaza sayısı 1.61'dir. Bu sonucu, hızın az olması, yatay kurba yarıçapının büyük olması ya da tırmanma şeridinin olmaması etkilememektedir. Ancak, karayolu kenarı tehlike oranı ve bağlantı yolları yoğunluğu değerlerinin artması ile kaza sayısı da artmaktadır. Karayolu kenarı tehlike oranı ve bağlantı yolları yoğunluğu değişkenlerinin karayolu güvenliğini etkileme değerleri yaklaşık aynıdır. Şerit ve banket genişlikleri eğer az ise bu iki değişkenin etkisi de artmaktadır. Bu sayısal değerler, modeldeki değişkenlerin sınır değerleri için elde edilen sonuçlardır.

Modeldeki her bir kuralı, yüzlerce sayısal örnekle göstermek mümkündür. Fakat burada, bütün değişkenleri sabit alıp, tek bir değişkenin değerini değiştirerek, bu değişkenin kaza sayısındaki değişimi göstermek amacı ile değişik örnekler verilmektedir. Oluşturulan bu örneklerin tamamında, YOGT değeri 9000 tş/gün olarak alınmaktadır.

Çizelge 4.3. YOGT=9000tş/gün, KS-BG (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3,5	ve 0	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,29
3,5	ve 0,50	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,21
3,5	ve 0,8	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,11
3,5	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,07
3,5	ve 1,2	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,04
3,5	ve 1,5	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,01
3,5	ve 2	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 3,68
3,5	ve 2,4	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 2,91

Çizelge 4.3’de görüldüğü üzere; modeldeki tüm değişken değerleri sabit alınmakta, sadece banket genişliğinin değeri değiştirilmektedir. Banket genişliğinin artırılması ile kaza sayısının azaldığı görülmektedir. Banket genişliği, 1.2 m’den fazla alındığında kaza sayısının azalmasında daha etkili olmaktadır. Banket genişliğinin artırılması ile kaza sayısının değişimi Şekil 4.13’te gösterilmektedir.



Şekil 4.13. Banket genişliği-kaza sayısı ilişkisi

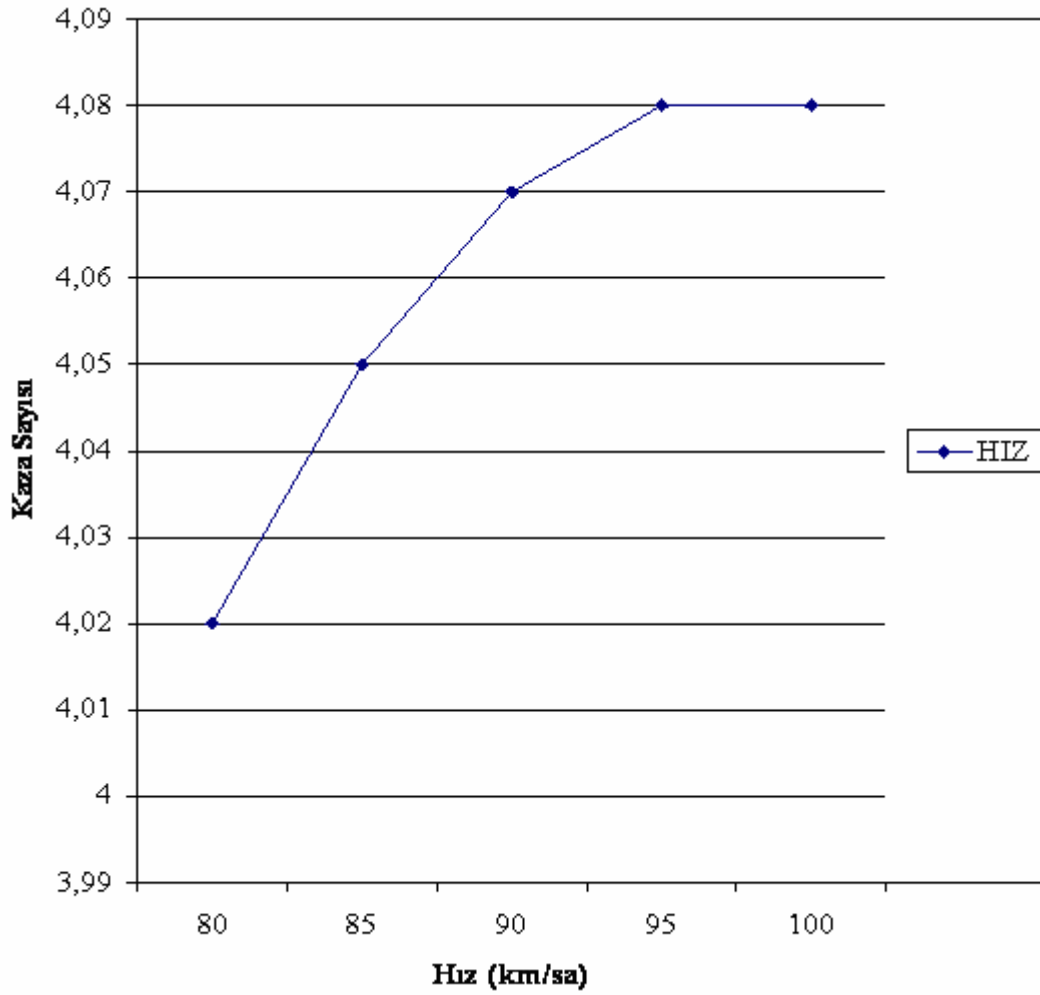
(ŞG=3.5m, YKT=3, BYY=6, EG=7, TS=yok, HIZ=90km/sa, YKY=400m)

Hız ile kaza sayısı arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek için, hız değişkeni dışında modeldeki tüm değişkenler sabit alınmıştır. Farklı hız aralıkları için kaza sayısı değerleri Çizelge 4.4'de verilmektedir. Hız değerleri artırıldığında, kaza sayısı değerleri de artmaktadır. Hız ile kaza sayısı arasındaki değişim ilişkisi Şekil 4.14'de gösterilmektedir.

Karayolu kenarı tehlike oranı ile kaza sayısı arasındaki ilişki gösterebilmek için, karayolu kenarı tehlike oranı dışındaki tüm değişkenler sabit alınmıştır (Çizelge 4.5). Karayolu kenarı tehlike oranı artıkça kaza sayısında da artma olmaktadır. Karayolu kenarı tehlike oranının, kaza sayısının artması üzerindeki etkisinin, hızdan daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.15). Kullanılan bu değişken değerleri ile; karayolu kenarı tehlike oranının 6 olmasının kaza sayısına etkisi, banket genişliğinin olmamasından daha fazla olmaktadır.

Çizelge 4.4. YOGT=9000tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

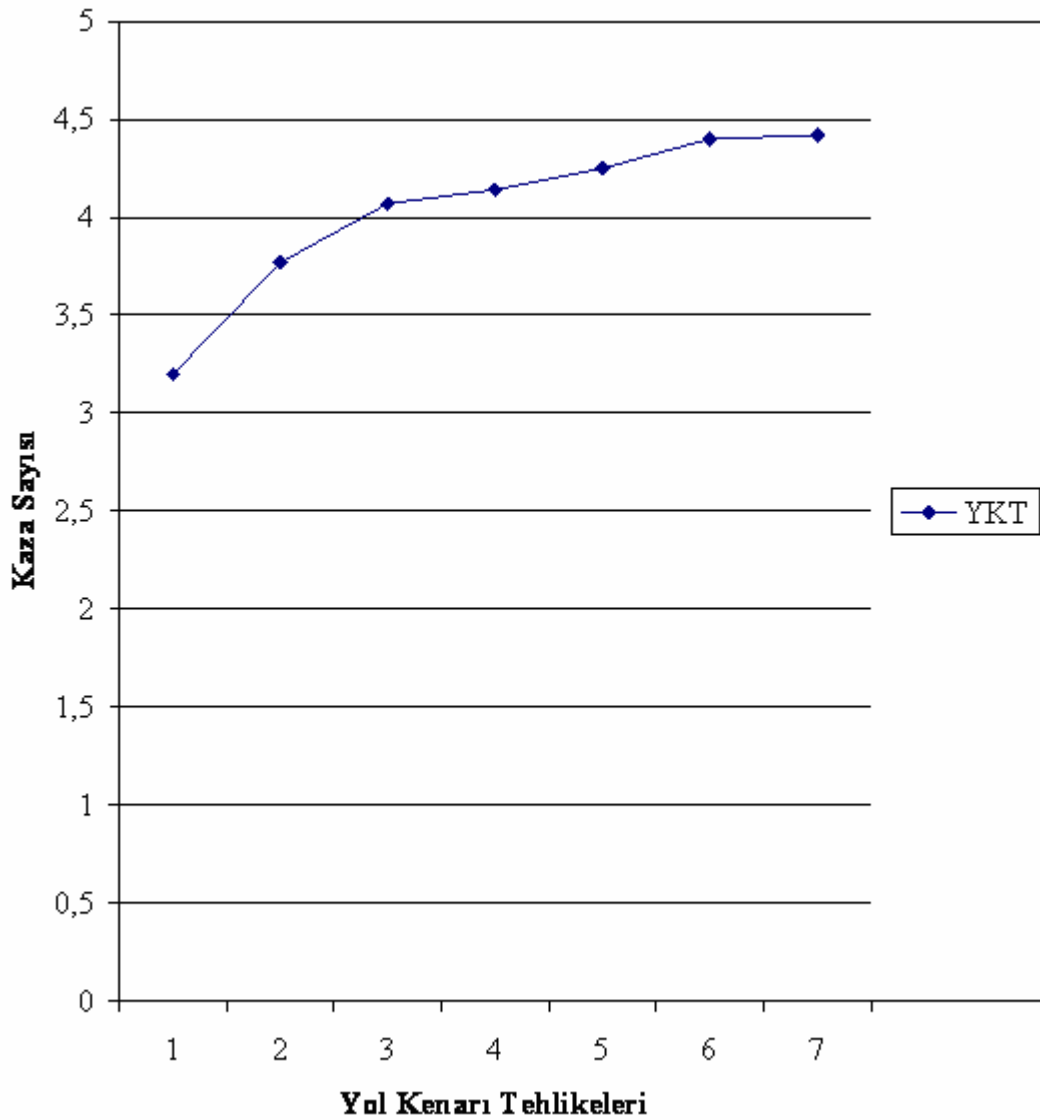
<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3,5	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 80	ve 400	ise 4,02
3,5	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 85	ve 400	ise 4,05
3,5	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,07
3,5	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 95	ve 400	ise 4,08
3,5	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 100	ve 400	ise 4,08



Şekil 4.14. Hız-kaza sayısı ilişkisi
(ŞG=3.5m, BG=1m, YKT=3, BYY=6, EG=7, TS=yok, YKY=400m)

Çizelge 4.5. YOGT=9000tş/gün, KS-YKT (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3,5	ve 1	ve 1	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 3,2
3,5	ve 1	ve 2	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 3,77
3,5	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,07
3,5	ve 1	ve 4	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,14
3,5	ve 1	ve 5	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,25
3,5	ve 1	ve 6	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,4
3,5	ve 1	ve 7	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,42



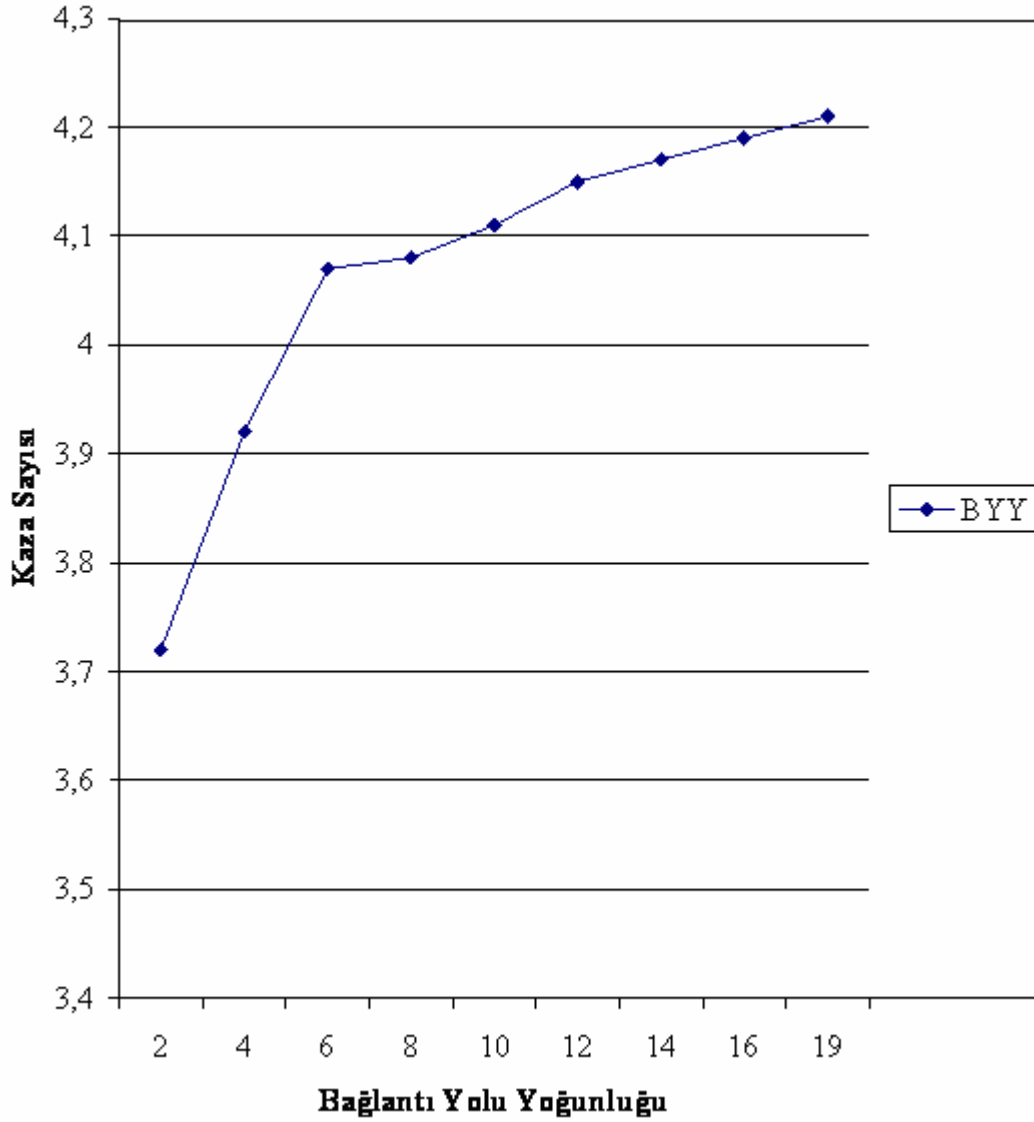
Şekil 4.15. Karayolu kenarı tehlike oranı-kaza sayısı ilişkisi
(ŞG=3.5m, BG=1m, BYY=6, EG=7, TS=yok, HIZ=90km/sa, YKY=400m)

Kaza sayısını önemli oranda etkileyen bir diğer değişken ise bağlantı yollarının yoğunluğudur. Bağlantı yollarının sayısı arttıkça, kaza sayısı da artmaktadır (Çizelge 4.6). Modeldeki tüm değişkenler sabit alınarak, sadece bağlantı yolu yoğunluğu değişimi incelenmektedir (Şekil 4.16). Bağlantı yollarının yoğunluğu, kaza sayısının artmasında oldukça önemli bir değişkendir. Şerit genişliği en geniş olmasına ve banket genişliğinin de bulunmasına karşın, bağlantı yolu yoğunluğunun artması, kaza sayısını oldukça fazla artırmaktadır. Bağlantı yolu yoğunluğu da, karayolu kenarı tehlike oranı gibi kaza sayısını oldukça fazla artırmaktadır. Bu da; bağlantı yolu

yoğunluğu ve karayolu kenarı tehlike oranı değerinin her ikisinin de yüksek olması durumunda, kaza sayısının oldukça artacağını göstermektedir.

Çizelge 4.6. YOGT=9000tş/gün, KS-BYY (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3,5	ve 1	ve 3	ve 2	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 3,72
3,5	ve 1	ve 3	ve 4	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 3,92
3,5	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,07
3,5	ve 1	ve 3	ve 8	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,08
3,5	ve 1	ve 3	ve 10	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,11
3,5	ve 1	ve 3	ve 12	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,15
3,5	ve 1	ve 3	ve 14	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,17
3,5	ve 1	ve 3	ve 16	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,19
3,5	ve 1	ve 3	ve 19	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,21

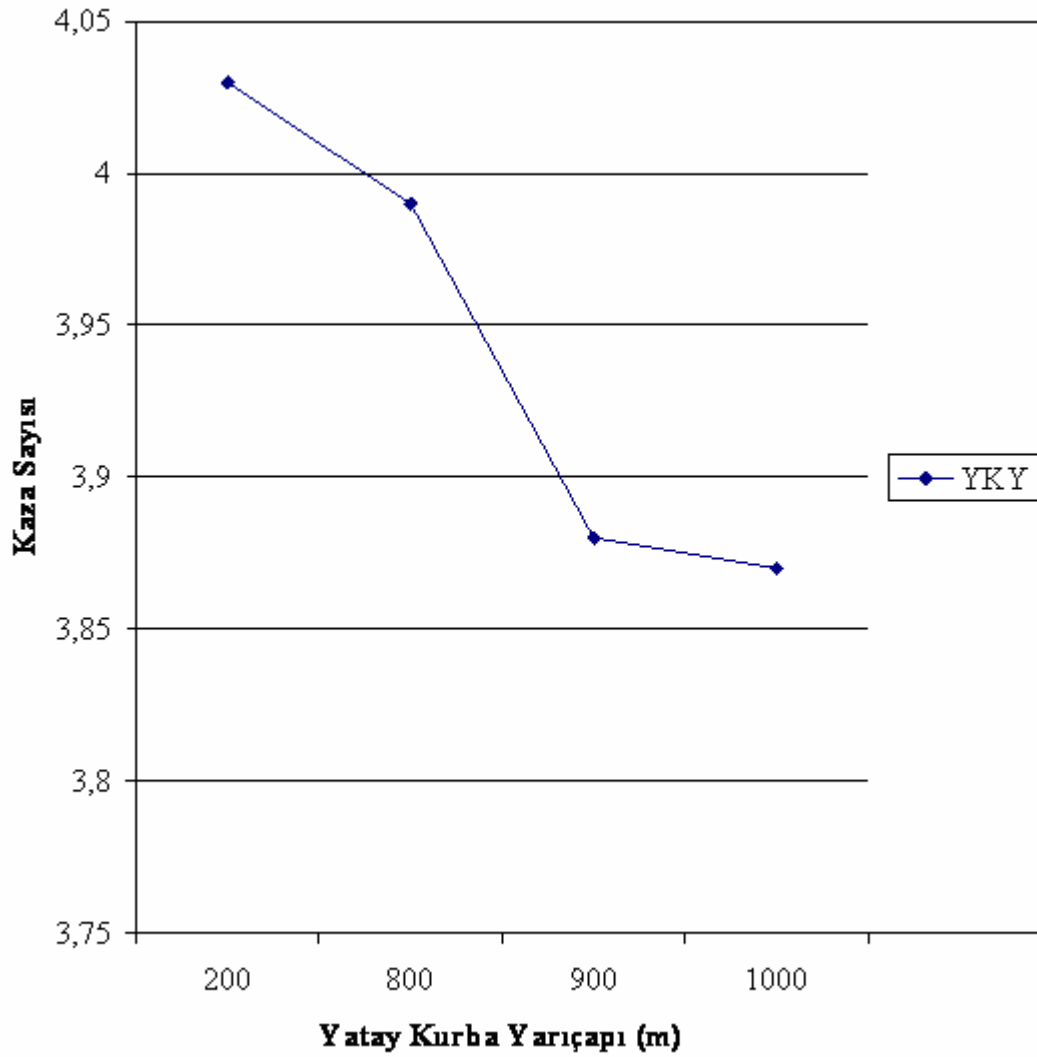


Şekil 4.16. Bağlantı yolu yoğunluğu-kaza sayısı ilişkisi
(ŞG=3.5m, BG=1m, YKT=3, EG=7, TS=yok, HIZ=90km/sa, YKY=400m)

Çizelge 4.7’de, tüm değişkenlerin sabit alınması durumunda, sadece yatay kurba yarıçapının değişiminin kaza sayısını nasıl etkilediği gösterilmektedir. Burada, yatay kurba yarıçapı arttıkça kaza sayısının azaldığı görülmektedir. Yatay kurba yarıçapı 1000 m’ye yaklaştıkça kaza sayısının artışı azalmaktadır (Şekil 4.17).

Çizelge 4.7. YOGT=9000 tş/gün, KS-YKY (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3,5	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 200	ise 4,03
3,5	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 800	ise 3,99
3,5	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 900	ise 3,88
3,5	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 1000	ise 3,87



Şekil 4.17. Yatay kurba yarıçapı-kaza sayısı ilişkisi

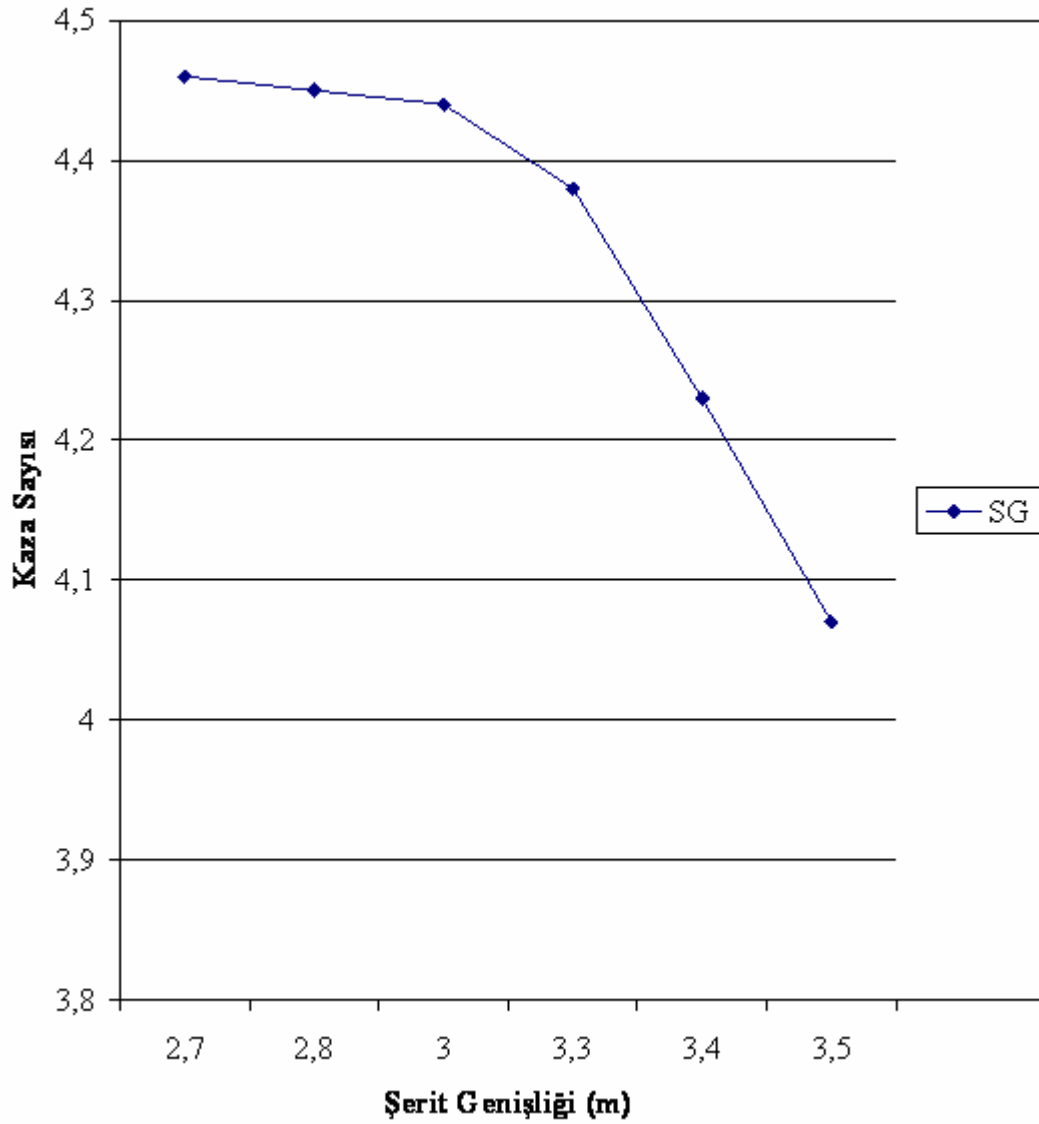
(ŞG=3.5m, BG=1m, YKT=3, BYY=6, EG=7, TS=yok, HIZ=90km/sa)

Şerit genişliğinin, (diğer değişkenler sabit alındığında) kaza sayısı ile ilişkisi Çizelge 4.8'de görölmektedir. Çizelgeden ve bu verilerle oluşturulan Şekil 4.18'den de görüldüğü üzere; şerit genişliğinin az aralıklarla artmasının kaza sayısının artmasına etkisi, büyük aralıklarda artmasındaki etkiden daha az olmaktadır. Yani, şerit genişliğinin 2.7 m olması ile 2.8 m olması arasında pek bir fark bulunmamaktadır. Ancak, şerit genişliğini 50 cm artırmakla kaza sayısında büyük azalma olduğu görölmektedir.

Verilen bu örneklerde; şerit genişliğini 3 m'den 3.5 m'ye artırmakla kaza sayısında elde edilen azalmanın, banket genişliğinin 1.5 m'den 2 m'ye artırılması ile elde edilen azalma ile yaklaşık aynı olduğu görölmektedir.

Çizelge 4.8. YOGT=9000 tş/gün, KS-ŞG (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

<u>ŞG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
2,7	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,46
2,8	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,45
3	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,44
3,3	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,38
3,4	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,23
3,5	ve 1	ve 3	ve 6	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,07



Şekil 4.18. Şerit genişliği-kaza sayısı ilişkisi

(BG=1m, YKT=3, BYY=6, EG=7, TS=yok, HIZ=90km/sa, YKY=400m)

Modeldeki değişkenlerin farklı değerlerde sabit alınarak, farklı şerit genişlikleri için kaza sayısı değerlerinin değişimleri Çizelge 4.9a,b,c'de verilmektedir ve Şekil 4.19'da da karşılaştırması yapılmaktadır. Bu örneklerde de YOGT değeri 9000 tş/gün olarak alınmaktadır.

Çizelge 4.9a. YOGT=9000 tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

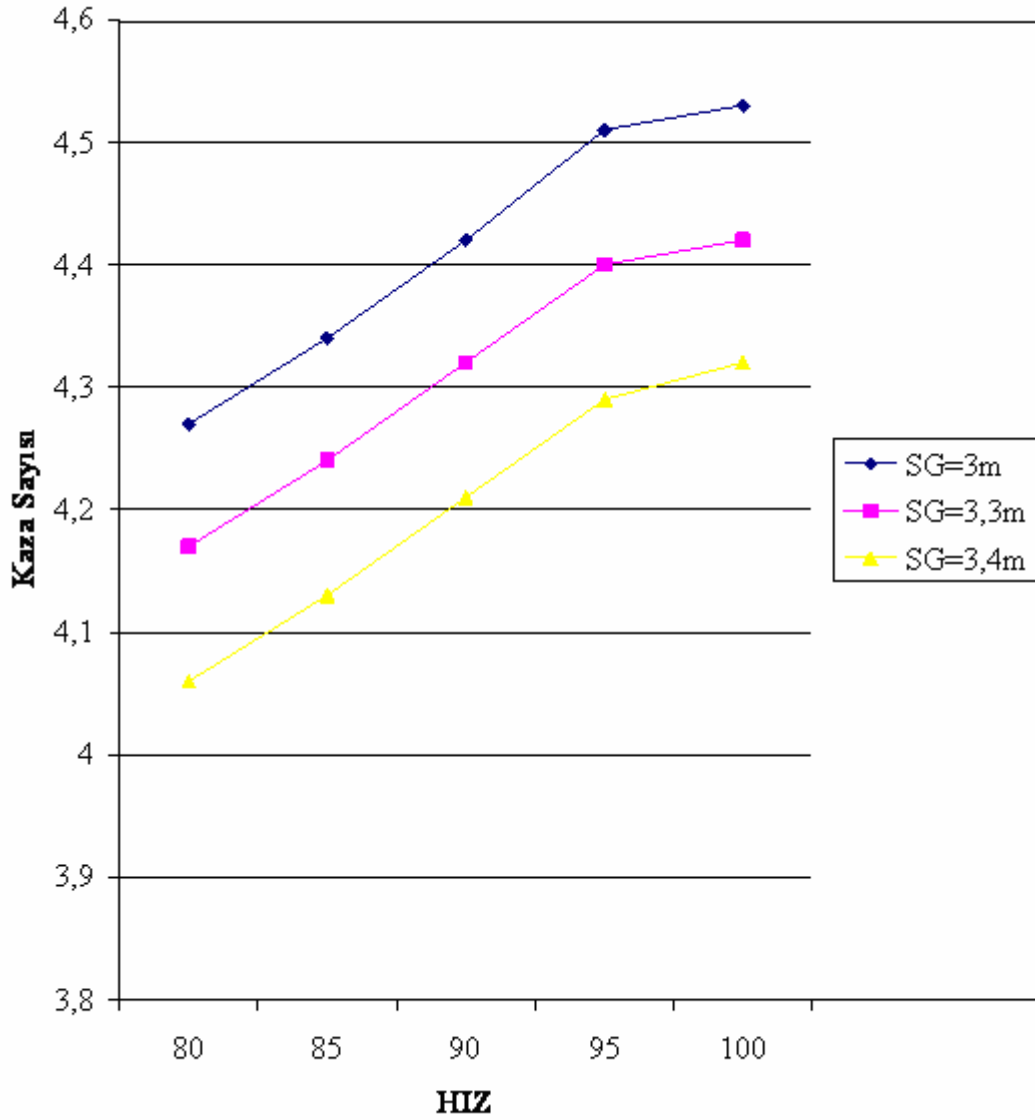
<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 80	ve 400	ise 4,27
3	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 85	ve 400	ise 4,34
3	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,42
3	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 95	ve 400	ise 4,51
3	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 100	ve 400	ise 4,53

Çizelge 4.9b. YOGT=9000 tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3,3	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 80	ve 400	ise 4,17
3,3	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 85	ve 400	ise 4,24
3,3	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,32
3,3	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 95	ve 400	ise 4,4
3,3	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 100	ve 400	ise 4,42

Çizelge 4.9c. YOGT=9000 tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3,4	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 80	ve 400	ise 4,06
3,4	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 85	ve 400	ise 4,13
3,4	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,21
3,4	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 95	ve 400	ise 4,29
3,4	ve 0	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 100	ve 400	ise 4,32



Şekil 4.19. Farklı ŞG için, hız-kaza sayısı karşılaştırması
 (ŞG=3m, BG=0m, YKT=3, BYY=3, EG=3, TS=yok, YKY=400m)
 (ŞG=3.3m, BG=0m, YKT=3, BYY=3, EG=3, TS=yok, YKY=400m)
 (ŞG=3.4m, BG=0m, YKT=3, BYY=3, EG=3, TS=yok, YKY=400m)

Farklı şerit genişlikleri için, hız ile kaza sayısı arasındaki ilişkiyi gösteren değerler Çizelge 4.10a,b,c'de verilmektedir. Tüm değişken değerleri sabit alınarak, üç farklı şerit genişliği ile kaza sayısı arasındaki ilişkinin karşılaştırılması ise Şekil 4.20'de gösterilmektedir. Şerit genişliği 3.4 m iken 100 km/sa hızın verdiği kaza sayısını, şerit genişliği 3 m olduğunda 80 km/sa hız değeri yaklaşık aynı sonucu vermektedir. Bu örnekte, şerit genişliği 3 m, 3.3 m, 3.4 m olarak alınmaktadır. Ayrıca banket

genişliğinin bulunmayışı ve karayolu kenarı tehlike oranının en kötü değer seçilmesi de kaza sayısını artıran başlıca etkenler olmaktadır.

Çizelge 4.9a, b, c ile Çizelge 4.10a, b, c'deki kaza sayıları karşılaştırıldığında ise aynı şerit ve banket genişliklerinde, karayolu kenarı tehlike oranı, bağlantı yolu yoğunluğu ve eğim değerini artırmakla kaza sayısının oldukça fazla arttığı görülmektedir.

Şerit genişliği 3 m ve banket genişliği bulunmadığında, karayolu kenarı tehlike oranı, bağlantı yolu yoğunluğu ve eğim değeri artırıldığında elde edilen kaza sayısı, şerit genişliği 3.4 m ve banket genişliğinin olmadığı fakat karayolu kenarı tehlike oranı, bağlantı yolu yoğunluğu ve eğim değeri artırıldığında elde edilen kaza sayısı değerinden daha fazla olmaktadır. Çizelgeler incelendiğinde; kaza sayısının artışında asıl etkili olan değişkenin karayolu kenarı tehlike oranının ve bağlantı yolu yoğunluğunun olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.10a. YOGT=9000 tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

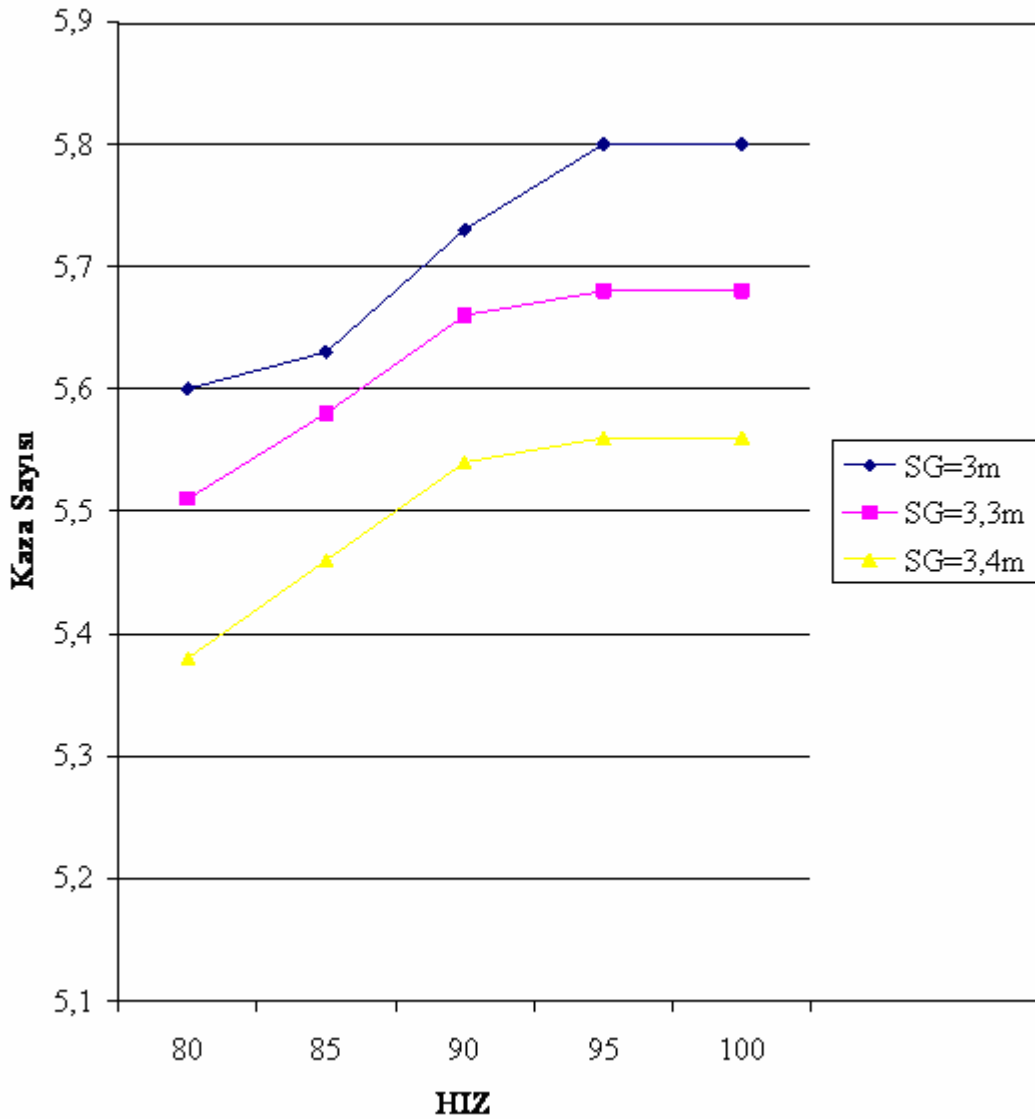
<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 80	ve 400	ise 5,6
3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 85	ve 400	ise 5,63
3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 5,73
3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 95	ve 400	ise 5,8
3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 100	ve 400	ise 5,8

Çizelge 4.10b. YOGT=9000 tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3,3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 80	ve 400	ise 5,51
3,3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 85	ve 400	ise 5,58
3,3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 5,66
3,3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 95	ve 400	ise 5,68
3,3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 100	ve 400	ise 5,68

Çizelge 4.10c. YOGT=9000 tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3,4	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 80	ve 400	ise 5,38
3,4	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 85	ve 400	ise 5,46
3,4	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 90	ve 400	ise 5,54
3,4	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 95	ve 400	ise 5,56
3,4	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 100	ve 400	ise 5,56



Şekil 4.20. ŞG için, hız-kaza sayısı karşılaştırması

(ŞG=3m, BG=0m, YKT=7, BYY=12, EG=7, TS=yok, YKY=400m)

(ŞG=3.3m, BG=0m, YKT=7, BYY=12, EG=7, TS=yok, YKY=400m)

(ŞG=3.4m, BG=0m, YKT=7, BYY=12, EG=7, TS=yok, YKY=400m)

Yukarıdaki örnek, banket genişliği 0.8 m alınarak tekrarlanmaktadır (Çizelge 4.11a,b,c). Bu çizelgedeki, kaza sayısı değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 4.21’de gösterilmektedir. Bu çizelgelerde, hız değişken olarak alınmaktadır. Banket genişliğinin artırılması dışında diğer değişkenler aynı olmasına karşılık, hızın kaza sayısını artırmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.11a. YOGT=9000 tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

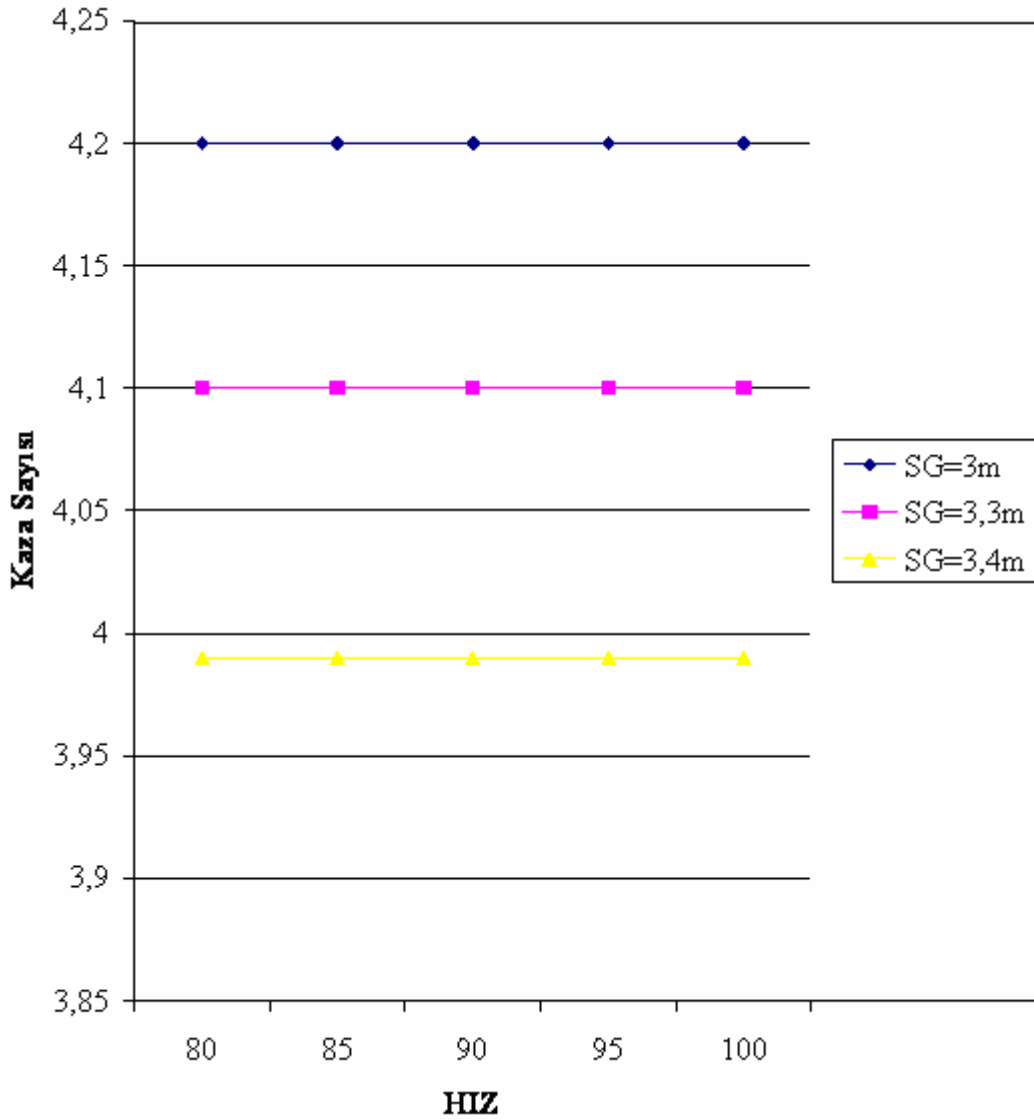
<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 80	ve 400	ise 4,2
3	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 85	ve 400	ise 4,2
3	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,2
3	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 95	ve 400	ise 4,2
3	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 100	ve 400	ise 4,2

Çizelge 4.11b. YOGT=9000 tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3,3	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 80	ve 400	ise 4,1
3,3	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 85	ve 400	ise 4,1
3,3	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 90	ve 400	ise 4,1
3,3	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 95	ve 400	ise 4,1
3,3	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 100	ve 400	ise 4,1

Çizelge 4.11c. YOGT=9000 tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3,4	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 80	ve 400	ise 3,99
3,4	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 85	ve 400	ise 3,99
3,4	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 90	ve 400	ise 3,99
3,4	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 95	ve 400	ise 3,99
3,4	ve 0,8	ve 3	ve 3	ve 3	ve yok	ve 100	ve 400	ise 3,99



Şekil 4.21. Farklı ŞG için, hız-kaza sayısı karşılaştırması

(ŞG=3m, BG=0.8m, YKT=3, BYY=3, EG=3, TS=yok, YKY=400m)

(ŞG=3.3m, BG=0.8m, YKT=3, BYY=3, EG=3, TS=yok, YKY=400m)

(ŞG=3.4m, BG=0.8m, YKT=3, BYY=3, EG=3, TS=yok, YKY=400m)

Son olarak, şerit genişliğinin değiştirilmediği ve banket genişliğinin artırıldığı bir uygulama yapılmaktadır. Bu örnekte; tüm değişkenler kötü seçilmektedir (karayolu kenarı tehlike oranı en fazla, bağlantı yolu yoğunluğu kötüye yakın, eğim çok ve yatay kurba yarıçapı çok düşük alınmaktadır) (Çizelge 4.12a,b,c). Bu çizelgelerin, hız kaza sayısı karşılaştırması Şekil 4.22'de gösterilmektedir. Çizelge 4.10a ile Çizelge 4.12a karşılaştırıldığında yatay kurba yarıçapının azalmasının bu değişken değerleri için, kaza sayısının artışı etkilemediği görülmektedir.

Çizelge 4.12a. YOGT=9000 tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

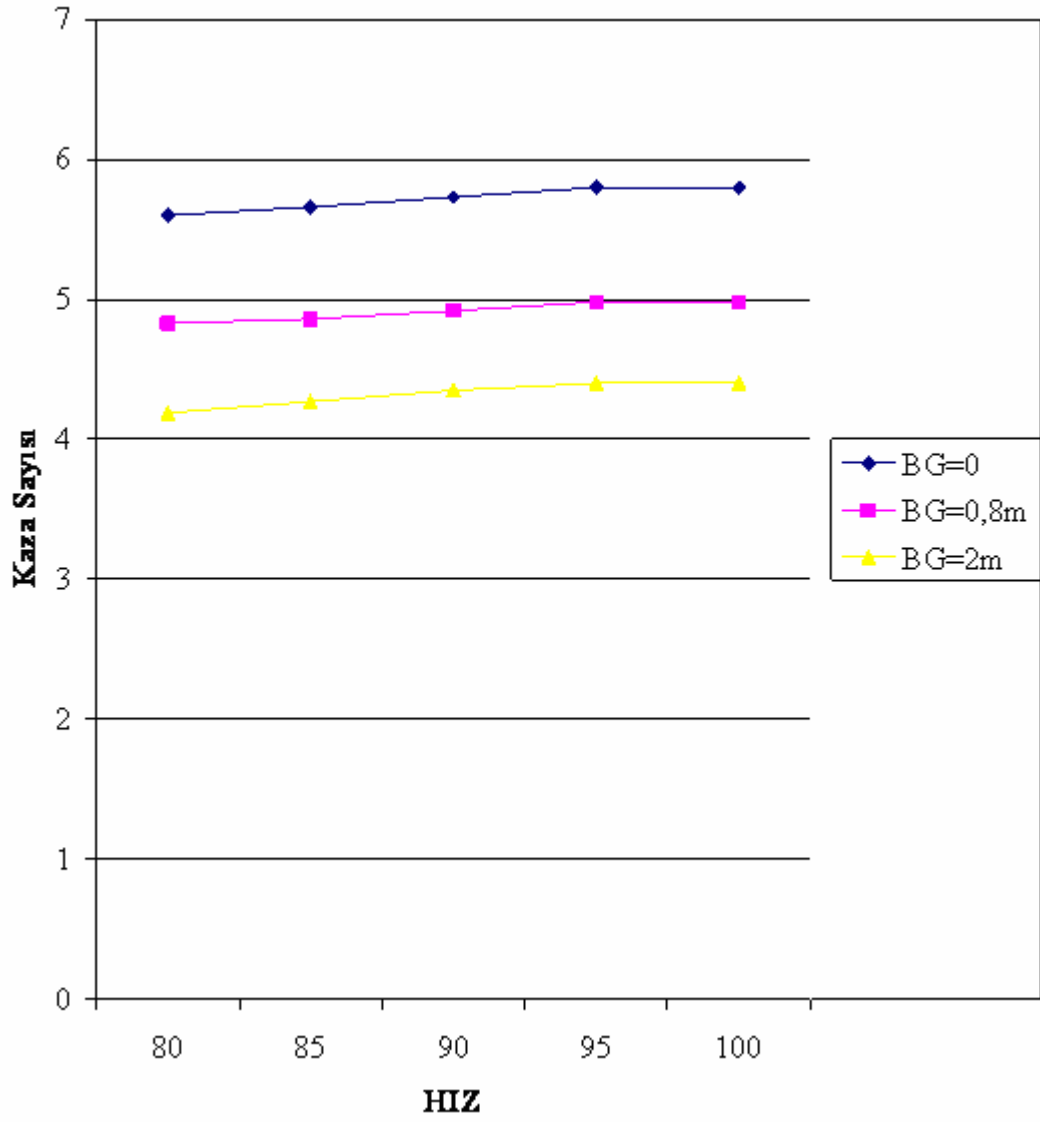
<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 80	ve 200	ise 5,6
3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 85	ve 200	ise 5,66
3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 90	ve 200	ise 5,73
3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 95	ve 200	ise 5,8
3	ve 0	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 100	ve 200	ise 5,8

Çizelge 4.12b. YOGT=9000 tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3	ve 0,8	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 80	ve 200	ise 4,83
3	ve 0,8	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 85	ve 200	ise 4,86
3	ve 0,8	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 90	ve 200	ise 4,92
3	ve 0,8	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 95	ve 200	ise 4,98
3	ve 0,8	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 100	ve 200	ise 4,98

Çizelge 4.12c. YOGT=9000 tş/gün, KS-Hız (diğer değişkenler sabit) değişim çizelgesi

<u>SG</u>	<u>BG</u>	<u>YKT</u>	<u>BYY</u>	<u>EG</u>	<u>TS</u>	<u>HIZ</u>	<u>YKY</u>	<u>KS</u>
3	ve 2	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 80	ve 200	ise 4,19
3	ve 2	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 85	ve 200	ise 4,27
3	ve 2	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 90	ve 200	ise 4,35
3	ve 2	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 95	ve 200	ise 4,4
3	ve 2	ve 7	ve 12	ve 7	ve yok	ve 100	ve 200	ise 4,4



Şekil 4.22. Farklı ŞG için, hız-kaza sayısı karşılaştırması

(ŞG=3m, BG=0m, YKT=7, BYY=12, EG=7, TS=yok, YKY=200m)

(ŞG=3m, BG=0.8m, YKT=7, BYY=12, EG=7, TS=yok, YKY=200m)

(ŞG=3m, BG=2m, YKT=7, BYY=12, EG=7, TS=yok, YKY=200m)

5. SONUÇLAR

1. Dünyada pek çok ülkede olduğu gibi ülkemizde de karayollarında trafik güvenliği sorununa çözüm aranmaktadır. Gelişmiş ülkelerin karayolu güvenliği problemlerinin çözümünde gösterdikleri başarının en önemli nedeni; karayolu planlaması ve trafik mühendisliğine verilen önemdir. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de kara nokta olarak tanımlanan ve kazaların çok olduğu karayolu kesimlerini, karayolu şebekesinden kademeli olarak yok etmeye çalışmalıyız.

2. Karayolu geometrik standartları, karayolu çevresi ve trafik hacmi gibi etmenler karayolu güvenliğini etkilemektedir. Daha önceki çalışmalar karmaşık olmakla birlikte, karayolu güvenliğini etkileyen değişkenlerin trafik kazalarına ne ölçüde yansıdığını ortaya koymaktadır.

3. Kaza verileri esas alınarak yapılan araştırma projelerinden, yararlı sonuçların elde edilebilmesi için kaza raporlarının gerçekleri yansıtması gerekir. Bu nedenle kaza raporlarının hazırlanmasında polis, inşaat mühendisi, makine mühendisi gibi personelin oluşturduğu ekiplerden yararlanılmalıdır.

4. Daha önceki çalışma sonuçlarına dayanarak şehirlerarası bölünmemiş karayollarında, karayolu güvenliğini etkileyen en önemli değişkenin o karayolundaki trafik hacmi olduğunu söyleyebiliriz. YOGT'nin az olması (2000 tş/gün'e kadar) durumunda şehirlerarası bölünmemiş karayollarında, karayolu güvenliğinde önemli bir değişiklik oluşmamaktadır. Bu değer 5000 tş/gün'ün üzerine çıktığında ise etkisi çok fazladır.

Şerit genişliğinin çok dar tutulması da trafik kazalarının oluşumunda oldukça etkilidir. Şerit genişliğini artırarak kazaların oluşumu büyük ölçüde engellenebilir. Banket genişliğinin hiç alınmaması, şehirlerarası bölünmemiş karayollarında kazaların oluşmasında etkindir. Şerit genişliği çok fazla olsa da eğer banket yok ise bu durum kazaların oluşumunda etkili olmaktadır.

Daha önceki çalışmalar karayolunun boyuna eğiminin tek başına karayolu güvenliğinde çok etkili olmadığını göstermektedir. Dikkat çeken nokta, çok dik çıkış eğimlerinde kazaların pek olmadığı yönündedir. Fakat tam tersi çok dik iniş eğimlerde kazalara çok sık rastlanılmaktadır. Böyle bir durumda karayolunun boyuna eğiminin, karayolu güvenliğinde etkili olmadığı söylenemez. Burada önem kazanan değişken hız ve yatay kurba yarıçapıdır. Bunun gibi diğer değişkenler de tek başlarına değerlendirildiğinde karayolu güvenliğinde çok etkili olmadıkları izlenimi veriyorlar. Ancak, bu değişkenler birlikte düşünüldüğünde çok değişkenli olasılıklar ortaya çıkmaktadır. Şehirlerarası karayollarının güvenliğinde oldukça etkili olan diğer değişkenler ise karayolu kenarı tehlike oranı ve özellikle de bağlantı yollarının yoğunluğudur. Modelde, bulanık olan trafik değişkenleri, EĞER-İSE kuralları oluşturularak çözümlenmektedir.

Modelin getirdiği yararları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Karayolu güvenliğinde etkili olan ve kesin rakamlarla tanımlayamadığımız değişkenler birlikte değerlendirilmektedir.
- Karayolu güvenliğinde, sayısal değerleri kullanmadan sadece bulanık kavramları kullanarak sorunlara çözüm getirilmektedir.
- Kullanılmakta olan bir karayolunun geometrik değişkenleri karayolu güvenliği açısından değerlendirilebilir. Karayolu kesiminde, soruna neden olan değişken kolaylıkla bulunur ve iyileştirmesi yapılabilir.
- Eğer yeni bir karayolu yapımı planlanıyor ise, karayolu güvenliği en başta değerlendirileceği için ülke yararına kaynak kazancı elde edilecektir.
- Şehirlerarası karayollarında trafik kazalarının önlenmesine katkı sağlayacağı için maddi kayıplar azaltılarak da bir kaynak kazancı elde edilecektir. Son olarak ise, trafik kazaları sonucu yaşamlarını kaybeden, maddi olarak değer biçemediğimiz insan hayatları kazanılacaktır.

Geleceğe yönelik öneriler

Model üniversal bir model olup, değişken sayısı sürekli artırılabilir. Örneğin; karayolunun üst yapısı durumu, banketin kaplama türü, düşey kurbanın bulunması, havanın yağış durumu, gece ya da gündüz olması, sürücü davranışları gibi değişkenler ile model geliştirilebilir.

KAYNAK DİZİNİ

A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1993, Washington, D. C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 1990, With an addendum on Interim Selected Metric Values for Geometric Design.

Akiyama, T., Shao, C.F., 1993, Fuzzy Mathematical Programming for Traffic Safety Planning on an Urban Expressway, *Transportation Planning and Technology*, 17, pp. 179-190.

Altrock, C.V., 1995, *Fuzzy Logic and Neuro Fuzzy Applications Explained*, Prentice Hall, ISBN 0-13-368465-2.

Armour, M., Cinquegrana, C., 1990, Victorian Study of Single Vehicle Rural Accidents, *Proc.15th Australian Road Research Board Conference* 15, 7, 79-91.

