

**TRAFİK KAZA KARA NOKTALARININ
MEKÂNSAL İSTATİSTİKSEL
YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ:
AFYONKARAHİSAR-KONYA ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Veli İLÇİ
Doç. Dr. Saffet ERDOĞAN
JEODEZİ ve FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
Temmuz, 2013

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TRAFİK KAZA KARA NOKTALARININ
MEKÂNSAL İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ:
AFYONKARAHİSAR-KONYA ÖRNEĞİ**

Veli İLÇİ

Doç. Dr. Saffet ERDOĞAN

**JEODEZİ ve FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

Temmuz, 2013

TEZ ONAY SAYFASI

Veli İLÇİ tarafından hazırlanan “Trafik Kaza Kara Noktalarının Mekânsal İstatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi: Afyonkarahisar-Konya Örneği” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca/...../..... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Saffet ERDOĞAN

Başkan : Doç. Dr. Savaş DURDURAN İmza
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi,

Üye : Doç. Dr. Saffet ERDOĞAN İmza
Selçuk Üniversitesi

Mühendislik Mimarlık Fakültesi,

Üye : Doç. Dr. İbrahim YILMAZ İmza
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi,

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

.....
Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN

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.

15 /07 / 2013

Veli İLÇİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TRAFİK KAZA KARA NOKTALARININ MEKÂNSAL İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ: AFYONKARAHİSAR-KONYA ÖRNEĞİ

Veli İLÇİ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Saffet ERDOĞAN

Ülkemizde ulusal bir problem haline gelen trafik kazaları, doğal afetlerden daha fazla sosyal ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Trafik kazalarının sonuçları hem maddi hem de manevi olarak endişe verici boyutlardadır. Ölüm, maddi kayıplar gibi anlık kayıpların yanında, sakat kalmak gibi ömür boyu kazayı hatırlatacak izler de oluşmaktadır. Bu problemleri çözebilmek, kayıpları azaltabilmek için bazı pratik ve ekonomik çözüm yöntemlerinin bulunması gerekli olmuştur. Bu yöntemlerin en önemlisi; trafik kazalarında, tehlikeli kesimler olarak adlandırılan kaza kara noktalarının tespiti ve iyileştirilmesidir.

Bilgisayar teknolojisinin gelişmesine bağlı olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) de gelişme göstermiş ve bu sistemler günümüzde pek çok alanda kullanılmaya başlandığı gibi kaza kara nokta analizinde de kullanılmaya başlanmıştır. Kaza verilerinin ve yol bilgilerinin mekâna dayalı veriler olduğundan CBS ile pek çok farklı veri analizi yapılabilmektedir.

Bu tez çalışmasında, Afyonkarahisar ve Konya Devlet Yollarında 2005-2011 yılları arasında gerçekleşmiş olan trafik kazaları mekânsal istatistiksel yöntemleri

Kernel Yoğunluk Analizi, Getis Ord G_i^* ve Moran's I ile incelenmiştir. Bu inceleme yapılırken kazaların sayıları, yol geometrisi, kazalardaki ölü ve yaralı sayıları ve kazanın oluş zamanlarına göre kazalar ayrı ayrı incelenmiştir. Bu veriler ışığında kullanılmış olan üç mekânsal istatistik yöntemin avantaj ve dezavantajları belirlenmeye çalışılmıştır.

2013, xviii + 108 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kernel Yoğunluk Analizi, Getis Ord G_i^* , Moran's I, Kara Nokta

ABSTRACT

M.Sc Thesis

DETERMINATION OF TRAFFIC HOTSPOTS USING SPATIAL STATISTICAL METHODS: CASE STUDY AFYONKARAHİSAR-KONYA

Veli İLÇİ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Supervisor: Doç. Dr. Saffet ERDOĞAN

Traffic accidents became a national problem in our country cause economic and social losses more than natural disasters. The results of the traffic accidents have alarming dimension both economical and human. Beside the results such as death and economic losses, they cause the mental effects as reminding the accident during the life by occurring disability. It is necessary to find practical and economic solution methods for resolving these problems and reduce losses. The most important of these methods is identify and improvement of dangerous segments which are called as crash hotspots in traffic accident.

According to the development of computer technology, Geographical Information Systems (GIS) also has developed and these systems have been started to use in the analyses of crash hotspot as currently being used in many areas today. Because of the accident data and road information are based on spatial data they can be analyzed with GIS in various types.

In this study, the accidents happened between 2005-2011 years in Afyonkarahisar-Konya roadway was investigated using the spatial statistic methods of Kernel Density Estimation, Getis Ord G_i^* and Moran's I. Accidents were investigated

according to their numbers, road geometry, numbers of death and injuries and their happening time in the day. It was tried to determine advantages and disadvantages of these three spatial statistic methods based on the related data.

2013, xviii + 108 pages

Key Words: Kernel Density Estimation, Getis-Ord G_i^* , Moran's I, Hotspot

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel alışmaların ynlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Saffet ERDOğAN, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Afyon Kocatepe Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri bölümünün tüm ğretim elemanı, ğretim görevlisi ve asistanlarına teşekkür ederim.

Ayrıca, bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Veli İLÇİ

AFYONKARAHİSAR, 2013

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	İİ
ABSTRACT	İV
TEŞEKKÜR	Vİ
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XV
TABLolar DİZİNİ.....	XVI
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	4
3. MATERYAL VE METOT	11
3.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	11
3.1.1 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Fonksiyonları.....	11
3.1.2 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Veri Yapısı.....	12
3.1.3 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Bileşenleri.....	13
3.1.3.1 Veri	13
3.1.3.2 Donanım.....	13
3.1.3.3 Yazılım.....	14
3.1.3.4 Yöntemler	14
3.1.3.5 İnsanlar.....	14

3.1.4 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Uygulama Alanları.....	14
3.2 Trafik Kazaları.....	15
3.2.1 Trafik Kazalarının Nedenleri	15
3.3 Trafik Kaza Analizi	17
3.3.1 Kara Nokta	17
3.3.2 Kara Nokta Analizinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı	18
3.4 Mekânsal Analiz	18
3.4.1 Kernel Yoğunluğu Tahmini	19
3.4.2 Getis-Ord Gi* Mekânsal İstatistik Yöntemi.....	22
3.4.3 Moran's I Mekânsal Otokorelasyon Yöntemi	25
3.4.3.1 Anselin Yerel Moran's I Mekansal İstatistiği	27
3.5 UYGULAMA.....	28
3.5.1 Trafik Kazalarının Zamansal Analizi.....	30
3.5.1.1 Trafik Kazalarının Aylara Göre Analizi	30
3.5.1.2 Trafik Kazalarının Günlere Göre Analizi	31
3.5.1.3 Trafik Kazalarının Saatlere Göre Analizi	32
3.5.2 Trafik Kazalarının Mekânsal Analizi.....	33
3.5.2.1 Kernel Yoğunluk Tahmini Metodunun Uygulanması	34
3.5.2.2 Getis-Ord Gi* Mekansal İstatistik Metodunun Uygulanması	39
3.5.2.3 Moran's I Mekansal Otokorelasyon Metodunun Uygulanması.....	44
4. BULGULAR	49
4.1 1. Derece Kara Nokta Analizi.....	49
4.1.1 Yol Kesim No 300-07, 38 No'lu Segmentin Analizi.....	51
4.1.2 Yol Kesim No 300-07, 42-43-44 No'lu Segmentlerin Analizi	56
4.1.3 Yol Kesim No 300-09, 33 No'lu Segment, Yol Kesim No 300-10, 1-2 No'lu Segmentlerin Analizi	61
4.1.4 Yol Kesim No 300-10, 15-16-17-18 No'lu Segmentler, Yol Kesim No 695-04, 1 No'lu Segmentin Analizi	66
4.1.5 Yol Kesim No 300-11, 16-17-18-19-20-21 No'lu Segmentlerin Analizi	71

4.1.6 Yol Kesim No 650-10, 1-2-3-4 No'lu Segmentlerin Analizi.....	76
4.1.7 Yol Kesim No 715-01, 9-10-11-12-13 No'lu Segmentlerin Analizi	81
4.2 2. Derece Kara Noktaların Analizi	86
4.2.1 Yol Kesim No 300-07, 46-47 No'lu Segmentler ile Yol Kesim No 650-08, 38 No'lu Segmentin Analizi.....	87
4.2.2 Yol Kesim No 695-08, 45-46 No'lu Segmentlerin Analizi	92
4.2.3 Yol Kesim No 696-01, 25 No'lu Segmentlerin Analizi.....	96
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	100
6. KAYNAKLAR.....	104
İNTERNET KAYNAKLARI.....	107
ÖZGEÇMİŞ.....	108

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
EGM	Emniyet Genel Müdürlüğü
HPCS	Hot Pieces Method
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
LISA	Local Indicator of Spatial Association
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
PRHS	Probable Hot Spots Process
SANET	Spatial Analysis Along Networks
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Coğrafi bilgi sistemlerinin genel fonksiyonları	12
Şekil 3.2 Coğrafi bilgi sistemlerinde veri yapısı	12
Şekil 3.3 Coğrafi bilgi sistemlerinin bileşenleri.....	13
Şekil 3.4 Kernel fonksiyonunun temeli.....	19
Şekil 3.5 Aynı veri seti için hücre büyüklükleri aynı, solda etki alanı 5 km olan Kernel yoğunluk tahmini görüntüsü ile sağda etki alanı 50 km olan Kernel yoğunluk tahmini görüntüsünün karşılaştırılması.....	21
Şekil 3.6 Aynı veri seti için etki alanları aynı, hücre büyüklüğü 1 km olan Kernel yoğunluk tahmini görüntüsü ile hücre büyüklüğü 10 km olan Kernel yoğunluk tahmini görüntüsünün karşılaştırılması.....	21
Şekil 3.7 Getis-Ord G_i^* metodunun z-sayısı ve p-değerine bağlı gösterimi.....	22
Şekil 3.8 z-sayısı ve p-değerinin anlamlılık grafiği	24
Şekil 3.9 Moran's I metodu kümelenme gösterimi	25
Şekil 3.10 Anselin yerel Moran's I metodu kümelenme gösterimi.....	27
Şekil 3.11 Çalışma alanı.....	29
Şekil 3.12 Trafik kaza verileri.....	30
Şekil 3.13 Aylara göre trafik kazaları	31
Şekil 3.14 Günlere göre trafik kazaları	32
Şekil 3.15 Saatlere göre trafik kazaları	33
Şekil 3.16 2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi.....	34
Şekil 3.17 2005 yılında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi.....	35
Şekil 3.18 2006 yılında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile	

analizi.....	36
Şekil 3.19 2007 yılında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi.....	36
Şekil 3.20 2008 yılında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi.....	37
Şekil 3.21 2009 yılında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi.....	37
Şekil 3.22 2010 yılında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi.....	38
Şekil 3.23 2011 yılında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi.....	38
Şekil 3.24 2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazaların Getis-Ord G_i^* metodu ile analizi	39
Şekil 3.25 2005 yılında meydana gelen kazaların Getis-Ord G_i^* metodu ile analizi	40
Şekil 3.26 2006 yılında meydana gelen kazaların Getis-Ord G_i^* metodu ile analizi	41
Şekil 3.27 2007 yılında meydana gelen kazaların Getis-Ord G_i^* metodu ile analizi	41
Şekil 3.28 2008 yılında meydana gelen kazaların Getis-Ord G_i^* metodu ile analizi	42
Şekil 3.29 2009 yılında meydana gelen kazaların Getis-Ord G_i^* metodu ile analizi	42
Şekil 3.30 2010 yılında meydana gelen kazaların Getis-Ord G_i^* metodu ile analizi	43
Şekil 3.31 2011 yılında meydana gelen kazaların Getis-Ord G_i^* metodu ile analizi	43
Şekil 3.32 2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi.....	44
Şekil 3.33 2005 yılında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi	45
Şekil 3.34 2006 yılında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi	46
Şekil 3.35 2007 yılında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi	46
Şekil 3.36 2008 yılında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi	47
Şekil 3.37 2009 yılında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi	47

Şekil 3.38 2010 yılında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi	48
Şekil 3.39 2011 yılında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi	48
Şekil 4.1 Yol kesim no 300-07, 38 no'lu segmentte 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları	51
Şekil 4.2 Yol kesim no 300-07, 38 no'lu segment yatay ve düşey yol geometrisi	52
Şekil 4.3 Yol kesim no 300-07, 42, 43, 44 no'lu segmentlerde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları.....	56
Şekil 4.4 Yol kesim no 300-07, 42, 43, 44 no'lu segmentlerin yatay ve düşey yol geometrisi.....	57
Şekil 4.5 Yol kesim no 300-09, 33 no'lu segment ve yol kesim no 300-10, 1-2 no'lu segmentlerde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları.....	61
Şekil 4.6 Yol kesim no 300-09, 33 no'lu segment, yol kesim no 300-10, 1-2 no'lu segmentlerde yatay ve düşey yol geometrisi.....	62
Şekil 4.7 Yol kesim no 300-10, 15-16-17-18 no'lu segmentler ve yol kesim no 695-04, 1 no'lu segmentde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları	66
Şekil 4.8 Yol kesim no 300-10 15, 16, 17, 18 no'lu segmentler, yol kesim no 695-04 1 no'lu segmentin yatay ve düşey yol geometrisi	67
Şekil 4.9 Yol kesim no 300-11, 16-17-18-19-20-21 no'lu segmentlerde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları	71
Şekil 4.10 Yol kesim no 300-11, 16-17-18-19-20-21 no'lu segmentlerin yatay ve düşey yol geometrisi	72
Şekil 4.11 Yol kesim no 650-10, 1-2-3-4 no'lu segmentlerde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları.....	76
Şekil 4.12 Yol kesim no 650-10, 1-2-3-4 no'lu segmentlerdeki yatay ve düşey yol geometrisi.....	77
Şekil 4.13 Yol kesim no 715-01, 9-10-11-12-13 no'lu segmentlerde 2005-2011	

yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları	81
Şekil 4.14 Yol kesim no 715-01, 9-10-11-12-13 no'lu segmentlerdeki yatay ve düşey yol geometrisi	82
Şekil 4.15 Yol kesim no 300-07, 46-47 no'lu segmentler ile yol kesim no 650-08, 38 no'lu segmentde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları.....	87
Şekil 4.16 Yol kesim no 300-07, 46-47 no'lu segmentler ile yol kesim no 650-08, 38 no'lu segmentde yatay ve düşey yol geometrisi	89
Şekil 4.17 Yol kesim no 695-08, 45-46 no'lu segmentlerde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları.....	92
Şekil 4.18 Yol kesim no 695-08, 45-46 no'lu segmentlerde yatay ve düşey yol geometrisi.....	93
Şekil 4.19 Yol kesim no 696-01, 25 no'lu segmentde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları	96
Şekil 4.20 Yol kesim no 696-01 25 no'lu segment yatay ve düşey yol geometrisi	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 z-sayısı ve p-değeri güven düzeyi tablosu	24

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 4.1 Kernel Yoğunluk metodu ile kara nokta olarak tespit edilen segmentlerin kilometreleri ve kaza sayılarının yıllara göre dağılımı.....	49
Tablo 4.2 Getis Ord Gi* metodu ile kara nokta olarak tespit edilen segmentlerin kilometreleri ve kaza sayılarının yıllara göre dağılımı	50
Tablo 4.3 Moran's I metodu ile kara nokta olarak tespit edilen segmentlerin kilometreleri ve kaza sayılarının yıllara göre dağılımı	50
Tablo 4.4 Yol kesim no 300-07, 38 no'lu segmentde kaza oluş türüne göre kazalar	53
Tablo 4.5 Yol kesim no 300-07, 38 no'lu segmentde kaza oluş saatine göre kazalar	54
Tablo 4.6 Yol kesim no 300-07, 38 no'lu segmentde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar	55
Tablo 4.7 Yol kesim no 300-07, 42-43-44 no'lu segmentlerde kaza oluş türüne göre kazalar	58
Tablo 4.8 Yol kesim no 300-07, 42-43-44 no'lu segmentlerde kaza oluş saatine göre kazalar	59
Tablo 4.9 Yol Kesim No 300-07, 42-43-44 no'lu kesimlerinde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar	60
Tablo 4.10 Yol kesim no 300-09 33 no'lu segment, yol kesim no 300-10 1, 2 no'lu segmentlerde kaza oluş türüne göre kazalar	63
Tablo 4.11 Yol kesim no 300-09 33 no'lu segment, yol kesim no 300-10 1, 2 no'lu segmentlerde kaza oluş saatine göre kazalar	64
Tablo 4.12 Yol kesim no 300-09, 33 no'lu segment, 300-10, 1-2 no'lu segmentlerde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar	64
Tablo 4.13 Yol kesim no 300-10, 15-16-17-18 no'lu segmentler, yol kesim no	

695-04, 1 no'lu segmentde kaza oluş türüne göre kazalar	68
Tablo 4.14 Yol kesim no 300-10, 15-16-17-18 no'lu segmentler, yol kesim no 695-04, 1 no'lu segmentde kaza oluş saatine göre kazalar	69
Tablo 4.15 Yol kesim no 300-10, 15-16-17-18 no'lu segmentler, yol kesim no 695-04, 1 no'lu segmentde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar	69
Tablo 4.16 Yol kesim no 300-11, 16-17-18-19-20-21 no'lu segmentlerde kaza oluş türüne göre kazalar	73
Tablo 4.17 Yol kesim no 300-11, 16-17-18-19-20-21 no'lu segmentlerde kaza oluş saatine göre kazalar	74
Tablo 4.18 Yol kesim no 300-11, 16-17-18-19-20-21 no'lu segmentlerde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar	74
Tablo 4.19 Yol kesim no 650-10, 1-2-3-4 no'lu segmentlerde kaza oluş türüne göre kazalar	78
Tablo 4.20 Yol kesim no 650-10, 1-2-3-4 no'lu segmentlerde kaza oluş saatine göre kazalar	78
Tablo 4.21 Yol kesim no 650-10, 1-2-3-4 no'lu segmentlerde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar	79
Tablo 4.22 Yol kesim no 715-01, 9-10-11-12-13 no'lu segmentlerde kaza oluş türüne göre kazalar	83
Tablo 4.23 Yol kesim no 715-01, 9-10-11-12-13 no'lu segmentlerde kaza oluş saatine göre kazalar	83
Tablo 4.24 Yol kesim no 715-01, 9-10-11-12-13 no'lu segmentlerde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar	84
Tablo 4.25 Kernel Yoğunluk metodu ile kara nokta olarak tespit edilen segmentlerin kilometreleri ve kaza sayılarının yıllara göre dağılımı	86
Tablo 4.26 Getis Ord Gi* metodu ile kara nokta olarak tespit edilen segmentlerin kilometreleri ve kaza sayılarının yıllara göre dağılımı	86
Tablo 4.27 Moran's I metodu ile kara nokta olarak tespit edilen segmentlerin	

kilometreleri ve kaza sayılarının yıllara göre dağılımı	87
Tablo 4.28 Yol kesim no 300-07, 46-47 no'lu segmentler ile yol kesim no 650-08, 38 no'lu segmentler kaza oluş türüne göre kazalar	89
Tablo 4.29 Yol kesim no 300-07, 46-47 no'lu segmentler ile yol kesim no 650-08, 38 no'lu segmentlerde kaza oluş saatine göre kazalar	90
Tablo 4.30 Yol kesim no 300-07, 46-47 no'lu segmentler, yol kesim no 650-08, 38 no'lu segmentde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar	90
Tablo 4.31 Yol kesim no 695-08, 45-46 no'lu segmentlerde kaza oluş türüne göre kazalar	94
Tablo 4.32 Yol kesim no 695-08, 45-46 no'lu segmentlerde kaza oluş saatine göre kazalar	94
Tablo 4.33 Yol kesim no 695-08, 45-46 no'lu segmentlerde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar	95
Tablo 4.34 Yol kesim no 696-01, 25 no'lu segmentde kaza oluş türüne göre kazalar	98
Tablo 4.35 Yol kesim no 696-01, 25 no'lu segmentde kaza oluş saatine göre kazalar	98
Tablo 4.36 Yol kesim no 696-01, 25 no'lu segmentde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar	99

1. GİRİŞ

Trafik kazaları tüm dünyada olduğu gibi ülkemizin de en önemli sorunlarından birisidir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) gibi kuruluşlar bu soruna dikkat çekmek için her yıl dünya çapında çalışma yapmakta ve çalışma sonuçlarını herkesin ulaşabileceği şekilde yayınlamaktadır. Yine Dünya Sağlık Örgütü 2013 yılında yayınlamış olduğu raporda 88 ülkede yollardaki ölü sayısının azaldığını ancak hala dünyada bir yıl içerisinde 1,24 milyon gibi büyük sayıda insanın öldüğünü, 20-50 milyon arasında insanın yaralandığını söylemektedir (WHO 2013). Ülkemizde de trafik kazaları her gün insanların ölmesine, yaralanmasına veya sakat kalmasına neden olmaktadır. Deprem ülkesi olan, depreme ve diğer afetlere çok büyük kayıplar veren ülkemizde trafik kazaları sonucunda oluşan ölü ve yaralı sayıları tüm diğer afetlerde meydana gelen ölü ve yaralı sayısından daha fazladır. Bu sebeple tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de kurum ve kuruluşlar bu kayıpları azaltmak için çalışmalarını sürdürmektedir. Bu kurumlardan biri olan Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) her yıl kaza verilerini yayınlamaktadır. Ülkemizde 2002-2011 yılları arasında ortalama ölü sayısı 4 306, ortalama yaralı sayısı 171 870 dir (TÜİK 2011).

Kazalar can kaybına neden olmakla birlikte çok önemli oranda mal kaybına da sebep olmaktadır. Türkiye’de kazalar sonucu oluşan maddi kayıplar Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) tarafından trafik kaza tutanaklarında belirlenmiş olan rakamlara göre hesaplanmaktadır. Trafik kazalarında oluşan maddi hasar sigorta şirketlerinin kayıtları incelendiğinde EGM verilerine göre çok daha fazla olduğu görülmektedir, (Sayıştay 2008). EGM verilerine göre 2005 yılında kazalar sonucu oluşan maddi hasar 1 004 815 811 TL iken, sigorta şirketleri verilerine göre bu rakam 2 273 000 000 TL olarak bilinmektedir. 1999 yılında Dünya Bankası tarafından hazırlanan raporda da (Road Traffic Safety in the Europe and Central Asia Region) Türkiye’de trafik kazalarının gayri safi milli hâsılanın yaklaşık % 2’sini oluşturduğu ifade edilmiştir.

Maddi ve manevi zararın bu denli büyük olması nedeniyle başta gelişmiş ülkeler olmak üzere tüm dünyada kazaların sebeplerini araştırmaya ve kazaları önlemeye yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Hatta gelişmiş bazı ülkelerde trafik kazaları

kurulmuş olan sistemler sayesinde anlık olarak sisteme işlenmekte ve analizleri yapılmaktadır. Bu analizler sonucu karayolunun belirli kesiminde beklenenden fazla kazanın meydana geldiği yerler olarak tanımlanan kara noktaların tespiti yapılmaktadır (Manepalli et al. 2011). Kaza verilerine göre ülkemizde meydana gelen kazaların yaklaşık % 99'u insan kaynaklı meydana gelmektedir. Bu nedenle, trafik kazalarını, sistematik analizler, trafik polisinin etkinliği, uygun yol proje uygulamaları ve uygun trafik kontrol araçlarıyla azaltmak mümkündür (Prasannakumar et al. 2011). Trafik kurumlarının karşılaştıkları en önemli sorun kazaları önlemede uygulanacak tedbirlerin ve cezaların nerede ve nasıl uygulanacağıdır (Erdoğan et al. 2008). Ülkemizde de Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından kara noktaları belirleme ve kazaları önlemek amacıyla bazı çalışmalar yapılmaktadır. Karayolları tarafından 2001 yılında kara noktaları belirleme amacıyla oran-kalite-kontrol istatistik yöntemi kullanılarak bir kitap yayınlamıştır (Sjolinder et al. 2001).

Son yıllarda kara noktaları belirlemeye yönelik çok çeşitli metot ve teknikler bulunmakta ve gözlenen kaza sayısına göre hesaplama yapan basit modeller yerine beklenen kaza sayısına göre hesaplama yapan geliştirilmiş modeller kullanılmaktadır (Moons et al. 2008). Kullanılan modeller genelde eski istatistiksel yaklaşımların kaza veya suç verileri için kullanılabilir hale getirilmesi, revize edilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Bu amaçla, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak gelişen coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile istatistiksel modellerle birleştirilerek kara noktaların belirlenmesi ve kaza modellerinin oluşturulabilmesi için trafik kazalarının mekânsal analizinde araç olarak kullanılmaktadır (Blazquez et al. 2013). Son yıllarda kara nokta belirlemede Moran's I, Getis-Ord G_i^* ve Kernel Yoğunluk Tahmini gibi mekânsal istatistik yöntemlerinin sonucu ile tekrarlılık analizi gibi geleneksel yöntemlerin sonuçları karşılaştırılmaktadır (Kuo et al. 2011).

Bu tez çalışmasında amaç, Afyonkarahisar-Konya Devlet Yollarında 2005-2011 yılları arasında gerçekleşmiş olan trafik kazalarının Kernel Yoğunluk Analizi, Getis Ord G_i^* ve Moran's I mekânsal istatistiksel yöntemleri ile mekânsal analizlerini yapmaktır. Ayrıca, analizler sonucunda kara nokta olmasından şüphelenilen yerler kaza sayıları, yol geometrisi, kazalardaki ölü ve yaralı sayıları ve kazanın oluş zamanlarına göre

istatistiksel olmayan yöntemlerle incelemektir. Elde edilen veriler ışığında kullanılmış olan üç mekânsal istatistik yöntemin avantajları ve dezavantajları belirlenmeye çalışmaktadır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Karamangil ve Şenkal (1999) çalışmalarında bir yerin kaza kara noktası olarak nitelenebilmesi için belli bir kaza türünde yoğunlaşma yaşanması gerektiğini söylemişlerdir. Çalışmada kara nokta belirlemede tüm dünyada sıklıkla kullanılan kaza sayısı yöntemi, kaza oranı yöntemi, eşdeğer ağırlık yöntemi ve oran kalite kontrol yöntemlerinin açıklaması yapılmış, avantaj ve dezavantajları vurgulanmıştır. Bu analizler yapılırken seçilen yol gurubu 1 km'lik dilimlere ayrılmış, o kilometre içinde meydana gelen kazalar toplu olarak ele alınmıştır. Ayrıca sadece metotla saptanan yerin kara nokta olmayabileceği, kaza tutanaklarında yanlış yer kodlaması ya da metre hassasiyetinde analiz yapılmaması nedeniyle kâğıt üzerinde bulunan yerin analizinin yapılması gerekliliği vurgulanmıştır.

Tuncuk (2004) yaptığı çalışmada; Isparta ilinde kazaların yoğun olduğu bölgelerin ve kaza kara noktalarının belirlenmesi amacıyla 1998-2002 yılları arasında meydana gelen trafik kaza verileri kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen 1/500'lik imar haritaların sayısallaştırılması, kazaların tutanaklardan Microsoft Excel ortamına aktarılması, Arcview programında sayısallaştırılmış harita ve verilerin birleştirilmesi, sorgulama ve analiz yapılması ve değerlendirilmenin yapılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Kazaların büyük kısmının kavşaklarda meydana geldiği belirtilmiş, bu nedenle kavşaklar ve cadde-sokaklar ayrı ayrı incelenmiştir. Kavşaklarda meydana gelen kaza yoğunluk haritalarına göre kaza-gün durumu, yaş durumu-kaza sayısı, alkollü ve alkollü olmayan sürücülerde kazaya karışma oranı, alkollü araç kullanımı saat ilişkisi, kazaya karışan sürücülerin öğrenim durumu, kaza sayısı-kazaya karışan araç sayısı, kazalarda yolun geometrik durumu, yaralı durumu-kaza sayısı ilişkilerinin incelendiği analizler yapılmış ve yorumlanmıştır. Kazaların her yıl ilgili birimlerce hazırlanan istatistiksel bilgilerin hazırlanması ile azalmadığı, asıl gerekli olanın bu istatistiklerin güvenilirliklerinin arttırılması olduğu vurgulanmıştır.

Chainey, Reid ve Stuart (2005) çalışmasında; Londra suç verileri kullanılarak kara noktanın nasıl belirleneceği ve kara nokta haritalarının nasıl oluşturulacağına belirlenebilmesi amacıyla yol gösterici bir çalışma yapmışlardır. LISA (local indicator

of spatial association) programının kullanıldığı çalışmada öncelikle suç verileri kümelenme ve dağınıklık testine tabi tutulmuştur. Sonrasında mesafenin tersi ağırlıklandırılarak, kernel yoğunluk tahmini metoduyla kara nokta yerleri tespit edilmiştir. Standart sapma ve ortalamaya göre sonuçların karşılaştırıldığı çalışmada kara noktaların ortalama grid hücrelerinin 3 katı ve yukarı değerlerinin kara nokta olarak adlandırılabilceği söylenmiştir.

Erdoğan, Yılmaz, Baybura ve Güllü (2008) yaptıkları çalışmada; 1996 yılından 2006 yılına kadar Afyonkarahisar ili karayollarındaki toplam 7634 adet kaza kaydı değerlendirilmeye alınmıştır. Bu kaza verileri ikinci derece fonksiyonu kullanılarak Kernel Yoğunluk analizi ve tekrarlılık analizleri ile mekânsal olarak değerlendirilmiş ve çalışma alanındaki kaza kara noktaları ve kara noktalara etki eden faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca çalışma CBS tabanlı sistem kurarak kazalara karşı nasıl ve nerede önlem alınacağını göstermeyi amaçlamaktadır.

Gündoğdu, Sarı ve Esen (2008) yaptıkları çalışmada; kritik noktaları belirlemek için kara “nokta” yerine kara “parça” (HPCS) metodunu kullanmışlardır. Olası kara nokta metodu (PRHS) kazaları önlemeyi ve tehlikeleri sezmeyi amaçlamaktadır. Kara nokta analizinde kazaların nokta olarak değerlendirilmesinin yanlış olacağı vurgulanmış ve bu nedenle HPCS metodunda yollar 1 km’lik kısımlara ayrılarak kazaların analizi yapılmıştır. PRHS metodunda ise Getis-Ord G_i^* ve Kernel Yoğunluk Tahmini istatistiksel analiz metotları kullanılmıştır. Çalışmada Konya ili kara yollarında ve şehir merkezinde bulunan anayollardaki son 10 yılda meydana gelen kaza verileri birleştirilmiştir.

Moons, Brijs ve Wets (2008) yaptıkları çalışmada; kara nokta analizini dört aşamada tanımlamaktadırlar. Birinci aşama, tehlikeli yerlerin belirlenmesidir. İkinci aşama, belirlenen yerlerin ölü sayısı, yaralı sayısı, çevre özellikleri gibi unsurlar göz önüne alınarak önem bakımından sıralanmasıdır. Üçüncü aşama, belirlenen yerlerin neden kara nokta olduklarının izahının yapılmasıdır. Dördüncü aşama ise düzenlemelerin yapılacağı kara noktaların seçilmesidir. Yapılan çalışmada Moran’s I metodu adapte edilerek LISA programı ile uygulanmıştır. Analizde Belçika Federal Polisinden alınmış

2004-2006 yıllarına ait Limburg otoyol kaza verileri ve Hasselt bölgesel kaza verileri kullanılmıştır. Uygulamada ağırlık fonksiyonu olarak mesafenin tersi ve mesafenin tersinin karesi kullanılmıştır. Ayrıca Epaneckhnikov'a benzer fonksiyon kullanılmıştır. Çalışmada %95 ve üzeri endeks değerine sahip yol kesimleri kara nokta olarak adlandırılmıştır. Sonuçta bir yol kesimindeki kazalar ve kaza türlerinin yıldan yıla değişebildiği, bunun kazanın doğasında olan bir durum olduğu belirtilmiştir. Kaza sayısının rastlantısallığı hava olayları gibi önceden söylenemeyen ve kazaların doğası gereği kendine özgü olduğundan güvenilir sonuç alabilmek için kaza analizlerinin 3-5 yıllık kaza verileri incelenerek yapılması gerekliliği belirtilmiştir.

Atalay (2010) tarafından yapılan çalışmada; Türkiye'de 1997-2006 yılları arasında meydana gelen şehir dışı trafik kazalarının mekânsal analizi ve 1977-2006 yılları arasında meydana gelen aylık trafik kazalarının zamansal analizi yapılmıştır. Trafik kazalarının zamana ve mekâna göre değişiklik gösterdiği, bu yüzden bir noktanın veya kesimin kaza analizi sonuçlarına göre genelleştirme yapılmasının ve bu genelleştirmeye göre çözüm önerisi sunmanın sorunu daha da karmaşıklaştıracağı belirtilmiştir. Ayrıca kazaların yerleşim alanlarında arttığı vurgulanmaktadır. Mekânsal analiz, ampirik bayes yöntemi, mekânsal yumuşatma yöntemi, mekânsal oto korelasyon analizi, k-ortalımalı kümeleme yöntemi, bulanık c-ortalımalı kümeleme yöntemi, kümeleme analizi, değişkenler faktör analizi, çoklu regresyon analizi, zaman serisi analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak, nüfus yoğunluğu fazla olan ve gelişmiş illerde ölüm ve yaralanma oranları oldukça yüksek olduğu, nüfus yoğunluğu düşük ve gelişmemiş illerde ölüm ve yaralanma oranları oldukça yüksek olduğu, en fazla trafik kazasının Ekim, Kasım ve Aralık aylarında meydana geldiği sonucuna varılmıştır.

Gundogdu (2010) çalışmasında; toplam kaza sayısından farklı olarak kullanılan kriterlerin önemini vurgulamak, kavşak kara noktalarını göstermek ve kaza şiddeti ve cinsleri için bir model oluşturmayı amaçlamıştır. Bu amaçla Konya ili karayolları 1 km'lik bölümlere ayrılmış ve Getis-Ord Gi* ve Kernel Yoğunluk metotlarından yararlanılarak analizler yapılmıştır. Analiz sonucunda yüksek potansiyelli kara noktalar (HPHS) ve olası kara noktalar (PRHS) yöntemleriyle bulunan kara nokta sayılarının ve

yerlerinin normal yöntemlerle belirlenen kara nokta yerlerinden ve sayılarından farklı olduğu görülmüştür.

Polat ve Durduran (2011) yaptıkları çalışmada; Konya-Afyonkarahisar karayolunda meydana gelen motorlu araç kazalarının çevresel koşullarla ilişkili risk faktörlerini belirlemeye çalışmışlardır. CBS kullanılarak yapılan bu çalışmada özellik ağırlığına dayalı K-means kümeleme kombinasyonu (KMCAW), yapay sinir ağı içeren sınıflama algoritması (ANN) ve ağ uyumlu bulanık ara yüz sistemi (ANFIS) kullanılmıştır. Bölge Trafikten alınan 179 kazasız ve 179 kazalı toplam 358, gün, sıcaklık, nem, hava koşulları ve meydana gelen trafik kazalarının aylarını içeren kaza verisi kullanılmıştır. Çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, veri kümesinin tüm özellikleri KMCAW yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. İkinci aşamada ANN ve ANFIS sınıflama algoritmaları kullanılarak trafik kazaları kazalı ve kazasız olarak ayrı ayrı belirlemeye çalışılmıştır. Önerilen yöntemin performansını değerlendirmek için, alıcı çalışma karakteristiği (ROC) kullanılmıştır. Yalnız kullanıldığında ANN yöntemi %53.93, ANFIS yöntemi %38.76 doğru tahmin yapıyor iken, KMCAW ve ANN yöntemleri birlikte kullanıldığında %74.15, KMCAW ve ANFIS yöntemleri birlikte kullanıldığında %55.06 doğruluğunda tahmin yaptığı görülmüştür. Çalışmadaki sonuçlara göre kullanılan KMCAW tahmin modelinin doğru ve etkili olduğu görülmüştür.

Kuo, Zeng ve Lord (2011) yaptıkları çalışmada; Getis-Ord G_i^* ve Kernel Yoğunluk fonksiyonu ile ağ sınırlamalı ve ağ sınırlamasız kara noktaların analizleri arasındaki farklar ve zaman dağılımlarının farklarını test etmişlerdir. 2005-2010 yılları arasında Kolej Polis Departmanı 14712 kaza verisi kullanılmıştır. Çalışma dört aşamada gerçekleştirilmiş ve sonuçlar üretilmiştir. Birinci aşama, G_i^* ve Kernel analizleri örnek verisi, ikinci aşama suç ve kaza verilerinin G_i^* ve Kernel ile haritalanması, üçüncü aşama Ağ sınırlamalı ve ağ sınırlamasız kaza verilerinin analizi, dördüncü aşama kaza ve suç verilerinin zamansal analizi şeklindedir. Sonuçta G_i^* metodunun tek başına kullanılması halinde veri kümeleme deseni için çok hassas sonuçlar verdiği, Kernel yoğunluk tahmini ile birleştirildiğinde daha doğru sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Bu yüzden bu tekniğin kaza ve suç veri analizlerinde kullanılmasının doğru olacağı

söylenmiştir. Ayrıca casus haritalar ve birleşik haritalar kullanılarak saatli, haftalık ve suç tipine göre analizler yapılmıştır. Kaza ve suç verilerinin zamansal analizlerinin benzer olduğu belirtilmiştir.

Manepalli, Bham ve Kandada (2011) yaptıkları çalışmada; kara nokta analizinde CBS kullanılarak kernel yoğunluk tahmini ve Getis-Ord G_i^* tekniklerini karşılaştırmışlardır. Bu iki yöntem 2000-2006 yılları arasında Arkansasta bulunan I-630 yolunda meydana gelen 457 kaza verisi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak üç mekânsal ilişkinin kavramsallaştırılması tekniği olan belirli mesafe, mesafenin tersi ve mesafenin tersinin karesi metotlarının benzer sonuçlar verdiği ve aynı yerleri kara nokta olarak gösterdikleri belirtilmiştir.

Prasannakumar, Vijith, Charutha ve Geetha (2011) yaptıkları çalışmada; Hindistan'ın Karela bölgesindeki Thiruvananthapuram bölgesinde 1468 trafik kazası üzerinde çalışmışlardır. Tamamını ArcGIS yazılımı yardımıyla yürütmüş oldukları çalışmada öncelikle kazalar Moran's I mekânsal oto korelasyon metoduyla değerlendirilmiştir. Sonra nokta Kernel fonksiyonu ve Getis-Ord G_i^* istatistiği kullanılarak kaza verilerinin mekânsal ve zamansal analizleri yapılmıştır. Analizler sonucu eğitim alanları ve dini alanların olduğu bölgelerde kazaların mekânsal ve zamansal olarak analizleri yapılmıştır.

Keskin, Yenilmez, Çolak, Yavuzer ve Düzgün (2011) çalışmada; 2003-2008 yılları arasında Ortadoğu Teknik Üniversitesi Kampüs alanında meydana gelen trafik kazalarının mekânsal ve zamansal analizi yapılmıştır. Çalışmalarda öncelikle yol ağında Kernel yoğunluk analizi kullanılmıştır. Kazalar arasındaki mesafenin mekânsal ilişkisini belirlemek için en yakın komşuluk mesafesi ve K fonksiyonu keşif metodu uygulanmıştır. Sonrasında bu mesafeler K-means analizi ve NNh hiyerarşik kümelendirme algoritmasında kullanılmıştır. Kara noktaların belirlenmesi amacıyla bu kümelendirme algoritmaları analiz edilmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Kuter, Usul ve Kuter (2011) çalışmada; çok yaygın şekilde orman yangınına maruz kalan Muğla ili Mumcular ilçesinde meydana gelmiş olan orman yangınları konusunda

çalışılmıştır. Orman işletme şefliğinin tarihi yangın verilerinin kullanıldığı çalışmanın haritalanmasında Kernel yoğunluk metodu kullanılmıştır. Ayrıca uygulamada 6 ayrı bant genişliği kullanılarak analizler yapılmıştır. Kullanılan metot tek bant genişliği değerinden daha çeşitli değerler vermiş olmasına rağmen farklı bant genişliğindeki haritalarla karşılaştırıldığında göz ile çalışma alanında en uygun değere karar vermek için daha güvenilir değerler verdiği vurgulanmakta ve analiz yapana farklı kernel fonksiyonun seçenekleri arasındaki karşılaştırmada esneklik sağladığı söylenmektedir.

Plug, Xia ve Caulfield (2011) çalışmalarında; mekânsal, zamansal ve mekânsal-zamansal teknikleri kullanarak üç farklı ölçekte 1999 ve 2008 yılları arasında Avustralya'nın batısında meydana gelen tek araçlı kazaları araştırmışlardır. Zamansal analizde trafik kazaları sebeplerine göre günlük ve haftalık olarak gruplandırılarak analiz edilmişlerdir. Trafik kazalarının mekânsal analizi ise Kernel yoğunluk analizi kullanılarak yapılmıştır. Sonrasında co-map kullanılarak kazaların mekânsal-zamansal etkileşimi gösterilmiştir. Sonuç olarak çeşitli kaza sebepleri için tek araçlı kazaların mekânsal-zamansal olarak önemli farklılıklar gösterdiği vurgulanmıştır. Ayrıca ölçeğin insanların mekan ve zaman algısında önemli rol oynadığı belirtilmiştir.

Kaygısız, Düzgün, Akın ve Çelik (2012) yılında yapmış oldukları çalışmada; otoyollarda kaza önleme stratejilerinin geliştirilmesi amacıyla trafik kazaları verilerine göre Güney Anadolu Otoyolunda mekânsal ve mekânsal olmayan analizler yapmıştır. Kazaların meydana geldiği ay, gün, saat verileri ile kazaların oluşum şekli ve kazaya karışan araç sayısı verileri mekânsal olmaya istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Mekânsal analizlerde ise üç farklı yöntem kullanılmıştır. İlk olarak basit ÇYT yöntemiyle tüm kazaların etkisi eşit kabul edilerek analizler yapılmıştır. İkinci olarak kaza şiddetine göre kazalar ağırlıklandırılarak ÇYT yöntemiyle kara nokta analizleri yapılmıştır. İndeks ile ağırlıklandırılmış ÇYT analizi olarak adlandırılan yöntemde ise kazanın meydana geldiği yerdeki trafik yoğunluğu değeri, ağırlıklandırılmış kaza verisine indeks olarak dahil edilmiş ve elde edilen yeni değere göre sıcak noktalar tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada ayrıca kaza verilerinin genellikle manuel olarak toplandığı, kaza tespit tutanaklarının elle doldurulduğu ve kaza veri tabanına elle

aktarıldığına değinilmiş ve bu sistemin kullanıcı hatalarına sebep olduğu vurgulanmıştır.

Bil, Andrasik ve Janoska (2013) yaptıkları çalışmada; Kernel yoğunluk analizi metoduyla kümelenme tespitinde prosedür geliştirmek, kümelerin önemi test edilerek en tehlikeli yol kesimlerinin belirlenmişlerdir. Bu amaçla, Çek Cumhuriyetinin doğusunda bulunan kuzey Moravia bölgesinde 2007-2010 yılları arasındaki 7121 trafik kaza verisi ile çalışmalarını sürdürmüşlerdir. Çalışmada Epanechnikov kernel fonksiyonu kullanılmıştır. Ayrıca kümelenme önem derecesi olarak %95 seviyesi kabul edilmiştir. Çalışmada metotların öncelikle örnek modeller üzerinde uygulanması ve sonuçlarına göre kriterlerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Ayrıca çalışmada önerilen metot K-fonksiyon, Hiyerarşik kümelenme, tehlikeli endeks ve kümeleşme metodu ile karşılaştırılmıştır. Çalışma istatistik testi ve kümelenme genişliği hesapları ile Kernel yoğunluk metodunu geliştirmeyi amaçlamıştır. Yol ağı üzerinde tehlikeli bölgelerin çabuk şekilde belirlenebildiği metodun uygulanabilmesi için bir yol kesiminde ilişki içerisinde var olan trafik kazaları ve bu yol kesiminin bilinmesi yeterlidir.

Blazquez ve Celis (2013) yaptıkları çalışmada; 200-2008 yılları arasında Santiago şehrinde meydana gelen yaya çocukların kaza verilerinin mekânsal ve zamansal analizlerini yapmışlardır. İlk olarak Kernel yoğunluk tahmini metodu ile 7 kritik bölge belirlenmiştir. Sonra her bölge için CBS kullanılarak kazaların istatistik önem testi yapılmıştır. Moran's I endeks testi ile de kazaya etki eden günün zaman aralıkları, düz yol kısımları, kavşaklar, trafik ışıkları gibi özelliklere göre mekânsal oto korelasyon belirlenmiştir. Moran's I endeks testine göre yaya kazalarının mekânsal ve zamansal kümelenmesinde yayaların sorumluluğu en büyük etkiyi göstermektedir. Benzer şekilde günün zamanı da mekânsal ve zamansal kümelenme göstermektedir. Kazaların cinsiyet, gün ve yıla göre istatistiksel öneminin olmadığı görülmüştür.

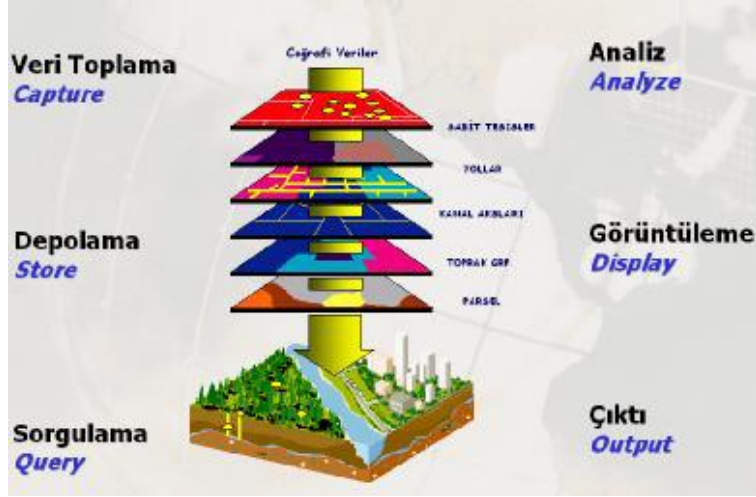
3. MATERYAL VE METOT

3.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi bilgi sistemleri teknolojideki hızlı gelişmelere paralel olarak özellikle son yıllarda hayatımızda çok etkin rol oynamaktadır. Özellikle mekânsal ve mekânsal olmayan pek çok verinin toplanması, depolanması, yönetilmesi ve değerlendirilmesi, analiz edilmesi ve görüntülenmesi işlemlerini bünyesinde barındıran sistemler bütünüdür. Coğrafi bilgi sistemleri bu özellikleriyle dünya üzerindeki karmaşık sorunların çözümüne yönelik mekana dayalı karar verme süreçlerinde kullanıcılara yardımcı olmak üzere, büyük hacimli coğrafi verilerin; toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, mekânsal analizi, sorgulaması ve sunulması fonksiyonlarını yerine getiren donanım, yazılım, personel, coğrafi veri ve yöntem bütünü olarak tanımlanmaktadır (İnt.Kyn.1).

3.1.1 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Fonksiyonları

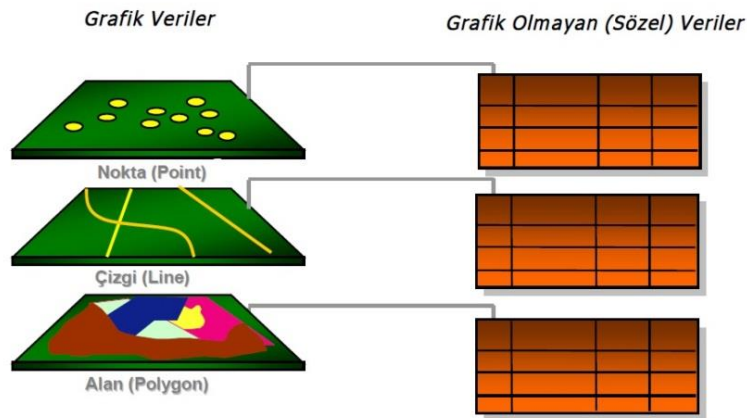
Coğrafi bilgi sistemleri sahip olduğu donanımlarla yeryüzü geometrisini ve üzerinde gelişen olayları haritaya dönüştürebilen ve analiz yapabilen disiplinler arası sistemdir (Yomralıoğlu 2000). Coğrafi bilgi sistemlerini diğer sistemlerden farklı kılan en önemli üstünlüklerinden biri de sahip oldukları fonksiyonlarıdır. Bu fonksiyonlar, veri toplama, depolama, sorgulama, analiz, görüntüleme ve çıktıdır (Kol ve Küpcü 2008) (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Coğrafi bilgi sistemlerinin genel fonksiyonları

3.1.2 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Veri Yapısı

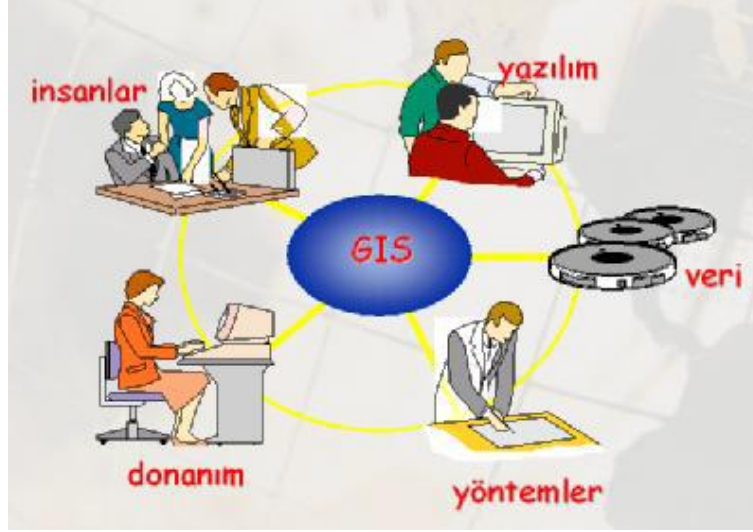
Coğrafi bilgi sistemleri çok büyük miktarda veriyi tutma yeteneğine sahiptir ve bu veriyi kolayca yönetme, paylaşma ve depolama yapabilmektedir (Erdogan vd. 2008). Coğrafi bilgi sistemleri veri yapısı iki gruba ayrılmaktadır. Birinci grup olan grafik veriler nokta, çizgi, alan verilerden oluşmaktadır. Yani bu bilgiler grafik verilerden oluşmaktadır. İkinci grup ise sözel verilerden oluşan grafik olmayan verilerdir. Bu veriler nokta, çizgi ve alan verilerine ait özellikleri barındıran verilerdir (Kol ve Küpcü 2008) (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Coğrafi bilgi sistemlerinde veri yapısı

3.1.3 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Bileşenleri

Coğrafi bilgi sistemlerinin 5 temel bileşeni vardır (Kol ve Küpcü 2008) (Şekil 3.3). Bunlar veri, donanım, yazılım, yöntemler ve insanlardır.



Şekil 3.3 Coğrafi bilgi sistemlerinin bileşenleri

3.1.3.1 Veri

Veri kaynaklarının dağınıklığı, çokluğu ve farklı yapılarda olmaları nedeniyle, CBS'nin elde edilmesi en zor ve en önemli aşaması veri toplama aşamasıdır. CBS kullanılarak mekânsal veri diğer veri kaynaklarıyla birleştirilmekte, kurumlara ait veriler organize edilmekte ve mekânsal veriler bütünleştirilmektedir (Yomralıoğlu 2000).

3.1.3.2 Donanım

Başta bilgisayarlar olmak üzere, verilerinin işlenmesinden çıktıların alınmasına kadar kullanılan tüm araçlar donanım kapsamındadır. Günümüzde yüksek kaliteli görüntü verisini saklamak, yoğun verileri işlemek ve analiz yapmak, çok gelişmiş bilgisayar ve diğer donanım araçlarıyla çalışılmasını zorunlu kılmaktadır.

3.1.3.3 Yazılım

Yazılım CBS'nin diğer önemli unsurudur. CBS'nin verimli kullanılabilmesi, analizlerin doğru ve güvenilir şekilde yapılabilmesi amacıyla yazılım firmaları, üniversite ve diğer kurumlarca sürekli yazılımlar geliştirmeye çalışılmaktadır. ArcGIS, Intergraph, Mapinfo, Idrisi gibi yazılımlar başta olmak üzere pek çok yazılım firması sürekli kendi yazılımlarını güncellemekte, yeni analiz ve uygulamaları ekleyerek kullanıcılarına daha verimli çalışma imkânı sağlamaktadırlar.

3.1.3.4 Yöntemler

CBS'lerinin başarılı olması amacın doğru belirlenmesi ve amaca uygun yöntemin kullanılmasıyla mümkündür. Birçok unsurun birleşimi şeklinde bir yapıya sahip CBS doğru yöntemin kullanılması sonucu başarılı sonuçlar verebilir. Bu amaçla günümüzde pek çok çalışmada farklı yöntemler karşılaştırmalı olarak kullanılmakta ve doğru yöntemlerin bulunması amaçlanmaktadır.

3.1.3.5 İnsanlar

Tüm teknolojiler gibi coğrafi bilgi sistemleri de insanların ihtiyaçları ve talepleri üzerine tasarlanır, üretilir ve uygulanırlar. Bu amaçla insan coğrafi bilgi sistemlerinin merkezi durumundadır. Yine sistemlerin doğru çalışabilmeleri için bilgili ve kalifiye elemanların sistemi sahiplenmeleri ve uygulamaları gerekmektedir. Bunu yanında insanın olduğu her yerde doğası gereği hataların da olacağı unutulmamalıdır.

3.1.4 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Uygulama Alanları

İnsanın, mekânın ve verinin olduğu her yerde uygulanabilen coğrafi bilgi sistemleri gerek duyduğu altyapı ve diğer unsurlarla sağlandığında tüm disiplinlerde uygulama alanı bulabilmektedir. Bu yönüyle CBS ile kurumsal ve özel sektörde, bilimsel araştırmalarda pek çok uygulama yapılmaktadır. CBS'nin kullanıldığı başlıca

uygulamalar;

- Hidroloji uygulamaları
- Uzaktan algılama uygulamaları
- Kamu uygulamaları
- Ekoloji uygulamaları
- Tesis uygulamaları
- Görüntü uygulamaları
- Harita yönetimi
- Meteoroloji uygulamaları
- Doğal kaynak uygulamaları
- Turizm uygulamaları
- Okul ve kampüs uygulamaları

şeklinde sıralanabilir (İnt.Kyn.2).

3.2 Trafik Kazaları

Trafik kazaları karayolu üzerinde hareket halindeki bir veya birden fazla aracın karıştığı yaralanma, ölüm veya zararlı sonuçlanan olaylar olarak tanımlanmaktadır (MEB 2006). Türkiye’de trafik kaza raporları Bölge trafik görevlilerince kayıt altına alınmaktadır. Bu kayıtlar kazanın meydana geldiği gün, saat, kaza kilometresi, yol kodu, yaş, cinsiyet, alkol tüketimi, hava durumu, gündüz-gece durumu, araç tipi, ölü ya da yaralı kişi sayısı gibi kaza verilerini içermektedir (Erdogan vd. 2008).

3.2.1 Trafik Kazalarının Nedenleri

Trafik kazalarının en önemli kaynağı sürücü hataları olmakla birlikte, yayalar, yolcular, yol, çevre gibi pek çok faktör nedeniyle kazalar meydana gelmektedir. Trafik kazalarına neden olan başlıca faktörler;

- 1- Araç kullanırken dikkati dağıtacak şeylerle uğraşmak
- 2- Aşırı hız
- 3- Alkollü araç kullanımı
- 4- Dikkatsiz araç kullanımı

- 5- Yağışlı havalar
- 6- Kırmızı ışııkta geçilmesi
- 7- Dur işaretine uyulmaması
- 8- Ehliyetsiz araç kullanılması
- 9- Gece araç kullanılması
- 10- Yol tasarım kusurları
- 11- Uygunsuz şekilde şerit değiştirilmesi
- 12- Ters yola girilmesi
- 13- Uygunsuz dönüş yapılması
- 14- Takip mesafesinin korunmaması
- 15- İlaç etkisiyle araç kullanma
- 16- Buzlu yollar
- 17- Karlı yollar
- 18- Sürücüler arası yarışılması
- 19- Yolda oluşan çukurlar
- 20- Uykulu şekilde araç kullanılması
- 21- Lastik patlaması
- 22- Sisli havalar
- 23- Ölümcül kavşaklar
- 24- Yolda hayvan geçişi
- 25- Yol yarışları

şeklinde sıralanabilir (İnt.Kyn.3).

Bu sebeplere bakıldığında kazaların pek çok sebebinin olmasıyla birlikte kazaların meydana gelmesinde en önemli faktörün insan olduğu görülmektedir. Trafik güvenliği çalışmalarında yoldaki geometrik özelliklerin etkisi, hava koşulları, ışık etkisi ve coğrafi koşullar gibi unsurların yol güvenliği üzerindeki etkisi niceliksel ve niteliksel olarak araştırılmaktadır (Erdogan vd. 2008).

3.3 Trafik Kaza Analizi

Kaza analizi; meydana gelen kaza sebeplerinin ortaya çıkarılması, analizde öğrenilenlerin aynı veya farklı sistemlerde uygulanarak gelecekte olması mümkün kazaların önlenmesidir (Stringfellow 2010). Trafik kazalarının insanlara ve ülkelere çok önemli zararlar vermeye başlamasıyla trafik kazalarının sebeplerinin doğru anlaşılması, etkili analiz yöntemlerinin uygulanması ve sonuçlarının kazaların oluşumunu engellemesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Trafik kurumlarının karşılaştıkları en önemli problem tedbirlerin ve cezaların nerede ve nasıl uygulanacağıdır. Bu sebeple trafik kurumlarının referans olarak alabileceği kaza analiz çalışmaları kara nokta olarak adlandırılan otoyollarda güvenlik eksiği olan yerleri ve yüksek kaza oranı olan yerlerin belirlenmesini amaçlar (Erdogan vd. 2008). Analiz çalışmalarının sonuçlarına göre belirlenen kara noktalarda yetkililerce alınacak uygun güvenlik önlemleri ile olası kazaların önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Trafik kazalarında uygulanan analizler; kavşak analizi, yol kesim analizi, kümelenme analizi, yoğunluk analizi, desen analizi, yakınlık analizleri, mekânsal sorgu analizi ve mekânsal kaza analizi modelleme teknikleridir (Erdogan vd. 2008). Ancak bu analizlerin başarılı olabilmesi trafik kaza kayıtlarının doğru tutulmasına ve sisteme doğru aktarılmasına bağlıdır.

3.3.1 Kara Nokta

Kara nokta, kaza ve suç olayları gibi olumsuz olayların bir bölgede beklenen değerden daha fazla meydana gelmesi veya insanların ölüm, yaralanma ve mal kaybı gibi risklerinin ortalama değerden fazla olduğu yerlerdir (Eck 2005). Kara nokta analizi kaza olaylarının sıra dışı yoğunlaştığı yerlerin belirlenmesine yardım etmeyi amaçlamaktadır (Erdogan vd. 2008). Kara noktaların belirlenmesinde genellikle kullanılan 3 kriter;

- 1- Kaza sayısı
- 2- Mekânsal ilişki
- 3- Zamansal ilişki

Kara nokta belirlemek için geliştirilmiş olan analiz teknikleri bu kriterlere göre şekillendirilmişlerdir.

3.3.2 Kara Nokta Analizinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı

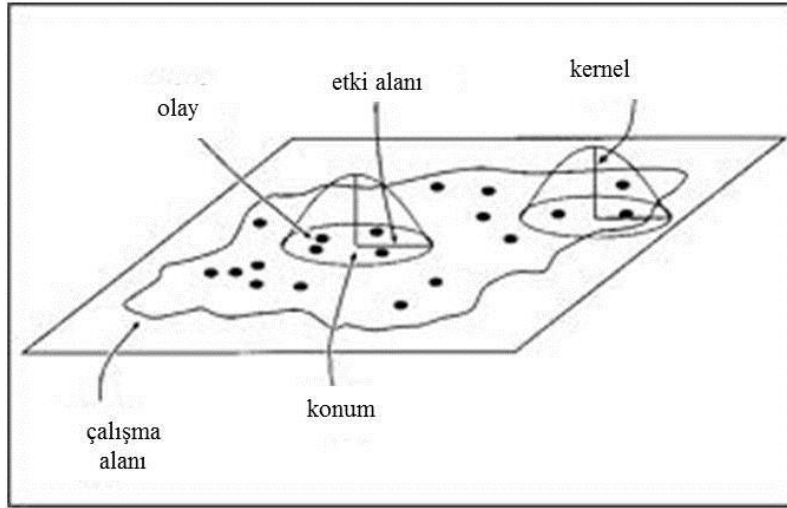
Trafik kazalarının azaltılması amacıyla önlem alabilmek için kazanın nerede olduğunun bilinmesi gerektiğinden CBS teknolojisi kaza analizlerinde vazgeçilmezdir. Bu sebeple CBS teknolojisi, otoyollardaki kara noktaların analizi ve kaza verisinin görselleştirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. CBS tabanlı kaza bilgi sistemleri, mekânsal olmayan veri tabanıyla belirlenemeyecek mekânsal olaylar arasındaki ilişkinin belirlenmesine imkân sağlamaktadır (Erdoğan vd. 2008). 1990'lı yıllardan beri kullanılmakta olan CBS teknolojileri, trafik kazalarının belirlenme ihtiyacının doğmasıyla birlikte bu konuda da uygulama alanları bulmuştur. Günümüzde mekânsal modelin belirlenmesi amacıyla bir grup CBS yazılımı, mekânsal analiz ve kara nokta tespiti için yeterli kapasiteye sahiptirler. Bu amaçla kullanılan en popüler yazılımlar ArcGIS, LISA, Levine's CrimeStat ve SANET gibi yazılımlar olup, kaza ve suç verilerinin analizlerin yapılmasına olanak sağlamışlardır.

3.4 Mekânsal Analiz

Mekânsal analiz çalışılan bir konu için, meydana gelen olayların yerlerinin belirlenmesi ve bu olaylar yerleri göz önüne alınarak, aralarındaki ilişkinin belirlenmesi açısından önemlidir (Erdogan vd. 2008). CBS teknolojisinin uygulanması sonucu elde edilen çözümlerin kullanılmasıyla trafik kazalarının mekânsal ve zamansal analizleri yapılabilmektedir (Prasannakumar *et al.* 2011). Kazaların mekânsal kümelenmesinin değerlendirilmesi ve kara noktaların mekânsal yoğunluklarının belirlenmesinde sıklıkla Kernel yoğunluk fonksiyonu, Getis Ord G_i^* istatistikleri ve mekânsal oto korelasyon metotlarından Moran's I yöntemi kullanılmaktadır (Prasannakumar *et al.* 2011). Bu çalışmada bu üç yöntem ArcGIS 10.0 programıyla uygulanmıştır. Nokta desen analizleri genel olarak iki gruba ayrılmaktadır. Birincisi Kernel yoğunluk tahmini gibi işlemin ortalama değerinden olan farkları ölçen yöntemler, ikincisi ise Moran's I ve G_i^* gibi mekânsal örnekler için mekânsal bağımsızlığı ölçen yöntemlerdir (Manepalli *et al.* 2008).

3.4.1 Kernel Yoğunluğu Tahmini

Kernel yoğunluğu; nokta veya doğru parçaları için kullanılmaktadır. Kernel fonksiyonuyla seçilen yarıçap içerisinde kalan elemanlar kullanılarak birim alan başına bir büyüklük hesaplanır ve düzgün konik bir yüzey oluşturulur (İnt.Kyn.4). Kavramsal olarak düzgün bir eğri yüzey her noktaya uygulanmaktadır (Erdogan *et al.* 2008). Yüzeyin değeri yarıçap değerinin merkezinde en üst seviyededir ve bu değer merkezden uzaklaştıkça sıfır değerine ulaşır (Erdogan *et al.* 2008). Kernel yoğunluk fonksiyonu çıktısı meydana gelen kazaların düşük ve yüksek kümelenme alanlarını raster biçiminde gösterir (Prasannakumar *et al.* 2011).



Şekil 3.4 Kernel fonksiyonunun temeli

Çekirdek yoğunluk tahmini rastlantısal değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonunu belirlemek için parametrik olmayan bir yoldur (Wikipedi.org). Pek çok farklı kernel fonksiyonu tanımlanmıştır. Kernel fonksiyonları tek modlu, model olarak simetrik ve genellikle sürekli fonksiyonlardır (Okabe *et al.* 2009, Bil *et al.* 2013). Bunlardan bazıları uniform, triangle, Epanechnikov, quartic, tricube, triweight, Gaussian, and cosine fonksiyonlarıdır. Çok değişkenli kernel fonksiyonu K kernel, h bant genişliği, X çok değişkenli veri seti olmak üzere;

$$f(x) = \frac{1}{nh^d} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{1}{h}(x - X_i)\right) \quad (3.1)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

Analizlerde kullanılan ArcGIS programı Kernel Yoğunluk analizi için Epanechnikov Kernel yoğunluk fonksiyonunu kullanmaktadır. Bu fonksiyon;

$$K_e(x) = \begin{cases} \frac{1}{2} c_d^{-1} (d + 2) (1 - x^T x) & \text{eğer } x^T x < 1 \text{ ise} \\ 0 & \text{değilse} \end{cases} \quad (3.2)$$

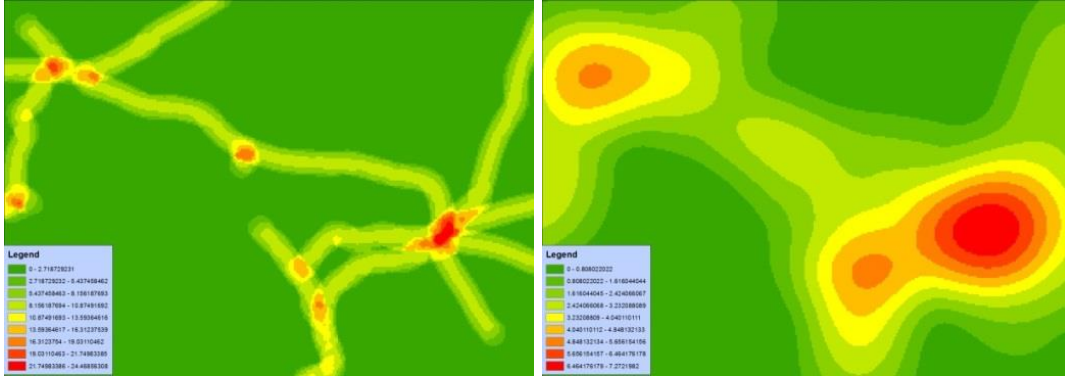
olarak tanımlanmıştır. $d=2$ seçilmesi durumunda

$$K_2(x) = \begin{cases} 3\pi^{-1} (1 - x^T x)^2 & \text{eğer } x^T x < 1 \text{ ise} \\ 0 & \text{değilse} \end{cases} \quad (3.3)$$

olarak tanımlanmaktadır. Burada $K(x)$ Kernel fonksiyonu, d boyut, c_d d boyutlu küre biriminin hacmi, x çoklu veri setidir.

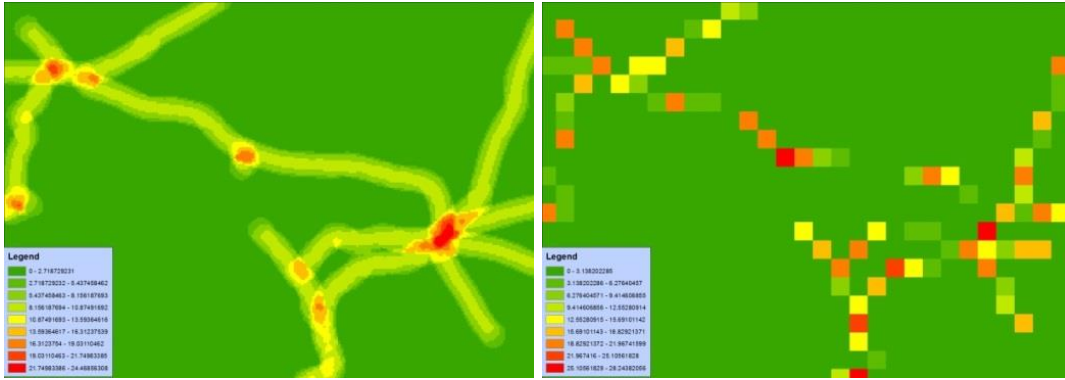
Kernel Yoğunluk fonksiyonunun görsel olarak anlamlı olması etki alanı ve hücre büyüklüğü parametrenin doğru belirlenmesine bağlıdır (Blazquez *et al.* 2013).

Etki Alanı: Etki alanı yoğunluk hesaplamak için kullanılmaktadır. Yarıçap değeri hangi yarıçapta arama yapılacağını belirler. Bu yarıçap değeri içerisindeki tüm noktalar hesaba katılarak sonuçta oluşacak raster hücrelerinin değeri belirlenir. Yarıçap değerinin büyük seçilmesi raster değerlerinin daha yumuşak görünümde olmasını sağlamaktadır. Yarıçap değerlerinin küçük seçilmesi ise daha fazla detay gösterilmesi anlamına gelmektedir.



Şekil 3.5 Aynı veri seti için hücre büyüklükleri aynı, solda etki alanı 5 km olan Kernel yoğunluk tahmini görüntüsü ile sağda etki alanı 50 km olan Kernel yoğunluk tahmini görüntüsünün karşılaştırılması

Hücre Büyüklüğü: Çıktı hücre büyüklüğü için özel bir değer girilebilir veya programın bir değer ataması beklenebilir. Verilen değer çıktı yüzeyindeki bir hücrenin bir kenarının uzunluğunu göstermektedir. Eğer hesaplanacak bir noktanın belirlenmiş yarıçapa göre komşuluk ilişkisi içerisinde hiçbir nokta yok ise bu hücreler veri yok şeklinde adlandırılır.



Şekil 3.6 Aynı veri seti için etki alanları aynı, hücre büyüklüğü 1 km olan Kernel yoğunluk tahmini görüntüsü ile hücre büyüklüğü 10 km olan Kernel yoğunluk tahmini görüntüsünün karşılaştırılması

Kernel yoğunluk metodunun en önemli avantajı, kümelenme yöntemlerinin aksine, kazaların tam yeri hakkındaki belirsizliği kaza riskinin yayılması anlamına gelen çekirdeğin bant genişliği ile açıklıyor olmasıdır (Bil *et al.* 2013). Ayrıca yöntem görsel olarak hoş ve anlaşılırdır. Bu yöntemin dezavantajı sonuç kümelenme sonuçlarının istatistiksel öneminin belirlenmemesi, yani yöntemin önem testinin olmamasıdır (Bil *et al.* 2013). Ayrıca belirlenen bölgeler ile diğer bölgeler arasında belirgin bir sınır olmamakta ve sayıca kaç tane kara nokta olduğu söylenememektedir.

3.4.2 Getis-Ord G_i^* Mekânsal İstatistik Yöntemi

Getis-Ord G_i^* genel G istatistiğinin bölgesel versiyonudur. Kara nokta analiz aracı bir veri setindeki her özellik için Getis-Ord G_i^* istatistiği hesaplamaktadır. G_i^* istatistiği yerel ortalama ile genel ortalamaı karşılaştırır. G_i^* belirli bir d mesafesindeki tüm değerleri düşünerek hesap yapmaktadır. Sonuçta ortaya çıkan z sayısı ve p değeri yüksek ve düşük değerlikteki özelliklerin mekânsal olarak nerede kümelenmiş olduğunu göstermektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Getis-Ord G_i^* metodunun z-sayısı ve p-değerine bağlı gösterimi

Bu araç komşuluk ilişkisine bağlı olarak her bir özelliğin dağılımına bakarak çalışmaktadır (Prasannakumar *et al.* 2011). Yüksek değerdeki bir özellik dikkat çekici olabilir, fakat istatistiksel olarak kara nokta olmayabilir. Getis-Ord G_i^* metodu her nesnenin özellik değerleri komşusu olduğu nesnelere özellikleriyle karşılaştırılarak değerler bulunur. Çalışma alanındaki hedef özellik değeri analiz edilerek nerelerde yüksek değerlerin kümelenmiş olduğunu, nerelerde düşük değerlerin kümelenmiş olduğunu gösterir. İstatistiksel olarak kara nokta olabilmesi için yüksek değerlerin yüksek değerlerle, düşük değerlerin düşük değerlerle çevrili olması gerekir (Prasannakumar *et al.* 2011). Gözlenen toplam değer beklenen değerden çok fazla ise istatistiksel olarak anlamlı bir z sayısının oluştuğu söylenebilir.

Getis-Ord istatistiği aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=0}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=0}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2]}{n-1}}} \quad (3.4)$$

Burada x_j , j nesnesi için öznitelik değeri, $w_{i,j}$ i ve j nesneleri arasında mekânsal ağırlık, n özelliklerin sayısıdır.

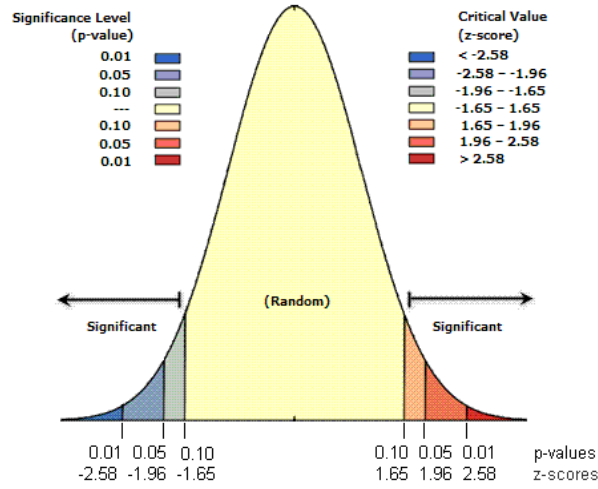
$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (3.5)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \quad (3.6)$$

z-sayısı ve p-değeri:

Sıfır hipotezine göre i yerindeki değer ile i yerine d mesafesinde komşusu olan j lerdeki değer arasında ilişki yoktur. Yani, örneklemden elde edilen ortalama ile ana kütleyle ait ortalamanın farkı "sıfır", "0" sayılabilir. Bu görüş savunulurken istatistiksel güvenilirlik denilen (%99 veya %95) doğruluk değeri göz önüne alınır. Zaten yapılan işlemlerden sonra farkın çok küçük de olsa sıfırdan farklı olduğu görülür (İnt.Kyn.1).

Çoğu istatistik testi sıfır hipotezi ile başlamaktadır. z sayısı ve p değeri sıfır hipotezini reddedip edemeyeceğimizi göstermektedir. Genellikle bir örneklemin analizini yaptığımızda z sayısının ve p değerinin sıfır hipotezini reddedeceğini göstermesini bekleriz, çünkü veriler rastlantısal örneklem değil de istatistiksel olarak kümelenmiş veya dağınıktırlar. p değeri olasılıktır. p değerinin çok küçük olması küçük olasılıktır ki gözlenen mekânsal örneklem rastgele yöntemin sonucu demektir, bu yüzden sıfır hipotezi reddedilebilir. z sayısı standart sapmadır. Eğer z sayısı +2,5 olursa, standart sapmanın 2,5 olduğu söylenebilir. z sayısı ve p değeri şekildeki standart normal dağılımla alakalıdır (İnt.Kyn.4).



Şekil 3.8 z-sayısı ve p-değerinin anlamlılık grafiği

Çok büyük veya çok küçük z sayıları çok küçük p değerlerine karşılık gelmektedir ve şekilden de görüleceği gibi normal dağılımın en uç noktalarındadırlar (Şekil 3.10). Yapılan analiz çok küçük p değeri ve çok büyük veya çok küçük z sayısı ile sonuçlanırsa bu sıfır hipotezinin reddedildiği anlamına gelmektedir. Sonuç olarak işlem yapmadan önce güven düzeyini seçmeliyiz. Genel güven düzeyleri %90, 95, 99 dur. Güven düzeyinin %99 olması en garanti durumdur. Bu durum örneklemin %1'den daha az olasılıkla rastlantısal olmadıkça sıfır hipotezini reddetmeye uygun olmayacağını göstermektedir.

Çizelge 3.1 z-sayısı ve p-değeri güven düzeyi tablosu

z-sayısı (Standart Sapma)	p-değeri (Olasılık)	Güven Düzeyi
< -1.65 veya > +1.65	< 0.10	90%
< -1.96 veya > +1.96	< 0.05	95%
< -2.58 veya > +2.58	< 0.01	99%

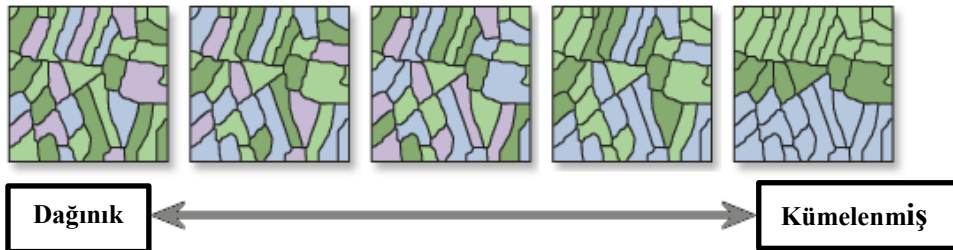
G_i^* istatistiğinde veri setindeki her nesne için z sayısı hesaplanmaktadır. + z sayılarının istatistiki olarak önemli olabilmesi için + değerlikteki z sayılarının yoğun şekilde kümelenmiş olmaları gerekir. Buna yüksek değerlerin toplanması denir (sıcak nokta). – değerlikteki z sayılarının istatistiksel olarak önemli olabilmesi için – değerlikteki z sayılarının kümelenmiş olması gerekmektedir (cold spot) (İnt. Kyn. 4).

ArcGIS yazılımında yapılan analiz sonucu olarak GiZ ve GiP değerleri raporlanmaktadır. Bu değerler mekânsal olarak kümelenmiş değerlerin istatistiki önemini, verilen mekânsal ilişkinin kavramsallaştırılmasını ve analiz ölçeğini göstermektedir (Prasannakumar *et al.* 2011). Bir özellik için pozitif yüksek GiZ sayısı ve küçük GiP değeri yüksek değerlerin mekânsal olarak kümelenmiş olduğunu gösterirken, yüksek negatif GiZ sayısı ve küçük GiP değeri düşük değerlerin mekânsal olarak kümelenmiş olduğunu göstermektedir (Prasannakumar *et al.* 2011).

Getis-Ord G_i^* mekânsal istatistik yönteminde hücrenin kendisinden çok komşuları önemlidir. Çünkü komşuları ile olan farklar direk olarak alınarak hesaplanır. Kernel yoğunluk metodunun aksine istatistiksel olarak önemli bir yöntemdir. Ancak negatif mekânsal oto korelasyonun ihmal edilmesi durumunda yöntemin kullanılması kullanışlıdır. Ayrıca görsel olarak Kernel yoğunluk metodu kadar cazip bir metot değildir.

3.4.3 Moran's I Mekânsal Otokorelasyon Yöntemi

Mekânsal oto korelasyon ilgilenilen özellikler arasındaki mekânsal bağımlılığını belirlemek ve her özelliğe göre kümelenmenin istatistiksel olarak önemini araştırmak için kullanılmaktadır (Blazquez *et al.* 2013). Moran's I dünya çapındaki en eski mekânsal oto korelasyon yöntemlerinden biridir ve hala mekânsal oto korelasyon belirlemede kullanılmaktadır (Prasannakumar *et al.* 2011). Moran's I mekânsal oto korelasyon yöntemi nesnenin konumuna ve nesnenin değerine bağlı olarak eşzamanlı çalışmaktadır (Prasannakumar *et al.* 2011). Verilen veri seti ve ilgili özneliğine göre verileri kümelenmiş, dağınık veya rastlantısal olup olmadığını göstermektedir (İnt.Kyn.4).



Şekil 3.9 Moran's I metodu kümelenme gösterimi

Herhangi bir yerdeki değişkenlerin değerleri ile diğer tüm çalışma alanındaki değerleri karşılaştırarak çalışır (Prasannakumar *et al.* 2011). Araç Moran's I katsayı değerini hesaplar ve hem z sayısını hem de p değerini kullanarak bu katsayının önemini değerlendirir (şekil 3.11). p değerleri test istatistiğince sınırlandırılmış bilinen bir dağılım için eğrinin altındaki alanın sayısal yaklaşımıdır. Genelde, endeks değeri +1 civarında pozitif korelasyon yani kümelenme gösterirken, -1 civarında negatif korelasyon yani dağılım özelliği göstermektedir (Prasannakumar *et al.* 2011). Moran's I değerinin 0'a yakın olması mekânsal olarak rastlantısal desen gösterdiği anlamına gelmektedir (Blazquez *et al.* 2013)

Mekânsal oto korelasyon için Moran's I istatistiği:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x}) z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.7)$$

$w_{i,j}$ i ve j değerleri arasındaki mesafenin tersiyle orantılı mekânsal ağırlık matrisi, n özeliklerin sayı toplamı ve S_0 mekânsal ağırlıkların tamamının toplamı:

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} \quad (3.8)$$

İstatistiksel z_I sayısı şöyle hesaplanır:

$$z_I = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}} \quad (3.9)$$

dır. Burada

$$E[I] = -1/(n - 1) \quad (3.10)$$

$$V[I] = E[I^2] - E[I]^2 \quad (3.11)$$

şeklinde bulunur.

3.4.3.1 Anselin Yerel Moran's I Mekansal İstatistiği

Moran's I endeksi genel ölçekli olup çalışma alanının dağılımının mekâna bağlılık düzeyini ölçmektedir. Fakat alan içerisinde dağılımın nerelerde kümелendiğini göstermemektedir. Bu sebeple bölgesel ölçekteki dağılımın mekânsal analizini yapabilmek için Anselin yerel Moran's I endeksi geliştirilmiştir. Ağırlıklı bir dizi özelliğın istatistiksel olarak sıcak, soğuk ve mekânsal aykırılıkta olması Anselin bölgesel Moran's I mekânsal istatistiği kullanılarak belirlenebilir (İnt. Kyn. 4).



Şekil 3.10 Anselin yerel Moran's I metodu kümelenme gösterimi

Kümelenme ve aykırılık analizi ağırlıklı bir dizi özelliğın benzer büyüklükteki değışken değeri ile özelliklerin mekânsal kümelenmesini belirler. Bu araç ayrıca mekânsal aykırılıkları da hesaplar. Bunu yapmak için yerel Moran's I değeri, z sayısını, p değeri hesaplar ve her özellik için kümelenme değeri gösterir. z sayısı ve p değeri hesaplanan endeks değeri istatistiksel önemini gösterir (Şekil 3.10).

Yerel Moran's I istatistiği aşağıdaki formülle gösterilir:

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

x_i i özelliğinin özniteliği, \bar{X} özniteliklerin ortalaması, w_{ij} i ve j yerleri arasındaki mekânsal ağırlıktır.

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

n özellikleri sayısal toplamıdır.

$$z_{I_i} = \frac{I_i - E[I_i]}{\sqrt{V[I_i]}} \quad (3.14)$$

$$E[I_i] = -\frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n 1}{n-1} \quad (3.15)$$

$$V[I_i] = E[I_i^2] - E[I_i]^2 \quad (3.16)$$

Pozitif I değeri özellik ve komşu özelliklerinin benzer şekilde düşük veya yüksek değerde olduğunu ve kümelenme olduğunu gösterir. Negatif I değeri özellik ve komşularının farklı değerlikte olduklarını gösterir, aykırılık söz konusudur.

İşlem sonucunda kümelenme ve aykırılık istatistiksel olarak ayrılmıştır, yüksek değerlerin kümelenmesi (HH), düşük değerlerin kümelenmesi (LL), yüksek değerlerin düşük değerlerle çevrili olması (HL) aykırılık, düşük değerlerin yüksek değerlerle çevrili olması (LH) aykırılık göstermektedir.

Getis-Ord G_i^* sıcak ve soğuk noktaları bulmada oldukça etkilidir. Ancak sadece Anselin yerel Moran's I yöntemi negatif oto korelasyonu hesaplar ve istatistiksel önemdeki aykırılıkları belirler. Anselin yerel Moran's I tüm komşu değerlerle ortalama hesaplar ve tüm komşu değerleri bu ortalamadan çıkararak çalışır. Bu nedenle bu yöntemin komşuları ile olan benzerliğe bakarak çalıştığı söylenebilir.

3.5 UYGULAMA

Bu araştırmada, Karayolları sorumluluk sınırlarındaki, Afyonkarahisar ve Konya şehir sınırları içerisinde bulunan 260-01, 260-02, 300-07, 300-08, 300-09, 300-10, 300-11, 300-12, 300-13, 320-05, 330-11, 330-12, 330-13, 330-14, 330-15, 350-09, 625-03, 650-08, 650-09, 650-10, 695-04, 695-07, 695-08, 695-09, 696-01, 715-01, 715-02, 715-03, 715-04 ve 715-05 kesim no'lu yollarda 2005-2011 yılları arasında meydana gelmiş olan trafik kaza verileri incelenmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.11 Çalışma alanı

Bu incelemelerde Karayolları Genel Müdürlüğünden (KGM) alınan 2005 yılında 1138 kaza, 2006 yılında 1231 kaza, 2007 yılında 1328 kaza, 2008 yılında 1212 kaza, 2009 yılında 1322 kaza, 2010 yılında 1372 kaza ve 2011 yılında 1614 kaza verisi kullanılmıştır. Bu veriler EGM Trafik Şubelerince tutulan trafik kazaları tespit tutanaklarında bulunan verilerdir. Bu tutanaklarda karayolunun yol numarası, karayolu kontrol kesim numarası, yolun kilometresi, metresi, kazanın olduğu ay, kazanın olduğu gün, kazanın olduğu saat, kazanın oluş türü, kazanın yatay ve düşey geometrisi, kavşak durumu, geçit durumu, yol yüzeyinin durumu, yol kaplama cinsi, kaza sonucu ölü ve yaralı sayıları verileri bulunmaktadır (Şekil 3.11).

OBJECTID*	SHAPE*	Kazalid	KazaTarih	Kazayili	KazaAyi	KazaGunu	KazaHaftaG	Saat	KazaYeri	YerYerDis	YolBolumu	YolNo_Kcal	Km	Metre	AracSayisi	OlusTuru	HavaDurumu	Gur
1	Point	11961	20111206	2011	12	6	0	14:35	4	2	1	330-14	31	600	1	9	1	1
2	Point	76396	20110228	2011	2	28	0	14:10	4	2	1	330-14	61	250	1	8	4	1
3	Point	41258	20110305	2011	3	5	0	19:35	4	2	1	300-07	28	400	1	9	1	2
4	Point	11621	20110622	2011	6	22	0	21:40	4	1	1	300-07	13	600	4	3	1	2
5	Point	107486	20110817	2011	8	17	0	11:05	4	2	1	330-14	59	700	1	9	1	1
6	Point	63236	20110702	2011	7	2	0	04:20	4	2	1	330-14	66	900	1	9	1	2
7	Point	48986	20110127	2011	1	27	0	06:20	4	2	1	300-13	23	950	1	9	1	3
8	Point	74377	20111104	2011	11	4	0	23:00	4	2	1	300-13	47	550	1	9	4	2
9	Point	96857	20110702	2011	7	2	0	05:30	4	2	1	260-01	6	150	1	5	1	3
10	Point	36964	20110915	2011	9	15	0	14:40	4	1	1	260-01	18	800	1	9	1	1
11	Point	99661	20110404	2011	4	4	0	07:30	4	2	1	300-13	12	100	4	3	1	1
12	Point	10406	20110506	2011	5	6	0	07:30	4	2	1	300-13	23	200	1	9	4	1
13	Point	92409	20110522	2011	5	22	0	07:00	4	2	1	300-13	69	800	1	9	1	1
14	Point	89509	20110620	2011	6	20	0	05:10	4	2	1	300-13	5	600	1	5	1	1
15	Point	87169	20110716	2011	7	16	0	22:25	4	1	1	650-09	37	400	2	3	1	2
16	Point	71442	20111205	2011	12	5	0	18:00	4	2	1	260-01	9	0	1	9	1	2
17	Point	18204	20110223	2011	2	23	0	20:20	4	1	1	695-04	0	0	1	8	2	2
18	Point	59005	20110827	2011	8	27	0	12:30	4	1	1	260-01	20	500	4	3	1	1
19	Point	50426	20110715	2011	7	15	0	16:50	4	2	1	260-01	14	100	3	3	1	1
20	Point	109758	20110822	2011	8	22	0	13:55	4	2	1	650-09	15	400	1	9	1	1
21	Point	47527	20110430	2011	4	30	0	11:50	4	2	1	650-09	43	300	1	9	2	1
22	Point	10435	20111225	2011	12	25	0	08:10	4	1	2	300-09	19	50	1	9	5	1
23	Point	5886	20111015	2011	10	15	0	11:45	4	2	2	300-09	26	0	3	3	1	1
24	Point	32827	20110206	2011	2	6	0	15:15	4	2	1	320-05	36	800	1	9	1	1
25	Point	96240	20110307	2011	3	7	0	07:40	4	2	1	320-05	29	400	1	8	4	1
26	Point	96290	20110810	2011	8	10	0	04:50	4	1	2	695-08	37	400	2	2	1	2
27	Point	43025	20110517	2011	5	17	0	01:10	4	1	1	695-08	35	800	2	3	1	2
28	Point	27085	20110214	2011	2	14	0	04:45	4	2	1	260-02	17	700	1	5	1	2
29	Point	81653	20111007	2011	10	7	0	05:55	4	2	1	260-02	17	900	1	9	1	2
30	Point	91272	20110824	2011	8	24	0	20:50	4	2	1	300-08	48	400	3	9	1	2
31	Point	17211	20110621	2011	6	21	0	23:05	4	2	1	300-08	20	0	1	9	1	2
32	Point	85135	20110512	2011	5	12	0	22:00	4	2	1	300-08	43	500	1	8	4	2

Şekil 3.12 Trafik kaza verileri

Tüm kaza verilerinin öncelikle zamansal analizleri yapılmıştır. Daha sonra Kernel Yoğunluk tahmini, Getis-Ord G_i^* ve Moran's I mekânsal analiz yöntemleriyle mekânsal analizleri yapılmıştır. Mekânsal analizler sonucu kara nokta olduğu düşünülen yol kesimleri detaylı olarak incelenmiştir.

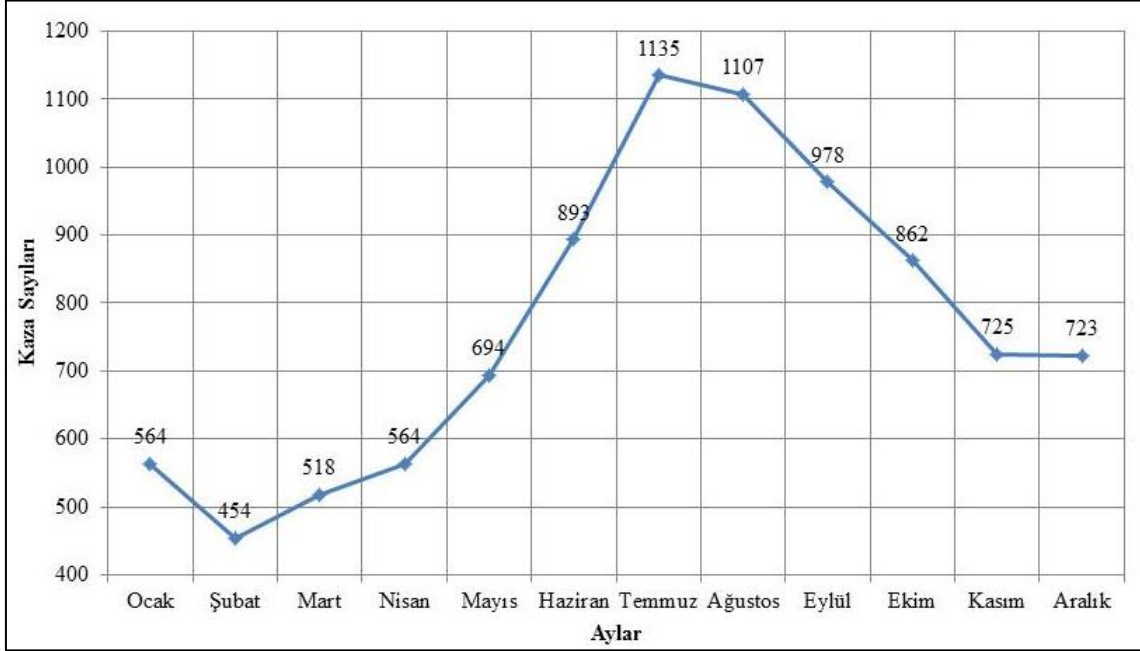
3.5.1 Trafik Kazalarının Zamansal Analizi

Çalışmanın bu bölümünde çalışma alanı içerisinde 2005-2011 yılları arasında meydana gelmiş olan trafik kazalarının aylara, günlere ve saatlere göre zamansal analizleri yapılmıştır. Trafik kazalarının rastlantısal olarak gerçekleşmiş olmaları durumunda zamana göre dağılımının kümelenmiş olmaması beklenir. Fakat trafik kazaları pek çok çevresel faktörden etkilenmekte ve bu durum trafik kazalarının beklenen dağılımda olmamasını sağlamaktadır.

3.5.1.1 Trafik Kazalarının Aylara Göre Analizi

Çalışma alanı içerisinde meydana gelen kazaların aylara göre dağılımları incelendiğinde özellikle temmuz ve ağustos aylarında kış aylarına göre çok fazla kaza meydana geldiği görülmektedir (Şekil 3.12). Bu durumun tatil yolları üzerinde bulunan Konya ve

Afyonkarahisar illerinin yaz aylarında tatile giden araçların oluşturduğu yoğun trafikten kaynaklandığı düşünülmektedir.

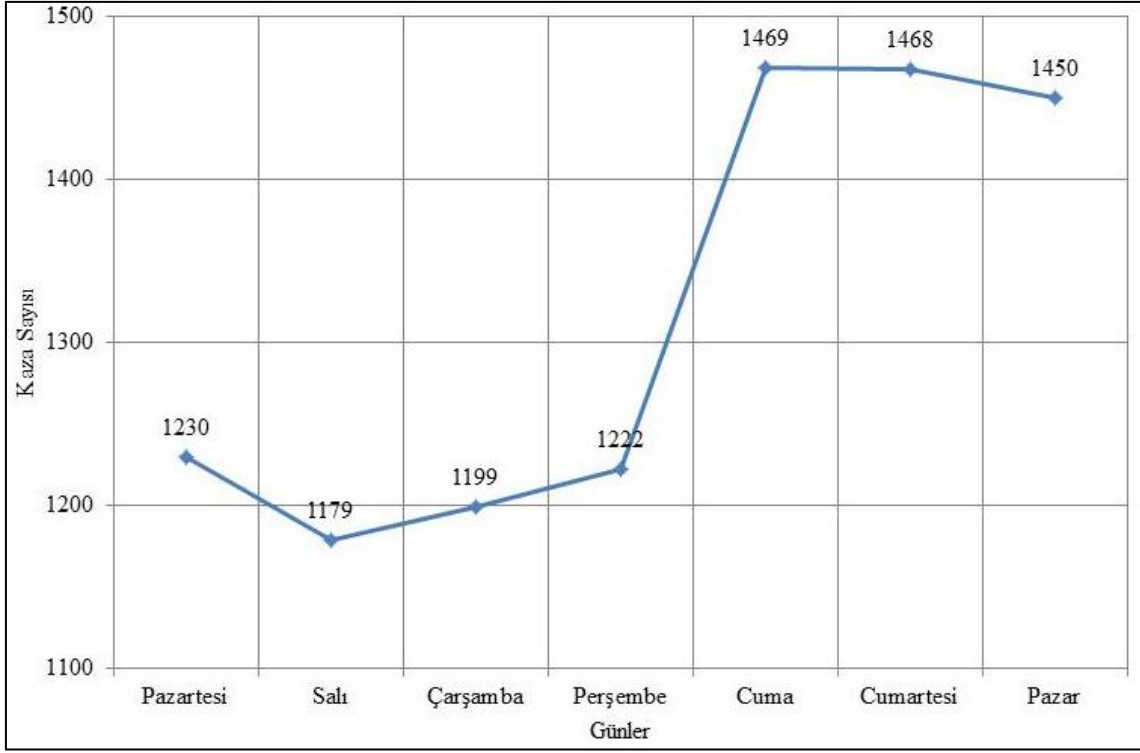


Şekil 3.13 Aylara göre trafik kazaları

Ayrıca Ekim, Kasım ve Aralık aylarında meydana gelen trafik kazalarının Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında meydana gelen trafik kazalarından fazla olmasının Ramazan ve Kurban bayramlarının 2005-2011 yılları arasında Ekim, Kasım ve Aralık aylarında olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.5.1.2 Trafik Kazalarının Günlere Göre Analizi

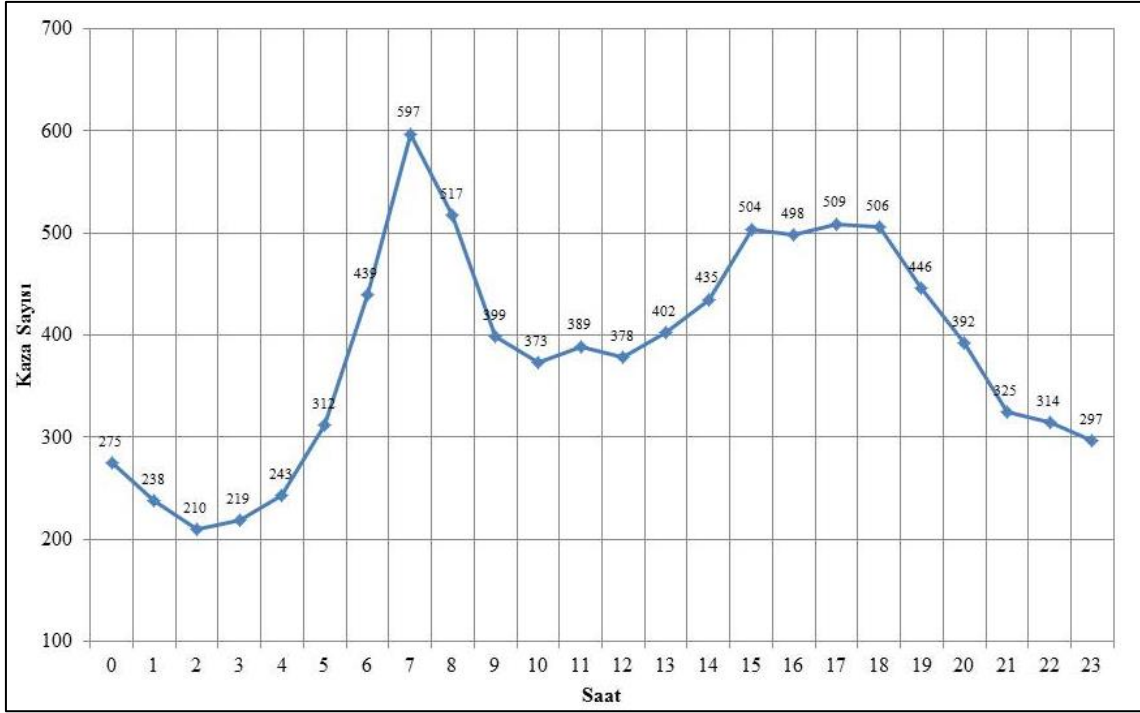
Çalışma alanında meydana gelen kazaların günlere göre dağılımları incelendiğinde özellikle Cuma, Cumartesi ve Pazar günlerinde diğer günlere göre kazaların arttığı görülmektedir (Şekil 3.13). Bu durumun tatil yolları üzerinde bulunan Konya ve Afyonkarahisar illerinde hafta sonu tatile giden araçların oluşturduğu yoğun trafikten kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 3.14 Günlere göre trafik kazaları

3.5.1.3 Trafik Kazalarının Saatlere Göre Analizi

Çalışma alanında meydana gelmiş olan trafik kazalarının meydana geliş saatlerine göre dağılımları incelendiğinde kazaların sabah 06, 07 ve 08 saatleri ile 15, 16, 17 ve 18 saatlerinde artış gösterdikleri görülmektedir (Şekil 3.14).



Şekil 3.15 Saatlere göre trafik kazaları

Şehir içlerinde sabah trafiğinin saat 7-8 gibi yoğunlaşması beklenirken tarım alanlarının fazla olduğu bölgede sabah saat 6'dan itibaren trafiğin yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca bölgede traktörler ile patpat denilen kontrolü zor araçların fazlaca kullanıldığı ve bu araçların sıkça kazalara karıştıkları bilinmektedir. Dolayısı ile trafik kazalarının sabah erken saatlerde artması mümkün olmaktadır. Akşam ise 15-18 saatleri arasında ise hem iş dönüşü hem de tarla dönüşü saatlerinin çakıştığı ve trafiğin yoğun olduğu saatlerdir. Bu sebeple bu saatlerde trafik kazalarının arttığı düşünülmektedir.

3.5.2 Trafik Kazalarının Mekânsal Analizi

Çalışmada ArcGIS 10.0 yazılımı kullanılmıştır. Öncelikle çalışma alanındaki tüm yollar, KGM'nin yol tanımına uygun olarak başlangıç ve bitiş noktaları ile WGS-84 elipsoidinde tanımlanmıştır. Böylece Karayolları Genel Müdürlüğünden alınan veriler ile yol tanımları uyumlu hale getirilmiştir. Sonrasında 2005-2011 yılları arasında Afyonkarahisar ve Konya ili karayollarında meydana gelen toplam 9217 kaza verisi kilometre ve metre değerlerine göre yolların üzerine eklenmiştir. Yollar Getis-Ord Gi* ve Moran's I metotlarının uygulanabilmesi için yaklaşık 1 kilometrelik parçalara

ayrılmış ve her bir parça üzerine denk düşey kaza verileri collect events fonksiyonu kullanılarak ilgili yol parçası ile ilişkilendirilmiştir.

3.5.2.1 Kernel Yoğunluk Tahmini Metodunun Uygulanması

Bu çalışmada kernel yoğunluk tahmininin tematik eşik ayarlarının standart hale getirilmesi için ortalama grid hücrelerinin artan çarpanları kullanılmıştır (Chainey *et al.* 2002, Eck *et al.* 2005, Erdogan *et al.* 2008).



Şekil 3.16 2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi

Bölgede 0 değerlikteki yerlerin hesaba katılması istenmediğinden yolun sağında ve solunda 100'er metre genişliğinde tampon bölge (buffer) oluşturulmuştur. Sonrasında bu bölge kes (clip) fonksiyonu ile kesilmiş ve bu alan içerisinde kalan değerlerin ortalaması ArcGIS istatistik aracı Kernel Yoğunluk fonksiyonu kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda 2005 yılında meydana gelmiş olan 1138 trafik kazası

(Şekil 3.15), 2006 yılında meydana gelmiş olan 1231 trafik kazası (Şekil 3.16), 2007 yılında meydana gelmiş olan 1328 trafik kazası (Şekil 3.17), 2008 yılında meydana gelmiş olan 1212 trafik kazası (Şekil 3.18), 2009 yılında meydana gelmiş olan 1322 trafik kazası (Şekil 3.19), 2010 yılında meydana gelmiş olan 1372 trafik kazası (Şekil 3.20), 2011 yılında meydana gelmiş olan 1614 trafik kazası (Şekil 3.21) ayrı ayrı çalışılarak ortalama değerleri bulunmuştur. Ortalamanın 5 kat ve üzeri değerleri haritalarda görsel olarak belirgin hale getirilmiş ve incelenmesi gerekli alanlar olarak belirlenmiştir. Ayrıca çıktı hücre büyüklüğü 100 metre, arama yarıçapı 2 kilometre olarak belirlenmiştir. İnceleme sonucu kazalar yoğunluklarına göre açık renkten koyu renge doğru belirtilmiştir.



Şekil 3.17 2005 yılında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi



Şekil 3.18 2006 yılında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi



Şekil 3.19 2007 yılında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi



Şekil 3.20 2008 yılında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi



Şekil 3.21 2009 yılında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi



Şekil 3.22 2010 yılında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi



Şekil 3.23 2011 yılında meydana gelen kazaların Kernel yoğunluk tahmini ile analizi

3.5.2.2 Getis-Ord Gi* Mekansal İstatistik Metodunun Uygulanması

Getis-Ord Gi* metodu 1 kilometrelik yol kesimleri üzerine kazalar işlenerek uygulanmıştır (Şekil 3.24). Uygulama esnasında mesafe metodu olarak öklid mesafesi kullanılmıştır. Mekânsal ilişkinin kavramsallaştırılması için oluşturulmuş ağırlık matrisi tekniklerinden mesafenin tersinin karesi kullanılmıştır.



Şekil 3.24 2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazaların Getis-Ord Gi* metodu ile analizi

Hesaplamalarda 2005 yılında meydana gelmiş olan 1138 trafik kazası (Şekil 3.25), 2006 yılında meydana gelmiş olan 1231 trafik kazası (Şekil 3.26), 2007 yılında meydana gelmiş olan 1328 trafik kazası (Şekil 3.27), 2008 yılında meydana gelmiş olan 1212 trafik kazası (Şekil 3.28), 2009 yılında meydana gelmiş olan 1322 trafik kazası (Şekil 3.29), 2010 yılında meydana gelmiş olan 1372 trafik kazası (Şekil 3.30), 2011 yılında meydana gelmiş olan 1614 trafik kazası (Şekil 3.31) Getis-Ord Gi* metodu ile ayrı ayrı analiz edilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen GiZ değerlerine göre 1.96 standart sapma ve üzeri (%95 güvenirlilik ve üzeri) kara nokta olabileceği düşünülmüş ve

incelenmiştir. Görselleştirmede kazalar standart sapma değerlerine göre renklendirilmiş ve kalınlıkları önem derecesine göre arttırılmıştır.



Şekil 3.25 2005 yılında meydana gelen kazaların Getis-Ord Gi* metodu ile analizi



Şekil 3.26 2006 yılında meydana gelen kazaların Getis-Ord Gi* metodu ile analizi



Şekil 3.27 2007 yılında meydana gelen kazaların Getis-Ord Gi* metodu ile analizi



Şekil 3.28 2008 yılında meydana gelen kazaların Getis-Ord Gi* metodu ile analizi



Şekil 3.29 2009 yılında meydana gelen kazaların Getis-Ord Gi* metodu ile analizi



Şekil 3.30 2010 yılında meydana gelen kazaların Getis-Ord Gi* metodu ile analizi



Şekil 3.31 2011 yılında meydana gelen kazaların Getis-Ord Gi* metodu ile analizi

3.5.2.3 Moran's I Mekansal Otokorelasyon Metodunun Uygulanması

Moran's I metodu ile 2005-2011 yılları arasında 1 kilometrelik yol parçaları ve üzerine eklenmiş kaza verileri ile analizler yapılmıştır. Bu analizlerde mesafe olarak öklid mesafesi ve mekânsal ilişkinin kavramsallaştırılması tekniklerinden mesafenin tersinin karesi kullanılmıştır.



Şekil 3.32 2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi

Hesaplamalarda 2005 yılında meydana gelmiş olan 1138 trafik kazası (Şekil 3.33), 2006 yılında meydana gelmiş olan 1231 trafik kazası (Şekil 3.34), 2007 yılında meydana gelmiş olan 1328 trafik kazası (Şekil 3.35), 2008 yılında meydana gelmiş olan 1212 trafik kazası (Şekil 3.36), 2009 yılında meydana gelmiş olan 1322 trafik kazası (Şekil 3.37), 2010 yılında meydana gelmiş olan 1372 trafik kazası (Şekil 3.38), 2011 yılında meydana gelmiş olan 1614 trafik kazası (Şekil 3.39) Moran's I metodu ile ayrı ayrı analiz edilmiştir. Sonuçta çıkan verilerde kendisi ve komşuları yüksek değerlikte (HH) olan bölgelerin kara nokta olabileceği düşünülmüş ve incelenmiştir. İnceleme sonucu

kazalar standart sapma değerlerine g6re renklendirilmiş ve kalınlıkları 6nem derecesine g6re arttırılmıştır (şekil 3.32).



şekil 3.33 2005 yılında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi



Şekil 3.34 2006 yılında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi



Şekil 3.35 2007 yılında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi



Şekil 3.36 2008 yılında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi



Şekil 3.37 2009 yılında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi



Şekil 3.38 2010 yılında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi



Şekil 3.39 2011 yılında meydana gelen kazaların Moran's I metodu ile analizi

4. BULGULAR

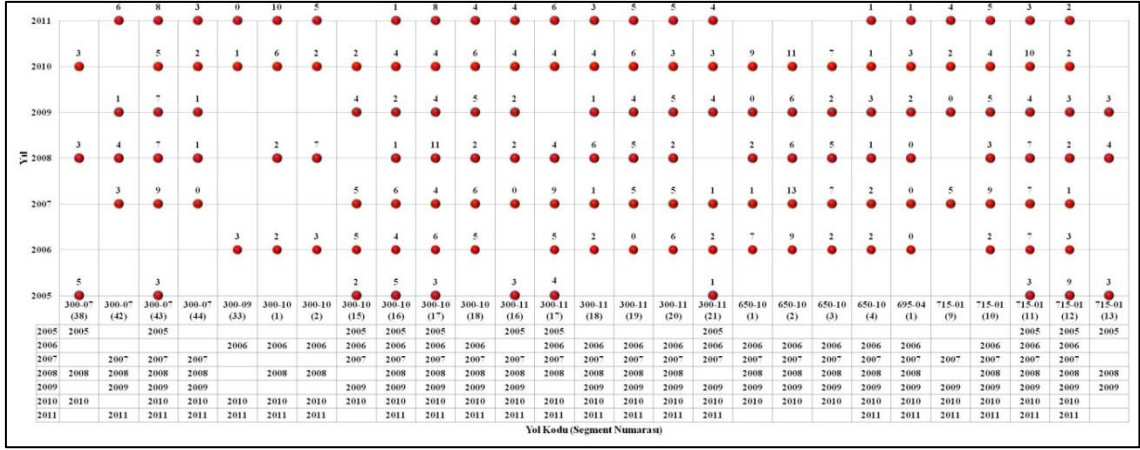
Mekânsal analizler sonucunda elde edilen verilerde 1 km'lik segmentler üzerinde 2005-2011 yılları arasında 7 yıl içinde üç ayrı yöntemle yapılan inceleme sonucu toplam 21 analizden 12 defa ve üzeri kara nokta olarak belirlenen yerler birinci dereceden kara nokta olarak değerlendirilmiş ve incelenmiştir. Toplam 9, 10 ve 11 kez kara nokta olarak belirlenen yerler ikinci dereceden kara nokta olarak değerlendirilmiş ve incelenmiştir. Kara nokta olabileceği düşünülen bu 1. ve 2. derece yerler ayrıca kaza sayıları, yol geometrileri, kazalardaki ölü ve yaralı sayıları ve kazanın gün içindeki oluş zamanlarına göre incelenmişlerdir.

4.1 1. Derece Kara Nokta Analizi

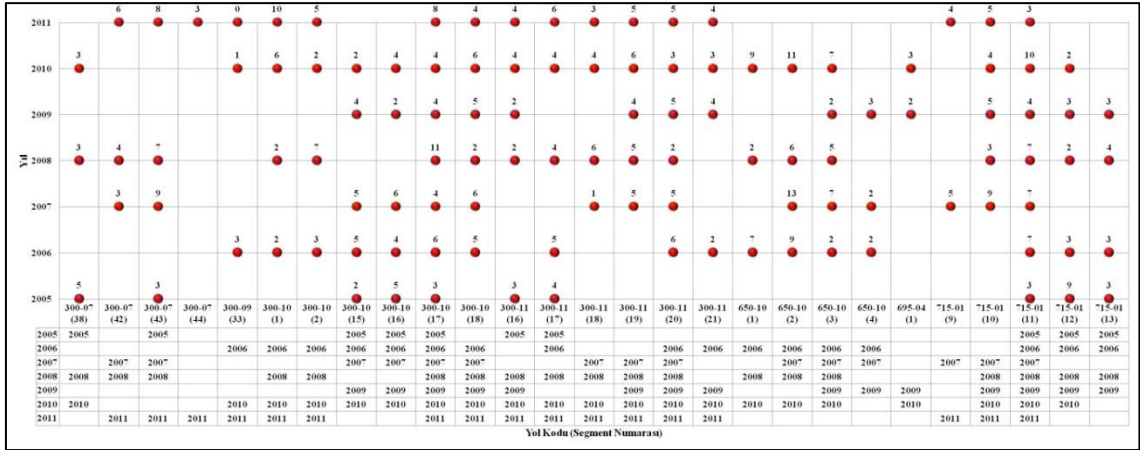
Çalışma verileri kullanılarak Kernel Yoğunluk metodu (Tablo 4.1), Getis-Ord Gi* metodu (Tablo 4.2) ve Moran's I metodu (Tablo 4.3) ile yapılan mekânsal analizler sonucu belirlenmiş olan 1. derece kara noktalar ayrıntılı olarak kısım kısım incelenmiştir. Bazı 2. derece kara nokta olarak belirlenen segmentler 1. derece kara noktalar ile komşu oldukları için birlikte değerlendirilmeleri uygun görülmüştür.

Yıl	300-07 (38)	300-07 (42)	300-07 (43)	300-07 (44)	300-09 (33)	300-10 (1)	300-10 (2)	300-10 (15)	300-10 (16)	300-10 (17)	300-10 (18)	300-10 (16)	300-11 (17)	300-11 (18)	300-11 (19)	300-11 (20)	300-11 (21)	650-10 (1)	650-10 (2)	650-10 (3)	650-10 (4)	695-04 (1)	*15-01 (9)	*15-01 (10)	*15-01 (11)	*15-01 (12)	*15-01 (13)
2011	5	6	8	3	0	10	5		1	8	4	4	6	3	5	5	4						1	4	5	3	
2010	3		5	2	1	6	2	2	4	4	6	4	4	4	6	3	3	9	11	7			3	2	4	10	2
2009	3		7	1				4	2	4	5	2			4	5	4	0	6	2	3	2		5	4	3	3
2008	3	4	7	1		2	7		1	11	2	2	4	6	5	2		2	6	5	1	0		3	7	2	4
2007	3	3	9	0				5	6	4	6	0	9	1	5	5		1	13	7	2	0	5	9	7	1	
2006	3				3	2		5	4	6	5		5			6	2	7	9	2	2	0		2	7	3	
2005	5	3	3	3				2	5	3		3	4									0	3		3	9	3

Tablo 4.1 Kernel Yoğunluk metodu ile kara nokta olarak tespit edilen segmentlerin kilometreleri ve kaza sayılarının yıllara göre dağılımı

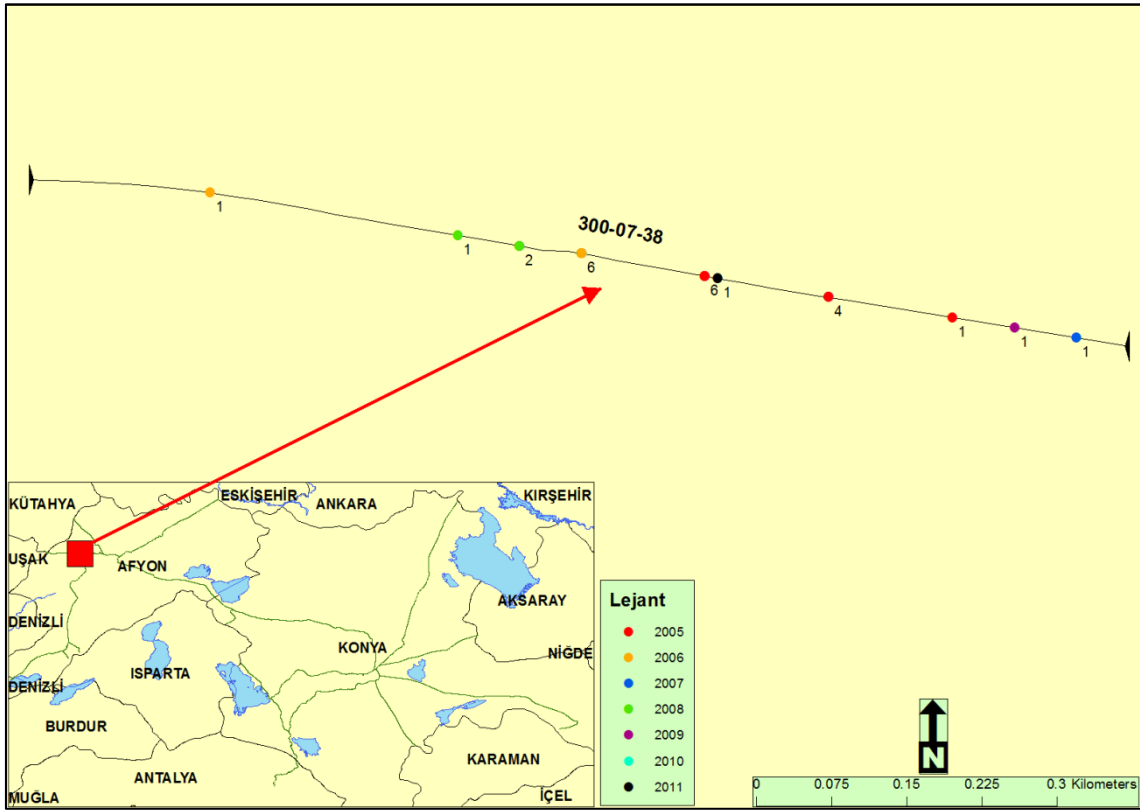


Tablo 4.2 Getis Ord Gi* metodu ile kara nokta olarak tespit edilen segmentlerin kilometreleri ve kaza sayılarının yıllara göre dağılımı



Tablo 4.3 Moran's I metodu ile kara nokta olarak tespit edilen segmentlerin kilometreleri ve kaza sayılarının yıllara göre dağılımı

4.1.1 Yol Kesim No 300-07, 38 No'lu Segmentin Analizi

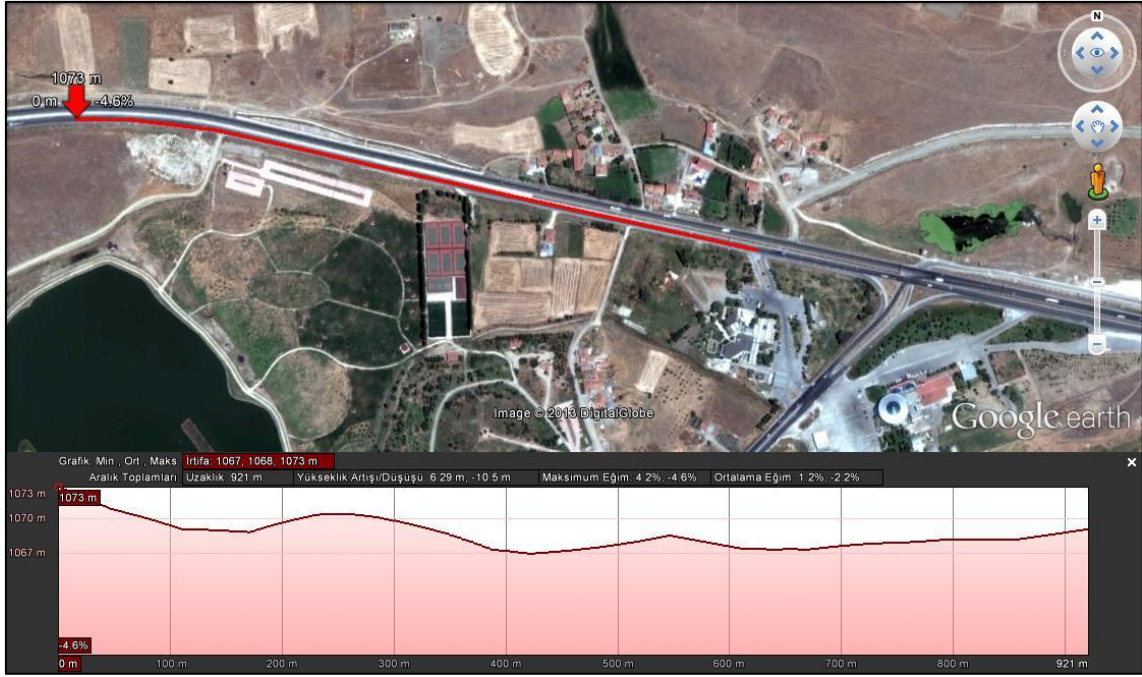


Şekil 4.1 Yol kesim no 300-07, 38 no'lu segmentte 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları

300-07 yol kesim no 38 no'lu segment incelendiğinde 2005 yılından 2011 yılına toplam 7 yılda 25 kazanın meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.1). Kara nokta belirleme metotları ile yapılan çalışmada;

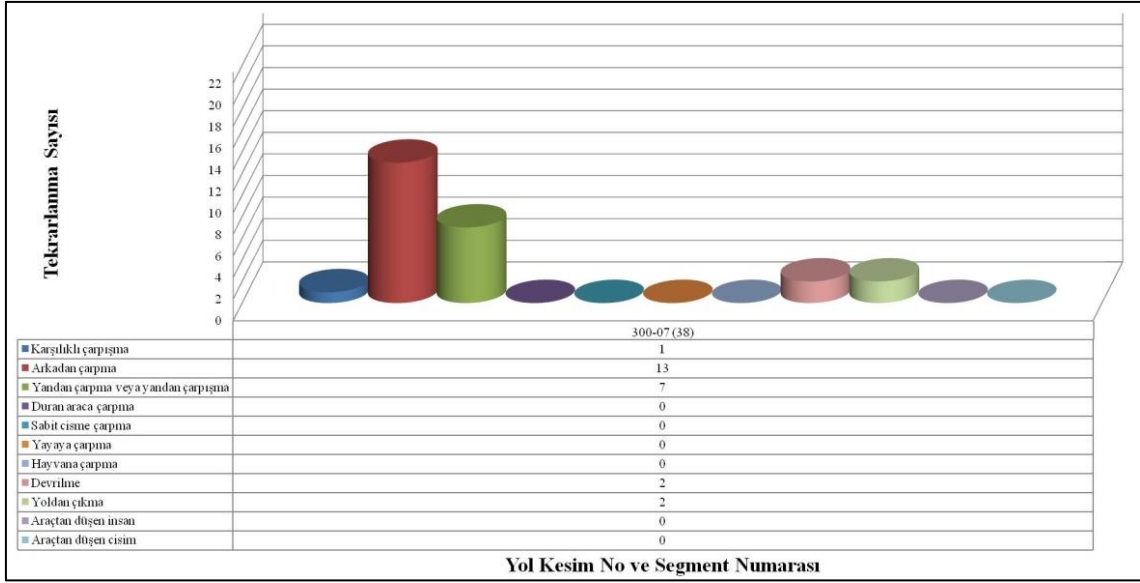
- Kernel Yoğunluk yöntemiyle 7 yılda 7 kez (Tablo 4.1),
- Getis Ord Gi* yöntemiyle 7 yılda 3 kez (Tablo 4.2),
- Moran's I yöntemiyle 7 yılda 3 kez kara nokta olarak belirlenmiştir (Tablo 4.3).

38 no'lu segment 2005, 2008, 2010 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiş ayrıca Kernel Yoğunluk metoduyla 2006, 2007, 2009, 2011 yıllarında da kara nokta olarak belirlenmiştir.



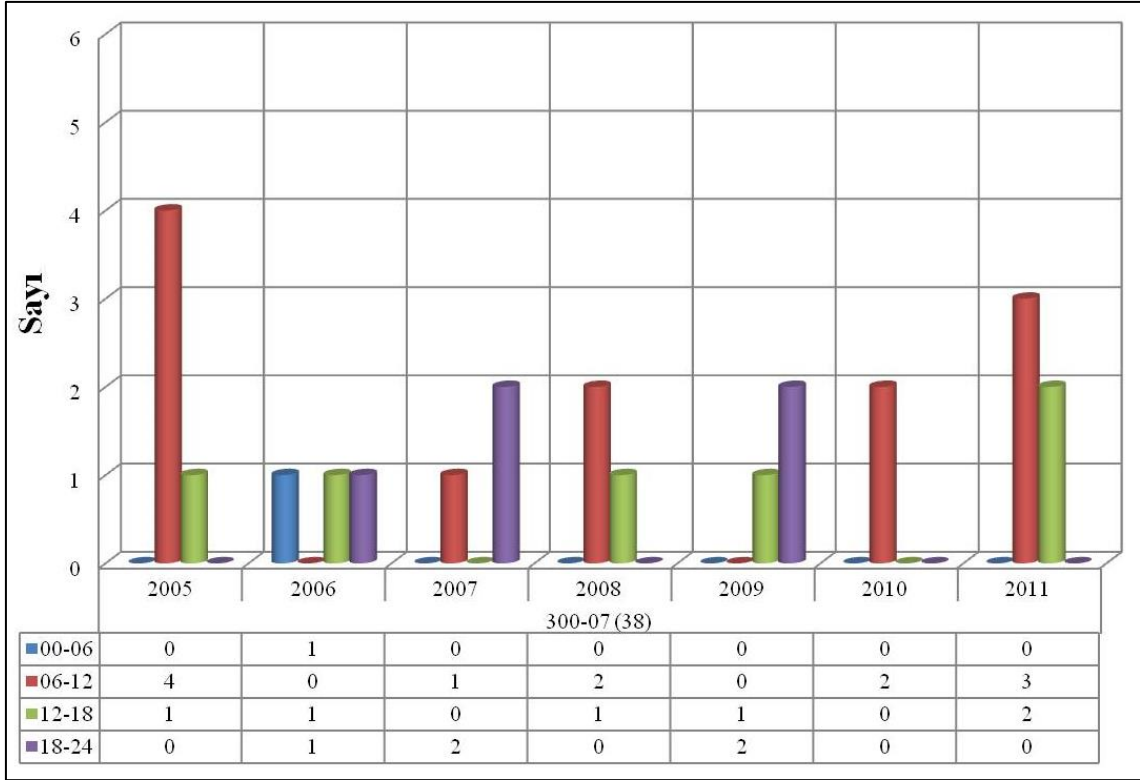
Şekil 4.2 Yol kesim no 300-07, 38 no'lu segment yatay ve düşey yol geometrisi

Yolun düşey geometrisi incelendiğinde ortalama eğim % 1-2.5 arasında değişmekte, yatay geometride ise kazalara neden olacak derecede yatay kurp bulunmamaktadır (Şekil 4.2). 38 numaralı segment Şekil 4.2'de kırmızı çizgi ile gösterilen bölge olmasına rağmen bölgenin 200 metre doğusunda bulunan ve Afyon'dan İzmir'e giden yol ile Afyon'dan Antalya'ya giden yolları ayıran kavşak bulunmaktadır. Bu kavşak şehirlerarası yoğun trafiğe sahip ışıklı bir kavşaktır. Ayrıca kavşağın bir tarafında dinlenme tesisi, diğer tarafında ise hem dinlenme tesisi hem de alışveriş merkezi bulunmaktadır. Kazaların yoğunlaştığı bölgenin kavşak noktasında çıkması beklenirken, bu bölgenin kavşaktan yaklaşık 500 metre geride olduğu görülmektedir. Bu durum trafik kaza tutanaklarındaki kilo metraj verilerinin doğruluğunun 500 metre ölçeğinde değişebildiğini göstermektedir.



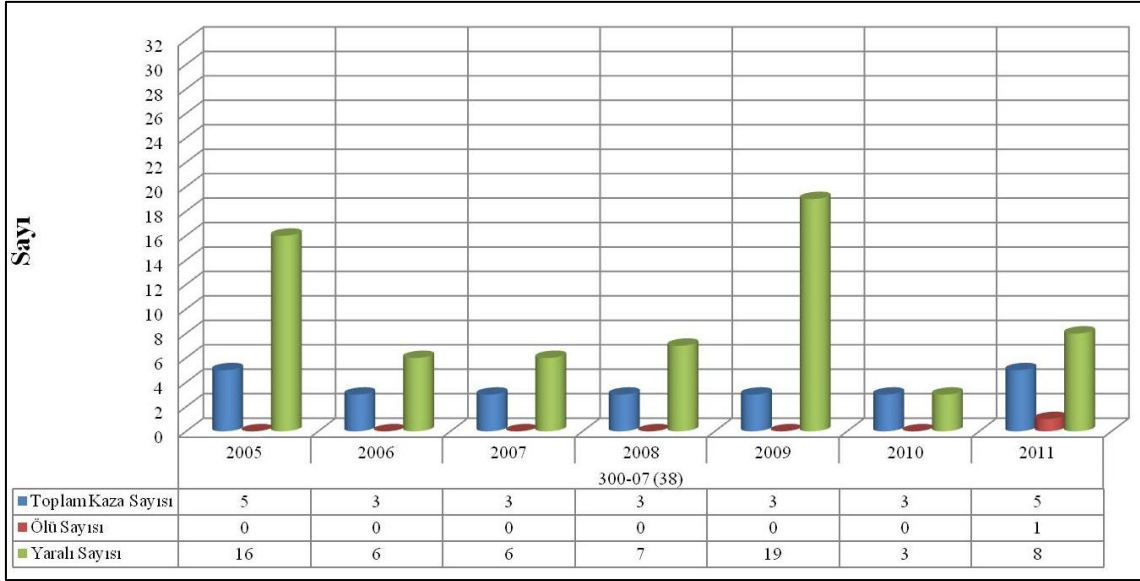
Tablo 4.4 Yol kesim no 300-07, 38 no'lu segmentde kaza oluş türüne göre kazalar

38 no'lu segmentde 2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş türlerine göre incelendiğinde kazaların büyük oranda arkadan çarpışma ve yandan çarpışma şeklinde olduğu görülmektedir. Bu da kazaların şehirlerarası yolda hızla seyreden araçların genellikle ışıktaki duramamasından kaynaklandığını ve sürücülerin dikkatsizliği sonucu oluştuğunu düşündürmektedir (Tablo 4.4). Ayrıca yandan çarpmanın fazla olması kazaların kavşak noktasında olduğunun diğer bir göstergesi olarak görülmektedir. Bu bölgede 2012 yılında başlamış olan köprülülük kavşak çalışması 2013 yılı içerisinde tamamlanmıştır. Bu nedenle önümüzdeki yıllarda bölgede meydana gelen kazaların sayısında önemli oranda azalma olması beklenmektedir.



Tablo 4.5 Yol kesim no 300-07, 38 no'lu segmentde kaza oluş saatine göre kazalar

38 no'lu segmentde 2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş saatine göre incelendiğinde 0-6 saatleri arasında 1 kaza, 6-12 saatleri arasında 12 kaza, 12-18 saatleri arasında 6 kaza ve 18-24 saatleri arasında 5 kaza meydana gelmiştir. Kazaların 06-12 saat aralığında yoğunlaştığı görülmektedir (Tablo 4.5).



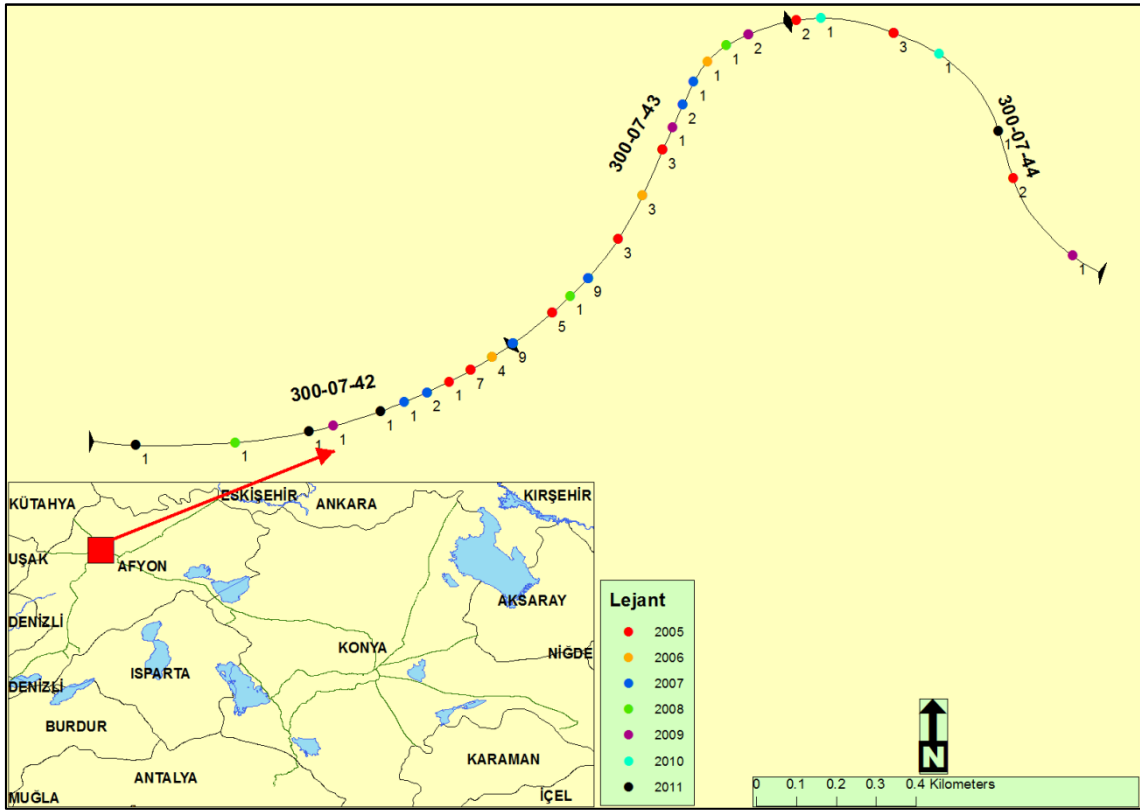
Tablo 4.6 Yol kesim no 300-07, 38 no'lu segmentde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar

38 no'lu segmentde 2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazaların ölü ve yaralı sayısının dağılımına bakıldığında toplam 25 kazada 1 ölü, 65 yaralı olmuştur. Ölü sayısı az iken yaralı sayısı çok fazladır. Bu da bu noktada mal kaybının yanında insanların can güvenliğinin de önemli ölçüde tehlikede olduğunu göstermektedir (Tablo 4.6).

Yukarıdaki verilerin ve tabloların incelenmesi ışığında 300-07 no'lu yol kesiminin 38 no'lu segmentinde Afyon'dan İzmir'e giden yol ile Afyon'dan Antalya'ya giden yolların kesişiminde bulunan kavşaktan kaynaklı kara nokta olduğu düşünülmektedir.

Bu segmentde yapılan üç yöntemin analiz sonuçlarına bakıldığında Kernel Yoğunluk metodunun 7 yılın 7'sinde de kara nokta tespiti yapmış olduğu görülmekle birlikte, yöntemin zayıf noktası olan kavşak noktaları bu yol kesiminde belirgin şekilde görülmektedir. Getis Ord Gi* ve Moran's I yöntemlerinin ikisi de 7 yılın 3 ünde kara nokta tespiti yapmıştır.

4.1.2 Yol Kesim No 300-07, 42-43-44 No'lu Segmentlerin Analizi



Şekil 4.3 Yol kesim no 300-07, 42, 43, 44 no'lu segmentlerde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları

300-07 yol kesim no 42,43,44 no'lu segmentler incelendiğinde 2005 yılından 2011 yılına toplam 7 yılda 42 no'lu segmentde 20, 43 no'lu segmentde 41, 44 no'lu segmentde 11 kazanın meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.3). Kara nokta belirleme metotları ile yapılan çalışmada;

- Kernel Yoğunluk yöntemiyle 42 no'lu segment 7 yılda 4 kez, 43 no'lu segment 7 yılda 6 kez, 44 no'lu segment 7 yılda 6 kez (Tablo 4.1),
- Getis Ord Gi* yöntemiyle 42 no'lu segment 7 yılda 4 kez, 43 no'lu segment 7 yılda 6 kez, 44 no'lu segment 7 yılda 5 kez (Tablo 4.2),
- Moran's I yöntemiyle 42 no'lu segment 7 yılda 3 kez, 43 no'lu segment 7 yılda 4 kez, 44 no'lu segment 7 yılda 1 kez kara nokta olarak belirlenmiştir (Tablo 4.3).

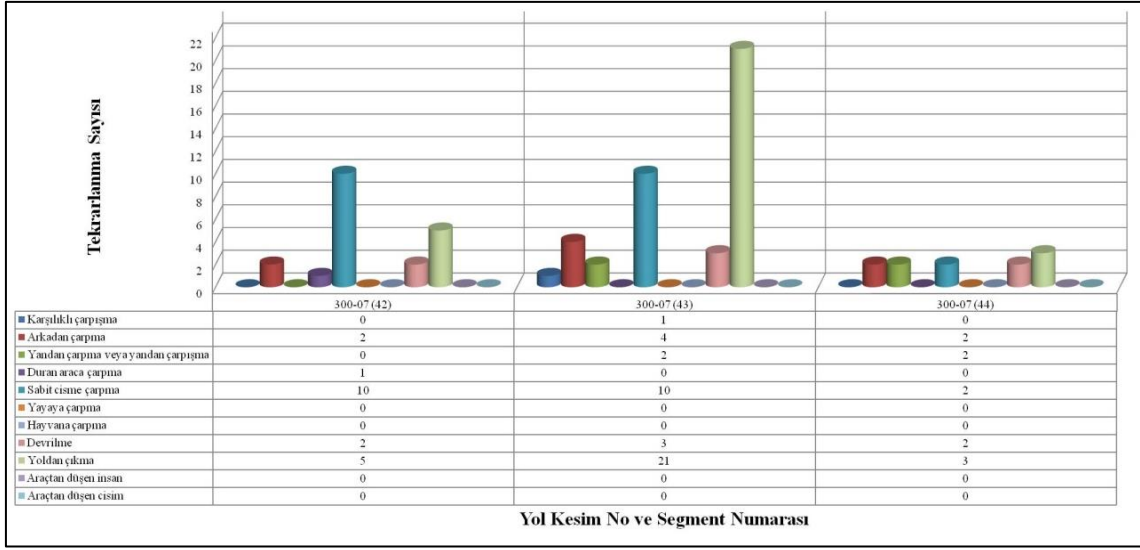
42 no'lu segment 2007, 2008, 2011 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak

belirlenmiş olup Kernel Yoğunluk metoduyla 2005 ve Getis Ord Gi* metoduyla da 2009 yılında kara nokta olarak belirlenmiştir. 43 no'lu segment 2005, 2007, 2008, 2011 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiş olup ayrıca 2009, 2010 yıllarında da Kernel Yoğunluk ve Getis Ord Gi* metodlarıyla kara nokta olarak belirlenmiştir. 44 no'lu segment 2011 yılında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiş olup 2007, 2008, 2009, 2010 yıllarında Kernel Yoğunluk ve Getis Ord Gi* metodlarıyla kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2005 yılında sadece Kernel Yoğunluk metoduyla kara nokta olarak belirlenmiştir.



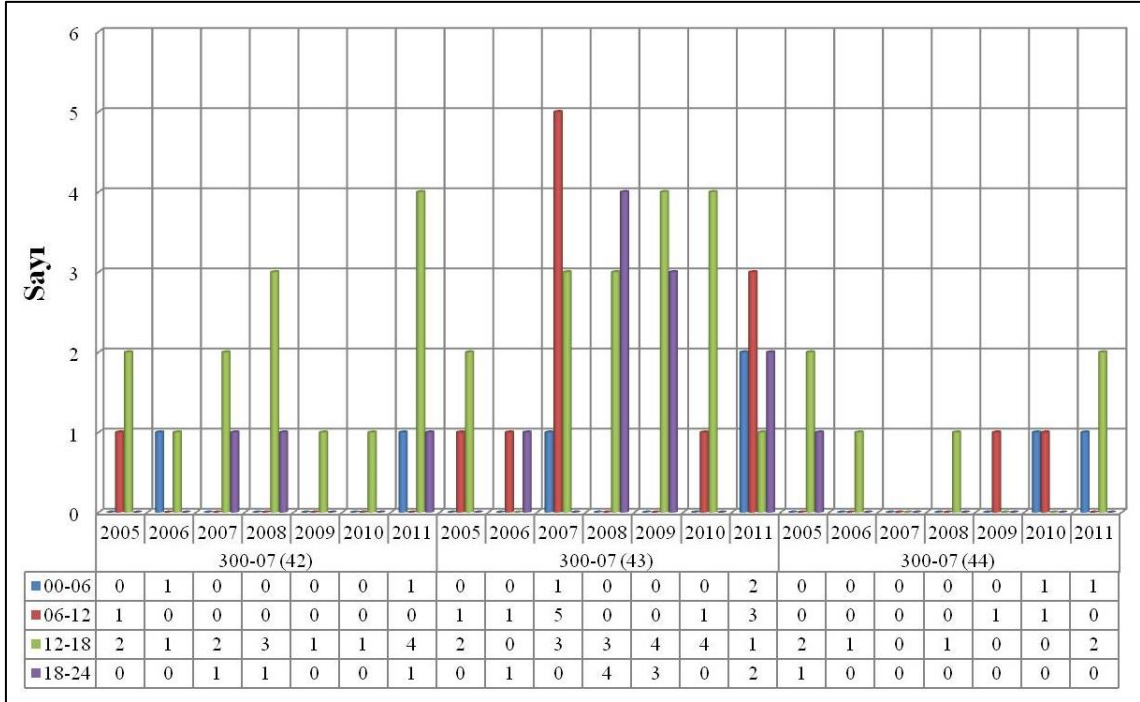
Şekil 4.4 Yol kesim no 300-07, 42, 43, 44 no'lu segmentlerin yatay ve düşey yol geometrisi

Yolun düşey geometrisi incelendiğinde ortalama eğimin % 4-5.3 arasında değiştiği görülmektedir. Ayrıca yatay geometride ise neredeyse aralarında aliyman olmaksızın yaklaşık yarıçapları 400, 450 ve 1200 metre olan ve ters yönlü üç adet yatay kurp kullanılmıştır. Bu yatay kurplarla birlikte düşey kurpların aynı anda kullanılmış olması da yol geometrisinin olumsuz etkisi olarak düşünülmektedir. Bu olumsuz yol geometrisinin kazaları da olumsuz etkileyeceği düşünülmektedir (Şekil 4.4).



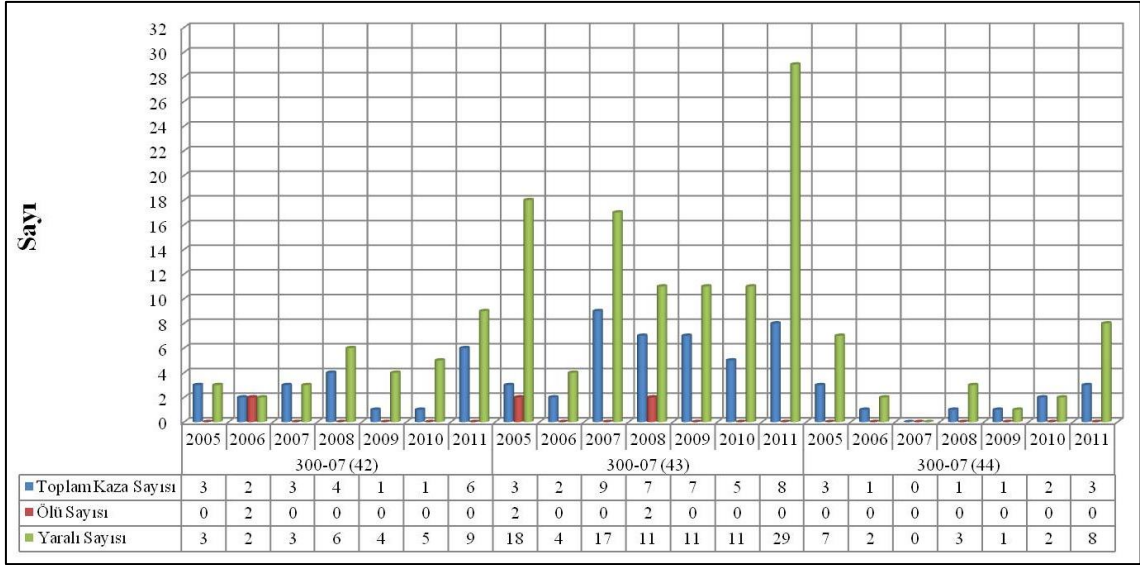
Tablo 4.7 Yol kesim no 300-07, 42-43-44 no'lu segmentlerde kaza oluş türüne göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş türlerine göre incelendiğinde 42 no'lu segmentde sabit cisme çarpma ve yoldan çıkma, 43 no'lu segmentde sabit cisme çarpma ve yoldan çıkma yoğunlukta olmakla beraber 44 no'lu segmentde ise belirgin bir türde yoğunlaşma olmamaktadır. Sabit cisme çarpma ve yoldan çıkma kazalarının yoğunlukta olmasının yol geometrisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu da kazaların sürücülerin şehirlerarası yolda hızla seyrederken uygunsuz yatay ve düşey kurplar sonucu kontrolü kaybetmeleri sonucu oluştuğunu düşündürmektedir (Tablo 4.7).



Tablo 4.8 Yol kesim no 300-07, 42-43-44 no'lu segmentlerde kaza oluş saatine göre kazalar

42, 43, 44 no'lu segmentlerde 2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş saatine göre incelendiğinde 00-06 saatleri arasında 7, 06-12 saatleri arasında 14, 12-18 saatleri arasında 37, 18-24 saatleri arasında 14 kez olduğu görülmektedir (Tablo 4.8). 44 no'lu segmentde belirgin bir kümelenme olmamakla birlikte 42 ve 43 no'lu segmentde 12-18 saatleri arasında ve ayrıca 43 no'lu segmentde 06-12 ve 18-24 saatleri arasında da yoğunlaşma olduğu görülmektedir.



Tablo 4.9 Yol Kesim No 300-07, 42-43-44 no'lu kesimlerinde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar

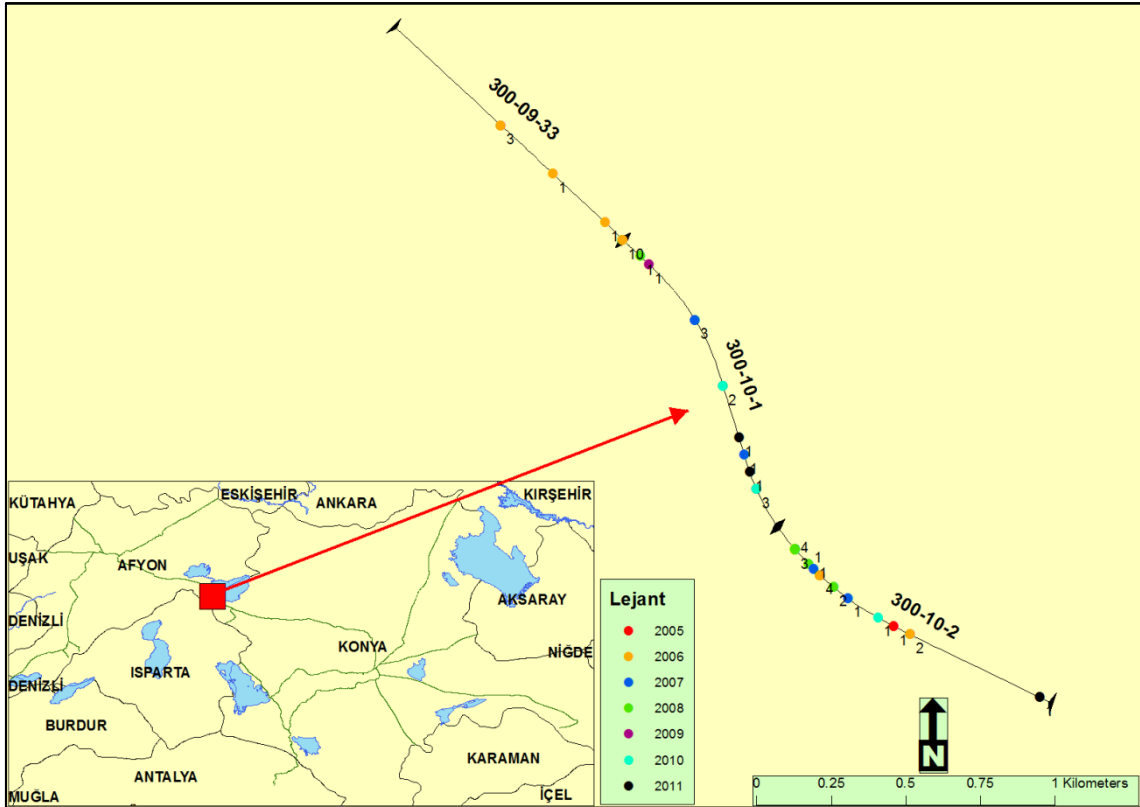
Kazalardaki ölü ve yaralı sayısının dağılımına bakıldığında toplam 6 ölü, 156 yaralanma meydana gelmiştir. Bu 6 ölünün 4'ü ve 156 yaralının 101'i 43 no'lu segmentde olmuştur. Bu da ölü ve yaralı sayısının %65'inin 43 no'lu segmentde olduğunu göstermektedir. Bu yol kesimi mal kaybının yanında insanların can güvenliğinin de önemli ölçüde tehlikede olabildiği bir nokta olarak göze çarpmaktadır (Tablo 4.9).

Bu yol kesiminde yapılan üç yöntemin analiz sonuçlarına bakıldığında 44 no'lu segmentde hem kaza sayısının azlığı hem de oluşan kazalarda ölü ve de yaralı sayısının az olması dikkati çekmektedir. 44 no'lu segmentde 2007 yılında 0 kaza, 2008 yılında 0 kaza, 2009 yılında 1 kaza, 2010 yılında 1 meydana gelmiş olmasına rağmen Kernel yoğunluk ve Getis-Ord Gi* yöntemleri 43 no'lu segmentdeki kaza sayısının fazlalığı nedeniyle 44 no'lu segmenti kara nokta olarak belirlerken Moran's I yöntemi kara nokta olarak belirlememektedir. 43 no'lu yol kesiminde meydana gelmiş olan kaza sayısı fazlalığından dolayı Kernel Yoğunluk yöntemi 6 yıl için ve Getis Ord Gi* yöntemi 5 yıl için 44 no'lu yol kesimini kara nokta olarak belirlemektedir. Moran's I yöntemi ise sadece 2011 yılında bölgeyi kara nokta olarak belirlemiş ve bu da kara nokta tespitinde bu yol kesiminde daha doğru sonuç verdiğini göstermektedir.

Yukarıdaki verilerin ve tabloların incelenmesi ışığında 300-07 no'lu yol kesiminin 42,

43, 44 no'lu segmentlerinde kazaların yolun hem yatay hem de düşey geometrisinden kaynaklı olduğu, ayrıca bu olumsuz yol geometrisinin bölgenin rakımı ve olumsuz hava koşullarıyla birleştiğinde çok daha tehlikeli hal alabileceği düşünülmektedir. Bu sebeple 42 ve 43 no'lu segmentlerin kara nokta olduğu düşünülmektedir. Ancak yol geometrisindeki olumsuz durumun 44 no'lu segmentde de devam ettiği düşünülerek bu segmentinde yapılacak düzenlemelere dâhil edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

4.1.3 Yol Kesim No 300-09, 33 No'lu Segment, Yol Kesim No 300-10, 1-2 No'lu Segmentlerin Analizi

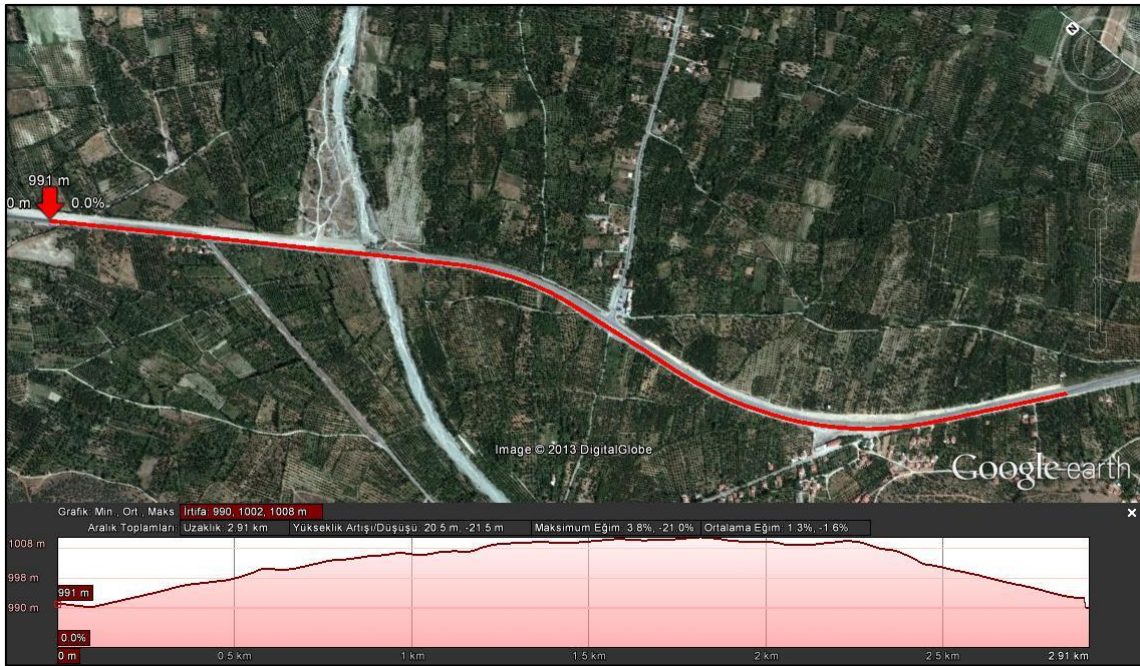


Şekil 4.5 Yol kesim no 300-09, 33 no'lu segment ve yol kesim no 300-10, 1-2 no'lu segmentlerde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları

300-09 yol kesim no 33 no'lu segment ve 300-10 yol kesim no 1, 2 no'lu segmentler incelendiğinde 2005 yılından 2011 yılına toplam 7 yılda 33 no'lu segmentde 5, 1 no'lu segmentde 23, 2 no'lu segmentde 21 kazanın meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.5). Kara nokta belirleme metotları ile yapılan çalışmada;

- Kernel Yoğunluk yöntemiyle 33 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez, 1 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez, 2 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez (Tablo 4.1),
- Getis Ord Gi* yöntemiyle 33 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez, 1 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez, 2 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez (Tablo 4.2),
- Moran's I yöntemiyle 33 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez, 1 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez, 2 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez kara nokta olarak belirlenmiştir (Tablo 4.3).

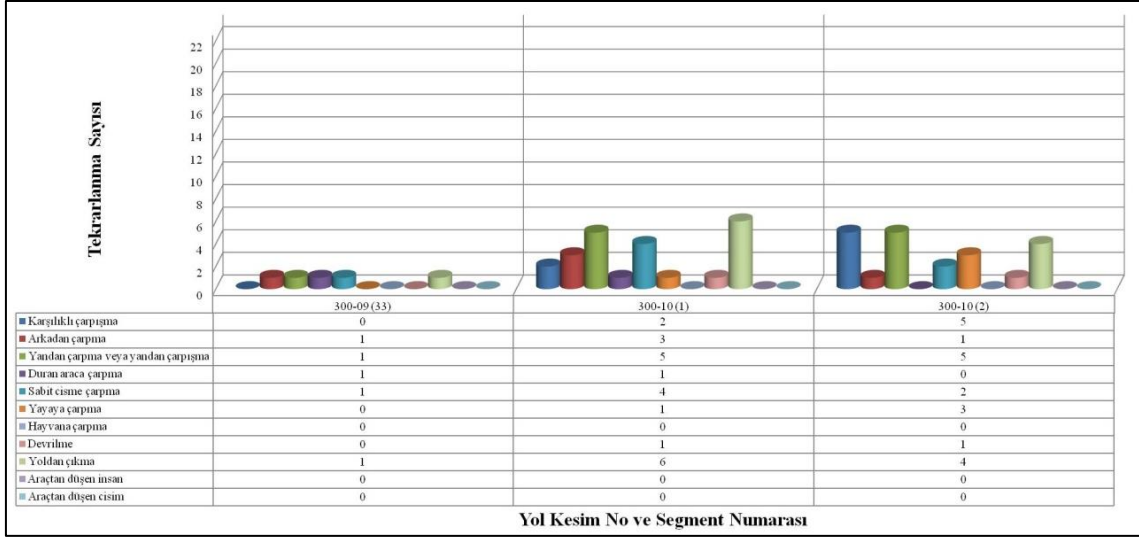
33 no'lu segment 2006, 2010, 2011 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. 1 no'lu segment 2006, 2008, 2010, 2011 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. 2 no'lu segment 2008, 2010, 2011 yılında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiş olup 2006 yılında sadece Getis Ord Gi* ve Moran's I metoduyla kara nokta olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.6 Yol kesim no 300-09, 33 no'lu segment, yol kesim no 300-10, 1-2 no'lu segmentlerde yatay ve düşey yol geometrisi

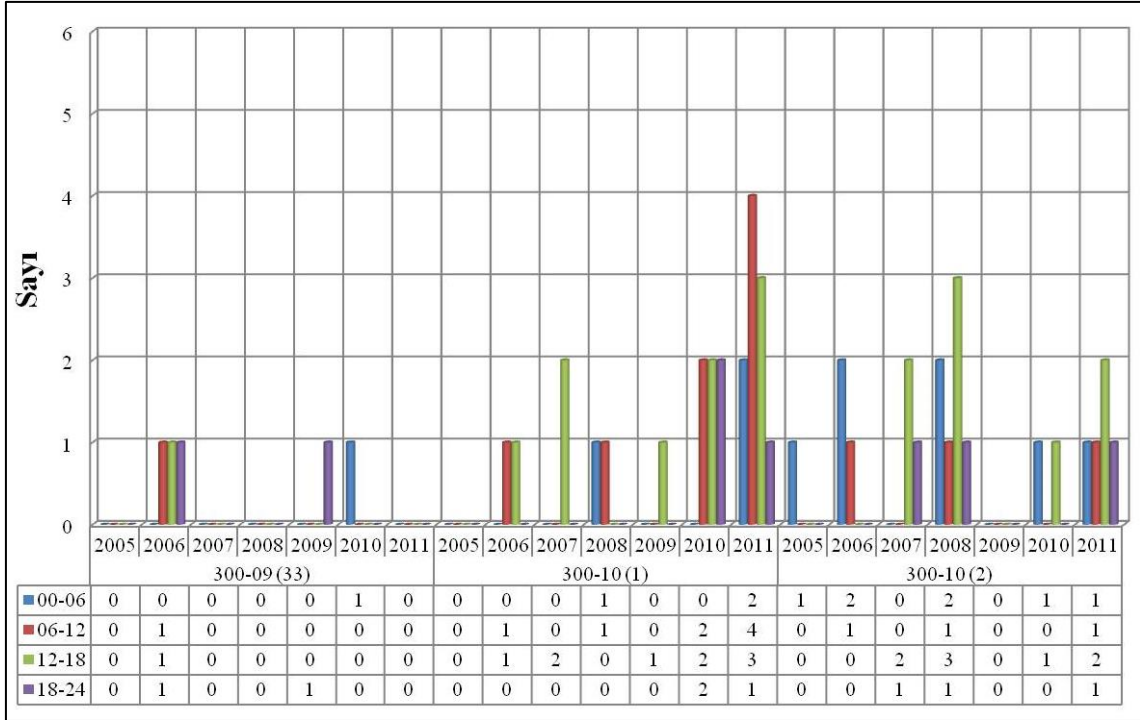
Yolun düşey geometrisi incelendiğinde ortalama eğimin % 1.3-1.6 arasında değiştiği görülmektedir. Ayrıca yatay geometride keskin kurplar kullanılmamıştır. Bu durum yol geometrisinin kazaların oluşmasında çok önemli etkisinin olmadığını düşündürmektedir (Şekil 4.6). Ancak şekilden de anlaşılacağı gibi bu yol kesiminde ana yola üç yan yolun

ve pek çok tarla yolunun direk olarak bağlandığı görülmektedir. Gölçayır ve Değirmenköy köyleri arasından geçen ana yola kontrolsüz olarak bağlanan yan yollar şehirlerarası hızlı akan trafik için çok büyük tehdit oluşturmakta ve bunun da kazalara yol açtığı düşünülmektedir.



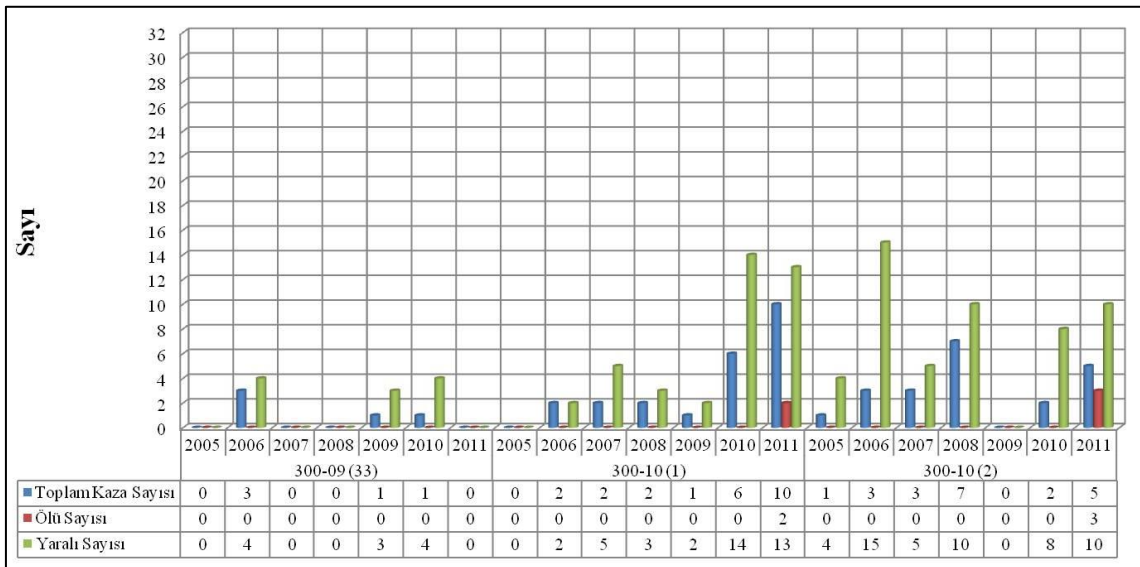
Tablo 4.10 Yol kesim no 300-09 33 no'lu segment, yol kesim no 300-10 1, 2 no'lu segmentlerde kaza oluş türüne göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş türlerine göre incelendiğinde 33 no'lu segmentde önemli bir kümelenme görülmemektedir. 1 no'lu segmente bakıldığında kazaların arkadan çarpma, yandan çarpma, sabit cisme çarpma ve yoldan çıkma şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. 2 no'lu segmente bakıldığında kazaların karşılıklı çarpışma, yandan çarpma, yayaya çarpma ve yoldan çıkma şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Kazaların oluş türüne göre değerlendirdiğimizde anayola direk olarak bağlanan yollardan kaynaklı kazaların çoğunlukta olduğu düşünülmektedir. (Tablo 4.10).



Tablo 4.11 Yol kesim no 300-09 33 no'lu segment, yol kesim no 300-10 1, 2 no'lu segmentlerde kaza oluş saatine göre kazalar

33, 1, 2 no'lu segmentlerde 2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş saatine göre incelendiğinde 00-06 saatleri arasında 11, 06-12 saatleri arasında 12, 12-18 saatleri arasında 18, 18-24 saatleri arasında 8 kez olduğu görülmektedir (Tablo 4.11). Bu segmentlerde kazaların 12-18 saatleri arasında arttığı görülmektedir.

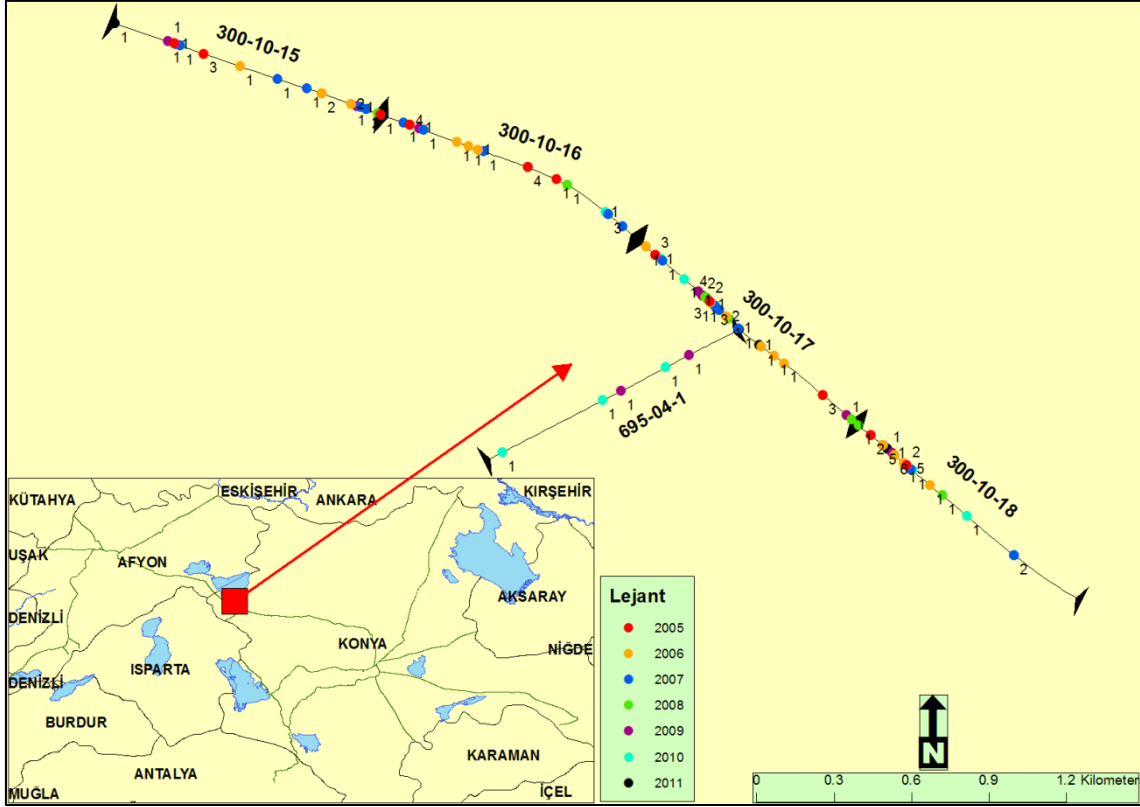


Tablo 4.12 Yol kesim no 300-09, 33 no'lu segment, 300-10, 1-2 no'lu segmentlerde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar

Kazalardaki ölü ve yaralı sayısının dağılımına bakıldığında toplam 5 ölü, 102 yaralanma meydana gelmiştir. Bu 5 ölünün 5'i ve 102 yaralının 91'i 1 ve 2 numaralı segmentlerde olmuştur. Bu da 33 no'lu yol kesiminin kara nokta olarak değerlendirilemeyeceğini göstermektedir. (Tablo 4.12).

Yukarıdaki verilerin ve tabloların incelenmesi sonucu 300-09 no'lu yol kesiminin 33 no'lu segmenti, 300-10 no'lu yol kesiminin 1, 2 no'lu segmentleri incelendiğinde yolun yatay ve düşey geometrisinden kaynaklı bir sıkıntı olmadığı, yoldaki kazaların artış nedeninin ana yola kontrolsüz olarak bağlanan yan yollar ve tarla yollarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu yol kesiminde yapılan üç yöntemin analiz sonuçlarına bakıldığında 33 no'lu segmentde hem kaza sayısının azlığı hem de oluşan kazalarda ölü ve de yaralı sayısının az olması dikkati çekmektedir. Bu nedenle 300-10 no'lu yol kesimi 1 ve 2 no'lu segmentleri kara nokta iken 300-09 no'lu yol kesimini 33 no'lu segmentinin kara nokta olmadığı düşünülmektedir. Kullanılan yöntemlerin hepsinin komşuluk ilişkisine bağlı olması nedeniyle her üç yöntemin de 33 no'lu segmenti 1 no'lu segmentdeki kaza sayısının fazlalığı nedeniyle yedi yılın üçünde kara nokta olarak tespit ettiği görülmektedir.

4.1.4 Yol Kesim No 300-10, 15-16-17-18 No'lu Segmentler, Yol Kesim No 695-04, 1 No'lu Segmentin Analizi



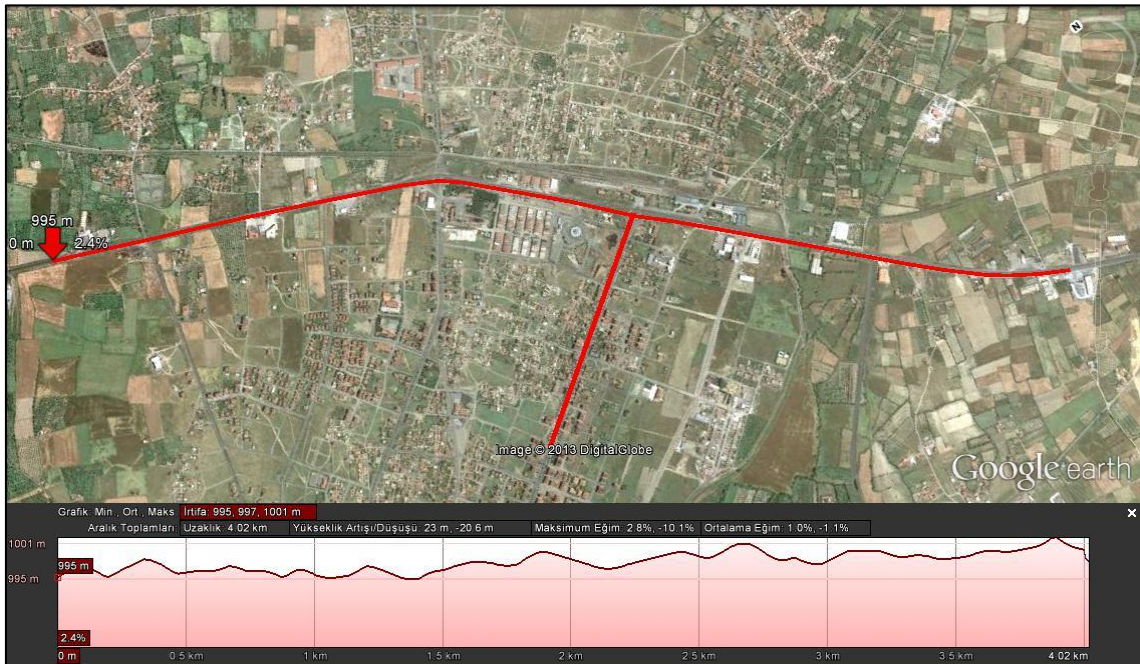
Şekil 4.7 Yol kesim no 300-10, 15-16-17-18 no'lu segmentler ve yol kesim no 695-04, 1 no'lu segmentde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları

300-10 yol kesim no 15, 16, 17, 18 no'lu segmentler ve 695-04 yol kesim no 1 no'lu segment incelendiğinde 2005 yılından 2011 yılına toplam 7 yılda 15 no'lu segmentde 20, 16 no'lu segmentde 23, 17 no'lu segmentde 40, 18 no'lu segmentde 30, 695-04 yol kesim no 1 no'lu segmentde 6 kazanın meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.7). Kara nokta belirleme metotları ile yapılan çalışmada;

- Kernel Yoğunluk yöntemiyle 15 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 16 no'lu segmentde 7 yılda 7 kez, 17 no'lu segmentde 7 yılda 7 kez, 18 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 1 no'lu segmentde 7 yılda 7 kez (Tablo 4.1),
- Getis Ord Gi* yöntemiyle 15 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 16 no'lu segmentde 7 yılda 7 kez, 17 no'lu segmentde 7 yılda 7 kez, 18 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 1 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez (Tablo 4.2),

- c. Moran's I yöntemiyle 15 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 16 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 17 no'lu segmentde 7 yılda 7 kez, 18 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 1 no'lu segmentde 7 yılda 2 kez kara nokta olarak belirlenmiştir (Tablo 4.3).

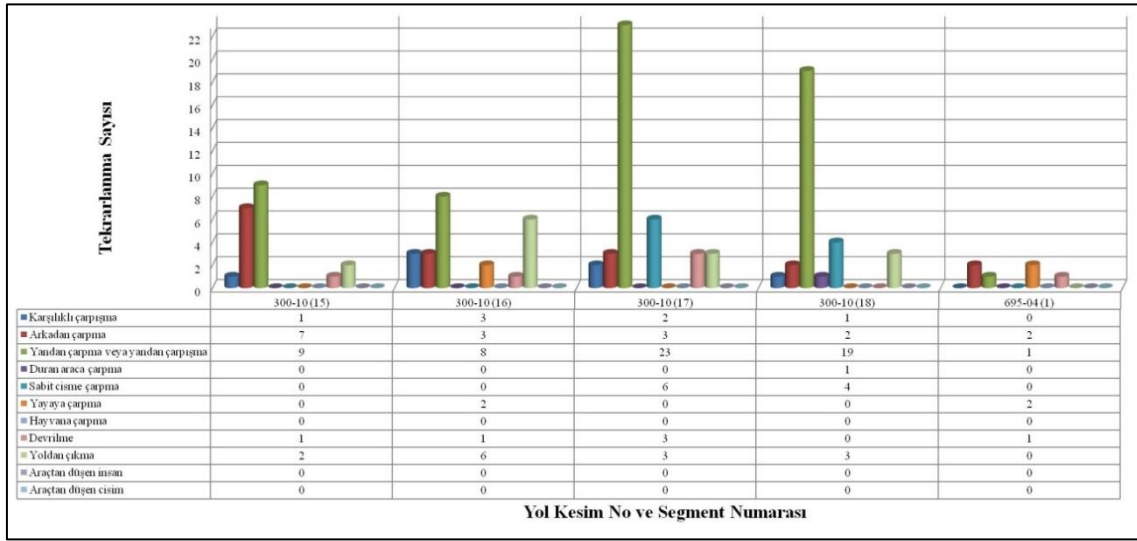
15 no'lu segment 2005, 2006, 2007, 2009, 2010 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. 16 no'lu segment 2005, 2006, 2007, 2009, 2010 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2008 ve 2011 yıllarında Kernel yoğunluk yöntemi ve Getis Ord Gi* yöntemleriyle kara nokta olarak belirlenmiştir. 17 no'lu segment 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. 18 no'lu segment 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. 1 no'lu segment 2009, 2010 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiş olup 2006, 2007, 2008, 2011 yıllarında Kernel yoğunluk yöntemi ve Getis Ord Gi* yöntemleriyle kara nokta olarak belirlenmiş, ayrıca 2005 yılında sadece Kernel yoğunluk yöntemi ile kara nokta olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.8 Yol kesim no 300-10 15, 16, 17, 18 no'lu segmentler, yol kesim no 695-04 1 no'lu segmentin yatay ve düşey yol geometrisi

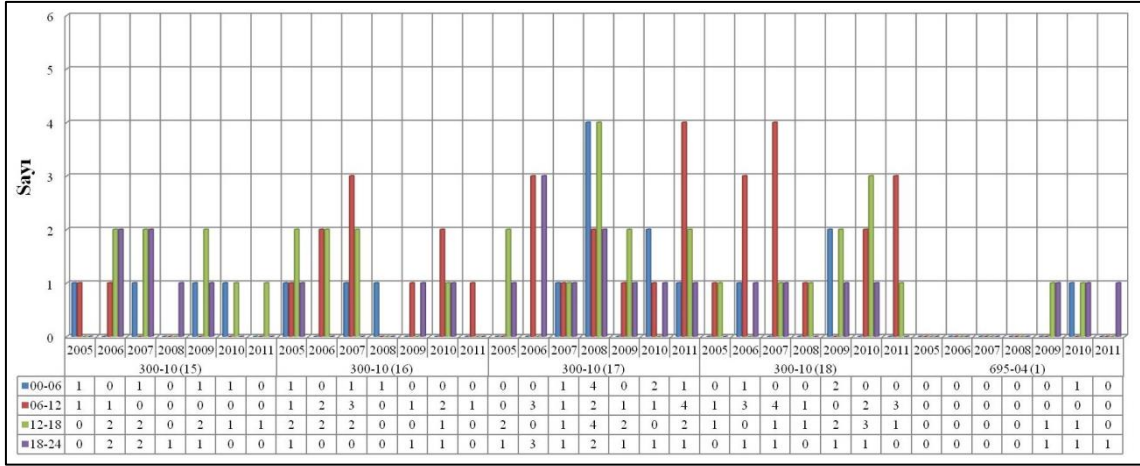
Yolun düşey geometrisi incelendiğinde ortalama eğimin % 1-1,1 arasında görülmektedir. Ayrıca yatay geometride çok keskin kurplar kullanılmadığı

görülmektedir. Bu durum yol geometrisinin bu kesimlerde kazaların oluşmasında çok önemli etkisinin olmadığını düşündürmektedir (Şekil 4.8). Konya ili Akşehir ilçesi kesimine denk gelen bu yol bölümünde ana yola ilçe merkezinden direk olarak birçok yolun bağlandığı görülmektedir. Kontrolsüz olarak anayola bağlanan bu yollar şehirlerarası hızlı şekilde akan trafik için çok büyük tehdit oluşturduğu ve bunun da kazalara yol açtığı düşünülmektedir.



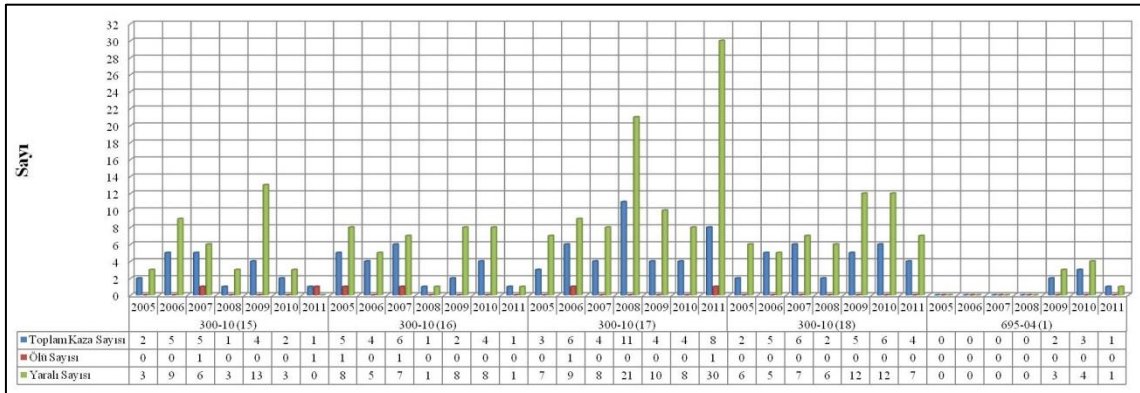
Tablo 4.13 Yol kesim no 300-10, 15-16-17-18 no'lu segmentler, yol kesim no 695-04, 1 no'lu segmentde kaza oluş türüne göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş türlerine göre incelendiğinde 15, 16, 17, 18 no'lu segmentlerde kazaların büyük çoğunluğunun yandan çarpma veya yandan çarpışma şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Kazaların karayolunun her iki tarafına yayılmış olan ilçe merkezinde karşıdan karşıya geçmek isterken anayoldan geçen araçlarla çarpışmalar sonucu veya anayola kontrolsüz olarak giren araçlar nedeniyle oluştuğu düşünülmektedir (Tablo 4.13).



Tablo 4.14 Yol kesim no 300-10, 15-16-17-18 no'lu segmentler, yol kesim no 695-04, 1 no'lu segmentde kaza oluş saatine göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş saatine göre incelendiğinde 00-06 saatleri arasında 19, 06-12 saatleri arasında 38, 12-18 saatleri arasında 37, 18-24 saatleri arasında 26 kez olduğu görülmektedir (Tablo 4.14). Bu yol kesimlerinde kazaların gündüz trafiğin yoğun olduğu saatlerde artmış olduğu görülmektedir.



Tablo 4.15 Yol kesim no 300-10, 15-16-17-18 no'lu segmentler, yol kesim no 695-04, 1 no'lu segmentde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar

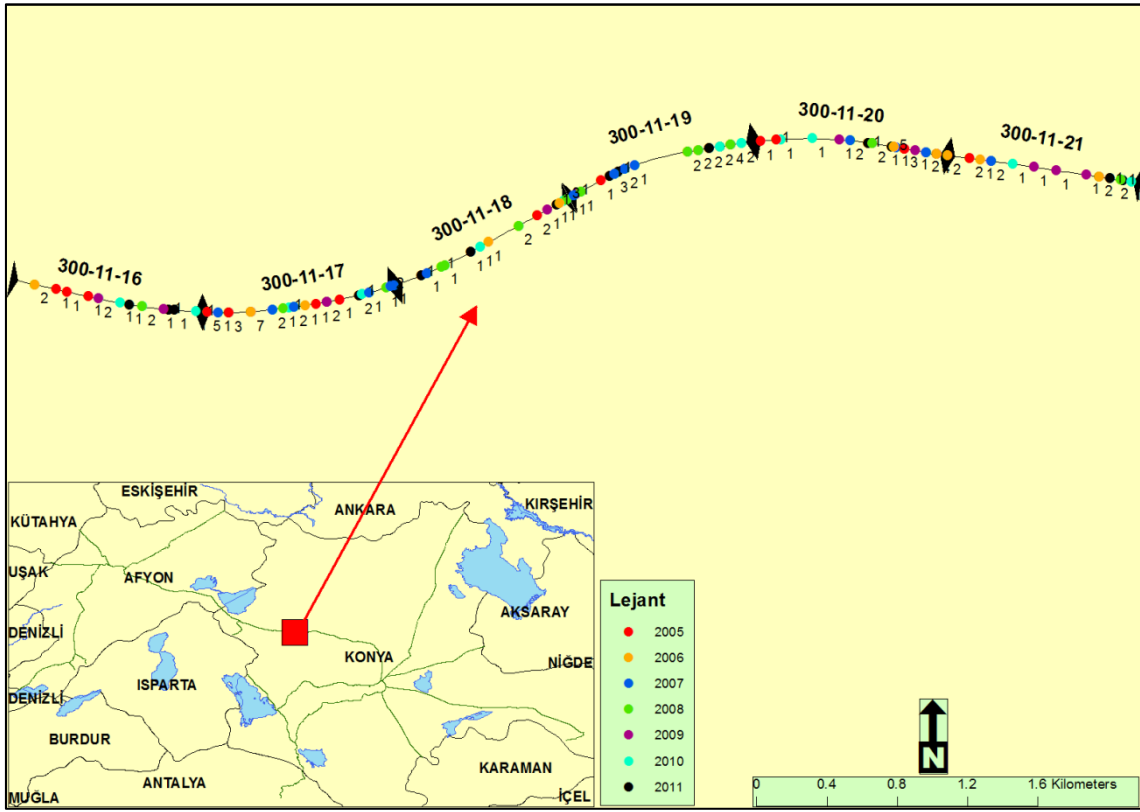
Toplam 119 kazadaki ölü ve yaralı sayısının dağılımına bakıldığında toplam 6 ölüm, 231 yaralanma meydana gelmiştir. 695-04 yol kesim no 1 no'lu segmentde meydana gelen 6 kazada ölü sayısı 0, yaralı sayısı 8 dir (Tablo 4.15). Bu durum 1 no'lu segmentin kara nokta olmadığını göstermektedir.

Yukarıdaki verilerin ve tabloların incelenmesi ışığında 300-10 no'lu yol kesiminin 15, 16, 17, 18 no'lu segmentlerinde kaza sayısı, ölü sayısı, yaralı sayısı verilerine

bakıldığında 4 segmentinde kara nokta olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında kaza sayısı, ölü sayısı, yaralı sayısının en çok 695-04 yol kesim no 1 no'lu segment ile kesişen 17 no'lu segmentde yoğunlaştığı görülmektedir. Burada kazaların fazla olmasının başlıca nedeninin, ilçeden ana yola kontrolsüz olarak bağlanan yollar olduğu düşünülmektedir.

Bu bölümde yapılan üç yöntemin analiz sonuçlarına bakıldığında 695-04 yol kesim no, 1 no'lu segmentde 2005, 2006, 2007, 2008 yıllarında hiç kaza olmamış ve 2011 yılında yalnızca 1 kaza olmuştur. Ancak, Kernel Yoğunluk metodu 7 yılın 7sinde, Getis-ord Gi* metodu ise 7 yılın 6 sında 1 no'lu segmenti kara nokta olarak göstermektedir. Bu da bu iki yöntemin yolların kesişim noktalarında önemli bir dezavantaja sahip olduğunu göstermektedir. Ancak Moran's I metodu 1 no'lu segmenti yalnızca 2 kazanın olduğu 2009 ve 3 kazanın olduğu 2010 yıllarında kara nokta olarak belirlemekte ve bu da Moran's I metodunun yolların kesişim bölgelerinde daha doğru sonuç verdiğini göstermektedir. 300-10 no'lu yol kesiminin 15, 16, 17, 18 no'lu segmentlerinde ise üç metot da benzer sonuçlar vererek bu yol kesimlerinin kara nokta olduğunu göstermişlerdir.

4.1.5 Yol Kesim No 300-11, 16-17-18-19-20-21 No'lu Segmentlerin Analizi



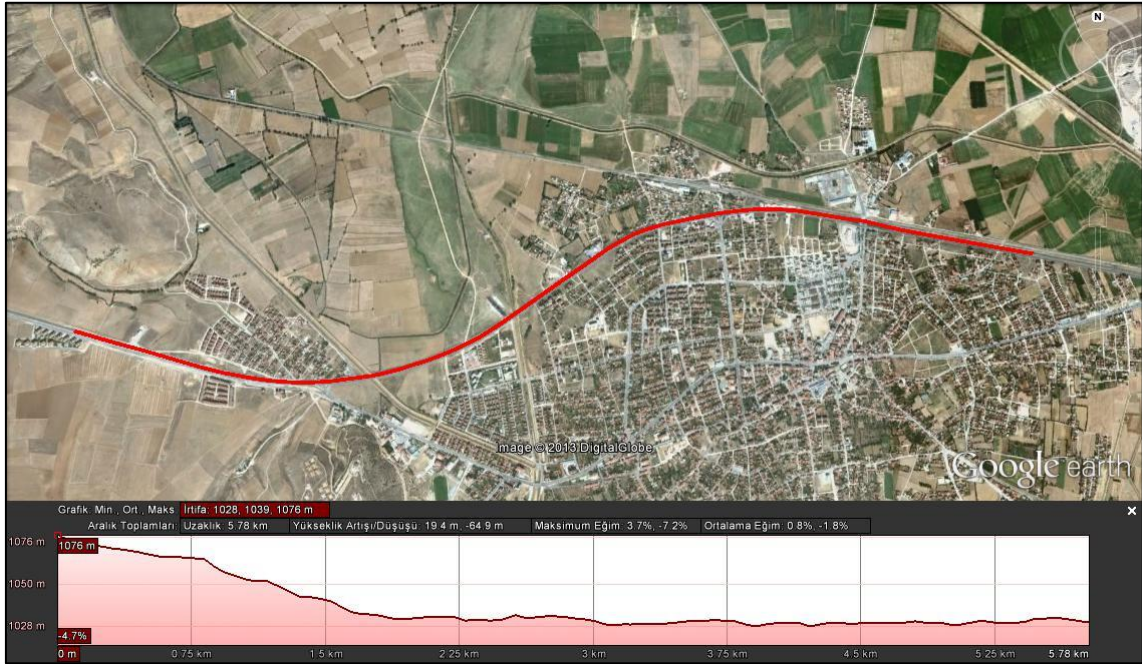
Şekil 4.9 Yol kesim no 300-11, 16-17-18-19-20-21 no'lu segmentlerde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları

300-11 yol kesim no 16, 17, 18, 19, 20 ve 21 no'lu segmentler incelendiğinde 2005 yılından 2011 yılına toplam 7 yılda 16 no'lu segmentde 16, 17 no'lu segmentde 35, 18 no'lu segmentde 18, 19 no'lu segmentde 26, 20 no'lu segmentde 30, 21 no'lu segmentde 17 kazanın meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.9). Kara nokta belirleme metotları ile yapılan çalışmada;

- a. Kernel Yoğunluk yöntemiyle 16 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 17 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 18 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez, 19 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 20 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 21 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez (Tablo 4.1),
- b. Getis Ord Gi* yöntemiyle 16 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 17 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 18 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 19 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 20 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 21 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez (Tablo 4.2),

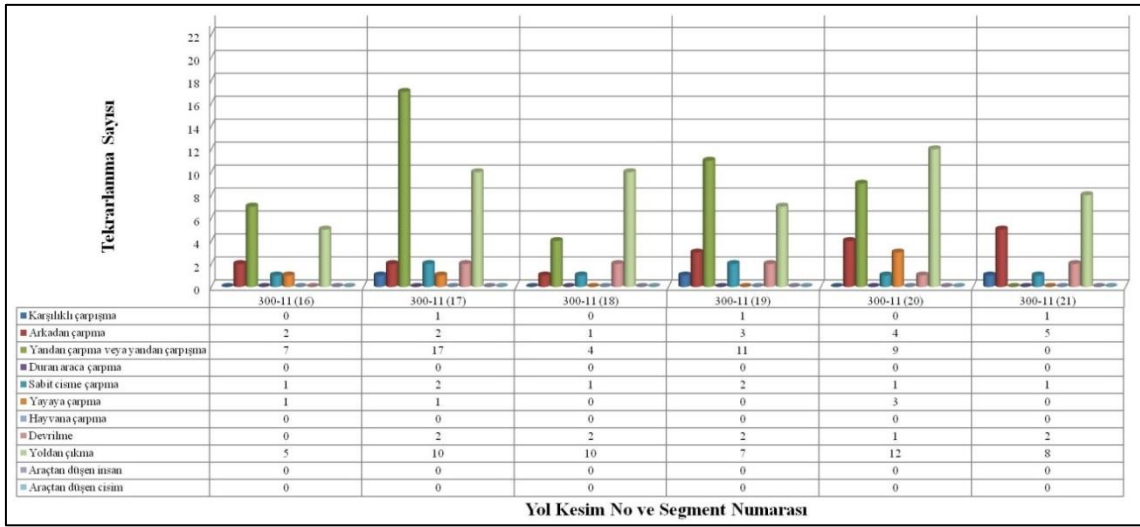
- c. Moran's I yöntemiyle 16 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 17 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 18 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez, 19 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 20 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 21 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez kara nokta olarak belirlenmiştir (Tablo 4.3).

16 no'lu segment 2005, 2008, 2009, 2010, 2011 yıllarında üç metotla kara nokta olarak belirlenmiş, ayrıca 2007 yılında Kernel yoğunluk ve Getis Ord Gi* metodları ile kara nokta olarak belirlenmiştir. 17 no'lu segment 2005, 2006, 2008, 2010, 2011 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2007 yılında Kernel yoğunluk ve Getis Ord Gi* yöntemleriyle kara nokta olarak belirlenmiştir. 18 no'lu segment 2007, 2008, 2010, 2011 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2006 ve 2009 yıllarında sadece Getis Ord Gi* yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmiştir. 19 no'lu segment 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2006 yılında sadece Getis Ord Gi* yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmiştir. 20 no'lu segment 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. 21 no'lu segment 2006, 2009, 2010, 2011 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2005 ve 2007 yıllarında sadece Getis Ord Gi* yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmiştir.



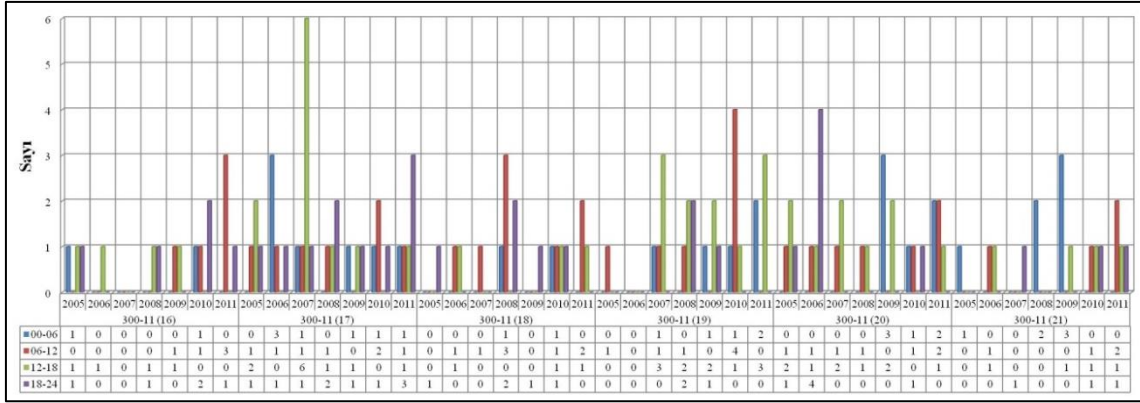
Şekil 4.10 Yol kesim no 300-11, 16-17-18-19-20-21 no'lu segmentlerin yatay ve düşey yol geometrisi

Yolun düşey geometrisi incelendiğinde ortalama eğim % 0,8-1,8 arasında görülmektedir. Ayrıca yatay geometride çok keskin kurplar kullanılmadığı görülmektedir. Bu durum yol geometrisinin kazaların oluşmasında çok önemli etkisinin olmadığını düşündürmektedir (Şekil 4.10). Konya ili Ilgın ilçesi şehir merkezindeki bu yol kesiminde ana yola ilçe merkezinden direk olarak birçok yolun bağlandığı görülmektedir. Kontrolsüz olarak anayola bağlanan bu yollar şehirlerarası hızlı şekilde akan trafik için çok büyük tehdit oluşturduğu ve bunun da kazalara yol açtığı düşünülmektedir.



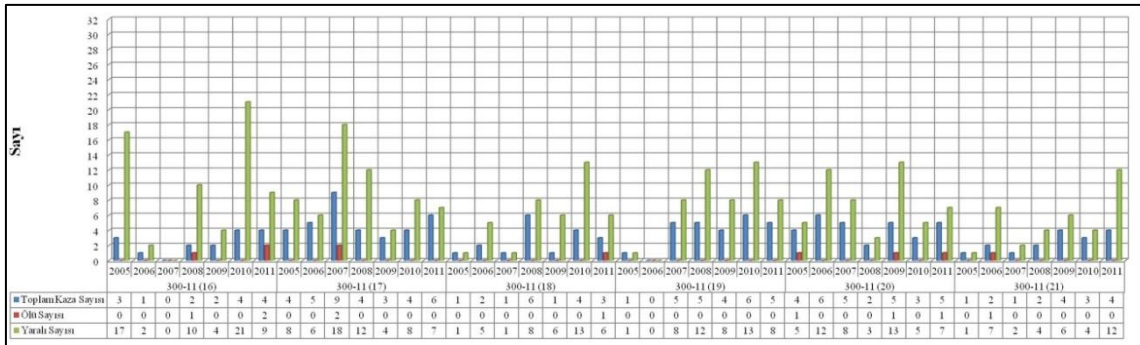
Tablo 4.16 Yol kesim no 300-11, 16-17-18-19-20-21 no'lu segmentlerde kaza oluş türüne göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş türlerine göre incelendiğinde 16, 17, 18, 19, 20, 21 no'lu segmentlerde kazaların büyük çoğunluğunun yandıran çarpma veya yandıran çarpışma ve yoldan çıkma şeklinde olduğu görülmektedir. Kazaların karayolunun her iki tarafına yayılmış olan ilçe merkezinde karşıdan karşıya geçmek isterken anayoldan geçen araçlarla çarpışmalar sonucu olduğu düşünülmektedir (Tablo 4.16).



Tablo 4.17 Yol kesim no 300-11, 16-17-18-19-20-21 no'lu segmentlerde kaza oluş saatine göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş saatine göre incelendiğinde 00-06 saatleri arasında 28, 06-12 saatleri arasında 38, 12-18 saatleri arasında 42, 18-24 saatleri arasında 32 kez kaza olduğu görülmektedir (Tablo 4.17). Bu yol kesimlerinde kazaların günün herhangi bir bölümünde önemli bir kümelenme göstermediği görülmekle birlikte gündüz saatlerinde kaza sayılarında artış olduğu söylenebilir.



Tablo 4.18 Yol kesim no 300-11, 16-17-18-19-20-21 no'lu segmentlerde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar

Kazalardaki ölü ve yaralı sayısının dağılımına bakıldığında toplam 10 ölü, 305 yaralanma meydana gelmiştir. Yaralı sayısının çok olduğu bölgede ölü ve yaralı sayılarında yıllara ve yol kesimlerine göre kümelenme olmadığı görülmektedir (Tablo 4.18).

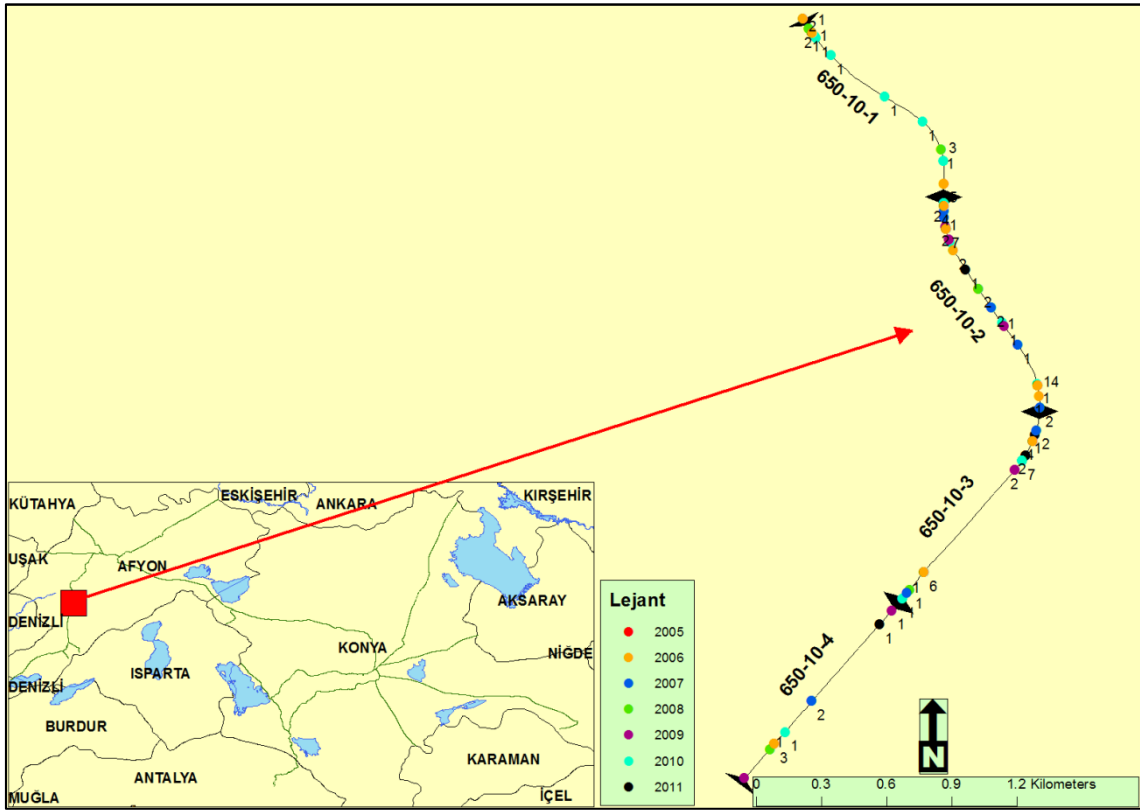
Yukarıdaki verilerin ve tabloların incelenmesi ışığında 300-11 no'lu yol kesiminin 16 no'lu segmentinde 2007 yılında hiç kaza olmamasına rağmen Kernel Yoğunluk ve Getis Ord Gi* yöntemlerinin kara nokta tespiti yaptığı, ancak Moran's I yönteminin kara

nokta tespiti yapmadığı görülmektedir. Bu komşu kesimlerde kaza sayısı çok olmasına rağmen eğer analiz yapılan yol kesiminde kaza yoksa Moran I yönteminin bu yol kesimini kara nokta olarak belirlemediğini göstermektedir. Ayrıca şekilde 19 no'lu segmentde 2006 yılında hiç kaza olmamasına rağmen sadece Getis-Ord Gi* metodu kara nokta tespiti yapmaktadır. Benzer şekilde 18 no'lu segment 2006, 2009 yıllarında, 19 no'lu segment 2006 yılında, 21 no'lu segment 2005, 2007 yıllarında sadece Getis Ord Gi* yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmiştir. Bu durum Getis-Ord Gi* metodunun kara nokta tespitinde bu üç metot arasında en hassas metot olduğunu göstermektedir.

17 no'lu segmentde 9 kaza olmasına rağmen komşu segmentler olan 16 no'lu segmentde 0 kaza, 18 no'lu segmentde 1 kaza meydana gelmesi sonucu Moran's I metodu 17 no'lu segmentde kara nokta tespiti yapmamıştır. Bu durum Moran's I yönteminin analizi yapılan yol kesiminde yeterince kaza olmasına rağmen komşu yol kesimlerinde 0 veya çok az kaza olması durumunda o yol kesimini kara nokta olarak belirlemediğini göstermektedir. Bu durum Moran's I yönteminin dezavantajı olarak görülmektedir.

Bu segmentlerde meydana gelen kaza sayısı, ölü sayısı, yaralı sayılarına ve üç yöntemin analiz sonuçlarına bakıldığında 16, 17, 18, 19, 20, 21 no'lu yol kesimlerinin her üç yöntemle de kara nokta olarak belirlendiği görülmektedir. Bu sebeple bu 6 segmentin kara nokta olduğu düşünülmektedir.

4.1.6 Yol Kesim No 650-10, 1-2-3-4 No'lu Segmentlerin Analizi

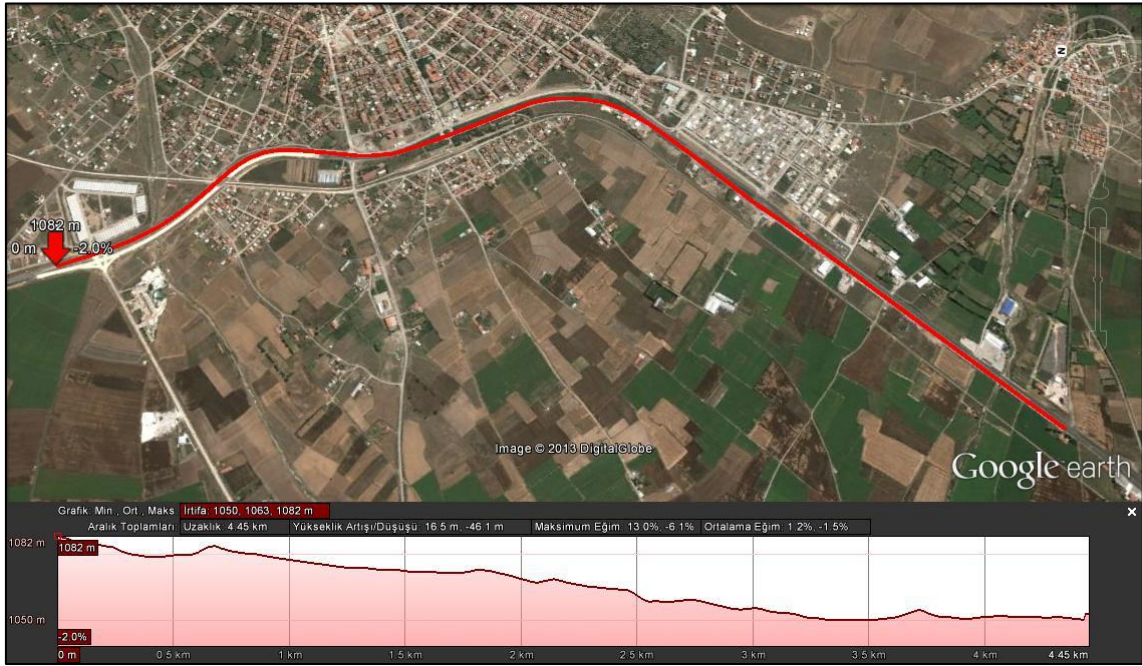


Şekil 4.11 Yol kesim no 650-10, 1-2-3-4 no'lu segmentlerde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları

650-10 yol kesim no 1, 2, 3, 4 no'lu segmentler incelendiğinde 2005 yılından 2011 yılına toplam 7 yılda 1 no'lu segmentde 20, 2 no'lu segmentde 48, 3 no'lu segmentde 27, 4 no'lu segmentde 10 kazanın meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.11). Kara nokta belirleme metotları ile yapılan çalışmada;

- Kernel Yoğunluk yöntemiyle 1 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 2 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 3 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 4 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez (Tablo 4.1),
- Getis Ord Gi* yöntemiyle 1 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 2 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 3 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 4 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez (Tablo 4.2),
- Moran's I yöntemiyle 1 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez, 2 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez, 3 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 4 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez kara nokta olarak belirlenmiştir (Tablo 4.3).

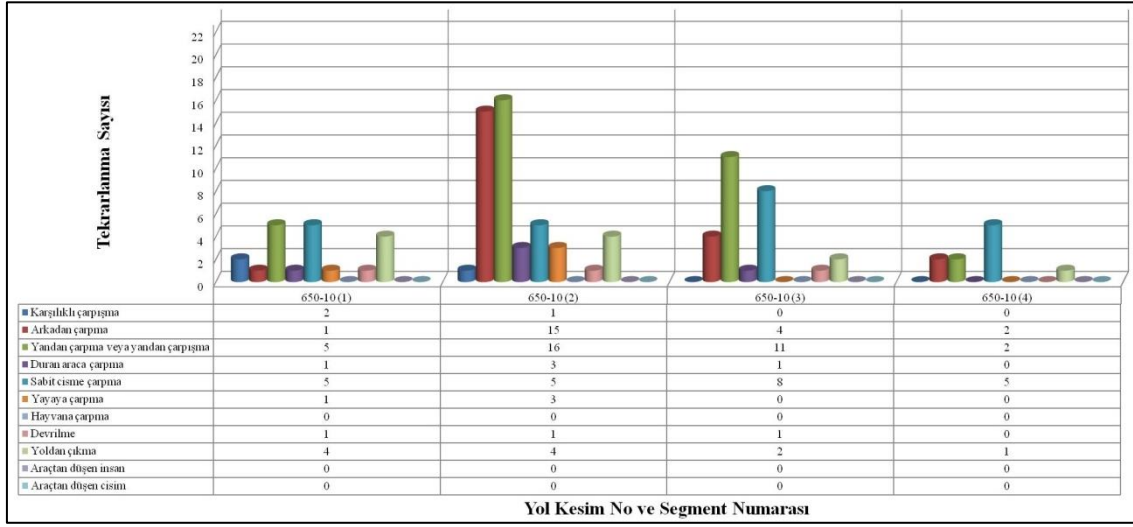
1 no'lu segment 2006, 2008, 2010 yıllarında üç metotla kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2007, 2009 yıllarında Kernel yoğunluk metodu ve Getis Ord Gi* metodu ile kara nokta olarak belirlenmiştir. 2 no'lu segment 2006, 2007, 2008, 2010 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2009 yılında Kernel yoğunluk yöntemi ve Getis Ord Gi* yöntemleriyle kara nokta olarak belirlenmiştir. 3 no'lu segment 2006, 2007, 2008, 2009 ve 2010 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. 4 no'lu segment 2006, 2007, 2009 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2008 yılında Kernel yoğunluk ve Getis Ord Gi* yöntemleriyle, 2010 ve 2011 yıllarında da sadece Getis Ord Gi* yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.12 Yol kesim no 650-10, 1-2-3-4 no'lu segmentlerdeki yatay ve düşey yol geometrisi

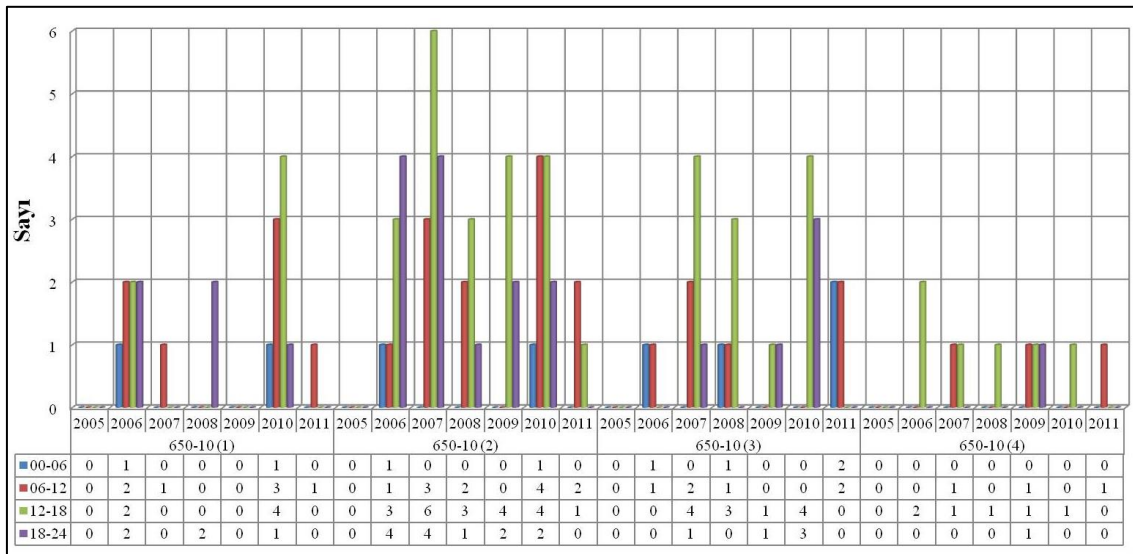
Yolun düşey geometrisi incelendiğinde ortalama eğimin % 1,2-1,5 arasında olduğu görülmektedir. Ayrıca yatay geometride çok keskin kurplar kullanılmadığı görülmektedir. Bu durum yol geometrisinin kazaların oluşmasında çok önemli etkisinin olmadığını düşündürmektedir (Şekil 4.12). Afyon ili Sandıklı ilçesi şehir merkezindeki bu yol kesiminde ana yola ilçe merkezinden direk olarak birçok yolun bağlandığı görülmektedir. Kontrolsüz olarak anayola bağlanan bu yollar şehirlerarası hızlı şekilde

akan trafik için çok büyük tehdit oluşturduğu ve bunun da kazalara yol açtığı düşünülmektedir.



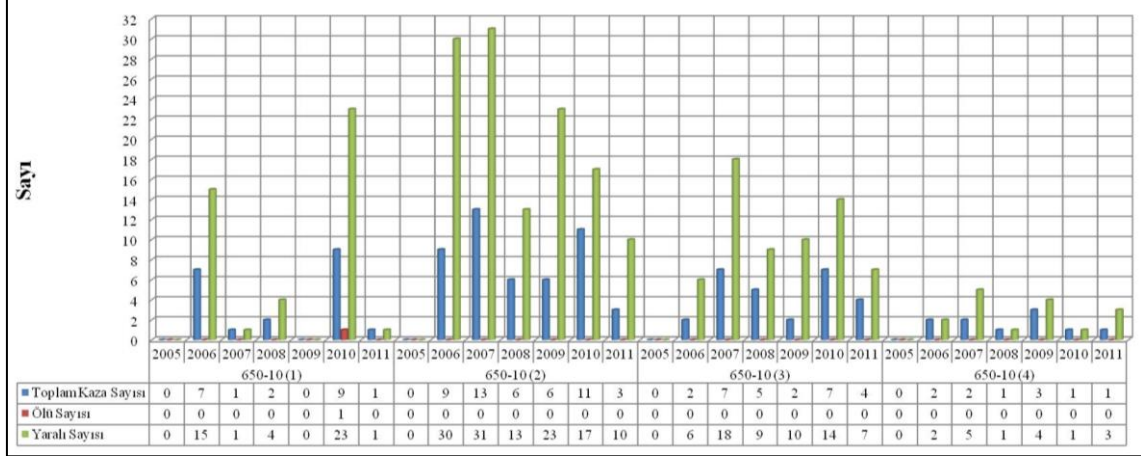
Tablo 4.19 Yol kesim no 650-10, 1-2-3-4 no'lu segmentlerde kaza oluş türüne göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş türlerine göre incelendiğinde 2 no'lu segmentde daha belirgin olmak üzere arkadan ve yandan çarpmanın daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca sabit cisme çarpma da çok sayıda gerçekleşen diğer bir kaza türü olarak dikkati çekmektedir. Kazaların karayolunun her iki tarafına yayılmış olan ilçe merkezinde karşıdan karşıya geçmek isterken anayoldan geçen araçlarla çarpışmalar sonucu oluştuğu düşünülmektedir (Tablo 4.19).



Tablo 4.20 Yol kesim no 650-10, 1-2-3-4 no'lu segmentlerde kaza oluş saatine göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş saatine göre incelendiğinde 00-06 saatleri arasında 8, 06-12 saatleri arasında 28, 12-18 saatleri arasında 45, 18-24 saatleri arasında 24 kez olduğu görülmektedir (Tablo 4.20). Bu yol kesimlerinde kazaların 12-18 saatleri arasında trafiğin yoğun olduğu saatlerde yoğunlaştığı görülmektedir.



Tablo 4.21 Yol kesim no 650-10, 1-2-3-4 no'lu segmentlerde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar

Kazalardaki ölü ve yaralı sayısının dağılımına bakıldığında toplam 1 ölü, 248 yaralanma meydana gelmiştir. 2 no'lu segmentde hem kaza sayısı hem de yaralı sayısının çok olduğu dikkati çekmektedir (Tablo 4.21).

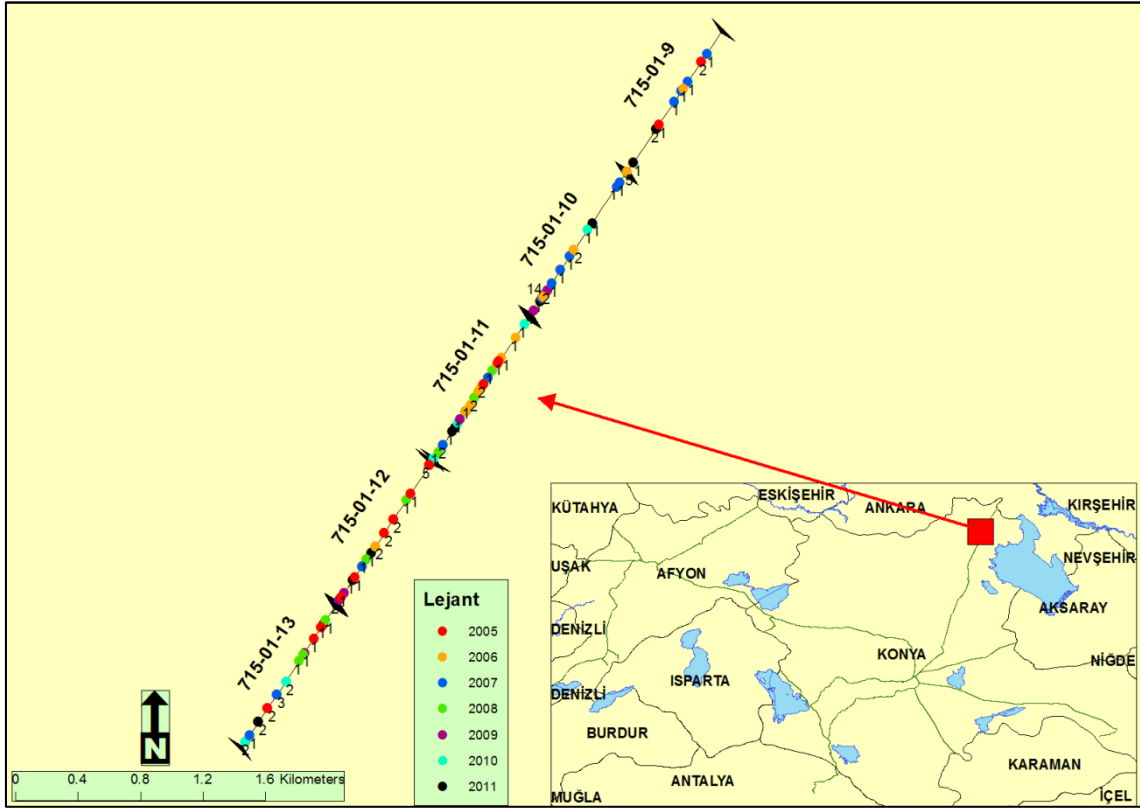
Yukarıdaki verilerin ve tabloların incelenmesi ışığında 650-10 no'lu yol kesiminin 1 no'lu segmentinde 2007 yılında 1 kaza olmasına ve 2009 yılında ise hiç kaza olmamasına rağmen Kernel Yoğunluk ve Getis Ord Gi* yöntemlerinin kara nokta tespiti yaptığı, ancak Moran's I yönteminin kara nokta tespiti yapmadığı görülmektedir. Bu komşu kesimlerde kaza sayısı çok olmasına rağmen eğer analiz yapılan yol kesiminde yeterince kaza yoksa Moran I yönteminin bu yol kesimini kara nokta olarak belirlemediğini göstermektedir. 2 no'lu segmentde ise 2009 yılında 6 kaza olmasına rağmen 1 no'lu segmentde 0, 3 no'lu segmentde 2 kaza olmuştur. 2 no'lu segmenti Kernel yoğunluk ve Getis Ord Gi* yöntemleri kara nokta olarak belirlemiş olmasına rağmen Moran's I yöntemi kara nokta olarak belirlememektedir. Bu durum Moran I yönteminin analizi yapılan segmentde yeterince kaza olmasına rağmen komşu yol segmentlerde 0 veya çok az kaza olması durumunda o segmenti kara nokta olarak belirleyemediğini göstermektedir. Bu durum Moran's I yönteminin dezavantajı olarak

görülmektedir. Ayrıca, 4 no'lu segmentde ise 2008 yılında 1 kaza olmuş, 3 no'lu segmentde 5, 5 no'lu segmentde 0 kaza olmuştur. 4 no'lu segmentde Kernel yoğunluk yöntemi ve Getis Ord Gi* yöntemi kara nokta olarak belirlemiş olmasına rağmen Moran's I yöntemi kara nokta olarak belirlememektedir. Bu durum Moran's I yöntemine göre değerlendirilen bir yol kesiminin kendisinin veya herhangi bir komşusunun 0 kaza değeri alması durumunda kara nokta olarak tanımlanmayacağını göstermektedir.

4 no'lu segment 2010, 2011 yıllarında sadece Getis Ord Gi* yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmiştir. Bu segmentde ve komşu segmentlerinde olmuş kaza sayılarına bakıldığında 2010 yılında 3 no'lu segmentde 7, 4 no'lu segmentde 1, 5 no'lu segmentde 3, 2011 yılında 3 no'lu segmentde 4, 4 no'lu segmentde 1, 5 no'lu segmentde 6 kaza meydana gelmiştir. Bu verilere bakıldığında değerlendirilen segmentteki kaza sayısı az olmasına rağmen komşu segmentlerdeki kaza sayıları çok olduğunda Getis Ord Gi* yöntemi kara nokta tespiti yaptığı halde Kernel Yoğunluk ve Moran's I yöntemleri bu segmenti kara nokta olarak belirlememektedir.

Bu segmentlerde yapılan üç yöntemin analiz sonuçlarına bakıldığında 1, 2, 3, 4 no'lu segmentlerin kara nokta olarak belirlendiği söylenebilir.

4.1.7 Yol Kesim No 715-01, 9-10-11-12-13 No'lu Segmentlerin Analizi

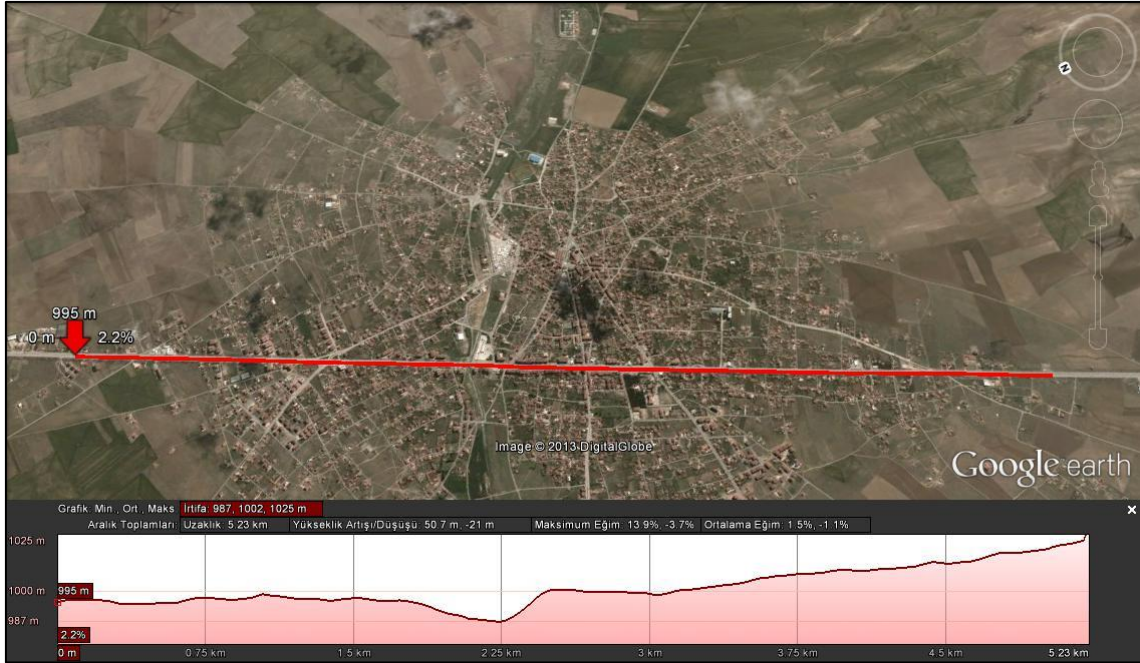


Şekil 4.13 Yol kesim no 715-01, 9-10-11-12-13 no'lu segmentlerde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları

715-01 no'lu yol 9, 10, 11, 12, 13 no'lu segmentler incelendiğinde 2005 yılından 2011 yılına toplam 7 yılda 9 no'lu segmentde 17, 10 no'lu segmentde 28, 11 no'lu segmentde 41, 12 no'lu segmentde 22, 13 no'lu segmentde 23 kazanın meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.13). Kara nokta belirleme metotları ile yapılan çalışmada;

- Kernel Yoğunluk yöntemiyle 9 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez, 10 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 11 no'lu segmentde 7 yılda 7 kez, 12 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 13 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez (Tablo 4.1),
- Getis Ord Gi* yöntemiyle 9 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez, 10 no'lu segmentde 7 yılda 6 kez, 11 no'lu segmentde 7 yılda 7 kez, 12 no'lu segmentde 7 yılda 7 kez, 13 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez (Tablo 4.2),
- Moran's I yöntemiyle 9 no'lu segmentde 7 yılda 2 kez, 10 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 11 no'lu segmentde 7 yılda 7 kez, 12 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 13 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez kara nokta olarak belirlenmiştir (Tablo 4.3).

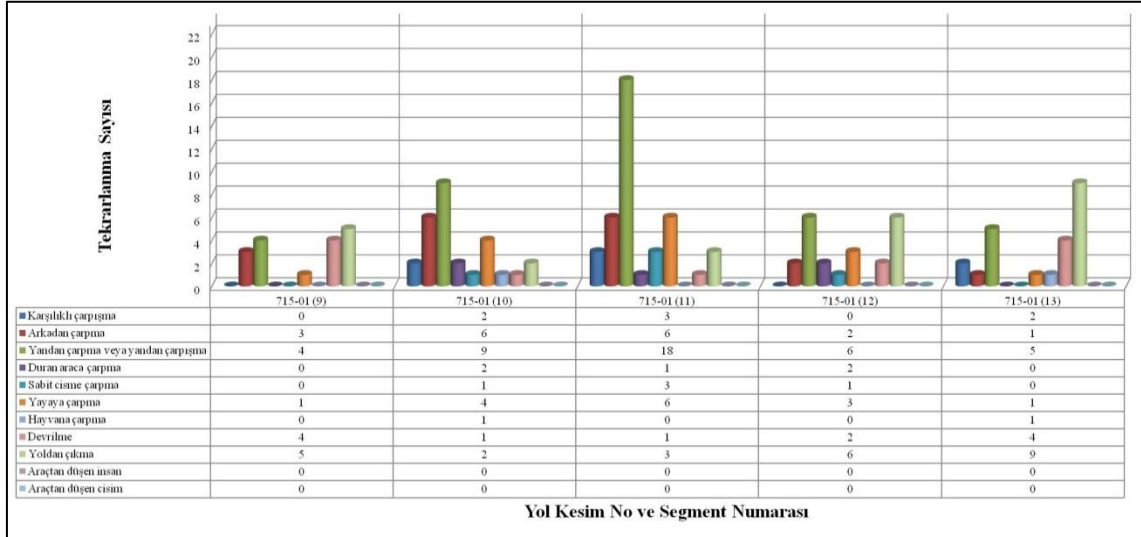
9 no'lu segment 2007, 2011 yıllarında üç metotla kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2010 yılında Kernel yoğunluk ve Getis Ord Gi* metotlarıyla, 2009 yılında sadece Getis Ord Gi* metoduyla, 2005 yılında sadece Kernel Yoğunluk metoduyla kara nokta olarak belirlenmiştir. 10 no'lu segment 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2006 yılında Kernel yoğunluk yöntemi ve Getis Ord Gi* yöntemleriyle kara nokta olarak belirlenmiştir. 11 no'lu segment 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. 12 no'lu segment 2005, 2006, 2008, 2009, 2010 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2008 yılında Kernel yoğunluk yöntemi ve Getis Ord Gi* yöntemleriyle, 2011 yılında sadece Getis Ord Gi* yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmiştir. 13 no'lu segment 2005, 2008, 2009 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2006 yılında sadece Moran's I yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.14 Yol kesim no 715-01, 9-10-11-12-13 no'lu segmentlerdeki yatay ve düşey yol geometrisi

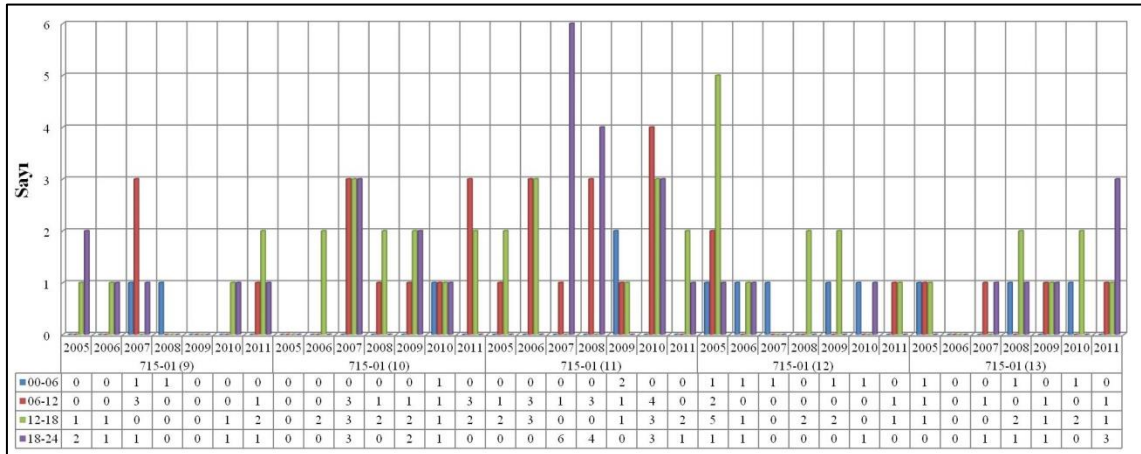
Yolun düşey geometrisi incelendiğinde ortalama eğimin % 1,1-1,5 arasında olduğu görülmektedir. Ayrıca yatay geometride bu yol kesiminin sadece aliymandan oluştuğu görülmektedir. Bu durum yol geometrisinin kazaların oluşmasında etkisinin olmadığını düşündürmektedir (Şekil 4.14). Konya ili Kulu ilçesi şehir merkezindeki bu yol

kesiminde ana yola ilçe merkezinden direk olarak birçok yolun bağlandığı görülmektedir. Kontrolsüz olarak anayola bağlanan bu yolların şehirlerarası hızlı şekilde akan trafik için çok büyük tehdit oluşturduğu ve bunun da kazalara yol açtığı düşünülmektedir.



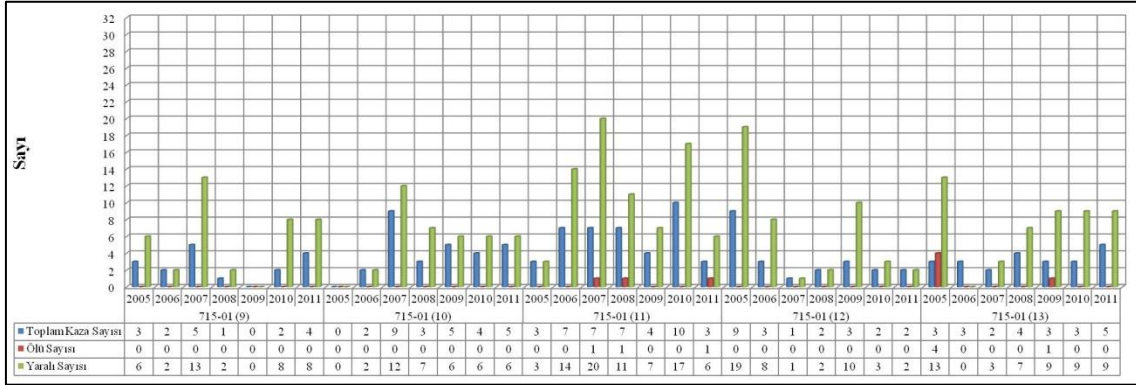
Tablo 4.22 Yol kesim no 715-01, 9-10-11-12-13 no'lu segmentlerde kaza oluş türüne göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş türlerine göre incelendiğinde 11 no'lu yol segmentde daha belirgin olmak üzere yandan çarpmanın daha fazla olduğu görülmektedir. Kazaların karayolunun her iki tarafına yayılmış olan ilçe merkezinde karşıdan karşıya geçmek isterken anayoldan geçen araçlarla çarpışmalar sonucu oluştuğu düşünülmektedir (Tablo 4.22).



Tablo 4.23 Yol kesim no 715-01, 9-10-11-12-13 no'lu segmentlerde kaza oluş saatine göre kazalar 2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş saatine göre incelendiğinde 00-

06 saatleri arasında 13, 06-12 saatleri arasında 33, 12-18 saatleri arasında 46, 18-24 saatleri arasında 35 kez olduğu görülmektedir (Tablo 4.23). Bu yol kesimlerinde kazaların 06-24 saatleri arasında yoğunlaştığı görülmektedir.



Tablo 4.24 Yol kesim no 715-01, 9-10-11-12-13 no'lu segmentlerde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar

Kazalardaki ölü ve yaralı sayısının dağılımına bakıldığında toplam 8 ölü, 251 yaralanma meydana gelmiştir (Tablo 4.24). Ölülerin 11 ve 13 no'lu segmentlerdeki kazalar sonucu olduğu görülmektedir.

Yukarıdaki verilerin ve tabloların incelenmesi ışığında 715-01 no'lu yol kesiminde 9 no'lu segmentde 2005 yılında 3 kaza, 8 no'lu segmentde 0 kaza, 10 no'lu segmentde 3 kaza meydana gelmiştir. Kaza sayısının çok olmamasına karşın 8 no'lu segmentdeki kazalar ile 9 no'lu segmentdeki kazaların geometrik olarak birbirine yakın olmalarından dolayı 9 no'lu segment Kernel Yoğunluk yöntemine göre kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2009 yılında 8 no'lu segmentde 5 kaza, 9 no'lu segmentde 0 kaza, 10 no'lu segmentde 3 kaza meydana gelmiş olmakla beraber bu segment sadece Getis Ord Gi* yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmiştir. Bu durum ele alındığında ilgili yol kesiminde hiç kaza olmamasına rağmen Getis Ord Gi* yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmiş olması bu yöntemin komşuluk ilişkisini fazlasıyla kullandığı ve yöntemin zayıf yönü olarak görülebileceği söylenebilir.

715-01 no'lu yol kesimi 9 no'lu segmentde 2010 yılında 2 kaza, 8 no'lu segmentde 4 kaza, 10 no'lu segmentde 4 kaza olmasına rağmen Moran's I yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmemiştir. Benzer şekilde 10 no'lu segmentde 2006 yılında 2 kaza, 9 no'lu

segmentde 2 kaza, 11 no'lu segmentde 7 kaza olmasına rağmen Moran's I yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmemiştir. Aynı şekilde 2007 yılında 11 no'lu segmentde 7 kaza, 12 no'lu segmentde 3 kaza, 13 no'lu segmentde 2 kaza olmasına rağmen 12 no'lu segment Moran's I yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmemiştir. Bu üç durum göz önüne alındığında Moran's I metodunun komşu iki kesimde de 0, 1, 2 gibi az kaza sayısı gerçekleştiğinde ilgili kesimde çok kaza olsa dahi kara nokta olarak belirlenmediği görülmektedir.

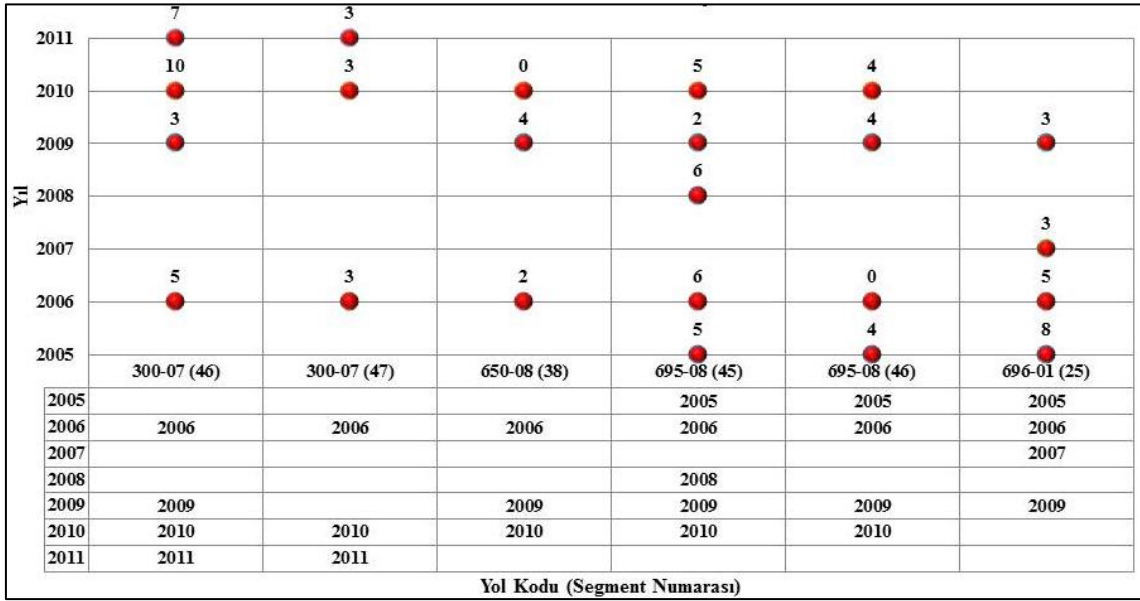
715-01 no'lu yol kesiminde 12 no'lu segmentde 2011 yılında 2 kaza, 11 no'lu segmentde 3 kaza, 13 no'lu segmentde 5 kaza meydana gelmiştir. Sadece Getis Ord Gi* yöntemi bu segmenti kara nokta olarak belirlemiştir. İlgili yol kesimindeki kaza sayısı az olmasına rağmen iki komşu yol kesimindeki kaza sayısının fazla olması Getis Ord Gi* metodunun komşuluk ilişkisine bağlı yöntem olduğunu göstermektedir.

715-01 no'lu yol kesiminde 13 no'lu segmentde 2006 yılında 3 kaza, 12 no'lu segmentde 3 kaza, 14 no'lu segmentde 2 kaza meydana gelmiştir. Sadece Moran's I yöntemi bu segmenti kara nokta olarak belirlemiştir. İlgili yol kesimindeki kaza sayısı 2 den büyük iki kaza değerinin yan yana yol kesimlerinde olması koşuluyla o yol kesiminin Moran's I metoduna göre kara nokta olarak belirlenebileceğini göstermektedir.

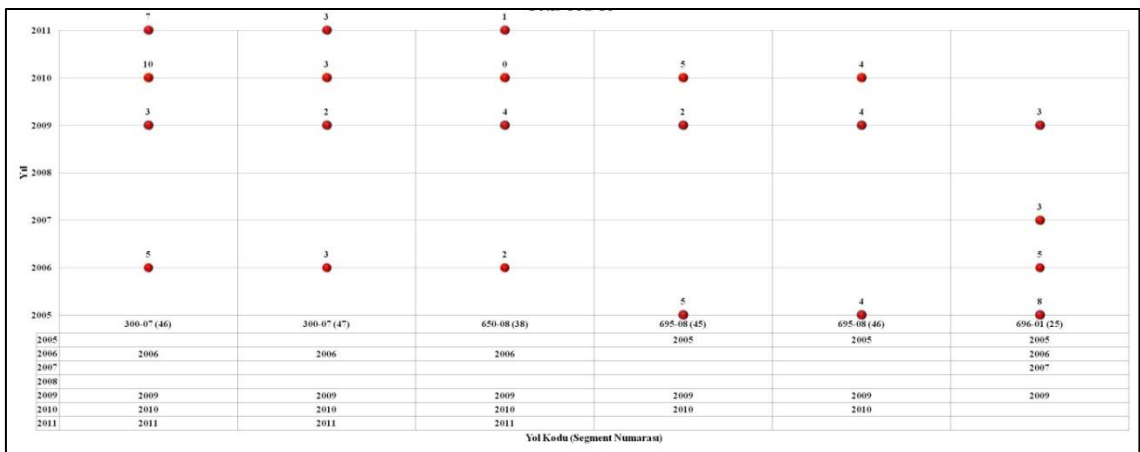
Bu yol kesiminde yapılan üç yöntemin analiz sonuçlarına bakıldığında 9, 10, 11, 12, 13 no'lu yol kesimlerinin kara nokta olduğu düşünülmektedir.

4.2 2. Derece Kara Noktaların Analizi

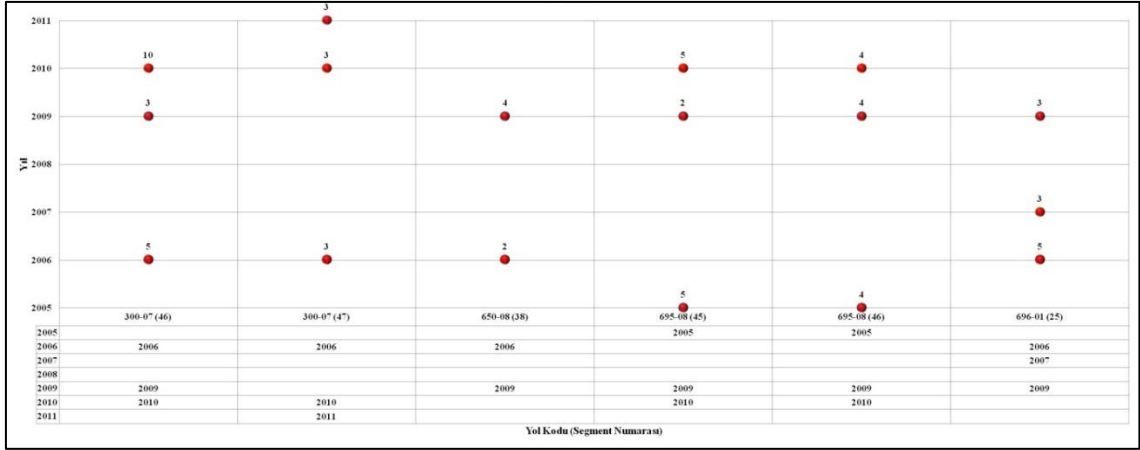
Çalışma verileri kullanılarak Kernel Yoğunluk metodu (Tablo 4.25), Getis-Ord Gi* metodu (Tablo 4.26) ve Moran's I metodu (Tablo 4.27) ile yapılan mekânsal analizler sonucu öncelikle 2. derece kara nokta olabileceği düşünülen yerler belirlenmiştir. Ayrıca belirlenmiş olan bu yerler kaza sayılarına, yatay ve düşey yol geometrilerine, kaza oluş türlerine, kaza oluş saatine ve ölü-yaralı sayılarına göre incelenmişlerdir.



Tablo 4.25 Kernel Yoğunluk metodu ile kara nokta olarak tespit edilen segmentlerin kilometreleri ve kaza sayılarının yıllara göre dağılımı

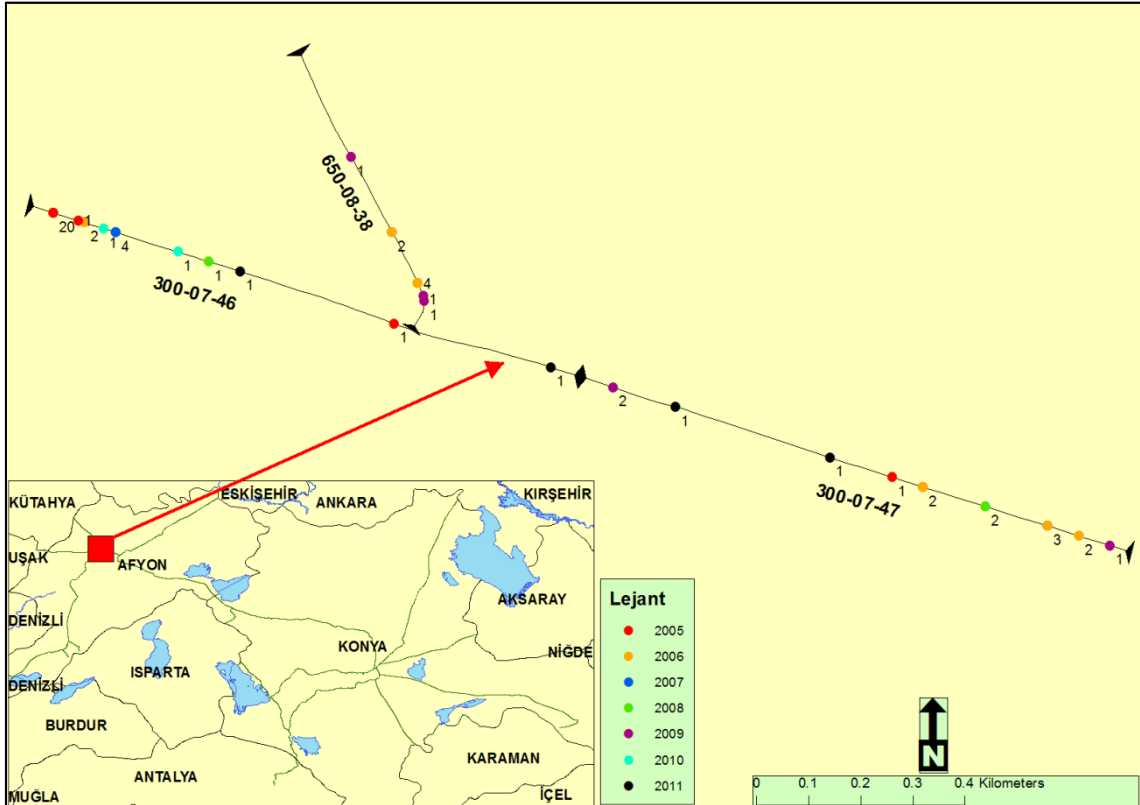


Tablo 4.26 Getis Ord Gi* metodu ile kara nokta olarak tespit edilen segmentlerin kilometreleri ve kaza sayılarının yıllara göre dağılımı



Tablo 4.27 Moran's I metodu ile kara nokta olarak tespit edilen segmentlerin kilometreleri ve kaza sayılarının yıllara göre dağılımı

4.2.1 Yol Kesim No 300-07, 46-47 No'lu Segmentler ile Yol Kesim No 650-08, 38 No'lu Segmentin Analizi



Şekil 4.15 Yol kesim no 300-07, 46-47 no'lu segmentler ile yol kesim no 650-08, 38 no'lu segmentde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları

300-07 yol kesim no 46, 47 no'lu segmentler ile 650-08 yol kesim no 38 no'lu segment

incelendiğinde 2005 yılından 2011 yılına toplam 7 yılda 46 no'lu segmentde 33, 47 no'lu segmentde 15, 38 no'lu segmentde 9 kazanın meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.15). Kara nokta belirleme metotları ile yapılan çalışmada;

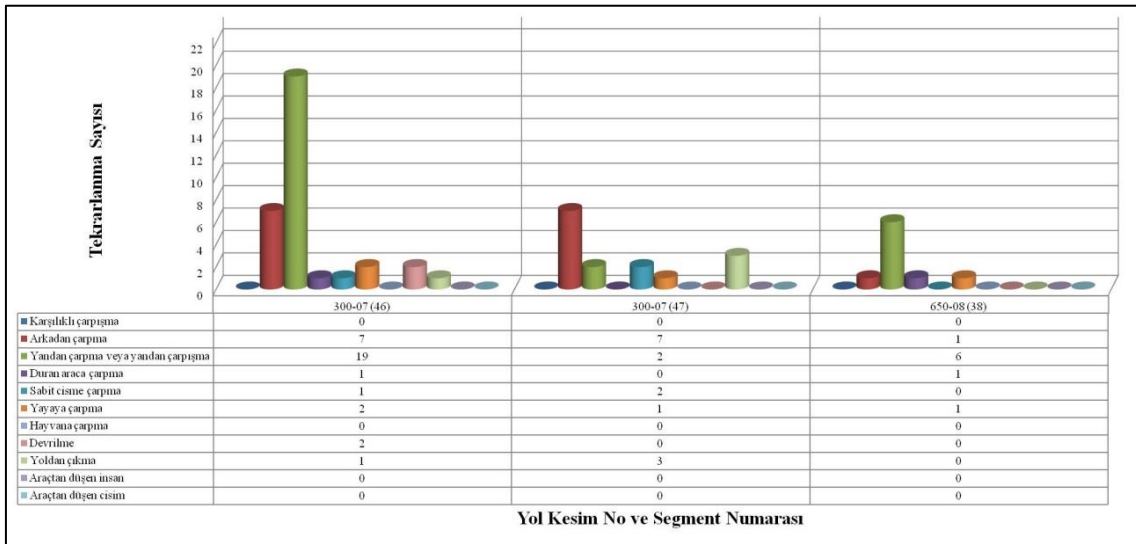
- Kernel Yoğunluk yöntemiyle 46 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez, 47 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez, 38 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez (Tablo 4.25),
- Getis Ord Gi* yöntemiyle 46 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez, 47 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez, 38 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez (Tablo 4.26),
- Moran's I yöntemiyle 46 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez, 47 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez, 38 no'lu segmentde 7 yılda 2 kez kara nokta olarak belirlenmiştir (Tablo 4.27).

46 no'lu segment 2006, 2009, 2010 yıllarında üç metotla kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2011 yılında Kernel yoğunluk ve Getis Ord Gi* metotlarıyla kara nokta olarak belirlenmiştir. 47 no'lu segment 2006, 2010, 2011 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2009 yılında sadece Getis Ord Gi* yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmiştir. 38 no'lu segment 2006, 2009 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2010 yılında Kernel yoğunluk yöntemi ve Getis Ord Gi* yöntemleriyle, 2011 yılında sadece Getis Ord Gi* yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmiştir.



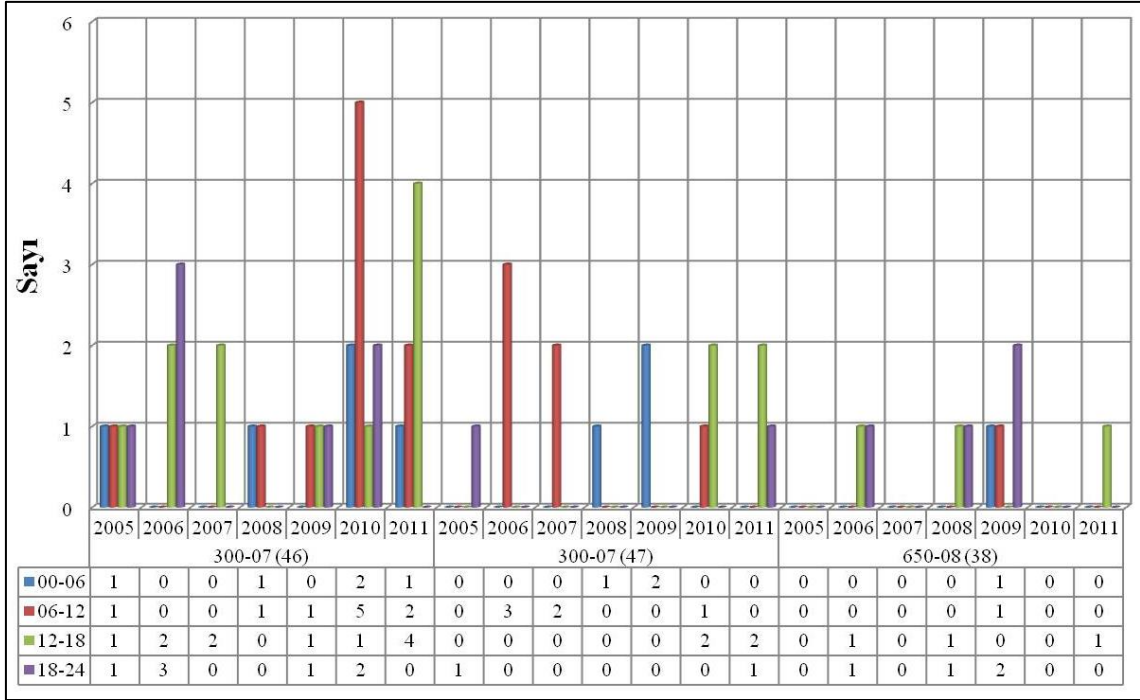
Şekil 4.16 Yol kesim no 300-07, 46-47 no'lu segmentler ile yol kesim no 650-08, 38 no'lu segmentde yatay ve düşey yol geometrisi

Yolun düşey geometrisi incelendiğinde ortalama eğimin % 0,8-1,5 arasında olduğu görülmektedir. Ayrıca yatay geometride bu yol kesiminin sadece aliymandan oluştuğu görülmektedir. Bu yol İstanbul-İzmir-Konya yol ayrımındadır ve aynı zamanda alışveriş merkezlerinin bulunduğu çok yoğun trafiğe sahip bölgededir. Kazaların tam olarak kavşak noktasında olması beklenmesine rağmen kavşağın yaklaşık 500 metre gerisinde yoğunlaştığı görülmekte ve bu da kaza tutanaklarındaki kilo metraj verilerinin doğruluğunun da yaklaşık 500 metre - 1 kilometre arasında değişebildiğini göstermesi açısından önemlidir (Şekil 4.16).



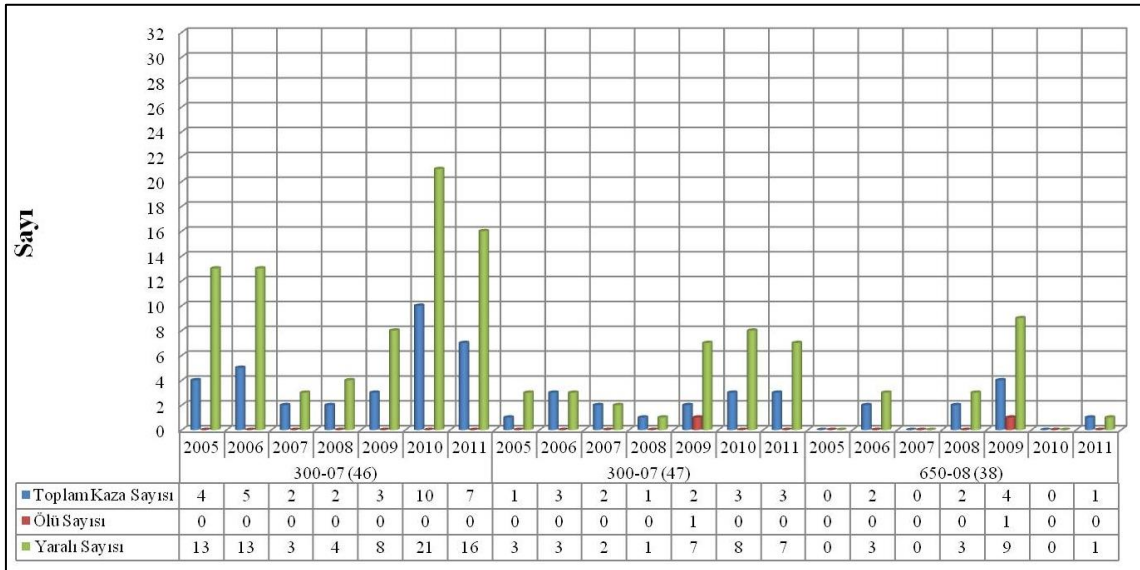
Tablo 4.28 Yol kesim no 300-07, 46-47 no'lu segmentler ile yol kesim no 650-08, 38 no'lu segmentler kaza oluş türüne göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş türlerine göre incelendiğinde tam kavşak noktasında olan 46 no'lu segmentde daha belirgin olmak üzere yandıan çarpmanın daha fazla olduğu görülmektedir. Diğer yoğunlaşan kaza türü ise arkadan çarpmadır. Bu yol kesiminde bulunan kavşağın kazaların oluşmasında büyük rol oynadığı görülmektedir (Tablo 4.28).



Tablo 4.29 Yol kesim no 300-07, 46-47 no'lu segmentler ile yol kesim no 650-08, 38 no'lu segmentlerde kaza oluş saatine göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş saatine göre incelendiğinde 00-06 saatleri arasında 9, 06-12 saatleri arasında 17, 12-18 saatleri arasında 18, 18-24 saatleri arasında 13 kez olduğu görülmektedir (Tablo 4.29). Bu yol kesimlerinde kazaların gündüz saatlerinde trafiğin yoğun olduğu zamanlarda arttığı görülmektedir.



Tablo 4.30 Yol kesim no 300-07, 46-47 no'lu segmentler, yol kesim no 650-08, 38 no'lu segmentde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar

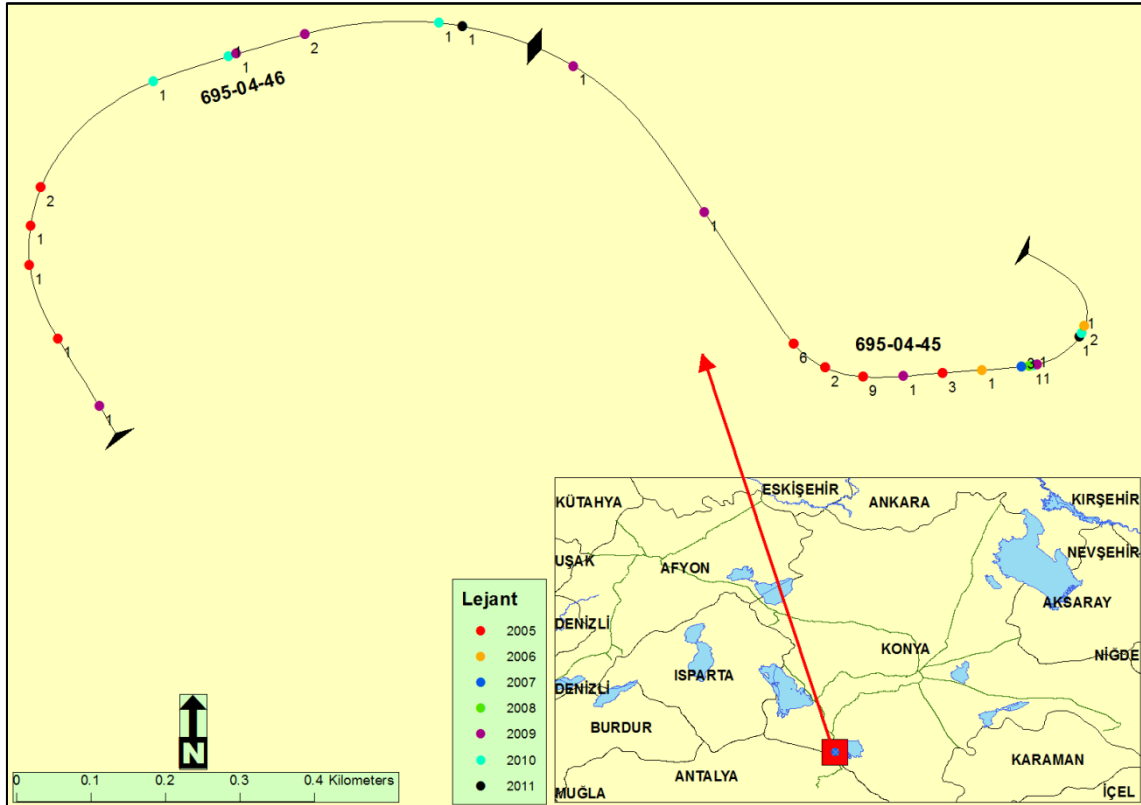
Kazalardaki ölü ve yaralı sayısının dağılımına bakıldığında toplam 2 ölü, 125 yaralanma meydana gelmiştir (Tablo 4.30). 125 yaralanmanın 78'i yolların kesiştiği 46 no'lu segmentde meydana gelen kazalar sonucu olmuştur.

Yukarıdaki verilerin ve tabloların incelenmesi ışığında 300-07 no'lu yol kesiminin 46 no'lu segmentinde 2011 yılında 7 kaza olmasına rağmen 45 no'lu segmentde 0 kaza, 47 no'lu segmentde 3 kaza meydana gelmiştir. Bu durumda Kernel Yoğunluk ve Getis Ord Gi* metotları 46 no'lu segmenti kara nokta olarak belirlemesine karşın Moran's I metodu kara nokta olarak belirlememiştir. 650-08 no'lu yol kesiminin 38 no'lu segmentinde 2010 yılında hiç kaza olmamasına rağmen 46 no'lu segmentde 10 kaza, 37 no'lu segmentde ise 2 kaza olmuştur. Bu yol kesimini Kernel Yoğunluk ve Getis Ord Gi* metotları kara nokta olarak belirlemiş sadece Moran's I metodu kara nokta tespiti yapmamıştır. İlgili yol kesiminde hiç kaza olmamasına rağmen komşu kesimlerden çok sayıda kaza olması durumunda Kernel Yoğunluk ve Getis Ord Gi* metotlarının kara nokta tespiti yapması, Moran's I metodunun ise kara nokta tespiti yapmaması Moran's I yönteminin olumlu yönü olarak düşünülmektedir.

300-07 no'lu yol kesiminin 47 no'lu segmentde 2009 yılında 2 kaza, 46 no'lu segmentde 3 kaza, 48 no'lu segmentde 0 kaza olmuş ve bu segment sadece Getis Ord Gi* yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmiştir. Bu durumda Getis Ord Gi* yönteminin komşuluk ilişkisinden faydalanarak diğer az kaza olan yerlerde diğer yöntemlerden daha hassas olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde 650-08 no'lu yol kesiminin 38 no'lu segmentde 2011 yılında 1 kaza, komşu yol kesimleri 46 no'lu segmentde 7, 37 no'lu segmentde 1 kaza olmuştur. Bu yol kesimi de yalnızca Getis Ord Gi* metoduyla kara nokta olarak belirlenmiştir. Bu yol kesiminde Kernel Yoğunluk metoduyla kara nokta olarak belirlenmeme sebebi 46 no'lu segmentde oluşan kazaların 2'sinin geometrik olarak 38 no'lu segmente yakın olması, 5 kazanın ise geometrik olarak uzak olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Moran's I yöntemine göre ise iki komşu yol kesiminde 1 kaza olması nedeniyle yol kesiminin kara nokta olarak belirlenmediği düşünülmektedir. Getis Ord Gi* yöntemi ise daha hassas bir yapıda olduğundan 38 no'lu segmenti kara nokta olarak belirlemiştir.

3 yöntemle yapılan analizler sonucu 650-08 yol kesim no 38 no'lu segmentin kara nokta olarak olmadığı, 300-07 yol kesim no 46 ve 47 no'lu segmentlerin kara nokta olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

4.2.2 Yol Kesim No 695-08, 45-46 No'lu Segmentlerin Analizi

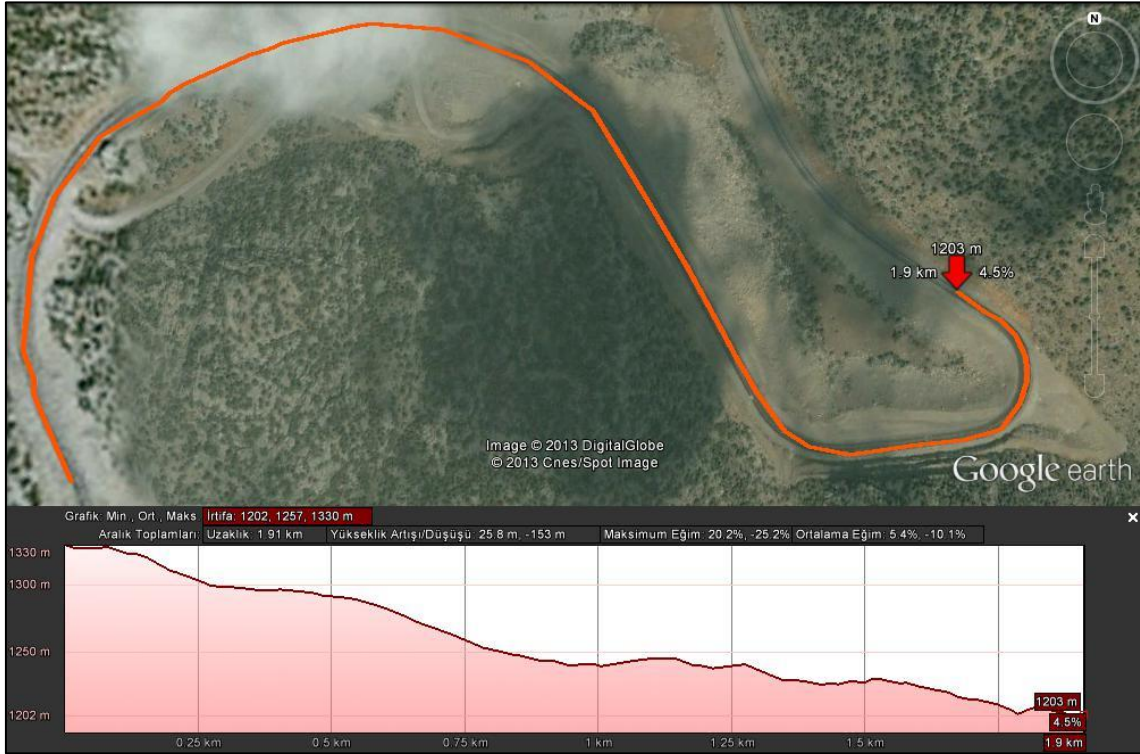


Şekil 4.17 Yol kesim no 695-08, 45-46 no'lu segmentlerde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları

695-08 yol kesim no 45, 46 no'lu segmentler incelendiğinde 2005 yılından 2011 yılına toplam 7 yılda 45 no'lu segmentde 30, 46 no'lu segmentde 13 kazanın meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.17). Kara nokta belirleme metodları ile yapılan çalışmada;

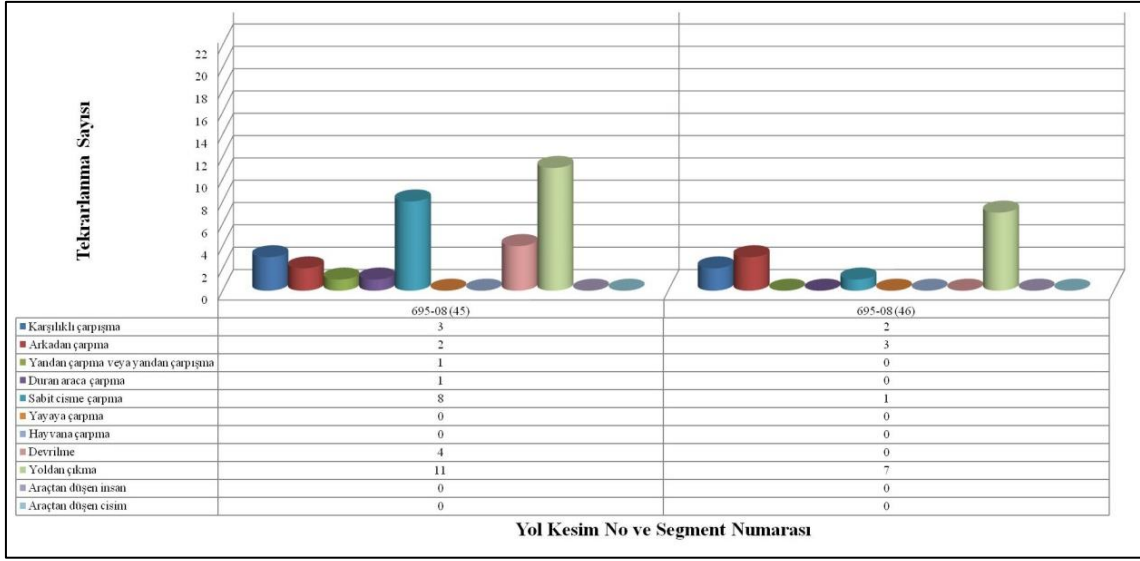
- Kernel Yoğunluk yöntemiyle 45 no'lu segmentde 7 yılda 5 kez, 46 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez (Tablo 4.25),
- Getis Ord Gi* yöntemiyle 45 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez, 46 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez (Tablo 4.26),
- Moran's I yöntemiyle 45 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez, 46 no'lu segmentde 7 yılda 3 kez kara nokta olarak belirlenmiştir (Tablo 4.27).

45 no'lu segment 2005, 2009, 2010 yıllarında üç metotla kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2006, 2008 yıllarında sadece Kernel yoğunluk metoduyla kara nokta olarak belirlenmiştir. 46 no'lu segment 2005, 2009, 2010 yıllarında üç metotla da kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2006 yılında sadece Kernel yoğunluk yöntemiyle kara nokta olarak belirlenmiştir.



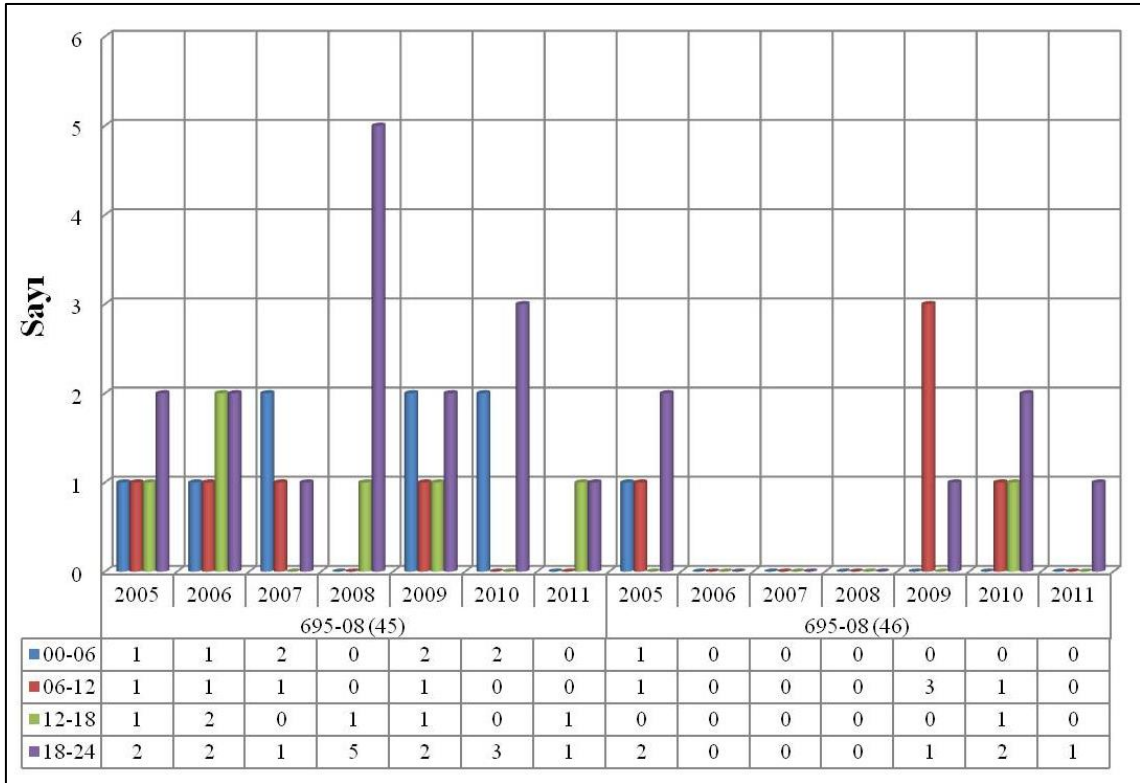
Şekil 4.18 Yol kesim no 695-08, 45-46 no'lu segmentlerde yatay ve düşey yol geometrisi

Yolun düşey geometrisi incelendiğinde ortalama eğimin % 5.4-10 arasında olduğu görülmektedir. Ayrıca yatay geometride bu yol kesiminde yaklaşık kurp yarıçapları 70, 150, 450, 200 metre olan 4 adet yatay kurp kullanılmıştır. Toplam 2 kilometre gibi bir yol kesiminde hem düşey eğimin fazla olması hem de 4 adet keskin kurpun kullanılmış olmasının yol kazalarının oluşmasında önemli etkiye sahip olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.18).



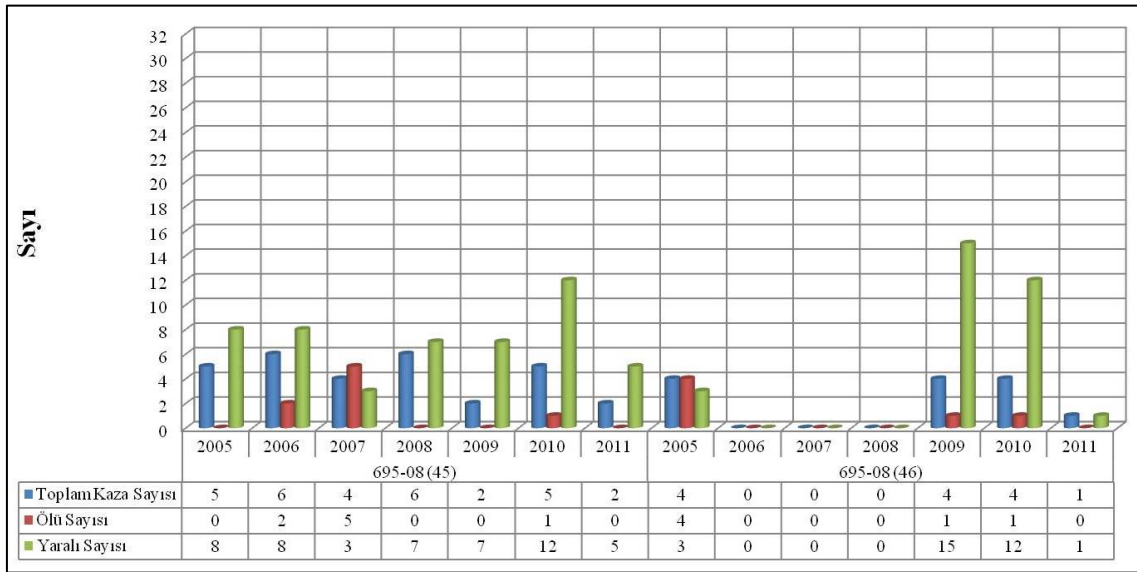
Tablo 4.31 Yol kesim no 695-08, 45-46 no'lu segmentlerde kaza oluş türüne göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş türlerine göre incelendiğinde kazaların çoğunlukla yoldan çıkma şeklinde olduğu görülmektedir. Bu durumun yoldaki keskin virajlar ve düşey eğimin çok olmasıyla buzlanma gibi unsurların birleşmesi sonucu araçların yoldan çıkması sonucu oluştuğu düşünülmektedir. (Tablo 4.31).



Tablo 4.32 Yol kesim no 695-08, 45-46 no'lu segmentlerde kaza oluş saatine göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş saatine göre incelendiğinde 00-06 saatleri arasında 9, 06-12 saatleri arasında 9, 12-18 saatleri arasında 7, 18-24 saatleri arasında 22 kez olduğu görülmektedir (Tablo 4.32). Bu yol kesiminde dikkati çeken özellik diğer tüm kara noktalarda farklı olarak kazaların özellikle 18-24 saatlerinde artmış olmasıdır. Bu durumda kazaların sebebinin yol geometrisine bağlı olarak sürücülerin karanlıkta dikkatsiz araba kullanılmasıyla veya akşam saatlerinde oluşan buzlanma sonucu oluştuğu düşünülmektedir.



Tablo 4.33 Yol kesim no 695-08, 45-46 no'lu segmentlerde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar

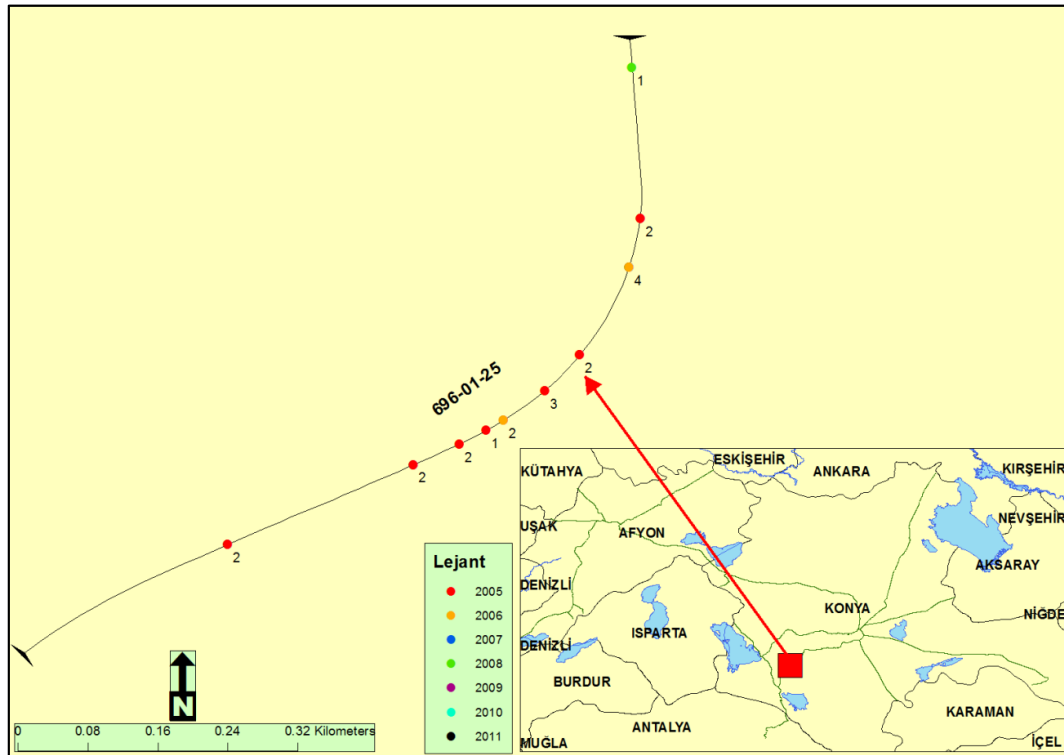
Kazalardaki ölü ve yaralı sayısının dağılımına bakıldığında toplam 14 ölü, 81 yaralanma meydana gelmiştir (Tablo 4.33). Kaza sayısına oranla ölü sayısının çok olduğu gözlenmektedir. Mal kaybının yanı sıra özellikle can kaybı ve yaralanmanın çok olması bu yol kesimlerinin kara nokta olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Yukarıdaki verilerin ve tabloların incelenmesi ışığında 695-08 no'lu yol kesiminin 45 no'lu segmentde 2006 ve 2008 yıllarında 6 kaza olmasına rağmen 44 no'lu segmentde 1 kaza, 46 no'lu segmentde 0 kaza meydana gelmiştir. Bu durumda Getis Ord Gi* ve Moran's I metotları 45 no'lu segmentin kara nokta olarak belirlememesine karşın Kernel yoğunluk metodu kara nokta olarak belirlemiştir. Daha önce değerlendirmiş olduğumuz yol kesimlerinde de görüleceği üzere komşuluk ilişkisi içerisinde olan 3 yol kesiminde birinde 0, 1, 2 gibi az kaza sayısı varsa Moran's I metodunun o yol kesimini

kara nokta olarak belirlemediği görülmüştür. Diğer yöntemlere göre daha hassas olan Getis Ord Gi* yöntemi ise 1, 6, 0 gibi komşu üç değeri kara nokta belirlemede yetersiz bulmuştur. Ancak yolun yatay geometrisine bakıldığında çok keskin virajlar sonucu kazaların yol üzerindeki mesafeleri çok olmasına rağmen kazalar arasındaki dik mesafeler az olduğu için Kernel Yoğunluk metodu bu yol kesimini kara nokta olarak belirlemiştir. Buradan da Kernel Yoğunluk metodunun çok keskin virajlı yollarda dezavantaja sahip olduğu söylenebilir. Benzer şekilde 695-08 no'lu yol kesiminin 46 no'lu segmentde 2006 yılında hiç kaza olmamasına rağmen 45 no'lu segmentde 6 kaza, 47 no'lu segmentde ise 1 kaza olmuştur. Bu yol kesimini sadece Kernel Yoğunluk metodu kara nokta olarak belirlemiştir. Bu durum 45 no'lu segment için yapılan yorumun 46 no'lu segment için de geçerli olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak 45 ve 46 no'lu segmentlerde meydana gelen kazalar incelendiğinde her iki segmentinde kara nokta olduğu düşünülmektedir.

4.2.3 Yol Kesim No 696-01, 25 No'lu Segmentlerin Analizi

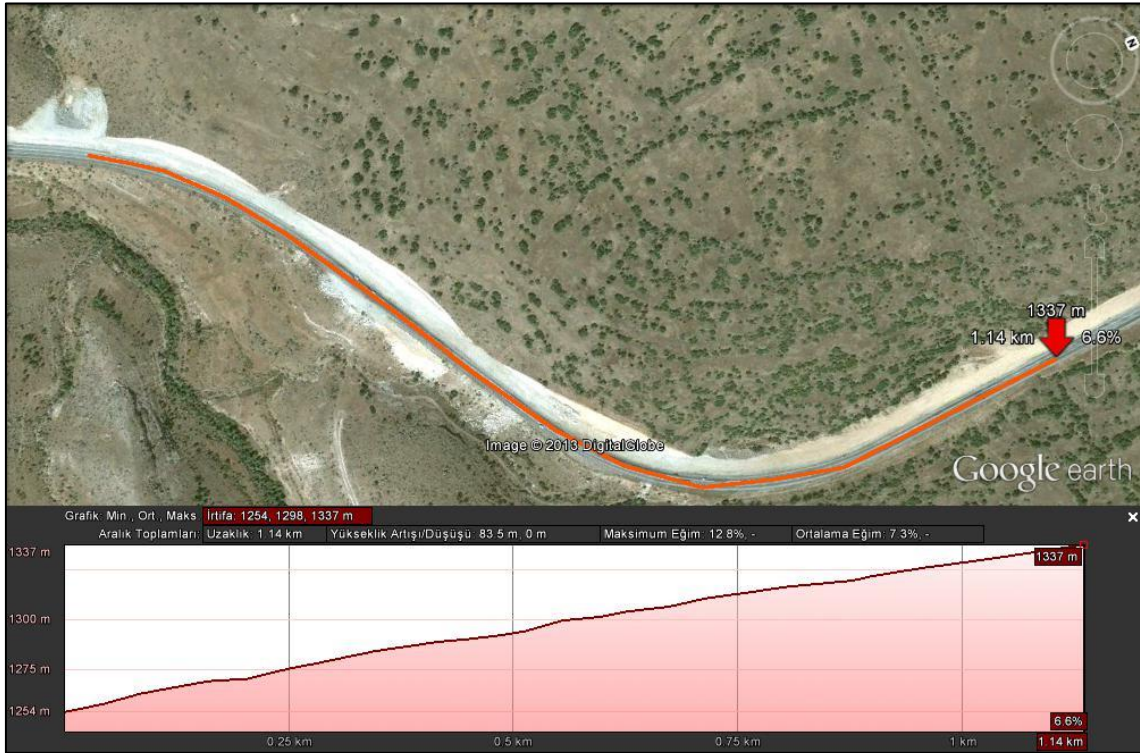


Şekil 4.19 Yol kesim no 696-01, 25 no'lu segmentde 2005-2011 yılları arasında gerçekleşen kaza yerleri ve kaza sayıları

696-01 yol kesim no 25 no'lu segmentde incelendiğinde 2005 yılından 2011 yılına toplam 7 yılda 21 kazanın meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.19). Kara nokta belirleme metotları ile yapılan çalışmada;

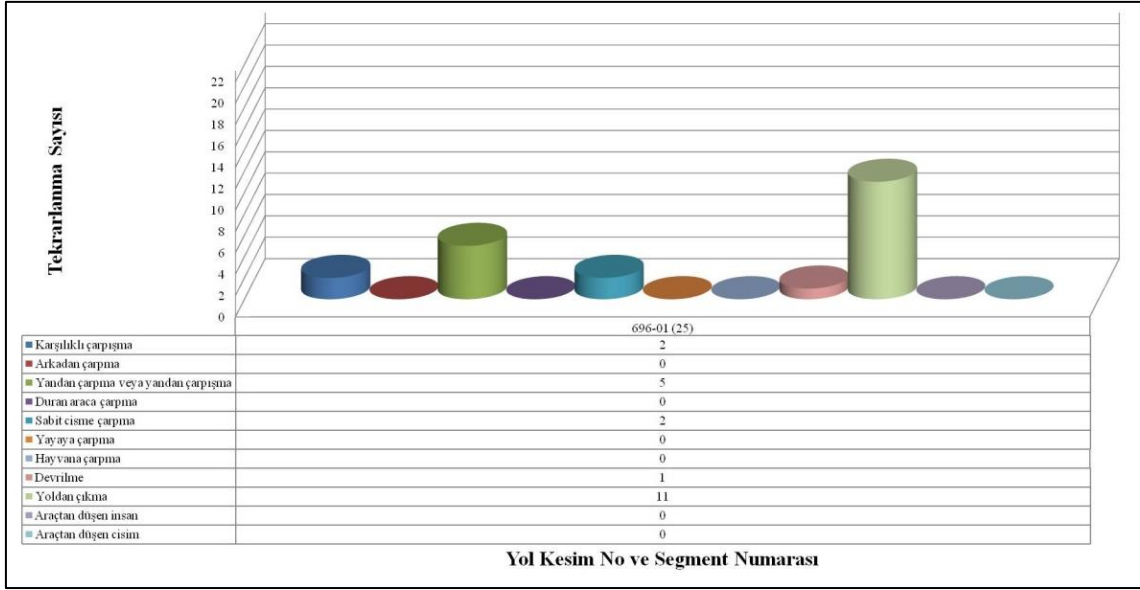
- Kernel Yoğunluk yöntemiyle 25 no'lu segmentde 7 yılda 4 kez (Şekil 4.25),
- Getis Ord Gi* yöntemiyle 25 no'lu kesimde 7 yılda 4 kez (Şekil 4.26),
- Moran's I yöntemiyle 25 no'lu kesimde 7 yılda 3 kez kara nokta olarak belirlenmiştir (Şekil 4.27).

25 no'lu segment 2006, 2007, 2009 yıllarında üç metotla kara nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2005 yılında Kernel yoğunluk ve Getis Ord Gi* metotlarıyla kara nokta olarak belirlenmiştir.



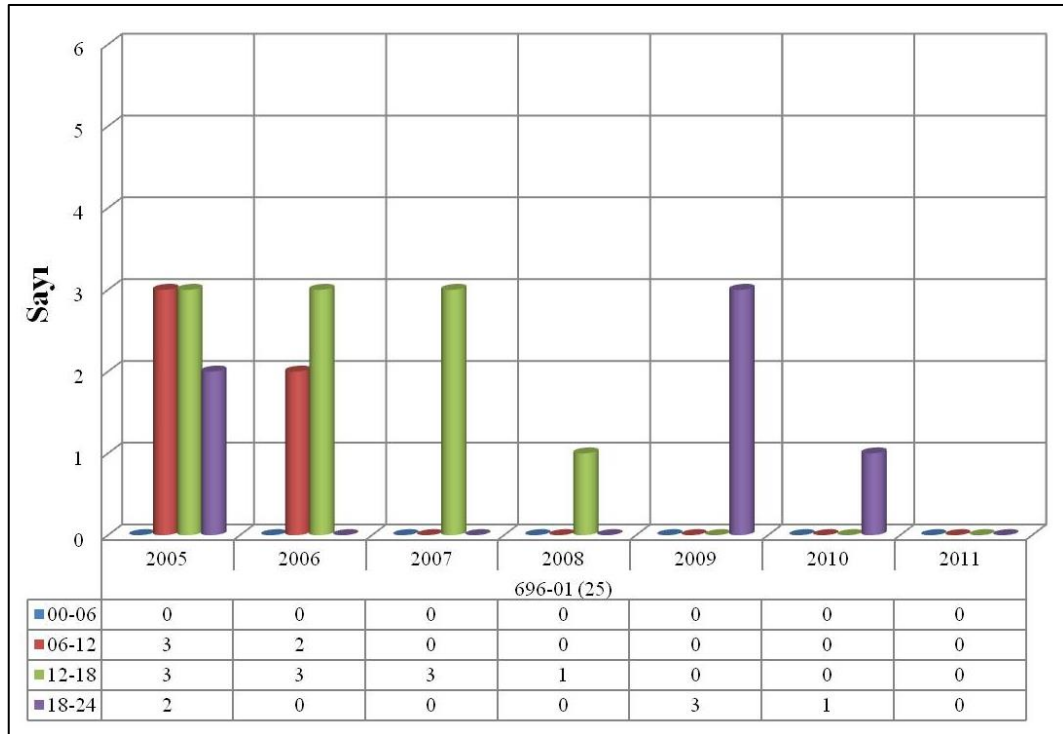
Şekil 4.20 Yol kesim no 696-01 25 no'lu segment yatay ve düşey yol geometrisi

Yolun düşey geometrisi incelendiğinde ortalama eğimin % 7.3 olduğu görülmektedir. Ayrıca yatay geometride bu yol kesiminde yaklaşık kurp yarıçapı 300 metre olan 1 adet yatay kurp kullanılmıştır. Bu yol kesiminde düşey eğimin çok fazla olmasının yanında yatay kurbun da bulunması kazaların oluşmasının en önemli nedeni olarak görülmektedir (Şekil 4.20).



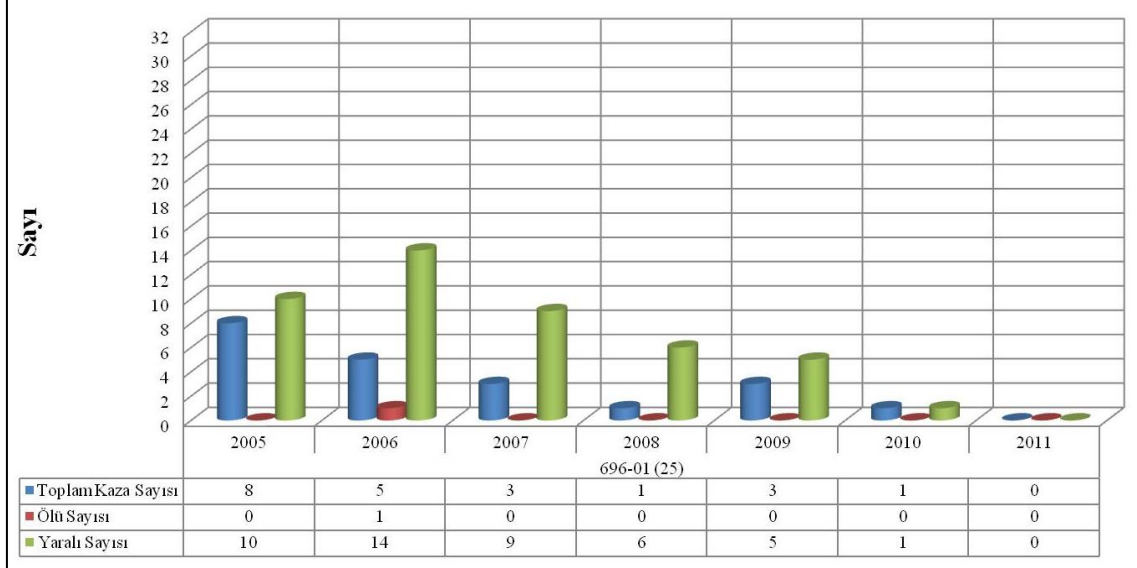
Tablo 4.34 Yol kesim no 696-01, 25 no'lu segmentde kaza oluş türüne göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş türlerine göre incelendiğinde kazaların çoğunlukla yoldan çıkma şeklinde olduğu görülmektedir. Bu durumun yoldaki keskin virajlar sonucu yoldan çıkmasından veya düşey eğimin çok olmasıyla buzlanma gibi unsurların birleşmesi sonucu yoldan çıkması olarak düşünülmektedir. (Tablo 4.34).



Tablo 4.35 Yol kesim no 696-01, 25 no'lu segmentde kaza oluş saatine göre kazalar

2005-2011 yılları arasında meydana gelen kazalar oluş saatine göre incelendiğinde 00-06 saatleri arasında 0, 06-12 saatleri arasında 5, 12-18 saatleri arasında 10, 18-24 saatleri arasında 6 kez olduğu görülmektedir (Tablo 4.35). Bu yol kesiminde kazaların oluş sebebine göre belirli saat aralıklarında dikkati çeken bir durum görülmemektedir.



Tablo 4.36 Yol kesim no 696-01, 25 no'lu segmentde ölü ve yaralı sayısına göre kazalar

2005-2011 yılları arasında 25 no'lu segmentde toplam 21 kaza meydana gelmiştir. Kazalardaki ölü ve yaralı sayısının dağılımına bakıldığında toplam 1 ölü, 45 yaralanma meydana gelmiştir (Tablo 4.36). Yaralı sayısının çok olduğu gözlenmektedir.

Yukarıdaki verilerin ve tabloların incelenmesi ışığında 696-01 no'lu yol kesiminin 25 no'lu segmentde 2005 yılında 8 kaza olmasına rağmen 24 no'lu segmentde 0 kaza, 26 no'lu segmentde 1 kaza meydana gelmiştir. Bu durumda Kernel Yoğunluk ve Getis Ord Gi metotları 25 no'lu segmentde kara nokta olarak belirlemesine karşın Moran's I metodu kara nokta olarak belirlememiştir. Bu durum Moran's I metodunun ilgili yol kesiminde kaza sayısı çok olmasına rağmen komşu yol kesimlerinde 0, 1, 2 gibi kaza sayıları gerçekleşmesi durumunda kara nokta tespiti yapılmadığını göstermektedir. Bu durum Moran's I metodunun dezavantajı olarak görülmektedir.

Yapılan analizler sonucunda 696-01 no'lu yol kesiminin kara nokta olduğu düşünülmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Trafik kazaları tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ölümlerin ve yaralanmaların en önemli sebebi durumundadır. Bu kazaların en önemli sebebi raporlarda sürücü hatası olarak görünmekle beraber, yol yatay ve düşey geometrisinden kaynaklı pek çok kazanında olumsuz hava koşulları gibi faktörlerle birleştiğinde kazalara sebep olduğu bilinmektedir. Bu nedenle kaza olaylarının mümkün olduğunca azaltılması konusunda gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu önlemlerin alınmasının etkili ve daha az maliyetli olabilmesi için de kaza analizlerinin doğru şekilde yapılması ve uygulanması gerekmektedir.

Kaza kara noktalarının belirlenmesinde en önemli faktör öncelikle kaza verilerinin doğru ve güvenilir olmasıdır. Çalışma sonuçlarına göre kaza raporlarındaki kazanın yerine ilişkin veriler gerçek konumlarından yaklaşık 500 metre civarında sapma göstermektedir. Bu durum yapılan analizlerinin sonuçlarını ve alınacak önlemleri doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple trafik kaza verileri eğitilmiş polisler tarafından tutulmalı ve tutanaklarda klasik veri kayıt sistemi yerine GPS ve CBS uyumlu modern sistemlere geçilerek hem anlık koordinat verisi alınmalı hem de kişisel hataların önüne geçilmelidir (Erdogan vd. 2008).

Bu çalışmada, Afyonkarahisar ve Konya il sınırları kara yollarında 2005-2011 yılları arasında meydana gelmiş olan trafik kazaları zamansal ve mekânsal olarak analiz edilmiştir. Öncelikle kazalar Kernel Yoğunluk analizi, Getis-Ord Gi* ve Moran's I metodu ile ayrı ayrı yıllara göre mekânsal olarak analiz edilmiştir. Mekânsal analizler sonucu 7 yılda üç yöntemle toplam 12 ve üzeri kez kara nokta olarak belirlenen yerler birinci derece, 9, 10 ve 11 kez kara nokta olarak belirlenen yerler 2. derece kara nokta olabileceği düşünülerek incelemeye alınmıştır. Bu incelenen yerlerde meydana gelen kaza sayıları, yatay ve düşey yol geometrileri, kaza oluş türüne göre kaza sayıları, kaza oluş saatine göre kaza sayıları ve yıllara göre ölü ve yaralı sayıları incelenerek analizler yapılmıştır. Bütün bu analizler sonucunda Kernel Yoğunluk analizi, Getis-Ord Gi* ve Moran's I metodlarından hangisinin kara noktaları belirleme de daha başarılı olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmada ayrıca bütün kazalar kullanılarak aylara, günlere ve saatlere göre zamansal analizler yapılmıştır. Kazaların aylara göre dağılımına bakıldığında yoğunlaşmanın Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında olduğu görülmektedir. Konya ve Afyonkarahisar şehirlerinin tatil yollarına giden yolların kesişim noktalarında oldukları düşünüldüğünde bu yoğunluğun tatile giden insanlardan kaynaklı trafik yoğunluğu olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Ramazan ve Kurban bayramlarının sonbahar aylarına olduğu 2005-2011 yıllarında kazaların sonbahar aylarında diğer aylara göre çok olduğu görülmektedir. Kazaların günlere göre dağılımları incelendiğinde Cuma, Cumartesi ve Pazar günleri kazaların yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durumun yine hafta sonu gezme niyetiyle dışarı çıkan insanların oluşturduğu yoğunluk sonucu olabileceği düşünülmektedir. Kazaların saatlere göre dağılımı incelendiğinde sabah 06-08 ve öğleden sonra 15-18 saatleri arasında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu yoğunlaşmanın tarımın çok olduğu bölgede erkenden işe koyulan çiftçiler ile sabah iş çıkış saatinin çalıştığı sabah 06-08 saatleri ile öğleden sonra 15-18 saatleri arasında olduğu görülmektedir. Radar uygulaması gibi kazaları önlemeyi amaçlayan uygulamaların zamansal analizlerde belirlenen zaman aralıklarında uygulanmasının kazaları azaltmada önemli katkısının olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma sonuçlarına göre şehirlerarası yollarda kazaların çoğunlukla iki farklı durumda gerçekleştiği görülmektedir. Birincisi şehirlerarası yolların şehir merkezi, ilçe gibi nüfusun ve araç trafiğinin yoğun olduğu, özellikle de anayola kontrolsüz olarak yan yolların bağlandığı bölgeler. Bu yerler en çok kazaların meydana geldiği yerler olarak göze çarpmaktadır. Bu yerlerde yapılacak en önemli iyileştirme şehirlerarası yollarla yan yolların kontrolsüz bağlanmasının kavşak gibi yapılarla önüne geçilmesidir. Bu yerlerde kazaların genellikle yandan çarpma ve arkadan çarpma şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. İkincisi ise yol geometrisini uygun olmadığı ve özellikle buzlu ve karlı havalarda kazaların çokça yaşanabileceği mevkilerdir. Bu yerlerde yapılacak en önemli iyileştirme ise yol yatay ve düşey geometrisinin iyileştirilmesidir. Bu yerlerde gerçekleşen kazaların ise genellikle yoldan çıkma ve sabit cisme çarpma şeklinde gerçekleştiği görülmektedir.

Bu çalışma göstermiştir ki kaza analizlerinin en az 3 yıl ve üzeri kaza verileri

kullanılarak yapılması doğru sonuçlara ulaşılması konusunda daha doğru olacaktır. Aynı veri seti kullanılarak yapılan analizler sonucu üç yöntemin büyük oranda aynı sonuçlar verdiği, ancak farklı sonuçlar verdiği yerlerin de olduğu görülmüştür. Buna sonuçlara göre;

Kernel yoğunluk metodu kavşak noktaları olmayan yol kesimlerinde iyi sonuçlar vermektedir. Ancak, özellikle yolların kesiştiği bölgelerde ve keskin virajlı yollarda komşuluk ilişkisinden çok fazla etkilendiği, kara nokta olmayan segmentlerinde kara nokta olarak görüldüğü gözlenmiştir. Benzer şekilde komşu iki segmentin birinin yüksek kaza sayısına sahip olması dolayısıyla hiç kaza meydana gelmeyen yıllarda bu segmentin kara nokta olarak tespit edildiği ve bunun Kernel yoğunluk tahmini metodunun zayıf yanı olduğu görülmektedir. Kernel yoğunluk metodu görsel olarak hoş ve kolay anlaşılabilir bir metottür. Ancak istatistiksel olarak öneminin olmaması yöntemin en önemli dezavantajıdır.

Getis-Ord G_i^* istatistik metodu üç yöntem içerisinde en çok kara nokta belirleyen metottür. Bunun sebebi Kernel yoğunluk tahmini metodu gibi komşuluk ilişkisinden çok fazla etkilenmesidir. Hatta nesnenin kendisinden çok komşularının etkili olduğu söylenebilir. Çünkü ilgili segment değerinden komşu segment değeri çıkarılarak hesaplama yapılmaktadır. Bu durum komşu segmentteki kaza değerleri ile ilgili segmentteki kaza sayıları arasında çok fazla fark olması durumunda kara nokta olarak belirlenmesine yol açmaktadır. Bu nedenle Getis-Ord G_i^* metodu da bazı yol kesişim noktalarında kara nokta olduğu düşünülmemeyen yerlerde kara nokta tespiti yapmıştır. Ayrıca hiç kaza olmayan yol kesimlerini komşu değerinin yüksek olması sonucu kara nokta olarak göstermiştir. Bu durumda Getis-Ord G_i^* metodunun kara nokta belirleme de fazlasıyla hassas olduğu ve komşuluk ilişkisinden fazla etkilendiği söylenebilir ve bu husus metodun zayıf yönü olarak görülmektedir.

Moran's I metodu üç yöntem içinde en az kara nokta tespiti yapan yöntemdir. Komşu segmentler arasında ortalama alır ve tüm segmentlerin bu ortalamadan olan farklarına göre çalışır. Yani komşular arasındaki benzerliklerin önemli olduğu söylenebilir. Diğer iki yöntemin tersine Moran's I metodu kavşak noktalarında doğru sonuçlar vermektedir.

Ayrıca komşu yol kesimlerinde 0 kaza olan yerlerin hiçbirini kara nokta olarak belirlememektedir. 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. Bu durumda Moran's I metodunun zayıf noktası olarak görülmektedir. Anselin Yerel Moran's I metodu bu üç yöntem içinde negatif oto korelasyonu belirleyebilen tek yöntemdir.

Üç yöntemin avantaj ve dezavantajları değerlendirildiğinde her üç yöntemin de çok büyük oranda benzer sonuçlar verdiği ve trafik kaza analizinde kullanılmalarının uygun olacağı düşünülmektedir. Ancak üç yöntemde doğru ve yanlış sonuçlar verdiği yerler olduğu için tek bir yöntem kullanılarak sağlıklı sonuçlar elde edilemeyeceği görülmüştür. İyi bir görsellik istenen çalışmalarda Kernel yoğunluk analizi ve Moran's I yönteminin birlikte kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Ancak yol kesişimleri ve keskin virajlar gibi Kernel metodunun zayıf olduğu noktalarda Moran's I metodunun sonuçlarına güvenilmesi gerekmektedir. Ayrıca iki yöntemin farklı değerler verdiği segmentlerde detaylı inceleme yapılması gerekmektedir. İstatistiksel olarak önemli olan çalışmalarda Getis-Ord G_i^* ve Moran's I metodlarının birlikte kullanılması daha uygun olacaktır. İki yöntemin farklı değerler verdiği yol kesimlerinde detaylı inceleme yapılmalı ve yol kesişimlerinde Moran's I metodunun daha doğru sonuçlar verdiği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmada kullanılan yöntem ve sonuçların trafik kaza analizi çalışmalarına ışık tutacağı ve kazaların azaltılmasında yardımının olacağı umulmaktadır.

6. KAYNAKLAR

Anonim, 2013, WHO, Global Status Report on Road Safety, 2013.

Anonim, 2011, TÜİK, Trafik Kaza İstatistikleri Karayolu, 2011.

Anonim, 2008, T.C. Sayıştay Başkanlığı, 2008, Trafik Kazalarını Önleme Faaliyetleri Performans Raporu.

Anonim, 2006, MEB, Trafik Kazaları, 2006.

Atalay, A. (2010). Türkiye'deki Trafik Kazalarının Mekansal ve Zamansal Analizi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Bil, M., Andrasik, R. and Janoska, Z. (2013). Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation. *Accident Analysis and Prevention*, **55**: 265-273

Blazquez, C. A. and Celis, M. S. (2013). A spatial and temporal analysis of child pedestrian crashes in Santiago, Chile. *Accident Analysis and Prevention*, **50**: 304-3011.

Blomberg, S. (1999) Road Traffic Safety In The Europe And Central Asia Region, The World Bank Europe and Central Asia Region.

Chainey, S., Reid, S. and Stuart, N. (2005). When is a hotspot a hotspot? A procedure for creating statistically robust maps of crime. In: Kidner, D., Higgs, G. and White, S. London 22-28 Socio-Economic Applications of Geographic Information Science.

Eck, J. E., Chainey, S., Cameron, J., Leitner, M. and Wilson, R. E. (2005). Mapping Crime: Understanding Hot Spots. National Institute of Justice, Washington.

Erdogan, S., Yılmaz, İ., Baybura, T. and Güllü, M. (2008). Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar. *Accident Analysis and Prevention*, **40**: 174-181.

Gundoğdu, I. B., Sarı, F. and Esen, O. (2008). A New Approach for Geographical Information System-Supported Mapping of Traffic Accident Data. FIG Working Week 2008, Stockholm, 14-19 June.

Gundugdu, I. B. (2010). Applying linear analysis methods to GIS-supported procedures for preventing traffic accidents: Case study in Konya. *Safety Science*, **48**: 763-769.

Kahramangil, M. ve Şenkal, Ş. (1999). Kaza Kara Noktaları Belirleme Yöntemleri. II. Ulaşım ve Trafik Kongresi – Sergisi. Ankara, 29 Eylül-2 Ekim, 119-127.

Kaygısız, Ö., Düzgün, H. Ş., Akın, S. ve Çelik, Y. (2012) Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak trafik kazalarının mekansal ve zamansal analizi. Emniyet Genel Müdürlüğü-Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Haziran 2012, Ankara.

Keskin, F., Yenilmez, F., Çolak, M., Yavuzer, İ. And Düzgün, H. Ş. (2011). Analysis of traffic incidents in METU campus. *Science Direct*, **19**: 61-70.

Kol, Ç. ve Küpcü, S. (2008). ArcGIS Spatial Analiz. Sinan Ofset, Ankara.

Kuo, P. F., Zeng, X. and Lord, D. (2011) Guidelines for Chhosing Hot-spot Analysis Tools Based on Data Characteristics, Network Restrictions, and Time Distributions. 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, 14 November.

Kuter, S., Usul, N. and Kuter, N. (2011). Bandwidth determination for kernel density analysis of wildfire events at forest sub-district scale. *Ecological Modelling*, **222**: 3033-3040.

Manepalli, U.R.R., Bham, G.H. and Kandada, S. (2011). Evaluation of Hotspots Identification Using Kernel Density Estimation (K) and Getis-Ord (G_i^*) on I-630. 3rd International Conference on Road Safety and Simulation, 14-16 September.

Moons, E., Brijs, T. and Wets, G. (2008). Improving moran's I to identify hot spots in traffic safety. Transportation Research Institute. Hasselt University.

Okabe, A., Satoh, T. and Kokichi, S. (2009). A kernel density estimation method for networks, its computational method and a GIS-based tool. *International Journal of Geographical Information Science*, **23**:1 7-32.

Plug, C., Xia, J. and Caulfield, C. (2011). Spatial and temporal visualisation techniques for crash analysis. *Accident Analysis and Prevention*, **43**:1937-1946.

Polat, K. and Durduran S. S. (2011). Automatic determination of traffic accidents based on KMC-based attribute weighting. *Neural Computing and Application*, **21**: 1271-1279.

Prasannakumar, V., Vijith, H., Charutha, R. and Geetha, N. (2011). Spatio-Temporal Clustering of Road Accidents: GIS Based Analysis and Assessment. *Science Direct*, **21**: 317-325.

Sjolinder, K., and Hans, E. (2001). Kara Nokta El Kitabı. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.

Silverman, B.W., 1986. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Chapman and Hall, New York, USA, P.76

Stringfellow, M. V. (2010). Accident Analysis and Hazard Analysis for Human and Organizational Factors. Massachusetts Institute of Technology.

Tuncuk, M. (2004). Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Trafik Kaza Analizi: Isparta Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

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

İNTERNET KAYNAKLARI

1. <http://tr.wikipedia.org/wiki> (05.06.2013)
2. <http://www.gis.itu.edu.tr> (08.06.2013)
3. <http://seriousaccidents.com> (10.06.2013)
4. <http://www.arcgis.com> (11.06.2013)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Veli İLÇİ
Doğum Yeri ve Tarihi : Bakırköy 15.11.1982
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) :530 312 7180 / veliilci@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Halkalı Toplu Konut Lisesi (1996-1999)
Lisans :İstanbul Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri
Mühendisliği (2000-2006)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri
Mühendisliği (2011-2013)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Hitit Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Harita
Kadastro Programı (2012-.....)
Aksa Afyon Doğalgaz Dağıtım A.Ş. (2010-2012)
İMA İnşaat Taahhüt Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.
(2008-2010)
KARACA İnşaat (2007-2008)
Seçkin Harita (2006)
Uğur Harita (2005-2006)
Kutlutaş-Dillingham Joint Venture (2004) Staj

Yayınları (SCI ve diğer) :

Diğer konular