

# Şehir Planlamada Yol Ağı ve Kavşaklar Sorunu: Kazalar ve Kaza Çeşitlerinden Bir Bakış, Eskişehir Örneği

Ömür Kaygısız<sup>1</sup>, Metin Şenbil<sup>2</sup>

**Öz:** Bu bildiri, kentsel kavşaklara yönelik kaza tahmin modellerini içeren çalışmanın temel bulgularını kapsamaktadır. Çalışmanın temel amacı, kentsel kavşaklarda meydana gelen kaza sayısını mümkün olduğu kadar doğru tahmin edebilen basit ve uygulanabilir kaza modelleri oluşturmaktır. Bu modeller, yol güvenliğini ve onla bağlantılı olarak da kara noktaları tanımlamayı etkileyen unsurları belirlemede, kentsel yol ağı ve kavşak güvenliği analizinde ve kentsel arazi kullanımı ile ulaşım planlaması çalışmalarında kullanılabilir niteliktedir. Kaza tahmin modelleri, Eskişehir Kentindeki 93 kavşak verisine dayanmaktadır. Panel tahmini gerçekleştiren Poisson Regresyon Modelleme Teknikleri, kaza sıklığı ile açıklayıcı değişkenleri ilişkilendirmek için kullanılmıştır. Burada kaza sıklığı sadece yaya kazaları, sadece taşıt kazaları ve tüm kazalar olmak üzere üç ayrı modelle incelenmiş, açıklayıcı değişken olarak da kavşak çevresi arazi kullanım özellikleri bilgileri, kavşak özellikleri bilgileri ve trafik hızı/hacmi bilgileri kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Poisson Regresyon, panel tahmin, trafik kazası tahmin modeli, kentsel kavşaklar.

**Abstract:** This study is about basic findings of accident prediction models aimed at urban junctions. Basic objective of this study is to devise simple and practical models that can predict traffic accidents. These models are useful in determining factors affecting road safety and related black points, analyzing urban road network and junction safety, and urban land use and transportation planning activities. Accident prediction models devised in this study use data collected at 93 junctions in Eskişehir city. Poisson panel estimation techniques are used to associate accident frequency with explanatory factors. Accident frequencies are investigated in three separate models: pedestrian accidents only, vehicle accidents only and all accidents; explanatory variables are generally derived from ambient land use characteristics, junction properties, and traffic speed/volume characteristics.

**Keywords:** Poisson Regression, panel estimation, traffic accident prediction model, urban junctions.

---

<sup>1</sup> Gazi Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Doktora Öğrencisi

<sup>2</sup> Gazi Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Öğretim Üyesi

İletişim yazarı: Ömür Kaygısız, e-posta: omurkaygisiz@gmail.com

## 1. Giriş

Günümüzde gerek metropoliten kentlerde, gerekse küçük ve orta ölçekli kentlerde yol ağının ve kavşakların yapısı, imar planları doğrultusunda şekillenmektedir. Yol ağı ve kavşak tasarımının temelinde motorlu araçlara yönelik olması kentliye hava kirliliği, gürültü kirliliği, görüntü kirliliği, trafik ışıklarında gereksiz bekleme, ulaşım maliyetlerinin artması, trafik kazalarının artması, kentlerin yayılması ve parçalanması gibi kentsel yaşam kalitesini düşürücü sonuçlar olarak geri dönmektedir.

Sosyo-ekonomik maliyeti düşünüldüğünde bu sonuçlardan en önemlilerinden birisi trafik kazalarıdır. Trafik kazaları sonucunda, Dünya genelinde yılda ortalama 1.2 milyondan fazla kişi trafik kazalarından ölmekte ve 20 – 50 milyon kişi de yaralanmakta veya sakat kalmaktadır (WHO, 2009). Ülkemizde ise, 2009 yılı verilerine göre her gün ortalama olarak 2886 trafik kazası meydana geldiği, bu kazalar sonucu yaklaşık 12 kişinin hayatını kaybettiği ve 552 kişi de yaralandığı görülmektedir. Ayrıca, meydana gelen kazaların % 90'ı kentsel alanlarda gerçekleşmekte ve bu kazalar sonucu her gün ortalama 4 kişi ölmekte (toplam ölümlerin % 33'ü), 300 kişi yaralanmakta (toplam yaralanmaların % 54'ü) ve milyonlarca liralık ekonomik kayıp meydana gelmektedir. Kentlerde ise kazalar özellikle kavşaklarda yoğunlaşmaktadır. Kentlerde meydana gelen tüm kazaların % 75'i kavşaklarda gerçekleşmektedir (TUIK, 2010). Bu nedenle ülkemiz için de trafik kazaları özellikle kentsel alanlarda ve kentsel kavşaklarda var olan önemli bir halk sağlığı ve güvenlik sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kentsel kavşak kazalarını önleme konusunda ülkemizde iki tipik önlem alınmaktadır: Kavşak tasarımını iyileştirme/yenileme ve trafik akışını sinyalle kontrol etme. Bu önlemlerin trafik kazalarını azaltmanın yanında olumlu veya olumsuz yönde farklı yapıda etkileri de olmaktadır. Örneğin; kavşağın trafik ışığı ile kontrolü sağlandığında trafiğin belli süre durması sağlanmakta ve bu durum da yayaların güvenle karşıya geçişini kolaylaştırmaktadır. Öte yandan, kavşakların trafik ışığı ile kontrolünde trafiğin tamamen durması sağlandığından enerji tüketimi ve gaz salımı artmaktadır.

Trafik kazalarını azaltma amacıyla kavşakların geometrik tasarımını değiştirme ile trafik akışında tamamen durma yaşanmaz; bu yöntem genel olarak kavşaklardaki akımların kesişim sayısını azaltmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmada kavşaklarda sağlanan trafik kazalarını önleme politikalarının etkinliğinin karşılaştırılmasına yönelik bir değerlendirme modeli geliştirmek amaçlanmaktadır. Çalışmada öncelikle literatür taraması yapılarak konuya ilişkin önceki çalışmalar incelenmiş, daha sonra Eskişehir Kenti örneğinde yapılan çalışmanın süreci ve çalışmada uygulanan model açıklanmış ve son olarak, elde edilen bulguların sonuçları ile sonraki çalışmalara getirilen öneriler tartışılmıştır.

## 2. Literatür Taraması

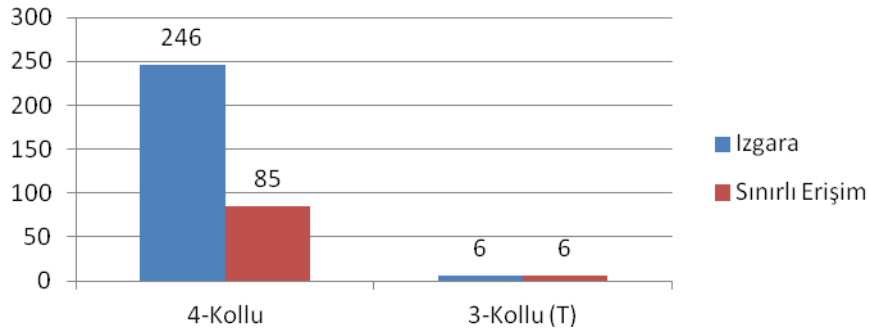
Bu alanda gerçekleştirilen ilk çalışmalardan birini Marks (1957) gerçekleştirmiştir. Sınırlı erişimli ve ızgara yol ağı deseniindeki kaza durumlarının incelendiği

---

**Öneri Kaynak Gösterimi:** 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

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 1’de görüldüğü gibi dört kollu kavşaklardaki kaza sıklığı, üç kollu kavşaklardan çarpıcı biçimde daha fazladır.



**Şekil 1:** 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 geldiğini tespit etmiş ve üç kolu kavşak kullanımının trafik güvenliğini arttırdığını belirtmiştir. 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 dönel kavşağa dönüştürülmesi, kavşağın güvenliğini arttıran bir uygulama olduğu, kaza sayısını ve şiddetini düşürdüğü belirtilmektedir (Elvik ve ark., 2009 ve Robinson ve ark., 2000). Trafiki yavaşlatması, kavşak kollarının dik kesişimini engelliyor olması, kavşağa sadece sağdan dar açılı katılımla bağlantı sağlıyor olması, 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 (Elvik ve ark., 2009).

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 deseninin 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 azalacağını 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).

Kentsel yayılma gösteren gelişim desenleri de trafik kazasını etkilemektedir. Jones ve Jha (2009)'a göre kentsel yayılma (yayılmış gelişme) 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, içinden yol geçen yapılı çevrenin fiziksel yapısı ile yol güvenliği arasındaki ilişkiyi koparmaması gerektiğini savunmaktadırlar.

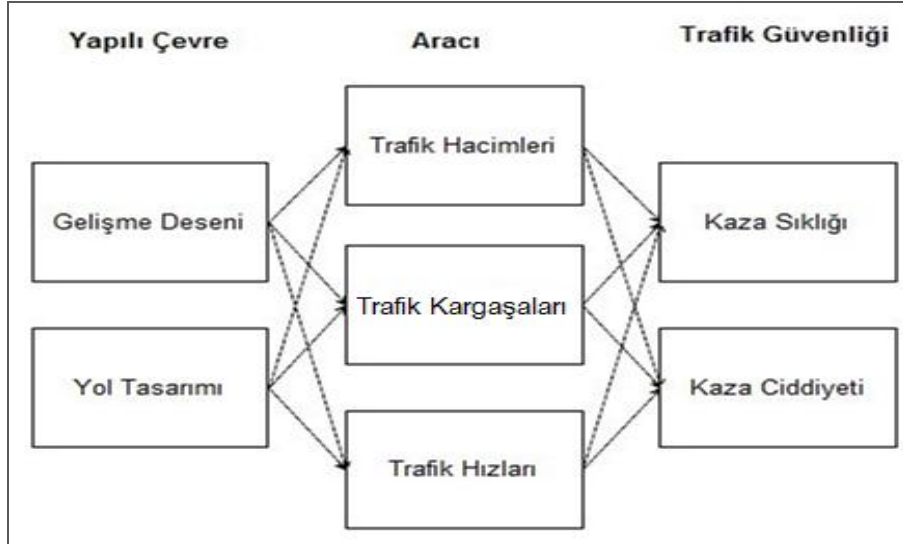
Kavşaklardaki kazaları azaltmaya yönelik alınan önlemlerin biri de kavşağın trafik ışığıyla kontrol edilmesidir. Kavşağı trafik ışığıyla kontrol ederek farklı yönlerden kavşağa gelen akımların birbirinden ayrılması ve belli bir düzen içinde kavşağı kullanmaları sağlanabilmektedir. Elvik ve ark. (1997) meta-çözümlemesi kullanılarak öncesi-sonrası analizi yapılmış ve üç kollu kavşaklarda % 15 oranında, dört kollu kavşaklarda % 30 oranında kaza sayısında azalma tespit edilmiştir. Ancak bu çalışmadaki (Elvik ve ark., 1997) tespitleri desteklemeyen çalışmalar da bulunmaktadır. Greibe (2003), 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.

Kentsel kavşaklardaki trafik kazasının tahminine yönelik model oluşturma sürecindeki en önemli konulardan biri de trafik kazasının ilişkili olduğu değişkenlerin bilinmesidir. Ewing (2009), yapmış olduğu literatür taraması sonrası kentsel yapılı çevre ile trafik güvenliğini birbirine bağlayan kavramsal çerçevenin Şekil 2'deki gibi olduğunu ileri sürmüştür. Ewing (2009)'e göre, genel olarak literatürdeki yayınlar bu çerçeveyi destekleyici niteliktedir. Bu çerçeveye göre yapılı çevre, trafik hızı, trafik kargaşaları ve trafik hacmi aracılığıyla kaza sıklığını ve ciddiyetini etkilemektedir. Yapılı çevreyi arazi kullanımlarını oluşturan gelişim deseni ile yol ağını tanımlayan yol tasarımı oluşturmaktadır. Gelişim desenleri, öncelikli olarak ürettikleri trafik hacimlerle, ikincil olarak da teşvik ettikleri hızlarla trafik güvenliğine teshir etmektedir. Yol ağı tasarımları ise, 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. Greibe (2003) da oluşturduğu trafik kazası tahmin modeli ile trafik kazası sıklığı ile ilişkili en güçlü kentsel değişkenin trafik hacmi olduğunu

---

**Öneri Kaynak Gösterimi:** 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

ortaya koymuştur. Son dönemde yapılan diğer çalışmalar (Jones ve Jha, 2009, Ewing ve Dumbaugh, 2009, Dumbaugh ve Rae, 2009 ve Elvik ve ark., 2009) da bu iki çalışmayı (Ewing, 2009 ve Greibe, 2003) destekler niteliktedir.



**Şekil 2:** Yapılı Çevre ile Trafik Güvenliğini Birbirine Bağlayan Kavramsal Çerçeve (Ewing, 2009)

Literatürde yapılan çalışmalar 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. Bu nedenle bu çalışmada da kentsel kavşaklarda yaşanan trafik kazalarının belirtilen bu değişkenlerle olan ilişkisi incelenmiştir.

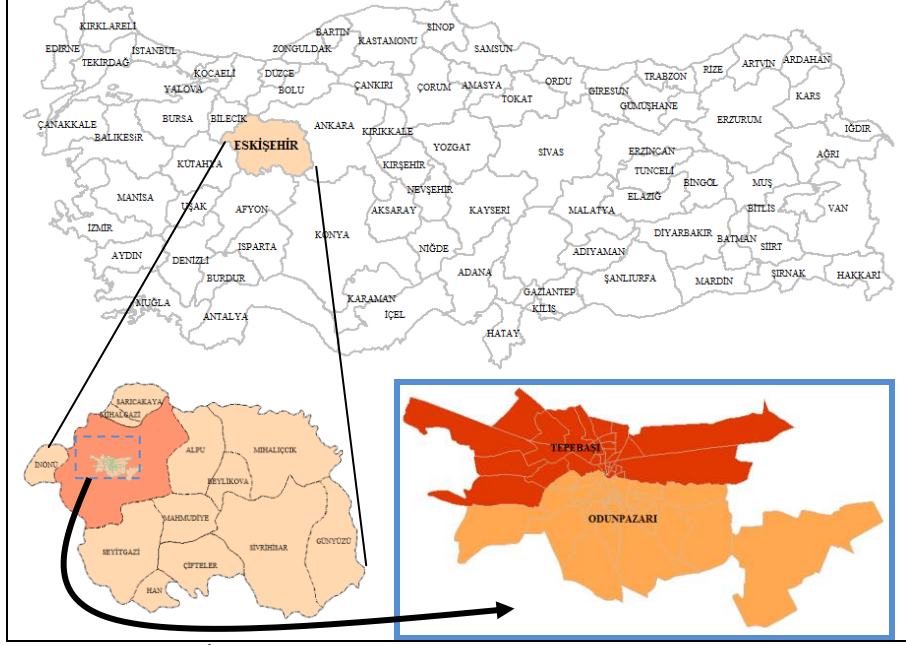
### 3. Alan Araştırması: Eskişehir Kenti Örneği

Eskişehir, Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinin kuzey-batısında bulunan aynı adlı ilin merkezini oluşturan 629.609 kişilik nüfusuyla Türkiye'nin 14. büyük kentidir<sup>3</sup>. Ankara'ya 233 km, İstanbul'a 330 km olan kent, Porsuk Çayı'nın ayırdığı Tepebaşı ve Odunpazarı ilçelerinden oluşmaktadır (Şekil 2). Osmangazi ve Anadolu Üniversiteleri ile çeşitli sanayi kuruluşları kentin temel sektörlerini oluşturmaktadır (TÜİK, 2011).

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

<sup>3</sup> Türkiye Nüfus İstatistikleri Verileri, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), [http://www.tuik.gov.tr/demografiapp/menu\\_ing.zul](http://www.tuik.gov.tr/demografiapp/menu_ing.zul) (10.10.2011)

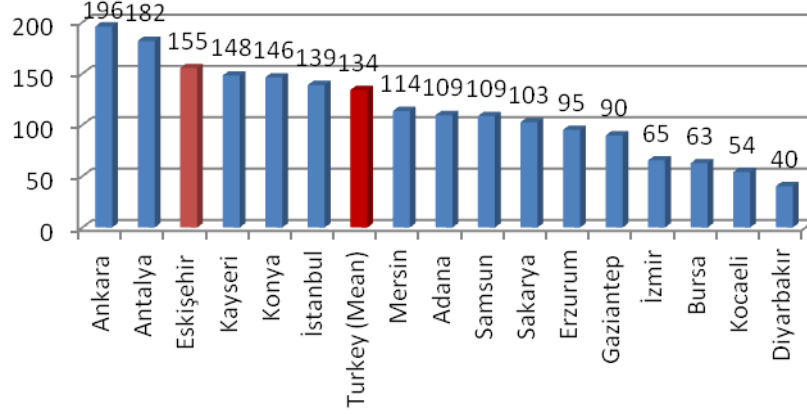
– Kentpark hatlarında çalışan bot hattıyla sağlanmaktadır<sup>4</sup>.



Şekil 2: Eskişehir İlının ve Kentinin konumu

Toplam 97.819 otomobilin olduğu kent, 155 otomobil/1000 kişi ile otomobil sahipliği bakımından Türkiye’de 3. sıradadır (Şekil 3). Kentte yıllar 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 (tuik.gov.tr, Gerçek, 2005 and Yalınz, 2007 ).

<sup>4</sup> Eskişehir Kenti Toplu Taşıma Bilgileri, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi, www.eskisehir-bel.gov.tr (10.10.2011)



**Şekil 3:** Büyükşehirlerin Otomobil Sahipliliği: 1000 kişi başına düşen otomobil sayısı

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 (Tablo 1). 6 yıllık dönem değerlendirildiğinde meydana gelen kazaların toplam sayısı, aynı dönemde ülkemiz genelinde meydana gelen ölümlü veya yaralanmalı kazaların yaklaşık % 1,2'sini oluşturmaktadır.

**Tablo 1:** Ölü, yaralı ve ölümlü veya yaralanmalı kaza sayısı

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

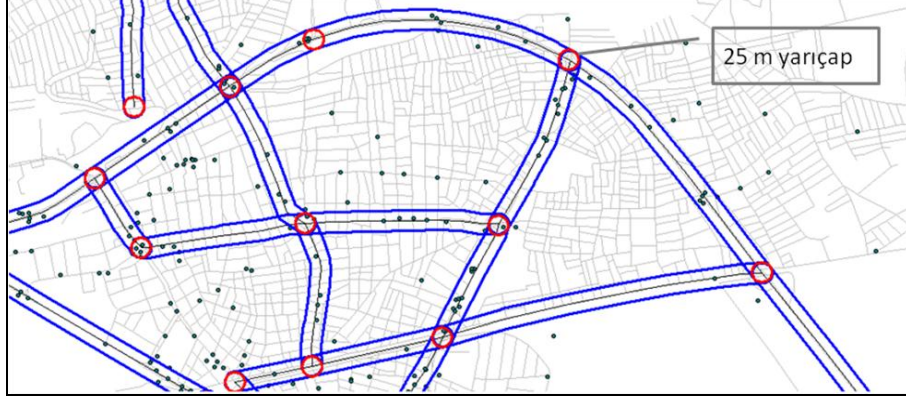
### 3.1. Veri

Çalışmada Eskişehir Kenti genelindeki 93 kavşağa ilişkin ölümlü veya yaralanmalı trafik kazası, trafik hızı / hacmi, kavşak özellikleri ve kavşak çevresi arazi kullanım özellikleri bilgilerinin yer aldığı bir veri tabanı kullanılmıştır.

*Trafik kazası bilgileri*, 2005-2010 yılları arasında belirtilen 93 kavşakta meydana gelmiş ve trafik polisince raporlanmış ölümlü veya yaralanmalı trafik kazası verileridir. Çalışmada öncelikle kentte belirtilen yıllarda meydana gelen tüm ölümlü veya yaralanmalı trafik kazası bilgileri elde edilmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı olan Mapinfo 9.0 aracılığıyla haritalanmıştır. Daha sonra kaza konum bilgileri ile adres bilgileri karşılaştırılarak hatalı konum bilgisine sahip olduğu görülen kazaların konum bilgilerinde güncelleme gerçekleştirilmiş ve belirlenen 93 kavşak çevresinde gerçekleşmiş kazalar seçilerek çalışma kapsamında kullanılmıştır. Genel olarak kavşak orta noktasından 25 metre yarıçap içinde kalan kazalar kavşak kazası olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4). Veri tabanına kavşak kazaları ile ilgili olarak yıllık dönemler halinde kaza sayısı, yaya kazası sayısı, araç kazası sayısı, ölü sayısı ve yaralı sayısı bilgileri işlenmiştir.

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





Şekil 4: Kavşak kazalarının tespiti

*Trafik hızı/hacmi bilgileri*, kavşaklar arasına yerleştirilen hız/hacim ölçer cihazların 2009 yılı Eylül ayı içinde toplanan verilerin derlenmesiyle elde edilmiştir (Şekil 5). Veri tabanına trafik hızı/hacmiyle ilgili olarak kavşak kollarındaki hız değerlerinin en yükseği, kavşak kollarındaki hız değerlerinin ortalaması ve kavşak kollarından geçen araç sayısı bilgileri işlenmiştir.



Şekil 5: Kavşak ve hız/hacim ölçer cihazların konumları

*Kavşak özellikleri bilgileri*, yıllık dönemlerdeki kavşak türü, kavşağın ışıklı olup olmama durumu bilgileri ile kavşaktaki yol kesişim sayısı bilgilerini içermektedir. Bu bilgilere 08.06.2011 tarihli teknik gezi ile elde edilen bilgi ve belgelerden, kaza verilerine işlenen kavşak türü ve kavşağın ışık durumu 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 6'da belirtilmiştir.



**Sekil 6:** Kavşak türleri

*Kavşak çevresi arazi kullanım özellikleri bilgileri*, 08.06.2011 tarihli teknik gezi ile elde edilen bilgi ve belgelerden, imar planlarından ve farklı zamanlarda çekilmiş veya oluşturulmuş uydu görüntülerinin ve altlık haritaların yer aldığı Google Earth ile ArcGIS Explorer programlarından yararlanılarak oluşturulmuştur. Çalışma kapsamındaki kavşaklar, içinde bulunduğu arazi kullanım özelliklerine göre 5 grupta sınıflandırılmıştır. Bunlar; (1) Yerleşim Yeri Dışı, (2) Konut, (3) Karma (MİA/Ticaret), (4) Sanayi, (5) Kentsel Çalışma Alanlarıdır.

### 3.2. Geliştirilen Model

Çalışma kapsamında yer alan Eskişehir Kenti'ndeki 93 kavşağın trafik kazası durumlarını inceleme amacıyla, rastgele etkilerle panel tahmini gerçekleştiren Poisson Regresyon Modeli çalıştırılmıştır. Bu modelde,  $i$  kavşağındaki ortalama kaza sayısının  $\mu_i$ , 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):

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

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

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

---

**Öneri Kaynak Gösterimi:** 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

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.

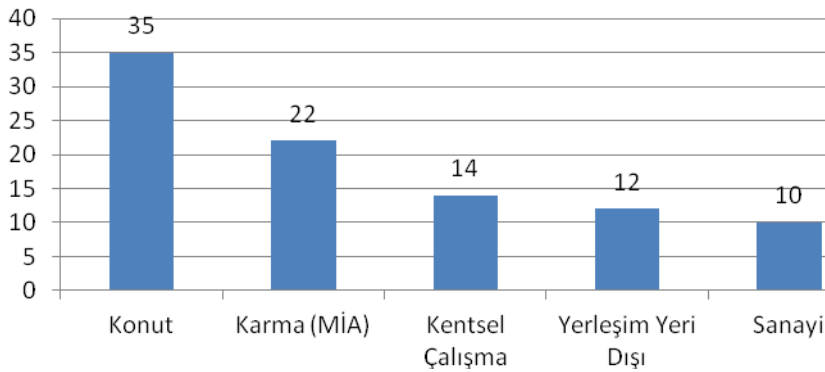
Çalışmada iki grup model oluşturulmuştur. Temel modelleri oluşturan ilk grupta sadece yayaların karıştığı kazalar (Model A), sadece araçların karıştığı kazalar (Model B) ve tüm kazalar (Model C) 3 ayrı modelle incelenmiştir. İkinci grubu ise etkileşim modelleri oluşturmuştur. Burada kavşak tipleri ile kentsel arazi kullanımı birlikte değerlendirilerek trafik kazalarına etkileri tartışılmıştır.

#### 4. Bulgular

Bu çalışmanın bulguları iki grupta açıklanmıştır. Öncelikle genel bulgular belirtilmiş, daha sonra modele ilişkin bulgular ifade edilmiştir.

##### 4.1. Genel Bulgular

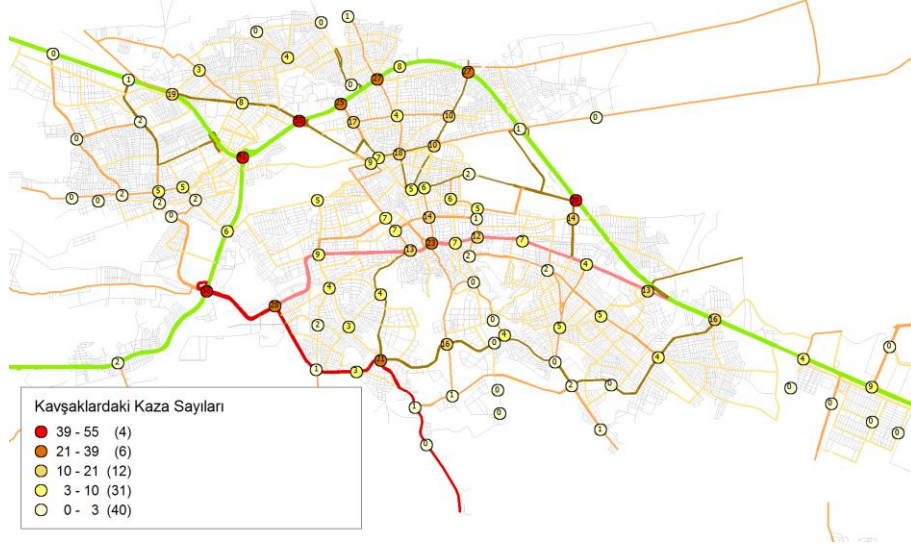
Çalışma kapsamında olan 93 kavşağın 35'i konut alanında, 22'si karma kullanım alanında (MİA), 14'ü kentsel çalışma alanında, 12'si yerleşim yeri dışındaki alanlarda ve 10'u da sanayi alanında yer almaktadır (Şekil 7).



Şekil 7: Çalışma kapsamındaki kavşakların arazi kullanıma göre dağılımı

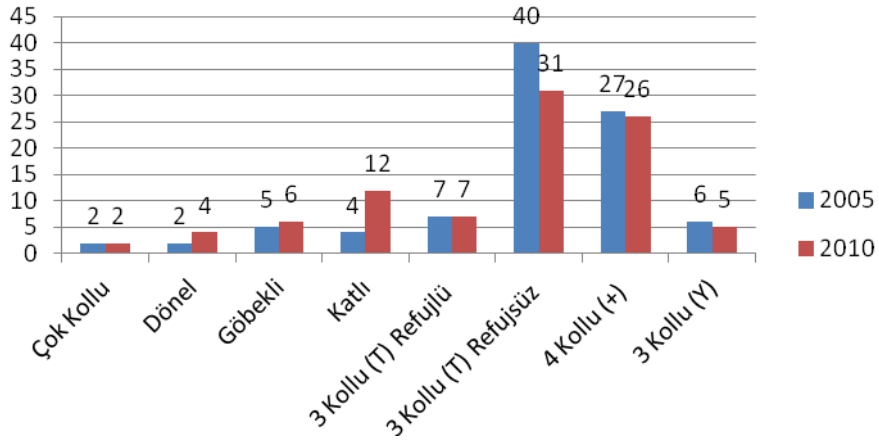
Kavşaklardaki ölümlü veya yaralanmalı trafik kazası durumu doğal kırılma ile 5 sınıfa ayrılarak incelendiğinde; kaza sayısı en yüksek olan 4 kavşağın tamamının ve

ikinci derecede kaza sayısı yüksek olan 6 kavşaktan 5'inin kentin çevre yolunda (devlet veya il yoluna bağlantı yollarında) meydana geldiği görülmektedir (Şekil 8).



Şekil 8: 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 9).



Şekil 9: 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

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

2005 yılına ait olduğu, her dört değerinde en yüksek olduğu yılın 2007 olduğu görülmüştür (Tablo 2).

**Tablo 2:** 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

#### 4.2. Modellere İlişkin Bulgular

Çalışma, temel modeller ve etkileşim modelleri olmak üzere iki grup modelle gerçekleştirilmiştir. Temel modellerde sadece yayaların karıştığı kazalar (Model A), sadece araçların karıştığı kazalar (Model B) ve tüm kazalar (Model C) modellerinde genelinde aşağıda belirtilen genel 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 Yeri 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.
- Kesişim 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.

Değişik arazi kullanımlarındaki kavşak tiplerine göre tanzim edilen Etkileşim Modelinde en fazla pozitif katkı yapan 4 Kollu (+) Kavşak, farklı kentsel arazi kullanımı değişkenleriyle 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.

#### 5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada kentsel alanda kavşak noktalarında meydana gelen kazaların arazi kullanımı ile olan ilişkilerini ekonometrik modeller vasıtası ile ortaya çıkardık.

---

**Öneri Kaynak Gösterimi:** 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

Modellerin ortaya çıkardığı yegâne sonuç, dört kollu kavşakların diğer kavşaklara göre kazalara daha fazla neden olduğudur. Diğer yandan değişik arazi kullanımlarında bulunan dört kollu kavşakların incelenmesi neticesinde tahmin edilen parametre değerleri kentsel çalışma alanı ile yerleşim dışındaki (kent in kıyısı) dört kollu kavşakların kazaların oluşumunda önemli katkılarda bulunduğu tespit edilmiştir.

Ülkemizdeki şehir planlama pratiği ışığında çalışma sonuçları yorumlanacak olursa, imar planlarının kentlerde dört kollu kavşaklar yaratılmasında kaza mefhumunu dikkate almadığı öne sürülebilir. Gerek T-Kavşakların gerekse dönel kavşakların kentlerimizde özellikle meskûn mahallerde desteklenmesi gerekmektedir. Buna karşın dönel kavşaklar yapılması durumunda bile imar planlarında geometrilerine riayet edilmediği, T kavşakların da trafik yoğunluğu ve yönü düşünülünce yer seçiminin trafik kazalarını azaltmaktan ziyade arttırıcı özellikler ile donatıldığı gözlemlenmektedir.

Çalışmanın bir diğer önemli sonucu ise imar planlarında kavşak yapılması durumunda önemli olan esas kriterin çatışma noktalarının azaltılmasının hedeflenmesidir. Bazı durumlarda bu refüj yapılması ile azaltılabilen bir durum iken bazı durumlarda ise trafiğin tek yönlü olarak yeniden tanzim edilmesi ile aşılabilir. Esas olması gereken ise trafiğin en az durma kalkma döngüsünden kurtarılacak emisyonların en aza indirilmesi yanında bu trafiğin de yaya trafiği lehine az noktada çatışmasını sağlamaktır. Buna karşın gerek imar planlarının gerekse imar planı dışında yapılan mevzii müdahaleler, genelinde trafik güvenliğini önemli ölçüde arttırıcı etkiler yapamamaktadır.

#### **Referanslar:**

WHO, (2009) *Global Status Report on Road Safety Time For Action*, World Health Organization, Department Of Violence & Injury Prevention & Disability (VIP), İsviçre.

TÜİK, (2010) *Trafik Kazası İstatistikleri 2009*, TÜİK Basımevi, Ankara.

Marks, H. (1957) "Subdividing for traffic safety", *Traffic Quarterly*, July, 308-25.

Jones, D.; Jha, M. (2009) "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.

Sakshaug, K.; Johannessen, S.; (2005) "Analyse av Ulykkessteder: Verdier for Normal Ulykkesfrekvens og Skadepostnad ved Normal Oggod Standard", *Trondheim, SINTEF Teknologi Ogsamfunn, Transportsikkerhet og -Informatikk*, Norveç.

Giæver, T. (1990) "Ulykkesfrekvenser i rund kjøring og signalregulerte kryss", *SINTEF Samferdselsteknikk*, STF63 A90002, Trondheim, Norveç.

---

**Öneri Kaynak Gösterimi:** 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

- Lovegrove, G. R.; Sayed, T. (2006) "Macro-level collision prediction models for evaluating neighbourhood traffic safety", *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33 (5): 609-21.
- Ewing, R.; Dumbaugh, E. (2009) "The Built Environment and Traffic Safety: A Review of Empirical Evidence", *Journal of Planning Literature*, Vol. 23 No. 4.
- Dumbaugh E.; Robert R. (2009) "Safe Urban Form: Revisiting the Relationship Between Community Design and Traffic Safety", *Journal of the American Planning Association*, Vol. 75, No. 3.
- Elvik, R.; Høy, A.; Vaa, T. (2009) *The Handbook Of Road Safety Measures; Second Edition*, Emerald Group Publishing Limited, 1031-1043, İngiltere.
- Gerçek, H.; Demir, O. (2005) "Eskişehir Ulaşım Ana Planı", Ulaştırma Kongresi, TMMOB, İMO İstanbul Şubesi 05/2005, 167-178, İstanbul.
- Yalınz, P.; Bilgiç, Ş. (2007) "Eskişehir Kent Merkezinde 'Park Et ve Bin' Uygulamasının Sürdürülebilir Ulaştırma Bağlamında Değerlendirilmesi" 7. Ulaştırma Kongresi, 461-470.
- TUİK (2011), Türkiye Ulaşım İstatistikleri Verileri, Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), Ankara, ([http://www.tuik.gov.tr/ulastirmadagitimapp/ulastirma\\_ing.zul](http://www.tuik.gov.tr/ulastirmadagitimapp/ulastirma_ing.zul), 10.10.2011)