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.

Babkov, V.F., 1975, *Road Conditions and Traffic Safety*, MIR Publishers, Moscow.

Baldwin, D.M., 1946, The Relation of Highway Design to Traffic Accident Experience, *Convention Group Meetings, AASHTO*, pp.103-109.

Balogh, T., 1967, Effect of Design Parameters, Public Highways on Traffic Safety, *Kozlekedestudonanyi*, Vol.17, pp.394-403.

Belmont, D.M., 1954, Effect of Shoulder Width on Accidents on Two-lane Tangents, *HRB, Bull.* 91, pp.20-32.

Brannolte, U. vd. 1993, Sicherheitsbewertung Von Querschnitten Ausserortlicher Strassen, *Bast, Verkohtstechnik Heft* V.5.

Brenac, T., Annex TX (E), 1994, Curves on Two-lane Roads. Safety Effects of Road Design Standards, SWOV, Leidschendam The Netherlands.

Brenac, T., 1990, Speed, Safety and Highway Design, Recherche Transports Securite, English Issue, No:5.

Brüde, U., Larsson, J., Thulin, H., 1980, Influence Of Road Alignment on Traffic Accidents, VTI Meddelande 235.

Brinkman, C.P., Smith, S.A., 1984, Two-Lane Rural Highway Safety, Public Roads, pp.48-53.

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

Billion, C.E., Stohner, W.R., 1957, A Detailed Study of Accidents as Related to Highway Shoulders in New York State, Proc., HRB, pp.497-508.

Boyce, D.E., Hochmuth, J.J., Meneguzzer, C., Mortimer, R. G., 1988, Cost-Effective 3R Roadside Safety Policy for Two-Lane Rural Highways, Illinois Department of Transportation, Springfield.

Camkesen, N., 1998, Trafik Kaza Analizleri ve Tahmin Modelleri, YTÜ F.B.E., Doktora tezi, İstanbul.

Chakroborthy, P., 1990, Applications of Fuzzy Set Theory to the Analysis of Capacity and Level of Service of Highways, Master's Thesis, University of Delaware, New York, DE.

Chakroborthy, P., Kikuchi, S., 1990, Applications of Fuzzy Set Theory to the Analysis of Capacity and Level of Service of Highways, In B. M. Ayyub (ed.),

Proceedings of ISUMA'90, The First International Symposium on Uncertainty Modeling and Analysis, pp.146-150, College Park, MD: IEEE Computer Press.

Chanas, S., Delgado, M., Verdegay, J.I., Vila, M.A., 1993, Interval and Fuzzy Extensions of Classical Transportation Problems, *Transportation Planning and Technology*, 17, 203-218.

Chang, Y.H., Shyu, T.H., 1993, Traffic Signal Installation by the Expert System Using Fuzzy Set Theory for Inexact Reasoning, *Transportation Planning and Technology*, 17, 191-202.

Chen, L., May, A., Auslander, D., 1990, Freeway Ramp Control Using Fuzzy Set Theory for Inexact Reasoning, *Transportation Research*, 24A, 15-25.

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.

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.

Cirillo, J.A., 1992, Safety Effectiveness of Highway Design Features, Volume I: Access Control, FHWA-RD-91-044, Federal Highway Administration, Washington, D.C.

Choveiri, E.M., Lamm, R., Kloeckner, J.H., Mailoender, T., 1994, Safety Aspects of Individual Design Elements and Their Interactions on Two-Lane Highways: International Perspective, *Transportation Research Record* 1445, pp.34-46.

Cleveland, D.E., Kitmura, R., 1978, Macroscopic Modeling of Two-lane Rural Roadside Accidents, In Transportation Research Record 681, TRB, National Research Council, Washington, D.C.

Cleveland, D.E., Kostyniuk, L.P., Ting, K., 1984, Geometric Design Element Groups and High-Volume Two-Lane Rural Highway Safety, In Transportation Research Record 960, TRB, National Research Council, Washington, D.C.

Cope, A.J., 1955, Traffic Accident Experience-Before and After Pavement Widening, Traffic Engineering, pp.114-115.

Cordoso, J.L., 1995, Relations Between Accident Frequency and Speed Consistency in Portuguese Two-Lane/Two-way Highways Links, 1st International Symposium on Highway Geometric Design, Boston.

Department of Transport, 1984, Highway Link Design, Advice Note TA43/84, HMSO, London.

Dearinger, J.A., Hutchinson, J.W., 1988, Cross Section and Pavement Surface, Highways Users Federation for Safety and Mobility, Washington, D.C..

Durth, W., 1989, Risk Analysis in Highway Engineering, Proceedings of Strategic Highway Research Program and Traffic Safety on Two Continents, VTI Report 351A, Gothenburg, Sweden.

Dzbik, L., 1992, Accident Prediction Models for Freeway, Master's Thesis, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada.

Fee, J.A., Beatty, R.L., Dietz, S.K., Kaufman, S.F., Yates, S.F., 1970, Interstate System Accident Research Study 1, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

FHWA, 1997, FHWA Study Tour for ROAD SAFETY AUDITS Part 1.

FHWA, 1982, Synthesis of Safety Research Related to Traffic Control and Roadway Elements, Vol.1, Federal Highway Administration U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.

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

Finch, D.J., et al, 1994, Speed, Speed Limits and Accidents, PR58, Transportation Research Laboratory, Crowthorne.

Fridstrom, L., et al., 1995, Measuring the Contribution of Randomness, Exposure, Weather, and Daylight to the Variation in the Road Accident Counts, Accident Analysis and Prevention, 27(1): 1-20.

Graham, J.L., Harwood, D.W., 1982, Effectiveness of Clear Recovery Zones, National Cooperative Highway Research Program, Report 247, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

Glennon, J.C., 1987, Relationship Between Safety and Key Highway Features. A Synthesis of Prior Research, State of the Art Report 6. Transport Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

Grime, G., 1987, Handbook of Road Safety Research, Butterworths, London.

Gupta, R.C., Jain, R., 1973, Effect of Certain Geometric Design Characteristics of Highways on Accident Rates for Two-Lane, Two-Way Roads in Connecticut, Univ. of Connecticut, Connecticut Department of Transportation.

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

Harwood, D.W., John, A.D. St., and Warren, D.L., 1985, Operational and Safety Effectiveness of Passing Lanes on Two-Lane Highways, TRB 64th Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington, D.C.

Harwood, D.W., Councilkl, E., Hauer, E., Hughes, W.E., Vogt, A., 2000, Prediction of the Expected Safety Performance of Rural of Two-Lane Highways, Report No. FHWA-RD-99-207, Federal Highway Administration.

Hauer, E., 1994, On Two Uses of Exposure, Paper Presented at the Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C.

Head, J.A., Kaestner, N. F., 1956, The Relationship Between Accident Data and the Width of Gravel Shoulders in Oregon, Proc., HRB.

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.

İyınam, A.F., 1997, Karayolu Güvenliği ile Yol Geometrik Standartları Arasındaki İlişkilerin Analizi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

Jacobs, G.D., 1976, A Study of Accident Rates on Rural Roads in Developing Countries, Department of the Environment, TRRL Laboratory Report 732.

Jorgensen, R., Associates, Inc., 1978, Cost and Safety Effectiveness of Highway Design Elements, 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.

Kahramangil, M., Şenkal, Ş., 1999, Kaza Kara Noktalarını Belirleme Yöntemleri, 2. Ulaşım ve Bildiriler Kitabı, 119-127.

Kanellaidis, G., 1991, Aspects of Highway Superelevation Design, Journal of Transportation Engineering, ASCE, Vol. 117, No. 6, pp. 624-632.

KGM, 2003, Trafik Kazaları Özeti.

Kikuchi, S., Vukadinovic, N., Easa, S.M., 1991, Characteristics of the Fuzzy LP Transportation Problem for Civil Engineering Application, Civil Engineering Systems, 8, 134-144.

Krebs, H.G., Kloeckner, J.H, 1977, Investigation of the Effects of Highway and Traffic Conditions Outside Built-Up Areas on Accident Rates, Technical Journal: Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Vol. 223.

Kulmala, R., Roine, M., 1988, Accident Prediction Models for Two-Lane Roads in Finland, Technical Research Centre of Finland, Traffic Safety Theory and Research Methods, Session 4, Statistical Analysis and Models, Amsterdam.

Kuo-Liang, T., Chin-Lung, Y., 1988, A Predictive Accident Model for Two-Lane Rural Highways in Taiwan”, Republic of China, Traffic Safety Theory and Research Methods, Session 4, Statistical Analysis and Models, Amsterdam.

Kutlu, K., Yayla, N., 1986, Türkiye’de Trafik Güvenliği Sorunu, Yayınlanmamış.

Lotan, T., Koutsopoulos, H., 1993a, Models for Route Choice Behaviour in the Presence of Information Using Concepts from Fuzzy Set Theory and Approximate Reasoning, *Transportation*, 20, 129-155.

Lotan, T., Koutsopoulos, H., 1993b, Route Choice in the Presence of Information Using Concepts from Fuzzy Control and Approximate Reasoning, *Transportation Planning and Technology*, 17, 113-126.

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.

Maieler, M.J., Wolfgram, M.J., 1988, Rural Two-lane Highway Accidents and Geometrics: A statistical Analysis, Presented at 67th Annual Meeting. Transportation Research Board, Washington, D.C.

Mak, K.K., 1987, Effect of Bridge Width on Safety, State of the Art Report 6, Relationship Between Safety and Key Highway Features – A Synthesis of Prior Research, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

Martin and Voorthees Associates, 1978, Crawler Lane Study: An Economic Evaluation, Department of the Environment, London.

McCarthy, 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.

McGuirk, W.W., Staterly, G.T., Jr., 1976, Evaluation of Factors Influencing Driveway Accidents, Transportation Research Board, TRR 601, Washington, D. C.

Miao, S.-P., Lum, H., 1993, Modeling Vehicle Accidents and Highway Geometric Design Relationships, *Accident Analysis and Prevention*, 25(6): 689-709.

Milosavljevic, N., Teodorovic, D., Papic, V., Pavkovic, G., 1996, A Fuzzy Approach to the Vehicle Assignment Problem, *Transportation Planning and Technology*, 20, 33-47.

Muskaug, R., 1985, Accident Rates on National Roads, Institute of Transport Economics, Oslo, Norway.

Nakatsuyama, M., Nagahashi, N., Nishizuka, N., 1983, Fuzzy Logic Phase Controller for Traffic Functions in the One-Way Arterial Road, *Proceedings IFAC Ninth Triennial World Congress*, pp.2865-2870, Oxford: Pergamon Press.

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.

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.

Perincherry, V., 1990, Application of Fuzzy Set Theory to Linear Programming, Master of Science Thesis, University of Delaware, Newark.

Perincherry, V., Kikuchi, S., 1990, A Fuzzy Approach to the Transshipment Problem, In B. M. Ayyub (ed.), Proceedings of ISUMA'90, The First International Symposium on Uncertainty Modeling and Analysis, College Park, MD: IEEE Computer Press.

Polus, A., 1980, The Relationship of Overall Geometric Characteristics to the Safety Level of Rural Highways, *Traffic Quarterly*, 34(4).

Rinde, E.A., 1977, Accident Rates vs. 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. and Staughton, G.C., 1975, Interacting Roles of Road Environment Vehicle and Road Users In Accidents, IATM, Fifth Conference.

Sakawa, M., 1993, Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization, In M. Singh (ed), *Applied Information Technology*, New York: Plenum Press.

Sasaki, T., Akiyama, T., 1986, Development of Fuzzy Traffic Control System on Urban Expressway, Preprints of the Fifth IFAC/IFIP/IFORS International Conference in Transportation Systems, pp.333-338, Vienna, Austria: IFAC.

Sasaki, T., Akiyama, T., 1987, Fuzzy On-Ramp Control Model Urban Expressway and Its Extension, In N. H. Gartner and N.H.M. Wilson:(eds.), *Transportation and Traffic Theory*, pp.377-395, New York: Elsevier Science.

Sasaki, T., Akiyama, T., 1988, Traffic Process of Expressway by Fuzzy Logic, *Fuzzy Sets and Systems*, 26, 165-178.

Satterthwaite, S.P., 1981, A Survey of Research into the Relationships Between Traffic Accidents and Traffic Volumes, Transport and Road Research Laboratory Supplementary Report 692, United Kingdom.

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.

Simpson, D., Kerman, J.A., 1982, The Research and Development Background to Highway Link Design, Traffic Engineering and Control 23 (9).

Smith, M., 1993, Neural Networks For Statistical Modeling, Van Nostrand, New York.

Srinivasan, S., 1982, Effect of Roadway Elements and Environment on Road Safety, Institution of Engineers, Vol. 63.

Stewart, D., 1995, Risk on Roadway Curves, Letter to Traffic Engineering and Control, pp. 528, 35 (9).

Stohner, W.A., 1956, Relation of Highway Accidents to Shoulder Width on Two-lane Rural Highways in New York State, Proc., HRB, Vol. 35, pp. 500-504.

Sugeno, M., Murakami, K., 1985, An Experimental Study on Fuzzy Parking Control Using a Model Car, In M. Sugeno (ed.), Industrial Applications of Fuzzy Control, Amsterdam: Elsevier Science.

Sugeno, M., Nishida, M., 1985, Fuzzy Control of Model Car, Fuzzy Sets and Systems, 16, 103-113.

Şen, Z., 1999, Mühendislikte Bulanık Modelleme ilkeleri, İTÜ, (yayınlanmamış)

Teodorovic, D., Kikuchi, S., 1990, Transportation Route Choice Model Using Fuzzy Inference Technique, In B. M. Ayyub (ed.), Proceedings of ISUMA'90, The First International Symposium on Uncertainty Modeling and Analysis, pp. 140-145, College Park, MD: IEEE Computer Press.

Teodorovic, D., Babic, O., 1993, Fuzzy Inference Approach to the Flow Management Problem in Air Traffic Control, Transportation Planning and Technology, 17, 165-178.

Teodorovic, D., Kalic, M., 1995, A Fuzzy Route Choice Model For Air Transportation Networks, Transportation Planning and Technology, 19, 109-120.

Teodorovic, D., Lucic, P., 1998, A Fuzzy Set Theory Approach to the Aircrew Rostering Problem, Fuzzy Sets and Systems, 95, 261-271.

Teodorovic, D., Pavkovic, G., 1996, The Fuzzy Set Theory Approach to the Vehicle Routing Problem When Demand at Nodes is Uncertain, Fuzzy Sets and Systems, 82, 307-317.

Teodorovic, D., 1994, Invited Review: Fuzzy Sets Theory Applications in Traffic and Transportation, European Journal of Operational Research, 74, 379-390.

Teodorovic, D., Kalic, M., Pavkovic, G., 1994, The Potential for Using Fuzzy Set Theory in Airline Network Design, Transportation Research, 28B, 103-121.

Teodorovic, D., 1998, Airline Network Seat Inventory Control: Fuzzy Set Theory Approach, In Transportation Planning and Technology.

Teodorovic, D., Vukadinovic, S., 1998, Traffic Control and Transport Planning, Kluwer Academic Publishers.

The Roads Directorate, 1981, 4. 30. 01 Traffic Engineering. Roads and Path Types. Catalogue of Types for New Roads and Paths in Rural Areas, The Technical Committee on Road Standards, Copenhagen.

Trafik İstatistik Bülteni, 1999, KGM.

TRB, 1978, Cost and Safety Effectiveness of Highway Design Elements, NCH RPT 197.

TRRL, 1991, Towards Safer Roads in Developing Countries, A Guide for Planners and Engineers, Overseas Development Administration.

Tignor, S.C., Brinkman, C.P., Mason, J.M., Mounce, J.M., 1982, Synthesis of Safety Research Related to Traffic Control and Roadway Elements, Vol. 1, Report FHWA-TS-82-232, FHWA, U. S. Department of Transportation.

Tzeng, G.H., Teng, J.Y., 1993, Transportation Investment Project Selection with Fuzzy Multi-objectives, *Transportation Planning and Technology*, 17, 91-112.

Tzeng, G.H., Teodorovic, D., Hwang, M-J., 1996, Fuzzy Bicriteria Multi-index Transportation Problems for Coal Allocation Planning of Taipower, *European Journal of Operational Research*, 95, 62-72.

Vogt, A., Bared, J.G., 1998, Accident Models for Two-Lane Rural Roads: Segments and Intersections, Report No. FHWA-RD-98-133, Federal Highway Administration, October.

Vukadinovic, K., Teodorovic, D., 1994, A Fuzzy Approach to the Vessel Dispatching Problem, *European Journal of Operational Research*, 76, 155-164.

Yager, M., Van Aerde, R., 1983, Geometric and Environmental Effects on Speeds of 2-Lane Highways, *Transportation Research*, Vol. 17A, No 4.

Winch, D.M., 1963, *The Economics of Highway Planning*, Canadian Studies in Economics, Toronto, Ontario, Canada.

Williams, S.J., Fritts, C. E., 1995, *Let's Build Safety into Our Highways*, Public Safety, Vol. 47, No. 5.

Xu, W., Chan, Y., 1993a, *Estimating An Origin-Destination Matrix with Fuzzy Weights Part 1: Methodology*, Transportation Planning and Technology, 17, 127-144.

Xu, W., Chan, Y., 1993b, *Estimating An Origin-Destination Matrix with Fuzzy Weights Part 2: Case Studies*, Transportation Planning and Technology, 17, 145-164.

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 73rd Annual Meeting, National Research Council, Washington, D. C.

Zegeer, C.V., Reinfurt, D.W., Hummer, J., Herf, L., Hunter, W., 1988, *Safety Effects of Cross-Section Design for Two-Lane Roads*, Transportation Research Record 1195, Transportation Research Board.

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.

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.

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.

Zeigler, A.J., 1987, Risk of Vehicle-Tree Accidents and Management of Roadside Trees, In Transportation Research Record 1127, TRB, National Research Council, Washington, D.C.

7. EKLER

7.1 EK 1

Dokuz girdisi ve bir çıktısı olan modelin kurallarının ve durulaştırılmış olan çıktısının yer aldığı Çizelge (7.1) aşağıda verilmektedir. Bu çizelgede YOGT 8000-9000 tş/gün olarak alınmıştır.

Çizelge 7.1. Modelin kuralları

KURAL	YOGT	ŞG	BG	YKT	BYT	EG	TS	HIZ	YKY	Kat.S	K.Md	K.Md*Kat.S	MODEL
1	8	dar	dar	az	az	az	var	az	az	1	2,8	2,768	2,96
2	8	dar	dar	az	az	az	var	az	cok	1	2,8	2,768	2,96
3	8	dar	dar	az	az	az	var	cok	az	1,2	2,8	3,3216	3,03
4	8	dar	dar	az	az	az	var	cok	cok	1,1	2,8	3,0448	2,97
5	8	dar	dar	az	az	az	yok	az	az	1,1	2,8	3,0448	2,97
6	8	dar	dar	az	az	az	yok	az	cok	1	2,8	2,768	2,96
7	8	dar	dar	az	az	az	yok	cok	az	1,2	2,8	3,3216	3,03
8	8	dar	dar	az	az	az	yok	cok	cok	1,1	2,8	3,0448	2,97
9	8	dar	dar	az	az	cok	var	az	az	1	2,8	2,768	2,96
10	8	dar	dar	az	az	cok	var	az	cok	1	2,8	2,768	2,96
11	8	dar	dar	az	az	cok	var	cok	az	1,2	2,8	3,3216	3,03
12	8	dar	dar	az	az	cok	var	cok	cok	1,1	2,8	3,0448	2,96
13	8	dar	dar	az	az	cok	yok	az	az	1,1	2,8	3,0448	2,97
14	8	dar	dar	az	az	cok	yok	az	cok	1,1	2,8	3,0448	2,97
15	8	dar	dar	az	az	cok	yok	cok	az	1,3	2,8	3,5984	3,76
16	8	dar	dar	az	az	cok	yok	cok	cok	1,2	2,8	3,3216	3,03
17	8	dar	dar	az	cok	az	var	az	az	1	3,6	3,558	3,75
18	8	dar	dar	az	cok	az	var	az	cok	1	3,6	3,558	3,75
19	8	dar	dar	az	cok	az	var	cok	az	1,2	3,6	4,2696	4,55
20	8	dar	dar	az	cok	az	var	cok	cok	1,1	3,6	3,9138	3,82
21	8	dar	dar	az	cok	az	yok	az	az	1,1	3,6	3,9138	3,82
22	8	dar	dar	az	cok	az	yok	az	cok	1	3,6	3,558	3,75
23	8	dar	dar	az	cok	az	yok	cok	az	1,2	3,6	4,2696	4,55
24	8	dar	dar	az	cok	az	yok	cok	cok	1,1	3,6	3,9138	3,82
25	8	dar	dar	az	cok	cok	var	az	az	1	3,6	3,558	3,75
26	8	dar	dar	az	cok	cok	var	az	cok	1	3,6	3,558	3,75
27	8	dar	dar	az	cok	cok	var	cok	az	1,2	3,6	4,2696	4,55
28	8	dar	dar	az	cok	cok	var	cok	cok	1,1	3,6	3,9138	3,82
29	8	dar	dar	az	cok	cok	yok	az	az	1,1	3,6	3,9138	3,82

30	8	dar	dar	az	cok	cok	yok	az	cok	1,1	3,6	3,9138	3,82
31	8	dar	dar	az	cok	cok	yok	cok	az	1,3	3,6	4,6254	4,55
32	8	dar	dar	az	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	3,6	4,2696	4,55
33	8	dar	dar	cok	az	az	var	az	az	1	4,1	4,127	3,83
34	8	dar	dar	cok	az	az	var	az	cok	1	4,1	4,127	3,83
35	8	dar	dar	cok	az	az	var	cok	az	1,2	4,1	4,9524	5,37
36	8	dar	dar	cok	az	az	var	cok	cok	1,1	4,1	4,5397	4,57
37	8	dar	dar	cok	az	az	yok	az	az	1,1	4,1	4,5397	4,57
38	8	dar	dar	cok	az	az	yok	az	cok	1	4,1	4,127	3,83
39	8	dar	dar	cok	az	az	yok	cok	az	1,2	4,1	4,9524	5,37
40	8	dar	dar	cok	az	az	yok	cok	cok	1,1	4,1	4,5397	4,57
41	8	dar	dar	cok	az	cok	var	az	az	1	4,1	4,127	3,83
42	8	dar	dar	cok	az	cok	var	az	cok	1	4,1	4,127	3,83
43	8	dar	dar	cok	az	cok	var	cok	az	1,2	4,1	4,9524	5,37
44	8	dar	dar	cok	az	cok	var	cok	cok	1,1	4,1	4,5397	4,57
45	8	dar	dar	cok	az	cok	yok	az	az	1,1	4,1	4,5397	4,57
46	8	dar	dar	cok	az	cok	yok	az	cok	1,1	4,1	4,5397	4,57
47	8	dar	dar	cok	az	cok	yok	cok	az	1,3	4,1	5,3651	5,37
48	8	dar	dar	cok	az	cok	yok	cok	cok	1,2	4,1	4,9524	5,37
49	8	dar	dar	cok	cok	az	var	az	az	1	5,3	5,306	5,35
50	8	dar	dar	cok	cok	az	var	az	cok	1	5,3	5,306	5,35
51	8	dar	dar	cok	cok	az	var	cok	az	1,2	5,3	6,3672	6,22
52	8	dar	dar	cok	cok	az	var	cok	cok	1,1	5,3	5,8366	6,15
53	8	dar	dar	cok	cok	az	yok	az	az	1,1	5,3	5,8366	6,15
54	8	dar	dar	cok	cok	az	yok	az	cok	1	5,3	5,306	5,35
55	8	dar	dar	cok	cok	az	yok	cok	az	1,2	5,3	6,3672	6,22
56	8	dar	dar	cok	cok	az	yok	cok	cok	1,1	5,3	5,8366	6,15
57	8	dar	dar	cok	cok	cok	var	az	az	1	5,3	5,306	5,35
58	8	dar	dar	cok	cok	cok	var	az	cok	1	5,3	5,306	5,35
59	8	dar	dar	cok	cok	cok	var	cok	az	1,2	5,3	6,3672	6,22
60	8	dar	dar	cok	cok	cok	var	cok	cok	1,1	5,3	5,8366	6,15
61	8	dar	dar	cok	cok	cok	yok	az	az	1,1	5,3	5,8366	6,15
62	8	dar	dar	cok	cok	cok	yok	az	cok	1,1	5,3	5,8366	6,15
63	8	dar	dar	cok	cok	cok	yok	cok	az	1,3	5,3	6,8978	6,95
64	8	dar	dar	cok	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	5,3	6,3672	6,22
65	8	dar	geniş	az	az	az	var	az	az	1	1,7	1,728	1,71
66	8	dar	geniş	az	az	az	var	az	cok	1	1,7	1,728	1,71
67	8	dar	geniş	az	az	az	var	cok	az	1,2	1,7	2,0736	2,16
68	8	dar	geniş	az	az	az	var	cok	cok	1,1	1,7	1,9008	2,16
69	8	dar	geniş	az	az	az	yok	az	az	1,1	1,7	1,9008	2,16
70	8	dar	geniş	az	az	az	yok	az	cok	1	1,7	1,728	1,71
71	8	dar	geniş	az	az	az	yok	cok	az	1,2	1,7	2,0736	2,16

72	8	dar	geniş	az	az	az	yok	cok	cok	1,1	1,7	1,9008	2,16
73	8	dar	geniş	az	az	cok	var	az	az	1	1,7	1,728	1,71
74	8	dar	geniş	az	az	cok	var	az	cok	1	1,7	1,728	1,71
75	8	dar	geniş	az	az	cok	var	cok	az	1,2	1,7	2,0736	2,16
76	8	dar	geniş	az	az	cok	var	cok	cok	1,1	1,7	1,9008	2,16
77	8	dar	geniş	az	az	cok	yok	az	az	1,1	1,7	1,9008	2,16
78	8	dar	geniş	az	az	cok	yok	az	cok	1,1	1,7	1,9008	2,16
79	8	dar	geniş	az	az	cok	yok	cok	az	1,3	1,7	2,2464	2,16
80	8	dar	geniş	az	az	cok	yok	cok	cok	1,2	1,7	2,0736	2,16
81	8	dar	geniş	az	cok	az	var	az	az	1	2,2	2,221	2,15
82	8	dar	geniş	az	cok	az	var	az	cok	1	2,2	2,221	2,15
83	8	dar	geniş	az	cok	az	var	cok	az	1,2	2,2	2,6652	2,95
84	8	dar	geniş	az	cok	az	var	cok	cok	1,1	2,2	2,4431	2,23
85	8	dar	geniş	az	cok	az	yok	az	az	1,1	2,2	2,4431	2,23
86	8	dar	geniş	az	cok	az	yok	az	cok	1	2,2	2,221	2,15
87	8	dar	geniş	az	cok	az	yok	cok	az	1,2	2,2	2,6652	2,95
88	8	dar	geniş	az	cok	az	yok	cok	cok	1,1	2,2	2,4431	2,95
89	8	dar	geniş	az	cok	cok	var	az	az	1	2,2	2,221	2,15
90	8	dar	geniş	az	cok	cok	var	az	cok	1	2,2	2,221	2,15
91	8	dar	geniş	az	cok	cok	var	cok	az	1,2	2,2	2,6652	2,95
92	8	dar	geniş	az	cok	cok	var	cok	cok	1,1	2,2	2,4431	2,23
93	8	dar	geniş	az	cok	cok	yok	az	az	1,1	2,2	2,4431	2,23
94	8	dar	geniş	az	cok	cok	yok	az	cok	1,1	2,2	2,4431	2,23
95	8	dar	geniş	az	cok	cok	yok	cok	az	1,3	2,2	2,8873	2,95
96	8	dar	geniş	az	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	2,2	2,6652	2,95
97	8	dar	geniş	cok	az	az	var	az	az	1	2,6	2,576	2,95
98	8	dar	geniş	cok	az	az	var	az	cok	1	2,6	2,576	2,95
99	8	dar	geniş	cok	az	az	var	cok	az	1,2	2,6	3,0912	2,96
100	8	dar	geniş	cok	az	az	var	cok	cok	1,1	2,6	2,8336	2,95
101	8	dar	geniş	cok	az	az	yok	az	az	1,1	2,6	2,8336	2,95
102	8	dar	geniş	cok	az	az	yok	az	cok	1	2,6	2,576	2,95
103	8	dar	geniş	cok	az	az	yok	cok	az	1,2	2,6	3,0912	2,96
104	8	dar	geniş	cok	az	az	yok	cok	cok	1,1	2,6	2,8336	2,95
105	8	dar	geniş	cok	az	cok	var	az	az	1	2,6	2,576	2,95
106	8	dar	geniş	cok	az	cok	var	az	cok	1	2,6	2,576	2,95
107	8	dar	geniş	cok	az	cok	var	cok	az	1,2	2,6	3,0912	2,96
108	8	dar	geniş	cok	az	cok	var	cok	cok	1,1	2,6	2,8336	2,95
109	8	dar	geniş	cok	az	cok	yok	az	az	1,1	2,6	2,8336	2,95
110	8	dar	geniş	cok	az	cok	yok	az	cok	1,1	2,6	2,8336	2,95
111	8	dar	geniş	cok	az	cok	yok	cok	az	1,3	2,6	3,3488	3,75
112	8	dar	geniş	cok	az	cok	yok	cok	cok	1,2	2,6	3,0912	2,96
113	8	dar	geniş	cok	cok	az	var	az	az	1	3,3	3,312	3,02

