

**KENTSEL ARAZİ KULLANIMI TRAFİK KAZASI İLİŞKİSİ:
ESKİŞEHİR ÖRNEĞİ**

Ömür KAYGISIZ

**DOKTORA TEZİ
ŞEHİR VE BÖLGE PLANLAMA**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2012
ANKARA**

Ömür KAYGISIZ tarafından hazırlanan “KENTSEL ARAZİ KULLANIMI TRAFİK KAZASI İLİŞKİSİ: ESKİŞEHİR ÖRNEĞİ” adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Metin ŞENBİL

Tez Danışmanı, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Şebnem DÜZGÜN

Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri A.B.D., ODTÜ

Doç. Dr. Metin ŞENBİL

Şehir ve Bölge Planlama A.B.D., Gazi Üni.

Doç. Dr. Çiğdem VAROL

Şehir ve Bölge Planlama A.B.D., Gazi Üni.

Yrd. Doç. Dr. Ekrem KURUM

Peyzaj Mimarlığı A.B.D., Ankara Üni.

Yrd. Doç. Dr. Bilge ARMATLI KÖROĞLU

Şehir ve Bölge Planlama A.B.D., Gazi Üni.

Tarih : 19/06/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onamıştır.

Prof.Dr. Bilal TOKLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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 kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ömür KAYGISIZ

KENTSEL ARAZİ KULLANIMI TRAFİK KAZASI İLİŞKİSİ: ESKİŞEHİR ÖRNEĞİ

(Doktora Tezi)

Ömür KAYGISIZ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Haziran 2012

ÖZET

Bu tezin ana amacı trafik güvenliği öncelikli kent planlaması (arazi kullanım planlaması, yol ve kavşak tasarımı) oluşturma stratejilerine katkıda bulunmaktır. Tezin hipotezi “Kentsel arazi kullanım kararları ile trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki vardır” şeklindedir. Çalışmada öncelikle ulaşım planlamasının gelişim süreci ile kentsel arazi kullanımı trafik kazası ilişkisi kuramsal olarak incelenmiştir. Daha sonra örneklem alanı olarak seçilen Eskişehir Kentine yönelik kaza tahmin modelleri geliştirilerek trafik kazası kentsel arazi kullanımı ilişkisi ortaya konmuştur. Oluşturulan modellerin meydana gelen kaza sayısını mümkün olduğu kadar doğru tahmin edebilen basit ve uygulanabilir olmasına önem verilmiştir. Bu modeller, kazaların yoğunlaştığı yerleri etkileyen unsurları belirlemede, kentsel yol ağı ve kavşak güvenliği analizinde ve kentsel arazi kullanımı ile ulaşım planlaması çalışmalarında kullanılabilir niteliktedir. Modelleri oluşturma sürecinde öncelikle, coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak kavşak ve yol kesimine ilişkin iki ayrı veri tabanı oluşturulmuştur. Daha sonra oluşturulan veri tabanları aracılığıyla kavşaklara ve yol kesimlerine yönelik model geliştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen modellerin temel amacı farklı yapıdaki kavşaklar ve yol kesimleri için kaza tahmini gerçekleştirerek kazayla ilişkili

kentsel unsurları belirlemektir. Her iki model geliştirme çalışmasında da gerçekleştirilen modelleme teknikleri, kaza sıklığı ile açıklayıcı değişkenleri ilişkilendirmek için kullanılmıştır. Kavşaklara yönelik yapılan çalışmada Panel tahmini gerçekleştiren Poisson Regresyon Modeli, yol kesimlerine yönelik yapılan çalışmada genelleştirilmiş lineer modellerden Poisson logaritmik doğrusal (loglineer) Tahminleri Modeli kullanılmıştır.

Bilim Kodu : 801.1.077

Anahtar Kelime : Coğrafi bilgi sistemleri, kentsel trafik güvenliği, trafik kazası tahmin modelleri, Poisson regresyon modeli, genelleştirilmiş lineer model, Panel tahmini, Eskişehir

Sayfa Adedi : 144

Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Metin ŞENBİL

**RELATIONSHIPS BETWEEN URBAN LAND USE AND TRAFFIC
ACCIDENTS: A CASE STUDY OF ESKİŞEHİR (TURKEY)**

(Ph.D.Thesis)

Ömür KAYGİSİZ

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

June 2012

ABSTRACT

The main objective this study is to contribute to traffic safety based urban planning (land use planning, road and junction design) strategies. The study defends the idea that there exists a meaningful relationship between land use decisions and frequency of traffic accidents. Primarily, development processes of transportation planning and the relationship between urban land use and traffic accidents were studied on a theoretical base. Later on, traffic accident prediction models were constructed by using traffic accident data and land use data of Eskişehir City. The models are intentionally constructed as simple and practicable that can predict the expected number of accidents as accurately as possible. These models are useful in land use and transportation planning, urban road network and junction safety analysis and determining the factors affecting the location of the hot spots. In the process of model construction, firstly two databases were created related to junctions and road segments by using GIS. Then, with the help of the established database, development of accident prediction models for junctions and road segments were carried out. The main concern of the established models is to identify the land use components related to traffic accidents by predicting traffic accidents for junctions and road segments. In both junction and road segment modeling,

techniques to relate accident frequency to explanatory variables are used. For junctions, Panel estimation in Poisson regression was used whereas Generalized Linear Model (GLM) was used for road segments.

Science Code	: 801.1.077
Key Words	: Geographic information systems, urban traffic safety, traffic accident prediction models, Poisson regression model, generalized linear model, the panel estimation, Eskişehir
Page Number	: 144
Adviser	: Assoc. Prof.Dr. Metin ŞENBİL

TEŞEKKÜR

Tez çalışması süresince bilgi, deneyim ve yardımlarıyla beni yönlendiren Hocam Doç. Dr. Metin ŞENBİL'e; yine getirdikleri öneriler ve eleştiriler ile tezin gelişmesini sağlayan Hocalarım Prof. Dr. Şebnem DÜZGÜN ve Doç. Dr. Çiğdem VAROL'a; jürideki katkılarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Ekrem KURUM ve Yrd. Doç. Dr. Bilge ARMATLI KÖROĞLU'na; ayrıca destek ve anlayışları için Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Araştırma Merkezi Müdürü Dr. Emin SEMİZ ve Müdür Yardımcısı Dr. Fatih VURSAVAŞ'a; yardımlarından dolayı çalışma arkadaşlarım Demet GÜNAYDIN, Gökan KAYGİSİZ ve Sedat KURBAN'a; özgün fikirlerinden faydalandığım arkadaşlarım Arş. Gör. Özgül ACAR ÖZLER ve Hakan KAYAM'a; her zaman ve her konuda yanımda olduklarını bildiğim Babam Habip KAYGISIZ, Annem Fadime KAYGISIZ, Ağabeyim Özgür Can KAYGISIZ ve Kardeşim Özcan KAYGISIZ'a ve destek, sabır ve anlayışından dolayı Feray BEKDEMİR'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KENTSEL ULAŞIM PLANLAMASININ GELİŞİM SÜRECİ.....	7
3. KENTSEL ARAZİ KULLANIMI TRAFİK KAZASI İLİŞKİSİ.....	16
3.1. Kentsel Gelişim Deseni Trafik Kazası İlişkisi.....	16
3.2. Kentsel Alan Kullanımı Trafik Kazası İlişkisi.....	23
3.2.1. Kentsel yoğunlaşmanın trafik kazalarına etkisi.....	24
3.2.2. Kentsel alan kullanım türünün trafik kazalarına etkisi.....	27
3.3. Kentsel Yol Ağı Trafik Kazası İlişkisi.....	36
3.3.1. Kent içi yol kesim özelliklerinin trafik kazalarına etkisi.....	37
3.3.2. Kent içi kavşak özelliklerinin trafik kazalarına etkisi.....	50
3.4. Bölümün Değerlendirilmesi.....	60
4. ALAN ARAŞTIRMASI: ESKİŞEHİR KENTİ ÖRNEĞİ.....	69
4.1. Veri Türleri.....	72
4.2. Veri Kullanılabilirliğini Değerlendirme.....	74
4.3. Veri Kalitesini Değerlendirme.....	75
4.4. Veri İyileştirme.....	78

Sayfa

4.5. Veri Tabanlarının Oluşturulması.....	83
4.6. Model Geliştirme.....	87
4.6.1. Kavşak verilerinin genel özellikleri ve geliştirilen kaza tahmin modelleri.....	87
4.6.2. Yol kesim verilerinin genel özellikleri ve geliştirilen kaza tahmin modelleri.....	94
5. SONUÇLAR, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER	114
KAYNAKLAR	126
EKLER.....	134
EK Yol Kesim Kazası Tahmin Modeli Çıktıları.....	135
ÖZGEÇMİş	142

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Güvenli ve daha az güvenli kentlerdeki ulaşım durumu.....	16
Çizelge 3.2. Kentsel yolların çevresinin yapılaşma durumu ile kaza oranlarının karşılaştırılması	29
Çizelge 3.3. Alınan önlemlere bağlı olarak erişim yollarındaki kaza oranları	30
Çizelge 3.4. İsveç’te farklı dönemlerde inşa edilmiş ve farklı genişlikteki yollarda milyon taşıt km başına yaralamalı kaza sayısı	45
Çizelge 3.5. ABD’ de 11 kavşağın dönel kavşağa dönüştürülmesi öncesi/sonrası yıllık kaza durumları.....	55
Çizelge 3.6. Gelişmiş altı ülkedeki dönel kavşağın kaza sayısını azaltmadaki etkisi	56
Çizelge 3.7. Katlı kavşağa dönüştürmenin trafik kazası sıklığına etkileri.....	57
Çizelge 4.1. Ölü, yaralı ve ölümlü veya yaralanmalı kaza sayı	70
Çizelge 4.2. Yeniden konumlandırılan veri sayısı ve yüzdesi	80
Çizelge 4.2. Yeniden konumlandırılan veri sayısı ve yüzdesi	80
Çizelge 4.4. Kavşak kazalarının yıllara göre durumu	90
Çizelge 4.5. Kavşaklara yönelik kaza tahmin modelleri sonuçları: Temel modeller	93
Çizelge 4.6. Kavşaklara yönelik kaza tahmin modeli sonuçları: Etkileşim modeli.....	94
Çizelge 4.7. Yol kesim kazalarının yıllara göre durumu	96
Çizelge 4.8. Yol kesim kazalarının yıllara ve arazi kullanımına göre dağılımı.....	96
Çizelge 4.9. Sürekli açıklayıcı değişkenler arasındaki korelasyon değerleri.....	100

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.10. İleri doğru adımsal yöntemle modellerin kurgulanması	103
Çizelge 4.11. Model A'ya ilişkin değerler	104
Çizelge 4.12. Model B'ye ilişkin değerler	105
Çizelge 4.13. Model C'ye ilişkin değerler	107
Çizelge 4.14. Model D'ye ilişkin değerler	109
Çizelge 4.15. Modeller için bulunan -2LL değerleri ve AIC değerleri.....	111

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Yapılı çevre ile trafik güvenliğini birbirine bağlayan kavramsal çerçeve.....	23
Şekil 3.2. Kişi başına trafik ile yapılaşma yoğunluğunun 32 kentteki ilişkisi.....	25
Şekil 3.3. Trafik kazalarının neden olduğu halk sağlığı riski ile erişim yollarıyla hizmet verilen konut sayısının ilişkisi.....	30
Şekil 3.4. Arazi kullanımını gösteren ızgara yapı.....	31
Şekil 3.5. Arazi kullanımı ve kaza.....	32
Şekil 3.6. Nüfus ve kaza.....	32
Şekil 3.7. İstihdam ve kaza.....	33
Şekil 3.8. Ekonomik çıktılar ve kaza.....	34
Şekil 3.9. New York'taki Central Park planı.....	38
Şekil 3.10. Chicago'nun genişleyen ızgara sistem.....	41
Şekil 3.11. Geleneksel yaklaşım; Izgara yol ağı.....	41
Şekil 3.12. Modern yaklaşım; Çarpık paralel, döngü, lolipop ve çıkmaz sokak yol ağları.....	41
Şekil 3.13. ABD'de farklı dönemler ilişkin 100 milyon taşıt-mil başına ölümlü kaza sayısı.....	44
Şekil 3.14. Kapasite kullanımı trafik kazası sıklığı ilişkisi.....	47
Şekil 4.1. Eskişehir İlinin ve Kentinin konumu.....	69
Şekil 4.2. Büyükşehirlerin otomobil sahipliliği: 1000 kişi başına düşen otomobil sayısı.....	70
Şekil 4.3. Alan çalışması süreç adımları.....	72
Şekil 4.4. Sayısal haritanın güncelleme ihtiyacının uydu görüntüsü ile tespiti örneği.....	77

Şekil	Sayfa
Şekil 4.5. Kaza verilerinin doğruluğunun uydu görüntüleriyle kontrolü örneği.....	79
Şekil 4.6.Yıllara göre kaza konum verilerinin ham halleri ile iyileştirmiş halleri	81
Şekil 4.7. Yol ağı bileşenleri: Kavşak ve yol kesimi	84
Şekil 4.8. Kavşak ve yol kesim kazalarının tespiti	84
Şekil 4.9. Kavşak türleri.....	86
Şekil 4.10. Yol kesim şekilleri	87
Şekil 4.11.Çalışma kapsamındaki kavşakların arazi kullanıma göre dağılımı	88
Şekil 4.12. Kavşak türü sayılarının yıllar içindeki değişimi	89
Şekil 4.13. Yol kesimlerinin arazi kullanımlarına göre dağılımı	95
Şekil 4.14. Yol kesimlerinin şerit sayısına göre dağılımı	95
Şekil 4.15. Yol kesimlerinin kaza sayılarına göre dağılımı	97
Şekil 4.16. Sürekli açıklayıcı değişkenler arasındaki ilişki ağı.....	101
Şekil 4.17. Model D'ye göre arazi kullanımı değişiminin trafik kazası sıklığına etkisi	112
Şekil 4.18. Model D'ye göre şerit sayısı değişiminin trafik kazası sıklığına etkisi	112
Şekil 4.19. Model D'ye göre yolun şeklinin değişiminin trafik kazası sıklığına etkisi	113

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 4.1. Yol ağı ile örtüşmeyen trafik kazası noktaları örneği	76
Harita 4.2. Kavşak ve hız/hacim ölçer cihazların konumları	77
Harita 4.3. Arazi kullanım haritası	82
Harita 4.4.Hız/Hacim ölçüm noktaları ile ölçümün yapıldığı yol kesimleri.....	83
Harita 4.5. Kavşaklardaki kaza sayıları: 2005-2010	89
Harita 4.6. Hız durumu	97
Harita 4.7. Hacim durumu.....	98

1. GİRİŞ

Kentsel yaşamın insanlığın artı ürün elde etmesi sonrasında yerleşik hayata geçmesiyle başladığı söylenebilir. Tarihteki ilk kentler M.Ö. 4000’li yıllar kurulmuş ve buna paralel olarak kentsel ulaşım ağını oluşturan sokak ve yol kavramı doğmuştur. Sokaklar ve yollar, 1900’lü yıllara kadar (yaklaşık 59 asır) sadece yayalara ve motorsuz taşıtlara hizmet etmiş, bu yıllardan itibaren motorlu taşıtlara da hizmet etmeye başlamıştır.

100 yıllık kısa bir geçmişi olmasına karşın motorlu taşıtlar, kentsel yol ağının işlevini değiştirerek bu alana egemen olmayı başarmıştır. Daha önceleri çocukların oyun oynadığı, insanların yürüyebildiği, bisiklete binebildiği, dinlenebildiği kamusal sosyalleşme mekânları olarak görülen sokaklar ve yollar, gün geçtikçe bu işlevini kaybederek motorlu taşıt izi olarak görülmeye başlamıştır. Diğer temel ulaşım türleri olan yaya ve bisiklete göre görece korunaklı ve hızlı olması bu egemenliği arttırmıştır [Durning, 1996 ve Black, 1995]. Ayrıca, daha kısa sürede daha uzun mesafeleri kat etmeyi sağlayan bu ulaşım aracı; “uzak” kavramını değiştirmiş, kentsel arazi kullanımını şekillendirmiş ve daha yaygın kentlerin oluşum sürecini başlatmıştır. Ancak bu durum çeşitli sorunları da beraberinde getirmiştir [Mumford, 1961 ve Knoflacher, 1998]. Hava kirliliği, gürültü kirliliği, görüntü kirliliği, ulaşım maliyetlerinin artması, trafik kazalarının artması, kas gücü ile hareketliliğin azalması, kentlerin yayılması ve parçalanması, insanların bireyselleşmesi (kimi zamanlarda asosyalleşmesi), kentsel yol ağının bisikletliler ile başta yaşlılar, çocuklar ve özürllüler olmak üzere tüm yayalar için güvenli mekânlar olmaması bu sorunların başlıcalarını teşkil etmektedir [Knoflacher, 1998 ve Durning, 1996].

Sosyo-ekonomik maliyeti düşünüldüğünde trafik kazaları, bu sorunların önemlilerinden biridir. Yılda ortalama 1,2 milyondan fazla kişi trafik kazalarından ölmekte ve 20 – 50 milyon kişi de yaralanmakta veya sakat kalmaktadır. Dünyanın pek çok yeri için bir salgın olan trafik kazalarındaki yaralanmalar ve sakat kalmalar artarak varlığını sürdürmektedir [WHO, 2009]. Dünya Sağlık Örgütü (İng.: World

Health Organization -WHO), 2030 yılına kadar trafik kazalarında yaralanma sonrası ölümlerin, tüm ölüm nedenleri arasında beşinci sıraya yükseleceğini öngörmektedir. Ayrıca WHO, trafik kazalarının 10-24 yaş arasındaki ölüm nedenleri sıralamasında ilk sırada olduğunu belirtmektedir.

Dünya genelinde olduğu gibi Avrupa ülkeleri için de trafikteki ölüm ve yaralanmalar, çözüm bekleyen toplumsal sorunlar arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Avrupa ülkelerinde yılda ortalama 120.000 insan trafik kazalarından ölmektedir ve 5-29 yaş arası ölüm nedenleri arasında trafik kazaları ilk sıradadır. Ayrıca, yılda yaklaşık 2,4 milyon insanın ciddi yaralanma sonucu tedavi gördüğü tahmin edilmektedir. Tedavi sürecinde kazazedenin çektiği acılar ve kazazede ile kazazede yakınlarının yaşadığı sıkıntılara ek olarak trafik kazası yaralanmaları, Avrupa'da ülkelerin gayi safi yurtiçi hâsılanın % 3'ü kadar ekonomik kayba neden olmaktadır [WHO Regional Office for Europe, 2009].

Ülkemizde ise, 2009 yılı verilerine göre her gün ortalama olarak 2886 trafik kazası meydana geldiği, bu kazalar sonucu yaklaşık 12 insanın hayatını kaybettiği ve 552 insanın da yaralandığı görülmektedir. Maddi hasarlı kazalar da dahil edildiğinde meydana gelen kazaların % 90'ı kentsel alanlarda gerçekleşmekte ve bu kazalar sonucu her gün ortalama 4 insan ölmekte (toplam ölümlerin % 33'ü), 300 insan yaralanmakta (toplam yaralanmaların % 54'ü) ve milyonlarca liralık ekonomik kayıp meydana gelmektedir [TUIK, 2010]. Bu nedenle ülkemiz için de trafik kazaları özellikle kentsel alanlarda var olan önemli bir halk sağlığı ve güvenlik sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kentsel planlama çalışmalarının trafik güvenliği öncelikli yapılmasıyla trafik kazalarının neden olduğu sosyoekonomik kayıpları azaltmak mümkündür. Trafik güvenliği öncelikli kent planlaması yapılabilmesi için öncelikle trafik kazalarına neden olan kentsel unsurların belirlenmesi gerekmektedir. Kentsel alanlarda trafik kazaları tahmin modeli geliştirilerek trafik kazalarına neden olan kentsel unsurların belirlenmesi mümkündür. Ayrıca bu tahmin modelleriyle, kentsel planlama

kararlarının neden olduğu trafik kazası miktarının kestirimi de gerçekleştirilebilmektedir.

Bu alışmada, Eskişehir Kenti rneklem alanında geliştirilen trafik kazası tahmin modelleriyle kentsel arazi kullanım kararlarının trafik kazalarına etkisi incelenmiştir. Çalışma kapsamında; trafik kazası, kentsel arazi kullanım, yol ağı ve trafik özellikleri verileri kullanılmıştır. Çalışmanın problem cümlesi “Kentsel arazi kullanımının trafik kazalarına etkisinin incelenmesiyle kentsel ulaşımında güvenlik arttırılabilir mi?” şeklindedir.

Bu alışma ile esas olarak, trafik güvenliği öncelikli kent planlaması (arazi kullanım planlaması, yol ve kavşak tasarımı) oluşturma stratejilerine katkıda bulunmak amaçlanmaktadır. Çalışmanın diğer amaçları aşağıda belirtilmiştir:

- Kentsel arazi kullanım kararları (arazi kullanım, yol ağı ve trafik özellikleri) bilgilerinden faydalanılarak trafik kazası miktarını tahmin etmek,
- Trafik kazalarına neden olan kentsel arazi kullanım unsurların belirlemek,
- Kentsel planlama ile trafik kazası ilişkisini ortaya koymaktır.

Bu kapsamda çalışmada; alt ve st ölçek imar planı kararlarının trafik güvenliğine etkisini ölçecek ve kentsel planlama çalışmaları esnasında alınan kararların ürettiği trafik kazası miktarını hesaplayabilecek yöntemler geliştirilecektir.

Tez çalışmasından elde edilecek sonuçların özellikle;

- şehir plancılarının kentsel arazi kullanım kararının nerede, hangi tür trafik kazalarına etken olduğunu algılamaları,
- Ulaşım plancılarının yol ağı deseni ile trafik kazaları arasındaki ilişkiyi görmeleri,

- Yerel yönetimlerin trafik güvenliğini arttırıcı önlemleri nerelerde almaları gerektiğini bilmeleri,
- Ulaşım mühendislerinin yolun ve kavşağın geometrik özellikleri ile trafik kazaları arasındaki ilişkiyi görmeleri açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın hipotezi ise “Kentsel arazi kullanım kararları ile trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki vardır” şeklindedir. Alt hipotezlerini ise;

1. Trafik (hız ve hacim) özellikleriyle trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki vardır,
2. Yol özellikleri ile trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki vardır,
3. Kavşak özellikleri ile trafik kazaları arasında anlamlı bir ilişki vardır,
4. Boşluk/doluluk özellikleriyle trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki vardır,
5. Kentsel arazi kullanımı ile trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki vardır oluşturmaktadır.

Tez çalışması aşağıda belirtilen sınırlılıklar kapsamında yürütülecektir.

- Çalışma alanı, Eskişehir Kenti ile sınırlıdır, elde edilecek sonuçlar çalışma alanı için geçerlidir.
- Çalışmadaki trafik kazası verileri, 2005-2010 yılları arasında çalışma alanında meydana gelmiş, trafik polisince raporlanmış ve Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) trafik kazası veri tabanına aktarılmış ölümlü veya yaralanmalı trafik kazalarına ait toplam 11 değişkenden oluşan 5943 satırlık veri seti ile sınırlıdır.
- Çalışmadaki trafik hızı ve hacim verileri, çalışma alanı genelinde farklı özellikteki 108 kavşak arasına yerleştirilen hız/hacim ölçer cihazları ile 2009 yılı Eylül ayı içinde toplanan saatlik, günlük ve ortalama hız / hacim verileriyle sınırlıdır.

- Bu çalışmada kullanılan kaza verilerin kalitesi, kaza veri tabanının veri kalitesiyle; hız ve hacim bilgilerinin kalitesi ise trafik hızını ve trafik hacmini ölçen cihazların veri toplama kalitesi ile sınırlıdır.

Bu çalışmanın yöntemi olarak önce kentsel ulaşım planlamasının gelişim süreci ile kentsel arazi kullanımı trafik kazası ilişkisi konularındaki literatür incelenmiş, derlenmiş ve gelişmiş dünya ülkelerindeki iyi uygulama örnekleri ortaya konmuştur. Örnek alan çalışması kapsamında ise çeşitli sayısal/sayısal olmayan harita, plan, hava fotoğrafı, diğer görsel, istatistiksel ve sözel bilgi toplanmıştır. Coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla gerçekleştirilen süreçte öncelikle toplanan verilerin kalitesi değerlendirilmiş, veri kalitesi uygun ise kullanılabilirliğine bakılmıştır. Daha sonra veriler kullanılabilir nitelikte değil ise iyileştirme süreci gerçekleştirilmiştir. Ardından, modellerin gerçekleştirileceği veri tabanları oluşturulmuş ve kavşak ile yol kesimine yönelik kaza tahmin modelleri geliştirilmiştir. Son olarak modellerin çıktıları, çalışma genelinde edinilen ve literatürde belirtilen bilgiler çerçevesinde değerlendirilmiş, yorumlanmış ve öneriler sunulmuştur.

Beş bölümden oluşan tez çalışmasının içinde bulunan birinci bölümünde öncelikle tezin konusu, amacı, önemi ele alınmış ve daha sonra problem cümlesi, hipotez ve alt hipotezler ortaya konulmuştur. Ayrıca bu bölümde araştırmanın yöntemi, varsayım ve sınırlılıkları açıklanmıştır.

İkinci ve üçüncü bölümler tezin literatür taramasını oluşturmaktadır. İkinci bölümde kentsel ulaşım planlaması kavramının var olmasına sebep olan önemli olaylar tarihsel süreçte ele alınmış ve son elli yıllık dönemde ulaşım planlamasına yapılan kuramsal eleştiriler tartışılmıştır. Onar yıllık dönemlerde değerlendirilen süreç içinde, ulaşım planlamasının dönemin sosyal ve ekonomik koşullarından nasıl etkilendiği, kentsel planlama ile olan ilişkisinin nasıl ele alındığı ve konuyu kuramcılarının nasıl değerlendirdiği incelenmiştir.

Üçüncü bölümde ise kentsel arazi kullanım kararlarının trafik kazalarına etkileri tartışılmıştır. Öncelikle konu kentsel gelişimin desenindeki farklılaşmanın trafik kazalarına etkileri kapsamında değerlendirilmiş, daha sonra kentsel alan kullanım türü ile kentsel yoğunlaşmanın etkilerine bakılmış ve son olarak da kentsel yol ağını oluşturan yol kesim ve kavşağa ilişkin özellikler ile trafik kazası arasındaki ilişki ortaya konmuştur.

Dördüncü bölümümde Eskişehir Kenti örneğinde alan çalışması açıklanmıştır. Kent yapısının ve trafiğinin genel özellikleri belirtildikten sonra, kavşak ile yol kesimine yönelik kaza tahmin modellerinin gerçekleştirileceği veri tabanlarının oluşum süreci açıklanmış ve modeller tarif edilerek sonuçları tartışılmıştır.

Beşinci ve son bölümde modellerin çıktıları, çalışma genelinde edinilen ve literatürde belirtilen bilgiler çerçevesinde değerlendirilmiş, yorumlanmış ve öneriler sunulmuştur.

2. KENTSEL ULAŞIM PLANLAMASININ GELİŞİM SÜRECİ

Bu bölümde, öncelikle kentsel ulaşım planlaması kavramının var olmasına sebep olan önemli olaylar tarihsel süreçte ele alınmış ve son elli yıllık dönemde ulaşım planlamasına yapılan kuramsal eleştiriler tartışılmıştır. Onar yıllık dönemlerde değerlendirilen süreç içinde, ulaşım planlamasının dönemin sosyal ve ekonomik koşullarından nasıl etkilendiği, kentsel planlama ile olan ilişkisinin nasıl ele alındığı ve konuyu kuramcılarının nasıl değerlendirdiği incelenmiştir.

Kentsel ulaşımaya yönelik girişimlerin, 1662’de Blaise Pascal tarafından Paris’te beş güzergâhta at arabalarıyla uygulamaya konan düşük fiyatlı toplu taşıma hizmeti ile başladığı düşünülebilir. Ancak, Pascal’ın aynı yıl ölmesi sonrası sistem iki yıl sonra hizmetten kaldırılmıştır. Bu alanda yaşanan ve kentsel ulaşımın başlangıcı kabul edilen bir diğer girişim ise, 1825’de *omnibus* olarak adlandırılan atlı toplu taşıma araçlarının kendilerine ayrılan güzergâhlarda Paris’te hizmete girmesidir. Bu tarihten 1838 yılına kadar genel olarak at yardımıyla kentsel ulaşım gerçekleştirilmiştir. 1838’de ilk banliyö demiryolu, 1863’de ilk yeraltı treni Londra’da yapılmıştır. Yine bu yıllarda bisiklet, kentsel ulaşım aracı olarak kullanılmaya başlamıştır. Kentsel ulaşımında motorlu taşıtların kullanımı ise, 1899 yılında Londra’da motorlu otobüsün kullanımıyla başlamıştır. 1914’de ilk defa Henry Ford’un seri otomobil üretmeye başlaması sonrası insanların otomobil sahibi olmasıyla ve toplu ulaşımın etkisiyle kentler, 19.yy’ın başlamasıyla büyüme sürecine girmiş ve 1937’de Paris motorlu taşıt yollarıyla örülü dünyanın ilk büyük kenti haline gelmiştir. Paris’i 1949’da Manchester, 1952’de Londra, 1956’da Edinburgh, 1961’de Sydney, 1962’de Glasgow ve 1964’de Bombay takip etmiştir [Black, 1995].

II. Dünya Savaşı sonrasında, kullanımı kolay otomobillerin seri üretiminin hızlanmasıyla otomobil kullanımı artmış, başta ABD olmak üzere pek çok varlıklı ülkede sosyal yaşam ve kentsel arazi kullanımını otomobile göre düzenlemeye başlamıştır. Toplum, bireysel erişim için uygun gördüğü bu ulaşım aracına gün geçtikçe daha fazla bağlanmaya başlamıştır [Hicks, 2009]. Varlıklı ülkelerdeki bu

dönemdeki otomobil arzındaki artış, yolların yetersiz kalması ve sıkışıklık gibi kentsel sorunlara neden olmuş ve üretilen çözümler yol genişletme, katlı kavşak yapma, yeni yollar açma gibi kapasite arttırma yönünde olmuştur. Ancak bu yaklaşım sadece uygulandığı noktaya fayda sağlamış, tıkanıklıkları kentin diğer kesimlerine sıçratmıştır [Elker, 2001].

Bu dönemden günümüze kentsel ulaşım planlaması dramatik bir şekilde değişmiştir. 1950’li yıllarda noktasal kapasite artırımı ile trafik sıkışıklığını giderme yaklaşımının yetersiz bir yöntem olduğu anlaşılmış ve kentin yol ağının tümünü gözetken bütüncül yaklaşımlar geliştirilmeye başlanmıştır [Elker, 2001]. İlk olarak 1953 yılında, ABD’nin Michigan Eyaleti Detroit Kentinde kapsamlı metropoliten ulaşım çalışmaları başlatılmıştır. Sonraki on yıl içinde ondan fazla metropoliten ulaşım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Böylece kentin belli bir noktasında trafik koşullarına yapılacak bir müdahalenin yol ağının tümüne ne tür etkiler yapacağını kestirmek mümkün olabilmiş, önlemler bu yönde alınmıştır. Ulaşım ve trafik bilimlerinde kullanılan tekniklerin bir bölümü bu dönemde geliştirilmeye başlanmıştır. Ancak, kullanılan yöntemler, yolculukların ortaya çıkışını açıklayıcı nedensellik bağları üzerine kurgulanmadığından, gündelik veya kısa vadeli sorunları çözümü ile sınırlı kalmıştır [Black, 1995].

1950’li yılların ortalarına kadar basitçe büyüme hızı düşünülerek gelecekteki trafik talebini tahmin etmekle sınırlı olan kentsel ulaşım planlaması, 1950’li yılların sonlarında trafik talebinin arazi kullanımı ve ulaşım türü seçimi ile ilişkilendirildiği bilimsel planlama yaklaşımı olarak görülmeye başlatılmıştır. Bu yaklaşım ilk olarak Detroit ve Chicago’da uygulanmış ve toplu taşımaya çok az dikkat ederek ve genel olarak özel araçlar için yol sağlamayı amaçlamıştır. Çok geçmeden bu anlayış Avrupa kentlerine sıçramış ve ilk olarak Londra, Leicester, Kopenhag ve Atina’da uygulanmıştır. Ancak, ilerleyen yıllarda toplu taşımanın daha önemli olduğu görülen bu kentlerde ihtiyaca yönelik olarak sonradan yeniden düzenlenmiştir [Thomson, 1983].

1960'lardaki baskın görüş, kentsel planlamanın kamu yararına hizmet ettiği yönündedir. 1960 sonrası kentlerin büyümesi esnasında kentsel planlamayla ulaşım planlaması paralel gelişim göstermiştir. Ancak, kentsel planlama sosyal bilimlerden doğan kuramsal tartışmalara dahil edilirken, ulaşım planlaması bu tür tartışmalardan uzak tutulmuştur. Yiftachel (1989) bu durumu iki nedenle açıklanabileceğini ileri sürmüştür [Banister, 1994]. İlk neden olarak; ulaşım planlamasının mühendis, ekonomist ve sosyal bilimcilerin dahil olduğu kuramsal yapıyı kapsadığı, bu nedenle bu meslek gruplarından her birinin diğer bir meslek grubu ile anlaşmasının zor olduğunu belirtmiştir. İkinci olarak da, bu konuda yapılan eleştirilerin ulaşım planlamasının kapsamından uzak olduğunu ifade etmiştir.

Bu dönemdeki planlama anlayışı, vizyonu kısa olan parçacı yaklaşıma karşı gelişmiş ülkelerdeki tepkiyi yansıtmaktadır. Yeni anlayışın özü ilk olarak, arazi kullanım ile ulaşım ve ulaşım sisteminin çeşitli bölümleri arasındaki etkileşimi tanımlamaya, ikinci olarak gelecekteki ana ulaşım yapılarını iyi planlama ihtiyacına dayanmaktadır. Bu durum, 25-30 yıl sonrası düşünülerek hazırlanan ve metropoliten alanın genelindeki ulaşım sisteminin tüm bileşenlerine ve arazi kullanımına uygun yapıda olan büyük ve kapsamlı bir plana yönlendirmektedir. Bu dönemde özellikle gelişmekte olan kentlerde nüfusun ve araç sayısının hızlı artışı, ani ve etkili hissedilen ulaşım problemlerine neden olmuştur. Bu ülkelerde ulaşım planlaması konusunda deneyimli uzmanlar olmadığından, özellikle İngiltere ve A.B.D gibi ülkelerdeki deneyimli danışmanlar ve uzmanlar bu ülkelere yönelmişlerdir. Gelişmekte olan bu kentlere de, Avrupa ve Kuzey Amerika'daki kentler için geliştirilmiş 25-30 yıl sonrasını düşünen kapsamlı yöntemler uygulanmıştır. Ancak gelişmiş kentlere yönelik hazırlanan bu yöntemlerin gelişmekte olan kentlere uygunluğuna bakılmamıştır. Bu nedenle yöntemin sonuçları uygulanan her kent için tatmin edici olmamıştır. Kaldı ki; Paris, Toronto, San Francisco ve Londra gibi pek çok danışman ve akademisyenin memleketi olan kentlerde bile, dikkatle hazırlanmış kimi ulaşım çalışmalarının yöntemi ciddi biçimde eleştirilmiş ve nihayetinde kabul edilmemiştir. Bu nedenle, gelişmekte olan

lkelerdeki planlama çalışmalarının da benzer şekilde eleştirilerin hedefi olmuştur [Thomson, 1983].

1960’lardan sonraki dönemde, planlama öz eleştiriye tabi tutulmuş ve yapısı gözden geçirilmiştir. Petroldeki fiyatlarındaki artış ulaşım planlamasının yöntemini belirleyen temel etken olmuştur [Meyer ve Miller, 1984]. 1970’lerde Marksistler¹, planlamanın sisteminin, sermaye birikimine yardımcı olduğunu ileri srmuşlerdir. Weberistler² göre ise devlet, planlamayı aracı olarak kullanarak çeşitli kamusal yararlar sağlamaktadır. Korporatizlere³ göre de devlet ile özel sektör arasında adı konulmamış bir anlaşma vardır ve bu nedenle sağladıkları faydalar her ikisinin de çıkarı yönündedir [Banister, 1994]. Bu dönemdeki ulaşım kuramı; küreselleşme, petrolün jeopolitik durumu ve sanayinin yeniden yapılanması gibi sosyo-politik konulara ilgisiz kalmasından dolayı eleştirilmiştir. Planlama sisteminin yaklaşımı gözden geçirilmiştir. Akılcılık (ussallık) ve kapsayıcılık, siyasallaşmış karar alma ortamında imknsız hale gelmiştir [Meyer ve Miller, 1984].

1974 petrol krizi sonrası öngörüye olan inanç bitmiş ve ulaşım planlamasına ilişkin tutum değişmiştir. Petrol krizi ve ardında dünyada yaşanan iktisadi durgunluk ile birlikte gelen yüksek enflasyon, uluslararası ödeme dengesindeki bozulma ve döviz kurundaki dalgalanma, özellikle ulaşım konusunda yapılan uzun erimli tahminleri boşa çıkarmıştır. Aynı zamanda, sanayileşmiş ülkelerdeki nüfus tahminlerinin çoğunun hatalı olduğu gün geçtikçe ortaya çıkmıştır. “*Büyük plan*” olarak adlandırılan kapsamlı ve uzun erimli planların; zaman ve para israfı, olabilirliğini düşünmeden iddialı girişimlerde bulunulması ve gerçekçi olmaksızın mevcut durumun iyileştirilmeye çalışılması olduğu sonucuna varılmıştır. Büyük plan anlayışına tepki olarak bu dönemdeki anlayış; mevcut ulaşım sorunları daha kısa

¹ Marksizm, zgn bir siyasal felsefe, tarihin diyalektik materyalist bir yorumuna dayanan ekonomik ve toplumsal bir dünya görüşü, kapitalizmin Marksist açıdan çözümlenmesi, bir toplumsal değişim teorisi ve Karl Marx’ın ve Friedrich Engels’in çalışmalarından çıkarılan insanın özgürleşmesiyle ilgili bir düşüncedir.

² Weberizm, Marksizme karşı Alman sosyolog Max Weber (1864-1920) tarafından geliştirilen düşünce sistematikidir. Weber, Marx’ın sınıf temelli çözümlerinin yerine statü kavramını getirmiştir.

³ Korporatizm, aynı zamanda tüketicisi de olan bütün üreticiler tarafından, bütün tüketiciler için düzenli üretimdir. Bir taraftan işleticilerle işletilenler, diğer taraftan da üretim ile tüketim arasındaki ilişkileri değiştirme ve geliştirmeye yönelik bir ekonomipolitik sistemdir.

zamanda, daha küçük bütçelerle, ağır yapısal yatırımlar yerine mevcut imkânları daha verimli kullanarak çözmek yönündedir [Thomson, 1983].

Enerji kaynakları fazla olan ülkeler bile kaynakların sınırlı olduğunu ve sınırlı kaynakların verimli kullanılması gerektiğini 1974 petrol krizi ile görmüştür. Gerek gelişmiş, gerekse gelişmekte olan ülkelerdeki yöneticiler ve uzmanlar, talebi denetlemeden alt yapı kapasitesini arttırmaya yönelik çözümlerin ulaşım da daha büyük olumsuzluklara neden olduğunun bilincine varmaya başlamışlardır. Böylece ulaşım talebinin niceliğiyle birlikte niteliğinin de sorgulandığı ve yönetilmeye çalışıldığı yaklaşımlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Fiziksel yatırımların yanı sıra yönetsel, ekonomik, yasal ve işletmeciliğe dönük önlemlerin de ön planda tutulduğu, ulaşım arzının planlaması kadar, yolculuk talebinin yönetilmesi veya biçimlendirilmesi de önem kazandığı bu yeni yaklaşımlar *Yolculuk Talep Yönetimi* olarak adlandırılmaktadır [Elker, 2001].

Yolculuk talep yönetimi (*bugün ulaşım talep yönetimi ya da hareketlilik yönetimi* olarak da adlandırılır) kavramı farklı ülkelerde farklı biçimde yorumlanmıştır. Kavramın ortaya çıktığı ülke olan ABD’de daha çok otomobillerin doluluk oranlarını attırıcı veya yolculuk zamanını ve ihtiyacını etkileyici önlemler bütünü olarak görülmekte, kimi zaman da daha mütevazî hedeflere yönelmekte ve tıkanıklığı giderme yönetimi olarak ele alınmaktaydı [Comsis, 1993]. Oysa Avrupa’da kavram daha 1970’li yıllarda “ulaşımın yönetilmesi” başlığı altında, daha çok çevrenin iyileştirilmesine dönük, kent merkezinde taşıt trafiğinin yasaklanması ve toplu taşımın geliştirilmesi gibi önlemler bütünü olarak değerlendirilmiş ve uygulanmıştır. Bu yıllarda Avrupa’da “kent içinde yapılan hareketliliklerin özel araçla yapılmasının yegane ve en iyi çözüm yöntemi olmadığı” temel prensibi ile hareket edilmiş ve motorlu taşıt hareketliliğine yönelik kapasite artırımı sadece “toplumsal refaha çok önemli bir katkısı varsa” kabul edilmiştir [OECD, 1979].

Ulaşım planlaması kapsamında kentsel planlama için söz edilen kuramsal yaklaşımlara benzer bir karşılık bulması mümkün değildir. Bunun temel nedenleri,

devletin ulaşım planlamasının her evresinde (yatırım, yönetim, kontrol vs) güçlü bir rolü olması ve ulaşım kamu malı olarak görülmesi oluşturmaktadır. 1960–70’lerde araçların ve yolların artışıyla başlamış olan ulaşım planlamasındaki kuramsal tartışmaların esaslı olarak gündeme gelmesi 1980’lerde gelenekçi (muhafazakâr) devletlerin radikal politikaları sonucunda yaşanmıştır [Black, 1995].

Ulaşım planlamasına yönelik geliştirilen kuramlar genel olarak kamu ile özel sektör arasında fikir ayrılığı yaşandığı yönündedir. Korumaya önem veren bir grup olan Plüralistler⁴ (çoğulcular), mevcut yapıda da süre gelen kamu destekli ulaşımı yaklaşımını korumayı savunmuşlardır [Banister, 1994]. Kentsel karayolu yatırım programlarının oluşumu esnasında ve 1970’lerdeki kamu araştırma sürecinde endişelerini dile getirmişler ve ulaşım sisteminde özel sektörü oluşturan yol yapımında elitist⁵ (seçkinci) şirketlere ve otomobil üretici kuruluşlara karşı çıkmışlardır. Elitistler korporatizmi savunanları temsil etmişlerdir ve kullanım değeri yerine değişim/takas değeri ile ilgilenmişlerdir. Marksist toplum bilimciler de konuyu farklı biçimde ele almış ve kentsel kalkınma konusundaki bireysel anlaşmazlıkların kapitalist ekonomiyi savunanlar ile toplumsal önceliklere önem veren gruplar arasında olduğunu idea etmişlerdir [Banister, 1994].

Neo-klasik ekonomi 1980’lerde baskın olmuş ve piyasa işleyişi refah devletinin yerini almıştır. Bu durum, daha önceleri ulaşımın hariç tutulduğu kamu sektörlerindeki kuramsal tartışmalara ulaşımın da dahil edilmesine neden olmuştur. İlk tartışma devlet yardımlarının (sübvansiyonların) kullanıcılara veya operatörlere verilip verilemeyeceği üzerine yapılmış, kurumun özel veya kamu kuruluşu olması konusu üzerinde durulmamıştır. Düzenleme konularında bir antlaşma olsa da; pluralistler (çoğulcular) kendi doğrultularında düzenlemeleri yorumlamışlardır. Benzer şekilde elitistler (seçkinciler) düzenlemelerin müdahaleye ihtiyacı olduğunu

⁴ Plüralizm, bir konuda birçok unsurun tesirini kabul edenlerin görüş; bir toplulukta çeşitli görüşlerin temsili esasını kabul eden doktrin; çoğulculuk; çokçuluk Pluralizm birçok mutlak ilke, güç, enerji veya madde kabul eden teori veya sistemleri tanımlar.

⁵ Elitizm (veya Seçkencilik), bir elitin veya bir azınlığın yönetmesi gerektiğine inanma veya yönetim işinin bir elit veya azınlık tarafından yapılması anlamına gelir.

idea etmişlerdir. Bu kuramlar ulaşım alanında özelleştirme ve düzenlemeleri yeniden şekillendirme olarak uygulamada kontrol edilmiştir [Banister, 1994].

1990'ların temel konuları teknoloji, çevre ve sürdürülebilirlik olarak belirtilse de, bu dönemdeki ulaşım ve kentsel planlamadaki politikalar; büyüme, genişleme ve yoğunlaşma ile tanımlanmıştır. Büyüme, gelişme ve yoğunlaşma, ulaşım da hareketliliğin artmasını sağlamış ve kirlilik yaratan egzoz salınımının kontrol altına alınmasını zorlaştırmıştır [Brandes ve ark., 2010; Ewing ve ark., 2007 ve Vanderbilt, 2008]. 1992 yılında, Avrupa Komisyonu'nun yayınladığı "*Ortak Ulaştırma Politikasının Gelecekteki Gelişimi*" adlı Beyaz Kitap ile Avrupa Birliği'nin ortak taşımacılık politikası, sürdürülebilir hareketliliğe dayalı, bütünleştirilmiş bir politika olarak ele alınmaya başlanmış ulaşım da hareketliliğin azaltılması ve erişilebilirliğin artırılması gerektiği vurgulanmıştır [EC, 1992].

Bu dönemde özellikle kentsel ulaşım da otomobil kullanımındaki artışın devam etmesinin kentleri tehdit eden en önemli unsur olarak görülmüştür. 1992 yılında yayınlanan Avrupa Kentsel Şartı'nda otomobillerin yavaş ama kesin bir biçimde kentleri öldürdüğü, ikisi bir arada olamayacağından otomobil ya da kentten birinin seçilmesinin zorunlu olduğu belirtilmiş ve kentsel ulaşımın otomobilden yaya, bisiklet ve toplu taşıma kaydırılması gerektiği vurgulanmıştır. Konun önemi "*Bugünden bir şey yapılmaz, yeni düzenlemeler getirilmezse., araç trafiği; özellikle de özel araçlar ve kamyonlar, sadece kentleri tahrip etmekle kalmayacak, sera etkisiyle tüm çevrenin zarar görmesine de hatırı sayılır bir katkıda bulunacaktır. Araçlar; kentleri gürültü, rahatsızlık, ruhsal ve fiziksel tehlike, çevre estetiği ve sosyal alanların yok olması, hava kirliliği gibi sorunlarla tehdit ederler.*" şeklinde ifade edilmiştir [Avrupa Kentsel Şartı, 1992].

1990'dan başlayarak araştırmacılar, yapılı çevre ile yolculuk arasındaki ilişkiyi inceleyerek yolculuk talebini yönetmeyi amaçlamışlardır. Burada yolculuk davranışlarını büyük ölçüde etkileyen faktörleri tanımlayan *hacim, çeşitlilik, tasarım ve hedef erişilebilirliği* kapsamında konu ele alınmıştır. Hacimle birim alan başına düşen konut, iş yeri, kişi sayıları ölçülmektedir. Çeşitlilik karma arazi

kullanımını ifade etmektedir. Alandaki farklı arazi kullanım sayısı ve birbirlerini tamamlayıcı olma durumları ile çoğu kez ilişkilidir. Tasarım bölge içindeki yol ağı özelliklerini içermektedir. Yol ağı, çok fazla noktadan birbirine bağlanmış yoğun kentsel ızgaralardan oluşan dümdüz caddelerden, kavis ve lolipop şeklindeki çıkmaz sokaklardan oluşan düz olmayan caddelerin oluşturduğu seyrek banliyö yol ağına kadar farklı çeşitliliklerdedir. Tasarım ayrıca; kaldırım kaplamasını, binaların yola yakınlığını, yaya geçitlerini, sokak ağaçlarının olma durumunu ve pek çok diğer fiziksel değişkenleri de kapsamaktadır. Hedef erişilebilirliği ise; işte, evde ve merkezi alanlarda en fazla, çeperlerde en az olma eğiliminde olan bölge içindeki diğer çekim merkezlerine görece erişim kolaylığıdır [Ewing ve Dumbaugh, 2009].

