ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ YAYINLARI
ATATURK UNIVERSITY PUBLICATIONS
Eastern Geographical Review

Araştırma Makalesi *Research Article* DOI: 10.17295/ataunidcd.1751623

COVID-19 Pandemi Döneminde Erzincan Kent Merkezinde Trafik Kazalarının Zaman-Mekân Küpü Yöntemiyle Zamansal – Mekânsal Analizi (2020-2023)

Spatio-temporal Analysis of Traffic Accidents in Erzincan City Center During the COVID-19 Pandemic (2020-2023) Using the Time-Space Cube Method

Ozan Arif KESİK[1]
[1] Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen – Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Erzincan, Türkiye

Ertuğrul GÜNEY[2]
[2] Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Bilim Dalı, Erzurum, Türkiye

ÖZ

Bu çalışma, 2020-2023 döneminde Erzincan kent merkezinde meydana gelen ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarının zamansal ve mekânsal dinamiklerini, COVID-19 pandemisinin etkileri bağlamında incelemektedir. Erzincan, Doğu Anadolu Bölgesi'nde bin kişi başına düşen araç sayısında birinci sırada yer alması ve düşük nüfusuna rağmen yüksek kaza istatistikleri göstermesi nedeniyle çalışma alanı olarak seçilmiştir. Araştırmada; Sıcak Nokta Analizi (Getis-Ord Gi*), Kernel Yoğunluk Analizi ve Zaman-Mekân Küpü Analizi yöntemleri kullanılarak kazaların dağılımı haritalanmıştır. Ayrıca, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile kaza risk faktörleri ağırlıklandırılmıştır. Bulgular, COVID-19 kısıtlamalarının yaşandığı 2020 yılında kaza sayılarında belirgin bir düşüş yaşandığını, ancak normalleşme süreciyle birlikte 2023 yılında kaza ve yaralı sayılarının pandemi öncesi seviyeleri aşarak zirve yaptığını ortaya koymuştur. Mekânsal analizler, kaza riskinin Dörtyol kavşağı ve ana arterler üzerinde "yoğunlaşan sıcak nokta" karakteri sergilediğini; AHP sonuçları ise trafik yoğunluğu (%46) ve hızın (%33) temel risk faktörleri olduğunu kanıtlamıştır. Çalışma, elde edilen bulgular ışığında, riskli kavşaklar ve trafiğin zirve yaptığı saatler için yerel ölçekte uygulanabilir trafik güvenliği stratejileri sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: COVID-19, Erzincan, trafik kazası, zamansal-mekânsal analiz

ABSTRACT

This study examines the spatio-temporal dynamics of fatal and injury-causing traffic accidents in Erzincan city center between 2020 and 2023, specifically focusing on the impacts of the COVID-19 pandemic. Erzincan was selected as the study area due to its unique profile; it ranks first in the Eastern Anatolia Region in vehicle ownership per thousand people (0.320) and exhibits disproportionately high accident statistics relative to its low population. Spatio-temporal patterns were mapped using Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*), Kernel Density Estimation, and Space-Time Cube Analysis. Additionally, accident risk factors were prioritized using the Analytic Hierarchy Process (AHP). Findings reveal a significant decline in accidents during the 2020 lockdown period, followed by a sharp increase that surpassed pre-pandemic levels, peaking in 2023 during the normalization phase. Spatial analyses identified "intensifying hot spots" along major arterial roads and the "Dörtyol" intersection, while AHP results confirmed that traffic density (46%) and speed (33%) are the primary contributing factors to accident risk. Based on these findings, the study proposes locally applicable traffic safety strategies targeting high-risk intersections and peak hours.

Keywords: COVID-19, Erzincan, traffic accident, spatio-temporal analysis

Giriş

Ulaşım, insanlığın mekânsal hareketliliğini sağlarken, beraberinde trafik yoğunluğu ve trafik kazaları gibi çözüm gerektiren mekânsal problemler ortaya çıkarmaktadır. Trafik kazalarının nedenlerini, dağılımını ve sonuçlarını anlamlandırma çabası, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojilerinin gelişimini de tetiklemiştir. Tarihsel olarak, risk olaylarının mekânsal analizinin temeli, hastalıkların mekânsal haritalanmasına dayanır (Karagel, 2020; Özdoğan, 2020). Bu yaklaşımın en bilinen öncü çalışması, John Snow'un 1854 Londra kolera salgınını mekânsal kümeleme prensipleriyle analiz ederek kaynağı tespit etmesidir (Brody vd., 2000; Chang, 2019; Snow, 1858).

Günümüzde mekânsal teknolojilerinin, özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin gelişimiyle birlikte, hastalıkların mekânsal analizi ve haritalanması tamamen yeni bir boyut kazanmıştır. Bu modern mekânsal CBS araçlarının gücü, özellikle 21. yüzyılın en büyük sağlık krizi olan COVID-19 pandemisinde, hastalığın salgın aşamasından küresel ölçeğe yayılma sürecinin mekânsal olarak analiz edilmesinde, yayılımının haritalanmasında, zamansal değişiminin gösterilmesinde ve müdahale stratejilerinin geliştirilmesinde hayati öneme sahip olmuştur. Özellikle COVID-19 pandemisi gibi ulaşım alışkanlıklarını kökten değiştiren kriz dönemlerinde, bu mekânsal analizlerin önemi bir kez daha kanıtlanmıştır (DSÖ, 2020).

Geliş Tarihi/Received 26.07.2025
Kabul Tarihi/Accepted 17.06.2026
Yayın Tarihi/Publication Date 30.06.2026

Sorumlu Yazar/Corresponding author: Ozan Arif KESİK
E-mail: akesik@erzincan.edu.tr

Cite this article:
Kesik, O. A., & Güney, E. (2026). Spatio-temporal analysis of traffic accidents in Erzincan city center during the COVID-19 Pandemic (2020-2023) using the time-space cube method. *Eastern Geographical Review,* (55), 138-158.

Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

Koronavirüs 2019 yılı Aralık ayında Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkmış ve 11 Mart 2020 yılında Pandemi ilan edilmiştir (DSÖ,2020). Dünya genelinde toplam 7,1 milyon kişi, Türkiye'de ise 101.000 kişi hayatını kaybetmiştir (DSÖ, 2025). COVID-19 pandemisi, yalnızca sağlık sistemlerini değil, aynı zamanda ulaşım sistemlerini de etkilemiştir. Sokağa çıkma yasakları, seyahat kısıtlamaları ve uzaktan çalışma gibi önlemler, ulaşım alışkanlıklarında ve trafik yoğunluğunda azalmaya sebep olmuştur. Ancak, pandemi sürecinde bulaş riskinden kaçınan bireyler, toplu ulaşım sistemleri yerine özel araçlarıyla ulaşım sağlamayı tercih etmiştir. Bu durum, trafik yapısında ve yoğunluğunda değişikliklere yol açmıştır.

Türkiye'deki kentleşme süreci, nüfusun şehirlerde yoğunlaşmasına ve buna bağlı olarak motorlu taşıt sayısının hızla artmasına neden olmuştur (Tona vd., 2024; TÜİK, 2024). Bu durum, trafik yoğunluğunu ve karmaşıklığını artırarak trafik kazaları riskini yükseltmiştir (Toprakçı, 2007). Özellikle plansız kentleşmenin görüldüğü bölgelerde, yetersiz altyapı, trafik düzenlemelerindeki eksiklikler ve denetimlerin yetersizliği, aracın durumu, trafik kazalarının başlıca nedenleri arasında yer almaktadır (Cervero ve Murakami, 2010; Haybat ve Karakaş, 2020).

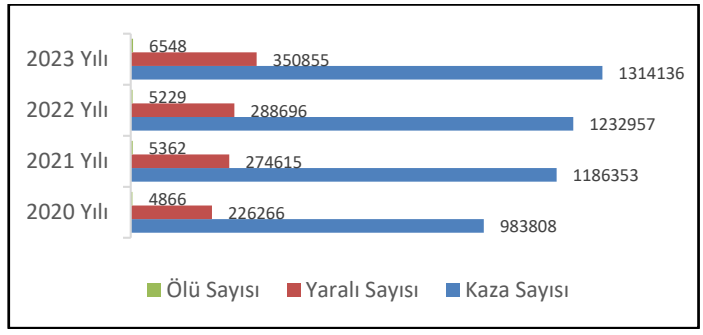
Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2020-2023 yılları arasında Türkiye'de; 4.117.254 kaza meydana gelmiş, bu kazalarda 1.140.432 kişi yaralanmış ve 22.005 kişi ise hayatını kaybetmiştir (Şekil 1). Erzincan ilinde ise ilgili yıllar arasında 3.275 ölümlü-yaralanmalı trafik kazası meydana gelmiş, bu kazalarda 5.733 kişi yaralanmış ve 119 kişi hayatını kaybetmiştir (TÜİK, 2024). Erzincan Merkez ilçesinde ise 2.237 ölümlü-yaralanmalı trafik kazası meydana gelmiş, bu kazalarda 3 486 kişi yaralanmış ve 46 kişi hayatını kaybetmiştir (Şekil 2).

Trafik kazası sayısındaki önemli olduğu düşünülen etkenlerden biri de kişi başına düşen araç sayısıdır. 2024 yılı verileri incelendiğinde, Erzincan ilinin motorlu kara taşıtı sahipliği bakımından dikkat çekici istatistiksel değerlere sahip olduğu görülmektedir. Toplam 241.239 olan il nüfusuna karşılık 77.190 adet motorlu kara taşıt sayısı, kişi başına düşen araç oranını 0,320 (bin kişi başına 319,9 araç) seviyesine taşımaktadır. Bu veri, Erzincan'ı Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki tüm iller arasında birinci sıraya yerleştirerek, ilin bölgesel ölçekte en yüksek araç yoğunluğuna sahip merkezi olduğunu göstermektedir. Özellikle bölgenin büyükşehir statüsündeki illeri olan Erzurum (0,191), Van (0,079) ve Malatya (0,312) ile kıyaslandığında, Erzincan'ın kişi başına düşen araç sayısı bakımından bu merkezlerin önünde yer aldığı görülmektedir. Ayrıca, Erzincan'daki araç yoğunluğu oranının, Türkiye'nin önde gelen sanayi ve ticaret merkezleri olan Kocaeli (0,272), Tekirdağ (0,298) ve Kahramanmaraş (0,288) gibi büyükşehirlerin de üzerinde seyretmesi, ilin iktisadi hareketliliği ve hanehalkı satın alma gücü parametreleri açısından literatüre önemli bir veri sunmaktadır. Nitekim bu durum, Erzincan'ın trafik kazası potansiyelini destekler niteliktedir.

Erzincan ili; demografik yapısı, motorlu taşıt sahipliği ve coğrafi konumu itibarıyla Türkiye'nin diğer illerinden ayrılan özgün niteliklere sahiptir. 2024 yılı verilerine göre Erzincan, Türkiye genelinde en düşük nüfusa sahip 12 il arasında yer almaktadır. Ancak, bu düşük nüfuslu iller kategorisi içerisinde motorlu taşıt sayısı açısından incelendiğinde, 77.190 adet tescilli araç ile Sinop (201.888) ve Bilecik (88.533) illerinin ardından üçüncü sıradadır. Bu demografik ve taşıt sahipliği verileriyle ilişkili olarak, 2020-2023 yılları arasındaki trafik kazası istatistikleri dikkate alındığında, Erzincan'ın durumu dikkat çekicidir. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre, söz konusu dört yıllık periyotta Erzincan, 3.275 adet ölümlü ve yaralanmalı trafik kazası ile en az nüfuslu 12 il arasında en yüksek kaza sayısına sahip il olarak kaydedilmiştir (TÜİK, 2024). Bu durum, ilin düşük nüfusuna rağmen, karşılaştırıldığı iller grubu içerisinde trafik güvenliği açısından önemli bir sorun alanı teşkil ettiğini göstermektedir. Bu veriler, Erzincan'ın düşük nüfusuna rağmen ciddi bir trafik güvenliği sorunuyla karşı karşıya olduğunu ortaya koymaktadır.

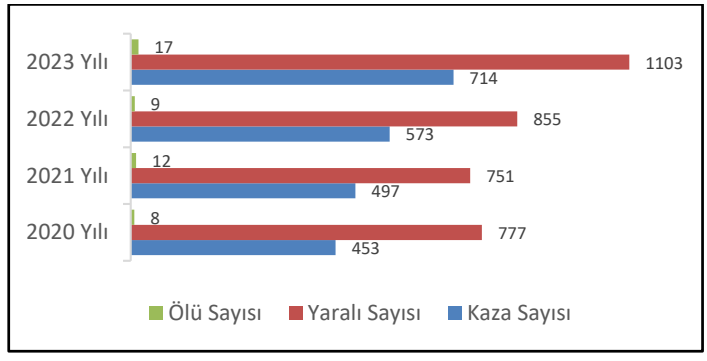
Şekil 1

2020-2023 Yılları Arasındaki Türkiye Trafik Kazası İstatistikleri (TÜİK, 2024).



Şekil 2

2020-2023 Yılları Arasındaki Erzincan Kent Merkezi Trafik Kazası İstatistikleri (TÜİK, 2024).



Çalışma kapsamındaki literatür incelendiğinde; trafik kazalarının zamansal ve mekânsal analizlerinin yapıldığı birçok çalışmanın literatürde yer aldığı görülmüştür. Uluslararası düzeydeki bazı çalışmalarda kazaların yoğunlaştığı lokasyonları belirlemek için zamansal analizlerin yanı sıra mekânsal analizler (sıcak nokta analizi, Kernel yoğunluk analizi) de kullanılmıştır (Afolayan vd., 2022; Bil vd., 2019; De Silva vd., 2018; Hayidso vd., 2019; Tola vd., 2021; Yohannes ve Minale, 2015).

Trafik kazalarını mekânsal boyutta ele alan çalışmaların ulusal düzeyde de örnekleri mevcuttur (Akın ve Eryılmaz, 2001; Çağlıyan vd., 2016; Çelik ve Senger, 2014; Çodur ve Tortum, 2015; Colak vd., 2018; Değerliyurt ve Özşahin, 2012; Doğru ve Aydın, 2018; Erdoğan ve Güllü, 2004; Gökçe, 2015; Güngör vd., 2021; Haybat ve Karakaş, 2018, 2020; Haybat vd., 2022; Özcan ve Küçükönder,

2020; Özlü vd., 2021; Saplıoğlu ve Karaşahin, 2006; Siyavuş, 2022; Tuncuk, 2004; Uyurca ve Atılgan, 2018; Vural, 2019; Yalcin ve Duzgun, 2015; Yılmaz vd., 2007; Zerenoğlu vd., 2022). Ayrıca zamana bağlı olarak mekânsal analizin yapıldığı ve zaman-mekân küpü yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar da literatürde yer almaktadır (Diler vd., 2023a, 2023b; Fidan vd., 2024; Yıldırım vd., 2023). Trafik kazalarının zamansal ve mekânsal analizleri, son yıllarda Türkiye'deki birçok şehirde (Mersin, Konya, Bursa gibi) yaygınlaşmıştır. Ancak, bu literatürdeki çalışmaların büyük çoğunluğu COVID-19 pandemisinin belirgin olarak hissedilmediği döneme odaklanmıştır. Bu durum, küresel bir sağlık krizi olan pandeminin getirdiği kısıtlamalar, uzaktan çalışma ve ulaşım alışkanlıklarındaki ani değişimlerin trafik güvenliğine etkisini bütüncül olarak inceleyen güncel analizlere ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Ayrıca, Erzincan ilinin, Türkiye'nin en düşük nüfuslu illerinden olmasına rağmen dikkat çekici oranda yüksek araç sahipliği ve kaza potansiyeli sergilemesi, ilin bu çalışmanın odağı olmasını zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla bu çalışma, Erzincan özelinde COVID-19 dönemi kaza dinamiklerini Zaman-Mekân Küpü ile analiz ederken, AHP gibi çok kriterli karar destek sistemi ile riskli noktaları önceliklendirerek literatürdeki bu boşluğu doldurmayı hedeflemektedir (Tablo 1).

Bu çalışmanın amacı, COVID-19 pandemisinin etkilerinin hissedildiği 2020-2023 yılları arasında, Erzincan il merkezinde meydana gelen ölümlü-yaralanmalı trafik kazalarının mekânsal ve zamansal özelliklerini mekânsal analizlerle (Yoğunluk, Zaman – mekân küpü) ortaya çıkarmaktır. Bu analizler neticesinde, kaza yoğunlaşma bölgelerini ve zamanlarını tespit ederek, pandeminin ulaşım alışkanlıklarında ve trafik akışında meydana getirdiği değişikliklerin kazalar üzerindeki olası etkilerini ortaya koymak ve kazaların önlenmesine yönelik yerel ölçekte uygulanabilir öneriler geliştirmektir. Literatürde Erzincan özelinde yapılmış bu kapsamda güncel bir çalışma (özellikle COVID-19 etkisini de dikkate alan) bulunmamaktadır. Ayrıca, pandeminin trafik kazaları üzerindeki etkilerini (ulaşım alışkanlıklarındaki değişiklikler, kısıtlamaların etkisi vb.) inceleme fırsatı sunmaktadır. Literatürde bu konuya odaklanan çalışmalar henüz sınırlıdır (Aiash ve Robusté, 2023; Feizizadeh vd., 2022; Patwary ve Khattak, 2023; Saladié vd., 2023; Valent, 2022; Vandoros, 2022; Yasin vd., 2021).

Çalışmanın araştırma soruları aşağıda sıralanmıştır.

1. 2020-2023 yılları arasında Erzincan il merkezinde meydana gelen ölümlü-yaralanmalı trafik kazalarının zamansal (yıllara, aylara, günlere, saatlere göre) dağılımı nasıldır? Bu dağılımda COVID-19 pandemisinin etkileri gözlemlenmekte midir?

2. Erzincan il merkezindeki ölümlü-yaralanmalı trafik kazalarının mekânsal dağılımı nasıldır? Kazalar belirli bölgelerde (mahalle, cadde, kavşak vb.) yoğunlaşmakta mıdır? Bu yoğunlaşmanın nedenleri neler olabilir?

3. Kazaların mekânsal ve zamansal dağılımı arasında bir ilişki var mıdır? Belirli zaman dilimlerinde (örneğin, işe gidiş-geliş saatleri, hafta sonları) belirli bölgelerde kaza yoğunlaşması görülmekte midir?

4. Erzincan il merkezindeki trafik kazalarının mekânsal ve zamansal analizinden elde edilen bulgular, kazaların önlenmesine yönelik hangi öneriler sunmaktadır?

5. Erzincan il merkezinde 2020-2023 yılları arasında meydana gelen ölümlü-yaralanmalı trafik kazalarının başlıca nedenleri nelerdir? (Sürücü hataları (hız, alkol, dikkatsizlik vb.), yol ve çevre koşulları (yol tasarımı, eğim, görüş mesafesi, zemin durumu, aydınlatma vb.), araç arızaları, hava koşulları, trafik işaret ve levha eksiklikleri vb.)

Tablo 1

Yöntemsel Karşılaştırmalı Literatür Matrisi

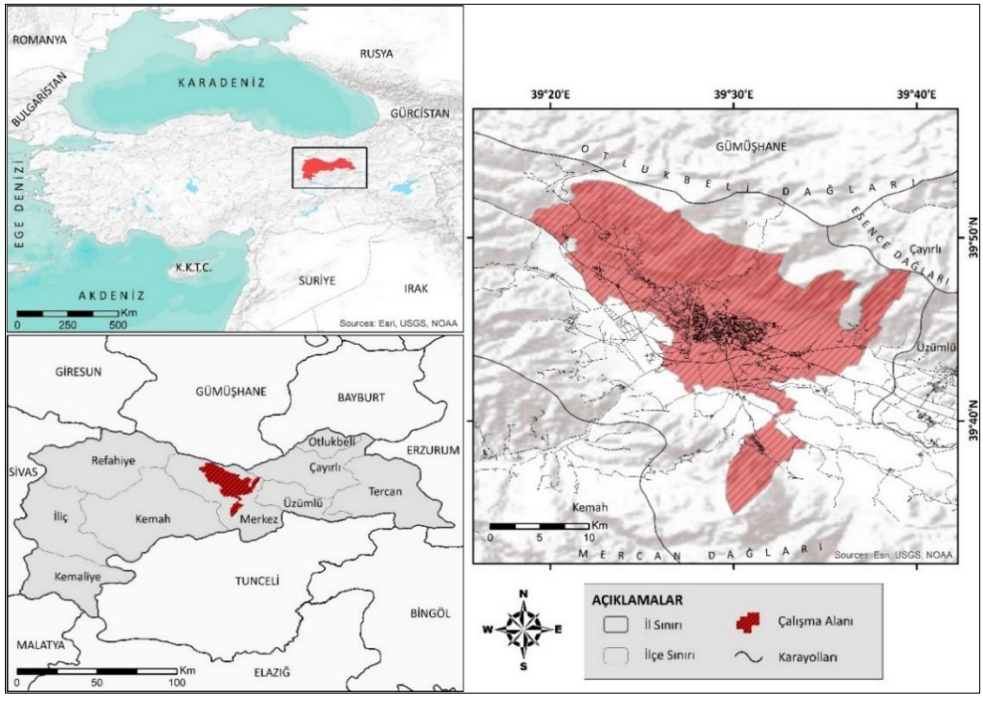
	Yazar-Yıl	Konum	Zaman	Mekânsal-Zamansal Analiz	Yöntem
1	**Bu Çalışma**	Erzincan	2020–2023	Sıcak Nokta (Getis-Ord Gi*), Kernel Yoğunluk, Zaman-Mekân Küpü	COVID-19 odaklı analiz, AHP ile risk değerlendirmesi
2	**Diler vd. (2023a)**	Konya	2015–2021	Anselin Local Moran's I, Sıcak Nokta Zaman-Mekân Küpü	Genel mekânsal-zamansal analiz
3	**Diler vd. (2023b)**	Mersin	2015–2021	Anselin Local Moran's I, Sıcak Nokta, Zaman-Mekân Küpü	Genel analiz
4	**Haybat vd. (2022)**	Bursa	2015–2020	Kernel Yoğunluk, Sıcak Nokta Analizi	Günlük/zamansal yoğunluk ilişkisi
5	**Fidan vd. (2024)**	Ankara	2016–2022	Zaman-Mekân Küpü, Hotspot Analizi	Ölüm/yaralanma kümelenmesi
6	**Feizizadeh vd. (2022)**	Tebriz (İran)	2018–2020	CBS tabanlı mekân-zamansal modelleme, hotspot analizi	COVID-19 döneminde kaza değişimi
7	**Patwary & Khattak (2023)**	Tennessee (ABD)	COVID-19 öncesi/sonrası	Mekânsal heterojenlik analizi, istatistiksel modelleme	Kaza şiddetinde bölgesel farklılık
8	**Aiash & Robusté (2023)**	Barselona (İspanya)	COVID-19 dönemi	Açıklanabilir yapay zekâ, istatistiksel analiz	Kaza örüntüleri ve yaralanma analizi
9	**Vandoros (2022)**	Yunanistan	COVID-19 dönemi ve öncesi (2015-2020)	Ampirik analiz, zaman serisi	Kapanmaların kaza sayısına etkisi
10	**Valent (2022)**	İtalya	COVID-19 dönemi (2019-2020)	Karşılaştırmalı istatistiksel analiz	Kaza sayılarındaki değişim
11	**Saladié vd. (2023)**	Katalonya (İspanya)	2016-2020	Zaman serisi analizi	COVID-19 döneminde Azalma ve yeniden artış
12	**Yasin vd. (2021)**	Küresel	2020	Karşılaştırmalı analiz	COVID-19'un küresel kaza etkisi
13	**Bíl vd. (2019)**	Çekya	2010-2018	Sıcak Nokta, Kernel yoğunluk, Zaman-Mekân Küpü	Mekânsal-zamansal kümelenme
14	**Tola vd. (2021)**	Etiyopya	2014-2017	Moran's I, Hotspot Analizi	Kaza şiddeti ve dağılım
15	**Çolak vd. (2018)**	Rize	2010-2014	Ağ tabanlı Getis-Ord Gi*	Yol ağı duyarlı hotspot analizi

Araştırma Sahası

Erzincan ili, coğrafi konumu itibarıyla İç Anadolu, Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinin kesişim noktasında, tarihsel süreçten günümüze stratejik bir kavşak niteliği taşımaktadır (Gül, 2011). Sahanın batısında Kemah ve Refahiye ilçeleri, kuzeyinde Gümüşhane ili, doğusunda Üzümlü ve Çayırlı ilçeleri, güneyinde ise Tunceli ili yer almaktadır (Şekil 3). Lizbon'dan başlayıp İran sınırına uzanan E80 (Trans-Avrupa) karayolu koridoru üzerinde yer alan kentte, uluslararası transit trafik çevre yolu (Erzincan Çevre Yolu) üzerinden sağlanmaktadır. Erzincan kent merkezinin bu araştırmanın odağı olarak seçilmesinin altında yatan objektif nedenler şu dört temel madde ile açıklanabilir:

1. Transit Koridor ve Kentsel Ara Yüz Riskleri: Uluslararası ağır vasıta trafiği çevre yolu ile şehir merkezinden ayrıştırılmış olsa da çevre yolunun kentsel yerleşkeye olan yakınlığı ve kentin ana giriş-çıkış noktaları olan bağlantı kavşakları (Otogar Kavşağı, Erzurum ve Sivas bağlantı noktaları), transit akış ile yerel trafiğin kesiştiği yüksek riskli "ara yüz" alanları oluşturmaktadır.
2. Yüksek Araç Sahipliği: Erzincan, Doğu Anadolu Bölgesi'nin demografik olarak en küçük illerinden biri olmasına rağmen, 2024 yılı verilerine göre bin kişi başına düşen 319,9 araç sayısı ile Doğu Anadolu Bölgesi'nde birinci sırada yer almaktadır. Bu durum, yerel ölçekte, nüfus büyüklüğüyle orantısız bir araç hareketliliği yaratmaktadır.
3. Düşük Nüfus -Yüksek Kaza İstatistiği İlişkisi: TÜİK (2024) verilerine göre Erzincan, Türkiye'nin en düşük nüfuslu 12 ili içerisinde yer almaktadır. Ancak bu düşük nüfus grubundaki iller arasında yapılan bir kıyaslamada; Erzincan, 2020-2023 döneminde gerçekleşen 3.275 ölümlü-yaralanmalı kaza sayısı ile kendi grubunda en yüksek kaza istatistiğine sahip il olarak öne çıkmaktadır. Bu veri, ilin trafik güvenliği açısından Türkiye genelinde spesifik bir sorun alanı olduğunu kanıtlamaktadır.
4. Mekânsal Kümelenme: Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM, 2024) kaza kayıtları incelendiğinde, Erzincan il genelindeki ölümlü ve yaralanmalı kazaların yaklaşık %68'inin doğrudan kent merkezi ve ana arterler (Ordu, Fevzipaşa, Halitpaşa Caddeleri) üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Şekil 3.
Araştırma Sahasının Lokasyon Haritası.



Yöntem

Bu çalışmada, Emniyet Genel Müdürlüğü'nden temin edilen, 2020-2023 yılları arasındaki ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarına ilişkin veriler kullanılmıştır. Veri seti, her bir kazaya ait kaza tarihi ve saati, kaza yeri (koordinatları veya adres bilgisi), kaza türü, kazaya karışan araç türleri, hava ve yol durumu, ölü ve yaralı sayısı gibi bilgileri içermektedir. Araştırmada kullanılan veri seti, ilgili kurum (EGM) tarafından tüm kişisel tanımlayıcılardan (sürücü/mağdur isimleri, T.C. kimlik numaraları, araç plakaları vb.) arındırılarak oluşturulan istatistiksel kayıtlar şeklinde teslim alınmıştır. Dolayısıyla, analiz süreci boyunca herhangi bir kişisel veriye erişim sağlanmamış ve veri gizliliği kurallarına tam uyum gözetilmiştir.

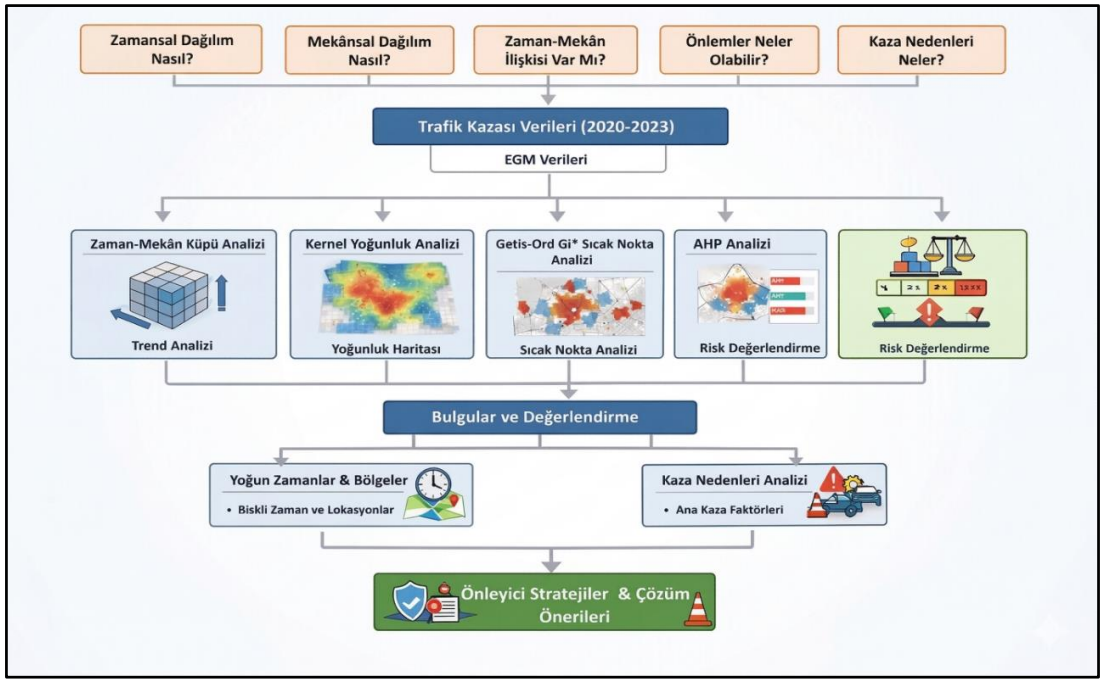
Araştırma kapsamında, Erzincan ve konum bilgileri Google Earth Pro yazılımı kullanarak koordinatlandırılmış ve dijital nokta verilerine dönüştürülmüştür. İkinci aşamada ise KML formatında hazırlanan bu mekânsal veriler, ArcGIS Pro (v3.0) yazılımına ('KML to Layer' aracı ile) aktarılmıştır. Çalışmanın analiz aşamasını oluşturan Sıcak Nokta Analizi (Getis-Ord Gi*), Kernel Yoğunluk

Analizi ve Zaman-Mekân Küpü analizleri bütünüyle ArcGIS Pro yazılımı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Kernel yoğunluk analizi sonuçları baz alınarak Minus aracı yardımıyla fark analizi yapılmıştır. Bu yöntem, ham verilerin mekânsal doğruluğunu artırarak gelişmiş istatistiksel modelleme imkânı sunmuştur. Kernel Yoğunluk Analizinde yaralı ve ölü sayısı ağırlıklandırma parametresi olarak kullanılmıştır. Aynı veri seti üzerinde trafik kazalarının meydana geldiği tarih ve saat bilgisi ortak bir sütunda düzenlenmiştir. Daha sonra bu veriler, Zaman-Mekân Küpü Analizi uygulanmak üzere ArcGIS Pro 3.0 programına aktarılmıştır. Bu analizde verinin kapsadığı dönem göz önünde bulundurularak 1 aylık zaman adım aralığı belirlenmiş ve analiz gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca Emniyet Genel Müdürlüğünden temin edilen verilerle kazaların yoğunlaştığı zaman aralıkları (yıl, ay, gün, saat) belirlenmeye çalışılmıştır. Aynı veri seti kullanılarak trafik kazalarının; gerçekleşme nedenlerine odaklanılmış ve yol-hava durumu özelliklerine göre kazaların dağılışı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular grafik ve tablolar yardımıyla sunulmuştur (Şekil 4).

Son olarak AHP (Analytic Hierarchy Process) yöntemi kullanılarak sürücüler için risk teşkil eden lokasyonlar belirlenmeye çalışılmıştır. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında; trafik denetleme saha uzmanlarının görüşleri ile literatürdeki 'kaza şiddeti' ve 'kaza sıklığı' modelleri (Geurts vd., 2004; Saaty, 1980) entegre edilmiştir. Uzman görüşleri doğrultusunda hazırlanan ikili karşılaştırma matrisinin ardından yapılan hesaplamalarda, analizin Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio-CR) 0,08 olarak saptanmıştır.

Şekil 4
İş Akış Şeması.



Çalışmada elde edilen kriter ağırlıkları, literatürde yer alan benzer çalışmalarla büyük ölçüde uyumludur (Tablo 2, 3) Nitekim, trafik kazası riskinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda kaza sıklığı ve yoğunluğunun en yüksek ağırlığa sahip kriterler olduğu sıklıkla vurgulanmaktadır (Bilaşco ve Man, 2024). Benzer şekilde, kaza şiddetinin (ölümlü ve yaralanmalı kazalar) ayrı kriterler olarak ele alındığı çalışmalarda, bu değişkenlerin toplam etki düzeylerinin diğer faktörlere kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir (Saifullizan vd., 2022). Öte yandan, trafik kazalarının mekânsal dağılımını inceleyen çalışmalarda kaza yoğunluğunun risk belirlemede temel bir unsur olduğu ortaya konmuştur (Erdogan vd., 2008). Bu durum, mevcut çalışmada kaza yoğunluğunun en yüksek ağırlığa sahip olmasıyla örtüşmektedir. Ayrıca, çok kriterli karar verme yaklaşımlarının kullanıldığı çalışmalarda trafik ve yol faktörlerinin farklı ağırlıklara sahip olduğu ve özellikle trafikle ilişkili değişkenlerin ön plana çıktığı ifade edilmektedir (Nugraha vd., 2025). Bu bağlamda değerlendirildiğinde, bu çalışmada elde edilen kriter ağırlıklarının literatürdeki genel eğilimle paralel olduğu ifade edilebilir. Özellikle kaza yoğunluğu ve hız faktörlerinin ön planda yer alması, trafik kazası riskinin belirlenmesinde bu değişkenlerin kritik rol oynadığını desteklemektedir. Buna karşın, kaza şiddetini temsil eden ölümlü ve yaralanmalı kazaların daha düşük ağırlıklara sahip olması, bu kriterlerin daha çok sonuç odaklı değişkenler olarak değerlendirilmesinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla elde edilen bulgular hem yöntemsel hem de sonuçlar açısından

literatürle tutarlılık göstermektedir. Bu analizde; trafik kaza yoğunluğu, hız ve ölümlü-yaralanmalı trafik kazaları kriter olarak alınarak kaza risk düzeyi belirlenmeye çalışılmıştır. AHP yöntemiyle elde edilen etki değerlerine göre ağırlıklandırma işlemi yapılmıştır. Bu değerler; trafik kaza yoğunluğu %46, hız %33, ölümlü trafik kazaları %16 ve yaralanmalı trafik kazaları %5 şeklindedir.

Benzer metodolojik yaklaşımları kullanan çalışmalar genellikle mekânsal yoğunluk ve trend analizlerine odaklanmaktadır. Bu çalışmanın özgünlüğü ise AHP yönteminin entegre edilerek; kaza yoğunluğunun yanı sıra 'hız' ve 'kaza şiddeti' (ölümlü/yaralanmalı) gibi farklı risk faktörlerinin bir arada değerlendirilmesi ve lokasyon riskinin ağırlıklandırılarak analiz edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 2

AHP Yöntemi Analiz Kriterleri ve Elde Edilen Değerler

	Kaza Yoğunluğu	Ölümlü	Yaralanmalı	Hız
Kaza Yoğunluğu	**1,00**	4,00	6,00	2,00
Ölümlü	0,25	**1,00**	7,00	0,25
Yaralanmalı	0,17	0,14	**1,00**	0,15
Hız	0,50	4,00	6,67	**1,00**
Toplam	1,92	9,14	20,67	3,40

Tablo 3

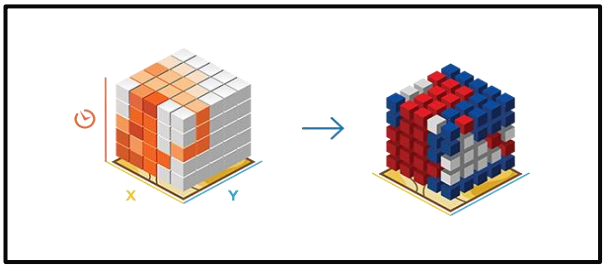
AHP Yöntemiyle Elde Edilen Değerlerin Normalleştirilmesi

	Kaza Yoğunluğu	Ölümlü	Yaralanmalı	Hız	Ortalama
Kaza Yoğunluğu	0,52	0,44	0,29	0,59	**0,46**
Ölümlü	0,13	0,11	0,34	0,07	**0,16**
Yaralanmalı	0,09	0,02	0,05	0,04	**0,05**
Hız	0,26	0,44	0,32	0,29	**0,33**
Toplam	1,00	1,00	1,00	1,00	**1,00**

Zaman-mekân küpü analizi oluşturulurken üç temel araçtan biri olan “noktaları toplayarak zaman-mekân küpü oluştur” aracı kullanılmıştır. Bu araç, nokta verileriyle tanımlanmış zaman bilgilerini ilişkilendirerek zaman-mekân bölmeleri oluşturmakta ve netCDF veri küpüne yapılandırmaktadır. Bu sayede küpün her bölmesindeki nokta sayısı baz alınarak alan istatistiği hesaplanmakta ve Mann-Kendall istatistiği kullanılarak her bölmede yer alan değerlerin zamana göre eğilimi tespit edilmektedir (ESRI, 2025). Elde edilen sonuçlar farklı desenlerdeki küplerle görselleştirilerek kullanıcıya analiz hakkında bilgi sağlanmaktadır (Şekil 5, 6).

Şekil 5

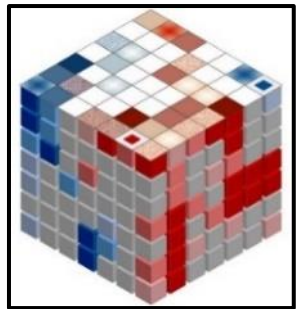
Sıcak Noktaların Görselleştirilmesi (ESRI,2025).



Ayrıca trafik kazası veri setine, zaman boyutunun ele alınmadığı ve mekânsal komşuluklara bağlı olarak noktaların anlamlılık düzeyine göre sınıflandırıldığı Getis-Ord Gi* Sıcak Nokta Analizi de uygulanmıştır. Bu analizde noktaların mekânsal kümelenme özellikleri Getis Ord Gi* istatistiğine bağlı olarak her bir noktasal verinin p (olasılık) ve y (standart sapma) değerlerine göre hesaplanmaktadır. Her bir özellik için elde edilen z (ortalama standart sapma değerine olan uzaklık) ve p (olasılık) değerleri kullanılarak noktaların, anlamlılık düzeyi hesaplanmakta ve güven aralıklarına göre sıcak veya soğuk olarak tanımlanmaktadır (ESRI, 2025; Getis ve Ord, 1992). Kaza veri setine uygulanan Kernel Yoğunluk Analizi ise her bir özelliğin çevre komşuluklarına göre mekânsal yoğunlaşmayı belirleyen ve tahmin metoduyla çalışan bir istatistiktir (Sheather, 2004; Silverman, 1998). Bu analizde yaralı-ölü sayısı ağırlıklandırma faktörü olarak kullanılarak kazaların mekânsal kümelenme eğilimleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Şekil 6

Zaman-Mekân Küpü Analizinde Nokta Özelliklerinin Görselleştirilmesi (Vale,2018).



Analizler sonucunda, kazaların zamansal ve mekânsal yoğunlaşma eğilimleri incelenmiştir. Trafik kazalarının yoğunlaşma gösterdiği ve sonuç olarak trafik kazası riskinin arttığı güzergahlar ve zaman aralıkları belirlenmiştir. Analiz sonuçlarından hareketle önlem alınması gereken zamansal ve mekânsal noktalar belirlenmiştir.

Bulgular

Bu bölümde, araştırma sahasındaki trafik kazaları, ölü ve yaralı sayılarının 2020-2023 yılları arasındaki dağılımı; yıllara, aylara, günlere ve saatlere göre Emniyet Genel Müdürlüğü'nden elde edilen veriler ışığında incelenmiş ve elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur.

Çalışma kapsamında ilk olarak Erzincan kent merkezinde meydana gelen trafik kazalarının mekânsal analiz bulguları ele alınmıştır. Daha sonra trafik kazalarının zamansal analiz bulgularına değinilmiştir. Son olarak ise trafik kazalarının yol ve hava durumuna göre dağılışı açıklanmaya çalışılmıştır.

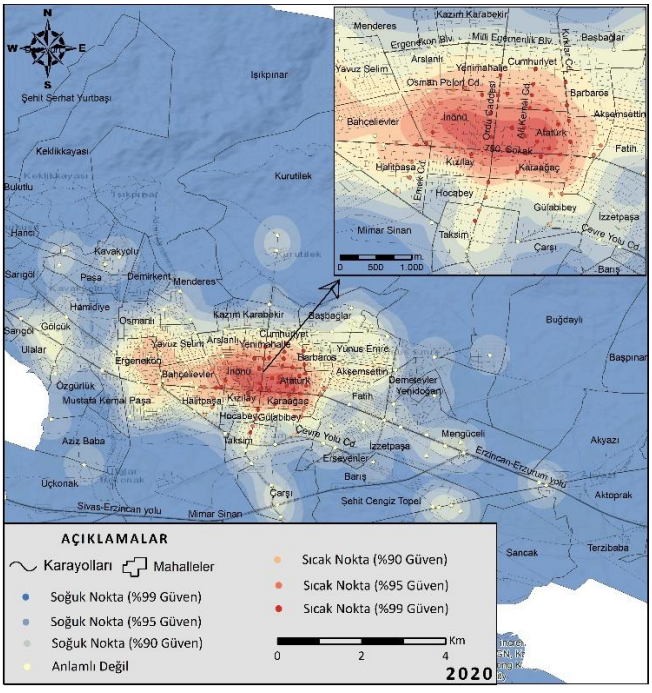
Sıcak Nokta Analizi (Getis-Ord Gi*)

Sıcak nokta analizinden elde edilen bulgulara göre Dörtyol lokasyonunda sıcak noktaların yoğunlaşma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Halitpaşa Cd., Fevzipaşa Cd., ve Ordu Caddesi boyunca sıcak noktaların yoğunlaştığı görülmektedir. 2020 yılı analizine göre sıcak noktalar daha dar bir alanda özellikle

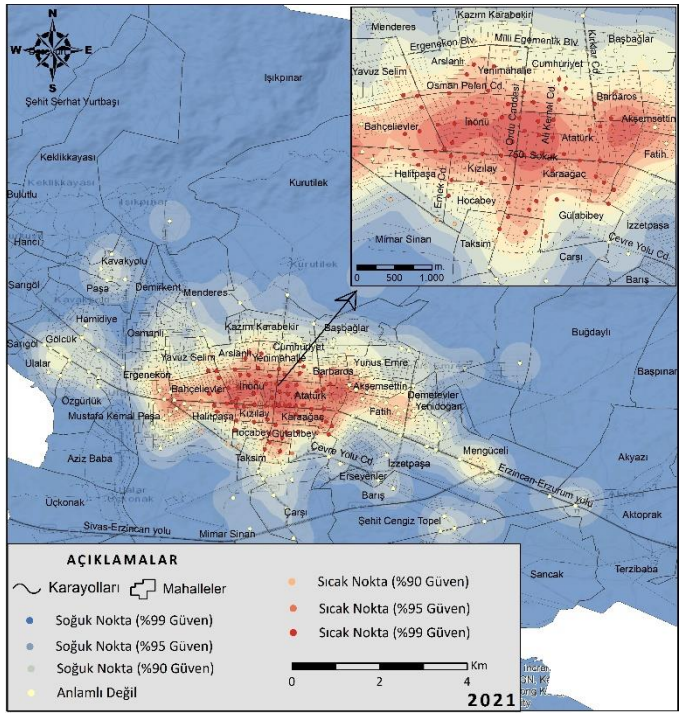
yukarıda bahsedilen güzergahlar boyunca dağılış gösterdiği görülmektedir (Şekil 7). 2021, 2022, 2023 yılları analizine göre ise sıcak noktalar, daha geniş ve farklı lokasyonlarda yoğun şekilde görülebilmektedir (Şekil 8, 9, 10). Yukarıda bahsedilen güzergahlara ek olarak; Ali Kemal Cd., Uğur Tunçata Cd., 400. Sk., Dede Korkut Cd., Milli Egemenlik Blv., Talip Kaban Blv., Kırklar Cd., Ali Kemal Cd., Osman Pelen Cd. ve SGK İl Müdürlüğü önündeki kavşak (Adnan Menderes, Emek ve Mengüceli Caddeleri) sıcak noktaların yoğunlaştığı ulaşım akslarını oluşturmaktadır.

Sıcak noktalar, Dörtyol mevkiinde (Ordu Cd., Fevzipaşa Cd. ve Halitpaşa Caddesinin kesişim noktası) yoğunlaşma eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu merkezden uzaklaştıkça anlamsız özellikteki noktalar artış göstermekte ve yerleşmenin batı kesimindeki lokasyonlarda (Hamidiye, Gölcük, Ulalar, Paşa Mahalleleri) ise soğuk noktaların artış gösterdiği görülmektedir. Bahsedilen yoğunlaşma eğiliminin aksine 2023 yılı analiz bulgularına göre Erzincan-Erzurum Karayolu ile Ekşisu Cd. – Ehlibeyt Caddesinin kesiştiği kavşak %90 güven aralığında sıcak nokta özelliği göstermektedir (Şekil 10).

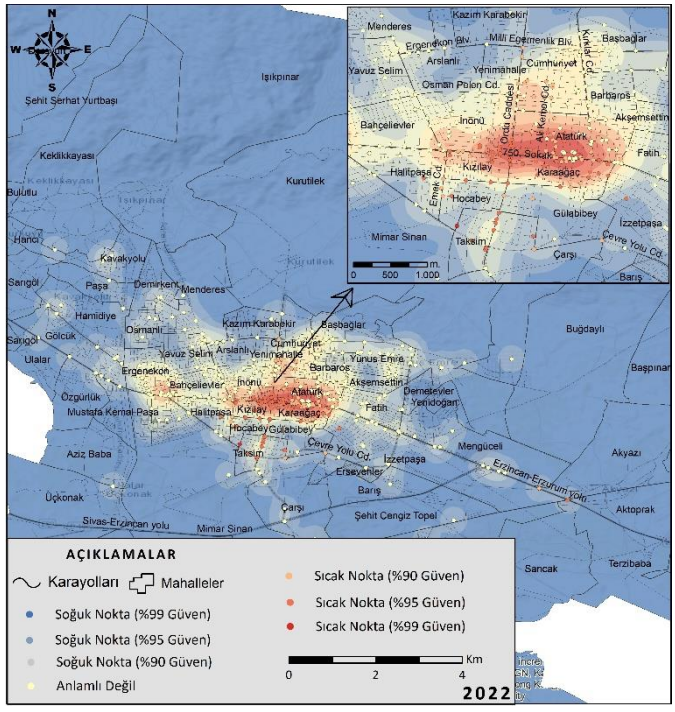
Şekil 7
Sıcak Nokta Analizi (2020).



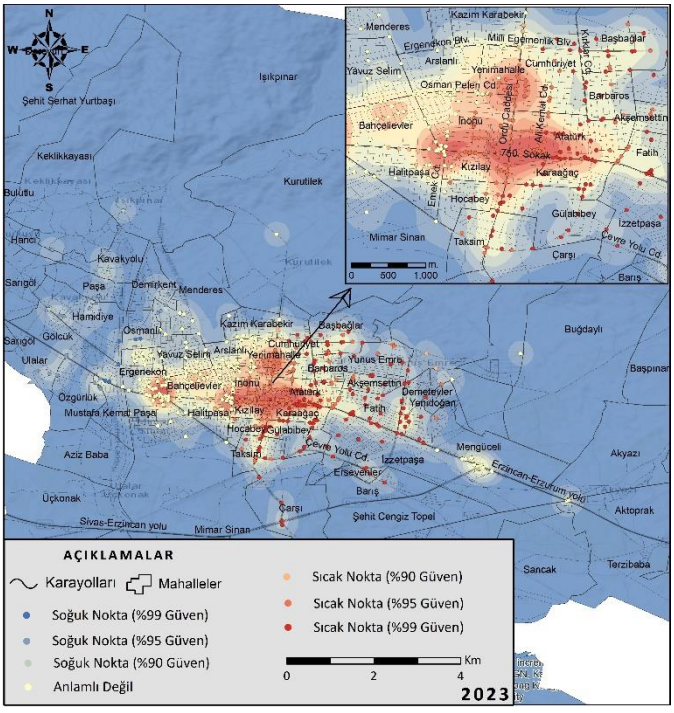
Şekil 8
Sıcak Nokta Analizi (2021).



Şekil 9
Sıcak Nokta Analizi (2022).



Şekil 10
Sıcak Nokta Analizi (2023).



2020-2021 döneminde kaza yoğunluklarının mekânsal dağılımı incelendiğinde, çalışma alanının büyük çoğunluğunun (%83) durağan yapısını koruduğu; ancak artış gösteren alanların (%10), azalış saptanan bölgelere (%7) oranla daha geniş bir yayılım sergilediği görülmüştür. 2021-2022 periyoduna geçildiğinde ise kaza yoğunluğunda anlamlı bir iyileşme kaydedilerek azalış saptanan alanlar (%8,30), artış gösteren odak noktalarının (%7,15) önüne geçmiştir (Tablo 4). Bu değişim, çalışma alanında trafik güvenliği açısından pozitif yönlü bir mekânsal eğilimin başladığına dair objektif bir kanıt sunmuştur.

Tablo 4
2020-2023 Dönemleri Arası Kaza Yoğunluğu (Sıcak Nokta) Alansal Değişim Analizi.

Analiz Dönemi	Değişim		Hücre Sayısı	Yüzdelik Oran (%)
2020-2021	Azalış	↓	1.556	%6,75
	Durağan	↔	19.172	%83,17
	Artış	↑	2.324	%10,08
2021-2022	Azalış	↓	1.913	%8,30
	Durağan	↔	19.491	%84,55
	Artış	↑	1.648	%7,15
2022-2023	Azalış	↓	1.261	%5,47
	Durağan	↔	20.199	%87,62
	Artış	↑	1.592	%6,91
Toplam			23.052	%100,00

Son analiz dönemi olan 2022-2023 periyodunda ise alanın %87,62 gibi büyük bir kısmının durağan karakterini koruduğu saptanmıştır. Ancak mekânsal yayılım açısından, kaza yoğunluğunda artış saptanan bölgelerin (%6,91), azalış saptanan alanlara (%5,47) oranla yeniden genişleme eğilimine girdiği gözlemlenmiştir. Bu durum, önceki dönemin aksine risk odaklarının alansal büyüklük bakımından yeniden baskın hale gelmeye başladığını göstermektedir.

Analiz edilen tüm dönemler boyunca durağan alanların oranındaki kademeli artış, kaza örüntülerinin belirli bölgelerde daha kalıcı ve yerleşik bir yapıya büründüğünü işaret etmektedir. Bu lokasyonlara örnek olarak Dörtyol ve yakın çevresi verilebilir. Özellikle 2022-2023 verileri, kaza riskinin mekânsal olarak yeniden genişleme eğilimine girdiğini ve belirli odak noktalarında trafik güvenliği riskinin kritik seviyelere ulaştığını nesnel bir biçimde ortaya koymaktadır.

Dört yıllık süreçteki kaza yoğunluk değişimleri, çalışma alanında trafik riskinin dinamik ve dalgalı bir mekânsal seyir izlediğini kanıtlamaktadır. 2021-2022 dönemindeki geçici iyileşme eğiliminin, 2022-2023 periyodunda yerini yeniden risk artışına bırakması, uygulanan trafik denetimlerinin veya saha düzenlemelerinin süreklilik arz eden bir güvenlik sağlamada yetersiz kalabildiğini göstermektedir. Durağan alanların baskınlığı ise kaza sıcak noktalarının zamana karşı direnç gösterdiğini kanıtlayarak, bu bölgeler için daha kalıcı ve yapısal iyileştirmelerin gerekliliğini vurgulamaktadır.

Kernel Yoğunluk Analizi

Kernel yoğunluk analizi bulguları da sıcak nokta analizi bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Nitekim 2020 yılı Kernel Yoğunluk Analizi göz önünde bulundurulduğunda yüksek kaza riskinin öngörüldüğü birkaç lokasyon tespit edilirken 2021 ve 2022 yıllarında bu lokasyonlarda artış gözlenmiş ve 2023 yılında ise yüksek risk teşkil eden lokasyonların daha da arttığı görülmüştür (Şekil 11-18).

2020 yılı analiz bulguları ele alındığında Dörtyol ve Fevzipaşa Caddesi aksı çok yüksek; Mengücek Gazi Eğitim Araştırma Hastanesi (Tekin Çivaş Blv.), SGK İl Müdürlüğü önündeki kavşak (Adnan Menderes-Halitpaşa-Emek Caddeleri), Çukurkuyu köyü yolu (Ergenekon-Necip Fazıl Caddeleri) ve Özel Neon Hastanesi önündeki kavşak yüksek riskli güzergahlar olarak tespit edilmiştir (Şekil 12).

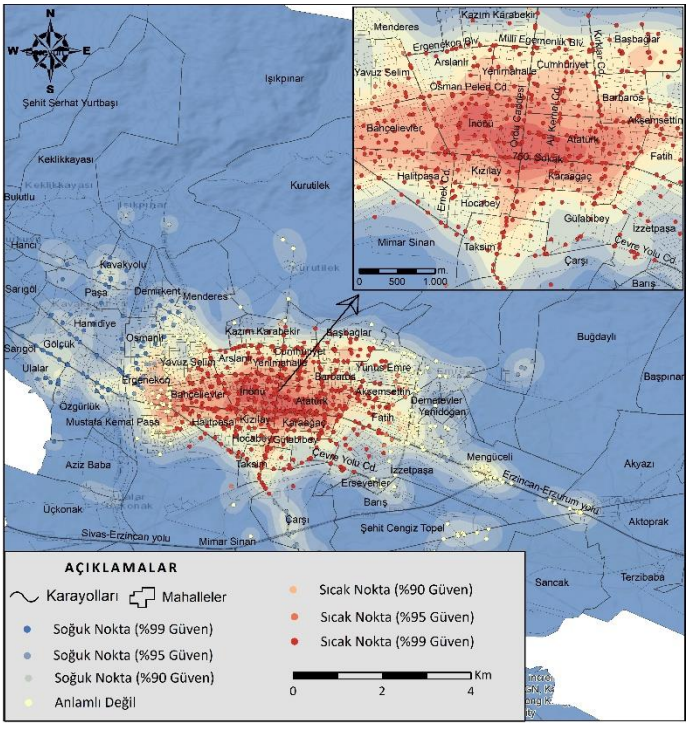
2021 yılı analizi dikkate alındığında ise Özel Neon ve SGK İl Müdürlüğü önündeki kavşaklar çok yüksek; Kırklar Cd., Dedekorkut Cd. ve Dörtyol yüksek riskli lokasyonları oluşturmaktadır (Şekil 13).

2022 yılı analiz bulgularında ise Fevzipaşa Caddesi güzergahında Ali Kemal Cd. ve Zeki Paşa Caddesi bağlantı noktaları ile Nerim Tombul Caddesi çok yüksek; SGK il Müdürlüğü önündeki kavşak ile Dörtyol yüksek riskli güzergahları teşkil etmektedir (Şekil 15).

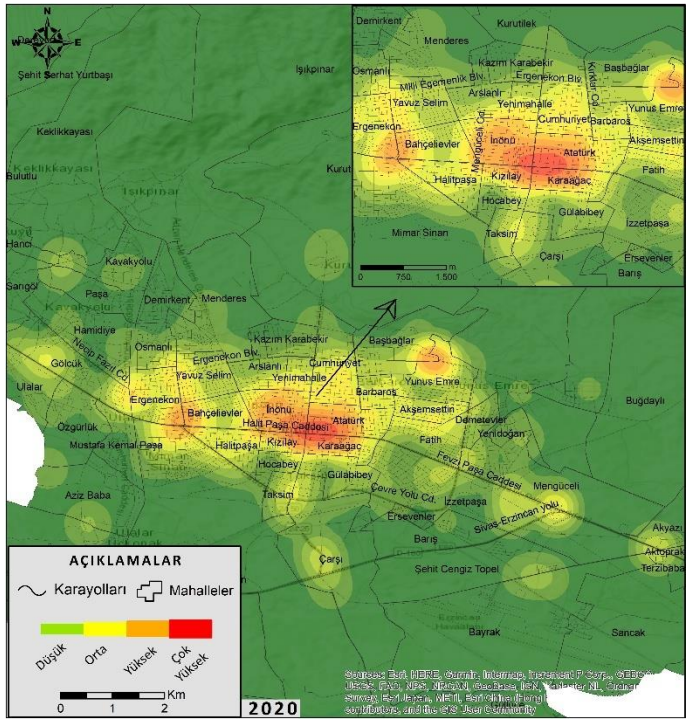
2023 yılında ise yüksek riskli lokasyonların sayısında bir artış söz konusudur. Dörtyol Kavşağına bağlanan (Fevzipaşa, Halitpaşa, Ordu ve 13 Şubat) Caddeler ile SGK İl Müdürlüğü önündeki kavşak çok yüksek; Özel Neon Hastanesi önündeki kavşak, Ali Ekber Çiçek Cd. ile 306. Sokak (Ordu Cd. bağlantı noktası), Osman Pelen Cd., Binali Yıldırım Blv. (İtfaiye Müdürlüğü önü), Recep Tayyip Erdoğan Blv. (Otogar Kavşağı) ve 309. Sokak yüksek riskli ulaşım akslarını oluşturmaktadır (Şekil 17).

Kernel yoğunluk analizi sonucunda elde edilen bulgulara göre sadece 2020 yılında Erzincan Mengücek Gazi EAH (Tekin Çivaş Blv.) yüksek riskli lokasyon özelliği göstermektedir. Mengücek Gazi Eğitim ve Araştırma Hastanesi çevresinin sadece 2020 yılında bir kaza sıcak noktası olarak belirmesi, pandeminin ilk dönemindeki sağlık hizmeti talebi ile trafik örüntüleri arasında doğrudan bir nedensel ilişkisi olabileceğini göstermektedir.

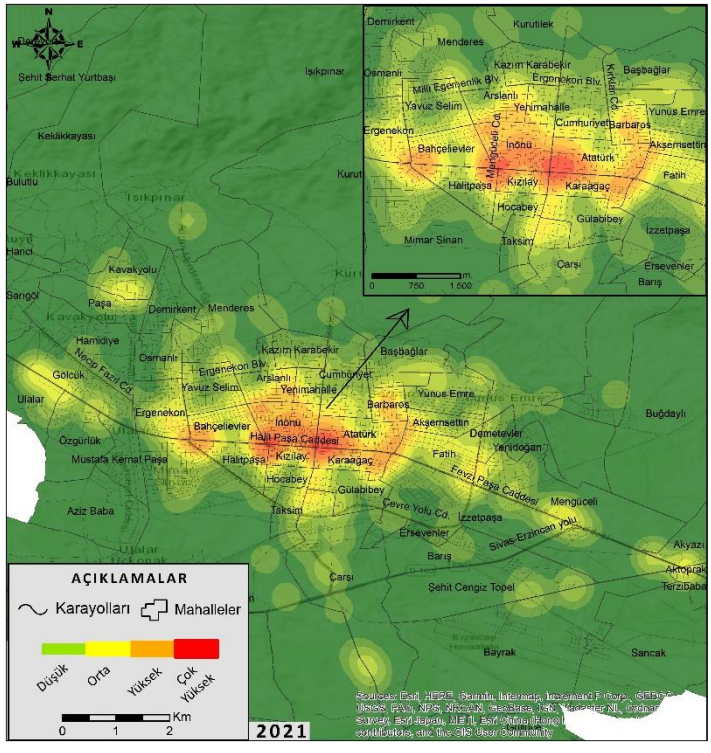
Şekil 11
Sıcak Nokta Analizi (Tüm Kazalar).



Şekil 12
Kernel Yoğunluk Analizi (2020).

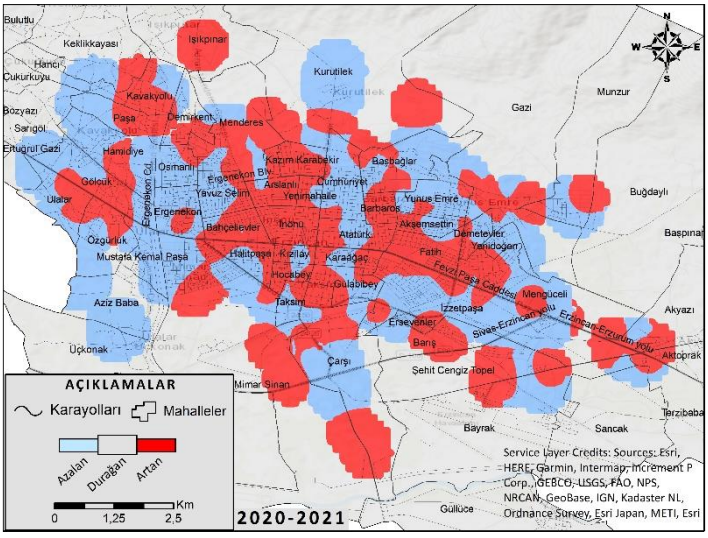


Şekil 13
Kernel Yoğunluk Analizi (2021).



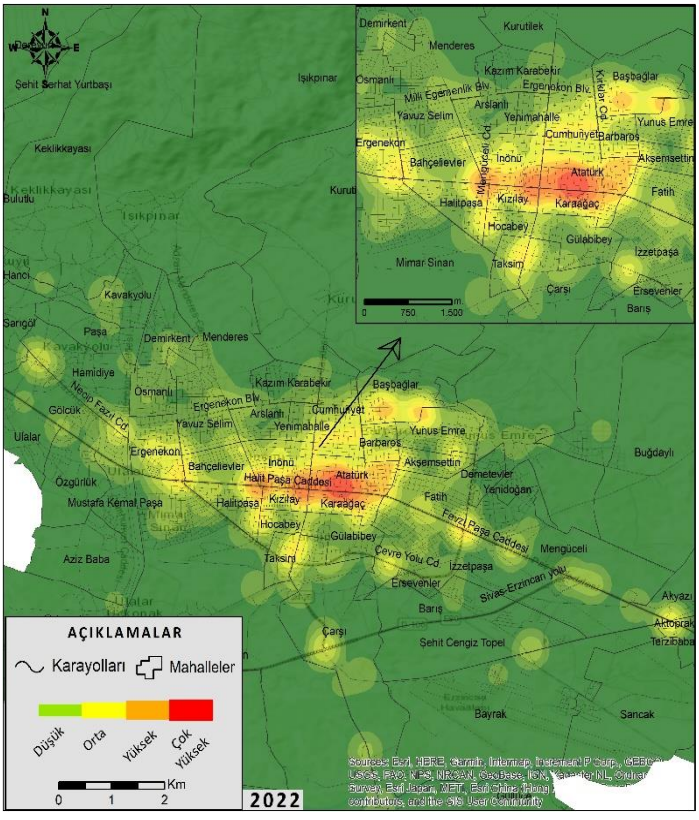
Şekil 14

2020-2021 Dönemleri Arası Trafik Kazası Yoğunluk Değişimi: Mekânsal Fark (Minus) Analizi.



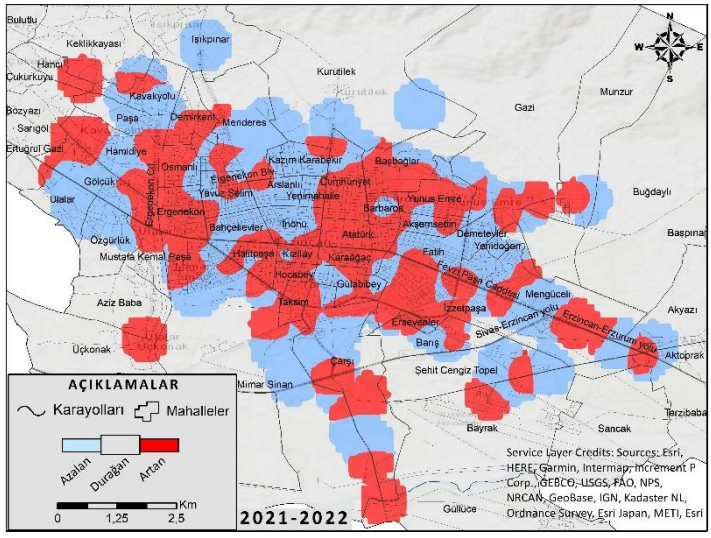
Şekil 15

Kernel Yoğunluk Analizi (2022).



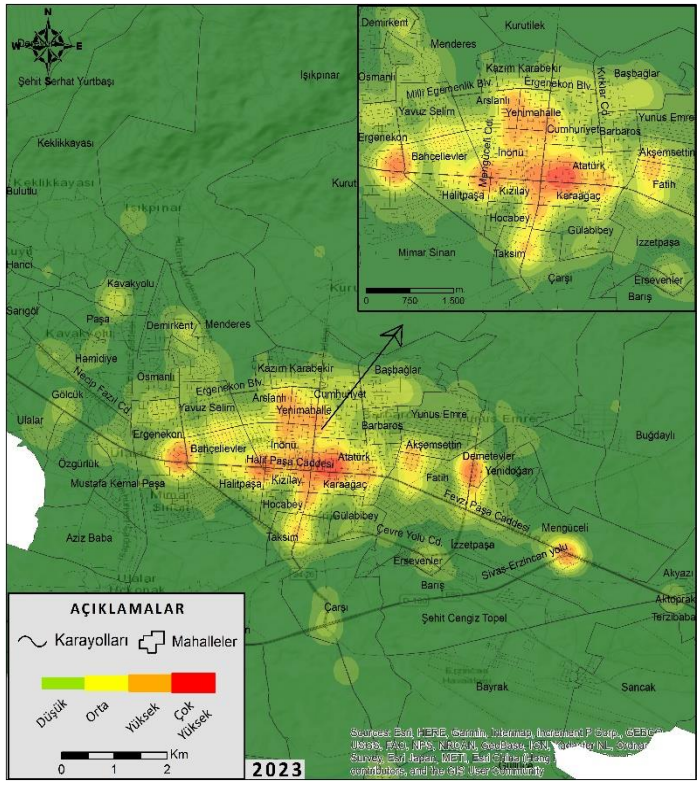
Şekil 16

2021-2022 Dönemleri Arası Trafik Kazası Yoğunluk Değişimi: Mekânsal Fark (Minus) Analizi.

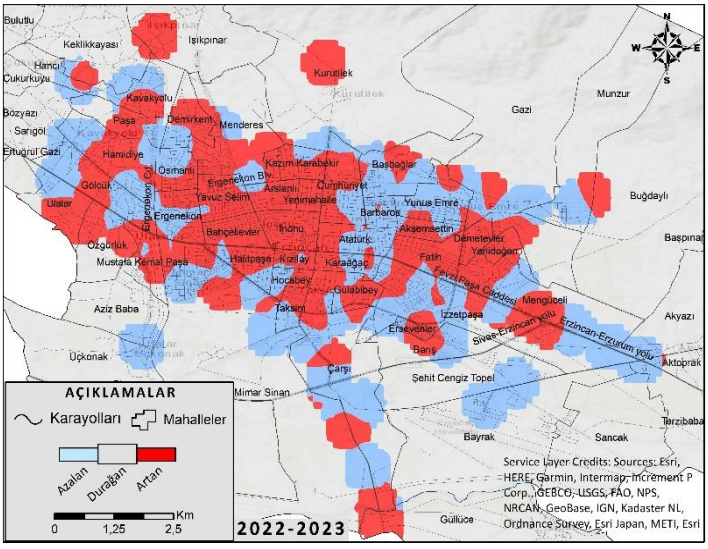


Şekil 17

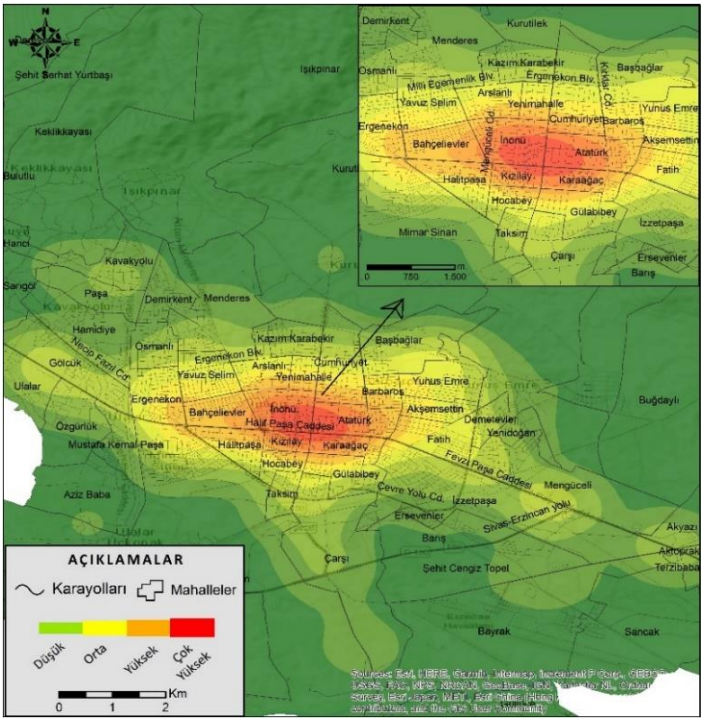
Kernel Yoğunluk Analizi (2023).



Şekil 18
2022-2023 Dönemleri Arası Trafik Kazası Yoğunluk Değişimi: Mekânsal Fark (Minus) Analizi.



Şekil 19
Kernel Yoğunluk Analizi (Tüm Kazalar).



2020-2021 dönemine ait mekânsal değişim analizleri, çalışma alanının büyük bir bölümünün (%95,42) durağan karakterini koruduğunu saptamıştır. Yoğunluk değerlerinde anlamlı azalış saptanan bölgeler (%2,39), artış eğilimindeki alanlara (%2,19) oranla kısıtlı bir üstünlük sergilemiştir (Tablo 5). Bu bulgu, ilgili dönemde trafik güvenliği açısından yerel düzeyde pozitif bir hareketliliğin yaşandığını, ancak genel risk örüntüsünün büyük oranda yerleşik yapısını sürdürdüğünü göstermektedir (Şekil 14).

Tablo 5
2020-2023 Dönemleri Arası Kaza Yoğunluğu (Kernel) Alansal Değişim Analizi

Analiz Dönemi	Değişim Kategorisi		Hücre Sayısı (Count)	Yüzdelik Oran (%)
2020-2021	Azalış	↓	1.712	**%2,39**
	Durağan	↔	68.225	**%95,42**
	Artış	↑	1.563	**%2,19**
2021-2022	Azalış	↓	1.455	**%2,04**
	Durağan	↔	68.654	**%96,02**
	Artış	↑	1.391	**%1,94**
2022-2023	Azalış	↓	1.188	**%1,66**
	Durağan	↔	68.845	**%96,29**
	Artış	↑	1.467	**%2,05**
Toplam			71.500	**%100,00**

2021-2022 periyodunda, durağan alanların oranı (%96,02) bir önceki yıla göre artış göstererek kaza paternlerinin mekânsal olarak daha stabil bir yapıya büründüğünü işaret etmiştir. Bu dönemde iyileşme (azalış) gösteren bölgelerin oranı (%2,04), artış eğilimindeki bölgelerin (%1,94) üzerinde seyretmeye devam etmiştir. Söz konusu veriler, kaza yoğunluğundaki azalma trendinin alansal bazda korunduğunu, ancak hem artış hem de azalış odaklarının mekânsal kapsayıcılığının daraldığını kanıtlamaktadır (Şekil 16).

2022-2023 analiz döneminde ise kaza riskinin mekânsal karakterinde belirgin bir değişim gözlemlenmiştir. Önceki yılların aksine, kaza yoğunluğunda anlamlı artış saptanan alanlar (%2,05), azalış saptanan alanların (%1,66) alansal büyüklük bakımından önüne geçmiştir. Durağan alanların baskınlığı (%96,29) devam etmekle birlikte, artış odaklarının yeniden genişleme eğilimine girmesi, çalışma alanındaki belirli lokasyonlarda trafik güvenliği riskinin kritik eşiklere ulaştığını ve yeni müdahale stratejilerine ihtiyaç duyulduğunu nesnel bir biçimde ortaya koymaktadır (Şekil 18).

Genel bir değerlendirme yapıldığında, dört yıllık süreç boyunca çalışma alanındaki kaza yoğunluklarının %95'in üzerinde bir oranla mekânsal durağanlık sergilediği anlaşılmaktadır. İlk iki periyotta gözlemlenen kısıtlı iyileşme eğiliminin, son analiz döneminde (2022-2023) yerini yeniden risk artışına bırakması, kaza sıcak noktalarının zamana karşı dirençli bir yapı sunduğunu göstermektedir. Bu durum, trafik güvenliğini sağlamaya yönelik müdahalelerin sadece geçici iyileşmeler yaratabildiğini ve belirli odak noktalarında daha kalıcı, yapısal düzenlemelere gereksinim duyulduğunu kanıtlamaktadır (Şekil 19).

Zaman-Mekân Küpü Yöntemi Analizi

Zaman-mekân küpü analizi noktaların sadece mekânsal değil zamansal boyutta da nasıl farklılaştığını gösteren bir analizdir. Bu analizden elde edilen sonuçlara göre; 4 farklı kategori ve merkezden ayrı 13 nokta belirlenmiştir. Bu kategorileri; yeni, ardışık, yoğunlaşan ve aralıklı sıcak noktalar oluşturmaktadır.

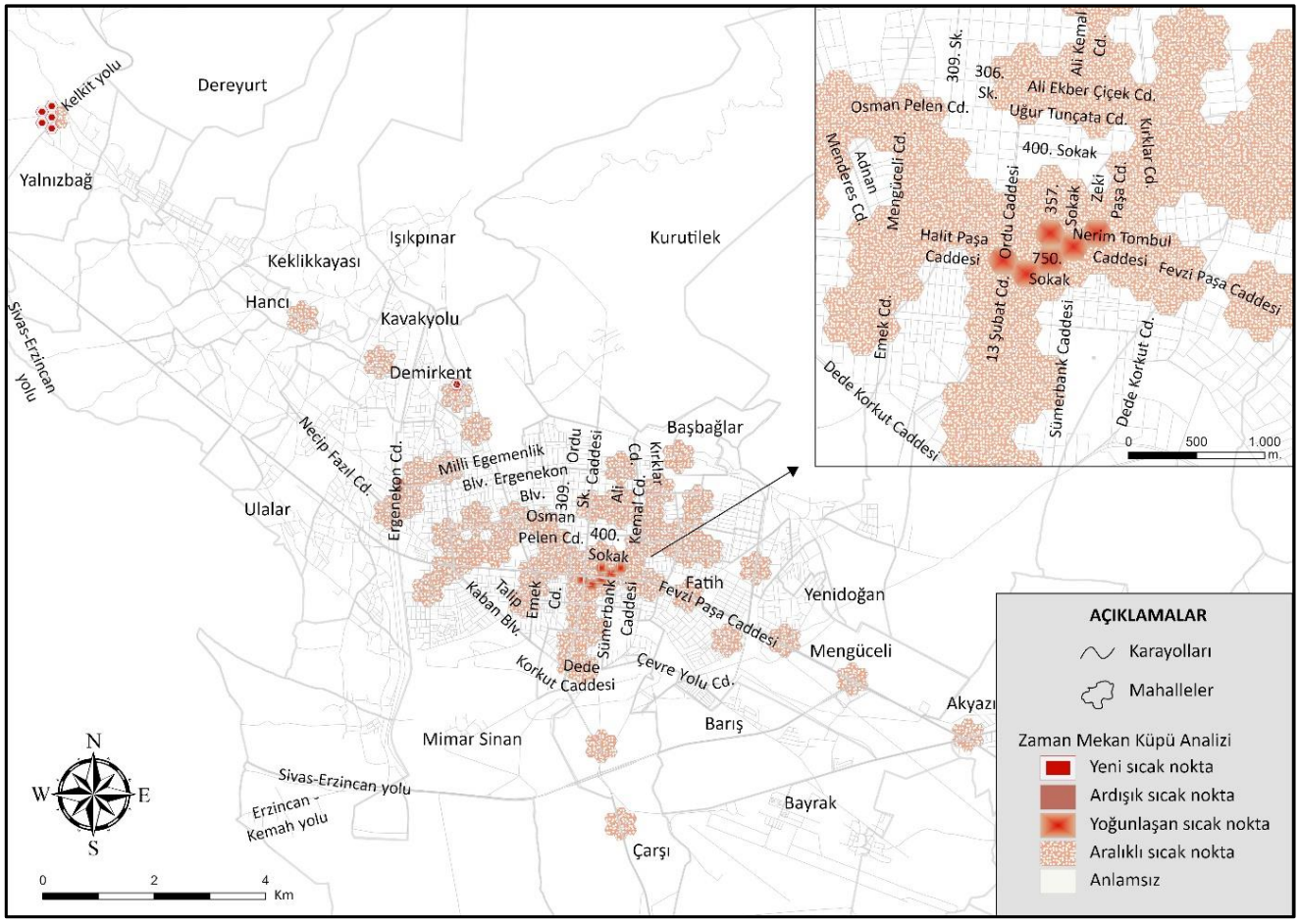
Araştırma alanında, bunlardan en yaygın olanı ise aralıklı sıcak nokta kategorisidir. Nitekim ilgili kategorinin, araştırma alanının merkezi kısmında özellikle belirli ulaşım aksları ve kavşaklar boyunca yoğunlaştığı görülmektedir. Bu özellikteki lokasyonun genelde sıcak nokta özelliği gösterdiğini ancak dönemsel olarak dalgalanmalar da yaşadığını ifade etmek mümkündür. İlgili lokasyonları; Recep Tayyip Erdoğan Blv. (Otogar Kavşağı), Erzincan-Erzurum Karayolu ile 1331. Sokak bağlantı noktası ve Ekşisu Cd. bağlantı noktası, Çağlayan Yolu Cd. (Erzincan kent ormanı ve Terzibaba mezarlığı), Celabuzur Sokak (Keklikkayası Mah.), merkezi kısımda Dörtyol lokasyonuna bağlanan çevre yollar (Ordu Cd., Halitpaşa Cd., Fevzipaşa Cd., 13 Şubat Cd.), Çukurkuyu köyü yolu (Ergenekon Cd.-Necip Fazıl Cd.) ve Özel Neon Hastanesi önündeki kavşak oluşturmaktadır (Şekil 20).

Mekân-zaman küpü analizi sonucunda elde edilen sıcak nokta örüntüleri, kazaların zamansal seyri ve yoğunluk karakteristiğine göre farklı kategorilerde sınıflandırılmıştır. Bu kapsamda, Yoğunlaşan Sıcak Nokta kategorisi, istatistiksel olarak anlamlı olan kaza kümelerinin zaman içerisinde hem mekânsal süreklilik gösterdiğini hem de şiddetinin (yoğunluğunun) artış eğiliminde olduğunu ifade etmektedir (ESRI, 2026). Çalışma alanında özellikle Nerim Tombul Caddesi (Ali Kemal Cd. bağlantı noktası) ve Dörtyol güzergâhı, kaza riskinin kronikleştiği ve son dönemlerde kümülatif olarak arttığı en riskli akslar olarak bu kategoride yer almaktadır.

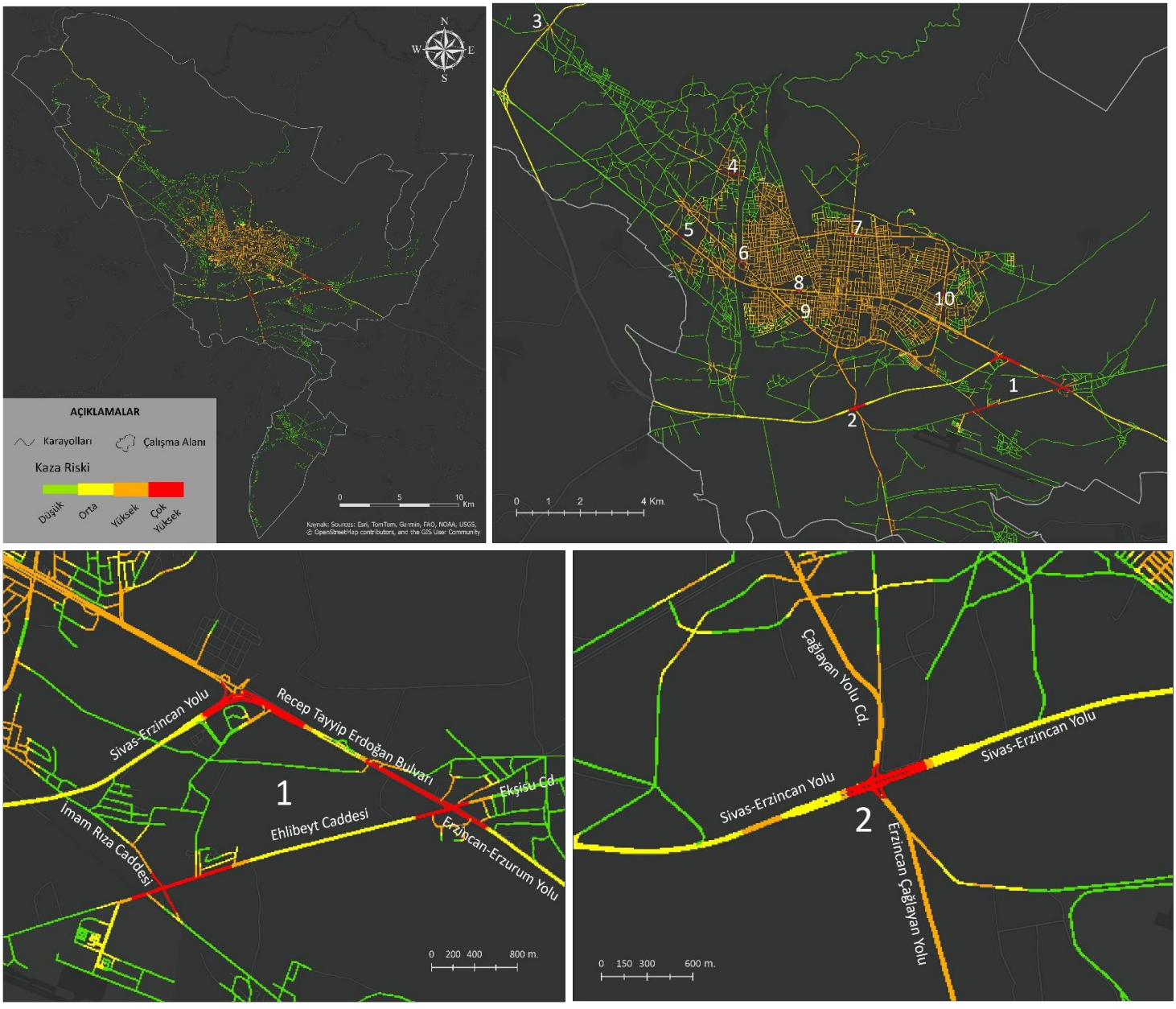
Öte yandan, geçmiş dönemlerde kaza yoğunluğu düşük veya anlamsız iken, son zaman dilimlerinde ani ve keskin bir artışla istatistiksel anlamlılık kazanan bölgeler Yeni Sıcak Nokta olarak tanımlanmaktadır. Bu kategorideki mekânsal özellikler; Bozatlı Cd. ile 127. Sokak bağlantı noktası (Demirkent Mah.) ve Kelkit Yolu ile bu yola bağlanan Karşıyaka Sokak (Yalnızbağ Mah.) olmak üzere iki farklı lokasyonda gözlemlenmiştir. Bu lokasyonlar, trafik güvenliği açısından acil müdahale gerektiren, yeni gelişen risk alanlarını temsil etmektedir.

Son olarak, analiz edilen ardışık zaman dilimlerinin önemli bir bölümünde kaza yoğunluğunun düzenli ve kesintisiz bir biçimde sıcak nokta özelliği sergilediği alanlar Ardışık Sıcak Nokta sınıfında değerlendirilmiştir (ESRI, 2026). Mehmet Akif Ersoy Cd. (Osmanlı Mah.) güzergâhı, bu kategoride yer alan tek lokasyon olarak saptanmıştır. Bu durum, söz konusu bölgedeki kaza riskinin tesadüfi olmadığını ve belirli bir zamansal rutin içerisinde süreklilik arz eden yapısal bir problem teşkil ettiğini ortaya koymaktadır (Şekil 21).

Şekil 20
Zaman-Mekân Küpü Analizi.



Şekil 21
Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Yöntemi Kullanılarak Elde Edilen Karayolları Kaza Riski Analizi.

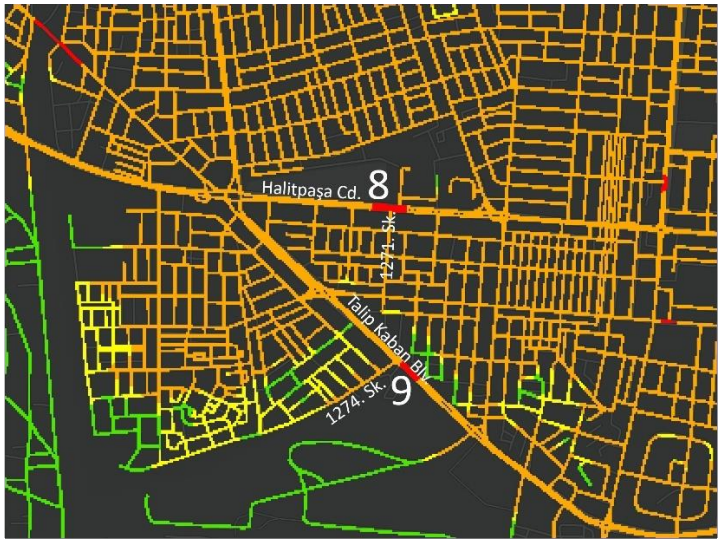


3
Kelkit Caddesi
Karşıyaka Sokak
Kelkit Caddesi
Terzi Baba Caddesi
0 150 300 600 m.

Muhtar Osman Cd.
Karanlık Cd.
4
Mevlana Cd.
Mehmet Akif Ersoy Cd.
Fatih Cd.
Binali Yıldırım Cd.
0 150 300 600 m.

Recep Tayyip Erdoğan Cd.
5
Necip Fazıl Kısakürek Cd.
Binali Yıldırım Cd.
Şehit Polis Orhan Direkçi Sk.
6
0 150 300 600 m.

Ordu Cd.
Milli Egemenlik Blv.
7
Tekin Çivaş Blv.
Ordu Cd.
0 150 300 600 m.


Halitpaşa Cd.
8
1274. Sk.
Talip Kaban Blv.
1274. Sk.
9

Hacı Bektaş Veli Cd.
726. Sk.
Binali Yıldırım Blv.
10
Recep Tayyip Erdoğan Blv.

Trafik Kazası Risk Analizi

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi ile elde edilen analiz bulgularına göre taşıt trafik hacminin ve bu nedenle de trafik kazalarının artış gösterdiği kent merkezinin büyük bir bölümünde yüksek kaza riski mevcuttur. Genel bir eğilim olarak merkezden uzaklaştıkça kaza riski azalmaktayken bu durumun aksine nispeten merkezden uzak birkaç kavşak noktasında kaza riskinin arttığı tespit edilmiştir. Bu lokasyonları; Recep Tayyip Erdoğan Bulvarı (Otogar Kavşağı), Erzincan-Erzurum Karayolu ile Ekşisu Cd. – Ehlibeyt Caddesinin kesiştiği kavşak, İmam Rıza Cd. ile Ehlibeyt Cd. bağlantı noktası (1 numaralı lokasyon); Çağlayan Yolu Cd. ile Çevre Yolunun (Erzincan-Sivas Karayolu) kesiştiği kavşak (2); Erzincan-Gümüşhane yolu (Kelkit Cd.) ile Terzi Baba Cd. bağlantı noktası (3); Mevlana Cd. - Kavakyolu Mahallesi (4); Recep Tayyip Erdoğan Cd. – Ulalar Erkek KYK önü (5) oluşturmaktadır (Şekil 17).

Çalışma alanı kapsamında merkezi kesimdeki diğer riskli lokasyonları ise Şehit Polis Orhan Dilekçi Sk. İle Necip Fazıl 10. Cd. kesişim noktası (6), Ordu Cd. ile Milli Egemenlik Bulvarı ile Tekin Çivaş Bulvarı kesişim noktası (7), Halitpaşa Cd. ile 1271. Sk. Bağlantı noktası (8), Talip Kaban Bulvarı ile 1224. Sk. Bağlantı noktası (9) ve Binali Yıldırım Bulvarı-İtfaiye Müdürlüğü önü (10) oluşturmaktadır.

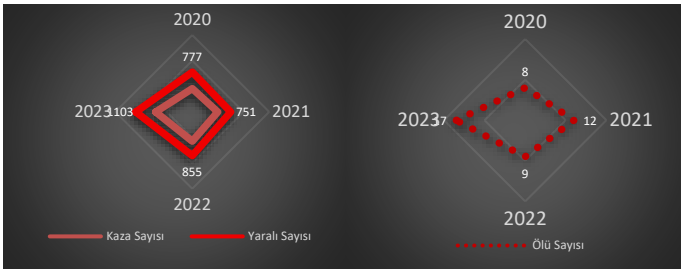
Kaza, Yaralı ve Ölü Sayısının Yıllara Göre Genel Dağılımı

2020 yılında kaza sayısı 453, yaralı sayısı 777 ve ölü sayısı 8'dir. Bu rakamlar ölümlerin, yaralanmaların ve kazaların diğer yıllara göre en düşük seviyede olduğu yıldır. Bu durum, COVID-19 pandemisi nedeniyle uygulanan sokağa çıkma kısıtlamaları ile doğrudan ilişkilidir.

2021 yılında kaza (497) ve ölü (12) sayılarında bir artış, yaralı (751) sayısında ise bir önceki yıla göre çok az bir düşüş gözlenmektedir. Kaza ve ölü sayısındaki artışlar normalleşme sürecinin başladığını göstermektedir. 2022 yılında kaza (573) ve yaralı (855) sayısındaki artış eğilimi devam etmiştir. Bu, kısıtlamaların büyük ölçüde kalkması ve trafik yoğunluğunun artmasıyla açıklanabilir. 2023 yılında ise hem kaza sayısı (714) hem de yaralı sayısı (1103) incelenen periyotta zirveye ulaşmıştır. Bu, kaza ve yaralı sayılarının pandemi öncesi seviyelere döndüğünü ortaya çıkarmıştır. Kaza sayısı ile yaralı sayısı arasında yıllar bazında güçlü bir pozitif korelasyon olduğu, kaza sayısı arttıkça yaralı sayısının da arttığı net bir şekilde görülmektedir. 2022 ve 2023 yıllarında ölü sayısı artmıştır (Şekil 22).

Şekil 22

Araştırma Sahasındaki *Kaza, Ölü ve Yaralı Sayısının Yıllara Göre Dağılımı.*

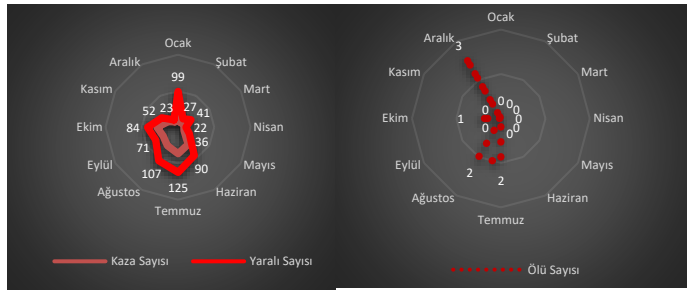


Kaza, Yaralı ve Ölü Sayısının Aylara Göre Genel Dağılımı

Çalışma alanında, 2020 – 2023 yılları arasında, kaza ve yaralı sayılarının yaz aylarında (özellikle Temmuz [281], Ağustos [279]) ve sonbahar başında (Eylül [257]) arttığı, kış aylarında (Şubat [91], Ocak [119]) ise daha düşük seviyelerde olduğu gözlenmektedir (Şekil 23 -30). Bunun sebepleri; tatil günleri sebebiyle daha fazla aracın trafikte olması, seyahat sayısının fazla olması ve hava koşullarına bağlı olarak artan hız limitleri-aşırı güven-dikkatsizlik olarak gruplanabilir (Abdulrazaq ve Fan, 2026; Halim vd., 2025; Yalçın vd., 2026).

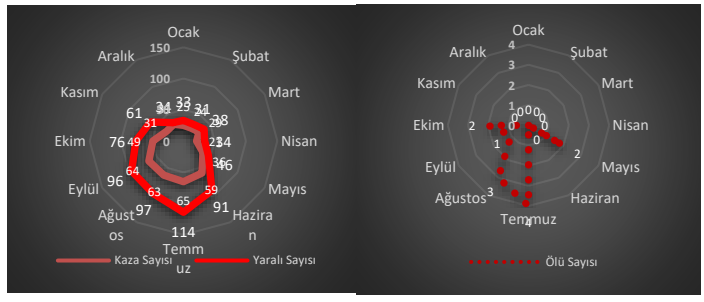
Şekil 23

Kaza, Yaralı ve Ölü Sayısının Aylara Göre Dağılımı (2020).



Şekil 24

Kaza, Yaralı ve Ölü Sayısının Aylara Göre Dağılımı (2021).



Şekil 25

Kaza, Ölü ve Yaralı Sayısının Aylara Göre Dağılımı (2022).

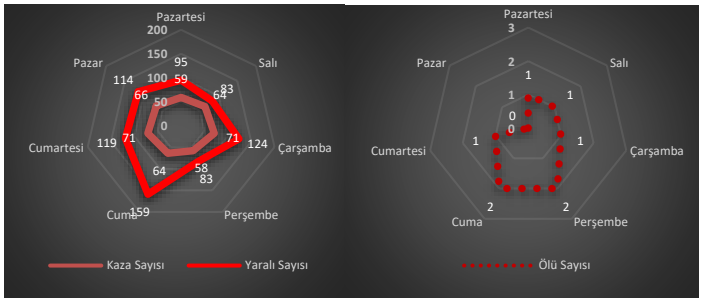
Şekil 26

Kaza, Ölü ve Yaralı Sayısının Aylara Göre Dağılımı (2023).

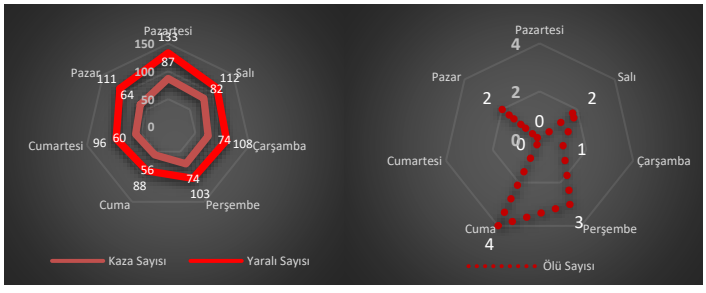
Kaza, Yaralı ve Ölü Sayısının Günlere Göre Dağılımı

Erzincan şehir merkezinde 2020 -2023 yılları arasında kazaların en yoğun olarak görüldüğü günler Pazartesi (353) ve Cuma (349)'dır (Şekil 31-34). Bunu hafta ortası günleri Çarşamba (343) ve Salı (317) takip etmektedir. Hafta sonu günleri olan Cumartesi (302) ve Pazar (270) günlerinde ise kaza görülme oranı daha düşüktür. 2020 yılı hafta sonları kısıtlamalar sebebiyle kaza oranı diğer yıllara göre düşüktür (Şekil 31). 2023 yılına gelindiğinde hem kazalar ve hem de ölümlü kazaların sayısı en yüksek seviyeye çıkmıştır (Şekil 34).

Şekil 27
Kaza, Ölü ve Yaralı Sayısının Günlere Göre Dağılımı (2020).

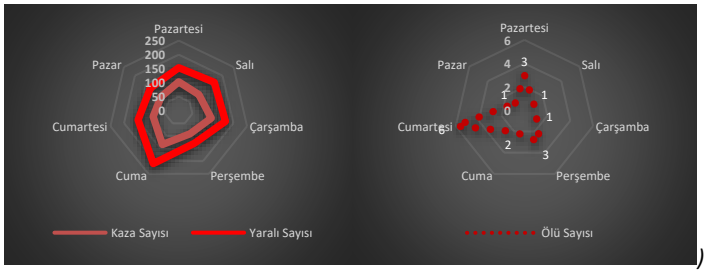


Şekil 28
Kaza, Ölü ve Yaralı Sayısının Günlere Göre Dağılımı (2021).



Şekil 29
Kaza, Ölü ve Yaralı Sayısının Günlere Göre Dağılımı (2022).

Şekil 30
Kaza, Ölü ve Yaralı Sayısının Günlere Göre Dağılımı (2023).



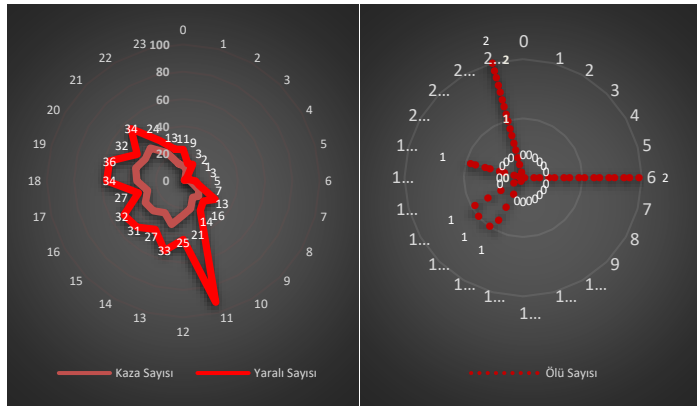
)

Kaza, Yaralı ve Ölü Sayısının Saatlere Göre Dağılımı

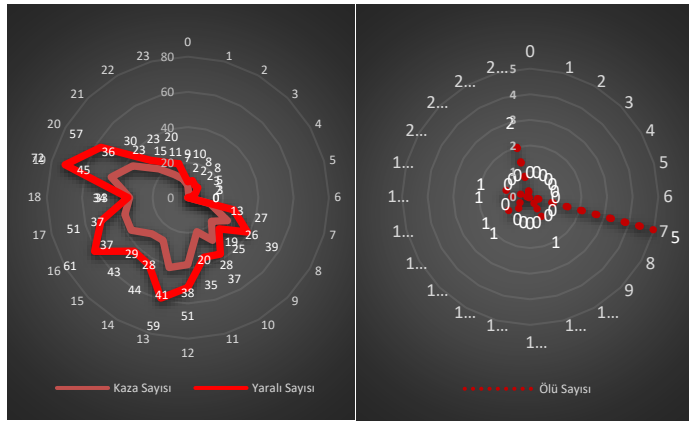
Tüm yıllar için en belirgin kaza ve yaralı yoğunluğu akşam iş çıkışı saatlerinde (genellikle 17:00-20:00 arası) gözlenmektedir (Şekil 27-30). Öğle saatlerinde (yaklaşık 12:00-14:00) ve sabah işe gidiş saatlerinde (yaklaşık 07:00-09:00) de göreceli artışlar görülmektedir. 2020 yılında kısıtlamalardan dolayı saat 11.00 – 12.00 arasında kaza sayısında belirgin bir artışın olduğunu ortaya çıkarmıştır (Şekil 31). Kaza sayıları, gece yarısı ile sabahın ilk saatlerini kapsayan zaman diliminde oldukça düşüktür. 2023 yılında sabah 08:00'deki ölü sayısının fazla olduğu zaman dilimi sabah işe/okula gidiş trafiğindeki risklere dikkat çekmektedir (Şekil 34).

Akşam iş çıkışı saatlerindeki trafik yoğunluğu, yorgunluk ve aceleci davranışlar ölümlü, yaralamalı kaza riskini artırmaktadır. Öğle saatinde yine aynı şekilde trafiğe katılan araç sayısının fazla olması ve mesaiye dönüş sebebiyle yine kazaların oranını artırmaktadır.

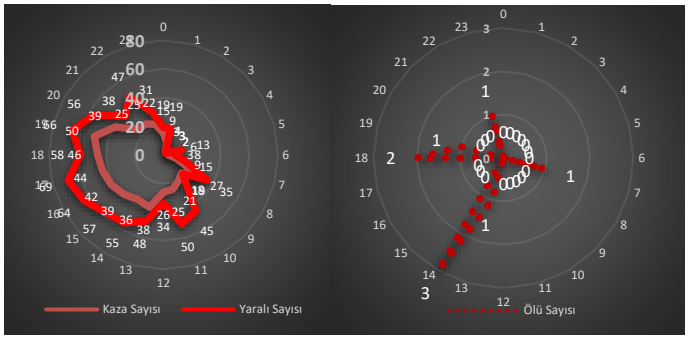
Şekil 31
Kaza, Ölü ve Yaralı Sayısının Saatlere Göre Dağılımı (2020).



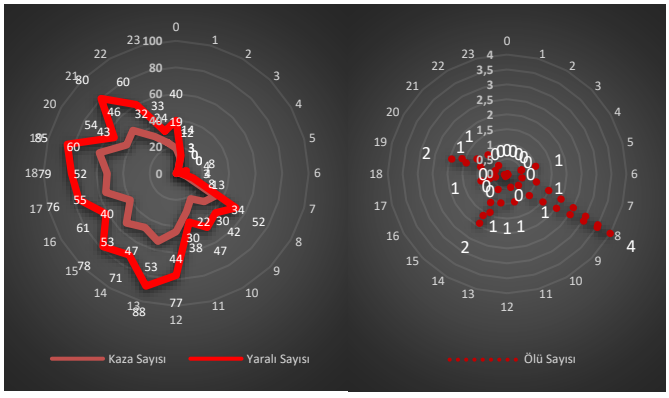
Şekil 32
Kaza, Ölü ve Yaralı Sayısının Saatlere Göre Dağılımı (2021).



Şekil 33
Kaza, Ölü ve Yaralı Sayısının Saatlere Göre Dağılımı (2022).



Şekil 34
Kaza, Ölü ve Yaralı Sayısının Saatlere Göre Dağılımı (2023).



Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, COVID-19 pandemisinin küresel ve yerel ölçekte sosyal yaşamı ve ulaşım alışkanlıklarını yeniden şekillendirdiği 2020-2023 döneminde, Erzincan kent merkezindeki ölümlü-yaralanmalı trafik kazalarının zamansal ve mekânsal dinamiklerini Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı analizlerle ortaya koymayı amaçlamıştır. İlk araştırma sorusu bağlamında; 2020 yılındaki belirgin kaza düşüşünün ardından normalleşme süreciyle birlikte kaza sayılarının pandemi öncesi seviyeleri aşarak 2023'te zirve yapması, Erzincan'daki yüksek araç sahipliği oranının (kişi başı 0,320) yarattığı risk telafisi ve ertelenmiş seyahat talebinin zamansal bir yansıması olarak değerlendirilmiştir. İkinci ve üçüncü araştırma sorularına yönelik yapılan mekânsal analizler; kazaların kent merkezinde rastgele dağılmadığını, özellikle Dörtyol gibi ana arterlerde yoğunlaştığını ve bu bölgelerin akşam iş çıkışı saatlerinde (17:00-20:00) 'yoğunlaşan sıcak nokta' karakteri sergileyerek mekânsal riskin zamansal yorgunlukla birleştiğini kanıtlamıştır. Beşinci araştırma sorusu çerçevesinde uygulanan AHP analizi ise kaza riskinde 'hız' (%33) ve 'yoğunluk' (%46) faktörlerinin belirleyici olduğunu, transit geçişlerin şehir içi trafiğiyle kesiştiği noktaların en yüksek riskli lokasyonlar haline geldiğini ortaya koymuştur. Dördüncü araştırma sorusuna yanıt teşkil eden politika önerileri kapsamında ise; tespit edilen bu dinamik sıcak noktalarda akşam saatlerinde denetimlerin sıkılaştırılması, akıllı kavşak tasarımlarının önceliklendirilmesi gerekmektedir.

Aylık, günlük ve saatlik dağılımlar incelendiğinde kazaların yaz aylarında (Temmuz, Ağustos); haftanın ilk ve son günü olan Pazartesi ve Cuma günlerinde yoğunlaşması, sosyal ve mevsimsel hareketliliğin trafik riski üzerindeki değişmez etkisini vurgulamaktadır. En dikkat çekici bulgu ise, tüm yıllar boyunca kazaların istikrarlı bir şekilde akşam iş çıkışı saatlerinde (17:00-20:00) fazla olmasıdır. Bu durum, mekânsal analizlerde tespit edilen Dörtyol gibi ana arterlerdeki yoğunlaşmanın zamansal karşılığını oluşturmakta ve gün sonu yorgunluğu, artan trafik hacmi ve aceleci sürüş davranışlarının, özellikle bu saatlerde, kaza olasılığını kritik düzeyde artırdığını doğrulamaktadır (Halim vd., 2025; Turab vd., 2026).

Elde edilen bulgular Erzincan kent merkezinin trafik kazası risk durumunu detaylandırmıştır. Buna ek olarak Covid 19 kısıtlamalarının trafik güvenliği üzerinde geçici ve kalıcı etkileri ortaya çıkarılmıştır. Araştırmanın zamansal sonuçlarına göre pandeminin trafik kazalarına doğrudan etkisi olduğu ortaya çıkmıştır. 2020 yılında gözlemlenen kaza, yaralı ve ölü sayılarındaki belirgin düşüş, sokağa çıkma yasakları ve seyahat kısıtlamaları nedeniyle azalan trafik hacmiyle doğrudan ilişkilidir. Bu durum, uluslararası literatürde de gözlemlenen (Valent, 2022; Vandoros, 2022; Yasin vd., 2021) ve kısıtlamaların trafik güvenliğine olan olumlu yansımasını teyit eden bir bulgudur. Ancak, 2021'den itibaren kısıtlamaların gevşetilmesi ve takip eden yıllarda sosyal hayatın normalleşmesiyle birlikte kaza sayılarının pandemi öncesi seviyelere dönmesi ve hatta bu seviyeleri aşması, "risk telafisi" veya ertelenmiş seyahat talebinin bir yansıması olarak yorumlanabilir." Pandemi sonrası dönemde artan bireysel araç kullanımı ve ertelenmiş seyahatlerin yoğunlaşması, kaza riskini artırmıştır. Bulaş riskinden dolayı toplu ulaşım kullanımı azalmıştır.

Mekânsal Yoğunlaşma ve Risk Alanları: Bu çalışmada uygulanan Sıcak Nokta (Getis-Ord Gi*) ve Kernel Yoğunluk analizleri, kazaların kent mekânında rastgele dağılmadığını, aksine belirli "kaza kara noktalarında" kümelendiğini kanıtlamıştır. Analizlerin kentin ana ulaşım arterleri, çok kollu ve sinyalizasyonun yetersiz olduğu kavşaklar, ticari alanların ve kamu binalarının yoğunlaştığı caddeler üzerinde sıcak noktalar tespit edilmiştir. Özellikle E80 karayolunun şehir içi geçiş güzergahı, Halit Paşa, Fevzi Paşa ve Ordu Caddesi gibi ana bulvarlar ile bu bulvarları kesen kavşakların, kaza yoğunluğunun en yüksek olduğu alanlardır.

Zaman-Mekân Küpü analizi ise bu mekânsal desene bir zaman boyutu ekleyerek, kaza riskinin statik olmadığını, dinamik bir yapı sergilediğini ortaya koymuştur. Bu analiz, bazı sıcak noktaların (örneğin ana kavşaklar) "yoğunlaşan sıcak nokta" olduğunu, yani incelenen dönem boyunca sürekli olarak yüksek risk taşıdığını göstermiştir. Ana ulaşım aksları boyunca ve bazı kavşak noktalarında da aralıklı sıcak nokta özelliğindeki lokasyonların yoğunlaştığı görülmektedir. Diğer yandan, bazı bölgelerin "yeni sıcak nokta" olarak ortaya çıkması, kentteki yeni yapılaşan alanlar, değişen ulaşım tercihleri veya bozulan yol altyapısı gibi yeni risk faktörlerinin habercisi olabilir. Bu bulgular, trafik güvenliği önlemlerinin tek seferlik değil, sürekli ve dinamik bir veri analizine dayalı olarak güncellenmesi gerektiğini göstermektedir.

Analitik Hiyerarşi Süreci analizi, birden fazla kriterin ikili olarak karşılaştırılması ve önem düzeyine göre sınıflandırılması sonucu elde edilen çok kriterli bir karar analizi tekniğidir. Bu analize göre taşıt trafik hacminin arttığı merkezi ulaşım aksları, yüksek riskli güzergahlar olarak tespit edilmiştir. Bu durum, hareketliliğin yüksek olduğu lokasyonlarda kaza riskinin arttığına işaret etmektedir. Ayrıca yüksek taşıt trafik hacmine ek olarak hız limitlerinin daha yüksek olduğu (otoyollar) ve birden fazla benzer ulaşım aksının birleştiği kavşaklar analiz bulgularında çok yüksek riskli lokasyonlar olarak sınıflandırılmıştır.

Bu bulgular, Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından tanımlanan "kara nokta" kavramı ile örtüşmektedir. Kara noktalar; belirli bir zaman diliminde benzer yol kesimlerine kıyasla daha yüksek kaza yoğunluğuna sahip olan ve mühendislik müdahalesi gerektiren kritik yol kesimleri olarak ifade edilmektedir. Bu bağlamda, çalışmada belirlenen yüksek riskli ulaşım aksları ve kavşak alanlarının, kara nokta tanımı kapsamında değerlendirilmesi mümkündür (Karayolları Genel Müdürlüğü, t.y.). Dolayısıyla, kaza potansiyeli bakımından risk teşkil eden bu lokasyonlarda, kazaları minimuma indirmek ve can güvenliğini sağlamak adına somut tedbirler almak elzemdir.

Mekânsal analiz sonuçları, kaza yoğunlaşma noktalarının (Dörtyol, ana arterler) büyük şehirlerdeki bulgularla (örn. Bursa'da Mudanya Cad., Konya'da ana caddeler) benzer şekilde yerleşim ve ticaret merkezlerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Ancak, Erzincan'ın Türkiye ortalamasından yüksek araç sahipliğine rağmen nüfus yoğunluğunun düşük olması, kaza yoğunlaşmasının mekânsal yayılımını sınırlamakta, riskin daha dar, ana akslar üzerinde yoğunlaşmasına neden olmaktadır.

AHP analizi sonuçları (Kaza Yoğunluğu %46, Hız %33), kaza riskinde hızın nispeten daha yüksek bir ağırlık taşıdığını göstermektedir. Bu durum, il merkezindeki transit geçiş potansiyeli ve karayollarının şehir içine entegrasyonu ile ilişkilidir. Bu, sadece yerleşim yoğunluğuna odaklanan diğer çalışmaların analizlerine kıyasla daha kapsamlı bir risk sıralaması sunmaktadır.

Erzincan, düşük nüfusuna rağmen sahip olduğu yüksek araç sahipliği oranı ve kaza istatistikleriyle (TÜİK, 2024), trafik güvenliğinin öncelikli bir kentsel sorun olduğunu kanıtlamaktadır. Bu araştırma, sorunun boyutlarını ve zamansal-mekânsal karakteristiğini ortaya koyarak, çözüm için veri odaklı stratejilerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu doğrultuda aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

Sıcak Nokta ve Kernel Yoğunluk analizleriyle tespit edilen kaza noktalarını öncelikli alanlar olarak belirlenmelidir. Bu noktalarda, Erzincan Belediyesi ve Karayolları Bölge Müdürlüğü iş birliğiyle;

- Recep Tayyip Erdoğan Bulvarı (Otogar Kavşağı) ve Ordu Cd. ile Milli Egemenlik Bulvarı kesişiminde yaya geçitlerinin yeniden düzenlenmesi, sinyalize hale getirilmesi ve yaya önceliğini artıracak şekilde tasarlanması,

- Erzincan-Erzurum Karayolu ile Ekşisu Cd. – Ehlibeyt Caddesi kesişiminde ve Çağlayan Yolu Cd. ile Çevre Yolu kavşağında kavşak geometrisinin dönel kavşak veya akıllı kavşak sistemine dönüştürülmesi,

- İmam Rıza Cd. ile Ehlibeyt Cd. bağlantı noktasında ve Talip Kaban Bulvarı ile 1224. Sk. kesişiminde sinyalizasyon sürelerinin özellikle yoğun saatlerde (17:00–20:00) dinamik olarak optimize edilmesi,

- Erzincan-Gümüşhane yolu (Kelkit Cd.) ile Terzi Baba Cd. bağlantı noktasında ve Binali Yıldırım Bulvarı-İtfaiye Müdürlüğü önünde görüşü kısıtlayan unsurların kaldırılması ve aydınlatmanın iyileştirilmesi,

- Mevlana Cd. - Kavakyolu Mahallesi çevresinde ve Şehit Polis Orhan Dilekçi Sk. ile Necip Fazıl 10. Cd. kesişiminde yaya ve bisiklet kullanıcılarına yönelik altyapının güçlendirilmesi, güvenli geçiş alanlarının oluşturulması ve hız düşürücü fiziksel önlemlerin uygulanması gibi fiziki mühendislik çalışmaları yapılabilir.

Erzincan İl Emniyet Müdürlüğü, kaza yoğunluğunun arttığı zaman dilimlerine (Cuma günleri, yaz ayları, 17:00-20:00 saatleri arası) ve mekânlara (tespit edilen sıcak noktalar) odaklanan dinamik denetim planları oluşturulabilir. Hız kontrolü, emniyet kemeri kullanımı ve kural ihlallerine yönelik denetimler bu riskli periyotlarda yoğunlaştırılabilir. Ayrıca, bu riskli zaman ve mekânlara yönelik yerel medya ve sosyal medya aracılığıyla kamuoyu farkındalık kampanyaları düzenlenebilir.

Bu çalışma, CBS tabanlı analizlerin anlık bir fotoğraf sunduğunu ancak kentsel dinamiklerin sürekli değiştiğini göstermiştir. Erzincan Belediyesi ve İl Emniyet Müdürlüğü bünyesinde, trafik kaza verilerinin düzenli olarak analiz edildiği bir "Trafik Güvenliği İzleme Birimi" kurulabilir. Zaman-Mekân Küpü gibi ileri analizlerle yeni ve yoğunlaşan sıcak noktalar tespit edilerek, sorun kronikleşmeden önlem alınabilir.

Sonuç olarak, bu araştırma, COVID-19 pandemisi gibi olağanüstü bir dönemin dahi trafik kazaları üzerindeki etkilerinin modern coğrafi analiz yöntemleriyle ölçülebildiğini ve bu yöntemlerin yerel yönetimler için ne denli güçlü bir karar destek aracı olabileceğini göstermiştir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.
Yazar Katkıları: Fikir- O.A.K.; Tasarım- E.G.; Denetleme- O.A.K., E.G.; Kaynaklar- E.G., O.A.K.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi- O.A.K.; Analiz ve/ veya Yorum- O.A.K., E.G.; Literatür Taraması- O.A.K., E.G.; Yazıyı Yazan- O.A.K., E.G.; Eleştirel İnceleme- O.A.K., E.G.
Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.
Finansal Destek: Yazarlar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.
Yapay Zekâ Kullanımı: Yazarlar, bu çalışmada yapay zekâ destekli herhangi bir uygulama kullanılmadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.
Author Contributions: Concept - O.A.K.; Design- E.G.; Supervision- O.A.K., E.G.; Resources- E.G., O.A.K.; Data Collection and/or Processing- O.A.K.; Analysis and/or Interpretation- O.A.K., E.G.; Literature Search- O.A.K., E.G.; Writing Manuscript- O.A.K., E.G.; Critical Review- O.A.K., E.G.
Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.
Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support.
Use of Artificial Intelligence: The authors state that no artificial intelligence-powered applications were used in this study.

Kaynakça

Abdulrazaq, M. A., & Fan, W. D. (2026). Seasonal instability indeterminants of vulnerable road user crashes: A partially temporally constrained modeling approach. *Accident Analysis & Prevention*, *224*, 108277. https://doi.org/10.1016/j.aap.2025.108277

Afolayan, A., Easa, S. M., Abiola, O. S., Alayaki, F. M., & Folorunso, O. (2022). GIS-based spatial analysis of accident hotspots: A Nigerian case study. *Infrastructures, 7*(8), 103. https://doi.org/10.3390/infrastructures7080103

Aiash, A., & Robusté, F. (2023). COVID-19 pandemic effects on traffic crash patterns and injuries in Barcelona, Spain: An interpretable approach. *Explainable artificial intelligence for intelligent transportation systems* içinde (ss. 75-92). CRC Press. https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003324140-4/covid-19-pandemic-effects-traffic-crash-patterns-injuries-barcelona-spain-interpretable-approach-ahmad-aiash-francesc-robust%C3%A9

Akın, D., & Eryılmaz, Y. (2001). *Coğrafi bilgi sistemi destekli trafik kaza analizi.* Coğrafi Bilgi Sistemi Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi.

Bíl, M., Andrášik, R., & Sedoník, J. (2019). A detailed spatiotemporal analysis of traffic crash hotspots. *Applied Geography*, *107*, 82-90. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.04.008

Bilaşco, Ş., & Man, T.-C. (2024). GIS-based spatial analysis model for assessing impact and cumulative risk in road traffic accidents via Analytic Hierarchy Process (AHP). *Applied Sciences, 14*(6), 2643. https://doi.org/10.3390/app14062643

Brody, H., Rip, M. R., Vinten-Johansen, P., Paneth, N., & Rachman, S. (2000). Map-making and myth-making in broad street: The London Cholera Epidemic, 1854. *The Lancet, 356*(9223), 64-68.

Cervero, R., & Murakami, J. (2010). Effects of built environments on vehicle miles traveled: Evidence from 370 US urbanized areas. *Environment and Planning A, 42*(2), 400-418. https://doi.org/10.1068/a4236

Chang, K. T. (2019). *Introduction to geographic information systems.* Mc Graw Hill.

Çağlıyan, A., Dağlı, D., & Ayhan, G. (2016). *Traffic accident analysis of the City of Elazığ by geographical information system*. 4th International Geography Symposium, Antalya, Turkey.

Çelik, A. K., & Senger, Ö. (2014). Risk factors affecting fatal versus non-fatal road traffic accidents: The case of Kars province, Turkey. *International Journal for Traffic and Transport Engineering, 4*(3), 339–351. 10.7708/ijtte.2014.4(3).07

Çodur, M. Y., & Tortum, A. (2015). An artificial neural network model for highway accident prediction: A case study of Erzurum, Turkey. *Promet – Traffic & Transportation, 27*(3), 217–225. https://doi.org/10.7307/ptt.v27i3.1551

Çolak, H. E., Memişoğlu, T., Erbas, Y. S., & Bediroglu, S., (2018). Hot spot analysis based on network spatial weights to determine spatial statistics of traffic accidents in Rize, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences, 11*(7). https://doi.org/10.1007/s12517-018-3492-8

De Silva, V., Tharindra, H., Vissoci, J. R. N., Andrade, L., Mallawaarachchi, B. C., Østbye, T., & Staton, C. A. (2018). Road traffic crashes and built environment analysis of crash hotspots based on local police data in Galle, Sri Lanka. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion, 25*(3), 311-318. 10.1080/17457300.2018.1431932

Değerliyurt, M., & Özşahin, E. (2012). Trafik kazalarının önlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) kullanılması: Antakya (Hatay) örneği. 1. Ulusal Karayolları ve Trafik Güvenliği Sempozyumu (6–8 Mayıs 2010). Polis Akademisi Yayınları.

Diler, Z., Haybat, H., & Özlü, T. (2023b). Trafik kazalarının zamansal ve mekânsal incelenmesi: Konya şehri örneği. *Coğrafi Bilimler Dergisi, 21*(2), 248-276. https://doi.org/10.33688/aucbd.1257076

Diler, Z., Özlü, T., & Haybat, H. (2023a). Trafik kazalarinin zamansal ve mekânsal incelenmesi: Mersin şehri örneği. *Mavi Atlas, 11*(2), 276-296. https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.1338005

Doğru, E., & Aydın, F. (2018). Coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla trafik kazalarının analizi: Karabük merkez ilçe örneği. TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, Ankara (pp. 355–369).

Dünya Sağlık Örgütü, 2020. 17.03.2025 tarihinde https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020 adresinden alınmıştır.

Dünya Sağlık Örgütü, 2025. Number of COVID-19 deaths reported to WHO (cumulative total). 17.03.2025 tarihinde https://data.who.int/dashboards/covid19/deaths?m49=792&n=o adresinden alınmıştır.

Environmental Systems Research Institute, How Create Space Time Cube Works. (https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool reference/space-time-pattern-mining/learnmorecreatecube.htm Erişim Tarihi:19-03-2025)

Environmental Systems Research Institute, How Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*) Works. (https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/h-how-hot-spot-analysis-getis-ord-gi-spatial-stati.htm Erişim Tarihi:21-03-2025)

Environmental Systems Research Institute, How Emerging Hot Spot Analysis Works. (https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/space-time-pattern-mining/learnmoreemerging.htm Erişim Tarihi:06-04-2026)

Erdoğan, S., & Güllü, M. (2004). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile trafik kazalarının analizi: Afyon örneği. J*eodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (91), 29-33. https://dergipark.org.tr/en/pub/hkmojjd/issue/53188/705676

February 13: 16 – 17; February 20: 223 – 224.

Erdogan, S., Yilmaz, I., Baybura, T., & Gullu, M. (2008). Geographical Information Systems aided traffic accident analysis system: Case study of Afyonkarahisar. *Accident Analysis & Prevention, 40*(1), 174–181. https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.05.004

Feizizadeh, B., Omarzadeh, D., Sharifi, A., Rahmani, A., Lakes, T., & Blaschke, T. (2022). A GIS-based spatiotemporal modelling of urban traffic accidents in Tabriz city during the COVID-19 Pandemic. *Sustainability, 14*(12), 7468. https://doi.org/10.3390/su14127468

Fidan, S., Yılmaz, M., Ateş, E., Altundal Öncü, M. (2024). Traffic accidents in Ankara (Turkey) from a spatiotemporal perspective: Analysis of fatalities and injuries. *Cografya Dergisi, 48,* 193-211. https://doi.org/10.26650/JGEOG2024-1438461

Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis, 24*(3), 189–206. https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x

Geurts, K., Wets, G., Brijs, T., & Vanhoof, K. (2004). Identification and ranking of black spots: Sensitivity analysis. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1897*(1), 34–42. https://doi.org/10.3141/1897-05

Gökçe, S. (2015). *Trafik kazalarının koordinat verileri ile mekânsal analizi: Ankara örneği* (Tez No: 396971). [Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurulu Tez Merkezi.

Gül, A. (2011). Osmanlı döneminde Erzincan kazasında ulaşım ve haberleşme. *History Studies* (13094688), 3(1).

Güngör, M., Vural, E., & Adıgüzel, F. (2021). Investigation of traffic accidents in the city center of Sanliurfa by using GIS. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 7*(1), 74–82. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1776440

Halim, H., Tumpu, M., Lapian, F. E., Rangan, P. R., Yunianta, A., & Yusuf, H. (2025). Patterns and sociodemographic determinants of traffic accidents in Makassar city: A study toward targeted road safety interventions. *Engineering, Technology & Applied Science Research, 15*(6), 29077-29083. https://doi.org/10.48084/etasr.13119

Haybat, H. & Karakaş, E. (2020). Relationship between daily activity areas and traffic accidents in İzmir city. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 42, 429-454. https://doi.org/10.32003/igge.670506

Haybat, H., & Karakaş, E. (2018). An analysis of traffic accidents with spatial statistical methods in Izmir province. *Social Science Development Journal, 3*(13), 599–617. https://doi.org/10.31567/ssd.126

Haybat, H., Zerenoğlu, H., & Özlü, T. (2022). Temporal and spatial analysis of traffic accidents: The case of Bursa city. *International Journal of Geography and Geography Education,* 45, 404–423. https://doi.org/10.32003/igge.1016204

Hayidso, T. H., Gemeda, D. O., & Abraham, A. M. (2019). Identifying road traffic accidents hotspots areas using GIS in Ethiopia: A case study of Hosanna Town. *Transport and Telecommunication, 20*(2), 123-132. 10.2478/ttj-2019-0011

Karagel, H. (2020). Türkiye'de coğrafyacıların sağlık coğrafyası çalışmaları üzerine bibliyotektik bir analiz. *Turkish Studies-Social Sciences, 15*(8), 3585-3610.

Karayolları Genel Müdürlüğü. (t.y.). Kara noktalar. Erişim tarihi: 13 Nisan 2026, https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Trafik/KaraNoktalar.aspx

Koch, T. (2017). *Cartographies of disease: Maps, mapping, and medicine* (p. 840). Redlands, CA: Esri Press.

Krieger, N. (2003). Place, space, and health: GIS and epidemiology. *Epidemiology, 14*(4), 384-385. doi:10.1097/01.ede.0000071473.69307.8a. PMID: 12843759.

Lloyd, G. E. R., Chadwick, J., & Mann, W. N. (Editörler). (1983). *Hippocratic writings* (Vol. 451). Penguin UK.

McLeod, K. S. (2000). Our sense of Snow: the myth of John Snow in medical geography. *Social Science & Medicine, 50*(7-8), 923-935.

Nugraha, M. A., Muhidong, J., & Soma, A. (2025). Multi-criteria decision-making in road maintenance: An AHP-GIS approach. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process, 17*(3). https://doi.org/10.13033/ijahp.v17i3.1307

Özcan, M., & Küçükönder, M. (2020). Investigation of spatiotemporal changes in the incidence of traffic accidents in Kahramanmaraş, Turkey, using GIS-based density analysis. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 48*(7), 1045–1056. 10.1007/s12524-020-01137-0

Özdoğan, İ. (2020). Türkiye sağlık coğrafyası literatürünün değerlendirilmesi. *Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6*(1), 161-192.

Özlü, T., Haybat, H., & Zerenoğlu, H. (2021). Trafik kazalarının zamansal ve mekânsal incelenmesi: Eskişehir şehir örneği. *International Journal of Geography and Geography Education* (43), 136-158. https://doi.org/10.32003/igge.746447

Patwary, A. L., & Khattak, A. J. (2023). Crash harm before and during the COVID-19 Pandemic: Evidence for spatial heterogeneity in Tennessee. *Accident Analysis & Prevention,* 183, 106988. https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.106988

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation.* McGraw-Hill. https://doi.org/10.21236/ADA214804

Saladié, Ò., Domínguez-Mallafré, M., Domènech, A., & Gutiérrez, A. (2023). 'Back to the past': The decline and rebound in traffic accident numbers in Catalonia in the context of COVID-19 lockdown and post-lockdown. *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography, 77*(2), 78–97. https://doi.org/10.1080/00291951.2023.2217818

Saifullizan, M. B., Nur, A. F. M. F., Nazirah, M. A., & Anuar, M. S. (2022). Analysis of severity level types and trends in road accident cases at Johor inter state road using Analythical Hierarchy Process (AHP) and Geographical Information System. I*nternational Journal of Integrated Engineering, 14*(9), 66–73.

Saplıoğlu, M., & Karaşahin, M. (2006). Coğrafi Bilgi Sistemi yardımı ile Isparta ili kentiçi trafik kaza analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12*(3), 321-332. https://dergipark.org.tr/tr/pub/pajes/issue/20521/218519#article_cite

Sheather, S. J. (2004). Density Estimation. Statistical Science, 19(4), 588–597. http://dx.doi.org/10.1214/088342304000000297

Silverman, B. W. (1998). *Density estimation for statistics and data analysis*. Chapman & Hall/CRC. https://doi.org/10.1201/9781315140919

Siyavuş, A. E. (2022). Üsküdar'da meydana gelen trafik kazalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla analizi. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi, 5*(1), 65-82. https://doi.org/10.38002/tuad.1097692

Snow, J. 1858. "Drainage and Water Supply in Connection with the Public Health." Medical Times and Gazette.

Tola, A. M., Demissie, T. A., Saathoff, F., & Gebissa, A. (2021). Severity, spatial pattern and statistical analysis of road traffic crash hot spots in Ethiopia. *Applied Sciences, 11*(19), 8828. https://doi.org/10.3390/app11198828

Tona, A. U., Maraş, E. E., & Demir, V. (2024). Mevcut kavşakların işlevlerinin (yoğunluklarının) CBS ortamında değerlendirilmesi: Samsun- Atakum örneği. *Geomatik, 9*(1), 12-26. https://doi.org/10.29128/geomatik.1258135

Toprakçı, B. B., (2007). *İstanbul Kadıköy C bölgesinde meydana gelen trafik kazalarının coğrafi bilgi sisteminde incelenmesi* (Tez No: 201282). [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurulu Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=1_KsDbrsrfuiBUslnJoM5w&no=Gd7UV_qwgP62-FKHE7Ggmw adresinden alınmıştır.

Tuncuk, M., & Karaşahin, M. (2004). Coğrafi Bilgi Sistemleriyle Şehir İçi Trafik Kaza Analizi: Isparta Örneği. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 17. Teknik Kongre ve Sergisi, 15-16-17 Nisan, İstanbul.

Turab, D., Muzaffar, S., Nadeem, L., Li, J., Wang, Y., Mahmood, T., & Saba, T. (2026). Data-driven analysis and prediction of traffic accident dynamics using spatiotemporal modeling and optimized machine learning techniques. *International Journal of Data Science and Analytics, 22*(1), 28. DOI:10.1007/s41060-025-00938-1

Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). Motorlu kara taşıt istatistikleri, 2024 (Haber Bülteni). https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr

Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). Karayolu trafik kaza istatistikleri, 2023 (Haber Bülteni). https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-Istatistikleri-2023-53479

Uyurca, Ö., & Atılgan, İ. (2018). Ankara ilinde meydana gelen trafik kazalarının incelenmesi. *Kent Akademisi, 11*(4), 618-626.

Vale, F. (2018). Spatial data mining II; A deep dive into space-time analysis. ESRI Federal GIS Conference. https://proceedings.esri.com/library/userconf/fed18/papers/fed-134.pdf

Valent, F. (2022). Road traffic accidents in Italy during COVID-19. *Traffic Injury Prevention, 23*(4), 193-197. https://doi.org/10.1080/15389588.2022.2047956

Vandoros, S. (2022). COVID-19, Lockdowns and motor vehicle collisions: Empirical evidence from Greece. *Injury Prevention, 28*(1), 81-85. https://doi.org/10.1136/injuryprev-2020-044139

Vinten-Johansen, P., Brody, H., Paneth, N., Rachman, S., Rip, M., & Zuck, D. (2003). *Cholera, chloroform, and the science of medicine: A life of John Snow*. Oxford University Press.

Vural, E. (2019). Viranşehir (Şanlıurfa) Şehir Merkezi'ndeki trafik kazalarının coğrafi analizi (2013–2017). *Kent Akademisi, 12*(2), 340–363. https://doi.org/10.35674/kent.540211

Yalcin, G., & Duzgun, H. S. (2015). Spatial analysis of two-wheeled vehicles traffic crashes: Osmaniye in Turkey. *KSCE Journal of Civil Engineering, 19*(7), 2225–2232. https://doi.org/10.1007/s12205-015-0661-0

Yalçın, M. A., Köfteci, S., Şan, B. T., & Burgan, H. İ. (2026). A GIS-based approach to analyzing traffic accidents and their spatial and temporal distribution: A case study of the Antalya city center. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 15*(1), 19. https://doi.org/10.3390/ijgi15010019

Yasin, Y. J., Grivna, M., & Abu-Zidan, F. M. (2021). Global impact of COVID-19 Pandemic on road traffic collisions. *World Journal of Emergency Surgery*, 16, 1-14. https://rdcu.be/ed2e0

Yıldırım, V., Yurdakul, E., Adana Karaağaç, G., Koçer, M., & Uyguçgil, H. (2023). Eskişehir kent merkezindeki trafik kazalarının zamana bağlı konumsal analizi. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi, 4*(1), 17-32. https://doi.org/10.48123/rsgis.1167844

Yılmaz, İ., Erdogan, S., Baybura, T., Güllü, M., & Uysal, M. (2007). Cografi Bilgi Sistemi yardımıyla trafik kazalarının analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7*(2), 135-150. https://izlik.org/JA88KH56HC

Yohannes, A. Y. W., & Minale, A. S. (2015). Identifying the hot spot areas of road traffic accidents. *Jordan Journal of Civil Engineering, 9*(3), 358-370.

Zerenoğlu, H. (2020). *Trafik kazalarının mekânsal analizi: Eskişehir örneği* (Tez No: 633905). [Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurulu Tez Merkezi.