114	8	dar	geniş	cok	cok	az	var	az	cok	1	3,3	3,312	3,02
115	8	dar	geniş	cok	cok	az	var	cok	az	1,2	3,3	3,9744	3,82
116	8	dar	geniş	cok	cok	az	var	cok	cok	1,1	3,3	3,6432	3,75
117	8	dar	geniş	cok	cok	az	yok	az	az	1,1	3,3	3,6432	3,75
118	8	dar	geniş	cok	cok	az	yok	az	cok	1	3,3	3,312	3,02
119	8	dar	geniş	cok	cok	az	yok	cok	az	1,2	3,3	3,9744	3,82
120	8	dar	geniş	cok	cok	az	yok	cok	cok	1,1	3,3	3,6432	3,75
121	8	dar	geniş	cok	cok	cok	var	az	az	1	3,3	3,312	3,02
122	8	dar	geniş	cok	cok	cok	var	az	cok	1	3,3	3,312	3,02
123	8	dar	geniş	cok	cok	cok	var	cok	az	1,2	3,3	3,9744	3,82
124	8	dar	geniş	cok	cok	cok	var	cok	cok	1,1	3,3	3,6432	3,75
125	8	dar	geniş	cok	cok	cok	yok	az	az	1,1	3,3	3,6432	3,75
126	8	dar	geniş	cok	cok	cok	yok	az	cok	1,1	3,3	3,6432	3,75
127	8	dar	geniş	cok	cok	cok	yok	cok	az	1,3	3,3	4,3056	4,55
128	8	dar	geniş	cok	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	3,3	3,9744	3,82
129	8	geniş	dar	az	az	az	var	az	az	1	2,1	2,149	2,16
130	8	geniş	dar	az	az	az	var	az	cok	1	2,1	2,149	2,17
131	8	geniş	dar	az	az	az	var	cok	az	1,2	2,1	2,5788	2,96
132	8	geniş	dar	az	az	az	var	cok	cok	1,1	2,1	2,3639	2,16
133	8	geniş	dar	az	az	az	yok	az	az	1,1	2,1	2,3639	2,16
134	8	geniş	dar	az	az	az	yok	az	cok	1	2,1	2,149	2,17
135	8	geniş	dar	az	az	az	yok	cok	az	1,2	2,1	2,5788	2,95
136	8	geniş	dar	az	az	az	yok	cok	cok	1,1	2,1	2,3639	2,16
137	8	geniş	dar	az	az	cok	var	az	az	1	2,1	2,149	2,16
138	8	geniş	dar	az	az	cok	var	az	cok	1	2,1	2,149	2,16
139	8	geniş	dar	az	az	cok	var	cok	az	1,2	2,1	2,5788	2,96
140	8	geniş	dar	az	az	cok	var	cok	cok	1,1	2,1	2,3639	2,16
141	8	geniş	dar	az	az	cok	yok	az	az	1,1	2,1	2,3639	2,16
142	8	geniş	dar	az	az	cok	yok	az	cok	1,1	2,1	2,3639	2,16
143	8	geniş	dar	az	az	cok	yok	cok	az	1,3	2,1	2,7937	2,96
144	8	geniş	dar	az	az	cok	yok	cok	cok	1,2	2,1	2,5788	2,96
145	8	geniş	dar	az	cok	az	var	az	az	1	2,8	2,763	2,95
146	8	geniş	dar	az	cok	az	var	az	cok	1	2,8	2,763	2,95
147	8	geniş	dar	az	cok	az	var	cok	az	1,2	2,8	3,3156	3,02
148	8	geniş	dar	az	cok	az	var	cok	cok	1,1	2,8	3,0393	2,95
149	8	geniş	dar	az	cok	az	yok	az	az	1,1	2,8	3,0393	2,95
150	8	geniş	dar	az	cok	az	yok	az	cok	1	2,8	2,763	2,95
151	8	geniş	dar	az	cok	az	yok	cok	az	1,2	2,8	3,3156	3,02
152	8	geniş	dar	az	cok	az	yok	cok	cok	1,1	2,8	3,0393	2,95
153	8	geniş	dar	az	cok	cok	var	az	az	1	2,8	2,763	2,95
154	8	geniş	dar	az	cok	cok	var	az	cok	1	2,8	2,763	2,95
155	8	geniş	dar	az	cok	cok	var	cok	az	1,2	2,8	3,3156	3,02

156	8	geniş	dar	az	cok	cok	var	cok	cok	1,1	2,8	3,0393	2,95
157	8	geniş	dar	az	cok	cok	yok	az	az	1,1	2,8	3,0393	2,95
158	8	geniş	dar	az	cok	cok	yok	az	cok	1,1	2,8	3,0393	2,95
159	8	geniş	dar	az	cok	cok	yok	cok	az	1,3	2,8	3,5919	3,75
160	8	geniş	dar	az	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	2,8	3,3156	3,02
161	8	geniş	dar	cok	az	az	var	az	az	1	3,2	3,205	3,02
162	8	geniş	dar	cok	az	az	var	az	cok	1	3,2	3,205	3,03
163	8	geniş	dar	cok	az	az	var	cok	az	1,2	3,2	3,846	3,77
164	8	geniş	dar	cok	az	az	var	cok	cok	1,1	3,2	3,5255	3,75
165	8	geniş	dar	cok	az	az	yok	az	az	1,1	3,2	3,5255	3,75
166	8	geniş	dar	cok	az	az	yok	az	cok	1	3,2	3,205	3,03
167	8	geniş	dar	cok	az	az	yok	cok	az	1,2	3,2	3,846	3,77
168	8	geniş	dar	cok	az	az	yok	cok	cok	1,1	3,2	3,5255	3,75
169	8	geniş	dar	cok	az	cok	var	az	az	1	3,2	3,205	3,03
170	8	geniş	dar	cok	az	cok	var	az	cok	1	3,2	3,205	3,03
171	8	geniş	dar	cok	az	cok	var	cok	az	1,2	3,2	3,846	3,77
172	8	geniş	dar	cok	az	cok	var	cok	cok	1,1	3,2	3,5255	3,75
173	8	geniş	dar	cok	az	cok	yok	az	az	1,1	3,2	3,5255	3,75
174	8	geniş	dar	cok	az	cok	yok	az	cok	1,1	3,2	3,5255	3,82
175	8	geniş	dar	cok	az	cok	yok	cok	az	1,3	3,2	4,1665	4,48
176	8	geniş	dar	cok	az	cok	yok	cok	cok	1,2	3,2	3,846	3,83
177	8	geniş	dar	cok	cok	az	var	az	az	1	4,1	4,12	3,75
178	8	geniş	dar	cok	cok	az	var	az	cok	1	4,1	4,12	3,82
179	8	geniş	dar	cok	cok	az	var	cok	az	1,2	4,1	4,944	4,62
180	8	geniş	dar	cok	cok	az	var	cok	cok	1,1	4,1	4,532	4,55
181	8	geniş	dar	cok	cok	az	yok	az	az	1,1	4,1	4,532	4,55
182	8	geniş	dar	cok	cok	az	yok	az	cok	1	4,1	4,12	3,82
183	8	geniş	dar	cok	cok	az	yok	cok	az	1,2	4,1	4,944	4,62
184	8	geniş	dar	cok	cok	az	yok	cok	cok	1,1	4,1	4,532	4,55
185	8	geniş	dar	cok	cok	cok	var	az	az	1	4,1	4,12	3,82
186	8	geniş	dar	cok	cok	cok	var	az	cok	1	4,1	4,12	3,82
187	8	geniş	dar	cok	cok	cok	var	cok	az	1,2	4,1	4,944	4,62
188	8	geniş	dar	cok	cok	cok	var	cok	cok	1,1	4,1	4,532	4,55
189	8	geniş	dar	cok	cok	cok	yok	az	az	1,1	4,1	4,532	4,55
190	8	geniş	dar	cok	cok	cok	yok	az	cok	1,1	4,1	4,532	4,55
191	8	geniş	dar	cok	cok	cok	yok	cok	az	1,3	4,1	5,356	5,35
192	8	geniş	dar	cok	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	4,1	4,944	4,62
193	8	geniş	geniş	az	az	az	var	az	az	1	1,3	1,341	1,61
194	8	geniş	geniş	az	az	az	var	az	cok	1	1,3	1,341	1,61
195	8	geniş	geniş	az	az	az	var	cok	az	1,2	1,3	1,6092	1,61
196	8	geniş	geniş	az	az	az	var	cok	cok	1,1	1,3	1,4751	1,61
197	8	geniş	geniş	az	az	az	yok	az	az	1,1	1,3	1,4751	1,61

198	8	geniş	geniş	az	az	az	yok	az	cok	1	1,3	1,341	1,61
199	8	geniş	geniş	az	az	az	yok	cok	az	1,2	1,3	1,6092	1,61
200	8	geniş	geniş	az	az	az	yok	cok	cok	1,1	1,3	1,4751	1,61
201	8	geniş	geniş	az	az	cok	var	az	az	1	1,3	1,341	1,61
202	8	geniş	geniş	az	az	cok	var	az	cok	1	1,3	1,341	1,61
203	8	geniş	geniş	az	az	cok	var	cok	az	1,2	1,3	1,6092	1,61
204	8	geniş	geniş	az	az	cok	var	cok	cok	1,1	1,3	1,4751	1,61
205	8	geniş	geniş	az	az	cok	yok	az	az	1,1	1,3	1,4751	1,61
206	8	geniş	geniş	az	az	cok	yok	az	cok	1,1	1,3	1,4751	1,61
207	8	geniş	geniş	az	az	cok	yok	cok	az	1,3	1,3	1,7433	2,15
208	8	geniş	geniş	az	az	cok	yok	cok	cok	1,2	1,3	1,6092	1,61
209	8	geniş	geniş	az	cok	az	var	az	az	1	1,7	1,724	1,7
210	8	geniş	geniş	az	cok	az	var	az	cok	1	1,7	1,724	1,7
211	8	geniş	geniş	az	cok	az	var	cok	az	1,2	1,7	2,0688	2,15
212	8	geniş	geniş	az	cok	az	var	cok	cok	1,1	1,7	1,8964	2,15
213	8	geniş	geniş	az	cok	az	yok	az	az	1,1	1,7	1,8964	2,15
214	8	geniş	geniş	az	cok	az	yok	az	cok	1	1,7	1,724	1,7
215	8	geniş	geniş	az	cok	az	yok	cok	az	1,2	1,7	2,0688	2,15
216	8	geniş	geniş	az	cok	az	yok	cok	cok	1,1	1,7	1,8964	2,15
217	8	geniş	geniş	az	cok	cok	var	az	az	1	1,7	1,724	1,7
218	8	geniş	geniş	az	cok	cok	var	az	cok	1	1,7	1,724	1,7
219	8	geniş	geniş	az	cok	cok	var	cok	az	1,2	1,7	2,0688	2,15
220	8	geniş	geniş	az	cok	cok	var	cok	cok	1,1	1,7	1,8964	2,15
221	8	geniş	geniş	az	cok	cok	yok	az	az	1,1	1,7	1,8964	2,15
222	8	geniş	geniş	az	cok	cok	yok	az	cok	1,1	1,7	1,8964	2,15
223	8	geniş	geniş	az	cok	cok	yok	cok	az	1,3	1,7	2,2412	2,15
224	8	geniş	geniş	az	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	1,7	2,0688	2,15
225	8	geniş	geniş	cok	az	az	var	az	az	1	2	2	2,16
226	8	geniş	geniş	cok	az	az	var	az	cok	1	2	2	2,16
227	8	geniş	geniş	cok	az	az	var	cok	az	1,2	2	2,4	2,22
228	8	geniş	geniş	cok	az	az	var	cok	cok	1,1	2	2,2	2,16
229	8	geniş	geniş	cok	az	az	yok	az	az	1,1	2	2,2	2,16
230	8	geniş	geniş	cok	az	az	yok	az	cok	1	2	2	2,16
231	8	geniş	geniş	cok	az	az	yok	cok	az	1,2	2	2,4	2,22
232	8	geniş	geniş	cok	az	az	yok	cok	cok	1,1	2	2,2	2,16
233	8	geniş	geniş	cok	az	cok	var	az	az	1	2	2	2,16
234	8	geniş	geniş	cok	az	cok	var	az	cok	1	2	2	2,16
235	8	geniş	geniş	cok	az	cok	var	cok	az	1,2	2	2,4	2,22
236	8	geniş	geniş	cok	az	cok	var	cok	cok	1,1	2	2,2	2,16
237	8	geniş	geniş	cok	az	cok	yok	az	az	1,1	2	2,2	2,16
238	8	geniş	geniş	cok	az	cok	yok	az	cok	1,1	2	2,2	2,16
239	8	geniş	geniş	cok	az	cok	yok	cok	az	1,3	2	2,6	2,95

240	8	geniş	geniş	cok	az	cok	yok	cok	cok	1,2	2	2,4	2,22
241	8	geniş	geniş	cok	cok	az	var	az	az	1	2,6	2,571	2,94
242	8	geniş	geniş	cok	cok	az	var	az	cok	1	2,6	2,571	2,94
243	8	geniş	geniş	cok	cok	az	var	cok	az	1,2	2,6	3,0852	2,94
244	8	geniş	geniş	cok	cok	az	var	cok	cok	1,1	2,6	2,8281	2,94
245	8	geniş	geniş	cok	cok	az	yok	az	az	1,1	2,6	2,8281	2,94
246	8	geniş	geniş	cok	cok	az	yok	az	cok	1	2,6	2,571	2,94
247	8	geniş	geniş	cok	cok	az	yok	cok	az	1,2	2,6	3,0852	2,94
248	8	geniş	geniş	cok	cok	az	yok	cok	cok	1,1	2,6	2,8281	2,94
249	8	geniş	geniş	cok	cok	cok	var	az	az	1	2,6	2,571	2,94
250	8	geniş	geniş	cok	cok	cok	var	az	cok	1	2,6	2,571	2,94
251	8	geniş	geniş	cok	cok	cok	var	cok	az	1,2	2,6	3,0852	2,94
252	8	geniş	geniş	cok	cok	cok	var	cok	cok	1,1	2,6	2,8281	2,94
253	8	geniş	geniş	cok	cok	cok	yok	az	az	1,1	2,6	2,8281	2,94
254	8	geniş	geniş	cok	cok	cok	yok	az	cok	1,1	2,6	2,8281	2,94
255	8	geniş	geniş	cok	cok	cok	yok	cok	az	1,3	2,6	3,3423	3,02
256	8	geniş	geniş	cok	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	2,6	3,0852	2,94
257	8,5	dar	dar	az	az	az	var	az	az	1	2,9	2,941	2,96
258	8,5	dar	dar	az	az	az	var	az	cok	1	2,9	2,941	2,96
259	8,5	dar	dar	az	az	az	var	cok	az	1,2	2,9	3,5292	3,69
260	8,5	dar	dar	az	az	az	var	cok	cok	1,1	2,9	3,2351	3,03
261	8,5	dar	dar	az	az	az	yok	az	az	1,1	2,9	3,2351	3,03
262	8,5	dar	dar	az	az	az	yok	az	cok	1	2,9	2,941	2,96
263	8,5	dar	dar	az	az	az	yok	cok	az	1,2	2,9	3,5292	3,69
264	8,5	dar	dar	az	az	az	yok	cok	cok	1,1	2,9	3,2351	3,03
265	8,5	dar	dar	az	az	cok	var	az	az	1	2,9	2,941	2,96
266	8,5	dar	dar	az	az	cok	var	az	cok	1	2,9	2,941	2,96
267	8,5	dar	dar	az	az	cok	var	cok	az	1,2	2,9	3,5292	3,69
268	8,5	dar	dar	az	az	cok	var	cok	cok	1,1	2,9	3,2351	3,03
269	8,5	dar	dar	az	az	cok	yok	az	az	1,1	2,9	3,2351	3,03
270	8,5	dar	dar	az	az	cok	yok	az	cok	1,1	2,9	3,2351	3,03
271	8,5	dar	dar	az	az	cok	yok	cok	az	1,3	2,9	3,8233	3,77
272	8,5	dar	dar	az	az	cok	yok	cok	cok	1,2	2,9	3,5292	3,69
273	8,5	dar	dar	az	cok	az	var	az	az	1	3,8	3,781	3,75
274	8,5	dar	dar	az	cok	az	var	az	cok	1	3,8	3,781	3,75
275	8,5	dar	dar	az	cok	az	var	cok	az	1,2	3,8	4,5372	4,55
276	8,5	dar	dar	az	cok	az	var	cok	cok	1,1	3,8	4,1591	4,48
277	8,5	dar	dar	az	cok	az	yok	az	az	1,1	3,8	4,1591	4,48
278	8,5	dar	dar	az	cok	az	yok	az	cok	1	3,8	3,781	3,75
279	8,5	dar	dar	az	cok	az	yok	cok	az	1,2	3,8	4,5372	4,55
280	8,5	dar	dar	az	cok	az	yok	cok	cok	1,1	3,8	4,1591	4,48
281	8,5	dar	dar	az	cok	cok	var	az	az	1	3,8	3,781	3,75

282	8,5	dar	dar	az	cok	cok	var	az	cok	1	3,8	3,781	3,75
283	8,5	dar	dar	az	cok	cok	var	cok	az	1,2	3,8	4,5372	4,55
284	8,5	dar	dar	az	cok	cok	var	cok	cok	1,1	3,8	4,1591	4,48
285	8,5	dar	dar	az	cok	cok	yok	az	az	1,1	3,8	4,1591	4,48
286	8,5	dar	dar	az	cok	cok	yok	az	cok	1,1	3,8	4,1591	4,48
287	8,5	dar	dar	az	cok	cok	yok	cok	az	1,3	3,8	4,9153	4,63
288	8,5	dar	dar	az	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	3,8	4,5372	4,55
289	8,5	dar	dar	cok	az	az	var	az	az	1	4,4	4,385	4,49
290	8,5	dar	dar	cok	az	az	var	az	cok	1	4,4	4,385	4,49
291	8,5	dar	dar	cok	az	az	var	cok	az	1,2	4,4	5,262	5,37
292	8,5	dar	dar	cok	az	az	var	cok	cok	1,1	4,4	4,8235	4,64
293	8,5	dar	dar	cok	az	az	yok	az	az	1,1	4,4	4,8235	4,64
294	8,5	dar	dar	cok	az	az	yok	az	cok	1	4,4	4,385	4,56
295	8,5	dar	dar	cok	az	az	yok	cok	az	1,2	4,4	5,262	5,37
296	8,5	dar	dar	cok	az	az	yok	cok	cok	1,1	4,4	4,8235	4,64
297	8,5	dar	dar	cok	az	cok	var	az	az	1	4,4	4,385	4,49
298	8,5	dar	dar	cok	az	cok	var	az	cok	1	4,4	4,385	4,49
299	8,5	dar	dar	cok	az	cok	var	cok	az	1,2	4,4	5,262	5,37
300	8,5	dar	dar	cok	az	cok	var	cok	cok	1,1	4,4	4,8235	4,64
301	8,5	dar	dar	cok	az	cok	yok	az	az	1,1	4,4	4,8235	4,64
302	8,5	dar	dar	cok	az	cok	yok	az	cok	1,1	4,4	4,8235	4,64
303	8,5	dar	dar	cok	az	cok	yok	cok	az	1,3	4,4	5,7005	5,43
304	8,5	dar	dar	cok	az	cok	yok	cok	cok	1,2	4,4	5,262	5,37
305	8,5	dar	dar	cok	cok	az	var	az	az	1	5,6	5,638	5,43
306	8,5	dar	dar	cok	cok	az	var	az	cok	1	5,6	5,638	5,43
307	8,5	dar	dar	cok	cok	az	var	cok	az	1,2	5,6	6,7656	6,8
308	8,5	dar	dar	cok	cok	az	var	cok	cok	1,1	5,6	6,2018	6,22
309	8,5	dar	dar	cok	cok	az	yok	az	az	1,1	5,6	6,2018	6,22
310	8,5	dar	dar	cok	cok	az	yok	az	cok	1	5,6	5,638	5,43
311	8,5	dar	dar	cok	cok	az	yok	cok	az	1,2	5,6	6,7656	6,88
312	8,5	dar	dar	cok	cok	az	yok	cok	cok	1,1	5,6	6,2018	6,22
313	8,5	dar	dar	cok	cok	cok	var	az	az	1	5,6	5,638	5,43
314	8,5	dar	dar	cok	cok	cok	var	az	cok	1	5,6	5,638	5,43
315	8,5	dar	dar	cok	cok	cok	var	cok	az	1,2	5,6	6,7656	6,88
316	8,5	dar	dar	cok	cok	cok	var	cok	cok	1,1	5,6	6,2018	6,22
317	8,5	dar	dar	cok	cok	cok	yok	az	az	1,1	5,6	6,2018	6,22
318	8,5	dar	dar	cok	cok	cok	yok	az	cok	1,1	5,6	6,2018	6,22
319	8,5	dar	dar	cok	cok	cok	yok	cok	az	1,3	5,6	7,3294	6,95
320	8,5	dar	dar	cok	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	5,6	6,7656	6,88
321	8,5	dar	geniş	az	az	az	var	az	az	1	1,8	1,835	2,15
322	8,5	dar	geniş	az	az	az	var	az	cok	1	1,8	1,835	2,15
323	8,5	dar	geniş	az	az	az	var	cok	az	1,2	1,8	2,202	2,23

324	8,5	dar	geniş	az	az	az	var	cok	cok	1,1	1,8	2,0185	2,16
325	8,5	dar	geniş	az	az	az	yok	az	az	1,1	1,8	2,0185	2,16
326	8,5	dar	geniş	az	az	az	yok	az	cok	1	1,8	1,835	2,15
327	8,5	dar	geniş	az	az	az	yok	cok	az	1,2	1,8	2,202	2,24
328	8,5	dar	geniş	az	az	az	yok	cok	cok	1,1	1,8	2,0185	2,16
329	8,5	dar	geniş	az	az	cok	var	az	az	1	1,8	1,835	2,15
330	8,5	dar	geniş	az	az	cok	var	az	cok	1	1,8	1,835	2,15
331	8,5	dar	geniş	az	az	cok	var	cok	az	1,2	1,8	2,202	2,23
332	8,5	dar	geniş	az	az	cok	var	cok	cok	1,1	1,8	2,0185	2,16
333	8,5	dar	geniş	az	az	cok	yok	az	az	1,1	1,8	2,0185	2,16
334	8,5	dar	geniş	az	az	cok	yok	az	cok	1,1	1,8	2,0185	2,16
335	8,5	dar	geniş	az	az	cok	yok	cok	az	1,3	1,8	2,3855	2,16
336	8,5	dar	geniş	az	az	cok	yok	cok	cok	1,2	1,8	2,202	2,23
337	8,5	dar	geniş	az	cok	az	var	az	az	1	2,4	2,36	2,15
338	8,5	dar	geniş	az	cok	az	var	az	cok	1	2,4	2,36	2,15
339	8,5	dar	geniş	az	cok	az	var	cok	az	1,2	2,4	2,832	2,95
340	8,5	dar	geniş	az	cok	az	var	cok	cok	1,1	2,4	2,596	2,88
341	8,5	dar	geniş	az	cok	az	yok	az	az	1,1	2,4	2,596	2,88
342	8,5	dar	geniş	az	cok	az	yok	az	cok	1	2,4	2,36	2,15
343	8,5	dar	geniş	az	cok	az	yok	cok	az	1,2	2,4	2,832	3,02
344	8,5	dar	geniş	az	cok	az	yok	cok	cok	1,1	2,4	2,596	2,95
345	8,5	dar	geniş	az	cok	cok	var	az	az	1	2,4	2,36	2,15
346	8,5	dar	geniş	az	cok	cok	var	az	cok	1	2,4	2,36	2,15
347	8,5	dar	geniş	az	cok	cok	var	cok	az	1,2	2,4	2,832	2,95
348	8,5	dar	geniş	az	cok	cok	var	cok	cok	1,1	2,4	2,596	2,88
349	8,5	dar	geniş	az	cok	cok	yok	az	az	1,1	2,4	2,596	2,88
350	8,5	dar	geniş	az	cok	cok	yok	az	cok	1,1	2,4	2,596	2,88
351	8,5	dar	geniş	az	cok	cok	yok	cok	az	1,3	2,4	3,068	2,95
352	8,5	dar	geniş	az	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	2,4	2,832	2,95
353	8,5	dar	geniş	cok	az	az	var	az	az	1	2,7	2,737	2,95
354	8,5	dar	geniş	cok	az	az	var	az	cok	1	2,7	2,737	2,95
355	8,5	dar	geniş	cok	az	az	var	cok	az	1,2	2,7	3,2844	3,03
356	8,5	dar	geniş	cok	az	az	var	cok	cok	1,1	2,7	3,0107	2,95
357	8,5	dar	geniş	cok	az	az	yok	az	az	1,1	2,7	3,0107	2,95
358	8,5	dar	geniş	cok	az	az	yok	az	cok	1	2,7	2,737	2,95
359	8,5	dar	geniş	cok	az	az	yok	cok	az	1,2	2,7	3,2844	3,03
360	8,5	dar	geniş	cok	az	az	yok	cok	cok	1,1	2,7	3,0107	2,95
361	8,5	dar	geniş	cok	az	cok	var	az	az	1	2,7	2,737	2,95
362	8,5	dar	geniş	cok	az	cok	var	az	cok	1	2,7	2,737	2,95
363	8,5	dar	geniş	cok	az	cok	var	cok	az	1,2	2,7	3,2844	3,03
364	8,5	dar	geniş	cok	az	cok	var	cok	cok	1,1	2,7	3,0107	2,95
365	8,5	dar	geniş	cok	az	cok	yok	az	az	1,1	2,7	3,0107	2,95