2000’li yıllarda ise hızlı gelişen teknolojinin yardımıyla kuramsal olarak küreselleşmenin egemen olduğu bir dönem yaşanmıştır. Küreselleşme kentleri de şekillendirmiş çok merkezli kentler ve kentsel bölgeler oluşmuş, arazi kullanımının etkisiyle ulaşım şekillenmiş, ulaşım talebi artmış, ulaşım talebinin kontrol etme zorunluluğu doğmuş ve akıllı ulaşım sistemleri ile gerçek zamanlı planlama kavramları ulaşım planlaması süreçlerinde kullanılmaya başlanmıştır [Selvi, 2009]. Ayrıca bu dönemde özellikle Avrupa’daki ulaşım politikalarını *sürdürülebilirlik* ilkesi şekillendirmiştir. “Gelecek nesillere daha iyi yarınlar bırakmanın anahtar sözcüğü” olan sürdürülebilirliği, tüm ulaşım türlerinin bir sistem olarak değerlendirildiği *ulaşımın birliği* ve ulaşım olanaklarına herkesin aynı rahatlıkta erişebilmesini ve ulaşımın etkilerinin paylaşımında adil olunmasını ifade eden *eşitlik* ilkeleri tamamlamıştır [EC, 2002].

Bugün modern dünyanın gelişmiş kentlerinin ihtiyaçları akıllı büyüme ile karşılanmaya çalışılmaktadır. *Akıllı büyüme (yeni kentleşme veya ulaşımaya yönelik gelişme olarak da adlandırılır)* daha yoğun, karma kullanımlı, çok çeşitli toplumlar oluşturmayı hedefleyen arazi kullanımı yaratma politikalarından oluşmaktadır. Akıllı büyüme daha erişebilir arazi kullanım deseni oluşturmaya, ulaşım olanaklarını iyileştirmeye, daha yaşanabilir toplumlar oluşturmaya, kamu hizmetlerinin maliyetini azaltmaya ve diğer arazi kullanım hedeflerine erişmeye yardımcı olmaktadır. Bu yapı dağınık, otomobil bağımlısı (kentsel yayılma olarak

da adlandırılan) saçaklanarak büyümeye ve daha güvenli trafik ortamı olan kentler yaratmaya alternatiftir olarak görülmektedir [Litman, 2012; Litman ve Fitzroy, 2010; Durning, 1996; Lucy, 2002 ve 2003; Lovegrove ve Litman, 2008].

Sonuç olarak, 1662’de Paris’te beş güzergâhta at arabalarıyla uygulamaya konan düşük fiyatlı toplu taşıma hizmeti ile başladığı varsayılan kentsel ulaşım, gelişmiş kentlerde II. Dünya Savaşı sonrasında kullanımı kolay otomobillerin seri üretiminin hızlanmasıyla otomobile göre şekillenmeye başlamış ve 1950’li yıllara kadar ulaşımında yaşanan sorunlar alt yapıda yapılan yerel iyileştirmelerle çözümlenmiştir. 1950’li yıllarda yerel iyileştirme yaklaşımının yetersiz bir yöntem olduğu anlaşılmış ve kentin yol ağının tümünü gözeten bütüncül yaklaşımlar geliştirilmeye başlanmış ve bir anlamda kentsel ulaşım planlaması kavramı oluşmuştur. 1950’li yıllarda basitçe büyüme hızı düşünülerek gelecekteki trafik talebini tahmin etmekle sınırlı olan kentsel ulaşım planlaması, 1960’li yıllarda daha kapsamlı ve 25-30 yıl sonrası düşünülerek hazırlanmaya başlanmıştır. 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizinin de etkisiyle uzun erimli kapsamlı planlar eleştirilmiş, ulaşım arzının planlaması kadar, yolculuk talebinin yönetilmesi veya biçimlendirilmesi de önem kazanmış ve *Yolculuk Talep Yönetimi* kavramı doğmuştur. Yolculuk Talep Yönetimi kavramı, 1990’larda önem kazanan sürdürülebilir ulaşım ve 2000’lerde önem kazanan akıllı büyüme (*ulaşıma yönelik gelişme*) kavramlarından etkilenerek kentsel ulaşım planlaması içindeki varlığını günümüzde de korumaktadır.

3. KENTSEL ARAZİ KULLANIMI TRAFİK KAZASI İLİŞKİSİ

Bu bölümde kentsel arazi kullanım kararlarının trafik kazalarına etkileri tartışılmıştır. Öncelikle konu kentsel gelişim deseni kapsamında değerlendirilmiş, daha sonra kentsel alan kullanımının ve kent içi yol özelliklerinin trafik kazalarını nasıl etkilediği açıklanmıştır.

3.1. Kentsel Gelişim Deseni Trafik Kazası İlişkisi

Bölüm 2’de belirtildiği gibi, ulaşım planlaması ve yol ağı tasarımı anlayışı dönemsel olarak farklılık göstermektedir. Farklı dönemlerin özelliklerini yansıtan yol ağlarının trafik güvenliğine etkilerinin ortaya konduğu çalışmada Garrick ve Marshall (2008); bağlantı şekli (connectivity), yol ağı özellikleri, yoğunluk, ciddi kazalar ve ulaşım türü seçimi arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. A.B.D.’nin Kaliforniya Eyaletinde bulunan yirmi dört kentte yapı adası (blok) düzeyinde yapılan çalışma sonucunda bu kentlerin yarısını “güvenli kentler” (ciddi yaralanmalı veya ölümlü kaza oranları eyalet ortalamasının yaklaşık 1/3’ü olan) olarak ve diğer yarısını da “daha az güvenli kentler” (ciddi yaralanmalı veya ölümlü kaza oranları eyalet ortalamasına yakın olan) olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Güvenli ve daha az güvenli kentlerdeki ulaşım durumu [Garrick ve Marshall, 2008]

Güvenli Kentler	Daha Az Güvenli Kentler
- Mil² başına 106 (km² başına 41) kavşak⁶ % 16 yürüme/bisiklete binme/toplu taşıma kullanma 100.000 kişi başına ortalama 3,2 trafik ölümü	- Mil² başına 63 (km² başına 24) kavşak % 4 yürüme/bisiklete binme/toplu taşıma kullanma 100.00 kişi başına ortalama 10,5 trafik ölümü

⁶ Mil; bir uzunluk birimi; kara mili: 1,609344 kilometredir. (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Mil>)

Garrick ve Marshall (2008)'a göre, genel olarak 1950 öncesinde kurulan kentler güvenli, yakın zamanda kurulan kentler daha az güvenlidir. Kentten kente değişim göstermekle birlikte, yol ağı tasarımı trafik güvenliği ile ilişkilidir. Örneğin; Kaliforniya'nın Davis Kentinde 1940'lar öncesi 211 kavşak/mil² yoğunluklu dönemlerdeki ölümlü veya ciddi yaralanmalı kaza oranı, kentin 1970 sonrası 111-132 kavşak/mil² kavşak yoğunluklu dönemine göre yaklaşık yarısıdır. Yürüme/bisiklete binme/toplu taşıma kullanma oranı 1940 öncesi dönemde kentte %59 iken, 1980 sonrası dönemde %14'tür. Kavşak yoğunluğuna ek olarak, araştırmada ayrıca ızgara deseni, çıkmaz yol (cul-de-sac) deseni ve aralarındaki diğer tüm yol desenlerini içeren (ızgaradan çıkmaz yola kadar tüm yol desenlerini) yol ağı özellikleri de incelenmiştir. Sonuçlar geneli değerlendirildiğinde tutarlıdır. Küçük yapı adalarından oluşan çok kesişimli yol ağlarının tüm incelenen yol ağı desenleri arasında en iyi performansı gösterdiği anlaşılmıştır. Yine bu çalışmada yoğunlaşma ile kısa mesafeler içinde hareket etmenin trafik kazalarını azalttığı ve yolculuk seçiminin trafik kazalarına etken olduğu görülmüştür [Garrick ve Marshall, 2008].

Yolculuk seçimi ile trafik kazaları ilişkisinin incelendiği başka bir çalışmada, Litman ve Fitzroy (2010), konuyu yolculuk talep yönetim şeklinin trafik güvenliğine etkisi kapsamında değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada [Litman ve Fitzroy, 2010] konu hakkında üç temel sonuca ulaşılmıştır: ilki, kişi başına düşen hususi araçlı yolculuk oranının artması kişi başına düşen kaza oranının da artmasına neden olduğudur. İkincisi, kişi başına düşen araçlı yolculuk sayısını azaltmak veya yolculukları otomobilden diğer ulaşım araçlarına kaydırmak gibi stratejilerin, genel anlamda kaza riskini azaltmayı sağladığıdır. Sonuncusu, taşıtlı yolculukları daha az yoğun yollara kaydırmanın kaza sıklığının azalmasına neden olmasıyla birlikte, hız artacağından oluşacak kazaların şiddeti artabilmesidir. Sonuç olarak bu çalışmada, yolculuk talep yönetim stratejilerinin en uygun maliyetli bir trafik güvenliği stratejisi olduğu ve yolculuk talep yönetiminin en önemli faydalarından birinin trafik güvenliğini artırması olduğu belirtilmektedir [Litman ve Fitzroy, 2010].

Yolculuk talep yönetimi ile benzer şekilde akıllı büyüme stratejilerinin de trafik güvenliği ile ilişkili olduğu görülmektedir. *Yeni kentleşme* veya *ulaşıma yönelik gelişme* olarak da adlandırılan *akıllı büyüme*; daha yoğun, karma kullanımlı, çok çeşitli toplumlar oluşturmayı hedefleyen arazi kullanımı yaratma politikalarından oluşmaktadır. Bu yapı dağınık ve otomobil bağımlısı olarak saçaklanarak büyümeye (kentsel yayılma) alternatiftir [Litman, 2012]. Son dönemde yapılan çeşitli çalışmalarda da [Durning, 1996; Lucy, 2002 ve 2003; Lovegrove ve Litman, 2008; Dumbaugh ve Rae, 2009; Litman ve Fitzroy, 2010] akıllı gelişme politikalarının trafik güvenliğinin arttırmasına neden olduğunu belirtilmiştir.

Akıllı büyüme ile trafik güvenliği ilişkisinin ortaya konduğu ilk çalışmalardan birinde Durning (1996), konuyu kentsel yayılmanın trafik güvenliğine etkisi kapsamında değerlendirmiş ve kentsel yayılmanın özel araç sahipliliğini, kullanımını ve sürüş hızını arttırdığını; bu nedenle oluşan trafik kazalarının sıklığının ve şiddetinin de arttığını belirtmiştir. Benzer şekilde Jones ve Jha (2009)'a göre kentsel yayılma daha yüksek hız için yeni yol tasarlanmasına ve mahalli yollarda mahalle (konut alanı) için olmayan yolculukların artmasına yol açmaktadır. Hızın artmasıyla trafik kaza sayısının da arttırmasının yüksek olasılıklı olduğunu belirten Jones ve Jha (2009), bu nedenle çalışmalarında içinden yolgeçen yapılı çevrenin fiziksel yapısı ile yol güvenliği arasındaki ilişkiyi koparmaması gerektiğini savunmuşlardır.

Dumbaugh ve Rae (2009), ABD'nin Teksas Eyaletinin San Antonio Kentinde yapmış oldukları diğer bir çalışmada kentsel yayılmaya alternatif olan akıllı büyümeye yönelik arazi kullanım politikalarının trafik yoğunlaşmasına ve bu nedenle kaza sıklığının artmasına neden olabilese de, ölüm oranlarının ve kaza şiddetinin azalmasını sağladığını ortaya koymuşlardır. Çalışmaya [Dumbaugh ve Rae, 2009] göre ayrıca geleneksel trafik riski analizi yaklaşımı trafik güvenliğine etken pek çok unsurun farkında değildir veya olduğundan daha hafif göstermektedir. Örn; trafik güvenliğini arttırmak amacıyla eskiden tavsiye edilen konut, ticaret ve rekreasyon alanlarının ayrılması veya geniş arterlerle başlayıp çıkmaz konut alanı sokaklarıyla biten hiyerarşik yapıdaki yol ağı gibi pek çok

kentsel planlama ve yol ağı planlaması uygulamaları, gerçekte trafik hızını ve taşıtlı yolculuğu arttırarak toplam kaza ve ölüm oranını arttırmaktadır. [Dumbaugh ve Rae, 2009].

Benzer bir çalışmada Lovegrove ve Litman (2008), Kanada'nın İngiliz Kolonbiyası Eyaleti'nin Büyük Vancouver Bölgesi'ndeki 479 semt verisi kullanarak kentsel ölçekte makro düzeyde kaza tahmin modelleri gerçekleştirmiş ve kentsel gelişim ile trafik kazasının ilişkisini analiz etmişlerdir. Bu analizler ile daha yoğun ve daha çeşitli arazi kullanım gelişim desenlerinden oluşan bir akıllı büyüme stratejisinin konut alanında kişi başına düşen toplam kaza sayısını % 20, ciddiyetini % 29 azaltabileceği belirlemişlerdir.

Kentsel yayılma seviyesi ile kişi başına düşen trafik kazası ölümlerinin arttığını belirten diğer bir çalışmada [Ewing ve ark., 2003], akıllı büyüme indeksindeki % 1'lik artışın trafik kazası ölümlerini % 1,5 azalttığı, aynı zamanda yaya yolculuk – mil başına ölüm oranının da bu indeksin artmasıyla azaldığı belirlenmiştir. Çalışmaya göre [Ewing ve ark., 2003] bu durumun göreceli olarak büyük coğrafi ölçekleri yansıtmamasına karşın, benzer etkilerin komşuluk ünitelerinde (mahalle, semt veya konut alanında) de yaşanması ön görülmektedir. Örneğin; akıllı büyüyen konut alanının, bölge veya şehir içine daha fazla yayılmış olan konut alanından daha az trafik kazası ölümüne sahip olması beklenmektedir [Ewing ve ark., 2003].

Son dönemde yapılan çalışmalar [Ewing, ve ark., 2007; Litman, 2008 ve 2010; Kuzmyak ve Pratt 2003; Guo ve Gandavarapu, 2010; Ewing ve Cervero 2010; Brandes ve ark., 2010] göstermektedir ki akıllı büyüme, kişi başına düşen taşıt-mil değerini yaklaşık sadece % 10 ila % 20 arasında azaltmaktadır. Ancak hareketlilikteki bu orandaki düşüş, akıllı büyümenin trafikteki ölümleri azalmasını bütünüyle açıklayamamaktadır. Diğer nedenler olarak; yol tasarımından dolayı sıkışıklığın artması ve araçların yavaş seyredebilmeleri, trafik yoğunluğu arttığından sürücülerin daha dikkatli olmaları ve yüksek riskli sürücülerin (genç erkek, engelli, çok fazla kaza veya kural ihlali yapanlar) daha iyi ulaşım seçenekleri olduğundan daha az araç kullanmaları olarak sıralanabilmektedir [Litman, 2010].

Örneğin; akıllı büyümenin olduğu bir yerleşimde, genç erkekler ve engelliler (görme yetisi zayıflamış yaşlılar gibi) daha az araç kullanmaları beklenmekte ve insanların yemek yemek, içki içmek, arkadaşına gitmek vs için dışarı çıktığında toplu taşıma kullanmaları veya yürümeleri daha yaygın olacağı ön görülmektedir. Buna karşın otomobil bağımlısı yerleşimlerde insanların daha fazla ve daha hızlı araç kullanması, gençlerin büyük olasılıkla sürücü belgeleri ve özel araçlarının olması, yaşlıların araç kullanmaya devam etmesi ve yetkililerin araç kullanma imtiyazlarından ödün vermede kararsız kalması (Örn: Sürücü belgesi alınan kişi iş ev yolculuğu için araç kullanmasının zorunlu olduğunu belirterek duruma itiraz etmesi) büyük olasıdır [Durning, 1996; Lucy, 2002 ve 2003].

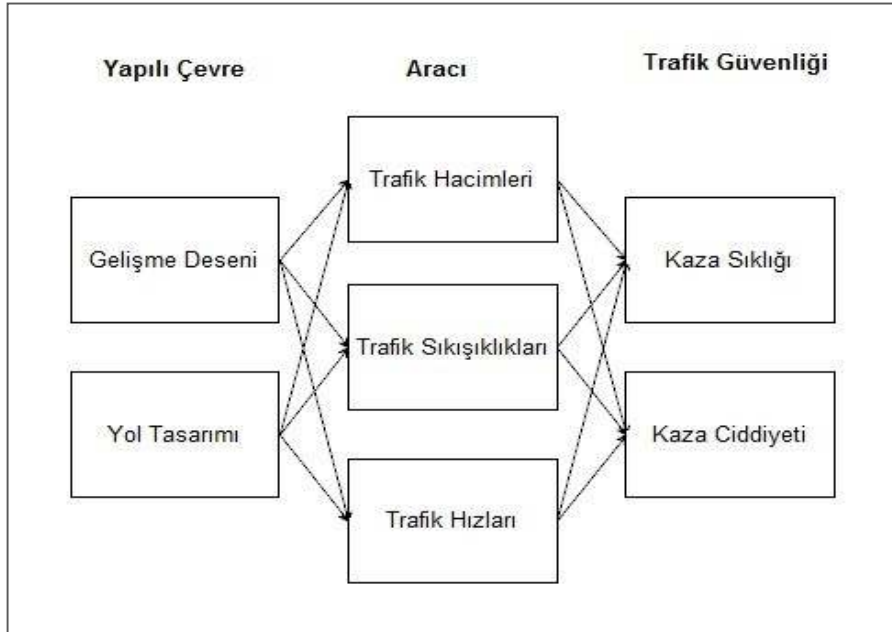
Akıllı büyüme ile gündeme gelen trafik güvenliğindeki yeni yaklaşımların, akıllı büyümenin önemli bir stratejisi olan yolculuk talep yönetimi ile desteklenmesi gerekmektedir. Yolculuk talep yönetimi, toplu taşıma sisteminin etkin kullanımını arttırmak için yolculuk davranışlarını değiştirmeye yönelik çeşitli stratejilerden oluşmaktadır [Litman ve Fitzroy, 2010]. Bu yönetim şekli, arazi kullanımında çeşitliliği destekleme, kirliliği azaltma, enerjiyi koruma, tüketici maliyetlerinde tasarruf, yol ve park etme imkânları maliyetlerinde tasarruf ve trafik tıkanıklığında azalmaları içeren çeşitli faydaları içerebilecek niteliktedir. Yolculuk talep yönetimi ayrıca, yolculuk türünün değişmesi nedeniyle kamu sağlığının ve trafik güvenliğinin artmasını sağlamaktadır. Bu yönetim türünün trafik güvenliğine etkisi tam olarak tespit edilemese de, Litman ve Fitzroy (2010) eldeki bilgilere göre aşağıdaki etkilerin gerçekleşeceğini öngörmektedir:

1. Yolculuk talep yönetimi, araçlı yolculukları azaltarak trafik kazalarını azaltabilecek bir stratejilerdir. Elde edilen bulgular, bir bölgedeki uzaklıkların % 10 azaltılmasının kaza oranlarını % 10-14 azalacağını göstermektedir.
2. “Araç kullanan öder” yaklaşımı taşıt-mil değerini düşürmekte ve risk düzeyi yüksek olan sürücülerin kat ettikleri uzaklık miktarının azaltmalarını teşvik etmektedir. Böylece, sürüş riskini azaltmada etkinlik sağlanabilmektedir.

3. Özel araç kullanarak yapılan yolculuğu, toplu taşıma veya araç paylaşımı yönünde değiştirme stratejileri, kentin özelliklerine göre değişiklik göstermekle birlikte, orta veya ileri düzeyde trafik güvenliğine fayda sağlamasına neden olmaktadır.
4. Otomobille yapılan yolculuğun, yürüyerek veya bisikletle yapılan yolculuklar gibi motorsuz yapılmasına yönelik stratejiler, değişikliği yapanlar için mil başına düşen riski arttırabilmektedir. Ancak yolculuk uzaklığı azalacağından ve diğer yol kullanıcılarının riski de düşeceğinden alandaki toplam kaza sayısının azalmasına neden olmaktadır.
5. Trafik tıkanıklığını gidermeye yönelik stratejiler genel olarak kaza sıklığını azaltır. Ancak oluşacak kazalar yüksek hızda meydana geleceğinden şiddetini arttırır. Sonuç olarak, otomobille yapılan yolculuk zamanını, güzergâhını veya hedeflerini değiştirebilen ancak toplam araçla yapılan yolculuk miktarını azaltamayan stratejilerin trafik güvenliğini arttırmadaki etkisi sınırlıdır.
6. Trafik hızlarını azaltmaya yönelik stratejiler, özellikle yüksek yaya trafiğinin olduğu kentsel alanlarda mil başına düşen kaza sıklığının ve şiddetinin azalmasına neden olmaktadır.
7. Arazi kullanım yönetiminde akıllı büyüme stratejileri, trafik yoğunluğunu ve tıkanıklığını arttıracığından şerit-mil başına kaza oranı arttırmaktadır. Ancak bu stratejilerle araçlı yolculuklar azalacağından, trafik hızı düşeceğinden ve risk düzeyi yüksek sürücülerin fiziki önlemler nedeniyle riskli araç kullanmaları zorlaşacağından kişi başına düşen kazazede sayısının azalması sağlanabilecektir.
8. Taşıt trafiğine yönelik kısıtlamalar, toplam araç mil miktarını düşürürse, kazaları azaltabilmektedir. Ancak, araçlı yolculuğu başka zamanlara veya güzergâhlara kaydırırlarsa, genel olarak trafik güvenliğini çok az iyileştirmektedir.

9. Güvenlik etkileri, belirli demografik ve coğrafi etkenlerden etkilenmektedir. Örneğin; bisiklet kullanımına yönelik koşulların iyileştirilmesiyle otomobilden bisiklete geçişlerin sağlanması ve böylelikle trafik kazalarının azaltılması mümkündür. Ancak, bisiklet kullanımına yönelik fiziki koşullar iyileştirilmemesi durumunda ise kazaların artması muhtemeldir.
10. Trafik kazalarının yarattığı hasarlar, motorlu araç kullanmanın toplumsal maliyetinin en büyük bölümlerinden birini oluşturmaktadır ve hava kirliliği veya trafik tıkanıklığından daha büyük bir maliyete sahiptir. Yol güvenliğini etkileyen bu göstergeler, ulaşım politikaları içinde öncelikli olmalıdır. Trafik emisyonunu veya sıkışıklığını % 10 azaltan ancak kaza maliyetini % 3 arttıran programlar, genel olarak düşünüldüğünde toplumsal fayda sağlamamaktadır. Diğer taraftan, trafik tıkanıklığını veya kirliliğini azaltma stratejileri eğer ki trafik kazalarını da azaltıyorsa toplum için oldukça yararlıdır.

Ewing ve Dumbaugh (2009), yapmış olduğu literatür taraması sonrası yapılı çevre ile trafik güvenliğini birbirine bağlayan kavramsal çerçevenin Şekil 3.1'deki gibi olduğunu ileri sürmüştür. Ewing ve Dumbaugh (2009)'e göre, genel olarak literatürdeki yayınlar bu çerçeveyi destekleyici niteliktedir. Bu çerçeveye göre yapılı çevre, trafik hızı ve trafik hacmi aracılığıyla kaza sıklığını ve ciddiyetini etkilemektedir. Gelişim desenleri ise, öncelikli olarak ürettikleri trafik hacimlerle, ikincil olarak da teşvik ettikleri hızlarla trafik güvenliğine teshir etmektedir. Yol ağı tasarımları da, öncelikli olarak izin verdikleri trafik hızlarıyla, ikinci olarak ürettikleri trafik hacimleriyle trafik güvenliğini azaltmakta ya da arttırmaktadır. Yine bu çerçevede aracı durumda olan trafik hacimleri, öncelikli olarak kaza sıklığını, trafik hızları ise öncelikli olarak kaza ciddiyetini etkilemektedir.



Şekil 3.1. Yapılı çevre ile trafik güvenliğini birbirine bağlayan kavramsal çerçeve [Ewing ve Dumbaugh, 2009]

Sonuç olarak yapılan çalışmalar göstermektedir ki, kentsel yayılma trafik güvenliğini azaltmakta, akıllı büyüme ile yolculuk talep yönetimi stratejileri trafik güvenliğini arttırmaktadır. Ayrıca, akıllı büyüme ve yolculuk talep yönetiminin kentliye en büyük faydalarından birinin, trafik güvenliğini arttırması olduğu görülmektedir.

3.2. Kentsel Alan Kullanımı Trafik Kazası İlişkisi

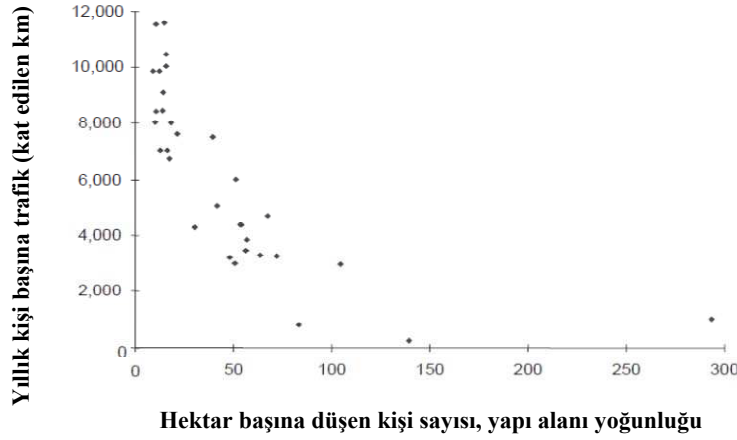
Arazi kullanım planları ve alan kullanımları; trafik hacmini, farklı türdeki yollardaki trafiğin dağılımını, ulaşımın türel dağılımını, her bir yoldaki trafik kaza oranını ve trafik üreten sanayilerin yer seçimini etkileyerek trafik güvenliğini etki edebilmektedir [Elvik ve ark., 2009]. Ayrıca, uzun dönem alan kullanım planları doğrultusu dışında büyük arazilerin yapılaşması (imarlaşması) genel olarak, gereksiz bir trafiğin veya kaotik ve tehlikeli bir trafik sisteminin oluşmasına neden olabilmekte ve trafik kaza sayısının artmasını sağlayabilmektedir [Fridstrøm ve ark. 1993, 1995].

Elvik ve ark. (2009), kentsel alan kullanım planlamasının bir trafik güvenliği aracı olarak kullanılmasının temel amacını; yol, konut alanı, çalışma alanı ve diğer üretim alanlarına yer seçiminde, trafik hacmi ve yolculuk mesafelerini en aza indirecek yöntemler kullanmak olarak belirlemiştir. Alan kullanım planlarının; sanayi veya konut gelişimini destekleme, tarım veya rekreasyon alanlarını koruma, çeşitli araçlar kullanılarak daha etkin trafik akışı sağlama gibi farklı stratejik amaçlarda kullanılması, bu amaçların da trafik güvenliğinin amaçlarıyla örtüşmesi mümkündür [Elvik ve ark., 2009].

Kentsel alan kullanımı trafik kazası ilişkisinin incelendiği literatürdeki çalışmalar değerlendirildiğinde, çalışmaların kullanım türü kaza ilişkisi ile kullanım yoğunluğu kaza ilişkisi başlıklarında toplanabileceği görülmüştür. Bu nedenle çalışma bu iki başlık altında geliştirilmiştir.

3.2.1. Kentsel yoğunlaşmanın trafik kazalarına etkisi

Kentsel alanlardaki yapı ve beraberinde nüfus yoğunluğu, yolcu yapısını ve trafik kazası riskini etkilemektedir [Litman, 2012]. Bazı arazi kullanım desenleri diğerlerinden daha fazla trafiğe sebep olmaktadır. Örneğin; çok fazla müstakil bahçeli ve motorlu taşıt erişimli konut inşa etmek özel araç kullanımının artmasına ve toplu taşıma kullanımının azalmasına neden olmaktadır [Hall, 1975]. Ancak, hangi arazi kullanım deseninin en az trafiğe neden olduğu tam olarak belli değildir [Loder ve Bayly, 1973; Espedal ve Omland, 1982; Brindle, 1984]. Aynı zamanda, trafik hacmi ile arazi kullanımı arasındaki ilişkiyi ölçmenin zor olduğu kanıtlanmıştır [Hanssen, 1993a]. Ancak pek çok çalışmada yapı yoğunluğunun artması ile kişi başına düşen yolculuk miktarının azalmasının ilişkili olduğu belirtilmektedir [Elvik ve ark., 2009; Litman, 2012; Litman and Fitzroy, 2010; Durning, 1996; Vanderbilt, 2008; Newman ve Kenworthy, 1989; Næss, 1996; Newman ve Kenworthy, 2006]. Örneğin; 32 kentteki trafik ve arazi kullanımı arasındaki ilişkinin incelendiği bir çalışmaya göre yapı yoğunluğu ile trafik hacmi arasında güçlü negatif ilişki Şekil 3.2’de belirtildiği gibidir [Newman ve Kenworthy, 1989].



Şekil 3.2. Kişi başına trafik ile yapılaşma yoğunluğunun 32 kentteki ilişkisi
[Newman ve Kenworthy, 1989]

Norveç'teki 21 yerleşim üzerine yapılan bir çalışmada [Larsen ve Saglie, 1995], kentsel alan başına düşen kişi sayısı 1970 yılında 450 kişi/m² iken 1990'da 554 kişi/m² olduğu görülmüştür. Bu durum, yapılaşma yoğunluğunun hektar başına 22 kişiden 18 kişiye düştüğü anlamı taşımaktadır. Uluslar arası ölçekte, Norveç yerleşimleri ve kentleri çok düşük yapılaşma yoğunluğuna sahiptir. Norveç yerleşimlerindeki nüfus ve yapı yoğunluğunun yıllar içinde azalmasının trafik miktarına etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada [Næss, 1996] yapılaşma yoğunluğunun artması ile kişi başına düşen trafik miktarının azalmasının ilişkili olduğu görülmüştür.

Yapı ve nüfus yoğunluğundaki değişim trafik miktarını etkilediği gibi trafik kazası miktarını da etkilemektedir. Yapılan çalışmalarda genel olarak yapılaşma ve nüfus yoğunluğundaki artışın kişi başına düşen kaza sayısının azalmasıyla ilişkili olduğu belirtilmektedir [Durning, 1996; Elvik ve Muskaug, 1994; Dumbaugh ve Rae, 2009; Hadayeghi ve ark., 2003; Ewing ve Dumbaugh, 2009; Litman, 2012; Elvik ve ark., 2009; Litman and Fitzroy, 2010; Dumbaugh ve Rae, 2009; Banister, 1995].

Durning (1996), A.B.D'nin Washington Eyaletinin Puget Sound Bölgesinde kişi başına düşen trafik kazazede sayısının düşük yoğunluklu konut alanlarında, yüksek yoğunluklu alanlara göre 4 kat daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde

Elvik ve Muskaug (1994), yapmış oldukları çalışmayla kentsel alanlarda kat edilen kilometre başına düşen yaralanmalı kaza riskinin kırsal alanlardan daha fazla olduğunu, bu nedenle kentsel alanların yayılmasının kaza oranının artmasına neden olacağını ortaya koymuşlardır.

Dumbaugh ve Rae (2009), ABD'nin San Antonio Eyaleti Texas Kenti örneğinde kaza oranlarının rekreasyon analizini gerçekleştirmişler, çeşitli demografik ve coğrafi etkenlere göre aşağıdaki sonuçları elde etmişlerdir:

1. Taşıtlı yolculuğun artması kaza oranının artmasına neden olmaktadır. Konut alanındaki taşıtlı yolculuğa eklenen her milyon-mil için kaza yaklaşık % 0,75 artmaktadır.
2. Nüfus yoğunluğu ile daha az kaza arasında anlamlı bir ilişki vardır. Konut alanlarında 0,404 dönüm (İngiliz dönümü) başına kişi sayısındaki her bir artış, kaza sıklığını % 0,05 azaltmaktadır.
3. Hem genç hem de yaşlı sürücülerin sayıları toplam kaza sayısındaki artış ile ilgilidir.

Hadayeghi ve ark. (2003), küçük ölçekli alan çalışmalarının bazılarında daha yüksek yoğunluklu nüfusun olduğu yerlerde kişi başına daha fazla kaza tespit edilmişlerdir. Hadayeghi ve ark. (2003) göre, yüksek nüfus yoğunluğunun olduğu alanlar iş merkezlerinin içinde veya yakınında yer alma eğilimindedir. Bu nedenle, sadece yerel trafiğin değil aynı zamanda bölgesel trafiğin de diğer alanlardan girişine maruz kalmaktadır. Ayrıca, yüksek yoğunluklu alanların içinden büyük olasılıkla kazaların sıklıkla gerçekleştiği çok şeritli ana arterler geçmektedir. Bunlar olayı karmaşık bir hale getiren etkilere sahiptir.

Sonuç olarak, kişi başına düşen kat edilen uzaklık miktarının, trafik hızının ve ölümcül kaza olma olasılığının daha az olması nedeniyle kentsel alanlardaki trafik ortamı, kent çeperindeki düşük hacimli ortamlardan daha güvenlidir [Ewing ve Dumbaugh, 2009]. Ayrıca, kentsel yoğunluğu artırma genel olarak, kişi başına kat

edilen mesafenin, kazaların ciddiyetinin ve kişi başına ölümlerin azalmasını, buna karşın kat edilen mesafe başına kaza oranının artmasını sağlamaktadır [Litman, 2012].

3.2.2. Kentsel alan kullanım türünün trafik kazalarına etkisi

Kentsel alan kullanımdaki farklılaşma değişik türdeki yolculukları çekmekte veya üretmekte, yolculuk yapma davranışı da trafiğin mevcut yapısını ve hacmini etkilemekte, bu nedenle farklı arazi kullanımlarının kazaya karışma potansiyelinin de farklı olması beklenmektedir [Elvik ve ark., 2009].

Dumbaugh ve Rae (2009), şehir planlama ile trafik güvenliği arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında, kent yapısına ve trafik kazasına ilişkin mekânsal verileri CBS yardımıyla ve negatif binom modeller (negative binomial models) kullanılarak Teksas Eyaleti'nin San Antonio Kenti için analiz edilmiştir. Bu çalışmada, trafiğe bağlı ölüm sıklığının artması ile ilişkili olan ana arterler ve ana arter odaklı ticari gelişimler bulunmuştur. Ayrıca yüksek yoğunluklu yaya mekânlarını içeren geleneksel küçük ölçekli ticari yapılanmaların olduğu bölgeler ile daha az kaza arasında ilişki tespit edilmiştir. Ticari kullanımların yapılanmasındaki tasarımın trafik kazalarının oluş sıklığı açısından son derece önemli olduğu görülmüştür. Ana artere yönelik perakende veya ticaret parselindeki her bir artışın toplam kazaların % 1,3 artmasıyla ve her bir ek alışveriş merkezinin toplam kazaların % 6,6 artmasıyla; buna karşın, yaya ölçekli ticaret veya perakende kullanımları da kazalardaki % 2,2'lik azalmasıyla ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Dumbaugh ve Rae (2009)'a göre ayrıca, ana arterlerin erişimini katı kurallarla yönetilerek ve perakende ile ticaret kullanımını ana arterlerden uzakta tutularak veya ana arter sistemine bağlantısını düşük hızlı yollarla ve sınırlı sayıda erişimle sağlayacak şekilde yönlendirerek trafik güvenliğinin artırılabilmesi mümkündür.

ABD'nin Havai Eyaletinin Honolulu Kentinde yaptıkları çalışmada Kim ve Yamashita (2002), kaza tespit tutanağı, kazazedenin kaza sonrası durumu ve arazi

kullanım bilgilerini tek bir veri tabanında toplayarak analizler gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada [Kim ve Yamashita,2002], arazi kullanım türüne veya sınıfına göre kaza ve kazazede sayısı açık bir şekilde tahmin edilemese de, bu tür çalışmalar için başlangıç niteliğinde olan bulgular elde edilmiş ve yöntem kurgulanmıştır.

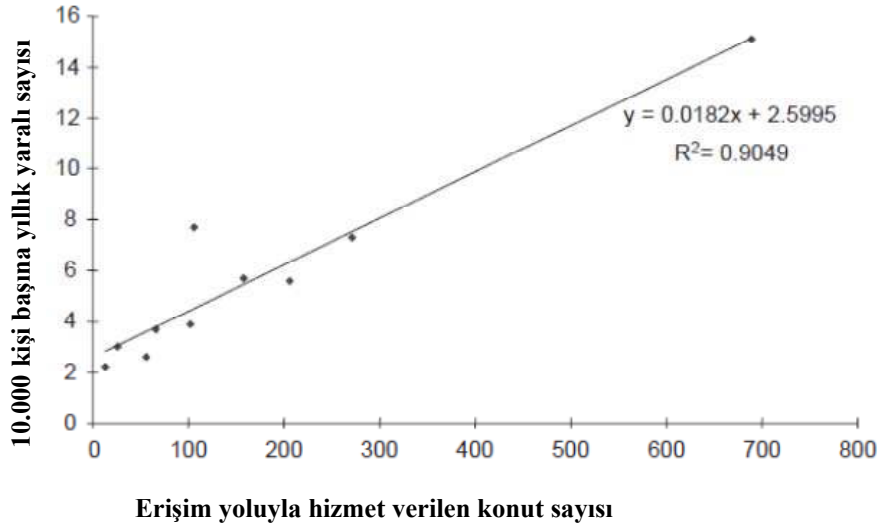
Kim ve Yamashita (2002), bu bilgilerin özellikle şehir plancıları, politikacılar, kent yöneticileri kentsel gelişimde fayda /maliyet hesabı yapan diğer meslek grupları ve trafik kazalarının sosyo-ekonomik maliyeti ile ilgilenenler için çok önemli olduğunu belirtmişlerdir. Kim ve Yamashita (2002)'e göre, arazi kullanımı, insan etkinlikleri, trafik ve trafik kazaları arasındaki etkileşimi kavramak için daha gelişmiş yöntemlerin kullanıldığı çalışmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca mevcut coğrafi verileri doğrulamak ve arazi kullanımı ile trafik kazası arasındaki ilişkiyi daha iyi anlamak için diğer coğrafi veri tabanlarına ve her türlü yönlendirici belgelere ihtiyaç duyulmaktadır.

Kentsel alandaki yollar genel olarak, kırsal alandaki yollara göre daha fazla kaza oranına sahiptir ve kaza oranı, yol çevresindeki etkinliklerin yapısından da etkilenmektedir [Elvik ve ark., 2009]. Elvik ve ark. (2009), Norveç'te yapılan bir çalışma [Blakstad, 1990] ile Almanya'da yapılan başka bir çalışmaki [Kohler ve Schwamb, 1993] konut, sanayi ve karma kullanım alanlarındaki kaza oranlarını karşılaştırmışlardır. Çizelge 3.2'de karşılaştırma sonuçları (milyon taşıt kilometreye düşen yaralanmalı kaza sayısı) görülmektedir. Konut alanlarındaki yollardaki kaza oranı 1.00 olarak kabul edilmiştir. Norveç'te konut alanlarıyla diğer alanlar arasında kaza oranı açısından belirgin bir fark görülememiştir. Almanya'da sanayi alanlarındaki ve karama arazi kullanım alanlarındaki kaza oranının konut alanlarındakinden daha yüksek olduğu görülmüştür [Elvik ve ark., 2009].

Çizelge 3.2. Kentsel yolların çevresinin yapılaşma durumu ile kaza oranlarının karşılaştırılması [Elvik ve ark., 2009]

Yapı Yoğunluğu	Yapı Türü	Göreceli Risk	
		İsveç	Almanya
Orta	Konut	1,00	1,00
	Karma		0,97(0,84; 1,12)
	Sanayi	0,86 (0,70; 1,05)	1,24 (1,04; 1,47)
Yoğun	Konut	1,00	1,00
	Karma		1,59 (1,39; 1,82)
	Sanayi	1,03 (0,84; 1,27)	1,42 (1,23; 1,63)

Konut alanları içindeki erişim yollarındaki kaza oranı ile yolun tasarımı ve hizmet ettiği konut sayısı ilişkisinin incelendiği İngiltere'deki bir çalışmada [Bennett ve Marland, 1978] konut alanlarındaki erişim yollarındaki kazaların neden olduğu riskin (halk sağlığı riski) erişim yollarının hizmet ettiği konut sayısının artışıyla artını ortaya koymuştur. Yolun hizmet ettiği konut sayısı ile kaza riski arasındaki ilişki Şekil 3.3'de sunulmuştur. İlişki trafik hacmindeki farklılaşma ile açıklanabilir. Buna göre, daha fazla konuta hizmet veren erişim yolları daha fazla trafiğe neden olmaktadır.



Şekil 3.3. Trafik kazalarının neden olduğu halk sağlığı riski ile erişim yollarıyla hizmet verilen konut sayısının ilişkisi [Bennett ve Marland, 1978]

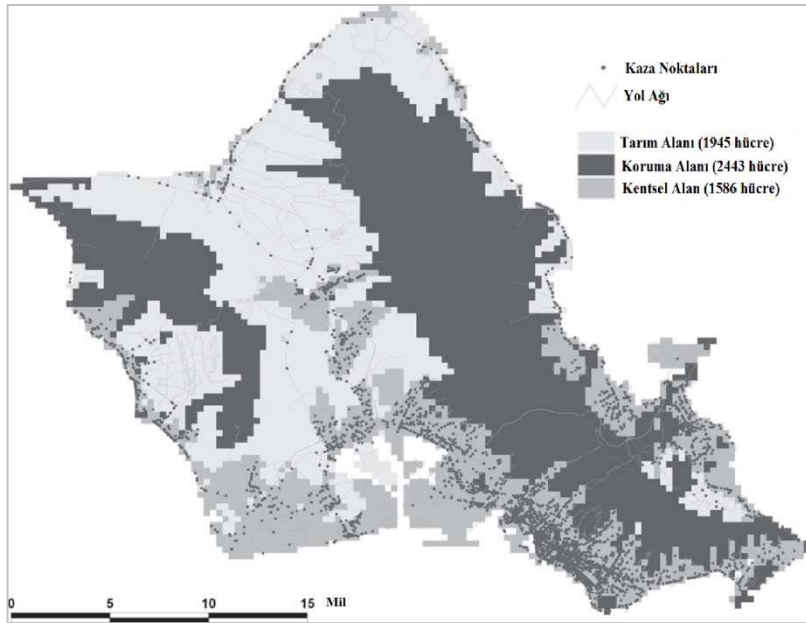
Norveç'teki bir çalışmada hız sınırlarına ve hız tümseklerine bağlı olarak erişim yollarındaki kaza oranları hesaplanmıştır. Çalışmanın sonuçları Çizelge 3.3'de özetlenmiştir. Buna göre, konut alanlarında olan erişim yollarındaki kaza oranları, hız sınırlarını aşağıya çekerek ve hızı önleyici fiziksel tedbirler olarak azaltılabilmektedir [Blakstad ve Giæver, 1989].

Çizelge 3.3. Alınan önlemlere bağlı olarak erişim yollarındaki kaza oranları [Blakstad ve Giæver, 1989]

Hız Sınırı	Önlem Türü	Milyon Taşıt Km Başına Yaralamalı Kaza Sayısı	
		Orta Yoğun	Yoğun
50	Yok	1,43 (+/- 0,51)	1,95 (+/- 3,82)
40	Yok	1,43 (+/- 1,98)	3,17 (+/- 2,07)
30	Yok	1,74 (+/- 0,51)	1,96 (+/- 0,75)
30	Kasis	0,48 (+/- 0,54)	

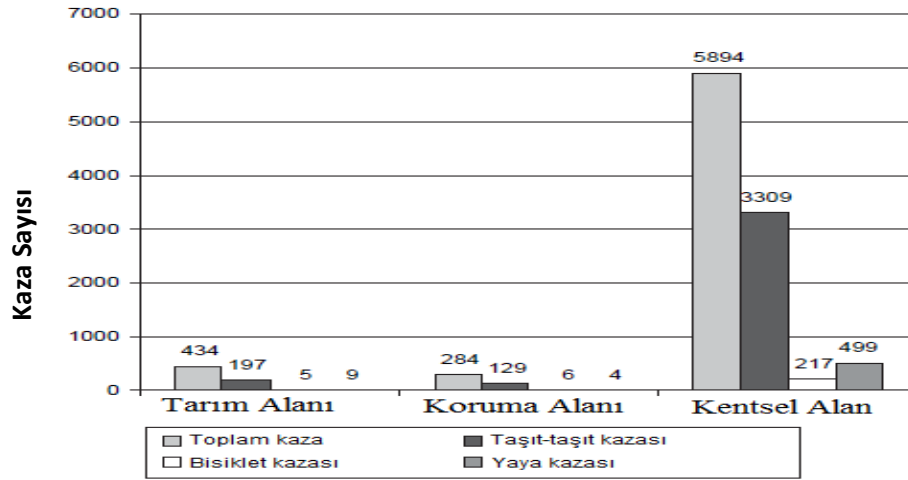
Kim ve ark. (2006), arazi kullanımı, nüfus, sektörel istihdam, ekonomik üretim ile trafik kazası arasındaki ilişkiyi, Havai'nin başkenti Honolulu örneğinde kapsamlı bir veri seti kullanılarak, 0,259 km²lik ızgara hücrelerle ve ilişkiisel lineer regresyon modelleriyle incelemişlerdir. Şekil 3.4'de belirtildiği gibi, çalışma alanının 1945

hücreleri tarım alanı, 2443 hücreleri koruma alanı ve 1586 hücreleri kentsel alandır. Buna göre en büyük alanı koruma alanı, en küçük alanı da kentsel alan kaplamaktadır. Bu modelin diğer yaklaşımlara (düzgün olmayan büyüklükte ve şekilde olan trafik analizi alanlarına, nüfus alanlarına veya yapı alanlarına) göre üstün yanları olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada nüfus, iş sayısı, ekonomik üretim ile kazalar arasındaki istatistiksel anlamlılık ilişkisi tanımlanmıştır. Genel olan etkilerin bazıları tasnif edildikten sonra, negatif binom modeli kullanarak bu faktörlerin bisiklet, yaya, taşıt-taşıt ve toplam kazaların sayısına doğrudan ve dolaylı etkilerine bakmışlardır. Burada çok değişkenli model ile farklı etkileri kıyaslamayı ve bölgesel özellikler ile kaza arasındaki ilişkileri tanımlamayı amaçlamışlardır [Kim ve ark., 2006].



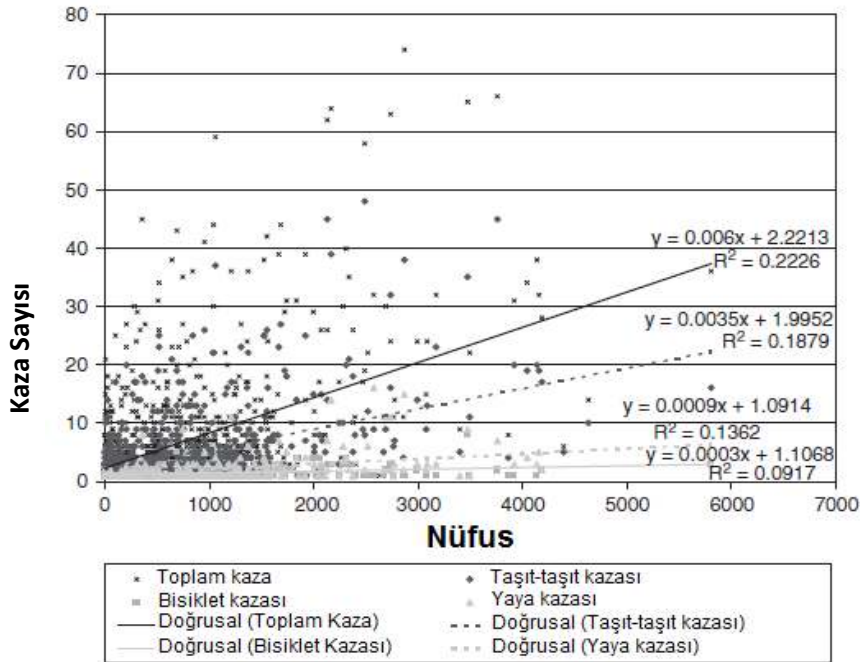
Şekil 3.4. Arazi kullanımını gösteren ızgara yapı [Kim ve ark., 2006]

Çalışmadaki [Kim ve ark., 2006] trafik kazası verilerinin büyük çoğunluğu kentsel alanlara aittir. Tarım alanları ile koruma alanlarındaki kazaların toplamının yaklaşık on katı, kentsel alanlardadır. Kazalar bisiklet kazası, yaya kazası ve taşıt-taşıt kazası olarak sınıflandığında da her üç kaza türünün de büyük oranda kentsel alanlarda yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 3.5).



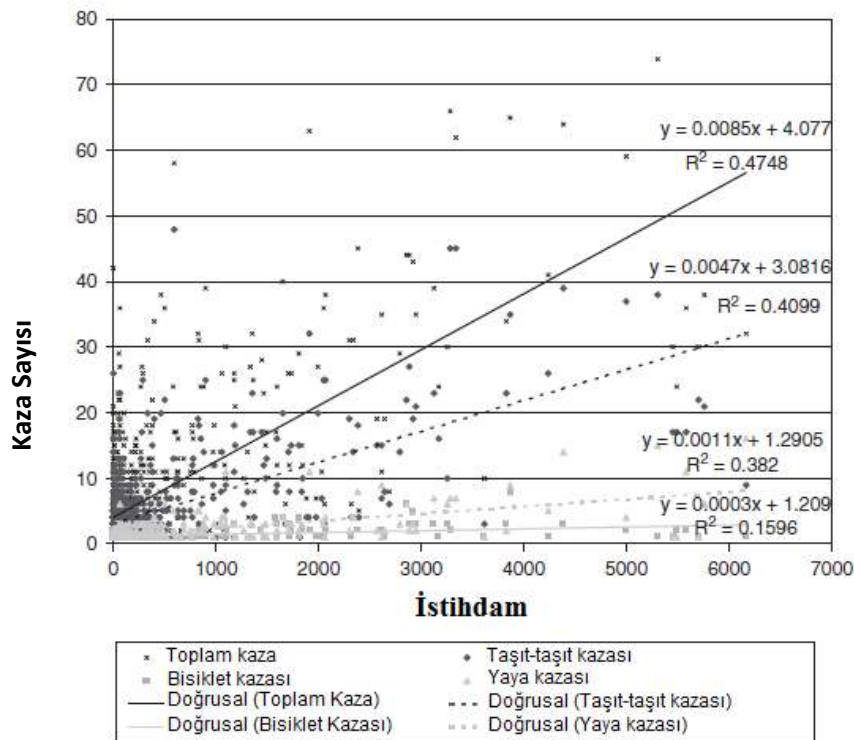
Şekil 3.5. Arazi kullanımı ve kaza [Kim ve ark., 2006]

Farklı kaza türlerinin (toplam, yaya ve taşıt-taşıtlı kazası) nüfusla ilişkisinin sunulduğu Şekil 3.6'ya göre, belirtilen her üç kaza türünün de nüfusla arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Nüfusun toplam kazalardaki varyasyonu % 22,3, taşıt-taşıtlı kazalarındaki % 18,8, yaya kazalarında %13,6 ve yaya kazalarında % 9,2 olarak hesaplanmıştır [Kim ve ark., 2006].



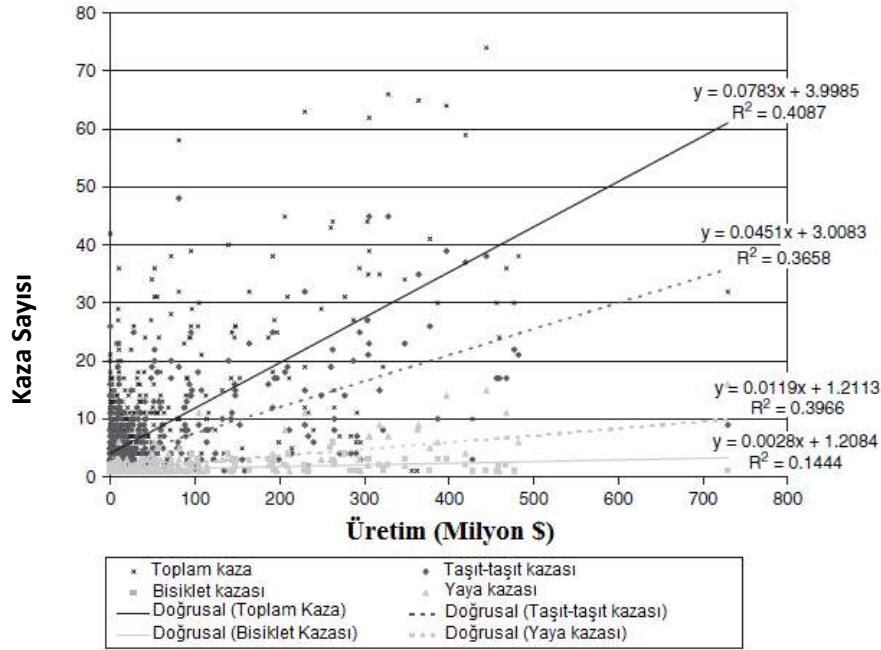
Şekil 3.6. Nüfus ve kaza [Kim ve ark., 2006]

Şekil 3.7’de istihdamla (iş yeri sayısı) kaza arasındaki ilişki sunulmuştur. Burada çarpıcı olan R^2 değerinin toplam kazalarda % 47,5, taşıt-taşıtlı kazalarında % 41, yaya kazalarında %38,2 ve bisiklet kazalarında % 16 olmasıdır. Bu değerler Şekil 3.6’daki nüfus için belirtilen değerlerden daha yüksektir. Bu sonuçlara göre, nüfus ile iş yeri sayısının kaza yoğunluğu ile ilişkisi karşılaştırıldığında, hücrelerdeki iş yeri sayısının kaza sayısı ile daha güçlü ilişkili olduğu görülmektedir [Kim ve ark., 2006].



Şekil 3.7. İstihdam ve kaza [Kim ve ark., 2006]

Şekil 3.8’de konu ekonomik gelişmişlik yönünden konu ele alınmıştır. Bu değişken de iş yeri sayısı ile ilişkili olmakla birlikte, burada her bir $0,1 \text{ mil}^2$ ($0,259 \text{ km}^2$) büyüklüğündeki ızgara hücreler içindeki tahmini ekonomik çıktıyı içermektedir. Kaza ile ekonomik çıktı arasında pozitif bir ilişki vardır. Regresyon katsayısı, hem nüfus hem de istihdama (iş yeri sayısına) oranla daha büyüktür [Kim ve ark., 2006].



Şekil 3.8. Ekonomik çıktılar ve kaza [Kim ve ark., 2006]

Kim ve ark. (2006) ayrıca yaptıkları değerlendirmeye kentsel alanda trafik kaza yoğunluğunun fazla oluşunu, kentsel alanların yaşama ile çalışma alanı olmasına ve yapılaşmanın daha yoğun olduğu bu alanlarda koruma alanı ve tarımsal alanlardan daha fazla etkinlik olmasına bağlamışlardır. Ayrıca;

- Izgara hücresinin özellikleri kazanın nedeni veya üstlenicisi olamayacağını,
- ‘Sürücüler ile diğer yol kullanıcıları kazaların en önemli sorumlularıdır’ yaklaşımı gerçeklii sürdürse de; araştırmaya göre nüfusun, istihdamın ve kentsel gelişimin yapısının kaza sıklığı ile ilişkisi olduğunu,
- Bu tür çalışmaların, etki analizi çalışmaları içinde potansiyeli hesaplamada kullanılabileceğini ve böylelikle yeni gelişme, yoğunluk artırma veya mevcut ekonomik etkinliğin yapısını değiştirmenin trafik güvenliğini nasıl etkileyeceğinin kestirilebileceğini,
- Ticari etkinliklerin ve parkın olduğu alanlarda özellikle yaya güvenliğine önem verilmesi gerektiğini, ayrıca ticaret alanlarında tüm kazaların ve taşıt-

taşıt kazalarının daha sık gerçekleştiğini, okul çevresindeki alanlarda da tüm kazaların daha sık gerçekleştiğini,

- Her dört kaza türü de nüfus (ve nüfus yoğunluğu) ile ilgili olsa da, yaya güvenliği ile park ve ticaret etkinliklerinin ilişkisinin daha ayrıntılı incelenmesi gerektiğini,
- Ekonomik gelişmişliğin yapısı veya yoğunluğu ve etkinlikler ile bisiklet kazaları büyük ölçüde ilişkili görülmediğini,
- Taşıt - taşıt kazalarının ticari etkinliklerin ve istihdamın yoğunluğu ile ilişkili olduğunu,
- Sosyoekonomik yapı, yol çevresi ve trafik deseni gibi pek çok değişken, çalışmada uygulanan yöntemle veya benzeri yöntemlerle incelenebileceğini belirtmişlerdir.

Benzer çalışmaları gerçekleştiren; Levine ve ark. (1995a, 1995b), Hadayeghi ve ark. (2003), Kmet ve ark. (2003), Ladrón de Guevara ve ark. (2004), Hadayeghi ve ark. (2006), Lovegrove ve Sayed (2006) bir bölgedeki konut ve iş yeri sayısı ile arter yol uzunluğunun trafik kaza sayısı ile ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir.

İş Yerlerinin Yer Değiştirmesi

Kentsel alan kullanım planları, sosyal planlamada çok uzun dönem araçları olarak görülmektedir. Toplumun fiziksel yapısı yavaş değişmesine karşın yer değiştirme oldukça yaygındır. Zaman içinde alandaki yapılaşma çok az değişmiş olsa da, alan içinde üretimin yer değiştirmesi ulaşımın yapısında büyük ölçüde değiştirebilmektedir. İş yerlerinin yer değiştirmesine yönelik yapılan çalışmalar, işe gidişlerde yolculuk süresi artabilmekte ve bundan dolayı ulaşımındaki türel dağılım değişebilmekte olduğunu göstermektedir [Hanssen 1993b, 1995].

İş yerlerinin yer değiştirmesinin trafik güvenliğine ve yolculuk davranışlarına olan etkilerine yönelik Strand (1993)'ın yapmış olduğu çalışmada; bir sigorta firmasının

Oslo şehir merkezinden kent çeperindeki Lysaker Mevkiine taşındığında iş arabayla gidiş oranı %17'den % 35'e yükseldiğini belirtmiştir. Aynı çalışmada [Strand, 1993], San Francisco kent merkezindeki ofisleri yer değiştirmesiyle çalışanların evden işe gidip gelme mesafelerinin ortalama olarak yaklaşık aynı kaldığı halde, toplu taşıma kullanımının % 56'dan % 3'e düştüğü ve özel araç kullanımının da 3 kat arttığı görülmüştür.

Benzer bir çalışmayı gerçekleştiren Lervag (1985), bankacılık sektörünün Trondheim kent merkezinden dışarı taşınmasını ev-iş yolculuklarındaki toplu taşıma kullanımının % 69 oranında, yürüme veya bisiklete binmenin % 67 oranında azalmasıyla ilişkilendirmiştir. Ayrıca taşınma sonrası özel araç kullanımının % 190 arttığı tespit edilmiştir.

Fosli (1995)'nin Oslo'da yaptığı çalışmada, kent çeperlerinden daha merkeze yakın bir yere taşınan şirketteki yolculuk türel dağılımı incelenmiş ve işe gidiş-gelişte toplu taşıma kullanımı ile bisiklete binme veya yürümenin arttığı görülmüştür. Ayrıca bu çalışmada, özel araçla yapılan yolculukların da % 35 azaldığı anlaşılmıştır.

Sonuç olarak, çalışma alanlarının şehir merkezinde yer seçmesi toplu taşıma kullanımının artmasına ve işe gitmek için özel araç kullanımının azalmasına; kentlerin çeperlerinde yer seçmesi durumunda ise, iş yerine gidiş ve gelişteki toplam yolculuğun (yolcu kilometre değerini) ve özel araç kullanımının artmasına neden olmaktadır [Elvik ve ark., 2009; Strand, 1993; Lervag, 1985; Fosli, 1995].

3.3. Kentsel Yol Ağı Trafik Kazası İlişkisi

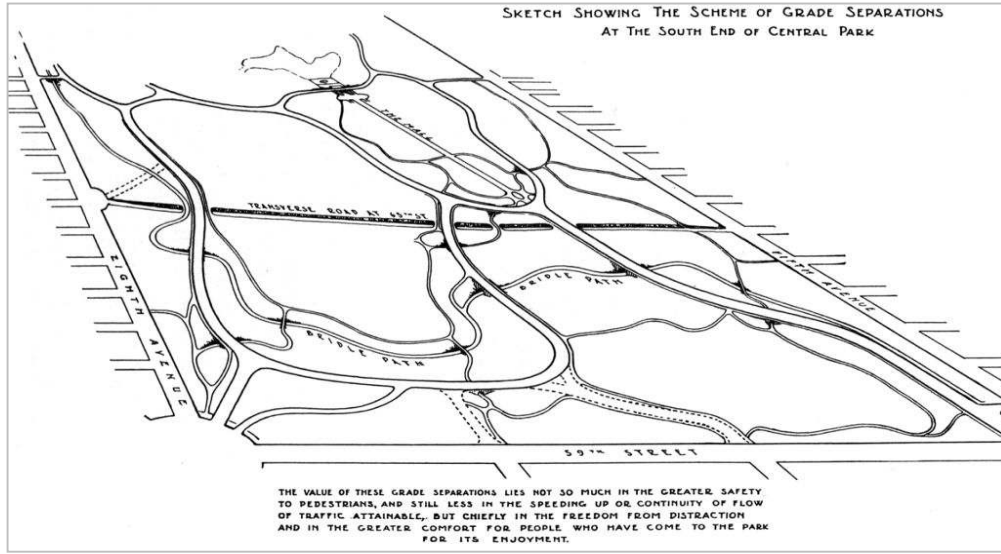
Kent içi yol ağı, yolların kesişim noktası olan kavşaklardan ve kavşaklar arasındaki yol kesimlerinden oluşmaktadır. Bu nedenle çalışmanın bu bölümünde kent içi yol ağı trafik kazası ilişkisi, yol kesimlerinin ve kavşakların ilişkileri olmak üzere iki alt başlıkta incelenmiştir.

3.3.1. Kent içi yol kesim özelliklerinin trafik kazalarına etkisi

Şehir planlama mesleğinin trafik güvenliğiyle geçmişteki ilgisi, ızgara sistemine eleştirisine dayanmaktadır. 20. yy'ın ilk on yılında hususi otomobilin yaygınlaşmasıyla ızgara yol ağı, otomobil kullanımına göre şekillenmiş birbirine benzer yollardan oluşmuştur. Bu durumda, motorlu taşıtlar ile bölge (mahalle) sakinleri ve rekreasyon amaçlı yol ağını kullananlar arasında istenmeyen bir kargaşaya neden olmuştur [Dumbaugh ve Rae, 2009].

Izgara sistemine yönelik eski bir eleştiride, Frederick Law Olmsted Jr. (1916), kent veya arazi sahipleri adına yapılmış olsa da bu sistemin yol ağı plancılarının tercihi olduğunu, sadece ulaşım problemi düşünülerek yerleştirilmiş ana arterlerin kamu ihtiyacını yeteri kadar karşılayacak nitelikte olmadığını belirtmiştir. Olmsted (1916)'a göre; kamu tasarımcıları standart ızgara düzenlemelerinden uzaklaşırsa ve trafiğin kendine özgü farklı işlevlerine göre yol ağı tasararlarsa güvenlik, estetik ve işlevsel verimliliğin geliştirilmesi mümkün olabilir.

Trafiğin işlevine göre yol ağı tasarımının ilk örneklerinden biri olarak New York'taki Central Park verilebilir. Şekil 3.9'da gösterildiği gibi, Olmsted farklı seviyeli, yavaş hızdan parkı geçen transit trafiği ayırmak için ana yola sınırlı erişimi olan ve çok fazla rekreasyonel etkinliği içinde barındıran bir park tasarlamıştır [Dumbaugh ve Rae, 2009].



Şekil 3.9. New York'taki Central Park planı [Dumbaugh ve Rae, 2009]

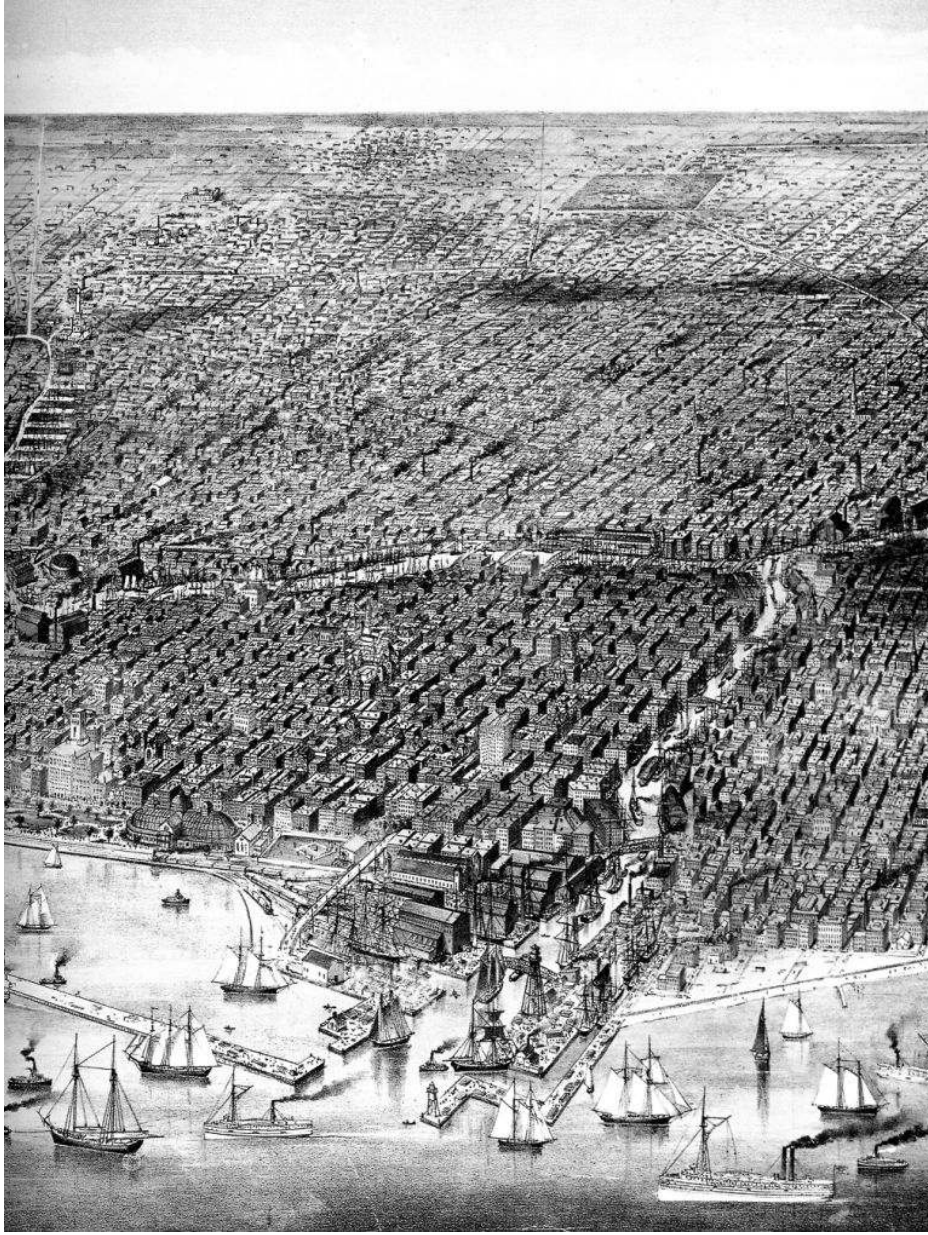
Robinson (1911) *Width and Arrangement of Streets* yayınıyla caddelerin sadece motorlu taşıtlar için tasarlanmaması gerektiği fikrini ortaya koymuştur. Robinson (1911), yol ağı motorlu taşıtlara göre tasarlanmaması durumunda, trafiğin de o derecede azalacağını ileri sürmüştür [Dumbaugh ve Rae, 2009].

Mahallelerin konut alanı olma özelliklerini korumanın ötesinde bu yaklaşımın trafik güvenliğini arttıracak tahmin edilmiştir. Konuya erken Şehir Planlama Rehberi'nde; “Eğer trafiğin taşıyıcısı durumundaki ana arter yollar ile yerel hizmet etme amaçlı ikincil veya orta düzeydeki yollar arasında belirgin bir farklılaşma varsa, çok sık karşıya geçme gerekliliği sağlanamaz. Geniş caddeler kavşaktan gelen araçlara daha iyi görüş imkânı sağlar ve doğru bir hızda araçların hareket etmesi sağlanırsa konut alanının trafik güvenliğinden de ödün verilmemiş olur. Bu yaklaşımla trafik güvenliğinin artacağı beklenmektedir” şeklinde ele alınmıştır [Haldeman, 1916].

Dumbaugh ve Rae (2009)'e göre, bu rehberde genel olarak iki güvenlik yaklaşımı vardır. İlki, yeni otomobil ana arterleri düzenleyerek ve genişleterek tasarımcılar, sürücülere tehlikeyi uzaktan görme ve tehlike anında karalarını değiştirebilecek kadar süre tanıma imkânı verilmesidir. İkinci yaklaşım ise, kavşak sayısı azaltılarak

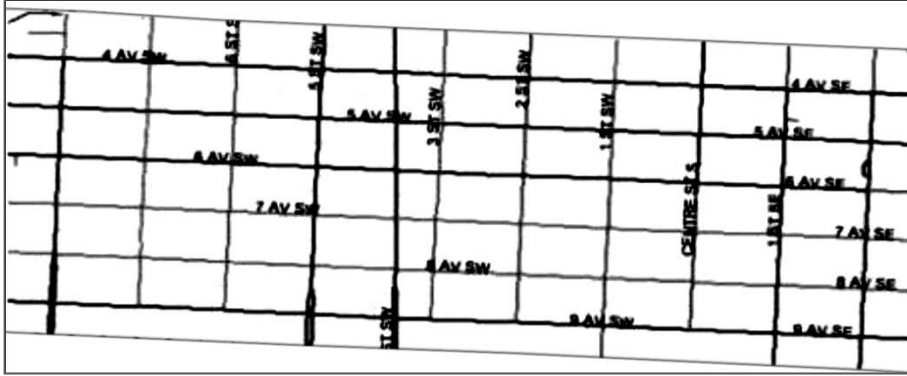
trafik güvenliği arttırılabileceğidir. Burada basit mantıkla düşünerek, daha az kavşağın olması ile daha az kavşak kazasının yaşanması beklenmektedir.

Neo-klasik gelişmenin çağdaş savunucuları tarafında romantikleştirildiği halde kentsel ızgara; hem yayalaşmayı teşvik etmek için, hem de imarlaşmayı hızlandırmak için 1950'li yıllara kadar yaygın olarak kullanılmıştır. Caddeler tekdüze genişlikte, eşit aralıklar bırakılmış, rantı fazlalaştığı köşe sayısı en fazla olan, her caddenin yakınındaki diğer caddeler kadar çekici olduğu bir yapı kurgulanmıştır. Savannah, Georgia gibi bazı şehirler kamu alanlarını ve caddelerin bitiş noktalarını tasarımlarında birleştirdikleri halde, New York, Chicago gibi şehirler ise daha basit bir yöntemle sonsuza doğru ızgara sistemi uzayabilecek yapıda kurgulanmıştır. Şekil 3.10'da Chicago'nun ızgara sisteminin gelişimi sunulmuştur [Kostof, 1991].

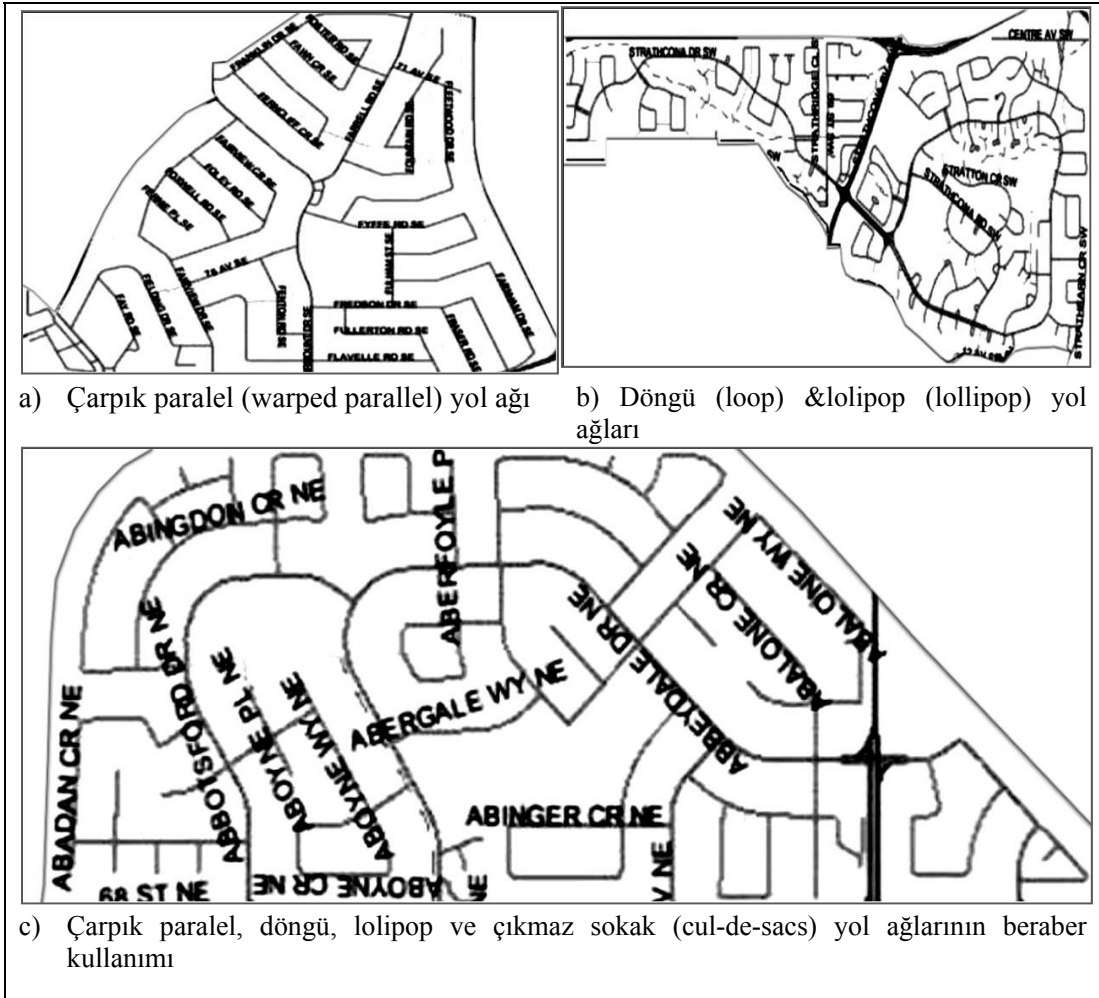


Şekil 3.10. Chicago'nun genişleyen ızgara sistemi [Currier ve Ives, 1892/1991]

Izgara yol ağı deseninin güvenlik zafiyetlerini gidermek adına 1950'li yıllardan itibaren sınırlı erişime izin verilen farklı yol ağı sistemleri tasarlanmaya başlamıştır [Garrick ve Marshall, 2008]. Genel olarak Şekil 3.12'de sunulan çarpık paralel (warped parallel), döngü (loop), çıkmaz sokak (cul-de-sacs) ve lolipop (lollipop) ile erişimin sınırlandığı bu yeni yol ağı sistemi modern yaklaşım; Şekil 3.11'de sunulan ızgara yol ağı sistemi de geleneksel yaklaşım olarak adlandırılmıştır [Rifaat ve ark., 2010].



Şekil 3.11. Geleneksel yaklaşım; Izgara yol ağı [Rifaat ve ark., 2010]



Şekil 3.12. Modern yaklaşım; Çarpık paralel, döngü, lolipop ve çıkmaz sokak yol ağları [Rifaat ve ark., 2010]

Genel olarak geleneksel kentsel ızgara sistemi Şekil 3.11’de de görüldüğü gibi kısa bloklara (yapı adalarına), doğrusal yollara ve çapraz çizgili desenlere sahiptir. Tipik

olarak banliyölerdeki modern yol ağları ise Şekil 3.12’de de belirtildiği gibi büyük bloklar, kavisli caddeler ve dallanan desene sahiptir. İki tipik yol ağı deseninin birbirinden ayıran üç temel unsur vardır. Bunlar; yapılaşma adası (blok) büyüklüğü, kavis düzeyi ve birleşme noktalarının aralığı (interconnectivity) düzeyidir [Ewing ve Dumbaugh, 2009].

Elli yılı aşkın süredir, döngü (loop) ve lolipop şekeri şeklindeki (lollipop) tasarımlar pek çok kentteki mahalli yollardaki temel yapılaşma adalarını (bloklarını) oluşturmaktadır. Trafik mühendisliği alanında, bu döngü sokaklar (loop streets) ve çıkmaz sokaklar (cul-de-sacs) akan trafiği kesintiye uğratmakta ve trafik güvenliğini arttırmaktadır. Bu nedenle trafik mühendislerince kullanılmaktadır [Rifaat ve ark., 2010].

Rifaat ve ark. (2010) Kanada’daki Calgary Kenti örneğinde farklı yol ağı desenlerinin trafik kaza sıklığına etkileri incelemiştir. Çalışmada bugün modern yol ağı desenlerini oluşturan çarpık paralel (warped parallel), döngü (loop), çıkmaz sokak (cul-de-sacs) ve lolipop (lollipop) yol ile geleneksel yol ağı deseni olan ızgara yolun güvenlik durumları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmaya göre;

- Bugün modern yol ağı desenlerini oluşturan çarpık paralel, döngü ve lolipop; geleneksel ızgara yol ağı deseninden daha güvenlidir. Ayrıca, bu sonuçlar çeşitli kaza ciddiyetini ağırlıklandırma veya hesaplama yöntemleri ile de desteklenmektedir. Yerel yöneticiler ve plancılar mevcut geleneksel yol ağını trafik güvenliğini arttırmaya yönelik iyileştirme ve yenileme çalışmalarında bu durumu göz önüne almalılardır.
- Modern yol ağını oluşturan çarpık paralel, döngü ve lolipop yol ağlarındaki sık eğrilerin ve döngülerin oluşu muhtemelen sürücülerin daha dikkatli olmalarına neden olmaktadır.
- Bu tür yollarla ilgili görüş mesafesinin azalması ve araç kontrolündeki zorlukların artması gibi problemler, sürücünün yavaş seyretmesi ve dikkatini arttırmasıyla telafi edilebilmektedir. Bu tür davranış uyumları

ekonomide risk karşılama teorileri ve psikolojide risk homeostazi⁷ (iç denge) teorileriyle tutarlılık göstermektedir.

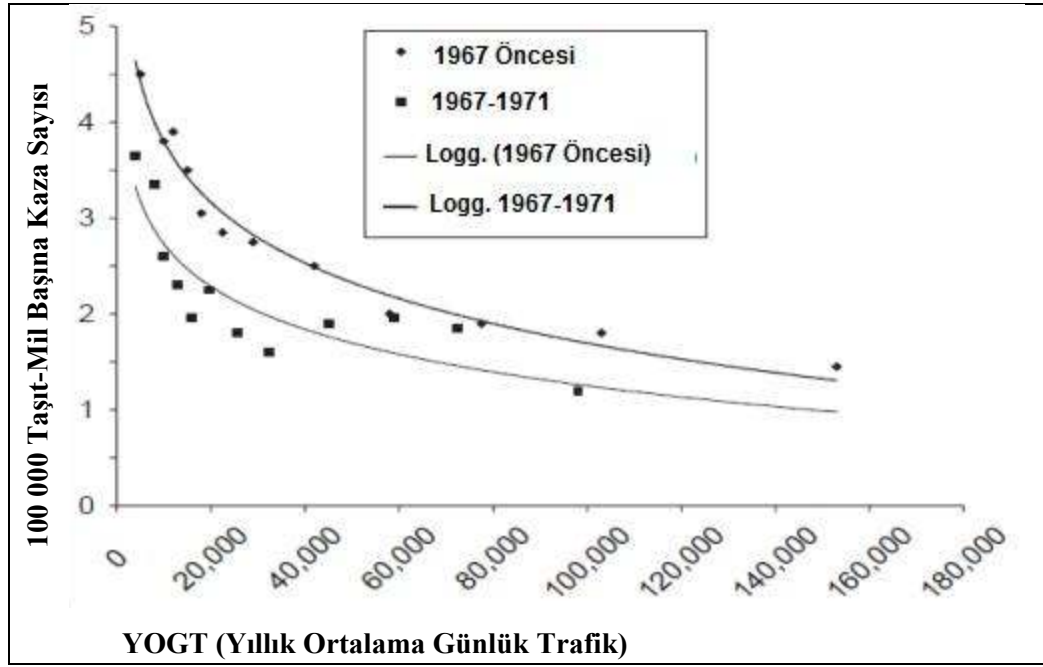
- Ayrıca, çarpık paralel ve lolipop yol ağı desenleri, sürücülerde trafiği sakinleştirici bir etki sağlar ve sürücülerin sokakta çocukların oyun oynayabilecekleri, yayaların yürüyebilecekleri ve bisiklete binilebileceği konularında sürücülerin algılarını artırır.
- Bu tür sınırlı erişim sağlayan yol tasarımlarının özellikle mahalli olamayan trafik hacmini azaltacağı ve böylelikle de kaza sayısında düşüş sağlanabileceği ön görülmektedir.
- Sonuç olarak çalışmaya göre, bugünün popüler yol ağı desenleri olan çarpık paralel, döngü ve lolipop yol ağları, ızgara yol ağı deseninden daha güvenlidir.

Rifaat ve ark. (2010)'e göre ayrıca, döngü ve lolipop türü yollar taşıt kazaları yönüyle trafik güvenliğini arttırsa da, bu tür yol ağı tasarımları yaya ve bisiklet hareketliliğinde kopukluklar yaratarak sürekliliğini kısıtlamaktadır. Bu nedenle, bu tür tasarımlar çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Bu gün kentsel yol ağları; gezinme, alış-veriş yapma, buluşma gibi sosyal ve rekreasyon etkinliklerin gerçekleştirildiği, kentsel yaşamın daha eğlenceli hale geldiği yerlerdir. Bu nedenle kentsel yollar sadece yaşam kalitesini arttırmayı sağlamaz, aynı zamanda ekonomik gelişmeyi, mahalli iyileşmeyi ve halk sağlığı ile fiziksel dayanıklılığını arttırmayı sağlamaktadır [Rifaat ve ark., 2010].

Farklı dönemlerde tasarlanan yol ağlarının trafik kazası durumlarının incelendiği Amerika'daki bir çalışmada [Chatfield, 1987], 1967 yılından önce trafiğe açılan yollardaki ölüm oranı ile 1967-71 yılları arasında trafiğe açılan yollardaki ölüm oranları karşılaştırılmıştır. Şekil 3.13'de belirtildiği gibi yeni yollarda 100 milyon taşıt-mil başına yaklaşık %20 daha az ölümlü kaza meydana gelmiştir. Tüm eski ve

⁷ Bireyin iç ortamının dengesi. Organizmanın bireyin fizyolojik değerlerini (ısı, kan bileşimi vb) normal düzeye getirme veya normal düzeyde tutma eğilimi.

yeni yollarda ölüm oranları trafik hacmindeki artış ile dramatik bir şekilde düşmektedir. Bunun nedeni, kısmen hızın düşmesi ve ağır trafikli yolların standardının az trafik taşıyan yollara göre daha iyi olmasına bağlanmıştır.



Şekil 3.13. ABD’de farklı dönemler ilişkin 100 milyon taşıt-mil başına ölümlü kaza sayısı [Chatfield, 1987]

İsveç’te gerçekleştirilmiş bir çalışmada [Bjorketun, 1991], 1950’ler, 60’lar ve 70’lerde tasarlanan ve inşa edilen yollardaki kaza oranları karşılaştırılmıştır. Çizelge 3.4’de farklı dönemlerde inşa edilmiş ve farklı yol genişliğindeki yollarda milyon taşıt km başına yaralamalı kaza sayılarını belirten çalışmanın sonuçları sunulmuştur. Buna göre, 1950’den 1960’lara kadar kaza oranında bir artış olmamıştır. 1970’lerde inşa edilen yollar, eski yollardan daha az kaza oranına sahiptir. Bu yollarda, yaralamalı kaza oranı, yaklaşık %18 1960’larda inşa edilen yollarda, yaklaşık %10 1950’lerde inşa edilen yollarda daha düşük olduğu görülmektedir [Bjorketun, 1991].

Çizelge 3.4. İsveç'te farklı dönemlerde inşa edilmiş ve farklı genişlikteki yollarda milyon taşıt km başına yaralamalı kaza sayısı [Björketun, 1991]

İnşa edilme dönemi	Milyon taşıt km başına kayıtlı yaralamalı kaza sayısı			
	Dar yol	Orta genişlikte yol	Geniş yol	Tüm yollar
1950'ler	0,31	0,29	0,28	0,30
1960'lar	0,32	0,28	0,41	0,33
1970'ler	0,28	0,26	0,26	0,27
Tüm dönemler	0,29	0,27	0,31	0,29

Trafik güvenliği ile kentsel planlama arasındaki güçlü bir ilişki vardır. Bu nedenle plancının aldığı kararlar kentsel trafik güvenliğinin artmasını ya da azalmasını sağlamaktadır. Ancak geleneksel anlamda trafik güvenliği düşünülerek gerçekleştirilen kentsel planlama uygulamalarında kimi zaman uygulamanın başka sorunlara yol açtığı görülmektedir. İşlevsel olarak tasarlanmış yol ve yol ağı gelişimi, ana artere uygun olarak ticaret ve perakende kullanımlarının yeniden konumlandırılması gibi trafik güvenliğine geleneksel yaklaşımla çözüm getiren pek çok kentsel planlama uygulamalarının belli tür trafik güvenliği probleminin başka tür problemlerle yer değiştirmesi anlamı taşımaktadır [Dumbaugh ve Rae, 2009].

Benzer durum sürüşe daha uygun yol tasarlama yaklaşımı için de geçerlidir. Özellikle yoğun kentsel alanlardaki karayoluna yakın sokak ağaçları, trafiği sakinleştirme önlemleri ve dar şeritler gibi toleransı düşük (less-forgiving) olarak da adlandırılan trafik hızını ve hacmini sınırlayan tasarım uygulamalarının; geniş, düz, kavissiz, eğimsiz, görüş açısı daha fazla olan yol ağı oluşturmayı amaçlayan geleneksel yol ağı tasarımı uygulamalarından yolun güvenliğini daha fazla arttırdığı görülmektedir. Toleransı düşük tasarımların sürücüye güvenli ve uygun sürüş hızı konusunda net bilgi sağlaması nedeniyle bu tür tasarımlar, trafik güvenliğini daha fazla arttırmaktadır [Ewing ve Dumbaugh, 2009].

Litman ve Fitzroy (2010)'e göre trafik hızını ve hacmini sınırlayan bu tür yaklaşımlar sınırlı bir güzergâh veya bölge içindeki birim mesafe başına düşen kaza oranını önemli ölçüde düşürebilmektedir. Litman ve Fitzroy (2010), kimi

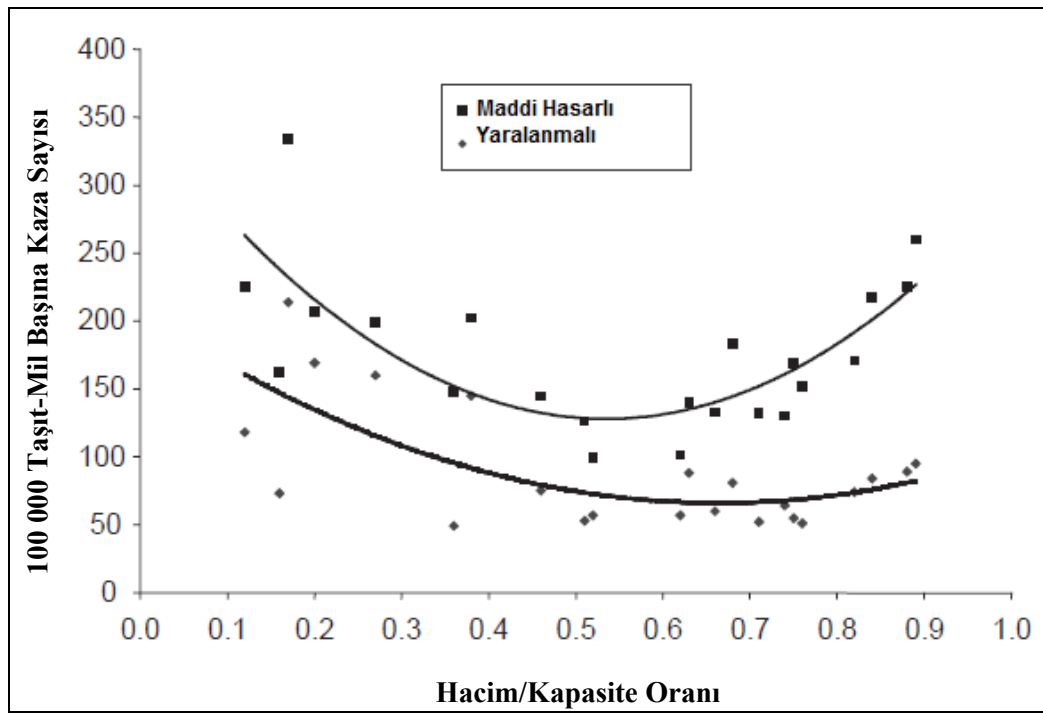
programların güvenliği arttırmada etkin olduğu ve devam edilmesi gerektiği önermişlerse de, bu gibi önlemlerin taşıt-mil değerinin artmasına ve güvenlik zafiyetinin başka yerlere ötelenmesine neden olabileceğini belirtmişlerdir. Litman ve Fitzroy (2010)'e göre ayrıca, yol ve araç tasarımında, sürücü davranışlarında, acil müdahale ve sağlık hizmetlerinde kat edilen önemli ilerlemelere rağmen kişi başına düşen riskin görece olarak çok az inmekte, trafik kazaları önemli bir sağlık sorunu olarak varlığını sürdürmektedir. Bu nedenle bu stratejilerin başarısı sınırlıdır.

Elvik ve ark. (2009), kentsel yol ağı oluşturmadaki temel kaygının trafik güvenliğini artırma olması gerektiğini vurgulamış ve yol tasarımı esnasındaki göz önüne alınması gereken temel hususları belirlemişlerdir. Bunlar; erişim yollarını transit trafikten ayıran bir karayolu ağı tasarlamak ve erişim yollarındaki trafik hacminin mümkün olduğunca düşük olmasını temin etmek, bütün yolları kaza oranını düşürecek şekilde tasarlamak ve tüm yol kullanıcıları için anlaşılması kolay ve basit trafik sistemi yapmaktır.

Trafik yoğunluğu ile kaza oranı arasındaki ilişkiyi inceleyen pek çok çalışma bulunmaktadır [Hall ve Pendleton, 1990; Sullivan, 1990; Hall ve Polanco de Hurtado, 1992; Persaud ve Dzbik, 1993; Sandhu ve Al-Kazily, 1996]. Sonuçlar birbirinden farklıdır. Kırsal alanlarda, yolların çoğu kapasite sorunundan dolayı çok az trafik taşır [Hall ve Pendleton, 1990]. Sullivan (1990) San Francisco'da, trafiğin yoğun olduğu saatlerde yaralamalı kaza oranı yaklaşık % 90 (ilgili oran 1'den 1,9'a çıkmıştır), maddi hasarlı kaza oranı % 160 (ilgili oran 1'den 2,6'ya çıkmıştır) yükseldiğini tespit etmiştir. ABD'nin New Mexico Eyaletinin Albuquerque Kentinde kavşaklardaki kapasite kullanımı ile kaza oranı arasındaki ilişkinin incelendiği bir çalışmada [Hall ve Polanco de Hurtado, 1992] belirgin bir ilişki bulunamamıştır. Buna karşın, Kanada'nın Ontario Eyaletinin Toronto Şehrinde yapılan bir başka çalışmada [Persaud ve Dzbik, 1993] trafiğin yoğun olduğu saatlerde hem maddi hasarlı, hem de yaralanmalı kazalarda trafik kaza oranlarında artış tespit edilmiştir. Trafiğin yoğun olduğu saatlerde (işe gidiş/dönüş saatleri) kaza oranı yaklaşık diğer saatlerdekinin iki katıdır. Benzer şekilde Kaliforniya'da

yapılan başka bir çalışmada da [Sandhu ve Al-Kazily, 1996] trafiği yoğun olduğu saatlerde kaza oranının iki katına çıktığı tespit edilmiştir.

ABD’de yapılan bir çalışmada [Zhou ve Sisiopiku, 1997] yoldaki kapasite kullanımı ile kaza oranı arasındaki ilişkiyi incelenmiştir. Kapasite kullanım oranı mevcut saatlik trafiğin yolun kapasitesine (hacim/kapasite) oranıdır. Şekil 3.14’de sonuçlar sunulmuştur.



Şekil 3.14. Kapasite kullanımı trafik kazası sıklığı ilişkisi [Zhou ve Sisiopiku, 1997]

Yaralanmalı kazalar ile maddi hasarlı kazalar birbirinden ayrılmıştır. Her iki grup veride de, hacim/kapasite oranı 0,10’dan 0,50’ye çıktığında kaza oranı düşmüştür. Yoldaki trafik azaldığında, kaza oranı çeşitli nedenlerden artmaktadır. İlk neden olarak, trafik azaldığında genelde hızın artmasıdır. İkinci olarak, trafiğin en az olduğu gece saatlerinde, karanlıktan dolayı kaza oranı artmaktadır. Ayrıca hacim/kapasite oranı yaklaşık 0,50’den 0,90’a çıktığında, özellikle maddi hasarlı kaza oranlarında yeniden artış gözlemlenmektedir [Zhou ve Sisiopiku, 1997].

Lovegrove ve Sayed (2006), daha fazla şerit milin olduğu arterler daha yerel caddelerin mil uzunluklarıyla karşılaştırıldığında büyük ölçüde daha fazla kaza oranına sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ladrón de Guevara ve ark. (2004) da arterler veya toplayıcılar olarak tanımlanan yolların yüzdeleri ile toplam ve ölümcül olmayan yaralamalı kaza oranları arasında pozitif bir ilişki bulmuşlardır.

Ewing ve Dumbaugh (2009), yapıli çevre ile trafik güvenliğı arasındaki ilişkiyi incelemiş ve bu konuda gelecekte yapılacak araştırmaların üç coğrafi düzlemde ele alınması gerektiğini vurgulamışlardır. Buna göre ilk olarak, bölgesel gelişim deseninin toplam yolculuk ile yolculuk türünü nasıl etkilediğinin ve oluşan yolculuk deseninin kazaya maruz kalan nüfus düzeyini nasıl etkilediğinin anlaşılması gerekmektedir. Yapılan literatür taraması daha yoğun (kompakt) bölgesel formlarda, kat edilen toplam taşıt-mil değeri ve buna bağılı olarak da kişı başına düşen kaza sayısı değeri daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Ancak bugüne kadar, bu yararın boyutu ve aynı zamanda en iyi sonucu alabilmek için nasıl uygulaması gerektiğinin açık olmadığı belirtilmiştir. İkinci olarak, kentsel mekânların tasarımı ve yapısının kaza sıklığını nasıl etkileyebildiğı yeniden değerlendirilmesi gerektiğı vurgulanmıştır. Ewing ve Dumbaugh (2009)'e göre kentsel planlamadaki yaygın teori, mahalle içini kestirme yol olarak kullanan trafiğı yok eden bağımsız konut alanı alt bölgeleri aracılığıyla güvenliğı arttırmayı amaçlamaktadır. Bu bakış açısıyla gerçekleştirilen tasarımlar, konut alanlarına gitmeyi hedeflemeyenleri hızlı akan ana arterleri kullanmaya yönlendirmiştir. Sonuçta bisikletli ve yayanın da içinde yer aldığı yavaş hızda seyreden yol kullanıcıları ile erişim trafiğı, yüksek hızın hâkim olduğu yolları paylaşmaya zorlanmıştır. Bu yapıda kaza sıklığının artması muhtemeldir. Büyük olasılıkla mahalle içinde yaşanan trafiğı ve kazaları azaltan başarılı çalışmalarda, trafik kazaları yer değıştirerek ana arterlerde yoğunlaşmıştır. Son olarak, tasarımın belirli yol kullanıcılarının davranışlarını nasıl etkilediğini ve bu davranışların kaza sıklığını nasıl etkilediğini kavrayacak yapıda araştırmalar geliştirilmelidir. Yapılı çevredeki değışiklikler, araç hızına ve trafik sıklığına büyük ölçüde etki etmektedir. Bu durumda kaza olmasında önemli bir etken olarak görülmektedir.

Elvik ve ark. (2009) da konuyu, ana yollardaki trafik yoğunluğunun fazla oluşunun konut bölgelerindeki trafik güvenliğini nasıl etkileyeceği kapsamında değerlendirmişlerdir. Buna göre özellikle büyük şehirlerde eğer ana yol ağının kapasitesi yetersizse, trafiğin belli bir bölümü transit trafik için tasarlanmamış olan toplayıcı yollara ve erişim yollarına yönelmektedir. Bu yönelmeyle konut alanlarında trafik yoğunlaşmakta ve özellikle çocuklar ve yaşlılar için güvensiz ve hoş olmayan bir dış çevreye yaratarak bölgenin çevre kalitesini düşürmektedir [Elvik ve ark., 2009].

Dumbaugh ve Rae (2009), ABD'nin San Antonio Eyaleti Texas Kenti örneğinde kaza oranlarının regresyon analizini gerçekleştirmiş ve ana arter yollardaki her ek milin toplam kazanın % 15 artmasıyla, konut alanı içindeki ekspres yola eklenen her milin ölümlü kazanın % 5 artmasıyla ve ana arter yola eklenen her milin de ölümlü kazaların % 20 artmasıyla ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca çalışmada, üç ve dört kollu kavşak sıklığının ölümlü kaza oranlarının anlamlı azalışı ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Dumbaugh ve Rae (2009), bu tespitleriyle geleneksel kentsel planlama kapsamında yer alan bazı trafik güvenliğini artırıcı uygulamaların, deneysel (ampirik) kanıtlarla doğrulanmış olmadığını göstermişlerdir. Mahalle içindeki yerel yol ağı ana yol ağından koparıldığında ve mahallede oturmayanların ana yolu kullanması sağlandığında mahalle içindeki trafik hacmi azalabilmekte, ancak bu trafik güvenliğinin arttığı anlamı taşımamaktadır. Sadece problemin yer değiştirmesini sağlamaktadır. Yine, geleneksel olarak dört kollu kavşaklar trafikte potansiyel tehlikeli noktalar olarak görülse de, yoğun planlanmış bir çevre içinde güvenli tasarlanmış yol ağında kavşak sıklığını arttırmak genel olarak kaza sıklığını azaltmaya yardımcıdır [Dumbaugh ve Rae, 2009].

Kentsel alanlarda trafik güvenliğini artırma amacıyla yapılan uygulamalardan biri de çevre yolu yapmaktır. Bu uygulamanın amacı şehir trafiği ile şehirlerarası trafiği ayırmak ve şehirlerarası trafiği kentin dışından taşımaktır. Böylece kaza oranları yüksek olan kentin ana yollarda trafiği sakinleştirme önlemlerini uygulama kolaylaşmaktadır [Elvik ve ark., 2009]. Literatürdeki çalışmaları değerlendiren

Elvik ve ark. (2009), hem eski yol ağı kazaları hem de çevre yolu kazaları dahil edildiğinde çevre yolu yapımının yaralamalı trafik kaza sayısını % 25, maddi hasarlı kazaları % 27 azalttığını belirlemişlerdir. Elvik ve ark. (2009) göre çevre yolunun etkinliği uygulandığı kente göre aşağıdaki etkenlere bağlı olarak değişim göstermektedir:

- Kentlerin içinden geçen yoldaki kaza oranı ne kadar yüksekse, çevre yolu yapımı sonrası kaza oranındaki azalış o derece fazla olur.
- Trafik akımı çevre yoluna yöneldiği oranda kaza sayısında azalış sağlanır.
- Çevre yolu trafiğin dolaşım güzergâhını arttıkça, kaza sayısındaki azalış o derece azalır.
- Kent içinden geçen eski yolda kaza oranı alınan önlemlerle (örneğin hız azaltıcı önlemler kullanılması) azaltılırsa, daha fazla kaza sayısında azalma sağlanabilir.
- Eski yollarda ve ayrıca çevre yolunda inşa edilen kavşakların tasarımı, kaza oranlarını etkiler.

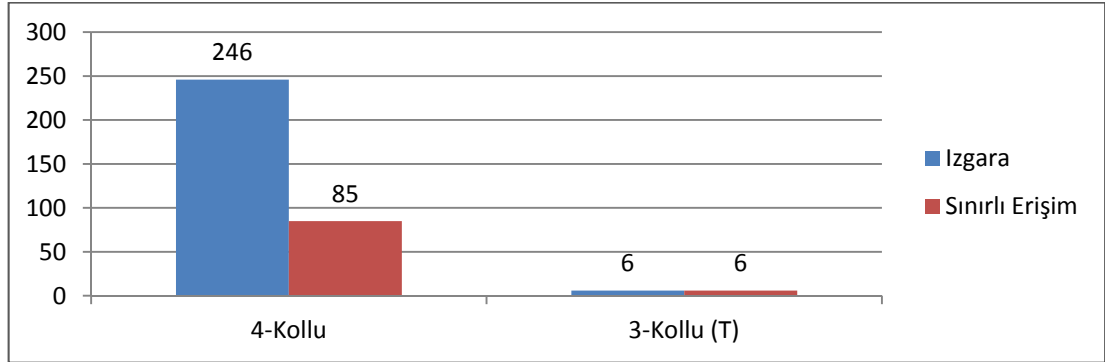
Özetle, kentlerdeki yol kesimlerinin işlevinin, yapısının, trafik hızının, trafik hacminin, içinde yer aldığı arazi kullanım özelliklerinin trafik güvenliği ve dolayısıyla trafik kazalarının sıklığı ve şiddetiyle ilişkili olduğu görülmektedir.

3.3.2. Kent içi kavşak özelliklerinin trafik kazalarına etkisi

Yol ağının düğüm noktalarını oluşturan kavşaklar, trafik güvenliği açısından tedbirlerin yoğunlaştırılması gereken önemli bağlantı noktaları olarak görülmektedir. Bu bölümde kent içinde yer alan kavşaklarının türünün, bağlantı sayısının ve bölge içindeki kavşak yoğunluğunun trafik kazası sayısı ve türüne etkileri açıklanmıştır.

Bu alanda gerçekleştirilen ilk çalışmalardan birini Marks (1957) gerçekleştirmiştir. Sınırlı erişimli ve ızgara yol ağı desenindeki kaza durumlarının incelendiği çalışmada; ızgara yol ağı geleneksel, sınırlı erişimli yol ağı modern yol ağı türü olarak belirtilmiş ve bu iki yol ağındaki kaza oranları parsel düzeyinde karşılaştırılmıştır. Çalışmada [Marks, 1957] sınırlı erişim sistemi, motorlu araç trafiğinin T-kavşaklar, çıkmaz sokaklar ve döngüler kullanılarak yavaşlatıldığı ve erişebilirliğinin kısıtlandığı yol ağı türü olarak, ızgara sistemi ise, dört kollu (+) kavşakların ve düz yolların egemen olduğu, motorlu araç trafiği erişiminin ve hızının daha yüksek olduğu yol ağı türü olarak tanımlanmıştır. Karşılaştırmanın sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

1. Kazaların dağılımı ızgara sistemi içinde büyük ölçüde tekdüzedir. Kazalar iki ana caddenin kesiştiği dört kollu kavşaklarda yoğunlaşmaktadır. Izgaranın kesildiği üç kollu kavşaklarda, kaza yoğunlukları azalmaktadır.
2. Sınırlı erişim ağlarında da kazalar dört kollu kavşaklarda yoğunlaşmaktadır. Ancak burada göreceli olarak kavşak sayısı daha azdır. Sınırlı erişim ağlarında yer alan T-kavşakların büyük çoğunda kaza meydana gelmemiştir.
3. Genel olarak, beş yıllık dönemdeki kaza sıklığı durumunun değerlendirildiği çalışmada ızgara parsellerinde yıllık 77,7 kaza meydana gelirken, sınırlı erişim parsellerinde yıllık 10,2 kaza meydana gelmektedir. Bu fark, iki farklı yol ağı türü için dört kollu kavşağa kıyasla üç kollu kavşak oranından kaynaklanmaktadır.
4. Trafik sakinleştirme yaklaşımının altında konu değerlendirildiğinde, dönel kavşaklar ve diğer önlemler tehlikeyi dört kollu kavşaklara öteleyebilmektedir.
5. Şekil 3.15’de görüldüğü gibi dört kollu kavşaklardaki kaza sıklığı, üç kollu kavşaklardan çarpıcı biçimde daha fazladır.



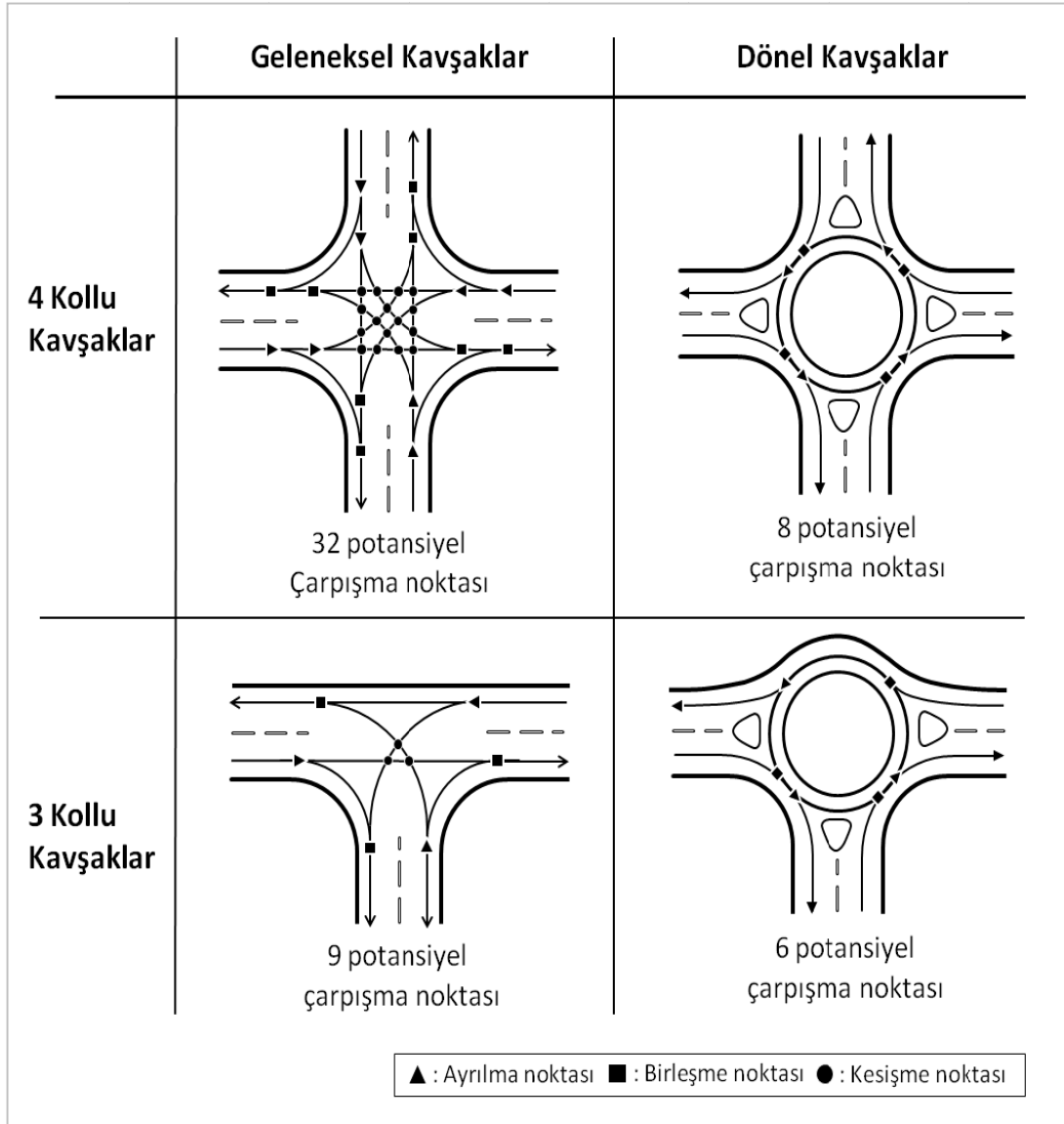
Şekil 3.15. Sınırlı erişim ve ızgara yol desenindeki 3 kollu (T) ve 4 kollu (+) kavşaklardaki kaza durumlarının karşılaştırılması [Marks, 1957]

Bu konuda son yıllarda Lovegrove ve Sayed (2006), Jones ve Jha (2009), Ewing ve Dumbaugh (2009), Dumbaugh ve Rae (2009), Elvik ve ark. (2009) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar ana sonuçlar açısından Marks (1957)'yi destekler niteliktedir. Ancak, Marks (1957) her iki yol ağı türündeki kazalarda da, kaza ciddiyetini göz ardı etmesi ve yol ağlarındaki genel kaza oranlarını belirtmemesi nedeniyle eleştirilmektedir.

Kavşak tasarımı ile kaza sıklığı arasındaki ilişkinin incelendiği yakın geçmişte gerçekleşen bir çalışmada [Lovegrove ve Sayed, 2006] makro düzeyde kaza tahmin modeli kullanılmış ve kavşakların kol sayısı ile kavşaklardaki kaza sıklığı arasındaki ilişkiyi Büyük Vancouver Bölgesi, Kanada örnek alanında incelemiştir. Çalışmada [Lovegrove ve Sayed, 2006] dört kollu kavşakların olduğu bölgelerin üç kollu kavşakların olduğu bölgelere göre daha fazla kaza meydana geldiği tespit edilmiş ve üç kolu kavşak kullanımının trafik güvenliğini arttırdığı belirtilmiştir. Benzer sonuçlar Giaver (1990), Sakshaug ve Johannessen (2005) çalışmalarında da elde edilmiştir. Bu çalışmalarda [Giaver, 1990; Sakshaug ve Johannessen, 2005] üç kollu ve dört kollu kavşaklardaki kaza sayıları değerlendirilmiş ve her iki çalışmada da dört kollu kavşaklardaki kaza sayısının üç kollu kavşaktan iki kat fazla olduğu tespit edilmiştir. Üç kollu (T) kavşakların güvenliği olduğunu ortaya koyan bir diğer çalışmada Ewing ve Dumbaugh (2009), kısa mesafeli T-kavşakların özellikle hızı, kaza sıklığını ve kaza ciddiyetini azaltmada etkin olduğunu belirtmişlerdir.

Dört veya 3 kollu kavşakların dönel kavşak olup olmama durumu da kavşak güvenliğini etkileyen bir durumdur. Genel olarak üç kollu (T) veya dört kollu (+) kavşakların modern dönel kavşağa dönüştürülmesi, kavşağın güvenliğini arttıran bir uygulamadır ve kaza sayısı ile şiddetini düşürmektedir [Elvik ve ark., 2009 ve Robinson ve ark., 2000; Vanderbilt, 2008]. Trafiği yavaşlatması, kavşak kollarının dik kesişimini engelliyor olması, kavşağa sadece sağdan dar açılı katılımla bağlantı sağlanıyor olması, kavşağı yüksek hızla ve doğrusal geçebilmeyi engellemesi, direk sola dönüşün olmaması, kavşak içindeki sürücünün sadece sağ tarafını kontrol ederek kavşağı kontrol edebiliyor olması ve kavşaktaki trafik akımlarının kesişim sayısının daha az olması dönel kavşakları daha güvenli yapan temel nedenler arasında gösterilmektedir. Ayrıca dönel kavşaklardan aşırı hızla geçebilmek mümkün değildir. Bu tür kavşaklar sürücüyü hızını yavaşlatmaya, etrafı gözlemlemeye ve güvenli kavşağa katılımı sağlamaya zorlamaktadır [Elvik ve ark., 2009; Vanderbilt, 2008].

Geleneksel dört kollu (+) kavşaklarda 56 potansiyel çarpışma noktası bulunmaktadır. Bunun 32'si taşıtın taşıtla çarpışabileceği, 24'ü de taşıtın yayayla çarpışabileceği yerlerdir. Dönel kavşaklarda merkezinde yer alan büyük ada (mühendisler “yön saptırıcı” olarak adlandırır) sayesinde potansiyel çarpışma noktası sayısı 16'ya düşmektedir. Bunların 8'i taşıtların yayayla, geri kalan 8'i de taşıtın taşıtla çarpışabileceği yerlerdir. Dört kollu kavşaklardaki kadar olmasa da üç kollu kavşakların da dönel kavşağa dönüştürülmesi ile potansiyel çarpışma noktası sayısı azalmaktadır. 9'u taşıt-taşıt, 12'si taşıt-yaya olmak üzere toplam 21 potansiyel çarpışma noktası; 6'sı taşıt-taşıt 6'sı taşıt-yaya olmak üzere 12'ye düşmektedir. Diğer önemli bir husus da geleneksel kavşaktaki taşıtın taşıtla çarpışabileceği noktaların; 4 kollu (+) kavşakta 16'sı, 3 kollu (T) kavşakta 3'ü kesişim, diğerleri birleşme veya ayrılmalıdır. Dönel kavşakta ise kesişim noktası yoktur, tüm noktalar birleşme veya ayrılma noktasıdır. Kesişimler, birleşme veya ayrılmalara göre daha tehlikeli ve daha şiddetli kazaların olması muhtemel yerlerdir. Bu durum da dönel kavşakların güvenlik düzeyini arttıran unsurlar arasında görülmektedir. Taşıtla taşıtın çarpışabileceği potansiyel noktalar Şekil 3.16'da sunulmuştur [Vanderbilt, 2008].



Şekil 3.16. Kavşaklardaki taşıtla taşıtın çarpışabileceği potansiyel noktalar: Geleneksel kavşak / Dönel kavşak karşılaştırması

Modern dönel kavşaklar, trafik ışığı olmayan kavşaklardır ve geleneksel ışıklı dört kollu kavşaklardan da daha güvenlidir. 24 kavşakla yapılan bir çalışmada, ışıklı kontrollü kavşakların dönel kavşağa dönüştürülmesi ile toplam kazada % 40, yaralanmalı kazada % 76 ve ölümlü kazada % 90 azalma tespit edilmiştir. Ayrıca bu tür kavşaktaki ortalama hız, geleneksel dört kollu kavşaktakinin yaklaşık yarısıdır ve bu durum kavşak çevresi yaya güvenliğini de arttırmaktadır [Vanderbilt, 2008].

Başka bir çalışmada [Robinson ve ark., 2000] ABD'deki 11 kavşağın dönel kavşağa dönüştürülmesi öncesi ile sonrası kaza sıklıkları incelenmiştir. Özellikle orta ada çapının yaklaşık 30-35 m olan tek şeritli dönel kavşaklara dönüştürülen kavşaklardaki yaralanmalı kazalarda önemli düzeyde (%73 oranında) azalma gözlemlenmiştir. Ayrıca incelenen iki tür dönel kavşakta da hem yaralanmalı hem de maddi hasarlı kazalarda bir azalma görülmüştür. Çizelge 3.5'de çalışmaya ilişkin diğer sonuçlar sunulmuştur [Robinson ve ark., 2000].

Çizelge 3.5. ABD' de 11 kavşağın dönel kavşağa dönüştürülmesi öncesi/sonrası yıllık kaza durumları [Robinson ve ark., 2000]

Dönel Kavşağın Türü	Ölçüm Sayısı	Dönel Kavşak Öncesi			Dönel Kavşak Sonrası			Yüzdelik Değişim		
		Toplam	Yaralanmalı	Maddi Hasarlı	Toplam	Yaralanmalı	Maddi hasarlı	Toplam	Yaralanmalı	Maddi Hasarlı
Tek Şeritli ^[1]	8	4,8	2,0	2,4	2,4	0,5	1,6	-%51	-%73	-%32
Çok Şeritli ^[2]	3	21,5	5,8	15,7	15,3	4,0	11,3	-%29	-%31	-%10
Toplam	11	9,3	3,0	6,0	5,9	1,5	4,2	-%37	-%51	-%29
^[1] Orta adanın çapı yaklaşık 30-35 m'dir. ^[2] Orta adanın çapı yaklaşık 50 m'den büyüktür.										

Gelişmiş altı ülkedeki (Avusturalya, Fransa, Almanya, Hollanda, İngiltere ve ABD) belirli kavşakların dönel kavşağa dönüştürülmesi sonrası kazalardaki azalma oranlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada [Rodegerdts ve ark., 2010] özellikle yaralanmalı kazalarda ciddi bir düşüşün olduğu (%51 ila % 87 arasında) gözlemlenmiştir. Tüm kazalardaki düşüş ise daha sınırlı kalmış, % 37 ila % 61 arasında bir başarı sağlanmıştır. Bunun temel nedeni olarak dönel kavşakların direk sola dönüşü ve kavşak kollarındaki akımların birbiriyle kesişmesini engelleyerek özellikle şiddetli kaza türleri olan *dik açılı*, *sola dönüş* ve *kafa kafaya çarpışma* olabildiğinin önüne geçmesi olarak gösterilmektedir. Çizelge 3.6'da çalışmaya ilişkin diğer sonuçlar sunulmuştur [Rodegerdts ve ark., 2010].

Çizelge 3.6. Gelişmiş altı ülkedeki dönel kavşağın kaza sayısını azaltmadaki etkisi [Rodegerdts ve ark., 2010]

Ülke	Ortalama Azalma (%)	
	Tüm Kazalar	Yaralanmalı Kazalar
Avusturalya	% 41-61	% 45-87
Fransa	-	% 57-78
Almanya	% 36	-
Hollanda	% 47	-
İngiltere	-	% 25-39
ABD	% 35	% 76

Kentsel planlama trafik güvenliği ilişkisi konusunda pek çok alanda geçerli bir paradoks olan “*Pek çoğumuzun tehlikeli olarak hissettiği sistemler aslında güvenlidir veya güvenli olduğunu düşündüğümüz sistemler aslında tehlikelidir*” gerçeği dönel kavşaklar için de geçerlidir. Pek çok kavşak türünde sürücülerin dönüş hareketlerini, diğer taşıtları ve ışıklı/ışısız işaretleri gibi pek çok unsuru düşünmesi gerektiğinden, bu tür kavşaklar sürücüler için aşırı zihinsel iş yükü gerektiren karmaşık ortamlardır. Dönel kavşaklar ise sadedir ve bu nedenle sürücüler tarafından kolay kontrol edilebilen kavşak türüdür [Vanderbilt, 2008].

Trafik akışını arttırmak ve farklı trafik akımlarının birbiriyle kesişim sayılarını azaltmak için gerçekleştirilen uygulamalardan biri de katlı (köprülü) kavşak yapmaktır. Katlı kavşaklar, ana trafik akımlarının farklı seviyelerde olacak şekilde inşa edilmiş kavşaklardır. Trafik hacminin çok yüksek olduğu yerlerde, hem zemin kavşakların hangi türü olursa olsun yetersiz kalmaktadır. Trafik yoğunlaşması ve manevra sayısı artarak uzun kuyrukların oluşması ile güvensiz ve tehlikeli bir trafik ortamı oluşmaktadır. Bu durum özellikle maddi hasarlı kaza sayısını artırmaktadır. Eksiksiz bir katlı kavşak yaparak, diğer trafik akımıyla kesişmeyi gerektiren tüm hareketleri ortadan kaldırmak ve aynı yönde olan trafikteki şerit değişikliği azaltmak mümkündür [Elvik ve ark., 2009].

Katlı kavşağın trafik güvenliğine etkisi konusunda Elvik ve ark, (2009); İsveç'te, Almanya'da, Filandiya'da ve Norveç'te yapılmış çeşitli çalışmaları derlemişlerdir. Bu çalışmalara göre genel olarak katlı kavşaklardaki kaza oranları hem zemin kavşaklara göre daha düşüktür. En büyük düşüş dört (+) kollu kavşaklarda sağlanmıştır. Bu kavşaklarda, yaralanmalı kaza sayısındaki azalış maddi hasarlı kazalardaki azalıştan daha fazladır. En ilginç sonuçlardan biri de dört kollu (+) hız kameralı kavşağı, kısmi katlı kavşağa dönüştürme ile yaşanmıştır. Bu dönüşüm sonrası kavşaktaki kaza sayısı ciddi biçimde artmıştır. Çalışmaların sonuçları Çizelge 3.7'de sunulmuştur.

Çizelge 3.7. Katlı kavşağa dönüştürmenin trafik kazası sıklığına etkileri [Elvik ve ark., 2009]

Kaza Şiddeti	Kaza Sayılarındaki Yüzdelik Değişim	
	En İyi Tahmin	% 95 Güvenirlik Aralığı
T-Kavşağı Katlı Kavşağa Dönüştürme		
Tanımlanmamış	(-16)	(-33) ile (+4) arası
Yaralanmalı	(-24)	(-57) ile (+33) arası
Dört Kollu (+) Kavşağı Katlı Kavşağa Dönüştürme		
Tanımlanmamış	(-42)	(-52) ile (-30) arası
Yaralanmalı	(-57)	(-62) ile (-51) arası
Maddi Hasarlı	(-36)	(-50) ile (-19) arası
Işıklı Kavşağı Katlı Kavşağa Dönüştürme		
Tanımlanmamış	(-27)	(-36) ile (-18) arası
Yaralanmalı	(-28)	(-40) ile (-15) arası
Kısmi Hemzemin Kavşağı Katlı Kavşağa Dönüştürme		
Tanımlanmamış	(-15)	(-24) ile (-5) arası
Dört Kollu (+) Kavşağı Kısmi Katlı Kavşağa Dönüştürme		
Tanımlanmamış	(-26)	(-38) ile (-13) arası
Dört Kollu (+) Hız Kameralı Kavşağı Kısmi Katlı Kavşağa Dönüştürme		
Tanımlanmamış	(+115)	(+52) ile (+205) arası
Sinyalize Kavşağı Kavşağı Kısmi Katlı Kavşağa Dönüştürme		
Tanımlanmamış	(-22)	(-41) ile (+3) arası

Literatürde konuyu gelişim desenleri ile trafik kazası ilişkisini inceleyerek açıklayan çalışmalar da yer almaktadır. Jones ve Jha (2009), yapılı çevrenin trafik kazalarının oluş sıklığına etkisini anlama amacıyla ABD'nin Maryland Eyaleti Baltimore kentlerinde iki farklı tipolojideki kentsel mekânda yer alan kaza sayısı yüksek olan dört kavşak üzerinde 2003 ila 2007 yılları arasındaki trafik kazası verilerini incelemişlerdir. Çalışma [Jones ve Jha, 2009] dört yıllık dönemde de kentsel bölge dışında bulunan kavşaklarda maddi hasarlı ve yaralamalı kaza sayısı daha fazla olduğunu göstermektedir. Jones ve Jha (2009)'a göre kavşakların içinde bulunduğu ve hizmet ettiği çevrenin kendine özgü yapı desenin bulunmaktadır. Yapmış oldukları çalışma bu görüşü desteklemektedir. Çalışmada kentin dışındaki kavşakların çevresinin (kent içindekilere kıyasla) daha geniş caddelerin, daha düşük yoğunluklu ve daha az derişik yapı kümelerinin, daha alçak yükseklikli binaların ve caddeden daha uzakta konumlanmış yapıların oluşturduğu görülmüştür. Buna karşın kent merkezindeki kavşaklar ise; daha yüksek binalar, daha kısa yol parçaları, yola daha yakın binalar ve tasarımın sağladığı kolaylıkların daha fazla hissedildiği mekânların içinde olduğu bir çevrede olduğu belirtilmiştir [Jones ve Jha, 2009].

Benzer şekilde, Ewing ve Dumbaugh (2009), yüksek kavşak yoğunluğunun hızı azaltacağını bu nedenle yüksek kavşak yoğunluğunun daha az yaralanmalı ve ölümlü kaza ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Ewing ve Dumbaugh (2009) göre, kavşaklar arası mesafenin azalması ile trafik daha yavaş seyretmekte ve daha az ciddi kaza meydana gelmektedir. ABD'nin San Antonio Eyaleti Texas Kenti örneğinde kaza oranlarının regresyon analizini gerçekleştirmiş, çalışmada üç ve dört kollu kavşakların ölümlü kaza oranlarının anlamlı azalışı ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada nüfus yoğunluğu ile daha az kaza arasındaki ilişki incelenmiş ve sonuçlar anlamlı ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Buna göre, konut alanlarında 0,404 dönüm (İngiliz dönümü) başına kişi sayısındaki her bir artış, kaza sıklığını % 0,05 azaltmaktadır [Dumbaugh ve Rae, 2009].

Kavşaklardaki kazaları azaltmaya yönelik alınan önlemlerin biri de kavşağın trafik ışığıyla kontrol edilmesidir. Kavşağı trafik ışığıyla kontrol ederek farklı yönlerden

kavşağa gelen akımların birbirinden ayrılması ve belli bir düzen içinde kavşağı kullanmaları sağlanabilmektedir. Elvik ve ark. (1997) meta-çözümlemesi kullanılarak öncesi-sonrası analizi yapılmış ve üç kollu kavşaklarda % 15 oranında, dört kollu kavşaklarda % 30 oranında kaza sayısında azalma tespit edilmişlerdir. Ancak bu çalışmadaki [Elvik ve ark., 1997] tespitleri desteklemeyen çalışmalar da bulunmaktadır. Danimarka’da kentsel alanlardaki 1036 kavşak ve 142 km yol kesimine yönelik genelleştirilmiş lineer (Generalised Linear) modelleme teknikleri kullanarak kaza tahmin modeli geliştirilmiştir. Çalışmada üç kollu (T) ve dört kollu (+) kavşaklarda, aynı tip ve benzer trafik hacmine sahip ışıklı ve ışıklı olmayan kavşaklardaki kaza sıklığının birbirine yakın olduğunu ve modelde ışıklı kontrol değişkeninin anlamlı bulunmadığını ortaya konmuştur. Genel olarak, trafik ışığı olmayan kavşakların aynı miktarda motorlu taşıt hacmine sahip ışıklı kavşaklar kadar güvenli olduğunu belirten Greibe (2003), çalışmasında sadece yaralanmalı kazalarda 3 kollu kavşaklarda %9, 4 kollu kavşaklarda % 12 oranında bir azalma tespit edilmiştir. Ayrıca Greibe (2003), oluşturduğu trafik kazası tahmin modeli ile kavşaklardaki trafik kazası sıklığı ile ilişkili en güçlü kentsel değişkenin trafik hacmi olduğunu ortaya koymuştur. Norveç’te yapılan başka bir çalışmada [Sakshaug ve Johannessen, 2005] kavşaktaki kaza sayısı ve kaza ciddiyetine göre kaza maliyetleri analiz edilmiştir. Çalışmaya göre; sağ koldan gelen trafiğin geçiş üstünlüğü (önceliği) olan dört kollu (+) kavşaklar ışıklı kavşaklara ve üç-kollu kavşaklara göre, ışıklı kavşaklar tali yoldan gelen trafiğin yol vermesinin zorunlu olduğu kavşaklara göre kaza maliyeti daha fazladır. Ayrıca kaza maliyeti genel olarak değerlendirildiğinde hız limiti yüksek olan kavşaklarda ve tali yol hacimleri yüksek olan kavşaklarda daha fazla olduğu görülmektedir [Sakshaug ve Johannessen, 2005].

Sonuç olarak, literatürde yapılan çalışmalar [Ewing ve Dumbaugh, 2009; Greibe, 2003; Jones ve Jha, 2009; Dumbaugh ve Rae, 2009; Elvik ve ark., 2009] değerlendirildiğinde kentsel kavşaklarda yaşanan trafik kazalarının en fazla trafik özellikleri (trafik hızı ve hacmi), kavşak özellikleri (kavşak türü, trafik ışığı durumu, bağlantı sayısı vb) ve kavşak çevresi arazi kullanım özellikleri ile ilişkili olduğu görülmüştür.

3.4. Bölümün Değerlendirilmesi

Bu bölümde kentsel arazi kullanımı trafik kazası ilişkisi konusunda bir önceki bölümlerde bahsedilen çalışmalar özetlenmiş ve genel bir değerlendirme yapılmıştır. Öncelikle konu kentsel gelişim deseni kapsamında değerlendirilmiştir. Daha sonra kentsel alan kullanımı trafik kazası ilişkisi iki alt başlıkla incelenmiştir: Kentsel yoğunlaşma ve kentsel arazi kullanım türü. Son olarak, kent içi yol özelliklerinin trafik kazalarını nasıl etkilediği açıklanmıştır. Burada kent içi yol; kavşak ve yol kesim olmak üzere iki başlıkta değerlendirilmiştir.

Kentsel gelişim deseni trafik kazası ilişkisi kapsamında yapılan çalışmalar göstermektedir ki; kentsel yayılma trafik güvenliğini azaltmakta iken, akıllı büyüme ve yolculuk talep yönetimi stratejileri trafik güvenliğini arttırmaktadır. Akıllı büyüyen kentler ulaşımaya yönelik gelişim göstermekte daha yoğun, karma kullanımlı ve karma statülü toplumlar oluşturmayı hedeflemektedir. Bu yapıyla kentsel kullanımlar birbirine yaklaşmakta, erişilebilirlik artmakta ve kent içindeki hareketlilik talebi azalmaktadır. Bunun da en büyük faydasının trafik güvenliğine olduğu belirtilmektedir. Benzer şekilde yolculuk seçiminde motorlu taşıt kullanım oranını azaltma veya toplu taşımla, yaya olarak ve bisikletle yapılan yolculukların oranını artırma gibi yolculuk talebini yöneten stratejiler, trafik güvenliğini arttırarak kazaların azalmasını sağlamaktadır. Diğer önemli bir husus da arazi kullanımı, yol ağı tasarımı, hız, trafik hacmi, kaza sıklığı ve kaza şiddeti arasındaki ilişkidir. Çalışmalara göre bu durum şöyle özetlenebilir: Hız, öncelikli olarak kaza şiddeti daha sonra kaza sıklığı ile ilişkilidir. Trafik hacmi, öncelikli olarak kaza sıklığıyla daha sonra kaza şiddetiyle ilişkilidir. Kentsel arazi kullanım deseni, öncelikle trafik hacmine ikincil olarak da trafiğin hızına etki etmektedir. Yol ağı tasarımı da, öncelikle trafiğin hızına daha sonra trafik hacmine etki etmektedir. Kentsel gelişim deseni trafik kazası ilişkisi konusunda gerçekleştirilen çalışmalara dayalı temel bulgular aşağıda belirtilmiştir:

- Taşıtlı yolculukları daha az yoğun yollara kaydırmayla kaza sıklığını azaltmak mümkündür. Ancak hız artacağından, oluşacak kazaların şiddeti de artabilmektedir [Litman ve Fitzroy, 2010].
- Akıllı gelişme (Yeni kentleşme veya ulaşımaya yönelik gelişme) politikaları trafik güvenliğini arttırmaktadır [Durning, 1996; Lucy, 2002 ve 2003; Lovegrove ve Litman, 2008; Dumbaugh ve Rae, 2009; Litman ve Fitzroy, 2010].
- Kentsel yayılma; özel araç sahipliğini, kullanımını ve sürüş hızını arttırmaktadır. Bu nedenle kentsel yayılma trafik kazalarının sıklığını ve şiddetini de arttırmaktadır [Durning, 1996].
- Kentsel yayılma daha yüksek hız için yeni yol tasarlanmasına ve mahalli yollarda mahalle (konut alanı) için olmayan yolculukların artmasına yol açmaktadır. Ayrıca hızın artmasıyla trafik kazalarının artması yüksek olasıdır [Jones ve Jha, 2009].
- Akıllı büyümeye yönelik arazi kullanım politikaları trafiğin yoğunlaşmasına ve bu nedenle kaza sıklığının artmasına neden olabilse de, ölüm oranlarının ve kaza şiddetinin azalmasını sağlamaktadır [Dumbaugh ve Rae, 2009].
- Konut, ticaret ve rekreasyon alanlarının ayrılması trafik hızını ve taşıtlı yolculuğu artırarak toplam kaza ve ölüm oranını arttırmaktadır [Dumbaugh ve Rae, 2009].
- Yolculuk talep yönetimi, araçlı yolculukları azaltarak trafik kazalarını azaltabilecek bir stratejilerdir [Litman ve Fitzroy, 2010].
- Özel araç kullanarak yapılan yolculuğu, bisiklet, yaya, toplu taşıma veya araç paylaşımı yönünde değiştirme stratejileri trafik güvenliğini arttırmaktadır [Litman ve Fitzroy, 2010].
- Trafik tıkanıklığını gidermeye yönelik stratejiler genel olarak kaza sıklığını azaltır. Ancak oluşacak kazalar yüksek hızda meydana geleceğinden

şiddetini arttırır. Sonuç olarak, otomobille yapılan yolculuk zamanını, güzergâhını veya hedeflerini değiştirebilen ancak toplam araçla yapılan yolculuk miktarını azaltamayan stratejilerin trafik güvenliğini arttırmadaki etkisi sınırlıdır [Litman ve Fitzroy, 2010].

- Taşıt trafiğine yönelik kısıtlamalar, toplam taşıt-mil miktarını düşürürse, kazaları azaltabilmektedir. Ancak, araçlı yolculuğu başka zamanlara veya güzergâhlara kaydırırlarsa, genel olarak trafik güvenliğini çok az iyileştirmektedir [Litman ve Fitzroy, 2010].
- Güvenlik etkileri, belirli demografik ve coğrafi etkenlerden etkilenmektedir. Örneğin; bisiklet kullanımına yönelik koşulların iyileştirilmesiyle otomobilden bisiklete geçişlerin sağlanması ve böylelikle trafik kazalarının azaltılması mümkündür. Ancak, bisiklet kullanımına yönelik fiziki koşullar iyileştirilmemesi durumunda ise kazaların artması muhtemeldir [Litman ve Fitzroy, 2010].
- Yapılı çevre, trafik hızı ve trafik hacmi aracılığıyla kaza sıklığını ve ciddiyetini etkilemektedir [Ewing ve Dumbaugh, 2009].
- Gelişim desenleri, öncelikli olarak ürettikleri trafik hacimlerle, ikincil olarak da teşvik ettikleri hızlarla trafik güvenliğine teshir etmektedir [Ewing ve Dumbaugh, 2009].
- Yol ağı tasarımları, öncelikli olarak izin verdikleri trafik hızlarıyla, ikinci olarak ürettikleri trafik hacimleriyle trafik güvenliğini azaltmakta ya da arttırmaktadır [Ewing ve Dumbaugh, 2009].
- Trafik hacmi, öncelikli olarak kaza sıklığını, trafik hızı ise öncelikli olarak kaza ciddiyetini etkilemektedir [Ewing ve Dumbaugh, 2009].

Bölümün ikinci kısmında kentsel alan kullanımı trafik kazası ilişkisi konusunda yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir. İlk olarak kentsel yoğunlaşma trafik kazası ilişkisi ele alınmıştır. Yapılan çalışmalarda genel olarak yapılaşma ve nüfus

yoğunluğundaki artışın kişi başına düşen kaza sayısının azalmasıyla ilişkili olduğu belirtilmektedir. Yine pek çok çalışmada yapı yoğunluğu ile kişi başına düşen yolculuk miktarı arasında ters yönde bir ilişki olduğu ifade edilmektedir. Başka bir ifadeyle kentsel yoğunluğu arttırma; kişi başına kat edilen mesafenin, kazaların ciddiyetinin ve kişi başına ölümlerin azalmasına, buna karşın kat edilen mesafe başına kaza oranının artmasına neden olmaktadır. Kentsel yoğunlaşma trafik kazası ilişkisi konusunda gerçekleştirilen çalışmalara dayalı temel bulgular aşağıda belirtilmiştir:

- Yapılaşma ve nüfus yoğunluğundaki artış kişi başına düşen kaza sayısının azalmasıyla ilişkilidir [Durning, 1996; Elvik ve Muskaug, 1994; Dumbaugh ve Rae, 2009; Hadayeghi ve ark., 2003; Ewing ve Dumbaugh, 2009; Litman, 2012; Elvik ve ark., 2009; Litman and Fitzroy, 2010; Dumbaugh ve Rae, 2009; Banister, 1995; Garrick ve Marshall, 2008;].
- Yapı yoğunluğunun artması ile kişi başına düşen yolculuk miktarının azalması ilişkilidir [Elvik ve ark., 2009; Litman, 2012; Litman and Fitzroy, 2010; Durning, 1996; Vanderbilt, 2008; Newman ve Kenworthy, 1989; Næss, 1996; Newman ve Kenworthy, 2006].
- Çok fazla müstakil bahçeli ve motorlu taşıt erişimli konut inşa etmek özel araç kullanımının artmasına ve toplu taşıma kullanımının azalmasına neden olmaktadır [Hall, 1975].
- Yüksek nüfus yoğunluğunun olduğu alanlar iş merkezlerinin içinde veya yakınında yer alma eğilimindedir. Bu nedenle, sadece yerel trafiğin değil aynı zamanda bölgesel trafiğe de maruz kalmaktadır [Hadayeghi ve ark., 2003].
- Kişi başına düşen kat edilen uzaklık miktarının, trafik hızının ve ölümcül kaza olma olasılığının daha az olması nedeniyle kentsel alanlardaki trafik ortamı, kent çeperindeki düşük hacimli ortamlardan daha güvenlidir [Ewing ve Dumbaugh, 2009].

- Kentsel yoğunluğu arttırma genel olarak kişi başına kat edilen mesafenin, kazaların ciddiyetinin ve kişi başına ölümlerin azalmasını; buna karşın kat edilen mesafe başına kaza oranının artmasını sağlamaktadır [Litman, 2012].

Daha sonra, kentsel alan kullanım türünün kazalara etkisi konusunda yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu konuda yapılan çalışmalar da kentsel yoğunlaşma konusunda yapılan çalışmaları destekler niteliktedir. Bir bölgedeki konut, iş yeri sayısı ve arter yol uzunluğu ile trafik kaza sayısının ilişkili olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca genel olarak kentsel alandaki yollar, kırsal alandaki yollara göre daha fazla kaza oranına sahiptir ve kaza oranı yol çevresindeki arazi kullanım yapısından da etkilenmektedir. Ancak, kırsal alanlar daha az nüfusa sahiptir ve bu alanlardaki yolların hizmet ettiği kişi sayısı daha azdır. Bu durum dikkate alındığında karma kullanımlı ve yoğun kentsel alanlardaki trafiğin genel olarak daha güvenli olduğu belirtilmektedir. Kentsel alan kullanım türü trafik kazası ilişkisi konusunda gerçekleştirilen çalışmalara dayalı temel bulgular aşağıda belirtilmiştir:

- Kentsel alan kullanımdaki farklılaşma değişik türdeki yolculukları çekmekte veya üretmekte, yolculuk yapma davranışı da trafiğin mevcut yapısını ve hacmini etkilemekte, bu nedenle farklı arazi kullanımlarının kazaya karışma potansiyelinin de farklı olması beklenmektedir [Elvik ve ark., 2009].
- Kentsel alanlardaki kaza yoğunluğu (birim alandaki kaza sayısı), tarım alanları ve koruma alanlarına göre oldukça fazladır [Kim ve ark., 2006].
- Nüfus, iş yeri sayısı ve tahmini ekonomik çıktı arttıkça kaza sayısı artmaktadır. Üçü arasında kazayla en fazla ekonomik çıktı, sonra istihdam ve en az da nüfus ilişkilidir [Kim ve ark., 2006].
- Kentsel alandaki yollar, kırsal alandakilere göre daha fazla kaza oranına sahiptir ve kaza oranı, yol çevresindeki etkinliklerin yapısından etkilenmektedir [Elvik ve ark., 2009].

- Norveç'te yapılan çalışmada konut alanlarıyla diğer (sanayi ve karma) alanlar arasında kaza oranı açısından belirgin bir fark görülmemiştir [Blakstad, 1990].
- Almanya'da yapılan çalışmada sanayi alanlarındaki ve karama arazi kullanım alanlarındaki kaza oranının konut alanlarındakinden daha yüksek olduğu görülmüştür [Kohler ve Schwamb, 1993].
- Bir bölgedeki konut ve iş yeri sayısı ile arter yol uzunluğu trafik kaza sayısı ile ilişkilidir [Levine ve ark., 1995a ve 1995b; Hadayeghi ve ark., 2003; Kmet ve ark., 2003; Ladrón de Guevara ve ark., 2004; Hadayeghi ve ark., 2006; Lovegrove ve Sayed, 2006].
- İş alanlarının şehir merkezinde yer seçmesi toplu taşıma kullanımının artmasına ve işe gitmek için özel araç kullanımının azalmasına, kentlerin çeperlerinde yer seçmesi durumunda ise iş yerine gidiş ve geliştaki toplam yolculuğun ve özel araç kullanımının artmasına neden olmaktadır [Elvik ve ark., 2009; Strand, 1993; Lervag, 1985; Fosli, 1995].

Bu bölümde son olarak kentsel yol ağı trafik kazası ilişkisi konusunda literatürde yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir. Yol ağını; yol kesim ve kavşak olarak ikiye ayırmanın mümkün olduğu görüldüğünden, öncelikle yol kesim özelliklerinin trafik kazalarına etkilerini araştıran çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalarda motorlu taşıtlar için erişimin yüksek olduğu ızgara yol ağlarında trafik güvenliğinin daha düşük; çarpık paralel, döngü, çıkmaz sokak vb kullanarak motorlu taşıtlar için erişimin sınırlandığı yol ağlarında trafik güvenliğinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna neden olarak trafik hızındaki ve hacmindeki azalma gösterilmektedir. Ayrıca, hiyerarşik yol ağı uygulamalarının her zaman trafik güvenliği arttırmadığı, kazaları ana yollara öteleyebildiği belirtilmektedir. Yine çalışmalara göre kavşaklar arası mesafenin artması, yolun geniş ve düz olması genel olarak trafiğin güvenliğini düşürmektedir. Kent içi yol kesim özelliklerinin trafik kazalarına etkisi konusunda gerçekleştirilen çalışmalara dayalı temel bulgular aşağıda belirtilmiştir:

- Çarpık paralel, döngü ve lolipopdan oluşan yol ağı, geleneksel ızgara yol ağından daha güvenlidir [Rifaat ve ark., 2010; Ewing ve Dumbaugh, 2009; Marks, 1957].
- Yoğun kentsel alanlardaki karayoluna yakın sokak ağaçları, trafiği sakinleştirme önlemleri ve dar şeritler gibi trafik hızını ve hacmini sınırlayan uygulamalar; geniş, düz, kavissiz, eğimsiz, görüş açısı fazla olan yol ağı oluşturmayı amaçlayan uygulamalardan yolun güvenliğini daha fazla arttırmaktadır [Ewing ve Dumbaugh, 2009].
- Kentsel yol ağı oluşturmadaki temel kaygının trafik güvenliğini artırma olması gerekmektedir. Ayrıca yol tasarımı esnasındaki göz önüne alınması gereken temel hususlar şunlardır: Erişim yollarını transit trafikten ayıran bir karayolu ağı tasarlamak ve erişim yollarındaki trafik hacminin mümkün olduğunca düşük olmasını temin etmek, bütün yolları kaza oranını düşürecek şekilde tasarlamak ve tüm yol kullanıcıları için anlaşılması kolay ve basit trafik sistemi yapmak [Elvik ve ark., 2009].
- Trafiğin yoğun olduğu saatlerde kaza sayısı artmaktadır [Sullivan, 1990; Persaud ve Dzibik, 1993; Sandhu ve Al-Kazily, 1996].
- Yoldaki trafik arttığında, yaralanmalı ve maddi hasarlı kaza oranı belli bir düzeye kadar azaltmakta, sonra özellikle maddi hasarlı kaza oranı artmaktadır [Zhou ve Sisiopiku, 1997].
- Özellikle büyük şehirlerde eğer ana yol ağının kapasitesi yetersizse, trafiğin belli bir bölümü transit trafik için tasarlanmamış olan toplayıcı yollara ve erişim yollarına yönelmektedir. Bu yönelmeyle konut alanlarında trafik yoğunlaşmakta ve özellikle çocuklar ve yaşlılar için güvensiz ve hoş olmayan bir dış çevreye yaratarak bölgenin çevre kalitesini düşürmektedir [Elvik ve ark., 2009].
- Mahalle içindeki yerel yol ağı ana yol ağından koparıldığında ve mahallede oturmayanların ana yolu kullanması sağlandığında mahalle içindeki trafik

hacmi azalabilmekte, ancak bu trafik güvenliğinin arttığı anlamı taşımamaktadır. Sadece problemin yer değiştirmesini sağlamaktadır [Dumbaugh ve Rae, 2009].

- Kavşaklar arası mesafe (yol kesim uzunluğu) azaldıkça kazaların ciddiyeti azalmaktadır [Garrick ve Marshall, 2008; Dumbaugh ve Rae, 2009; Ewing ve Dumbaugh, 2009].
- Kentlerin içinden geçen yoldaki kaza oranı ne kadar yüksekse, çevre yolu yapımı sonrası kaza oranındaki azalış o derece fazla olur [Elvik ve ark., 2009].
- Trafik akımı çevre yoluna yöneldiği oranda kaza sayısında azalış sağlanır [Elvik ve ark., 2009].
- Çevre yolu trafiğin dolaşım güzergâhını arttıkça, kaza sayısındaki azalış o derece azalır [Elvik ve ark., 2009].

İkinci olarak kavşak özelliklerinin trafik kazalarına etkilerini araştıran çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalara göre; üç kollu (T) kavşaklar, dört kollu (+) kavşaklardan daha güvenlidir. Ayrıca, üç kollu (T) ve dört kollu (+) kavşakların dönel kavşağa dönüştürülmesiyle kavşağın güvenliği artırılabilir. Hemzemin kavşakların katlı kavşağa dönüştürülmesi ile kaza sayısının azaldığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalarda kazaların başka yerlere ötelenmiş olup olmadığı incelenmemiştir. Bir diğer konu da kavşağın ışıklı kontrollü hale getirilmesidir. Işıklı kontrolün kavşak güvenliğini arttırdığını ileri süren çalışmalar olduğu gibi, çok az arttırdığını veya etkilemediğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Kent içi kavşak özelliklerinin trafik kazalarına etkisi konusunda gerçekleştirilen çalışmalara dayalı temel bulgular aşağıda belirtilmiştir.

- 3 kollu (T) kavşak, dört kollu (+) kavşaktan daha güvenlidir [Marks, 1957; Lovegrove ve Sayed, 2006; Giaver, 1990; Sakshaug ve Johannessen, 2005; Ewing ve Dumbaugh, 2009; Elvik ve ark., 2009; Vanderbilt, 2008].

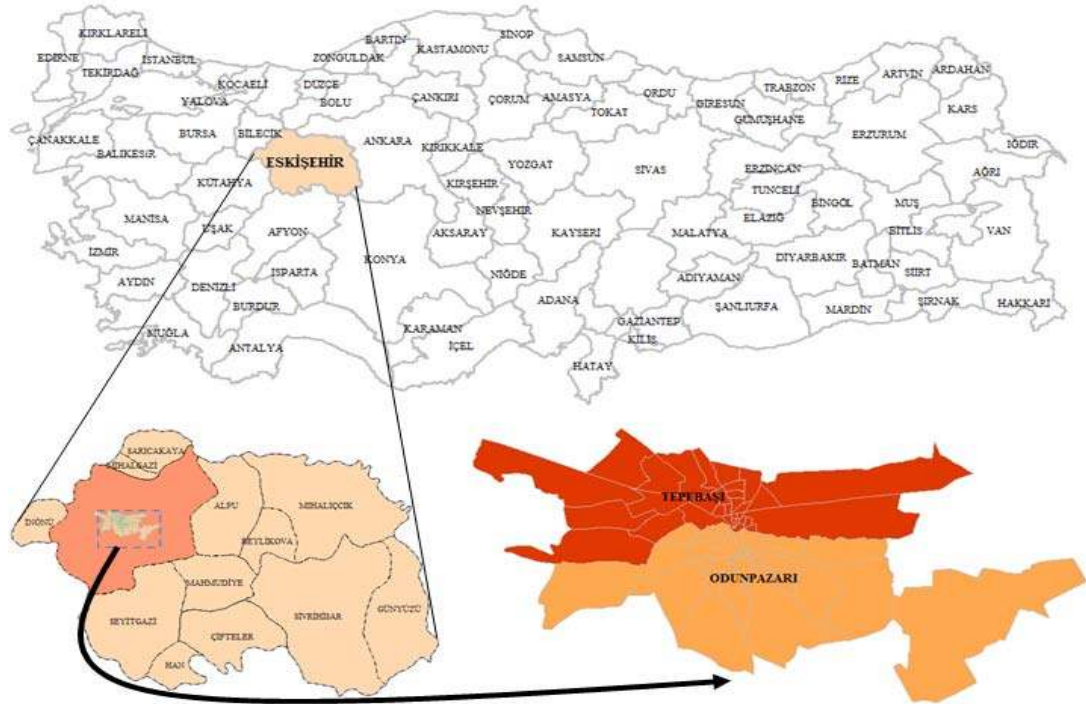
- Üç kollu (T) veya dört kollu (+) kavşakların modern dönel kavşağa dönüştürülmesi, kavşağın güvenliğini arttıran bir uygulamadır ve kaza sayısı ile şiddetini düşürmektedir [Elvik ve ark., 2009 ve Robinson ve ark., 2000; Vanderbilt, 2008].
- Genel olarak katlı kavşaklardaki kaza oranları hem zemin kavşaklara göre daha düşüktür [Elvik ve ark., 2009].
- Kavşağın trafik ışığıyla kontrol edilmesi kaza sayısını azaltmaktadır [Elvik ve ark., 1997].
- Trafik ışığı olmayan kavşaklar, aynı miktarda motorlu taşıt hacmine sahip ışıklı kavşaklar kadar güvenlidir [Greibe, 2003].
- Sağ koldan gelen trafiğin geçiş üstünlüğü (önceliği) olan dört kollu (+) kavşaklar, ışıklı kavşaklara ve üç-kollu kavşaklara göre; ışıklı kavşaklar, tali yoldan gelen trafiğin yol vermesinin zorunlu olduğu kavşaklara göre kaza maliyeti daha fazladır [Sakshaug ve Johannessen, 2005].

Sonuç olarak bir sonraki bölümü oluşturan alan çalışması, kentsel arazi kullanımı trafik kazası ilişkisi konusunda literatürde yer alan yukarda bahsedilen çalışmalardan elde edilen bilgilere göre şekillenmiştir. Öncelikle analiz yöntemi belirlenmiştir. Son dönemdeki çalışmalarda sıkça kullanılan modern bir yöntem olması ve gerçekçi sonuçlar üretmesi nedeniyle, kaza tahmin modelleriyle analizleri gerçekleştirmenin uygun olduğu görülmüştür. Daha sonra alan çalışması kapsamında kullanılabilir nitelikte trafik kazasıyla ilişkili kentsel arazi kullanım değişkenleri belirlenmiştir. Değişkenler belirlenirken literatürde yer almasına, çalışma alanı şartlarına uygun olmasına ve elde edilebilir olmasına önem verilmiştir. Bu değişkenler; arazi kullanım özellikleri, yol kesim özellikleri, kavşak özellikleri, trafik özellikleri (hız ve hacim) ve boşluk/doluluk özelliklerini içermektedir.

4. ALAN ARAŞTIRMASI: ESKİŞEHİR KENTİ ÖRNEĞİ

Eskişehir, İç Anadolu Bölgesi'nin kuzey-batısında bulunan ve oluşturan 629609 kişilik nüfusu olan Türkiye'nin 14. büyük kentidir [TUİK, 2011]. Ankara'ya 233 km, İstanbul'a 330 km olan kent, Porsuk Çayı'nın ayırdığı Tepebaşı ve Odunpazarı ilçelerinden oluşmaktadır (Şekil 4.1). Osmangazi ve Anadolu Üniversiteleri ile çeşitli sanayi kuruluşları kentin temel sektörlerini oluşturmaktadır.

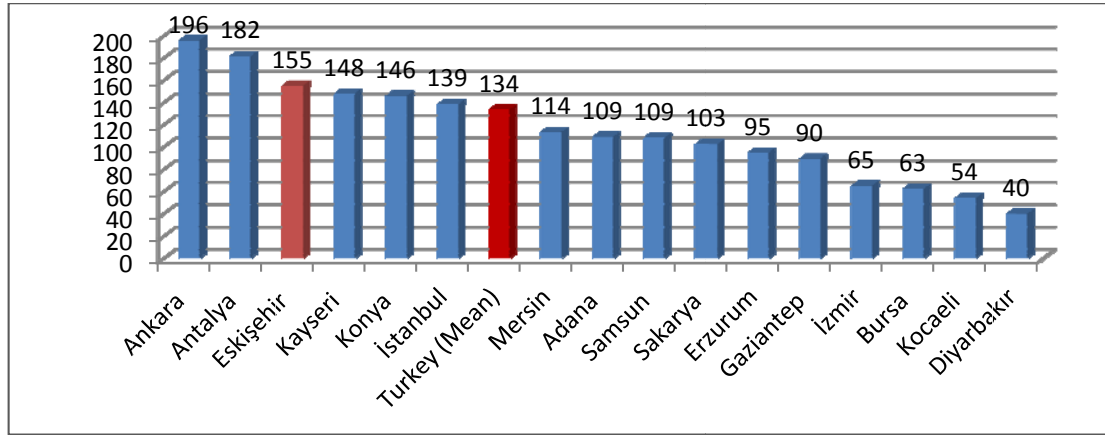
Yaya olarak ve bisikletle ulaşımının yaygın olduğu derişik yapıdaki kentte toplu taşıma Otogar – Çarşı – SSK ve Osmangazi Üni. – Çarşı – Opera hatlarında çalışan raylı sistemle, 76 hatta çalışan 188 otobüsle ve Köprübaşı – Tülümtaş ve Köprübaşı – Kentpark hatlarında çalışan bot hattıyla sağlanmaktadır [Eskişehir Büyükşehir Belediyesi, 2011].



Şekil 4.1. Eskişehir İlının ve Kentinin konumu

Toplam 97819 otomobilin olduğu kent, 155 otomobil/1000 kişi ile otomobil sahipliği bakımından Türkiye'de 3. sıradadır (Şekil 4.2). Kentte yılar içinde otomobil sahipliği artış göstermiştir. 2002 yılında kentin otomobil sahipliği

değeri 100 otomobil/1000 kişi iken, 2005 yılında bu değer 123 otomobil/1000 kişi'ye, 2010 yılında da 155 otomobil/1000 kişi'ye ulaşmıştır [Şekil 4.2; Gerçek, 2005 ve Yalınız, 2007].



Şekil 4.2. Büyükşehirlerin Otomobil Sahipliliği: 1000 kişi başına düşen otomobil sayısı⁸

Kentte 2005-2010 yılları arasındaki 6 yıllık dönemde toplam 5943 ölümlü veya yaralanmalı trafik kazası meydana gelmiş ve bu kazalar sonucu 88 kişi ölmüş ve 8950 kişi de yaralanmıştır (Çizelge 4.1). 6 yıllık dönem değerlendirildiğinde meydana gelen kazaların toplam sayısı, aynı dönemde ülke genelinde meydana gelen ölümlü veya yaralanmalı kazaların yaklaşık % 1,2'sini oluşturmaktadır.

Çizelge 4.1. Ölü, yaralı ve ölümlü veya yaralanmalı kaza sayıları

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Toplam
Yaralı	1246	1350	1643	1588	1500	1623	8950
Ölü	22	16	18	21	17	16	88
Kaza	857	901	1081	993	1012	1099	5943

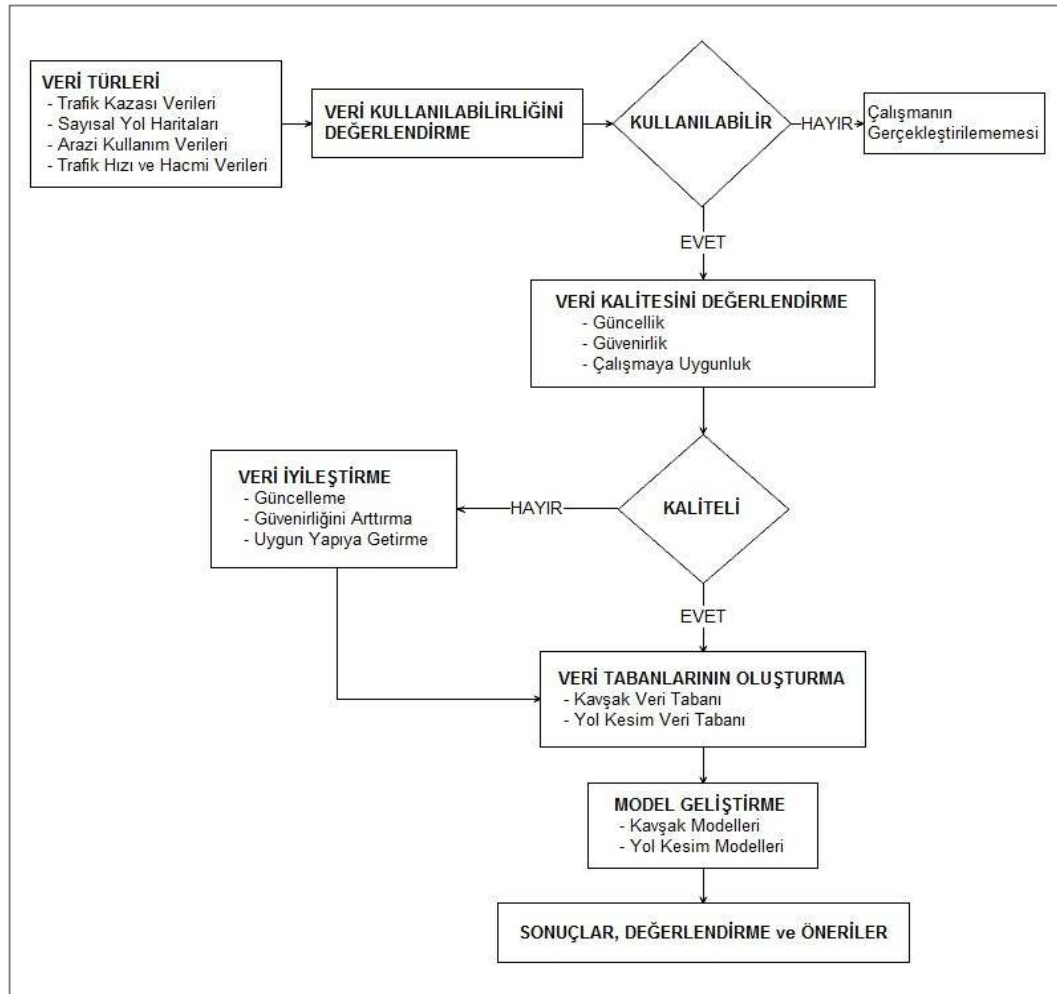
Eskişehir'in ulaşım konusunda duyarlı kentlerimizden biri olduğu söylenebilir. Kent içi ulaşım konusunda Eskişehir'de bu güne kadar 4 önemli çalışma gerçekleştirilmiştir. Bunlardan ilki 1990 yılında yapılan “Kentsel Ulaşım Projesi”dir. Bu çalışma genel olarak kent içi karayolu ağının iyileştirilmesi ve toplu taşımın geliştirilmesine yöneliktir. İkincisi ise 1995 yılında hazırlanan “Ulaşım

⁸ Şekil 4.2, 2011 yılı İl Emniyet Müdürlüklerine ait otomobil sahipliliği verileri ve TÜİK (2011) nüfus verileri kullanılarak oluşturulmuştur.

Master Planı”dır. Bu planla da kent içi ulaşım etüdü ve raylı sistem fizibilite etüdü gerçekleştirilmiştir. Üçüncü olarak 2001 yılında hazırlanan ve hafif raylı sistem projesinin ekonomik ve mali analizini gerçekleştirdiği “*Kentsel Ulaşım ve Toplu Taşıma Projesi*”dir. Son olarak da 2003 yılında tüm bu çalışmaları kapsar nitelikte “*Kentsel Ulaşım Ana Planı*” hazırlanmıştır ve halen bu plan yürürlüktedir [Özalp, 2007].

Kentin genel özellikleri, ulaşım imkânları çeşitliliği, otomobil sahipliği, trafik kazası ve ulaşım planı durumu bilgileri değerlendirildiğinde; Eskişehir’in orta büyüklükte bir büyük şehir olduğu, farklı türde ulaşım imkânlarının bulunduğu, büyükşehirler arasında otomobil sahipliği yüksek olmasına karşın trafik kazası değerlerinin görece yüksek olmadığı ve kentsel ulaşımın planlı geliştiği görülmektedir. Bu özellikleri nedeniyle kentin, tez kapsamında gerçekleştirilmesi planlanan alan çalışması için uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Kentte, gerçekleştirilen alan çalışması sürecinde öncelikle farklı veri türleri temin edilmiş ve kalitesi değerlendirilmiş, veri kalitesi uygun ise kullanılabilirliğine bakılmıştır. Daha sonra veriler kullanılabilir nitelikte ise doğrudan, değil ise iyileştirme süreci sonrası modellerin gerçekleştirileceği veri tabanları oluşturulmuş ve kavşak ile yol kesimine yönelik kaza tahmin modelleri geliştirilmiştir. Son olarak modellerin çıktıları, çalışma genelinde edinilen ve literatürde belirtilen bilgiler çerçevesinde değerlendirilmiş, yorumlanmış ve öneriler sunulmuştur. Alan çalışması sürecinin adımları Şekil 4.3’de sunulmuştur.



Şekil 4.3. Alan çalışması süreç adımları

4.1. Veri Türleri

Çalışmada kapsamında *trafik kazası*, *sayısal yol haritası*, *arazi kullanım haritası ile trafik hızı/hacmi verileri* kullanılmıştır. Bu veriler aşağıda belirtilen kaynaklardan elde edilmiştir.

Trafik kazası verilerini, 2005-2010 yılları arasında çalışma alanında meydana gelmiş, trafik polisince raporlanmış ve Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) trafik kazası veri tabanına aktarılmış ölümlü veya yaralanmalı trafik kazalarına ait toplam 5943 satır ve 11 sütundan oluşan veri seti oluşturmaktadır. Veri setinde; kaza no, yıl, ay, gün, saat, il, ilçe, oluş yeri, oluşumuna göre kaza türü, kaza sonucu, X koordinat ve Y koordinat verileri yer almaktadır.

Sayısal yol haritası verilerini, EGM’ ye ait yol adı, yol tipi, mahallesi, ilçesi ve uzunluğu sütunlarından oluşan toplam 26159 satır olan ve çalışma alanına ait .tab uzantılı CBS ortamındaki veri seti, Google Earth programı aracılığıyla elde edilen yol bilgileri ile uydu görüntüleri ve ArcGIS Explorer programı aracılığıyla erişilen Bing Maps Aerial, Bing Maps Roads, World Imagery, World Topography, World Streets altlıklarına ait yol bilgileri ile uydu görüntüleri oluşturmaktadır.

Arazi kullanım haritası verilerini;

- EGM’ye ait çalışma alanının sayısal haritasının arazi kullanımına ilişkin bilgileri,
- Eskişehir Büyükşehir Belediyesi’nce oluşturulmuş farklı ölçekteki imar planları,
- 08.06.2011 tarihli teknik gezi ile elde edilen muhtelif fotoğraf, bilgi ve belgeler,
- Google Earth programı aracılığıyla elde edilen arazi kullanım bilgileri ile uydu görüntüleri,
- ArcGIS Explorer programı aracılığıyla erişilen Bing Maps Aerial, Bing Maps Roads, World Imagery, World Topography, World Streets altlıklarına ait arazi kullanım bilgileri ile uydu görüntüleri oluşturmaktadır.

Trafik hızı/hacmi verilerini; çalışma alanı genelinde farklı özellikteki 108 kavşak arasına yerleştirilen EGM’ye ait hız/hacim ölçer cihazları ile 2009 yılı Eylül ayı içinde toplanan ve taşıt/saat birimli ortalama noktasal trafik hacmi verisi ile km/saat birimli ortalama noktasal trafik hızı verisi oluşturmaktadır⁹.

⁹ Bu veriler, TÜBİTAK KAMAG 1007 programı kapsamında desteklenen “107G174 numaralı ve Performans Tabanlı Kaynak Yönetim Sistemi ile Trafik Denetleme ve Kaza Bilirkişilik Hizmetlerinin Yeniden Yapılandırılması ve Bölge Trafik İstasyonlarının Lokasyonlarının Belirlenmesi” başlıklı proje kapsamında elde edilmiştir.

4.2. Veri Kullanılabilirliğini Değerlendirme

Çalışma kapsamında elde edilen ve genel olarak trafik kazası, sayısal yol haritası, arazi kullanım özellikleri ile trafik hızı/hacimi verileri olarak 4 farklı türde sınıflandırılan verilerin kullanılabilirliği, veri gruplarının türüne uygun yöntemlerle incelenmiştir.

İlk olarak trafik kazası verileri değerlendirilmiştir. Öznetelik özelliğinde olan bu veriler, kazaların “*Enlem/Boylam (Longitude/Latitude) WGS 84*” projeksiyonlu konum bilgilerinin (X ve Y koordinatlarının) CBS yazılımları aracılığıyla nokta olarak haritada gösterilmesi sonucu grafik veriye dönüştürmeye, böylece CBS ortamında kaza oluşum noktaları ile kazaya ilişkin diğer öznetelik verilerin ilişkilendirilerek analizleri gerçekleştirmeye uygun yapıdadır. Bu nedenle trafik kazası verileri çalışmada kullanılabilir niteliktedir.

Veri kullanılabilirliği değerlendirilen ikinci veri grubu da sayısal yol haritası verileridir. CBS ortamında, .tab uzantılı ve “*Enlem/Boylam (Longitude/Latitude) WGS 84*” projeksiyonlu olan bu veri grubunun, yapısı değerlendirilerek çalışma kapsamında kullanılabilir nitelikte olduğu görülmüştür.

Arazi kullanım verileri, veri kullanılabilirliğinin değerlendirildiği bir diğer veri grubudur. Bu veri grubu; farklı uzantı ve projeksiyonlu CBS ortamındaki verilerden, taranarak bilgisayar ortamına aktarılmış .tif uzantılı haritalardan, Bölüm 4.1’de belirtilen uydu görüntüsü ve altlık harita tabanlı arazi kullanım bilgisi sağlayan yazılımlar aracılığı ile elde edilen bilgilerden ve farklı yapı veya uzantıdaki diğer bilgi ve belgelerden oluşmaktadır. Veri kaynağı çok sayıda olan bu veri grubu da çalışma için uygun ve kullanılabilir niteliktedir.

Son olarak trafik hızı/hacmi verileri incelenmiştir. Bu veriler kentin farklı özellikteki 108 kavşak arasına yerleştirilen hız/hacim ölçer cihazları ile elde edilmiş verilerdir. Cihazlar temsil ettiği yol kesiminin orta bölümündeki belli bir noktadan ölçüm yapmıştır. Cihaz noktaların “*Enlem/Boylam (Longitude/Latitude) WGS 84*”

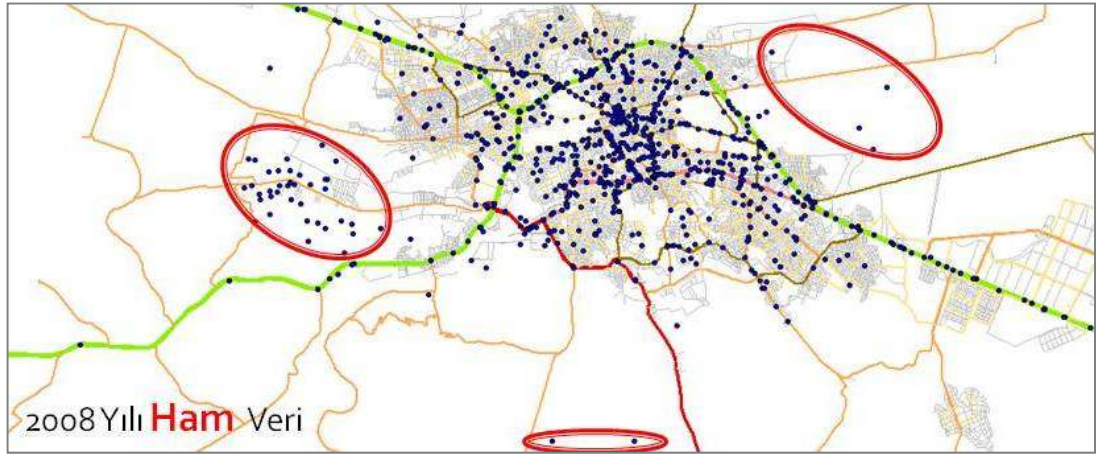
projeksiyonlu konum bilgileri, veri tabanında yer almaktadır. Öznitelik özelliğinde olan bu veriler, cihazların konum bilgilerinin (X ve Y koordinatlarının) CBS yazılımları aracılığıyla nokta olarak haritada gösterilmesi sonucu grafik veriye dönüştürmeye ve mekânla ilişkilendirmeye uygun yapıdadır. Belirtilen özellikler değerlendirildiğinde bu verilerin kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, dört farklı grupta incelenen verilerin tamamının tez kapsamındaki alan çalışmasında kullanılabilir olduğu değerlendirilmiştir.

4.3. Veri Kalitesini Değerlendirme

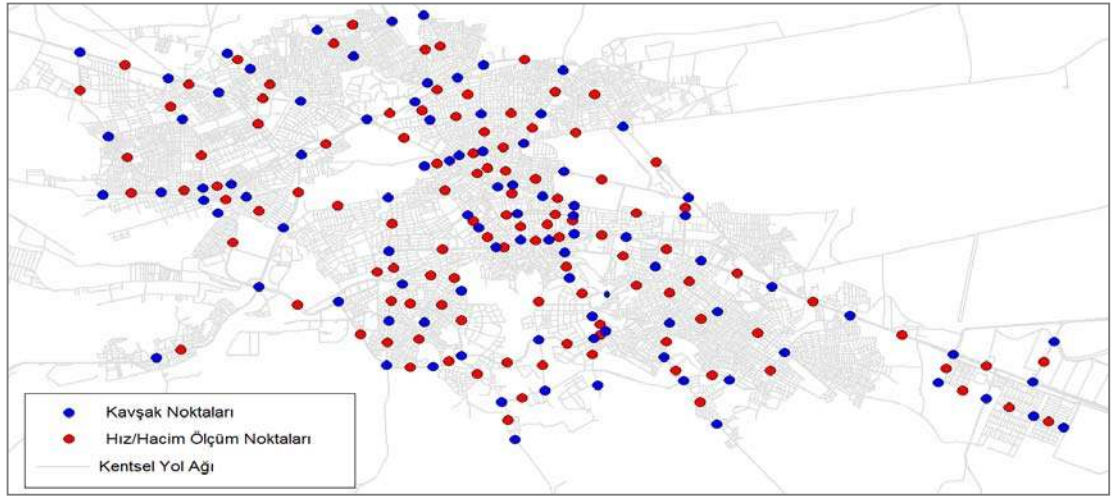
Çalışma kapsamında kullanılan veri gruplarının her birinin yapısı diğerlerinden farklıdır. Bu nedenle veri kalitesini değerlendirme süreci her bir veri grubunun yapısı ve ihtiyaçları doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Veri kalitesi değerlendirme sürecinde *güncellik*, *güvenirlilik* ve *çalışmaya uygunluk* temel ölçüt olarak kabul edilmiş ve veri grupları bu ölçütlere göre değerlendirilmiştir.

Trafik kazası veri grubunun bu çalışma için en önemli bilgisi kaza konum bilgisidir. Bu nedenle trafik kazası verilerinin kalitesi konum bilgilerinin doğruluğu kapsamında incelenmiştir. Bu kapsamda trafik kazası verileri öncelikle Mapinfo 9.0 yazılımı aracılığıyla “*Enlem/Boylam (Longitude/Latitude) WGS 84*” projeksiyonlu kazaların X ve Y koordinatlarının nokta olarak haritada gösterilmesi sonucu öznitelik veriden grafik veriye dönüştürülmüş, böylece veriler CBS ortamında kaza oluşum noktaları ile kazaya ilişkin diğer öznitelik verilerin ilişkilendirilerek analiz edilebildiği biçime getirilmiştir. Daha sonra 2005-2010 yıllarına ait olan veri seti yıllık dönemlere ayrılarak 6 alt veri seti oluşturulmuş ve her yıl için kaza noktaları haritaları oluşturularak kaza konum bilgilerinin doğruluğu nicel gözlemle incelenmiştir. Yıllık dönemlerde oluşturulan kaza noktaları haritalarında, kimi kaza noktalarının yol ağı ile örtüşmediği gözlemlendiğinden, bu verilerin iyileştirmeye ihtiyacı olduğu değerlendirilmiştir. 2008 yılı için yol ağı ile örtüşmediği gözlemlenen kaza noktaları örnek olarak Harita 4.1’de kırmızıyla işaretlenmiştir.



Harita 4.1. Yol ağı ile örtüşmeyen trafik kazası noktaları örneği

Trafik hız ve hacmi verileri kentteki farklı özellikteki yol kesimlerinin orta bölümüne yerleştirilen cihazlarla toplanmıştır. Toplanan veriler arasında cihaz noktalarının konum bilgileri de yer aldığından veriler, CBS yazılımları aracılığıyla noktasal olarak mekânla ilişkilendirmeye uygundur. Bu veriler hem ölçüm yapılan yere (noktaya), hem de ölçüm yapılan yol kesimine aittir. Çalışmada verilerin etkin kullanılabilmesi için verilerin CBS yazılımları aracılığıyla yol kesimlerine atamalarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde verilerin güncel ve güvenilir olmasına karşın, çalışmaya uygunluğunu sağlamaya yönelik iyileştirmeye ihtiyacı olduğu görülmüştür. Hız / hacim ölçüm cihazlarının konumları Harita 4.2’de sunulmuştur.



Harita 4.2. Kavşak ve hız/hacim ölçer cihazların konumları

Sayısal yol haritası verileri, CBS ortamındadır ve biçimi (uzantısı) ve projeksiyonu çalışmada kullanılan biçim ve projeksiyonla aynıdır. Bu nedenle veriler çalışmada kullanılan veri yapısına uygundur. Ancak veriler alan araştırması ile çekilmiş fotoğraflarla ve yakın zamanda çekilmiş uydu görüntüleriyle karşılaştırıldığında, güvenilir olduğu ama lokal güncellemelerin gerektiği görülmüştür. Bu nedenle verilerin iyileştirmeye ihtiyacı vardır. Şekil 4.4’de göbekli kavşağın katlı kavşağa dönüştürülmesi nedeniyle oluşan güncelleme ihtiyacının uydu görüntüsü ile tespiti örnek olarak sunulmuştur.



Şekil 4.4. Sayısal haritanın güncelleme ihtiyacının uydu görüntüsü ile tespiti örneği

Arazi kullanım verilerine girdi sağlayacak pek çok veri bu çalışma kapsamında toplanmıştır. Elde edilen verilerin derlenmesi, çalışmada kullanılan veri yapısına uygun hale getirilmesi ve güncelleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle verilerin iyileştirmeye ihtiyacı vardır.

Genel olarak çalışma kapsamındaki veri gruplarının farklı yapıda ve oranlarda iyileştirmeye ihtiyacı olduğu görülmüştür. İyileştirme süreci, çalışmanın veri kalitesini arttıracak ve çalışmada elde edilecek sonuçların daha güvenilir olmasını sağlayacaktır.

4.4. Veri İyileştirme

Bu bölümde, veri gruplarının yapısı ve ihtiyaçları doğrultusunda iyileştirme süreci uygulanmıştır. Genel olarak; trafik kazası hatalı konum bilgilerini yeniden konumlandırma, hız/hacim verilerini CBS ortamında yol kesimlerine de atayarak çalışma yapısına uygun hale getirme, sayısal yol haritalarını güncelleme ve arazi kullanım bilgilerini güncelleme, derleme ve çalışma yapısına uygun hale getirme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Trafik kaza verilerinin iyileştirilmesinde üç aşamalı bir yöntem izlenmiştir. Öncelikle 2005-2010 yıllarına ait kaza verileri yıllık dönemlere ayrılmıştır. Daha sonra her yıl için Mapinfo 9.0 yazılımı aracılığı ile X ve Y koordinat bilgileri kullanılarak kaza noktaları haritaları oluşturulmuştur. Son olarak da kaza yerleri ile yol güzergâhının örtüşüp örtüşmediğinin kontrolü yapılmıştır. Bu aşamada sayısal yol haritası ile örtüşmeyen kaza noktaları Mapinfo 9.0 yazılımıyla tespit edilmiş, tespit elden (hatalı olduğu düşünülen) kaza noktaları Google Earth Yazılımı ile görsellenmiş ve kaza yeri ile yol güzergâhının örtüşüp örtüşmediğinin doğrulması yapılmıştır. Şekil 4.5’de bu doğrulamanın bir örneği gösterilmektedir. Şekil 4.5’de görülebileceği gibi, kırmızıyla belirtilen hatalı olduğu belirlenen veriler Google Earth’te de yol güzergâhı üstünde bulunmamaktadır.



Şekil 4.5. Kaza verilerinin doğruluğunun uydu görüntüleriyle kontrolü örneği

Hatalı olan veriler incelendiğinde hataların genel olarak;

- Projeksiyon ayarı hatalı GPS cihazı ile kaza konum bilgisinin toplanması,
- X verisinin bir veya birkaç rakamının hatalı girilmesi,
- Y verisinin bir veya birkaç rakamının hatalı girilmesi olduğu tespit edilmiştir.

Bu tespit ışığında ve kaza verilerinin tamamının adres bilgileri ile Google Earth Yazılımı adres bilgileri karşılaştırılarak aşağıda belirtilen işlemler gerçekleştirilmiştir:

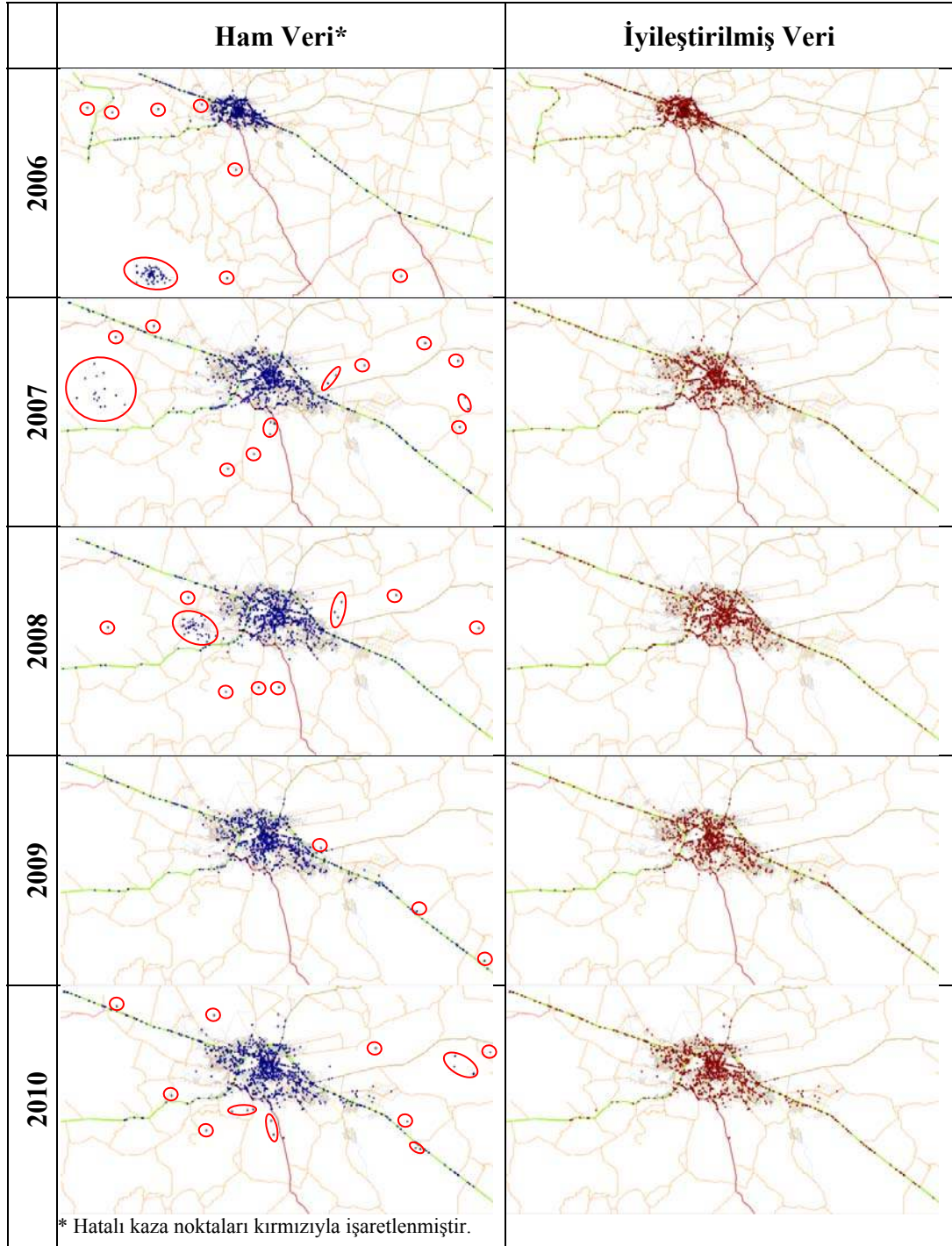
- Projeksiyonu farklı/hatalı olan veriler tespit edilmiş ve projeksiyonu çalışmanın projeksiyonu ile aynı hale getirilmiştir.
- X verisinin bir veya birkaç rakamı hatalı olan veriler tespit edilmiş ve kaza konum bilgileri bu tespit doğrultusunda yenilenmiştir.
- Y verisinin bir veya birkaç rakamı hatalı olan veriler tespit edilmiş ve kaza konum bilgileri bu tespit doğrultusunda yenilenmiştir.

- Hatalı olduğu tespit edilen ancak hiçbir genellemeye dahil olmayan veriler adres bilgileri aracılığıyla kaza konum bilgileri yenilenmiştir.

Böylelikle kaza konum bilgileri iyileştirilerek hataları giderilmiş ve mekânsal analizlere uygun bir kaza veri tabanı oluşturulmuştur. Yıllara göre kaza konum verilerinin ham halleri ile iyileştirilmiş halleri Şekil 4.6’da, yeniden konumlandırılan veri durumları Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Yeniden konumlandırılan veri sayısı ve yüzdesi

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Toplam Veri Sayısı	975	973	1166	1057	1089	1193
Yeniden Konumlandırılan Veri Sayısı	105	95	88	70	39	34
Yeniden Konumlandırılan Veri Yüzdesi	11%	10%	8%	7%	4%	3%

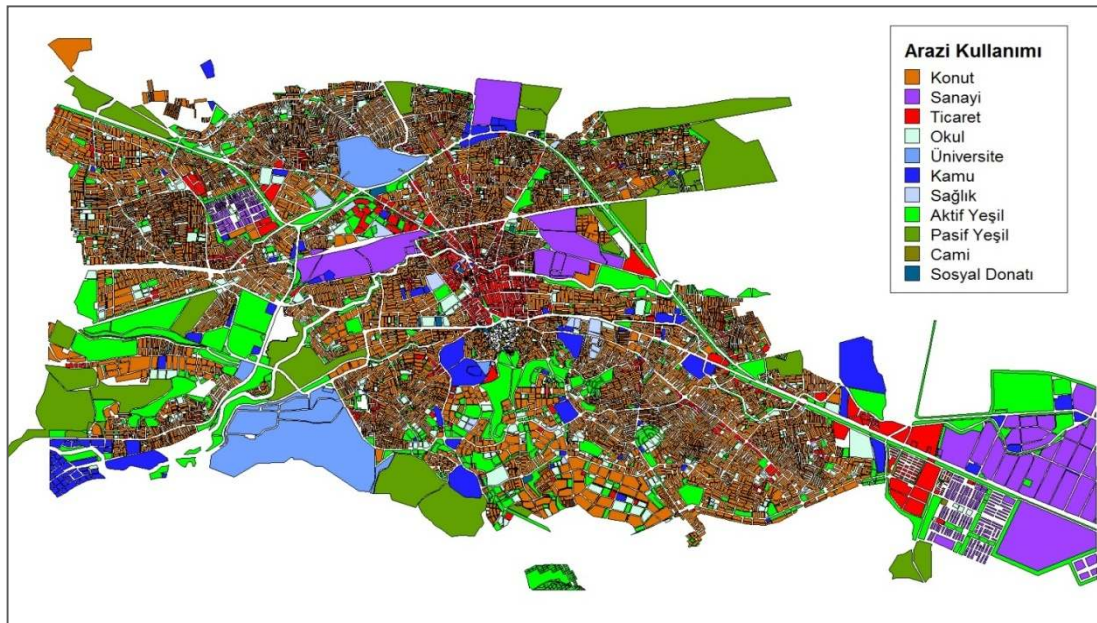


Şekil 4.6. Yıllara göre kaza konum verilerinin ham halleri ile iyileştirilmiş halleri

Diğer bir iyileştirme işlemi de sayısal yol haritası verileri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sayısal yol haritaları, alan araştırması ile çekilmiş fotoğraflar ve yakın zamanda çekilmiş uydu görüntüleriyle karşılaştırılmış ve değişen veya yeni eklenen kesimler tespit edilerek Mapinfo 9.0 yazılımıyla güncelleme ve

yeniden çizme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Böylece çalışmada kullanılabilecek nitelikte güncel sayısal yol haritası elde edilmiştir.

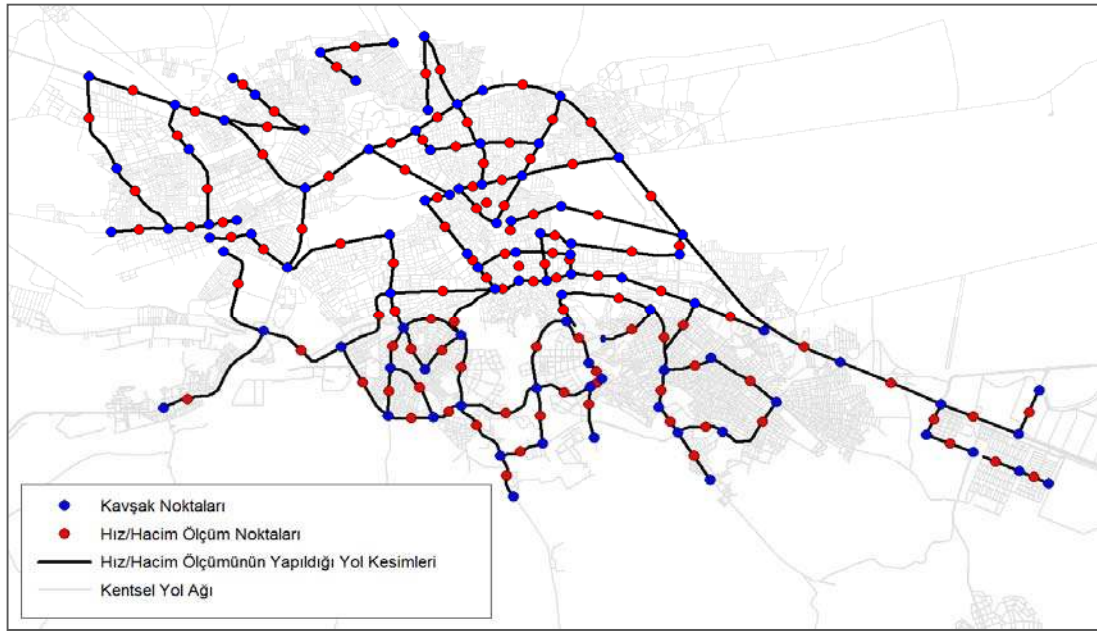
Arazi kullanım haritası, pek çok verinin derlenmesi ve güncellenmesiyle elde edilmiştir. Derleme sürecinde öncelikle sayısal haritalar kullanılmış ve tüm sayısal haritaların projeksiyonu ve uzantısı aynılaştırılarak, çalışmadaki diğer CBS ortamındaki verilerin projeksiyonuna (*Enlem/Boylam (Longitude/Latitude) WGS 84 projeksiyonu*) ve uzantısına (Mapinfo 9.0 yazılımının desteklediği .tab uzantısı) dönüştürülmüştür. Daha sonra verilerin güncelliği göz önüne alınarak altlık bir harita ve bu haritayla uyumlu veri tabanı oluşturulmuştur. Son olarak bu altlık harita ve veri tabanı, özellikle yeni tarihli uydu görüntülerinden ve Bölüm 4.1’de belirtilen diğer verilerden faydalanılarak güncellenmiş ve çalışmada kullanılabilecek nitelikte sayısal arazi kullanım haritası oluşturulmuştur. Arazi kullanım haritası Harita 4.3’de sunulmuştur.



Harita 4.3. Arazi kullanım haritası

Trafik hızı/hacmi verileri, kentteki farklı özellikte 108 kavşak arasına yerleştirilen toplam 107 hız/hacim ölçer cihazları ile elde edilmiştir. Noktasal ölçüm yapan cihazlarla elde edilen bilgiler aslında bulunduğu yol kesimine ait bilgilerdir. Bu nedenle Mapinfo 9.0 yazılımı aracılığıyla ölçüm yapılan yol kesimlerinin

belirtildiği çizgisel bir harita oluşturulmuş ve bu harita ile hız/hacim verileri ilişkilendirilmiştir. Böylelikle hız/hacim verileri CBS ortamında hem ölçümün yapıldığı nokta, hem de ölçümün yapıldığı yol kesimi ile ilişkilendirilerek mekânsal analize uygun yapıya dönüştürülmüştür. Harita 4.4’de ölçüm noktaları ile ölçümün yapıldığı yol kesimleri gösterilmektedir.



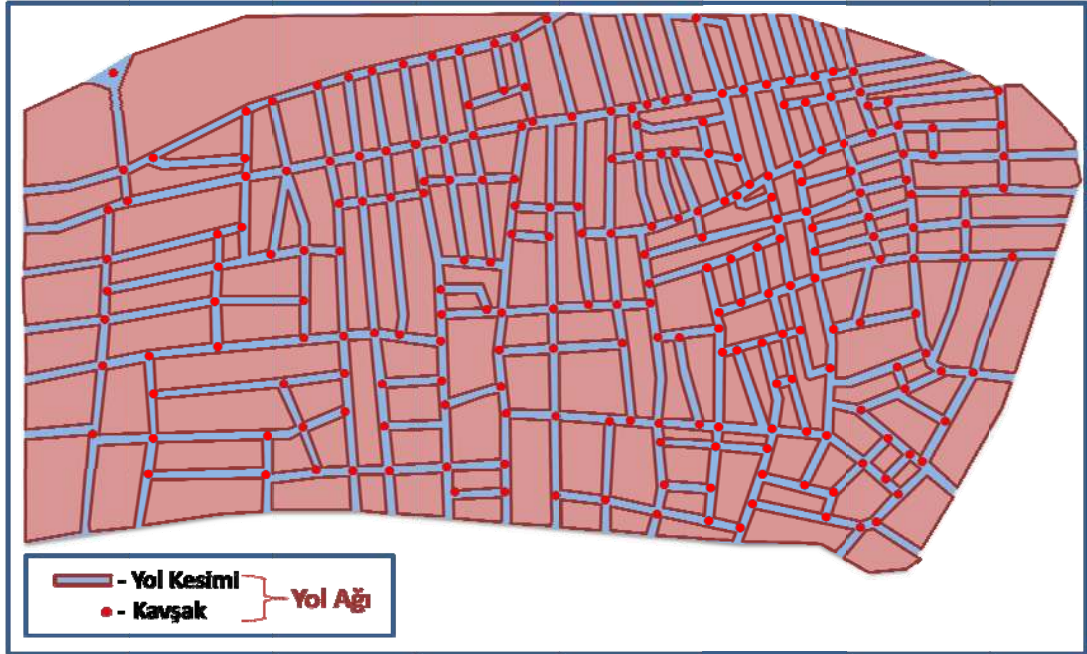
Harita 4.4. Hız/Hacim ölçüm noktaları ile ölçümün yapıldığı yol kesimleri

Böylelikle çalışma yapısına uygun kaza, yol, arazi kullanımı ve trafik hız/hacim verileri CBS ortamında oluşturulmuştur. Bu altlık veriler, çalışma kapsamında oluşturulacak ve kaza tahmin modellerinin oluşturulacağı ana veri tabanlarına girdi sağlayacak niteliktedir.

4.5. Veri Tabanlarının Oluşturulması

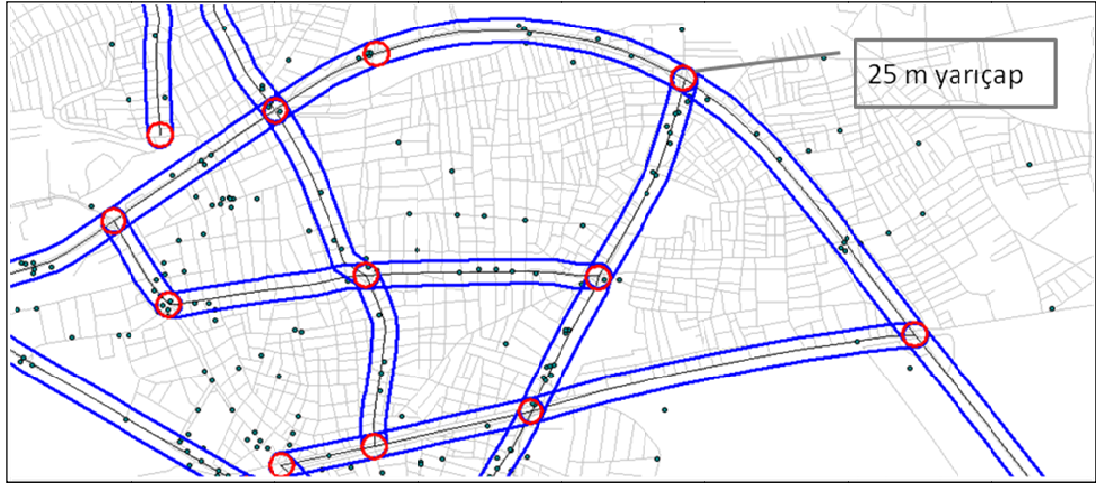
Trafik kazası olayının gerçekleştiği kentsel mekânlar, yol ağlarıdır. Kentsel yol ağı, düğüm noktaları olan kavşaklar ile kavşakları birbirine bağlayan yol kesimlerinden oluşmaktadır. Yapısal olarak kavşaklar nokta, yol kesimleri ise çizgi özelliğindedir (Şekil 4.7). Bu nedenle kentsel arazi kullanımının trafik kazalarına etkisinin

incelendiği bu çalışma, kentsel yol ağının temel bileşenleri olan kavşaklar ve yol kesimleri üzerine oluşturulan iki ayrı veri tabanı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.7. Yol ağı bileşenleri: Kavşak ve yol kesimi

Çalışmada ilk olarak kaza noktaları incelenerek kavşak kazaları ile yol kesim kazaları tespit edilmiştir. Bunun için üç aşamalı bir yöntem izlenmiştir. Öncelikle standart kavşak alanı tanımlanmıştır. Farklı büyüklükteki alanlar çalışma kapsamında denenerek kavşak merkezinden 25 m yarıçaplı alanın eş düzey kavşaklar için kavşak alanını tanımlayan uygun büyüklük olduğu görülmüştür (Şekil 4.8). Eş düzey olmayan (katlı) kavşakların alanı ise her bir kavşak için kapladığı alan göz önüne alınarak kavşak alanı ayrı ayrı belirlenmiştir. Daha sonra kavşak alanı içinde kalan kazalar ile yol kesim alanı içinde kalan kazalar Mapinfo 9.0 yazılı ile tespit edilmiştir. Son olarak CBS ortamında iki ayrı veri tabanı oluşturularak kavşaklardaki kaza sayıları ile yol kesimlerindeki kaza sayıları veri tabanlarına aktarılmıştır. Böylelikle 2006-2010 döneminde her yıl için çalışma kapsamında olan kavşaklar ve yol kesimlerindeki ölümlü veya yaralanmalı kaza sayıları veri tabanlarına işlenmiştir.



Şekil 4.8. Kavşak ve yol kesim kazalarının tespiti

İkinci olarak çalışmada, arazi kullanım bilgileri veri tabanlarına aktarılmıştır. Yol kesimleri ile kavşaklar içinde bulunduğu arazi kullanım özelliklerine göre 5 grupta sınıflandırılmıştır. Bunlar; (1) Yerleşim dışı, (2) Konut, (3) Karma (MİA/Ticaret), (4) Sanayi, (5) Kentsel Çalışma Alanlarıdır. Bu sınıflama doğrultusunda kavşakların ve yol kesimlerinin arazi kullanım bilgileri veri tabanlarına işlenmiştir. Ayrıca, arazi kullanım verilerinin yıllar içindeki değişimi incelenmiş, ancak genel özellikleri açısından kaydadeğer bir farklılaşma olmadığı görülmüştür.

Yine arazi kullanım bilgileri arasında yer alan tramvay veya otobüs durağı sayısı bilgisi Mapinfo 9.0 yazılımı aracılığıyla yol çevresi durak sayısı bilgileri hesaplanarak yol kesimi veri tabanına aktarılmıştır.

Trafik hızı/hacmi bilgileri, veri tabanlarına aktarılan diğer bir veri grubudur. Öncelikle yol kesimleri üzerine yerleştirilen hız/hacim ölçer cihazlar aracılığı ile toplanan veriler, yol kesim veri tabanına hız bilgisi ve hacim bilgisi olarak aktarılmıştır. Daha sonra yol kesim veri tabanına aktarılan hız ve hacim bilgilerinden faydalanılarak kavşak veri tabanının hız ve hacim bilgileri üretilmiş ve kavşak veri tabanına kavşak kollarındaki hız değerlerinin en yükseği, kavşak kollarındaki hız değerlerinin ortalaması ve kavşak kollarındaki hacim değerleri toplam bilgileri işlenmiştir.

Çalışmada son olarak kavşak özellikleri bilgileri ile yol özellikleri bilgilerine yer verilmiştir. Kavşak özellikleri bilgileri kavşak veri tabanına, yol özellikleri bilgileri yol kesim veri tabanına aktarılmıştır.

Kavşak özellikleri bilgileri; yıllık dönemlerde incelenen kavşak türü ile kavşaktaki yol bağlantı sayısı verilerini içermektedir. Bu bilgilere 08.06.2011 tarihli teknik gezi ile elde edilen bilgi ve belgelerden, kaza verilerine işlenen kavşak türü bilgilerinden ve farklı zamanlarda çekilmiş veya oluşturulmuş uydu görüntülerinin ve altlık haritaların yer aldığı Google Earth ile ArcGIS Explorer programlarından yararlanılarak ulaşılmıştır. Çalışma kapsamındaki kavşakların türleri Şekil 4.9’da belirtilmiştir.

Şekil 4.9. Kavşak türleri

Yol özellikleri bilgileri; eğim, yapılaşma yüzdesi, uzunluk, durak sayısı, tali yol bağlantı sayısı, yolun şekli, yolun tipi ve şerit sayısı verilerinden oluşmaktadır. Bu bilgilere 08.06.2011 tarihli teknik gezi ile elde edilen bilgi ve belgelerden, kaza verilerine işlenen yolun geometrik özellikleri bilgilerinden ve farklı zamanlarda çekilmiş veya oluşturulmuş uydu görüntülerinin ve altlık haritaların yer aldığı Google Earth ile ArcGIS Explorer programlarından yararlanılarak ulaşılmıştır. Çalışma kapsamındaki yol kesimlerinin şekilleri Şekil 4.10’da belirtilmiştir.



Şekil 4.10. Yol kesim şekilleri

Sonuç olarak kentsel yol ağında meydana gelen trafik kazalarının genel özellikleri ile yol ağı ve çevresine ilişkin özellikler, kavşak ve yol kesim veri tabanlarında toplanmıştır. Böylece kentsel trafik kazaları ile kentsel arazi kullanımının ilişkisini ortaya koyabilecek nitelikte veri bir araya getirilmiştir.

4.6. Model Geliştirme

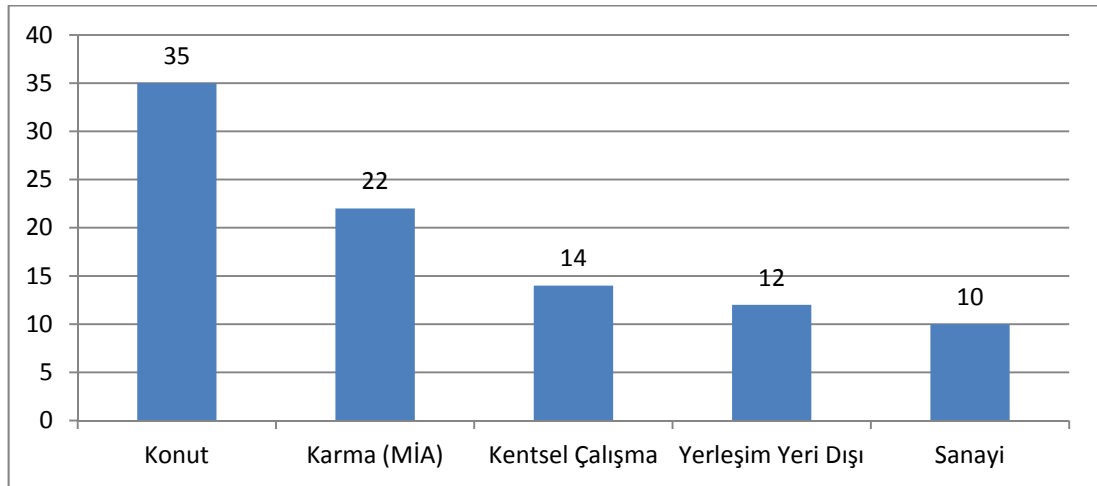
Çalışma kapsamında oluşturulan veri tabanları aracılığıyla kavşaklara ve yol kesimlerine yönelik model geliştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen modellerin temel amacı farklı yapıdaki kavşaklar ve yol kesimleri için kaza tahmini gerçekleştirerek kazayla ilişkili kentsel unsurları belirlemektir. Her iki model geliştirme çalışmasında da gerçekleştirilen modelleme teknikleri, kaza sıklığı ile açıklayıcı değişkenleri ilişkilendirmek için kullanılmıştır. Kavşaklara yönelik yapılan çalışmada *Panel tahmini gerçekleştiren Poisson Regresyon Modeli*, yol kesimlerine yönelik yapılan çalışmada *Poisson logaritmik doğrusal (loglineer) Tahminleri Modeli* çalıştırılmıştır.

4.6.1. Kavşak verilerinin genel özellikleri ve geliştirilen kaza tahmin modelleri

Kavşak kazası tahmin modelleri, Eskişehir Kentindeki 93 kavşak verisine dayanmaktadır. Kavşaklardaki kaza sayısı ile açıklayıcı değişkenleri ilişkilendirmek için panel tahmini gerçekleştiren Poisson Regresyon Modelleme Teknikleri kullanılmıştır. Burada bağımlı değişken kaza sayısı olarak; açıklayıcı değişken olarak da kavşak çevresi arazi kullanım özellikleri bilgileri, kavşak özellikleri bilgileri ve trafik hızı/hacmi bilgileri kullanılmıştır.

Kavşak verilerinin genel özellikleri

Çalışma kapsamında olan 93 kavşağın 35'i konut alanında, 22'si karma kullanım alanında (MİA), 14'ü kentsel çalışma alanında, 12'si yerleşim dışındaki alanlarda ve 10'u da sanayi alanında yer almaktadır (Şekil 4.11).



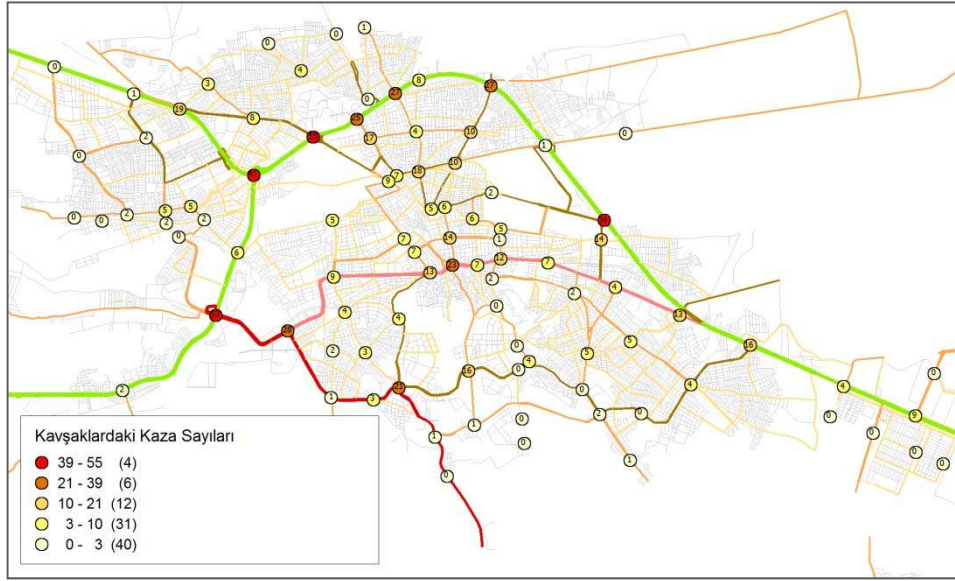
Şekil 4.11. Çalışma kapsamındaki kavşakların arazi kullanıma göre dağılımı

Belirtilen kavşaklarda 2005-2010 yılları arasında meydana gelen ölümlü veya yaralanmalı kazaların arazi kullanımına göre dağılımı incelendiğinde; 45'inin yerleşim dışında, 68'inin konut alanında, 227'sinin karma kullanım alanında, 78'inin sanayi alanında ve 293'ünün kentsel çalışma alanında gerçekleştiği görülmektedir. Kazaların yıllara ve arazi kullanım türlerine göre dağılımı Çizelge 4.3'de sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Kavşak kazalarının yıllara ve arazi kullanımına göre dağılımı

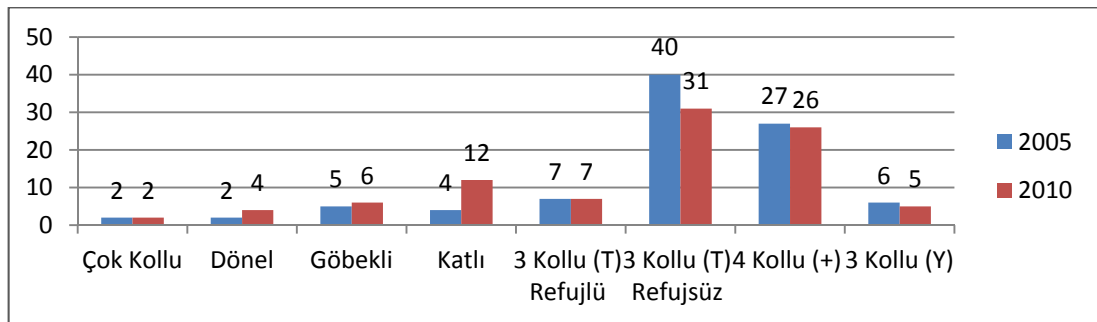
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Toplam
Yerleşim Dışı	3	8	9	3	7	15	45
Konut	10	7	7	14	11	19	68
Karma	34	32	48	44	31	38	227
Sanayi	9	18	20	21	2	8	78
Kentsel Çalışma	34	41	65	55	64	34	293
Toplam	90	106	149	137	115	114	711

Kavşaklardaki ölümlü veya yaralanmalı trafik kazası durumu doğal kırılma ile 5 sınıfa ayrılarak incelendiğinde; kaza sayısı en yüksek olan 4 kavşağın tamamının ve ikinci derecede kaza sayısı yüksek olan 6 kavşaktan 5'inin kentin çevre yolunda (devlet veya il yoluna bağlantı yollarında) yer aldığı görülmektedir (Harita 4.5).



Harita 4.5. Kavşaklardaki kaza sayıları: 2005-2010

Çalışma kapsamındaki kavşakların türlerinin yıllar içinde değişime uğradığı tespit edilmiştir. 2005 ile 2010 yıllarındaki kavşak türlerinin sayıları karşılaştırıldığında; dönel, göbekli ve katlı kavşak sayılarının arttığı, 3 kollu (T) refüjsüz, 4 kollu (+) ve 3 kollu (Y) kavşaklarda azaldığı ve çok kollu ile 3 kollu (T) refüjlü kavşak sayısının aynı kaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Kavşak türü sayılarının yıllar içindeki değişimi

Kavşaklarda meydana gelen ölümlü veya yaralanmalı trafik kazalarının temel istatistikî bilgileri yıllara göre 93 kavşak özelinde değerlendirildiğinde; 6 yıl içinde en düşük toplam kaza sayısı, ortalama, maksimum ve standart sapma değerlerinin 2005 yılına ait olduğu, her dört değer de en yüksek olduğu yılın 2007 olduğu görülmüştür (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Kavşak kazalarının yıllara göre durumu

	Toplam Kaza Sayısı (Tüm Kavşaklar)	Bir Kavşaktaki Kaza Sayısı Özet Bilgileri			
		Medyan	Ortalama	Maksimum	Standart Sapma
2005	90	0,00	0,97	8,00	1,67
2006	106	0,00	1,14	9,00	1,89
2007	149	0,00	1,60	18,00	3,36
2008	137	1,00	1,47	17,00	2,82
2009	115	0,00	1,24	10,00	2,26
2010	114	0,00	1,23	10,00	1,93

Kavşak kazası tahmin modelleri

Modelde, i kavşağındaki ortalama kaza sayısının μ_i , olduğunu kabul edersek, y_i pozitif tam sayısı kadar kaza olma olasılığı Poisson dağılımı şu şekildedir.

$$p(y_i|\mu_i) = \frac{e^{-\mu_i}(\mu_i)^{y_i}}{y_i!}$$

Regresyon modelinde kullanılan bağımsız değişkenler, üssel fonksiyon aracılığıyla ortalama parametre ile ilişkilidir:

$$E(\mu_i|\mathbf{x}_i) = \exp(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_i)$$

Her bir kavşağın diğer kavşaklardan bağımsız olduğu kabul edildiğinde, 93 kavşakta yapılan gözlemin bir arada gerçekleşme olasılığı şu şekildedir (olasılığın logaritması alınmış halidir):

$$\ln L(\beta) = \sum_{i=1}^n \{y_i \beta' \mathbf{x}_i - \exp(\beta' \mathbf{x}_i) - \ln y_i!\}$$

Panel veriye dayalı Poisson Regresyon Modelinde ortalama değeri, ortalama parametre fonksiyonunun içine gömülü her bir kavşağın u_i heterojenlik parametresiyle ilişkilidir.

$$E(\mu | \mathbf{x}_{it}, u_i) = \exp(\beta \mathbf{x}_{it} + u_i)$$

Burada t indeksi bağımsız değişkenlerin kolon vektörüne eklenmektedir. Rastsal etkiler modelindeki parametre değerlerini tahmin etmek amacıyla, her bir kavşağın sebep olduğu heterojenlik, logaritmik olabilirlik fonksiyonun dışında birleştirilmiştir. Kavşaktaki T bağımsız gözlemin logaritmik olabilirliği aşağıdaki gibidir:

$$p(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iT} | u_i) = \prod_{t=1}^T p(y_{it} | u_i)$$

Bu olabilirlik fonksiyonu, her bir kavşaktaki T gözlemlerinin bileşik olasılığından rastsal etkiyi integrali alınarak orijinal poisson modele dönüştürülmüştür.

$$p(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iT}) = \int_u p(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iT} | u_i) g(u_i) du_i$$

Burada $g(u_i)$, u_i 'nin olasılık kütle fonksiyonudur. T gözleminde (her bir kavşak için 6 gözlem yapılmıştır) birleşik olasılığındaki logaritmik olabilirlik fonksiyonu, yukarıda belirtilen logaritmik olabilirlik fonksiyonu ile aynıdır. Model parametreleri LİMDEP NLOGIT 4.0 Ekonometrik yazılımı ile hesaplanmıştır.

Çalışmada iki grup model oluşturulmuştur. Öncelikle ilk grubu oluşturan temel modellerle kavşaklardaki kaza sayısı bağımlı değişkeninin açıklayıcı değişkenlerle olan ilişkisi incelenmiştir. İkinci grubu ise etkileşim modelleri oluşturmaktadır.

Etkileşim modellerinde, temel modellerde en fazla kaza ile ilişkili olduğu görünen kavşak tipi ile kentsel arazi kullanımı birlikte değerlendirilerek trafik kazalarına etkileri ortaya konulmuştur.

Sonuçları Çizelge 4.5’de sunulan temel modellerle genel olarak aşağıda belirtilen bulgulara erişilmiştir:

- Arazi kullanımına ilişkin değişkenlerden en fazla Kentsel Çalışma Alanı kullanımı modele katkı yapmıştır. Diğer katkı yapan değişkenlerin ise sırasıyla Karma (MİA), Sanayi ve Yerleşim dışı kullanımlarıdır.
- Trafik özelliklerini belirten hız ve hacim değişkenlerinin birbiriyle ilişkili olduğu görüldüğünden, modelde sadece ortalama hız değişkeni kullanılmıştır. Bu değişkenin modele katkısı sınırlı kalmıştır.
- Bağlantı noktası sayısının atışı ile trafik kazaları artmıştır.
- Kavşak türleri değişkenlerinden modele en fazla negatif katkı yapan 3 Kollu (T) Refüjlü Kavşaktır. Diğer negatif katkı yapan değişkenler ise sırasıyla 3 Kollu (T) Refüjsüz Kavşak, 3 Kollu (Y) Kavşak ve (kayda değer olmasa da) Dönel Kavşaktır.
- Kavşak türleri değişkenlerinden modele en fazla pozitif katkı yapan 4 Kollu (+) Kavşaktır. Göbekli Kavşak da modele pozitif katkı yapan ikinci bir değişkendir, ancak katkısı sınırlıdır.
- Katlı Kavşak ile Çok Kollu Kavşak değişkenlerinin modele katkısı olmamıştır.

Çizelge 4.5. Kavşaklara yönelik kaza tahmin modelleri sonuçları: Temel modeller

Bağımlı Değişken: Kaza Sayısı	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5		Model 6	
	Katsayı	t-değeri	Katsayı	t-değeri	Katsayı	t-değeri	Katsayı	t-değeri	Katsayı	t-değeri	Katsayı	t-değeri
Sabit değer	-1,64	-5,67	-2,74	-9,44	-1,56	-5,87	-2,01	-7,49	-1,94	-6,71	-1,47	-5,48
Ortalama Hız	0,03	2,77	0,02	2,26	0,02	2,05	0,02	1,86	0,01	1,7	0,02	2,01
Bağlantı Sayısı			0,17	4,43	0,1	2,6	0,14	3,7	0,12	2,57	0,1	2,48
Arazi Kullanım Türü												
1.Yerleşim Dışı	0,17	0,42	0,08	0,21	0,15	0,44	0,06	0,17	0,02	0,06	0,13	0,39
3.Karma	1,44	3,13	1,08	3,32	1,19	3,27	1,31	3,67	1,39	3,72	1,25	3,53
4.Sanayi	1,1	2,87	1,03	3,39	1,04	3,55	0,87	2,87	0,82	2,63	1,01	3,5
5.Kentsel Çalışma	1,88	4,15	1,55	4,32	1,47	4,3	1,33	3,38	1,47	3,5	1,49	4,41
Kavşak Türü												
3 Kollu (T) Refüjlü					-1,21	-2,52					-1,25	-2,56
3 Kollu (T) Refüjsüz					-0,82	-7,51					-0,85	-7,99
Katlı												
Dört Kollu (X)			1,28	8,26								
Dönel							-0,37	-0,58	-0,32	-0,51		
Göbekli									0,64	2,72		
Çok Kollu												
Üç Kollu (Y)											-0,94	-1,67
Alfa (panel tahmini değişkeni)	0,88	4,49	0,56	3,61	0,56	3,7	0,6	4,01	0,62	4,06	0,52	3,59
Sabit terim ile logaritmik olabilirlik	-1164,03											
Logaritmik olabilirlik panel olmayan tahmini	-906,71		-800,87		-796,28		-817,84		-814,85		-789,72	
Logaritmik olabilirlik panel tahmini (df:1)	-741,72		-704,98		-716,39		-731,24		-728,54		-714,21	

Çalışmada ikinci grup model olarak etkileşim modeli oluşturulmuştur. Bu modelde, temel modele en fazla katkı yapan 4 kollu (+) kavşak ile kentsel arazi kullanımı birlikte değerlendirilmiştir. Model sonuçlarına göre kaza oluşmasına en fazla katkıyı kentsel çalışma alanlarında bulunan dört kollu kavşaklar vermektedir. Diğer katkı yapan dört kollu kavşaklar, sırası ile yerleşim dışında ve sanayi alanlarında bulunmaktadır. Etkileşim modeli sonuçları Çizelge 4.6’da sunulmuştur.

Çizelge 4.6. Kavşaklara yönelik kaza tahmin modeli sonuçları: Etkileşim modeli

Bağımlı Değişken: Kaza Sayısı	Dört Kollu (X) Kavşaklar	
	Katsayı	t-değeri
Sabit değer	-2,21	-10,8
Ortalama Hız	0,03	3,38
Bağlantı Sayısı	0,21	4,92
Arazi Kullanımı ile Dört Kollu (X) Kavşak Etkileşimi		
<i>1.Yerleşim Dışı</i>	1,83	2,83
<i>3.Karma</i>	1,21	4,99
<i>4.Sanayi</i>	1,5	1,06
<i>5.Kentsel Çalışma</i>	2,27	4,62
Alfa (panel tahmini değişkeni)	0,78	4,5
Sabit terim ile logaritmik olabilirlik	-1164,03	
Logaritmik olabilirlik panel olmayan tahmini	-906,71	
Logaritmik olabilirlik panel tahmini (df:1)	-741,72	

Sonuç olarak; kentsel çalışma alanı içinde yer alan kavşakların diğer arazi kullanım türleri içinde yer alan kavşaklardan kazayla daha fazla ilişkili olduğu, dört kollu (+) kavşakların diğer kavşaklara göre kazalara daha fazla neden olduğu, üç kollu (T) refüjlü kavşakların diğer kavşaklara göre kazalara daha az neden olduğu, kentsel çalışma alanı ile yerleşim dışındaki (kentlin çeperi) dört kollu (+) kavşakların kazaların oluşumunda önemli katkılarda bulunduğu, kavşaklardaki bağlantı noktasının artması ile kaza sayısının artmasının ilişkili olduğu ve kavşak kollarındaki akımların hız değerlerinin ortalamasının artmasının kaza sayısını arttırdığı görülmektedir.

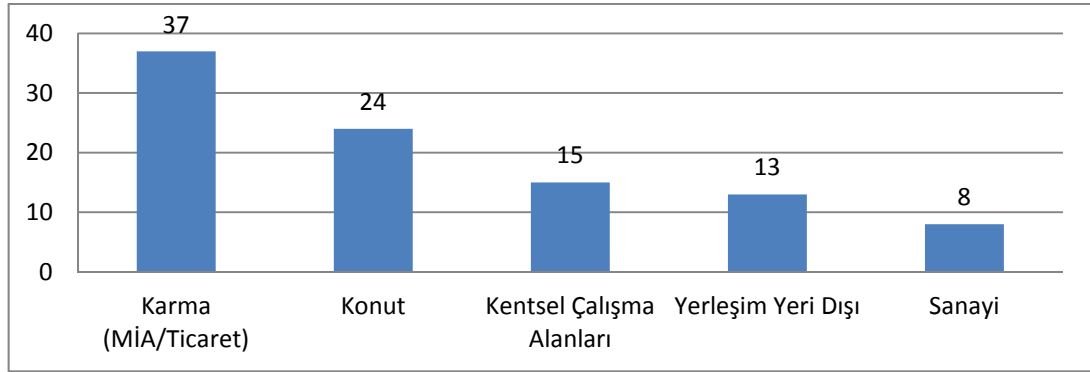
4.6.2. Yol Kesim Verilerinin Genel Özellikleri ve Geliştirilen Kaza Tahmin Modelleri

Yol kesim kazaları tahmin modelleri, Eskişehir Kentindeki toplam 111 km olan 107 yol kesim verisine dayanmaktadır. Kaza sıklığı ile açıklayıcı değişkenleri ilişkilendirmek için genelleştirilmiş lineer modelleri arasında yer alan Poisson Logoritmik Doğrusal (loglineer) Tahminleri Modeli kullanılmıştır. Burada bağımlı değişken olarak kaza sıklığı, açıklayıcı değişken olarak da yol çevresi arazi

kullanım özellikleri bilgileri, yol özellikleri bilgileri ve trafik özellikleri (hızı/hacmi) bilgileri kullanılmıştır.

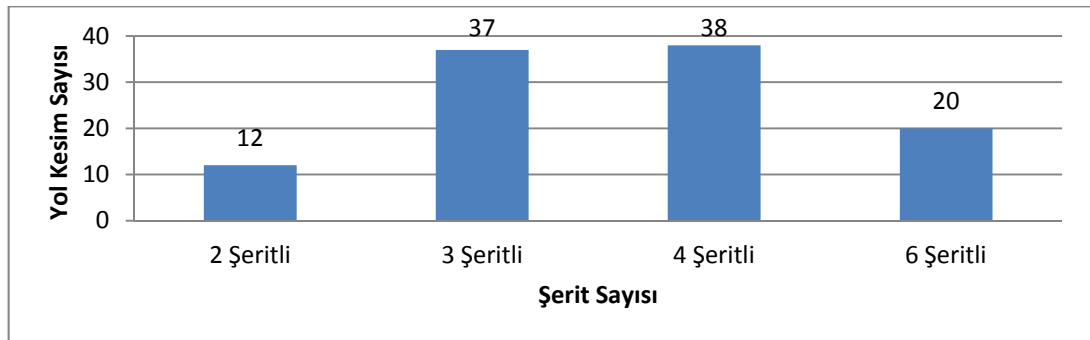
Yol kesim verilerinin genel özellikleri

Çalışma kapsamında olan 107 yol kesiminin 37'si karma kullanım alanında (MİA), 24'ü konut alanında, 15'i kentsel çalışma alanında, 13'ü yerleşim dışındaki alanlarda ve 8'i de sanayi alanında yer almaktadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Yol kesimlerinin arazi kullanımlarına göre dağılımı

Ayrıca yol kesimlerinin %71 oranıyla büyük bölümü 3 veya 4 şeritli yollar oluşturmaktadır. 107 yol kesiminin 38'i 4, 37'si 3, 20'si 6 ve 12'si 2 şeritlidir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Yol kesimlerinin şerit sayısına göre dağılımı

Yol kesimlerinde meydana gelen ölümlü veya yaralanmalı trafik kazalarının temel istatistikî bilgileri yıllara göre 107 yol kesimi özelinde değerlendirildiğinde, 6 yıl

içinde en düşük toplam kaza sayısı, ortalama ve standart sapma değerlerinin 2005 yılına ait olduğu, her dört değer de en yüksek olduğu yılın 2007 olduğu görülmüştür. Ancak modelde, yol kesimine ilişkin kaza verilerinin elde edilme dönemiyle diğer verilerin elde edilme dönemlerinde aynılık sağlayabilmek amacıyla sadece 2008-2010 dönemi verileri kullanılmıştır. Belirtilen üç yıllık dönemde tüm yol kesimlerine ait 1415 kaza verisi bulunmaktadır ve verilerin yol kesimlerine göre ortalaması 13,22, maksimumu 75 ve standart sapması 14,38'dir. Yol kesim kazalarının yıllara göre durumu Çizelge 4.7'de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Yol kesim kazalarının yıllara göre durumu

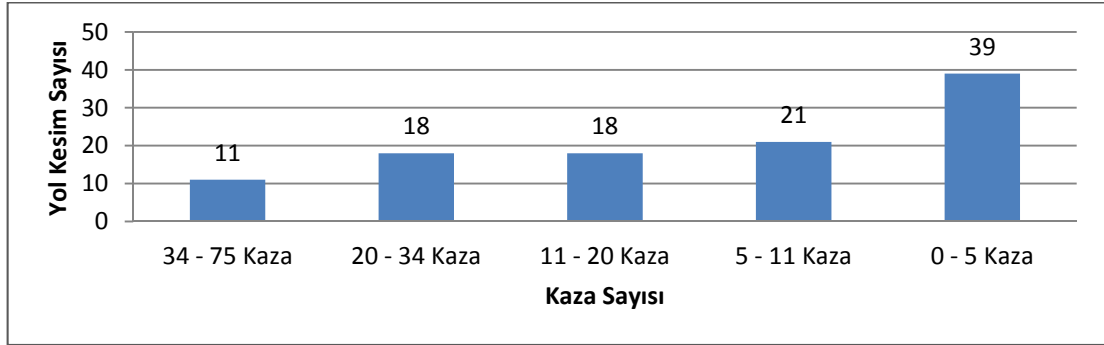
	Toplam Kaza Sayısı (Tüm Yol Kesimleri)	Bir Yol Kesimindeki Kaza Sayısı Özet Bilgileri			
		Medyan	Ortalama	Maksimum	Standart Sapma
2005	350	2,00	3,27	26,00	4,14
2006	446	3,00	4,17	22,00	4,87
2007	584	3,00	5,46	30,00	6,16
2008	482	2,00	4,50	25,00	5,55
2009	447	3,00	4,18	28,00	5,16
2010	486	4,00	4,54	23,00	4,84
2008-2010	1415	9,00	13,22	75,00	14,38

Belirtilen yol kesimlerinde 2008-2010 yılları arasında meydana gelen ölümlü veya yaralanmalı kazaların arazi kullanımına göre dağılımı incelendiğinde; 73'ünün yerleşim dışında, 211'inin konut alanında, 704'ünün karma kullanım alanında, 51'inin sanayi alanında ve 376'sının kentsel çalışma alanında gerçekleştiği görülmektedir. Kazaların yıllara ve arazi kullanım türlerine göre dağılımı Çizelge 4.8'de sunulmuştur.

Çizelge 4.8. Yol kesim kazalarının yıllara ve arazi kullanımına göre dağılımı

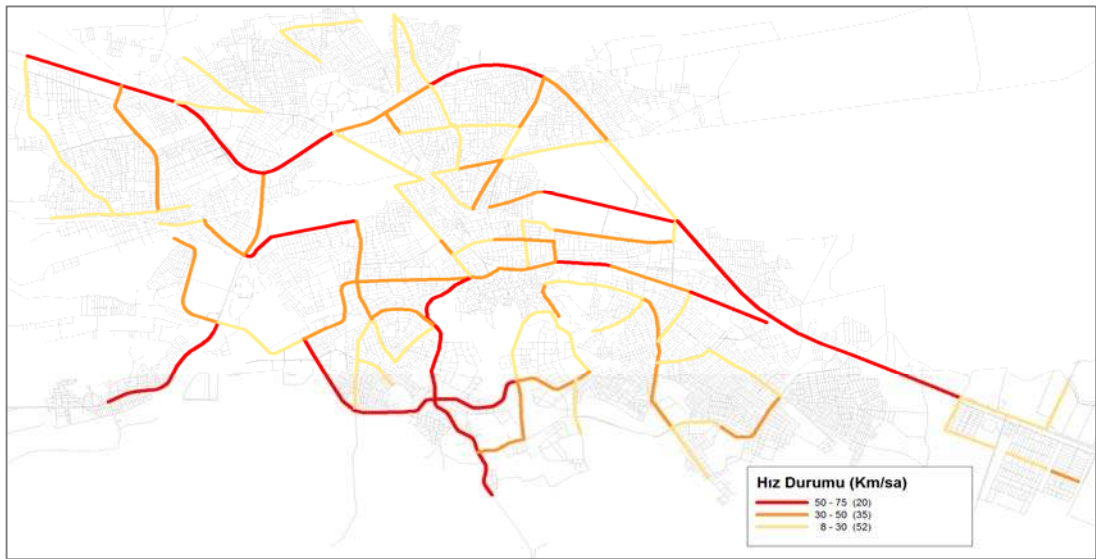
	2008	2009	2010	Toplam
Yerleşim Dışı	23	17	33	73
Konut	74	61	76	211
Karma	208	234	262	704
Sanayi	19	20	12	51
Kentsel Çalışma	158	115	103	376
Toplam	482	447	486	1415

Yol kesimlerindeki ölümlü veya yaralanmalı trafik kazası durumu doğal kırılganlık dağılımı ile 5 sınıfa ayrılarak incelendiğinde; bir yol kesiminde en fazla 75 kazanın gerçekleştiği, 39 yol kesiminin 0-5 kazaya sahip olduğu görülmektedir. Yol kesimlerine göre kaza sayılarının dağılımı Şekil 4.15’de görülmektedir.



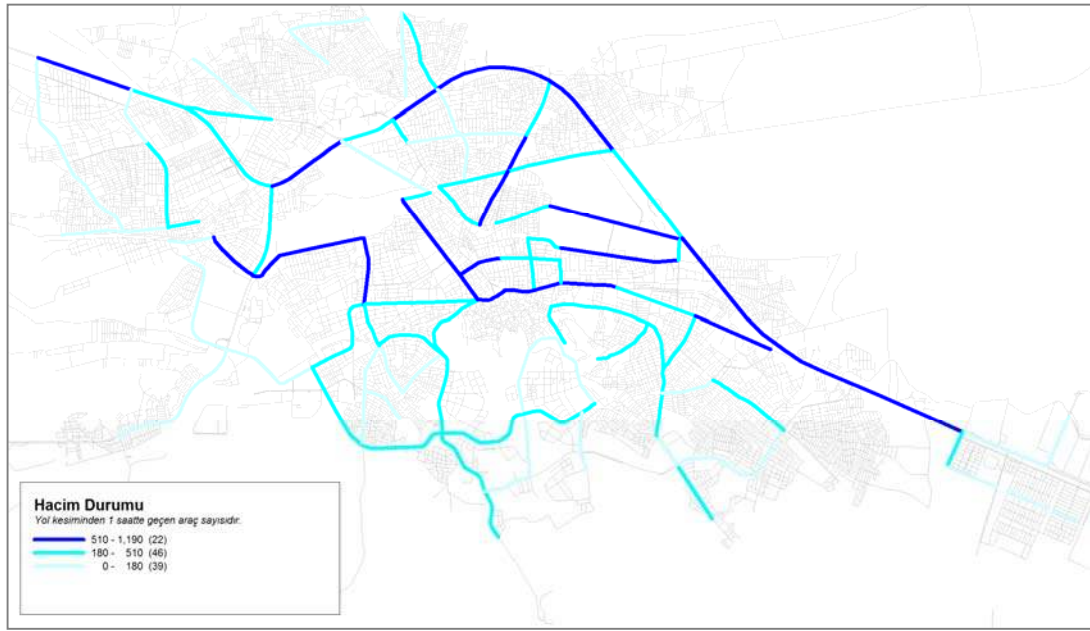
Şekil 4.15. Yol kesimlerinin kaza sayılarına göre dağılımı

Çalışma kapsamındaki yol kesimlerinin hız durumu incelendiğinde; 20 yol kesiminin 50-75 km/sa, 35 yol kesiminin 30-50 km/sa, 52 yol kesiminin de 8-30 km/sa ortalama hıza sahip olduğu görülmektedir. Kentin çevre yolu (il veya devlet yolu bağlantıları) ile ana güzergâhlarında genel olarak hızın yüksek, merkezlerde ise hızın düşük olduğu görülmektedir (Harita 4.6).



Harita 4.6. Hız durumu

Yol kesimlerinin hacim durumu incelendiğinde; 22 yol kesiminin 510-1190 taşıt/sa, 46 yol kesiminin 180-510 taşıt/sa ve 39 yol kesiminin de 0-180 taşıt/sa hacme sahip oldukları görülmektedir. Genel olarak çevre yolu (il veya devlet yolu bağlantıları) ile merkezdeki ana güzergâhların hacminin yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Harita 4.7).



Harita 4.7. Hacim durumu

Yol kesim verilerinin genel özelliklerine ilişkin diğer bulgular aşağıda belirtilmiştir. Buna göre;

- Yol kesiminin şekline göre incelendiğinde, 55'inin düz, 32'sinin çarpık paralel ve 20'sinin kavisli olduğu,
- Yol kesimlerinin 20'sinin Çevre, Devlet veya İl yolu, 82'sinin cadde veya bulvar ve 5'inin sokak statüsünde olduğu,
- Yol kesimlerinin 39'ununda % 79-100, 33'ünde % 39-79, 35'ininde % 0-39 oranında yapılaşmanın olduğu,

- Yol kesimlerinin 5'inde % 5-15, 32'sinde % 5-1, 70'inde % 0-1 oranında eğim olduğu,
- Yol kesimlerinin 21'inde 1, 8'inde 2, 2'sinde 3 ve 2'sinde 4 otobüs veya tramvay durağı olduğu ve geri kalanında (74'ünde) durak olmadığı,
- Yol kesimlerinin 25'inde 0-10, 18'inde 10-18, 25'inde 18-28, 29'unda 28-43, 10'unda 43-110 tali yol bağlantısının olduğu anlaşılmıştır.

Yol Kesim Kazası Tahmin Modelleri

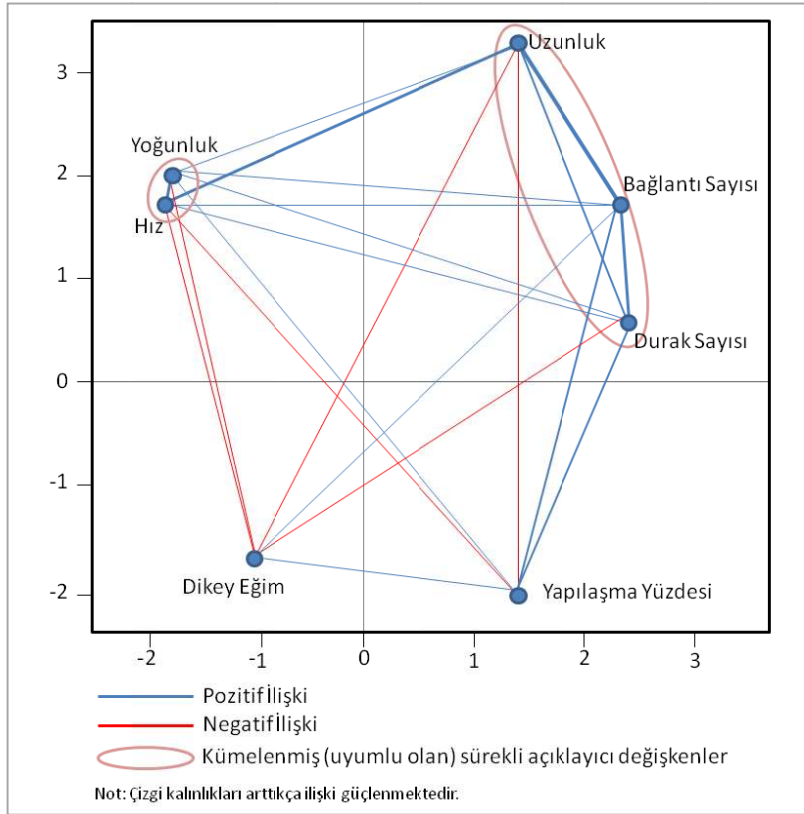
Çalışma kapsamında yer alan Eskişehir Kenti'ndeki 107 yol kesiminin trafik kazası durumlarını inceleme amacıyla üç aşamalı bir süreç izlenmiştir. Öncelikle ölümlü veya yaralanmalı trafik kazalarını etkileyen sürekli açıklayıcı değişkenlerin ilişki (korelasyon) ile uyum durumu incelenmiştir. Daha sonra birbiriyle yüksek ilişkili olan sürekli açıklayıcı değişkenler değerlendirilerek modele katkı sağlamayacağı anlaşılan açıklayıcı değişkenler ayıklanmıştır. Son olarak uygun görülen açıklayıcı değişkenler kullanılarak genelleştirilmiş lineer modelleri arasında yer alan Poisson Logoritmik Doğrusal (loglineer) Tahmin Modeli çalıştırılmıştır. Böylelikle modelleme çalışması sırasında yüksek ilişkili ve uyumlu olan sürekli açıklayıcı değişkenler modellerden çıkarılarak yansız ve tutarlı modeller oluşturulması sağlanabilmiştir.

Sürekli açıklayıcı değişkenlerin birbirleri ile olan ilişki durumlarını sunan Çizelge 4.9'de belirtildiği gibi, korelasyon katsayısı değerleri -1 ile +1 arasında değişen değerler almaktadır. Katsayı, etkileşimin olmadığı durumda 0, tam ve kuvvetli bir etkileşim varsa 1, ters yönlü ve tam bir etkileşim varsa -1 değerini almaktadır. Çalışmada kullanılan sürekli açıklayıcı değişkenlerin birbiriyle olan ilişkisi değerlendirildiğinde; hızla hacim, bağlantı sayısı ile uzunluk, bağlantı sayısı ile durak sayısı arasında daha güçlü bir ilişki (korelasyon) olduğu görülmektedir. Çizelge 4.9'de korelasyon katsayı değerleri yüksek olanlar kırmızıyla belirtilmiştir.

Çizelge 4.9. Sürekli açıklayıcı değişkenler arasındaki korelasyon değerleri

	Korelasyon Katsayıları						
	Hız	Hacim	Uzunluk	Yapılaşma Yüzdesi	Dikey Eğim	Durak Sayısı	Bağlantı Sayısı
Hız	1,000	0,477	0,383	-0,286	-0,025	0,105	0,153
Hacim	0,477	1,000	0,221	0,031	-0,200	0,051	0,182
Uzunluk	0,383	0,221	0,100	-0,218	-0,174	0,276	0,645
Yapılaşma Yüzdesi	-0,286	0,031	-0,218	1,000	0,064	0,239	0,251
Dikey Eğim	-0,025	-0,200	-0,174	0,064	1,000	-0,116	0,003
Durak Sayısı	0,105	0,051	0,276	0,239	-0,116	1,000	0,417
Bağlantı Sayısı	0,153	0,182	0,645	0,251	0,003	0,417	1,000

Benzer sonuçlar, sürekli açıklayıcı değişkenler arasındaki korelasyon katsayısı değerleri kullanılarak gerçekleştirilen uyum (Correspondence) analizi ile de ortaya konulmaktadır. Gerçekleştirilen uyum analizi ile sürekli açıklayıcı değişkenler arasındaki ilişki ağı oluşturulmuş ve buna göre iki ayrı kümelenmenin olduğunu anlaşılmıştır. İlk kümelenme hız ve hacim arasında, ikinci kümelenme uzunluk, bağlantı sayısı ve durak sayısı arasındadır. Şekil 4.16’de sunulan ilişki ağında; açıklayıcı değişkenler arasındaki ilişki durumunu pozitif olan mavi çizgiyle, negatif olan kırmızı çizgiyle gösterilmiş ve kümelenmiş (birbiriyle uyumlu olan) açıklayıcı değişkenler kahverengiyle işaretlenmiştir.



Şekil 4.16. Sürekli açıklayıcı değişkenler arasındaki ilişki ağı

Sürekli açıklayıcı değişkenlerin korelasyon durumunu belirten Çizelge 4.9 ile ilişki ağı durumunu belirten Şekil 4.16’da görüldüğü gibi, hız ve hacim ile durak sayısı, bağlantı sayısı ve durak sayısı yüksek ilişkili ve kümelenmiş iki gruptur. Bu nedenle hacim ile bağlantı sayısı açıklayıcı değişkenleri model geliştirme çalışmalarına dahil edilmemiştir.

Yol kesimine yönelik geliştirilen modellerde, i yol kesimindeki ortalama kaza sayısının μ_i , olduğunu kabul edersek, y_i pozitif tam sayısı kadar kaza olma olasılığı Poisson dağılımı şu şekildedir.

$$p(y_i|\mu_i) = \frac{e^{-\mu_i}(\mu_i)^{y_i}}{y_i!}$$

Regresyon modelinde kullanılan bağımsız değişkenler, üssel fonksiyon aracılığıyla ortalama parametre ile ilişkilidir:

$$E(\mu_i|\mathbf{x}_i) = \exp(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_i)$$

Her bir yol kesiminin diğer yol kesimlerinden bağımsız olduğu kabul edildiğinde, 107 yol kesiminde yapılan gözlemin bir arada gerçekleşme olasılığı şu şekildedir:

$$\ln L(\boldsymbol{\beta}) = \sum_{i=1}^n \{y_i \boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_i - \exp(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_i) - \ln y_i!\}$$

Maksimum doğrusal tahmini (MLE) $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ değeri;

$$\sum_{i=1}^n \{y_i - \exp(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_i)x_i\} = 0$$

ifadesinden bulunur.

Katsayılarının tahmini için;

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_p \sim N[\boldsymbol{\beta}, V_{ML}[\hat{\boldsymbol{\beta}}_p]]$$

ve varyans değeri için;

$$V_{ML}[\hat{\boldsymbol{\beta}}_p] = \left(\sum_{i=1}^n \mu_i x_i x_i' \right)^{-1}$$

sonuçlarına ulaşılır. Model parametreleri SPSS 17.0 istatistik yazılımı ile hesaplanmıştır.

Çalışmada, 2008-2010 yıllarında Eskişehir Kentinde meydana gelen ölümlü-yaralanmalı trafik kaza sayılarını etkileyen açıklayıcı değişkenlerin tespit edilebilmesi amacı ile modellemeler yapılmıştır. Bu modellemeleri oluşturan açıklayıcı değişkenleri kullanarak meydana gelebilecek trafik kaza sayısının tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Temel model olarak kaza sayısını en çok etkilediği düşünölen “hız” ve “uzunluk” açıklayıcı değişkenleri kullanılarak modelleme yapılmıştır. İlerleyen aşamalarda “hız” ve “uzunluk” açıklayıcı değişkenlerine ek olarak başka açıklayıcı değişkenlerinde kaza sayısına olan etkisini tespit etmek için temel modele karşı alternatif modellemeler geliştirilmiştir.

Temel modele karşı alternatif modeller kurulurken ileriye doğru adımsal yöntem kullanılmıştır. İleriye doğru adımsal yönteminde öncelikle, temel modelde olmayan açıklayıcı değişkenler modele ekleyerek alternatif modeller üretilmektedir. Daha sonra temel modelin ve alternatif modellerin sonuçları karşılaştırılarak en güçlü model tespit edilmektedir. Çalışma sonunda en güçlü olduğu tespit edilen model çalışma için temel model niteliği kazanmaktadır.

Bu çalışmada da öncelikle hız ve uzunluk açıklayıcı değişkenleri ile temel model olan Model (A) oluşturulmuş, daha sonra Model (A)’ya arazi kullanım özellikleri açıklayıcı değişkenleri eklenerek 1. Alternatif model olan Model (B), Model (B)’ye yol özellikleri açıklayıcı değişkenleri eklenerek 2. Alternatif model olan Model (C), Model (C)’ye boşluk-doluluk özellikleri eklenerek 3. Alternatif model olan Model (D) oluşturulmuştur. Temel ve alternatif modeller ile bu modellere ilişkin açıklayıcı değişkenler Çizelge 4.10’de sunulmuştur.

Çizelge 4.10. İleri doğru adımsal yöntemle modellerin kurgulanması

Model Türü	Açıklayıcı Değişken			
	Temel Özellikler	Arazi Kullanım Özellikleri	Yol Özellikleri	Boşluk-Doluluk Özellikleri
Temel Model (Model A)	(Hız + Uzunluk)			
Alternatif Model (Model B)	(Hız + Uzunluk)	(Arazi Kullanım Türü+Durak Sayısı)		
Alternatif Model (Model C)	(Hız + Uzunluk)	(Arazi Kullanım Türü+Durak Sayısı)	(Eğim+Yolun Şekli+Şerit Sayısı)	
Alternatif Model (Model D)	(Hız + Uzunluk)	(Arazi Kullanım Türü+Durak Sayısı)	Eğim+ Yolun Şekli+Şerit Sayısı)	Yapılaşma Yüzdesi

Model A’da sadece hız ve uzunluk açıklayıcı değişkenleri kullanılarak basit bir model kurgulanmıştır. Model A’ya ilişkin değerler Çizelge 4.11’de sunulmuştur.

Çizelge 4.11. Model A’ya ilişkin değerler

Açıklayıcı Değişken	Beta Değeri	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		Hipotez Testi		
			Düşük	Yüksek	Wald ki-kare	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık
(Sabit)	1,45	0,684	1,315	1,584	449,353	1	0,000
Hız	0,010	0,0018	0,006	0,013	30,214	1	0,000
Uzunluk	0,679	0,0436	0,594	0,764	242,524	1	0,000
$Y_i = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2$ $Y_{(\text{Toplam Kaza Sayısı})} = 1,450 + 0,010 \beta_{(\text{Hız})} + 0,679 \beta_{(\text{Uzunluk})}$ $H_0: \beta_i = 0$ $H_1: \beta_i \neq 0$ $-2\text{LogL Değeri} = -748,926$							

Model A’ya ait her iki açıklayıcı değişken de modele pozitif katkı yapmıştır. Buna göre, her iki değişken de trafik kazalarının artmasıyla ilişkilidir. Modele göre örneğin; hızı 50 km/sa, uzunluğu 5 km olan kentsel bir yol kesiminde üç yılda yaklaşık 5,35 kaza olması beklenmektedir.

İlk alternatif modeli oluşturabilmek için Model A’ya arazi kullanım özelliklerine ilişkin açıklayıcı değişkenler olan; *Arazi Kullanımı 1 (Yerleşim dışı)*, *Arazi Kullanımı 2 (Konut)*, *Arazi Kullanımı 3 (Karma)*, *Arazi Kullanımı 4 (Sanayi)*, *Arazi Kullanımı 5 (Kentsel Çalışma Alanları)* ve *Durak Sayısı* değişkenleri eklenmiş ve Model B oluşturulmuştur. Model B’ye ilişkin değerler Çizelge 4.12’de sunulmuştur.

Çizelge 4.12. Model B'ye ilişkin değerler

Açıklayıcı Değişken	Beta Değeri	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		Hipotez Testi		
			Düşük	Yüksek	Wald ki-kare	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık
(Sabit)	1,651	0,1252	1,405	1,896	173,759	1	0,000
Hız	0,010	0,0020	0,006	0,014	23,085	1	0,000
Uzunluk	0,584	0,0523	0,482	0,687	124,808	1	0,000
Durak Sayısı	0,084	0,0272	0,030	0,137	9,497	1	0,002
Arazi Kullanım Türü							
1.Yerleşim Dışı	-0,953	0,1355	-1,219	-0,688	49,522	1	0,000
2.Konut	-0,755	0,1004	-0,952	-0,559	46,568	1	0,000
3.Karma	0,338	0,0828	0,176	0,500	16,702	1	0,000
4.Sanayi	-0,567	0,1614	-0,884	-0,251	12,350	1	0,000
5.Kentsel Çalışma	0						
$Y_i = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6$ $Y_{\text{(Toplam Kaza Sayısı)}} = 1,651 + 0,010 \beta_{\text{(Hız)}} + 0,584 \beta_{\text{(Uzunluk)}} - 0,953 \beta_{\text{(Arazi Kullanımı_1)}} - 0,755 \beta_{\text{(Arazi Kullanımı_2)}} + 0,338 \beta_{\text{(Arazi Kullanımı_3)}} - 0,567 \beta_{\text{(Arazi Kullanımı_4)}} + 0,084 \beta_{\text{(Durak Sayısı)}}$ Model A (ana model) -2LogL= -748,926 Model B -2LogL= -575,637 $H_0: \beta_i = 0$ $H_1: \beta_i \neq 0$ $LR = -2\text{Log}L_{\text{ModelA}} - (-2\text{Log}L_{\text{ModelB}})$ $= -575,637 + 748,926$ $= 173,289$							

Ayrıca Model B, 1 serbestlik dereceli ki-kare (tablo değeri: 3,84) dağılımına göre olabilirlik oran istatistiği yardımı ile test edilmiş ve $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde H_0 hipotezi red edilmiştir. Bu sonuca göre Model B'nin çalışma için alternatif bir model olduğu söylenebilir.

Model B'ye hız, uzunluk ve durak sayısı değişkenleri pozitif; arazi kullanımı 5 (kentsel çalışma alanları) değişkenine göre arazi kullanımı 1 (yerleşim dışı), arazi kullanımı 2 (konut), arazi kullanımı 3 (karma) ve arazi kullanımı 4 (sanayi) değişkenleri negatif katkı yapmıştır (Çizelge 4.12). Buna göre; hız, uzunluk ve durak sayısı değişkenlerinin artması kaza sayısının artmasıyla ilişkisi vardır. Ayrıca, kıyas değişkeni olan arazi kullanımı 5 (kentsel çalışma alanları)'e göre arazi kullanım türlerinin kazaya etkisi değerlendirildiğinde; kaza ile az ilişkili arazi

kullanımların yerleşim dışı, sanayi ve konut olduğu; daha fazla ilişkilerinin karma ve kentsel çalışma alanları olduğu görülmektedir. Model B'ye göre örneğin; hızı 50 km/sa, uzunluk 5 km, durak sayısı 5 olan ve konut alanındaki kentsel bir yol kesiminde üç yılda yaklaşık 4,74 kaza olması beklenmektedir.

Model B için kullanılan değişkenlere yol özellikleri değişkenleri olan *eğim, yolun şekli 1 (düz yol), yolun şekli 2 (çarpık paralel yol), yolun şekli 3 (eğri/kavisli yol), şerit sayısı 2 (2 şeritli yol), şerit sayısı 3 (3 şeritli yol), şerit sayısı 4 (4 şeritli yol) ve şerit sayısı 6 (6 şeritli yol)* eklenerek ikinci alternatif model olan Model C oluşturulmuştur. Model C'ye ilişkin değerler Çizelge 4.13'da sunulmuştur.

Çizelge 4.13. Model C'ye ilişkin değerler

Açıklayıcı Değişken	Beta Değeri	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		Hipotez Testi		
			Düşük	Yüksek	Wald ki-kare	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık
(Sabit)	1,612	0,1514	1,315	1,908	113,394	1	0,000
Hız	0,013	0,0022	0,009	0,017	35,907	1	0,000
Uzunluk	0,524	0,0568	0,413	0,636	85,123	1	0,000
Dikey Eğim	-12,954	2,7251	-18,296	-7,613	22,598	1	0,000
Durak Sayısı	0,076	0,0306	0,016	0,136	6,197	1	0,013
Arazi Kullanım Türü							
1.Yerleşim Dışı	-0,688	0,1482	-0,979	-0,398	21,572	1	0,000
2.Konut	-0,553	0,1218	-0,791	-0,314	20,580	1	0,000
3.Karma	0,468	0,1160	0,241	0,696	16,293	1	0,000
4.Sanayi	-0,460	0,1767	-0,806	-0,113	6,763	1	0,009
5.Kentsel Çalışma	0	.	.	.	.	.	.
Yolun Şekli							
1.Düz	0,302	0,0857	0,134	0,470	12,402	1	0,000
2.Çarpık Paralel	0,334	0,0964	0,145	0,523	12,012	1	0,001
3.Kavisli	0	.	.	.	.	.	.
Şerit Sayısı							
2 Şeritli Yol	-0,104	0,1542	-0,406	0,199	0,453	1	0,501
3 Şeritli Yol	-0,236	0,1173	-0,466	-0,006	4,047	1	0,044
4 Şeritli Yol	-0,513	0,0990	-0,707	-0,320	26,919	1	0,000
6 Şeritli Yol	0	.	.	.	.	.	.
$Y_i = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6 + \beta_7 + \beta_8 + \beta_9$ $Y_{\text{(Toplam Kaza Sayısı)}} = 1,612 + 0,013 \beta_{\text{(Hız)}} + 0,524 \beta_{\text{(Uzunluk)}} - 12,954 \beta_{\text{(Dikey Eğim)}} + 0,076 \beta_{\text{(Durak Sayısı)}} - 0,688 \beta_{\text{(Arazi Kullanımı_1)}} - 0,553 \beta_{\text{(Arazi Kullanımı_2)}} + 0,468 \beta_{\text{(Arazi Kullanımı_3)}} - 0,460 \beta_{\text{(Arazi Kullanımı_4)}} + 0,302 \beta_{\text{(Yolun Şekli_1)}} + 0,334 \beta_{\text{(Yolun Şekli_2)}} - 0,236 \beta_{\text{(Şerit Sayısı_3)}} - 0,513 \beta_{\text{(Şerit Sayısı_4)}}$							
Model A (ana model)			-2LogL= -748,926				
Model C			-2LogL= -530,373				
			$H_0: \beta_i = 0$				
			$H_1: \beta_i \neq 0$				
			$LR = -2\text{Log}L_{\text{ModelA}} - (-2\text{Log}L_{\text{ModelC}})$ $= -530,373 + 748,926$ $= 218,553$				

Ayrıca Model C, 1 serbestlik dereceli ki-kare (tablo değeri: 3,84) dağılımına göre olabilirlik oran istatistiği yardımı ile test edilmiş ve $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde H_0 hipotezi red edilmiştir. Bu sonuca göre Model C'nin alternatif bir model olduğu söylenebilir.

Model C'ye hız, durak sayısı, uzunluk, yolun şekli 1 (düz yol) ve yolun şekli 2 (çarpık paralel yol), arazi kullanımı 3 (karma) değişkenleri pozitif; eğim, arazi kullanımı 1 (yerleşim dışı), arazi kullanımı 2 (konut), arazi kullanımı 4 (sanayi), şerit sayısı 3 (3 şeritli yol) ve şerit sayısı 4 (4 şeritli yol) değişkenleri negatif katkı yapmıştır. Arazi kullanımı 5 (kentsel çalışma alanları), yolun şekli 3 (eğri yol) ve şerit sayısı 6 (6 şeritli yol) değişkenleri kıyas değişkenleridir. Şerit sayısı 2 (2 şeritli yol) değişkeni modele katkı yapmamıştır. Buna göre; hız, durak sayısı, uzunluk değişkenlerinin artması kaza sayısının artmasıyla, eğim değişkeninin artması kaza sayısının azalmasıyla ilişkilidir. Ayrıca, kıyas değişkenlerine göre arazi kullanım, şerit sayısı ve yol şekillerinin kazalara etkisi incelendiğinde;

- Yerleşim dışı, sanayi ve konut kullanımlarının kaza ile az ilişkili, karma ve kentsel çalışma alanları kullanımlarının daha fazla ilişkili olduğu;
- Kaza ile az ilişkili yol şeklinin kavisli yol, daha fazla ilişkili yol şekillerinin sırasıyla, düz ve çarpık paralel yol olduğu,
- 4 şeritli yolların kaza ile az ilişkili, sırasıyla, 3 ve 6 şeritli yolların daha fazla ilişkili olduğu görülmektedir.

Model C'ye göre örneğin; hızı 50 km/sa, uzunluğu 5 km, durak sayısı 5, konut alanındaki, %5 eğimli, 3 şeritli, düz kentsel bir yol kesiminde üç yılda yaklaşık 4,13 kaza olması beklenmektedir.

Model C için kullanılan değişkenlere boşluk/doluluk özellikleri değişkenleri olan *yapılaşma yüzdesi* değişkeni eklenerek üçüncü alternatif model olan Model D oluşturulmuştur. Model D'ye ilişkin değerler Çizelge 4.14'da sunulmuştur.

Çizelge 4.14. Model D'ye ilişkin değerler

Açıklayıcı Değişken	Beta Değeri	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		Hipotez Testi		
			Düşük	Yüksek	Wald ki-kare	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık
(Sabit)	1,484	0,1664	1,158	1,810	79,566	1	0,000
Hız	0,014	0,0022	0,009	0,018	38,648	1	0,000
Uzunluk	0,521	0,0570	0,410	0,633	83,642	1	0,000
Dikey Eğim	-13,340	2,7531	-18,736	-7,944	23,478	1	0,000
Durak Sayısı	0,065	0,0314	0,004	0,127	4,344	1	0,037
Arazi Kullanım Türü							
1.Yerleşim Dışı	-0,695	0,1483	-0,985	-0,404	21,928	1	0,000
2.Konut	-0,642	0,1303	-0,897	-0,386	24,254	1	0,000
3.Karma	0,307	0,1421	0,029	0,586	4,669	1	0,031
4.Sanayi	-0,560	0,1851	-0,923	-0,197	9,143	1	0,002
5.Kentsel Çalışma	0	.	.	.	.	.	.
Yolun Şekli							
1.Düz	0,361	0,0910	0,183	0,539	15,725	1	0,000
2.Çarpık Paralel	0,374	0,0990	0,180	0,568	14,285	1	0,000
3.Kavisli	0	.	.	.	.	.	.
Şerit Sayısı							
2 Şeritli Yol	-0,086	0,1555	-0,391	0,219	0,306	1	0,580
3 Şeritli Yol	-0,264	0,1190	-0,497	-0,031	4,929	1	0,026
4 Şeritli Yol	-0,507	0,0996	-0,702	-0,312	25,932	1	0,000
6 Şeritli Yol	0	.	.	.	.	.	.
Yapılaşma Yüzdesi	0,003	0,0014	4,671E-6	0,006	3,854	1	0,050
$Y_i = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6 + \beta_7 + \beta_8 + \beta_9 + \beta_{10}$ $Y_{(\text{Toplam Kaza Sayısı})} = 1,484 + 0,014 \beta_{(\text{Hız})} + 0,521 \beta_{(\text{Uzunluk})} - 13,340 \beta_{(\text{Dikey Eğim})} - 0,695 \beta_{(\text{Arazi Kullanımı}_1)} - 0,642 \beta_{(\text{Arazi Kullanımı}_2)} + 0,307 \beta_{(\text{Arazi Kullanımı}_3)} - 0,560 \beta_{(\text{Arazi Kullanımı}_4)} + 0,065 \beta_{(\text{Durak Sayısı})} + 0,361 \beta_{(\text{Yolun Şekli}_1)} + 0,374 \beta_{(\text{Yolun Şekli}_2)} - 0,264 \beta_{(\text{Şerit Sayısı}_3)} - 0,507 \beta_{(\text{Şerit Sayısı}_4)} + 0,003 \beta_{(\text{Yapılaşma Yüzdesi})}$							
Model A (ana model) $-2\text{LogL} = -748,926$ Model D $-2\text{LogL} = -528,447$ $H_0: \beta_i = 0$ $H_1: \beta_i \neq 0$ $LR = -2\text{LogL}_{\text{ModelA}} - (-2\text{LogL}_{\text{ModelD}})$ $= -528,447 + 748,926$ $= 220,479$							

Ayrıca Model D, 1 serbestlik dereceli ki-kare (tablo değeri: 3,84) dağılımına göre olabilirlik oran istatistiği yardımı ile test edilmiş ve $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde

H_0 hipotezi red edilmiştir. Bu sonuca göre Model D'nin alternatif bir model olduğu söylenebilir.

Model D'ye hız, uzunluk, durak sayısı, yolun şekli 1 (düz yol), yolun şekli 2 (çarpık paralel yol), arazi kullanımı 3 (karma) ve yapılaşma yüzdesi değişkenleri pozitif; eğim, arazi kullanımı 1 (yerleşim dışı), arazi kullanımı 2 (konut), arazi kullanımı 4 (sanayi), şerit sayısı 3 (3 şeritli yol) ve şerit sayısı 4 (4 şeritli yol) değişkenleri negatif katkı yapmıştır. Şerit sayısı 2 (2 şeritli yol) değişkeni modele katkı yapmamıştır. Arazi kullanımı 5 (kentsel çalışma alanları), yolun şekli 3 (eğri yol) ve şerit sayısı 6 (6 şeritli yol) değişkenleri kıyas değişkenleridir. Buna göre; hız, uzunluk, durak sayısı ve yapılaşma yüzdesi değişkenlerinin artması kaza sayısının artmasıyla, eğim değişkeninin artması kaza sayısının azalmasıyla ilişkilidir. Ayrıca, kıyas değişkenlerine göre arazi kullanım, şerit sayısı ve yol şekillerinin kazalara etkisi incelendiğinde;

- Yerleşim dışı, sanayi ve konut kullanımlarının kaza ile az ilişkili, kentsel çalışma alanları kullanımlarının daha fazla ilişkili ve karma kullanımın en fazla ilişkili olduğu;
- Kaza ile az ilişkili yol şeklinin kavisli yol, daha fazla ilişkili yol şekillerinin sırasıyla, düz ve çarpık paralel yol olduğu,
- 4 şeritli yolların kaza ile az ilişkili, sırasıyla, 3 ve 6 şeritli yolların daha fazla ilişkili olduğu görülmektedir. 2 şeritli yol modele katkı yapmamıştır.

Model D'ye göre örneğin; hızı 50 km/sa, uzunluğu 5 km, durak sayısı 5, konut alanındaki, %5 eğimli, 3 şeritli, düz kentsel bir yol kesiminde üç yılda yaklaşık 3,9 kaza olması beklenmektedir.

Oluşturulan modellerin birbiriyle karşılaştırılabilmesi için Genelleştirilmiş Poisson Regresyon Yöntemi kullanarak modellerin parametrelerinin tahminine yönelik maksimum olabilirlik değerleri $[(-2\log\text{-likelihood function})(-2LL)]$ ile Akaike bilgi ölçütü [Akaike Information Criterion (AIC)] hesaplanmıştır (Çizelge 4.15).

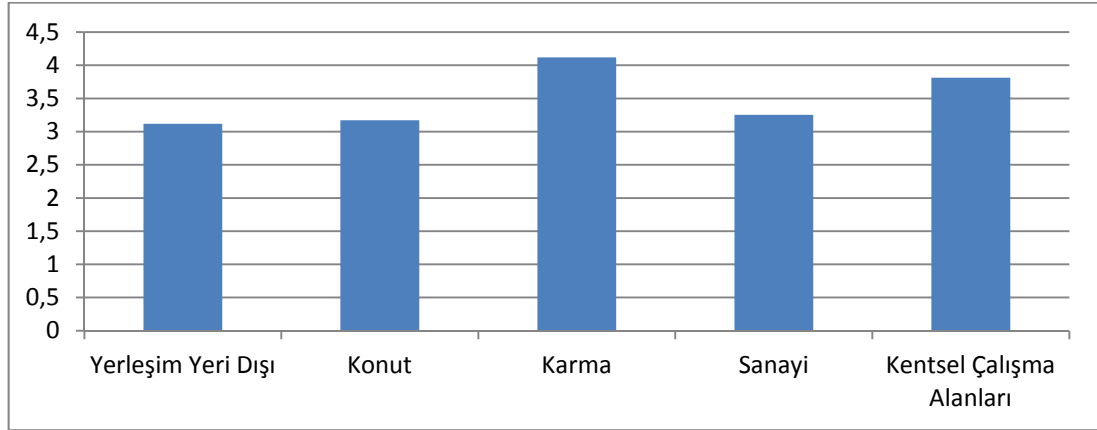
Çizelge 4.15. Modeller için bulunan -2LL değerleri ve AIC değerleri

Model	-2Log Likelihood (olasılık)	Akaike's Information Criterion (AIC)
A	-748,926	1503,853
B	-575,637	1167,273
C	-530,373	1088,747
D	-528,447	1086,894

-2LL değerlerinin büyük ve AIC değerinin küçük olması modelin daha güçlü olduğu anlamını taşımaktadır. Oluşturulan tüm modellerin -2LL ile AIC değerlerinin yer aldığı Çizelge 4.15’de belirtildiği gibi, tüm modeller arasında Model (D) en güçlü modeldir. Bu nedenle bu çalışma için temel model niteliğindedir.

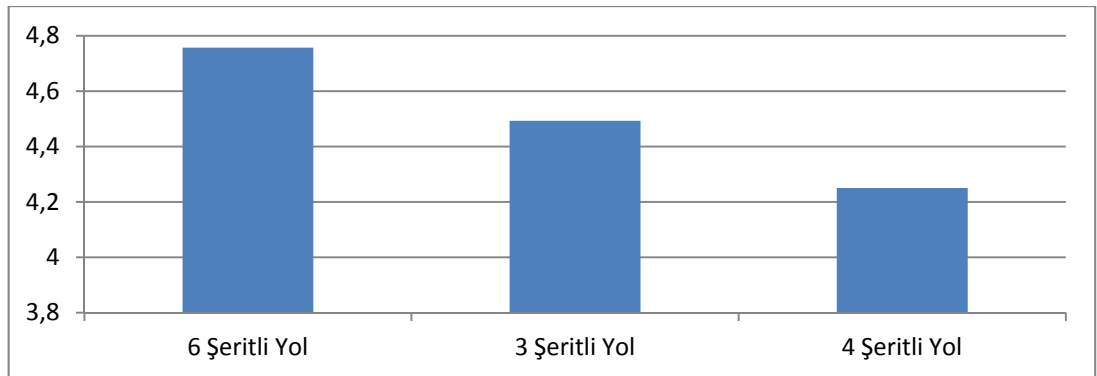
Çalışmanın temel modeli olan Model D’de yer alan kesikli açıklayıcı değişkenleri oluşturan kategorilerin birbirleri arasında kaza sıklığına etkileri inceleyerek bu değişkenler ile trafik kazası arasındaki ilişkinin netleştirilmesi mümkündür. Bu amaçla Model D’ye örnek veriler atanarak beklenen (olası) kaza sayısı hesaplanmıştır. Daha sonra beklenen kaza sayısı hesaplanan örnekte, sadece bir kesikli açıklayıcı değişken sırayla değiştirilip diğer veriler sabit tutularak kesikli açıklayıcı değişkenin kendi içindeki kazaya olan etkileri ortaya konulmuştur. Çalışmada arazi kullanımı, şerit sayısı ve yolun şekli olmak üzere üç farklı tür kesikli açıklayıcı değişken bulunmaktadır. Bu değişkenlerin Model D’ye göre kendi aralarındaki kaza sıklığına etkileri aşağıda belirtilen örnek verilerle açıklanmıştır.

Arazi Kullanım Türü: Hızı 50 km/sa, yapılaşma oranı % 50, uzunluğu 4 km, durak sayısı 5, %5 eğimli olan, 3 şeritli, kavisli kentsel bir yol kesiminin üç yılda yaklaşık kaza sayısı tahmin edildiğinde; bu yol kesimi konut alanında ise 3,17, sanayi alanında ise 3,25, kentsel çalışma alanında ise 3,81, karma kullanım alanında ise 4,12, yerleşim dışında ise 3,12 kaza olması beklenmektedir. Dolayısıyla arazi kullanım türleri arasında kaza sıklığını en fazla karma kullanım, daha sonra sırasıyla kentsel çalışma, sanayi ve konut alanı etkilemekte; yerleşim dışındaki alanlar ise en az etkilemektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Model D'ye göre arazi kullanımı değişiminin trafik kazası sıklığına etkisi

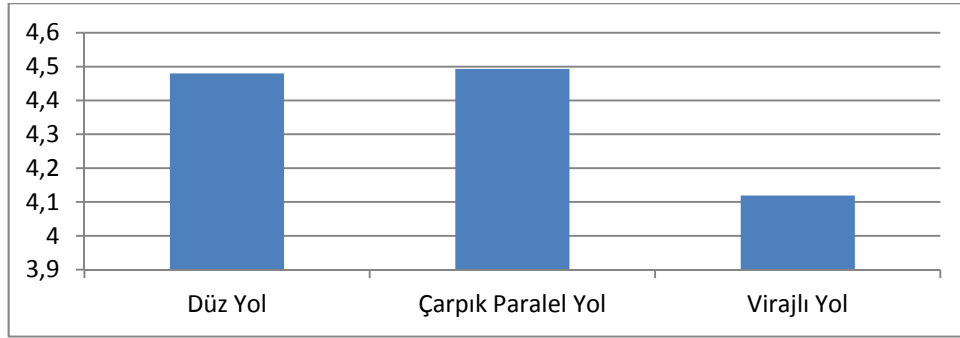
Şerit Sayısı: Karma kullanım alanındaki, hızı 50 km/sa, yapılaşma oranı % 50, uzunluğu 4 km, durak sayısı 5, %5 eğimli olan, çarpık paralel kentsel bir yol kesiminin üç yılda yaklaşık kaza sayısı tahmin edildiğinde; bu yol kesimi 3 şeritli ise 4,49, 4 şeritli ise 4,25, 6 şeritli ise 4,76 kaza olması beklenmektedir (Şekil 4.18). Bu nedenle Şekil 4.18'de belirtildiği gibi, şerit sayıları arasında kaza sıklığını en fazla 6 şeritli yol, daha sonra 3 şeritli yol etkilemekte; 4 şeritli yol ise en az etkilemektedir.



Şekil 4.18. Model D'ye göre şerit sayısı değişiminin trafik kazası sıklığına etkisi

Yolun Şekli: Karma kullanım alanındaki, hızı 50 km/sa, yapılaşma oranı % 50, uzunluğu 4 km, durak sayısı 5, %5 eğimli olan, 3 şeritli kentsel bir yol kesiminin üç yılda yaklaşık kaza sayısı tahmin edildiğinde; bu yol kesimi çarpık paralel ise 4,49, düz ise 4,48, kavisli ise 4,12 kaza olması beklenmektedir (Şekil 4.19).

Buna göre, yol şekilleri arasında kaza sıklığını düz yol ile çarpık paralel yol birbirine yakın ve kavisli yoldan daha fazla etkilemektedir. Model D'ye göre yol şekli değişiminin trafik kazası sıklığına etkisi Şekil 4.19'de sunulmuştur.



Şekil 4.19. Model D'ye göre yolun şeklinin değişiminin trafik kazası sıklığına etkisi

Sonuç olarak, bu bölümde öncelikle ileri doğru adımsal yöntemle değişken sayısı artırılarak farklı modeller oluşturulmuş ve modeller birbiriyle kıyaslanarak en güçlü (çalışma için en uygun) model tespit edilmiştir. Değişken sayısı fazlalaştıkça modelin güçlendiği görülmüştür. En güçlü model; hız, uzunluk, arazi kullanım türü, durak sayısı, eğim, yolun şekli, şerit sayısı ve yapılaşma yüzdesi değişkenlerinden oluşmaktadır. Bu modelde; hız, uzunluk, durak sayısı ve yapılaşma yüzdesi değişkenlerinin artması kaza sayısının artmasıyla, eğim değişkeninin artması kaza sayısının azalmasıyla ilişkilidir. Ayrıca kentsel arazi kullanımlarının kazaların artmasıyla olan ilişkileri düşükten yükseğe; yerleşim yeri dışı, konut, sanayi, kentsel çalışma ve karma şeklinde sıralanabilir. Yine bu modele göre 6 şeritli yol kazaların artmasıyla en fazla ilişkili; 3 şeritli yol daha az, 4 şeritli yol en az ilişkilidir. Son olarak, kavisli yolun kazaların artmasıyla ilişkisinin düşük; sırasıyla, düz ve çarpık paralel yolun daha yüksek olduğu modelin ortaya koyduğu diğer bir çıktıdır.

5. SONUÇLAR, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Kentler, insanların kitleler halinde yaşadığı ve hareket halinde olduğu organik sistemlerdir. Kitleler halinde yaşama ve hareket halinde olma durumu, kentsel yaşamda çeşitli sorunları da beraber getirmektedir. Günümüzde gerek metropoliten kentlerde, gerekse küçük ve orta ölçekli kentlerde yaşanan bu sorunlardan en önemlilerinden birisi trafik kazalarıdır.

Bu tez kentsel alanlarda meydana gelen trafik kazalarıyla ilgilidir. Çalışmanın ana amacı trafik güvenliği öncelikli kent planlaması (arazi kullanım planlaması, yol ve kavşak tasarımı) oluşturma stratejilerine katkıda bulunmaktır. Çalışmada öncelikle kentsel ulaşım planlamasının gelişim süreci ile kentsel arazi kullanımı trafik kazası ilişkisi konularındaki literatür incelenmiş, derlenmiş ve gelişmiş dünya ülkelerindeki iyi uygulama örnekleri ortaya konmuştur. Daha sonra örneklem alanı olarak seçilen Eskişehir Kentine ilişkin trafik kazası ve arazi kullanım verileri kullanılarak kaza tahmin modelleri geliştirilmiş ve örneklem alan için trafik kazası kentsel arazi kullanımı ilişkisi ortaya konmuştur. Oluşturulan modellerin meydana gelen kaza sayısını mümkün olduğu kadar doğru tahmin edebilen basit ve uygulanabilir olmasına önem verilmiştir. Bu modeller, kazaların yoğunlaştığı yerleri etkileyen unsurları belirlemede, kentsel yol ağı ve kavşak güvenliği analizinde ve kentsel arazi kullanımı ile ulaşım planlaması çalışmalarında kullanılabilir niteliktedir. Modelleri oluşturma sürecinde öncelikle, coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak kavşak ve yol kesime ilişkin iki ayrı veri tabanı oluşturulmuştur. Daha sonra oluşturulan veri tabanları aracılığıyla kavşaklara ve yol kesimlerine yönelik model geliştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen modellerin temel amacı farklı yapıdaki kavşaklar ve yol kesimleri için kaza tahmini gerçekleştirerek kazayla ilişkili kentsel unsurları belirlemektir. Her iki model geliştirme çalışmasında da gerçekleştirilen modelleme teknikleri, kaza sıklığı ile açıklayıcı değişkenleri ilişkilendirmek için kullanılmıştır.

Kavşaklara yönelik yapılan çalışmada, *panel tahmini gerçekleştiren Poisson regresyon modeli* kullanılmış ve kentsel alanda kavşak noktalarında meydana gelen

kazaların arazi kullanımı ile olan ilişkilerini ekonometrik modelleme teknikleriyle ortaya çıkarılmıştır. 93 kavşakta 2005-2010 yılları verileri ile gerçekleştirilen modellerde bağımlı değişken olarak ölümlü veya yaralanmalı kaza sayısı, açıklayıcı değişken olarak hız, hacim, arazi kullanım türü (konut, karma, kentsel çalışma, yerleşim yeri dışı ve sanayi), kavşak türü (çok kollu, göbekli, katlı, 4 kollu (+), 3 kollu refüjlü (T), 3 kollu refüjsüz (T), 3 kollu (Y) ve dönel) ve bağlantı noktası sayısı verileri kullanılmıştır.

Kavşak çalışmasında temel model ve etkileşim modeli olmak üzere iki grup model oluşturulmuştur. Temel modelde açıklayıcı değişkenlerin kavşak kazalarına etkileri incelenmiştir. Temel modelin ortaya çıkardığı yegâne sonuç, dört kollu kavşakların diğer kavşaklara göre kazalara daha fazla neden olduğudur. Etkileşim modelinde ise temel modelde kazalara daha fazla neden olduğu görülen dört kollu (+) kavşak ile kentsel arazi kullanımı birlikte değerlendirilerek trafik kazalarına etkileri ortaya konulmuştur. Etkileşim modelinin tespit ettiği en önemli sonuç ise, kentsel çalışma alanı ile yerleşim dışındaki (kentin çeperi) dört kollu (+) kavşakların kazaların oluşumunda önemli katkılarda bulunduğuudur.

Kavşak modellerinin ortaya koyduğu diğer sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

- Arazi kullanımına ilişkin değişkenlerden en fazla kentsel çalışma alanı kaza ile ilişkilidir. Diğer fazla ilişkili kullanımlar ise sırasıyla karma (MİA), sanayi ve yerleşim yeri dışıdır. Konut kullanımı ise trafik kazası ile en az ilişkilidir.
- Kavşaklardaki bağlantı noktasının fazlalığı kaza sayısını arttıran önemli bir nedendir.
- Kavşak kollarındaki akımların hız değerlerinin ortalamasının artması kaza sayısını arttırmaktadır.
- Kavşak türlerinin kazaya neden olma durumları düşükten yükseğe; 3 kollu (T) refüjlü kavşak, 3 kollu (T) refüjsüz kavşak, 3 kollu (Y) kavşak ve dönel kavşak, göbekli kavşak ve 4 kollu (+) kavşak şeklinde sıralanabilir.

Diğer bir kaza tahmin modeli geliştirme çalışması da 2008-2010 yılı verileriyle 107 yol kesimlerine yönelik oluşturulmuştur. Bu modellerin oluşum sürecinde öncelikle sürekli açıklayıcı değişkenlerin ilişki ve uyum durumu incelenmiş, yüksek ilişkili ve uyumlu değişkenler (hacim ve bağlantı sayısı) ayıklanmıştır. Daha sonra, genelleştirilmiş lineer modellerden *Poisson logaritmik doğrusal (loglineer) tahmin modelleri* kullanılarak kentsel alandaki yol kesimlerinde meydana gelen kazaların arazi kullanımı ile olan ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Bağımlı değişken olarak ölümlü veya yaralanmalı kaza sayısının kullanıldığı modellerde, açıklayıcı değişken olarak hız, uzunluk, arazi kullanım türü (konut, karma, kentsel çalışma, yerleşim yeri dışı ve sanayi), durak sayısı, eğim, yolun şekli (düz, çarpık paralel, kavisli) ve yapılaşma yüzdesi verileri kullanılmıştır. İleri doğru adımsal yöntemle gerçekleştirilen çalışmada öncelikle hız ve uzunluk değişkenleri (temel özellikler) kullanılarak Model A oluşturulmuştur. Daha sonra Model A'nın değişkenlerine arazi kullanım özellikleri (arazi kullanım türü, durak sayısı) değişkenleri eklenerek Model B, Model B'nin değişkenlerine yol özellikleri (eğim, yolun şekli, şerit sayısı) değişkenleri eklenerek Model C, Model C'nin değişkenlerine boşluk/doluluk özellikleri (yapılaşma yüzdesi) eklenerek Model D oluşturulmuştur. Modeller birbirleriyle kıyaslandığında en güçlü modelin Model D olduğu görülmüştür.

Modellerle ortaya konan en önemli sonuç, ileri doğru adımsal yöntemle değişken sayısı arttırdıkça modelin güçlendiğidir. Bu nedenle yol kesimine yönelik güçlü bir kaza tahmin modeli oluşturulabilmesi için hız, uzunluk, arazi kullanım türü, durak sayısı, eğim, yolun şekli, şerit sayısı ve yapılaşma yüzdesi değişkenlerinin tamamının modele dahil edilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Diğer önemli bir sonuç ise hız, uzunluk, durak sayısı ve yapılaşma yüzdesi değişkenlerinin artması kaza sayısının artmasıyla, eğim değişkeninin artması kaza sayısının azalmasıyla ilişkili olduğudur.

Yol kesim modellerinin ortaya koyduğu diğer sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

- Hız değişkeni ile uyumlu ve ilişkili olduğu için hacim değişkeni modellere dahil edilmemiştir. Ancak modellere göre hız değişkeninin artması kaza

sayısının artmasıyla ilişkilidir. Bu nedenle, hacim değişkeninin de kaza sayısının artmasıyla ilişkili olduğu söylenebilir.

- Yol kenarındaki yapılaşma oranının artması kaza sayısını arttırmaktadır.
- Durak sayısı ve uzunluk değişkeni ile uyumlu ve ilişkili olduğu için bağlantı sayısı değişkeni modellere dahil edilmemiştir. Ancak modellere göre durak sayısı ve uzunluk değişkenlerinin artması kaza sayısının artmasıyla ilişkilidir. Bu nedenle, bağlantı sayısı değişkeninin artması da kaza sayısının artmasıyla ilişkili olduğu söylenebilir.
- Kentsel arazi kullanımlarının trafik kazalarına neden olma düzeyleri düşükten yükseğe; yerleşim yeri dışı, konut, sanayi, kentsel çalışma ve karma şeklinde sıralanabilir.
- Şerit sayısına ilişkin değişkenlerden en fazla 6 şeritli yol kaza sayısının artmasıyla ilişkilidir. 3 şeritli yol daha az, 4 şeritli yol en az ilişkilidir. 2 şeritli yol değişkeni modele katkı yapmamıştır.
- Kavisli yolun kaza sayısının artmasıyla ilişkisi düşüktür. Sırasıyla düz ve çarpık paralel yolun ilişkisi daha yüksektir.

Kavşak ve yol kesimine yönelik trafik kazası tahmin modelleri oluşturulmasıyla ayrıca tezin hipotezin ve alt hipotezlerinin sınanması da gerçekleştirilmiş olmuştur. Tezin hipotezi “*Kentsel arazi kullanımı ile trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki vardır*” şeklindedir.

“*Trafik özellikleriyle (hız ve hacim) trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki vardır*” alt hipotezi sinandığında;

Gerek kavşak, gerekse yol kesime yönelik gerçekleştirilen modeller, trafik hızıyla trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Ancak, model geliştirme çalışmaları öncesinde gerçekleştirilen uyum ve ilişki analizlerinde hız ile hacim arasında ilişki uyum olduğu görüldüğünden, hacim değişkeni modellere dahil edilmemiştir. Bu nedenle, trafik hacmi ile de trafik kazası arasında anlamlı bir ilişkili olduğu söylenebilir (Bkz. Bölüm 4.6 ve Ek 1).

“Yol özellikleri ile trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki vardır” alt hipotezi sınıandığında;

Çalışmada yol kesime yönelik gerçekleştirilen modellerden en güçlüsü olan Model D, yol özelliklerinden; uzunluk, eğim, 3 şeritli yol, 4 şeritli yol, 6 şeritli yol, düz yol, çarpık paralel yol ve kavisli yol ile trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Model D’ye göre sadece 2 şeritli yol ile trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki yoktur. Ayrıca yol özelliklerinden biri olan bağlantı sayısı değişkeni, durak sayısı ve uzunluk değişkenleri ile uyumlu ve ilişkili olduğu için modellere dahil edilmemiştir. Ancak modellere göre durak sayısı ve uzunluk değişkenleri kaza sayısının artmasıyla ilişkilidir. Bu nedenle, bağlantı sayısı değişkeni ile de trafik kaza arasında anlamlı bir ilişkili olduğu söylenebilir (Bkz. Bölüm 4.6.2 ve Ek 1).

“Kavşak özellikleri ile trafik kazaları arasında anlamlı bir ilişki vardır” alt hipotezi sınıandığında;

Kavşaklara yönelik gerçekleştirilen kaza tahmin modelleri, kavşak özelliklerinden; kesişim noktası sayısı, 3 kollu (T) refüjlü kavşak, 3 kollu (T) refüjsüz kavşak, 3 kollu (Y) kavşak, dönel kavşak, dört kollu (+) kavşak ve göbekli kavşak ile trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Modellere göre ayrıca katlı kavşak ve çok kollu kavşak ile trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki yoktur (Bkz. Bölüm 4.6.1).

“Kentsel arazi kullanım özellikleri ile trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki vardır” alt hipotezi sınıandığında;

Hem kavşak, hem de yol kesime yönelik gerçekleştirilen modeller, arazi kullanım özellikleri (konut, karma (MİA), kentsel çalışma, yerleşim yeri dışı ve sanayi) ile trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur (Bkz. Bölüm 4.6, Ek 1).

“Boşluk/doluluk özellikleriyle trafik kazası arasında anlamlı bir ilişki vardır” alt hipotezi sınandığında;

İleri doğru adımsal yöntemle yol kesime yönelik model oluşturma çalışmasında en son adım olarak boşluk/doluluk özelliğini ifade eden yol kenarı yapılaşma yüzdesi değişkeni eklenmiştir. Yol kenarı yapılaşma yüzdesi değişkeninin modele eklenmesiyle modelin güçlendirdiği ve bu değişken ile trafik kazası arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu görülmüştür (Bkz. Bölüm 4.6.2).

Ülkemizdeki şehir planlama pratiği ışığında çalışma sonuçları yorumlanacak olursa, imar planlarıyla kentsel yol ağı oluşturulurken trafik kazası mefhumunu dikkate almadığı öne sürülebilir. Gerek üç kollu ve dönel kavşakların, gerekse kavşaklar arası mesafenin kısa olduğu ve kavisli yolların özellikle meskûn mahallerde desteklenmesi, dört kollu (+) kavşaklardan, düz ve kavşaklar arası mesafenin uzun olduğu yollardan kaçınılması gerekmektedir.

Literatürde yer alan araştırmalar da belirtilen tez çıktılarını destekler niteliktedir. Marks (1957), Lovegrove ve Sayed (2006), Giaver (1990), Sakshaug ve Johannessen (2005) Ewing ve Dumbaugh (2009), Elvik ve ark. (2009), Robinson ve ark. (2000) ve Vanderbilt (2008) üç kollu (T) kavşağın dört kollu (+) kavşaktan daha güvenli olduğunu ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde Elvik ve ark. (2009), Rodegerdts ve ark. (2010), Robinson ve ark. (2000) ve Vanderbilt (2008) de dönel kavşağın dört kollu (+) kavşaktan daha güvenli olduğunu belirtmişlerdir. Yine düz ve kavşaklar arası mesafenin uzun olan yolların daha güvensiz olduğu çeşitli çalışmalarda [Ewing ve Dumbaugh, 2009; Jones ve Jha, 2009; Garrick ve Marshall, 2008; Rifaat ve ark., 2010] ifade edilmektedir.

Tezdeki bir diğer önemli sonucu ise yol ağı tasarımlarında önemli olan esas kriterin çatışma noktalarının azaltılmasının hedeflenmesi gerektiğidir. Bazı durumlarda bu, refüj yapılması ile azaltılabilen bir durum iken bazı durumlarda ise trafiğin tek yönlü olarak yeniden tanzim edilmesiyle veya kavşağın dönel kavşağa dönüştürülmesiyle aşılabilmektedir. Dönel kavşaklar, dört kollu (+) kavşaklardaki

taşıtla taşıtın çarpışabileceği potansiyel nokta sayısını 32'den 8'e, üç kollu (T) kavşaklar için de 9'dan 6'ya düşürmektedir (Bkz. Şekil 3.16).

Son dönemde yapılan çeşitli çalışmalarda [Elvik ve ark., 2009; Vanderbilt, 2008] da dört kollu (+) kavşağın dönel kavşağa ve üç kollu (T) kavşağa dönüştürerek gerek taşıt-taşıt, gerekse taşıt-yaya kazalarının gerçekleşebileceği çatışma noktalarının sayısının azaltılabileceği ve böylece güvenliğin artırılabilceği belirtilmektedir. Çalışmalara [Elvik ve ark., 2009; Vanderbilt, 2008] göre dört kollu (+) kavşaklarda 32'si taşıt-taşıt ve 24'ü taşıt-yaya olmak üzere toplam 56 çarpışma noktası olduğu halde, bu değerler dönel kavşaklarda taşı-taşıt için 8, taşıt-yaya için 8; 3 kollu (T) kavşaklarda taşıt-taşıt için 9 ve taşıt-yaya için 21'dir. Ayrıca kavşaklar için belirtilen çarpışma noktalarının; 4 kollu (+) kavşakta 16'sı, 3 kollu (T) kavşakta 3'ü kesişim, diğerleri birleşme veya ayrılma noktasıdır. Dönel kavşakta ise kesişim noktası yoktur, tüm noktalar birleşme veya ayrılma noktasıdır (Bkz. Şekil 3.16). Kesişimler, birleşme veya ayrılmalara göre daha tehlikeli ve daha şiddetli kazaların olması muhtemel yerlerdir. Bu nedenlerle dönel kavşakların daha güvenli olduğu ifade edilmektedir [Elvik ve ark., 2009; Vanderbilt, 2008].

Gerek tez sonuçları, gerekse konuya ilişkin literatürde yer alan çalışmalar [Marks, 1957; Lovegrove ve Sayed, 2006; Giaver, 1990; Sakshaug ve Johannessen, 2005; Ewing ve Dumbaugh, 2009; Elvik ve ark., 2009; Robinson ve ark., 2000; Vanderbilt, 2008 ve Rodegerdts ve ark., 2010] değerlendirildiğinde, dört kollu (+) kavşakları dönel kavşağa veya üç kollu (T) kavşağa dönüştürerek, 3 kollu (T) kavşakları da 3 kollu dönel kavşağa dönüştürerek kavşak güvenliğinin artırılabilceği anlaşılmıştır. Bu nedenle kavşak tasarımlarında trafiği durma kalkma döngüsünden kurtararak emisyonların en aza indirilmesine ve bunun yanında yaya-taşıt ve taşıt-taşıt trafiğinin az noktada çatışmasının sağlanmasına önem verilmelidir.

Ancak ülkemizde gerek imar planlarıyla gerekse imar planı dışında yapılan mevzii müdahalelerle gerçekleştirilen kavşak iyileştirme çalışmalarıyla genel olarak, trafik güvenliğini önemli ölçüde artırıcı etkiler elde edilememektedir. Bu çalışmayla da

daha güvenli olduğu görünen dönel kavşak veya üç kollu kavşak yapılsa bile geometrik standartlarına riayet edilmediği değ erlendirilmektedir.

Bu tez ile ortaya konan önemli sonuçlardan bir diğ eri de güvenli bir kentsel trafik ortamının sağ lanabilmesi için trafik hızının ve hacminin kontrol altına alınması gerektiğ idir. Son dönemde yapılan çeş itli çalış malarda [Durning, 1996; Lucy, 2002 ve 2003; Lovegrove ve Litman, 2008; Litman, 2012; Dumbaugh ve Rae, 2009; Jones ve Jha, 2009; Ewing ve ark., 2003 ve Litman ve Fitzroy, 2010] kentin trafik güvenliğ ini arttırmak için trafik hızının ve hacminin kontrol edilmesinin gerektiğ i belirtilmiş ve özellikle kentsel yayılmanın trafik hızını ve hareketlilikle beraber trafik hacmini arttıran önemli bir unsur olduğu ifade edilmiştir. Bu nedenle kentlerde özellikle meskun mahalde trafiğ i sakinleşt irici önlemler (Hız Kesici Tümsekler (Kasisler), Hız Kesici Platformlar, Yüks eltilmiş Yaya Geç itleri, Yüks eltilmiş Kavş aklar, Yol Zemininde Pürüzlü Malzeme Kullanma, Dairesel Trafik Adaları, Dönel Kavş aklar, Yön Saptırıcılar, Yolu Kenardan Daraltma, Yolu Orta Ada Koyarak Daraltma, Sabit Kameralarla Hız Denetimi Yapılması, Yolu Tümüyle Kapatma, Yolu Kısmen Kapatma, Yayalaşt ırma gibi) trafik hızı ve hacmi kontrolü için stratejik olarak kullanılmalıdır. Yine kentteki yolculuk taleplerinin doğru yönetilmesi, kentlerin ulaş ıma yönelik geliş im göstermesi, daha yoğun, karma kullanımlı, karma statülü (sosyal yapısı farklı olan grupların bir arada yaşad ığı) mekanlar oluşt urmaya hedefleyen arazi kullanım politikalarının desteklenmesi ile trafik hızı ve hacminin kontrolü sağ lanabilir.

Çalış mada genel olarak karma kullanımın diğ er kullanımlara göre daha fazla kazaya neden olduğu görölmektedir. Bu durum karma kullanımın trafik güvenliğ i en düşük arazi kullanım türü olduğu şeklinde yorumlanmamalıdır. Karma kullanım alanı genel olarak kentin merkezinde yer alan ve çok fazla kişinin faydaland ığı yerlerdir. Bu nedenle arazi kullanımların trafik güvenliğ i durumlarının birbirleriyle kıyaslanabilmesi için *faydalanan kişi sayısı* bilgisi de göz önüne alınmalıdır. Benzer şekilde çalış mada yol kenarı yapılaş ma oranının artmasının trafik kazalarını arttırd ığı görölmektedir. Ancak faydalanan kişi sayısı göz önüne alınarak yapılaş ma oranının trafik güvenliğ ine etkisi belirlenmelidir. Ayrıca karma ve yoğun

kullanımın trafik güvenliğini genel olarak arttırdığı literatürde yapılan çalışmalarla da [Elvik ve ark., 2009; Litman, 2012; Litman and Fitzroy, 2010; Durning, 1996; Vanderbilt, 2008; Newman ve Kenworthy, 1989; Næss, 1996; Newman ve Kenworthy, 2006 Elvik ve Muskaug, 1994; Dumbaugh ve Rae, 2009; Hadayeghi ve ark., 2003; Ewing ve Dumbaugh, 2009, Banister, 1995] ortaya konmuştur.

Kavisli yolların daha az kazaya neden olduğu çalışmada elde edilen önemli çıkarımlardan bir diğeridir. Benzer şekilde çalışmaya göre yoldaki eğimin artması ile kaza sayısının azalması ilişkilidir. Bu iki durum, sürücü davranışlarıyla açıklanabilir. Sürücü çevre koşullarını riskli olarak değerlendirmiş ve sürüş güvenliğini arttırmış olabilir. Konu şehir planlama kapsamında değerlendirilecek olursa, özellikle yol ağına ilişkin planlama kararlarında insan davranışlarının etraflıca düşünülmesi gerektiği kanaatine varılmıştır. Konuya ilişkin literatürde yapılan çalışmalarda [Dumbaugh ve Rae, 2009; Rifaat ve ark., 2010; Ewing ve Dumbaugh, 2009; Vanderbilt, 2008] genel olarak görüş mesafesinin azalması veya araç kontrolünün zorlaşma gibi durumlar, sürücünün yavaş seyretmesi ve dikkatini arttırması anlamı taşıdığı vurgulanmakta ve geniş, düz, eğimsiz, kavissiz, görüş açısı aşırı olan yol yapımının sanıldığı gibi aksine yolun güvenlik durumunu iyileştirmediği ifade edilmektedir.

Tezin çıktıları genel olarak son dönemde yapılmış çalışmaları destekler niteliktedir. Bunun istisnası sadece yol türü ile kaza ilişkisi ortaya konduğu çıktılarıdır. Tez kapsamında yol kesimleri düz yol, çarpık paralel yol ve kavisli yol olarak üç türe ayrılmış ve her yol türün kaza ile ilişki durumları incelenmiştir. Buna göre (birbirine yakın değerlerde olsa da) en fazla çarpık paralel yolun daha sonra düz yolun kaza ile ilişkili olduğu; kavisli yolun kaza ile ilişkisinin düşük olduğu ortaya konmuştur (Bkz. Şekil 4.19). Ancak bu konuda yapılan çalışmalara göre [Dumbaugh ve Rae, 2009; Rifaat ve ark., 2010; Ewing ve Dumbaugh, 2009] çarpık paralel ve kavisli yolların daha güvenli, düz yolların daha güvensiz olması beklenmektedir. Bu durumun, çalışma alanında yer alan çarpık paralel yolların standartlara uygun olmamasından veya çalışma kapsamında sadece ölümlü veya

yaralanmalı kaza verilerinin kullanılıyor olmasından kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir.

Bu tez, trafik güvenliği öncelikli şehir planlamasına yol gösterici niteliktedir. Çalışma, Türkiye’de yapılan araştırmalardan farklı olarak, kentsel arazi kullanımıyla trafik kazasının ilişkisini kavşak ve yol kesim ölçeğiyle araştıran ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır. Tezde, kaza tahmin modelleri aracılığıyla kentsel arazi kullanımı ile trafik kazası arasındaki ilişkiyi ortaya koyan sistematik bir yapı geliştirilmiştir. Oluşturulan kaza tahmin modelleri ile mevcut arazi kullanım bilgilerinden faydalanılarak bir yol kesimi veya kavşak için beklenen kaza miktarını kestirmek, trafik kazalarına neden olan kentsel arazi kullanımına ilişkin unsurları belirlemek ve kentsel planlama kararlarının neden olabileceği trafik kazası miktarını ön görmek mümkündür.

Çalışmada gerçekleştirilen sistematik yapı farklı amaçlarla kullanılabilir. Öncelikle bu yapı şehir planlamanın denetim araçlarından biri olarak değerlendirilebilir. Kentsel arazi kullanım kararlarının neden olduğu trafik kazası miktarının bilinmesi, planlama kararlarının gözden geçirilmesine yol açarak yapılan planın denetimini sağlayabileceği değerlendirilmektedir. Bu günkü planlama anlayışında bu tür matematiksel model kurarak alınan kararların sonuçlarını kestirme ve böylece gerçekleştirilen planların aksaklıklarının olup olmadığını denetleme davranışı yaygın değildir. Tez bu özelliği ile öncü niteliktedir. Tezle ortaya konan sistematik yapı, başta asayiş suçları verileri kullanılarak kentin güvenlik durumunun denetimi olmak üzere çeşitli plan denetimi süreçlerine yol gösterici niteliktedir.

Yine bu tez ile ortaya konan sistematik yapı karayolu güvenliğini artırıcı önlemlerin konumunun ve türünün belirlenmesi çalışmalarında aydınlatıcı niteliktedir. Ayrıca bu yapı ile elde edilen çıktılar karar verici durumundaki kent yöneticilerinin karar sürecini yönlendirebilir. Trafik polisinin denetleme, belediyelerin altyapı stratejini oluşturmaya katkı sağlayabileceği gibi, karayolu güvenliği ile ilgili kentteki diğer birimlerin iş süreçleri, personel ve teçhizat planlarını da şekillendirebilir. Bu nedenle oluşturulan sistematik yapı geliştirilerek

başta belediyeler olmak üzere kentsel karayolu güvenliği ile ilgili diğer kurum ve kuruluşlarla da paylaşılmalıdır. Böylece trafikteki ölüm, yaralanma ve sakat kalmaları azaltarak daha güvenli bir kentsel çevrenin oluşması ve kazalardaki maddi kayıplar azaltarak kentin ekonomik açıdan tasarruf etmesini sağlanabilir.

Bu çalışmada kentsel arazi kullanımı ile trafik kazası ilişkisinin genel durumu ortaya konmuştur. Daha ayrıntılı çıktılar elde edebilmek için bu çalışmayla ortaya konan yöntem izlenerek gerçek zamanlı veri toplanmalı, dinamik yapıda olan veri tabanları oluşturulmalı ve yazılım geliştirilerek iş süreçleri kısaltılmalıdır. Bugün akıllı telefon ve navigasyonlar aracılığıyla toplanan hız ve hacim bilgileri gerçek zamanlı olarak internetten yayınlanmaktadır. Yine kentlerin arazi kullanımına ilişkin bilgileri uydu görüntüleriyle ve haritalarla yayınlayan ve periyodik güncelleyen çeşitli internet siteleri ve yazılımlar bulunmaktadır. Bu gelişmeler, bu alanda önümüzdeki dönemde gerçek zamanlı bilgiye erişimin daha kolay olacağının habercisi niteliğindedir.

Çalışmada kullanılan verilerin gerçek zamanlı elde edilebilmesi durumunda gün içindeki dönemlere (saatlik dönemlere, zirve saatlere, gece veya gündüz olma durumuna), haftalık dönemlere (hafta içi/sonu), yıllık dönemlere (mevsimsel dönem, uzun tatil dönemi) ve yağış durumuna duyarlı modeller geliştirilebilir. Benzer şekilde kaza verileri, yaya kazası, ağır taşıt kazası, hafif taşıt kazası gibi alt gruplara ayrılarak farklı amaçlara yönelik detaylı çalışmalar yapılabilir. Ayrıca yazılım geliştirilerek iş süreçleri kısaltılabilir ve daha az emek harcayarak daha fazla kişinin bu modellerin çıktılarından faydalanması sağlanabilir.

Çalışmada gerçekleştirilirken amaca yönelik farklı istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemlerin çalışma sürecine olumlu katkı yaptığı görülmüştür. Örn: model oluşturma sürecinde kavşak verilerine yönelik panel veri kullanılmasıyla kaza verileri ile kentsel arazi kullanım verileri yıllık dönemler halinde incelenmesi gerçekleşmiş ve böylece kesit özelliklerinin kendi içindeki farklılıklarının yanı sıra zaman içerisinde geçirdiği değişimler de belirlenerek ölçülebildiği anlaşılmıştır. Ayrıca, yol kesimine yönelik modelleri oluşturma

sürecinden önce sürekli açıklayıcı değişkenler arasındaki ilişkinin ve uyumun analiz edilmesi sonrası kimi değişkenlerin modellere dahil edilmemesinin, modelleri güçlendirdiği görülmüştür. Yine yol kesime yönelik model oluşturma sürecinde ileri doğru adımsal yöntem kullanılarak temel modele kademeli olarak eklenen değişkenlerle alternatif modeller oluşturulmasıyla eklenen değişkenlerin modele katkısı gözlemlenebilmiş ve böylece en güçlü modeli oluşturan değişkenlerin tespitinin gerçekleştirilebildiği görülmüştür.

Bu çalışmada en fazla veri toplama, veri iyileştirme ve veri tabanı oluşturma süreçlerinde emek harcanmıştır. Veri toplama sürecinde çeşitli sayısal/sayısal olmayan harita, plan, hava fotoğrafı, diğer görsel, öznitelik, istatistiksel ve sözel bilgi toplanmıştır. Öncelikle toplanan verilerin kalitesi değerlendirilmiş, veri kalitesi uygun ise kullanılabilirliğine bakılmıştır. Daha sonra veri iyileştirme süreci gerçekleştirilmiş ve veri tabanları oluşturulmuştur. Sadece veri iyileştirme süreci için yaklaşık 800 adam-saat emek harcanmıştır. Kaliteli veri oluşturma sürecinin aşırı emek, zaman ve maliyet getirmesi bu alanda yapılan araştırmaların sürecini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle yerel ölçekte kurumlar arası kapsamlı, güncel ve güvenilir bilgi sistemleri oluşturulmalı ve bu bilgiler araştırmacılarla paylaşmalıdır.

KAYNAKLAR

- Banister, D., "Transport Planning in the UK, USA and Europe", **Routledge**, London, İngiltere (1994).
- Banister, D., "Transport and Urban Development" **E & FN Spon**, London (1995).
- Bennett, G. T. ve Marland, J., "Road accidents in traditionally designed local authority estates" **TRRL Supplementary Report 394. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, İngiltere** (1978).
- Björketun, U., "Linjeföring samt prediktion av olyckor utifrån linjeförings data för vagar projekterade/byggda under 1950-, 1960- respektive 1970-talet", **VTI-meddelande 641. Statens väg- och trafikinstitut (VTI), Linköping, İsveç** (1991).
- Black, A., "Urban Mass Transportation Planning", **Mc Graw Hill**, New York, A.B.D. (1995).
- Blakstad, F. ve Giæver, T., "Ulykkesfrekvenser på vegstrekninger i tett og middels tett bebyggelse", **Rapport STF63 A89005, SINTEF Samferdselsteknikk, Trondheim, Norveç** (1989).
- Blakstad, F., "Ulykkesfrekvenser på hovedveger i byområder", **Rapport STF63 A90005, SINTEF Samferdselsteknikk, Trondheim, Norveç** (1990).
- Brandes, U., MacCleery, R., Peterson, J. ve Johnston, M., "Land use and driving: The role compact development can play in reducing greenhouse gas emissions" **Urban Land Institute, Washington DC** 10-23 (2010).
- Brindle, R. E., "Town planning and road safety: A review of literature and practice", **Federal Office of Road Safety Report CR33, Australian Road Research Board, Melbourne** (1984).
- Chatfield, B. V., "System-Wide Safety Improvements: An Approach to Safety Consistency", **National Cooperative Highway Research Program Report 132. Transportation Research Board, Washington, DC.** (1987).
- Comsis Corporation, "Implementing effective travel demand management measures: Inventory of measures and synthesis of experience", **Institute of Transportation Engineers, Washington, DC.** (1993).
- Council of Europe, "European Urban Charter", **COE, Strasbourg, Fransa**, (1992).

Currier, N. ve Ives, J. M., "Detail of a bird's eye view of Chicago" The city shaped: Urban patterns and meanings through history (1991), Kostof, S. (Ed.), **Bulfinch Press**, New York, 116 (1892).

Dumbaugh, E. ve Rae, R., "Safe urban form: revisiting the relationship between community design and traffic safety", **Journal of the American Planning Association**, 75(3): 309-329 (2009)

Durning, A.T., "The Car and the City: 24 Steps to Safe Streets and Healthy Communities", **New Report No.3, Northwest Environment Watch, Seattle, Washington**, (1996).

Elker, C., "Ulaşımında Politika ve Pratik", **Gölge Ofset Matbaacılık**, Ankara 35-46 (2001).

Elvik, R. ve Muskaug R., "Konsekvensanalyser og trafikksikkerhet. Metode for beregning av konsekvenser for trafikksikkerheten av tiltak på vegnettet", **TØI-rapport 0281, Transportøkonomisk institutt, Oslo, Norge** (1994).

Elvik, R., Høy, A. ve Vaa, T., "The Handbook Of Road Safety Measures; Second Edition", **Emerald Group Publishing Limited**, UK, 169-206;1031-1043, (2009).

Elvik, R., Mysen, A.B. ve Vaa, T., "Trafikksikkerhetshåndbok-3", **Utgave, TØI Rapport, Norge** (1997).

Espedal, T. G. ve I. Omrand., "Trafikksikkerhet i arealplaner-en litteraturstudie", **Rapport S-2-1982. Rogalandsforskning, Stavanger, Norge** (1982).

European Commission, "White Paper: European transport policy for 2010: Time to decide" **EC, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg** (2001).

European Commission, "White Paper: The future development of the common transport policy: A global approach to the construction of a Community framework for sustainable mobility" **EC, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg** (1992).

Ewing, R. ve Cervero, R., "Travel and the built environment: A meta-analysis," **Journal of the American Planning Association**, 76 (3): 265-294 (2010).

Ewing, R. ve Dumbaugh, E., "The built environment and traffic safety: A review of empirical evidence", **Journal of Planning Literature**, 23 (4): 347-367 (2009).

Ewing, R., Bartholomew, K., Winkelmann, S., Walters, J. ve Chen, D. "Growing cooler: The evidence on urban development and climate change", *Urban Land Institute, Washington DC* (2007).

Ewing, R., Schieber, R., ve Zegeer, C., "Urban sprawl as a risk factor in motor vehicle occupant and pedestrian fatalities", *American Journal of Public Health*, 93 (9): 1541-1545 (2003).

Fosli, O., "Transport, arealbruk og miljø. Ein studie av dei transportmessige verknadene av IDG Norges omlokalisering fra?" Hasle til Galleri Oslo, Hovedoppgave i samfunnsgeografi, *Universitetet i Oslo, Samfunnsvitenskapelig Fakultet*, Oslo, Norge (1995).

Frederick Law Olmsted Jr., 1916 Olmsted, F. L., Jr. "Introduction", City planning, John Nolen (Ed.), *Appleton & Co.*, New York, A.B.D., 1-18 (1916).

Fridstrøm, L., Ifver, J., Ingebrigtsen, S., Kulmala, R. ve Thomsen, L.K., "Explaining the variation in road accident counts. Report Nord" *Nordic Council of Ministers*, Copenhagen, Danmark, 35 (1993).

Fridstrøm, L., Ifver, J., Ingebrigtsen, S., Kulmala, R. ve Thomsen, L.K., "Measuring the contribution of randomness, exposure, weather, and daylight to the variation in road accident counts." *Accident Analysis and Prevention*, 27(1): 1-20 (1995).

Garrick N. ve Marshall W., "Network, Placemaking and Sustainability" *Center for Transportation and Urban Planning, University of Connecticut, Connecticut, A.B.D.* (2008).

Gerçek, H. ve Demir, O. "Eskişehir Ulaşım Ana Planı", *Ulaştırma Kongresi, TMMOB, İMO*, İstanbul, 167-178 (2005).

Giæver, T. "Ulykkesfrekvenser i rundkjøringer og signalregulerte kryss", *SINTEF Samferdselsteknikk, STF63 A90002, Trondheim, Norge* (1990).

Greibe, P., "Accident prediction models for urban roads", *Accident Analysis and Prevention*, 35 (2): 273-285 (2003).

Guo, J. Y. ve Gandavarapu S., "An economic evaluation of health- promotive built environment changes", *Preventive Medicine*, 50 (1): 44-S49 (2010).

Hadayeghi, A., Shalaby, A. S. ve Persaud, B. N., "Macrolevel accident prediction models for evaluating safety of urban transportation systems", *Transportation*

Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1840: 87-95 (2003).

Hadayeghi, A., Shalaby, A. S., Persaud, B. N. ve Cheung, C., “Temporal transferability and updating of zonal level accident prediction models” , ***Accident Analysis and Prevention***, 38 (3): 579-89 (2006).

Haldeman, B. A.. “Transportation and main thoroughfares and street railways”, City planning, J. Nolen (Ed.), ***Appleton & Co.***, New York, A.B.D, 279-313 (1916).

Hall, J. W. ve Polanco de Hurtado, M., “Effect of intersection congestion on accident rates”, ***Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board***, 1376: 71–77 (1992).

Hall, J.W. ve Pendleton, O.J., “Rural accident rate variations with traffic volume”, ***Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board***, 1281: 62–70 (1990).

Hall, P., “Urban and Regional Planning”, ***Penguin Books; David and Charles (Holding) Ltd***, USA (1975).

Hanssen, J. U. (1993b). “Transportmessige virkninger av næringsvirksomheters lokalisering”, ***TØI-rapport 215, Transportøkonomisk Institutt, Oslo, Norveç*** (1993b).

Hanssen, J. U., “Transportation impacts of office relocation: A case study from Oslo”, ***Journal of Transport Geography***, 3 (4): 247-256 (1995).

Hanssen, J. U., “Sammenhenger mellom arealbruk og transport på lokalt nivå. Sammenfatning av en litteraturstudie” ***TØI-rapport 211, Transportøkonomisk Institutt, Oslo, Norveç*** (1993a).

İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) “Türkiye Nüfus İstatistikleri Verileri” http://www.tuik.gov.tr/demografiapp/menu_ing.zul (2011).

İnternet: Eskişehir Büyükşehir Belediyesi, “Eskişehir Kenti Toplu Taşıım Bilgileri” www.eskisehir-bel.gov.tr (2011).

Jones, D. ve Jha, M., "The effect of urban form on traffic accident incidence", ***CEA'10 Proceedings Of the 4th WSEAS International Conference on Computer Engineering and Applications***, USA, 212-222 (2009).

Kim, K., Brunner, M. ve Yamashita, E., "Influence of land use, population, employment, and economic activity on accidents", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1953: 56–64 (2006).

Kim, K., Yamashita, E., "Motor vehicle crashes and land use: Empirical analysis from Hawaii", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1784: 73-79 (2002).

Kmet, L., Brasher, P. ve Macarthur., C., "A small area study of motor vehicle crash fatalities in Alberta, Canada", *Accident Analysis and Prevention*, 35 (2): 177-82 (2003).

Knoflacher, H., "Wechselbeziehungen zwischen Raumplanung, Verkehr und Energie", *SIR-Mitteilungen und Bericht*, 26: 17-21 (1998).

Kostof, S., "The city shaped: Urban patterns and meanings through history", *Bulfinch Press*, New York (1991).

Köhler, U. ve R. Schwamb., "Erweiterung und Verifizierung des Modells zur Abschätzung des Unfallgeschehens und der Unfallkosten auf Innerörtlichen Netzelementen", *Schlussbericht, Forschungsbericht FE-Nr 70186/88, Ingenieursozietät BGS. Frankfurt am Main, Almanya* (1993).

Kuzmyak, J.R., Pratt, R.H., Douglas, G.B. ve Spielberg, F., "Land Use and Site Design - Traveler Response to Transportation System Changes", *Transit Cooperative Research Program (TCRP) Report 95: Chapter 15, published by Transportation Research Board, Washington* (2003).

Ladrón de Guevara, F., Washington, S. P., ve Oh, J., "Forecasting travel crashes at the planning levels: Simultaneous negative binomial crash model applied in Tucson, Arizona", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1897: 191-199 (2004).

Larsen, S. L. ve Saglie, I. L., "Tettstedsareal i norge" *NIBR-rapport 1995:3. Norsk institutt for by- og regionforskning, Oslo, Norveç* (1995).

Lervag, H., "Arealbruk og transport", *NIBR-notat 1985:14, Norsk institutt for byog regionplanlegging, Trondheim, Norveç* (1985).

Levine, N., Kim, K. ve Nitz. L.H., "Spatial analysis of Honolulu motor vehicle crashes: I. Spatial analysis", *Accident Analysis and Prevention*, 27 (5): 663-674 (1995a).

Levine, N., Kim, K. ve Nitz. L.H., "Spatial analysis of Honolulu motor vehicle crashes: II. Zonal Generators", *Accident Analysis and Prevention*, 27 (5): 675–685 (1995b).

Litman T., "Land use impacts on transportation", *Victoria Transport Policy Institute, Victoria, Kanada* (2012).

Litman, T. ve Fitzroy, S., "Safe travels; Evaluating mobility management traffic safety impacts", *Victoria Transport Policy Institute, Victoria, Kanada* (2010).

Litman, T., "Evaluating accessibility for transportation planning", *Victoria Transport Policy Institute, Victoria, Kanada* (2008).

Litman, T., "Where we want to be: Household location preferences and their implications for smart growth", *Victoria Transport Policy Institute, Victoria, Kanada* (2010).

Loder, B. N. ve Bayly, L. J., "A review of town planning in relation to road safety", *Report Nr 17 by the Expert Group on Road Safety, Australian Government Publishing Service, Canberra, Australia* (1973).

Lovegrove, G. R., ve Sayed, T., "Macro-level collision prediction models for evaluating neighbourhood traffic safety", *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33 (5): 609-21 (2006).

Lovegrove, G., Litman, T., "Macrolevel collision prediction models to evaluate road safety effects of mobility management strategies: New empirical tools to promote sustainable development", *Transportation Research Board 87th Annual Meeting*, USA, 1-24 (2008).

Lucy, W., "Danger in Exurbia: Outer Suburbs More Dangerous Than Cities", *Virginia University, Virginia, A.B.D.* (2002).

Lucy, W.H., "Mortality risk associated with leaving home: Recognizing the relevance of the built environment", *American Journal of Public Health*, 93 (9): 1564-1569 (2003).

Marks, H., "Subdividing for traffic safety", *Traffic Quarterly* 11(3): 308-325 (1957).

Meyer, M., Miller E., "Urban transportation planning: A decisionoriented approach", *McGraw-Hill*, New York, A.B.D. (1984).

Mumford, L., "The City in History", **Harcourt, Brace & World**, New York, A.B.D. (1961).

Næss, P., "Miljømessig effektiv lokalisering av arbeidsplasser og boliger", **In: Miljøhåndboken**, (Kolbenstvedt, M., H. Silborn & T. Solheim, T. eds) **Transportøkonomisk institutt, Oslo, Norge**, 1: 95-106 (1996).

Newman, P. ve Kenworthy J., "Urban Design to Reduce Automobile Dependence", **An International Journal of Suburban and Metropolitan Studies**, 2(1): 35-52 (2006)

Newman, P. W. G. ve Kenworthy, J. R., "Cities and Automobile Dependence: A Sourcebook", **Avebury Technical**, Aldershot, UK (1989).

OECD, "Road safety campaigns: Design and evaluation", **Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris** (1979).

Özalp, M., "Türkiye’de kentsel ulaşım planlaması çalışmalarında benimsenen yaklaşımlar; sorunlar ve çözüm önerileri", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 138-147 (2007).

Persaud, B. N. ve Dzbik, L., "Accident prediction models for freeways", **Transportation Research Record**, 1401: 55–60 (1993).

Rifaat, S.M., Tay, R. ve Barros, A., "Effect of street pattern on road safety are policy recommendations sensitive to different aggregations of crashes by severity?", **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, 2147: 58-65 (2010).

Robinson, B.W., Rodegerdts, L., Scarborough, W. ve Kittelson, W., "Roundabouts: An informational guide" **U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Report FHWA-00-067, Washington, ABD**, 101-181 (2000).

Robinson, C. M., "The width and arrangement of streets" **Engineering News Publishing, New York** (1911)

Sakshaug, K. ve Johannessen, S., "Analyse av ulykkessteder: Verdier for normal ulykkesfrekvens og skadekostnad ved normal og god standard", **Trondheim, SINTEF Teknologi Ogsamfunn, Transportsikkerhet og –Informatikk, Norge** (2005)

Sandhu, B. ve Al-Kazily, J., "Safety impacts of freeway traffic congestion", **Transportation Research Board, 75th Annual Meeting**, Washington DC., (1996).

Selvi, Ö., "Traffic accident predictions based on fuzzy logic approach for safer urban environments, case study: İzmir Metropolitan Area", Doktora Tezi, **İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, 8 (2009).

Strand, A., "Trafikksikkerhetsmessige hensyn i arealplanleggingen: Forelesning ved EEU-kurs Trafikksikkerhet 29.10.93", **Norges Tekniske Høgskole, Institutt for samferdselsteknikk, Trondheim, Norge** (1993a).

Sullivan, E. C., "Estimating Accident Benefits of Reduced Freeway Congestion", **Journal of Transportation Engineering**, 116(2): 167–180 (1990).

Thomson, M.T., "Toward Better Urban Transport Planning in Developing Countries", **The International Bank for Reconstruction and Development, World Bank Staff Working Papers, Number 600, Washington D.C, U.S.A.**, 12; 47 (1983).

Türkiye İstatistik Kurumu, "Trafik Kazası İstatistikleri 2009", **TÜİK Basımevi, Ankara**, (2010).

Vanderbilt, T., "Traffic: Why we drive the way we do (And what it says about us)", **Knopf Doubleday Publishing Group**, New York (2008).

World Health Organization Regional Office for Europe, "European status report on road safety: towards safer roads and healthier transport choices" **WHO Regional Office for Europe, Copenhagen**, 1-8 (2009)

World Health Organization, "Global Status Report on Road Safety Time For Action", **WHO, Department Of Violence & Injury Prevention & Disability (VIP), Switzerland**, 1-6 (2009)

Yalınız, P. ve Bilgiç, Ş., "Eskişehir Kent Merkezinde 'Park Et ve Bin' Uygulamasının Sürdürülebilir Ulaştırma Bağlamında Değerlendirilmesi" 7. **Ulaştırma Kongresi**, İstanbul, 461-470 (2007).

Yiftachel, O., "Towards a new typology of urban planning theories", **Planning and Environment B: Planning and Design**, 16 (1): 23-39 (1989).

Zhou, M. ve Sisiopiku, V., "Relationship between volume to capacity ratios and accident rates", **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, 1581: 47–52 (1997).

EKLER

EK-1: Yol Kesim Kazası Tahmin Modeli Çıktıları

Model A;**Continuous Variable Information**

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Dependent Variable TOPLAM_KAZA	107	,00	75,00	13,2243	14,44463
Covariate HIZ	107	8,00	75,00	32,1308	15,42730
UZUNLUK	107	,24	3,48	1,0372	,49882

Goodness of Fit^b

	Value	df	Value/df
Deviance	1115,715	104	10,728
Scaled Deviance	1115,715	104	
Pearson Chi-Square	1275,318	104	12,263
Scaled Pearson Chi-Square	1275,318	104	
Log Likelihood ^a	-748,926		
Akaike's Information Criterion (AIC)	1503,853		
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	1504,086		
Bayesian Information Criterion (BIC)	1511,871		
Consistent AIC (CAIC)	1514,871		

Dependent Variable: TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK

a. The full log likelihood function is displayed and used in computing information criteria.

b. Information criteria are in small-is-better form.

Omnibus Test^a

Likelihood Ratio Chi-Square	df	Sig.
387,843	2	,000

Dependent Variable:

TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK

a. Compares the fitted model against the intercept-only model.

Tests of Model Effects

Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	449,353	1	,000
HIZ	30,214	1	,000
UZUNLUK	242,524	1	,000

Dependent Variable: TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK

EK-1(Devam): Yol Kesim Kazası Tahmin Modeli Çıktıları

Parameter Estimates

Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	1,450	,0684	1,315	1,584	449,353	1	,000
HIZ	,010	,0018	,006	,013	30,214	1	,000
UZUNLUK (Scale)	,679 1 ^a	,0436	,594	,764	242,524	1	,000

Dependent Variable: TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK

a. Fixed at the displayed value.

Model B:

Continuous Variable Information

		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Dependent Variable	TOPLAM_KAZA	107	,00	75,00	13,2243	14,44463
Covariate	HIZ	107	8,00	75,00	32,1308	15,42730
	UZUNLUK	107	,24	3,48	1,0372	,49882
	DURAK_SAYISI	107	,00	4,00	,4766	,86161

Goodness of Fit^b

	Value	df	Value/df
Deviance	769,136	99	7,769
Scaled Deviance	769,136	99	
Pearson Chi-Square	849,551	99	8,581
Scaled Pearson Chi-Square	849,551	99	
Log Likelihood ^a	-575,637		
Akaike's Information Criterion (AIC)	1167,273		
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	1168,743		
Bayesian Information Criterion (BIC)	1188,656		
Consistent AIC (CAIC)	1196,656		

Dependent Variable: TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK, ARAZI_KULLANIMI, DURAK_SAYISI

a. The full log likelihood function is displayed and used in computing information criteria.

b. Information criteria are in small-is-better form.

EK-1(Devam): Yol Kesim Kazası Tahmin Modeli Çıktıları

Omnibus Test^a

Likelihood Ratio Chi-Square	df	Sig.
734,422	7	,000

Dependent Variable:

TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK,
ARAZI_KULLANIMI, DURAK_SAYISIa. Compares the fitted model against the
intercept-only model.**Tests of Model Effects**

Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	211,254	1	,000
HIZ	23,085	1	,000
UZUNLUK	124,808	1	,000
ARAZI_KULLANIMI	273,077	4	,000
DURAK_SAYISI	9,497	1	,002

Dependent Variable: TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK, ARAZI_KULLANIMI,
DURAK_SAYISI**Parameter Estimates**

Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	1,651	,1252	1,405	1,896	173,759	1	,000
HIZ	,010	,0020	,006	,014	23,085	1	,000
UZUNLUK	,584	,0523	,482	,687	124,808	1	,000
[ARAZI_KULLANIMI=1.00]	-,953	,1355	-1,219	-,688	49,522	1	,000
[ARAZI_KULLANIMI=2.00]	-,755	,1004	-,952	-,559	56,568	1	,000
[ARAZI_KULLANIMI=3.00]	,338	,0828	,176	,500	16,702	1	,000
[ARAZI_KULLANIMI=4.00]	-,567	,1614	-,884	-,251	12,350	1	,000
[ARAZI_KULLANIMI=5.00]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
DURAK_SAYISI	,084	,0272	,030	,137	9,497	1	,002
(Scale)	1 ^b	.	.	.	.	.	.

Dependent Variable: TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK, ARAZI_KULLANIMI, DURAK_SAYISI

a. Set to zero because this parameter is redundant.

b. Fixed at the displayed value.

EK-1(Devam): Yol Kesim Kazası Tahmin Modeli Çıktıları

Model C;**Continuous Variable Information**

		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Dependent Variable	TOPLAM_KAZA	107	,00	75,00	13,2243	14,44463
Covariate	HIZ	107	8,00	75,00	32,1308	15,42730
	UZUNLUK	107	,24	3,48	1,0372	,49882
	DURAK_SAYISI	107	,00	4,00	,4766	,86161
	DIKEY_EGIM	107	,00	,15	,0136	,02074

Goodness of Fit^b

	Value	df	Value/df
Deviance	678,609	93	7,297
Scaled Deviance	678,609	93	
Pearson Chi-Square	728,440	93	7,833
Scaled Pearson Chi-Square	728,440	93	
Log Likelihood ^a	-530,373		
Akaike's Information Criterion (AIC)	1088,747		
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	1093,312		
Bayesian Information Criterion (BIC)	1126,166		
Consistent AIC (CAIC)	1140,166		

Dependent Variable: TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK, ARAZI_KULLANIMI, DURAK_SAYISI, YOL_SEKLI, SERIT_SAYISI, DIKEY_EGIM

a. The full log likelihood function is displayed and used in computing information criteria.

b. Information criteria are in small-is-better form.

Omnibus Test^a

Likelihood Ratio Chi-Square	df	Sig.
824,949	13	,000

Dependent Variable:

TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK, ARAZI_KULLANIMI, DURAK_SAYISI, YOL_SEKLI, SERIT_SAYISI, DIKEY_EGIM

a. Compares the fitted model against the intercept-only model.

EK-1(Devam): Yol Kesim Kazası Tahmin Modeli Çıktıları

Parameter Estimates

Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	1,612	,1514	1,315	1,908	113,394	1	,000
HIZ	,013	,0022	,009	,017	35,907	1	,000
UZUNLUK	,524	,0568	,413	,636	85,123	1	,000
[ARAZI_KULLANIMI=1.00]	-,688	,1482	-,979	-,398	21,572	1	,000
[ARAZI_KULLANIMI=2.00]	-,553	,1218	-,791	-,314	20,580	1	,000
[ARAZI_KULLANIMI=3.00]	,468	,1160	,241	,696	16,293	1	,000
[ARAZI_KULLANIMI=4.00]	-,460	,1767	-,806	-,113	6,763	1	,009
[ARAZI_KULLANIMI=5.00]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
DURAK_SAYISI	,076	,0306	,016	,136	6,197	1	,013
[YOL_SEKLI=1.00]	,302	,0857	,134	,470	12,402	1	,000
[YOL_SEKLI=2.00]	,334	,0964	,145	,523	12,012	1	,001
[YOL_SEKLI=3.00]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[SERIT_SAYISI=2.00]	-,104	,1542	-,406	,199	,453	1	,501
[SERIT_SAYISI=3.00]	-,236	,1173	-,466	-,006	4,047	1	,044
[SERIT_SAYISI=4.00]	-,513	,0990	-,707	-,320	26,919	1	,000
[SERIT_SAYISI=6.00]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
DIKEY_EGIM	-12,954	2,7251	-18,296	-7,613	22,598	1	,000
(Scale)	1 ^b	.	.	.	.	.	.

Dependent Variable: TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK, ARAZI_KULLANIMI, DURAK_SAYISI, YOL_SEKLI, SERIT_SAYISI, DIKEY_EGIM

a. Set to zero because this parameter is redundant.

b. Fixed at the displayed value.

Tests of Model Effects

Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	177,629	1	,000
HIZ	35,907	1	,000
UZUNLUK	85,123	1	,000
ARAZI_KULLANIMI	192,745	4	,000
DURAK_SAYISI	6,197	1	,013
YOL_SEKLI	14,350	2	,001
SERIT_SAYISI	38,536	3	,000
DIKEY_EGIM	22,598	1	,000

Dependent Variable: TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK, ARAZI_KULLANIMI, DURAK_SAYISI, YOL_SEKLI, SERIT_SAYISI, DIKEY_EGIM

EK-1(Devam): Yol Kesim Kazası Tahmin Modeli Çıktıları

Model D;**Continuous Variable Information**

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Dependent Variable TOPLAM_KAZA	107	,00	75,00	13,2243	14,44463
Covariate HIZ	107	8,00	75,00	32,1308	15,42730
UZUNLUK	107	,24	3,48	1,0372	,49882
DURAK_SAYISI	107	,00	4,00	,4766	,86161
DIKEY_EGIM	107	,00	,15	,0136	,02074
YAPILASMA_YUZDESI	107	,00	129,06	59,3773	33,13362

Goodness of Fit^b

	Value	df	Value/df
Deviance	674,756	92	7,334
Scaled Deviance	674,756	92	
Pearson Chi-Square	725,834	92	7,889
Scaled Pearson Chi-Square	725,834	92	
Log Likelihood ^a	-528,447		
Akaike's Information Criterion (AIC)	1086,894		
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	1092,169		
Bayesian Information Criterion (BIC)	1126,986		
Consistent AIC (CAIC)	1141,986		

Dependent Variable: TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK, ARAZI_KULLANIMI, DURAK_SAYISI, YOL_SEKLI, SERIT_SAYISI, DIKEY_EGIM, YAPILASMA_YUZDESI

a. The full log likelihood function is displayed and used in computing information criteria.

b. Information criteria are in small-is-better form.

Tests of Model Effects

Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	78,815	1	,000
HIZ	38,648	1	,000
UZUNLUK	83,642	1	,000
ARAZI_KULLANIMI	144,066	4	,000
DURAK_SAYISI	4,344	1	,037
YOL_SEKLI	17,534	2	,000
SERIT_SAYISI	36,273	3	,000
DIKEY_EGIM	23,478	1	,000
YAPILASMA_YUZDESI	3,854	1	,050

Dependent Variable: TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK, ARAZI_KULLANIMI, DURAK_SAYISI, YOL_SEKLI, SERIT_SAYISI, DIKEY_EGIM, YAPILASMA_YUZDESI

EK-1(Devam): Yol Kesim Kazası Tahmin Modeli Çıktıları

Parameter Estimates

Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	1,484	,1664	1,158	1,810	79,566	1	,000
HIZ	,014	,0022	,009	,018	38,648	1	,000
UZUNLUK	,521	,0570	,410	,633	83,642	1	,000
[ARAZI_KULLANIMI=1.00]	-,695	,1483	-,985	-,404	21,928	1	,000
[ARAZI_KULLANIMI=2.00]	-,642	,1303	-,897	-,386	24,254	1	,000
[ARAZI_KULLANIMI=3.00]	,307	,1421	,029	,586	4,669	1	,031
[ARAZI_KULLANIMI=4.00]	-,560	,1851	-,923	-,197	9,143	1	,002
[ARAZI_KULLANIMI=5.00]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
DURAK_SAYISI	,065	,0314	,004	,127	4,344	1	,037
[YOL_SEKLI=1.00]	,361	,0910	,183	,539	15,725	1	,000
[YOL_SEKLI=2.00]	,374	,0990	,180	,568	14,285	1	,000
[YOL_SEKLI=3.00]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[SERIT_SAYISI=2.00]	-,086	,1555	-,391	,219	,306	1	,580
[SERIT_SAYISI=3.00]	-,264	,1190	-,497	-,031	4,929	1	,026
[SERIT_SAYISI=4.00]	-,507	,0996	-,702	-,312	25,932	1	,000
[SERIT_SAYISI=6.00]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
DIKEY_EGIM	-13,340	2,7531	-18,736	-7,944	23,478	1	,000
YAPILASMA_YUZDESİ (Scale)	,003 1 ^b	,0014	4,671E-6	,006	3,854	1	,050

Dependent Variable: TOPLAM_KAZA_08_09_10

Model: (Intercept), HIZ, UZUNLUK, ARAZI_KULLANIMI, DURAK_SAYISI, YOL_SEKLI, SERIT_SAYISI, DIKEY_EGIM, YAPILASMA_YUZDESİ

a. Set to zero because this parameter is redundant.

b. Fixed at the displayed value.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KAYGISIZ, Ömür
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 14.03.1979 Ankara
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0 (312) 412 21 80
 Faks : 0 (312) 412 21 97
 Elektronik posta : omurkaygisiz@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Y.Lisans	Gazi Üniversitesi/ Şehir ve Bölge Planlama Bölümü	2008
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Şehir ve Bölge Planlama Bölümü	2003
Lise	Alpaslan Lisesi	1997

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görevi
2003-	Emniyet Genel Müdürlüğü / Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü	Bilgi İşlem Büro Amiri

Yabancı Dil

İngilizce

Kitaplar:

Kaygisız, Ö., Düzgün, Ş., Akın, S., Çelik, Y. “Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Trafik Kazalarının Zamansal ve Mekânsal Analizi”, Emniyet Genel Müdürlüğü, Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü Yayını (Basım aşamasında), Ankara, 2012.

Kaygısız, Ö. “*Trafiği Sakinleştirmeye Yönelik Önlemler*”, Emniyet Genel Müdürlüğü, Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü Yayını (Basım aşamasında), Ankara, 2012.

Yayınlar:

Kaygısız, Ö., Şenbil, M., “*Şehir Planlamada Yol Ağı ve Kavşaklar Sorunu: Kazalar ve Kaza Çeşitlerinden Bir Bakış, Eskişehir Örneği*”, 2. Kentsel ve Bölgesel Araştırmalar Sempozyumu Kitabı, ODTÜ, Ankara, s.133-144, 2011.

Kaygısız, Ö., Düzgün, Ş., Akın, S., Çelik, Y., “*Trafik Kazalarının Zamansal ve Mekânsal Analizi Yardımıyla Sabit Radara Yer Seçilmesi: Güney Anadolu Otoyolu Örneği*”, Karayolu Trafik Sempozyumu Kitabı, Ankara, s. 1-23, 2011.

Kaygısız, Ö., “*Trafiği Sakinleştirmeye Yönelik Önlemler*”, Karayolu Trafik Sempozyumu Kitabı, Ankara, s. 543-562, 2010.

Kaygısız, Ö., Düzgün, Ş., Akın, S., Çelik, Y., “*Trafik Kazalarının Zamansal Ve Mekânsal Analizi: Güney Anadolu Otoyolu Örneği*”, Karayolu Trafik Sempozyumu Kitabı, Ankara, s. 269-285, 2010.

Belen, R., Tuğba T., ve Kaygısız, Ö., “*A Data Quality Case Study for Turkish Highway Accident Data Sets*”, 15. International Conference Road Safety on Four Continents, BAE, Abu Dabi, s.344-456, 2010.

Kaygısız, Ö ve Akın, S., “*Konumsal Kaza Verileri Analiz Edilerek Etkin Trafik Denetim ve Kaza Bilirkişilik Politikalarının Oluşturulması; Ankara Örneği*”, Trafik ve Yol Güvenliği Konferansı Kitabı, Ankara, s.132-144, 2007.

Kaygısız, Ö., “*Erişilebilirlik ve Trafik*”, Planlama Dergisi, 2007/1, Ankara, s.86-91, 2007.

Kaygısız, Ö ve Akın, S., “*Ankara İli Devlet Yollarında Meydana Gelen Trafik Kazalarının Konumsal Verilerinin, Trafik Denetim Politikalarına Katkısı*”, Trafik ve Yol Güvenliği Konferansı Kitabı, Ankara, s.151-161, 2005.

Yaz okulu/Yarışma:

Kaygısız, Ö., “*Noise Pollution in Izmir Adnan Menderes Airport And its Effects On İzmir City*” 25. International Workshops Of Planning And Urban Design - Cergy-Pontoise, Paris, France, 2007.

25. International Workshops Of Planning and Urban Design, “Airports north of Paris – developing an aeropolis ?” (**1. lik Ödülü**) Université de Cergy – Pontoise, Paris, France, 23 Ağustos – 18 Eylül 2007.

Tamamlanan Araştırma Projeleri:

“Performans Tabanlı Kaynak Yönetim Sistemi ile Trafik Denetleme ve Kaza Bilirkişilik Hizmetlerinin Yeniden Yapılandırılması ve Bölge Trafik İstasyonlarının Yer Seçimi”, TÜBİTAK KAMAG 1007 Projesi, Proje Danışmanı.

“Trafik Kazalarının Mekânsal Analizi”, Emniyet Genel Müdürlüğü ve ODTÜ Coğrafi Bilgi Teknolojileri A.B.D işbirliğı ile yürütölen AR-GE Projesi, Proje Çalışanı.

Hobiler

Satranç ve masa tenisi oynamak, yüzmek ve gitar çalmak.