

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AĞ TARAMA YÖNTEMLERİ İLE KAZA KARA NOKTA TESPİTİ:
İSTANBUL D100 KARAYOLU ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Abdullah MALTAŞ
DANIŞMAN: Doç. Dr. Murat MUVAFIK

VAN-2017

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AĞ TARAMA YÖNTEMLERİ İLE KAZA KARA NOKTA TESPİTİ:
İSTANBUL D100 KARAYOLU ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Abdullah MALTAŞ

VAN-2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doç. Dr. Murat MUVAFIK danışmanlığında, Abdullah MALTAŞ tarafından sunulan "AĞ TARAMA YÖNTEMLERİ İLE KAZA KARA NOKTA TESPİTİ: İSTANBUL D100 KARAYOLU ÖRNEĞİ" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 04/12/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği /oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Murat MUVAFIK

İmza:

Üye: Doç. Dr. Halit ÖZEN

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Namık YALTAY

İmza:

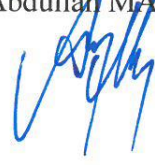
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 08/12/2017 tarih ve 2017/561 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Abdullah MALTAŞ



ÖZET

AĞ TARAMA YÖNTEMİ İLE KAZA KARA NOKTA TESPİTİ: İSTANBUL D100 KARAYOLU ÖRNEĞİ

MALTAŞ, Abdullah
Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Murat MUVAFIK
Aralık 2017, 101 sayfa

Trafik kazaları; ölüm, yaralanma ve maddi hasarların yanı sıra trafik tıkanıklıkları, yol güvenliğinde azalma, gürültü, hava kirliliği gibi olumsuzluklara da neden olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, trafik kazalarında yaralanma sonrası ölümlerin günümüzde dünya çapında tüm yaş grupları arasında dokuzuncu sırada olduğu ve 2030 yılına kadar tüm ölüm nedenleri arasında yedinci sıraya yükseleceğini öngörmektedir. Bunun yanında, ülkelerin ekonomilerinde büyük miktarlarda ekonomik kayıplar yaşanmaktadır. Trafik kazalarının azaltılması amacıyla, trafikte denetimlerin artırılması, yoldan kaynaklı kusurların giderilmesi, araç muayenelerinin sıklaştırılması, kaza önleme mekanizmalarının geliştirilmesi gibi çeşitli tedbirler alınmaktadır. Bu tedbirlerin biri de; kaza kara noktaları olarak adlandırılan, trafik kazalarının yoğun bir şekilde yaşandığı kesimlerin tespiti ve iyileştirilmesidir.

Bu tez çalışmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden yararlanarak kaza kara noktalarının tespiti üzerine analizler yapılmıştır. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) tarafından yayımlanan Highway Safety Manual kitabındaki Network Screening (Ağ Tarama) başlığında anlatılan yöntemler (hücre kaydırma, basit sıralama, maksimum nokta arama), İstanbul İl Emniyet Müdürlüğü'nden temin edilen üç yıllık trafik kazası verilerine uygulanmış ve kaza kara noktaları K-ortalama kümeleme yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Ağ tarama, Coğrafi bilgi sistemleri, Kaza kara noktaları, K-ortalama kümeleme, Trafik kazaları.

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF ACCIDENT BLACK SPOTS WITH NETWORK SCREENING: THE EXAMPLE OF ISTANBUL D100 HIGHWAY

MALTAŞ, Abdullah
M.Sc. Thesis, Civil Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Murat MUVAFIK
December 2017, 101 pages

Traffic accidents bring on death, injuries and property damage, as well as traffic congestion, road safety, noise, air pollution, and so on. According to The World Health Organization (WHO), road traffic injuries are currently estimated to be the ninth leading cause of death across all age groups globally and are predicted to become the seventh leading cause of death by 2030. Beside this, economic losses are experienced in large quantities in countries' economies. In order to reduce traffic accidents, various measures are taken such as increasing the number of traffic inspections, eliminating road-related defects, increasing the number of vehicle inspections, and developing accident prevention mechanisms. One of these precautions is the identification and improvement of the segments, called accident black spots, that traffic accidents occurred intensively.

In this study, analyses were made on the determination of accident black spots by making use of Geographical Information Systems. The methods (sliding window, simple ranking, peak searching), described in the Network Screening title of the Highway Safety Manual published by American Association of State Highway and Transportation Officials, were applied on data of three years of Istanbul and accident black spots were detected by using K-means clustering.

Keywords: Accident black spots, Geographical information systems, K-means clustering, Network screening, Traffic accidents.



ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, her türlü desteklerini esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Murat MUVAFIK'a, bilgi ve birikimleri ile bu zorlu süreçte her daim arkamda olan ve çalışmalarımı destekleyen kıymetli hocam YTÜ Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Halit ÖZEN'e teşekkür ederim. Ayrıca bu çalışmanın yapılabilmesi için kaza verilerini paylaşan İstanbul İl Emniyet Müdürlüğü'ne şükranlarımı bildiririm. Son olarak bu süreçte hep yanımda yer alan başta değerli eşim ZAHRA olmak üzere aileme, her konuda yardımına koşan kıymetli arkadaşım YTÜ Öğretim Elemanı Arş. Gör. Abdulsamet SARAÇOĞLU'na ve manevi olarak desteklerini hissettiğim tüm diğer mesai arkadaşlarım ve meslektaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

2017

Abdullah MALTAŞ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
3.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri	9
3.1.1. Coğrafi bilgi sistemlerinin tarihçesi	10
3.1.2. Coğrafi bilgi sistemlerinin bileşenleri	11
3.1.3. Coğrafi bilgi sistemlerinin fonksiyonları	13
3.1.4. Coğrafi bilgi sistemlerinin kullanım alanları	13
3.1.5. Ulaştırma mühendisliğinde coğrafi bilgi sistemleri	14
3.2. Yol Güvenliği Yönetim Süreci	14
3.2.1. Yol güvenliği yönetim sürecinin uygulanması	15
3.2.2. Ağ düzeyinde değerlendirme	16
3.2.3. Ağ tarama süreci	17
3.2.3.1. Odak belirleme	17
3.2.3.2. Ağ tanılama ve referans bölgeyi belirleme.....	18
3.2.3.3. Performans ölçütlerini seçme	20
3.2.3.4. Tarama yöntemini seçme.....	20
3.2.3.5. Sonuçları tarama ve değerlendirme	25
3.2.4. Performans ölçütleri	26
3.2.4.1. Ortalama kaza sıklığı.....	29
3.2.4.2. Kaza oranı.....	30

	Sayfa
3.2.4.3. Eşdeğer maddi hasarlı ortalama kaza sıklığı	30
3.2.4.4. Bağlı şiddet indeksi	31
3.2.4.5. Kritik kaza oranı	31
3.2.4.6. Momentler metodu kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı.....	32
3.2.4.7. Emniyet hizmet düzeyi	32
3.2.4.8. SPFs kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı.....	33
3.2.4.9. Eşik oranını aşan spesifik kaza türlerinin olasılığı.....	33
3.2.4.10. Spesifik kaza türlerinin aşırı oranları	34
3.2.4.11. AB düzeltmesiyle beklenen ortalama kaza sıklığı	34
3.2.4.12. AB düzeltmesiyle EMH ortalama kaza sıklığı.....	35
3.2.4.13. AB düzeltmesiyle öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	37
4.1. Çalışmada Kullanılan Performans Ölçütleri	43
4.1.1. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütü	43
4.1.2. Eşdeğer maddi hasarlı ortalama kaza sıklığı performans ölçütü.....	45
4.1.3. Bağlı şiddet indeksi performans ölçütü.....	47
4.2. Ağ Tarama Yöntemlerinin Çalışma Sahasına Uygulanması	49
4.2.1. Basit sıralama yöntemi	50
4.2.2. Hücre kaydırma yöntemi.....	59
4.2.3. Maksimum nokta arama yöntemi.....	72
4.3. Ağ Tarama Yöntemlerinin Performans Ölçütlerine Göre Karşılaştırılması	88
4.4. Ağ Tarama Yöntemlerine Göre Kaza Kara Noktalarının Tespit Edilmesi.....	90
4.4.1. Segment referans bölgesinde kaza kara noktalarının tespiti	90
4.4.2. Kavşak referans bölgesinde kaza kara noktalarının tespiti	93
5. SONUÇ.....	97
KAYNAKLAR.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	101

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Hücre kaydırma yöntemi için örnek bir uygulama.....	21
Çizelge 3.2. Maksimum nokta arama yöntemi için örnek uygulama (İterasyon 1)	23
Çizelge 3.3. Maksimum nokta arama yöntemi için örnek uygulama (İterasyon 2)	24
Çizelge 3.4. Tarama yöntemleriyle tutarlı performans ölçütleri	25
Çizelge 3.5. Performans ölçütlerinin veri ve girdi gereksinimleri	27
Çizelge 3.6. Performans ölçütlerinin gereksinimleri	29
Çizelge 3.7. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri	30
Çizelge 3.8. Kaza oranı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri.....	30
Çizelge 3.9. EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri	31
Çizelge 3.10. Bağıl şiddet indeksi performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri.....	31
Çizelge 3.11. Kritik oran performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri.....	32
Çizelge 3.12. Momentler metodu kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri.....	32
Çizelge 3.13. Emniyet hizmet düzeyi performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri.....	33
Çizelge 3.14. SPFs kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri.....	33
Çizelge 3.15. Eşik oranını aşan spesifik kaza türlerinin olasılığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri	34
Çizelge 3.16. Spesifik kaza türlerinin aşırı oranları performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri	34

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.17. AB düzeltmesiyle beklenen ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri	35
Çizelge 3.18. AB düzeltmesiyle öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri.....	35
Çizelge 3.19. AB düzeltmesiyle öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri.....	36
Çizelge 4.1. Segment referans bölgesinde yıllara göre gerçekleşen kaza sayıları.	37
Çizelge 4.2. Kavşak referans bölgesinde yıllara göre gerçekleşen kaza sayıları ..	38
Çizelge 4.3. Segment referans bölgesinde gerçekleşen kazaların türe göre sınıflandırılması.....	40
Çizelge 4.4. Kavşak referans bölgesinde gerçekleşen kazaların türe göre sınıflandırılması.....	41
Çizelge 4.5. Segment referans bölgesinde gerçekleşen kazaların şiddete göre sınıflandırılması.....	42
Çizelge 4.6. Kavşak referans bölgesinde gerçekleşen kazaların şiddete göre sınıflandırılması.....	43
Çizelge 4.7. Segment referans bölgesinde gerçekleşen toplam kaza sayısı	44
Çizelge 4.8. Kavşak referans bölgesinde gerçekleşen toplam kaza sayısı	44
Çizelge 4.9. Kaza şiddetine göre yaklaşık toplumsal kaza maliyetleri	45
Çizelge 4.10. Kaza şiddetine göre yaklaşık ağırlık faktörleri.....	46
Çizelge 4.11. Segment referans bölgesinde gerçekleşen kazaların toplam EPDO karşılığı	46
Çizelge 4.12. Kavşak referans bölgesinde gerçekleşen kazaların toplam EPDO karşılığı	47
Çizelge 4.13. Kaza türlerine göre tahmini maliyetler.....	47

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.14. Segment referans bölgesinde gerçekleşen kazaların RSI maliyetleri	48
Çizelge 4.15. Kavşak referans bölgesinde gerçekleşen kazaların RSI maliyetleri	49
Çizelge 4.16. Segment referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama.....	50
Çizelge 4.17. Kavşak referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama.....	52
Çizelge 4.18. Segment referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama	53
Çizelge 4.19. Kavşak referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama	55
Çizelge 4.20. Segment referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre basit sıralama.....	56
Çizelge 4.21. Kavşak referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre basit sıralama.....	58
Çizelge 4.22. Segment referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	59
Çizelge 4.23. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre M segmentinde hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	61
Çizelge 4.24. Kavşak referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	62
Çizelge 4.25. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre 17 no'lu kavşakta hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	63
Çizelge 4.26. Segment referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	64
Çizelge 4.27. EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre P segmentinde hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	65
Çizelge 4.28. Kavşak referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	66

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.29. EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre 7 no'lu kavşakta hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	67
Çizelge 4.30. Segment referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	68
Çizelge 4.31. Bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre B segmentinde hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	69
Çizelge 4.32. Kavşak referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	70
Çizelge 4.33. Bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre 1 no'lu kavşakta hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	71
Çizelge 4.34. Segment referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları	73
Çizelge 4.35. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre M segmentinde maksimum nokta arama yöntemi sonuçları (İterasyon 1).....	75
Çizelge 4.36. Kavşak referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları	76
Çizelge 4.37. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre 17 no'lu kavşakta maksimum nokta arama yöntemi sonuçları (İterasyon 1)	77
Çizelge 4.38. Segment referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları	78
Çizelge 4.39. EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre M segmentinde maksimum nokta arama yöntemi sonuçları (İterasyon 1)	80
Çizelge 4.40. Kavşak referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları	81
Çizelge 4.41. EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre 7 no'lu kavşakta maksimum nokta arama yöntemi sonuçları(İterasyon 1).82	
Çizelge 4.42. Segment referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları	83
Çizelge 4.43. Bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre A segmentinde maksimum nokta arama yöntemi sonuçları (İterasyon 1).....	84

Çizelge**Sayfa**

Çizelge 4.44. Kavşak referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları	86
Çizelge 4.45. Bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre 1 no'lu kavşakta maksimum nokta arama yöntemi sonuçları (İterasyon 1).....	87
Çizelge 4.46. Performans ölçütlerine göre AT yöntemlerinin ortak belirlediği kaza kara noktaları	95





ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. D100 Karayolu İstanbul Anadolu Yakası kesimi.....	9
Şekil 3.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri bileşenleri.....	11
Şekil 3.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin temel fonksiyonları.....	13
Şekil 3.4. Ağ Tarama süreci adımları.....	17
Şekil 4.1. Çalışma alanına ait hava fotoğrafı.....	38
Şekil 4.2. Segment referans bölgesinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları.....	51
Şekil 4.3. Kavşak referans bölgesinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları.....	52
Şekil 4.4. Segment referans bölgesinin EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları.....	54
Şekil 4.5. Kavşak referans bölgesinin EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları.....	55
Şekil 4.6. Segment referans bölgesinin bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları.....	57
Şekil 4.7. Kavşak referans bölgesinin bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları.....	58
Şekil 4.8. Hücre kaydırma yöntemine göre bir segmentin taranması.....	59
Şekil 4.9. Segment referans bölgesinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	60
Şekil 4.10. M segmentinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	61
Şekil 4.11. Kavşak referans bölgesinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	62
Şekil 4.12. 17 no'lu kavşağın ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	63

Şekil	Sayfa
Şekil 4.13. Segment referans bölgesinin EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	64
Şekil 4.14. P segmentinin EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.	65
Şekil 4.15. Kavşak referans bölgesinin EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.....	66
Şekil 4.16. 7 no’lu kavşağın EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları	67
Şekil 4.17. Segment referans bölgesinin bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları	68
Şekil 4.18. B segmentinin bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları	69
Şekil 4.19. Kavşak referans bölgesinin bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları	71
Şekil 4.20. 1 no’lu kavşağın bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları	72
Şekil 4.21. Maksimum nokta arama yöntemine göre bir segmentin taranması.....	73
Şekil 4.22. Segment referans bölgesinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları	74
Şekil 4.23. M segmentinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları	75
Şekil 4.24. Kavşak referans bölgesinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları	77
Şekil 4.25. 17 no’lu kavşağın ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları	78
Şekil 4.26. Segment referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları	79
Şekil 4.27. M segmentinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları	80

Şekil	Sayfa
Şekil 4.28. Kavşak referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları	81
Şekil 4.29. 7 no'lu kavşakta EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları	82
Şekil 4.30. Segment referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları	84
Şekil 4.31. A segmentinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları	85
Şekil 4.32. Kavşak referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları	86
Şekil 4.33. 1 no'lu kavşakta bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları	87
Şekil 4.34. Segment referans bölgesinde AT yöntemleri sonuçları a. ortalama kaza sıklığına göre, b. emh ortalama kaza sıklığına göre, c. bağıl şiddet indeksine göre	88
Şekil 4.35. Kavşak referans bölgesinde AT yöntemleri sonuçları a. ortalama kaza sıklığına göre, b. emh ortalama kaza sıklığına göre, c. bağıl şiddet indeksine göre.....	89
Şekil 4.36. K-ortalama kümeleme yöntemine göre tehlike seviyesi renk karşılıkları.....	90
Şekil 4.37. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre segment referans bölgesi kaza kara nokta analizi.....	91
Şekil 4.38. EMH Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre segment referans bölgesi kaza kara nokta analizi	92
Şekil 4.39. Bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre segment referans bölgesi kaza kara nokta analizi	92
Şekil 4.40. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre kavşak referans bölgesi kaza kara nokta analizi	93
Şekil 4.41. EMH Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre kavşak referans bölgesi kaza kara nokta analizi.....	94

Şekil	Sayfa
Şekil 4.42. Bağlı şiddet indeksi performans ölçütüne göre kavşak referans bölgesi kaza kara nokta analizi.....	94
Şekil 4.43. Kaza kara noktası olarak belirlenen kesimler.....	95



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

σ

Standart sapma

μ

Ortalama

k

Küme sayısı

n

Veri sayısı

p_i

Gerçek oranı

p_i^*

Eşik oran

Kısaltmalar

Açıklama

AASHTO

American Association of State Highway and Transportation Officials

AB

Ampirik Bayes

AHTD

Arkansas State Highway and Transportation Department

AT

Ağ Tarama

CBS

Coğrafi Bilgi Sistemleri

CV

Varyasyon Katsayısı

ÇFÖ

Çarpışma Faktörü Ölçütü

ÇYT

Çekirdek Yoğunluk Tahmini

EGM

Emniyet Genel Müdürlüğü

EMH

Eşdeğer Maddi Hasarı

EPDO

Eşdeğer Maddi Hasarı Puanı

GSYİH

Gayrisafi Yurt İçi Hâsıla

HSM

Highway Safety Manual

KGM

Karayolları Genel Müdürlüğü

RSI

Bağlı Şiddet İndeksi

RTMbias

SPFs

TCK

TÜİK

YGYS

YOGT

WHO

Ortalama Sapma Regresyonu

Emniyet Performans Fonksiyonları

Türkiye Cumhuriyeti Karayolları

Türkiye İstatistik Kurumu

Yol Güvenliği Yönetimi Süreci

Yıllık Ortalama Günlük Trafik

World Health Organisation



1. GİRİŞ

Ulaştırma Mühendisliği oldukça geniş bir çalışma alanına sahiptir. Bu çalışma alanlarından biri de trafiktir ve trafik günlük yaşantımızda büyük öneme sahiptir. Trafiğin önemli konularından biri ise, araç sahipliğinin de sürekli olarak artmasıyla meydana gelen ölümlü, yaralanmalı ve maddi hasarlı trafik kazalarıdır.

Dünyada ve ülkemizde her yıl çok sayıda trafik kazaları yaşanmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) 2015 yılında yayımladığı rapora göre dünya genelinde her yıl yaklaşık 1.2 milyon kişi hayatını kaybetmekte ve günümüzde yaralanma sonrası ölümlerin tüm ölümler arasında dokuzuncu sırada olduğu ve 2030 yılına kadar bu ölümlerin yedinci sıraya yükseleceği öngörülmektedir. Ayrıca WHO 15-29 yaş arası ölümlerde trafik kazalarının diğer ölüm sebepleri arasında ilk sırayı almakta olduğunu belirtmektedir. WHO'nun raporuna göre gelişmişlik seviyeleri orta ve düşük seviyede olan ülkelerde trafik kazalarının yol açtığı ekonomik kayıp ise Gayrisafi Yurtiçi Hasıla'nın (GSYİH) %5'ine kadar çıkabilmektedir (Anonim, 2015).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, ülkemiz karayolu ağında 2015 yılında sayısı 1,3 milyonu bulan trafik kazası meydana gelmiştir. Bu kazaların 1 milyon 130 bin adedi maddi hasarlı, 183 bin adedi ise ölümlü yaralanmalı trafik kazalarıdır. Yıl içerisinde meydana gelen ölümlü yaralanmalı trafik kazalarının %75'i yerleşim yerleri içinde kalanı ise yerleşim yeri dışında gerçekleşmiştir (Anonim, 2016).

Türkiye'de 2015'te gerçekleşen 183 bin ölümlü yaralanmalı trafik kazası sonucunda 3 bin 831 kişi kaza yerinde, 3 bin 699 kişi ise yaralanıp sağlık kuruluşlarına sevk edildikten sonra kazanın sebep ve tesiriyle 30 gün içinde hayatını kaybetmiştir. Ölümlerin %48.8'i, yaralanmaların %67.3'ü yerleşim içinde meydana gelen kazalarda gerçekleşirken, yerleşim yeri dışında meydana gelen kazalarda bu rakamlar ölümler için %51.2, yaralanmalar için ise %32.7 olmuştur (Anonim, 2016).

Alınan veya alınmakta olan her türlü önleme rağmen, trafikte insan faktörü var olduğu sürece trafik kazalarının önüne geçilemeyeceği söylenebilir. Ancak yapılan çalışmalar yaşanan bu kazaların sayısını olabildiğince düşürmeyi amaçlamakta ve buna yönelik kalıcı tedbirler üretmeyi hedeflemektedir.

Bu tez çalışmasında, kaza kara noktası olarak tabir edilen, trafik kazalarının yoğun olarak yaşandığı kesimlerin tespiti üzerine çalışılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve K-ortalama kümeleme yönteminden yararlanılarak ve Ağ Tarama yöntemleri kullanılarak 2011, 2012 ve 2013 yılları olmak üzere üç yıllık veriye dayanan bir çalışma gerçekleştirilmiş ve İstanbul D100 Karayolu'nun Anadolu Yakası'nda kalan kesiminde kazaların sık yaşandığı yerler belirlenmiştir.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

Yapılan akademik çalışmalara bakıldığında, kaza kara noktalarının belirlenmesinde sıklıkla CBS programlarından faydalandığı görülmektedir. CBS yardımıyla kaza verilerinin ve koordinatlarının incelenen bölgeye işlenmesiyle kaza haritaları oluşturulabilmektedir. Bu da CBS kullanımının bu tür çalışmalarda yaygınlaşmasına olanak sağlamıştır. Literatürde ayrıca kaza kara noktalarının belirlenmesinde çeşitli yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Geleneksel yöntem ise tüm kazaların harita üzerinde işaretlenmesi ve en çok işaret bulunan yerlerin kara nokta olarak belirlenmesi üzerinedir (Murat ve Şekerler, 2009).

Karavaşin ve Terzi (2003) çalışmalarında Isparta, Burdur ve Antalya'da yer alan devlet yolları üzerinde CBS tabanlı bir kara nokta analizi çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada 2001 yılında tamamlanan bir yüksek lisans tezinde yer alan dört yıllık verilerden yararlanılmıştır. Kaza koordinatları araziden tek tek belirlenerek diğer kaza verileriyle birlikte ArcView programına işlenerek analiz gerçekleştirilmiştir. Karayolu kesimleri 1 km'lik segmentlere ayrılmış, segmentlerde üçten fazla kaza gerçekleşmişse kara nokta olarak işaretlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, Karayolları Genel Müdürlüğü'nün (KGM) web sayfasında bu coğrafyada tek bir kara nokta olduğu görüldüğü halde, yaptıkları çalışmaya göre daha fazla noktanın kara nokta olarak tespit edildiğini belirtmişlerdir.

Isparta ili kent içinde gerçekleştirilen bir başka çalışmada Isparta ili Trafik Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen ve 1998-2002 yılları arasında meydana gelen trafik kazalarından bir veri tabanı oluşturulmuş ve ArcInfo programı üzerinden kazaların sık yaşandığı ve kaza potansiyeli olan yol kesimleri belirlenmiştir. CBS ile yapılan analizlerde kavşak ve yol segmentleri ayrı ayrı değerlendirilmiş ve kavşak kara noktalarına öncelik verilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki yıldan yıla kara nokta sayılarında artış yaşanmıştır. Ayrıca kaza nedenlerini araştırmak için kaza tutanakları incelenmiş ve bu nedenlere göre de öneriler getirilmiştir (Saplıoğlu ve Karavaşin, 2006).

Anderson (2009) yaptığı çalışmada Londra'daki kazaları incelemiştir. 1999-2003 yılları verilerine dayanan çalışmada Londra'da gerçekleşen yaralanmalı kazaların

mekânsal örneklemini incelemek için CBS ile çekirdek yoğunluk tahmini (ÇYT) yöntemi kullanılarak bir metodoloji ve kaza sıcak noktalarının sınıflandırılması için bu metodolojiden alınan sonuçlar ile çevresel veriler kullanılarak bir kümeleme metodu oluşturulmuştur. Kümeleme sürecinde beş grup ve 15 küme oluşturulmuş ve her gruptaki kümeler ve her kümedeki sıcak noktaların sayısı belirlenmiştir.

Kundakci (2014) yapmış olduğu tez çalışmasında yine sıcak nokta olarak tanımladığı, yoğun olarak kaza yaşanan yerleri belirlemeyi amaçlamış ve veri olarak da 2008-2010 yılları arasında Ankara'da meydana gelen trafik kazalarını kullanmıştır. Tezde bu noktaların tespiti için en yakın komşuluk hiyerarşik kümeleme metodu sunulmuştur. Sıcak nokta dağılımları farklı kentsel alanlar, kaza tipleri ve kaza oluşum zamanlarına göre incelenmiştir. Çalışmada ayrıca ÇYT yöntemine de yer verilmiştir. Eşik mesafesi seçilerek yapılan çalışmada, ölümlü kazaların nadir gerçekleşmesi neticesinde bu tip kazalarda bu mesafe bir km olarak seçilebilirken, yaralanmalı kazalarda genel itibariyle kavşak ve kavşaklara 100 m mesafeye kadar olan alanlar için anlamlı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Çalışmada sonuç olarak Ankara şehir merkezi ve merkeze yakın alanlarda sıcak noktaların daha yoğun olduğu görülmüştür.

Girne'de Kara ve Akçit (2015) tarafından yapılan bir çalışmada CBS programı ArcMap'ten faydalanılarak, üç farklı yöntem kaza noktalarının analizinde kullanılmıştır. Bunlar ÇYT yöntemi, Local Moran's I ve Getis-ord GI yöntemleridir. Üç yıllık kaza verileriyle gerçekleştirilen çalışmada, bazı kesimlerde bu üç yöntem de aynı sonuçları verirken bazı kesimlerde ise sonuçlar farklı olmuştur.

Dereli ve ark. (2015) kara nokta belirleme yöntemi olarak Ampirik Bayes (AB) yöntemini tercih etmişlerdir. KGM ve EGM'den temin edilen 2006-2011 yıllarına ve Afyonkarahisar ile Konya illerine ait kaza verileri kullanılarak yol kesimleri için kaza tahminleri yapılmıştır. Hesaplanan tahminler ile performans indeksleri belirlenmiş ve bu indekslerin birden büyük olduğu kesimler kara nokta olarak belirtilmiştir. Bu kesimler CBS yardımıyla bir km'lik segmentlere ayrılarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ayrıca kaza sayıları ile yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) değerleri kullanılmıştır. Üçer yıllık veri gruplarına ayrılan kaza verilerinden, R istatistik paket programı aracılığıyla Poisson Regresyon ve Negatif Binomiyal Regresyon yöntemlerine göre parametreler tahmin edilmiştir. Bu parametrelere göre ise yine R programı aracılığıyla AB sonuçları

tahmin edilmiştir. Sonuç olarak ise bu iki ilimizde toplamda 20 adet kara nokta olduğu belirtilmiştir.

Geymen ve Dedeoğlu (2016) Kahramanmaraş ili için yaptıkları çalışmada iki yıllık kaza verilerinden kent içindeki kaza kara noktalarını belirlemeyi amaçlamıştır. EGM tarafından sağlanan 2012 ve 2013 yıllarına ait kaza tutanakları kullanılarak yapılan çalışmada, kara nokta tespiti için prensip olarak aynı yerde üçten fazla kaza gerçekleşmiş olması benimsenmiştir. Bu değer ülkemiz için Kahramangil ve Şenkal (1999) tarafından kritik kaza sayısı olarak tespit edilen değerdir.

Highway Safety Manual (HSM) üzerine yapılan bir çalışmada Manepalli ve Bham (2016) Ağ Tarama'nın (AT) mevcut performans ölçütlerine karşılık kaza şiddetine dayanan Çarpışma Faktörü Ölçütü'nü (ÇFÖ) önermiştir. Çalışmada Arkansas State Highway and Transportation Department (AHTD) tarafından sağlanan 3 yıllık veriler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan performans ölçütleri bir mil uzunluğundaki yol kesimleri üzerinde uygulanmıştır. Karşılaştırılan performans ölçütlerine göre Ampirik Bayes (AB) ve ÇFÖ'nün diğer performans ölçütlerine göre daha uygun olduğu belirlenmiştir. ÇFÖ, mevcut modellerin sınırlamalarını aşmak için iki temel değişken olan trafik hacmi ve kaza sıklığını hesaba katmaktadır. Bu ölçüt, yüksek kaza frekansına sahip sıcak noktaları belirlemek için özel olarak geliştirilmiştir.

Young ve Park (2014), bir karayolu ağında çarpışma sıcak bölgelerini, bir başka deyişle komşu sıcak nokta gruplarını belirlemek için AT sonrası analiz adı verilen iki adımlı bir yöntem önermişlerdir. İlk adım iyileştirme potansiyeline sahip noktaları belirlemek ve derecelendirmek için uygulanan HSM'nin bilinen AT yöntemidir. İkinci adım yeni bir yöntemdir ve mekânsal analizin bir türü olarak çekirdek yoğunluk tahminini içermektedir. Çekirdek yoğunluk tahmininde, çarpışma yoğunluğunu tahmin etmek için, öngörülen çarpışma sayıları kullanılmıştır ve yüksek yoğunlukta olacağı belirlenen çarpışma sayılarına sahip alanları gösteren bir grafik ortaya koyulmuştur. Bunlar sıcak bölgelerdir.

Young ve Park'ın önerdiği iki adımlı yöntem Kanada'nın Saskatchewan eyaletinde yer alan Regina şehrinde gerçekleşmiş olan beş yıllık çarpışma verisine uygulanmıştır. CBS'den de yararlanılan çalışmada üç farklı AT ölçütü karşılaştırılmıştır. Bunlar; gözlemlenen çarpışma sayıları, gözlemlenen şiddet ağırlıklı çarpışma (eşdeğer

maddi hasarlı kazalar) sayıları ve tahmin edilen şiddet ağırlıklı çarpışma sayılarıdır. Çalışma, gözlemlenen şiddet ağırlıklı çarpışma sayılarının kentin sıcak bölgelerinin dramatik bir resmini oluşturduğunu ancak bu resmin az sayıda şiddetli çarpışma sayısından önemli ölçüde etkilenebileceği için yanıltıcı olabileceğini göstermiştir. Beklenen şiddet ağırlıklı çarpışma sayılarından elde edilen sonuçlar, şiddet ağırlıklı etkileri yumuşatmış ve başarılı bir şekilde ortalama sapma regresyonunu (RTMbias) azaltmıştır. Önerilen yaklaşım ile HSM'nin mevcut AT yönteminin sonuçları arasında karşılaştırma yapılmıştır. Önerilen yaklaşım, karayolu kesimlerinin mekânsal birleşimini hesaba kattığından, tanımlanan sıcak bölgeler mevcut HSM metodolojisine göre beklenenden daha fazla sayıda eşdeğer maddi hasarlı çarpışma ortaya koymuştur (Young ve Park, 2014).

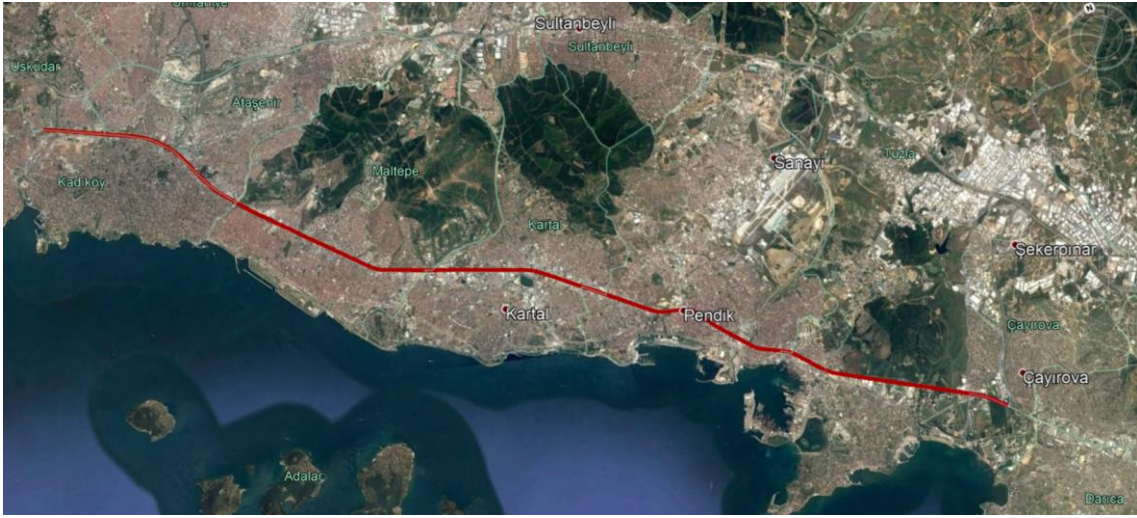
Murat ve Şekerler (2009) yaptıkları çalışmada, Denizli iline ait 2004, 2005 ve 2006 yıllarında meydana gelmiş trafik kaza verilerini, bilgisayar programlarından faydalanarak klasik ve bulanık kümelenme yöntemleriyle incelemiş ve elde edilen küme merkezlerine yakın bölgelerdeki trafik kazalarının daha yoğun olduğu noktaları kara nokta olarak belirlemişlerdir. Çalışmada K-ortalamlar ve Bulanık-C ortalamlar yöntemleri kullanılmıştır. Analizler sonucunda Bulanık-C ortalamlar yöntemiyle daha fazla sayıda kara nokta tespit edilmiş ve dolayısıyla bu yöntemin daha duyarlı sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Ayrıca belirlenen kara noktalar detaylı biçimde ele alınmış ve kaza nedenleri araştırılmıştır.

İlçi (2013) yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında Afyonkarahisar ve Konya devlet yollarında 2005-2011 yılları arasında meydana gelen trafik kazalarını, mekânsal istatistik yöntemleri olan ÇYT yöntemi, Local Moran's I ve Getis-ord GI ile analiz etmiştir. Bu yöntemler ile kara nokta tespitinde bulunan İlçi, ayrıca kazaları zamansal analiz ile de incelemiştir. İnceleme yaparken kaza sayıları, yol geometrileri, ölü-yaralı sayıları ve kaza gerçekleşme zamanları göz önünde bulundurulmuştur. CBS destekli yapılan çalışmada ArcGIS yazılımı kullanılmış olup ayrıca geometrik özellikler için Google Earth programından da faydalanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre kaza analizlerinin en az üç yıllık veriler kullanılarak yapılmasının daha doğru sonuçlar doğuracağı görülmüştür. Kullanılan yöntemlerin ise büyük oranda benzer sonuçlar verse de farklı sonuçlar da ortaya koyduğu belirlenmiştir. Buna göre ÇYT yöntemi kavşak

noktaları olmayan yol kesimlerinde daha iyi sonuç verirken Moran's I metodu kavşak noktalarında daha etkin sonuçlar ortaya koymaktadır. ÇYT yöntemi kesişen yollarda ve virajlı kesimlerde komşuluk ilişkisinden çok fazla etkilenmesinden dolayı kara nokta olmayacak bölgeleri de kara nokta olarak belirlemektedir ve bu da yöntemin zayıf noktalarından biri olarak öne çıkmaktadır. Getis-ord GI metodu bu üç yöntem içerisinde en fazla kara nokta belirleyen yöntemdir. Ancak bu yöntemde de ÇYT yöntemi gibi komşuluk ilişkisi çok fazla ön plana çıkmaktadır. Moran's I metodu ise bu yöntemler içerisinde en az kara nokta belirleyen yöntem olmuştur. Her üç yöntem de değerlendirildiğinde yöntemler büyük oranda benzerlikler ortaya koymuş ve kara nokta analizinde bu yöntemlerin kullanılabilir oldukları kanaatine varılmıştır. Ancak her yöntemin doğru ve yanlış sonuçlar verdiği yerler olduğu için tek bir yöntem kullanılması uygun görülmemiş, görsellik açısından ÇYT yöntemi ve Moran's I yönteminin, istatistiksel olarak ise Getis-ord GI ile Moran's I yönteminin birlikte kullanılması önerilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, D100 karayolunun İstanbul il sınırları içerisinde ve Anadolu Yakası'nda kalan kısım çalışma alanı olarak belirlenmiştir. İstanbul-İzmit sınırı ile Harem arasını kapsayan çalışmada (Şekil 3.1), İstanbul İl Emniyet Müdürlüğü'nden temin edilen üç yıllık trafik kaza verisi kullanılarak, CBS tabanında istatistiki analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. D100 Karayolu İstanbul Anadolu Yakası kesimi.

Yöntem olarak ise 2010 yılında AASHTO tarafından yayımlanan HSM'nin Yol Güvenliği Yönetim Süreci içerisinde yer alan Ağ Tarama yöntemleri;

- Basit sıralama,
- Hücre kaydırma,
- Maksimum nokta arama

kullanılmıştır.

3.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Oldukça geniş bir kullanım alanına sahip olan CBS yazılımları, ulaştırma alanında da önemli bir yere sahiptir. Geçmiş 1900'lü yılların başına kadar dayanan CBS,

günümüzde yaygın halde kullanımına kadar sürekli bir gelişim içerisinde olmuş ve zamanla birçok farklı CBS yazılımı geliştirilmiştir.

3.1.1. Coğrafi bilgi sistemlerinin tarihçesi

Kabakuş (2011) tarafından bildirildiğine göre, Gedikoğlu CBS'yi biçimlendiren ilk çalışmaların 1912 yılında Almanya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde veri üretimi üzerine yapıldığını belirtmiştir. Düsseldorf ve Massachusetts kentlerinde yapılan çalışmalarda farklı veri setleri üst üste bindirilerek kentsel kullanım alanına ait dört katmanlı haritalar üretilmiştir. Benzer çalışmalar 1920'li yıllarda Manchester ve New York ve çevresinde de yapılmıştır.

1950'li yıllarda bilgisayarların konumsal verileri depolaması ve sunması noktasında gelişmelerin yaşanmasıyla, konumsal verilerin işlenmesine yönelik çalışmalar da hız kazanmıştır. 1960'larda ise bilgisayar destekli haritacılık ve altyapı yönetimi teknolojisi geliştirilmiştir (Kabakuş, 2011).

Gedikoğlu ve Yomralıoğlu, 1964 yılında Kanada'nın ulusal CBS projesini başlattığını (CGIS) ve 1967'de ise Amerika Birleşik Devletleri'nin New York eyaleti için bir alan kullanımı ve doğal kaynak envanteri sistemi geliştirdiğini bildirmişlerdir (Kabakuş, 2011).

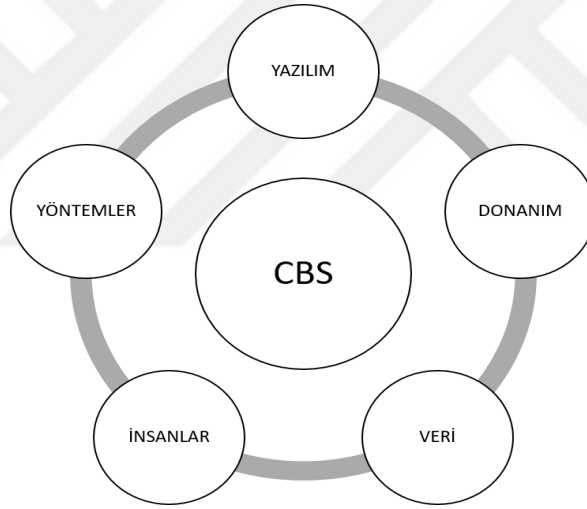
Yılmaz (2011)'in bildirdiğine göre, Yomralıoğlu 1966'da Harvard Üniversitesi'nde gerçekleştirilmiş olan bir projenin ilk teorik CBS çalışması olarak bilindiğini, yine 1970'li yıllarda Harvard Üniversitesi'nde ODYSSEY isimli bir yazılımın geliştirildiğini ve bu çalışmaların da CBS işlevini yerine getiren konumsal veri işleme alanındaki ilk uygulama olarak bilindiklerini belirtmiştir.

Öte yandan Uluslararası Coğrafya Birliği (IGU), konumsal verilerin kullanımına yönelik yazılım ve çalışmaları inceleyerek, 1974 yılında bu tür yazılımları CBS olarak adlandırmıştır. 1980'li yıllara kadar büyük bilgisayarlar için geliştirilmiş olan CBS yazılımları, zamanla gelişimini sürdüren mikro bilgisayarlara da uyarlanmaya başlamıştır. Bu gelişmelerle birlikte CBS teknolojisi kamusal hizmet alanlarında kullanılmaya başlamıştır (Kabakuş, 2011).

Günümüzde hala tüm hızıyla gelişmeye devam etmekte olan CBS yazılımları, teknolojinin de ilerlemesiyle işlem gücünü arttırmakta, diğer yazılımlarla uyumlu bir şekilde çalışmakta ve çeşitli araçlarla analiz yeteneğini kuvvetlendirmeye devam etmektedir.

3.1.2. Coğrafi bilgi sistemlerinin bileşenleri

Parçalardan meydana gelen birçok sistem gibi, CBS de birtakım bileşenlerden meydana gelen bir sistem olarak düşünülebilir. CBS'yi oluşturan bu bileşenler yazılım, donanım, insanlar, yöntemler ve veriden oluşan beşli bir zincirden meydana gelmektedir (Tomaszewski, 2014).



Şekil 3.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri bileşenleri.

Yazılım

Yazılım, CBS işlemlerini gerçekleştirmek için kullanılan, ArcMap gibi ticari yazılımlar veya açık kaynak olarak da sunulabilen yazılımlardır (Tomaszewski, 2014).

Donanım

Donanım, CBS işlemlerini gerçekleştirmek için kullanılan bilgisayardır. CBS yazılımları günümüzde, mevcut duruma göre ağ veya tekil bilgisayarlar tarafından çalıştırılabilmektedir (Kabakuş, 2011).

Veri

CBS'nin en önemli bileşeni veridir. Veriler araziden ölçülebilir veya toplanabilir ve bunun haricinde ticari kuruluşlardan da temin edilebilir (Tomaszewski, 2014).

İnsanlar

Swalehe (2016) bildirmektedir ki, Buckley ve Reid'e göre CBS teknolojisi, sistemi yöneten ve bunu gerçek dünya sorunlarına uygulamak için planlar geliştiren kişiler olmaksızın sınırlı bir değerdedir. CBS kullanıcıları, sistemi tasarlayan ve bakımını yapan teknik uzmanlardan, günlük çalışmaları yapmalarına yardımcı olan kullanıcılara kadar uzanır. CBS uzmanlarının son kullanıcılara göre belirlenmesi, CBS teknolojisinin doğru şekilde uygulanması için kritik önem taşır.

Yöntemler

CBS'nin bir başka önemli bileşeni de, hazırlanması uzun bir aşama olan veri tabanıdır. Konuma bağlı olarak hazırlanan veri tabanında iki tür veri olabilmektedir (Karaşahin ve Terzi, 2003).

Grafik veriler

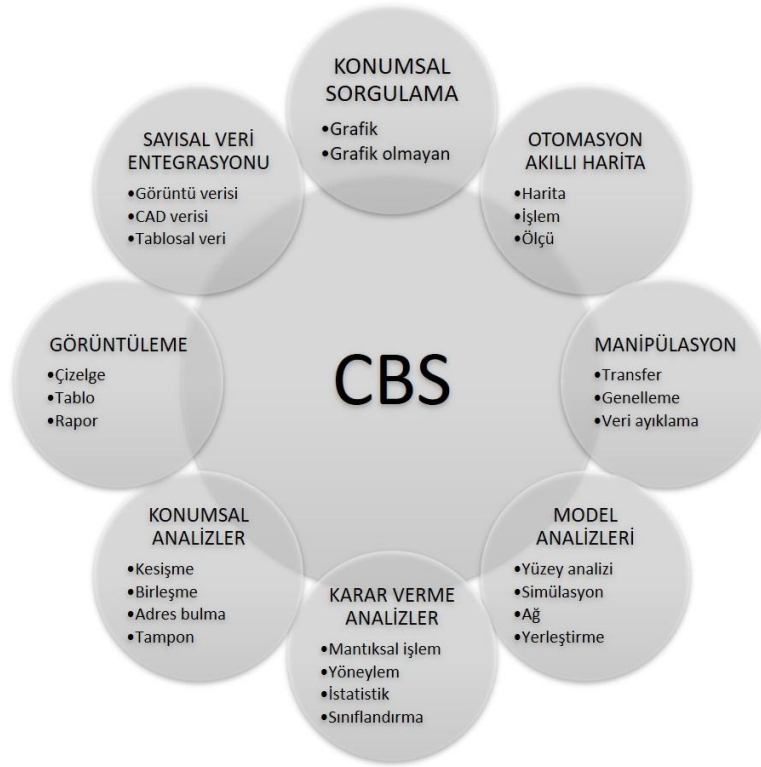
Bir ulaştırma planlaması için otobüs güzergahları, topografik haritalar, mevcut yollar gibi, genel olarak katmanlar halinde ve aynı geometrik özelliğe sahip ve işlevsel anlamda birbiriyle alakalı haritalardır. Veriler mevcut haritalar sayısallaştırılarak elde edilebileceği gibi, ortofoto haritalar veya hava fotoğrafları sayısallaştırılarak da haritalar elde edilebilir. Yerleşim yerleri gibi önemli faktörler varsa uydu görüntülerinden de faydalanılabilir (Karaşahin ve Terzi, 2003).

Grafik olmayan veriler

Trafik hacmi, şerit sayısı veya genişliği gibi, konuma bağlı olmayan ve özellikleri gösteren bilgilerdir (Karaşahin ve Terzi, 2003).

3.1.3. Coğrafi bilgi sistemlerinin fonksiyonları

Yılmaz (2011)'ın bildirdiğine göre, Tecim 2008'de, CBS farklı niteliklere sahip olsa da bazı fonksiyonların tüm CBS'ler için geçerli olduğunu belirtmiştir. Coğrafi bilgi sistemlerinin sahip olduğu bu fonksiyonlar Şekil 3.3'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin temel fonksiyonları.

Bu fonksiyonlar tamamen CBS yapısına özgü olmakta ve basit matematiksel işlemler harita analizlerinde kullanılmaktadır (Yılmaz, 2011).

3.1.4. Coğrafi bilgi sistemlerinin kullanım alanları

CBS, oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu alanlardan bir kısmı ulaşım planlaması, çevre yönetimi, doğal kaynak yönetimi, mülkiyet-idari yönetim, bayındırlık hizmetleri, eğitim, sağlık yönetimi, belediye faaliyetleri, turizm, orman ve tarım, ticaret ve sanayi, savunma, güvenlik vb. iken kullanıcı grupları açısından ise iş dünyası,

ekonomik kalkınma, eğitim yönetimi, mühendislik, tesis yönetimi, altyapı yönetimi, lojistik/dağıtım yönetimi, kamu yönetimi, toplu taşıma ve daha bir çok alanda daha farklı kullanıcılara hitap etmektedir (Morova, 2013).

3.1.5. Ulaştırma mühendisliğinde coğrafi bilgi sistemleri

CBS, ulaşım planlaması ve tasarım konularında yaygın olarak kullanılmakta olan bir sistemdir. Oluşturulan veri tabanı ile kurum ve kuruluşların yol tasarım verilerini oluşturma, güncelleme, yönetme ve veri paylaşmalarına olanak tanınmaktadır (Kabakuş, 2011). CBS esas olarak coğrafi koordinatlar barındıran bir veri tabanı olduğu için görsel olarak analiz yapmaya da imkân tanımaktadır (Morova, 2013).

CBS yardımıyla, mahalleler, cadde ve sokaklar, yerleşim yerleri, kamusal alanlar, yerleşim alanları, altyapı ve üstyapı verileri, toplu taşıma güzergâh ve durakları, trafik bilgileri, ulaşım ağı özellikleri, kazalar, yollardaki bozulmalar, çalışma yapılan cadde ve sokaklar gibi birçok veri, kullanıcılar tarafından görüntülenebilmektedir (Kabakuş, 2011).

3.2. Yol Güvenliği Yönetim Süreci

HSM'ye göre, Yol Güvenliği Yönetimi Süreci (YGYS), karayolu ağları üzerinde kaza sıklığını izleme ve azaltma konusunda fayda sağlayacak prosedürleri ve bilgileri sunmaktadır. YGYS'de yer alan bölümler toplu olarak karayolu güvenliği yönetim sürecini oluşturmaktadır. Karayolu güvenlik yönetimi sürecinin altı basamağı bulunmaktadır (AASHTO, 2010).

Ağ Tarama

Ağ tarama, ortalama olarak kaza sıklığını azaltma potansiyeline dayalı şekilde bölgeleri tanımlamak ve sıralamak için bir ulaşım ağının incelenmesidir.

Tanımlama

Tanımlama, kaza verilerini, bölgenin geçmiş verilerini ve kaza modellerini belirlemek için saha koşullarını değerlendirmektir.

Önlemleri Seçme

Önlemleri seçme, bir bölgedeki kazalara sebep olabilecek faktörleri belirleme ve ortalama kaza sıklığını azaltmak için olası önlemleri belirlemektir.

Ekonomik Değerlendirme

Ekonomik değerlendirme, olası önlemlerin fayda ve maliyetlerini değerlendirerek uygun maliyetli veya ekonomik açıdan makul olabilecek tekil projeleri tanımlamaktır.

Projeleri Önceliklendirmek

Projelere öncelik verme, maliyet, hareketlilik veya çevresel etkiler gibi hedefleri karşılamak üzere birtakım iyileştirme projeleri belirlemek için belli başlı bölgelerde alınabilecek makul iyileştirmeleri ekonomik olarak değerlendirmektir.

Güvenlik Etkinlik Değerlendirmesi

Güvenlik etkinlik değerlendirme, kaza sıklığı veya şiddetinin azaltılmasında bir veya birçok bölgede alınacak bir önlemin etkinliğini değerlendirmektir.

YGYS'de yer alan bölümler, bütüncül bir süreç olarak uygulanabileceği gibi, incelenmekte olan spesifik bir problem veya projekapsamında seçilip tekil olarak da uygulanabilir.

3.2.1. Yol güvenliği yönetim sürecinin uygulanması

AT, bir karayolu sistemi üzerindeki geçmiş kaza verilerini değerlendirmek ve bu çerçevede önlem alınabilecek bölgeleri belirlemek için çeşitli kaza performans ölçütleri ve tarama yöntemleri ortaya koymaktadır. AT'de, performans ölçütleri ve tarama yöntemlerinin kendi içinde güçlü ve zayıf yanları bulunmaktadır. Bu nedenle, daha güçlü bir değerlendirme için kaza bölgelerini belirlemek adına birden fazla performans ölçütü ve/veya birden çok tarama yöntemi kullanmak yararlı olabilir.

Tanımlama ve önlemleri seçme, belirli bir bölgede bir kaza modeli tanımlamak ve olası önlemleri belirlemek için kaza geçmişi ve bölge koşullarını gözden geçirmeye yardımcı

olmak adına bilgi verici olmaktadır. HSM bunları farklı etkinlikler olarak sunarken, pratikte tekrarlayıcı olabilmektedirler. Örneğin, kazaya neden olan muhtemel faktörleri tanımlamak ve değerlendirmek (Önlemleri Seçme), değerlendirmeyi doğrulamak için ilave saha araştırması yapma gereğini ortaya çıkarabilir (Tanılama).

Ekonomik değerlendirme ve projeleri önceliklendirme, herhangi bir bölgede veya birden fazla bölgede olası önlemleri ekonomik olarak değerlendirmek ve önceliklendirmek için gerekli bilgileri sunmaktadır. Ekonomik değerlendirmede, ortalama kaza sıklığında beklenen düşüş hesaplanır ve parasal bir değere veya maliyet etkinlik oranına dönüştürülür. Projeleri önceliklendirmek, mali açıdan en uygun projeleri seçmek için önceliklendirme yöntemlerini sunmaktadır. Yöntemlerin karmaşıklığı nedeniyle çoğu proje, potansiyel iyileştirmeleri optimize etmek için yazılım kullanımını gerektirmektedir.

Güvenlik etkinlik değerlendirmesi, iyileştirmelerin etkinliğini değerlendirmeye ilişkin bilgiler sağlar. Bu değerlendirme şunları içerebilir:

- Proje hatalarından kaynaklanan kaza sıklığında değişikliği ortaya koymak için bir veya bir grup projenin değerlendirilmesi;
- Kaza Modifikasyon Faktörleri'nin miktarını belirlemek amacıyla belirli bir grup benzer projenin değerlendirilmesi;
- Belirli türde projeler veya önlemler ile sağlanan kaza sıklığındaki genel değişikliğin, maliyetlere kıyasla değerlendirilmesi.

Bir programın veya projenin etkili olup olmadığını bilmek, programın veya projenin başarısını değerlendirmek için uygun bilgileri sağlayacak ve daha sonra karayolu güvenliğini iyileştirmeye yönelik politika ve programların oluşturulmasını teşvik edecektir.

3.2.2. Ağ düzeyinde değerlendirme

Ağ tarama, bir dizi önlemin uygulanmasıyla kaza sıklığında sağlanan azalma oranının belirlenmesi ve çoktan aza doğru sıralanması için ulaştırma ağının incelenmesi sürecidir. Kaza sıklığını daha fazla azaltmanın mümkün olduğu kısımlarda kaza şekillerini, etken faktörleri ve uygun önlemleri belirlemek için daha detaylı çalışılabilir. AT ayrıca, çok sayıda yoldan çıkma türünde kazanın olduğu bölgelerde standartlara uymayan korkulukların yenilenmesine öncelik verilmesi gibi birtakım politikalar uygulamak için de kullanılabilir.

3.2.3. Ağ tarama süreci

Bu tez çalışmasında kullanılan AT sürecinde beş temel adım yer almaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Ağ Tarama süreci adımları.

3.2.3.1. Odak belirleme

AT'nin ilk adımını analizin odağını belirlemektir ve iki noktaya odaklanabilir. Bunlardan biri, yapılması öngörülen iyileştirmelerin kaza sayılarını azaltma potansiyeline sahip olduğu yerleri belirleyip sıralamak, bir diğeri ise bir politika oluşturmak ve uygulamak amacıyla belirli bir kaza tipi veya şiddetine sahip bölgeleri belirlemek için bir yol ağını değerlendirmektir. Eğer AT, yapılan değişikliklerin kaza sayılarını azaltabildiği bölgeleri tanımlamak için uygulanırsa, performans ölçütleri tüm bölgelere uygulanır. Analiz sonuçları baz alınarak, gelişmelere açık görünen bölgeler ek analiz için tanımlanır. Bu analiz çok sayıda kaza gerçekleşen bölgeyi tanımlamak için yapılan tipik bir “kara nokta” analizine benzerdir.

Bir ulaşım ağı özel bir uygulama (yaptırımların artması gibi) veya önlemden (korkuluk uygulaması gibi) fayda sağlama potansiyeline sahip bölgeleri belirlemek için değerlendirilebilir. Bu gibi bir analiz, yüksek oran ve sıklıkta gerçekleşen spesifik bir kaza tipi veya şiddetine sahip kesimleri belirleyebilir. Böyle bir vakada, bölgelerin bir alt kümesi çalışılır.

Bir AT sürecinin odağını tanımlayabilen birçok aktivite yer almaktadır. Bu aktivitelere dair bazı varsayımsal örnekler şunlardır:

- Sermaye Geliştirme Programı veya diğer fon kaynakları için projeler ortaya konması amaçlanırsa, tüm bölgeler taranır.
- Spesifik bir kaza tipinin ciddi boyutlara ulaşması durumunda ve bu kaza tipini azaltmak için sistem boyunca bir programın uygulanması amaçlanırsa, tüm bölgeler beklenenden fazla sayıda meydana gelen kazalara sahip bölgeleri belirlemek için taranır.
- Güvenlik analizi için örnek bir koridor boyunca veya bir alan içinde bölgeler belirlenmişse, yalnızca koridordaki bölgeler taranır.
- Güvenliği arttırmak için sistem boyunca bir program veya önlem(ler) uygulamak için fon sağlanmışsa, AT bütün ulaştırma sisteminin bir alt kümesi olan sinyalize kavşaklarda yürütülür.

3.2.3.2. Ağ tanılama ve referans bölgeyi belirleme

Adım 1’de belirlenen AT sürecinin odağı, taranacak ağ elemanlarını belirlemeyi ve referans bölgelere bu elemanları dağıtmayı içeren AT sürecinde ikinci adımın temelini oluşturur. Taranan karayolu ağ elemanları kavşaklar, yol segmentleri, tesisler, bağlantı yolları, bağlantı yolu uç kavşakları ve hemzemin demir yolu geçitleri vb. olabilir.

Referans bölge, benzer özelliklere sahip bölgelerin gruplandırılmış halidir (dört kollu sinyalize kavşaklar, iki şeritli kırsal karayolları gibi). Tekil bölgelerin önceliklendirilmesi ise referans bölge içinde yapılır. Kavşaklar ve yol segmentleri için referans bölgeleri belirlemede kullanılan özellikler aşağıdaki bölümlerde tanımlanmaktadır.

Kavşaklar için referans bölgeler

Kavşaklar için referans bölge belirlemede kullanılacak özellikler şunlar olabilir;

- Trafik kontrolü (sinyalizasyon, yatay veya dikey trafik işaretleriyle kontrol, dönel kavşak vb.),
- Yaklaşımların sayısı (üç veya dört kollu kavşaklar gibi),
- Kesit (düz ve dönüş şeritlerinin sayıları gibi),
- Fonksiyonel sınıflandırma (arter, yan yol, kent içi yol vb.),
- Arazi kullanımı (kentsel, banliyö, kırsal vb.),
- Trafik hacmi (toplam giren hacim, zirve saat hacmi, YOGT vb.),
- Arazi şekli (düz, inişli yokuşlu, dağlık vb.)

Bir referans bölgeyi tanımlayan özellikler, kavşaklar hakkında bilinenlere, AT'nin amacına, taranan ağın büyüklüğüne ve seçilen performans ölçütüne bağlı olarak değişebilir.

Segmentler için referans bölgeler

Yol segmenti tutarlı özellikte kesite sahip bir yol bütünüdür yalnızca bir kısımdır ve iki bitiş noktası tarafından sınırlanır. Bu bitiş noktaları; iki kavşak, bağlantı yolları, yol kesitindeki değişiklikler, kilometre tabelaları veya aşağıda listelenen yol özelliklerinin herhangi birinde yaşanan değişiklikler olabilir. Yol segmentleri için referans bölge belirlemede kullanılacak özellikler şunlardan biri olabilir;

- Şerit sayısı,
- Yoğunluk,
- Trafik hacmi (giren hacim, zirve saat hacmi, YOGT vb.),
- Refüj tipi veya genişliği veya her ikisi,
- İşletme hızı veya tayin edilen hız,
- Arazi kullanımı (kentsel, banliyö, kırsal vb.),
- Arazi şekli (düz, inişli yokuşlu, dağlık vb.),
- Fonksiyonel sınıflandırma (arter, yan yol, kent içi yol vb.).

Bu örnekler daha da çoğaltılarak referans bölge belirleme seçenekleri farklılaştırılabilir.

3.2.3.3. Performans ölçütlerini seçme

Performans ölçütlerini seçme, bir bölgede gerçekleşen kaza sayısı veya şiddetini düşürmeye yönelik, değerlendirme aşamasında kullanılan bir veya birkaç performans ölçütü seçme aşamasıdır. Kesişen trafik (kavşak) analizi, trafikteki gecikmelerin, kuyruk uzunluğunun veya hacim/kapasite oranının bir fonksiyonu olarak ölçülebildiği gibi; kavşak güvenliği, ortalama kaza sıklığı, beklenen ortalama kaza sıklığı, kritik çarpma oranı veya birkaç başka performans ölçütü cinsinden niceliksel olarak da ölçülebilir. AT’de tercihe bağlı olarak bölgeleri değerlendirmek için çoklu performans ölçütleri kullanmak sonuçlarda güven seviyesini arttırabilir.

Performans ölçütleri 3.2.4 numaralı başlıkta daha detaylı olarak ele alınacaktır.

3.2.3.4. Tarama yöntemini seçme

AT sürecinin dördüncü adımı tarama metodunu seçmektir. AT sürecinde seçilen performans ölçütü, bir tarama metodu kullanılarak incelenmekte olan tüm bölgelere uygulanır. HSM’de tarama metodlarının üç tipi vardır. Bunlar;

- Segmentler (yol segmenti veya bağlantı yolu gibi), hücre kaydırma veya maksimum nokta arama (sliding window, peak searching) metotları kullanılarak taranır.
- Düğümler (kavşaklar veya bağlantı yolu birleşim noktaları gibi), basit sıralama (simple ranking) metodu kullanılarak taranır.
- Tesisler (düğüm ve segmentlerin kombinasyonları), segment ve düğüm tarama metodlarının kombinasyonu kullanılarak taranır.

Segment tarama yöntemleri

Yol segmentleri ve bağlantı yollarının taranması kullanılarak, alınacak önlemlerle kaza sıklığı veya şiddetinde maksimum azalmanın sağlanacağı yol segmenti veya bağlantı yolu içindeki yer belirlenir. Geliştirilmeye en yatkın segment içindeki bir alt segment, tüm segmentin kritik çarpışma sıklığını belirlemek ve daha sonra incelenecek segmentleri seçmek için kullanılır. Hücre kaydırma ve maksimum nokta arama yöntemleri, bir önlemden

yararlanma potansiyeline sahip segment içindeki bir bölgeyi tanımlamak için kullanılabilir. Basit sıralama yöntemi de segmentlere uygulanabilir, ancak hücre kaydırma ve maksimum nokta arama yöntemlerinden farklı olarak, performans ölçütleri segmentin tüm uzunluğu için hesaplanır.

Hücre kaydırma yöntemi

Bu yöntemde, belirlenmiş uzunluktaki bir hücre (genellikle 300 m), segmentin başından sonuna kadar belli bir boyut artışıyla taşınır. Segmenti taramak için seçilen performans ölçütü hücrenin her pozisyonunda uygulanır ve analiz sonuçları her hücre için kaydedilir.

Hücre, hücre kaydırma yönteminde iki veya daha fazla komşu yol kesimi arasında bağ oluşturmaktadır. Hücre, karayolu kesimi kümesinin sonuna ulaşana kadar kademeli olarak ilerletilir. Hücre, komşu bir yol kesimi kümesinin sonuna ulaştığında, hücre uzunluğu aynı kalır ve hücre yol bölümünün sonuna yerleştirilecek şekilde ayarlanır. Bazı durumlarda, yol segmentlerinin uzunlukları belirlenen hücre uzunluğundan daha kısa olabilir. Bu örneklerde, hücre uzunluğu yol segmentinin uzunluğuna eşittir. Hücre kaydırma yöntemine ilişkin bir örnek aşağıda yer almaktadır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Hücre kaydırma yöntemi için örnek bir uygulama

<i>Alt Segment</i>	<i>Hücre Pozisyonu</i>	<i>Öngörüleni Aşan Ortalama Kaza Sıklığı</i>
A1	0.00 – 0.30 km	1.20
A2	0.10 – 0.40 km	0.80
A3	0.20 – 0.50 km	1.10
A4	0.30 – 0.60 km	1.90

Çizelge 3.1'e göre, 0.60 km uzunluğunda, kentsel alanda dört şeritli bölünmüş bir arter referans bölgesinde bir A segmenti 0.30 mi uzunluğundaki hücre vasıtasıyla dört alt segmente ayrılmıştır. Hücre 0.10 km uzunluğundaki boyut artışıyla bir uçtan diğer uca taşınmış ve segment *Güvenlik Performans Fonksiyonları Kullanılarak Öngörüleni Aşan Ortalama Kaza Sıklığı* performans ölçütüne göre taranmıştır. Burada görünen değerlere göre A4 alt segmenti 1.90'lık değeri ile kaza oranında en fazla azaltma potansiyeline sahip alt segment olarak görülmektedir ve bu değer tüm A segmenti için geçerli kabul edilmektedir.

Maksimum nokta arama yöntemi

Maksimum nokta arama yönteminde, her bir karayolu segmenti eş uzunluklara, artarak büyüyen uzunluklara veya yol segmentinin tam uzunluğuna bölünerek alt segmentler belirlenir. Hücre ilk etapta birden çok alt segmente yayılmaz. Her alt segment için seçilen performans ölçütü hesaplanır. Performans ölçütünün istatistiksel kesinliğine dayanarak, bir karayolu segmenti içindeki performans ölçütünün maksimum değerine sahip alt segment, taranmakta olan diğer segmentlerin maksimum değerleri ile karşılaştırılarak tüm karayolundaki kazaların azalma potansiyelini sıralamak için kullanılır.

Maksimum nokta arama yöntemindeki ilk adım, belirli bir yol segmenti veya bağlantı yolunu 0.10 km hücrelere bölmektir. Hücreler çakıştırılmaz ancak istisna durumlarda son alt segment bir öncekiyle çakışabilir. Segmentin uzunluğu 0.10 km altında ise segment uzunluğu alt segment uzunluğuna eşittir. Daha sonra her alt segment için performans ölçütü hesaplanır ve sonuçlar hassasiyet testine tabi tutulur. En az bir alt segment için performans ölçütünün hesaplanan değeri istenen hassas seviyeyi sağlıyorsa, segment istenen hassas seviyeyi karşılayan tüm alt segmentlerde gelen maksimum performans ölçütüne dayalı olarak sıralanır. İlk olarak 0.10 km'lik hücreler için performans ölçütü istenen hassaslıkta bulunmazsa, her hücrenin uzunluğu artırılarak 0.20 km uzunluğa çıkarılır. Performans ölçütlerinin hassasiyetini değerlendirmek için hesaplamalar bu haliyle tekrar yapılır. Metodoloji, arzu edilen duyarlılıkla maksimum performans ölçütü bulunana kadar veya alt segment uzunluğu segment uzunluğuna eşit olana kadar bu şekilde devam eder.

Performans ölçütünün hassasiyeti, “Eş. 3.1”de olduğu gibi performans ölçütünün varyasyon katsayısı (CV) hesaplanarak değerlendirilir.

$$\text{Varyasyon Katsayısı (CV)} = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{\sqrt{\text{Var(Performans Ölçütü)}}}{\text{Ort. Performans Ölçütü}} \quad (3.1)$$

Eşitlikte σ performans ölçütü değerlerinin standart sapmasını, μ ise ortalama performans ölçütü değerini ifade etmektedir.

CV katsayısının büyük çıkması hassasiyetin düşük olduğunu gösterirken, küçük çıkması ise yüksek hassasiyet olduğunu gösterir. Hesaplanan CV, belli bir CV limit değeri

ile karşılaştırılır. Buna göre, limit değerden küçük veya eşitse hassaslık arzu edilen seviyelerdedir ve hücrenin performans ölçütü potansiyel olarak segmentin sıralamasında kullanılabilir. Hesaplanan CV, limit değerden büyükse hücre potansiyel olarak performans ölçütünün değerine göre segment sıralamasında iterasyona tabi tutulur.

AT’de tüm uygulamalar için belirlenmiş bir CV değeri bulunmamakla birlikte, kullanıcı bir CV değeri belirleyerek daha sonraki araştırmalara da entegre edilebilecek şekilde AT ile tanımlanan bölgelerin sayısını değiştirebilir. CV için başlangıç veya varsayımsal anlamda, 0.5 uygun bir değer olarak gösterilebilir.

Maksimum nokta arama yöntemine göre yapılmış ve iterasyonlarına ilişkin bir örnek (Çizelge 3.2, Çizelge 3.3) aşağıda verilmiştir. Bu örnekte, 0.47 km uzunluğunda, kentsel alanda dört şeritli bölünmüş bir arter referans bölgesinde bir B segmenti *Ampirik Bayes Düzeltmesiyle Öngörüleni Aşan Ortalama Kaza Sıklığı* performans ölçütüne göre taranmıştır. Bu örnekte CV için limit değer 0.25 olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 3.2’de B segmenti 0.10 km uzunlukta alt segmentlere bölünmüş, seçilen performans ölçütüne göre kaza sıklığı ile CV hesaplanmış ve İterasyon-1 tamamlanmıştır.

Çizelge 3.2. Maksimum nokta arama yöntemi için örnek uygulama (İterasyon-1)

Alt Segment	Hücre Pozisyonu	AB Düzeltmesiyle Öngörüleni Aşan	
		Ortalama Kaza Sıklığı	CV
B1	0.00 – 0.10 km	5.20	0.53
B2	0.10 – 0.20 km	7.80	0.36
B3	0.20 – 0.30 km	1.10	2.53
B4	0.30 – 0.40 km	6.50	0.43
B5	0.37 – 0.47 km	7.80	0.36
	Ortalama (μ)	5.70	-

$$Var(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n - 1} \quad (3.2)$$

Çizelge 3.2’deki değerler “Eş. 3.2”ye uygulanırsa B segmentinin varyansı;

$$Var(B) = \frac{(5.2 - 5.7)^2 + (7.8 - 5.7)^2 + (1.1 - 5.7)^2 + (6.5 - 5.7)^2 + (7.8 - 5.7)^2}{5 - 1}$$

$Var(B) = 7.7$ olarak hesaplanır.

B1 segmenti için CV, değerler “Eş. 3.1”e uygulanırsa;

$$CV_{B1} = \frac{\sqrt{7.7}}{5.2} = 0.53 \text{ olarak hesaplanır. Bu işlem tüm alt segmentlere uygulanır.}$$

Burada görülmekte olan CV değerleri, kabul edilen limit değer 0.25’in üzerinde olduğu için ikinci bir iterasyon adımına ihtiyaç duyulmaktadır (Çizelge 3.3). Bu defa yol segmenti 0.20 mi uzunluğunda alt segmentlere ayrılarak analiz yapılmıştır.

Çizelge 3.3. Maksimum nokta arama yöntemi için örnek uygulama (İterasyon-2)

Alt Segment	Hücre Pozisyonu	AB Düzeltmesiyle Öngörüleni Aşan	
		Ortalama Kaza Sıklığı	CV
B1	0.00 – 0.20 mi	6.50	0.25
B2	0.10 – 0.30 mi	4.45	0.36
B3	0.20 – 0.40 mi	3.80	0.42
B4	0.27 – 0.47 mi	7.15	0.22
	Ortalama (μ)	5.50	-

Çizelge 3.3 göstermiştir ki, ikinci iterasyonda B1 ve B4 alt segmentlerinin CV değerleri limit değere eşit veya limit değerden düşük olmaktadır. B segmenti, B1 ve B4 alt segmentleri için hesaplanan maksimum performans ölçütlerine göre değerlendirmeye alınır. Bu durumda B segmenti, B4 alt segmentinde hesaplanan 7.15 sıklık değerine göre değerlendirilir ve diğer segmentlerle karşılaştırılır.

Eğer ikinci iterasyonda da limit değere eşit veya daha düşük CV’ye ulaşılamazsa üçüncü iterasyona geçilir ve bu şekilde devam edilir.

Basit sıralama yöntemi

Düğümlere ve segmentlere basit bir sıralama yöntemi uygulanabilir. Bu yöntemde, performans ölçütleri dikkate alınan tüm bölgeler için hesaplanır ve sonuçlar sıralanır. Bu yöntemin sade olması en güçlü yanı olmakla birlikte, segmentler için sonuçlar diğer segment tarama yöntemleri olan hücre kaydırma ve maksimum nokta arama yöntemi kadar güvenilir değildir. Öte yandan düğüm tabanlı ve tesis taramalar için kullanılabilir bir yöntemdir.

Düğüm tabanlı taramada kavşaklar, bağlantı yolu katılım ve ayırım noktaları, hemzemin geçitler gibi kesişim noktalarına odaklanılmaktadır. Performans ölçütlerinin her bir bölge için hesaplanması ve sonuçların sıralanması için basit sıralama yöntemi

uygulanabilir. Sonuçta, her bölgeyi ve seçilen performans ölçütünün değerini gösteren bir liste oluşturulur. Tüm performans ölçütleri, düğüme dayalı tarama için basit sıralama yönteminde kullanılabilir.

Tesis taramada ise, segment ve düğümlerden meydana gelen tesisleri tararken, bağlı bulunan yol uzunluklarının 5 ile 10 km uzunluğunda olması, daha kararlı sonuçlar alınmasını sağlamaktadır.

Tarama yöntemleriyle tutarlı sonuçlar vermesi beklenen performans ölçütleri aşağıda listelenmektedir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Tarama yöntemleriyle tutarlı performans ölçütleri

<i>Performans Ölçütü</i>	<i>Segmentler</i>			<i>Düğüm</i>	<i>Tesisler</i>
	<i>Basit Sıralama</i>	<i>Hücre Kaydırma</i>	<i>Maksimum Nokta Arama</i>	<i>Basit Sıralama</i>	<i>Basit Sıralama</i>
Ortalama kaza sıklığı	Evet	Evet	Hayır	Evet	Evet
Kaza oranı	Evet	Evet	Hayır	Evet	Evet
Eşdeğer maddi hasarlı ortalama kaza sıklığı	Evet	Evet	Hayır	Evet	Evet
Bağlı şiddet indeksi	Evet	Evet	Hayır	Evet	Hayır
Kritik kaza oranı	Evet	Evet	Hayır	Evet	Evet
Momentler metodu kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı	Evet	Evet	Hayır	Evet	Hayır
Emniyet hizmet düzeyi	Evet	Evet	Hayır	Evet	Hayır
SPFs kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı	Evet	Evet	Hayır	Evet	Hayır
Eşik oranını aşan spesifik kaza türlerinin olasılığı	Evet	Evet	Hayır	Evet	Hayır
Spesifik kaza türlerinin aşırı oranları	Evet	Evet	Hayır	Evet	Hayır
AB düzeltmesiyle beklenen ortalama kaza sıklığı	Evet	Evet	Evet	Evet	Hayır
AB düzeltmesiyle eşdeğer maddi hasarlı ortalama kaza sıklığı	Evet	Evet	Evet	Evet	Hayır
AB düzeltmesiyle öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı	Evet	Evet	Evet	Evet	Hayır

3.2.3.5. Sonuçları tarama ve değerlendirme

Performans ölçütü ve tarama yöntemleri, üçüncü ve dördüncü adımlarda özetlenen yöntemlere göre segmentlerden, düğümlerden veya tesislerden bir veya daha fazlasına uygulanır. Kavramsal olarak, dikkate alınan her bir segment veya düğüm için, seçilen

performans ölçütü hesaplanır ve kaydedilir. Tarama, analiz sonuçları seçilen performans ölçütüne göre düzenlenen bölgelerin listesini oluşturacaktır. Listede üst sıralarda yer alan bölgelerin kaza sıklığının azaltılması için alınacak önlemlerden daha fazla fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Daha ayrıntılı bir inceleme ile bölgelerde hangi gelişmelerin ne kadar fayda sağlayacağı da incelenebilir. HSM’de bu inceleme için *tanılama, önlemleri seçme ve ekonomik değerlendirme* bölümleri detaylı olarak çalışılabilir.

Genel olarak aynı veri kümesine birden fazla performans ölçütü uygulamak daha sağlıklı sonuçlar üretilmesine olanak tanır. Her performans ölçütüne göre ayrı ayrı oluşturulan listelerin başı ve sonunda tekrar tekrar yer bulan bölgeler, incelemenin odağı haline gelebilir veya daha detaylı araştırılması önerilebilir.

3.2.4. Performans ölçütleri

HSM, tarama yöntemleri için 13 farklı performans ölçütünden yalnız birinin veya birkaçının kullanılabileceğini belirtmektedir. Bu ölçütler;

- Ortalama kaza sıklığı,
- Kaza oranı,
- Eşdeğer maddi hasarlı ortalama kaza sıklığı,
- Bağlı şiddet indeksi,
- Kritik kaza oranı,
- Momentler metodu kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı,
- Emniyet hizmet düzeyi,
- Emniyet performans fonksiyonları kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı,
- Eşik oranını aşan spesifik kaza türlerinin olasılığı,
- Spesifik kaza türlerinin aşırı oranları,
- AB düzeltmesiyle beklenen ortalama kaza sıklığı,
- AB düzeltmesiyle eşdeğer maddi hasarlı ortalama kaza sıklığı ve
- AB düzeltmesiyle öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığıdır.

Performans ölçütünü seçmek için ana kriter

Performans ölçütlerini seçmek için temel kriterler veri erişilebilirliği, ortalama sapma regresyonu (RTM bias) ve performans eşliğinin belirlenmesidir.

Veri erişim imkânı

Tarama analizi için gereken veri tipik olarak, referans bölgenin belirlenmesini sağlayan bölge bilgisi, kaza verisi, trafik hacmi verisi ve bazı vakalarda emniyet performans fonksiyonlarını (SPFs) içerir. Erişilebilir veri ve girdilerin miktarı kullanılabilir performans ölçütlerinin sayısını kısıtlayabilir. Eğer trafik hacim verisi erişilebilir değilse veya elde etmek maliyetli ise, daha az performans ölçütü kullanılabilir. Eğer trafik hacmi elde edilebilirse, fakat ayarlanmış emniyet performans fonksiyonları ve aşırı yayılım parametreleri olmazsa, ağ, performans ölçütlerinin farklı bir takımı kullanılarak analiz gerçekleştirilir. Performans ölçütlerinin veri ve girdi gereksinimleri fark gösterebilmektedir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Performans ölçütlerinin veri ve girdi gereksinimleri

<i>Performans Ölçütü</i>	<i>Veri ve Girdi</i>				
	<i>Kaza Verisi</i>	<i>Yol Bilgisi</i>	<i>Trafik Hacmi</i>	<i>Ayarlanmış SPFs ve Aşırı Yayılım Parametreleri</i>	<i>Diğer</i>
Ortalama kaza sıklığı	X	X			
Kaza oranı	X	X	X		
Eşdeğer maddi hasarlı ortalama kaza sıklığı	X	X			EMH ağırlık faktörleri
Bağlı şiddet indeksi	X	X			Bağlı şiddet indeksleri
Kritik kaza oranı	X	X	X		
Momentler metodu kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı	X	X	X		
Emniyet hizmet düzeyi	X	X	X	X	
SPFs kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı	X	X	X	X	
Eşik oranını aşan spesifik kaza türlerinin olasılığı	X	X			
Spesifik kaza türlerinin aşırı oranları	X	X			
AB düzeltmesiyle beklenen ortalama kaza sıklığı	X	X	X	X	
AB düzeltmesiyle eşdeğer maddi hasarlı ortalama kaza sıklığı	X	X	X	X	EMH ağırlık faktörleri
AB düzeltmesiyle öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı	X	X	X	X	

Ortalama sapma regresyonu (RTMbias)

Bir bölgede yaşanan kaza sıklıkları doğal olarak zaman içerisinde dalgalı bir seyir gösterir. Bir zaman aralığında daha az sayıda kaza gözlenirken, aynı bölgede bir başka zaman dilimi içerisinde çok sık kaza yaşandığı görülebilir. Yani kısa vadede ve uzun vadede yaşanan kazaların sıklığı farklılık gösterebilir. Kaza oluşumunun rastlantısallığı, kısa vadedeki kaza sıklığı uzun vadeli kaza sıklığı analizlerini tahmin etmek için güvenilir sonuçlar ortaya koymayabileceğini gösterir. Ortalama olarak üç yıllık bir kaza verisi kaza sıklığını tahmin etmede örnek olarak kullanılabilir.

Yüksek kaza sıklığı olan bir zaman dilimi gözlemlendiği zaman, istatistiksel olarak sonraki zaman periyodunda daha düşük bir kaza sıklığının veya tam tersinin gözlemleneceğini söylemek mümkündür ve bu ortalama regresyon (RTM) olarak bilinir.

RTM'nin etkilerini ortaya çıkarmadaki başarısızlık, *seçim eğilimi* olarak da bilinen RTMbias potansiyelini açığa çıkarmaktadır. RTMbias, kısa vadede gözlemlenmiş kaza sıklığının seçilen bölgenin iyileştirilmesi için değerlendirmeye alındığı zaman görülür.

Performans eşiği

Performans eşiği değeri, bir referans bölgede uygulanan performans ölçütü değerlerini kıyaslama açısından referans nokta sağlar. Bölgeler bu eşik değerden daha yüksek veya daha düşük performans ölçütü değeri sağlamasına göre gruplandırılabilir. Düşük değer gösteren bölgeler iyileştirme neticesinde kaza sıklığı ve şiddetinin düşürülmesinin mümkün olup olmadığını belirlemek amacıyla daha detaylı incelenebilir.

Eşik performans değerini belirlemek için kullanılacak yöntem, seçilen performans ölçütüne bağlıdır. Eşik performans değeri, öznel olarak varsayılan bir değer veya performans ölçütü yöntemine bağlı olarak hesaplanan bir değer olabilir. Örneğin; eşik değerler, seçilen referans bölge için gözlemlenmiş kaza sıklığının ortalaması, uygun bir emniyet performans fonksiyonu veya Ampirik Bayes yöntemlerine dayanarak tahmin edilebilir.

Aşağıdaki çizelge (Çizelge 3.6) performans ölçütlerinin her birinin RTMbias'ı açıklayıp açıklamadığı veya bir performans eşiği değeri belirleyip belirlemediği veya her ikisini birden yapıp yapmadığını özetlemektedir. Tipik olarak, daha çok veri gerektiren ve RTMbias'a ihtiyaç duyan yöntemler daha güvenilir performans eşik değerlerini belirler.

Çizelge 3.6. Performans ölçütlerinin gereksinimleri

<i>Performans Ölçütleri</i>	<i>RTMbias</i>	<i>Performans Eşiği</i>
Ortalama kaza sıklığı	Hayır	Hayır
Kaza oranı	Hayır	Hayır
Eşdeğer maddi hasarlı ortalama kaza sıklığı	Hayır	Hayır
Bağıl şiddet indeksi	Hayır	Evet
Kritik kaza oranı	Veri değişimini dikkate alır, RTMbias'ı hesaba katmaz	Evet
Momentler metodu kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı	Veri değişimini dikkate alır, RTMbias'ı hesaba katmaz	Evet
Emniyet hizmet düzeyi	Veri değişimini dikkate alır, RTMbias'ı hesaba katmaz	Beklenen ortalama kaza sıklığı ± 1.5 standart sapma
SPFs kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı	Hayır	Bölgede öngörülen ortalama kaza sıklığı
Eşik oranını aşan spesifik kaza türlerinin olasılığı	Veri değişimini dikkate alır, RTMbias'tan etkilenmez	Evet
Spesifik kaza türlerinin aşırı oranları	Veri değişimini dikkate alır, RTMbias'tan etkilenmez	Evet
AB düzeltmesiyle beklenen ortalama kaza sıklığı	Evet	Bölgede beklenen ortalama kaza sıklığı
AB düzeltmesiyle eşdeğer maddi hasarlı ortalama kaza sıklığı	Evet	Bölgede beklenen ortalama kaza sıklığı
AB düzeltmesiyle öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı	Evet	Bölgede beklenen ortalama kaza sıklığı

Performans ölçütlerinin kullanımının uygunluğu, ölçütlerin güçlü ve zayıf yönleriyle ilişkilidir. Ayrıca performans ölçütleri bazı limitlere de sahip olabilmektedir. Performans ölçütlerinin tanımları, güçlü yanları ve kısıtları aşağıda açıklanmaktadır.

3.2.4.1. Ortalama kaza sıklığı

Belirli bir zaman periyodu içerisinde yaşanan kazaların sayısına göre en yoğun olduğu bölgeden itibaren bir sıralama yapılır. Ayrıca kazalar, kaza şiddeti veya tipine göre de sınıflandırılıp bölgeler buna göre de sıralanabilir. Performans ölçütünün güçlü yönleri ve limitleri aşağıda yer almaktadır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri

<i>Güçlü Yönleri</i>	<i>Kısıtları</i>
Basittir.	RTMbias dikkate alınmaz. Benzer özelliklere sahip bölgelerde eşik değeri belirlenmez. Trafik hacmi hesaba katılmaz. Basit ve düşük maliyetli önlemlerin kolayca uygulanabildiği düşük hacme sahip bölgeler dikkate alınmaz.

3.2.4.2. Kaza oranı

Kaza oranı performans ölçütü, kaza sıklığını trafik hacmiyle ilişkilendirerek normalleştirir. Kaza oranı hesaplanırken genellikle, bir zaman periyodu boyunca kavşak başına milyon-taşıt veya segmentler için milyon-taşıt-km olarak ölçüm yapılır. Performans ölçütünün güçlü yönleri ve limitleri aşağıda yer almaktadır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Kaza oranı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri

<i>Güçlü Yönleri</i>	<i>Kısıtları</i>
Basittir.	RTMbias dikkate alınmaz.
EMH veya RSI tabanlı kaza sayısı kullanılırsa, şiddeti hesaplamak için düzenlenebilir.	Benzer özelliklere sahip bölgelerde eşik değeri belirlenmez. Farklı trafik hacimlerine sahip bölgelerde karşılaştırma yapılmaz. Düşük hacimli, az çarpışmalı bölgeler hatalı şekilde önceliklendirilebilir.

3.2.4.3. Eşdeğer maddi hasarlı ortalama kaza sıklığı

Eşdeğer maddi hasarlı ortalama kaza sıklığı performans ölçütü, bölge başına bileşik bir frekans ve şiddet puanı geliştirmek için kaza şiddetine göre (ölümlü, yaralanmalı, maddi hasarlı) kazalara ağırlık faktörü belirler. Ağırlık faktörü, maddi hasarlı kaza maliyetlerine göre hesaplanır. Çarpışmanın şiddetine göre kaza maliyetleri belirlenerek eşdeğer maddi hasarın değeri bulunur. Bazı kurumlar maliyetlerden başka ağırlık metodları geliştirmiş olsalar da HSM'de performans ölçütü hesabında sürekli olarak kaza maliyetleri kullanılmıştır.

Kaza maliyetleri doğrudan ve dolaylı olarak bazı maliyetler içerir. Doğrudan maliyetler ambulans hizmeti, polis ve itfaiye, maddi hasarı veya sigorta olabilir. Dolaylı maliyetler ise kazazede ve yakınlarının kaza neticesinde çektiği acı, yaşadığı sakatlık ve

yaşam kaybının değeridir. Performans ölçütünün güçlü yönleri ve limitleri aşağıda yer almaktadır (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri

<i>Güçlü Yönleri</i>	<i>Kısıtları</i>
Basittir.	RTMbias dikkate alınmaz.
Kaza şiddetini dikkate alır.	Benzer özelliklere sahip bölgelerde eşik değer belirlenmez. Trafik hacmi hesaba katılmaz. Kullanılan ağırlık faktörlerine bağlı olarak düşük frekansta şiddetli kazaların yaşandığı konumları öne çıkarabilir.

3.2.4.4. Bağlı şiddet indeksi

Maddi olarak kaza maliyetleri her kaza tipi için belirlenir ve tüm kazaların toplam maliyetleri her bölge için hesaplanır. Ardından bölge başına ortalama kaza maliyeti bölgenin referans bölgesi için belirlenen genel bir ortalama kaza maliyeti ile karşılaştırılır. Genel ortalama kaza maliyeti referans bölgenin tüm bölgelerindeki toplam maliyetlerin ortalamasıdır. Bağlı şiddet indeksi performans ölçütü, bir bölgenin, benzer özelliklere sahip diğer bölgeler için belirlenen ortalama değerden daha fazla kaza maliyetine sahip olup olmadığını gösterir. Bağlı şiddet indeksi performans ölçütünün güçlü yönleri ve limitleri aşağıda yer almaktadır (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10. Bağlı şiddet indeksi performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri

<i>Güçlü Yönleri</i>	<i>Kısıtları</i>
Basittir.	RTMbias dikkate alınmaz.
Kaza şiddetini ve çarpışma tipini dikkate alır.	Kullanılan ağırlık faktörlerine bağlı olarak az sayıda şiddetli kazaların yaşandığı konumları öne çıkarabilir. Trafik hacmi hesaba katılmaz. Düşük hacimli, az çarpışmalı bölgeler hatalı şekilde önceliklendirilebilir.

3.2.4.5. Kritik kaza oranı

Her bir bölgede gözlenen kaza oranı, her bölgeye özgü olarak hesaplanmış bir kritik kaza oranı ile karşılaştırılır. Kritik kaza oranı benzer özelliklere sahip bölgeler arasında göreceli bir karşılaştırma sağlayan eşik değeridir. Kritik oranını aşan bölgeler ileride tekrar gözden geçirilmesi için işaretlenir. Kritik kaza oranı benzer sitelerdeki ortalama kaza

oranına, trafik hacmine ve arzu edilen önem düzeyini ifade eden istatistiksel bir sabite bağlıdır. Kritik kaza oranı performans ölçütünün güçlü yönleri ve limitleri aşağıda yer almaktadır (Çizelge 3.11).

Çizelge 3.11. Kritik oran performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri

<i>Güçlü Yönleri</i>	<i>Kısıtları</i>
Düşük hacimli bölgelerin abartılmış etkilerini azaltır.	RTMbias dikkate alınmaz.
Kaza verisindeki değişiklikleri dikkate alır.	
Karşılaştırma için bir eşik oluşturur.	

3.2.4.6. Momentler metodu kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı

Bir bölgede gözlemlenen ortalama kaza sıklığı, kaza verisindeki değişiklik ve referans bölgesinin ortalama kaza sıklığı baz alınarak belirlenir. Bölge için belirlenmiş olan gözlemlenen ortalama kaza sıklığı, referans bölgenin ortalama kaza sıklığı ile karşılaştırılır. Momentler metodu kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yönleri ve limitleri aşağıda yer almaktadır (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.12. Momentler metodu kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri

<i>Güçlü Yönleri</i>	<i>Kısıtları</i>
Bir bölge için öngörülen bir performans eşiği oluşturur.	RTMbias dikkate alınmaz.
Kaza verisindeki değişiklikleri dikkate alır.	Trafik hacmi hesaba katılmaz.
Her tür bölgenin tek bir listede sıralanmasına olanak sağlar.	Bazı bölgeler, bazı kaza türlerinin alışılmadık bir şekilde düşük frekansından dolayı ileride çalışılmak üzere belirlenebilir.
Yöntem anlayışları AB yöntemleri ile benzerdir.	Sıralama sonuçları referans bölgelerden etkilenir. Referans bölgenin sınırlarına yakın bölgeler üzerinde fazla durulabilir.

3.2.4.7. Emniyet hizmet düzeyi

Bölgeler, tetkik edilmekte olan referans bölgenin öngörülen ortalama kaza sıklığı ile gözlemlenen kaza sayısının karşılaştırıldığı kalitatif bir değerlendirmeye göre sıralanır. Her bölge, gözlemlenen ortalama kaza sıklığının öngörülen ortalama kaza sıklığından ne derece farklı olduğuna bağlı olarak, emniyet hizmet düzeyinin dört sınıflandırmasından birine yerleştirilir. Benzer özelliklere sahip bölgeler için öngörülen ortalama kaza sıklığı, yerel

koşullara göre kalibre edilmiş bir emniyet performans fonksiyonundan tahmin edilir. Emniyet hizmet düzeyi performans ölçütünün güçlü yönleri ve limitleri aşağıda yer almaktadır (Çizelge 3.13).

Çizelge 3.13. Emniyet hizmet düzeyi performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri

<i>Güçlü Yönleri</i>	<i>Kısıtları</i>
Kaza verisindeki değişiklikleri dikkate alır.	Sonuçlarda RTMbias etkileri mevcut olabilir.
Trafik hacmini dikkate alır.	
Kaza sıklığını azaltma potansiyeli için bir eşik oluşturur.	

3.2.4.8. SPFs kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı

Bölgenin gözlemlenen ortalama kaza sıklığı, bir emniyet performans fonksiyonundan öngörülen ortalama kaza sıklığı ile karşılaştırılır. Gözlemlenen ve öngörülen kaza frekansları arasındaki fark, SPFs'i kullanarak öngörüleni aşan kaza sıklığıdır. Öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı sıfırdan büyük olduğunda, bölgede öngörülenden daha fazla kaza yaşanırken, sıfırdan düşük olduğunda ise bölgede öngörülenden daha az kaza yaşanır. Bu performans ölçütünün güçlü yönleri ve limitleri aşağıda yer almaktadır (Çizelge 3.14).

Çizelge 3.14. SPFs kullanılarak öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri

<i>Güçlü Yönleri</i>	<i>Kısıtları</i>
Trafik hacmini dikkate alır.	Sonuçlarda RTMbias etkileri mevcut olabilir.
Karşılaştırma için bir eşik tahmin eder.	

3.2.4.9. Eşik oranını aşan spesifik kaza türlerinin olasılığı

Bölgeler, belirli bir kaza türünün veya şiddetinin gerçek oranının (p_i) eşik oranından (p_i^*) daha yüksek olması olasılığına dayanarak önceliklendirilir. Her bölge için, tipik olarak, referans bölgedeki hedeflenen kaza türü veya şiddeti oranına dayanan bir eşik oran (p_i^*) seçilir. Bu yöntem, bir kavşakta veya bir karayolu segmentinde kaza modellerini belirlemek için *tanılama* aracı olarak da uygulanabilir. Eşik oranını aşan spesifik kaza türlerinin olasılığı performans ölçütünün güçlü yönleri ve limitleri aşağıda yer almaktadır (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.15. Eşik oranını aşan spesifik kaza türlerinin olasılığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri

<i>Güçlü Yönleri</i>	<i>Kısıtları</i>
Tanımlama aracı olarak kullanılabilir.	Trafik hacmi hesaba katılmaz.
Kaza verisindeki değişiklikleri dikkate alır.	Bazı bölgeler, hedeflenmeyen kaza türlerinin beklenmedik düşük frekansından dolayı, ileride çalışılması için tanımlanabilir.
RTMbias'tan etkilenmez.	

3.2.4.10. Spesifik kaza türlerinin aşırı oranları

Bu performans ölçütü, bölgelerin aşırı orana dayalı olarak önceliklendirilmesi dışında *eşik oranını aşan spesifik kaza türlerinin olasılığı* performans ölçütüne çok benzemektedir. Aşırı oran, spesifik bir kaza türünün veya şiddetinin gözlemlenen oranı ile referans bölgedeki eşik oran arasındaki farktır. Her bir bölge için, tipik olarak, referans bölgedeki hedef kaza türü veya şiddetinin oranına dayanan bir eşik oran (p_i^*) seçilir. Aşırı değerlerin en büyüğü, ortalama kaza frekansında en fazla düşüş potansiyelini temsil eder. Bu yöntem, bir kavşakta veya bir karayolu segmentinde kaza modellerini belirlemek için *tanılama* aracı olarak da uygulanabilir. Spesifik kaza türlerinin aşırı oranları performans ölçütünün güçlü yönleri ve limitleri aşağıda yer almaktadır (Çizelge 3.16).

Çizelge 3.16. Spesifik kaza türlerinin aşırı oranları performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri

<i>Güçlü Yönleri</i>	<i>Kısıtları</i>
Tanımlama aracı olarak kullanılabilir.	Trafik hacmi hesaba katılmaz.
Kaza verisindeki değişiklikleri dikkate alır.	Bazı bölgeler, hedeflenmeyen kaza türlerinin beklenmedik düşük frekansından dolayı, ileride çalışılması için tanımlanabilir.
RTMbias'tan etkilenmez.	

3.2.4.11. AB düzeltmesiyle beklenen ortalama kaza sıklığı

Bu performans ölçütünde, gözlemlenen ortalama kaza sıklığı ve emniyet performans fonksiyonu kullanılarak öngörülen ortalama kaza sıklığı, RTMbias'ın de dahil olduğu beklenen bir ortalama kaza sıklığı değeri hesaplamak için AB yöntemini kullanarak ağırlıklandırılır. AB yönteminin ayrıntılı olarak anlatımı HSM'de yer almaktadır. Bu yöntem ile bölgeler, beklenen ortalama kaza sıklığına göre sıralanır. AB düzeltmesiyle beklenen

ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yönleri ve limitleri aşağıda yer almaktadır (Çizelge 3.17).

Çizelge 3.17. AB düzeltmesiyle beklenen ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri

<i>Güçlü Yönleri</i>	<i>Kısıtları</i>
RTMbias dikkate alınır.	Yerel koşullara göre kalibre edilmiş SPFs'e gereksinim duyar.

3.2.4.12. AB düzeltmesiyle EMH ortalama kaza sıklığı

Şiddetine göre kazalar AB yöntemine göre tahmin edilmektedir. Şiddetine göre beklenen kazalar EMH yöntemi kullanılarak EMH'li kazalara dönüştürülür. Ortaya çıkan EMH değerleri sıralanır. Ayrıca AB düzeltmesiyle EMH ortalama kaza sıklığı ölçütü, RTMbias ve trafik hacmini dikkate alır. AB düzeltmesiyle EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yönleri ve limitleri aşağıda yer almaktadır (Çizelge 3.18).

Çizelge 3.18. AB düzeltmesiyle EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri

<i>Güçlü Yönleri</i>	<i>Kısıtları</i>
RTMbias dikkate alınır.	Ağırlık faktörlerine bağlı olarak az sayıda kazanın yaşandığı konumları öne çıkarabilir.
Kaza şiddetini dikkate alır.	

3.2.4.13. AB düzeltmesiyle öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı

Bu performans ölçütünde, gözlemlenen ortalama kaza sıklığı ve emniyet performans fonksiyonu ile öngörülen kaza sıklığı, beklenen ortalama kaza sıklığı değerini hesaplamak için AB yöntemini kullanarak ağırlıklandırılır. Sonuçta oluşan beklenen ortalama kaza sıklığı, emniyet performans fonksiyonu kullanılarak öngörülen ortalama kaza sıklığı ile karşılaştırılır. AB ile düzeltilen ortalama kaza sıklığı ve emniyet performans fonksiyonu kullanılarak öngörülen ortalama kaza sıklığı arasındaki fark, öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığıdır. Öngörüleni aşan kaza sıklığı değeri sıfırdan büyükse, bölge beklenenden fazla kazaya maruz kalırken; sıfırdan küçük olması durumunda ise beklenenden daha az kaza meydana gelir. AB düzeltmesiyle öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yönleri ve limitleri aşağıda yer almaktadır (Çizelge 3.19).

Çizelge 3.19. AB düzeltmesiyle öngörüleni aşan ortalama kaza sıklığı performans ölçütünün güçlü yön ve limitleri

<i>Güçlü Yönleri</i>	<i>Kısıtları</i>
RTMbias dikkate alınır. Benzer özelliklere sahip bölgeler için beklenenden daha fazla kaza yaşanan bölgeleri göstermek için bir eşik belirlenir.	Yerel koşullara göre kalibre edilmiş SPFs'e gereksinim duyar.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında D100 Karayolu'nun İstanbul Anadolu Yakası'nda kalan kesimi incelenmiştir. Toplamda 32,55 km uzunluğa sahip yol kesiminde, kaza sıklığını azaltmaya yönelik bölgeleri tanımlamak için 16 segment ve 17 kavşak bölgesi belirlenmiştir. Kavşakların eş düzey kavşak olmamasından dolayı analizler segment tarama esaslarına göre gerçekleştirilmiştir. Toplam 33 segment, 2 referans bölgeye ayrılmış ve segmentler alfabetik kavşak bölgeleri ise nümerik olarak kodlanmıştır (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2).

Çizelgelerde yer alan kilometraj değerlerinin başlangıç noktası (0+000) İstanbul-Kocaeli il sınırı olup bitiş noktası ise (32+550) Uzunçayır kavşağının O1 otoyolu – D100 karayolu Kadıköy yönüne katılımı olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu koridor, trafik yoğunluğunun da yüksek olması sebebiyle çalışma alanı olarak seçilmiştir. Seçilen bu 32,55 km'lik çalışma alanında 2011 yılında 369, 2012 yılında 452 ve 2013 yılında 373 olmak üzere toplam 1194 ölümlü ve yaralanmalı trafik kazası kayda geçmiştir. Kaza tutanaklarından elde edilen bilgilerden (kaza koordinatı, tarih, saat, kaza oluşum türü, hava durumu, yol durumu, kazaya karışan taşıt sayısı, kazaya karışan ağır taşıt sayısı, ölü sayısı, yaralı sayısı vb.) bir veri tabanı oluşturulmuştur. İstanbul İl Emniyet Müdürlüğü'nden temin edilen bu kaza verilerinin segment ile kavşaklarda meydana gelen kaza sayıları Çizelge 4.1 ve 4.2'de yıl bazında gösterilmiştir.

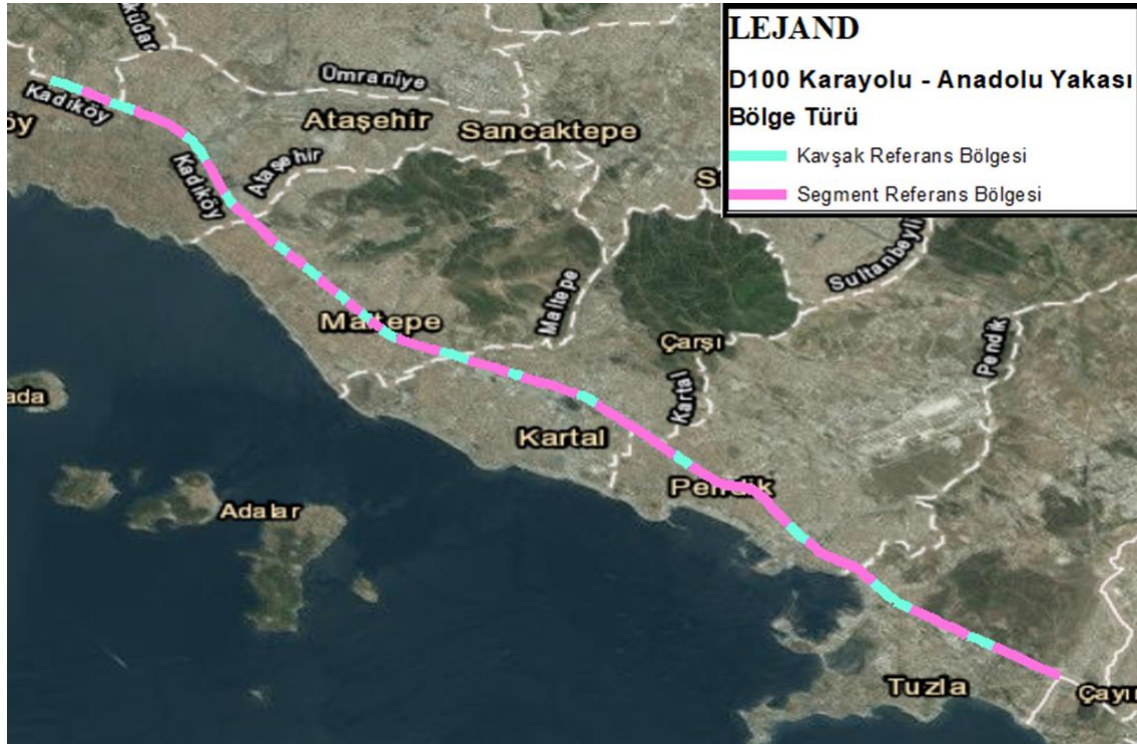
Çizelge 4.1. Segment referans bölgesinde yıllara göre gerçekleşen kaza sayıları

<i>Segment</i>	<i>Kilometraj</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>
A	00+000 – 01+950	10	20	4
B	02+650 – 04+300	8	4	6
C	05+650 – 07+800	19	17	17
D	08+500 – 11+700	18	31	29
E	12+250 – 14+800	39	38	32
F	15+350 – 16+850	13	33	23
G	17+200 – 18+300	10	13	13
H	19+050 – 20+200	12	11	15
I	20+700 – 21+100	0	10	3
J	21+400 – 21+900	7	5	6
K	22+300 – 22+950	16	6	12
L	23+500 – 24+050	11	2	4
M	24+500 – 26+150	29	41	32
N	26+550 – 27+750	26	24	15
O	28+750 – 30+250	26	28	19
P	30+900 – 31+700	14	15	5

Çizelge 4.2. Kavşak referans bölgesinde yıllara göre gerçekleşen kaza sayıları

Kavşak No	Kilometraj	2011	2012	2013
1	01+950 – 02+650	0	2	2
2	04+300 – 04+800	2	3	3
3	04+800 – 05+650	1	8	4
4	07+800 – 08+500	5	9	13
5	11+700 – 12+250	6	7	7
6	14+800 – 15+350	2	6	8
7	16+850 – 17+200	2	11	4
8	18+300 – 19+050	12	16	17
9	20+200 – 20+700	8	5	11
10	21+100 – 21+400	1	8	2
11	21+900 – 22+300	7	13	8
12	22+950 – 23+500	4	6	15
13	24+050 – 24+500	6	10	4
14	26+150 – 26+550	7	4	5
15	27+750 – 28+750	18	14	10
16	30+250 – 30+900	7	21	7
17	31+700 – 32+550	23	11	18

Aşağıda yer alan Şekil 4.1’de çalışma alanına ait hava fotoğrafı yer almaktadır. Bu fotoğrafta çalışma alanı, CBS’den yararlanılarak segmentlere ayrılmış şekilde görülmektedir. Analizi gerçekleştirilen iki referans bölge de (segment ve kavşak) bu görselde açıkça belirtilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma alanına ait hava fotoğrafı.

Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4 segment ve kavşak bölgelerinde meydana gelmiş kazaların türel dağılımını göstermektedir. HSM tarafından belirlenen ve kaza verileriyle iliştilen sekiz farklı kaza türünün yanı sıra, verilerde yer alan ama HSM’de bir karşılığı bulunmayan diğer kaza türleri (araçtan düşen cisim gibi) ve bu türlerin kaza sayısı olarak segmentlerdeki karşılıkları bu çizelgelerde *diğer* başlığı altında sunulmaktadır.



Çizelge 4.3. Segment referans bölgesinde gerçekleşen kazaların türe göre sınıflandırılması

<i>Segment</i>	<i>Yayaya Çarpma</i>	<i>Hayvana Çarpma</i>	<i>Sabit Cisme Çarpma</i>	<i>Duran Araca Çarpma</i>	<i>Devrilme/ Yoldan Çıkma</i>	<i>Arkadan Çarpma</i>	<i>Yandan Çarpma/ Çarpışma</i>	<i>Karşılıklı Çarpışma</i>	<i>Diğer</i>
A	4	0	8	0	4	11	2	2	3
B	1	0	2	1	5	4	4	0	1
C	3	0	5	1	4	26	11	1	2
D	6	0	18	3	3	34	10	1	3
E	18	0	12	3	7	37	18	6	8
F	16	0	9	3	4	12	18	5	2
G	6	0	7	1	0	11	9	1	1
H	5	0	6	0	4	12	9	1	1
I	2	0	2	1	1	5	2	0	0
J	1	0	2	0	4	6	5	0	0
K	4	1	3	1	6	12	6	0	1
L	2	0	6	0	0	6	0	1	2
M	2	0	25	2	8	27	31	0	7
N	12	0	4	2	6	18	19	1	3
O	1	0	17	2	6	26	17	1	3
P	5	0	5	1	4	10	8	1	0

Çizelge 4.4. Kavşak referans bölgesinde gerçekleşen kazaların türe göre sınıflandırılması

<i>Kavşak No</i>	<i>Yayaya Çarpma</i>	<i>Hayvana Çarpma</i>	<i>Sabit Cisme Çarpma</i>	<i>Duran Araca Çarpma</i>	<i>Devrilme/ Yoldan Çıkma</i>	<i>Arkadan Çarpma</i>	<i>Yandan Çarpma/ Çarpışma</i>	<i>Karşılıklı Çarpışma</i>	<i>Diğer</i>
1	0	0	1	0	0	2	0	1	0
2	0	0	2	0	0	3	2	0	1
3	1	0	1	0	1	7	3	0	0
4	0	0	2	1	3	15	5	0	1
5	2	0	4	2	1	8	2	0	1
6	2	0	3	1	1	7	2	0	0
7	3	0	2	0	0	4	7	1	0
8	7	0	8	0	2	19	8	0	1
9	1	0	5	1	2	11	2	1	1
10	1	0	1	1	0	5	3	0	0
11	3	0	5	1	6	9	2	0	2
12	1	0	4	0	3	8	7	1	1
13	1	0	7	0	3	5	4	0	0
14	2	0	2	1	1	2	7	1	0
15	8	0	6	0	0	13	11	2	2
16	0	0	3	2	4	20	4	0	2
17	4	0	5	1	5	23	13	0	1

Çizelge 4.5 ve 4.6'da segmentlere göre yaşanan kazaların şiddete bağlı sınıflandırılması yer almaktadır. Polis tutanaklarından elde edilen verilerde yalnızca ölümlü ve/veya yaralanmalı kazalar yer aldığından dolayı bu çizelgelerde ölümlü ve yaralanmalı kaza sayılarının yanında, bu kazalar sonucunda ölen ve yaralanan kişi sayılarına da çizelgelerde yer verilmiştir. Çizelgelerde yer alan sayılar üç yıllık verilerin toplamı neticesinde elde edilmiştir. Çalışma alanında üç yılda meydana gelen 1194 kazanın 29'unda ölüm vakası görülmekteyken 1165 kazada yalnızca yaralanma vakası görülmektedir. Ayrıca bu 1194 kaza neticesinde 37 vatandaş yaşamını yitirmiş, 1784 kişi ise yaralı olarak kurtulmuştur.

Segment referans bölgesinde toplam 22 ölümlü ve 769 yaralanmalı trafik kazası yaşanmıştır. Bu kazalarda 30 kişi ölürken 1191 kişi de yaralanmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Segment referans bölgesinde gerçekleşen kazaların şiddete göre sınıflandırılması

<i>Segment</i>	<i>Ölümlü</i>	<i>Yaralanmalı</i>	<i>Ölü Sayısı</i>	<i>Yaralı Sayısı</i>
A	1	33	2	52
B	0	18	0	31
C	0	53	0	87
D	4	74	4	122
E	3	106	3	140
F	2	67	2	106
G	0	36	0	60
H	2	36	3	54
I	0	13	0	13
J	3	15	3	23
K	0	34	0	55
L	0	17	0	22
M	1	101	2	162
N	1	64	1	99
O	3	70	8	118
P	2	32	2	47
Toplam	22	769	30	1191

Kavşak referans bölgesinde ise 7 ölümlü ve 396 yaralanmalı trafik kazası yaşanmıştır. Bu kazalarda 7 kişi yaşamını yitirmiş, 593 kişi ise yaralı olarak kurtulmuştur (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Kavşak referans bölgesinde gerçekleşen kazaların şiddete göre sınıflandırılması

<i>Kavşak No</i>	<i>Ölümlü</i>	<i>Yaralanmalı</i>	<i>Ölü Sayısı</i>	<i>Yaralı Sayısı</i>
1	0	4	0	8
2	0	8	0	13
3	0	13	0	21
4	0	27	0	43
5	1	19	1	26
6	0	16	0	27
7	2	15	2	22
8	1	44	1	64
9	1	23	1	30
10	0	11	0	21
11	0	28	0	45
12	0	25	0	39
13	1	19	1	32
14	0	16	0	20
15	1	41	1	56
16	0	35	0	46
17	0	52	0	80
Toplam	7	396	7	593

4.1. Çalışmada Kullanılan Performans Ölçütleri

HSM’de basit sıralama, hücre kaydırma ve maksimum nokta arama yöntemlerinde kullanılmak üzere 13 farklı performans ölçütü sunulmaktadır. HSM’de bu ölçütlerin yalnız biri, birkaçı veya tümünün uygulanabileceği belirtilmektedir. Veri erişilebilirliğiyle doğrudan bağlantılı olan bu durum göz önüne alındığında, bu tez çalışmasında üç performans ölçütünün kullanılması ve her ölçüt için ağ tarama yöntemlerinin karşılaştırılması uygun görülmüştür. Bu doğrultuda seçilen performans ölçütleri; ortalama kaza sıklığı, eşdeğer maddi hasarlı (EMH) ortalama kaza sıklığı ve bağlı şiddet indeksi olmuştur.

4.1.1. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütü

Bu performans ölçütünün uygulanmasında toplam kaza sayısı ya da türüne ve/veya şiddetine göre kaza sayıları baz alınarak bir sıralama yapılır. Daha detaylı çalışmalar gerçekleştirmek ve yüksek frekansa sahip bölgeleri tanımlamak için bir basamak olarak kullanılabilir. Veri gereksinimi olarak yalnızca konuma göre kaza verisine (kaza koordinatları) ihtiyaç duyan bu performans ölçütü iki adımdan oluşmaktadır. Birincisi tüm segment veya kavşaklarda yer alan toplam kaza sayısının hesaplanmasından ibarettir. İkinci

adım ise kaza sayısı hesaplanan segment veya kavşakların toplam kaza sayısına göre, şiddete göre veya türe göre sıralanmasıdır.

Ayrı ayrı incelemede her segment veya kavşakta farklı kaza şiddeti ve türüne göre kazalar meydana gelme olasılığından dolayı farklı sıralamalar görülebilir. Bu yüzden bu çalışmada yalnızca toplam kaza sayıları üzerinden bir analiz yapılmıştır. 2011, 2012 ve 2013 yıllarında gerçekleşen tüm kazalar ArcMap yardımıyla koordinatlarına göre segment ve kavşak bölgelerine dağıtılmıştır. Segment referans bölgesindeki kaza sayıları Çizelge 4.7’de kavşak bölgelerinde meydana gelen kaza sayıları ise Çizelge 4.8’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. Segment referans bölgesinde gerçekleşen toplam kaza sayısı

<i>Segment</i>	<i>Toplam Kaza Sayısı</i>
A	34
B	18
C	53
D	78
E	109
F	69
G	36
H	38
I	13
J	18
K	34
L	17
M	102
N	65
O	73
P	34

Çizelge 4.8. Kavşak referans bölgesinde gerçekleşen toplam kaza sayısı

<i>Kavşak No</i>	<i>Toplam Kaza Sayısı</i>
1	4
2	8
3	13
4	27
5	20
6	16
7	17
8	45
9	24
10	11
11	28
12	25
13	20
14	16
15	42
16	35
17	52

4.1.2. Eşdeğer maddi hasarlı ortalama kaza sıklığı performans ölçütü

Bu performans ölçütünde şiddete bağlı (ölümlü, yaralanmalı veya yalnız maddi hasarlı) bir puanlama geliştirilerek kaza konumlarına bir ağırlık faktörü atanır. Ağırlık faktörleri yalnız maddi hasarlı kazalara göre hesaplanır ve bu ağırlık faktörü eşdeğer maddi hasarı puanı (EPDO) olarak sıralamaya tabi tutulur. Bu performans ölçütü doğal olarak ölümlü ve yaralanmalı kazalardan ciddi manada etkilenmektedir. Gerekli durumlarda daha ayrıntılı inceleme için kaza şiddetlerine göre ayrı ayrı da kategorize edilebilir. Üç adımdan oluşan performans ölçütünün veri gereksinimi şiddete ve konuma göre kaza verisi, şiddet ağırlık faktörleri ve kaza şiddetine göre kazaların maliyetidir.

EPDO ağırlıklarını hesaplamak için toplumsal kaza maliyetleri kullanılmaktadır. Mümkün olduğunca yerel maliyetlerin kullanılması tercih edilse de ulusal veya genel kabul gören maliyetler de kullanılabilir. Bu çalışmada FHWA tarafından 2005'te yayımlanan 2001 yılı kaza maliyetleri, 2016 yılına güncellenerek kullanılmış ve bu maliyetler Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Kaza şiddetine göre yaklaşık toplumsal kaza maliyetleri

<i>Kaza Şiddeti</i>	<i>Toplumsal Kaza Maliyeti (2016, \$)</i>
Ölümlü (ö)	5,888,800
Yaralanmalı (y)	119,600
Maddi Hasarlı (m)	10,500

Kaynak: FHWA-HRT-05-051

Bu performans ölçütünün ilk adımı ölümlü ve yaralanmalı kazaların ağırlık faktörünü hesaplamaktır. Bunun için maddi hasarlı kazaların ağırlık faktörü 1 kabul edilir, ölümlü ve yaralanmalı kaza maliyetleri maddi hasarlı kaza maliyetine bölünerek bu kazaların ağırlık faktörleri belirlenir. Çizelge 4.9'daki değerler "Eş. 4.1" e uygulandığında hesaplanan ağırlık faktörleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.10).

$$f_{y(weight)} = \frac{CC_y}{CC_{PDO}} \quad (4.1)$$

$f_{y(weight)}$: Kaza şiddetine bağlı ağırlık faktörü,

CC_y : Kaza şiddetinin kaza maliyeti,

CC_{PDO} : Maddi hasarlı kaza maliyeti.

Çizelge 4.10. Kaza şiddetine göre yaklaşık ağırlık faktörleri

Kaza Şiddeti	Ağırlık Faktörü (EPDO)
Ölümlü (ö)	561
Yaralanmalı (y)	11
Maddi Hasarlı (m)	1

İkinci adımda her kaza şiddeti kendi ağırlık faktörüyle çarpılarak EPDO puanları hesaplanır ve her kavşak bölgesi ve segment için toplam puanlar “Eş. 4.2” deki gibi hesaplanır. Son olarak ise hesaplanan toplam EPDO değerlerine göre kaza yaşanan bölgeler sıralanır (Çizelge 4.11, Çizelge 4.12).

$$EPDO_{top} = f_{\dot{o}(weight)} \times N_{\dot{o}(observed,i)} + f_{y(weight)} \times N_{y(observed,i)} + f_{m(weight)} \times N_{m(observed,i)} \quad (4.2)$$

$f_{\dot{o}(weight)}$: Ölümlü kazaların ağırlık faktörü

$N_{\dot{o}(observed,i)}$: i no’lu kavşak/segment için gözlemlenen ölümlü kaza sayısı

$f_{y(weight)}$: Yaralanmalı kazaların ağırlık faktörü

$N_{y(observed,i)}$: i no’lu kavşak/segment için gözlemlenen yaralanmalı kaza sayısı

$f_{m(weight)}$: Maddi hasarlı kazaların ağırlık faktörü

$N_{m(observed,i)}$: i no’lu kavşak/segment için gözlemlenen maddi hasarlı kaza sayısı

Çizelge 4.11. Segment referans bölgesinde gerçekleşen kazaların toplam EPDO karşılığı

Segment	Toplam EPDO Puanı
A	924
B	198
C	583
D	3058
E	2849
F	1859
G	396
H	1518
I	143
J	1848
K	374
L	187
M	1672
N	1265
O	2453
P	1474

Çizelge 4.12. Kavşak referans bölgesinde gerçekleşen kazaların toplam EPDO karşılığı

<i>Kavşak No</i>	<i>Toplam EPDO Puanı</i>
1	44
2	88
3	143
4	297
5	770
6	176
7	1287
8	1045
9	814
10	121
11	308
12	275
13	770
14	176
15	1012
16	385
17	572

4.1.3. Bağlı şiddet indeksi performans ölçütü

Kaza türüne ve konumuna göre belirlenen toplumsal kaza maliyetleri bağlı şiddet indeksini (RSI) oluşturmaktadır. Her bölge ve bölge için hesaplanan ortalama RSI kaza maliyetleri sıralamaya tabi tutulur ve bölgenin ortalama RSI kaza maliyetiyle karşılaştırılır. Kaza türlerine göre tahmini maliyetler (Çizelge 4.13), yine FHWA'nın raporundan temin edilmiştir.

Çizelge 4.13. Kaza türlerine göre tahmini maliyetler

<i>Kaza Türü</i>	<i>Toplumsal Kaza Maliyeti (2016, \$)</i>
Yayaya Çarpma	421100
Hayvana Çarpma	10900
Sabit cisme Çarpma	138000
Duran araca Çarpma	28900
Devrilme/Yoldan Çıkma	350500
Arkadan Çarpma	43900
Yandan Çarpma /Çarpışma	49200
Karşılıklı Çarpışma	548500
Diğer (Ortalama)	80100

Kaynak: FHWA-HRT-05-051

Veri gereksinimi olarak konuma ve türe göre kaza verisi ile RSI kaza maliyetlerine ihtiyaç duyan bu performans ölçütünün dört adımı bulunmaktadır. İlk olarak her konum için meydana gelen kaza türleri kendi maliyetleriyle çarpılarak her konum için RSI maliyeti hesaplanır. Ardından toplam RSI maliyeti o bölgede yaşanan toplam kaza sayısına bölünerek ortalama bir RSI maliyeti hesaplanır (Eş. 4.3). Daha sonra “Eş. 4.4” te görüldüğü gibi bölge için bir ortalama RSI maliyeti hesaplanır ve segment ve kavşak bölgelerinin RSI maliyeti bu ortalama maliyetle kıyaslanarak sıralanır.

$$\overline{RSI}_i = \frac{\sum_{j=1}^n RSI_j}{N_{observed,i}} \quad (4.3)$$

\overline{RSI}_i : i no'lu kavşak/segment için ortalama RSI maliyeti

RSI_j : Her kaza türü için ortalama kaza maliyeti

$N_{observed,i}$: i no'lu kavşakta/segmentte gözlenen toplam kaza sayısı

$$\overline{RSI}_{ort(kontrol)} = \frac{\sum_{i=1}^n RSI_i}{\sum_{i=1}^n N_{observed,i}} \quad (4.4)$$

$\overline{RSI}_{ort(kontrol)}$: Referans bölge (kontrol grubu) için ortalama RSI maliyeti

RSI_i : i no'lu bölge için toplam RSI maliyeti

$N_{observed,i}$: i no'lu bölgede gözlenen kaza sayısı

Aşağıda yer alan çizelgelerde segment (Çizelge 4.14) ve kavşak (Çizelge 4.15) referans bölgelerine ait ortalama RSI maliyetleri görülmektedir. Referans bölgeleri için ortalama RSI değerleri segment referans bölgesi için 143400\$ iken kavşak referans bölgesi için ise 126800\$ olmuştur.

Çizelge 4.14. Segment referans bölgesinde gerçekleşen kazaların RSI maliyetleri

Segment	\overline{RSI}_i
A	179700
B	190600
C	109000
D	114400
E	167100
F	199800
G	141000
H	156200
I	139700
J	144900
K	151300
L	155400
M	102200
N	158200
O	105400
P	164900
$\overline{RSI}_{ort(kontrol)}$	143400

Çizelge 4.15. Kavşak referans bölgesinde gerçekleşen kazaların RSI maliyetleri

<i>Kavşak No</i>	\overline{RSI}_i
1	193600
2	73300
3	105000
4	86700
5	116600
6	127600
7	153400
8	134700
9	127100
10	86800
11	169200
12	134000
13	142700
14	154900
15	156300
16	88800
17	113200
$RSI_{ort(kontrol)}$	126800

4.2. Ağ Tarama Yöntemlerinin Çalışma Sahasına Uygulanması

AT sürecinin sonuca ulaşmadan önceki son adımı tarama metodunu seçmektir. HSM bu adımda uygulanabilecek üç yöntem ortaya koymaktadır. Bunlar basit sıralama (simple ranking), hücre kaydırma (sliding window) ve maksimum nokta arama (peak searching) yöntemleridir. Basit sıralama daha çok kavşak tarama, hücre kaydırma ve maksimum nokta arama ise segment tarama yöntemi olarak önerilmektedir. Ancak klasik bir yöntem olarak basit sıralama yönteminin segmentlerde de uygulanabileceği belirtilmektedir. Nitekim bu çalışmada kavşak bölgeleri de segment statüsünde değerlendirilmiş, ancak segmentlerle farklı referans bölge altında analiz edilmiştir.

Bu çalışmada analiz için tek bir yöntem seçmek yerine, farklı performans ölçütlerine göre yöntemlerin karşılaştırılarak birbirleriyle tutarlı sonuçlar verip vermemesi incelenmiştir. Üç yıllık kaza verisinin kullanıldığı analizlerin sonuçlarına göre ise İstanbul D100 karayolu Anadolu Yakası kesiminin en tehlikeli kesimleri belirlenmiş ve buralara yönelik değerlendirmelere yer verilmiştir.

4.2.1. Basit sıralama yöntemi

AT yöntemlerinden biri olan bu yöntem, isminden de anlaşılacağı gibi basit bir yöntem olmakla beraber, kara nokta olarak tabir edilen karayolunun en tehlikeli kesimlerini belirlemek adına klasik bir yöntemdir. Bu yöntem sadeliği ve basitliğiyle öne çıkmaktayken, HSM’de basit sıralama yönteminin diğer yöntemlere nazaran daha az güvenilir olduğu belirtilmektedir.

Basit sıralama yöntemi ilk olarak ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne uygulanmıştır. Üç yılda gerçekleşen kaza sayıları, önceki bölümlerde çizelge halinde gösterilmiştir (Bkz. Çizelge 4.1, Çizelge 4.2). Ayrıca referans bölgelerindeki toplam kaza sayıları yine çizelgelerde gösterilmektedir (Bkz. Çizelge 4.7, Çizelge 4.8). Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları segment ve kavşak referans bölgelerine göre aşağıda yer almaktadır (Çizelge 4.16, Çizelge 4.17). Çizelgelerde toplam kaza sayısının yanı sıra, bu performans ölçütünde yer almayan ancak bir alternatif olarak her 100 metrelik mesafeye düşen ortalama kaza sayısı da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Segment referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama

<i>Segment</i>	<i>Ortalama Kaza Sıklığı</i>	<i>Segment</i>	<i>Ortalama Kaza Sıklığı /100 m</i>
E	109	M	6.18
M	102	N	5.42
D	78	K	5.23
O	73	O	4.87
F	69	F	4.60
N	65	E	4.27
C	53	P	4.25
H	38	J	3.60
G	36	H	3.30
A	34	G	3.27
K	34	I	3.25
P	34	L	3.09
B	18	C	2.47
J	18	D	2.44
L	17	A	1.74
I	13	B	1.09

Çizelge 4.16’da ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre en tehlikeli segment olan E segmenti, altıncı sıraya düşmektedir. İkinci sırada olan M segmenti bu durumda ilk sıraya yükselirken altıncı sıradaki N segmenti ise ikinci sıraya yükselmektedir. Bunun başlıca sebebi segmentlerin her birinin farklı uzunluklara sahip olmasıdır. Segment referans

bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Segment referans bölgesinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları.

Kavşak referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi uygulandığında en kritik kesim 17 no'lu kavşak olmaktadırken segment referans bölgesinde olduğu gibi kavşak referans bölgesinde de 100 m'lik uzunlukta sıralamanın değiştiği görülmektedir. Örneğin, ortalama kaza sıklığına göre beşinci sırada olan 11 no'lu kavşak segmenti, her 100 metrede gerçekleşen ortalama kaza sıklığına göre sıralamada ilk sırada yer almaktadır. Üst sıralarda yer alan üçüncü sıradaki 15 no'lu kavşak bölgesinin ise dokuzuncu sıraya kadar düştüğü görülmektedir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Kavşak referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama

<i>Kavşak</i>	<i>Ortalama Kaza Sıklığı</i>	<i>Kavşak</i>	<i>Ortalama Kaza Sıklığı /100 m</i>
17	52	11	7.00
8	45	17	6.12
15	42	8	6.00
16	35	16	5.38
11	28	7	4.86
4	27	9	4.80
12	25	12	4.55
9	24	13	4.44
13	20	15	4.20
5	20	14	4.00
7	17	4	3.86
14	16	10	3.67
6	16	5	3.64
3	13	6	2.91
10	11	2	1.60
2	8	3	1.53
1	4	1	0.57

Kavşak referans bölgesinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama sonuçları Şekil 4.3'te hava fotoğrafı üzerinde verilmiştir.



Şekil 4.3. Kavşak referans bölgesinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları.

HSM, ortalama kaza sıklığı performans ölçütünde toplam kaza sayısı verisini kullanmaktadır. Ancak segmentlerin farklı uzunluklara sahip olması durumlarında farklı sonuçların ortaya çıkabileceğine ilişkin bir bilgi bulunmamaktadır.

Basit sıralama yönteminin uygulandığı bir diğer performans ölçütü EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütü olmuştur. Bu performans ölçütünde de yine toplam EPDO ağırlıklarına göre bir sıralama yapılmıştır. Toplam ölümlü ve yaralanmalı kazalara göre verilen EPDO ağırlık puanları daha önceki bölümlerde verilmişti (Çizelge 4.11, Çizelge 4.12). Aşağıda ise basit sıralama yöntemine göre segment (Çizelge 4.18) ve kavşak bölgelerinin (Çizelge 4.19) en tehlikeliden daha az tehlikeliye doğru sıralaması yer almaktadır.

Çizelge 4.18. Segment referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama

<i>Segment</i>	<i>EPDO</i>	<i>Segment</i>	<i>EPDO (Ortalama)</i>
D	3058	J	102.7
E	2849	P	43.4
O	2453	H	39.9
F	1859	D	39.2
J	1848	O	33.6
M	1672	A	27.2
H	1518	F	26.9
P	1474	E	26.1
N	1265	N	19.5
A	924	M	16.4
C	583	C	11.0
G	396	G	11.0
K	374	K	11.0
B	198	B	11.0
L	187	L	11.0
I	143	I	11.0

Çizelge 4.18’de segmentlerdeki toplam EPDO puanları ve kaza başına düşen ortalama EPDO puanları gösterilmiştir. HSM’de yalnızca toplam EPDO puanları hesaba katılmaktadır. Ancak bağıl şiddet indeksi performans ölçütündeki gibi bir ortalama değer baz alındığında daha farklı sonuçların ortaya çıkabildiği görülmektedir. Örneğin D segmenti toplam 3058 gibi bir EPDO değerine sahipken ortalama olarak 39,2 EPDO değeri ile iki durumda farklı sıralamalara sahip olabilmektedir. Aynı şekilde J segmenti de toplam 1848 EPDO değerine karşılık ortalama 102,7 EPDO değeriyle ortalamaya göre sıralamada açık

bir şekilde en yüksek sırayı almaktadır. EMH ortalama kaza sıklığına göre basit sıralama sonuçları hava fotoğrafı üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Segment referans bölgesinin EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları.

Kavşak referans bölgesinde de aynı şekilde toplam EPDO ve ortalama EPDO puanlarına göre basit sıralama yöntemi sonuçlarında farklılıklar görülmüştür. Ancak bu defa en tehlikeli kesim her iki durumda da değişmemiş ve 7 no'lu kavşak olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Kavşak referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama

<i>Kavşak</i>	<i>EPDO</i>	<i>Kavşak</i>	<i>EPDO (Ortalama)</i>
7	1287	7	75.7
8	1045	5	38.5
15	1012	13	38.5
9	814	9	33.9
5	770	15	24.1
13	770	8	23.2
17	572	17	11.0
16	385	16	11.0
11	308	11	11.0
4	297	4	11.0
12	275	12	11.0
6	176	6	11.0
14	176	14	11.0
3	143	3	11.0
10	121	10	11.0
2	88	2	11.0
1	44	1	11.0

Kavşak bölgesi EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama sonuçları hava fotoğrafı üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Kavşak referans bölgesinin EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları.

Son olarak bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi uygulanmıştır. Bu performans ölçütünde tüm segmentler kendi referans bölgesinin ortalama RSI maliyetiyle ($\overline{RSI}_{ort(kontrol)}$) kıyaslanmakta ve bu ortalamanın üzerinde çıkan yerler tehlikeli kesim olarak belirlenmektedir.

Bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre sıralama yapıldığında çıkan sonuçlar aşağıda gösterilmiştir. Segment referans bölgesinde en tehlikeli kesim 199800\$ RSI maliyeti ile F segmenti olmuştur. Bölge ortalaması olan 143400\$ RSI maliyetini aşan diğer tehlikeli kesimler ise sırasıyla B, A, E, P, N, H, L, K ve J segmentleri olmuştur (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Segment referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre basit sıralama

<i>Segment</i>	\overline{RSI}_i	
F	199800	X
B	190600	X
A	179700	X
E	167100	X
P	164900	X
N	158200	X
H	156200	X
L	155400	X
K	151300	X
J	144900	X
G	141000	
I	139700	
D	114400	
C	109000	
O	105400	
M	102200	
$\overline{RSI}_{ort(kontrol)}$	143400	

Segment referans bölgesinin bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları hava fotoğrafında görselleştirilmiştir (Şekil 4.6).



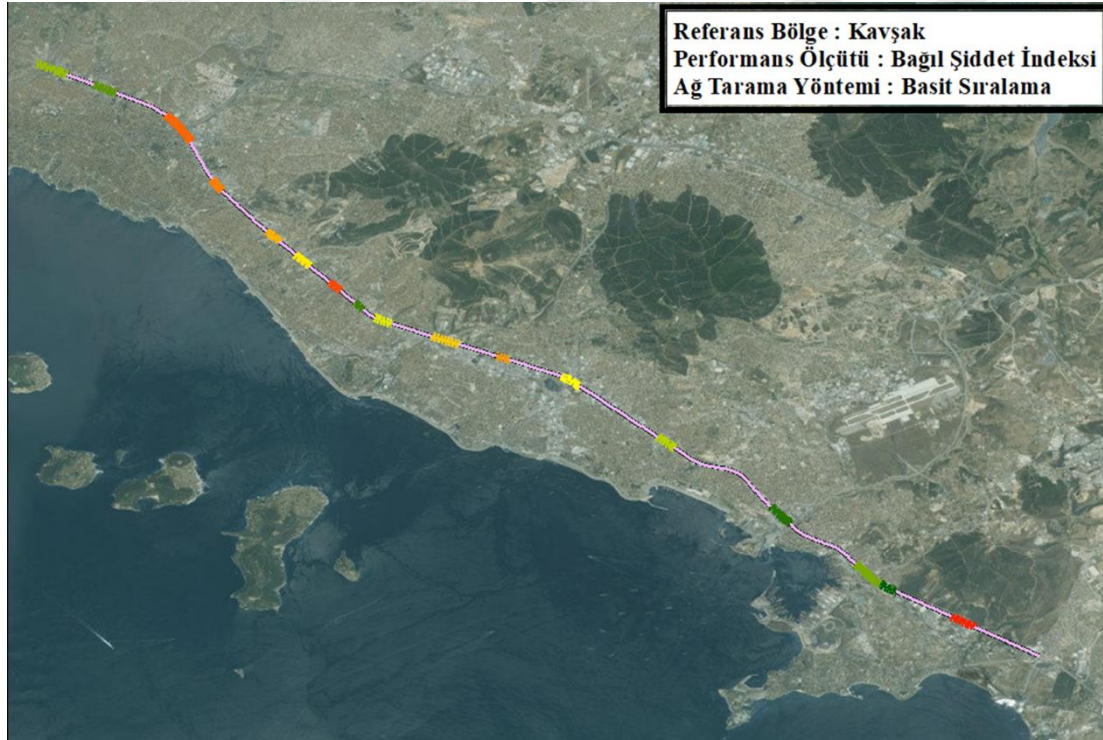
Şekil 4.6. Segment referans bölgesinin bağlı şiddet indeksi performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları.

Kavşak referans bölgesinde ise en tehlikeli kesim 193600\$ RSI maliyetine sahip olan 1 no'lu kavşak olmuştur. Yalnızca dört kazanın meydana geldiği bu kavşakta en yüksek ortalama değere ulaşılmış olunmasının nedeni olarak, karşılıklı çarpışmanın kaza maliyetinin çok yüksek olması ve bu maliyetin ortalama hesap alınırken oldukça az kazaya bölünmüş olması gösterilebilir. Bölge ortalamasını aşan diğer kavşaklar sırasıyla 11, 15, 14, 7, 13, 8, 12, 6 ve 9 no'lu kavşaklar olmuştur (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Kavşak referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre basit sıralama

<i>Kavşak No</i>	\overline{RSI}_i	
1	193600	X
11	169200	X
15	156300	X
14	154900	X
7	153400	X
13	142700	X
8	134700	X
12	134000	X
6	127600	X
9	127100	X
5	116600	
17	113200	
3	105000	
16	88800	
10	86800	
4	86700	
2	73300	
$RSI_{ort(kontrol)}$	126800	

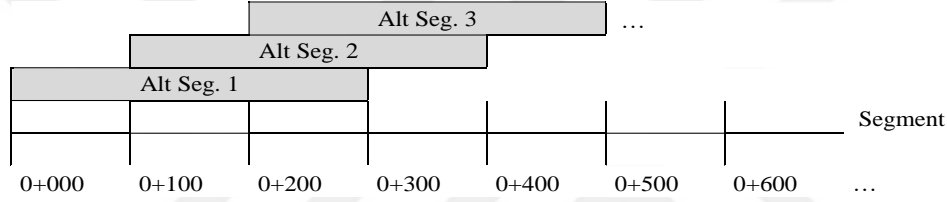
Kavşak referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları hava fotoğrafında gösterilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Kavşak referans bölgesinin bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre basit sıralama yöntemi sonuçları.

4.2.2. Hücre kaydırma yöntemi

Bu yöntemde ilk olarak, üzerinde çalışılan segmentler 100 m uzunlukta parçalara bölünür (Şekil 4.8). Ardından 300 m uzunlukta belirlenen bir hücre, segmentin başından sonuna hareket ettirilerek alt segmentler ve bunların performans ölçütlerine göre karşılıkları belirlenir. Alt segmentler içerisinde hesaplanan en yüksek performans ölçütü değeri o segmentin performans ölçütü değeri olarak kabul edilir ve tüm segmentler bu şekilde birbiriyle kıyaslanır. Eğer son alt segmentin uzunluğu belirlenen 100 m uzunluğundan küçükse, hücre yolun sonuna yerleştirilerek hesaplama adımları gerçekleştirilir. Bu gibi durumlarda son iki hücrede çakışma meydana gelebilmektedir.



Şekil 4.8. Hücre kaydırma yöntemine göre bir segmentin taranması.

Hücre kaydırma yöntemi ilk olarak yine ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre segmentlere uygulanmıştır. Buna göre segment referans bölgesinde en tehlikeli segment M segmenti olmuştur (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. Segment referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları

<i>Segment</i>	<i>Ortalama Kaza Sıklığı</i>
M	29
N	25
K	21
F	20
O	20
E	19
G	19
P	17
H	16
J	15
D	14
I	12
L	12
A	10
C	9
B	6

Segment referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları hava fotoğrafında gösterilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Segment referans bölgesinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.

Toplam 1650 m uzunluğa sahip olan bu segment, hücre kaydırma yöntemine göre 15 alt segmente ayrılmış ve bu alt segmentler içerisinde 300 m mesafede en fazla 29 trafik kazası gerçekleştiği belirlenmiştir. 24+500 – 24+900 km’leri arasında iki alt segmentte de (SW_M1, SW_M2) toplam 29 adet kaza olduğu belirlenmiş ve bu kaza sayısı M segmentinin sıralanması için kullanılmıştır. Bu hesaplama ve sıralama yöntemi tüm diğer segment ve kavşaklar için uygulanmıştır (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre M segmentinde hücre kaydırma yöntemi sonuçları

<i>Alt Segment</i>	<i>Başlangıç km</i>	<i>Bitiş km</i>	<i>Ortalama Kaza Sıklığı</i>
SW_M01	24+500	24+800	29
SW_M02	24+600	24+900	29
SW_M03	24+700	25+000	16
SW_M04	24+800	25+100	12
SW_M05	24+900	25+200	17
SW_M06	25+000	25+300	17
SW_M07	25+100	25+400	15
SW_M08	25+200	25+500	20
SW_M09	25+300	25+600	17
SW_M10	25+400	25+700	21
SW_M11	25+500	25+800	13
SW_M12	25+600	25+900	19
SW_M13	25+700	26+000	18
SW_M14	25+800	26+100	18
SW_M15	25+850	26+150	17

M segmentinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları Şekil 4.10'da hava fotoğrafı üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.10. M segmentinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.

Kavşak referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi uygulandığında 17 no'lu kavşak en tehlikeli kesim olmuştur. Diğer tehlikeli kesimler ise 8, 11 ve 16 no'lu kavşaklar olmuştur (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Kavşak referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları

<i>Kavşak</i>	<i>Ortalama Kaza Sıklığı</i>
17	34
8	26
11	26
16	22
15	19
9	18
7	16
4	15
12	14
13	14
14	13
5	12
6	11
10	11
3	6
2	5
1	3

Segment referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları hava fotoğrafında gösterilmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Kavşak referans bölgesinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.

17 no'lu kavşağın (Uzunçayır Kavşağı) alt segmentleri ve hücre kaydırma yöntemine göre sonuçları aşağıda tabloda yer almaktadır. 850 m uzunluktaki bu kesimde kazaların en yoğun yaşandığı bölge 32+100 – 32+400 km'leri arasında kalan SW_175 alt segmenti olmuştur (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre 17 no'lu kavşakta hücre kaydırma yöntemi sonuçları

<i>Alt Segment</i>	<i>Başlangıç km</i>	<i>Bitiş km</i>	<i>Ortalama Kaza Sıklığı</i>
SW_171	31+700	32+000	13
SW_172	31+800	32+100	12
SW_173	31+900	32+200	8
SW_174	32+000	32+300	26
SW_175	32+100	32+400	34
SW_176	32+200	32+500	32
SW_177	32+250	32+550	26

17 no'lu kavşağın ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları Şekil 4.12'de hava fotoğrafı üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.12. 17 no'lu kavşağın ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.

Yöntem ikinci olarak EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne uygulanmıştır. Hücre kaydırma işlemi EPDO puanına göre uygulandığında en tehlikeli segment P olurken onu O, J ve D segmentleri izlemiştir (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26. Segment referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları

<i>Segment</i>	<i>EPDO</i>
P	1287
O	1276
J	1265
D	1199
N	803
M	781
E	759
H	726
A	660
F	660
K	231
G	209
I	132
L	132
C	99
B	66

Segment referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları hava fotoğrafında gösterilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Segment referans bölgesinin EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.

30+900 – 31+700 km'leri arasında 800 m uzunlukta olan P segmentinin en kritik bölgesi 31+400 – 31+700 km'leri arası (SW_P6) olmuştur. Bu bölgenin, Uzunçayır kavşağına yaklaşım bölgesi olması itibariyle şiddetin yoğunlaşmasının beklendiği bir kesim olduğu söylenebilir (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre P segmentinde hücre kaydırma yöntemi sonuçları

<i>Alt Segment</i>	<i>Başlangıç km</i>	<i>Bitiş km</i>	<i>EPDO</i>
SW_P1	30+900	31+200	121
SW_P2	31+000	31+300	121
SW_P3	31+100	31+400	132
SW_P4	31+200	31+500	704
SW_P5	31+300	31+600	693
SW_P6	31+400	31+700	1287

P segmentinin EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları Şekil 4.14'te hava fotoğrafı üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.14. P segmentinin EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.

Hücre kaydırma yöntemi EMH ortalama kaza sıklığına göre kavşak bölgelerine uygulandığında ise en tehlikeli kesim 7 no'lu kavşak olarak öne çıkmıştır (Çizelge 4.28).

İkisi ölümlü olmak üzere toplam 17 kazanın kayda geçtiği bu bölge kaza şiddetine göre en kritik bölge olmuştur.

Çizelge 4.28. Kavşak referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları

<i>Kavşak</i>	<i>EPDO</i>
7	1276
8	836
15	726
13	704
9	682
5	682
17	374
11	286
16	242
4	165
12	154
14	143
6	121
10	121
3	66
2	55
1	33

Kavşak referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları hava fotoğrafında gösterilmiştir (Şekil 4.15).



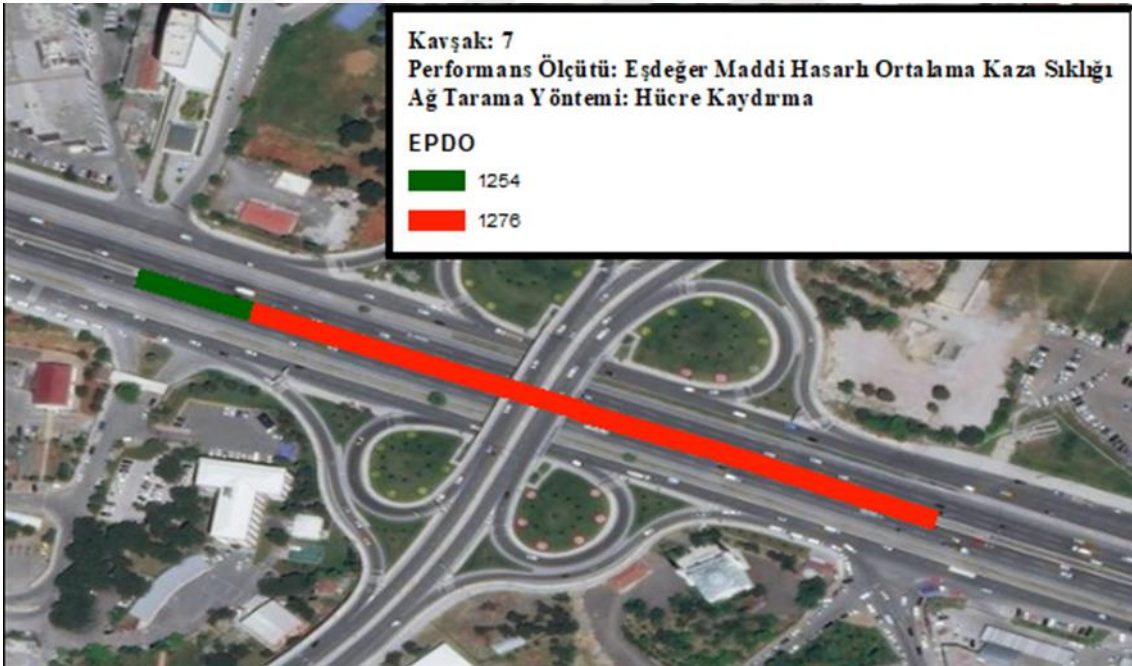
Şekil 4.15. Kavşak referans bölgesinin EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.

7 no'lu kavşağın hücre kaydırma yöntemine göre sonuçları Çizelge 4.29'da gösterilmektedir. Toplamda 350 m uzunluğa sahip bu kavşak kesiminde neredeyse üst üste çakışan iki alt segment bulunmaktadır. 1276 EPDO puanına sahip SW_71 alt segmenti (16+850 – 17+150) 7 no'lu kavşağın diğer kavşaklar önünde en üst sırada yer almasını sağlamıştır.

Çizelge 4.29. EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre 7 no'lu kavşakta hücre kaydırma yöntemi sonuçları

<i>Alt Segment</i>	<i>Başlangıç km</i>	<i>Bitiş km</i>	<i>EPDO</i>
SW_71	16+850	17+150	1276
SW_72	16+900	17+200	1254

7 no'lu kavşağın EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları Şekil 4.16'da hava fotoğrafı üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.16. 7 no'lu kavşağın EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.

Hücre kaydırma yönteminde son olarak bağlı şiddet indeksi performans ölçütü kullanılmıştır. Kaza türü maliyetlerinin baz alındığı bu performans ölçütüne göre segment referans bölgesinde, bölge ortalamasının üzerinde RSI maliyetlerine sahip segmentler sırasıyla B, H, A, F, G, E ve K olmuştur (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. Segment referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları

<i>Segment</i>	\overline{RSI}_i	
B	421100	X
H	350500	X
A	337800	X
F	301100	X
G	289200	X
E	265200	X
K	212600	X
N	206600	
D	201900	
M	199500	
P	193100	
C	183300	
J	166300	
L	157000	
I	147600	
O	139300	
$RSI_{ort(kontrol)}$	209500	

Segment referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları hava fotoğrafında gösterilmiştir (Şekil 4.17).



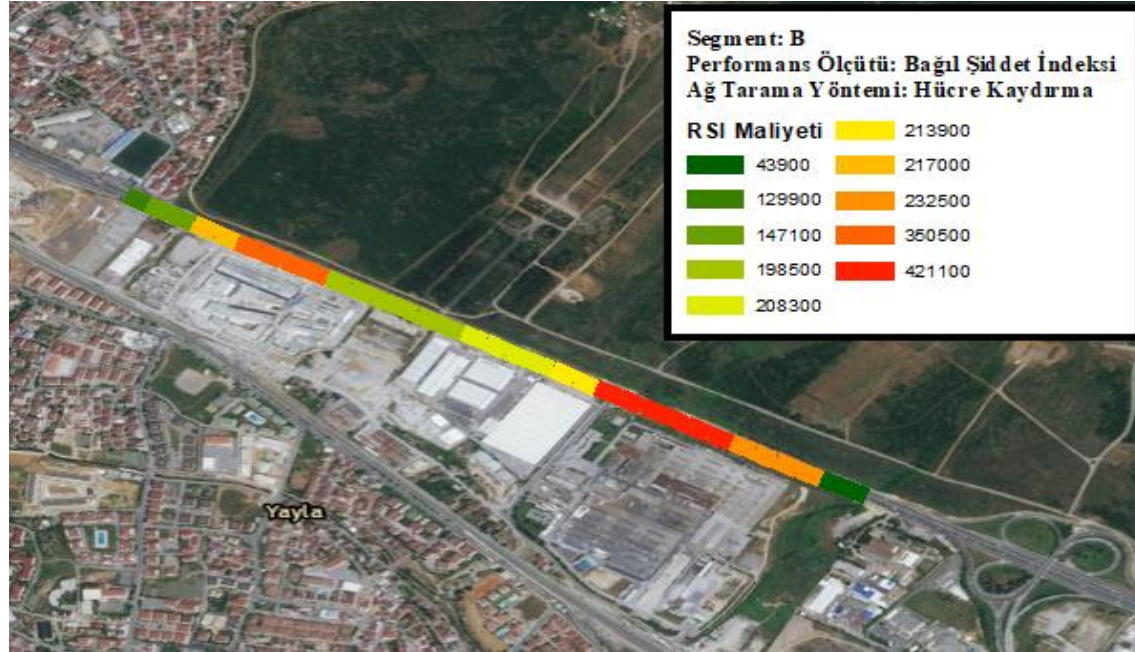
Şekil 4.17. Segment referans bölgesinin bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.

En riskli kesim olarak belirlenen B segmenti 15 alt segmentten oluşmaktadır. 1650 m uzunluktaki segmentin bağıl şiddet indeksi en yüksek olan bölümü 421100\$ ile SW_B4 alt segmenti (2+950 – 3+250) olmuştur (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre B segmentinde hücre kaydırma yöntemi sonuçları

<i>Alt Segment</i>	<i>Başlangıç km</i>	<i>Bitiş km</i>	<i>RSI_i (\$)</i>
SW_B01	2+650	2+950	43900
SW_B02	2+750	3+050	232500
SW_B03	2+850	3+150	232500
SW_B04	2+950	3+250	421100
SW_B05	3+050	3+350	213900
SW_B06	3+150	3+450	208300
SW_B07	3+250	3+550	208300
SW_B08	3+350	3+650	123200
SW_B09	3+450	3+750	147900
SW_B10	3+550	3+850	198500
SW_B11	3+650	3+950	350500
SW_B12	3+750	4+050	350500
SW_B13	3+850	4+150	217000
SW_B14	3+950	4+250	147100
SW_B15	4+000	4+300	129900

B segmentinin bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları hava fotoğrafında gösterilmiştir (Şekil 4.18).



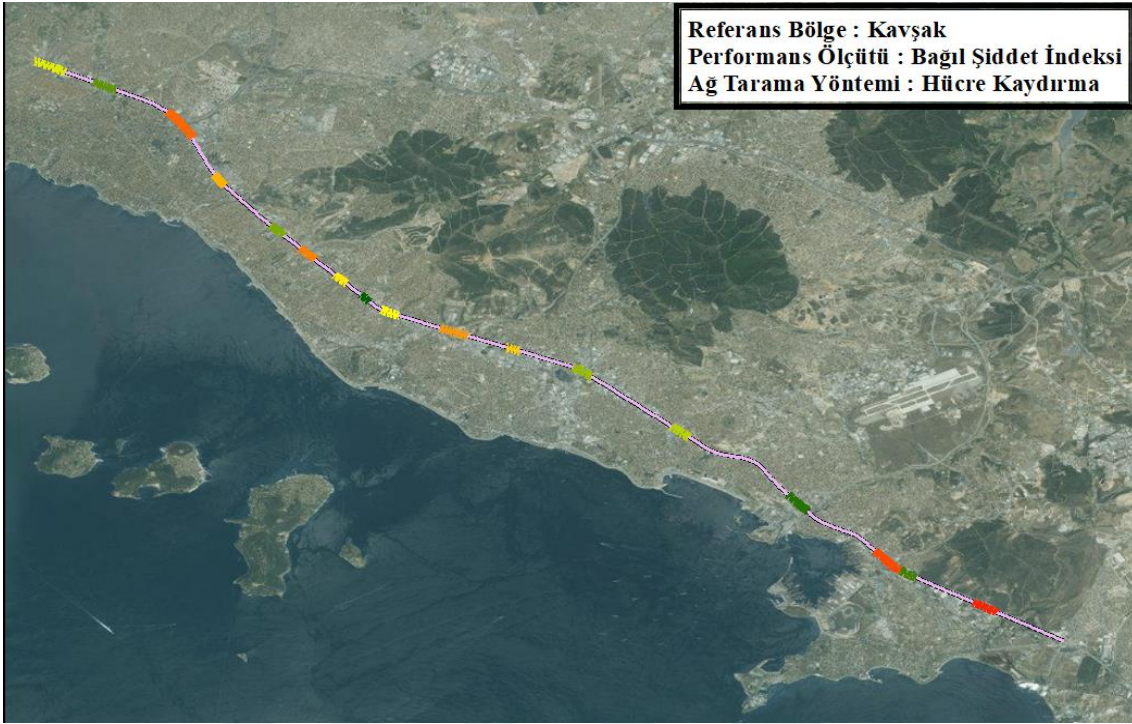
Şekil 4.18. B segmentinin bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.

Kavşak bölgelerine bakıldığında, bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 4.32). Toplamda yalnızca dört kazanın yaşandığı 1 no'lu kavşağın kaza türü maliyetleri baz alındığında oldukça yüksek RSI maliyetine sahip olduğu ve bu anlamda sıralama yapıldığında en üst sırada yer aldığı görülmektedir. Öte yandan 3, 15, 2, 8, 14, 7, 11 ve 9 no'lu kavşaklar da referans bölge ortalamasının üzerinde RSI maliyetlerine sahiptir ve bu performans ölçütüne göre kritik kesimler olarak öne çıkmaktadır.

Çizelge 4.32. Kavşak referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları

<i>Kavşak</i>	\overline{RSI}_i	
1	343300	X
3	216200	X
15	191000	X
12	190900	X
8	183400	X
14	179700	X
7	176100	X
11	175300	X
9	165700	X
17	154000	
5	151900	
6	140000	
13	133800	
16	120900	
2	93600	
4	91500	
10	86800	
$\overline{RSI}_{ort(kontrol)}$	157400	

Kavşak referans bölgesinin bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonucu aşağıda hava fotoğrafında gösterilmektedir (Şekil 4.19).



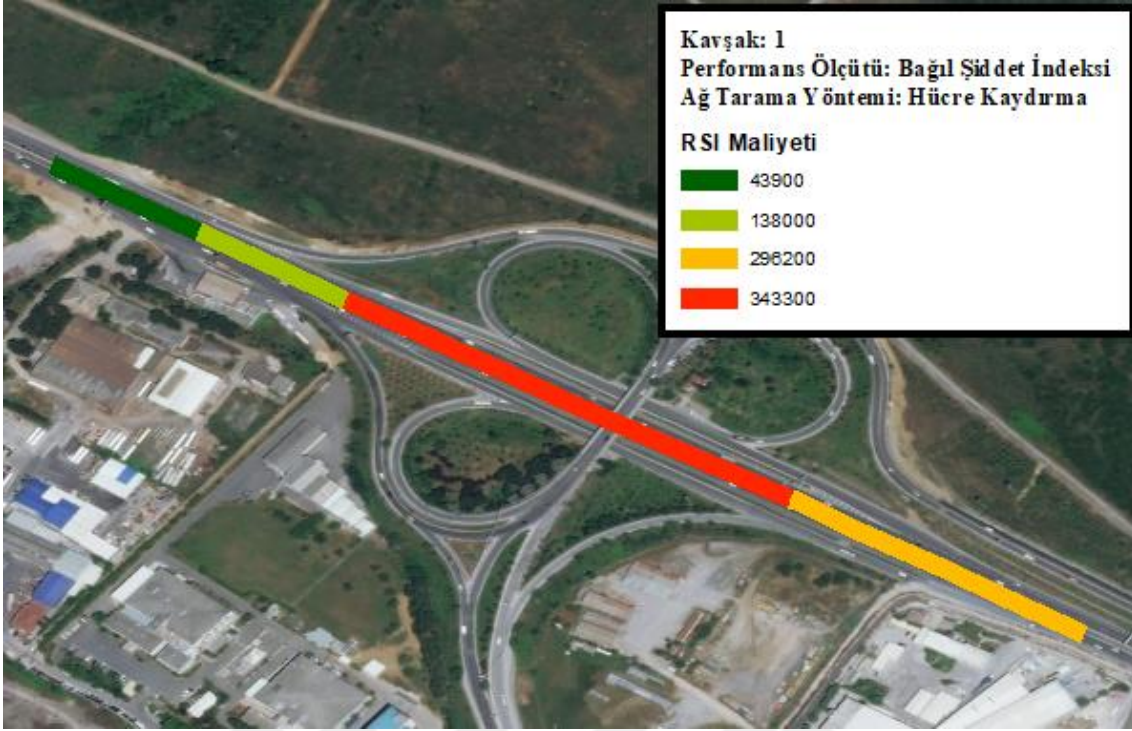
Şekil 4.19. Kavşak referans bölgesinin bağlı şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.

700 m uzunluğa ve 5 alt segmente sahip 1 no'lu kavşağın en kritik bölümü SW_13 alt segmenti (2+150 – 2+450) olmuştur (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.33. Bağlı şiddet indeksi performans ölçütüne göre 1 no'lu kavşakta hücre kaydırma yöntemi sonuçları

<i>Alt Segment</i>	<i>Başlangıç km</i>	<i>Bitiş km</i>	\overline{RSI}_i (\$)
SW_11	1+950	2+250	296200
SW_12	2+050	2+350	243500
SW_13	2+150	2+450	343300
SW_14	2+250	2+550	138000
SW_15	2+350	2+650	43900

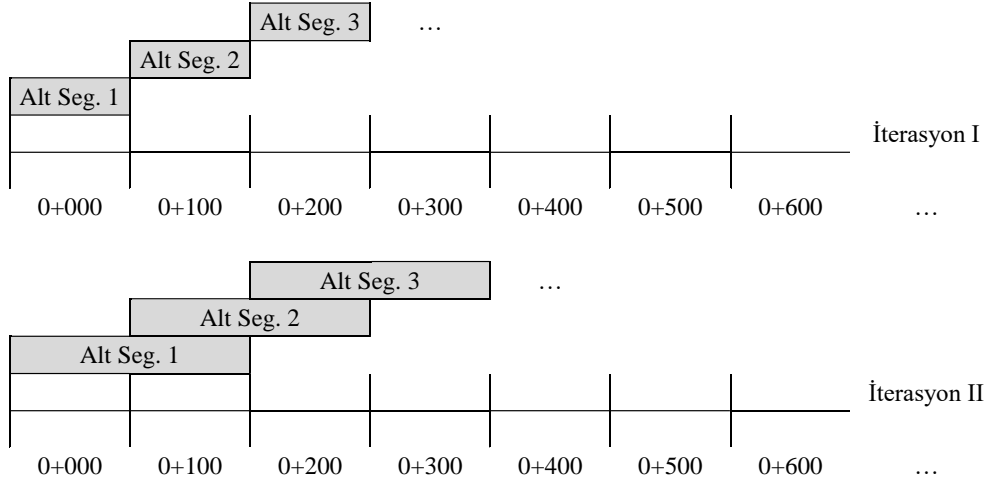
1 no'lu kavşağın bağlı şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonucu aşağıda hava fotoğrafında gösterilmektedir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. 1 no'lu kavşağın bağlı şiddet indeksi performans ölçütüne göre hücre kaydırma yöntemi sonuçları.

4.2.3. Maksimum nokta arama yöntemi

Maksimum nokta arama yönteminde segmentler tıpkı hücre kaydırma yönteminde olduğu gibi 100 m uzunluğunda parçalara ayrılır. Performans ölçütleri bu alt segmentler için hesaplanır ve hesaplanan bu performans ölçütlerine göre her alt segment için varyasyon katsayıları (CV) tespit edilir. Eğer CV istenen seviyede ise ($CV \leq 0,5$ istenmektedir) birinci iterasyon tamamlanır ve alt segmentlerden elde edilen en düşük CV değeri segmentin CV değeri olarak seçilir. Bu şekilde segment sıralamaya tabi tutulur. Eğer CV istenen hassaslığı sağlamamışsa ikinci iterasyona geçilir ve hesaplama adımları buna göre tekrarlanır. CV değeri istenen hassaslık seviyesine gelene kadar bu işlemler tekrarlanabilir. (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Maksimum nokta arama yöntemine göre bir segmentin taranması.

Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi segmentlere uygulandığında, tüm segmentlerin birinci iterasyonda istenen CV hassasiyetini tutturduğu görülmüştür. Bu performans ölçütüne göre en tehlikeli segmentin 18 kazayla M segmenti olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.34. Segment referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları

<i>Segment</i>	<i>Ortalama Kaza Sıklığı</i>
M	18
N	13
F	12
O	11
E	10
G	9
J	9
L	9
P	8
I	8
K	7
H	7
D	6
A	5
C	4
B	3

Segment referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları aşağıda hava fotoğrafı üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.22).



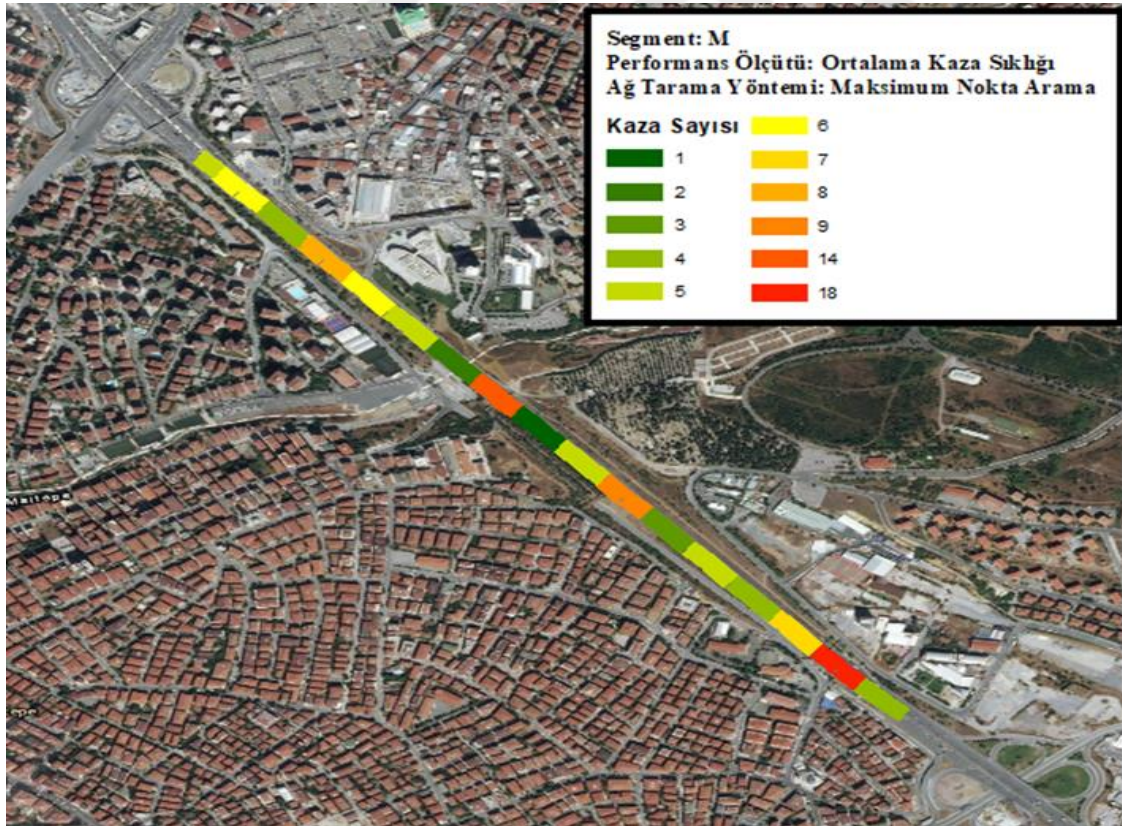
Şekil 4.22. Segment referans bölgesinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları.

M segmentinde 17 alt segment ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre analiz edildiğinde, ortalama kaza sıklığı ortalaması 6,24, varyansı ise 17,94 olarak belirlenmiştir. Alt segmentlerin varyasyon katsayıları hesaplandığında 0,5'ten az olup en düşük çıkan CV değeri PS_M2 alt segmentine ait olan 0,24 değeridir. Buna karşılık gelen 18 ortalama kaza sıklığı performans ölçütü M segmenti için kabul edilmiş ve segment buna göre sıralamaya dahil edilmiştir (Çizelge 4.35).

Çizelge 4.35. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre M segmentinde maksimum nokta arama yöntemi sonuçları (İterasyon 1)

Alt Segment	Başlangıç km	Bitiş km	Ortalama Kaza Sıklığı	CV
PS_M01	24+500	24+600	4	1.06
PS_M02	24+600	24+700	18	0.24
PS_M03	24+700	24+800	7	0.61
PS_M04	24+800	24+900	4	1.06
PS_M05	24+900	25+000	5	0.85
PS_M06	25+000	25+100	3	1.41
PS_M07	25+100	25+200	9	0.47
PS_M08	25+200	25+300	5	0.85
PS_M09	25+300	25+400	1	4.24
PS_M10	25+400	25+500	14	0.30
PS_M11	25+500	25+600	2	2.12
PS_M12	25+600	25+700	5	0.85
PS_M13	25+700	25+800	6	0.71
PS_M14	25+800	25+900	8	0.53
PS_M15	25+900	26+000	4	1.06
PS_M16	26+000	26+100	6	0.71
PS_M17	26+050	26+150	5	0.85

M segmentinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları aşağıda harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.23)



Şekil 4.23. M segmentinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları.

Kavşaklarda bu yöntem ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre uygulandığında ise 1 no'lu kavşak bölgesinde istenen CV hassasiyetine birinci iterasyonda ulaşılamamıştır. Yalnızca bu kavşakta olmak üzere, ortalama kaza sıklığı ve EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütlerinde ikinci iterasyona ihtiyaç duyulmuştur. Bağlı şiddet indeksi performans ölçütüne göre ise birinci iterasyon yeterli olmuştur.

Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre 17 no'lu kavşak maksimum nokta arama yöntemi sonuçlarına göre en tehlikeli kesim olurken onu 11, 8, 9, 13 ve 15 no'lu kavşaklar izlemiştir (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.36. Kavşak referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları

<i>Kavşak No</i>	<i>Ortalama Kaza Sıklığı</i>
17	20
11	12
8	10
9	8
13	8
15	8
16	8
4	7
5	7
7	7
12	7
14	6
10	5
6	4
2	3
3	3
1	2

Kavşak referans bölgesinde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları aşağıda hava fotoğrafı üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Kavşak referans bölgesinin ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları.

Maksimum nokta arama yöntemine göre 100 m uzunlukta 9 alt segmenti olan 17 no'lu kavşakta bu performans ölçütüne göre ortalama 7,78, varyans ise 38,19 olarak hesaplanmıştır. Belirlenen CV değerleri içerisinde ise istenen hassasiyeti sağlayan en düşük katsayı PS_176 alt segmentine karşılık gelen 0,31 değeridir (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.37. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre 17 no'lu kavşakta maksimum nokta arama yöntemi sonuçları (İterasyon 1)

<i>Alt Segment</i>	<i>Başlangıç km</i>	<i>Bitiş km</i>	<i>Ortalama Kaza Sıklığı</i>	<i>CV</i>
PS_171	31+700	31+800	2	3.09
PS_172	31+800	31+900	9	0.69
PS_173	31+900	32+000	2	3.09
PS_174	32+000	32+100	1	6.18
PS_175	32+100	32+200	5	1.24
PS_176	32+200	32+300	20	0.31
PS_177	32+300	32+400	9	0.69
PS_178	32+400	32+500	3	2.06
PS_179	32+450	32+550	1	6.18

17 no'lu kavşakta ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları aşağıda hava fotoğrafı üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.25).



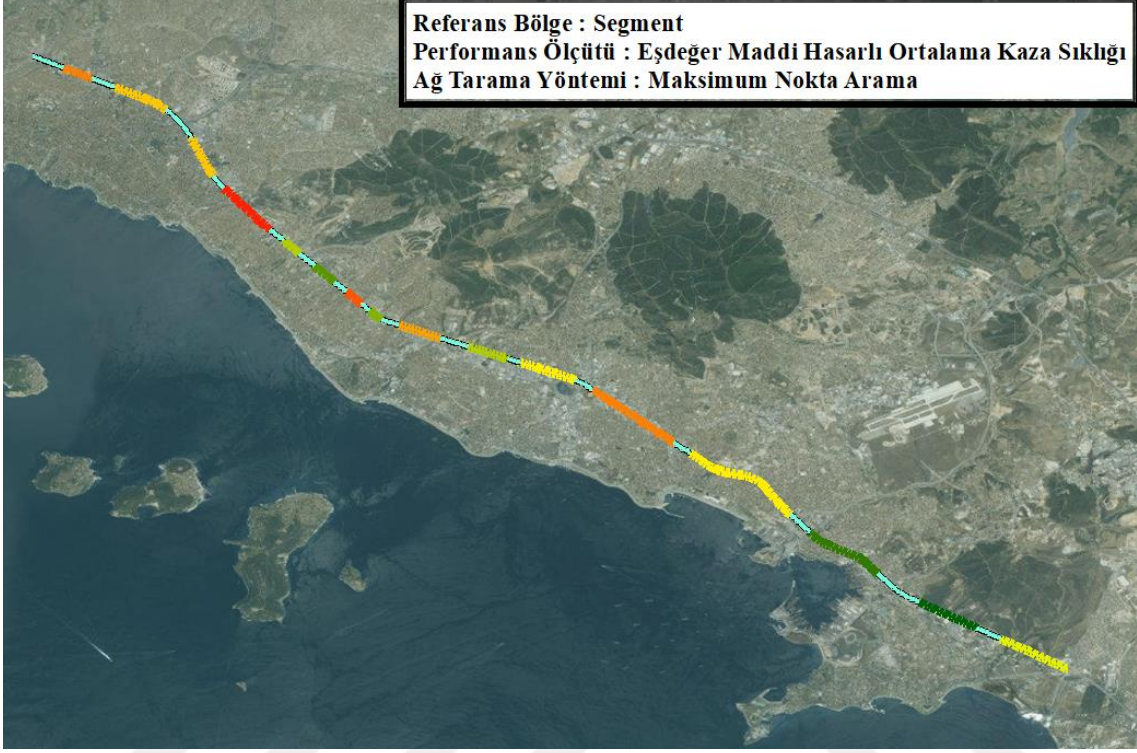
Şekil 4.25. 17 no'lu kavşağın ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları.

EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi uygulandığında, segment bölgesinde en tehlikeli segment 704 EPDO puanıyla M segmenti olmuştur (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38. Segment referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları

<i>Segment</i>	<i>EPDO</i>
M	704
J	649
P	638
E	638
H	627
O	616
N	616
D	594
F	594
A	583
G	99
L	99
I	88
K	77
C	44
B	33

Segment referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Segment referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları.

100,94 ortalama EPDO puanı ve 25837,06 varyans değerine sahip M segmentinde PS_M10 (25+400 – 25+500) alt segmenti EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre 0,23 varyasyon katsayısı değeriyle en tehlikeli kesimdir (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.39. EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre M segmentinde maksimum nokta arama yöntemi sonuçları (İterasyon 1)

Alt Segment	Başlangıç km	Bitiş km	EPDO	CV
PS_M01	24+500	24+600	44	3.65
PS_M02	24+600	24+700	198	0.81
PS_M03	24+700	24+800	77	2.09
PS_M04	24+800	24+900	44	3.65
PS_M05	24+900	25+000	55	2.92
PS_M06	25+000	25+100	33	4.87
PS_M07	25+100	25+200	99	1.62
PS_M08	25+200	25+300	55	2.92
PS_M09	25+300	25+400	11	14.61
PS_M10	25+400	25+500	704	0.23
PS_M11	25+500	25+600	22	7.31
PS_M12	25+600	25+700	55	2.92
PS_M13	25+700	25+800	66	2.44
PS_M14	25+800	25+900	88	1.83
PS_M15	25+900	26+000	44	3.65
PS_M16	26+000	26+100	66	2.44
PS_M17	26+050	26+150	55	2.92

M segmentinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları aşağıda hava fotoğrafı üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.27).



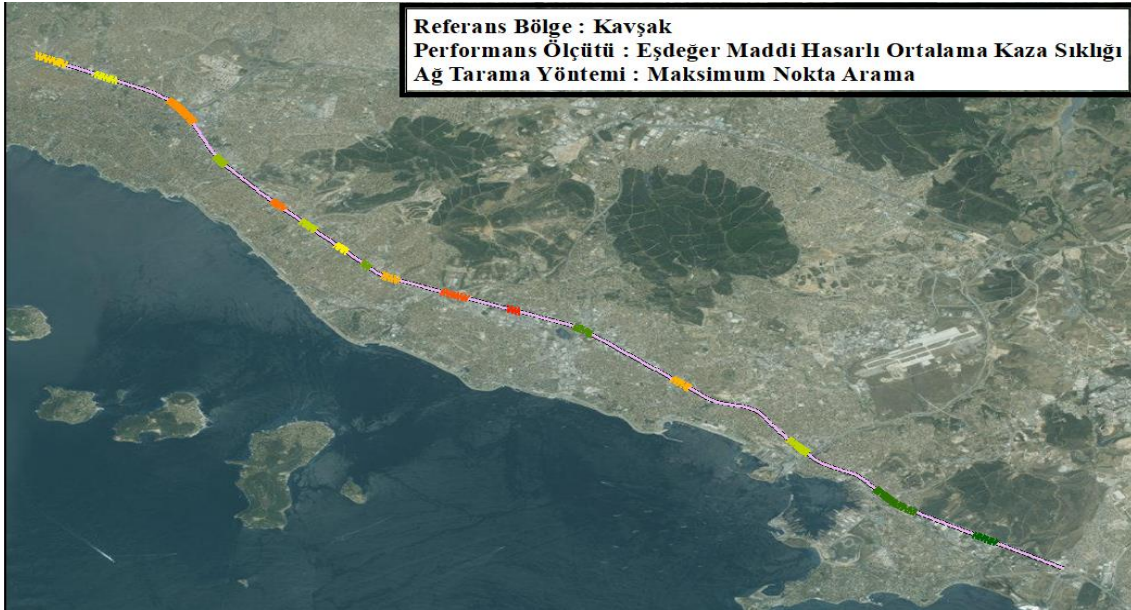
Şekil 4.27. M segmentinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları.

Kavşak referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları aşağıdadır. 7 no'lu kavşak 1177 EPDO puanıyla en kritik kavşak olmuştur (Çizelge 4.40).

Çizelge 4.40. Kavşak referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları

<i>Kavşak No</i>	<i>EPDO</i>
7	1177
8	660
13	638
15	616
9	572
5	572
17	220
11	132
16	88
4	77
12	77
14	66
10	55
6	44
2	33
3	33
1	22

Kavşak referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yönteminin sonuçları harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Kavşak referans bölgesinde EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları.

7 no'lu kavşakta 1177 EPDO değerini veren kesim PS_73 (17+050 – 17+150) alt segmenti olmuştur (Çizelge 4.41). 2 adet ölümlü kaza yaşanan kesimin varyasyon katsayısı 0,46 olurken, kavşağın ortalama EPDO değeri 473 ve varyansı da 291610 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.41. EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre 7 no'lu kavşakta maksimum nokta arama yöntemi sonuçları (İterasyon 1)

Alt Segment	Başlangıç km	Bitiş km	EPDO	CV
PS_71	16+850	16+950	55	9.82
PS_72	16+950	17+050	44	12.27
PS_73	17+050	17+150	1177	0.46
PS_74	17+100	17+200	616	0.88

7 no'lu kavşakta EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yönteminin sonuçları harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. 7 no'lu kavşakta EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları.

Maksimum nokta arama yöntemi son olarak bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre segment ve kavşak bölgelerine uygulanmıştır. Segment referans bölgesinde gerçekleşen kazalara göre bağıl şiddet indeksinin en yüksek çıktığı segment, maksimum nokta arama yönteminde A ve F segmentleri olarak tespit edilmiştir. Yaklaşık 251400\$ olarak hesaplanan bağıl şiddet indeksi bölge ortalamasının üzerinde yer alan segmentler sırasıyla A, F, B, C, H, P, G, E, D ve M segmentleridir (Çizelge 4.42).

Çizelge 4.42. Segment referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları

<i>Segment</i>	\overline{RSI}_i (\$)	
A	463600	X
F	463600	X
B	421100	X
C	421100	X
H	350500	X
P	343300	X
G	289200	X
E	286500	X
D	279600	X
M	257500	X
K	244100	
L	243500	
N	240200	
J	189200	
I	187100	
O	150600	
$\overline{RSI}_{ort(kontrol)}$	251400	

Segment referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yönteminin sonuçları harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.30).



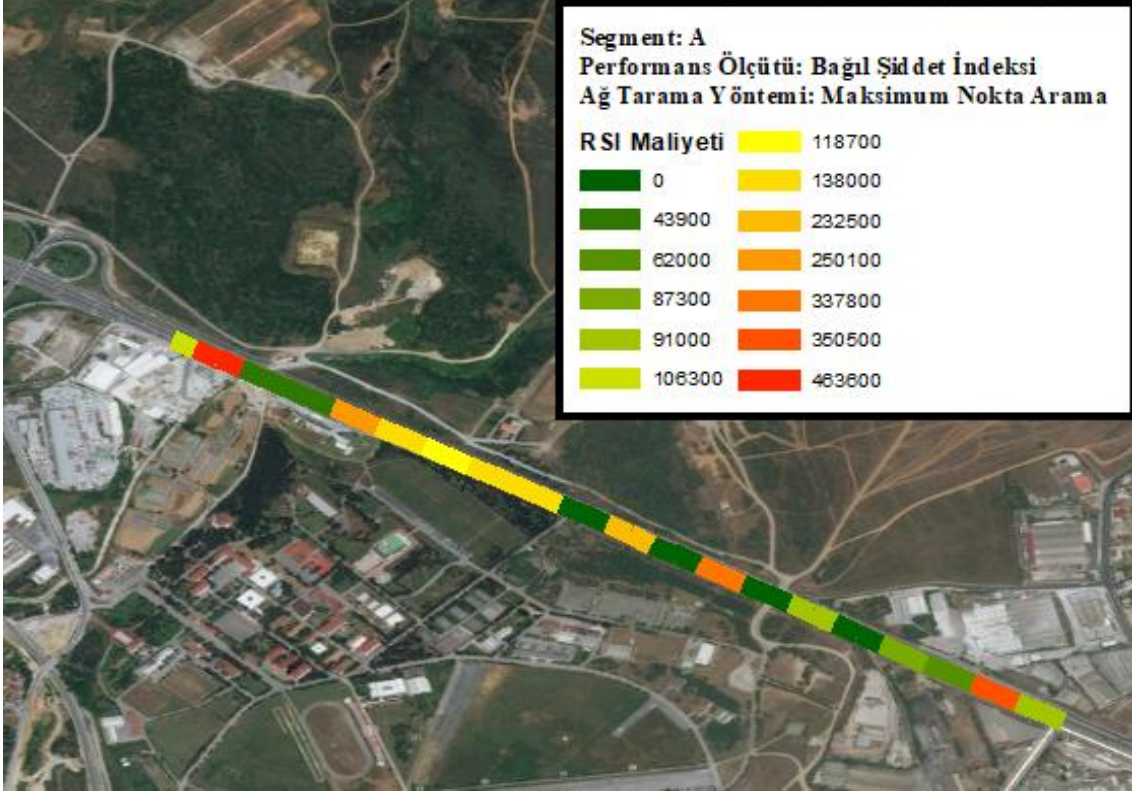
Şekil 4.30. Segment referans bölgesinde bağlı şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları.

A segmenti maksimum nokta arama yöntemine göre 100 m uzunlukta 20 alt segmente ayrılmıştır. Alt segmentler içerisinde hassasiyeti sağlayan en düşük değer, PS_A19 (1+800 – 1+900) alt segmentine karşılık gelen 0,28 olmuştur (Çizelge 4.43).

Çizelge 4.43. Bağlı şiddet indeksi performans ölçütüne göre A segmentinde maksimum nokta arama yöntemi sonuçları (İterasyon 1)

Alt Segment	Başlangıç km	Bitiş km	\overline{RSI}_i (\$)	CV
PS_A01	0+000	0+100	91000	1.43
PS_A02	0+100	0+200	350500	0.37
PS_A03	0+200	0+300	62000	2.09
PS_A04	0+300	0+400	87300	1.49
PS_A05	0+400	0+500	0	Tanımsız
PS_A06	0+500	0+600	91000	1.43
PS_A07	0+600	0+700	0	Tanımsız
PS_A08	0+700	0+800	337800	0.38
PS_A09	0+800	0+900	0	Tanımsız
PS_A10	0+900	1+000	232500	0.56
PS_A11	1+000	1+100	0	Tanımsız
PS_A12	1+100	1+200	138000	0.94
PS_A13	1+200	1+300	138000	0.94
PS_A14	1+300	1+400	118700	1.09
PS_A15	1+400	1+500	138000	0.94
PS_A16	1+500	1+600	250100	0.52
PS_A17	1+600	1+700	43900	2.96
PS_A18	1+700	1+800	43900	2.96
PS_A19	1+800	1+900	463600	0.28
PS_A20	1+850	1+950	106300	1.22

A segmentinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yönteminin sonuçları harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. A segmentinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları.

Kavşak referans bölgesinde ise bağıl şiddet indeksine göre en tehlikeli bölge 1 no'lu kavşak olarak belirlenmiştir. Öte yandan bölge ortalaması olan 20400\$'ı geçen bağıl şiddet indeksine sahip kavşaklar sırasıyla 1, 17, 14, 3, 12, 9, 7 ve 15 no'lu kavşaklar olmuştur (Çizelge 4.44).

Çizelge 4.44. Kavşak referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yöntemi sonuçları

<i>Kavşak No</i>	\overline{RSI}_i (\$)	
1	548500	X
17	350500	X
14	339600	X
3	271800	X
12	267000	X
9	235200	X
7	234300	X
15	232500	X
8	216700	
5	215300	
6	214900	
11	193000	
13	190100	
16	161800	
2	138000	
10	138000	
4	121900	
$RSI_{ort(kontrol)}$	220400	

Kavşak referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yönteminin sonuçları harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.32).



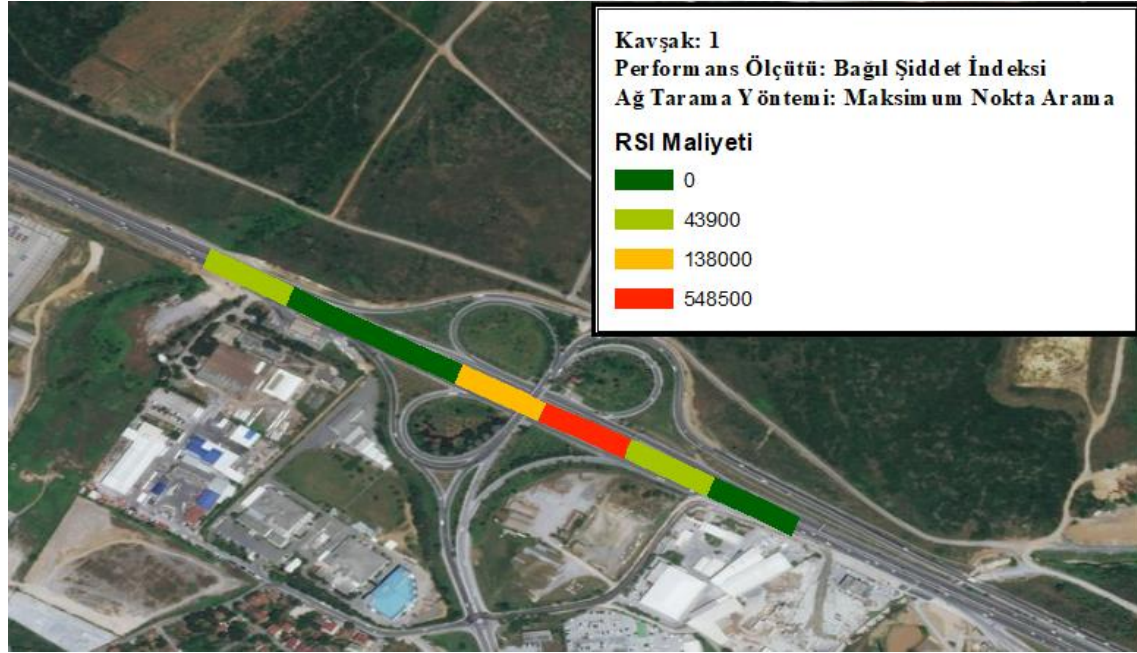
Şekil 4.32. Kavşak referans bölgesinde bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları.

Bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre en tehlikeli bölge olarak belirlenen 1 no'lu kavşağın en kritik kesimi 0,36 varyasyon katsayısı ve 548500\$ RSI değeriyle PS_13 (2+150 – 2+250) alt segmenti olmuştur (Çizelge 4.45).

Çizelge 4.45. Bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre 1 no'lu kavşakta maksimum nokta arama yöntemi sonuçları (İterasyon 1)

<i>Alt Segment</i>	<i>Başlangıç</i>	<i>Bitiş</i>	\overline{RSI}_i (\$)	<i>CV</i>
PS_11	1+950	2+050	0	Tanımsız
PS_12	2+050	2+150	43900	4.54
PS_13	2+150	2+250	548500	0.36
PS_14	2+250	2+350	138000	1.44
PS_15	2+350	2+450	0	Tanımsız
PS_16	2+450	2+550	0	Tanımsız
PS_17	2+550	2+650	43900	4.54

1 no'lu kavşakta bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama yönteminin sonuçları harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.33).

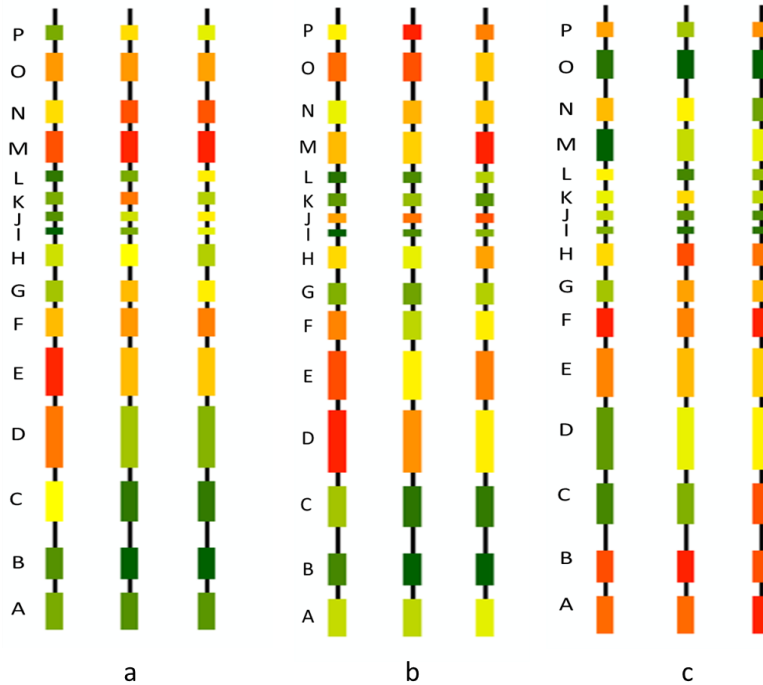


Şekil 4.33. 1 no'lu kavşakta bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre maksimum nokta arama sonuçları.

4.3. Ağ Tarama Yöntemlerinin Performans Ölçütlerine Göre Karşılaştırılması

HSM'de AT yöntemlerine göre spesifik olarak bir kara nokta tanımlamasından ziyade, performans ölçütlerine göre en tehlikeliden en az tehlikeli kesimlere göre bir sıralama baz alınmakta ve tehlike seviyesi daha yüksek olan kesimlerde iyileştirme potansiyelinin ve dolayısıyla kazaların azaltılması ihtimalinin daha yüksek olduğu belirtilerek, buralara yönelik önlemlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bunun için de segmentler sıralamaya tabi tutulur ve segmentler için iyileştirme politikaları geliştirilir.

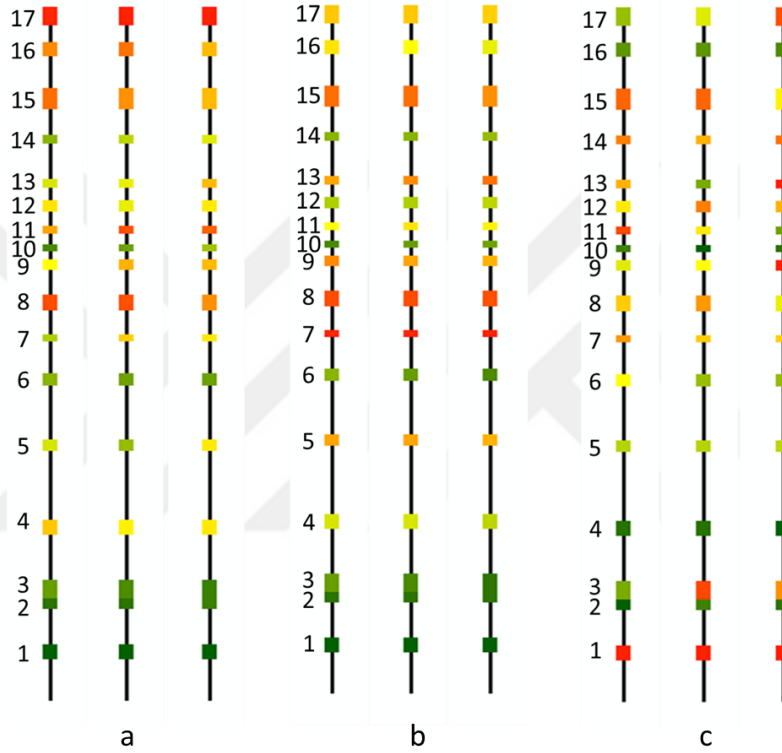
AT yöntemleri seçilen performans ölçütlerine göre tüm çalışma alanına uygulanmıştır. Bunun sonucunda her performans ölçütüne göre her üç yöntemin karşılaştırılması ve yöntemlerin birbirleri ile uyumu incelenmiştir. Sonuçlar renklendirme yöntemiyle tehlike sıralamasına göre kırmızıdan yeşile renklendirilerek her iki referans bölge için sonuçlar görsel olarak sunulmuştur. Segment referans bölgesi için ortalama kaza sıklığı, EMH ortalama kaza sıklığı ve bağıl şiddet indeksi performans ölçütlerine göre AT yöntemlerinin sonuçları sırayla (basit sıralama, hücre kaydırma, maksimum nokta arama) gösterilmiştir (Şekil 4.34).



Şekil 4.34. Segment referans bölgesinde AT yöntemleri sonuçları a. ortalama kaza sıklığına göre, b. emh ortalama kaza sıklığına göre, c. bağıl şiddet indeksine göre.

Görüldüğü üzere aynı performans ölçütüyle dahi yöntemlerin uygulanması neticesinde sıralamalarda farklılıklar açıkça görülmektedir. Dolayısıyla performans ölçütünün seçilmesi hangi kesimin iyileştirmede önceliklendirileceğini bu karşılaştırmalar sonucunda kesin olarak belirleyemez.

Seçilen performans ölçütlerine göre kavşak referans bölgesi için AT yöntemleri sonuçları ise aynı şekilde Şekil 4.35'te görülmektedir.




Şekil 4.35. Kavşak referans bölgesinde AT yöntemleri sonuçları a. ortalama kaza sıklığına göre, b. emh ortalama kaza sıklığına göre, c. bağıl şiddet indeksine göre.

Bu iki şekilden de görüldüğü üzere AT yöntemleri, tehlikeli kesimlerin sıralanması konusunda birbirleriyle %100 tutarlılık göstermemektedir. Ancak hücre kaydırma ve maksimum nokta arama yöntemleri segmentleri birbirine yakın bir mantıkla çalıştığı için (kendi arasında değil alt segmentlerdeki maksimum değerlere göre sıralamaya tabi tuttuğundan dolayı) sonuçları birbirleriyle daha tutarlı olmuştur. Yine de segmentlerin iyileştirilmesi konusunda önceliklendirilmesi için yöntemlerin uyum sağlayabileceği farklı bir metodolojiden daha yararlanılabilir. Bu çalışmada K-ortalama kümeleme yönteminden yararlanılarak AT yöntemlerinin ortak belirlediği tehlikeli kesimler üzerinde durulmuştur.

4.4. Ağ Tarama Yöntemlerine Göre Kaza Kara Noktalarının Tespit Edilmesi

HSM’de doğrudan kaza kara nokta tanımı yer almamakta, onun yerine kesimlerin iyileştirilme potansiyeline göre sıralanması esas alınmaktadır. Bunun için de performans ölçütlerine göre en tehlikeli kesimlerin belirlenmesi ve sıralanması amaçlanmaktadır. Bu tez çalışmasında ise İstanbul D100 karayolu Anadolu kesimindeki kaza kara noktalarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için SPSS istatistik programı aracılığıyla K-ortalama kümeleme yönteminden yararlanılmıştır. Pek çok alanda yoğun olarak kullanılan bir algoritma olan K-ortalama yönteminde ilk olarak verinin kaç kümeye ayrılacağını belirlemek gerekir. Küme sayısı “k” harfiyle ifade edilir (Saraçoğlu, 2015). K-ortalama yönteminde ilk olarak n adet veriden rastgele k adet veri seçilir, bu veri kümelerinin merkezi veya ortalaması bulunur. Geriye kalan veriler kendisine en yakın olan küme merkezine göre kümelere dağılırlar. Ardından her küme için ortalama hesaplanır ve hesaplanan bu değer o kümenin yeni merkezi olur. Bu işlem tüm veriler kümelere yerleşinceye kadar devam eder (Han ve Kamber, 2000).

Performans ölçütleri her AT yöntemi için beş kümeye ayrılmış ve en yüksek değerlere sahip iki küme kaza kara noktalarını ifade etmek üzere seçilmiştir. K-ortalama kümeleme yöntemi neticesinde çok tehlikeli ve orta tehlikeli olarak isimlendirilen ve kara nokta olarak belirlenen kesimler kırmızı ve turuncu renklerle işaretlenmiştir (Şekil 4.36).

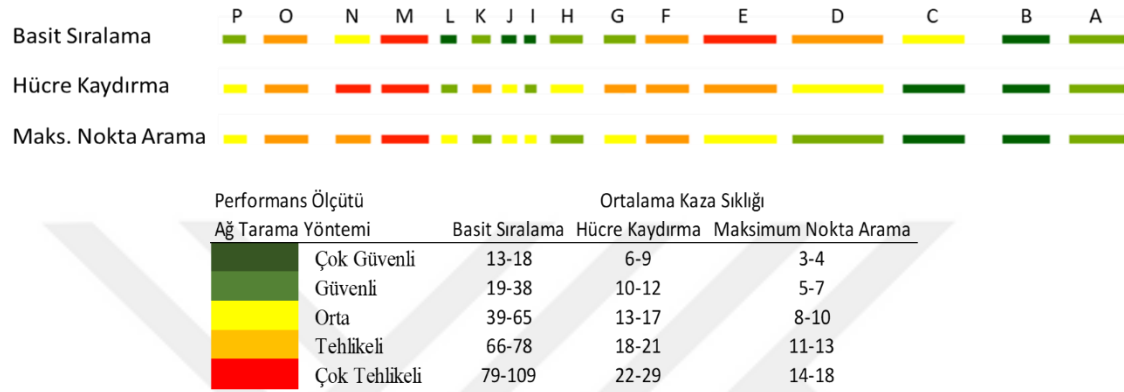
1. Küme		Çok Güvenli
2. Küme		Güvenli
3. Küme		Orta
4. Küme		Tehlikeli
5. Küme		Çok Tehlikeli

Şekil 4.36. K-ortalama kümeleme yöntemine göre tehlike seviyesi renk karşılıkları.

4.4.1. Segment referans bölgesinde kaza kara noktalarının tespiti

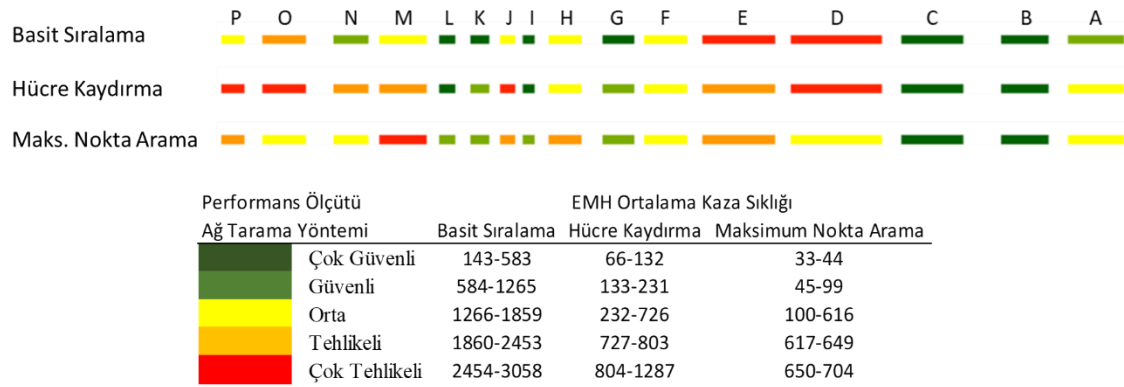
Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre segment referans bölgesinde K-ortalama kümeleme yöntemi yardımıyla belirlenen kaza kara noktaları aşağıda gösterilmiştir. Basit sıralama yöntemine göre kaza kara noktaları (66-109 kaza sayısı) E, M, D, O ve F; hücre kaydırma yöntemine göre (18-29 kaza sayısı) M, N, K, O, F, E ve G;

maksimum nokta arama yöntemine göre ise (11-18 kaza sayısı) M, N, F ve O segmentleri olmuştur. M (24+500 – 26+150), F (15+350 – 16+850) ve O (28+750-30250) segmentleri her üç yöntemde de kaza kara noktası olarak belirlenmiştir. Öte yandan birbirine yakın ve daha tutarlı sonuçlar veren hücre kaydırma ve maksimum nokta arama yöntemlerine göre N (26+550 – 27+750) segmenti de kaza kara noktası olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.37).



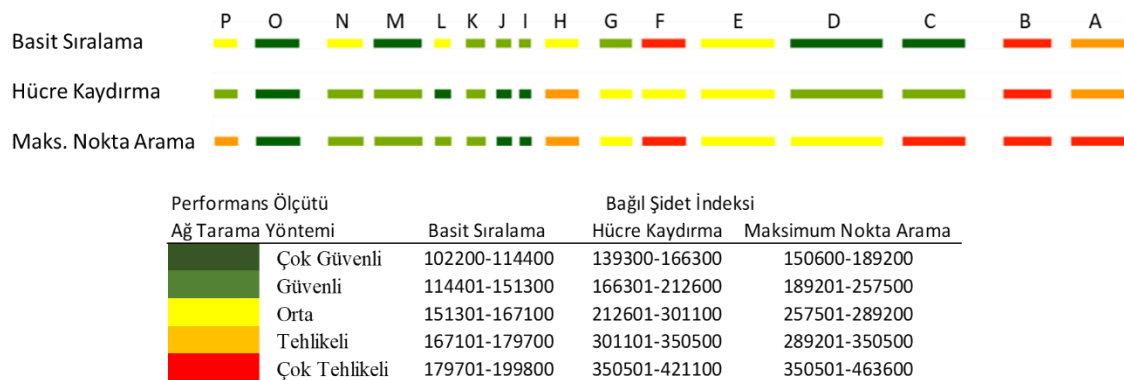
Şekil 4.37. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre segment referans bölgesi kaza kara nokta analizi.

EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre basit sıralama yönteminin saptadığı kara noktalar (1860-3058 EPDO ağırlık faktörü) D, E ve O; hücre kaydırma yönteminin saptadığı noktalar (727-1287 EPDO ağırlık faktörü) P, O, J, D, N, M ve E; maksimum nokta arama yönteminin saptadığı noktalar ise (617-704 EPDO ağırlık faktörü) M, J, P, E ve H segmentleridir. Tüm yöntemlerin kara nokta olarak belirlediği segment E (12+250 – 14+800) segmenti olurken, hücre kaydırma ve maksimum nokta arama yöntemlerinin ortak olarak belirlediği kara noktalar ise E (12+250 – 14+800), J (21+400 – 21+900), M (24+500 – 26+150) ve P (30+900 – 31+700) segmentleri olmuştur (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. EMH Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre segment referans bölgesi kaza kara nokta analizi.

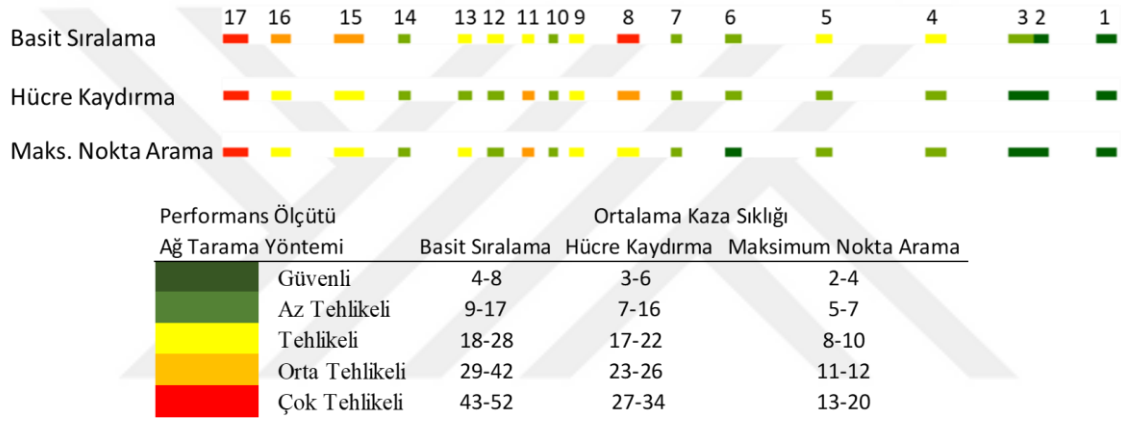
Bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre yapılan hesaplamalar neticesinde ise sonuçlar kaza türü maliyetlerine göre şekillendiği için sonuçlar daha farklı olmaktadır. Basit sıralama yöntemine göre kaza kara noktaları (167101-199800 \$ RSI maliyeti) F, B ve A segmentleri; hücre kaydırma yöntemine göre kara noktalar (301101-421100 \$ RSI maliyeti) B, H ve A segmentleri ve son olarak maksimum nokta arama yöntemine göre kara noktalar ise (28901-463600 \$ RSI maliyeti) A, F, B, C, H ve P segmentleri olmuştur. Üç yöntemin birlikte kaza kara noktası olarak saptadığı segmentler B (2+650 – 4+300) ve A (0+000 – 1+950) olurken hücre kaydırma ve maksimum nokta arama yöntemleri bu segmentlere ilave olarak H (19+050 – 20+200) segmentini de kaza kara noktası olarak belirlemişlerdir (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. Bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre segment referans bölgesi kaza kara nokta analizi.

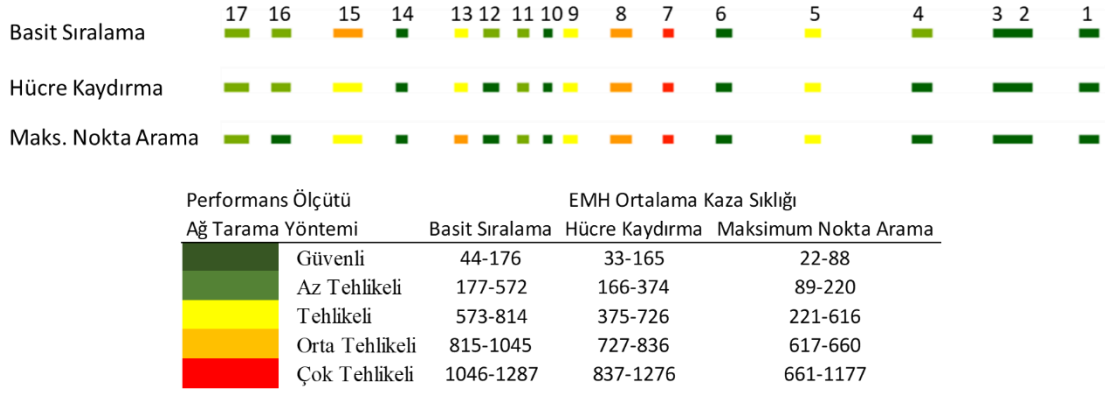
4.4.2. Kavşak referans bölgesinde kaza kara noktalarının tespiti

Kavşak bölgelerindeki analizlerde ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre kaza kara noktaları, basit sıralama yönteminde (29-52 kaza sayısı) 17, 8, 15 ve 16 no'lu kavşaklar; hücre kaydırma yönteminde (23-34 kaza sayısı) 17, 8 ve 11 no'lu kavşaklar; maksimum nokta arama yönteminde ise (11-20 kaza sayısı) 17 ve 11 no'lu kavşaklar olmuştur. Her üç yöntemin ortak bulunduğu nokta yalnızca 17 no'lu kavşak (31+700-32+550) olurken hücre kaydırma ve maksimum nokta arama yöntemlerinin sonucunda ise 11 no'lu kavşak da (21+900 – 22+300) kara nokta olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.40).



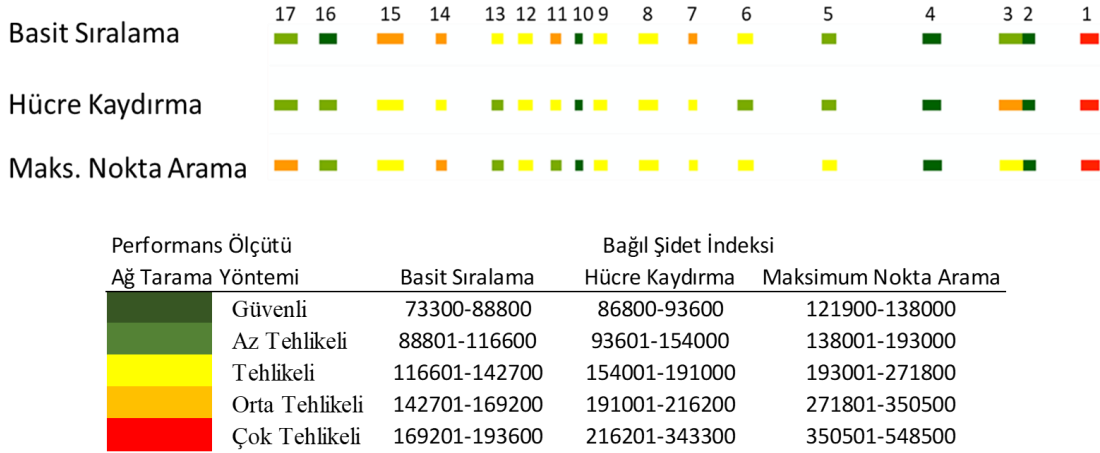
Şekil 4.40. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre kavşak referans bölgesi kaza kara nokta analizi.

EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütü baz alındığında basit sıralama yöntemine göre analizler neticesinde (815-1287 EPDO ağırlık faktörü) 7, 8 ve 15; hücre kaydırma yöntemine göre (727-1276 EPDO ağırlık faktörü) 7 ve 8; maksimum nokta arama yöntemine göre ise (617-1177 EPDO ağırlık faktörü) 7, 8 ve 13 no'lu kavşaklar kara nokta olarak belirlenmiştir. Üç yöntemin ve birbiriyle daha tutarlı hücre kaydırma ve maksimum nokta arama yöntemlerinin ortak saptadığı kaza kara noktaları 7 (16+850 – 17+200) ve 8 (18+300 – 19+050) no'lu kavşaklar olmuştur (Şekil 4.41).



Şekil 4.41. EMH Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre kavşak referans bölgesi kaza kara nokta analizi.

Son olarak kavşak referans bölgesine bağlı şiddet indeksi performans ölçütü uygulandığında basit sıralama yöntemine göre (142701-193600 \$ RSI maliyeti) 1, 11, 15, 14 ve 7; hücre kaydırma yöntemine göre (191001-343300 \$ RSI maliyeti) 1 ve 3; maksimum nokta arama yöntemine göre ise (271801-548500 \$ RSI maliyeti) 1, 17 ve 14 no'lu kavşaklar kaza kara noktası olarak belirlenmiştir. Üç yöntemin ve hücre kaydırma ile maksimum nokta arama yöntemlerinin ortak saptadığı kaza kara noktası 1 (1+950 – 2+650) no'lu kavşak olmuştur (Şekil 4.42).



Şekil 4.42. Bağlı şiddet indeksi performans ölçütüne göre kavşak referans bölgesi kaza kara nokta analizi.

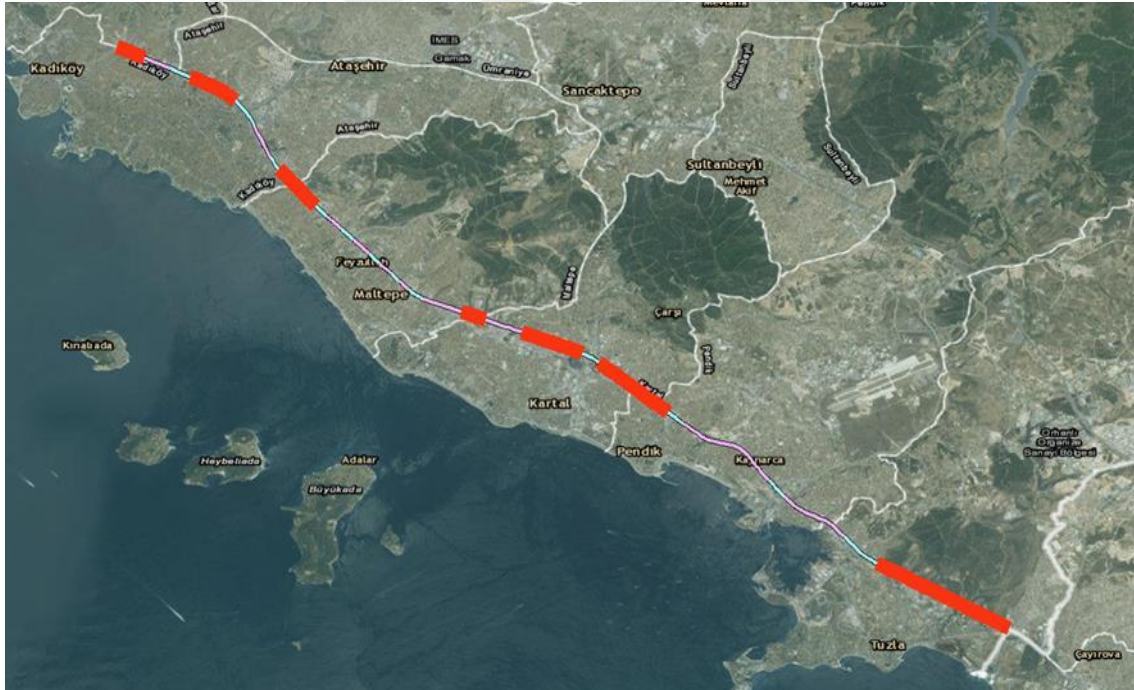
Bunların sonucunda segment ve kavşak referans bölgeleri altında yer alan 33 segment içerisinde üç performans ölçütüne göre toplam 10 adet kaza kara noktası tespit

edilmiştir. Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre üçü segment biri kavşak olmak üzere dört, EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre biri segment ikisi kavşak olmak üzere üç ve bağıl şiddet indeksi performans ölçütüne göre de ikisi segment biri kavşak olmak üzere üç adet kaza kara noktası belirlenmiştir (Çizelge 4.46).

Çizelge 4.46. Performans ölçütlerine göre AT yöntemlerinin ortak belirlediği kaza kara noktaları

<i>Performans Ölçütleri</i>			
<i>Ortalama Kaza Sıklığı</i>	<i>EMH Ortalama Kaza Sıklığı</i>		<i>Bağıl Şiddet İndeksi</i>
F	E		A
M	7		B
O	8		1
17			

Belirlenen kaza kara noktaları hava fotoğrafında gösterilmiştir (Şekil 4.43).



Şekil 4.43. Kaza kara noktası olarak belirlenen kesimler.

Ortalama kaza sıklığına göre belirlenen kaza kara noktalarında üç yılda polis tutanaklarına geçen toplam 296 kazadan sekizinde ölüm vakası yaşanırken 288 kazada ise sadece yaralanma vakası görülmüştür. Bu kazalarda toplam 12 vatandaş yaşamını yitirmiş ve 466 kişi de yaralanmıştır. Gerçekleşen 296 kazada çoğunlukla sabit cisme çarpma (56),

arkadan çarpma (88) ve yandan çarpma/çarpışma (79) türünde kazaların meydana geldiği görülmekteyken F segmentinde yayaya çarpma (16) vakasının da ciddi oranda yüksek olduğu görülmüştür.

EMH ortalama kaza sıklığına göre tespit edilen kara noktalarda ise toplam 171 kaza meydana gelmiş, bunların altısı ölümlü 165'i yaralanmalı kaza olarak kayda geçmiştir. Bu kazalarda altı kişi yaşamını yitirmiş 226 kişi ise yaralanmıştır. Kaza türlerinin büyük çoğunluğu arkadan çarpma (60) olurken yandan çarpma/çarpışma (33), sabit cisme çarpma (22) ve yayaya çarpma (28) türündeki kazalar da azımsanmayacak ölçüdedir.

Bağıl şiddet indeksi performans ölçütü baz alınarak belirlenen kara noktalarda biri ölümlü olmak üzere toplam 56 kaza meydana gelmiş, iki kişi yaşamını yitirirken 91 kişi de yaralanmıştır. Bu kazalarda yine arkadan çarpma (17) ve sabit cisme çarpma (11) vakalarının başı çektiği görülmektedir.

5. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada, çalışma alanı olarak seçilen D100 karayolunun Anadolu Yakası'nda kalan bölümü HSM kapsamında AT için önerilen üç farklı yöntem ve üç farklı performans ölçütüne göre taranmıştır. İstanbul İl Emniyet Müdürlüğü'nden temin edilen üç yıllık kaza verilerinin CBS ortamına aktarılması ile analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, çalışma alanı en tehlikeli kesimden daha az tehlikeli kesime göre kırmızıdan yeşile renklendirilerek çalışma sonuçları görsel olarak aktarılmıştır.

Çalışmada AT adımları uygulanırken kavşak bağlantısı olmayan yol segmentleri ve kavşak bölgeleri olmak üzere iki referans bölge belirlenmiş ve bunlar kendi aralarında sıralamaya tabi tutulmuştur. Her performans ölçütüne göre AT yöntemleri aracılığıyla bu referans bölgelerin en tehlikeli kesimleri belirlenmiştir. K-ortalama kümeleme yöntemiyle performans ölçütleri her AT yöntemi için beş kümeye ayrılmış ve en yüksek değerlere sahip iki kümede yer alan segmentler kaza kara noktaları olarak değerlendirilmiştir.

Tüm durumlar ve başta kara nokta olarak belirlenenler olmak üzere tüm segmentler göz önüne alındığında, kazaların büyük çoğunluğunun arkadan çarpma, sabit cisme çarpma ve yandan çarpma/çarpışma şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Bu kaza türlerinin ise önemli ölçüde sürücü kaynaklı olması trafik kurallarına uyma noktasında sürücülerin yeterli önem ve dikkatini vermemesinden kaynaklandığı söylenebilir. Bunun önüne geçmek teknolojinin ilerlemesiyle nispeten mümkün olabileceksede günümüz şartlarında trafik işaret ve işaretçilerinin yanı sıra caydırıcı trafik cezalarının yaygın olarak uygulanması bu tür kazaların önüne geçmek için bir alternatif olabilir.

Ortalama kaza sıklığı performans ölçütüne göre yapılan analizler neticesinde, segment referans bölgesinde D, E, F, G, K, M, N, O ve kavşak referans bölgesinde 8, 11, 15, 16, 17 kesimleri kritik olurken; F, M, O ve 17 segmentleri her üç yöntem için de kaza kara noktası olarak ortaya çıkmıştır. EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütünde ise D, E, H, J, M, N, O, P segmentleri ile 7, 8, 13, 15 no'lu kavşaklar kritik olurken; E, 7 ve 8 segmentleri üç yöntem için de kaza kara noktası olarak belirlenmiştir. Son olarak bağıl şiddet indeksi performans ölçütü baz alındığında A, B, C, F, H, P segmentleri ve 1, 3, 7, 11, 14, 15

no'lu kavşaklar kritik olurken; A, B ve 1 segmentleri üç yöntem için ortak kaza kara noktası olarak öne çıkmıştır.

Öte yandan AT yöntemlerinin tam olarak tutarlı bir sonuç sergilememesi göz önüne alındığında, bunun başlıca sebebinin hücre kaydırma ve maksimum nokta arama yöntemlerinde alt segmentler üzerinde çalışılırken, basit sıralama yönteminde ise segmentin bir bütün olarak değerlendirilmesi gösterilebilir. Burada daha tutarlı sonuçlar elde etmek için ortalama kaza sıklığı performans ölçütünde kaza sayıları segment uzunluğuyla orantılı bir değere dönüştürülebilir, EMH ortalama kaza sıklığı performans ölçütünde ise bağıl şiddet indeksinde olduğu gibi EPDO ağırlık faktörleri kaza sayılarına bölünerek ortalama bir değer elde edilerek sıralama gerçekleştirilebilir. Bu şekilde birbiriyle daha tutarlı sonuçların elde edilmesi sağlanabilir.

Sonuç olarak kaza kara noktalarının belirlenmesinde her performans ölçütünün farklı sonuçlar doğurduğu göz önüne alındığında; performans ölçütlerine, ölçütlerin sonuçları arasında paralellik oluşturacak bir takım hesap adımları eklenebilir. Böylelikle bir matematiksel model oluşturularak her performans ölçütünün aynı veya birbirine yakın sonuçlar vermesi sağlanabilecektir. Farklı öncelikler benimsenerek analiz yapmak yerine tüm durumları değerlendirerek önlemler almak daha tutarlı sonuçlar doğuracaktır. Bir başka açıdan bakıldığında ise kurumların bu tarz çalışmalara altlık oluşturmak üzere, başta üniversiteler olmak üzere bu konularda araştırma yapan kurum ve kuruluşlara bazı veri tabanlarına kolay erişim sağlaması ve daha fazla veri toplayarak bunları çeşitlendirmesi (Örneğin; yalnız maddi hasarlı kazaların da veri tabanlarına eklenmesi, yaralanmalı kazalardaki kaza şiddeti boyutlarının hesaplanması, ulusal kaza türleri maliyetlerinin yaklaşık hesaplarının çıkarılması gibi), kazaların yoğun olduğu bölgelerde önlemlerin daha hızlı ve sağlıklı bir şekilde alınmasını kolaylaştıracaktır.

KAYNAKLAR

- AASHTO, 2010. *Highway Safety Manual*. First edition. AASHTO, Washington DC. 885.
- Anderson, T. K., 2009. Kernel density estimation and k-means clustering to profile road accident hotspots. *Accident Analysis & Prevention*, **41** (3): 359-364.
- Anonim, 2016. Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, 2015. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21611>. TÜİK, Ankara. Erişim tarihi: 19.07.2016
- Anonim, 2015. *Global Status Report on Road Safety 2015*. WHO, Italy. 339.
- Council, F., Zaloshnja, E., Miller, T., Persaud, B., 2005. *Crash Cost Estimates by Maximum Police-Reported Injury Severity within Selected Crash Geometries*. Federal Highway Administration, Yay. No: FHWA-HRT-05-051, Georgetown Pike, USA. 67.
- Dereli, M. A. Ve ark. 2015. Coğrafi bilgi sistemleri destekli trafik kaza kara nokta belirleme: ampirik bayes uygulaması. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **7** (2): 36-42.
- Geymen, A., Dedeoğlu, O. K., 2016. Coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılarak trafik kazalarının azaltılması: Kahramanmaraş ili örneği. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **6** (2): 79-88.
- Han, J., Kamber, M. 2000. *Data Mining Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco. 550.
- İlçi, V., 2013. *Trafik Kaza Kara Noktalarının Mekânsal İstatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi: Afyonkarahisar-Konya Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). AKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Kabakuş, N., 2011. *Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Trafik Kazalarının Analizi: Erzurum İli Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kahramangil, M., Şenkal, Ş., 1999. Kaza kara noktaları belirleme yöntemleri. *II. Ulaşım ve Trafik Kongresi Sergisi*. 29 Eylül-02 Ekim 1999, Ankara. 119-128.
- Kara, C., Akçit, N., 2015. Traffic accident analysis using GIS: a case study of Kyrenia city. *Third International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment*. 16-19 Mart 2015, Paphos.
- Karşahin, M., Terzi, S., 2003. Coğrafi bilgi sistemleri ile Isparta-Antalya-Burdur karayolunun kara nokta analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **9** (3): 305-311.
- Kundakci, E., 2014. *Identification of Urban Traffic Accident Hot Spots and Their Characteristics by Using GIS* (M.Sc Thesis). METU, The Graduate School Of Natural and Applied Sciences, Ankara.
- Manepalli, U. R. R., & Bham, G. H., 2016. An evaluation of performance measures for hotspot identification. *Journal of Transportation Safety & Security*, **8** (4): 327-345.
- Morova, N., 2013. *Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Gerçek Zamanlı Üstyapı Yönetim Sistemi Geliştirilmesi* (Doktora Tezi). SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Murat, Y. Ş., Şekerler, A., 2009. Trafik kaza verilerinin kümelene analizi yöntemi ile modellenmesi. *İMO Teknik Dergi*, **20** (3): 4759-4777.

- Saphioğlu, M., Karaşahin, M., 2006. Coğrafi bilgi sistemi yardımı ile Isparta ili kent içi trafik kaza analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **12** (3): 321-332.
- Saraçoğlu, S., 2015. *Trafikte Olay Yönetimi Ve Süreç Tahmini: İstanbul Tem Otoyolu rneği* (Yüksek Lisans Tezi). YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Swalehe, M., 2016. *Dynamic Ambulance Deployment to Reduce Ambulance Response Times using Geographic Information Systems: A Case Study of Odunpazarı District of Eskişehir Province, Republic of Turkey* (M.Sc Thesis). AU, Graduate School Of Sciences, Eskişehir.
- Tomaszewski, B., 2014. *Geographic Information Systems (GIS) for Disaster Management*. CRC Press, Boca Raton. 297.
- Yılmaz, O.S., 2011. *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Karayolu Uygulamaları zerindeki Etkileri* (Yüksek Lisans Tezi). S, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Young, J., Park, P. Y., 2014. Hotzone identification with GIS-based post-network screening analysis. *Journal of Transport Geography*, **34**: 106-120.

ÖZGEÇMİŞ

Abdullah MALTAŞ 1989 senesinde Antalya’da doğdu. İlköğretim ve lise hayatını Antalya’da tamamladı. 2008 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nü kazanarak İstanbul’a yerleşti. 2013 yılında lisans eğitimini tamamladı, 2014 yılında aynı üniversitede Ulaştırma Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2016 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Ulaştırma Anabilim Dalı’na Araştırma Görevlisi olarak atandı ve burada İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. Evli olan Abdullah Maltaş iyi derecede İngilizce ve orta seviyede Almanca bilmektedir.

T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORIJİNALLİK RAPORU

Tarih: ..04/12/2017..

Tez Başlığı / Konusu:

Ap Tarama Yöntemleri ile Kasa Kara Nokta Tespiti:
İstanbul D100 Karayolu Örneği


Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam ..99..... sayfalık kısmına ilişkin, ..04/12/2017.. tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından ..TURNITIN...intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % ..3..... (..54.....) dır.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.


Tarih ve İmza
04/12/2017

Adı Soyadı: Abdullah MALTAŞ

Öğrenci No: 159101195

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: İnşaat Mühendisliği

Statüsü: Y. Lisans Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

Doç. Dr. Murat BİRBAK
İns. Bilim. Böl. Başkanı

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR

Prof. Dr. İsmail SENSÖY
Enstitü Müdürü

(Unvan, Ad Soyad, İmza)