366	8,5	dar	geniş	cok	az	cok	yok	az	cok	1,1	2,7	3,0107	2,95
367	8,5	dar	geniş	cok	az	cok	yok	cok	az	1,3	2,7	3,5581	3,75
368	8,5	dar	geniş	cok	az	cok	yok	cok	cok	1,2	2,7	3,2844	3,03
369	8,5	dar	geniş	cok	cok	az	var	az	az	1	3,5	3,519	3,67
370	8,5	dar	geniş	cok	cok	az	var	az	cok	1	3,5	3,519	3,67
371	8,5	dar	geniş	cok	cok	az	var	cok	az	1,2	3,5	4,2228	4,48
372	8,5	dar	geniş	cok	cok	az	var	cok	cok	1,1	3,5	3,8709	3,75
373	8,5	dar	geniş	cok	cok	az	yok	az	az	1,1	3,5	3,8709	3,75
374	8,5	dar	geniş	cok	cok	az	yok	az	cok	1	3,5	3,519	3,67
375	8,5	dar	geniş	cok	cok	az	yok	cok	az	1,2	3,5	4,2228	4,48
376	8,5	dar	geniş	cok	cok	az	yok	cok	cok	1,1	3,5	3,8709	3,75
377	8,5	dar	geniş	cok	cok	cok	var	az	az	1	3,5	3,519	3,67
378	8,5	dar	geniş	cok	cok	cok	var	az	cok	1	3,5	3,519	3,67
379	8,5	dar	geniş	cok	cok	cok	var	cok	az	1,2	3,5	4,2228	4,48
380	8,5	dar	geniş	cok	cok	cok	var	cok	cok	1,1	3,5	3,8709	3,75
381	8,5	dar	geniş	cok	cok	cok	yok	az	az	1,1	3,5	3,8709	3,75
382	8,5	dar	geniş	cok	cok	cok	yok	az	cok	1,1	3,5	3,8709	3,75
383	8,5	dar	geniş	cok	cok	cok	yok	cok	az	1,3	3,5	4,5747	4,55
384	8,5	dar	geniş	cok	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	3,5	4,2228	4,48
385	8,5	geniş	dar	az	az	az	var	az	az	1	2,3	2,283	2,16
386	8,5	geniş	dar	az	az	az	var	az	cok	1	2,3	2,283	2,16
387	8,5	geniş	dar	az	az	az	var	cok	az	1,2	2,3	2,7396	2,96
388	8,5	geniş	dar	az	az	az	var	cok	cok	1,1	2,3	2,5113	2,24
389	8,5	geniş	dar	az	az	az	yok	az	az	1,1	2,3	2,5113	2,24
390	8,5	geniş	dar	az	az	az	yok	az	cok	1	2,3	2,283	2,16
391	8,5	geniş	dar	az	az	az	yok	cok	az	1,2	2,3	2,7396	2,96
392	8,5	geniş	dar	az	az	az	yok	cok	cok	1,1	2,3	2,5113	2,24
393	8,5	geniş	dar	az	az	cok	var	az	az	1	2,3	2,283	2,16
394	8,5	geniş	dar	az	az	cok	var	az	cok	1	2,3	2,283	2,16
395	8,5	geniş	dar	az	az	cok	var	cok	az	1,2	2,3	2,7396	2,96
396	8,5	geniş	dar	az	az	cok	var	cok	cok	1,1	2,3	2,5113	2,24
397	8,5	geniş	dar	az	az	cok	yok	az	az	1,1	2,3	2,5113	2,24
398	8,5	geniş	dar	az	az	cok	yok	az	cok	1,1	2,3	2,5113	2,24
399	8,5	geniş	dar	az	az	cok	yok	cok	az	1,3	2,3	2,9679	2,96
400	8,5	geniş	dar	az	az	cok	yok	cok	cok	1,2	2,3	2,7396	2,96
401	8,5	geniş	dar	az	cok	az	var	az	az	1	2,9	2,935	2,95
402	8,5	geniş	dar	az	cok	az	var	az	cok	1	2,9	2,935	2,95
403	8,5	geniş	dar	az	cok	az	var	cok	az	1,2	2,9	3,522	3,68
404	8,5	geniş	dar	az	cok	az	var	cok	cok	1,1	2,9	3,2285	3,02
405	8,5	geniş	dar	az	cok	az	yok	az	az	1,1	2,9	3,2285	3,02
406	8,5	geniş	dar	az	cok	az	yok	az	cok	1	2,9	2,935	2,95
407	8,5	geniş	dar	az	cok	az	yok	cok	az	1,2	2,9	3,522	3,68

408	8,5	geniş	dar	az	cok	az	yok	cok	cok	1,1	2,9	3,2285	3,02
409	8,5	geniş	dar	az	cok	cok	var	az	az	1	2,9	2,935	2,95
410	8,5	geniş	dar	az	cok	cok	var	az	cok	1	2,9	2,935	2,95
411	8,5	geniş	dar	az	cok	cok	var	cok	az	1,2	2,9	3,522	3,68
412	8,5	geniş	dar	az	cok	cok	var	cok	cok	1,1	2,9	3,2285	3,02
413	8,5	geniş	dar	az	cok	cok	yok	az	az	1,1	2,9	3,2285	3,02
414	8,5	geniş	dar	az	cok	cok	yok	az	cok	1,1	2,9	3,2285	3,02
415	8,5	geniş	dar	az	cok	cok	yok	cok	az	1,3	2,9	3,8155	3,75
416	8,5	geniş	dar	az	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	2,9	3,522	3,68
417	8,5	geniş	dar	cok	az	az	var	az	az	1	3,4	3,405	3,68
418	8,5	geniş	dar	cok	az	az	var	az	cok	1	3,4	3,405	3,68
419	8,5	geniş	dar	cok	az	az	var	cok	az	1,2	3,4	4,086	3,83
420	8,5	geniş	dar	cok	az	az	var	cok	cok	1,1	3,4	3,7455	3,77
421	8,5	geniş	dar	cok	az	az	yok	az	az	1,1	3,4	3,7455	3,87
422	8,5	geniş	dar	cok	az	az	yok	az	cok	1	3,4	3,405	3,68
423	8,5	geniş	dar	cok	az	az	yok	cok	az	1,2	3,4	4,086	3,83
424	8,5	geniş	dar	cok	az	az	yok	cok	cok	1,1	3,4	3,7455	3,77
425	8,5	geniş	dar	cok	az	cok	var	az	az	1	3,4	3,405	3,68
426	8,5	geniş	dar	cok	cok	az	var	cok	az	1,2	4,4	5,2524	5,28
427	8,5	geniş	dar	cok	az	cok	var	az	cok	1	3,4	3,405	3,68
428	8,5	geniş	dar	cok	az	cok	var	cok	az	1,2	3,4	4,086	3,83
429	8,5	geniş	dar	cok	az	cok	var	cok	cok	1,1	3,4	3,7455	3,77
430	8,5	geniş	dar	cok	az	cok	yok	az	az	1,1	3,4	3,7455	3,77
431	8,5	geniş	dar	cok	az	cok	yok	az	cok	1,1	3,4	3,7455	3,77
432	8,5	geniş	dar	cok	az	cok	yok	cok	az	1,3	3,4	4,4265	4,57
433	8,5	geniş	dar	cok	az	cok	yok	cok	cok	1,2	3,4	4,086	3,83
434	8,5	geniş	dar	cok	cok	az	var	az	az	1	4,4	4,377	4,48
435	8,5	geniş	dar	cok	cok	az	var	az	cok	1	4,4	4,377	4,48
436	8,5	geniş	dar	cok	cok	az	var	cok	cok	1,1	4,4	4,8147	4,62
437	8,5	geniş	dar	cok	cok	az	yok	az	az	1,1	4,4	4,8147	4,62
438	8,5	geniş	dar	cok	cok	az	yok	az	cok	1	4,4	4,377	4,48
439	8,5	geniş	dar	cok	cok	az	yok	cok	az	1,2	4,4	5,2524	5,28
440	8,5	geniş	dar	cok	cok	az	yok	cok	cok	1,1	4,4	4,8147	4,62
441	8,5	geniş	dar	cok	cok	cok	var	az	az	1	4,4	4,377	4,48
442	8,5	geniş	dar	cok	cok	cok	var	az	cok	1	4,4	4,377	4,48
443	8,5	geniş	dar	cok	cok	cok	var	cok	az	1,2	4,4	5,2524	5,28
444	8,5	geniş	dar	cok	cok	cok	var	cok	cok	1,1	4,4	4,8147	4,62
445	8,5	geniş	dar	cok	cok	cok	yok	az	az	1,1	4,4	4,8147	4,62
446	8,5	geniş	dar	cok	cok	cok	yok	az	cok	1,1	4,4	4,8147	4,62
447	8,5	geniş	dar	cok	cok	cok	yok	cok	az	1,3	4,4	5,6901	5,43
448	8,5	geniş	dar	cok	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	4,4	5,2524	5,28
449	8,5	geniş	geniş	az	az	az	var	az	az	1	1,4	1,425	1,61

450	8,5	geniş	geniş	az	az	az	var	az	cok	1	1,4	1,425	1,61
451	8,5	geniş	geniş	az	az	az	var	cok	az	1,2	1,4	1,71	1,7
452	8,5	geniş	geniş	az	az	az	var	cok	cok	1,1	1,4	1,5675	1,61
453	8,5	geniş	geniş	az	az	az	yok	az	az	1,1	1,4	1,5675	1,61
454	8,5	geniş	geniş	az	az	az	yok	az	cok	1	1,4	1,425	1,61
455	8,5	geniş	geniş	az	az	az	yok	cok	az	1,2	1,4	1,71	1,71
456	8,5	geniş	geniş	az	az	az	yok	cok	cok	1,1	1,4	1,5675	1,61
457	8,5	geniş	geniş	az	az	cok	var	az	az	1	1,4	1,425	1,61
458	8,5	geniş	geniş	az	az	cok	var	az	cok	1	1,4	1,425	1,61
459	8,5	geniş	geniş	az	az	cok	var	cok	az	1,2	1,4	1,71	1,71
460	8,5	geniş	geniş	az	az	cok	var	cok	cok	1,1	1,4	1,5675	1,61
461	8,5	geniş	geniş	az	az	cok	yok	az	az	1,1	1,4	1,5675	1,61
462	8,5	geniş	geniş	az	az	cok	yok	az	cok	1,1	1,4	1,5675	1,61
463	8,5	geniş	geniş	az	az	cok	yok	cok	az	1,3	1,4	1,8525	2,15
464	8,5	geniş	geniş	az	az	cok	yok	cok	cok	1,2	1,4	1,71	1,71
465	8,5	geniş	geniş	az	cok	az	var	az	az	1	1,8	1,832	2,15
466	8,5	geniş	geniş	az	cok	az	var	az	cok	1	1,8	1,832	2,15
467	8,5	geniş	geniş	az	cok	az	var	cok	az	1,2	1,8	2,1984	2,15
468	8,5	geniş	geniş	az	cok	az	var	cok	cok	1,1	1,8	2,0152	2,15
469	8,5	geniş	geniş	az	cok	az	yok	az	az	1,1	1,8	2,0152	2,15
470	8,5	geniş	geniş	az	cok	az	yok	az	cok	1	1,8	1,832	2,15
471	8,5	geniş	geniş	az	cok	az	yok	cok	az	1,2	1,8	2,1984	2,15
472	8,5	geniş	geniş	az	cok	az	yok	cok	cok	1,1	1,8	2,0152	2,15
473	8,5	geniş	geniş	az	cok	cok	var	az	az	1	1,8	1,832	2,15
474	8,5	geniş	geniş	az	cok	cok	var	az	cok	1	1,8	1,832	2,15
475	8,5	geniş	geniş	az	cok	cok	var	cok	az	1,2	1,8	2,1984	2,15
476	8,5	geniş	geniş	az	cok	cok	var	cok	cok	1,1	1,8	2,0152	2,15
477	8,5	geniş	geniş	az	cok	cok	yok	az	az	1,1	1,8	2,0152	2,15
478	8,5	geniş	geniş	az	cok	cok	yok	az	cok	1,1	1,8	2,0152	2,15
479	8,5	geniş	geniş	az	cok	cok	yok	cok	az	1,3	1,8	2,3816	2,15
480	8,5	geniş	geniş	az	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	1,8	2,1984	2,15
481	8,5	geniş	geniş	cok	az	az	var	az	az	1	2,1	2,125	2,16
482	8,5	geniş	geniş	cok	az	az	var	az	cok	1	2,1	2,125	2,16
483	8,5	geniş	geniş	cok	az	az	var	cok	az	1,2	2,1	2,55	2,88
484	8,5	geniş	geniş	cok	az	az	var	cok	cok	1,1	2,1	2,3375	2,16
485	8,5	geniş	geniş	cok	az	az	yok	az	az	1,1	2,1	2,3375	2,16
486	8,5	geniş	geniş	cok	az	az	yok	az	cok	1	2,1	2,125	2,16
487	8,5	geniş	geniş	cok	az	az	yok	cok	az	1,2	2,1	2,55	2,89
488	8,5	geniş	geniş	cok	az	az	yok	cok	cok	1,1	2,1	2,3375	2,16
489	8,5	geniş	geniş	cok	az	cok	var	az	az	1	2,1	2,125	2,16
490	8,5	geniş	geniş	cok	az	cok	var	az	cok	1	2,1	2,125	2,16
491	8,5	geniş	geniş	cok	az	cok	var	cok	az	1,2	2,1	2,55	2,89

492	8,5	geniş	geniş	cok	az	cok	var	cok	cok	1,1	2,1	2,3375	2,16
493	8,5	geniş	geniş	cok	az	cok	yok	az	az	1,1	2,1	2,3375	2,16
494	8,5	geniş	geniş	cok	az	cok	yok	az	cok	1,1	2,1	2,3375	2,16
495	8,5	geniş	geniş	cok	az	cok	yok	cok	az	1,3	2,1	2,7625	2,95
496	8,5	geniş	geniş	cok	az	cok	yok	cok	cok	1,2	2,1	2,55	2,89
497	8,5	geniş	geniş	cok	cok	az	var	az	az	1	2,7	2,732	2,94
498	8,5	geniş	geniş	cok	cok	az	var	az	cok	1	2,7	2,732	2,94
499	8,5	geniş	geniş	cok	cok	az	var	cok	az	1,2	2,7	3,2784	2,94
500	8,5	geniş	geniş	cok	cok	az	var	cok	cok	1,1	2,7	3,0052	2,94
501	8,5	geniş	geniş	cok	cok	az	yok	az	az	1,1	2,7	3,0052	2,94
502	8,5	geniş	geniş	cok	cok	az	yok	az	cok	1	2,7	2,732	2,94
503	8,5	geniş	geniş	cok	cok	az	yok	cok	az	1,2	2,7	3,2784	3,02
504	8,5	geniş	geniş	cok	cok	az	yok	cok	cok	1,1	2,7	3,0052	2,94
505	8,5	geniş	geniş	cok	cok	cok	var	az	az	1	2,7	2,732	2,94
506	8,5	geniş	geniş	cok	cok	cok	var	az	cok	1	2,7	2,732	2,94
507	8,5	geniş	geniş	cok	cok	cok	var	cok	az	1,2	2,7	3,2784	3,02
508	8,5	geniş	geniş	cok	cok	cok	var	cok	cok	1,1	2,7	3,0052	2,94
509	8,5	geniş	geniş	cok	cok	cok	yok	az	az	1,1	2,7	3,0052	2,94
510	8,5	geniş	geniş	cok	cok	cok	yok	az	cok	1,1	2,7	3,0052	2,94
511	8,5	geniş	geniş	cok	cok	cok	yok	cok	az	1,3	2,7	3,5516	3,67
512	8,5	geniş	geniş	cok	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	2,7	3,2784	3,02
513	9	dar	dar	az	az	az	var	az	az	1	3,1	3,114	2,96
514	9	dar	dar	az	az	az	var	az	cok	1	3,1	3,114	2,96
515	9	dar	dar	az	az	az	var	cok	az	1,2	3,1	3,7368	3,76
516	9	dar	dar	az	az	az	var	cok	cok	1,1	3,1	3,4254	3,69
517	9	dar	dar	az	az	az	yok	az	az	1,1	3,1	3,4254	3,69
518	9	dar	dar	az	az	az	yok	az	cok	1	3,1	3,114	2,96
519	9	dar	dar	az	az	az	yok	cok	az	1,2	3,1	3,7368	3,76
520	9	dar	dar	az	az	az	yok	cok	cok	1,1	3,1	3,4254	3,69
521	9	dar	dar	az	az	cok	var	az	az	1	3,1	3,114	2,96
522	9	dar	dar	az	az	cok	var	az	cok	1	3,1	3,114	2,96
523	9	dar	dar	az	az	cok	var	cok	az	1,2	3,1	3,7368	3,76
524	9	dar	dar	az	az	cok	var	cok	cok	1,1	3,1	3,4254	3,69
525	9	dar	dar	az	az	cok	yok	az	az	1,1	3,1	3,4254	3,69
526	9	dar	dar	az	az	cok	yok	az	cok	1,1	3,1	3,4254	3,69
527	9	dar	dar	az	az	cok	yok	cok	az	1,3	3,1	4,0482	3,77
528	9	dar	dar	az	az	cok	yok	cok	cok	1,2	3,1	3,7368	3,76
529	9	dar	dar	az	cok	az	var	az	az	1	4	4,003	3,75
530	9	dar	dar	az	cok	az	var	az	cok	1	4	4,003	3,75
531	9	dar	dar	az	cok	az	var	cok	az	1,2	4	4,8036	4,55
532	9	dar	dar	az	cok	az	var	cok	cok	1,1	4	4,4033	4,55
533	9	dar	dar	az	cok	az	yok	az	az	1,1	4	4,4033	4,55

534	9	dar	dar	az	cok	az	yok	az	cok	1	4	4,003	3,75
535	9	dar	dar	az	cok	az	yok	cok	az	1,2	4	4,8036	4,55
536	9	dar	dar	az	cok	az	yok	cok	cok	1,1	4	4,4033	4,55
537	9	dar	dar	az	cok	cok	var	az	az	1	4	4,003	3,75
538	9	dar	dar	az	cok	cok	var	az	cok	1	4	4,003	3,75
539	9	dar	dar	az	cok	cok	var	cok	az	1,2	4	4,8036	4,55
540	9	dar	dar	az	cok	cok	var	cok	cok	1,1	4	4,4033	4,55
541	9	dar	dar	az	cok	cok	yok	az	az	1,1	4	4,4033	4,55
542	9	dar	dar	az	cok	cok	yok	az	cok	1,1	4	4,4033	4,55
543	9	dar	dar	az	cok	cok	yok	cok	az	1,3	4	5,2039	5,28
544	9	dar	dar	az	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	4	4,8036	4,55
545	9	dar	dar	cok	az	az	var	az	az	1	4,6	4,643	4,57
546	9	dar	dar	cok	az	az	var	az	cok	1	4,6	4,643	4,57
547	9	dar	dar	cok	az	az	var	cok	az	1,2	4,6	5,5716	5,37
548	9	dar	dar	cok	az	az	var	cok	cok	1,1	4,6	5,1073	5,29
549	9	dar	dar	cok	az	az	yok	az	az	1,1	4,6	5,1073	5,29
550	9	dar	dar	cok	az	az	yok	az	cok	1	4,6	4,643	4,96
551	9	dar	dar	cok	az	az	yok	cok	az	1,2	4,6	5,5716	5,44
552	9	dar	dar	cok	az	az	yok	cok	cok	1,1	4,6	5,1073	5,29
553	9	dar	dar	cok	az	cok	var	az	az	1	4,6	4,643	4,57
554	9	dar	dar	cok	az	cok	var	az	cok	1	4,6	4,643	4,57
555	9	dar	dar	cok	az	cok	var	cok	az	1,2	4,6	5,5716	5,37
556	9	dar	dar	cok	az	cok	var	cok	cok	1,1	4,6	5,1073	5,29
557	9	dar	dar	cok	az	cok	yok	az	az	1,1	4,6	5,1073	5,29
558	9	dar	dar	cok	az	cok	yok	az	cok	1,1	4,6	5,1073	5,29
559	9	dar	dar	cok	az	cok	yok	cok	az	1,3	4,6	6,0359	6,08
560	9	dar	dar	cok	az	cok	yok	cok	cok	1,2	4,6	5,5716	5,37
561	9	dar	dar	cok	cok	az	var	az	az	1	6	5,969	6,08
562	9	dar	dar	cok	cok	az	var	az	cok	1	6	5,969	6,08
563	9	dar	dar	cok	cok	az	var	cok	az	1,2	6	7,1628	6,95
564	9	dar	dar	cok	cok	az	var	cok	cok	1,1	6	6,5659	6,88
565	9	dar	dar	cok	cok	az	yok	az	az	1,1	6	6,5659	6,88
566	9	dar	dar	cok	cok	az	yok	az	cok	1	6	5,969	6,08
567	9	dar	dar	cok	cok	az	yok	cok	az	1,2	6	7,1628	6,95
568	9	dar	dar	cok	cok	az	yok	cok	cok	1,1	6	6,5659	6,88
569	9	dar	dar	cok	cok	cok	var	az	az	1	6	5,969	6,08
570	9	dar	dar	cok	cok	cok	var	az	cok	1	6	5,969	6,08
571	9	dar	dar	cok	cok	cok	var	cok	az	1,2	6	7,1628	6,95
572	9	dar	dar	cok	cok	cok	var	cok	cok	1,1	6	6,5659	6,88
573	9	dar	dar	cok	cok	cok	yok	az	az	1,1	6	6,5659	6,88
574	9	dar	dar	cok	cok	cok	yok	az	cok	1,1	6	6,5659	6,88
575	9	dar	dar	cok	cok	cok	yok	cok	az	1,3	6	7,7597	7,4

576	9	dar	dar	cok	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	6	7,1628	6,95
577	9	dar	geniş	az	az	az	var	az	az	1	1,9	1,943	2,15
578	9	dar	geniş	az	az	az	var	az	cok	1	1,9	1,943	2,15
579	9	dar	geniş	az	az	az	var	cok	az	1,2	1,9	2,3316	2,16
580	9	dar	geniş	az	az	az	var	cok	cok	1,1	1,9	2,1373	2,16
581	9	dar	geniş	az	az	az	yok	az	az	1,1	1,9	2,1373	2,16
582	9	dar	geniş	az	az	az	yok	az	cok	1	1,9	1,943	2,15
583	9	dar	geniş	az	az	az	yok	cok	az	1,2	1,9	2,3316	2,17
584	9	dar	geniş	az	az	az	yok	cok	cok	1,1	1,9	2,1373	2,16
585	9	dar	geniş	az	az	cok	var	az	az	1	1,9	1,943	2,15
586	9	dar	geniş	az	az	cok	var	az	cok	1	1,9	1,943	2,15
587	9	dar	geniş	az	az	cok	var	cok	az	1,2	1,9	2,3316	2,16
588	9	dar	geniş	az	az	cok	var	cok	cok	1,1	1,9	2,1373	2,16
589	9	dar	geniş	az	az	cok	yok	az	az	1,1	1,9	2,1373	2,16
590	9	dar	geniş	az	az	cok	yok	az	cok	1,1	1,9	2,1373	2,16
591	9	dar	geniş	az	az	cok	yok	cok	az	1,3	1,9	2,5259	2,16
592	9	dar	geniş	az	az	cok	yok	cok	cok	1,2	1,9	2,3316	2,16
593	9	dar	geniş	az	cok	az	var	az	az	1	2,5	2,499	2,15
594	9	dar	geniş	az	cok	az	var	az	cok	1	2,5	2,499	2,15
595	9	dar	geniş	az	cok	az	var	cok	az	1,2	2,5	2,9988	2,95
596	9	dar	geniş	az	cok	az	var	cok	cok	1,1	2,5	2,7489	2,95
597	9	dar	geniş	az	cok	az	yok	az	az	1,1	2,5	2,7489	2,95
598	9	dar	geniş	az	cok	az	yok	az	cok	1	2,5	2,499	2,15
599	9	dar	geniş	az	cok	az	yok	cok	az	1,2	2,5	2,9988	3,35
600	9	dar	geniş	az	cok	az	yok	cok	cok	1,1	2,5	2,7489	2,95
601	9	dar	geniş	az	cok	cok	var	az	az	1	2,5	2,499	2,15
602	9	dar	geniş	az	cok	cok	var	az	cok	1	2,5	2,499	2,15
603	9	dar	geniş	az	cok	cok	var	cok	az	1,2	2,5	2,9988	2,95
604	9	dar	geniş	az	cok	cok	var	cok	cok	1,1	2,5	2,7489	2,95
605	9	dar	geniş	az	cok	cok	yok	az	az	1,1	2,5	2,7489	2,95
606	9	dar	geniş	az	cok	cok	yok	az	cok	1,1	2,5	2,7489	2,95
607	9	dar	geniş	az	cok	cok	yok	cok	az	1,3	2,5	3,2487	2,95
608	9	dar	geniş	az	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	2,5	2,9988	2,95
609	9	dar	geniş	cok	az	az	var	az	az	1	2,9	2,898	2,95
610	9	dar	geniş	cok	az	az	var	az	cok	1	2,9	2,898	2,95
611	9	dar	geniş	cok	az	az	var	cok	az	1,2	2,9	3,4776	3,68
612	9	dar	geniş	cok	az	az	var	cok	cok	1,1	2,9	3,1878	2,95
613	9	dar	geniş	cok	az	az	yok	az	az	1,1	2,9	3,1878	2,95
614	9	dar	geniş	cok	az	az	yok	az	cok	1	2,9	2,898	2,95
615	9	dar	geniş	cok	az	az	yok	cok	az	1,2	2,9	3,4776	3,68
616	9	dar	geniş	cok	az	az	yok	cok	cok	1,1	2,9	3,1878	2,95
617	9	dar	geniş	cok	az	cok	var	az	az	1	2,9	2,898	2,95

618	9	dar	geniş	cok	az	cok	var	az	cok	1	2,9	2,898	2,95
619	9	dar	geniş	cok	az	cok	var	cok	az	1,2	2,9	3,4776	3,68
620	9	dar	geniş	cok	az	cok	var	cok	cok	1,1	2,9	3,1878	2,95
621	9	dar	geniş	cok	az	cok	yok	az	az	1,1	2,9	3,1878	2,95
622	9	dar	geniş	cok	az	cok	yok	az	cok	1,1	2,9	3,1878	2,95
623	9	dar	geniş	cok	az	cok	yok	cok	az	1,3	2,9	3,7674	3,75
624	9	dar	geniş	cok	az	cok	yok	cok	cok	1,2	2,9	3,4776	3,68
625	9	dar	geniş	cok	cok	az	var	az	az	1	3,7	3,726	3,75
626	9	dar	geniş	cok	cok	az	var	az	cok	1	3,7	3,726	3,75
627	9	dar	geniş	cok	cok	az	var	cok	az	1,2	3,7	4,4712	4,55
628	9	dar	geniş	cok	cok	az	var	cok	cok	1,1	3,7	4,0986	3,75
629	9	dar	geniş	cok	cok	az	yok	az	az	1,1	3,7	4,0986	3,75
630	9	dar	geniş	cok	cok	az	yok	az	cok	1	3,7	3,726	3,75
631	9	dar	geniş	cok	cok	az	yok	cok	az	1,2	3,7	4,4712	4,55
632	9	dar	geniş	cok	cok	az	yok	cok	cok	1,1	3,7	4,0986	3,75
633	9	dar	geniş	cok	cok	cok	var	az	az	1	3,7	3,726	3,75
634	9	dar	geniş	cok	cok	cok	var	az	cok	1	3,7	3,726	3,75
635	9	dar	geniş	cok	cok	cok	var	cok	az	1,2	3,7	4,4712	4,55
636	9	dar	geniş	cok	cok	cok	var	cok	cok	1,1	3,7	4,0986	3,75
637	9	dar	geniş	cok	cok	cok	yok	az	az	1,1	3,7	4,0986	3,75
638	9	dar	geniş	cok	cok	cok	yok	az	cok	1,1	3,7	4,0986	3,75
639	9	dar	geniş	cok	cok	cok	yok	cok	az	1,3	3,7	4,8438	4,55
640	9	dar	geniş	cok	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	3,7	4,4712	4,55
641	9	geniş	dar	az	az	az	var	az	az	1	2,4	2,418	2,16
642	9	geniş	dar	az	az	az	var	az	cok	1	2,4	2,418	2,16
643	9	geniş	dar	az	az	az	var	cok	az	1,2	2,4	2,9016	2,96
644	9	geniş	dar	az	az	az	var	cok	cok	1,1	2,4	2,6598	2,89
645	9	geniş	dar	az	az	az	yok	az	az	1,1	2,4	2,6598	2,89
646	9	geniş	dar	az	az	az	yok	az	cok	1	2,4	2,418	2,16
647	9	geniş	dar	az	az	az	yok	cok	az	1,2	2,4	2,9016	2,96
648	9	geniş	dar	az	az	az	yok	cok	cok	1,1	2,4	2,6598	2,89
649	9	geniş	dar	az	az	cok	var	az	az	1	2,4	2,418	2,16
650	9	geniş	dar	az	az	cok	var	az	cok	1	2,4	2,418	2,16
651	9	geniş	dar	az	az	cok	var	cok	az	1,2	2,4	2,9016	2,96
652	9	geniş	dar	az	az	cok	var	cok	cok	1,1	2,4	2,6598	2,89
653	9	geniş	dar	az	az	cok	yok	az	az	1,1	2,4	2,6598	2,89
654	9	geniş	dar	az	az	cok	yok	az	cok	1,1	2,4	2,6598	2,89
655	9	geniş	dar	az	az	cok	yok	cok	az	1,3	2,4	3,1434	2,96
656	9	geniş	dar	az	az	cok	yok	cok	cok	1,2	2,4	2,9016	2,96
657	9	geniş	dar	az	cok	az	var	az	az	1	3,1	3,108	2,95
658	9	geniş	dar	az	cok	az	var	az	cok	1	3,1	3,108	2,95
659	9	geniş	dar	az	cok	az	var	cok	az	1,2	3,1	3,7296	3,75

660	9	geniş	dar	az	cok	az	var	cok	cok	1,1	3,1	3,4188	3,68
661	9	geniş	dar	az	cok	az	yok	az	az	1,1	3,1	3,4188	3,68
662	9	geniş	dar	az	cok	az	yok	az	cok	1	3,1	3,108	2,95
663	9	geniş	dar	az	cok	az	yok	cok	az	1,2	3,1	3,7296	3,75
664	9	geniş	dar	az	cok	az	yok	cok	cok	1,1	3,1	3,4188	3,68
665	9	geniş	dar	az	cok	cok	var	az	az	1	3,1	3,108	2,95
666	9	geniş	dar	az	cok	cok	var	az	cok	1	3,1	3,108	2,95
667	9	geniş	dar	az	cok	cok	var	cok	az	1,2	3,1	3,7296	3,75
668	9	geniş	dar	az	cok	cok	var	cok	cok	1,1	3,1	3,4188	3,68
669	9	geniş	dar	az	cok	cok	yok	az	az	1,1	3,1	3,4188	3,68
670	9	geniş	dar	az	cok	cok	yok	az	cok	1,1	3,1	3,4188	3,68
671	9	geniş	dar	az	cok	cok	yok	cok	az	1,3	3,1	4,0404	3,75
672	9	geniş	dar	az	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	3,1	3,7296	3,75
673	9	geniş	dar	cok	az	az	var	az	az	1	3,6	3,605	3,75
674	9	geniş	dar	cok	az	az	var	az	cok	1	3,6	3,605	3,75
675	9	geniş	dar	cok	az	az	var	cok	az	1,2	3,6	4,326	4,48
676	9	geniş	dar	cok	az	az	var	cok	cok	1,1	3,6	3,9655	3,77
677	9	geniş	dar	cok	az	az	yok	az	az	1,1	3,6	3,9655	3,77
678	9	geniş	dar	cok	az	az	yok	az	cok	1	3,6	3,605	3,75
679	9	geniş	dar	cok	az	az	yok	cok	az	1,2	3,6	4,326	4,48
680	9	geniş	dar	cok	az	az	yok	cok	cok	1,1	3,6	3,9655	3,77
681	9	geniş	dar	cok	az	cok	var	az	az	1	3,6	3,605	3,75
682	9	geniş	dar	cok	az	cok	var	az	cok	1	3,6	3,605	3,75
683	9	geniş	dar	cok	az	cok	var	cok	az	1,2	3,6	4,326	4,48
684	9	geniş	dar	cok	az	cok	var	cok	cok	1,1	3,6	3,9655	3,77
685	9	geniş	dar	cok	az	cok	yok	az	az	1,1	3,6	3,9655	3,77
686	9	geniş	dar	cok	az	cok	yok	az	cok	1,1	3,6	3,9655	3,77
687	9	geniş	dar	cok	az	cok	yok	cok	az	1,3	3,6	4,6865	4,57
688	9	geniş	dar	cok	az	cok	yok	cok	cok	1,2	3,6	4,326	4,48
689	9	geniş	dar	cok	cok	az	var	az	az	1	4,6	4,635	4,55
690	9	geniş	dar	cok	cok	az	var	az	cok	1	4,6	4,635	4,55
691	9	geniş	dar	cok	cok	az	var	cok	az	1,2	4,6	5,562	5,35
692	9	geniş	dar	cok	cok	az	var	cok	cok	1,1	4,6	5,0985	5,28
693	9	geniş	dar	cok	cok	az	yok	az	az	1,1	4,6	5,0985	5,28
694	9	geniş	dar	cok	cok	az	yok	az	cok	1	4,6	4,635	4,55
695	9	geniş	dar	cok	cok	az	yok	cok	az	1,2	4,6	5,562	5,35
696	9	geniş	dar	cok	cok	az	yok	cok	cok	1,1	4,6	5,0985	5,28
697	9	geniş	dar	cok	cok	cok	var	az	az	1	4,6	4,635	4,55
698	9	geniş	dar	cok	cok	cok	var	az	cok	1	4,6	4,635	4,55
699	9	geniş	dar	cok	cok	cok	var	cok	az	1,2	4,6	5,562	5,35
700	9	geniş	dar	cok	cok	cok	var	cok	cok	1,1	4,6	5,0985	5,28
701	9	geniş	dar	cok	cok	cok	yok	az	az	1,1	4,6	5,0985	5,28

702	9	geniş	dar	cok	cok	cok	yok	az	cok	1,1	4,6	5,0985	5,28
703	9	geniş	dar	cok	cok	cok	yok	cok	az	1,3	4,6	6,0255	6,08
704	9	geniş	dar	cok	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	4,6	5,562	5,35
705	9	geniş	geniş	az	az	az	var	az	az	1	1,5	1,509	1,61
706	9	geniş	geniş	az	az	az	var	az	cok	1	1,5	1,509	1,61
707	9	geniş	geniş	az	az	az	var	cok	az	1,2	1,5	1,8108	2,15
708	9	geniş	geniş	az	az	az	var	cok	cok	1,1	1,5	1,6599	1,61
709	9	geniş	geniş	az	az	az	yok	az	az	1,1	1,5	1,6599	1,61
710	9	geniş	geniş	az	az	az	yok	az	cok	1	1,5	1,509	1,61
711	9	geniş	geniş	az	az	az	yok	cok	az	1,2	1,5	1,8108	2,15
712	9	geniş	geniş	az	az	az	yok	cok	cok	1,1	1,5	1,6599	1,61
713	9	geniş	geniş	az	az	cok	var	az	az	1	1,5	1,509	1,61
714	9	geniş	geniş	az	az	cok	var	az	cok	1	1,5	1,509	1,61
715	9	geniş	geniş	az	az	cok	var	cok	az	1,2	1,5	1,8108	2,15
716	9	geniş	geniş	az	az	cok	var	cok	cok	1,1	1,5	1,6599	1,61
717	9	geniş	geniş	az	az	cok	yok	az	az	1,1	1,5	1,6599	1,61
718	9	geniş	geniş	az	az	cok	yok	az	cok	1,1	1,5	1,6599	1,61
719	9	geniş	geniş	az	az	cok	yok	cok	az	1,3	1,5	1,9617	2,15
720	9	geniş	geniş	az	az	cok	yok	cok	cok	1,2	1,5	1,8108	2,15
721	9	geniş	geniş	az	cok	az	var	az	az	1	1,9	1,94	2,15
722	9	geniş	geniş	az	cok	az	var	az	cok	1	1,9	1,94	2,15
723	9	geniş	geniş	az	cok	az	var	cok	az	1,2	1,9	2,328	2,15
724	9	geniş	geniş	az	cok	az	var	cok	cok	1,1	1,9	2,134	2,15
725	9	geniş	geniş	az	cok	az	yok	az	az	1,1	1,9	2,134	2,15
726	9	geniş	geniş	az	cok	az	yok	az	cok	1	1,9	1,94	2,15
727	9	geniş	geniş	az	cok	az	yok	cok	az	1,2	1,9	2,328	2,15
728	9	geniş	geniş	az	cok	az	yok	cok	cok	1,1	1,9	2,134	2,15
729	9	geniş	geniş	az	cok	cok	var	az	az	1	1,9	1,94	2,15
730	9	geniş	geniş	az	cok	cok	var	az	cok	1	1,9	1,94	2,15
731	9	geniş	geniş	az	cok	cok	var	cok	az	1,2	1,9	2,328	2,15
732	9	geniş	geniş	az	cok	cok	var	cok	cok	1,1	1,9	2,134	2,15
733	9	geniş	geniş	az	cok	cok	yok	az	az	1,1	1,9	2,134	2,15
734	9	geniş	geniş	az	cok	cok	yok	az	cok	1,1	1,9	2,134	2,15
735	9	geniş	geniş	az	cok	cok	yok	cok	az	1,3	1,9	2,522	2,15
736	9	geniş	geniş	az	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	1,9	2,328	2,15
737	9	geniş	geniş	cok	az	az	var	az	az	1	2,3	2,25	2,16
738	9	geniş	geniş	cok	az	az	var	az	cok	1	2,3	2,25	2,16
739	9	geniş	geniş	cok	az	az	var	cok	az	1,2	2,3	2,7	2,94
740	9	geniş	geniş	cok	az	az	var	cok	cok	1,1	2,3	2,475	2,16
741	9	geniş	geniş	cok	az	az	yok	az	az	1,1	2,3	2,475	2,16
742	9	geniş	geniş	cok	az	az	yok	az	cok	1	2,3	2,25	2,16
743	9	geniş	geniş	cok	az	az	yok	cok	az	1,2	2,3	2,7	2,95

744	9	geniş	geniş	cok	az	az	yok	cok	cok	1,1	2,3	2,475	2,16
745	9	geniş	geniş	cok	az	cok	var	az	az	1	2,3	2,25	2,16
746	9	geniş	geniş	cok	az	cok	var	az	cok	1	2,3	2,25	2,16
747	9	geniş	geniş	cok	az	cok	var	cok	az	1,2	2,3	2,7	2,95
748	9	geniş	geniş	cok	az	cok	var	cok	cok	1,1	2,3	2,475	2,16
749	9	geniş	geniş	cok	az	cok	yok	az	az	1,1	2,3	2,475	2,16
750	9	geniş	geniş	cok	az	cok	yok	az	cok	1,1	2,3	2,475	2,16
751	9	geniş	geniş	cok	az	cok	yok	cok	az	1,3	2,3	2,925	2,95
752	9	geniş	geniş	cok	az	cok	yok	cok	cok	1,2	2,3	2,7	2,95
753	9	geniş	geniş	cok	cok	az	var	az	az	1	2,9	2,893	2,94
754	9	geniş	geniş	cok	cok	az	var	az	cok	1	2,9	2,893	2,94
755	9	geniş	geniş	cok	cok	az	var	cok	az	1,2	2,9	3,4716	2,94
756	9	geniş	geniş	cok	cok	az	var	cok	cok	1,1	2,9	3,1823	2,94
757	9	geniş	geniş	cok	cok	az	yok	az	az	1,1	2,9	3,1823	2,94
758	9	geniş	geniş	cok	cok	az	yok	az	cok	1	2,9	2,893	2,94
759	9	geniş	geniş	cok	cok	az	yok	cok	az	1,2	2,9	3,4716	3,67
760	9	geniş	geniş	cok	cok	az	yok	cok	cok	1,1	2,9	3,1823	2,94
761	9	geniş	geniş	cok	cok	cok	var	az	az	1	2,9	2,893	2,94
762	9	geniş	geniş	cok	cok	cok	var	az	cok	1	2,9	2,893	2,94
763	9	geniş	geniş	cok	cok	cok	var	cok	az	1,2	2,9	3,4716	3,67
764	9	geniş	geniş	cok	cok	cok	var	cok	cok	1,1	2,9	3,1823	2,94
765	9	geniş	geniş	cok	cok	cok	yok	az	az	1,1	2,9	3,1823	2,94
766	9	geniş	geniş	cok	cok	cok	yok	az	cok	1,1	2,9	3,1823	2,94
767	9	geniş	geniş	cok	cok	cok	yok	cok	az	1,3	2,9	3,7609	3,75
768	9	geniş	geniş	cok	cok	cok	yok	cok	cok	1,2	2,9	3,4716	3,67

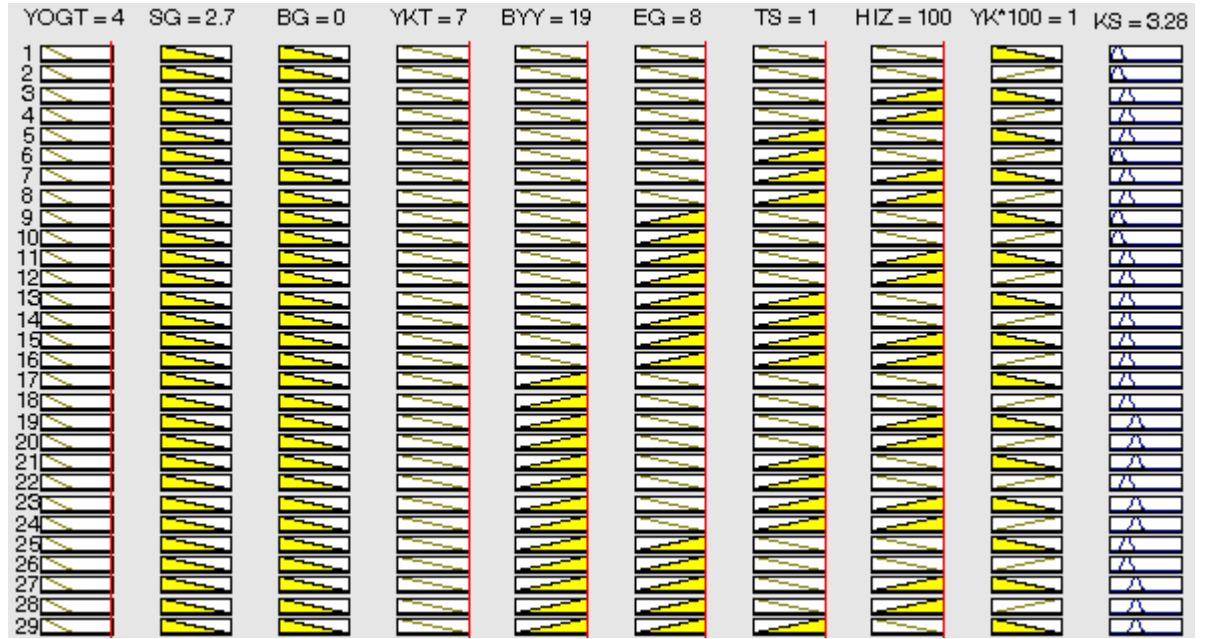
7.2 EK 2

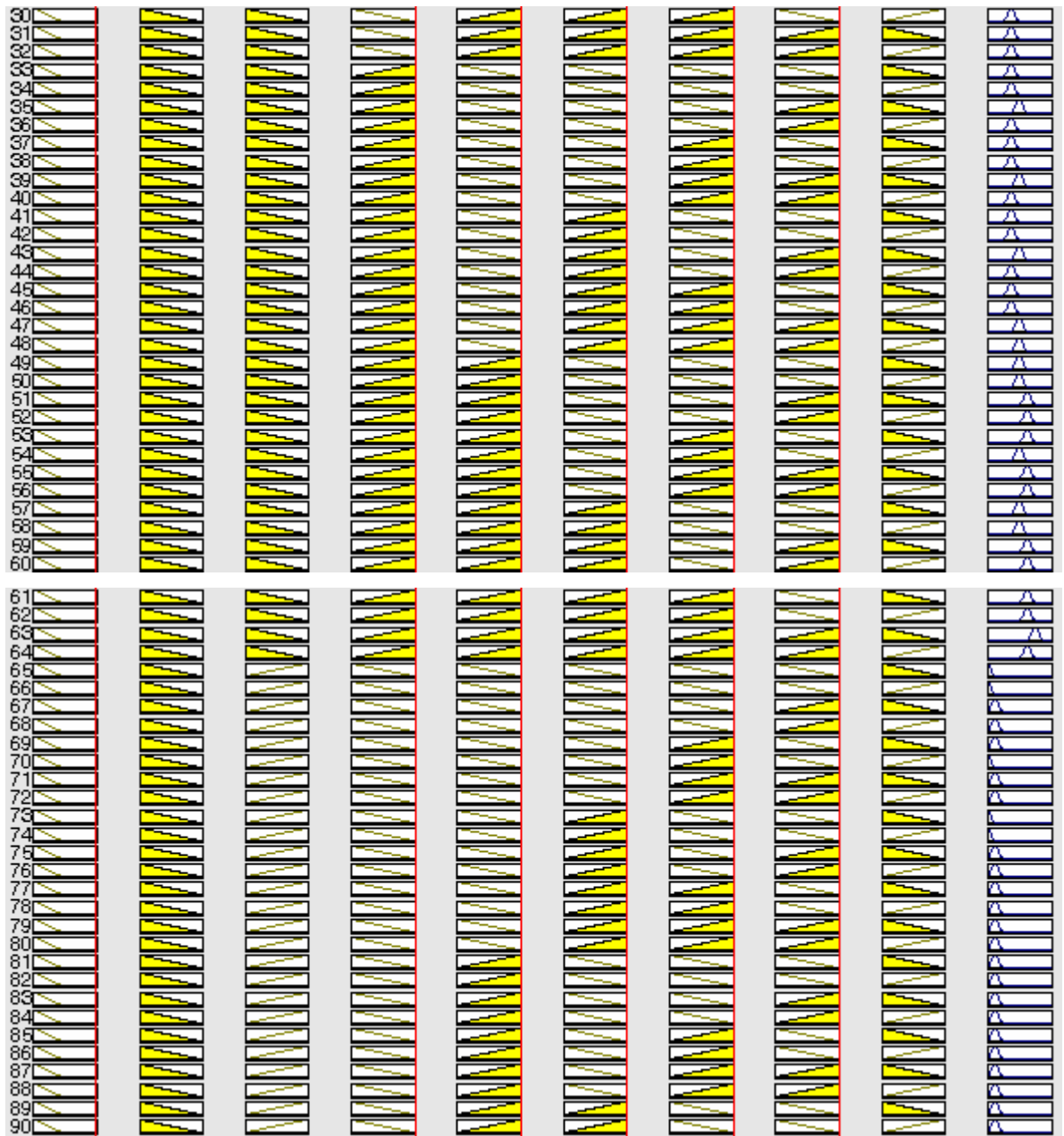
YOGT 3000-4000 tş/gün için hazırlanmış olan modelin 576. kuralının grafik gösterimi aşağıda verilmektedir (Şekil 7.2).

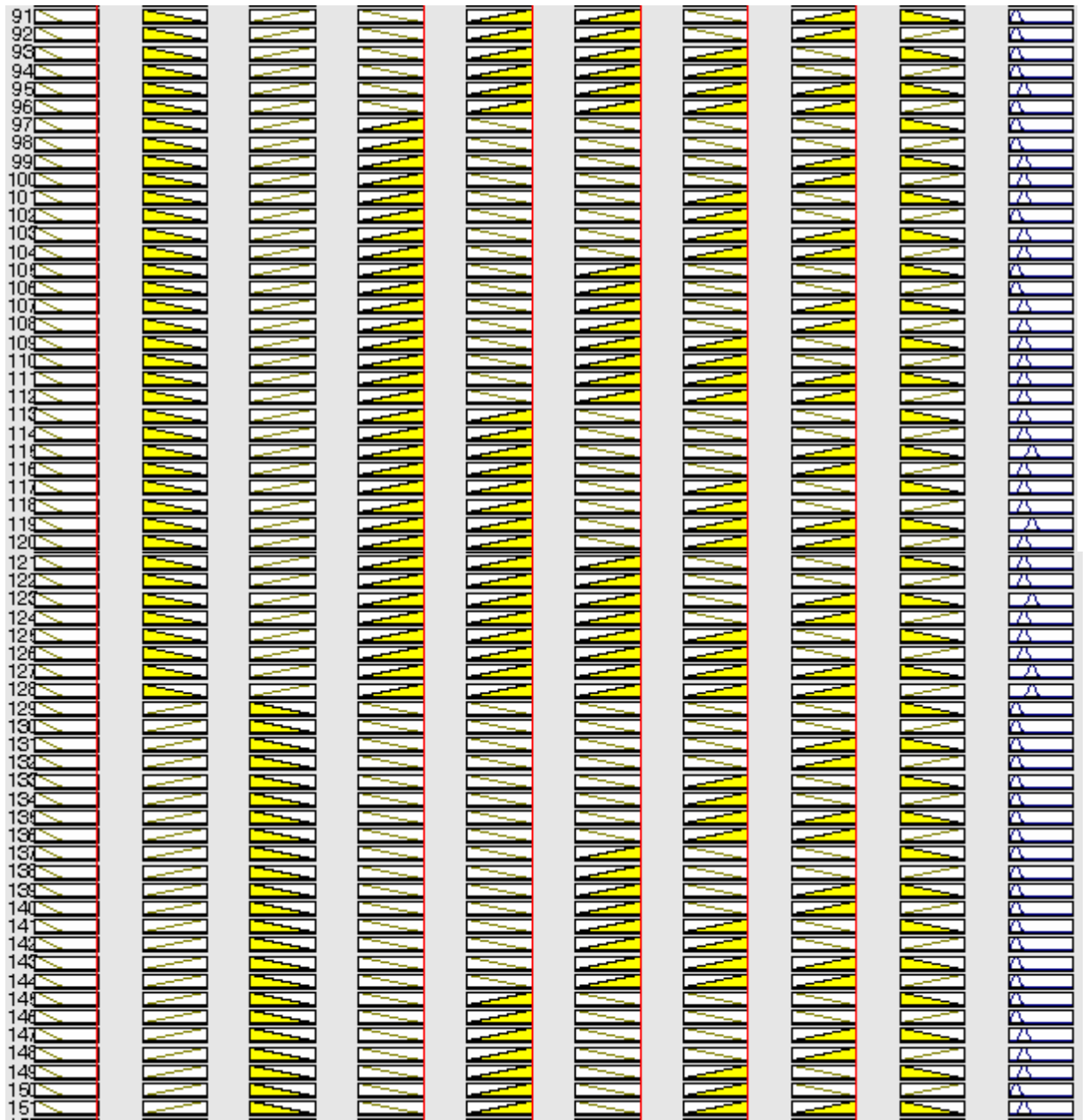
Kural 576:

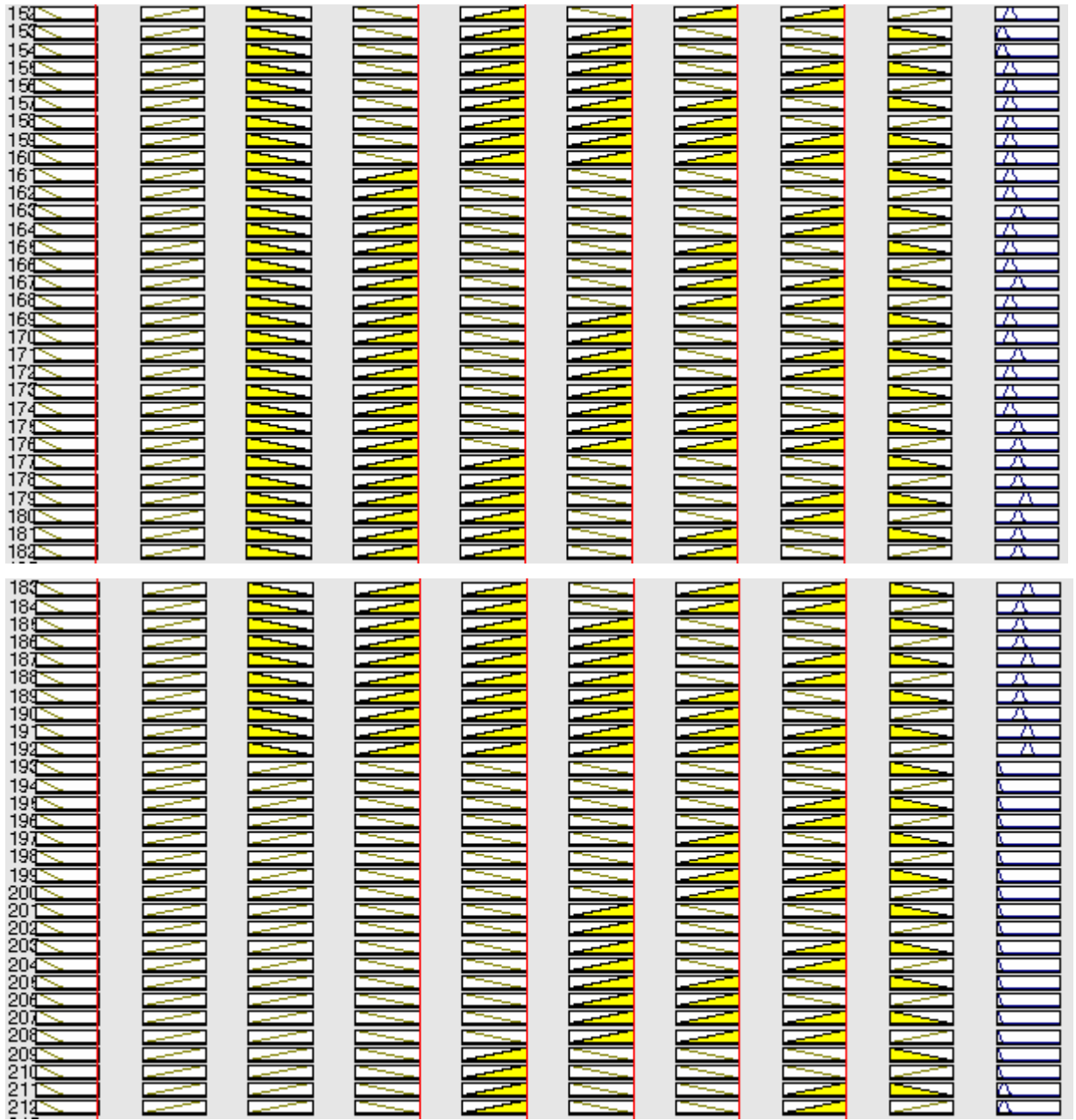
YOGT 4000 *ve* ŞG dar *ve* BG dar *ve* YKT çok *ve* BYY çok *ve* EG çok *ve* TS yok *ve* HIZ çok *ve* YK*100 az *ise* KS 9 dur.

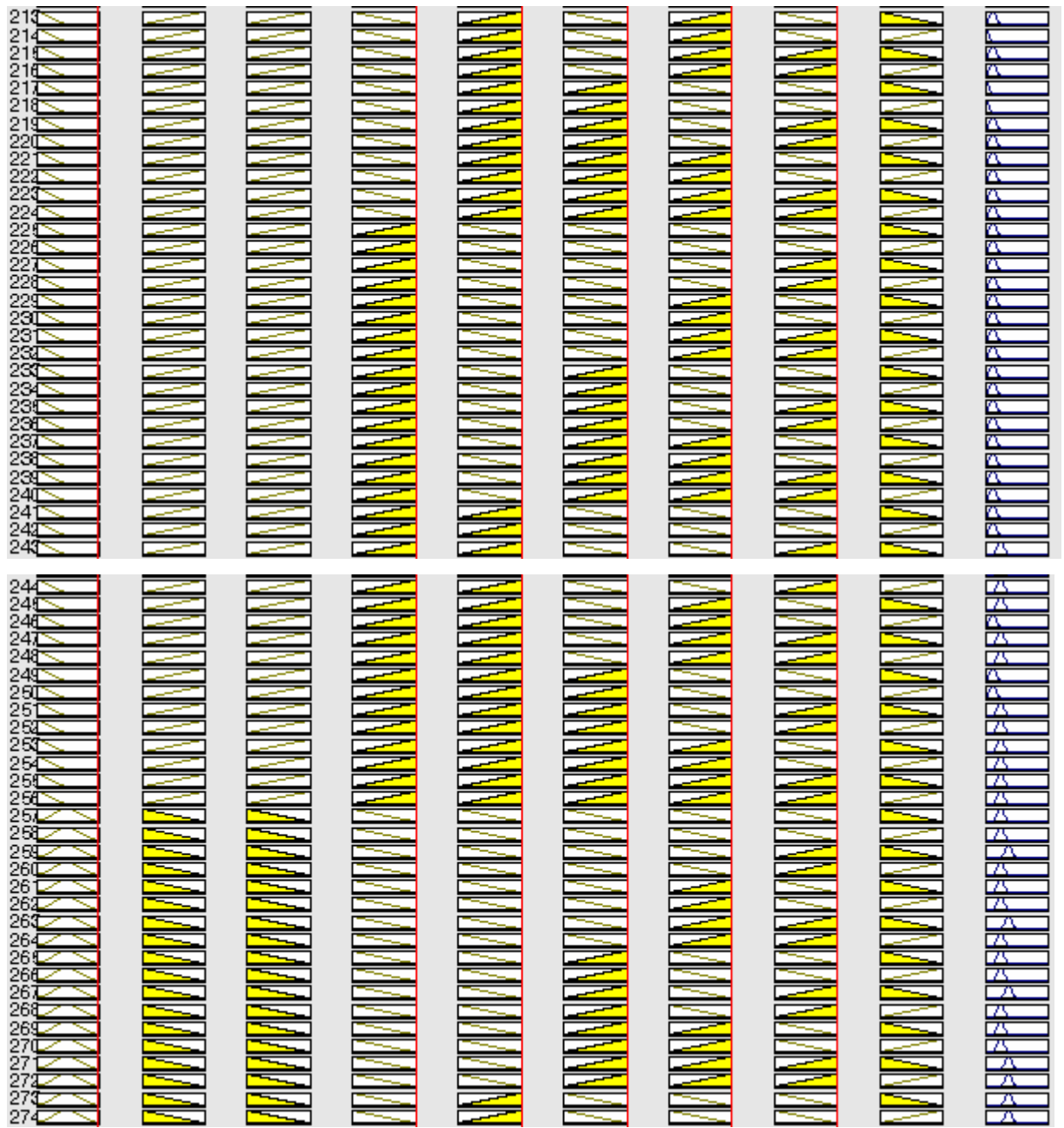
Kaza Sayısının durulaştırılmış değeri (KS 9)= 3.28 dir.

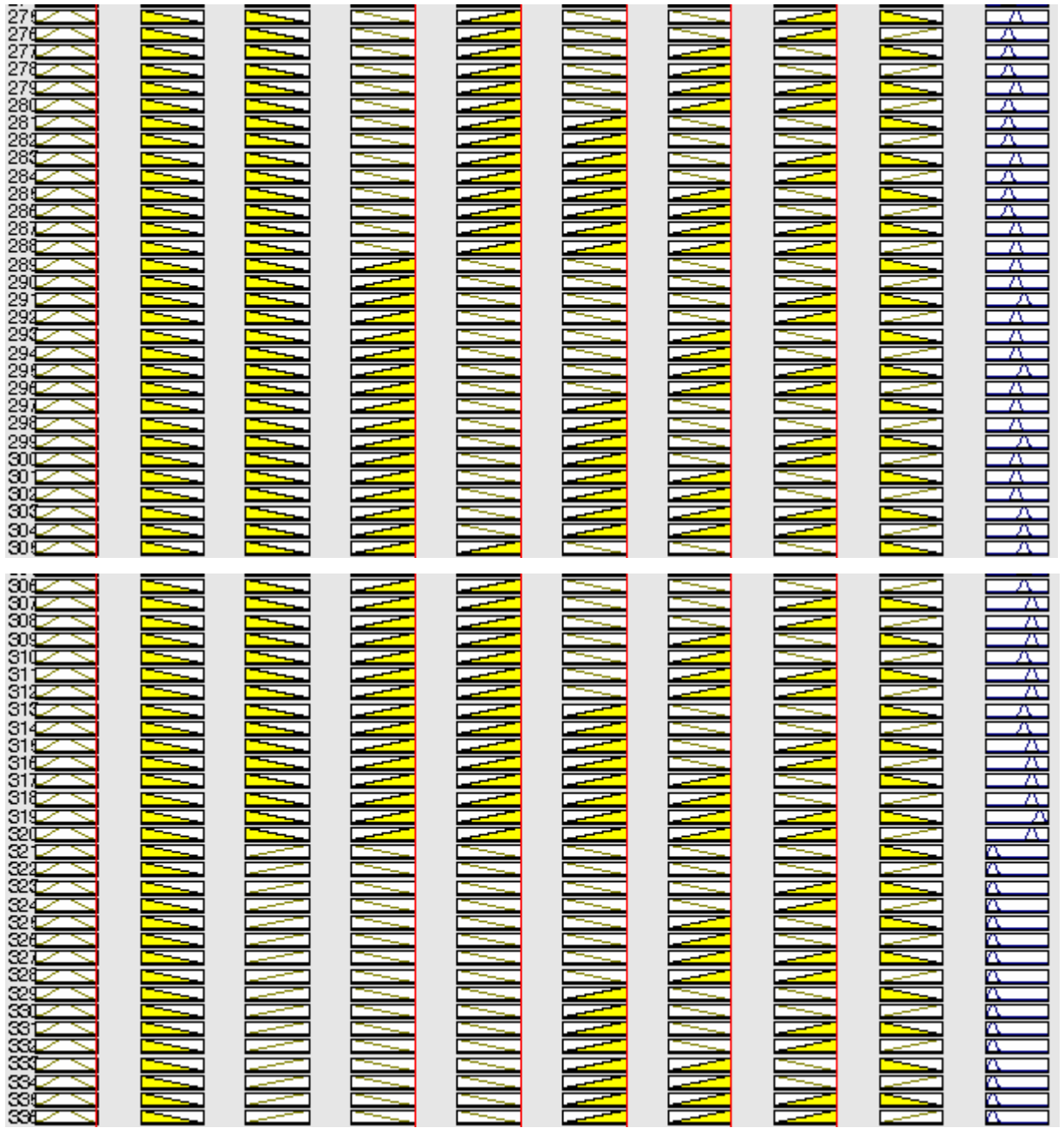


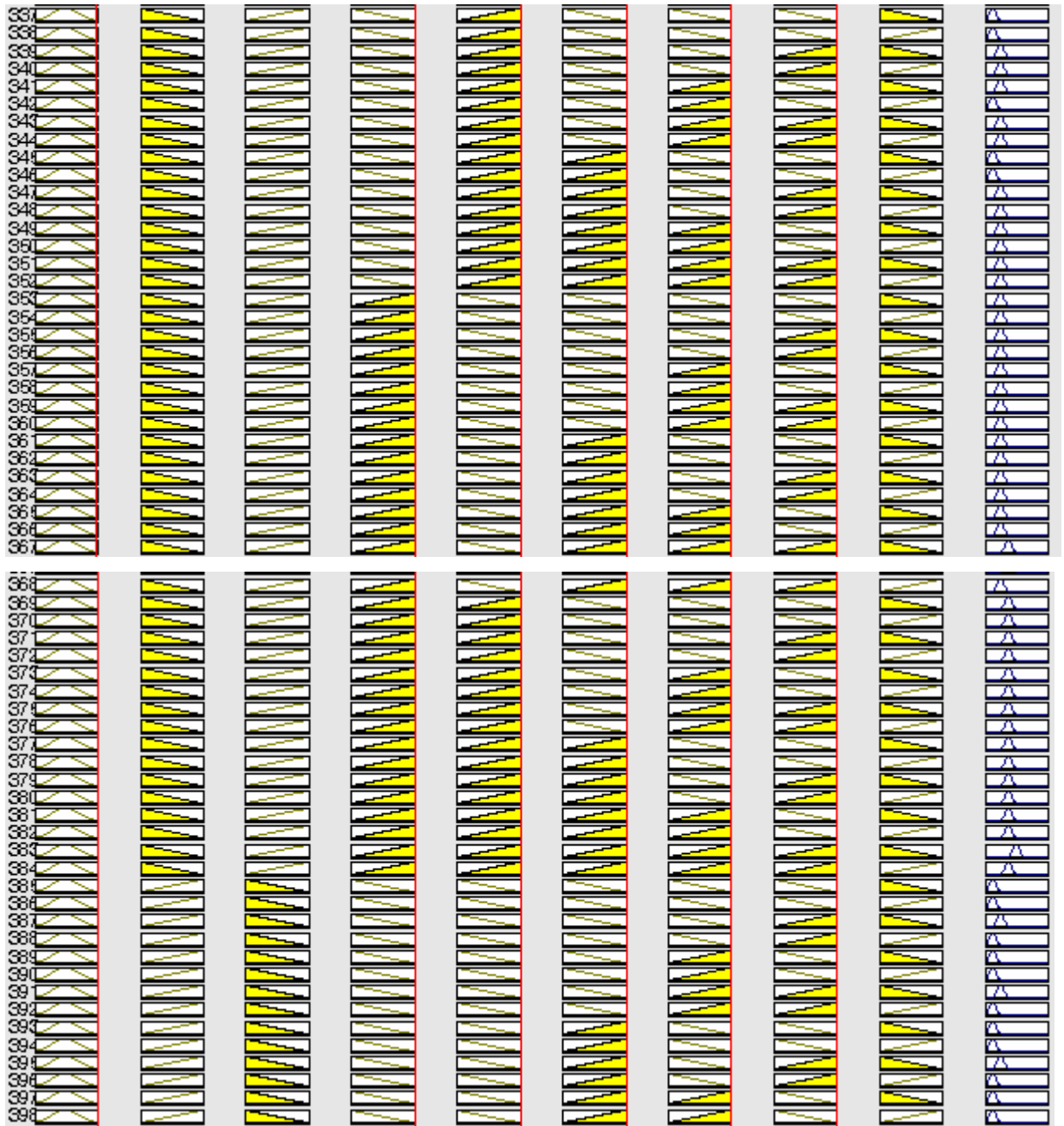


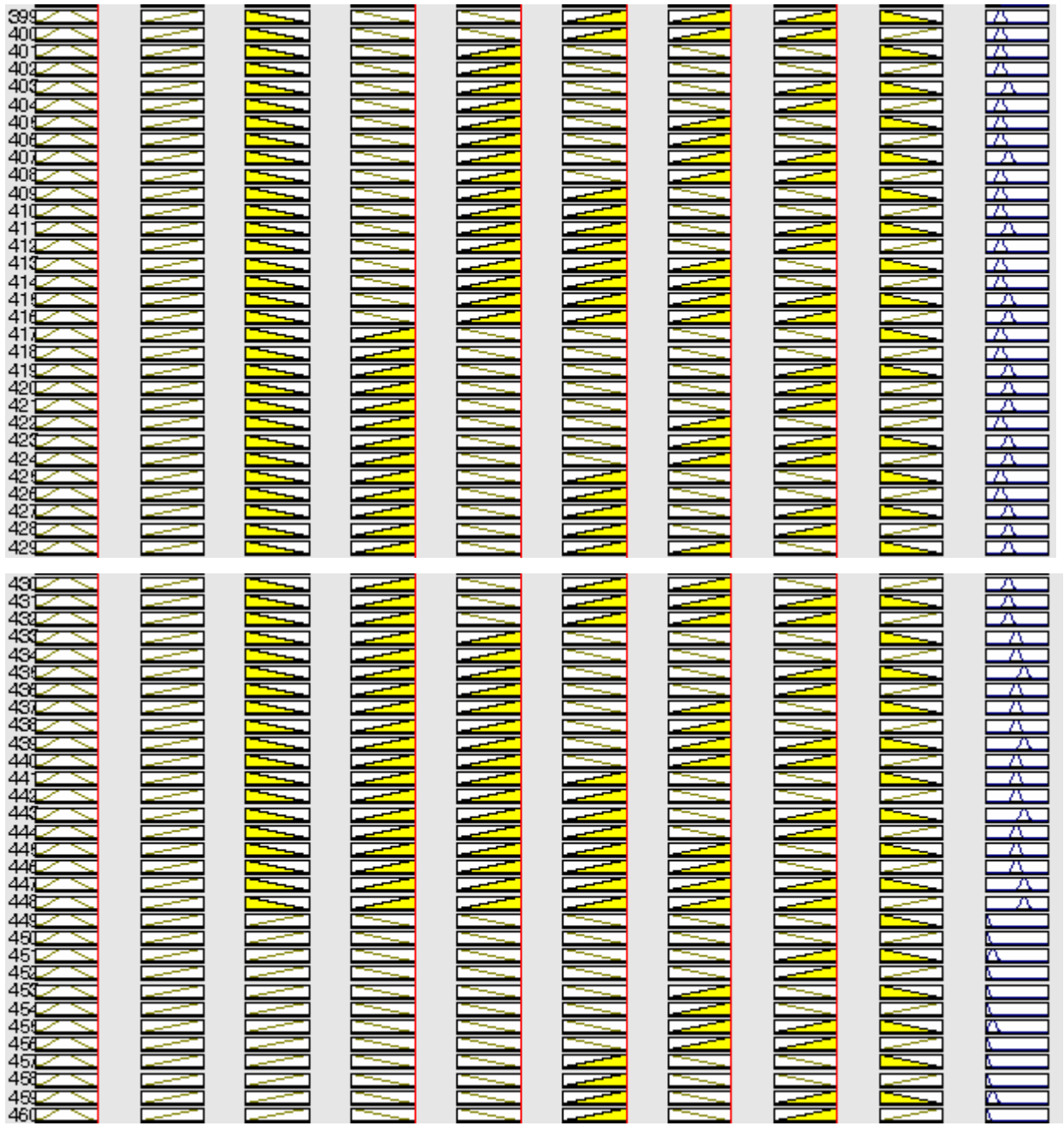


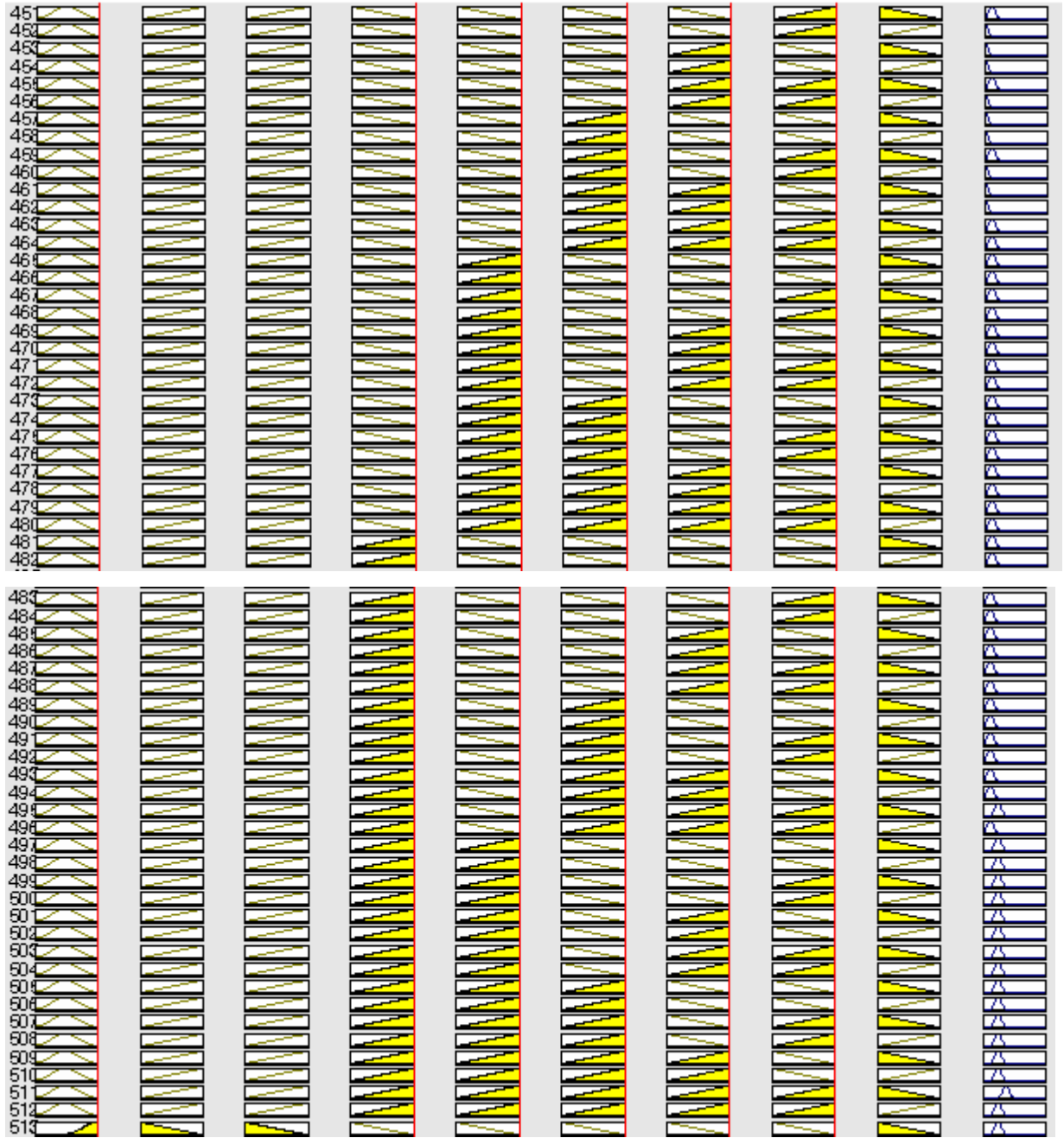


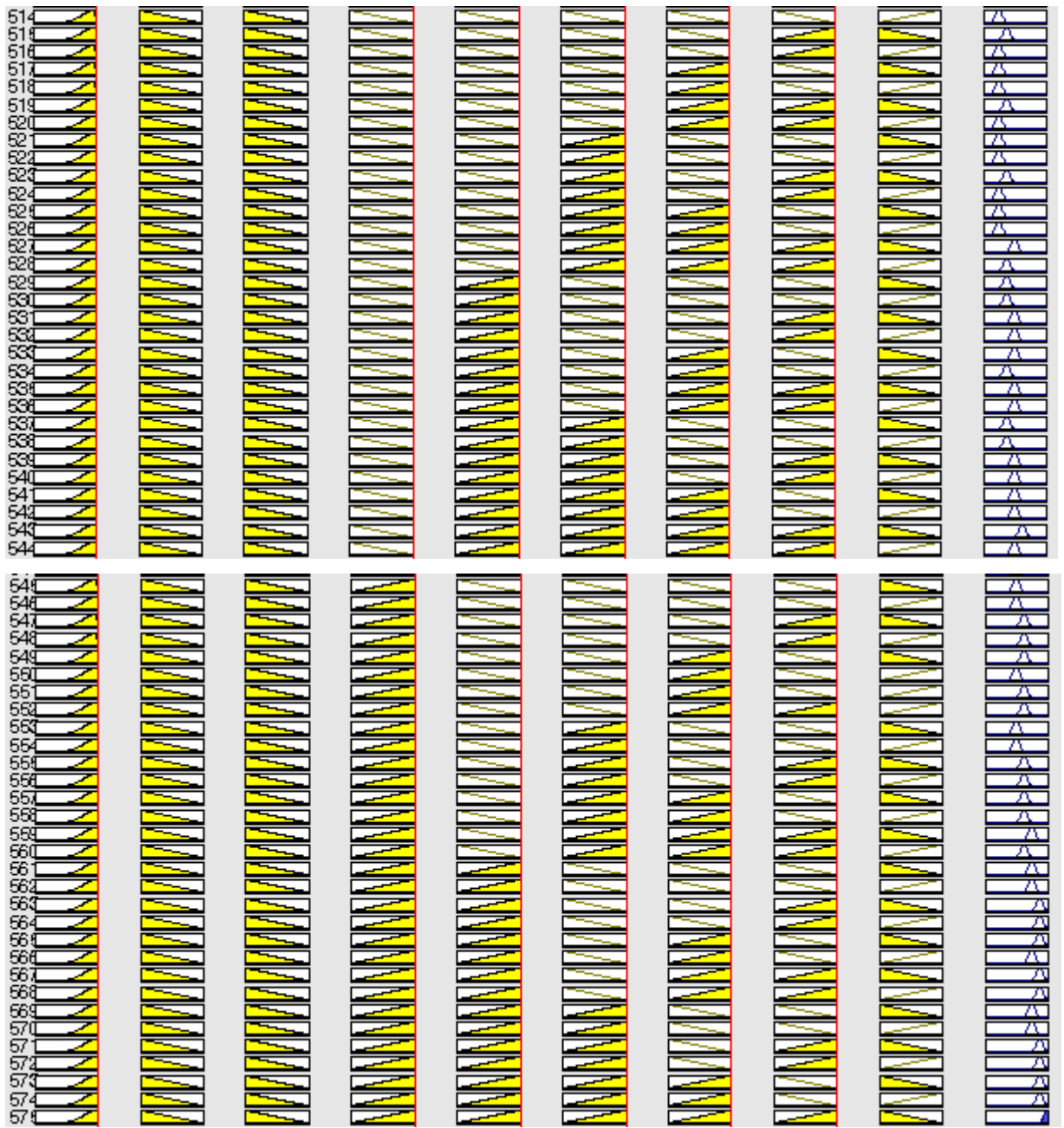


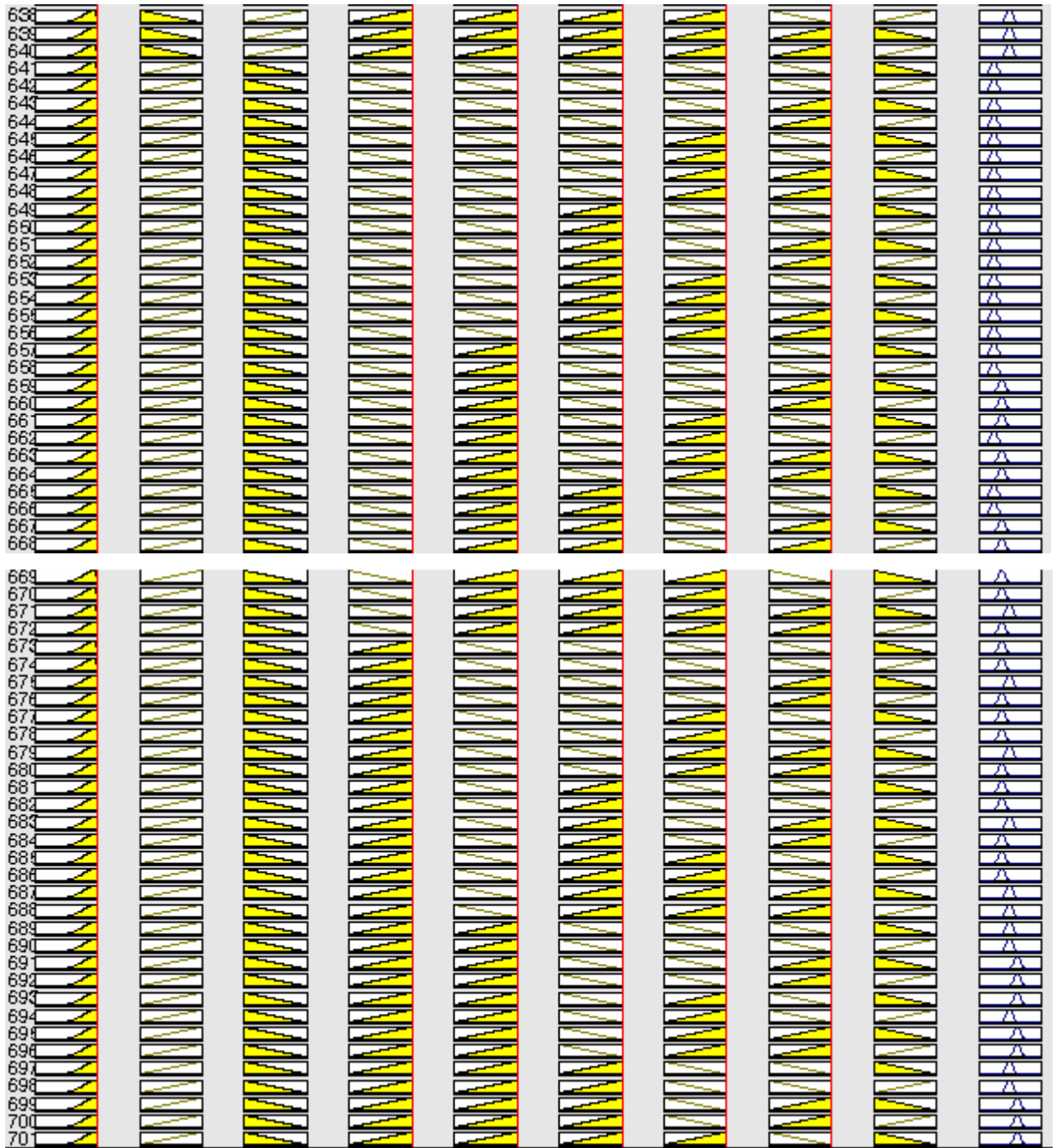


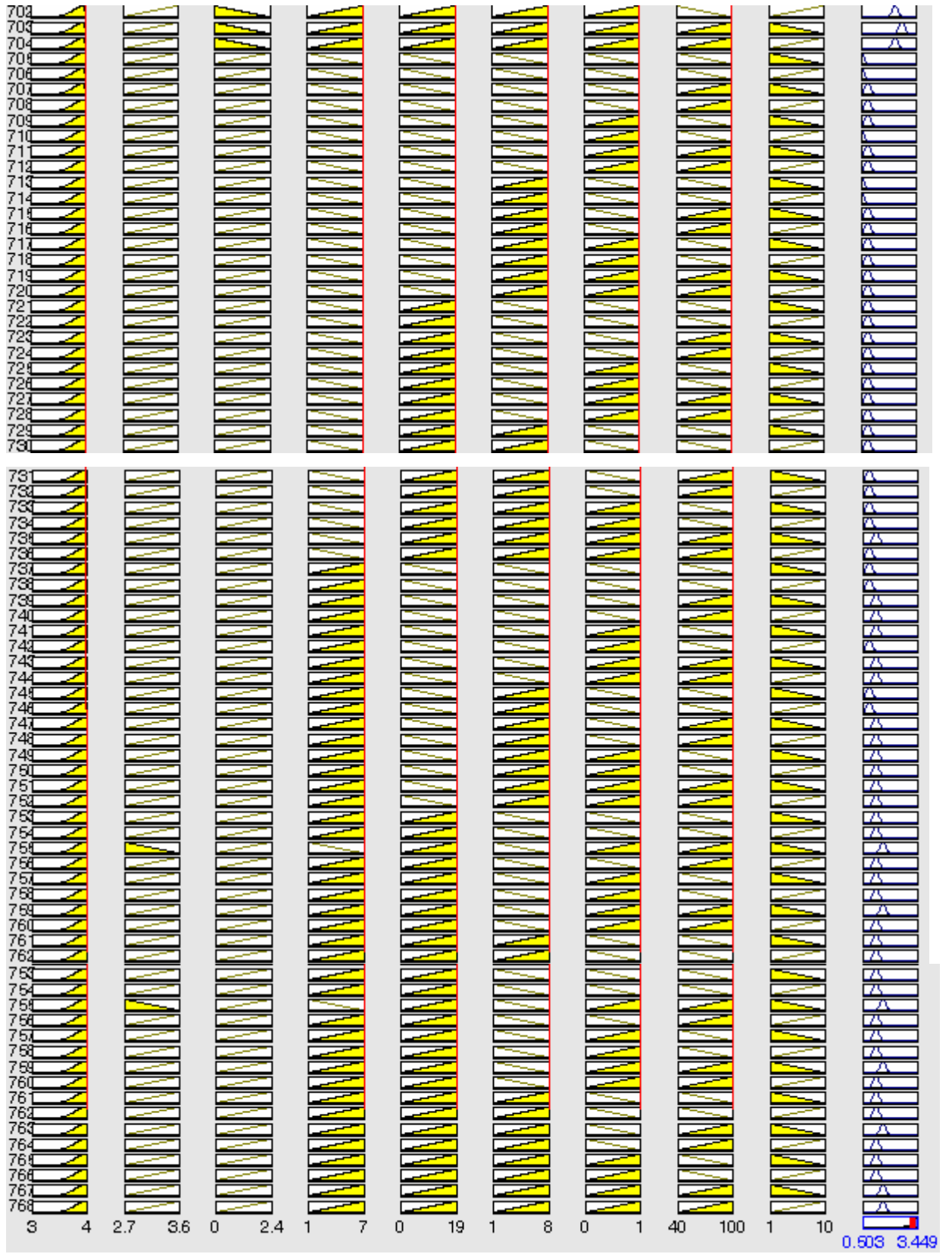








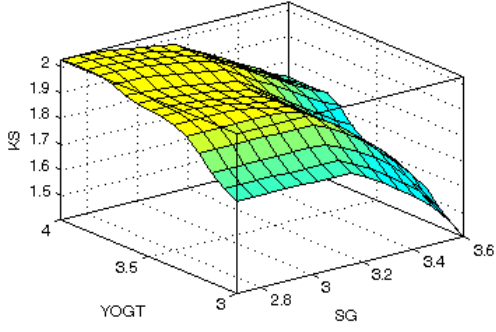




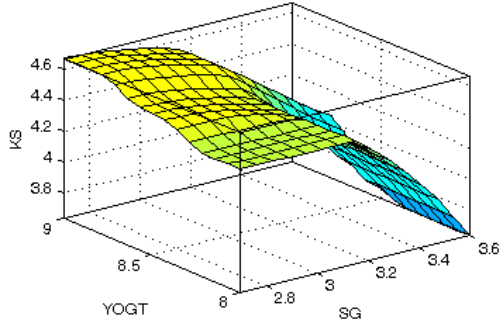
Şekil 7.2. 576. Kuralın durulaştırılması

7.3 EK 3

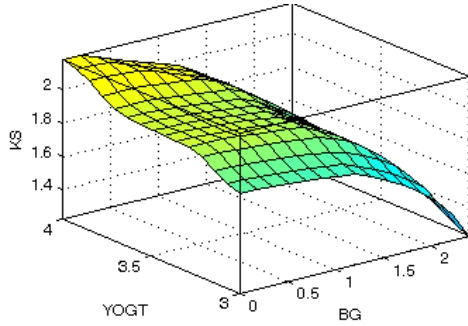
YOGT ile diğer değişkenler arasındaki kaza sayısı ilişkisini veren şekiller aşağıda gösterilmektedir:



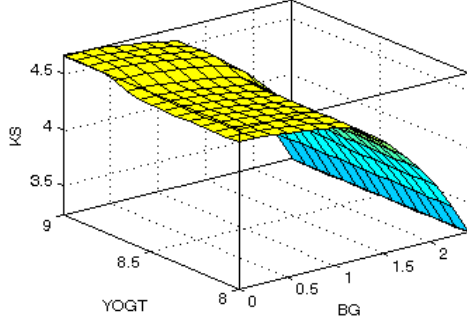
Şekil 7.2. YOGT (3000-4000 tş/gün) ile ŞG arasındaki KS ilişkisi



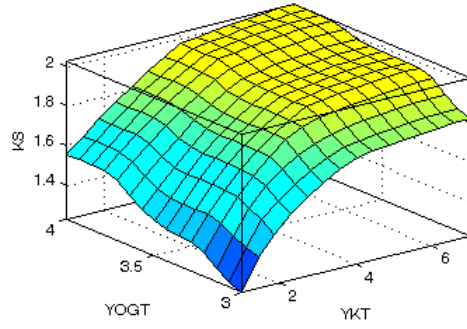
Şekil 7.3. YOGT (8000-9000 tş/gün) ile ŞG arasındaki KS ilişkisi



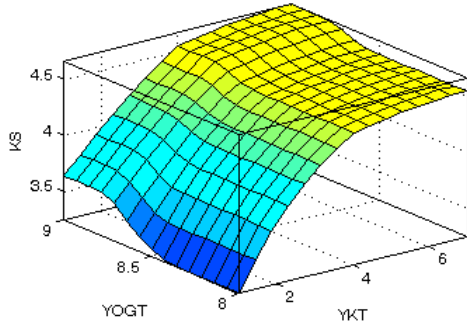
Şekil 7.4. YOGT (3000-4000 tş/gün) ile BG arasındaki KS ilişkisi



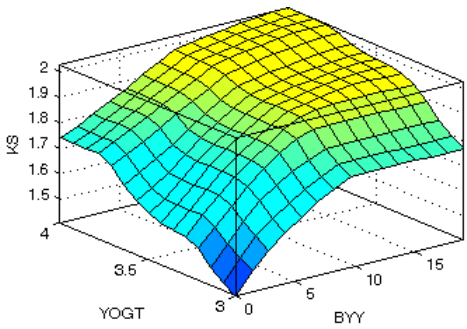
Şekil 7.5. YOGT (8000-9000 tş/gün) ile BG arasındaki KS ilişkisi



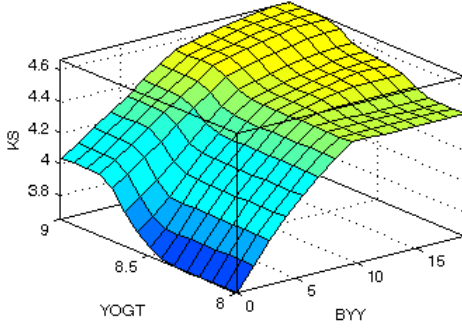
Şekil 7.6. YOGT (3000-4000 tş/gün) ile YKT arasındaki KS ilişkisi



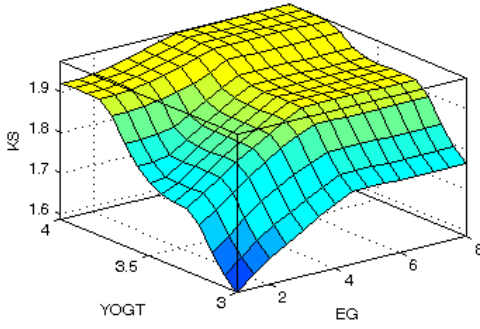
Şekil 7.7. YOGT (8000-9000 tş/gün) ile YKT arasındaki KS ilişkisi



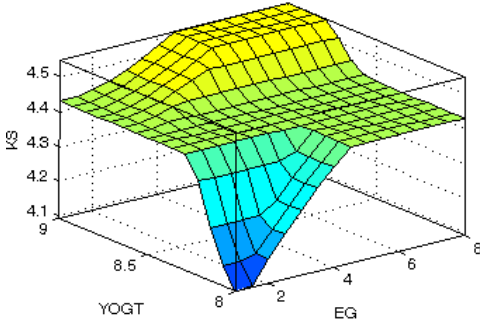
Şekil 7.8. YOGT (3000-4000 tş/gün) ile BYY arasındaki KS ilişkisi



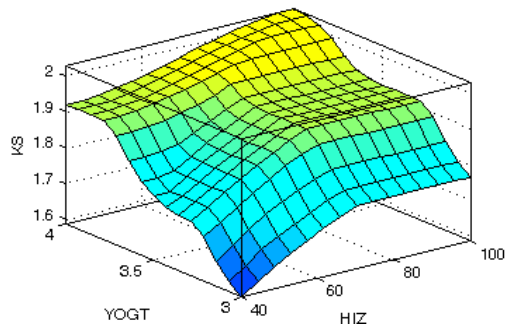
Şekil 7.9. YOGT (8000-9000 tş/gün) ile BYY arasındaki KS ilişkisi



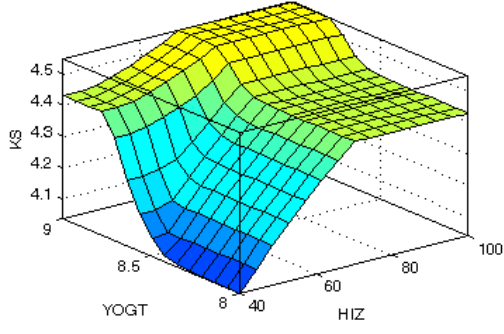
Şekil 7.10. YOGT (3000-4000 tş/gün) ile EG arasındaki KS ilişkisi



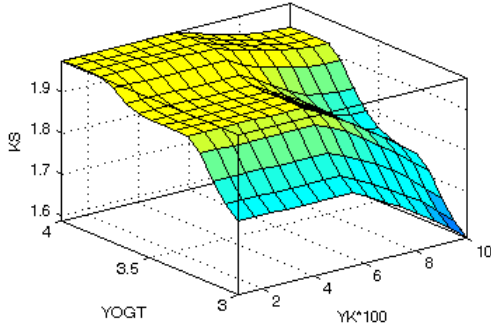
Şekil 7.11. YOGT (8000-9000 tş/gün) ile EG arasındaki KS ilişkisi



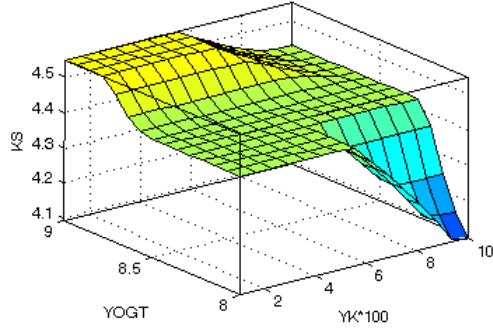
Şekil 7.12. YOGT (3000-4000 tş/gün) ile HIZ arasındaki KS ilişkisi



Şekil 7.13. YOGT (8000-9000 tş/gün) ile HIZ arasındaki KS ilişkisi

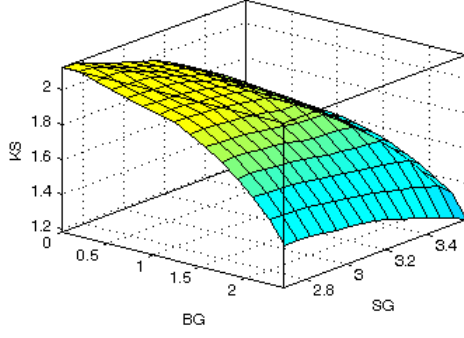


Şekil 7.14. YOGT (3000-4000 tş/gün) ile YK*100 arasındaki KS ilişkisi

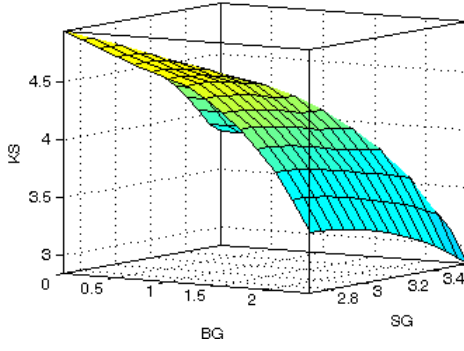


Şekil 7.15. YOGT (8000-9000 tş/gün) ile YK*100 arasındaki KS ilişkisi

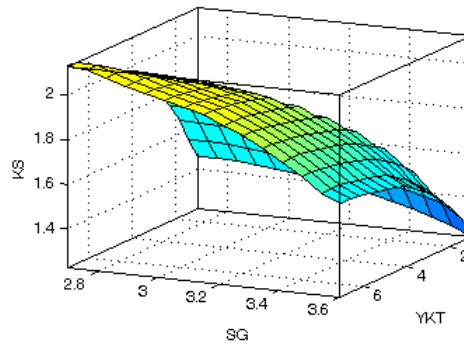
Şerit genişliği (ŞG) ile diğer değişkenler arasında kaza sayısı (KS) ilişki grafikleri aşağıda gösterilmektedir:



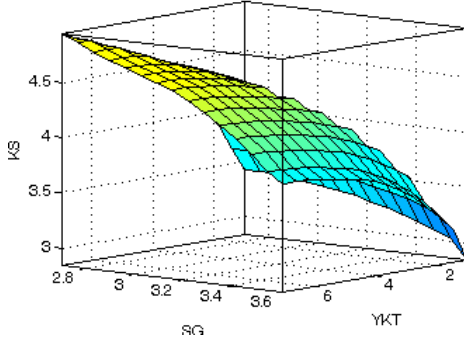
Şekil 7.16. (YOGT 3000-4000 tş/gün) ŞG ile BG arasında KS ilişkisi



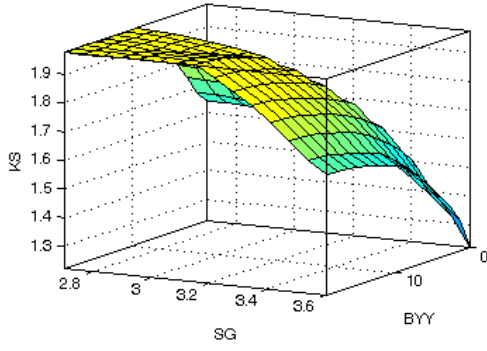
Şekil 7.17. (YOGT 8000-9000 tş/gün) ŞG ile BG arasında KS ilişkisi



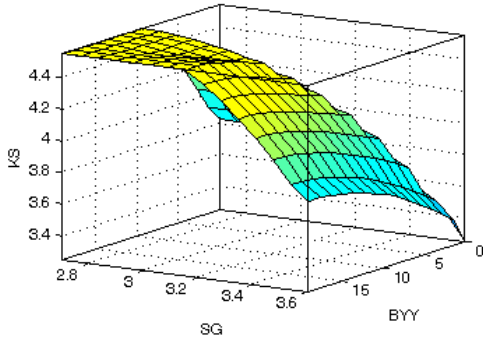
Şekil 7.18. (YOGT 3000-4000 tş/gün) ŞG ile YKT arasında KS ilişkisi



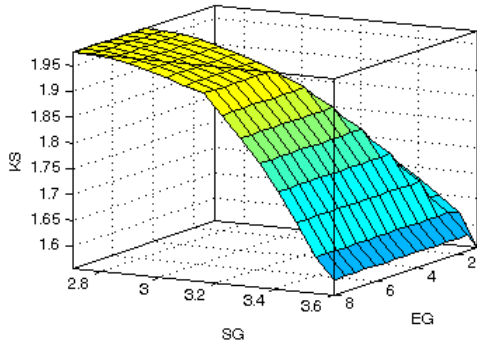
Şekil 7.19. (YOGT 8000-9000 tş/gün) ŞG ile YKT arasında KS ilişkisi



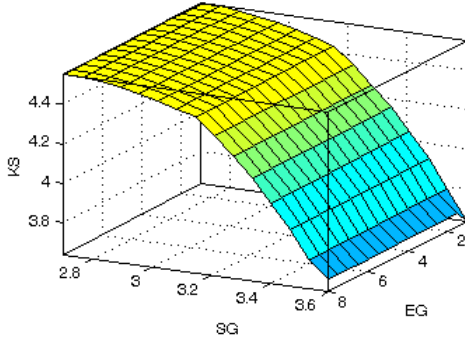
Şekil 7.20. (YOGT 3000-4000 tş/gün) ŞG ile BYY arasında KS ilişkisi



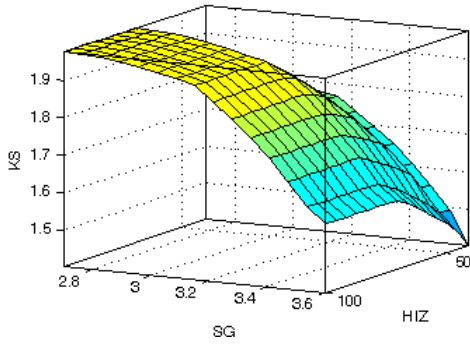
Şekil 7.21. (YOGT 8000-9000 tş/gün) ŞG ile BYY arasında KS ilişkisi



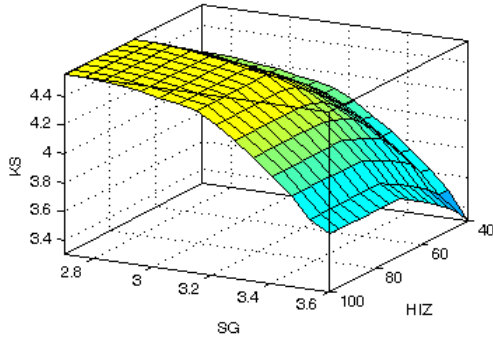
Şekil 7.22. (YOGT 3000-4000 tş/gün) ŞG ile EG arasında KS ilişkisi



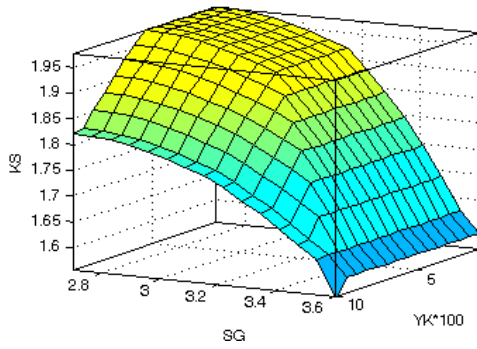
Şekil 7.23. (YOGT 8000-9000 tş/gün) ŞG ile EG arasında KS ilişkisi



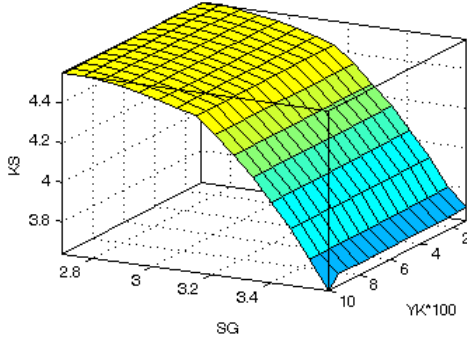
Şekil 7.24. (YOGT 3000-4000 tş/gün) ŞG ile HIZ arasında KS ilişkisi



Şekil 7.25. (YOGT 8000-9000 tş/gün) ŞG ile HIZ arasında KS ilişkisi

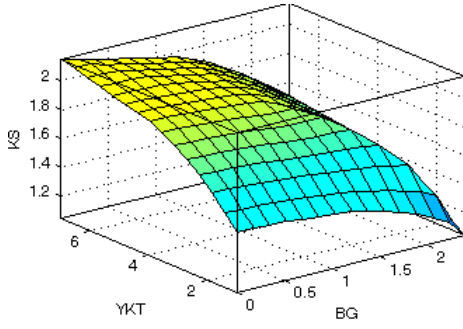


Şekil 7.26. (YOGT 3000-4000 tş/gün) ŞG ile YKY*100 arasında KS ilişkisi

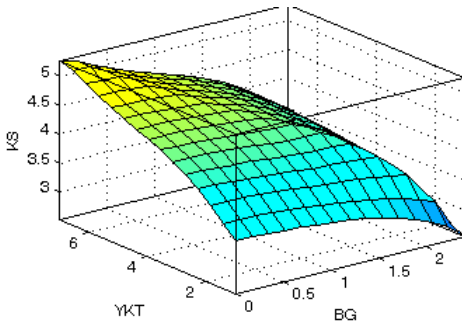


Şekil 7.27. (YOGT 8000-9000 tş/gün) ŞG ile YKY*100 arasında KS ilişkisi

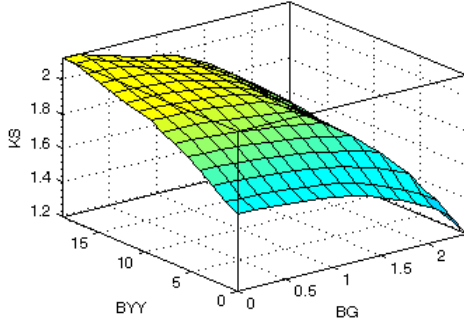
Banket genişliği (BG) ile diğer değişkenler arasında kaza sayısı (KS) ilişki grafikleri aşağıda gösterilmektedir:



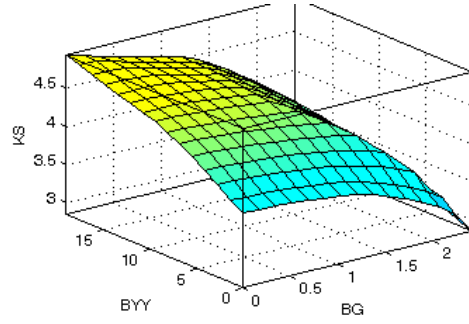
Şekil 7.28. (YOGT 3000-4000 tş/gün) BG ile YKT arasında KS ilişkisi



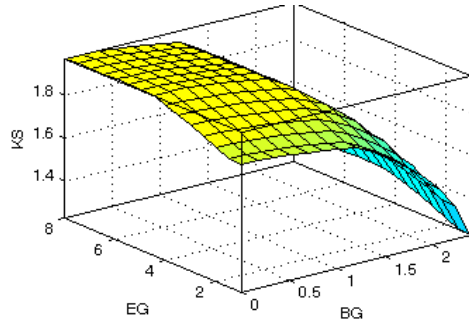
Şekil 7.29. (YOGT 8000-9000 tş/gün) BG ile YKT arasında KS ilişkisi



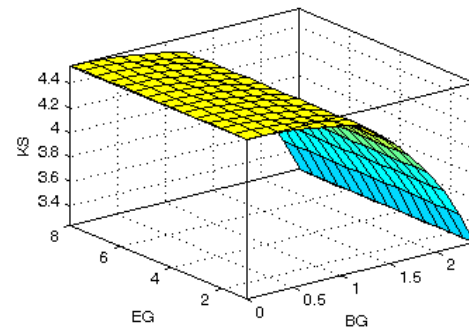
Şekil 7.30. (YOGT 3000-4000 tş/gün) BG ile BYY arasında KS ilişkisi



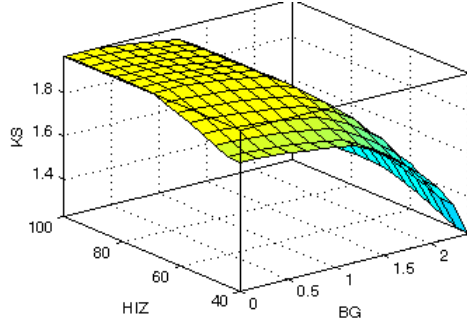
Şekil 7.31. (YOGT 8000-9000 tş/gün) BG ile BYY arasında KS ilişkisi



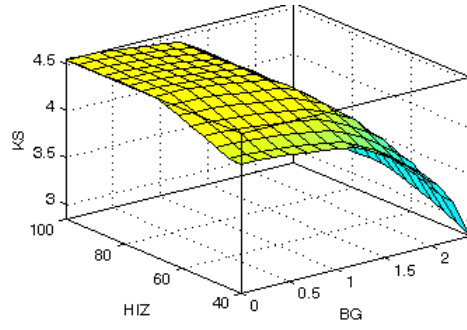
Şekil 7.32. (YOGT 3000-4000 tş/gün) BG ile EĞ arasında KS ilişkisi



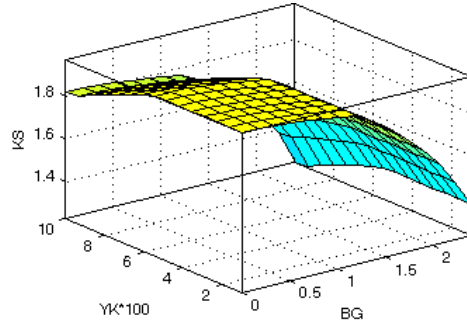
Şekil 7.33. (YOGT 8000-9000 tş/gün) BG ile EĞ arasında KS ilişkisi



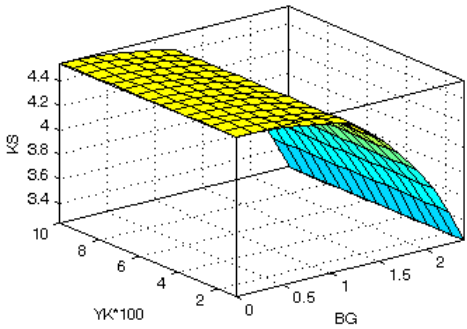
Şekil 7.34. (YOGT 3000-4000 tş/gün) BG ile HIZ arasında KS ilişkisi



Şekil 7.35. (YOGT 8000-9000 tş/gün) BG ile HIZ arasında KS ilişkisi



Şekil 7.36. (YOGT 3000-4000 tş/gün) BG ile YKY*100 arasında KS ilişkisi



Şekil 7.37. (YOGT 8000-9000 tş/gün) BG ile YKY*100 arasında KS ilişkisi

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nuran BAĞIRGAN

Doğum Yeri : Çorum

Doğum Yılı : 1967

Medeni Hali : Evli, iki çocuk sahibi

Eğitim ve Akademik Durumu :

Lise 1982-1985 : Özel Antalya Lisesi

Lisans 1985-1990 : Yıldız Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yük.Lisans 1993-1996 : Dumlupınar Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı

Yabancı Dil : İngilizce

İş Deneyimi :

1993-2000 Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat
Mühendisliği Ulaştırma Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi