



**TRAFİK KAZA KARA NOKTALARININ BELİRLENMESİ İÇİN COĞRAFİ BİLGİ  
SİSTEMLERİ (CBS) DESTEKLİ MEKÂNSAL İSTATİSTİKSEL METOTLAR İLE BİR  
MODEL GELİŞTİRİLMESİ**

BÜTÜNLEŞİK DOKTORA TEZİ

Mehmet Ali DERELİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Saffet ERDOĞAN

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran, 2016

Bu tez çalışması 13.FEN.BİL.10 numaralı proje ile BAPK tarafından ve 113Y417 numaralı proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BÜTÜNLEŞİK DOKTORA TEZİ**

**TRAFİK KAZA KARA NOKTALARININ BELİRLENMESİ İÇİN  
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) DESTEKLİ MEKÂNSAL  
İSTATİSTİKSEL METOTLAR İLE BİR MODEL  
GELİŞTİRİLMESİ**

**Mehmet Ali DERELİ**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Saffet ERDOĞAN**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Haziran, 2016**

## TEZ ONAY SAYFASI

Mehmet Ali DERELİ tarafından hazırlanan “Trafik Kaza Kara Noktalarının Belirlenmesi İçin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Destekli Mekânsal İstatistiksel Metotlar İle Bir Model Geliştirilmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 28 / 06 / 2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği **Anabilim Dalı’nda BÜTÜNLEŞİK DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Saffet ERDOĞAN

**Başkan** : Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN İmza  
Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi  
Mühendislik Mimarlık Fakültesi

**Üye** : Prof. Dr. Saffet ERDOĞAN İmza  
Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

**Üye** : Prof. Dr. Süleyman DÜNDAR İmza  
Karabük Üniversitesi İşletme Fakültesi

**Üye** : Doç. Dr. İbrahim YILMAZ İmza  
Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

**Üye** : Doç. Dr. Tamer BAYBURA İmza  
Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun  
...../...../..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....  
Prof. Dr. Hüseyin ENGİNAR

Enstitü Müdürü

**BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI**  
**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**28 / 06 / 2016**

**Mehmet Ali DERELİ**



## ÖZET

Doktora Tezi

### TRAFİK KAZA KARA NOKTALARININ BELİRLENMESİ İÇİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) DESTEKLİ MEKÂNSAL İSTATİSTİKSEL METOTLAR İLE BİR MODEL GELİŞTİRİLMESİ

Mehmet Ali DERELİ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Saffet ERDOĞAN

Trafik kazaları dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli problemlerden birisidir. Dünya Sağlık Örgütü' nün yayımladığı 2015 yılı durum raporunda trafik kazaları sonucu her yıl yaklaşık 1.25 milyon insanın yaşamını yitirdiği ve 50 milyondan fazla insanın da yaralandığı belirtilmektedir. Bu durum dikkate alındığında, trafik kazalarının hayati olumsuz etkileyen insan kaynaklı önemli bir problem olduğu görülmektedir. Bu kapsamda trafik kazalarının azaltılmasına yönelik birçok yatırım ve buna bağlı olarak da birçok çalışma gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmaların bir kısmı da çeşitli sebepleri dikkate alan trafik kaza kara nokta belirleme çalışmalarıdır.

Bu çalışmada trafik kaza kara noktalarının belirlenmesine yönelik bir model geliştirilmesi amacıyla tanımlayıcı, mekânsal ve model bazlı istatistiksel yöntemler çalışılmıştır. Bu yöntemler kaza oranı, kaza frekansı, kaza şiddeti, Getis Ord  $G_i^*$ , Moran's I, Poisson regresyon, Negatif Binomiyal regresyon ve Ampirik Bayes yöntemleridir. Bu çalışmanın nihai amacı, günümüzde oldukça yaygın bir şekilde kullanılmakta olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'de tüm yöntemlerin birlikte değerlendirildiği bir model oluşturmaktır.

Bu çalışmada, Karayolları Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 2005-2013 yıllarını kapsayan yaklaşık 300 bin trafik kaza verisi ile 2408 adet devlet yolu kullanılmıştır. Devlet yollarının birer km'lik alt segmentlere ayrılması sonucunda elde edilen 32107 segment içinden 126 adet segmentin, kullanılan yöntemler doğrultusunda kara nokta olduğu yargısına varılmıştır. Çalışma bünyesinde uygulanan yöntemlerin analizi yapıldığında ise Ampirik Bayes yönteminin, diğer yöntemlere nazaran daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

**2016, xiv + 158 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Kara Nokta, Kaza Oranı, Kaza Frekansı, Kaza Şiddeti, Getis Ord Gi \*, Moran's I, Poisson Regresyon, Negatif Binomiyal Regresyon, Ampirik Bayes, Coğrafi Bilgi Sistemleri

## **ABSTRACT**

PhD Thesis

### **DEVELOPMENT OF A MODEL FOR DETERMINING THE TRAFFIC ACCIDENT BLACK SPOTS BASED ON GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (GIS) AIDED SPATIAL STATISTICAL METHODS**

Mehmet Ali DERELİ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatic Engineering

**Supervisor:** Prof. Saffet ERDOĞAN

Traffic accidents are one of the important problems in our country as it in the world. The World Health Organization case reports published in 2015 is stated that about 1.25 million people died each year and more than 50 million people injured as a result of traffic accidents in the World. Considering this situation, it is seen that the traffic accidents are human origin and one of the major problems that is negatively affecting life. In this context, many investments and many studies performed to reduce traffic accidents. The thesis takes into account a variety of reasons in order to determine traffic accident black spot.

It is aimed to get a descriptive model for determining the traffic accident black spots by using model-based spatial statistical methods. These methods are accident rate, accident frequency, accident severity, Getis Ord  $G_i^*$ , Moran's I, Poisson regression, Negative Binomial regression and empirical Bayesian method. The ultimate aim of this study is to build a model that allows evaluating all the methods together in Geographic Information Systems (GIS) which is now quite widely in use.

In this study, 300 thousand traffic accident data of 2408 different state road covering the years 2005-2013 obtained from General Directorate of Highways. State roads are divided into 32107 sub-segments that all is 1km. depending on the methods are used in the study, 126 sub-segment are decided as traffic accident black spots. According to comparison of

the methods used in the study, the Empirical Bayesian method is giving better results than other methods.

**2016, xiv + 158 pages**

**Keywords:** Black Spot, the Accident Rate, Accident Frequency, Accident Severity, Getis Ord  $G_i^*$ , Moran's I, Poisson Regression, Negative Binomial Regression, Empirical Bayes, Geographical Information System



## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Saffet ERDOğAN'a, Arş. Grv. Dr. Mustafa YALÇIN'a ve 113Y417 nolu TBTAK proje ekibine, 13.FEN.BL.10 numaralı proje ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine, Karayolları Genel Müdürlüğü ve Emniyet Genel Müdürlüğüne, çalışmamda bana yardımcı olan Prof. Dr. Hüseyin AKBULUT'a, tez izleme komitemde bulunan Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN ve Prof. Dr. Süleyman DÜNDAR'a, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen ve her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm Afyon Kocatepe Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü'nün değerli ğretim üyelerine, araştırma görevlileri Mehmet Ali UğUR ve Nizar POLAT'a teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Mehmet Ali DEREL  
AFYONKARAHSAR, 2016

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
RESİMLER DİZİNİ .....	xiv
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ .....	5
2.1 Trafik Kaza Analizleri .....	5
2.2 Mekânsal İstatistiksel Yöntemler.....	6
2.3 Güvenlik Performans Fonksiyonu .....	10
3. MATERYAL ve METOT .....	12
3.1 Veri .....	12
3.1.1 Yol Veri Tabanının Güncellenmesi.....	12
3.1.2 Yol Ağı Geometri Tipinin Rota Geometrisine Dönüştürülmesi.....	13
3.1.3 Trafik Kazaları Veri Tabanının Konumlandırılması ve Konum Doğruluklarına Bağlı Olarak Veri Tabanı Tasarımı .....	16
3.1.3.1 Koordinat Bilgileri (Enlem, Boylam) Kullanılarak Konumlandırma ..	16
3.1.3.2 Kilometraj Bilgisi Kullanılarak Konumlandırma .....	19
3.1.4 Trafik Kaza Veri Analizleri.....	20
3.1.4.1 Trafik Kazalarının Zamansal Analizleri .....	21

3.1.4.2 Trafik Kazalarının Kaza Tiplerine Göre Analizi .....	26
3.2 Oran-Kalite-Kontrol Metotları .....	26
3.2.1 Kaza Frekansı Metodu .....	27
3.2.2 Kaza Oranı Metodu .....	27
3.2.3 Kaza Şiddeti Metodu .....	28
3.3 Mekânsal Otokorelasyon Yöntemleri .....	29
3.3.1 Getis Ord Gi* Mekânsal Otokorelasyon Yöntemi .....	30
3.3.2 Moran's I Mekansal Otokorelasyon Yöntemi .....	31
3.3.2.1 Anselin Lokal Moran's I Mekansal Otokorelasyon Yöntemi (LISA) .	32
3.3.3 Güvenilirlik İndisleri (Z skoru ve P değeri) .....	34
3.4 Kara Nokta Belirlemede Kullanılan Model Bazlı İstatistiksel Yöntemler .....	35
3.4.1 Poisson Regresyon İstatistiksel Yöntemi .....	36
3.4.2 Negatif Binomiyal Regresyon İstatistiksel Yöntemi .....	37
3.4.2.1 Aşırı Yayılım Parametresi .....	39
3.4.3 Ampirik Bayes İstatistiksel Yöntemi.....	39
3.5 Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Ağ Analizleri .....	41
4. UYGULAMA.....	43
4.1 Trafik Kaza Kara Nokta Belirleme Yöntemleri.....	46
4.1.1 Kaza Frekansı Yöntemine Göre Analizler.....	47
4.1.2 Kaza Oranı Yöntemine Göre Analizler .....	51
4.1.3 Kaza Şiddeti Yöntemine Göre Analizler .....	54
4.1.4 Getis Ord Gi* Yöntemine Göre Analizler .....	56
4.1.5 Moran's I Yöntemine Göre Analizler.....	58
4.1.6 Poisson Regresyon Yöntemine Göre Analizler .....	61
4.1.7 Negatif Binomiyal Regresyon Yöntemine Göre Analizler.....	65
4.1.8 Ampirik Bayes Yöntemine Göre Analizler .....	69

5. BULGULAR.....	72
5.1 Trafik Kaza Kara Nokta Belirleme Yöntemlerinin Birlikte Değerlendirilmesi.....	72
5.1.1 Kara Nokta Belirleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	76
5.2 Kesinleştirilmiş Kara Noktaların Değerlendirilmesi .....	78
5.2.1 300-18 Yol Kesim Numaralı, 31441-31445 Numaralı Segmentlerin Analizi .....	79
5.2.2 010-16 Yol Kesim Numaralı, 895-898 numaralı Segmentlerin Analizi.....	81
5.3 Model Tutarlılık Testleri.....	82
6. TARTIŞMA ve SONUÇ .....	85
7. KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	101



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

---

$A_c$	Kaza frekansına ilişkin kritik değeri
$L_j$	Karayolu kesimin uzunluğunu
$F_{ave}$	Bütün karayolu kesimleri için ortalama frekans
$k_a$	Güvenilirlik testi için seçilmiş sabit değeri
$A_j$	Belirli bir süre içinde j kesimindeki kazaların sayısı
$m_j$	Aynı süre içinde j kesiminde taşıt kilometre (milyon) sayısı
$R_j$	Söz konusu süre içinde j kesimindeki kaza oranı
$R_c$	Kaza oranına ilişkin kritik değer
$Q_j$	Kaza şiddetine ilişkin ortalama değer
$S_j$	j kesimli bir karayolu için kaza şiddeti değeri
$G_i^*$	Getis-Ord $G_i^*$ istatistik değeri
$x_j$	j nesnesi için öznelik değeri
$w_{i,j}$	i ve j nesneleri arasında mekânsal ağırlık matrisi
$I$	Moran's I otokorelasyon indisi
$S_0$	Mekânsal ağırlıkların toplamı
$P(y_i)$	Poisson ve Negatif Binomiyal dağılım olasılığı
$\mu_i$	Kaza ortalaması
$y_i$	Kaza Sayısı
$\alpha$	Yayılm parametresi
$E(y_i)$	Beklenen değer
$w$	Ampirik Bayes ağırlık katsayısı
$P$	Yıllık tahmin edilen kaza sayısı
$X$	Gözlemlenen kaza sayısı

### Kısaltmalar

---

KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
EGM	Emniyet Genel Müdürlüğü
WHO	World Health Organization
SPF	Safety Performance Function
GPF	Güvenlik Performans Fonksiyonu
YOGT	Yıllık Ortalama Günlük Trafik Yoğunluğu
AADT	Annual Average Daily Traffic
GLM	Genelleştirilmiş Lineer Model
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
AB	Ampirik Bayes yöntemi

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 “Örtüşmemeli” ve “Kesişmemeli” topoloji kuralları uygulandığında tespit edilen çizim hataları .....	13
Şekil 3.2 Dinamik segmentasyon örneği .....	14
Şekil 3.3 Rotalandırılmış Türkiye sayısal karayolları haritası .....	15
Şekil 3.4 Türkiye karayolları öznitelik tablosu .....	16
Şekil 3.5 2013 yılına ait kaza verilerinin konumlandırma karşılaştırması .....	18
Şekil 3.6 Kaza, ölüm ve yaralı sayılarının yıllara göre dağılımı gösteren grafiksel gösterim .....	22
Şekil 3.7 2005-2013 yılları arasında meydana gelen kazaların günlere göre dağılımı ..	23
Şekil 3.8 Trafik kazalarının aylara göre dağılımı .....	24
Şekil 3.9 Trafik kazalarının saatlere göre dağılımı .....	25
Şekil 3.10 Araç sayılarına göre normalleştirilmiş saat aralıklarına göre kaza oranları..	25
Şekil 3.11 Trafik kazalarının oluş tiplerine göre dağılımı .....	26
Şekil 3.12 ArcGIS’te Moran’s I çıktısı .....	31
Şekil 3.13 ArcGIS’te Anselin Lokal Moran’s I gösterimi .....	33
Şekil 3.14 P değeri ve Z skorunun ArcGIS’te ifadesi .....	34
Şekil 3.15 CBS ile gerçekleştirilebilen uygulamalar .....	42
Şekil 4.1 Çalışma alanı .....	43
Şekil 4.2 Rota oluşturma fonksiyonu arayüzü .....	44
Şekil 4.3 Kaza kayıtlarına ilişkin sözel veri tablosu .....	45
Şekil 4.4 Kaza kara nokta belirleme modeli iş adımları .....	46

<b>Şekil 4.5</b> 2014 yılı itibarı ile KGM tarafından belirlenmiş kara noktalar .....	47
<b>Şekil 4.6</b> Kaza frekansı yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler .....	49
<b>Şekil 4.7</b> Kaza frekansı yöntemine göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları .....	50
<b>Şekil 4.8</b> Kaza oranı yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler .....	52
<b>Şekil 4.9</b> Kaza oranı metoduna göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları .....	53
<b>Şekil 4.10</b> Kaza şiddeti yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler.....	54
<b>Şekil 4.11</b> Kaza şiddeti yöntemine göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları .....	55
<b>Şekil 4.12</b> Getis Ord $G_i^*$ yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler.....	56
<b>Şekil 4.13</b> Getis Ord $G_i^*$ yöntemine göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları .....	57
<b>Şekil 4.14</b> Moran's I yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler.....	59
<b>Şekil 4.15</b> Moran's I yöntemine göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları .....	60
<b>Şekil 4.16</b> Poisson regresyon yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler	63
<b>Şekil 4.17</b> Poisson regresyon yöntemine göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları .....	64
<b>Şekil 4.18</b> Negatif Binomiyal regresyon yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler .....	66
<b>Şekil 4.19</b> Negatif Binomiyal regresyon yöntemine göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları .....	68
<b>Şekil 4.20</b> Ampirik Bayes yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler ....	69

<b>Şekil 4.21</b> Ampirik Bayes yöntemine göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları .....	71
<b>Şekil 5.1</b> Kara nokta belirleme yöntemleri kullanılarak kesinleştirilmiş trafik kaza kara noktalar haritası .....	80



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Çizelge 3.1</b> Yıllara göre kaza, yaralı ve ölüm sayıları .....	21
<b>Çizelge 3.2</b> Standart sapma aralıkları ve güven düzeyleri .....	35
<b>Çizelge 4.1</b> Yıllara göre Poisson regresyon ile belirlenen katsayı değerleri ve güvenilirlik.....	62
<b>Çizelge 4.2</b> Yıllara göre Negatif Binomiyal regresyon ile belirlenen katsayı değerleri ve güvenilirlik düzeyleri.....	65
<b>Çizelge 5.1</b> Yöntemlerin her segmente ilişkin tekrarlılık sayıları.....	72
<b>Çizelge 5.2</b> Tüm yöntemlere göre belirlenmiş trafik kaza kara nokta matrisi .....	73
<b>Çizelge 5.3</b> Yöntemlerin ikili değerlendirilmesi .....	77
<b>Çizelge 5.4</b> Yöntemlerin olumlu ve olumsuz tarafları .....	77
<b>Çizelge 5.5</b> Kara nokta belirleme metotlarının değerlendirildiği tutarlılık test sonuçları .....	84

## RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

- Resim 5.1** Yol kesim no 300-18, 31442, 31443, 31444 ve 31445 no'lu segmentlere ait yatay ve düşey yol geometrileri ve yol görüntüleri..... 81
- Resim 5.2** Yol kesim no 300-18, 31442, 31443, 31444 ve 31445 no'lu segmentlere ait yatay ve düşey yol geometrileri ve yol görüntüleri..... 82



## 1. GİRİŞ

Karayolu ulaşımı, diğer ulaşım türlerine oranla başlangıç ve varış noktaları dikkate alındığında herhangi bir aktarım olmaksızın gerçekleştirilen ve diğer ulaşım türlerine göre daha ucuz ve nispeten daha hızlı olması nedeniyle tercih edilen bir ulaşım türüdür. Buna karşın karayolu taşımacılığında hem maliyet, hem sarf edilen fazla enerji hem de yüksek kaza riski, bu ulaşım türünün olumsuz taraflarını ortaya çıkarmaktadır. Ülkemizde şehirlerarası yolcu taşımalarının yaklaşık % 90,5'i, yük taşımalarının ise yaklaşık % 87,4'ü karayoluyla gerçekleştirildiği düşünüldüğünde, yol güvenliği konusunda çalışmaların yapılması gerektiği Devlet Planlama Teşkilatı (DPT)'nin hazırlamış olduğu 10. Kalkınma Planı'nda da vurgulanmaktadır.

Doğal afetlerden sonra insan yaşamını tehdit eden en büyük olgulardan birinin trafik kazaları olması, ilgili kamu kurum ve kuruluşları tarafından trafik kazalarının azaltılmasına yönelik çalışmaların gerçekleştirilmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün yayınlamış olduğu Yol Güvenliği 2015 Küresel Durum Raporu'nda, 180 ülkeden gelen bilgileri yansıtan, dünya çapında trafik ölümlerinin sayısının, düşük gelirli ülkelerde yüksek trafik ölüm oranları ile yılda 1.25 milyon seyrinde olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte trafik kazaları sonucunda 50 milyondan fazla insanın da yaralandığı vurgulanmaktadır (WHO 2015). Ülkemizde ise, Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) istatistiklerine göre 2002 yılında 440000 olan kaza sayısı 2012 yılında 1296634'e yükselmiştir. Bu kazalarda, yılda ortalama 4000 kişi hayatını kaybetmekte, 170000 kişi de yaralanmaktadır (İnt. Kyn. 1). Ülkemizde trafik kazalarından kaynaklanan milyon x kişi başına düşen can kaybı sayısı 45 olup, bu rakam Avrupa Birliği (AB) üye ülkelerinde ise 59 olarak karşımıza çıkmaktadır (İnt. Kyn. 2). Trafik kazaları sonucu ortaya çıkan can kayıplarının yanı sıra sosyal ve ekonomik kayıplar da, önemli bir sorun oluşturmaktadır. Yaşamını yitiren, yaralanan veya sakat kalan her bir kişi için uzun süren tedavi giderleriyle beraber, kazadan sonra yaşamayı başaranlar ve onların aileleri, arkadaşları ve bakımını üstlenen diğer kişiler içinde pek çok sosyal, fiziksel ve psikolojik sorunların da ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından yapılan araştırmalarda, trafik kazalarındaki yıllık ekonomik kaybın "gayri safi milli hâsılanın % 2'sine denk gelen" 22 milyar lirayı bulduğu

düşünülmektedir (KGM 2012, Erdogan vd. 2015c).

9. Kalkınma Planı (2007-2013) döneminde, ekonomik büyüme ve sosyal kalkınmanın istikrarlı bir yapıda sürdürülmesi, plan vizyonunun gerçekleşmesi yolunda yer alan stratejik amaçlar içerisinde, kamu hizmetlerinde kalitenin ve etkinliğin artırılması da belirlenmiştir. Bu kapsamda KGM, gerek araç sayısındaki artış, gerekse nüfusun artışı ile yükselen karayolu ihtiyacına cevap vermeye çalışmaktadır. Bölünmüş yolların devreye girmesiyle birlikte sağlanan iyileşmeye rağmen, trafik kazaları sonucunda meydana gelen can kayıpları ve ekonomik kayıplar önemli bir sorun olmaya devam etmektedir.

Karayollarında meydana gelen trafik kazalarını en aza indirebilmek için, trafik kazalarının yoğunlaştığı noktaların ya da bölgelerin belirlenmesi gerekmektedir. Trafik kazalarının yoğunlaştığı kesim veya noktalara genel anlamda kaza kara noktası adı verilmektedir. Bir başka tarifile kara noktalar, belirli bir nedenden dolayı kaza yoğunluğu yaşanan kesim ya da noktalardır (Kahramangil ve Şenkal 1999). Trafik kazalarının azaltılması için, kazaların yoğunlaştığı yerlerin bilinmesi ve bu yerlerle ilgili yapılacak düzeltme çalışmaları büyük önem arz etmektedir.

Trafik kazalarının azaltılmasına yönelik yapılan uluslararası çalışmalarda, trafik kazalarının yoğunlaştığı trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi için farklı tekniklerin kullanıldığı görülmektedir. AB ülkelerinde (Avusturya, Belçika, Almanya, Macaristan, Danimarka, Norveç, Portekiz ve İsviçre) kara nokta belirleme çalışmaları incelendiğinde, bu ülkelerde genellikle kaza sayısı prensibine dayalı klasik kara nokta belirleme tekniklerinin kullanıldığı, farklı olarak ise Danimarka'da Poisson dağılımına dayanan ve Portekiz'de de Ampirik Bayes tekniğine dayanan modeller kullanıldığı görülmektedir (Elvik 2007). Ülkemizde ise KGM, kara nokta belirleme çalışmalarında oran-kalite-kontrol yöntemlerini kullanmaktadır.

Trafik kazaları, tüm yaş gruplarında önde gelen ölüm nedenine bakılarak yapılan değerlendirmelerde 9. sırada bulunurken, bu sayının 2030 yılına kadar 7. sıraya yükseleceği tahmin edilmektedir (WHO 2015). Bu nedenle trafik kazalarının önüne geçmek ya da en aza indirmek için yapılacak çalışmalar büyük önem arz etmektedir.



Ülkemizde 2008-2014 dönemine baktığımızda meydana gelen trafik kazalarının sayısı 2008 yılında 950120 iken 2014 yılı itibarı ile bu sayı 1199010'a ulaşmıştır. Bununla birlikte 2008 yılında yerleşim yeri dışında 2.803 olan can kaybı sayısı, 2014 yılı itibarı ile 2281'e düşmüş, yaralı sayısı da 73404'ten 93406'ya yükselmiştir. Trafik kazalarındaki bu artışın arka planında, araç sayısı, araç kullanımının artması vb. sebeplerin bulunmasının yanı sıra, trafik kazalarının yoğunlaştığı bazı özel bölgeler olan trafik kaza kara noktalarının, mevcut tekniklerle tam ve doğru bir şekilde belirlenememesi ve buna bağlı olarak gerekli düzenlemelerin yapılamamasının da olduğu öngörülmektedir.

Trafik kaza kara noktalarının tam ve doğru bir şekilde belirlenememesi, ülkemiz açısından sosyal ve ekonomik kayıplara neden olmakla birlikte, trafik kazasına karışan kişi açısından da maddi ve manevi kayıpları ortaya çıkarmaktadır. Ana çıkış noktası, trafik kazaları sayısının, buna bağlı olarak da can ve mal kayıplarının sayısının azaltılması olan bu tez çalışması ile birlikte, KGM'nin sorumluluk sahasında bulunan yollarda meydana gelen trafik kazalarının yoğunlaştığı trafik kaza kara noktalarının tespitine yönelik, yeni bir model oluşturulması amaçlanmıştır.

Bu tez çalışması ile, Avrupa Birliği'nin standart hale getirmeyi düşündüğü Ampirik Bayes'e dayalı teknikler de göz önünde bulundurularak, ülkemiz için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli mekânsal istatistiksel yöntemleri kullanan bir model oluşturulmuştur. Bu kapsamda mekânsal oto-korelasyon, Poisson regresyon, Negatif Binomiyal regresyon ve Ampirik Bayes yöntemleri ile birlikte kaza oranı, kaza frekansı ve kaza şiddeti yöntemleri de değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar dikkate alınarak bu metotlara dayalı entegre bir CBS destekli model geliştirilmiştir.

Trafik kaza kara noktalarının, CBS destekli mekânsal ve mekânsal olmayan yöntemler ile belirlenmesi ülkemizde gerçekleştirilen çalışmalardan önde gelenlerden biri olma özelliğini taşımaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmanın organizasyonu 3 ana bölümde incelenmiştir:

Birinci bölümde; trafik kaza kara noktalarının belirlenebilmesi için ulusal ve uluslararası yapılan çalışmalar ile ilgili genel bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması

kapsamında kullanılacak olan mekânsal ve mekânsal olmayan istatistiksel çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir. Ülkemizde KGM tarafından halen kullanılmakta olan kaza frekansı, kaza oranı ve kaza şiddeti yöntemleri ile birlikte, mekânsal kümeleme yöntemlerinden olan Getis Ord  $G_i^*$  ve Moran's I yöntemleri ile Poisson regresyon, Negatif Binomiyal regresyon ve Ampirik Bayes yöntemlerinin trafik kazalarının modellenmesinde nasıl kullanıldığı ile ilgili çalışmalar verilmiştir.

İkinci bölümde; tez çalışmasında kullanılacak 2005-2013 yıllarında meydana gelen trafik kaza verileri için çeşitli veri madenciliği uygulamaları gerçekleştirilmiş ve trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi için kullanılacak yöntemler Kaza oranı, Kaza frekansı, Kaza şiddeti, Getis Ord  $G_i^*$ , Moran's I, Poisson regresyon, Negatif Binomiyal regresyon, Ampirik Bayes açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde; yapılan çalışmalar doğrultusunda elde edilen bulgular paylaşılmıştır. Bu bulgular üzerinden trafik kaza kara noktaları hakkında değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde gerçekleştirilen çalışmalar, bir CBS yazılımı olan ArcGIS programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte Poisson regresyon, Negatif Binomiyal regresyon ve Ampirik Bayes teknikleri için gerekli olan parametre kestirimleri STATA ve GRETLE yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Belirlenen kara noktalar, KGM'nin Türkiye devlet yolları haritası üzerine işlenerek, sonuç haritalar oluşturulmuştur. Dördüncü bölümde; tez çalışmasının ulaşılmış olduğu sonuçlar ortaya konmuştur. Tez çalışmasında kullanılan yöntemler, varılan sonuçlar ile ilgili tartışmalar ve öneriler bu bölümde sunulmuştur. Son bölümde ise yararlanılan kaynaklar ve ekler gösterilmiştir.

## 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

### 2.1 Trafik Kaza Analizleri

Trafik kaza analizleri ile ilgili çalışmalar, hem ulusal ölçekte hem de uluslararası alanda yoğun bir şekilde devam etmektedir. Yapılan çalışmalarda temel amaç, trafik kazalarının azaltılması için tehlikeli bölgelerin belirlenip, bu bölgeler üzerinde iyileştirmelerin gerçekleştirilmesidir. Bu kapsamda kazaları azaltabilmek için ilk olarak önlem alınması gereken kesimin doğru ve hassas olarak saptanması gerekmektedir. Bu nedenle tehlikeli bölgelerin ya da diğer bir deyişle kara noktalarının belirlenmesi ilk adımı oluşturmaktadır. Bu bağlamda belirlenen bu yerlere ilişkin yapılacak tüm karşı önlemlerin bulunması, bunların etkilerinin ve maliyetlerinin tahmin edilmesi, önceliklendirilmesi, uygulanması ve son olarak da izleme ve değerlendirmenin yapılması, bu noktaların doğru tespitine bağlı olmaktadır.

Her ülke kendine uygun bir değerlendirme metodu uygulayarak kendi yol ağlarındaki tehlikeli kesimleri belirlemektedir. Ülkemizde bu konu ile ilgili KGM tarafından kullanılan mevcut yöntemin de oran-frekans-şiddet yöntemi olduğu belirtilmiştir (Sweroad 2001). Bu yöntemde trafik kaza kara noktaları, kaza oranları, kaza frekansları ve kaza şiddetleri metotları kullanılarak tespit edilen indeks değerlerinin üçünün bir arada değerlendirilmesiyle belirlenmektedir. Yani her üç indeks değeri de kritik değerlerden fazla olan kesimler, tehlikeli kesim kara nokta olarak adlandırılır. Bu değerlendirme kriterlerinin zayıf ve genel metotlar olduğu, bazı ülkelerin kara yolu güvenliği raporlarında ve diğer birçok yayınlarda ortaya konmaktadır (Anastapoulos *et al.* 2012a, Anastapoulos *et al.* 2012b, Malyshkina *et al.* 2010, Lord and Mannering 2010, Lee and Mannering 1999, Montella 2010). Bunun yanında KGM tarafından kullanılan bu metotlar ile yapılan çalışma sonuçları CBS destekli olmadığı için kaza kara noktalarının konumlarını ve bunların birbirleriyle konumsal ilişkilerini göstermemektedir.

Dünya üzerinde, karayolu özellikleri ile kaza sayıları arasındaki ilişkiyi incelemek için pozitif tam sayı modelleme metotlarından Genelleştirilmiş Lineer Model (GLM) ailesinden olan Poisson ve Negatif Binomiyal yapıları gibi istatistikî yaklaşımlar

kullanılmaktadır ( Lord *et al.* 2005, Mitra and Washington 2007, Ayati and Abbasi 2014, Lord 2006, Erdogan vd. 2008). Trafik kaza verilerinin modellendiği çalışmalar incelendiğinde, kaza verileri üzerinden gerçekleşen uygulamalara Poisson regresyon yöntemi ile başlanması gerektiği, sıklıkla vurgulanmaktadır (Türe Kibar 2015, Lord and Mannering 2010, Joshua and Garber 1990, Miaou *et al.* 1993, Elvik 2007, Miaou and Lum 1993, Caliendo *et al.* 2007, Hauer 2010, Chengye and Ranjitkar 2013, Amarasingha and Dissanayake 2013, Hauer 2013, Ayati and Abbasi 2014).

Kaza tahmin modelleri, yol güvenliği analizlerinde oldukça önemli araçlar olduğu Swalha ve Sayed (2003) tarafından belirtilmiş ve kaza tahmin modelleme aşamalarında ise Poisson ve Negatif Binomiyal regresyon yöntemlerini kullanmışlardır. Kaza tahmin modelinin seçiminde, Negatif Binomiyal Regresyon modellerinin hem toplam kazalar için hem de ağır (ölümlü ve ölümsüz yaralanmalı) kazalar için sosyoekonomik/demografik, trafik talebi ve trafik ağ veri değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak geliştirildiği GLM yaklaşımının ele alındığı görülmektedir. Bununla birlikte kaza sayılarının tahmininde, Bayesçi yaklaşımların daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu sonucuna varılmıştır (Türe Kibar 2008).

## 2.2 Mekânsal İstatistiksel Yöntemler

Trafik kazaları ile ilgili yapılan mekânsal istatistiksel çalışmalar, 2000’li yıllardan itibaren yoğunluk kazandığı görülmektedir. Bu kapsamda birçok çalışma yapılmıştır. Özellikle Toronto Üniversitesi’nde çalışmalarını devam ettiren bilim insanı Ezra Hauer trafik kazalarının modellenmesi ile ilgili çalışmaları önemsemiş ve birçok istatistiksel metodu bu konu kapsamında kullanmıştır. İstatistiksel modellerden Negatif Binomiyal (NB) ve Poisson Regresyon ile yapılan çalışmalara bakıldığında, Miaou (1993), NB Regresyon metodunun daha kısa yol kesimlerinde meydana gelen kazaların anlık tahmininde daha duyarlı olduğunu, Poisson regresyonun da 4 ya da daha fazla trafik kazasının olduğu yol kesimlerinin frekanslarını tahmin etmede daha iyi bir performansa sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu iki istatistiksel teknikle birlikte yol bölümlerinin geometrik dizaynı ile trafik kazaları arasındaki ilişkiler sıklıkla çalışılmıştır. Trafik kazalarının modellenmesinde önemli çalışmaları olan Hauer (1997), Hauer and Bamfo

(1997) bir bölge için doğru ortalama kaza oranlarını tahmin etmek için Ampirik Bayes yaklaşımını ileri sürmüştür.

Trafik kazalarının modellenmesi, kaza kara noktalarının belirlenmesi ve modellenmesi çalışmalarına baktığımızda trafik kazaları ile ilgili farklı istatistiksel tekniklerin kullanıldığı görülmektedir. Çalışmada kullanılacak istatistiksel metotlardan Bayes metodu ile ilgili birçok modelleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalardan Jones ve Jorgensen (2003), kaza verilerine Bayes metodunun uygulanmasının mümkün olduğunu belirtmiş ve yaptığı çalışmanın sonuçlarını ortaya koymuştur. Schlüter vd. (1997) ve Hauer (1997) Bayes metotlardan Ampirik Bayes metodunun kaza oran tahminini iyileştirdiğini öne sürmüşlerdir. Bütün Bayes tahminlerinde kullanılacak parametreler için öncül dağılımların belirlenmesinin gerektiğini belirtmişlerdir (El-Basyouny and Sayed 2009, Qin *et al.* 2005, Mitra and Washington 2007, Li *et al.* 2008). Hiyerarşik ve Ampirik Bayes tekniklerinin coğrafik çözümlenmeleri ve stabil tahminleri elde etmeye olanak sağladığı Ghosh vd. (1999) tarafından belirtilmiş ve önceki araştırmalarda da farklı şekillerde yol kazalarının konumsal bileşenleri ile de değerlendirildiği görülmüştür (Aguero-Valverde and Jovanis 2005). Kazalar noktasal olarak modellenirken (Levine *et al.* 1995, Jones *et al.* 1996), sonraki dönemlerde yol kazalarını farklı alan seviyelerinde (ülkelere ya da yerleşim yerlerine ya da yol kesimlerine olan uzaklık vb.) modellendiği (MacNab 2004, Miaou *et al.* 2003, Noland and Oh 2004, Amoros *et al.* 2003) görülmektedir.

Bayes kestirim metotları, hesaplama metotlarındaki ilerlemelerden dolayı popülerlik kazanmış metotlardır (Gilks *et al.* 1996). Bayes yaklaşımında belirsiz olan bir ilişki, bir olayın olasılığın hesaplanması ile belirli ölçülerde aydınlığa kavuşmuş olmaktadır. Bu istatistiksel teknikte bir olayın olasılığının, o olaya ilişkin güven derecesi ile denemeden elde edilen sonuçların birleştirilmiş hali olduğu belirtilmiştir (Ekici 2009). Çok kompleks modellerin verilerinin modellenmesinde Bayes tekniklerinin avantajlara sahip olduğunu ve bu tekniklerle yapılan çalışmaları, Lord (2010) makalesinde belirtmiştir. Cheng ve Washington (2005) Arizona eyaletinde altı yerleşim yerinde gerçek kaza verilerini kullanarak yapmış olduğu çalışmada elde ettiği sonuçlar neticesinde Ampirik Bayes

teknığının önemli ölçüde sıralama ve güven aralığı yöntemlerinden üstün olduğunu açıklamıştır.

Son dönemlerde yapılan çalışmalara baktığımızda trafik kazaları ile ilgili çalışmaların arttığı görülmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda mekânsal otokorelasyon tekniklerinden ve Ampirik Bayes, Poisson Regresyon, Negatif Binomiyal gibi istatistiksel tekniklerden oldukça yararlandığı görülmektedir. Know (2010) tamamlamış olduğu Trafik Güvenliği için Bir Kent Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulaması ve Gelişimi başlıklı doktora tezinde; trafik güvenlik analistlerinin ve araştırmacıların belirli bölgelerdeki trafik güvenliğinin sağlanabilmesi için istatistiksel ve konumsal analizlerden oluşan verileri kullandığını ve elde edilen bulgular ve sonuçlarla birlikte trafik kazalarının yoğun olduğu bölgeler önceliklendirilerek, bu alanlardaki trafik güvenlik sorunlarının çözümlendiğini vurgulamıştır. Erdoğan vd. (2008) çalışmalarında kaza kümelenmelerinin belirlenmesinde ve analizinde CBS'den yararlanmış ve yüksek riskli bölgelerin belirlenmesinde, istatistiksel tekniklerden kernel yoğunluk analizi ile Poisson metodunu kullanmıştır. Noorizam ve Kamarulzaman (2007, 2009), şehirlerdeki yol güvenliklerini geliştirmek ve etkili bir iyileştirme için öncelikle kaza kara noktalarının belirlenmesini amaçlayan programların desteklenmesi gerektiğini belirtmiştir. Aynı zamanda Bayes yaklaşımların, istatistiksel yaklaşımların tahmin edilebilirliğini geliştirmesiyle birlikte, tehlikeli bölgelerin (hotspot) belirlenmesinde kullanıldığını vurgulamıştır. Bayes yaklaşımı son on yıldır istatistikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Bilim insanlarından Linhua vd. (2007) de, her bir yol segmentinin riskli alanlarının hesaplanmasında ve bitişik platform segmentlerinden toplanan özellikle riskli kaza bölgelerinin belirlenmesinde Bayes yaklaşımlarını kullanmışlardır.

Mekânsal analizler genellikle coğrafi verinin dağılımını ve dağılımındaki kümelenme ve trendleri belirlemede kullanılmaktadır. Coğrafi verilerin analizinde kullanılan mekânsal analizler, birinci dereceden analizler ve ikinci dereceden analizler olarak iki farklı grupta kategorize edilmektedir. Bunlardan birinci dereceden analizler, verilerin mekandaki değişimini incelerken, ikinci dereceden analizler ise veriler arasındaki konumsal kovaryansları incelemektedir. Bu nedenle birinci dereceden analizler (kernel yoğunluk analizi, kayan alanlar teknikleri gibi) verilerdeki değişim ile global ve bölgesel trendleri

bulmayı hedeflerken, ikinci dereceden analizler, veriler arasındaki mekânsal bağımlılığı ve mekânsal bağımlılığın değişimini (mekânsal oto korelasyon) bulmayı hedeflemektedir (Gatrell *et al.* 1996, Preiffer 1996, Erdogan vd. 2008). Trafik kazalarını da coğrafi bir veri olarak kabul ettiğimizde, kazalara ilişkin mekânsal analizler, mekânsal oto korelasyon yöntemleri ile de belirlenebilmektedir. Prasannakumar vd. (2011) yapmış oldukları makalede, trafik kazalarının hem zamansal hem de mekânsal kümeleme analizlerini, mekânsal oto korelasyon yöntemlerinden Moran's I ve Getis Ord Gi\* ile gerçekleştirmişlerdir. Mekânsal ve zamansal analizler sonucunda, eğitim alanları ve dini alanların olduğu bölgelerde sıcak bölgeler (hot spots) ve soğuk bölgeler (cold spots) belirlenmiştir.

Truong ve Somenahalli (2011), otobüs duraklarının güvenliği konusunda kazalara karışan yayalar ile araçlar arasındaki analizleri, CBS destekli oto korelasyon testlerini kullanarak gerçekleştirmişleridir. Bu analizler için toplam 13 yıllık (1996-2008) kaza verileri kullanılmış olup, Moran's I istatistiği yaya-araç çarpışma verilerinin mekânsal modellerini incelerken, Getis Ord Gi\* istatistiği de düşük ve yüksek endeks değerlerinin kümelenmelerini belirlemek ve yaya-araç çarpışmasının sıcak noktalarının belirlenmesi için kullanılmıştır. Sonuç olarak bu yöntemlerin, yaya araç çarpışmasının sıcak noktalarının ve güvensiz otobüs duraklarının belirlenmesinde oldukça etkili ve güvenilir olduğunu belirtmişlerdir.

Erdoğan vd. (2015a) Türkiye'de Getis Ord Gi\*, Moran's I ve Kernel yöntemlerini kullanarak, Afyonkarahisar-Konya illerinde bulunan karayollarına ilişkin kara nokta belirleme çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada Türkiye'de halen kullanılmakta olan deterministik yöntemlerden kaza oranı, kaza frekansı ve kaza şiddeti yöntemleri ile mekânsal oto korelasyon yöntemlerinin sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Benzer bir çalışmayı da Saha (2012) Elk Dağı koridorunda kaza kara noktalarının CBS tekniklerini kullanarak gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada Kernel Density Estimation (KDE), Anselin Local Moran's I, Hot Spot Getis Ord Gi\* ve Kayan pencere yöntemlerini kullanarak bu bölgeye ait kara nokta belirleme çalışmaları ortaya koymuştur. Yapılan çalışma doğrultusunda, bölgeye ait yollarda tehlikeli noktaların belirlenmesi bir CBS yazılımı

olan ArcGIS programında oluşturulan bir model yardımı ile hesaplanmış ve sonuç ürünler haritalar üzerinde gösterilmiştir.

### 2.3 Güvenlik Performans Fonksiyonu

Güvenlik performans fonksiyonu, herhangi bir yol segmentinde ya da kavşaklarda, bir yılda meydana gelen ortalama kazayı tahmin eden matematiksel bir eşitliği ifade etmektedir. Denham vd. (2011), Saskatchewan bölgesinde trafik kazaları ile ilgili analiz ve çalışmalar gerçekleştirmiştir. GeoTAIS isimli bir proje öncülüğünde gerçekleştirmiş oldukları çalışmaların temel amacı, CBS destekli trafik kaza verilerinin izlenmesi ve gözlemlenebilmesi için bir model geliştirmektir. Bu kapsamda Saskatchewan'daki tüm il yolları için, güvenlik performans fonksiyonu (GPF) oluşturmuşlardır. Trafik kazalarının meydana geldiği kara noktaların belirlenebilmesi, Ampirik Bayes ve GPF değerlerinin belirlenebilmesi ile gerçekleştiği vurgulanmıştır. Bu çalışmada yol bölümleri asfalt kaplı-bölünmemiş, asfalt kaplı-bölünmüş ve çakıl taşlı yol olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Bu yol türleri için GPF hesabı eşitlik 2.1'deki gibidir:

$$GPF = \ln a * \exp(b * Yol Tipi + c * \ln(YOGT) + d * \ln(Yol Uzunluğu)) \quad (2.1)$$

Burada a, b, c ve d modelden tahmin edilmiş parametreleri ifade etmektedir. Bu parametreleri GLM ailesinden olan Negatif Binomiyal regresyon yöntemi ile belirlemişlerdir. Yol Tipi, yolların asfaltlı ya da asfaltsız olduğunu, YOGT ise bir karayolu segmentinden geçen Yıllık Ortalama Günlük Trafik yoğunluğunu göstermektedir. Çalışmanın sonucunda her bir karayolu segmenti için Performans indeksleri hesaplanmış ve ilgili çalışma bölgesindeki kara noktaların, Performans İndeks değerinin 1'den büyük olduğu alanlarda olduğu sonucuna varmışlardır.

GPF, uluslararası literatürde Safety Performance Function (SPF) olarak adlandırılmaktadır. GPF, farklı türlerdeki nokta karakteristiklerinin kaza sayıları ile ilişkilerini tanımlayan matematiksel eşitliklerdir. Uygulama ve tesis türüne bağlı olarak nokta özelliklerini trafik hacmi (YOGT), şerit genişliği, sırt genişliği, yatay kurbun yarıçapı, kavşaklarda dönüş çizgilerinin varlığı ve trafik kontrolü vb. unsurlar



oluşturmaktadır (Srinivasan and Carter 2011). Yol ve trafik güvenliğinin sağlanabilmesi amacıyla Avrupa ve Amerika'da oldukęa önemli çalışmalar yürütülmektedir. Özellikle ABD'nin neredeyse her eyaletinde yol güvenliği araştırma merkezlerinin GPF ile ilgili çalışmalar yaptığı sunulan raporlardan anlaşılmaktadır (Mitsuru *et al.* 2011, Srinivasan and Carter 2011, Srinivasan and Bauer 2013, Tegge *et al.* 2010).



### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1 Veri

Bu tez çalışması kapsamında KGM ve kurumlarınca yayımlanan 2005-2013 yıllarına ait toplam 9 yıllık trafik kaza verileri kullanılarak istatistiksel çalışmalar yapılmıştır. Bu istatistiksel çalışmaların gerçekleştirilmesi için, yaklaşık olarak 300 bin kaza verisi incelenmiş olup, karayolu ağları ve trafik kaza verileri ile ilgili veri madenciliği ilerleyen bölümlerde aktarılmıştır. Çalışma kapsamında verilerle ilgili olarak

- Konum Doğruluğu
- Öznitelik Doğruluğu
- Mantıksal Tutarlılık

kriterleri dikkate alınarak veri kalitesi üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Bununla birlikte trafik kaza verilerinin bir yol ağı üzerine konumlandırılması işlemi için, KGM'den temin edilen karayolları sayısal yol ağı haritası kullanılmıştır.

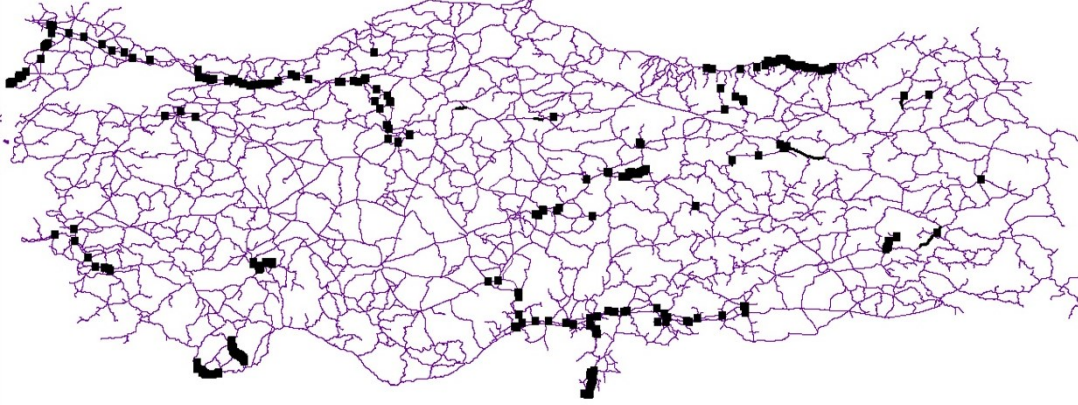
##### 3.1.1 Yol Veri Tabanının Güncellenmesi

Tez çalışması kapsamında trafik kaza kara noktalarının belirlenmesinde ve sunumunda kullanılacak altlık grafik verilerin doğruluğu, hassasiyeti ve bütünlüğü, çalışmanın sağlıklı bir şekilde sonuçlandırılması açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle, KGM'den sayısal formatta temin edilen ve yaklaşık 32 adet öznitelik bilgilerine sahip olan karayolu ağı üzerinde düzenleme çalışmaları yapılmıştır. Bu bağlamda ilk olarak topolojik ilişkiler düzenlenerek yol ağında mevcut çizim hataları belirlenmiştir. Bu hatalar KGM'nin basılı haritaları ve genel müdürlüğün yayınladığı resmi veriler yardımıyla düzeltilmiştir. Şekil 3.1'de "Örtüşmemeli" ve "Kesişmemeli" topolojik kuralları yardımı ile belirlenen çizim hataları gösterilmektedir. Toplamda 2408 karayolu segmentinde topolojik düzeltmeler yapılarak sonuç harita oluşturulmuştur. Topolojik anlamda karşılaşılan çizim hataları:

- Segmentlerin iki parçalı olması,
- Aynı Kontrol Kesim Numarasına (KKN) sahip yolların kesişmesi,
- Aynı Kontrol Kesim Numarası (KKN)'na sahip farklı segmentlerin olması,

- Çift yol güzergâhı,
- Yolların bindirmeli olması şeklindedir.

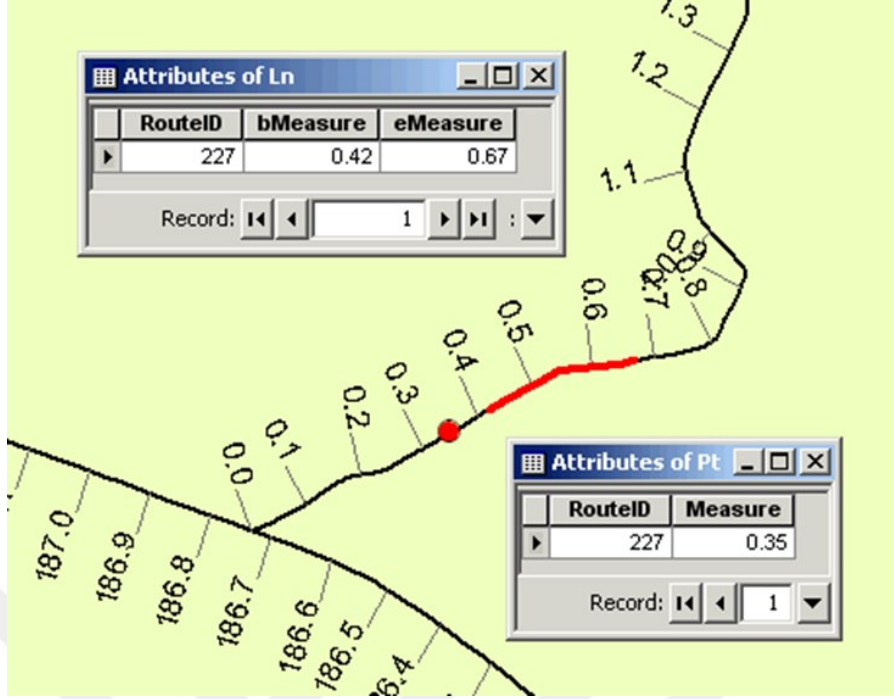
Farklı topoloji kuralları tanımlanarak düzeltme ve doğrulama çalışmaları bitirildikten sonra yol segmentlerinin (line) geometrilerinin sisteme rota olarak (mline) tanımlanması işlemine geçilmiştir.



Şekil 3.1 “Örtüşmemeli” ve “Kesişmemeli” topoloji kuralları uygulandığında tespit edilen çizim hataları.

### 3.1.2 Yol Ağı Geometri Tipinin Rota Geometrisine Dönüştürülmesi

İlk bölümde güncellenmiş, düzeltilmiş ve doğrulanmış olan karayolu güzergâhları “dynamic segmentation” fonksiyonu ile line yapısından mline yapısına dönüştürülmüştür. Dynamic segmentation karayolu hatları, boru hatları vb. ağ özelliği gösteren grafik yapıları görselleştirmede ve bu yapıdaki verilerde konumsal analizler gerçekleştirmede kullanılan bir CBS çözümdür. Dynamic segmentation nokta ya da çizgi geometri yapısına sahip grafik objelerin öznitelikleri ile beraber ağ üzerinde rölatif olarak konumlandırılmasını sağlamaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Dinamik segmentasyon örneği.

Dinamik segmentasyon, çalışmada kullanılan CBS yazılımında “linear referencing” modülünde yer almaktadır. Türkiye yol ağının tanımında (yolların nereden başladığı-neren bittiği) bir standart olmadığı için, tek tek tüm yol parçalarının başlangıç ve bitiş noktaları belirtilerek yol (line) yapısı, rota (mline) yapısına dönüştürülmüştür. Rota tanımlanması işlem adımları aşağıda gösterilmektedir:

- Yol verilerinin sisteme yüklenmesi
- Linear Referencing modülünün açılması ve yol geometrilerinin rota geometrisine dönüştürülmesi

Bu adımlarla birlikte yol güzergâhları KGM tarafından yapılan tanımlamalara uygun bir şekilde rotalandırılmıştır. Elde edilen sonuç harita Şekil 3.3’te, yol ağına ilişkin öznitelik tablo görüntüsü de Şekil 3.4’te gösterilmektedir.



Şekil 3.3 Rotalandırılmış Türkiye sayısal karayolları haritası (Erdoğan vd. 2015b).

ID	Shape*	OBJECTID	KKN	EG UZ	CITY NAME	NAME	YOL UZUNLU	E NO	TANIM	TIP	CREATE DAT	CHANGE DAT	BEGIN VALI	END VALI	
1	Poliline ZM	1	A3	0			114744				0	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
2	Poliline ZM	2	AN3	0	ANKARA	CAKIRVA	247969				0	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
3	Poliline ZM	3	AN3	0	ANKARA	ETMESGUT	0290201				0	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
4	Poliline ZM	4	EL1	0	ELAZIG	MERKEZ	2178421				0	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
5	Poliline ZM	5	01004	28770.6661	SAKARYA	KOCALI	2610381		KARASU (850-01) DYA - (SAKARYA - DUZCE) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
6	Poliline ZM	6	01006	33487.661	DUZCE	AVSIVADCA	5274489		(SAKARYA - DUZCE) İL SN - (DUZCE - ZONGULDAK) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
7	Poliline ZM	7	01006	70623.2514	ZONGULDAK	EREGLI	7082575		(DUZCE - ZONGULDAK) İL SN - (750-01) DYA (ZONGULDAK)		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
8	Poliline ZM	8	01008	91220.5922	BARTIN	AAHARSA	9033513		(ZONGULDAK - BARTIN) İL SN - (BARTIN - KASTAMONU) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
9	Poliline ZM	9	01008	23668.9972	KASTAMONU	CIDE	2356569		(BARTIN - KASTAMONU) İL SN - (SINOP - KASTAMONU) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
10	Poliline ZM	10	01010	89024.8308	KASTAMONU	CIDE	9730396		SENPAZAR (765-01) DYA (CIDE) - KASTAMONU (765-01) DYA (NEBOLU)		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
11	Poliline ZM	11	01011	44835.5875	KASTAMONU	ABANA	4462294		KASTAMONU (765-01) DYA (NEBOLU) - (SINOP - KASTAMONU) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
12	Poliline ZM	12	01013	49370.2249	SINOP	AYANCIK	4546316		(010-11) DYA (ATAZETTİN) - (57-56) İYA (AYANCIK)		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
13	Poliline ZM	13	01013	52345.9674	SINOP	ERFELEK	5274884		(57-56) İYA (AYANCIK) - (SINOP - GERZE) (010-14) DYA		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
14	Poliline ZM	14	01014	08823.1777	SINOP	MERKEZ	6870225		SINOP - (SINOP - SAMSUN) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
15	Poliline ZM	15	01015	96211.4768	SAMSUN	19 MAYIS	9651609	E-70E-66	(SINOP - SAMSUN) İL SN - (KAVAK - CARSAMBA) (795-01 / 010-16) DYA		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
16	Poliline ZM	16	01016	84005.5636	SAMSUN	TERME	8385355	E-70	(BAPRA - KAVAK) (010-15 / 795-01) DYA - (SAMSUN - ORDU) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
17	Poliline ZM	17	01017	36996.9641	ORDU	FATSA	3665212	E-70	(SAMSUN - ORDU) İL SN - (AYBASTI - 52-75) İYA		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
18	Poliline ZM	18	01018	57158.6677	ORDU	FATSA	5707387	E-70	AYBASTI (52-75) İYA - (ORDU - GİRESUN) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
19	Poliline ZM	19	01020	30140.9111	GİRESUN	EYNESEL	3006862	E-70	GULMURHAN (877-01) DYA - (GİRESUN - TRABZON) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
20	Poliline ZM	20	01021-2	114895.8966			57447.9283				0	1.1.2011	-Null-	-Null-	-Null-
21	Poliline ZM	21	01023	63098.8	RİZE		6310276	E-70	(TRABZON - RİZE) İL SN - (ÇAMLIHEMİN (53-05) İYA		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
22	Poliline ZM	22	01024	32084.34	RİZE		3024516	E-70	ÇAMLIHEMİN (53-05) İYA - (RİZE - ARTVİN) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
23	Poliline ZM	23	01025	35268.93	ARTVİN		3628775	E-70	(RİZE - ARTVİN) İL SN - (TURKÖYE - GÜRCİSTAN) DEVLET SINIRI		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
24	Poliline ZM	24	01026	68994.35	ARTVİN		6808822		(010-25) DYA (HOPVA - ARTVİN)		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
25	Poliline ZM	25	01027	91402.19	ARTVİN		9065251		ARTVİN (010-26) DYA - (ARTVİN - ARDAHAN) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
26	Poliline ZM	26	01028	71079.734	ARDAHAN		7050989		ARTVİN - ARDAHAN İL SN - (ÇİLDİR (75-01) İYA		4	1.1.2010	-Null-	7.2.2011	-Null-
27	Poliline ZM	27	01029	21466.33	ARDAHAN		212387		ÇİLDİR (75-01) İYA - (ARDAHAN - KARS) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
28	Poliline ZM	28	01030	42989	KARS		4257515		(ARDAHAN - KARS) İL SN - (DOĞE - AKYAKA) (960-05 / 960-06) DYA		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
29	Poliline ZM	29	01031	2470.6961	ADANA	CEYHAN	2478053		(ADANA - CEYHAN) (405-19) DYA - (YILANLIKALE - HARABELERİ		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
30	Poliline ZM	30	01032	63803.9387	ADANA	YUMURTALIK	6388316		CEYHAN - YUMURTALIK (817-05) DYA - (TEREKİSANTRAL		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
31	Poliline ZM	31	01033	13380.0032	HATAY	ERZİN	1340845		(CEYHAN - YUMURTALIK) (817-05) DYA - (31-76) İYA (BOTAS)		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
32	Poliline ZM	32	010401	37881.6643	SAKARYA	KARASU	3787733		(KANDIRRA - ADAPAZ (020-11) DYA - (AKÇAKOCA - ADAPAZ (010-04650-01) D		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
33	Poliline ZM	33	01041	44929.2139	ADANA	KARATAŞ	4456686		(MERKEZ - ADANA) İL SN - (ADANA - KARATAŞ) (815-05) DYA		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
34	Poliline ZM	34	01076	33649.4682	ADANA	KARASALI	3363347		(01-75) İYA (KARASALI) - ÇATALAN		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
35	Poliline ZM	35	02001	24144.4518	EDİRNE	HAVSA	2413346		(EDİRNE - HAVSA) (100-01) DYA - (EDİRNE - KIRKILARELİ) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
36	Poliline ZM	36	02002	5986.1979	KIRKILARELİ	İNARHİSAR	5839161	E-87	(EDİRNE - KIRKILARELİ) İL SN - (860-02) DYA (İNARHİSAR)		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
37	Poliline ZM	37	02003	38883.9966	KIRKILARELİ	VEZE	3879757		LULEBURGAZ (665-02) DYA (İNARHİSAR) - (KIRKILARELİ - TEKİRDAĞ) İL S		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
38	Poliline ZM	38	02004	22933.0409	TEKİRDAĞ	SARAY	2291585		(KIRKILARELİ - TEKİRDAĞ) İL SN - (TEKİRDAĞ - İSTANBUL) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
39	Poliline ZM	39	02005	43733.2865	İSTANBUL	ÇATALCA	4342489		TEKİRDAĞ - İSTANBUL İL SN - (ÇATALCA - 969-01) DYA		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
40	Poliline ZM	40	02006	63129.4680	İSTANBUL	ÇATALCA	6360079		SAKARYA - ÇATALCA (020-08 / 969-01) DYA - (BOYALCI (34-36) İYA		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
41	Poliline ZM	41	02007	57583.5459	İSTANBUL	PENDİK	5782256		ANADOLU OTYOLU (0-4) KURTKOŞ GİSELER ÇIKIŞI - ŞİLE (34-08) İYA		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
42	Poliline ZM	42	02008	44243.5852	İSTANBUL	ŞİLE	4396686		ŞİLE (34-08) İYA - (İSTANBUL - KOCASELİ) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
43	Poliline ZM	43	02009	32902.4974	KOCASELİ	KANDIRRA	3274576		(İSTANBUL - KOCASELİ) İL SN - (605-01) DYA (KANDIRRA)		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
44	Poliline ZM	44	02010	15192.7962	KOCASELİ	KANDIRRA	1522447		(605-01) DYA (KANDIRRA) - (KOCASELİ - SAĞIRCI) İL SN		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
45	Poliline ZM	45	02011	40262.4241	SAKARYA	MERKEZ	4019715		(KOCASELİ - SAĞIRCI) İL SN - (ADAPAZARI (800-01) DYA		4	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
46	Poliline ZM	46	02012	6068.8664	ADYAMAN	MERKEZ	6069912		(ADYAMAN - ELKIRKANI (05-01) İYA - KULÇUK		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
47	Poliline ZM	47	02014	865.2308	ADYAMAN	KAHTA	0869669		ADYAMAN (360-05) DYA - (KAHTA		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
48	Poliline ZM	48	02016	72274.4219	ADYAMAN	GERGER	7147714		(360-05) DYA (NARINÇE) - (02-05) İYA (TARAKLU)		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
49	Poliline ZM	49	02017	21102.0378	ADYAMAN	KAHTA	2036021		NARINÇE (060-05) DYA - (KOCUCUK		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
50	Poliline ZM	50	02018	22451.6815	ADYAMAN	KAHTA	2239157		ADYAMAN (360-05) DYA - (SAMSAT		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
51	Poliline ZM	51	02019	1343.3921	ADYAMAN	MERKEZ	1350097		(ADYAMAN - KAHTA) (360-05) DYA - (HAVALANI		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
52	Poliline ZM	52	02020	20120.5715	ADYAMAN	MERKEZ	2019011		(ADYAMAN - GÖLBAŞI) (360-04) DYA - (BAĞIRCI		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
53	Poliline ZM	53	02021	46538.403	ADYAMAN	MERKEZ	4643995		(ADYAMAN - ARABAN) (800-12) DYA - (KIZILIN (BEŞYOL)		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
54	Poliline ZM	54	02022	14224.2025	ADYAMAN	BESNİ	1413994		(ADYAMAN - GÖLBAŞI) (360-04) DYA - (TU		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
55	Poliline ZM	55	02023	70203.1103	ADYAMAN	BESNİ	7032443		(BESNİ - ARABAN) (800-11) DYA - (ÇAKIRHÖKÜK		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-
56	Poliline ZM	56	02024	7317.2199	ADYAMAN	GÖLBAŞI	7310453		(GÖLBAŞI (800-11) DYA - (HARMANLI		3	1.1.2008	-Null-	1.1.2008	-Null-

Şekil 3.4 Türkiye karayolları öznetelik tablosu.

### 3.1.3 Trafik Kazaları Veri Tabanının Konumlandırılması ve Konum Doğruluklarına Bağlı Olarak Veri Tabanı Tasarımı

Trafik kaza verilerinin karayollarında konumlandırılması ve ilişkilendirilmesi işlemi iki farklı şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bunların ilki; kazaların, konum bilgilerinin X, Y koordinat bilgilerinden alınarak konumlandırılması, ikincisi ise; kazaların, gerçekleştiği yol segmentinin kaçınıcı kilometresinde olduğunu gösteren kilometraj bilgileri kullanılarak konumlandırılmasıdır.

#### 3.1.3.1 Koordinat Bilgileri (Enlem, Boylam) Kullanılarak Konumlandırma

Tez çalışması kapsamında KGM ve EGM kurumlarından temin edilmiş olan veriler; konum doğruluklarının anlaşılması amacıyla incelenmiş olup, kaza lokasyonlarının hem koordinat bilgileri (enlem ve boylam) hem de kaza kilometraj bilgilerinin olduğu tespit edilmiştir. Kaza verilerini koordinat bilgileri üzerinden incelendiğinde; hali hazırda koordinat bilgileri bulunan 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, ve 2013 yıllarına ait kaza

verilerinden analiz yapılamayacağı yargısına varılmıştır. Bunun nedeni ise trafik kaza tutanaklarından toplanan koordinat bilgileri için;

- Enlem ve boylam bilgilerinin karıştırıldığı,
- Koordinat bilgilerinin doğru yazılmadığı (38.05674 yerine 3.805674 yazılması gibi),
- Konum bilgilerinin mevcut güzergâhların çok dışında kalması,
- Kilometraj bilgileri ile koordinat bilgilerinin tutarsızlığı vb. hatalar tespit edilmiştir.

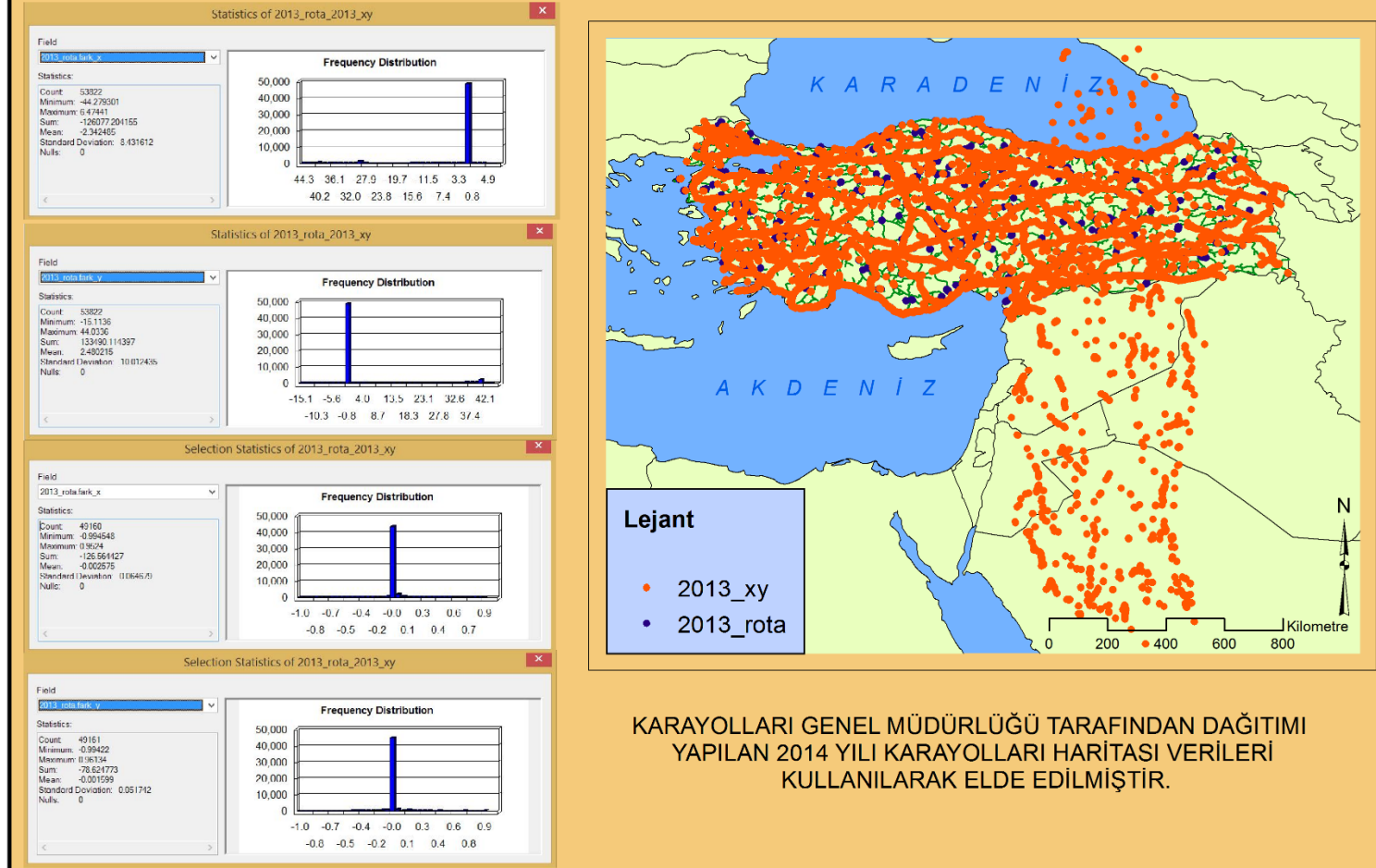
Şekil 3.5 incelediğinde, 2013 yılına ilişkin kaza kayıtları koordinatları kullanılarak trafik kazaları konumlandırıldığında enlem ve boylam bilgilerinin bir kısmının yanlış girildiği açıkça görülmektedir. Sadece 2013 yılı için özet bilgi vermek gerekirse, toplam 53822 kaza verisinden, 4662 adet kaza verisinin enlem değerlerinin yerine boylam değerlerinin girildiği ve kazaların rota ile ilişkilendirilemediği görülmüştür. Haritaya işlenmiş olan kaza verilerinin konum doğruluğunun irdelenmesi sonucu, yol güzergâhları ile kaza noktaları arasında Şekil 3.5'te yer alan özet grafikler elde edilmiştir.

2013 yılı kaza verilerine ait kilometraj bilgileri ile koordinat bilgileri ayrı ayrı kullanılarak kazalar konumlandırılmıştır. Aynı noktanın 2 farklı metotla elde edilen konumları karşılaştırıldığında:

- Kaba hatalı 4662 kayıt tespit edilmiştir. Kaba hataların hepsinin de X ve Y koordinat değerlerinin girişinde yapıldığı tespit edilmiştir.
- Kaba hatalı veriler ayıklanarak kilometraj ve koordinat bilgileri ile konumlandırılan kaza konumları incelendiğinde, tüm noktaların X koordinatlarında 2 metodun  $0.0025^{\circ}$  (yaklaşık 200 m) ortalama ve  $0.064^{\circ}$  (yaklaşık 5000 m) standart sapma değerleri ile aynı yeri gösterdikleri görülmektedir.
- Tüm nokta konumlarının Y koordinatları incelendiğinde 2 metodun  $0.0015^{\circ}$  (yaklaşık 100 m) ortalama ve  $0.051^{\circ}$  (yaklaşık 4000 m) standart sapma değerleri ile aynı yeri gösterdikleri görülmektedir.



## KONUMLANDIRMA METOTLARININ KARŞILAŞTIRILMASI



Şekil 3.5 2013 yılına ait kaza verilerinin konumlandırma karşılaştırması.



Standart sapma değerlerinin fazla oluşunun en önemli etkeni X, Y değerleri derece cinsinden olduğu için yanlış yazılan rakamların 100 km'lik ölçekte konum hatalarına sebep olabilmektedir. Diğer bir etken de, kilometraj değerlerinde konumların hat üzerinde çıkmasına rağmen, X,Y değerleri ile konumlandırılmada doğru değerlerde bile nokta konumunun 10-20 m hattın dışında çıkabilmesidir. Kaza verilerinin detaylı değerlendirilmesinden sonra trafik kaza tutanak verileri incelendiğinde kilometraj verilerinin daha tutarlı ve eksiksiz olduğu ve kaza konumlarını X, Y koordinatlarına göre daha doğru gösterdikleri tespit edilmiştir. Trafik polislerince yıllardır süre gelen uygulama şeklide kilometraj olarak kayıtların düzenlenmesidir. Genel olarak yapılan hatalar incelendiğinde trafik görevlilerinin GPS aletlerini kullanmayı tam bilmediği, aleti açtıklarında aletin adaptasyon süresini (initialization) beklemedikleri, enlem ve boylam değerlerini yanlış girdikleri ve son rapor tuttıkları yerlerdeki değerleri tekrar girdikleri tespit edilmiştir. Bu anlamda kazaların konumlandırılması kilometraj değerleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### **3.1.3.2 Kilometraj Bilgisi Kullanılarak Konumlandırma**

Trafik kaza verilerinin karayolu güzergâhları üzerinde konumlandırılması Make Route Event Layer fonksiyonu ile gerçekleştirilmektedir. Bu fonksiyon kazayı, başlangıç ve bitiş kilometre değerleri tanımlanmış olan mline geometri tipindeki yollar üzerinde, kazanın kaçınıcı kilometrede (kilometraj) olduğu verisini kullanarak yol üzerinde konumlandırmaktadır. Tüm yıllara ilişkin kaza verileri, karayolları ağı üzerinde kilometraj verileri kullanılarak yıl yıl konumlandırılmıştır. Bu işleme ilişkin oluşturulan model, Ek 1'de gösterilmiştir.

Kara nokta belirleme analizlerini uygulamak için her 1 km'lik segmentte gerçekleşen kaza sayılarını belirleyebilmek adına mline geometri yapısındaki rotaların 1'er km'lik segmentlere bölünmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. ArcGIS XTools Pro modülü kullanılarak karayolu yol ağında kontrol kesim numarası tanımlanan 2408 yol parçası toplam 75024 parçaya bölünmüştür. Bu işleme ilişkin oluşturulan model, Ek 2'de gösterilmiştir.

Kara nokta belirleme çalışmaları işleminde analiz edilecek yollar, yol tiplerine göre farklı tiplerde gruplandırılmalıdır. Gruplara ayrılan yollarda, her bir grup ayrı ayrı analiz edilmiştir. Bu anlamda yol tiplerinin belirlenmesi önemlidir. KGM görev alanı içinde yer alan yol tipleri dört sınıfta toplanmıştır. Bu bağlamda her bir farklı yol tipi ve bu tip yollardaki kavşaklar ayrı ayrı gruplandırılarak buralarda gerçekleşen kazalar da otomatik olarak kategorize edilmiştir. Bu işleme ilişkin oluşturulan model, Ek 3’te gösterilmiştir.

Kaza verilerinin sayısal ortama aktarılması, karayolu güzergâhlarının oluşturulması ve bölümlendirilmesinin yanında, kavşak sınıflarının da oluşturulmasından sonra, bir sonraki adım kaza verileri ile kategorize edilmiş yol segmentlerinin (1 km’lik) konumsal olarak ilişkilendirilmesi aşamasıdır. Oluşturulan model ile tüm Türkiye’de gerçekleşen kazalar yıl bazında yol segmentleri üzerinde konumlandırılmakta ve her bir segmentte meydana gelen trafik kaza sayıları ve bu kazalara ilişkin veriler görüntülenip sorgulanabilmektedir. Bu işleme ilişkin oluşturulan model, Ek 4’te gösterilmiştir.

### **3.1.4 Trafik Kaza Veri Analizleri**

Oluşturulan modellerde, düzenlenen veriler ile yıl bazında gerçekleşen kazalar ve segment başına düşen kaza sayıları elde edilmiş olmaktadır. Bu aşama ile beraber Trafik Kaza Kara Noktası Belirleme Metotları (TKKNBM) için kullanılacak veriler oluşturulmuş olup, bu aşamadan sonra düzenlenen bu veriler her bir TKKNBM’de girdi veri olarak kullanılacaktır. Bu aşamada TKKNBM anlatılmadan önce kaza verileri ile yapılan bir takım veri analizi çalışmalarının sonuçları özetlenmiştir.

2005’ten 2013 yılı sonu süresince ilgili kurumlar tarafından toplanan can kayıplı ve yaralanmalı kaza verileri kapsamında, elde edilen kazalar tablosunda her kaza; KazaId, Kaza Tarihi, Saat, Yol Bölünmüşlüğü, Yerleşim Yeri, Toplam Can Kaybı Sayısı, Yaralı Sayısı, Yol No Kesim No, Araç Sayısı, Oluş Türü, Yolun Tipi, Yolun Kaplaması, Yolun Sınıfı, Yatay Geometri, Düşey Geometri, Kavşak, Geçit, Gün Durumu, Hava Durumu, Yolun Yüzeyi, İlk Yardım, Araç Sayısı, Kaza Yol Sorunu, Yolda Çalışma, Otoyol Korkuluğu, Yaya Yolu, Emniyet Şeridi, Trafik İşaretleri, Trafik Lambası, Aydınlatma, Trafik Görevlisi, Sonuç Ölüm, Sonuç Yaralı, Bölge No, Şehir Adı, Yol Şerit Çizgisi,

Kaza kilometresi, X, Y koordinatları verilerinden oluşan toplam 38 alan bulunmaktadır.

Yol ağı veri tabanında; id, Kontrol Kesim No, Eğik Uzunluk, Yatay Uzunluk, Şehir Adı, Yolun Tanımı, Yolun Tipi, Bölge No, Şube No, Hiyerarşi, Hız, Zaman, Tek yön, Öncelik, Karayolu verileri bulunmaktadır. Yoğunluk veri tabanında ise; id, KKNo, Dilim No, Başlangıç km, Bitiş km, Nokta km, Uzunluk km, Sayım Türü, Toplam Yoğunluk, Otomobil Yoğunluğu, Otobüs Yoğunluğu, Kamyon Yoğunluğu, Çekici Yoğunluğu, Bölge No, İli, Yol Tipi verilerinden oluşmaktadır.

### 3.1.4.1 Trafik Kazalarının Zamansal Analizleri

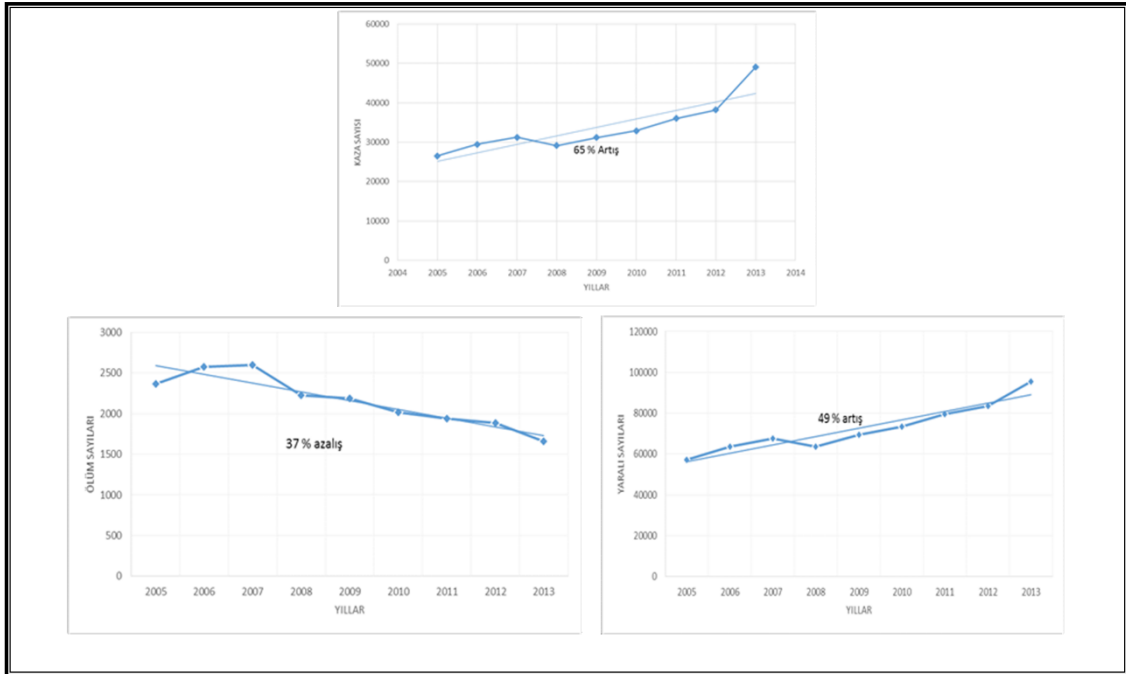
Bu bölümde 2005-2013 yılları kapsamında meydana gelmiş olan trafik kazalarının mevsimlere, aylara, günlere ve saatlere göre zamansal analizleri incelenmiştir. Trafik kazalarının rastlantısal olarak gerçekleşmiş olmaları durumunda zamana göre dağılımının kümelenmiş olmaması beklenmektedir (İlçi 2013). Fakat trafik kazaları pek çok çevresel faktörden, zamandan ve sürücü davranışlarından etkilenmekte ve bu durum trafik kazalarının rastgele dağılımda olmamasına neden olmaktadır. Çizelge 3.1’de 2005-2013 yıllarında meydana gelen trafik kaza sayıları ile yaralı ve can kaybı sayıları ile ilgili bilgiler bulunmaktadır.

**Çizelge 3.1** Yıllara göre kaza, yaralı ve ölüm sayıları.

Kaza Yılı	Kaza Sayısı	Yaralı Sayısı	Can Kaybı Sayısı	Kaza Başına Yaralı Sayısı	Kaza Başına Can Kaybı Sayısı
2005	26496	57162	2367	2,158	0,089
2006	29492	63534	2578	2,154	0,087
2007	31241	67616	2597	2,164	0,083
2008	29134	63632	2229	2,184	0,077
2009	31198	69495	2189	2,228	0,070
2010	32878	73265	2015	2,228	0,061
2011	36053	79591	1940	2,208	0,054
2012	38173	83390	1885	2,184	0,049
2013	49127	95511	1660	1,944	0,034

Çizelge 3.1’de gösterilen trafik kaza verileri ile ilgili bilgilerin grafiksel gösterimleri Şekil 3.6’da gösterilmektedir. Şekil 3.6 incelendiğinde ölümlü ve yaralanmalı kaza sayılarının, 2008 yılı haricinde, yıllara göre sürekli bir artış içerisinde olduğu görülmektedir.

Özellikle 2013 yılındaki kaza sayılarının, önceki yıllara göre artış gösterdiği anlaşılmaktadır. 2005 yılından 2013 yılına kadar kaza sayılarında bir artış olmasına rağmen, yıllara göre can kaybı sayısında ve kaza başına can kaybı sayısında azalma olduğu görülmektedir. 2005 yılında 1000 kazada ortalama 89 can kaybı meydana gelirken, 2013 yılında bu sayı 34'e kadar düşmüştür. Bu veriler ışığında kazaların hangi günlerde, hangi aylarda, hangi mevsimlerde ya da hangi zaman aralıklarında gerçekleştiği belirlenmiştir. Artış ve azalış oranları yüz bin kişi/kaza sayısı, yüz bin kişi/yaralı sayısı yüz bin kişi/ölüm sayısı verileri kullanılarak yıllık nüfus artışı oranı da dikkate alınarak hesaplanmıştır.

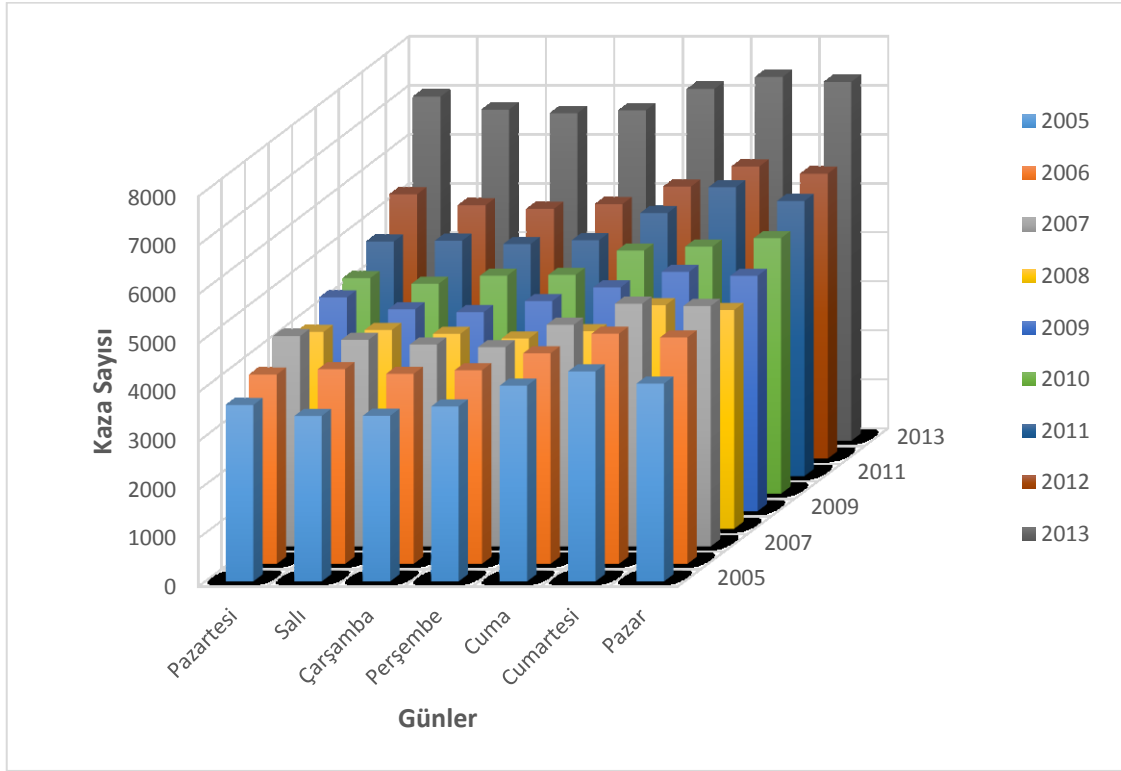


Şekil 3.6 Kaza, ölüm ve yaralı sayılarının yıllara göre dağılımı gösteren grafiksel gösterim.

2005-2013 dönemi trafik kaza verileri dikkate alınarak hazırlanmış olan Şekil 3.6'daki grafik incelendiğinde, kaza sayılarında 2005 yılına göre %65'lik oranda artış olduğu görülmektedir. Kaza sayılarındaki bu yükseliş, beraberinde kaza sonucu yaralanan kişi sayısında da %49'luk bir artışı getirmiştir. 2005 yılından 2013 yılına kadar olan bu dönemde kaza sayılarındaki artışın aksine, ölen kişi sayısında %37'lik oranda bir azalış olduğu görülmektedir.

### Trafik Kazalarının Günlere Göre Analizi:

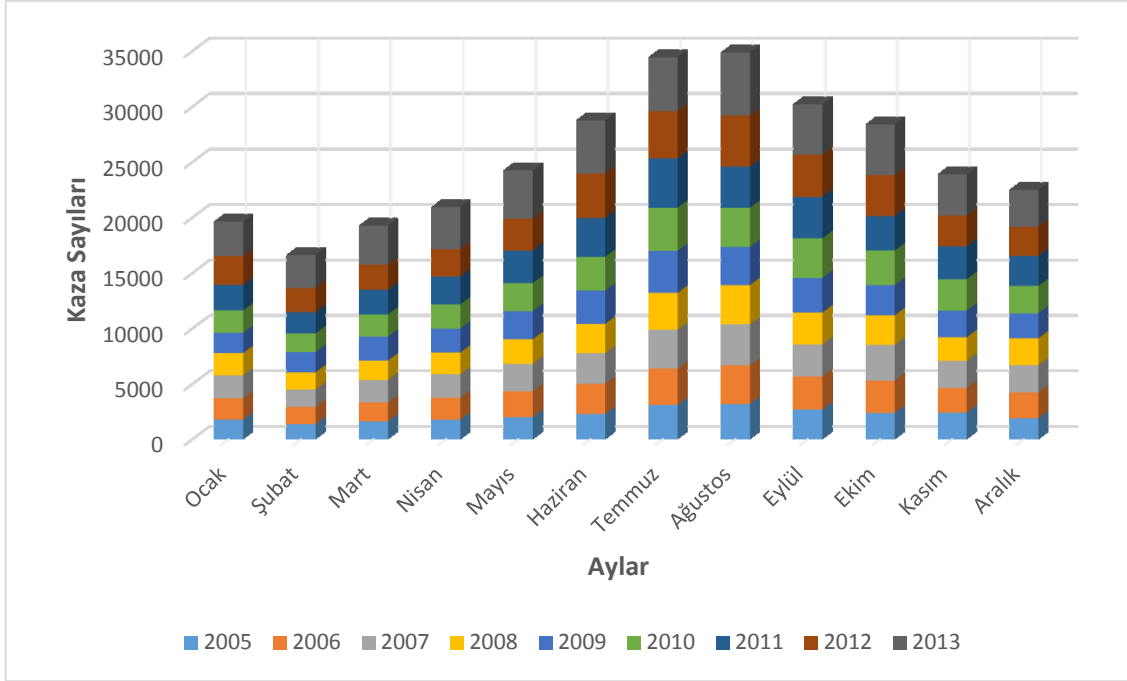
2005-2013 yıllarında meydana gelen kazaların günlere göre dağılımı Şekil 3.7’de görülmektedir. Bu bilgiler ışığında tüm yıllarda hafta sonu (Cumartesi ve Pazar) trafik kazalarının belirgin bir artış gösterdiği, Cuma gününde meydana gelen kaza sayılarının da hafta içi diğer günlere nazaran yüksek olduğu görülmektedir. 2005 yılından 2013 yılına kadar olan trafik kazalarının sayılarında da artış olduğu görülmektedir.



Şekil 3.7 2005-2013 yılları arasında meydana gelen kazaların günlere göre dağılımı.

### Trafik Kazalarının Aylara Göre Analizi:

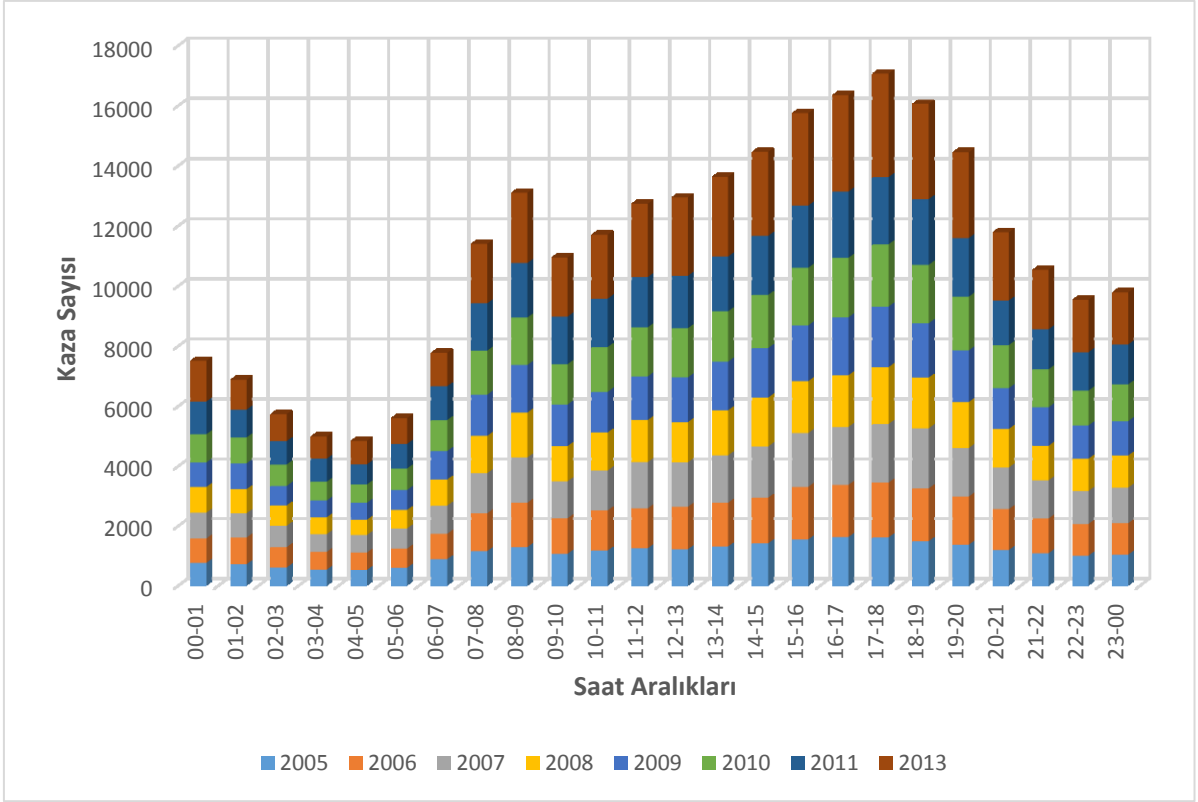
Trafik kazalarının aylara göre dağılımı Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Bu şekil incelendiğinde 2005’ten 2013 yılı sonuna kadar tüm yıllarda kazaların Temmuz ve Ağustos aylarında, diğer aylardan fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 3.8 Trafik kazalarının aylara göre dağılımı.

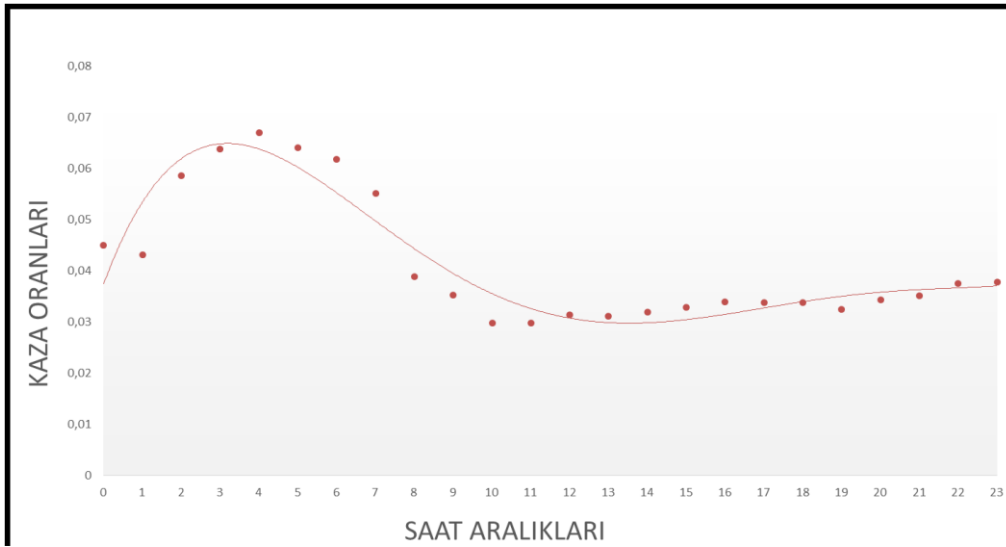
#### Trafik Kazalarının Saatlere Göre Analizi:

Trafik kazaları ile elde edilen önemli bilgilerden birisi de, kazaların hangi saatlerde yoğunlaştığıdır. Şekil 3.9 incelendiğinde, saatlik dilimlerde gün içinde kazaların hangi saatlerde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu grafik incelendiğinde tüm yıllarda kazaların sabah (07-09) ve akşam saatlerinde (16-19) diğer saatlere göre artış gösterdiği görülmektedir. Bu saatler mesai başlangıç ve bitiş saatleri olduğundan trafiğe çıkan araç sayısına bağlı olarak kaza sayılarının da arttığı tahmin edilmektedir.



Şekil 3.9 Trafik kazalarının saatlere göre dağılımı.

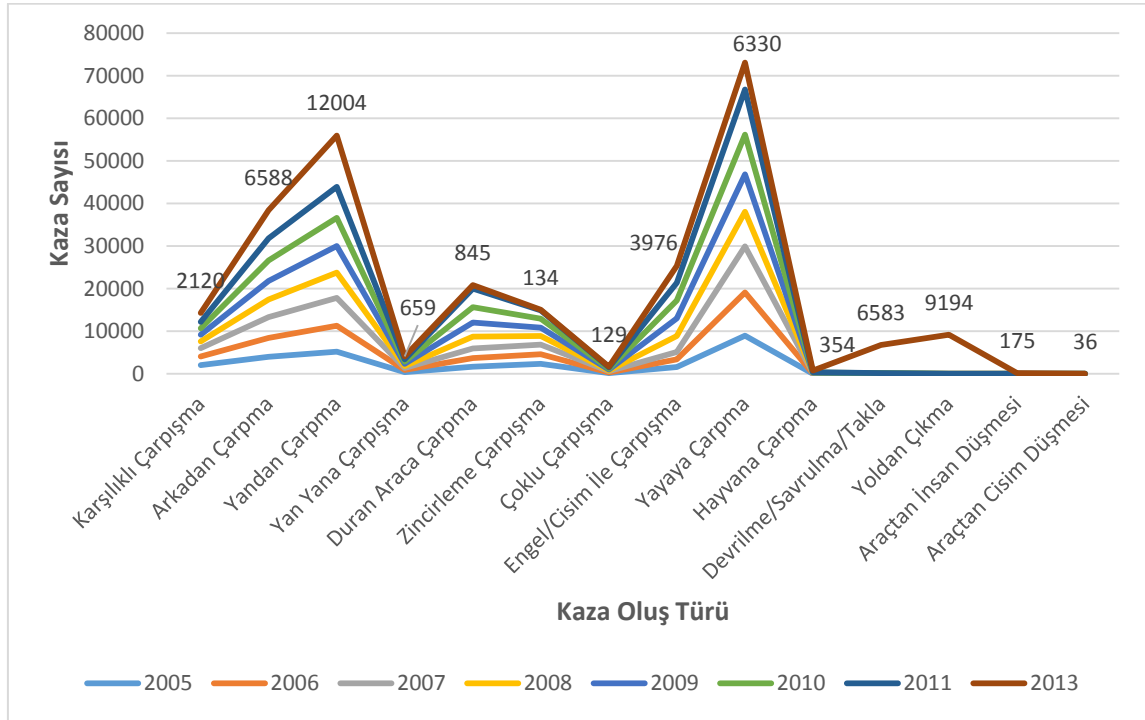
Kaza sayıları KGM’den alınan saatlik ortalama araç sayım verileri kullanılarak normalize edildiğinde ise Şekil 3.10 elde edilmiştir. Bu şekilde görüldüğü üzere, kaza sayısı/trafikteki araç sayısı oranları dikkate alındığında, kaza olasılığı açısından gece saatlerinin gündüz saatlerinden daha riskli olduğu görülmektedir.



Şekil 3.10 Araç sayılarına göre normalleştirilmiş saat aralıklarına göre kaza oranları (Erdoğan vd. 2015c).

### 3.1.4.2 Trafik Kazalarının Kaza Tiplerine Göre Analizi

2005-2013 yıllarında meydana gelen trafik kazalarının türleri toplam 14 başlık altında toplanmaktadır. Bu veriler incelendiğinde kazaların en fazla yayaya çarpma ve yandan çarpma ile gerçekleştiği Şekil 3.11’de görülmektedir. Araçtan cisim düşmesi, araçtan insan düşmesi, yoldan çıkma, devrilme/savrulma/takla verilerinin yalnızca 2011 ve 2013 yılında olması bu kaza tiplerinin son yıllardan itibaren tutulmaya başlandığını göstermektedir.



Şekil 3.11 Trafik kazalarının oluş tiplerine göre dağılımı.

### 3.2 Oran-Kalite-Kontrol Metotları

KGM tarafından kullanılan kara nokta belirleme yöntemi, oran-kalite-kontrol yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Oran-kalite-kontrol Yöntemi, her karayolu kesimi için 3 üç farklı metodun indis değerlerinin birlikte kullanılmasına dayanmaktadır. Bu metotlar şunlardır:

- Kaza Frekansı Metodu
- Kaza Oranı Metodu
- Kaza Şiddeti Metodu



Bu yöntemlerden elde edilen indis değerlerinin her biri, hesaplanan kritik değerlerle karşılaştırılarak kaza kara nokta olup olmadığı tespiti yapılır. Oran-Kalite-Kontrol yönteminde belirli bir karayolu segmentinin 3 metottaki indis değerlerinin her üç metot için belirlenen eşik indis değerinden fazla değer alması durumunda bu segment kara nokta olarak adlandırılmaktadır.

### 3.2.1 Kaza Frekansı Metodu

Bu yöntem, herhangi bir karayolu segmentinde meydana gelen kaza sayılarının hesaplanan kritik değerden yüksek olması durumunda bu segmentin kara nokta olarak tanımlanması ilkesine dayanmaktadır. Kaza frekansına ilişkin kritik değer eşitlik 3.1'de gösterilmektedir.

$A_j > A_c$  olursa,

$$A_c = F_{ave} + k_a \sqrt{F_{ave}/L_j - 0.5/L_j} \quad (3.1)$$

Burada ifade edilen;

$A_j$  : Belirli bir süre içinde j kesimindeki kazaların sayısı

$A_c$  : Kaza frekansına ilişkin kritik değeri

$L_j$  : Karayolu kesimin uzunluğunu

$F_{ave}$  : Bütün karayolu kesimleri için ortalama kaza frekansı

$k_a$  : Güvenilirlik testi için seçilmiş sabit değeri

göstermektedir.  $\alpha$  normal dağılıma göre belirlenir ve güven düzeyleri için  $k_a$  şu değerleri almaktadır (Sweroad 2001):

$\alpha = \% 99$  için  $k_a = 2,576$

$\alpha = \% 95$  için  $k_a = 1,645$

$\alpha = \% 90$  için  $k_a = 2,282$

### 3.2.2 Kaza Oranı Metodu

Kaza oranı yönteminde, kaza frekansından farklı olarak taşıt yoğunluğu da dikkate alınmakta ve kaza sayıları taşıt yoğunluğu değerleri ile normalize edilmektedir. Bu yöntemde;

- $A_j$  : Belirli bir süre içinde j kesimindeki kazaların sayısı  
 $m_j$  : Aynı süre içinde j kesiminde taşıt kilometre (milyon olarak) sayısı  
 $R_j = \frac{A_j}{m_j}$  : Söz konusu süre içinde j kesimindeki kaza oranı  
 $k_a$  : Güvenilirlik testi için seçilmiş sabit değer  
 $R_c$  : Kaza oranına ilişkin kritik değer olmak üzere (Eşitlik 3.2);

$$R_c = \hat{\lambda} + k_a \sqrt{\lambda/m_j - 0.5/m_j} \quad (3.2)$$

$$\hat{\lambda} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n m_j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\bar{m}} R_i$$

$R_j > R_c$  olursa, j kesiminin kara nokta olduğu kabul edilir.

Eşitlik 3.2'deki formüller kullanılarak, hem kaza oranı hem de kaza oranına ilişkin kritik değerler belirlenmektedir (Sweroad 2001).

### 3.2.3 Kaza Şiddeti Metodu

Kaza şiddeti yönteminde ise kaza sayılarının yanı sıra kazalarda meydana gelen ölü ve yaralı sayıları ile birlikte, hasar gören araçlarda dikkate alınarak hesaplamalar yapılmaktadır.

j kesimli bir karayolu için kaza şiddeti değeri eşitlik 3.3'te formülize edilmektedir.

$$S_j = I_{f,j} * 9 + I_{b,j} * 3 + I_{d,j} * 1 \quad (3.3)$$

Burada

f, j segmentinde meydana gelen trafik kazasında ölen kişi sayısını,

b, j segmentinde meydana gelen trafik kazasında yaralanan kişi sayısını,

d, j segmentinde meydana gelen trafik kazasında hasar gören araç sayısını

ifade etmektedir. İlgili kaza şiddet değeri, kaza başına şiddet değerini taşıyan eşitlik 3.4 ile hesaplanmaktadır.

$$Q_j = S_j / A_j \quad (3.4)$$

Burada kaza şiddetine ilişkin ortalama değer eşitlik 3.5 ile bulunur.

$$Q_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n A_j} \quad (3.5)$$

Karayolu kesiminin kaza şiddeti açısından kara nokta olup olmadığı eşitlik 3.6 ile;

$$Q_c = Q_{ave} + k_\alpha \sqrt{\hat{\sigma}^2} - 0.5 \quad (3.6)$$

$Q_j > Q_c$  olduğu durumda, kritik değeri ile karşılaştırılarak belirlenir.

Burada,

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_i - Q_{ave})^2$$

şeklinde hesaplanmaktadır (Sweroad 2001).

### 3.3 Mekânsal Otokorelasyon Yöntemleri

Çalışma kapsamında trafik kaza kara noktalarının belirlenebilmesi amacıyla kullanılan yöntemlerden diğer bir kısmını da mekânsal otokorelasyon yöntemleri oluşturmaktadır. “Mekânsal bağımlılık (spatial dependency), jeostatistik ve coğrafya biliminde kabul edilen örneklemelerin mekânda konumlarına bağlı olarak birbiri ile ilişkili olduğunu ifade eden bir terim iken, mekânsal otokorelasyon (spatial autocorrelation) ise bu bağımlılığın ölçütü olup, rastgele iki örneğe ilişkin öznelik değerlerinin konuma bağlı olarak benzerliğinin birimi olarak ifade edilmektedir” (Erdogan vd. 2014). Mekânsal otokorelasyon yöntemleri verilerin, hem buldukları konum ile hem de birbirleri ile olan ilişkilerini inceleyen yöntemlerdir. Kazaların meydana geldiği konumlardaki ilişkileri, oluşturulan w ağırlık matrisi aracılığı ile hesaplanmaktadır. Ağırlık matrisleri, verilerin konumları arasındaki ilişkiyi ya da benzerlikleri mesafeye / komşuluğa / sınırdaşığa / vb. bağlı olarak modellemektedir (Prasannakumar *et al.* 2011). Trafik kazalarının modellenmesinde ya da kara noktaların belirlenmesinde mekânsal otokorelasyon yöntemlerinden Getis Ord  $G_i^*$  ve Morans’s I tekniklerinin kullanıldığı literatürde birçok uygulamada karşımıza çıkmaktadır (Khan *et al.* 2008, Steenberghen *et al.* 2004, Truong and Somenahalli 2011). Tez çalışması kapsamında da mekânsal otokorelasyon yöntemlerinden Getis Ord  $G_i^*$  ve Moran’s I teknikleri üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemlerle ilgili detaylı açıklamalar, ilerleyen kısımlarda belirtilmiştir.

### 3.3.1 Getis Ord Gi\* Mekânsal Otokorelasyon Yöntemi

Getis Ord Gi\* istatistikleri sıcak bölge analizleri ( hot spot ) olarak da bilinir (Getis and Ord 1992). Bu yöntemde veri kümesindeki her bir değer için Getis Ord Gi\* istatistiği hesaplanmaktadır. ArcGIS yazılımında sonuç olarak Gi\* istatistiği, z (standart değer) ve p (güvenirlilik) değerlerini üretmektedir. 1990'ların ortalarında geliştirilen bu yöntem, yaygın olarak salgın ve yağış modellemede, aynı zamanda tarımsal faaliyetlerde de kullanılmaktadır (Chopin and Blazy 2013, Rud *et al.* 2013). Son dönemlerde karayollarında bulunan tehlikeli ya da diğer deyişle kara noktaların belirlenmesinde de uygulanmaktadır (Blazquez and Celis 2013, Xie and Yan 2013).

Gi\* istatistik aracı, veriler arasındaki komşuluk ilişkilerini dikkate alarak hesaplamalar gerçekleştirmektedir. Burada yüksek değerdeki bir özellik, kümelenme özelliği gösterebilir; fakat istatistiksel olarak anlamlı olmayabilir. Getis-Ord Gi\* metodu, her bir veriye ait özellik değerleri ile, komşusu olduğu verinin özelliklerini karşılaştırarak değerler üretmektedir (İlçi 2012). Böylece çalışma alanı içindeki veriler analiz edilerek, nerelerde yüksek ve düşük değerlerin kümелendiği belirlenebilmektedir. Bu yöntemde istatistiksel olarak kümelenme olması, yüksek değerlerin yüksek değerlerle ya da düşük değerlerin düşük değerlerle çevrili olmasını gerektirmektedir (Prasannakumar *et al.* 2011).

ArcGIS yazılımı, Gi\* istatistiğinde her bir veri kümesi için bir z değeri hesaplamaktadır. İstatistiksel olarak anlamlı bir pozitif z skorları için, daha yüksek z skoru, yüksek değerlerin daha yoğun kümелendiği anlamına gelmektedir. Aynı şekilde istatistiksel olarak anlamlı negatif yüksek z skorları için, düşük değerlerin kümелendiği anlamına gelmektedir.

Getis-Ord Gi\* istatistik değerinin hesaplanması eşitlik 3.7' de gösterilmektedir.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=0}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=0}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2}{n-1}}} \quad (3.7)$$

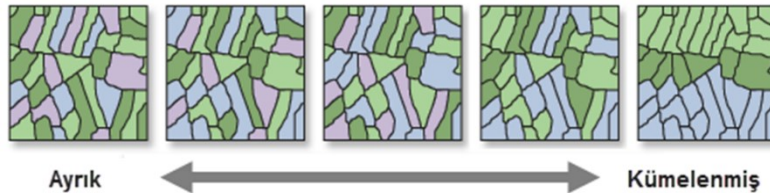
Burada  $x_j$ , j nesnesi için öznelik değeri,  $w_{i,j}$  i ve j nesneleri arasında mekânsal ağırlık matrisi, n özelliklerin sayısı olarak ifade edilmektedir. Formülde  $\bar{X}$  ve S değerleri eşitlik 3.8' de verilmiştir.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (3.8)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2}$$

### 3.3.2 Moran's I Mekansal Otokorelasyon Yöntemi

Tez çalışmasında kullanılan diğer mekânsal otokorelasyon yöntemi de Moran's I yöntemidir. Moran (1948) tarafından önerilen indis verilerin mekânsal otokorelasyonunu belirlemek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Getis and Ord 1992, Goodchild 1986). Mekânsal otokorelasyon yöntemleri, ilgilenilen veriler arasındaki mekânsal bağımlılığı belirlemek ve veri özelliklerine göre kümelenmelerin istatistiksel olarak önemini araştırmak için kullanılmaktadır (Blazquez *et al.* 2013). ArcGIS yazılımında Moran's I yönteminde verilerin dağınık, rastgele ya da kümelenmiş olup olmadığı ayrıca gösterilmektedir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 ArcGIS'te Moran's I çıktısı (Int. Kyn. 3).

Moran's I olası değerlerinin aralığı, -1 ile +1 arasında değişmektedir. Pozitif değerler, benzer değerlerin konumsal kümelenmesini (sıcak ya da soğuk nokta), negatif değerler ise farklı değerlerin kümelenmesini göstermektedir (ayrık nokta). Moran's I değerinin

sıfır değerine yakın olması, veri dağılımının rastlantısal desen gösterdiği anlamına gelmektedir (Blazquez *et al.* 2013). Moran's I otokorelasyon indisinin matematiksel ifadesi eşitlik 3.9'da verilmiştir.

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x}) z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.9)$$

Burada  $w_{i,j}$ , i ve j değerleri arasındaki mesafenin tersiyle orantılı ağırlık matrisi, n nesnelere sayı toplamını ve  $S_0$  mekânsal ağırlıkların tamamının toplamını ifade etmektedir.  $S_0$  mekânsal ağırlıkların toplamı eşitlik 3.10'da verilmiştir.

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} \quad (3.10)$$

ArcGIS yazılımında Moran's I fonksiyon çıktısında, Getis Ord  $G_i^*$  tekniğinde olduğu gibi p ve z değerleri üretilmektedir. Moran's I indisine ilişkin  $z_I$  değeri eşitlik 3.11'de gösterilmektedir.

$$z_I = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}}$$

$$E[I] = -1/(n - 1) \quad (3.11)$$

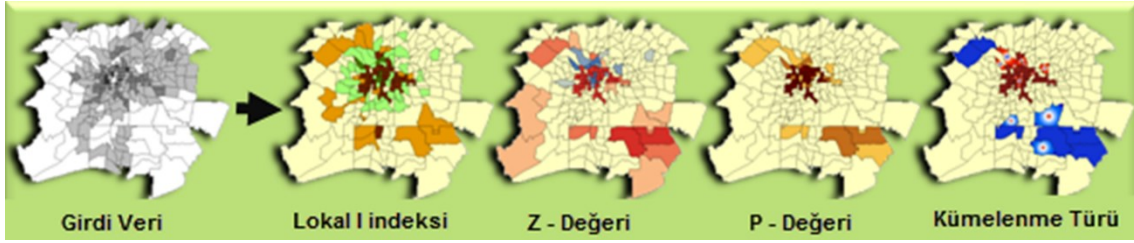
$$V[I] = E[I^2] - E[I]^2$$

Moran's I indeksi genel ölçekli olup, çalışma alanının dağılımının mekâna bağlılık düzeyini ölçerken, alan içerisindeki dağılımın nerelerde kümелendiğini göstermemektedir (İlçi 2013). Bu sebeple bölgesel ölçekteki dağılımın mekânsal analizini yapabilmek için Anselin yerel Moran's I indeksi geliştirilmiştir.

### 3.3.2.1 Anselin Lokal Moran's I Mekansal Otokorelasyon Yöntemi (LISA)

LISA analizleri, ağırlıklandırılmış bir dizi veri setinin, konumsal kümelenmelerini ve aykırılıklarını belirler. Anselin lokal Moran's I değeri (Eşitlik 3.12), z skoru, p değeri ve

her bir verinin kümelenme türünü kategorize ederek (Şekil 3.13) kümeleri ifade etmektedir (İnt.Kyn.4).



Şekil 3.13 ArcGIS'te Anselin Lokal Moran's I gösterimi (İnt.Kyn.4).

LISA için pozitif bir değer, bir nesnenin benzer bir şekilde yüksek ya da düşük öznitelik değerlerine sahip nesnelere komşu olduğunu göstermektedir. LISA için negatif bir değer de, bir nesnenin farklı değerlere sahip komşularla çevrili olduğunu göstermektedir. Her iki durumda da, p değerinin istatistiksel olarak anlamlı bir değere sahip olması gerekmektedir. LISA indeksi, göreceli bir ölçüttür ve sadece eşitlik 3.14'te hesaplanan p ve z değerleri kapsamında yorumlanabilmektedir (İnt.Kyn.5).

$$I_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{X}) \quad (3.12)$$

Burada,  $x_i$  özelliğinin özniteliği,  $\bar{X}$  özniteliklerin ortalaması,  $w_{i,j}$  i ve j yerleri arasındaki mekânsal ağırlık matrisini ifade etmektedir. Bu formülde kullanılan  $S_i^2$ , eşitlik 3.13'te gösterilmektedir.

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (3.13)$$

Burada  $n$ , verilerin sayısal toplamını göstermektedir.

$$z_{I_i} = \frac{I_i - E[I_i]}{\sqrt{V[I_i]}}$$

$$E[I_i] = - \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j}}{n - 1} \quad (3.14)$$

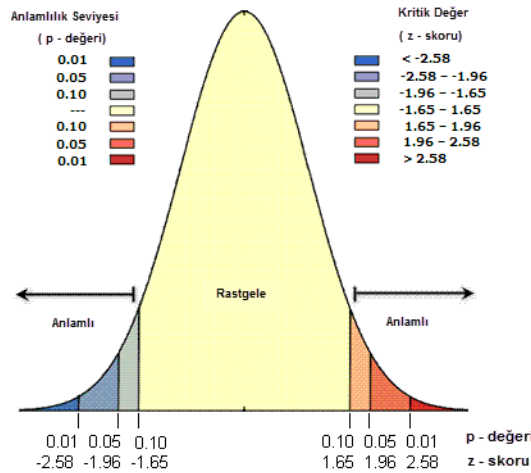
$$V[I_i] = E[I_i^2] - E[I_i]^2$$

Eşitlik 3.12'de hesaplanan pozitif I değeri, özellik ve komşu özelliklerinin benzer şekilde düşük veya yüksek değerde olduğunu ve dağılımda kümelenme olduğunu gösterir. Negatif I değeri ise özellik ve komşularının farklı değerlerin kümelendiğini (outlier) yani

aykırılık olduğunu göstermektedir (İlçi 2013). ArcGIS yazılımında yüksek değerlerin kümelenmeleri (HH), düşük değerlerin kümelenmeleri (LL), yüksek değerlerin düşük değerlerle çevrili olması (HL), düşük değerlerin yüksek değerlerle çevrili olması (LH) şeklinde ifade edilmektedir.

### 3.3.3 Güvenilirlik İndisleri (Z skoru ve P değeri)

Birçok istatistiksel test sıfır hipotezinin belirlenmesi ile başlamaktadır. Kümeleme analizlerinde hesaplanan p değeri ve z skoru güvenilirlik değerlerinin yani sıfır hipotezini reddedip etmeyeceğimizi göstermektedir. P değeri istatistiksel olarak yanlış olma olasılığını ifade etmektedir. Z skoru ise standart değer olarak ifade edilir. Bir veri kümesinde, bir değerlerin ortalamayla ilişkisinin istatistiksel ölçümüdür (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 P değeri ve Z skorunun ArcGIS’te ifadesi (İnt. Kyn. 6).

Şekil 3.13 incelendiğinde z skorunun çok büyük veya çok küçük olduğu bölümlerde, p olasılık değerinin çok küçük olduğu görülmektedir. Gerçekleşen analiz sonucunda sıfır hipotezimizin reddedilmesi p değerine bağlıdır. Eğer çok büyük veya çok küçük z skoruna karşılık gelen bir sonuç ortaya çıkarsa ki bu; “p olasılığının çok küçük olması demektir” o zaman sıfır hipotezi reddedileceği anlamına gelmektedir. Bu nedenle yapılacak çalışmalarda ilk olarak, güven düzeyini seçmek, sonuçların daha doğru yorumlanmasını sağlayacaktır. Şekil 3.13’ten de görüldüğü gibi güven düzeyleri % 90



(1-0.10), % 95 (1-0.05) ve % 99 (1-0.01) olarak karşımıza çıkmaktadır (Çizelge 3.2). Güven düzeyinin % 99 olarak seçilmesi, mevcut örneklemin %1'den daha az olasılıkla, sıfır hipotezinin reddedilmeye uygun olmayacağı demektir.

**Çizelge 3.2** Standart sapma aralıkları ve güven düzeyleri (İnt. Kyn. 6).

<b>z - skoru (Standart Değerler)</b>	<b>p – değeri yanılma düzeyi (Olasılık)</b>	<b>Güven Düzeyi</b>
< -1.65 veya > +1.65	< 0.10	90%
< -1.96 veya > +1.96	< 0.05	95%
< -2.58 veya > +2.58	< 0.01	99%

Tez çalışması kapsamında kullanılan CBS yazılımında, Getis Ord  $G_i^*$  ve Moran's I analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu yazılımda her iki metoda ait sonuç çıktı ürünlerinde, Getis Ord  $G_i^*$  ile ilgili olarak GİP ve GİZ ile Moran's I ile ilgili olarak ise LMIPValue ve LMIZScore değerleri çıktılanmaktadır. Bu değerler verilerin standart değerlerini ve güven düzeylerini göstermektedir.  $G_i^*$  istatistiğinde, pozitif z sayılarının istatistiksel olarak anlamlı olabilmesi için, pozitif değerdeki z sayılarının yoğun bir şekilde kümelenmiş olması gerekmektedir. Bu olguya sıcak nokta oluşumu denmektedir. Negatif değerdeki z sayılarının istatistiksel olarak önemli olabilmesi için ise, negatif değerdeki z sayılarının yoğun bir şekilde kümelenmiş olması gerekmektedir. Bu olguya da soğuk nokta oluşumu denmektedir (İnt.Kyn. 7).

### **3.4 Kara Nokta Belirlemede Kullanılan Model Bazlı İstatistiksel Yöntemler**

Trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi çeşitli istatistiksel metotların kullanılması ile de gerçekleştirilebilmektedir. Bu istatistiksel metodlar deterministik olabileceği gibi, model bazlı metodlar şeklinde de karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda trafik kazaları ile ilgili yapılan çalışmalarda, model bazlı uygulamaların oldukça yaygın kullanıldığı görülmektedir (Hauer 2004, Hauer 2013, Lord and Mannering 2010, Türe Kibar 2015). Tez çalışması kapsamında bu istatistiksel metodlardan Poisson regresyon, Negatif Binomiyal regresyon ve Ampirik Bayes yöntemleri kullanılmıştır.

### 3.4.1 Poisson Regresyon İstatistiksel Yöntemi

Kaza verilerinin değerlendirilmesi işlemlerinde daha çok Poisson ya da Negatif Binomiyal regresyon yöntemleri tercih edilmektedir. Trafik kaza verileri negatif olmayan sayılardan oluşmaktadır. Bundan dolayı sayma sayısı verilerinin değerlendirildiği Poisson ve Negatif Binomiyal regresyon metotlarının kullanılması (El-Basyouny and Sayed 2009, Ayati and Abbasi 2014, Lord *et al.* 2005, Kockelman *et al.* 2008, Archer 2005) literatürde en sık karşılaşılan uygulamalardır. Poisson regresyon metodu, birçok ülke trafik güvenliği kurum ve kuruluşları için kaza sayılarının tahmininde ve modellenmesinde standart olmuş bir metottur (Abdel-Aty and Radwan 2000, Miaou 1992).

Bu regresyon modelinde  $i$  noktasında belirli zaman periyotunda meydana gelen kaza sayısı  $Y_i$  olarak ifade edilirse o zaman Poisson dağılımı eşitlik 3.14;

$$Y_i|\mu_i \sim \text{Poisson}(\mu_i) \quad (3.14)$$

şeklinde olmaktadır. Burada  $n$  bölgeleri için bağımsız gözlemler grubu  $y_i = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ , vektörüyle ifade edilmektedir. Aynı zamanda kaza ortalaması  $\mu_i = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$  ile gösterilmektedir. Bu model  $E(Y_i|\mu_i) = \text{Var}(Y_i|\mu_i) = \mu$  varsayımı ile sınırlandırılmaktadır. Poisson regresyon modelinde, belirli zaman periyodundaki  $y_i$  kazalarının oluştuğu yol  $i$  nesnelere (segment, kesişim, vb.) olasılığı eşitlik 3.15'teki gibi ifade edilmektedir.

$$P(y_i) = \left( \frac{\text{EXP}(-\mu_i) \mu_i^{y_i}}{y_i!} \right) \quad (3.15)$$

Burada  $\mu_i$ ,  $i$  yol nesnelere için Poisson parametresidir. Poisson regresyon modelleri Poisson parametresi  $\mu_i$ 'nin belirlenmesiyle tahmin edilmektedir.  $\mu_i$  ortak değişkenler vektörünün üstel bir fonksiyonu  $\mu_i = \exp(x_i\beta)$  olarak tanımlanmaktadır. Bu formülde  $x_i = 1, x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}$  ortak değişkenler vektörü ve  $\beta_i = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)$  verilerden tahmin edilenler regresyon parametreleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Miranda *et al.* 2005).  $\beta_i$  model katsayıları en çok olabilirlik yöntemi ile tahmin edilmektedir (Cramer 1986, Lawless 1987, Hadayeghi *et al.* 2006, Türe Kibar 2015). Olabilirlik fonksiyonu eşitlik 3.16'daki gibidir;

$$L(\mu_i) = \prod_{i=1}^n \frac{\mu_i^{y_i} e^{-\mu_i}}{y_i!} \quad (3.16)$$

İlgili model parametreleri olabilirlik fonksiyonunun maksimize edilmesiyle tahmin edilmektedir. Bu parametreler, eşitlik 3.17'deki gibi log-olabilirlik fonksiyonu ile ifade edilmektedir.

$$\ln L(\mu_i) = \sum_{i=1}^n [y_i \ln(\mu_i) - \mu_i - \ln(y_i!)] \quad (3.17)$$

Burada, log-olabilirlik fonksiyonun  $\beta$  katsayı vektörüne göre türevi alınarak sıfıra eşitlenir (Eşitlik 3.18). Böylece en çok olabilirlik yöntemi ile regresyon katsayıları tahmini gerçekleşmiş olmaktadır.

$$\frac{\partial L}{\partial \beta} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu_i) x_i = 0 \quad (3.18)$$

Bu modelin zayıf yönü, ortak değişken vektörlerinin, rastgele değişkenlerin ihmal edilmesinden dolayı koşullu ortalamayı tamamen açıklayamamasıdır. Poisson regresyon modeli ortalama ve standart sapmanın eşit olduğu durumlar için güvenilir değerler üretmektedir. Bu anlamda Poisson modelleri, verilerdeki olası aşırı ve düşük yayılım durumlarında başarılı değildir (Lord and Mannering 2010). Bu nedenle verilerde meydana gelen aşırı yayılımın üstesinden gelmek için, kaza verilerinin Negatif Binom dağılım gösterdiği kabul edilerek uygulamalar gerçekleştirilmektedir (Hadayeghi *et al.* 2006, Dereli vd. 2015).

### 3.4.2 Negatif Binomiyal Regresyon İstatistiksel Yöntemi

Negatif Binomiyal metodu, verilerdeki aşırı yayılım problemini çözmek üzere Poisson modelin düzenlenmiş özel bir hali olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yöntem Poisson regresyonun aksine, verilerdeki varyansın veri ortalamasına eşit olmaması durumunda kullanılmaktadır. Bu yöntemde  $Varyans = \mu_i + k * (\mu_i)^2$  olarak tanımlanmaktadır. Burada  $k$  aşırı yayılım (over-dispersion) parametresini ifade etmektedir. Aşırı yayılım kavramı, varyansın ortalamadan büyük olması durumunu ifade etmektedir (El-Basyouny and Sayed 2009, Lord *et al.* 2005). Verilerde aşırı yayılım farklı şekillerde meydana

gelebilmektedir. Örneğin, ihmal edilen ya da unutulmuş değişkenler, yol bölümlerinin homojen olmaması ya da farklı yollardaki kaza olasılığının birbirinden bağımsız olmayıp tam tersi tamamen birbirleri ile ilişkili olduğu durumlarda veride aşırı yayılım görülebilmektedir (Agresti 1990, Türe Kibar 2015).

Birçok araştırmacı Poisson regresyon kullanarak geliştirdikleri modellerde aşırı yayılım durumundan bahisle parametre tahminlerinin güvenilirliklerini artırmak üzere Negatif Binomiyal regresyon metodunu önermişlerdir. Negatif Binomiyal regresyon modeli tahmin edilen parametre değerlerini çok fazla değiştirmemekle birlikte, tahmin edilen parametrelerin güvenilirliklerini artırmaktadır. Negatif Binomiyal regresyon modelinde, belirli zaman periyodundaki  $y_i$  kazalarının oluştuğu yol segmentinde,  $i$  nesnelere ilişkin olasılığı eşitlik 3.19'da gösterilmiştir (Vogt and Bared, 1998).

$$P(y_i) = \frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\alpha})}{y_i! \Gamma(\frac{1}{\alpha})} \left( \frac{\alpha \mu_i}{1 + \alpha \mu_i} \right)^{y_i} \left( \frac{1}{1 + \alpha \mu_i} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad y_i = 0,1,2,3 \dots \dots n \quad (3.19)$$

burada,

$$\mu_i = E(Y_i) = v_i \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_n X_{in}) \quad i = 0,1,2 \dots \dots n$$

ve  $Y_i$ 'nin varyansı da eşitlik 3.20'deki gibi hesaplanmaktadır (McCullagh and Nelder 1989):

$$Var(Y_i) = \mu_i + \alpha \mu_i^2 \quad (3.20)$$

Burada  $\alpha$ , aşırı yayılım parametresi olarak ifade edilmektedir. Negatif Binomiyal regresyonda, Poisson regresyonda olduğu gibi  $\beta_i = (\beta_0, \beta_1, \dots \dots \beta_k)$  katsayıları ve aşırı yayılım parametresi en çok olabilirlik fonksiyonuna göre belirlenmektedir. Olabilirlik fonksiyonu eşitlik 3.21'de gösterilmektedir.

$$L(\mu_i, \alpha) = \prod_{i=1}^n \frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\alpha})}{y_i! \Gamma(\frac{1}{\alpha})} \left( \frac{\alpha \mu_i}{1 + \alpha \mu_i} \right)^{y_i} \left( \frac{1}{1 + \alpha \mu_i} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (3.21)$$

Negatif Binomiyal için log-olabilirlik fonksiyonu ise eşitlik 3.22'de belirtilmektedir.

$$\ln L(\mu_i, \alpha) = \sum_{i=1}^n \left[ \ln \left( \frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\alpha})}{y_i! \Gamma(\frac{1}{\alpha})} \right) + \left( \frac{1}{\alpha} \right)^{-1} \ln \left( \frac{1}{1 + \alpha \mu_i} \right) + y_i \ln \left( \frac{\alpha \mu_i}{1 + \alpha \mu_i} \right) \right] \quad (3.21)$$

Poisson regresyon, Negatif Binomiyal ve Ampirik Bayes metotlarının irdelenmesi için

gerekli parametreler, birçok istatistiksel yazılım kullanılarak hesaplanabilmektedir. Çalışma kapsamında STATA 13 yazılımı istatistiksel çalışmalar için tercih edilmiştir. Bu yazılım aracılığı ile belirlenmiş olan bağımlı ve bağımsız değişkenler için katsayı tahminleri gerçekleştirilmiştir.

### 3.4.2.1 Aşırı Yayılım Parametresi

Poisson dağılımında, varyansın ortalamaya eşit olması söz konusudur. Fakat kaza verilerinde genellikle varyans ortalamadan büyük olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum aşırı yayılıma neden olmaktadır. Bazı durumlarda da varyans ortalamadan küçük olabilmektedir. Bu durum da düşük yayılım olarak tanımlanmaktadır (Lord and Mannering 2010, Hauer 2001). Aşırı yayılımı hesaplamak, Negatif Binomiyal regresyon modeli kullanılarak kaza verilerinin modellenmesi ile gerçekleşmektedir. Negatif Binomiyal regresyon yönteminin oluşumu bazı kaynaklarda NB2 olarak adlandırılmaktadır (Cameron and Trivedi 1998). Literatürde yayılım parametresi  $k$  veya  $\alpha$  gibi karakterlerle karşımıza çıkabilmektedir. Hauer vd. (2002) yayılım parametresini kullanmaktan ziyade, bu değerın bire bölümünden gelen sonucu kullanmıştır. O zaman yayılım parametresinin yerine kullanılan değişkeni  $\theta$  olarak belirtirsek;  $\theta = 1/\alpha$  olacaktır. Bu durumda eşitlik 3.20 şu şekilde değişecektir (Eşitlik3.22).

$$Var(Y_i) = \mu_i + \frac{\mu_i^2}{\alpha} \quad (3.22)$$

### 3.4.3 Ampirik Bayes İstatistiksel Yöntemi

Araştırmalar üzerinde yürütülen kapsamlı çalışmalara dayanarak, yol güvenliği tahmininde Ampirik Bayes yaklaşımının kara nokta yönetimi ve karayolu ağlarının güvenlik analizinde mevcut durumu çok iyi temsil eden sistematik bir uygulama olduğu birçok çalışmada belirtilmiştir (Elvik 2007). Yol güvenliği tahmininde Ampirik Bayes yaklaşımı Kuzey Amerika'nın neredeyse her eyaletinde standart prosedür olarak uygulanmaktadır.

Ampirik Bayes metodunun işleyişi, güvenlik performans fonksiyonunun belirlenmesi (GPF), aşırı yayılım parametresinin belirlenmesi, ağırlıkların hesaplanması ve tahmin edilmiş beklenen kaza sayısının hesaplanmasıyla gerçekleşmektedir (Powers and Carson, 2004).

GPF, belli bir karayolu bölümünde kazaları tahmin eden bir regresyon modelidir. Benzer olgulardaki beklenen kaza frekansı GPF kullanılarak tahmin edilmektedir. GPF, yol bölümünün trafik parametreleri (Yıllık Ortalama Günlük Trafik Yoğunluğu –Annual Average Daily Traffic - AADT) ve yol karakteristiklerine bağlı olarak (şerit genişliği, şerit sayısı, yol uzunluğu vb.) kaza frekansı ile ilişkili olan bir kaza tahmin modeli olarak karşımıza çıkmaktadır. Karayollarında, kaza oluşumlarını modellemek için birkaç istatistiksel model vardır. Geçmişte birçok araştırmacı Poisson dağılımında olduğu varsayılan kaza oluşumlarını tahmin etmek için Poisson regresyon modelini kullanmıştır. Poisson regresyon modeli, veri dağılımı değilken ya da diğer bir deyişle dağılımın ortalaması varyansa eşit olması durumunda geçerli olmaktadır. Ancak birçok araştırmacı tarafından kaza verisi, aşırı dağılımlı (varyansın ortalamadan daha büyük olması) bulunduğundan, kaza oluşumunu tahmin etmek için Poisson regresyon modelinin kullanılmasının daha düşük doğrulukta sonuçlar vereceği öne sürülmektedir (Caliendo *et al.* 2007). Kaza oluşumlarını daha iyi tahmin etmek için Poisson regresyon modelinin gelişmiş hali olan Negatif Binomiyal regresyon modelinin, aşırı dağılımlı verilerin üstesinden gelmek için iyi bir istatistiksel model olduğu belirtilmektedir (Srinivasan and Carter 2011).

GPF fonksiyonunda, yıllar arasında kaza değişkenlerini birbirinden ayıran en önemli özellik, yıllık kalibrasyon faktörüdür. Bu değişkeni fonksiyona entegre ettiğimizde, fonksiyon eşitlik 3.23'te olduğu şekilde hesaplanmaktadır.

$$P = L * Kalibrasyon Faktörü * exp^{\alpha + (AADT * \beta_1)} \quad (3.23)$$

Burada P, yıllık tahmin edilen kaza sayısı;  $\alpha$ , sabit terim;  $\beta_1$ , AADT için uygun model parametresini ve L ise segment uzunluğunu ifade etmektedir. Kaza verilerinde çoğunlukla varyans, ortalamadan daha büyüktür (Srinivasan and Carter 2011). Bu olgu aşırı yayılım olarak adlandırılmaktadır. Kaza sayısı modelleme çalışmalarında bu durumun üstesinden gelmek için Negatif Binomiyal regresyon modeli kullanılmaktadır. Negatif Binomiyal

regresyon modelinde varyans Eşitlik 3.24'teki formülle ifade edilmektedir.

$$Var(y_i) = E(y_i) + \alpha[E(y_i)]^2 \quad (3.24)$$

Burada  $\alpha$  değişkeni aşırı yayılım parametresini, Var varyansı ve E ise beklenen değeri ifade etmektedir. Negatif Binomiyal regresyon modeli, GPF'nin belirlenmesinde çok yaygın bir model olarak kullanılmakta ve ABD trafik güvenliği el kitabında (Highway Safety Manual) standart model olarak önerilmektedir. Bu anlamda GPF olarak kullanılan Negatif Binomiyal regresyon yönteminde tahmin edilecek katsayı ve parametreler AB modelinde girdi veri olarak kullanılmaktadır.

İkinci adımda Negatif Binomiyal regresyon sonucunda elde edilen aşırı yayılım parametrelerinin hesaplanması ve üçüncü adımda eşitlik 3.25 kullanılarak ağırlık katsayılarının belirlenmesi gerçekleştirilmektedir.

$$w = \frac{1}{1 + \left(\frac{\alpha}{L}\right) * P} \quad (3.25)$$

Bu formülde  $\alpha$ , aşırı yayılım parametresini göstermekte olup her yıl için Negatif Binomiyal regresyon sonucunda elde edilmektedir. Son aşamada AB modeline ilişkin herhangi bir i segmentine ait beklenen kaza sayısı eşitlik 3.26 kullanılarak hesaplanmaktadır.

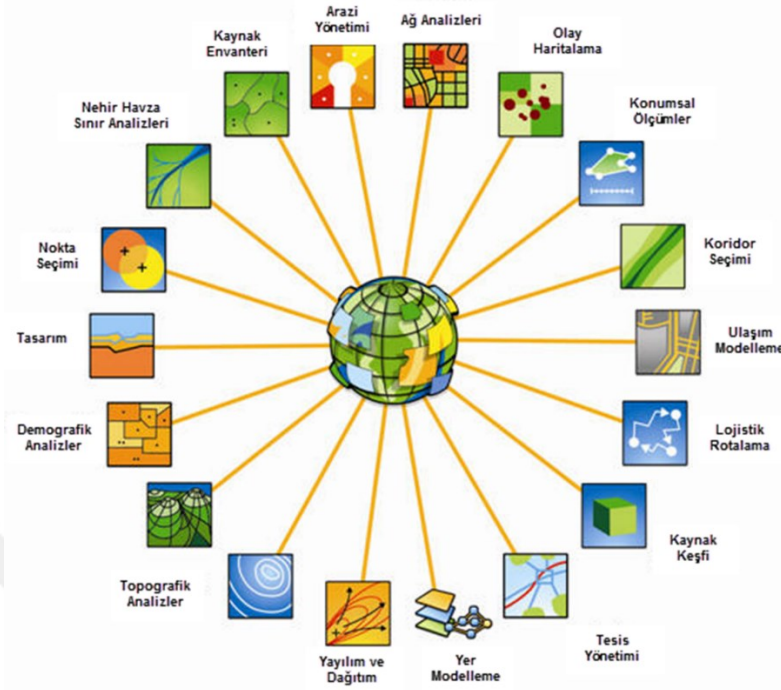
$$AB = w * P + (1 - w) * X \quad (3.26)$$

Bu denklemde X değeri gözlemlenen kaza sayılarını belirtmektedir. Gerçekleşen bu adımda Ampirik Bayes yöntemi ile beklenen kaza sayısı hesaplamaları gerçekleştirilmiş olmaktadır.

### 3.5 Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Ağ Analizleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, düzenlenmesi, analiz edilmesi, görüntülenmesi ve kullanıcılara sunulması işlemlerinin yapıldığı sistemlerinin tümüne verilen addır. Bu kapsamda CBS'de istenen amaca uygun olarak çok farklı uygulamalar yapılabilmektedir (Şekil 3.15). 2000'li yılların başlarından itibaren hemen hemen her alanda CBS ile gerçekleşen uygulamalar artış göstermektedir. CBS ile arazi bilgi sistemleri, kent bilgi sistemleri, kadastral bilgi

sistemleri, planlama bilgi sistemi, mülkiyet bilgi sistemi, turizm bilgi sistemi, uzaysal bilgi sistemleri vb. çalışmalar yürütülebilmektedir.



Şekil 3.15 CBS ile gerçekleştirilen uygulamalar.

CBS ile ağ analizleri vektörel tabanlı veriler üzerinden gerçekleştirilmektedir. Özellikle çizgisel özellikli olan coğrafi detaylar, genellikle birbirine bağlı ve süreklilik gösteren bir yapıya sahiptirler. Su, kanalizasyon şebekeleri, altyapı tesisleri, karayolu ağları, poligon ağları vb. uygulamalar çizgisel özellikli vektörel verilere örnek olarak verilebilir. Ağ analizleri, çizgi tabanlı coğrafi varlıkların bağlantı şekillerinden karar vermeye yönelik sonuç çıkarmaya yardımcı olmaktadır. Bu kapsamda ağ analizleri 3 farklı şekilde gerçekleştirilmektedir (Yomralıoğlu 2000):

- Optimum güzergah belirleme
- Adres belirleme
- Kaynak tahsisi

Tez çalışması kapsamında, çizgisel özellikli vektörel verilerden karayolu ağları kullanılmıştır. Ülkemizde karayolu ulaşımını sağlayan otoyol, il yolu ve devlet yolları ağ analizleri ile değerlendirilmektedir. Her bir yol ağı üzerinde meydana gelen trafik kazaları yol segmentleri ile ilişkilendirilerek, trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi gerçekleştirilmiştir.



#### 4. UYGULAMA

Bu tez çalışmasında KGM'nin sorumluluk sahasında bulunan 2408 adet devlet yolu üzerinde kara noktaları belirlemeyi amaçlayan model geliştirilmiştir (Şekil 4.1). Bu incelemelerde KGM ve EGM kurumlarından temin edilmiş, bu yol segmentlerinde meydana gelmiş trafik kaza verileri kullanılmıştır.



Şekil 4.1 Çalışma alanı.

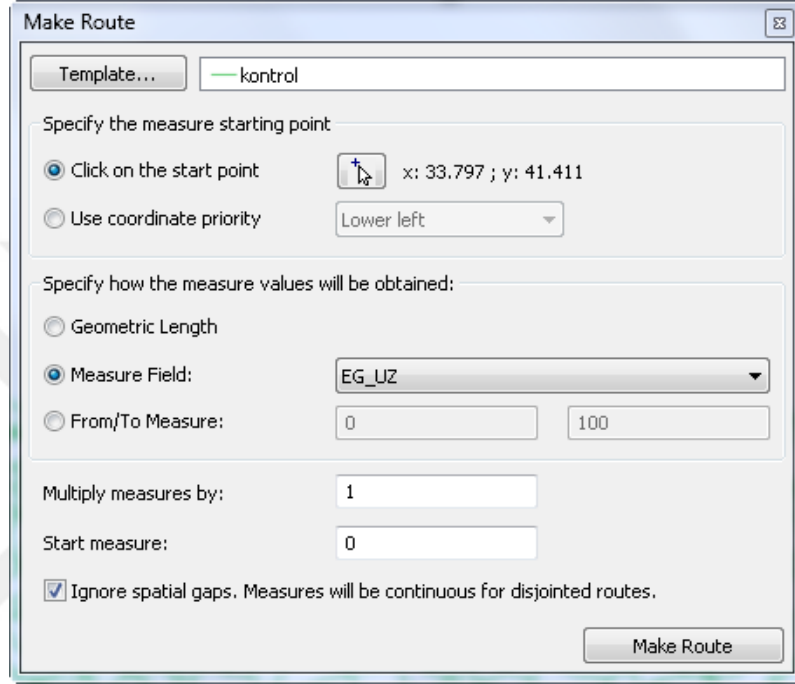
Çalışma kapsamında değerlendirilmiş olan tüm yol güzergahları başlangıç ve bitiş noktaları dikkate alınarak World Geodetic System 1984 (WGS84) koordinat sistemine göre tanımlanmıştır. Böylece KGM'nin sorumluluk sahasında bulunan tüm yollar, KGM sisteminde tanımlanan yollar ile uyumlu hale getirilmiştir. Yapılan çalışmalarda GRETL ve STATA istatistiksel yazılımlar ile birlikte ArcGIS 10.3 CBS yazılımı kullanılmıştır.

2005-2013 yılları (9 yıllık) bünyesinde meydana gelen trafik kaza verileri, mevcut yol güzergâhları ile kullanılan CBS yazılımında oluşturulan model yardımıyla ilişkilendirilmiştir. Karayollarına ilişkin kara nokta belirleme çalışmaları, tez çalışmasının temel amaç ve hedefleri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında devlet yollarında ( kavşaklar hariç) meydana gelen trafik kazaları incelenmiş olup, takip edilen çalışmalar maddeler halinde sıralanmıştır:

1. Bir CBS yazılımı kullanılarak ilgili rota oluşturma (Route) katmanının uygun

fonksiyonlarla tanımlanması.

2. Mevcut bir hatta ait rota oluşturma işlemi için, rota katmanından rota oluşturma fonksiyonu kullanılmaktadır. Ekranı gelen fonksiyon ara yüzünde hattın başlangıç ve bitiş noktaları ile hat uzunluğu tanımlanarak, hatta ait rota tanımlama işleminin gerçekleştirilmesi ve Yıllık Ortalama Günlük Trafik Yoğunluğu (YOGT) verileri ile ilişkilendirilmesi Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Rota oluşturma fonksiyonu arayüzü.

3. Amaca uygun olarak Access tablolarının düzenlenmesi ve gruplandırılması Şekil 4.3’te gösterilmiştir.

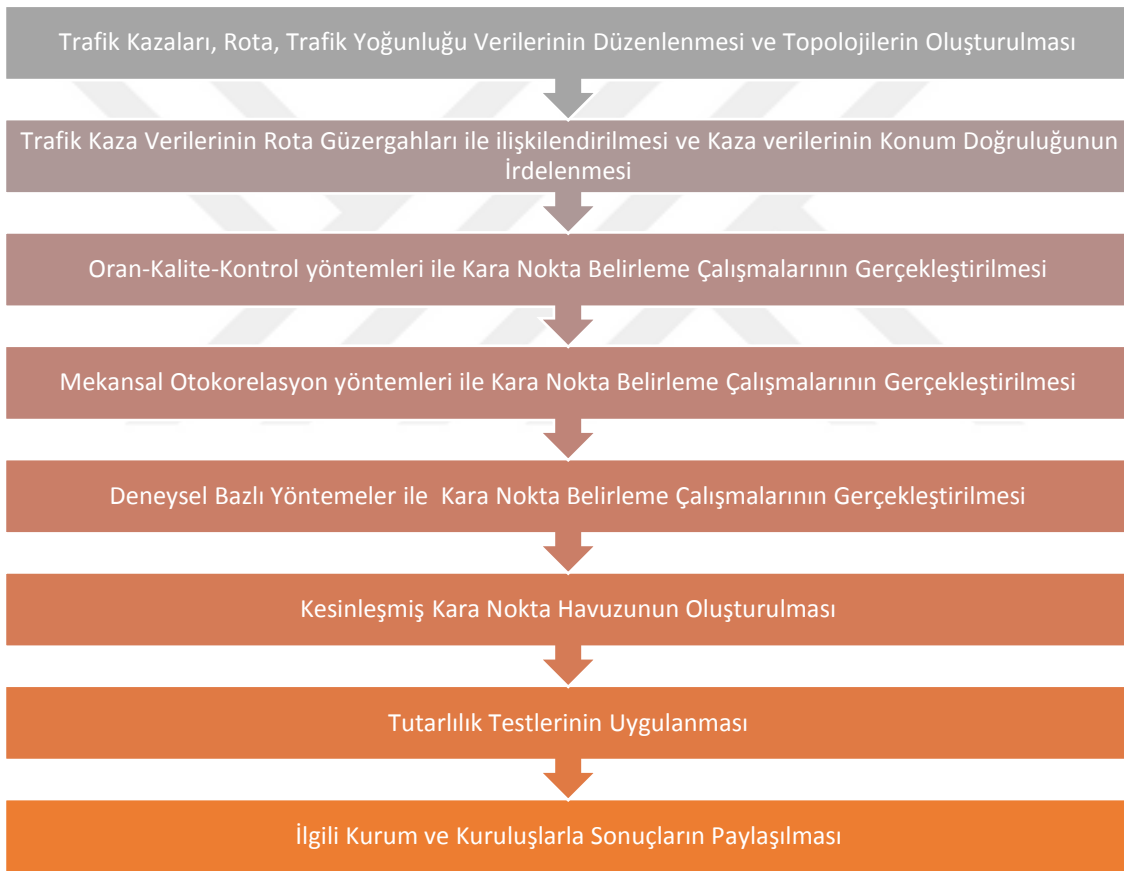
OBJEKTID	Shape	Kaza ID	Kaza Tarihi	Kaza Yılı	Kaza Aya	Kaza Günü	Kaza Saati	Kaza Yeri	Kaza Yeri Det.	Yol Bölüm No	Yol No Kesim	Km Metri	Arac Sayı	Oluş Türü	Hava Durumu	Gün Durumu	Aydınlatma	Yolda Çalışma	Yolda Yon	YER YOL KAT	YER YOLK 1	Yol Yüzeyi	Uyarıcı Levha	Yol Geometri Dige	Yol Geometri Düşey	Yol Geometri Geçici	Yol Geometri Kavşak	Yol Geometri Yatay	BONUÇ ÖLÜM	BONUÇ YARALI	Ölü Toplam	Yaralı Toplam	konum	
1919	Point Z	45193	20070	2007	7	4	04.1.4	2	2		260-01	24	0	2	4	1	2	2	2	2	0	0	1	2	7	2	5	7	1	0	1	0	1	24000
19444	Point Z	70090	20070	2007	2	24	15.0.4	1	1		330-12	55	93	1	6	2	1	2	2	1	0	0	1	2	7	1	5	7	1	0	1	0	1	55093
20154	Point Z	56384	20070	2007	3	15	13.1.4	2	1		260-01	12	300	2	2	1	1	2	2	1	0	0	1	2	7	2	5	7	1	0	1	0	1	12300
20188	Point Z	56385	20070	2007	9	23	20.3.4	1	2		300-09	24	200	1	9	4	2	2	2	2	0	0	2	2	7	1	5	7	1	0	1	0	2	24200
5073	Point Z	18730	20071	2007	11	20	18.4.4	2	2		300-10	11	0	2	2	4	2	2	2	2	0	0	2	2	7	1	5	7	1	0	1	0	1	11000
5119	Point Z	18773	20071	2007	12	11	14.4.4	2	1		650-10	15	150	1	9	4	1	2	2	1	0	0	2	2	7	1	5	7	1	0	1	0	1	15150
170	Point Z	57232	20071	2007	12	14	02.0.4	2	2		320-05	38	650	3	1	4	2	2	2	2	0	0	2	2	7	2	5	7	2	0	1	0	2	38650
4397	Point Z	81546	20071	2007	3	15	03.5.4	2	1		650-10	8	500	1	9	5	2	2	2	1	0	0	5	2	7	1	5	7	1	0	1	0	2	8500
2413	Point Z	17392	20071	2007	12	12	10.0.4	1	1		300-10	24	500	1	8	4	1	2	2	1	0	0	2	2	7	1	5	7	1	0	1	0	2	24500
1460	Point Z	47959	20071	2007	7	1	20.1.4	2	1		300-08	29	300	1	9	1	3	2	2	1	0	0	1	2	7	1	5	3	1	0	1	0	1	29300
18276	Point Z	44362	20071	2007	8	3	15.1.4	2	2		300-11	17	400	2	3	1	1	2	2	2	0	0	1	2	7	1	4	3	1	0	1	0	5	17400
9195	Point Z	32517	20071	2007	8	1	08.0.4	2	1		330-14	58	275	1	9	1	1	2	2	1	0	0	1	2	7	1	5	7	1	0	1	0	3	58275
9264	Point Z	33981	20071	2007	6	8	05.1.4	1	1		300-13	6	100	4	3	2	3	1	2	1	0	0	1	2	7	1	5	3	1	0	1	0	4	6100
9621	Point Z	74300	20071	2007	5	27	13.4.4	2	2		650-10	50	200	1	9	1	1	2	2	2	0	0	1	2	7	1	5	7	2	0	1	0	1	50200
9893	Point Z	77076	20071	2007	10	21	11.3.4	2	2		696-01	32	400	1	9	4	1	2	2	2	0	0	2	2	7	2	5	7	2	0	1	0	2	32400
10204	Point Z	13780	20071	2007	1	27	06.4.4	1	1		300-12	25	420	1	8	2	1	1	2	1	0	0	1	2	7	1	5	7	1	0	1	0	2	25420
10805	Point Z	59896	20071	2007	6	23	18.1.4	2	2		300-13	50	780	2	3	1	1	2	2	2	0	0	1	2	7	1	5	7	1	0	1	0	3	50780
10873	Point Z	59893	20071	2007	8	19	17.2.4	2	1		650-10	19	700	3	3	1	1	2	2	1	0	0	1	2	7	1	5	7	1	0	1	0	2	19700
3803	Point Z	67372	20071	2007	12	25	07.0.4	2	2		300-11	14	700	3	1	1	1	2	2	2	0	0	1	2	7	1	5	7	1	0	1	0	6	4700
4491	Point Z	79892	20071	2007	7	28	02.3.4	2	1		715-03	3	350	1	5	1	2	2	2	1	0	0	1	2	7	1	5	7	1	0	1	0	3	3350
8558	Point Z	27332	20071	2007	5	30	08.4.4	1	1		650-10	2	0	4	3	1	1	1	2	1	0	0	1	2	7	1	5	4	1	0	1	0	6	2000
2785	Point Z	16104	20071	2007	8	3	07.3.4	2	2		715-04	18	300	1	9	1	1	2	2	2	0	0	1	2	7	1	5	7	1	0	1	0	8	18300
23726	Point Z	49148	20071	2007	3	1	14.2.4	1	1		300-10	17	100	2	2	1	1	2	2	2	0	0	1	2	7	1	5	7	1	0	1	0	1	17100
23781	Point Z	49049	20071	2007	12	8	01.0.4	2	2		650-09	36	200	1	9	2	2	2	2	2	0	0	1	2	7	1	5	7	1	0	1	0	3	36200
24366	Point Z	45351	20071	2007	8	16	18.2.4	2	1		715-04	27	650	1	9	1	1	2	2	1	0	0	1	2	7	1	5	7	1	0	1	0	1	27650

Şekil 4.3 Kaza kayıtlarına ilişkin sözel veri tablosu.

4. Verilerin konum doğruluğunun kontrol edilmesi,
  - a. Sözel kaza verilerinin, karayolu ağı üzerinde (Display Route Events fonksiyonu ile) konumlandırılması,
  - b. Yol güzergahı ile kazaların noktasal konumu arasındaki kabul edilebilir eşik mesafe değerinin araştırılması,
  - c. Bu eşik değere uygun tampon bölge oluşturulması ve bu alan içindeki kaza konumlarının netleştirilmesi,
5. Düzenlenen kaza verilerinin sayısal olarak karayolu haritası üzerine (Display Route Events fonksiyonu ile) konumlandırılması ve bu sözel kaza verilerinin bu konumlarla ilişkilendirilmesi,
6. KGM oran-kalite-kontrol metodu kullanılarak edinilen verilere ilişkin kaza kara nokta belirleme çalışması ile metot sonuçlarının elde edilmesi,
7. Mekânsal oto korelasyon metotları kullanılarak edinilen verilere ilişkin kaza kara nokta belirleme çalışması ile metot sonuçlarının elde edilmesi,
8. Poisson, Negatif Binomiyal regresyon ve Ampirik Bayes istatistiksel metotları kullanılarak edinilen verilere ilişkin kaza kara nokta belirleme çalışması ile metot sonuçlarının elde edilmesi,
9. Uygulanan metotların sonuçları irdelenerek buna uygun tutarlılık karşılaştırma metotlarının tespiti,
10. Tespit edilen tutarlılık karşılaştırma metodu/metotları kullanılarak analiz sonuçlarının ışığında bir kaza kara nokta belirleme modeli elde edilmesi,

11. Projeden elde edilen model ve özellikleri ile model sonucu belirlenen kara nokta sonuçlarının ilgili kurum ve kuruluşlarla paylaşılarak kazaların azaltılmasına katkı sağlanması.

Bu noktada öngörülen çalışma iş adımları Şekil 4.4'te belirtilmiştir. Yukarıda sıralı maddeler halinde belirtilen işlemlerden ilk 5 madde, metod ve veri bölümünde anlatılmıştır. Diğer maddeler ilerleyen kısımlarda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Bu kapsamda yol güzergâhlarının, trafik kaza verilerinin ve ilgili yollara ilişkin trafik yoğunluğu verilerinin birlikte kullanılabilir hale getirilmesi ile kara nokta belirleme adımlarına geçilmiştir.



Şekil 4.4 Kaza kara nokta belirleme modeli iş adımları.

#### 4.1 Trafik Kaza Kara Nokta Belirleme Yöntemleri

Kara nokta belirleme çalışmalarında ya da yol güvenliği araştırmalarında önemli unsurlardan biri, yüksek riskli noktaların belirlenmesi için analitik araçların geliştirilmesi oluşturmaktadır. Bu bağlamda mali kısıtlamalarda göz önünde bulundurularak, yol

güvenliğinin artırılması veya iyileştirilmesi için yüksek riskli noktaların belirlenmesi gerekmektedir (Karabey 2007). Ülkemizde karayollarının güvenliği ve denetimlerinden sorumlu olan KGM, yol güvenliğini sağlama noktasında yüksek riskli noktaların ya da kara noktaların belirlenmesi aşamasında oran-kalite-kontrol yöntemlerini kullanmaktadır. İlgili yöntemler doğrultusunda KGM tarafından 2014 yılı itibarı ile belirlenmiş olan kara noktalar Şekil 4.5'te gösterilmektedir.

Bu tez çalışmasında, uygulama için seçilmiş olan yol segmentlerinin ve trafik kaza verilerinin analizleri, KGM'nin kullanmış olduğu bu yöntemler üzerinden de gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemler genel olarak deterministik yöntemler olarak da anılmaktadır. Mekânsal tabanlı istatistiksel yöntemler olarak adlandırılan Getis Ord Gi\* ve Moran's I yöntemlerinin yanında, model bazlı istatistiksel yöntemler Poisson regresyon, Negatif Binomiyal regresyon ve Ampirik Bayes yöntemleri de kaza kara nokta belirleme çalışmalarında uygulanmıştır.



Şekil 4.5 2014 yılı itibarı ile KGM tarafından belirlenmiş kara noktalar (Türe Kibar 2015).

#### 4.1.1 Kaza Frekansı Yöntemine Göre Analizler

Kaza sayısı yöntemi olarak da adlandırılan bu yöntemde, belirli bir yol kesiminde belirli zaman aralığında meydana gelen kaza sayısı tespit edilmektedir. Bu yöntemin kullanılmasında tercih edilen zaman aralığı genellikle 1 yıl olarak tercih edilmektedir.

Böylece tüm mevsim şartlarında meydana gelen kaza dağılımları belirlenebilmektedir (Kahramangil ve Şenkal 1999). Bu yöntemin en büyük dezavantajı, trafik yoğunluğunun ve yol kesim uzunluklarının hesaba katılmaması gösterilebilir.

Kaza frekansının, belirlenen kritik kaza sayısı değeriyle karşılaştırılarak, o segmentin kara nokta olup olmadığına karar verilmektedir. Eğer fazlaysa o segment kara nokta olarak adlandırılmaktadır. Burada önemli olan nokta kritik kaza sayısının belirlenmesidir. KGM, kritik değeri eşitlik 4.1’de belirtilen formülle hesaplamaktadır. Bu tez çalışmasında da yüksek riskli noktaların veya diğer bir deyişle kara noktaların belirlenmesi hesap kolaylığı olması açısından kritik değer

$$(Ortalama Kaza Sayısı + 2 * Standart Sapma) \quad (4.1)$$

dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Kaza frekansı yöntemine göre kara nokta belirleme çalışmaları, oluşturulan model ile sonuçlandırılmıştır. Bu model Ek 5’te detaylı bir şekilde gösterilmektedir. Model sonucunda, çalışma kapsamında kullanılan her bir yıla ait sonuç kara noktalar belirlenmiştir. Şekil 4.6’da kaza frekansı yöntemine göre elde edilmiş 2013 yılı kara noktalar haritası gösterilmektedir. 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait kara nokta haritaları Ek 15’ te görülmektedir.



**Şekil 4.6** Kaza frekansı yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler.

Kaza frekansı yöntemine göre belirlenmiş olan 2013 yılı trafik kaza kara noktaları, Şekil 4.6’da görüldüğü gibi birçok segmenti kapsamaktadır. Sadece kaza verileri içinden tek bir yıla ait olan bu riskli noktaların kara nokta olması, çalışmada kullanılan tüm yılların hesaba katılması ile elde edilecek veri kümesi üzerinde çalışılması sonucu ortaya çıkacaktır. Bu kapsamda oluşturulan tekrarlılık haritası, Şekil 4.7’de görülmektedir.





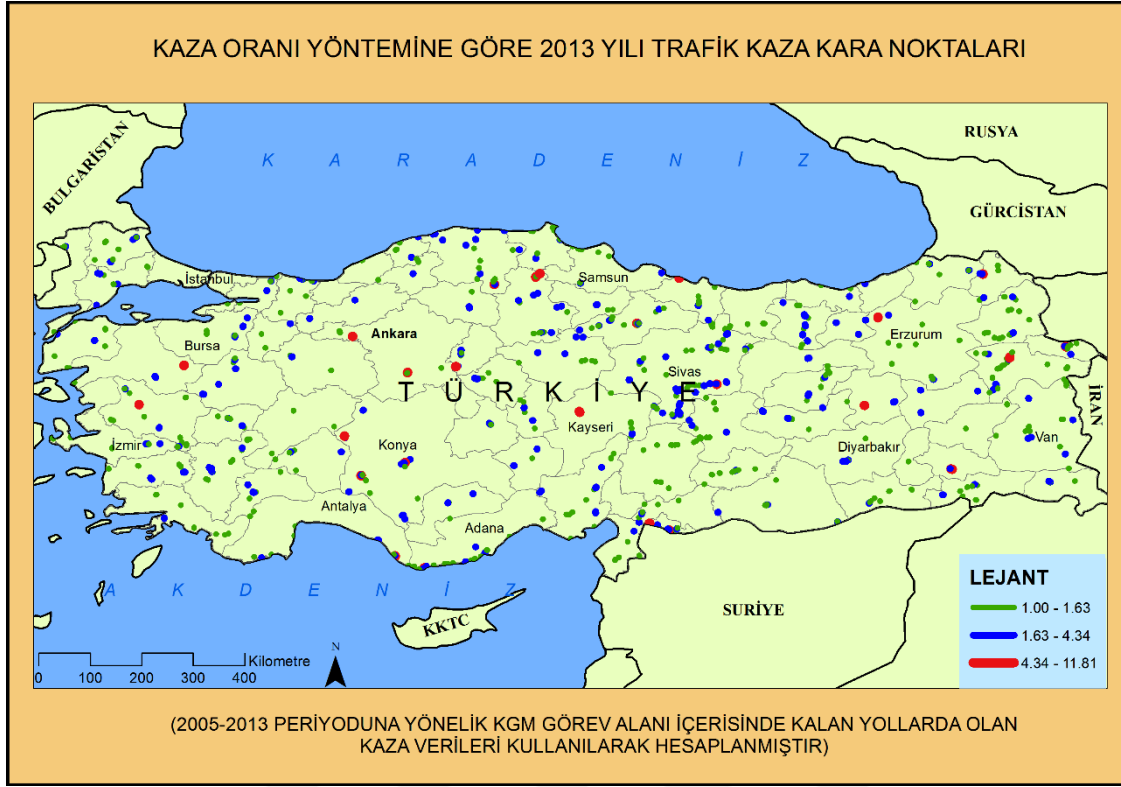
**Şekil 4.7** Kaza frekansı yöntemine göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları.



#### 4.1.2 Kaza Oranı Yöntemine Göre Analizler

Trafik kazalarının rasgele oluşmasından dolayı, kaza ortalamaları her bir segment için tam olarak bilinmemekle birlikte yalnızca tahmin edilebilmektedir (Karabey 2007, Heydecker 2001). Bu çalışma kapsamında kaza ortalamaları, seçilmiş olan yol segmentlerinde meydana gelen trafik kaza sayılarından elde edilmiş ortalama olarak alınmıştır. Kaza ortalamaları ile birlikte rank değerinin belirlenebilmesi için, kazalara ait standart sapma da mevcut trafik kaza verileri ile hesaplanmıştır. Srinivasan *et al.* (2011), hazırlamış oldukları kara yollarında yüksek kaza riski olan bölgelerin belirlenmesi çalışmasında, kaza sayılarını ve standart sapmalarını birlikte değerlendirerek, kaza riski yüksek olan bölgeleri belirlemişlerdir. Bu çalışması kapsamında kritik değer, hesap kolaylığı olması açısından her bir segmente ait kaza frekansının eşitlik 4.1'e bölünmesi ile elde edilen sonuç olarak alınmıştır.

Kaza oranı metoduna ilişkin oluşturulan model Ek 6'da gösterilmektedir. Bu modelin çalıştırılması ile 2005-2013 yıllarına ilişkin kara nokta olarak belirlenen segmentler elde edilmektedir. 2013 yılına ilişkin kara nokta olarak belirlenen segmentler Şekil 4.8'de gösterilmektedir. 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait kara nokta haritaları Ek 16'da görülmektedir.



**Şekil 4.8** Kaza oranı yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler.

Belirlenmiş kara noktaların 9 yıllık periyot içinde tekrar belirlenme sıklıklarını anlayabilmek adına, kaza oranı yöntemine göre belirlenmiş kara noktaların tekrarlılıkları ve tekrarlılık haritası Şekil 4.9’da gösterilmektedir.



Şekil 4.9 Kaza oranı metoduna göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları.

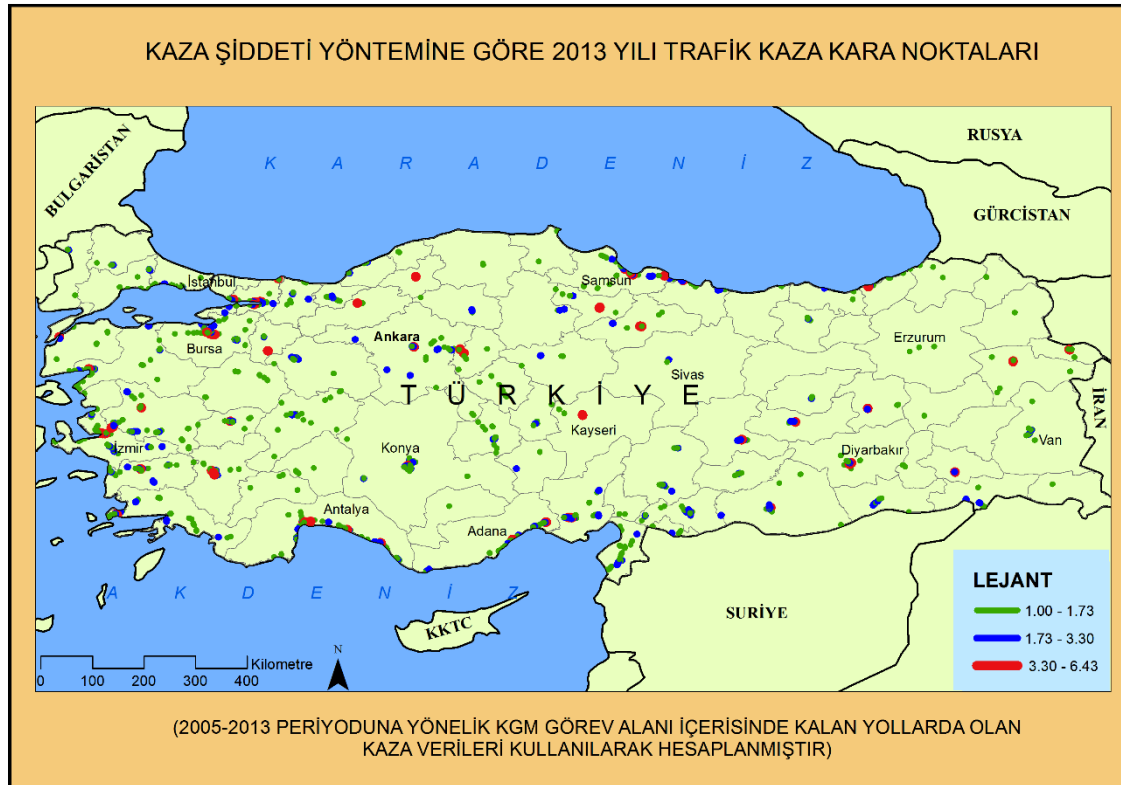
#### 4.1.3 Kaza Şiddeti Yöntemine Göre Analizler

Kaza şiddeti yöntemi eşdeğer ağırlık yöntemi olarak da bilinmektedir. Bu yöntem diğer yöntemlere göre farklılık göstermektedir. Özellikle bu yöntemi diğer yöntemlerden ayıran en önemli özellik, kazaya karışan araçların ve kaza sonucu meydana gelen ölü ve yaralı sayılarının hesaplamada kullanılmasıdır. Bu üç farklı değişkenin birlikte toplanabilmesi için, üç değişken için ortak noktaların belirlenebilmesi gerekmektedir. Bu amaçla;

$$1 \text{ ölümlü kaza} = 9 \text{ maddi hasarlı kaza}$$

$$1 \text{ yaralanmalı kaza} = 3 \text{ maddi hasarlı kaza}$$

şeklinde hesaplamalar yapılmaktadır (Kahramangil ve Şenkal 1999). Buna göre eşitlik 3.3'deki formüller dikkate alındığında her bir segment için gerekli olan beklenen kaza şiddet endeksi hesaplanmaktadır. Bu yöntemle ilgili olarak oluşturulan model Ek 7'de gösterilmektedir. Oluşturulan model sonucunda, çalışma kapsamında kullanılan her bir yıla ait sonuç kara noktalar belirlenmiştir. Buna göre Şekil 4.10'da gösterilen harita, 2013 yılına ait kaza şiddeti yöntemine göre belirlenmiş kara nokta haritasıdır.



Şekil 4.10 Kaza şiddeti yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler.

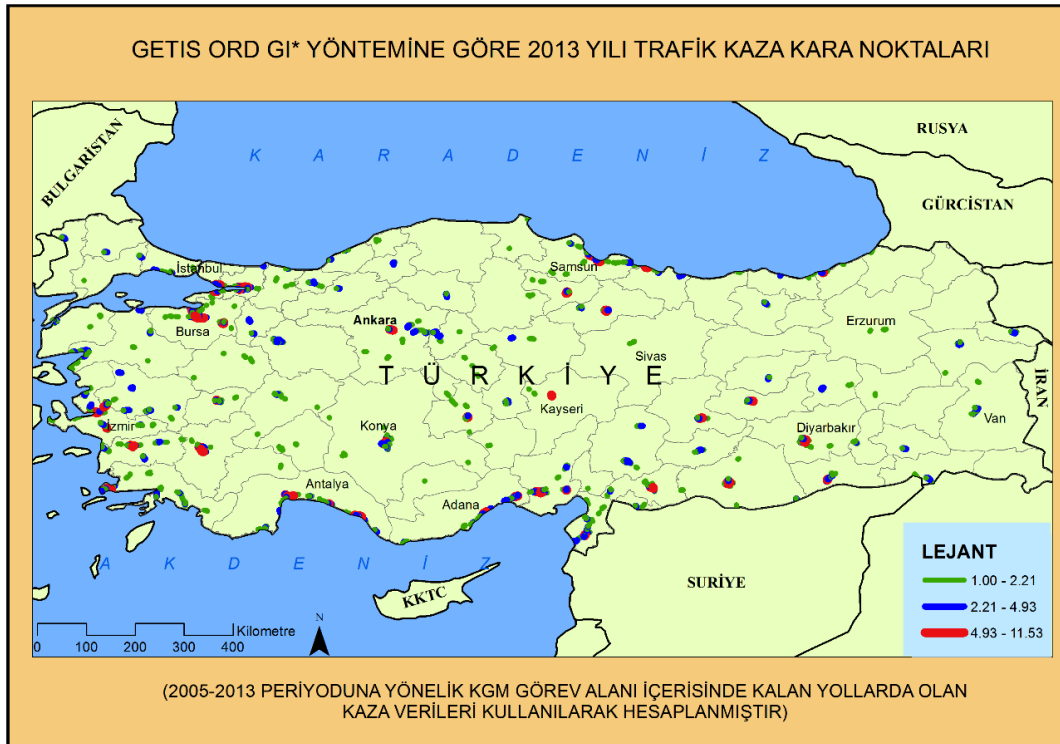


Şekil 4.11 Kaza şiddeti yöntemine göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları.

Kaza şiddeti yöntemi sonucunda her bir yıla ilişkin kara noktaların 9 yıllık süre boyunca tekrarlılıkları Şekil 4.11’de gösterilmektedir. 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait kara nokta haritaları Ek 17’ de görülmektedir. Kaza şiddeti yönteminin kullanılan diğer yöntemlerin aksine, kullanmış olduğu argümanlar dolayısıyla farklı noktalar üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

#### 4.1.4 Getis Ord Gi\* Yöntemine Göre Analizler

Çalışma alanı içinde veriler arasındaki mekânsal ilişkileri araştıran yöntemlerden biri olan Getis Ord Gi\* yöntemi, verilerin nasıl kümelendiğini gösteren bir uygulamadır. Bu tez çalışması kapsamında 1’er km’lik yol segmentleri üzerinde kazaların işlenmesi ile oluşturulan veri kümesinde uygulamalar yapılmıştır. Uygulama esnasında veriler arasındaki öklid mesafesi kullanılmıştır. Mekânsal ilişkiler için oluşturulan ağırlık matrisi olarak da mesafenin tersinin karesi ölçütü kullanılmıştır. Bu yöntemin uygulanması eşitlik 3.7 ve 3.8 formüllerinin kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan CBS yazılımında bu yöntemin uygulanması ile ilgili oluşturulan model Ek 8’de gösterilmektedir.



Şekil 4.12 Getis Ord Gi\* yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler.



Şekil 4.13 Getis Ord Gi\* yöntemine göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları.

Şekil 4.12’de oluşturulan harita, 2013 yılına ait Getis Ord Gi\* yöntemi kullanılarak belirlenmiş kaza kara noktalarını göstermektedir. Burada her renk skalası, model sonucu hesaplanan kaza tahmin değerini ortaya koymaktadır. Kaza tahmin değeri, yöntem sonucu oluşan parametrelerden biri olan GiZScore değerinin, 1.96 değerine bölünmesi ile elde edilen sonucu ifade etmektedir. Toplam 32107 adet segment içerisinden 2317 adet segmentin, kaza kara noktası olarak tespit edildiği anlaşılmaktadır. 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait kara nokta haritaları Ek 18’ de görülmektedir. Bu riskli yol segment sayısının kara nokta olarak adlandırılabilmesi, çalışmada kullanılan tüm yılların hesaba katılması ile elde edilecek veri kümesi üzerinde çalışılması sonucu ortaya çıkacaktır. Bu kapsamda oluşturulan tekrarlılık haritası, Şekil 4.13’te görülmektedir.

#### **4.1.5 Moran’s I Yöntemine Göre Analizler**

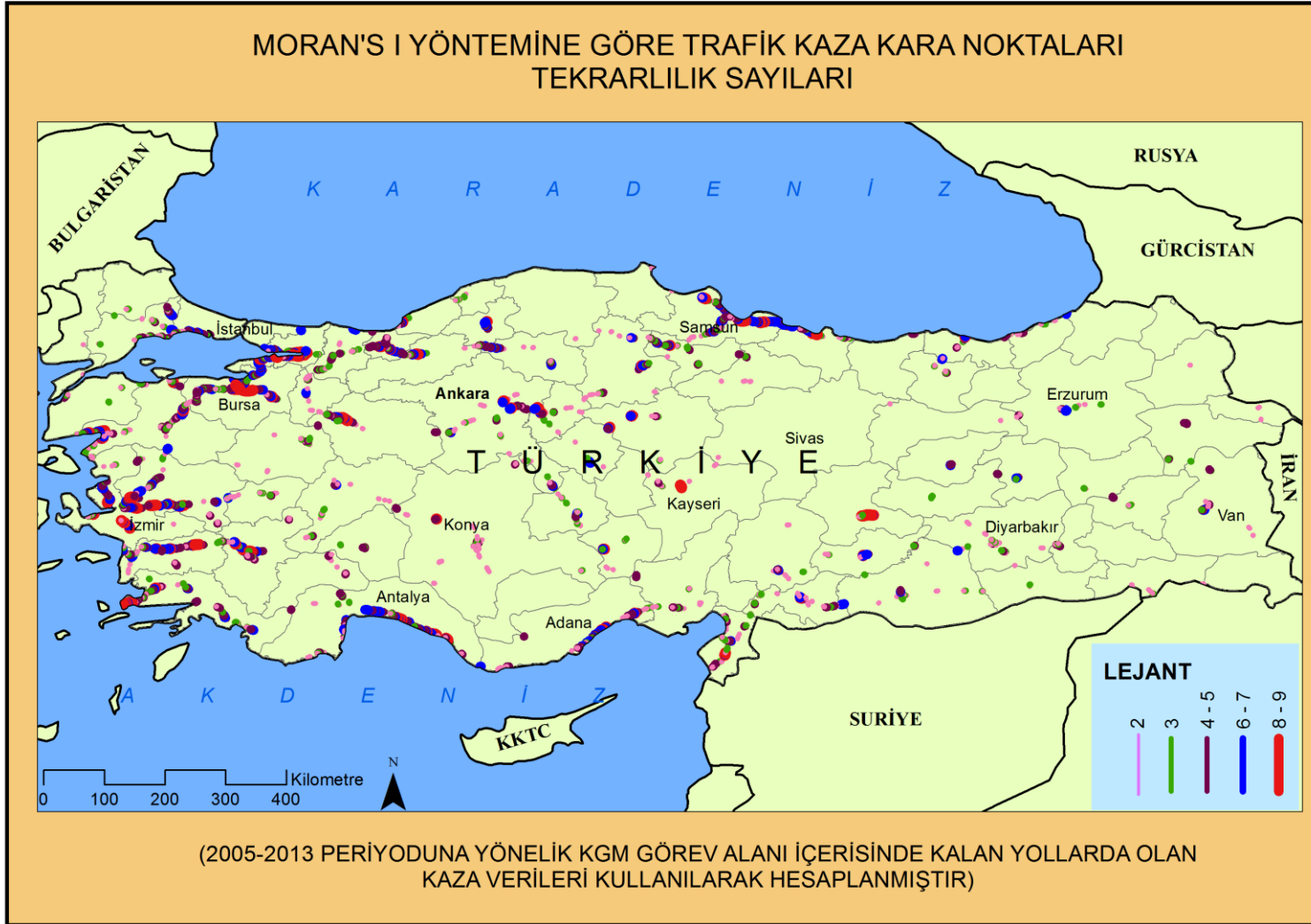
Mekânsal istatistik yöntemlerinden olan Moran’s I yöntemi, trafik kaza verileri arasındaki mekânsal bağımlılığı belirlemek ve bu kaza verilerine göre kümelenmelerin istatistiksel olarak önemini araştırmak için kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde trafik kaza verilerinin dağınık, rastgele ya da kümelenmiş olup olmadığı belirlenmektedir. Bu kapsamda bu ilişkileri belirleyebilmek amacıyla Ek 9’daki model geliştirilmiştir. Moran’s I tekniğinin uygulanmasında eşitlik 3.9, 3.10 ve 3.11 denklemleri kullanılmıştır. Burada Getis Ord Gi\* yönteminde olduğu gibi veriler arasındaki ilişkiyi ölçmek için öklid mesafesi kullanılmıştır. Mekânsal ilişkiler için oluşturulan ağırlık matrisi olarak da, ağırlık matrisi tekniklerinden mesafenin tersinin karesi tekniği kullanılmıştır.





**Şekil 4.14** Moran's I yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler.

Şekil 4.14'te Moran's I tekniğine göre oluşturulan harita, 2013 yılına ilişkin kara nokta olarak tespit edilen segmentleri göstermektedir. Bu haritada oluşturulan renk skalası, model sonucu hesaplanan sonuç tahmin değerini ortaya koymaktadır. Bu değer, yöntem sonucu oluşan parametrelerden biri olan LMizScore değerinin, 1.96 değerine bölünmesi ile elde edilen sonucu ifade etmektedir. Toplam 32107 adet segment içerisinde 1697 adet segmentin, kaza kara noktası olarak tespit edildiği oluşturulan haritadan anlaşılmaktadır. Bu riskli yol segment sayısının kara nokta olarak adlandırılabilmesi, çalışmada kullanılan tüm yılların hesaba katılması ile elde edilecek veri kümesi üzerinde çalışılması sonucu ortaya çıkacaktır. Bu kapsamda oluşturulan tekrarlılık haritası, Şekil 4.15'te görülmektedir. 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait kara nokta haritaları Ek 19' da görülmektedir.



Şekil 4.15 Moran's I yöntemine göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları.

#### 4.1.6 Poisson Regresyon Yöntemine Göre Analizler

Trafik kaza verileri gibi sayısal değerlerden oluşan verilerin analizlerinde kullanılan yöntemlerden biri olan Poisson tekniği, verilerdeki varyansın ortalamaya eşit olması durumunda kullanılmaktadır. Rasgele, kesikli ve negatif olmayan olaylar olan trafik kazaların lineer regresyon yöntemi ile açıklanması mümkün değildir. Bu nedenle trafik kaza verilerinin açıklanması, Poisson ve Negatif Binomiyal regresyon gibi yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Bu tez çalışmasında Poisson regresyon ile ilgili istatistiksel uygulamalar GRETL ve STATA yazılımlarında Genelleştirilmiş Lineer Model çözümleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan regresyon modeli için katsayı tahminleri en çok olabilirlik yöntemine göre belirlenmiştir. Çalışmada bağımlı değişken olarak her bir segmente ait kaza sayısı, bağımsız değişken olarak da her bir segment için Yıllık Ortalama Günlük Trafik Yoğunluğu (YOGT) kullanılmıştır. YOGT değeri çok yüksek sayılardan oluştuğu için, bu değerlerin doğal logaritması alınarak işlemler devam ettirilmiştir (Srinivasan and Carter 2011, Türe Kibar 2015).

Poisson regresyon modelinde, mevcut trafik kaza verilerinin ortalamasının varyansına eşit olması durumunda kullanılacağı, sınırlaması bulunmaktadır. Aşırı yayılım, kullanılan değişkenlerin yetersizliğinden ya da birbirleri ile olan ilişkilerinden, yol dağılımlarının homojen olmamasından, veri kayıplarından veya hesaba katılmayan diğer faktörlerden meydana gelebilmektedir (Miaou *et al.* 1993). Bu çalışmada trafik kaza verilerinin Poisson regresyon yöntemi için uygun olduğu varsayımı doğrultusunda, kullanılan CBS yazılımında bir model oluşturulmuştur. Bu model Ek 10'da gösterilmektedir. Modelde kullanılan Poisson regresyon katsayıları, GRETL ve STATA yazılımlarında belirlenmiş olup, bu katsayılar Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

**Çizelge 4.1** Yıllara göre Poisson regresyon ile belirlenen katsayı değerleri ve güvenilirlik düzeyleri.

Yıl	Değişken	Katsayılar	Standart Hata	z	P
2005	Sabit	-8.85748	0.06940	127.07	0.000
	Ln(AADT)	0.96875	0.00762	-127.64	0.000
2006	Sabit	-8.08745	0.06654	-121.5	0.000
	Ln(AADT)	0.888940	0.00737	120.6	0.000
2007	Sabit	-7.98204	0.06434	-124.1	0.000
	Ln(AADT)	0.88448	0.00713	124.1	0.000
2008	Sabit	-7.97058	0.06605	-120.7	0.000
	Ln(AADT)	0.87702	0.00732	119.7	0.000
2009	Sabit	-7.29760	0.06301	-115.8	0.000
	Ln(AADT)	0.80901	0.00704	114.9	0.000
2010	Sabit	-7.22527	0.06127	-117.9	0.000
	Ln(AADT)	0.80710	0.00684	117.9	0.000
2011	Sabit	-6.85345	0.05851	-117.1	0.000
	Ln(AADT)	0.77404	0.00656	118.0	0.000
2012	Sabit	-6.85240	0.56704	-120.8	0.000
	Ln(AADT)	0.78134	0.00635	123.0	0.000
2013	Sabit	-8.73233	0.05424	-161.0	0.000
	Ln(AADT)	1.01121	0.00593	170.4	0.000

Çizelge 4.1’de elde edilen katsayı değerleri kullanılarak, her bir segment için beklenen kaza sayıları, CBS yazılımında hesaplatılmıştır.



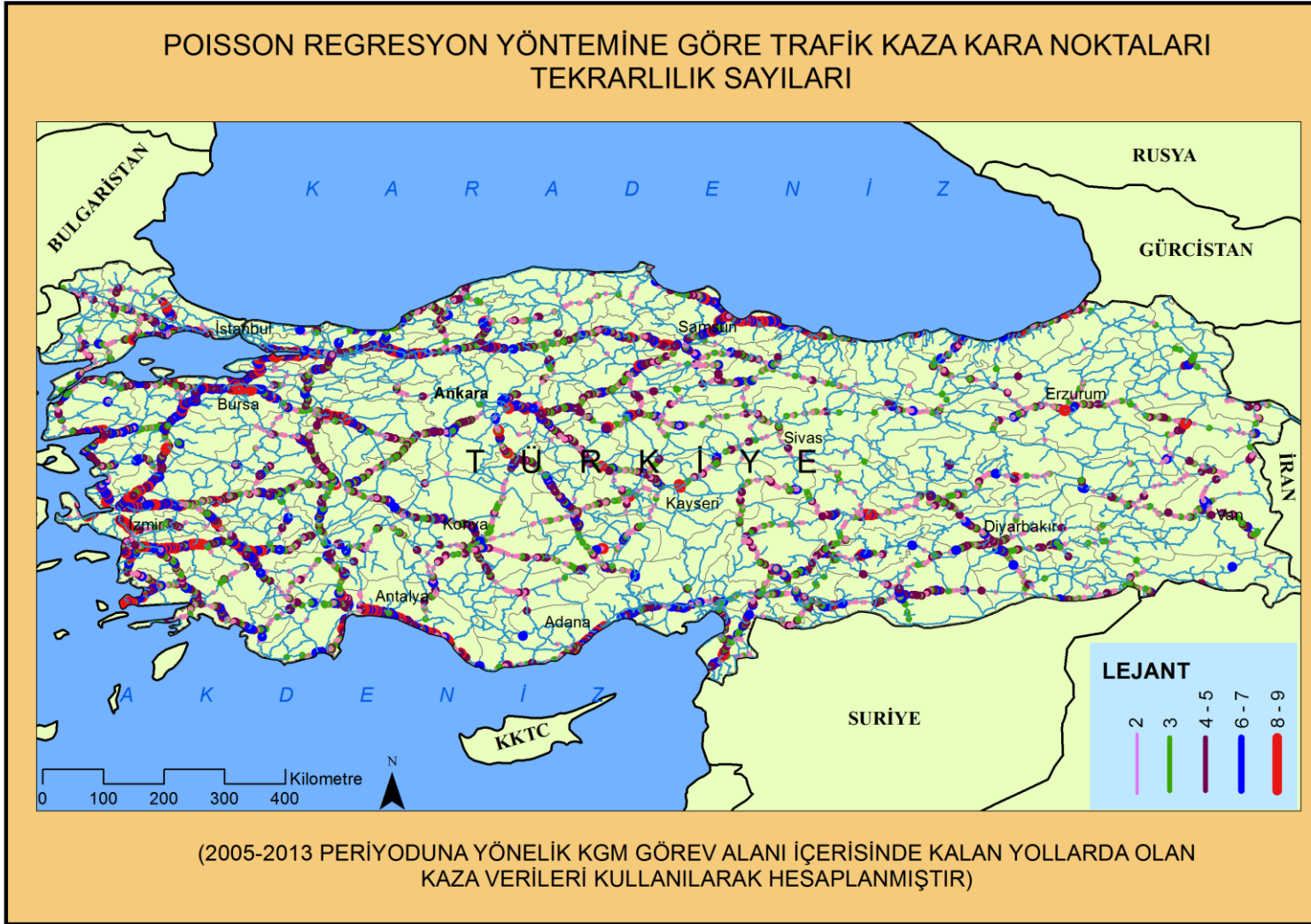
**Şekil 4.16** Poisson regresyon yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler.

Şekil 4.16’da Poisson regresyon yöntemine göre oluşturulan 2013 yılı, kaza kara noktaları olduğu haritası görülmektedir. Bu haritada oluşturulan renk skalası, model sonucu hesaplanan sonuç tahmin değerlerinin, kritik değere olan karşılaştırma değerlerini ortaya koymaktadır. Sonuç değerler;

$$Kaza\ Sayısı$$

$$\frac{Poisson\ regresyon\ ortalaması + 2 * Poisson\ regresyon\ standart\ sapma}{}$$

hesap yöntemi kullanılarak üretilmiştir. Toplam 32107 adet segment içerisinde 2155 adet segmentin, kaza kara noktası olarak tespit edildiği oluşturulan haritadan belirlenmektedir. 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait kara nokta haritaları Ek 20’ de görülmektedir. Bu riskli yol segment sayısının kara nokta olarak adlandırılabilmesi, çalışmada kullanılan tüm yılların hesaba katılması ile elde edilecek veri kümesi üzerinde çalışılması sonucu ortaya çıkacaktır. Bu kapsamda oluşturulan tekrarlılık haritası Şekil 4.17’de görülmektedir.



Şekil 4.17 Poisson regresyon yöntemine göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları.

#### 4.1.7 Negatif Binomiyal Regresyon Yöntemine Göre Analizler

Trafik kaza kara nokta belirleme yöntemlerinden biri de Negatif Binomiyal regresyon yöntemidir. Trafik kaza verilerinde genellikle aşırı yayılım gözlemlenmektedir. Verilerde aşırı yayılımın varlığı, aşırı yayılıma izin veren yöntemlerin kullanılması ile giderilebilmektedir. Bu nedenle mevcut kaza verilerine Negatif Binomiyal regresyon modelinin uygulanması amaçlanmıştır.

Tez çalışmasında Poisson regresyon için kullanılan tüm değişkenler, Negatif Binomiyal regresyon için de uygulanmıştır. Regresyona ilişkin katsayı hesaplamaları, GRETL ve STATA yazılımlarında karşılaştırmalı olarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Burada k değişkeni olarak gösterilen değer, aşırı yayılım parametresini ifade etmektedir. Bu yöntem kullanılarak tüm yıllara ilişkin sonuçların üretildiği Negatif Binomiyal regresyon modeli Ek 11’de verilmektedir.

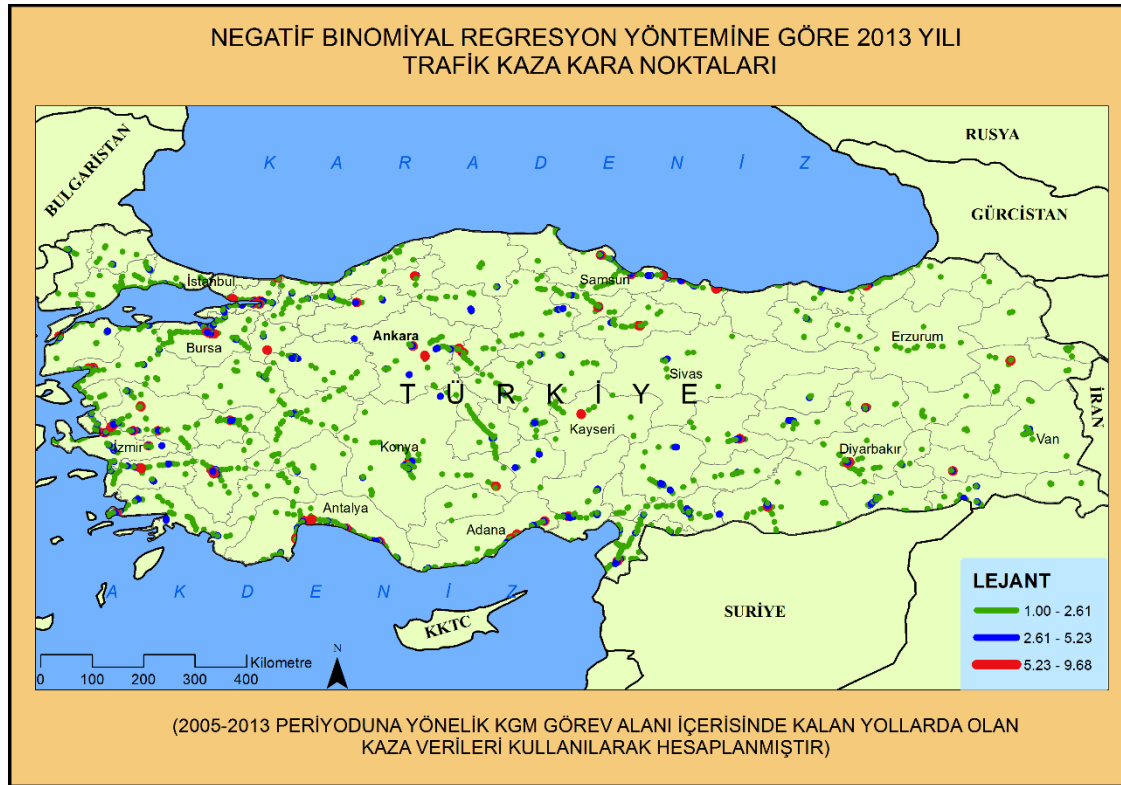
**Çizelge 4.2** Yıllara göre Negatif Binomiyal regresyon ile belirlenen katsayı değerleri ve güvenilirlik düzeyleri.

Yıl	Değişken	Katsayı Tahmini	Standart Hata	z	P
2005	Sabit	-9.33775	0.10185	-91.68	0.000
	Ln(AADT)	1.02441	0.01167	87.80	0.000
	k	1.01023	0.02771	36.46	0.000
2006	Sabit	-8.28755	0.09692	-85.51	0.000
	Ln(AADT)	0.91215	0.01119	81.48	0.000
	k	1.15803	0.02917	39.70	0.000
2007	Sabit	-8.31379	0.09599	-86.61	0.000
	Ln(AADT)	0.92306	0.01110	83.13	0.000
	k	1.15509	0.02761	41.83	0.000
2008	Sabit	-8.30817	0.09729	-85.40	0.000
	Ln(AADT)	0.91629	0.01125	81.47	0.000
	k	1.15234	0.02840	40.58	0.000
2009	Sabit	-7.70665	0.09378	-82.18	0.000
	Ln(AADT)	0.85681	0.01090	78.58	0.000
	k	1.17703	0.02785	42.26	0.000

**Çizelge 4.2 (Devam).** Yıllara göre Negatif Binomiyal regresyon ile belirlenen katsayı değerleri ve güvenilirlik düzeyleri.

Yıl	Değişken	Katsayı Tahmini	Standart Hata	z	P
2010	Sabit	-7.51400	0.09085	-82.71	0.000
	Ln(AADT)	0.84082	0.01057	79.52	0.000
	k	1.16066	0.02683	43.26	0.000
2011	Sabit	-7.21561	0.08926	-80.84	0.000
	Ln(AADT)	0.81640	0.01043	78.26	0.000
	k	1.22593	0.02641	46.42	0.000
2012	Sabit	-7.32225	0.08941	-81.89	0.000
	Ln(AADT)	0.83646	0.01047	79.91	0.000
	k	1.26854	0.02620	48.42	0.000
2013	Sabit	-9.30132	0.09922	-93.74	0.000
	Ln(AADT)	1.07743	0.01156	93.22	0.000
	k	1.55371	0.02896	53.66	0.000

Çizelge 4.2’de elde edilen katsayı değerleri kullanılarak, her bir segment için beklenen kaza sayıları, CBS yazılımında hesaplatılmıştır.



**Şekil 4.18** Negatif Binomiyal regresyon yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler.



Şekil 4.18’de Negatif Binomiyal regresyon yöntemine göre oluşturulan 2013 yılı, kaza kara noktalarının olduğu harita görülmektedir. Bu haritada oluşturulan renk skalası, model sonucu hesaplanan sonuç tahmin değerlerini ortaya koymaktadır. Sonuç değerler;

*Kaza Sayısı*

*$NB$  regresyon ortalaması + 2 \*  $NB$  regresyon standart sapma*

hesap yöntemi kullanılarak üretilmiştir. Toplam 32107 adet segment içerisinde 2663 adet segmentin, kara nokta olarak belirlendiği tespit edilmiştir. 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait kara nokta haritaları Ek 21’ de görülmektedir. Bu riskli yol segment sayısının kara nokta olarak adlandırılabilmesi, çalışmada kullanılan tüm yılların hesaba katılması ile elde edilecek veri kümesi üzerinde çalışılması sonucu ortaya çıkacaktır. Bu kapsamda oluşturulan tekrarlılık haritası Şekil 4.19’da görülmektedir.

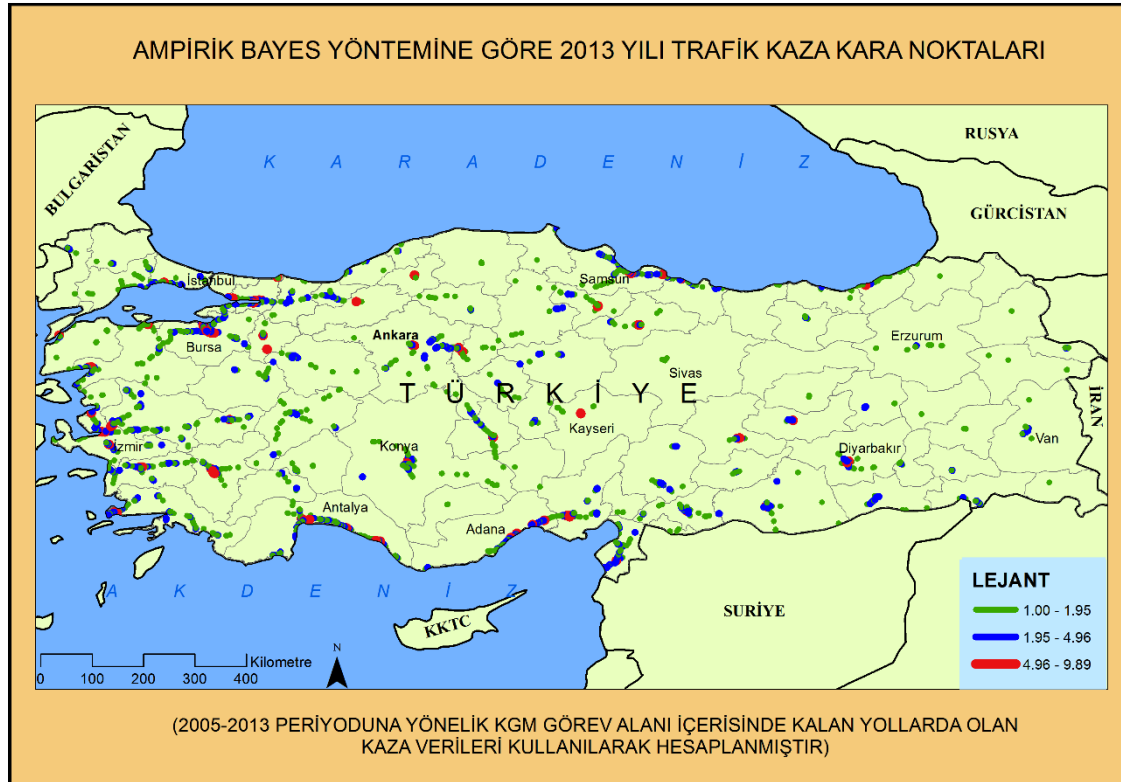


Şekil 4.19 Negatif Binomiyal regresyon yöntemine göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları.

#### 4.1.8 Ampirik Bayes Yöntemine Göre Analizler

Ampirik Bayes uygulaması son 20 yıldır trafik güvenliği konusunda oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Hauer (2004) tarafından geliştirilen bu yöntem, yol güvenliğinin sağlanması açısından önce ve sonra araştırmaları da yaparak yol segmentleri hakkında sonuç veriler üretmektedir.

Yapılan tez çalışma kapsamında Ampirik Bayes uygulaması için regresyon katsayıları Negatif Binomiyal (Çizelge 4.2) yöntemiyle hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan CBS yazılımı ile bir model oluşturulmuş (Ek 12) ve bu model ile tüm yıllara ilişkin beklenen tahmin değerleri hesaplatılmıştır.



Şekil 4.20 Ampirik Bayes yöntemine göre kara nokta olarak belirlenen segmentler.

Şekil 4.20’de Ampirik Bayes yöntemine göre oluşturulan 2013 yılı, kaza kara noktalarının olduğu harita görülmektedir. Bu haritada oluşturulan renk skalası, model sonucu hesaplanan sonuç tahmin değerlerini ortaya koymaktadır. Sonuç değerler;

$$\frac{\text{Ampirik Bayes Beklenen Kaza Sayısı}}{AB \text{ ortalaması} + 2 * AB \text{ standart sapma}}$$

hesap yöntemi kullanılarak üretilmiştir. Toplam 32107 adet segment içerisinde 2013 adet segmentin riskli sayılabilecek noktalar olduğu oluşturulan modelden belirlenmektedir. 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait kara nokta haritaları Ek 22’ de görülmektedir. Bu riskli yol segment sayısının kara nokta olarak adlandırılabilmesi, çalışmada kullanılan tüm yılların hesaba katılması ile elde edilecek veri kümesi üzerinde çalışılması sonucu ortaya çıkacaktır. Bu kapsamda oluşturulan tekrarlılık haritası, Şekil 4.21’de görülmektedir.



## AMPİRİK BAYES YÖNTEMİNE GÖRE TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI TEKRARLILIK SAYILARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

Şekil 4.21 Ampirik Bayes yöntemine göre belirlenen trafik kaza kara noktaları ve 9 yıllık periyod içinde tekrar belirlenme sayıları.

## 5. BULGULAR

Bu bölümde, yapılan uygulamalar ile ilgili bulgular ve değerlendirmeler verilmiştir. Çalışma, karayolu segmentlerinde trafik kaza noktalarının istatistiksel yöntemlerle belirlenmesi için kullanılabilir yöntemleri ve uygulamalarını anlatmaktadır. Gerçekleştirilen her uygulama için elde edilen sonuçlar paylaşılmış, bu sonuçların birlikte değerlendirilmesi ile ulaşılan bulgular bu bölümde ele alınmıştır. 2005-2013 (9 yıllık) yılları kapsamında 8 farklı yöntemin uygulanması ile 1'er km'lik 32107 adet segment üzerinde gerçekleştirilen uygulamalarda, her bir segment için 9 x 8 kez değerlendirme yapılmıştır. Çalışmanın son bölümünde, tez çalışmasında kullanılan kara nokta belirleme yöntemlerin değerlendirildiği tutarlılık testleri de uygulanarak, hangi yöntemin daha tutarlı sonuçlar verdiği değerlendirilmiştir.

### 5.1 Trafik Kaza Kara Nokta Belirleme Yöntemlerinin Birlikte Değerlendirilmesi

Trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi için gerçekleştirilen uygulamalar sonucunda, tüm yöntemlerin kara nokta olarak belirlediği noktaların tespit edilmesi, çalışmanın önemli adımlarından biri olarak görülmektedir. Bu kapsamda uygulama bölümünde anlatılan tekrarlılık haritaları kullanılmıştır. Çizelge 5.1, her segmente ilişkin yıllara göre tekrarlılık sayılarını ifade etmektedir. Burada her yıla ait belirlenen sonuç değerlerin 1'den büyük olanları arasından değerlendirme yapılmıştır.

**Çizelge 5.1** Yöntemlerin her segmente ilişkin tekrarlılık sayıları.

Yöntemler	Tekrarlılık Sayıları								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kaza Oranı	2056	317	59	21	17	7	6	2	1
Kaza Frekansı	2474	774	371	226	111	91	67	51	38
Kaza Şiddeti	5655	1287	263	53	20	14	5	1	1
Getis Ord Gi*	2800	1137	750	568	430	430	303	276	358
Moran's I	2454	985	580	461	311	220	163	135	142
Poisson Regresyon	5576	3048	1845	1151	790	516	305	214	156
Negatif Binomiyal Regresyon	5585	2393	1332	826	560	368	220	181	148
Ampirik Bayes	1966	707	374	267	158	129	68	69	79

Çizelge 5.1 incelendiğinde, Poisson ve Negatif Binomiyal yöntemlerinin sayısal olarak benzer sayıda tekrarlılık sayıları yakaladığı anlaşılmaktadır. Bunun nedeninin de her iki yöntemde de kullanılan parametrelerin aynı olması, yalnızca katsayıların farklı olması regresyon sonucunu çok değiştirmemesi gösterilebilir. Kaza şiddeti ve kaza oranı yöntemlerinde tekrarlılık sayılarının sınırlı sayıda kalması, her iki yöntemde kullanılan değişkenlerin farklılık göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında oluşturulan modeller, her yöntem için her yıla ilişkin sonuç değerler üretmektedir. Bu sonuç değerler toplanarak her segmente ilişkin sıralama yapılmıştır. Her yöntemde sıralaması yapılmış ilk yüz veri seçilerek birlikte değerlendirmeye alınmıştır. Toplam 311 adet segment, bir veya daha fazla yöntem tarafından 32107 segment içerisinden seçilmiştir. Elde edilmiş olan her değer yıl sayısına bölünerek normalize edilmiştir. Böylece her bir yönteme ait, yıllık beklenen kaza sayıları hesaplanmıştır. Bu değerleri; 1'den büyük sayılara 1 değerini, 1'den küçük sayıları 0 değerini atayarak 0 ve 1 matrisi elde edilmiştir. Çizelge 5.2, en az iki yöntem tarafından kara nokta olarak belirlenmiş sonuç matrisi göstermektedir. Bu matris, çalışma kapsamında Türkiye karayolları ağı devlet yolları üzerinde (kavşaklar hariç) kaza sayılarına bağlı olarak belirlenmiş kara noktaları ifade etmektedir. 32107 adet segment içinden 126 adet segment, kara nokta olarak kesinleştirilmiştir.

**Çizelge 5.2** Tüm yöntemlere göre belirlenmiş trafik kaza kara nokta matrisi.

S.N	Segment No	K. Frekansı	K. Oranı	K.Şiddeti	Moran's I	Getis	Negatif Binom	Poisson	Ampirik Bayes	Toplam
1	31442	1	1	1	1	1	1	1	1	8
2	31443	1	1	1	1	1	1	1	1	8
3	31444	1	1	1	1	1	1	1	1	8
4	31445	1	1	1	1	1	1	1	1	8
5	897	1	0	1	1	1	1	1	1	7
6	898	1	0	1	1	1	1	1	1	7
7	2206	1	1	1	1	1	1	1	0	7
8	2298	1	1	1	1	1	1	1	0	7
9	7340	1	0	1	1	1	1	1	1	7
10	7345	1	0	1	1	1	1	1	1	7
11	7346	1	0	1	1	1	1	1	1	7
12	7347	1	0	1	1	1	1	1	1	7
13	7356	1	0	1	1	1	1	1	1	7
14	11138	1	0	1	1	1	1	1	1	7

**Çizelge 5.2 (Devam).** Tüm yöntemlere göre belirlenmiş trafik kaza kara nokta matrisi.

S.N	Segment No	K. Frekansı	K. Oranı	K.Şiddeti	Moran's I	Getis	Negatif Binom	Poisson	Ampirik Bayes	Toplam
15	11141	1	0	1	1	1	1	1	1	7
16	11142	1	0	1	1	1	1	1	1	7
17	14805	1	0	1	1	1	1	1	1	7
18	14806	1	0	1	1	1	1	1	1	7
19	15524	1	0	1	1	1	1	1	1	7
20	19231	1	0	1	1	1	1	1	1	7
21	43374	1	0	1	1	1	1	1	1	7
22	43375	1	0	1	1	1	1	1	1	7
23	43377	1	0	1	1	1	1	1	1	7
24	43378	1	0	1	1	1	1	1	1	7
25	43380	1	0	1	1	1	1	1	1	7
26	46257	1	0	1	1	1	1	1	1	7
27	46310	1	0	1	1	1	1	1	1	7
28	59053	1	0	1	1	1	1	1	1	7
29	62713	1	0	1	1	1	1	1	1	7
30	895	1	0	0	1	1	1	1	1	6
31	896	1	0	0	1	1	1	1	1	6
32	7224	1	0	1	1	0	1	1	1	6
33	7350	1	0	0	1	1	1	1	1	6
34	7357	1	0	0	1	1	1	1	1	6
35	11140	1	0	0	1	1	1	1	1	6
36	11143	1	0	0	1	1	1	1	1	6
37	11144	1	0	0	1	1	1	1	1	6
38	13211	1	0	1	1	0	1	1	1	6
39	13331	1	0	1	1	0	1	1	1	6
40	18922	1	0	0	1	1	1	1	1	6
41	31441	1	1	0	1	1	1	1	0	6
42	43370	1	0	0	1	1	1	1	1	6
43	43371	1	0	0	1	1	1	1	1	6
44	43376	1	0	0	1	1	1	1	1	6
45	43379	1	0	0	1	1	1	1	1	6
46	43383	1	0	0	1	1	1	1	1	6
47	43385	1	0	1	1	0	1	1	1	6
48	45951	1	0	1	1	0	1	1	1	6
49	46255	1	0	0	1	1	1	1	1	6
50	46258	1	0	0	1	1	1	1	1	6
51	46259	1	0	0	1	1	1	1	1	6
52	46260	1	0	0	1	1	1	1	1	6
53	59054	1	0	0	1	1	1	1	1	6
54	59055	1	0	0	1	1	1	1	1	6
55	59056	1	0	0	1	1	1	1	1	6
56	11	1	1	0	1	0	1	1	0	5



**Çizelge 5.2 (Devam).** Tüm yöntemlere göre belirlenmiş trafik kaza kara nokta matrisi.

S.N	Segment No	K. Frekansı	K. Oranı	K.Şiddeti	Moran's I	Getis	Negatif Binom	Poisson	Ampirik Bayes	Toplam
57	85	1	1	0	1	0	1	1	0	5
58	7414	1	0	0	1	0	1	1	1	5
59	11139	1	0	1	1	1	0	0	1	5
60	17549	1	0	1	0	0	1	1	1	5
61	18919	1	0	1	0	0	1	1	1	5
62	18929	1	0	0	1	0	1	1	1	5
63	18930	1	0	0	1	0	1	1	1	5
64	19305	1	0	1	0	0	1	1	1	5
65	37897	1	0	1	0	0	1	1	1	5
66	43167	1	0	1	0	0	1	1	1	5
67	43384	1	0	0	1	0	1	1	1	5
68	45858	1	0	0	1	0	1	1	1	5
69	46262	1	0	0	1	0	1	1	1	5
70	62539	1	0	0	1	0	1	1	1	5
71	62733	1	0	0	1	0	1	1	1	5
72	62762	1	0	0	1	0	1	1	1	5
73	890	1	0	0	0	0	1	1	1	4
74	1225	1	0	0	1	0	1	1	0	4
75	1304	1	0	1	0	0	1	1	0	4
76	7446	1	0	0	0	0	1	1	1	4
77	7463	1	0	0	1	0	1	1	0	4
78	7585	1	0	0	1	0	1	1	0	4
79	11134	1	0	0	0	0	1	1	1	4
80	11340	1	0	0	1	1	0	0	1	4
81	11356	1	0	0	0	0	1	1	1	4
82	18779	1	0	0	0	0	1	1	1	4
83	22728	1	1	0	0	0	1	1	0	4
84	22821	1	1	0	0	0	1	1	0	4
85	26276	1	1	0	0	0	1	1	0	4
86	27948	1	1	0	0	0	1	1	0	4
87	30464	1	0	0	0	0	1	1	1	4
88	35788	1	1	0	0	0	1	1	0	4
89	41524	1	0	0	0	0	1	1	1	4
90	43181	1	0	0	0	0	1	1	1	4
91	55503	1	1	0	0	0	1	1	0	4
92	65524	1	1	0	0	0	1	1	0	4
93	65642	1	1	0	0	0	1	1	0	4
94	68694	1	1	0	0	0	1	1	0	4
95	700	0	0	0	1	1	0	0	1	3
96	858	1	0	0	0	0	1	1	0	3
97	899	0	0	0	1	1	0	0	1	3
98	2656	1	0	0	0	0	1	1	0	3

**Çizelge 5.2 (Devam).** Tüm yöntemlere göre belirlenmiş trafik kaza kara nokta matrisi.

S.N	Segment No	K. Frekansı	K. Oranı	K.Şiddeti	Moran's I	Getis	Negatif Binom	Poisson	Ampirik Bayes	Toplam
99	7348	0	0	0	1	1	0	0	1	3
100	7358	0	0	0	1	1	0	0	1	3
101	7691	1	0	0	0	0	1	1	0	3
102	11344	1	0	0	0	0	1	1	0	3
103	18923	0	0	0	0	0	1	1	1	3
104	27827	0	1	0	0	0	1	1	0	3
105	33436	1	0	0	0	0	1	1	0	3
106	43369	0	0	0	1	1	0	0	1	3
107	43372	0	0	0	1	1	0	0	1	3
108	43373	0	0	0	1	1	0	0	1	3
109	46256	0	0	0	1	1	0	0	1	3
110	57014	1	0	0	0	0	1	1	0	3
111	699	0	0	0	1	0	0	0	1	2
112	7344	0	0	0	1	1	0	0	0	2
113	7353	0	0	0	1	1	0	0	0	2
114	7355	0	0	0	1	1	0	0	0	2
115	7413	0	0	0	1	0	0	0	1	2
116	11338	0	0	0	1	0	0	0	1	2
117	11341	0	0	0	1	1	0	0	0	2
118	14803	0	0	0	1	1	0	0	0	2
119	14804	0	0	0	1	1	0	0	0	2
120	14807	0	0	0	1	1	0	0	0	2
121	14808	0	0	0	1	1	0	0	0	2
122	14809	0	0	0	1	1	0	0	0	2
123	14834	0	0	0	1	0	0	0	1	2
124	19228	0	0	0	1	1	0	0	0	2
125	54793	0	1	1	0	0	0	0	0	2
126	59051	0	0	0	1	1	0	0	0	2

### 5.1.1 Kara Nokta Belirleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Tez çalışmasında karayolu ağı üzerindeki trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi, sekiz farklı yöntemin kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemlerin ikili değerlendirilmesi ile hangi yöntemlerin birlikte daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu anlaşılmaktadır. Bu kapsamda Çizelge 5.3'te yöntemlerin ikili karşılaştırmaları gösterilmektedir.

Çizelge 5.3 Yöntemlerin ikili değerlendirmesi.

	Kaza Frekansı	Kaza Oranı	Kaza Şiddeti	Moran's I	Getis Ord Gi*	Negatif Binomiyal	Poisson	Ampirik Bayes
Kaza Frekansı	126	18	41	71	52	98	98	76
Kaza Oranı	18	126	7	9	7	19	19	19
Kaza Şiddeti	41	7	126	35	30	40	40	38
Moran's I	71	9	35	126	71	69	69	75
Getis Ord Gi*	52	7	30	71	126	50	50	57
Negatif Binomiyal	98	19	40	69	50	126	100	75
Poisson	98	19	40	69	50	100	126	75
Ampirik Bayes	76	19	38	75	57	75	75	126

Çizelge 5.3 incelendiğinde Poisson ve Negatif Binomiyal regresyon yöntemlerinin aynı sonuçlar ortaya koyduğu görülmektedir. Bunun en önemli nedeni Negatif Binomiyal yönteminin Poisson regresyon yönteminin gelişmiş hali olmasıdır. Yani verilerde aşırı yayılım olması durumunda kullanılan yöntemin Negatif Binomiyal yöntem olmasıdır. Bu çalışma kapsamında Poisson regresyon uygulaması verilerde aşırı yayılımın olmadığı varsayımı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ampirik Bayes uygulaması, Kaza Frekansı Poisson, Negatif Binomiyal ve Moran's I yöntemleri ile birlikte değerlendirildiğinde daha iyi sonuçlar (76, 75) ortaya koyduğu anlaşılmaktadır. Burada kaza oranı yönteminin, diğer yöntemlerle birlikte değerlendirilmesi sonucu daha düşük değerler oluştuğu anlaşılmaktadır. Kara nokta belirleme çalışmalarında yöntemlerin birlikte değerlendirilmesinin yanında, her yöntemin olumlu ve olumsuz taraflarının belirtilmesi de önem arz etmektedir. Bu kapsamda çalışmada kullanılan yöntemlerin olumlu ve olumsuz tarafları Çizelge 5.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 5.4 Yöntemlerin olumlu ve olumsuz tarafları.

Yöntemler	Avantaj	Dezavantaj
<b>Kaza Frekansı</b>	Şehir içi karayollarında ya da trafik yoğunluğunun çok az olduğu karayollarında kullanılabileceği gibi, yıllık kaza sayısı az olan ülkelerde de kullanılabilmesi	Trafik yoğunluğunun dikkate alınmaması
<b>Kaza Oranı</b>	Karayollarındaki trafik yoğunluğunun hesaba katılması	Trafik kaza sayısı ile trafik yoğunluğu arasında doğrusal bir ilişkiyi dikkate alması

**Çizelge 5.4 (Devam).** Yöntemlerin olumlu ve olumsuz tarafları.

Yöntemler	Avantaj	Dezavantaj
<b>Kaza Şiddeti</b>	Kazaya karışan araçların ve kazazedelerin değerlendirilmesi	Kazaya karışan araç sayısı, ölen ve yaralanan kişi sayılarının aynı formülde hesaba katılması ve trafik yoğunluğunun dikkate alınmaması
<b>Getis Ord Gi*</b>	Komşu değerlerin yerel ortalaması ile genel ortalamayı karşılaştıran bir çalışma metoduna sahip olması	Komşuluk ilişkisinden oldukça fazla etkilenmesi ve trafik yoğunluğunun dikkate alınmaması
<b>Moran's I</b>	Komşu segmentler arasındaki benzerlikleri dikkate alarak sonuç değerler üretmesi	Kaza sayısı fazla olan bir yol segmentinin komşu segmentinde hiç kaza yoksa veya çok az kaza varsa o segmentin kara nokta olarak tespit edilememesi ve trafik yoğunluğunun dikkate alınmaması
<b>Poisson Regresyon</b>	Hesap kolaylığının olması, trafik yoğunluğunun logaritmik olarak hesaba katılması	Verilerde meydana gelen aşırı ya da düşük yayılımın hesaba katılmaması
<b>Negatif Binomiyal Regresyon</b>	Verilerde meydana gelen yayılım parametresinin hesaba katılması, trafik yoğunluğunun logaritmik olarak hesaba katılması	Beklenen kaza sayıları ile gerçekleşen kaza sayılarının doğrudan ilişkilendirilmemesi
<b>Ampirik Bayes</b>	Mevcut trafik kaza sayılarının doğrudan işleme sokulması, aşırı yayılım parametresinin hesaba katılması, ağırlık matrisinin oluşturulması, trafik yoğunluğunun ilişkilendirilmesi, beklenen kaza sayılarının gerçekleşen kaza sayıları ile entegre edilmesi	Birçok farklı adımın gerçekleştirilmesi

## 5.2 Kesinleştirilmiş Kara Noktaların Değerlendirilmesi

2005-2013 yıllarında meydana gelen trafik kaza verileri kullanılarak, 32107 adet segment içinden 126 adet segment trafik kaza kara noktası olarak belirlenmiştir. Bu segmentlerin

tamamı Şekil 5. 1’de gösterilmektedir. Çalışma kapsamında kullanılan yöntemlerin 7 ve 8’i tarafından kara nokta olarak belirlenmiş olan segmentler, daha detaylı incelenerek ilerleyen bölümlerde anlatılmaktadır. Kara noktalarla ilgili kesinleştirme çalışmaları, bu tez çalışmasında verilmemektedir.

Şekil 5.1 incelendiğinde, trafik kaza kara noktalarının Kocaeli (22), Malatya (8) , Bursa (25), Samsun (9), Muğla (5), Eskişehir (5), Kayseri (5) gibi illere bağlı yollarda olduğu görülmektedir. Bu noktaların birkaçını Google Earth ve kaza verileri üzerinden incelendiğinde şu sonuçlar ortaya çıkmaktadır:

### **5.2.1 300-18 Yol Kesim Numaralı, 31441-31445 Numaralı Segmentlerin Analizi**

300-18 yol kesim numaralı 31441, 31442, 31443, 31444 ve 31445 numaralı segmentler incelendiğinde, 2005 yılında 2013 yılına kadar toplam 9 yılda sırası ile 31441 numaralı segmentte 75, 31442 numaralı segmentte 130, 31443 numaralı segmentte 128, 31444 numaralı segmentte 201 ve 31445 numaralı segmentte 162 kazanın meydana geldiği trafik kaza verilerinden anlaşılmaktadır. Kayseri, Talas yolu üzerinde bulunan 31441 numaralı segment kaza şiddeti ve Ampirik Bayes hariç diğer yöntemler tarafından kara nokta olarak belirlenmiş, diğer segmentler ise tüm metodlar tarafından kara nokta olarak belirlenmiştir. Resim 5.1’de bu segmentlere ait yatay ve düşey geometrileri gösteren harita bulunmaktadır.

## TÜRKİYE TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI DAĞILIM HARİTASI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

Şekil 5.1 Kara nokta belirleme yöntemleri kullanılarak kesinleştirilmiş trafik kaza kara noktalar haritası.



**Resim 5.1** Yol kesim no 300-18, 31442, 31443, 31444 ve 31445 no'lu segmentlere ait yatay ve düşey yol geometrileri ve yol görüntüleri.

Mevcut segmentlere ait yolun düşey geometrisi incelendiğinde, ortalama eğim % 0.7 - 1.7 arasında değişmekte olup, yatay geometride ise kazalara neden olacak derecede yatay kurp bulunmadığı görülmektedir. 300-18 yol kesim numaralı 31441, 31442, 31443, 31444 ve 31445 numaralı segmentler, Resim 5.1'de kırmızı çizgi ile gösterilen hatlardır. Bu hat üzerinde, ana yol güzergâhlarını birbirine bağlayan giriş ve çıkışlarla birlikte 1 adet hemzemin geçit bulunmaktadır. Bu segmentlerdeki devlet yolunun tarımsal alandan geçiyor olması ve kontrolsüz tarım araçlarının bu segmentler üzerinden geçmesi, bu segmentlerde trafik kazasının olma ihtimalini arttırmaktadır.

### 5.2.2 010-16 Yol Kesim Numaralı, 895-898 numaralı Segmentlerin Analizi

010-16 Kontrol Kesim Numarası (KKN)'na sahip olan 897. ve 898. segmentler incelendiğinde, 2005 yılından başlayıp 2013 yılına devam eden 9 yıllık sürede sırası ile 895. segmentte 90 kez, 896. segmentte 81 kez, 897. segmentte 85 kez ve 898. segmentte 83 kez kaza olduğu görülmektedir. Samsun Terme'de bulunan bu segmentlerden 895 ve 896 numaralı segmentleri kaza oranı ve kaza şiddeti haricindeki tüm yöntemler, 897 ve 898 numaralı segmentleri ise kaza oranı haricindeki tüm yöntemler kara nokta olarak belirlenmiştir. Bu segmentlere ait detaylı bilgiler Resim 5.2'de gösterilmektedir.





**Resim 5.2** Yol kesim no 300-18, 31442, 31443, 31444 ve 31445 no'lu segmentlere ait yatay ve düşey yol geometrileri ve yol görüntüleri.

010-16 KKN'ye sahip 895-898 numaralı segmentlere ait düşey yol geometrisi incelendiğinde kaza ortalama eğimin % 1.7- 2.0 arasında olduğu, yatay geometride ise kazalara neden olabilecek bir kurp bulunmadığı belirlenmiştir. Resim 5.2'de kırmızı hat ile gösterilen bu segmentlerde, yerleşim yerlerinden devlet yolu trafiğine geçişin kontrolsüz yapıldığı, yüksek hız, yoğun trafik ve meskûn alanlarla ticari alanın iç içe girmiş olması ve kontrolsüz giriş ve çıkışların yoğun olduğu yerlerin bulunması trafik kazalarının sıklıkla yapılmasına neden olmuş, bundan dolayı da bu segmentlerin kara nokta olarak belirlenmesi kaçınılmaz bir durum oluşturmuştur.

Kara nokta olarak belirlenmiş tüm segmentlere ait detaylı inceleme, uzman bir karayolu mühendisi tarafından gerçekleştirilmiş olup, yapılan araştırma sonucunda kara nokta olarak belirlenmiş her segmente ait varılan sonuçlar ve muhtemel problemler Ek 13'te belirtilmektedir.

### 5.3 Model Tutarlılık Testleri

Çalışmada kullanılan yöntemlerin doğruluğu ve güvenilirliği tutarlılık testleri ile incelenmiştir. Kara nokta belirleme metotları için kullanılan birçok tutarlılık testi



bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında Cheng and Washington (2008), Geurts vd. (2004), Bandyopadhyaya and Mitra (2011) tarafından önerilen;

- Konum tutarlılık testi
- Metot tutarlılık testi
- Rank farklılığı tutarlılık testi

metodları uygulanmıştır.

Kara nokta belirleme tutarlılık testleri kapsamında kullanılan her yöntem için elde edilen sonuçlar, büyükten küçüğe sıralanarak ilk 100 segment alınmıştır. Tutarlılık testleri iki periyot üzerinden gerçekleştirilmiştir. 1. periyot için 2011 yılı seçilmiş, 2. periyot için ise 2012 yılı seçilerek tutarlılık testleri gerçekleştirilmiştir. İlgili test veri grubu Ek 14'te verilmiştir.

Metot tutarlılık testi, ilk periyottaki farklı metotlara göre belirlenen kara noktaların diğer periyottaki aynı metotlara göre seçilen kara noktalar içindeki sayısını ifade etmektedir. Buradan elde edilecek sonucun yüksek olması modelin tutarlı olduğunu göstermektedir. Konum tutarlılığı testi, kaza frekansı yöntemi baz alınarak ilk periyotta seçilen kaza kara noktalarının, ikinci periyottaki aynı seçim havuzunda da kaza kara noktası olarak belirlenme sayılarının toplamını ifade etmektedir. Bu testten elde edilecek sonuca bakıldığında, yüksek değere sahip olan metodun diğerlerine göre daha tutarlı olduğu söylenmektedir. Rank farklılığı tutarlılık testinde ise, ilk periyottaki farklı metotlara göre belirlenen kaza kara noktası ranklarının diğer periyottaki aynı kaza kara noktalarının ranklarının farkının toplamını ifade etmektedir. Bu testte ise rank farkları ne kadar az olursa kullanılan yöntemlerin o ölçüde tutarlı olduğunu göstermektedir. Tutarlılık testlerinin uygulaması esnasında 100 segment içinden ilk 10 segment kullanılarak değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Çizelge 5.5 tutarlılık testleri sonucu ortaya çıkan sonuçları göstermektedir.

**Çizelge 5.5** Kara nokta belirleme metotlarının değerlendirildiği tutarlılık test sonuçları.

<b>METOTLAR</b>	<b>TESTLER</b>	<b>Konum Tutarlılık Testi</b>	<b>Metot Tutarlılık Testi</b>	<b>Rank Farkı Tutarlılık Testi</b>
Kaza Oranı (KO)		27.23902	3	311
Kaza Frekansı (KF)		72.56458	3	160
Kaza Şiddeti (KŞ)		0	0	2400
Moran's I (MI)		62.54069	4	136
Getis Ord Gi* (GO)		27.23902	0	287
Poisson Regresyon (PO)		72.56458	3	97
Negatif Binomiyal Regresyon (NB)		72.56458	3	97
Ampirik Bayes (AB)		83.46004	5	69

Çizelge 5.5 incelendiğinde, Ampirik Bayes yönteminin kara nokta belirleme yöntemleri içindeki tüm tutarlılık testlerinde diğer yöntemlere göre daha tutarlı olduğu anlaşılmaktadır. Kaza şiddeti yönteminin de, en düşük tutarlılığa sahip olduğu çizelgeden görülmektedir. Mekânsal analiz yöntemlerinden olan Moran's I yöntemi tüm tutarlılık testleri dikkate alındığında tutarlı sonuçlar ürettiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte kaza frekansı yönteminin de tutarlı sonuçlar ortaya koyduğu çizelgeden anlaşılmaktadır.

## 6. TARTIŞMA ve SONUÇ

Dünya genelinde meydana gelen trafik kazaları sonucu hayatını kaybedenlerin sayısı, doğal afetler sonucu hayatını kaybedenlerin sayısından oldukça fazladır. Bu istatistik insan hayatını tehdit eden önemli problemlerden birisinin trafik kazaları olduğunu göstermektedir. Doğal afetlerin önlenmesi için yapılan yatırımlar ya da alınan önlemlerinde, trafik kazalarının önlenmesi için alınması gerektiği apaçık bir gerçektir. Bu kapsamda trafik kazalarının önlenmesi ve oluşan maddi ve manevi kayıpların önüne geçmek adına hem ülkemizde hem de dünyada birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmaların temel amacı, trafik güvenliğini sağlamak ve buna bağlı olarak trafik kazalarının önüne geçmektir. Bu kapsamda trafik kazalarının mümkün olduğunca azaltılması konusunda gerekli önlemlerin alınmasında, kaza analizlerinin doğru şekilde yapılması ve belirlenen noktaların iyileştirilmesi önemli unsurlardandır.

Son 20 yıldır karar destek mekanizmalarının sıklıkla başvurduğu sistemlerden olan CBS'nin de, karayolu güvenliğinin sağlanması konusunda ilgili kurum ve kuruluşların karar verme aşamasında elini oldukça güçlendirdiği yadsınamaz bir gerçektir. Bu sistemlerle birlikte trafik kazalarının nerelerde yoğunlaştığı, yol kusurlarının nerelerde olduğu, nerelerde iyileştirme çalışmalarına ihtiyaç duyulduğu, alternatif yol güzergâhlarının belirlenmesi, trafik kaza analizlerinin gerçekleştirilmesi ve model oluşumu vb. gibi çalışmalar yapılabilmektedir. Bu çalışmalardan elde edilecek olan sonuçlar, kullanılan veri ile doğrudan ilgilidir. Bu nedenle CBS'nin en önemli bileşenlerinden biri de veridir. Bu tez çalışmasında, trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi için KGM ve EGM'den alınan trafik kaza verileri kullanılmıştır.

Trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi işleminde önemli faktörlerden biri, kaza verilerinin doğru ve güvenilir olmasıdır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, trafik polislerinin ya da jandarmanın tutmuş oldukları kaza raporlarındaki kazanın yerine ilişkin verilerin, gerçek konumlarından sapmalar gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum yapılan analizlerinin sonuçlarını ve buna bağlı olarak alınacak önlemleri doğrudan etkilemektedir. Özellikle trafik kaza verilerinin gerçekleştiği noktanın tam olarak belirlenmesi, olay yerinin koordinat bilgisi ile gerçekleşebilmektedir. Kaza verilerinde

kullanılan kilometraj bilgilerinin veri kalitesi bakımından düşük değerde olduğu yapılan çalışmada ortaya çıkmıştır. Bu sebeple Erdogan vd. (2008) trafik kaza verilerinin, eğitimi güvenlik gleri tarafından tutulması gerektiği ve tutanaklarda klasik veri kayıt sistemi yerine GPS ve CBS uyumlu modern sistemler yardımıyla anlık koordinat verisi alınarak kişisel hataların önüne geçilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, Türkiye’de KGM’nin sorumluluk sahasında bulunan 2408 adet devlet yolu (kavşaklar hariç) zerinde, trafik kaza kara noktalarının istatistiksel yöntemler kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli bir model üzerinden belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 2005-2013 yılları arasında (9 yıllık) meydana gelmiş olan trafik kazalarının zamansal ve mekânsal analizler gerçekleştirilmiştir. Öncelikle KGM’nin kullanmış olduğu Türkiye karayolu ağı, kullanıma uygun hale getirilerek altlık harita olarak kullanılmıştır. Trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi amacıyla kaza oranı, kaza frekansı, kaza şiddeti, Getis Ord Gi\*, Moran’s I, Poisson regresyon, Negatif Binomiyal regresyon ve Ampirik Bayes teknikleri kullanılmıştır.

Çalışmada 2005-2013 yıllarına ait trafik kaza verileri kullanılarak aylara, günlere, saatlere ve kaza tiplerine göre zamansal analizler yapılmıştır. Bu analizlere göre kazaların aylara göre dağılımına bakıldığında yoğunlaşmanın Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında olduğu görülmektedir. Yaz aylarına rastlayan bu aylar, tatil döneminin genellikle bu aylara rastlaması nedeniyle şehirlerarası hareketliliğin diğer aylara nazaran daha yoğun olduğu görülmektedir. Bununla birlikte 2005’ten itibaren Ramazan ve Kurban bayramlarının sonbahar ve yaz aylarına rastlaması da, kazaların bu aylarda yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Kaza analizlerinin Kurban ve Ramazan bayramları özeline incelemesinin, ayrıca araştırılması gereken bir konu olduğu düşünülmektedir. Kazaların günlere göre dağılımlarına bakıldığında ise Cuma, Cumartesi ve Pazar günleri, kaza sayılarının fazlalığı bakımından haftanın diğer günlerine göre ön plana çıkmaktadır. Bu durumun nedenleri incelendiğinde, hafta tatilinin Cuma günü mesai bitiminden başlayıp, Pazartesi gününe kadar devam etmesi olduğu düşünülmektedir. Kazaların saatlere göre dağılımına bakıldığında ise, kazaların sabah 06:00-09:00 ve öğleden sonra 16-19 saatleri arasında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu yoğunlaşmaya neden olabilecek unsurlara bakıldığında, işe başlama ve iş çıkış saatlerinin bu aralıklara denk gelmesi, aynı

zamanda tarımsal faaliyetlerin çok olduğu bölgelerde çiftçilerin işe başlama ve bitiş saatlerinin yine bu saatler arasında olduğu görülmektedir. Kaza tiplerine göre yapılan analizlere bakıldığında ise; yandan çarpma, yayaya çarpma ve arkadan çarpma şeklinde kaza tipleri, diğer kaza oluş şekillerine göre daha fazla gerçekleşmektedir.

Türkiye genelinde mevcut veriler incelendiğinde, 2005-2013 yılları arasında trafiğe kayıtlı araç sayısının ve trafik yoğunluğunun artmasıyla birlikte, devlet yollarında meydana gelen toplam kaza sayısı ve buna bağlı olarak yaralanma sayıları artış göstermiştir. Bu artışın aksine meydana gelen trafik kazalarındaki ölümlerde ise, 2008 yılından itibaren azalma eğilimi olduğu görülmektedir.

Çalışma kapsamında kara noktaların belirlenmesi işlemi farklı tekniklerin kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. KGM tarafından kara nokta belirleme işlemlerinde kullanılan yöntemlerden olan kaza oranı, kaza frekansı ve kaza şiddeti teknikleri ilk kullanılan tekniklerdir. Deterministik yöntemler olarak adlandırılan bu yöntemlerden elde edilen sonuçlar ışığında, aşağıdaki hususları belirtmek mümkün olmaktadır:

- Kaza oranı yöntemi, kaza frekansı ve kaza şiddeti yöntemine göre daha düşük sayıda tekrarlıklar üretmiştir. Bununla birlikte yapılan ikili testlerde (Çizelge 5.3), diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında en düşük değere sahip olan yöntem olarak görülmektedir.
- Kaza frekansı yönteminde kaza sayıları dikkate alındığından elde edilen sonuçlar, hesaplamada kaza sayılarını dikkate alan Moran's I, Poisson regresyon, Negatif Binomiyal regresyon ve Ampirik Bayes teknikleri ile daha benzer sonuçlar üretmektedir.
- Kaza şiddeti yönteminde hesaplamada kullanılan değişkenler (Ölü sayısı, yaralı sayısı vb.) farklılık gösterdiğinden elde edilen sonuçlar da diğer yöntemlere göre benzerlik göstermemektedir.

Mekânsal istatistiksel yöntemler olarak bilinen Getis Ord  $G_i^*$  ve Moran's I teknikleri kullanılarak kara nokta belirleme çalışmaları literatürde uygulanan yöntemlerdendir. Bu analiz yöntemleri, verileri gruplandırarak sonuçlar üretmektedir. Moran's I mekânsal otokorelasyon yöntemi, mekâna ait dağılımın ilişkisini vermektedir. Mekâna ait verilerin

benzer özelliklerine göre dağıldığını ya da toplandığını gösteren analiz yöntemi olan Moran's I -1 ile 1 arasında değerler üretmektedir. Komşu yol segmentlerinde hiç kaza olmayan segmentler kara nokta olarak belirlenmemektedir. Bu yönüyle Moran's I metodu diğer yöntemlerden daha doğru sonuçlar vermiştir. Ancak diğer yöntemlerin tersine çok kaza olan bir yol kesiminin komşu kesiminde hiç kaza yoksa veya çok az kaza varsa kara nokta olarak belirlememektedir (İlçi 2013). Yapılan çalışmaya bakıldığında Moran's I yönteminin Poisson regresyon, Negatif Binomiyal ve Ampirik Bayes teknikleri ile benzer sonuçlar ürettiği görülmektedir. Moran's I tekniğinin 2013 yılı riskli kaza segmentlerine bakıldığında, trafik yoğunluğu fazla olan Kocaeli, Samsun, İzmir, Muğla, Bursa gibi il sınırlarında bulunan yol güzergâhlarının seçildiği görülmektedir. Periyotlar arası nokta tutarlılıklarına göre bu yöntem, Ampirik Bayes tekniğinden sonra en tutarlı sonuçlardan birini ürettiği Çizelge 5.4'ten anlaşılmaktadır.

Getis Ord Gi\* mekânsal istatistiksel metodu, belirlenmiş kara noktalar havuzunda 71 adet segmenti kara nokta olarak belirlemiştir. Bu yöntem, komşuluk ilişkisinden oldukça fazla etkilenmektedir. Bundan dolayı bu yöntemde nesnenin kendisinden çok, komşularının etkili olduğu söylenebilir. Çünkü ilgili segment değerinden, komşu segment değerleri çıkartılarak hesaplamalar gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle Getis Ord Gi\* metodu kara nokta olduğu düşünülmeyen yerlerde kara nokta tespiti yapabilmektedir. Yapılan çalışmada ikili testler dikkate alındığında, bu yöntemin Moran's I tekniği ile en iyi uyumu gösterdiği görülmektedir. Tutarlılık testlerinde ise iki periyot dikkate alındığında kaza şiddeti yönteminden sonra en tutarsız sonuçları ürettiği belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında kara nokta belirlemede kullanılan istatistiksel tabanlı yöntemlerden Poisson ve Negatif Binomiyal regresyon yöntemlerinin, genel anlamda benzer sonuçlar ürettiği görülmektedir. Önceki bölümlerde de ifade edildiği gibi, bu iki yöntem arasında regresyon fonksiyonunun aynı olması, benzer sonuçları üretilmesine neden olmaktadır. Negatif Binomiyal regresyon yönteminin, Poisson regresyon yöntemine göre aşırı yayılımın üstesinden gelmesinden dolayı tercih edilmektedir. Trafik güvenliği analizlerinde, trafik kaza verilerinin aşırı yayımlı olması Negatif Binomiyal yönteminin kullanılmasını gerektirmektedir. Bu çalışmada, trafik kaza verilerinin aşırı yayımlı olmadığı varsayımı üzerinden Poisson regresyon yöntemi uygulanmıştır. Sonuçlar

incelendiğinde bu iki yöntemin birbirleri ile en iyi uyumu gösterdiği anlaşılmaktadır. Tutarlılık testlerinden ise yüksek tutarlılıkta sonuçlar ürettiği görülmektedir. Poisson ya da Negatif Binomiyal regresyon yöntemlerinden elde edilen değişken katsayılarının, Ampirik Bayes yönteminde girdi verilerini oluşturması nedeniyle bu iki yöntem, kara nokta belirleme çalışmalarında oldukça fazla kullanılmaktadır.

Çalışmada kullanılan bir diğer yöntem ise model tabanlı uygulamalardan olan Ampirik Bayes yaklaşımıdır. Özellikle son dönemlerde, trafik kazalarının önce ve sonra değerlendirmelerinde herhangi bir yol segmentine ilişkin beklenen kaza tahminleri gerçekleştirebilmektedir. Trafik güvenliği kapsamında, kullanılması Highway Safety Manuel (HSM)' de ve Avrupa Birliği müktesebatında önerilmektedir. Ampirik Bayes metodunun yapılan çalışma doğrultusunda en tutarlı sonuçları verdiği görülmektedir. İkili karşılaştırma testlerinde de Poisson ve Negatif Binomiyal regresyon yöntemleri ile birlikte en yüksek kaza kara nokta tespiti yaptıkları belirlenmiştir.

Yapılan bu tez çalışması, karayollarında meydana gelen trafik kazalarının değerlendirilmesi ile kara nokta tespitini göz önüne koymaktadır. Tüm ülke genelinde 2408 adet devlet yollarının segmentlere ayrılmasından sonra kesinleştirilmiş 126 adet kara nokta tespit edilmiştir. Her yıl karayollarında meydana gelen trafik kazalarının neden olduğu ölümlerin ve yaralanmaların belirlenmiş olan bu segmentlerin iyileştirilmesi ile azalabileceği düşünülmektedir. Karayolları üzerinde iyileştirme çalışmaları, KGM bölge müdürlükleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda yapılan bu tez çalışmasının sonuçlarının ilgili kurum ve kuruluşlarla paylaşılması düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışmaların doğruluğu veri kalitesi ile doğru orantılıdır. Kazaların meydana geldiği noktaların tam ve doğru bir şekilde belirlenmesi, kilometraj bilgisi ile net bir şekilde belirlenmemektedir. Bu nedenle trafik kaza tutanaklarını tutan emniyet görevlilerinin, bu noktaların koordinatlarını Küresel Konumlama Sistemleri (KKS) aracılığı ile belirlemeleri hayati derecede önem arz etmektedir.

Bu çalışmada kullanılan yöntemler doğrultusunda Ampirik Bayes modelinin, kaza analizi çalışmalarına ışık tutacağı ve trafik kazalarının azaltılması için yardımcı olacağı

beklenmektedir. Bu metodun kaza kara nokta belirleme çalışmaları için en uygun metot olduğu, yapılan çalışmalar ile belirlenmiştir. Bu nedenle trafik kaza kara nokta belirleme çalışmalarında Ampirik Bayes metodunun kullanılmaya başlanmasıyla, bundan sonraki çalışmalarda daha doğru ve hassas sonuçların elde edileceği dūřunlmektedir.





## 7. KAYNAKLAR

- Abdel-Aty, M.A. and Radwan, A. E. (2000). Modeling traffic accident occurrence and involvement. *Accident Analysis & Prevention*, **32**: 633-642.
- Agresti, A. (1990). Categorical Data Analysis, *John Wiley and Sons*, New York, 744.
- Aguero-Valverde, J. and Jovanis, P.P. (2006). Spatial Analysis of Fatal and Injury Crashes in Pennsylvania, *Accident Analysis & Prevention*, **38**: 618-625.
- Amarasingha, N. and Dissanayake, S. (2013). Modeling Frequency of Truck Crashes on Limited –Access Highways, *Journal of Transportation Research Forum*, **52**: 123-139.
- Amoros, E., Martin, J. L. and Laumon, B. (2003). Comparison of road crashes incidence and severity between some French counties. *Accident Analysis & Prevention*, **35**: 537-547.
- Anastapoulos, P.C., Mannering, F.L., Shankar, V.N. and Haddock, J.E. (2012a). A Study Factors of Affecting Highway Accident Rates Using The Random-Parameters Tobit Model. *Accident Analysis & Prevention*, **45**: 628-633.
- Anastapoulos, P.C., Mannering, F.L., Shankar, V.N. and Haddock, J.E., (2012b). A Multivariate Tobit Analysis of Highway Accident-Injury-Severity Rates. *Accident Analysis & Prevention*, **45**: 110-119.
- Archer, J. (2005). Indicators for traffic safety assessment and prediction and their application in micro-simulation modelling: A study of urban and suburban intersections Doctoral Thesis Stockholm, Sweden.
- Ayati, E. and Abbasi, E. (2014). Modeling Accidents on Mashhad Urban Highways, (March), 22–35.
- Bandyopadhyaya, R. and Mitra, S. (2011). Comparative Analysis of Hotspot Identification Methods in the Presence of Limited Information. In 3rd International Conference on Road Safety and Simulation Transportation Research Board, Indianapolis, USA.

- Blazquez, C. A. and Celis, M. S. (2013). A spatial and temporal analysis of child pedestrian crashes in Santiago, Chile. *Accident Analysis & Prevention*, **50**: 304–311.
- Caliendo, C., Guida, M. and Parisi, A. (2007). A crash-prediction model for multilane roads. *Accident Analysis & Prevention*, **39**: 657-670.
- Cameron, C.A. and Trivedi, P.K. (1998), *Regression Analysis of Count Data*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Cheng, W. and Washington, S.P. (2005). Experimental Evaluation of Hotspot Identification Methods, *Accident Analysis & Prevention*, **37**: 870-881.
- Cheng, W. and Washington, S. (2008). New criteria for evaluating methods of identifying hotspots. *Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board*, p. 76–85.
- Chengye, P. and Ranjitkar, P. (2013). Modelling Motorway Accidents Using Negative Binomial Regression, *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*.
- Chopin, P. and Blazy, J.M. (2013). Assessment of regional variability in crop yields with spatial autocorrelation: banana farms and policy implications in Martinique. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **181**: 12–21.
- Cramer, J.S. (1986). *Econometric Applications of Maximum Likelihood Methods*, Cambridge University Press, New York.
- Denham, B., Eguakun, G. and Quaye, K. (2011). GeoTAIS: An Application of Spatial Analysis for Traffic Safety Improvements on Provincial Highways in Saskatchewan. In *Effective methods for identification of potential Sites for Roadway improvements Session of the 2011, Annual Conference of the Transportation Association of Canada* Edmonton, Alberta.
- Dereli, M. A., Erdoğan, S., Soysal, Ö., Çabuk, A., Uysal, M., Tiryakioğlu, İ., Akbulut, H., Dündar, S., Erdoğan, H., Saraçlı, S. ve Yalçın, M. (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Trafik Kaza Kara Nokta Belirleme: Ampirik Bayes Uygulaması. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **7**: 36-42.

- Ekici, O. (2009). İstatistikte Bayesyen ve Klasik Yaklaşımın Kavramsal Farklılıkları, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **21**: 89-101.
- Elvik, R. (2007). State-of-the-art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road networks.
- El-Basyouny, K. and Sayed, T. (2009). Accident Prediction Models with Random Corridor Parameters, *Accident Analysis & Prevention*, **41**: 1118-1123.
- Erdogan, S., Yılmaz, I., Baybura, T. and Gullu, M. (2008). Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar. *Accident; Accident Analysis & Prevention*, **40**: 174–81.
- Erdogan, S., Demirel, R. ve Tiryakioğlu, İ. (2008). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Neonatal Tetanozun Dağılımının Belirlenmesinde Kullanımı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ankara Şubesi I. CBS Günleri Sempozyumu, 19 – 21 Kasım 2008, Ankara.
- Erdogan, S., Yılmaz, İ., Baybura, T., Güllü, M., Turgut, B., Yıldırım, Ü., Yaşayan, A., Uysal, M., Çabuk, S.N., Tiryakioğlu, İ., Yılmaz, M. ve Toptaş, T.E. (2014). Bilgisayar Destekli Harita Yapımı ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temelleri 1. Kitap.
- Erdoğan, S., İlçi, V., Soysal, Ö.M. and Korkmaz, A. (2015a). A Model Suggestion For The Determination Of The Traffic Accident Hotspots On The Turkish Highway Road Network : A Pilot Study, *Boletim de Ciências Geodésicas*, **21**: 169–188.
- Erdoğan, S., Dereli M.A., Yalçın, M., Çabuk, A., Soysal M.Ö., Uysal, M., Tiryakioğlu, İ., Akbulut H., Dündar, S., Taşbaş, M., Gülal, A.E., Aslan, Y. ve Kantar, M. (2015b). Trafik Kaza Kara Noktalarının Belirlenmesi İçin Coğrafi Bilgi Sistemleri ( CBS) Destekli Mekânsal İstatistiksel Metodlar İle Bir Model Geliştirilmesi, 6. Karayolları Trafik Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi, 1-14.
- Erdoğan, S., Yalçın, M. ve Yılmaz, M. (2015c). Güneşin Konumuna Göre Trafik Kazalarının İncelenmesi, 15.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.
- Gatrell C.A., Bailey T.C., Diggle P.J. and Rowlingson B.S. (1996). Spatial point pattern analysis and its application in geographical epidemiology. *Trans Inst Br Geogr* **21**: 256-274.

- Getis, A. and Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by Use of distance statistics. *Geographical Analysis*, **24**: 189–206.
- Geurts, K., Wets, T. and Brijs, K.V. (2004). Identification and ranking of black spots: Sensitivity analysis Electronic proceedings (CD-ROM) of the 83th annual meeting of the transportation research board, National Research Council, Washington, DC.
- Ghosh, M., Natarajan, K., Waller, L.A. and Kim, D. (1999). Hierarchical Bayes GLMs for The Analysis of Spatial Data: An Application to Disease Mapping, **75**: 305-318.
- Gilk, W.R., Richardson, S. and Spiegelhalter, D.J. (1996). Marko Chain Monte Carlo in Practice, Chapman and Hall, London, United Kingdom.
- Goodchild, M. (1986). Spatial Autocorrelation. Norwich, Eng. GeoBooks.
- Hadayeghi, A., Shalaby, A. S., Persaud, B. N. and Cheung, C. (2006). Temporal Transferability and Updating of Zonal Level Accident Prediction Models, *Accident Analysis & Prevention*, **38**: 579-589.
- Hauer, E. (1997). Observational before--after studies in road safety: Estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety, Oxford, OX, U.K. and Tarrytown, 289,
- Hauer, E. and Bamfo, J. (1997), Two Tools for Finding What Function Links the Dependent Variable to the Explanatory Variables, Proceedings ICTCT (International Cooperation on Theories and Concepts in Traffic Safety), Lund, Sweden.
- Hauer, E. (2001). Overdispersion in modeling accidents on road sections and in empirical Bayes estimation, *Accident Analysis & Prevention*, **33**: 799-808.
- Hauer, E., Harwood, D., Council, F., and Griffith, M. (2002), Estimating Safety by the Empirical Bayes Method: A Tutorial, *Transportation Research Record*, **1784**: 126-131.
- Hauer, E. (2004). Statistical Road Safety Modeling, *Transportation Research Record*, **1897**: 81-87.

- Hauer, E. (2010). Cause, Effect, and Regression in Road Safety: A Case Study, *Accident Analysis & Prevention*, **42**: 1128-1135.
- Hauer, E. (2013). Safety Performance Functions: A Workshop, Baton Rouge, Louisiana, July 16-18.
- Heydecker, B. G. and Wu, J. (2001). Identification of sites for road accident remedial work by Bayesian statistical Methods: An example of uncertain inference, *Advances in Engineering Software*, **32**: 859-869.
- İlçi, V. (2013). Trafik Kaza Kara Noktalarının Mekânsal İstatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi : Afyonkarahisar - Konya Örneği. Afyon Kocatepe Üniversitesi Jeodezi Ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Joshua, S. C. and Garber, N. J. (1990). Estimating Truck Accident Rate and Involvements Using Linear and Poisson Regression Models, *Transportation Planning and Technology*, **15**: 41-58.
- Jones, A.P., Langford, L.H. and Bentham, G. (1996). The Application of K-Function analysis to the Geographical Distribution of Road Traffic Accident Outcomes in Norfolk, *Social Scientist Media*, **42**: 879-885.
- Jones, AP. and Jorgensen, S.H. (2003). The use of multilevel models for the prediction of road accident outcomes, *Accident Analysis & Prevention*, **35**: 59-69.
- Karabey, U. (2007). Yol Kazalarının Bayesci Yaklaşımla Analizi, Hacettepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- KGM, (2012). Trafik Kazaları Özeti.
- Kahramangil, M. ve Şenkal, Ş. (1999). Kaza Kara Noktaları Belirleme Yöntemleri, II. Ulaşım ve Trafik Kongresi Sergisi Bildiriler Kitabı, 119-128.
- Khan, G., Qin, X. and Noyce, D.A. (2008). Spatial analysis of weather crash patterns. *Journal of Transportation Engineering*, **134**: 191-202.
- Kockelman, K. M., Murray, W. J. and Fellow, J. (2008). A Multivariate Poisson-Lognormal Regression Model for Prediction of Crash Counts by Severity , using Bayesian Methods. *Accident Analysis & Prevention*, **40**: 964-975.

- Know, D. (2010). Development and Application of an Urban Geographic Information System for Traffic Safety, (Doctoral Thesis), University of Calgary, Interdisciplinary Graduate Program.
- Lawless, J. F. (1987). Negatif Binomial and Mixed Poisson Regression, *The Canadian Journal of Statistics*, **15**: 209-225.
- Lee, J. and Mannering, F. (1999). Analysis of Roadside Accident Frequency And Severity And Roadside Safety Management. Final Research Report For Washington State Transportation Commission, T9903, Task 97.
- Levine, N., Kim, K.E. and Nitz, L.H. (1995). Spatial Analysis of Honolulu Motor Vehicle Crashes. I. Spatial Patterns. *Accident Analysis & Prevention*, **27**: 663-674.
- Li, W., Carriquiry, A., Pawlovich, M. and Walch, T. (2008). The Choic of Statistical Models in Road Safety Countermeasures Effectiveness Studias in Iowa. *Accident Analysis & Prevention*, **40**: 1531-1542.
- Linhua, L., Li, Z. and Daniel, Z.S. (2007). A GIS-based Bayesian Approach for Analyzing Spatial-Temporal Patterns of Intra-City Motor Vehicle Crashes, *Journal of Transport Geograph*, **15**: 274-285.
- Lord, D., Washington, S. P. and Ivan, J. N. (2005). Poisson, Poisson-gamma and zero-inflated regression models of motor vehicle crashes: balancing statistical fit and theory, *Accident Analysis & Prevention*, **37**: 35–46.
- Lord, D. (2006). Modeling motor vehicle crashes using Poisson-gamma models: examining the effects of low sample mean values and small sample size on the estimation of the fixed dispersion parameter. *Accident Analysis and Prevention*, **38**: 751–66.
- Lord, D. and Mannering, F. (2010). The Statistical Analysis of Crash Frequency Data: A Review and Assessment of Methodological Alternatives, *Transportation Research Part A*, **44**: 291-305.
- MacNab, Y.C. (2004). Bayesian Spatial and Ecological Models for Small-Area Accident and Injury Analysis, *Accident Analysis & Prevention*, **36**: 1028-1091.
- Malyshkina, N.V. and Mannering, F.L. (2010). Empirical Assessment of The Impact of

- Highway Design Exceptions On The Frequency And Severity of Vehicle Accidents. *Accident Analysis & Prevention*, **42**: 131-139.
- McCullagh, P. and Nelder, J. A. (1989). Generalized Linear Models, 2nd Ed., Chapman and Hall, London, UK.
- Miaou, S. P., Hu, P. S., Wright, T., Rathi, A. K. and Davis, S. C. (1992). Relationship between truck accidents and highway geometric design: a Poisson regression approach. Transportation Research Record.
- Miaou, S.P., Hu, P. S., Wright, T., Davis, S. C. and Rathi, A. K. (1993). Development of Relationships Between Truck Accidents and Highway Geometric Design: Phase I. Technical Memorandum, Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory.
- Miaou, S.P. and Lum, H. (1993). Modelling Vehicle Accidents and Highway Geometric Design Relationships, *Accident Analysis & Prevention*, **25**: 689-709.
- Miaou, S. (1993). The Relationship Between Truck Accident and Geometric Design of Road Sections: Poisson Versus Negative Binomial Regressions, Center for Transportation Analysis.
- Miaou, S., Song, J.J. and Mallick, B.K. (2003). Roadway Traffic Crash Mapping: A Space Time Modeling Approach, *J. Transportation Statistics*, **6**: 33-57.
- Mitra, S. and Washington, S. (2007). On the Nature of Over-dispersion in Motor Vehicle Crash Prediction Models. . *Accident Analysis & Prevention*, **39**: 459-468.
- Mitsuru, S., Bradford, K.B. and Grant, G.S. (2011). Transportation Safety Data And Analysis Volume 2 : Calibration of the Highway Safety Manual and Development of New Safety Performance Functions.
- Montella, A. (2010). A comparative analysis of hotspot identification methods. *Accident Analysis & Prevention*, **42**: 571 – 581.
- Moran, P. (1948). The interpretation of statistical maps. Journal of the Royal Statistical Society **10**: 243–51
- Noland, R.B. and Oh, L. (2004). The Effect of Infrastructure and Demographic Change on Traffic-Related Fatalities and Crashes: A Case Study of Illinois Country Level Data, *Accident Analysis & Prevention*, **36**: 525-532.

- Noorizam, D. and Kamarulzaman, I. (2007). Ranking Accident Blackspots With Reference to Cost of Accidents Using Hierarchical Bayesian Approach, *International Journal of Energy and Environment*, **1**: 133-143.
- Noorizam, D. and Kamarulzaman, I. (2009). Hierarchical Bayesian Approach for Ranking of Accident Blackspots with reference to cost of Accident, *Advances in Numerical Methods*, **15**: 173-179.
- Powers M. and Carson J., (2004). Before-After Crash Analysis: A Primer for Using the Empirical Bayes Method. Montana State University, Department of Civil Engineering.
- Prasannakumar, V., Vijith, H., Charutha, R., and Geetha, N. (2011). Spatio-temporal clustering of road accidents: GIS based analysis and assessment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, **21**: 317–325.
- Pfeiffer D.U. (1996). Issues related to handling of spatial data. In: J McKenzie (ed), Proceedings of the epidemiology and state veterinary programmes. New Zealand Veterinary Association/ Australian Veterinary Association Second Pan Pacific Veterinary Conference, Christchurch, 83-105.
- Rud, R., Shoshany, M. and Alchanatis, V. (2013). Spatial–spectral processing strategies for detection of salinity effects in cauliflower, aubergine and kohlrabi. *Biosyst. Eng.*, **114**: 384–396.
- Qin, X., Ivan, J.N., Ravishankar, N. and Liu, J. (2005). Hierarchical Bayesian Estimation of Safety Performance Functions for Two-lane Highways Using Markov Chain Monte Carlo Modeling, *Journal of Transportation Engineering*, **131**: 345-351.
- Saha, P. (2012). Using GIS Techniques to Identify Crash Hot Spots on Elk Mountain Corridor.
- Schlüter, P.J., Deely, J.J. and Nicholson, A.J. (1997). Ranking and Selection Motor Vehicle Accident Sites by Using a Hierarchical Bayesian Model, *The Statistician*, **46**: 293-316
- Srinivasan, R. and Carter, D. (2011). 2010-09 Final Report Development Of Safety Performance Functions For North Carolina Performing Agency : University of North Carolina Highway Safety Research Center.



- Srinivasan, R. and Bauer, K. (2013). Safety Performance Function Development Guide: Development Jurisdiction-Specific SPFs, The University of North Carolina Highway Safety Research Center, 1–47.
- Steenberghen, T., Dufays, T., Thomas, I. and Flahaut, B. (2004). Intra-urban location and clustering of road accidents using GIS: a Belgian example. *International Journal of Geographical Information Science*, **18**: 169-181.
- Sawalha, Z. and Sayed, T. (2003). Statistical Issues in Traffic Accident Modeling, TRB Annual Meeting CD-ROM.
- Sweroad, (2001). ‘Ulusal Trafik Güvenliği Programı’, Türkiye Cumhuriyeti Karayolu İyileştirme ve Trafik Güvenliği (KİTĞİ), Trafik Güvenliği Projesi, Ankara.
- Tegge, R. A., Jo, J. and Ouyang, Y. (2010). Development And Application Of Safety Performance Functions for Illionis, Illinois Center for Transportation, 1-172.
- Truong, L. T. and Somenahalli, S. V. (2011). Using GIS to identify pedestrian-vehicle crash hot spots and unsafe bus stops. *Journal of Public Transportation*, **14**: 99–114.
- Türe Kibar, F. (2008). Trafik Kazaları ve Trabzon Bölünmüş Sahil Yolu Örneğinde Kaza Tahmin Modelinin Oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Türe Kibar, F. (2015). Türkiye’de Kamyon Kazaları İle Trafik Ve Karayolu Geometrik Özellikleri Arasındaki İlişkinin İstatistiksel Ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri İle Modellenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Vogt, A. and Bared, J. (1998). Accident models for two-lane rural segments and intersections. Transportation Research Record: *Journal of the Transportation Research Board*, **1635**: 18-29.
- WHO, (2015). Global Status Report On Road Safety 2015, <http://www.who.int/>.
- Xie, Z. and Yan, J. (2013). Detecting traffic accident clusters with network kernel density estimation and local spatial statistics: an integrated approach. *Journal of Transport Geography*, **31**: 64–71.

Yomralıoğlu, T. (2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Seçil Ofset, İstanbul.

## İNTERNET KAYNAKLARI

- 1) <http://www.trafik.gov.tr/Sayfalar/Istatistikler/Genel-Kaza.aspx>, 28.06.2016
- 2) [http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/File:Fig\\_3\\_Number\\_of\\_road\\_traffic\\_accident\\_fatalities\\_per\\_million\\_inhabitants,\\_2014.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/File:Fig_3_Number_of_road_traffic_accident_fatalities_per_million_inhabitants,_2014.png), 28.06.2016
- 3) <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-statistics/spatial-autocorrelation.htm>, 29.05.2016.
- 4) [http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisengine/java/gp\\_toolref/spatial\\_statistics\\_tools/cluster\\_and\\_outlier\\_analysis\\_colon\\_anselin\\_local\\_moran\\_s\\_i\\_spatial\\_statistics\\_.htm](http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisengine/java/gp_toolref/spatial_statistics_tools/cluster_and_outlier_analysis_colon_anselin_local_moran_s_i_spatial_statistics_.htm), 29.05.2016.
- 5) <http://giscollective.org/tutorials/gis-techniques/spatial-statistics/anselin-local-morans-i/>, 15.04.2016
- 6) <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-statistics/what-is-a-z-score-what-is-a-p-value.htm>, 29.05.2016
- 7) [http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisdesktop/com/gp\\_toolref/spatial\\_statistics\\_toolbox/what\\_is\\_a\\_z\\_score\\_what\\_is\\_a\\_p\\_value.htm](http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisdesktop/com/gp_toolref/spatial_statistics_toolbox/what_is_a_z_score_what_is_a_p_value.htm), 29.05.2016

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet Ali DERELİ  
Doğum Yeri ve Tarihi : Çaykara 1984  
Yabancı Dili : İngilizce 2010 ÜDS: 65  
İletişim (Telefon/e-posta) : (537) 522 2120 – madereli@gmail.com

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Bağcılar Dr. Kemal Naci Ekşi Lisesi (2001-2004)  
Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi (2004-2009)  
Doktora (Bütünleşik) : Afyon Kocatepe Üniversitesi (2010-2016)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Afyon Kocatepe Üniversitesi (2010 – devam ediyor)

Yayınları (SCI ve diğer) :

- 1) Erdoğan S, Yalçın M, Dereli M.A, (2013). Exploratory spatial analysis of crimes against property in Turkey. *Crime Law Social Change*, **59**(1), 63-78.
- 2) Yılmaz İ, Yılmaz M, Güllü M, Dereli M.A, (2010). Compass roses on the Book of Navigation (Kitab-ı Bahriye): Declination data source for geomagnetic field models. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **182**: 170.
- 3) Erdoğan S, Dereli M.A, Yalçın M, (2011). Spatial Analysis of Five Crime Statistics In Turkey. *Public Health Fig Working Week*. 18-22 Mayıs 2011.
- 4) Erdoğan S, Dereli M.A, Yalçın M, Çabuk A, Soysal M.Ö, Uysal M, Tiryakioğlu İ, Akbulut H, DüNDAR S, GüLal A.E, Taşbaş M, Kantar M, Arslan Y, (2015). Trafik Kaza Kara Noktalarının Belirlenmesi İçin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Destekli Mekânsal İstatistiksel Metotlar İle Bir Model Geliştirilmesi, 6. Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu Ve Sergisi. 12-14 Kasım 2015.

- 5) Tiryakioğlu İ, Baybura T, Yılmaz İ, Uysal M, Erdogan S, Yalcin M, Dereli M.A, Polat N, Capadis A, (2014). Determination of the Tectonic Movements in the Western Part of Sultandagi Fault with GNSS Observations: First Results. 1st International Geomeplica Conference, 08-10 Eylül 2014.
- 6) Dereli M.A, Erdoğan S, Tiryakioğlu İ, Uysal M, Akbulut H, Dündar S, Yalçın M, Gülal A.E, Arslan Y, Kantar M, Çabuk A, Soysal Ö, (2014). Determination of Traffic Accident Black Spots on Afyonkarahisar-Konya Highways. 1st International Geomeplica Conference, 08-10 Eylül 2014.
- 7) Bilgisayar Destekli Haritalama II (2010). Dereli Mehmet Ali, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları.
- 8) Dereli M.A, Erdoğan S, Soysal M.Ö, Çabuk A, Uysal M, Tiryakioğlu İ, Akbulut H, Dündar S, Erdoğdu H, Saraçlı S, Yalçın M, Gülal A.E, Taşbaş M, Kantar M, Arslan Y, (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Trafik Kaza Kara Nokta Belirleme: Ampirik Bayes Uygulaması, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, **2**: 36-42.
- 9) Tiryakioğlu İ, Baybura T, Özkaymak Ç, Sözbilir H, Sandıkçioğlu A, Erdoğan S, Yılmaz İ, Uysal M, Yılmaz M, Yıldız A, Dereli M.A, Yalçın M, Dumlupınar İ, Yalın H.A, Ertuğrul O, (2015). Sultandağı Fayı Batı Kısmı Fay Aktivitelerinin Multidisipliner Çalışmalarla Belirlenmesi, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, **1**: 7-16.
- 10) Dereli M.A, Erdoğan S, Yalçın M, (2011). Madencilik Faaliyetlerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanımı, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, **2**: 29-34.
- 11) Tiryakioğlu İ, Dereli M.A, Erdoğan S, Gülal V. E, (2010). Tektonik Hareketlerin Belirlenmesine Yönelik Ölçü Kampanyalarında GNSS Gözlem Sayı ve Sürelerinin Konum Doğruluğuna Olan Etkilerinin Araştırılması. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, **2**: 32-38.

- 12) Erdoğan S, Dereli M.A, Yalçın M, (2011). Kriminolojik Vakalarda Gasp Örneğinin CBS Tabanlı İncelenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi Geomatik Mühendisliği Bölümü Açılış Sempozyumu, 17-19 Kasım 2011.
- 13) Erdoğan S, Yalçın M, Dereli M.A, (2011). Kriminolojide Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Mekansal İstatistiksel Yöntemlerin Kullanımı: Hırsızlık Örneği, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011.
- 14) Dereli M.A, Erdoğan S, Çabuk A, Tiryakioğlu İ, Uysal M, Erdoğan H, Saraçlı S, Akbulut H, DüNDAR S, Yalçın M, (2015). İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Kara Nokta Belirleme Çalışmaları. 15. Türkiye Harita Bilimsel Ve Teknik Kurultayı, 25-27 Mart 2015.
- 15) Dereli M.A, Erdoğan S, Soysal Ö, Çabuk A, Uysal M, Tiryakioğlu İ, Akbulut H, DüNDAR S, Erdoğan H, Saraçlı S, Yalçın M, GüLal A.E, Taşbaş M, Kantar M, Arslan Y, (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Trafik Kaza Kara Nokta Belirleme: Empirik Bayes Örneği, 17. Akademik Bilişim Konferansı, 4-6 Şubat 2015.
- 16) Dereli M.A, Erdoğan S, Soysal M.Ö, Çabuk A, Uysal M, Tiryakioğlu İ, Akbulut H, DüNDAR S, Yalçın M, GüLal A.E, Arslan Y, Kantar M, (2014). Trafik Kaza Kara Noktalarının Belirlenmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Destekli Mekansal İstatistiksel Metodların Kullanılması. 7.Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 15-17 Ekim 2014.
- 17) Solak H.İ, Tiryakioğlu İ, GüLal V.E, Erdoğan S, Özkaymak Ç, Akpınar B, Uysal M, Yılmaz M, Aykut N.O, Baybura T, Yılmaz İ, Dindar A.A, Acar M, Dereli M.A, Yalçın M, Polat N, Toprak A.S, Çapadış A, (2014). Güneybatı Anadolu'nun Güncel Yamulma Alanlarının Belirlenmesi. 7.Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 15-17 Ekim 2014.
- 18) Tiryakioğlu İ, Baybura T, Özkaymak Ç, Sandıkçioğlu A, Erdoğan S, Yılmaz İ,

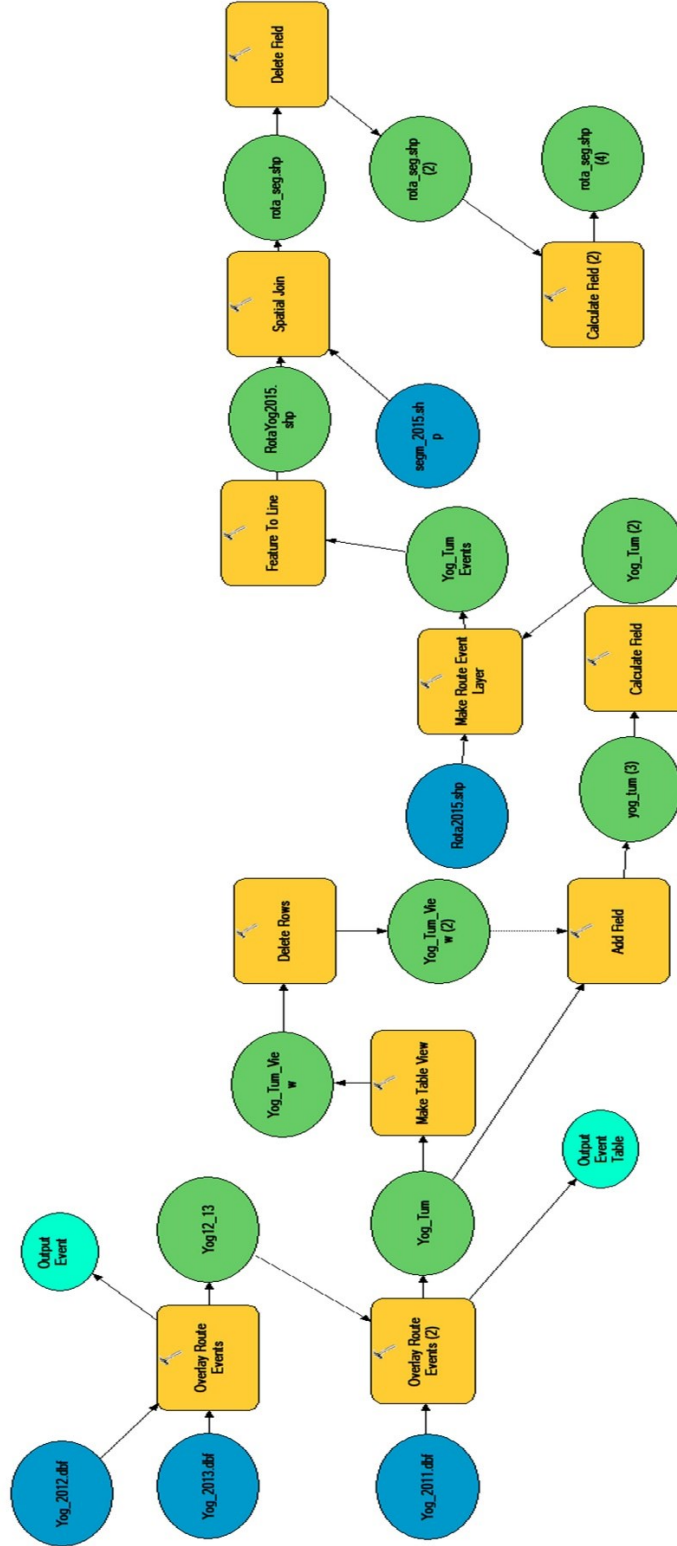
Uysal M, Yılmaz M, Yıldız A, Sözbilir H, Dereli M.A, Yalçın M, Uğur M.A, Yalın H.A, Ertuğrul O, (2014). Multidisipliner Çalışmalarda Fay Aktivitelerinin Belirlenmesinde Sultandağı Fayı Örneği: İlk Sonuçlar. 7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu. 15-17 Ekim 2014.

19) Tiryakioğlu İ, Baybura T, Erdoğan S, Yıldız A, Sözbilir H, Özkaymak Ç, Yılmaz İ, Uysal M, Güllü M, Dereli M.A, Yalçın M, Dumlupınar İ, Sandıkçioğlu A, Yalın H.A, Ertuğtul O, (2012). Sultandağı Fayının Batı Kısmı Tektonik Hareketlerinin GNSS Gözlemleri İle Belirlenmesi ve Paleostres Verileriyle Karşılaştırılması. 6. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 3-5 Ekim 2012.

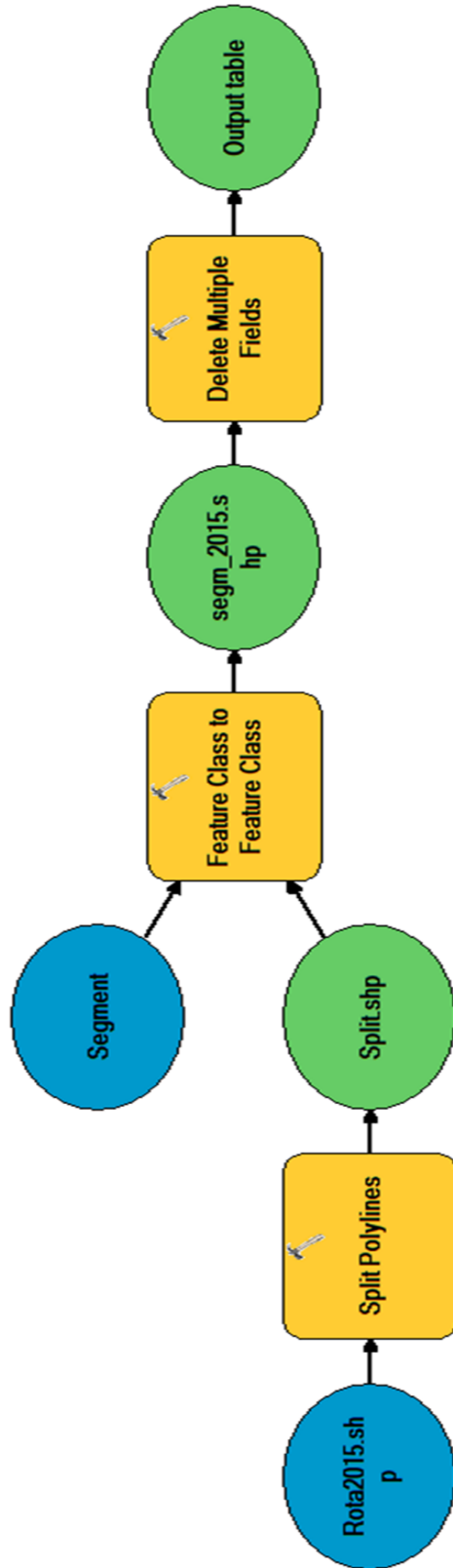
20) Erdoğan S, Dereli M.A, Yalçın M, (2011). Kriminolojide CBS Ve Mekânsal İstatistiksel Yöntemlerin Kullanımı: Cinayet Suçu Örneği. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 31 Ekim- 4 Kasım 2011.

## EKLER

### EK 1. Trafik Kaza Verilerinin Yol Segmentleri İle İlişkilendirilmesi

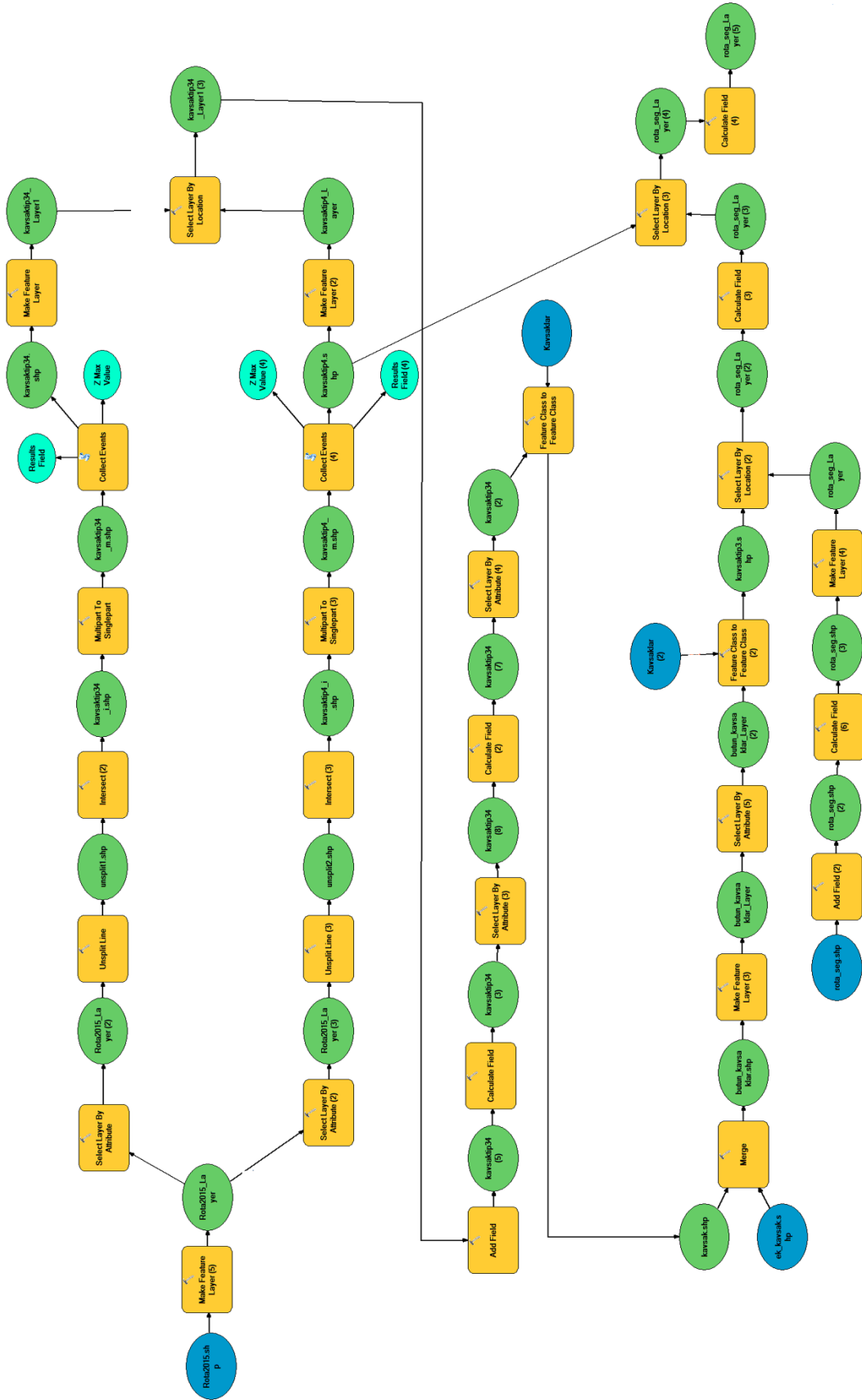


## EK 2. Yol Segmentlerinin 1'er Km'lik Alt Bölümlere Ayrılması

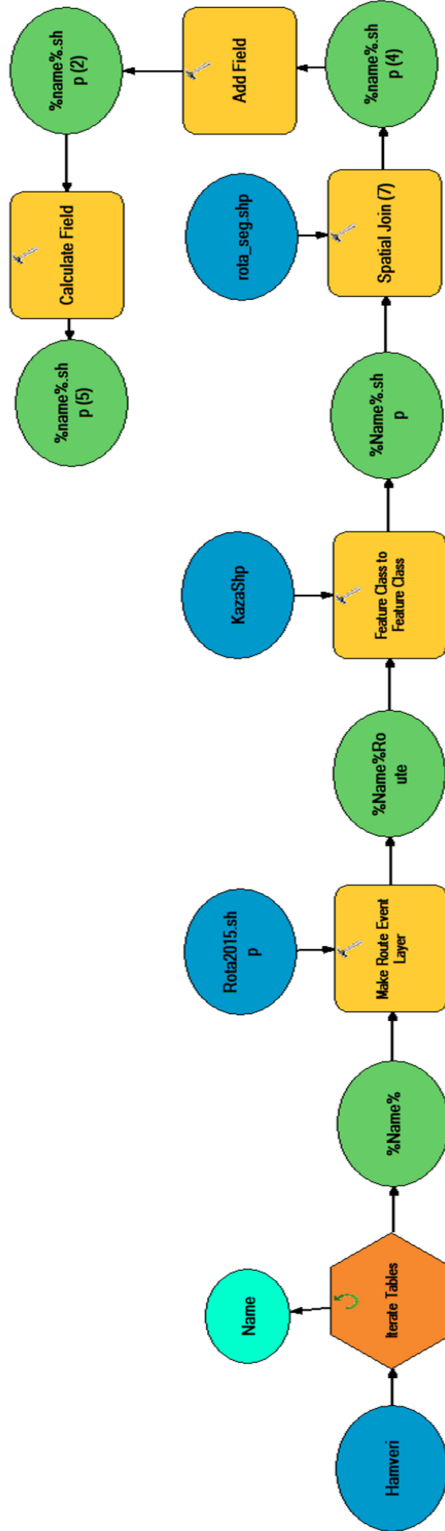




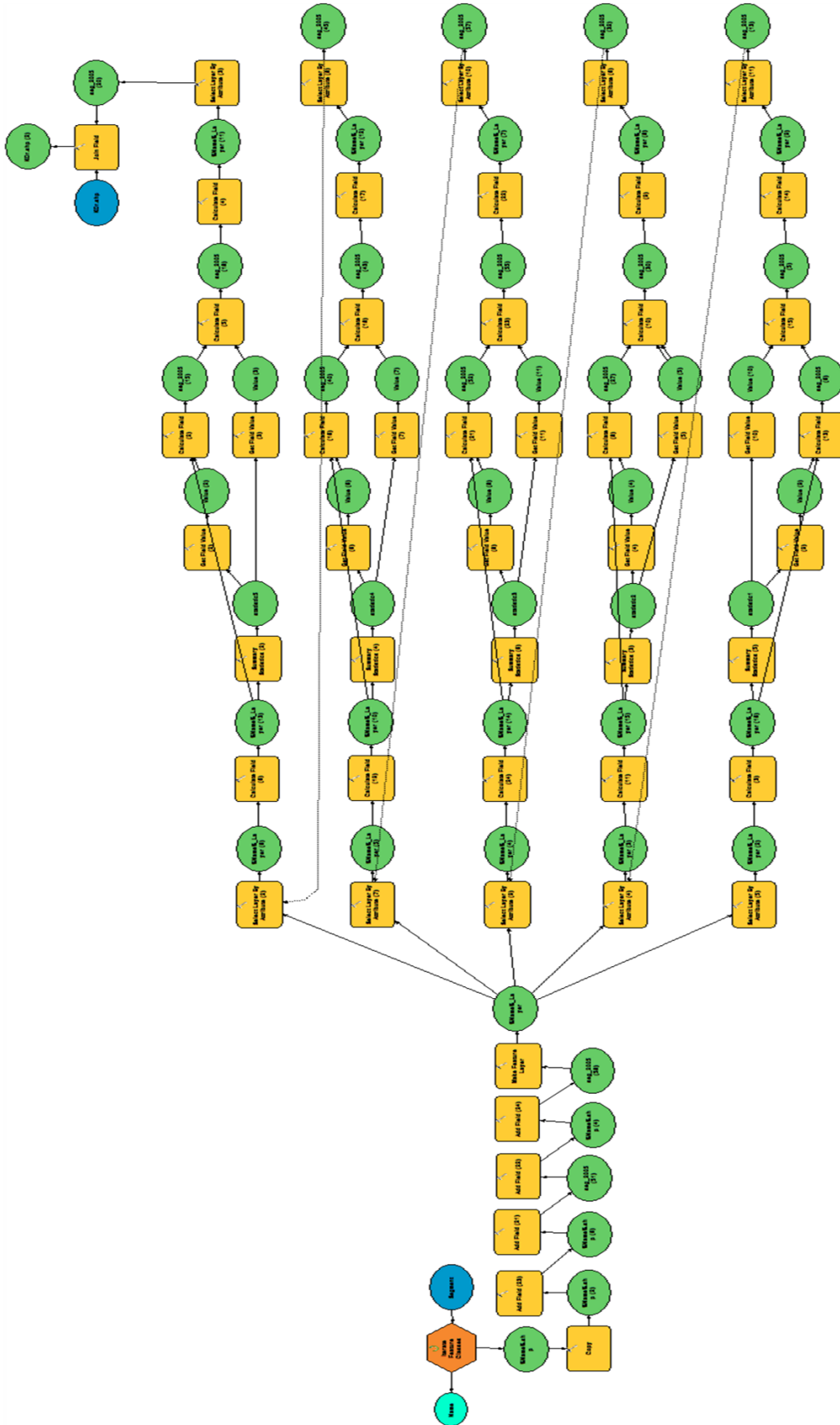
### EK 3. Yol Güzergahlarına Ait Kavşak ve Yol Sınıflarının Ayrılması



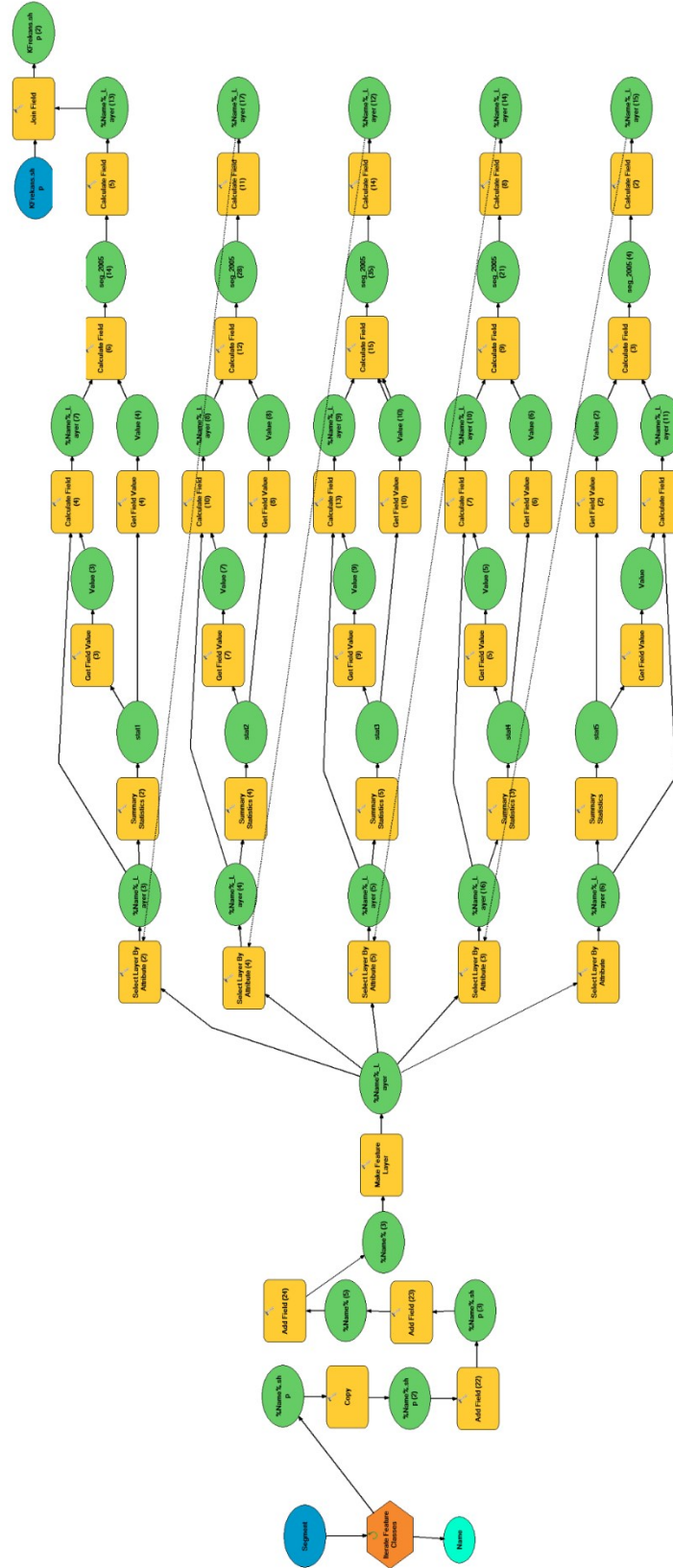
## EK 4. 1'er Km'lik Yol Segmentlerinin Trafik Kaza Verileri İle Konumsal Olarak İlişkilendirilmesi



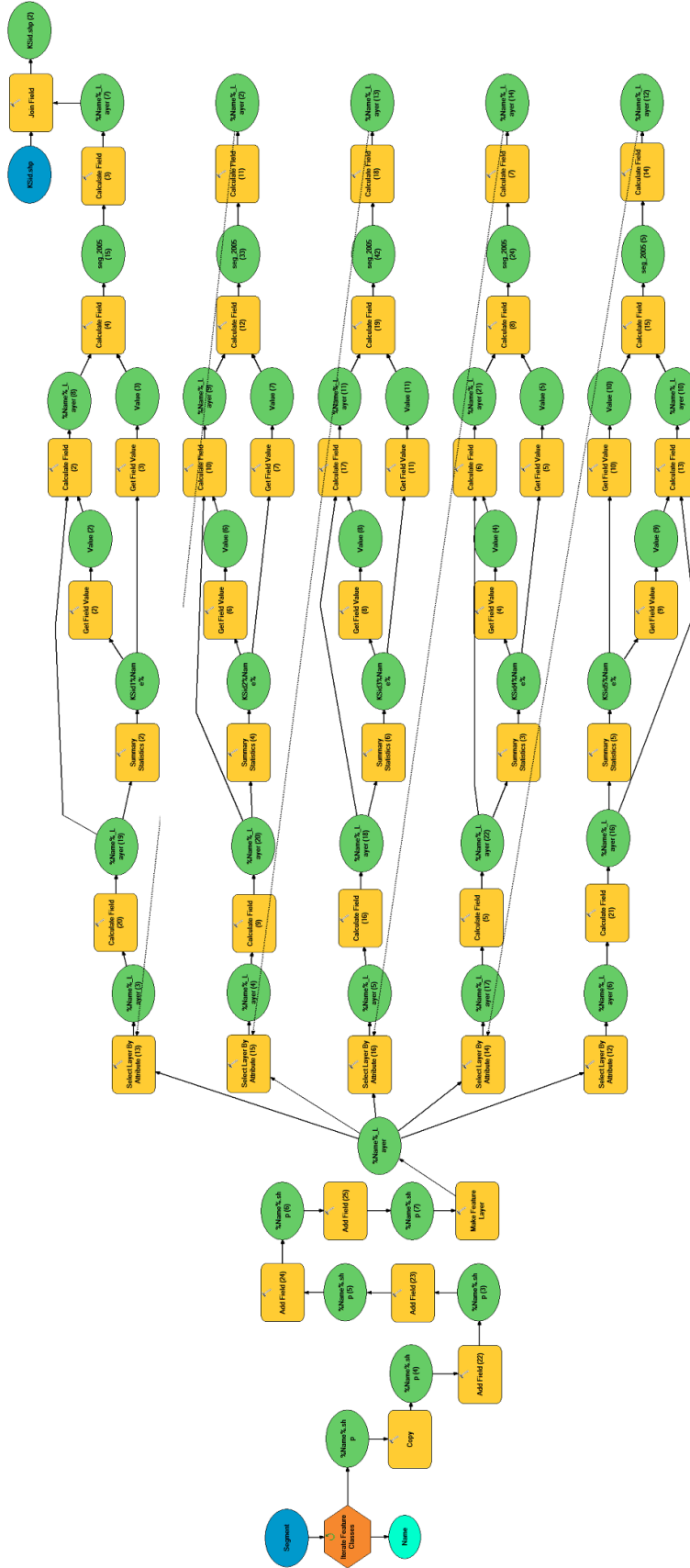
# EK 5. Kaza Oranı Yöntemine Göre Oluşturulmuş Model



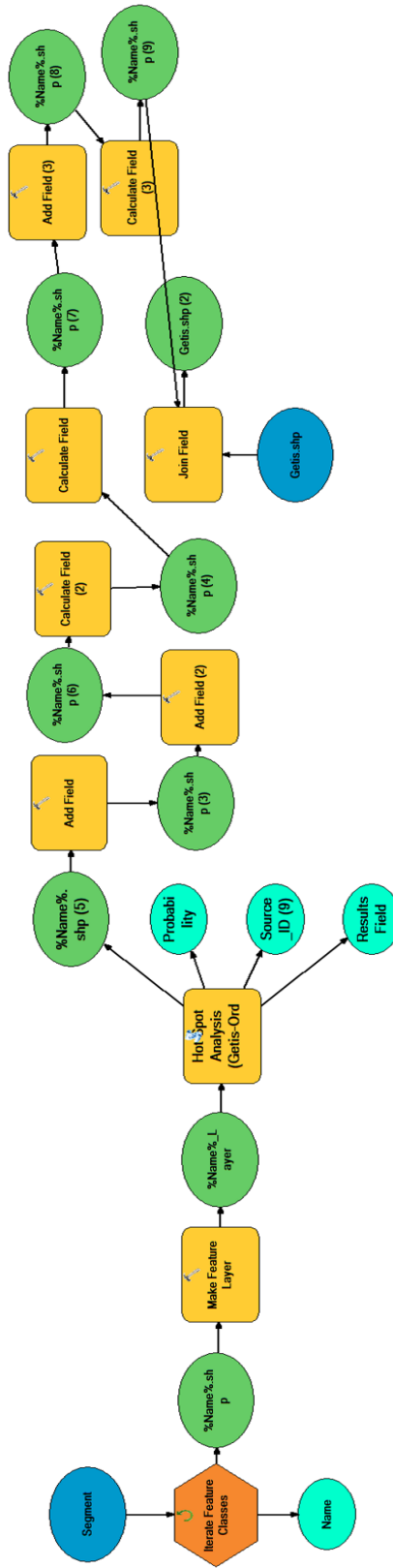
## EK 6. Kaza Frekansı Yöntemine Göre Oluşturulmuş Model



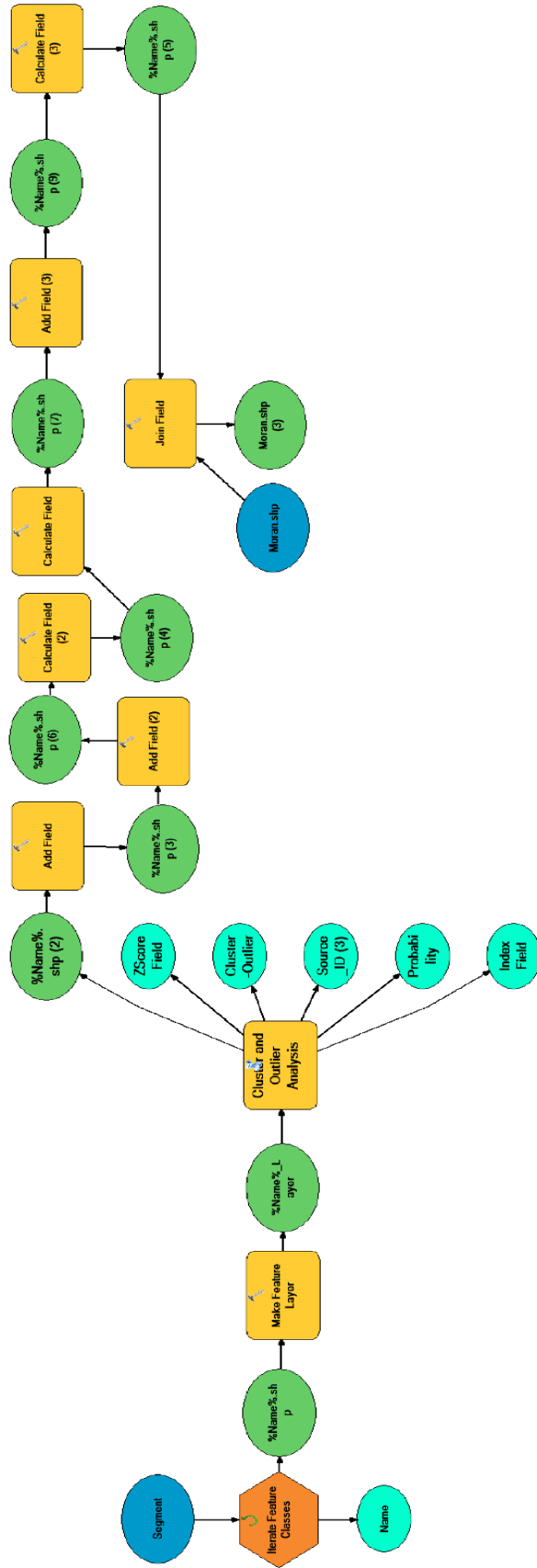
# EK 7. Kaza Şiddeti Yöntemine Göre Oluşturulmuş Model



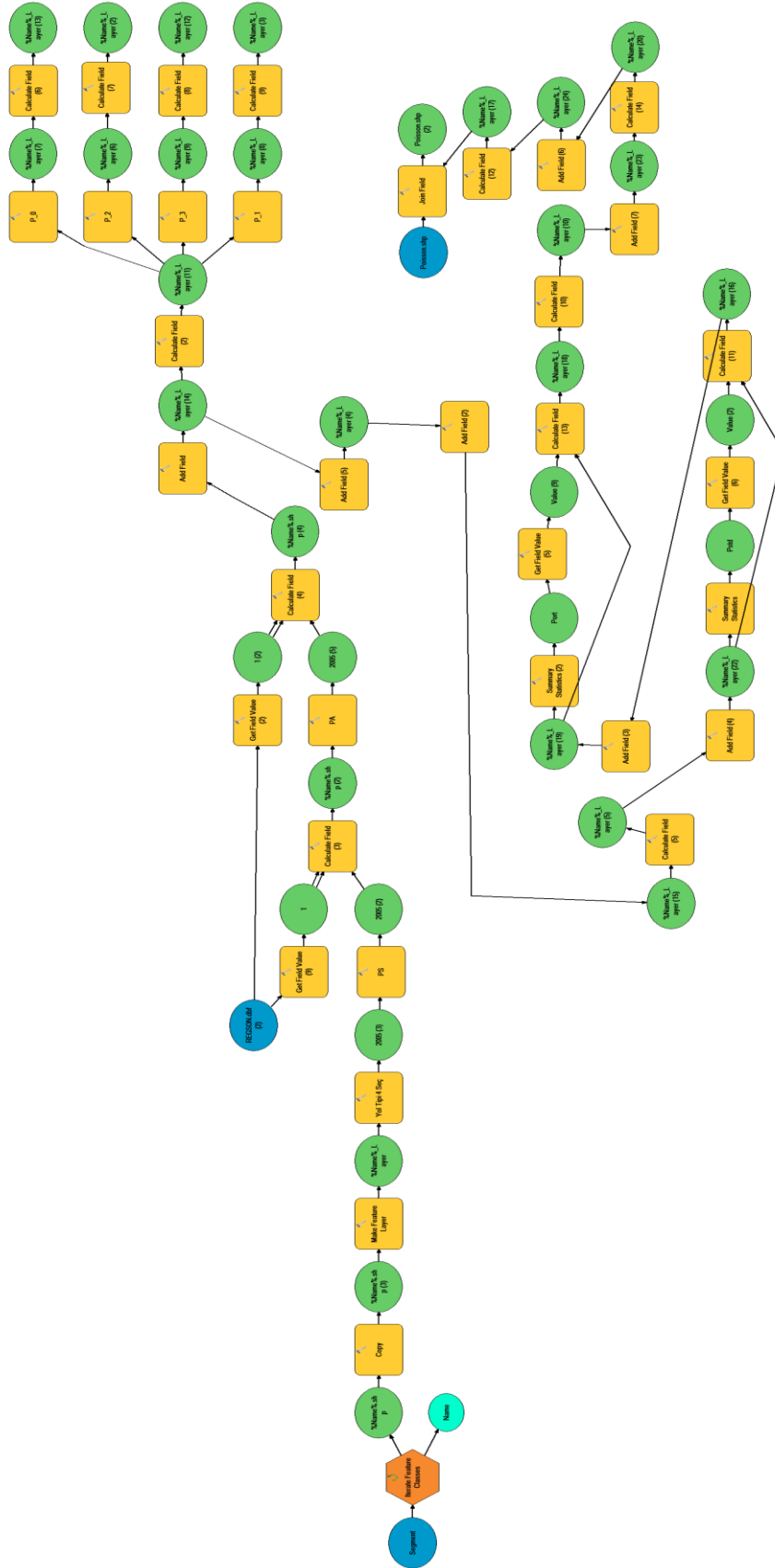
## EK 8. Getis Ord Gi\* Yöntemine Göre Oluşturulmuş Model



## EK 9. Moran's I Yöntemine Göre Oluşturulmuş Model

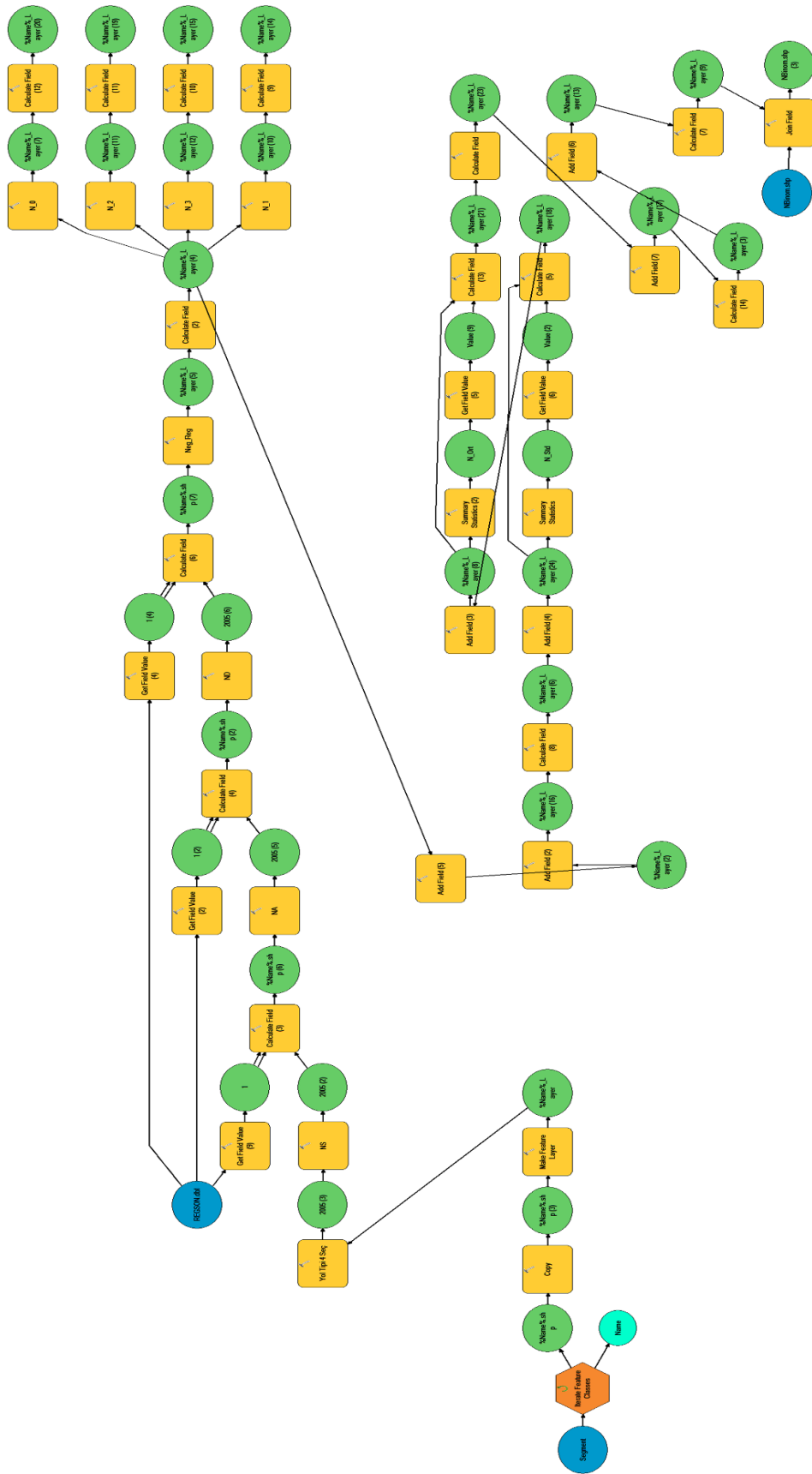


## EK 10. Poisson Regresyon Yöntemine Göre Oluşturulmuş Model





## EK 11. Negatif Binomiyal Regresyon Yöntemine Göre Oluşturulmuş Model





### EK 13. Kara Noktalara Ait Muhtemel Problemler ve Segment Tanımları

Segment No	Muhtemel Sorun	Sonuç	KKN	Şehir	İlçe	Yol Uzunluğu
31442	Devlet yolunun tarımsal alandan geçiyor ve kontrolsüz tarım araçları ve muhtemelen traktörün yoğun olduğu bölge	Kara Nokta	300-18	KAYSERİ	TALAS	89.38483
31443	Devlet yolunun tarımsal alandan geçiyor ve kontrolsüz tarım araçları ve muhtemelen traktörün yoğun olduğu bölge	Kara Nokta	300-18	KAYSERİ	TALAS	89.38483
31444	Devlet yolunun tarımsal alandan geçiyor ve kontrolsüz tarım araçları ve muhtemelen traktörün yoğun olduğu bölge	Kara Nokta	300-18	KAYSERİ	TALAS	89.38483
31445	Devlet yolunun tarımsal alandan geçiyor ve kontrolsüz tarım araçları ve muhtemelen traktörün yoğun olduğu bölge	Kara Nokta	300-18	KAYSERİ	TALAS	89.38483
897	Bölünmüş yol, yüksek hız ve yoğun trafik, meskûn alanla ticari alan iç içe girmiş ve kontrolsüz giriş ve çıkışların yoğun olduğu yer	Kara Nokta	010-16	SAMSUN	TERME	83.95355
898	Bölünmüş yol, yüksek hız ve yoğun trafik, meskûn alanla ticari alan iç içe girmiş ve kontrolsüz giriş ve çıkışların yoğun olduğu yer	Kara Nokta	010-16	SAMSUN	TERME	83.95355
2206	Kontrolsüz kavşak ve görüş alanının çok sınırlı olduğu kesim	Kara Nokta	020-08	ISTANBUL	ŞİLE	43.96698
2298	Hız yapma eğilimi olan, kontrolsüz katılımların çok olduğu kesim	Kara Nokta	020-09	KOCAELİ	KANDIRA	32.73476
7340	Çok uzun alıyman, yüksek hız ve dikkat dağınıklığı olan kesim	Kara Nokta	100-04	ISTANBUL	BÜYÜKÇEKMECE	51.90981
7345	Ticari alan ve ağır vasıta yoğun alan	Kara Nokta	100-07	KOCAELİ	KÖRFEZ	58.04334
7346	Toplu taşıma araçlarının yoğun ve duruş kalkışlarının ve katılımlarının sonucunda kazalar olabilir	Kara Nokta	100-07	KOCAELİ	KÖRFEZ	58.04334
7347	Katlı kavşak tasarımına bakılmaldır/Transit trafiğin ve yerel trafiğin karışımı fazla var	Kara Nokta	100-07	KOCAELİ	KÖRFEZ	58.04334
7356	Yoğun hızlı trafik ve meskûn alandan kontrolsüz çıkış ve girişler	Kara Nokta	100-07	KOCAELİ	KÖRFEZ	58.04334
11138	Yoğun yaya alanının olduğu ve trafiksiz düzenlemenin olmadığı alan /trafiğe kapatılabilir	Kara Nokta	300-23	MALATYA	KALE	77.75562
11141	İyi düzenlenmiş bir üst geçit var, meskûn mahal olduğu için kontrolsüz yaya geçişleri olabilir, yan yollardan dolayı yaya geçiş güvenliği tehlikeli olabilir.	Olmayabilir	300-23	MALATYA	KALE	77.75562
11142	DDY de gar giriş çıkışı ve yüksek hız potansiyeli olan kesim (Hız kontrolü engel olabilir)	Kara Nokta	300-23	MALATYA	KALE	77.75562
14805	Yoğun ticari araç ve meskun alanda kontrolsüz girişler	Kara Nokta	130-01	KOCAELİ	GÖLCÜK	39.98077
14806	Yoğun ticari araç trafiğinin olduğu ve yerel trafikle beraber çalışan kontrolsüz giriş çıkışların olduğu kesim	Kara Nokta	130-01	KOCAELİ	GÖLCÜK	39.98077
15524	Yüksek boyuna eğimli ve hız potansiyelinin yüksek olduğu kesim ama karayolu kusurundan çok davranış kusuru olabilir.	Olmayabilir	140-06	ANKARA	AKYURT	58.44801

19231	Hava alanı için yüksek hız yapacak kesim ve yerel trafiğin kesişmesi	Kara Nokta	200-13	ANKARA	MAMAK	12.78899
43374	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç ve orta kısmında raylı sistemden dolayı daraltılmış bir geometri	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
43375	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç ve orta kısmında raylı sistemden dolayı daraltılmış bir geometri	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
43377	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç ve orta kısmında raylı sistemden dolayı daraltılmış bir geometri	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
43378	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç ve orta kısmında raylı sistemden dolayı daraltılmış bir geometri	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
43380	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç yoğunluğu	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
46257	Yoğun ticari ve tarımsal alana bağlı araç trafiğinin, transit ve yerel davranışları	Kara Nokta	575-02	BURSA	OSMANGAZİ	51.002
46310	Yüksek sürat yapma ihtimali olan bölge	Değildir	575-02	BURSA	OSMANGAZİ	51.002
59053	Yoğun meskûn ve ticari alanın olduğu, buna bağlı yoğun ticari ve yerel araç trafiğinin kontrolsüz katılım ve ayrılması	Kara Nokta	565-10	IZMIR	BORNOVA	18.34823
62713	Yoğun tarımsal araç ve ticari araçların hız yapma eğilimli olabileceği alan	Kara Nokta	575-01	YALOVA	ALTINOVA	41.17319
895	Bölünmüş yol , hızlı kesim, yaya geçiş kontrolü yok, düşük yoğunluklu meskûn alan	Kara Nokta	010-16	SAMSUN	TERME	83.95355
896	Bölünmüş yol(hız yüksek ve meskûn alanla iç içe girmiş ve ciddi kontrolsüz yaya geçişi var ve karşı şerite geçmek için uzun mesafe var	Kara Nokta	010-16	SAMSUN	TERME	83.95355
7224	Ok uzun aliyman oluşumu ve hız kontrol yetersizliği ve tarımsal araların kontrolsüz hareketlerinin sık olduğu bölge	Kara Nokta	100-03	TEKIRDAG	ÇORLU	39.4636
7350	Yol iyi planlanmış herhangi bir hata görünmemektedir	Değildir	100-07	KOCAELI	KÖRFEZ	58.04334
7357	Kontrolsüz transit ve şehir trafiği kesişme ve karışımı	Kara Nokta	100-07	KOCAELI	KÖRFEZ	58.04334
11140	Yüksek boyuna eğim ve kontrolsüz katılım	Kara Nokta	300-23	MALATYA	KALE	77.75562
11143	Yüksel hız potansiyeli olan kesim ve ticari ve meskûn alan olan kesim	Kara Nokta	300-23	MALATYA	KALE	77.75562
11144	Yüksel hız potansiyeli olan kesim ve ticari ve meskûn alan olan ve ana yolla (muhtemelen devlet yolu) şehir trafiğini tevzi eden büyük kavşaklı kesim	Kara Nokta	300-23	MALATYA	KALE	77.75562
13211	Yüksek hız potansiyeli olan uzun aliyman/devle yolu ve tarımsal araçların ve ticari araçların kontrolsüz girişi	Kara Nokta	400-23	GAZIANTEP	NİZİP	52.36149
13331	Yüksek hız potansiyeli olan uzun aliyman/devle yolu ve tarımsal	Kara Nokta	400-24	GAZIANTEP	NİZİP	45.68543

	araçların ve ticari araçların kontrolsüz girişi					
18922	Devlet karayolu, yoğun ticari araç trafiği ve hız potansiyeli yüksek ve yerel trafiğin ile çakışma olan kesim	Kara Nokta	200-08	ESKİSEHİR	MAHMUDİYE	65.00364
31441	Devlet yolunun tarımsal alandan geçiyor ve kontrolsüz tarım araçları ve muhtemelen traktörün yoğun olduğu bölge	Kara Nokta	300-18	KAYSERİ	TALAS	89.38483
43370	Yoğun ticari araç trafiği ve kontrolsüz katılım ve ayrılma, meskûn alan	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
43371	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç ve orta kısmında raylı sistemden dolayı daraltılmış bir geometri	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
43376	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç ve orta kısmında raylı sistemden dolayı daraltılmış bir geometri	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
43379	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç ve orta kısmında raylı sistemden dolayı daraltılmış bir geometri	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
43383	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç yoğunluğu	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
43385	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç ve orta kısmında raylı sistemden dolayı daraltılmış bir geometri	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
45951	Herhangi bir sorun görünmüyor	Değildir	565-08	MANISA	KIRKAĞAÇ	48.78471
46255	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç yoğunluğu	Kara Nokta	575-02	BURSA	OSMANGAZİ	51.002
46258	Yoğun ticari ve tarımsal alana bağlı araç trafiğinin, transit ve yerel davranışları/büyük tekstil fabrika ve işmerkezinin ürettiği trafik	Kara Nokta	575-02	BURSA	OSMANGAZİ	51.002
46259	Yoğun ticari ve tarımsal alana bağlı araç trafiğinin, transit ve yerel davranışları	Kara Nokta	575-02	BURSA	OSMANGAZİ	51.002
46260	Yoğun ticari ve tarımsal alana bağlı araç trafiğinin, transit ve yerel davranışları	Kara Nokta	575-02	BURSA	OSMANGAZİ	51.002
59054	Yoğun meskûn ve ticari alanın olduğu, buna bağlı yoğun ticari ve yerel araç trafiğinin kontrolsüz katılım ve ayrılması	Kara Nokta	565-10	İZMİR	BORNOVA	18.34823
59055	Yoğun meskûn ve ticari alanın olduğu, buna bağlı yoğun ticari ve yerel araç trafiğinin kontrolsüz katılım ve ayrılması	Kara Nokta	565-10	İZMİR	BORNOVA	18.34823
59056	Yoğun meskûn ve ticari alanın olduğu, buna bağlı yoğun ticari ve yerel araç trafiğinin kontrolsüz katılım ve ayrılması	Kara Nokta	565-10	İZMİR	BORNOVA	18.34823
11	Yetersiz geometri ve işaretlemeler, kontrolsüz katılım ve ayrılmanın yoğun olduğu ve hız potansiyeli yüksek kesim	Kara Nokta	010-04	SAKARYA	KOCAALİ	26.03891

85	Yetersiz görüş mesafesi ve geometri, kontrolsüz katılımın çok olduğu bir kesim	Kara Nokta	010-05	DUZCE	AKÇAKOCA	32.7499
7414	Yoğun trafik ve yetersiz geometri	Kara Nokta	100-07	KOCAELI	KÖRFEZ	58.04334
11139	Yüksek boyuna eğim ve kontrolsüz katılım	Kara Nokta	300-23	MALATYA	KALE	77.75562
17549	Bölünmüş devlet yolunun ve yerel trafiğin çakıştığı ve yüksek boyuna eğimli kesim	Kara Nokta	400-18	ICEL	MERKEZ	42.62684
18919	Devlet karayolu, yoğun ticari araç trafiği ve hız potansiyeli yüksek ve yerel trafiğin ile çakışma olan ve yüksek boyuna eğimli kesim	Kara Nokta	200-08	ESKISEHIR	MAHMUDIYE	65.00364
18929	Çok uzun alt geçit, kısmi buzlanma olabilir ona bakmak lazım	Değildir	200-08	ESKISEHIR	MAHMUDIYE	65.00364
18930	Ana yola katılım geometrileri standartlara uygun değil, meskûn mahal değil ama endüstriyel alanlardan kontrolsüz yaya geçidi olabilir. Yüksek hız potansiyeli var	Kara Nokta	200-08	ESKISEHIR	MAHMUDIYE	65.00364
19305	Meskûn alan ve ticari alanın ve trafiğinin ana yolla kesiştiği kesim	Kara Nokta	200-14	KIRIKKALE	MERKEZ	75.70671
37897	Bölünmüş yol(hız yüksek ve meskûn alanla iç içe girmiş, yerel ve transit araç fazla ve ciddi kontrolsüz yaya geçişi var	Kara Nokta	400-17	ICEL	ERDEMLİ	61.3809
43167	Devlet karayolu, meskûn ve tarımsal alanın kesişmesi, kontrolsüz yaya ve tarımsal yerel trafik	Kara Nokta	550-10	IZMIR	TORBALI	25.39718
43384	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç yoğunluğu	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
45858	Herhangi bir sorun görünmüyor	Değildir	565-07	BALIKESIR	SINDIRGI	39.8915
46262	Kısa aralıklarla çok yoğun bir ticari araç katılımı	Kara Nokta	575-02	BURSA	OSMANGAZİ	51.002
62539	Yoğun meskûn ve ticari alanın olduğu, buna bağlı yoğun ticari ve yerel araç trafiğinin kontrolsüz katılım ve ayrılması ve İstanbul'a gemi ile giden araçların sürat eğilimi	Kara Nokta	575-05	BURSA	MUDANYA	21.58191
62733	Yoğun meskûn ve ticari alanın olduğu, buna bağlı yoğun ticari ve yerel araç trafiğinin kontrolsüz katılım ve ayrılması	Kara Nokta	575-01	YALOVA	ALTINOVA	41.17319
62762	Sorun görünmüyor /ticari araç yoğunluğu gibi	Değildir	575-01	YALOVA	ALTINOVA	41.17319
890	Bölünmüş yol(hız yüksek ve meskûn alanla iç içe girmiş ve ciddi kontrolsüz yaya geçişi var	Kara Nokta	010-16	SAMSUN	TERME	83.95355
1225	Sınırlı kurp görüş mesafesi	Değildir	010-24	RIZE		30.24516
1304	Ana yola soldan katılımlı bir yol	Kara Nokta	010-25	ARTVIN		35.26775
7446	Kontrolsüz transit ve şehir trafiği kesişme ve karışımı	Kara Nokta	100-08	KOCAELI	MERKEZ	24.76066
7463	Sınırlı görüş açısı ve yüksek boyuna eğim oranı	Kara Nokta	100-10	SAKARYA	AKYAZI	47.12856
7585	Çok fazla kavşak kolu olan yoğun trafiğinin tevzi noktası	Kara Nokta	100-11	DUZCE	MERKEZ	48.49102
11134	Yetersiz geometri ve fiziki yapı ve işaretlemeler	Kara Nokta	300-23	MALATYA	KALE	77.75562
11340	Yüksek hız potansiyeli ve kontrolsüz giriş çıkış alanları	Kara Nokta	330-01	MUGLA	MİLAS	52.68683

11356	Yüksek hız potansiyeli ve hız yapma özelliği olan yabancı araçların çokluğu (turistik) ve uzun aliyman	Kara Nokta	330-01	MUGLA	MİLAS	52.68683
18779	Yoğun ticari bölgeye bağlı, yoğun ticari araç trafiği ve yerel trafiğin kesişim noktası	Kara Nokta	200-05	BURSA	NİLÜFER	32.92395
22728	Çok kötü geometri, yetersiz görüş ve çok yüksek boyuna eğim	Kara Nokta	340-05	ICEL	GÜLNAR	38.47157
22821	Çok kötü geometri, yetersiz görüş ve çok yüksek boyuna eğim	Kara Nokta	340-06	ICEL	MUT	43.12896
26276	Çok kötü geometri, yetersiz görüş ve çok yüksek boyuna eğim	Kara Nokta	350-02	BURDUR	ÇAVDIR	9.19058
27948	Hız potansiyeli yüksek devlet karayolu, orta ayırıcı olmadığı için kazalar olabilir.	Değildir	280-03	VAN	ERCİŞ	55.52539
30464	Devlet yolunun tarımsal, ticari alanın ve meskûn mahalden geçiyor ve kontrolsüz tarım araçları ve muhtemelen motosiklet ve traktörün yoğun olduğu ve yay kontrolü olmayan bölge	Kara Nokta	300-03	MANISA	TURGUTLU	50.28566
35788	Hat su içerisinde gözüküyor	Değildir	360-06	ADIYAMAN	GERGER	36.6946
41524	Bölünmüş yol, hız yüksek ve meskûn alanla iç içe girmiş, yerel ve transit araç fazla ve ciddi kontrolsüz yaya geçişi var	Kara Nokta	550-06	BALIKESİR	HAVRAN	35.89534
43181	Bölünmüş yol, hız yüksek ve meskûn alanla iç içe girmiş, yerel ve transit araç fazla ve ciddi kontrolsüz yaya geçişi var	Kara Nokta	550-10	IZMIR	TORBALI	25.39718
55503	Bir sorun gözüküyor	Değildir	885-02	GUMUSHANE	MERKEZ	63.07467
65524	Yoğun tarımsal araç ve mersin Antalya devlet karayolu /yoğun turistik ve ticari araç	Kara Nokta	400-13	ANTALYA	GAZİPAŞA	59.96934
65642	Çok kötü geometri, yüksek boyuna eğim ve çok yetersiz görüş alanı, doğu bölgesini Akdeniz'e bağlayan yoğun turistik ve ticari araç	Kara Nokta	400-14	ICEL	ANAMUR	44.9167
68694	Şu an olmaması gerekir, bölünmüş yoldan önceki rakamlar olabilir	Değildir	885-01	TRABZON	MAÇKA	24.08524
700	Bölünmüş yol, yüksek hız ve yoğun trafik, meskûn alanda olan yol, birçok yaya giriş ve çıkışı bulunmaktadır. Kavşaklarda bulunmaktadır.	Kara Nokta	010-15	SAMSUN	19 MAYIS	96.51609
858	Bölünmüş yol(hız yüksek ve meskûn alanla iç içe girmiş ve ciddi kontrolsüz yaya geçişi var	Kara Nokta	010-16	SAMSUN	TERME	83.95355
899	Bölünmüş yol, yüksek hız ve yoğun trafik, meskûn alanla ticari alan iç içe girmiş ve kontrolsüz giriş ve çıkışların yoğun olduğu yer	Kara Nokta	010-16	SAMSUN	TERME	83.95355
2656	Muhtemelen trafik kural ihlalleri olmalı	Değildir	030-01	KASTAMONU	ARAÇ	29.16899
7348	Katlı kavşaktan dolayı (battu çıktı) yetersiz geometri	Kara Nokta	100-07	KOCAELI	KÖRFEZ	58.04334
7358	Alt geçit (battu çıktı) geometrisine bakmak lazım veya kışın olma ihtimaline, boyuna eğim ve buzlanma?	Değildir	100-07	KOCAELI	KÖRFEZ	58.04334
7691	Yüksek ağır vasıta oranının yüksek olduğu Devlet	Kara Nokta	100-12	BOLU	GEREDE	100.9719

	karayolunun şehir trafiği ile çakıştığı, transit araçlarla lokal araç trafiğinin davranış farklılığı olan kesim.					
11344	Yüksek hız potansiyeli ve kontrolsüz giriş çıkış alanları olan devlet yolu olan kesim	Kara Nokta	330-01	MUGLA	MİLAS	52.68683
18923	Yoğun ticari alan ve trafiği giriş çıkışları olan kavşak kesimi	Kara Nokta	200-08	ESKİSEHIR	MAHMUDIYE	65.00364
27827	Köylerden yola çıkışlar olabilir, yol geometrisinde yatay ve düşey kurbalar bulunmaktadır. Trafik akışı bölünmemiş yoldan devam etmektedir. Yol yüzeyine dikkat edilmeli	Kara Nokta	280-02	AGRI	PATNOS	43.43773
33436	Bölünmüş yol(hız yüksek ve meskûn alanla iç içe girmiş, yerel ve transit araç fazla ve ciddi kontrolsüz yaya geçişi var	Kara Nokta	320-01	AYDIN	SULTANHISAR	44.55649
43369	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç ve orta kısmında raylı sistemden dolayı daraltılmış bir geometri	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
43372	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç ve orta kısmında raylı sistemden dolayı daraltılmış bir geometri	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
43373	Yoğun trafikli devlet yolu ve meskûn mahal kesişmesi, ticari bölgeden yoğun ticari araç ve orta kısmında raylı sistemden dolayı daraltılmış bir geometri	Kara Nokta	200-06	BURSA	GÜRSU	5.748137
46256	Yoğun meskûn ve ticari alanın olduğu, buna bağlı yoğun ticari ve yerel araç trafiğinin kontrolsüz katılım ve ayrılması	Kara Nokta	575-02	BURSA	OSMANGAZI	51.002
57014	Yatay ve düşey kurp çakışmış yüksek boyuna eğim ve yetersiz görüş imkânı olmayan bölge	Kara Nokta	950-10	MARDIN	MERKEZ	42.85479
699	Yaya üst geçidinin ne zaman yapıldığına bakmak lazım. Kontrolsüz yaya geçişleri olabilir	Olmayabilir	010-15	SAMSUN	19 MAYIS	96.51609
7344	Giriş çıkışların yoğun olduğu bir bölüm. Toplu taşıma araçlarının yoğun ve duruş kalkışların mevcut olduğu bölüm.	Kara Nokta	100-07	KOCAELI	KÖRFEZ	58.04334
7353	Yoğun ağır ticari araç trafiği ve buna bağlı belirlenen proje hızından çok düşük hız oluşumu	Değildir	100-07	KOCAELI	KÖRFEZ	58.04334
7355	Yoğun ağır ticari araç trafiği ve buna bağlı belirlenen proje hızından çok düşük hız oluşumu	Değildir	100-07	KOCAELI	KÖRFEZ	58.04334
7413	Yoğun ağır ticari araç trafiği ve buna bağlı belirlenen proje hızından çok düşük hız oluşumu	Değildir	100-07	KOCAELI	KÖRFEZ	58.04334
11338	Kontrolsüz giriş ve çıkışların yoğun olduğu bölümler bulunmaktadır. Yüksek hız potansiyeli olan kesim ve ticari ve meskûn alan	Kara Nokta	330-01	MUGLA	MİLAS	52.68683
11341	İş merkezlerinden yola giriş ve çıkışlar mevcut, Yol geometrisinden kaynaklı hatalar olabilir. % 18'lere varan eğim.	Kara Nokta	330-01	MUGLA	MİLAS	52.68683
14803	Yoğun ticari araç ve meskûn alanda kontrolsüz girişler	Kara Nokta	130-01	KOCAELI	GÖLCÜK	39.98077
14804	Yoğun ticari araç ve meskûn alanda kontrolsüz girişler	Kara Nokta	130-01	KOCAELI	GÖLCÜK	39.98077



14807	Yatay ve düşey kurbaların yoldukça yoğun olduğu bölüm, yerleşim yeri giriş ve çıkışları bulunmaktadır.	Kara Nokta	130-01	KOCAELI	GÖLCÜK	39.98077
14808	Yatay ve düşey kurbaların yoldukça yoğun olduğu bölüm, yerleşim yeri giriş ve çıkışları bulunmaktadır.	Kara Nokta	130-01	KOCAELI	GÖLCÜK	39.98077
14809	Komşu segmentlerden dolayı bu segment etkilenmektedir. Yol geometrisi düzgün ve yol kusuru gözükmemektedir.	Değildir	130-01	KOCAELI	GÖLCÜK	39.98077
14834	Fabrika giriş ve çıkışının yapıldığı bölümler mevcut, yoğun kavşak ve yaya yolu geçitleri bulunmaktadır.	Kara Nokta	130-01	KOCAELI	GÖLCÜK	39.98077
19228	Yol geometrisi oldukça düzgün, giriş ve çıkışların yapılmadığı bölüm.	Değildir	200-13	ANKARA	MAMAK	12.78899
54793	Yatay ve düşey kurp çakışmış yüksek boyuna eğim ve yetersiz görüş imkânı olmayan bölge	Kara Nokta	851-02	SIVAS	ŞARKIŞLA	30.7304
59051	Yoğun meskûn ve ticari alanın olduğu, buna bağlı yoğun ticari ve yerel araç trafiğinin kontrolsüz katılım ve ayrılması, Yatay ve düşey kurbaların bulunması	Kara Nokta	565-10	IZMIR	BORNOVA	18.34823

## EK 14. Tutarlılık Testleri İçin Belirlenen Segmentlere Ait Bilgiler

1. PERİYOT (2011)																	
S.N	Kaza Oranı		Kaza Frekansı		Kaza Şiddeti		Moran's I		Getis Ord		Poisson		Negatif Binom		Ampirik Bayes		
	KO	S	KF	S	KŞ	S	MI	S	GO	S	PO	S	NB	S	AB	S	
1	2206	52.51	19231	21.70	1056	10.62	2298	305.3	2296	14.30	19231	46.57	19231	42.89	19231	25.74	
2	2298	52.51	2206	17.18	31219	9.12	2206	282.6	2297	14.30	2206	36.87	2206	33.96	15524	21.26	
3	35788	13.99	2298	17.18	33454	8.89	13331	115.4	2298	14.30	2298	36.87	2298	33.96	7414	8.45	
4	22728	12.57	15524	16.72	72843	8.19	31444	109.6	19231	14.27	15524	35.90	15524	33.06	13211	8.26	
5	22821	12.57	1225	9.72	30905	8.14	1225	108.7	2295	13.51	1225	20.86	1225	19.21	13331	8.26	
6	4740	11.99	1304	9.72	8382	7.85	13211	106.0	2206	13.42	1304	20.86	1304	19.21	1225	8.09	
7	4767	11.99	13211	9.27	15499	7.85	1304	98.8	2207	13.42	13211	19.89	13211	18.32	1304	8.09	
8	4763	7.99	13331	9.27	19677	7.67	31443	91.2	2208	13.42	13331	19.89	13331	18.32	7340	7.41	
9	4765	7.99	27827	8.14	31317	7.62	31442	89.4	2209	13.42	27827	17.47	27827	16.08	11141	6.66	
10	4768	7.99	27948	8.14	46710	7.27	11141	87.9	19230	12.79	27948	17.47	27948	16.08	7224	6.51	
11	18389	7.21	7340	7.23	55823	6.98	27827	68.9	19229	12.16	7340	15.52	7340	14.30	45951	6.33	
12	18484	7.21	55503	7.01	15281	6.29	7340	68.4	19228	11.39	55503	15.04	55503	13.85	59053	6.02	
13	27827	6.03	68694	6.55	58588	6.29	19231	64.9	31445	10.11	68694	14.07	68694	12.96	45858	5.89	
14	27948	6.03	7224	6.33	18892	6.23	27948	62.3	15524	10.11	7224	13.58	7224	12.51	11134	5.83	
15	4741	4.00	7414	6.33	19231	6.23	59053	61.9	31444	9.94	7414	13.58	7414	12.51	890	5.02	
16	4745	4.00	31444	6.33	25717	6.12	7224	55.9	31443	9.56	31444	13.58	31444	12.51	896	5.02	
17	4756	4.00	45951	6.33	26698	6.00	45858	55.6	1302	9.45	45951	13.58	45951	12.51	59055	4.93	
18	4764	4.00	45858	5.88	15285	5.42	45951	50.4	13331	9.33	45858	12.61	45858	11.62	14805	4.90	
19	4766	4.00	11141	5.65	43148	5.14	11138	49.8	15523	8.95	11141	12.13	11141	11.17	11138	4.85	
20	55503	3.50	31442	5.65	2206	4.90	68694	48.3	31442	8.77	31442	12.13	31442	11.17	18923	4.66	
21	68694	3.28	11134	5.42	2298	4.90	55503	48.2	1225	8.77	11134	11.64	11134	10.72	31444	4.63	
22	65524	2.77	35789	5.42	8256	4.90	7414	47.2	11141	8.67	35789	11.64	35789	10.72	7357	4.54	
23	65642	2.77	35924	5.42	18791	4.73	35924	45.1	31441	8.67	35924	11.64	35924	10.72	59054	4.50	
24	809	2.61	35788	5.20	2007	4.67	35789	45.1	13211	8.67	35788	11.16	35788	10.28	19317	4.31	
25	26956	2.52	59053	5.20	18515	4.56	59054	44.9	13212	8.67	59053	11.16	59053	10.28	35789	4.18	
26	27049	2.52	31443	4.97	35938	4.56	14805	44.4	1303	8.67	31443	10.67	31443	9.83	35924	4.18	
27	4769	2.21	57014	4.97	38142	4.56	11142	43.1	13330	8.46	57014	10.67	57014	9.83	895	4.18	
28	22423	2.18	8152	4.52	15524	4.44	7357	41.1	15522	8.32	8152	9.70	8152	8.94	43385	4.09	
29	31705	2.18	8285	4.52	22432	4.39	59055	40.9	11140	8.20	8285	9.70	8285	8.94	31442	4.07	
30	609	2.17	22728	4.29	43024	4.27	896	40.0	13213	8.13	22728	9.22	22728	8.49	7413	4.05	
31	22258	1.97	22821	4.29	8549	3.87	11143	38.7	13214	8.13	22821	9.22	22821	8.49	7350	4.03	
32	10315	1.94	59055	4.29	19765	3.87	11144	38.5	1304	8.13	59055	9.22	59055	8.49	33437	4.01	
33	55215	1.94	11138	4.07	51983	3.81	7413	38.1	1226	8.13	11138	8.73	11138	8.04	7360	4.00	
34	1225	1.86	14805	4.07	65139	3.81	11134	37.1	1227	8.13	14805	8.73	14805	8.04	37790	3.97	
35	1304	1.86	65524	4.07	9678	3.75	33437	36.4	1228	8.04	65524	8.73	65524	8.04	57014	3.84	
36	26916	1.84	65642	4.07	37874	3.69	7358	35.3	27830	7.64	65642	8.73	65642	8.04	55503	3.83	
37	35780	1.83	890	3.84	33609	3.64	895	34.2	15521	7.62	890	8.25	890	7.60	11142	3.82	
38	35784	1.83	896	3.84	19624	3.58	31441	33.9	11139	7.59	896	8.25	896	7.60	18919	3.79	

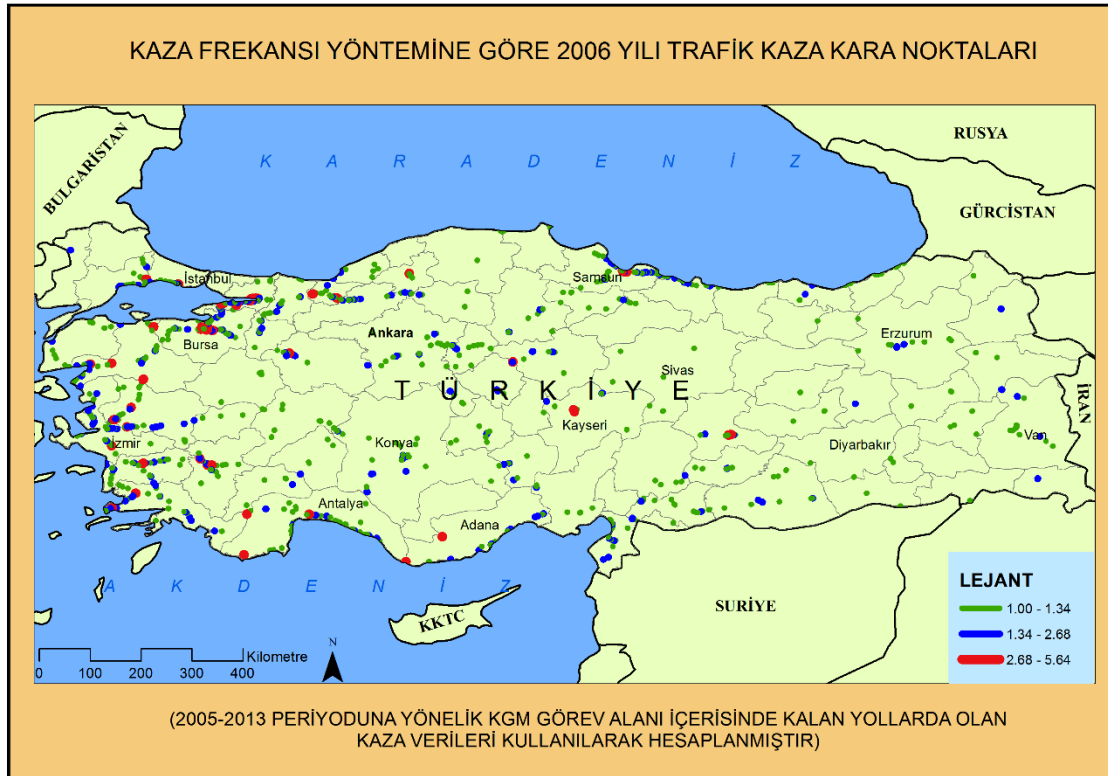
39	57365	1.77	59054	3.84	9534	3.52	43376	33.4	11144	7.41	59054	8.25	59054	7.60	18929	3.79
40	11	1.76	7357	3.62	38005	3.52	43375	31.0	7340	7.19	7357	7.76	7357	7.15	703	3.74
41	85	1.76	18923	3.62	65183	3.52	43377	29.9	43377	6.99	18923	7.76	18923	7.15	7351	3.74
42	4732	1.73	19317	3.62	31690	3.40	19229	29.8	11143	6.99	19317	7.76	19317	7.15	7356	3.73
43	31444	1.72	22258	3.62	44065	3.35	43378	29.7	27827	6.99	22258	7.76	22258	7.15	7358	3.73
44	53088	1.72	33437	3.62	55924	3.35	59051	29.6	27829	6.99	33437	7.76	33437	7.15	43375	3.73
45	18472	1.69	21280	3.39	56877	3.35	43379	29.4	11135	6.97	21280	7.28	21280	6.70	62541	3.69
46	27023	1.68	33607	3.39	58633	3.35	14806	27.7	11142	6.89	33607	7.28	33607	6.70	7565	3.69
47	27025	1.68	36159	3.39	7887	3.29	7360	27.5	2210	6.86	36159	7.28	36159	6.70	46262	3.64
48	5039	1.64	43232	3.39	17540	3.23	33436	27.0	11138	6.85	43232	7.28	43232	6.70	43182	3.64
49	31442	1.61	895	3.16	31025	3.23	11135	27.0	7339	6.78	895	6.79	895	6.25	68694	3.59
50	31443	1.52	7360	3.16	56873	3.23	8152	26.5	27946	6.76	7360	6.79	7360	6.25	33607	3.58

## 2. PERİYOT (2012)

S.N	Kaza Oranı		Kaza Frekansı		Kaza Şiddeti		Moran's I		Getis Ord		Poisson		Negatif Binom		Ampirik Bayes	
	KO	S	KF	S	KŞ	S	MI	S	GO	S	PO	S	NB	S	AB	S
1	2298	45.76	85	16.78	7836	12.13	11	292.80	83	14.02	85	34.72	85	31.35	7414	17.52
2	2206	44.83	11	16.13	7719	11.66	85	292.52	84	14.02	11	33.37	11	30.13	7340	15.15
3	35788	23.03	7340	13.95	41871	11.08	7340	253.24	11	14.02	7340	28.86	7340	26.06	15524	13.55
4	4766	21.60	7414	12.64	8904	8.67	7224	205.17	85	14.02	7414	26.15	7414	23.62	7224	13.05
5	85	16.62	7224	11.99	13069	7.85	31444	130.46	12	14.02	7224	24.80	7224	22.40	85	8.16
6	11	15.98	2298	10.68	9948	7.62	2298	125.50	13	14.02	2298	22.10	2298	19.95	57014	7.88
7	4738	10.80	2206	10.46	44449	7.44	2206	115.46	7340	13.85	2206	21.65	2206	19.54	19231	7.84
8	27025	6.81	15524	10.02	46859	7.33	7414	106.21	14	13.74	15524	20.74	15524	18.73	11	7.84
9	10315	6.57	57014	9.59	13351	6.92	31442	98.36	82	13.42	57014	19.84	57014	17.92	37897	7.44
10	27948	5.44	43232	8.93	33609	6.74	43232	87.40	7339	13.04	43232	18.49	43232	16.69	43232	7.35
11	4740	5.40	13331	6.97	19673	6.39	57014	86.96	7338	12.32	13331	14.43	13331	13.03	45951	7.01
12	4767	5.40	31444	6.97	53960	6.39	7413	76.97	7337	12.22	31444	14.43	31444	13.03	13331	6.74
13	4765	5.40	45951	6.54	54365	6.04	13331	71.50	7224	11.84	45951	13.53	45951	12.22	43385	6.25
14	4751	5.40	13211	6.32	55587	5.86	31441	66.15	7225	11.65	13211	13.08	13211	11.81	13211	6.13
15	27827	5.21	55316	6.32	34244	5.69	13211	65.88	31444	10.82	55316	13.08	55316	11.81	45858	6.10
16	4769	3.98	19231	6.10	26795	5.51	11141	55.72	7414	10.72	19231	12.63	19231	11.40	19201	6.03
17	56216	3.78	35788	6.10	18868	5.04	45858	51.65	31443	10.23	35788	12.63	35788	11.40	62733	5.79
18	47177	3.58	55217	6.10	4407	4.98	25738	51.64	7411	9.98	55217	12.63	55217	11.40	59053	5.66
19	46591	3.54	37897	6.10	85	4.86	699	51.02	7412	9.98	37897	12.63	37897	11.40	59055	5.58
20	26956	3.40	1225	5.88	8532	4.81	898	49.18	7413	9.98	1225	12.18	1225	10.99	7347	5.58
21	27049	3.40	1304	5.88	11	4.69	700	46.94	31445	9.78	1304	12.18	1304	10.99	31444	5.52
22	27026	3.40	45858	5.67	41829	4.69	62733	46.45	31442	9.39	45858	11.72	45858	10.59	898	5.40
23	27028	3.40	31442	5.67	19684	4.63	33432	46.30	2296	9.37	31442	11.72	31442	10.59	33432	5.37
24	57014	3.28	27948	5.23	7090	4.63	19231	46.05	2297	9.28	27948	10.82	27948	9.77	1225	5.35
25	9568	3.27	27827	5.01	33663	4.63	45951	44.64	2298	9.18	27827	10.37	27827	9.37	1304	5.35
26	22371	3.09	19201	4.79	9088	4.63	31443	44.37	2295	8.94	19201	9.92	19201	8.96	7413	5.30

27	55316	3.08	59053	4.58	50027	4.34	37897	44.15	2206	8.59	59053	9.47	59053	8.55	699	5.28
28	43232	3.05	59055	4.58	36991	4.22	31445	43.53	31441	8.47	59055	9.47	59055	8.55	62762	5.16
29	55217	2.97	36159	4.58	46841	4.22	59053	42.70	2207	8.32	36159	9.47	36159	8.55	11356	4.99
30	29446	2.96	33432	4.58	34672	4.16	11139	41.97	2208	8.23	33432	9.47	33432	8.55	698	4.99
31	2295	2.80	11356	4.36	7414	4.10	59055	41.06	2209	8.05	11356	9.02	11356	8.14	62736	4.91
32	57124	2.75	43385	4.36	18977	4.10	33431	39.81	43234	8.04	43385	9.02	43385	8.14	11141	4.71
33	22728	2.68	62733	4.36	54395	4.10	698	38.73	43235	7.95	62733	9.02	62733	8.14	706	4.69
34	22821	2.68	25738	4.36	30797	4.04	7347	38.20	43232	7.66	25738	9.02	25738	8.14	19319	4.69
35	31444	2.66	7347	3.92	7340	3.93	55316	37.08	57014	7.66	7347	8.12	7347	7.33	7357	4.64
36	647	2.56	898	3.92	18642	3.93	896	37.07	57012	7.66	898	8.12	898	7.33	890	4.54
37	35786	2.47	31441	3.92	26355	3.93	11138	36.51	57013	7.66	31441	8.12	31441	7.33	896	4.54
38	31540	2.47	9568	3.92	55881	3.93	14805	35.52	11141	7.66	9568	8.12	9568	7.33	55316	4.51
39	22423	2.46	7715	3.92	3940	3.87	55217	35.11	700	7.56	7715	8.12	7715	7.33	14805	4.49
40	31705	2.46	11141	3.70	12980	3.75	7338	34.83	13331	7.38	11141	7.67	11141	6.92	11139	4.45
41	22258	2.33	7413	3.70	35558	3.75	59054	34.24	43233	7.33	7413	7.67	7413	6.92	31442	4.42
42	65642	2.29	62736	3.70	2893	3.75	1225	33.85	11140	7.27	62736	7.67	62736	6.92	18919	4.41
43	27030	2.27	62762	3.70	19044	3.63	19319	33.49	33434	7.26	62762	7.67	62762	6.92	700	4.39
44	56076	2.27	19319	3.70	19217	3.58	62736	33.16	701	7.26	19319	7.67	19319	6.92	7350	4.39
45	31442	2.26	699	3.70	9089	3.52	900	32.38	699	7.15	699	7.67	699	6.92	59054	4.36
46	58478	2.22	22371	3.70	33523	3.46	33433	32.14	57011	7.15	22371	7.67	22371	6.92	55217	4.35
47	22158	2.17	25735	3.70	26336	3.46	897	31.66	15524	7.10	25735	7.67	25735	6.92	900	4.25
48	55503	2.14	14805	3.49	2298	3.40	62735	31.38	11142	7.05	14805	7.22	14805	6.51	36159	4.23
49	68694	2.14	59054	3.49	31690	3.40	11143	31.35	13211	6.95	59054	7.22	59054	6.51	33538	4.19
50	65524	2.08	7357	3.49	7224	3.40	25741	30.58	13212	6.95	7357	7.22	7357	6.51	43384	4.15

**EK 15. Kaza Frekansı Yöntemine Göre Belirlenmiş 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait trafik kaza kara noktaları haritaları**



### KAZA FREKANSI YÖNTEMİNE GÖRE 2007 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### KAZA FREKANSI YÖNTEMİNE GÖRE 2008 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### KAZA FREKANSI YÖNTEMİNE GÖRE 2009 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### KAZA FREKANSI YÖNTEMİNE GÖRE 2010 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### KAZA FREKANSI YÖNTEMİNE GÖRE 2011 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

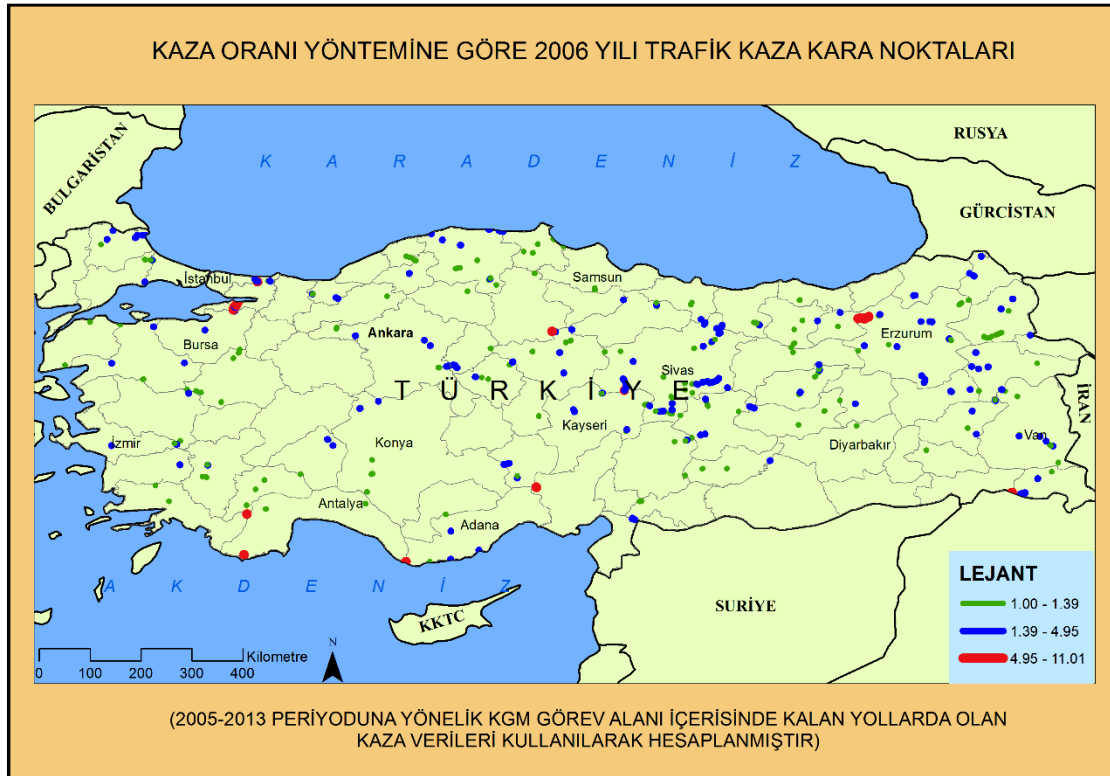
### KAZA FREKANSI YÖNTEMİNE GÖRE 2012 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)



**EK 16. Kaza Oranı Yöntemine Göre Belirlenmiş 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait trafik kaza kara noktaları haritaları**



### KAZA ORANI YÖNTEMİNE GÖRE 2007 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### KAZA ORANI YÖNTEMİNE GÖRE 2008 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### KAZA ORANI YÖNTEMİNE GÖRE 2009 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### KAZA ORANI YÖNTEMİNE GÖRE 2010 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### KAZA ORANI YÖNTEMİNE GÖRE 2011 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



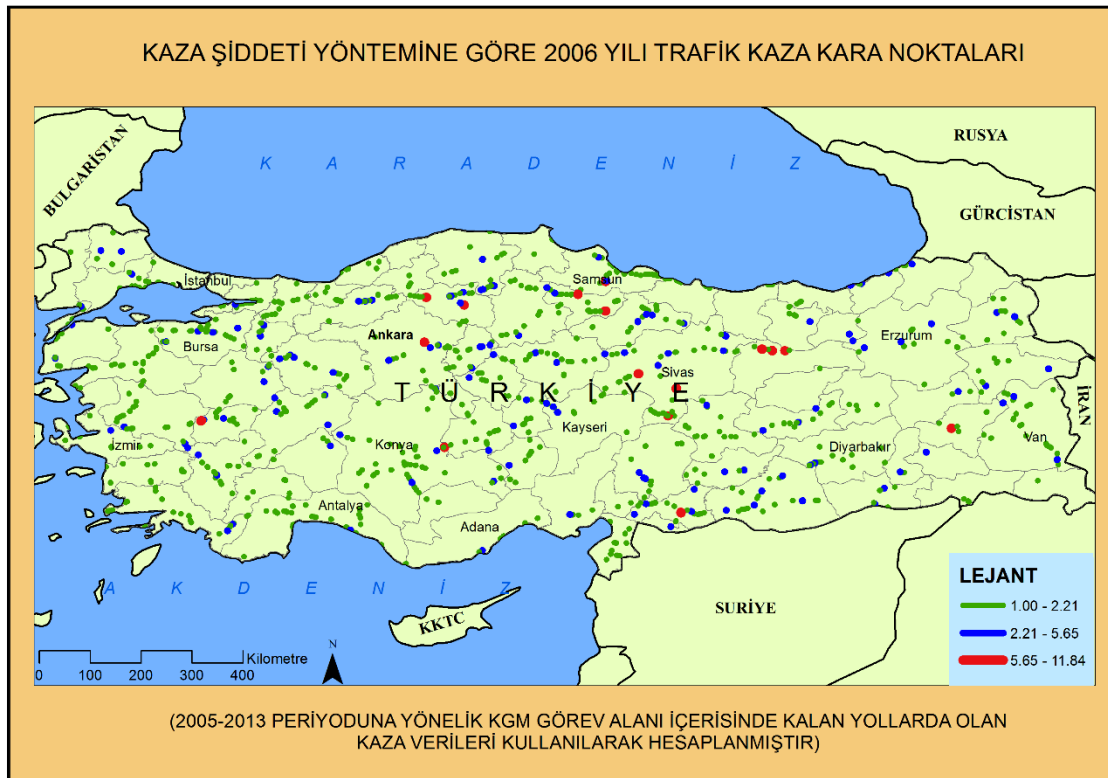
(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### KAZA ORANI YÖNTEMİNE GÖRE 2012 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

**EK 17. Kaza Şiddeti Yöntemine Göre Belirlenmiş 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait trafik kaza kara noktaları haritaları**



### KAZA ŞİDDETİ YÖNTEMİNE GÖRE 2007 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### KAZA ŞİDDETİ YÖNTEMİNE GÖRE 2008 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)



### KAZA ŞİDDETİ YÖNTEMİNE GÖRE 2009 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### KAZA ŞİDDETİ YÖNTEMİNE GÖRE 2010 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### KAZA ŞİDDETİ YÖNTEMİNE GÖRE 2011 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

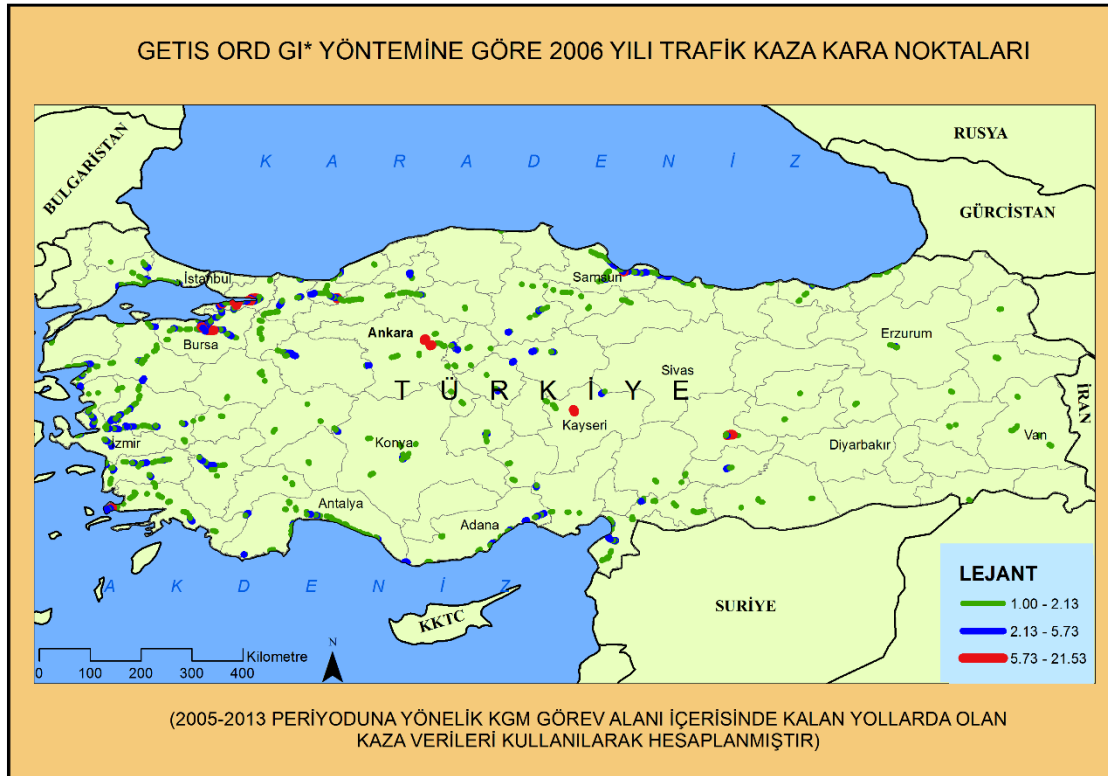
### KAZA ŞİDDETİ YÖNTEMİNE GÖRE 2012 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)



**EK 18. Getis Ord Gi\* Yöntemine Göre Belirlenmiş 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait trafik kaza kara noktaları haritaları**



### GETIS ORD GI\* YÖNTEMİNE GÖRE 2007 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### GETIS ORD GI\* YÖNTEMİNE GÖRE 2008 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### GETIS ORD GI\* YÖNTEMİNE GÖRE 2009 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### GETIS ORD GI\* YÖNTEMİNE GÖRE 2010 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### GETIS ORD GI\* YÖNTEMİNE GÖRE 2011 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### GETIS ORD GI\* YÖNTEMİNE GÖRE 2012 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

**EK 19. Moran's I Yöntemine Göre Belirlenmiş 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait trafik kaza kara noktaları haritaları**



### MORAN'S I YÖNTEMİNE GÖRE 2007 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### MORAN'S I YÖNTEMİNE GÖRE 2008 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)



### MORAN'S I YÖNTEMİNE GÖRE 2009 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### MORAN'S I YÖNTEMİNE GÖRE 2010 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### MORAN'S I YÖNTEMİNE GÖRE 2011 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

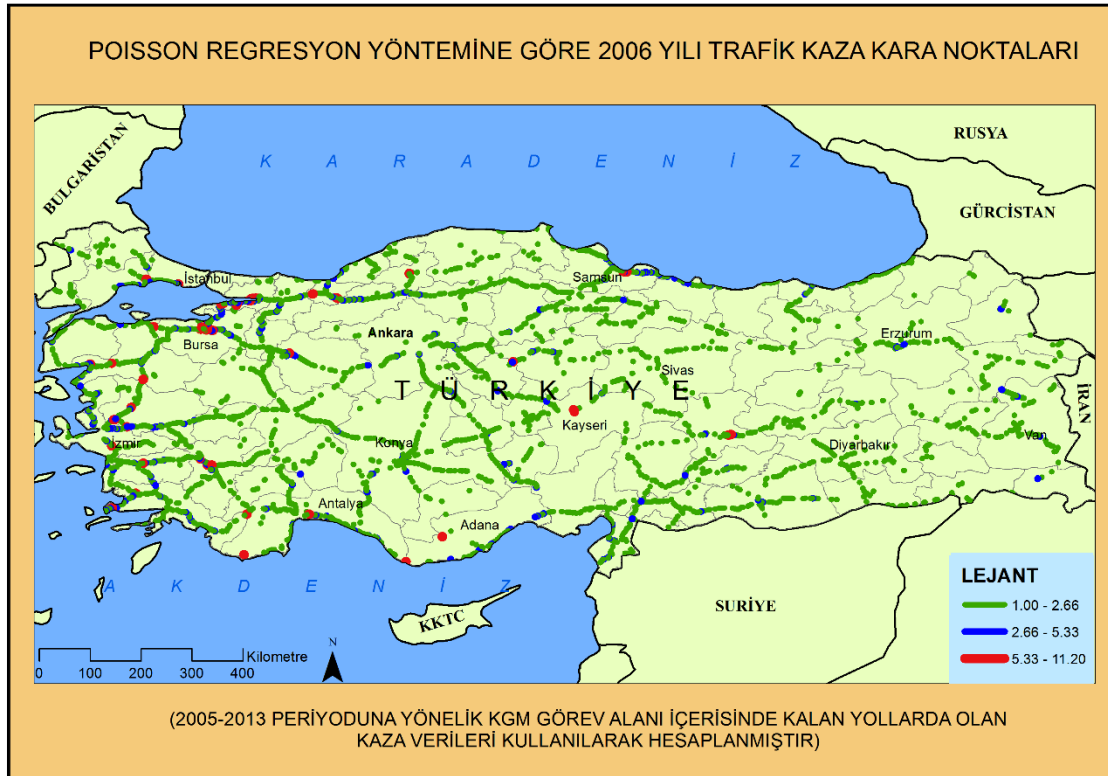
### MORAN'S I YÖNTEMİNE GÖRE 2012 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)



**EK 20. Poisson Regresyon Yöntemine Göre Belirlenmiş 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait trafik kaza kara noktaları haritaları**



### POISSON REGRESYON YÖNTEMİNE GÖRE 2007 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### POISSON REGRESYON YÖNTEMİNE GÖRE 2008 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### POISSON REGRESYON YÖNTEMİNE GÖRE 2009 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### POISSON REGRESYON YÖNTEMİNE GÖRE 2010 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### POISSON REGRESYON YÖNTEMİNE GÖRE 2011 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



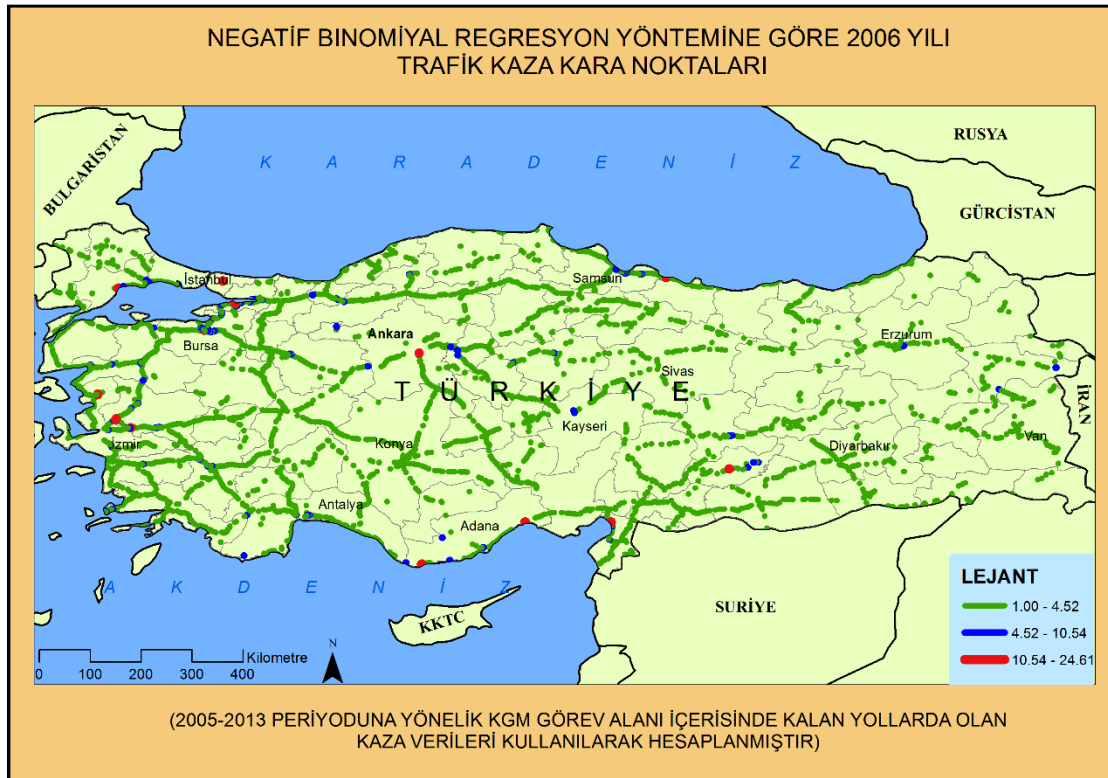
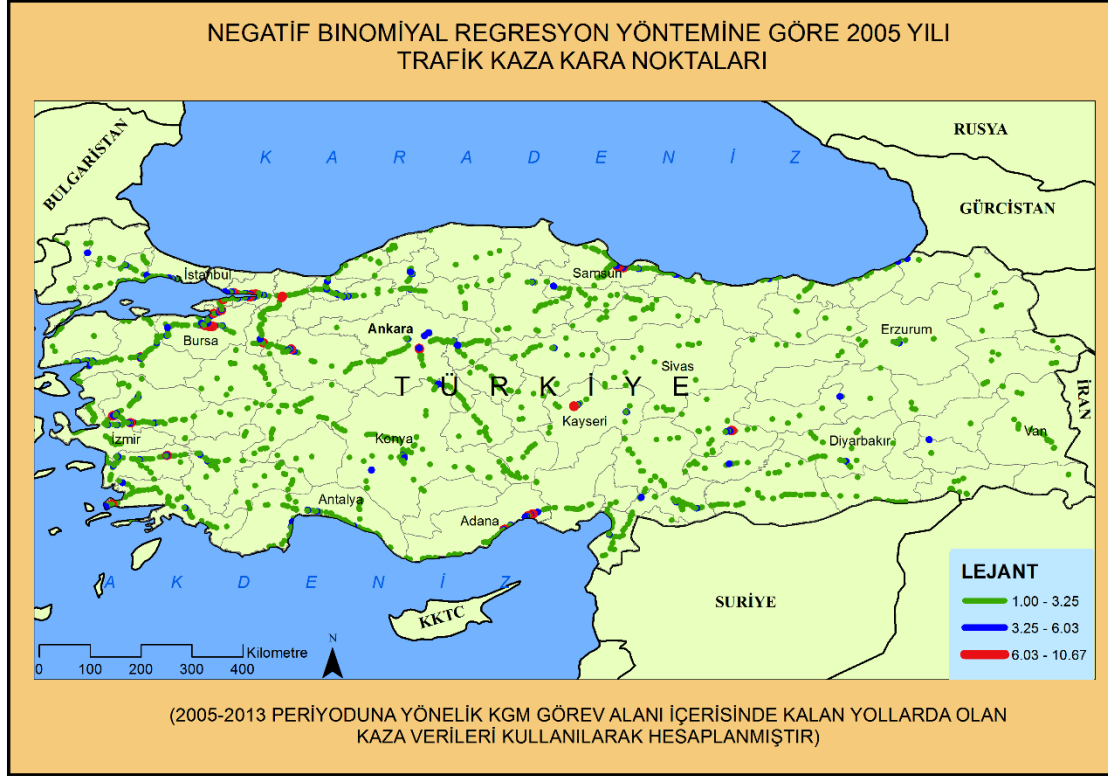
(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### POISSON REGRESYON YÖNTEMİNE GÖRE 2012 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

**EK 21. Negatif Binomiyal Regresyon Yöntemine Göre Belirlenmiş 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait trafik kaza kara noktaları haritaları**





NEGATİF BINOMİYAL REGRESYON YÖNTEMİNE GÖRE 2007 YILI  
TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN  
KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

NEGATİF BINOMİYAL REGRESYON YÖNTEMİNE GÖRE 2008 YILI  
TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN  
KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

NEGATİF BINOMİYAL REGRESYON YÖNTEMİNE GÖRE 2009 YILI  
TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN  
KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

NEGATİF BINOMİYAL REGRESYON YÖNTEMİNE GÖRE 2010 YILI  
TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN  
KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

NEGATİF BINOMİYAL REGRESYON YÖNTEMİNE GÖRE 2011 YILI  
TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN  
KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

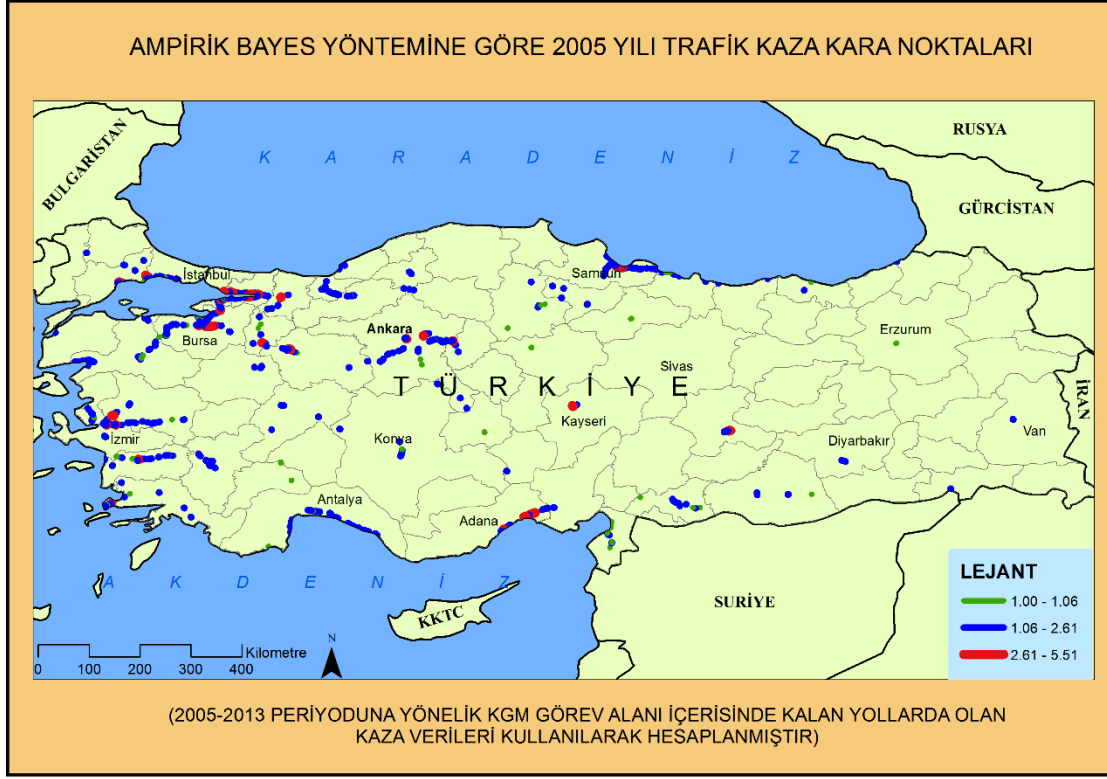
NEGATİF BINOMİYAL REGRESYON YÖNTEMİNE GÖRE 2012 YILI  
TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN  
KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)



**EK 22. Ampirik Bayes Yöntemine Göre Belirlenmiş 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait trafik kaza kara noktaları haritaları**



### AMPİRİK BAYES YÖNTEMİNE GÖRE 2007 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### AMPİRİK BAYES YÖNTEMİNE GÖRE 2008 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### AMPİRİK BAYES YÖNTEMİNE GÖRE 2009 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### AMPİRİK BAYES YÖNTEMİNE GÖRE 2010 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### AMPİRİK BAYES YÖNTEMİNE GÖRE 2011 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)

### AMPİRİK BAYES YÖNTEMİNE GÖRE 2012 YILI TRAFİK KAZA KARA NOKTALARI



(2005-2013 PERİYODUNA YÖNELİK KGM GÖREV ALANI İÇERİSİNDE KALAN YOLLARDA OLAN KAZA VERİLERİ KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR)