



COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ DESTEKLİ MEKÂNSAL İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER KULLANILARAK KONYA ŞEHRİNDE TRAFİK KAZA KARA NOKTALARININ BELİRLENMESİ ¹

Determination of Traffic Accident Black Spots in Konya City Using Geographic Information Systems-Supported Spatial Statistical Methods

İlknur KINALIOĞLU², Mehmet DENİZ³

Öz

Günümüz kentlerinin en önemli sorunlarından biri de trafik problemidir. Bu problem park yeri bulma, trafik yoğunluğu, sinyalizasyon problemleri, kazalar vb şeklinde çoğaltılabilir. Özellikle trafik kazaları neden oldukları can ve mal kaybı ile bu problemin en dikkat çeken yönüdür. Bu sebeple trafik kazaları ile ilgili akademik çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Kazaların yoğunluk tespitinde birçok yöntem kullanılsa da bunların içinde en popüler olanı kara nokta analizleridir. Kara noktaların bilimsel yöntemler ile tespit edilmesiyle trafik güvenlik politikaları daha etkili bir şekilde ortaya konabilir.

Bu çalışmada çalışma alanı olarak Konya şehrinin metropol ilçeleri olan Meram, Selçuklu ve Karatay seçilmiştir. Çalışmanın amacı adı geçen ilçelerde coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak mekânsal istatistiksel yöntemler yardımıyla trafik kaza kara noktalarını tespit etmektir. Yöntem olarak Moran's I, Anselin Lokal Moran's I, Getis-Ord Gi ve Geary's C mekânsal otokorelasyon indisleri ve çekirdek yoğunluk tahmin edicisi (Kernel Density Estimation) ve mekansal enterpolasyon (IDW) uygulanmıştır. Araştırmada kullanılan veriler 2017-2022 yılları arasında Konya şehrinde meydana gelen ölüm ve yaralanmalı trafik kazalarına ilişkin kaza tutanaklarından derlenmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre şehirde 32 trafik kaza kara noktası tespit edilmiştir. Kazaların yoğunlaştığı yerlerde istatistiksel açıdan anlamlı kümelenmelerin olduğu görülmüştür. Bu bulgulara dayanarak şehirde kazalara sebep olan faktörler ortaya konmuş ve sahadaki yaralanmalı ve ölümlü kazaların azaltılabilmesi için çözüm önerileri getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi bilgi sistemleri, mekânsal istatistiksel yöntemler, mekânsal otokorelasyon, mekansal kümeleme, sıcak nokta analizi, trafik kaza analizi, trafik kaza kara nokta analizi

Abstract

One of the most important problems of today's cities is the traffic problem. This problem can be multiplied as finding parking spaces, traffic density, signalization problems, accidents, etc. Especially traffic accidents are the most striking aspect of this problem with the loss of life and property they cause. For this reason, the number of academic studies on traffic accidents is increasing day by day. Although many methods are used to determine the intensity of accidents, the most popular among them is black spot analysis. By identifying black spots with scientific methods, traffic safety policies can be put forward more effectively.

In this study, Meram, Selçuklu and Karatay, which are the metropolitan districts of Konya city, are selected as the study area. The aim of the study is to identify traffic accident black spots with the help of spatial statistical methods using geographic information systems in the mentioned districts. Moran's I, Anselin Local Moran's I, Getis-Ord Gi and Geary's C spatial autocorrelation indices and Kernel Density Estimation and spatial interpolation (IDW) were applied as methods.

¹ Bu makale İlknur KINALIOĞLU'nun, Mehmet DENİZ danışmanlığında hazırladığı aynı isimli yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

² Sorumlu yazar, ORCID ID: 0009-0005-2349-7982, ilknurkinalioglu@gmail.com

³ Prof. Dr., Uşak Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, 0000-0002-7696-045X, mehmet.deniz@usak.edu.tr

The data used in the study were compiled from accident reports of traffic accidents with fatalities and injuries that occurred in Konya between 2017 and 2022.

According to the research results, 32 traffic accident black spots were identified in the city. Statistically significant clusters were observed where accidents were concentrated. Based on these findings, the factors that cause accidents in the city have been revealed and solutions have been proposed to reduce the number of injury and fatal accidents in the field.

Keywords: Geographic information systems, spatial statistical methods, spatial autocorrelation, spatial clustering, hot spot analysis, traffic accident analysis, traffic accident black spot analysis

GİRİŞ

Trafik kazaları, her yıl binlerce can kaybı ve yaralanmaya neden olarak hem bireysel hem de toplumsal düzeyde büyük sosyo-ekonomik sorunlar yaratmaktadır. Bu kazalar sağlık sistemleri üzerinde baskı oluşturur ve ekonomik kayıplara yol açar. Bu nedenle, trafik güvenliğinin artırılması ve trafik kazalarının önlenmesi, toplumsal açıdan büyük bir öneme sahiptir. Trafik güvenliğini artırmak için hem bireysel sürücüler hem de toplum için çeşitli önlemler alınmalıdır. Eğitim ve farkındalık çalışmaları, trafik güvenliği bilincinin oluşturulmasında önemli bir rol oynar. Bu çalışmalar, trafik kurallarına uymamanın yaratacağı riskler hakkında bilgi vererek, sürücülerin, yayaların ve yolcuların farkındalığını artırabilir.

Teknolojik gelişmeler trafik güvenliğine önemli katkılar sağlamaktadır. Araç içi güvenlik sistemlerinin yanı sıra, kent ve otoyol yönetimlerinin akıllı trafik yönetim sistemleri gibi araç dışı çözümler de trafik güvenliğini artırmaktadır. Bu sistemler, trafik akışını düzenleyerek kazaların riskini azaltabilir. Trafik güvenliğinde bir diğer önemli faktör, trafik kaza kara noktalarının tespitidir. Bu noktalar, kazaların sık görüldüğü ve güvenliğin ihlal edildiği alanlardır. Bu noktaların belirlenmesi, kazaların önlenmesi için önemlidir ve trafik akışının düzenlenmesi, hız sınırlarının gözden geçirilmesi gibi tedbirler alınabilir.

Modern teknolojik araçlar ve analitik yöntemlerle trafik kaza kara noktalarının tespiti daha hassas hale gelmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli mekânsal istatistiksel yöntemler, bu noktaların tespiti ve analizinde önemli bir rol oynamaktadır. CBS, trafik güvenliği politikalarının geliştirilmesi ve kazaların önlenmesi için stratejik adımlar atılmasına olanak tanır. Mekânsal istatistiksel yöntemler ise trafik kazalarının nedenlerini ve riskli bölgeleri analiz etmede etkili araçlardır. Bu yöntemler, kaza kara noktalarının belirlenmesindeki hata payını azaltır ve daha doğru analiz sonuçları sağlar.

Bu çalışma, Coğrafi Bilgi Sistemleri destekli mekânsal istatistiksel yöntemler kullanarak Konya şehrindeki trafik kaza kara noktalarını tespit etmeyi amaçlamaktadır. Alt amaçlar arasında trafik kazalarının zamansal dağılımlarının analiz edilmesi, kaza noktalarının mekânsal çeşitliliği, kaza türlerinin sınıflandırılması ve kazalardaki ölüm ve yaralı sayılarının betimsel istatistiklerinin çıkarılması yer almaktadır. Çalışma, trafik kaza riski yüksek bölgelerin tespitine ve trafik güvenliği politikalarının geliştirilmesine katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Konya'daki trafik kazalarının analizi, şehirdeki trafik güvenliği politikalarının etkinliğini artırmak için önemlidir. Bu çalışma, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve mekânsal istatistiksel yöntemlerin kullanımını değerlendirerek, trafik güvenliği durumunun anlaşılmasına ve gelecekteki kazaların önlenmesine yönelik stratejik adımlar atılmasına katkı sunabilir. Bu yöntemlerin trafik kazalarının nedenlerini anlamada, riskli bölgeleri belirlemede ve güvenlik politikalarını geliştirmede önemli araçlar olduğu görülmektedir.

Literatür

Her yıl trafik kazalarında yaklaşık 1.35 milyon insan hayatını kaybetmektedir. Ölümlerin yanı sıra bu kazalarda 50 milyon dolayında da yaralı vardır (www.afro.who.int). Can kayıpları ve yaralanmalar ile çok büyük kayıplara yol açan trafik kazalarının dünya ekonomisine etkisi yıllık olarak 1,8 trilyon doları dolayındadır (Chen vd., 2019). Türkiye'de kazalar ile ilgili genel bilgilere TÜİK raporlarından ulaşılabilmektedir. Türkiye genelinde 2021 yılında ölümlü ve yaralanmalı 187693 trafik kazası olmuştur (TÜİK, 2021). Bu kazalarda 5 362 kişi hayatını kaybederken 274 615 kişi de yaralı olarak kurtulmuştur. Ölenlerin büyük kısmını 25-64 yaş (3067 kişi) arasındaki bireyler oluşturur. Ancak burada bir hususa değinmek gerekmektedir. Türkiye'de tutulan kaza kayıtlarında sadece kaza yerinde ölüm gerçekleşmişse kaza ölümlü olarak nitelendirilmektedir. Bu nedenle yukarıdaki istatistikte kaza yerinde hayatta olan ancak hastaneye giderken veya ileri bir tarihte hastanede can kaybı yaşanan kazalar ölümlü kazalara dahil değildir. Bu kazalarda ölüm olay yerinde olmadığı için yaralanmalı kaza olarak geçmektedir. Dolayısıyla ölümlü kazaların burada zikredilenden çok daha fazla olduğuna dikkat çekmek gerekir.

Trafik kaza analizleri kazaların neden ve sonuçlarını bulmaya çalışan tüm araştırmaların genel adıdır. Kaza analizi, trafik kazalarının nedenlerini ve sonuçlarını tespit ederek, trafik güvenliği farkındalığı ve daha güvenli trafik ortamları için lazım olan önlemlerin alınmasını sağlar (Janani & Devi, 2016). Trafik kazaları veri toplama, veri analizi ve sonuçlarından

yorumlanmasından oluşan üç aşamalı bir yapıdadır. İlk aşama kazaya ait verilerin tutulduğu kaza, polis ve hastane kayıtları elde edilir. İkinci aşamada, bu veriler uzmanlar eliyle analize tabi tutulur. Son olarak, bulgulara göre yorumlar yapılır, kazaların sebepleri ve nerelerde yoğunlaştıkları bulunur ve öneri getirilir (Kınalıoğlu, 2024).

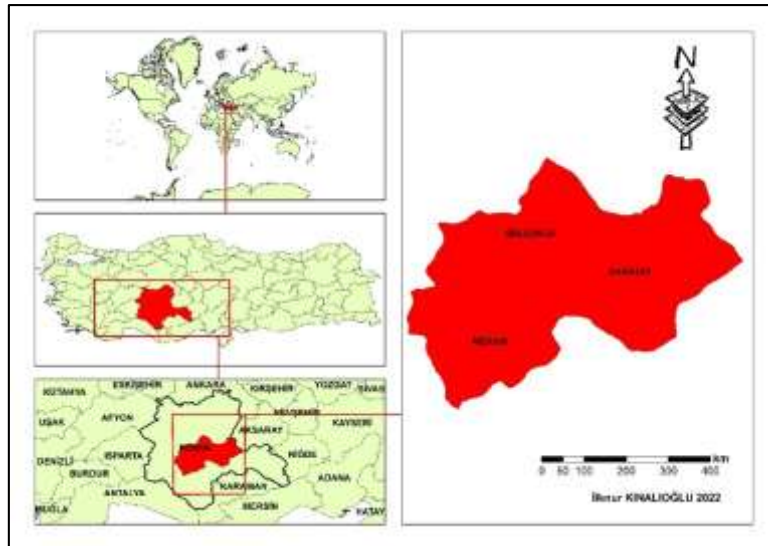
Şehirsiz alanların kullanım süreçlerinin analizinde coğrafi bilgi sisteminin kullanımı literatürde geniş bir yer tutar (Topuz ve Deniz, 2022; Deniz ve Topuz, 2018; Özdemir ve Yasak, 2024; Topuz ve Deniz, 2023; Özdemir, Özav ve Yasak, 2022). Son yıllarda CBS'nin yaygınlaşmasıyla kara nokta tespitinde bu programları yardımıyla analizler gerçekleştirilmeye başlamıştır. Örneğin 2005-2012 yılları arasındaki verilere dayanan CBS yardımıyla yapılan bir çalışmada kazaların mevsimsellik gösterdiğine ve CBS teknolojilerinin bunu tespit etmede başarılı olduğuna değinilmiştir (Çodur ve ark. 2015). Bazı araştırmalarda ise kara nokta tespitinin yanında Ampirik Bayes yöntemi ile beklenen kaza sayılarına ilişkin tahminler yer almaktadır. 20 kara noktanın tespit edildiği çalışmada Poisson regresyon, NB regresyon ve Ampirik Bayes gibi istatistiksel yöntemlere başvurulmuştur (Dereli ve ark. 2015). Lokal çalışmaların yanı sıra Türkiye geneli ile ilgili yapılan çalışmalar da dikkat çekicidir. Bu amaçla yapılan bir çalışmada Kara Yolları Genel Müdürlüğü (KGM) sorumluluğundaki 2048 farklı karayolunda kaza oranı, kaza frekansı, kaza şiddeti, Getis Ord Gi, Moran's I, poisson regresyon, negatif binomiyal regresyon ve ampirik bayes teknikleri yardımıyla kaza kara noktaları tespit edilmiştir (Dereli, 2016).

Araştırmalarda yoğun olarak CBS destekli çekirdek yoğunluk tahmin edicisi (Kernel Density Estimation Kernel Density ve Hotspot analizleri (Geymen ve Dedeoğlu, 2016; Doğru ve Aydın, 2018) kullanılmaktadır. Sebepleri çoğaltılabilmekle beraber lokasyon olarak bakıldığında kazaların genellikle kavşaklarda yoğunlaştığı görülmektedir (Şişman ve ark., 2010; Ertunç ve ark., 2016; Doğru ve Aydın, 2018; Vural, 2019; Siyavuş, 2022). Bu durum araçların bu noktalarda karşı karşıya gelmelerinden kaynaklanmakta ve dikkatsizlik halinde kaza ihtimali de artmaktadır.

Üsküdar-İstanbul özelinde yapılan çalışmalarda kazaların sebepleri ve lokasyonları üzerinde durulmuştur. Araştırmaya göre kazaların çoğu sürücü dikkatsizliği nedeniyle gerçekleşmekte ve kazalar bağlantı kavşakları oldukları için 15 Temmuz Şehitler Köprüsü (Boğaziçi Köprüsü) girişi, Altunizade ve Paşa Limanı Caddesi'nde sıklaşmaktadır (Siyavuş, 2022).

ARAŞTIRMA SAHASI

Çalışma alanı, İç Anadolu Bölgesi'nin önemli bir şehir yerleşmesi olan Konya'dır. Şehir bölgenin Konya Bölümü'nde yer almakta olup, Meram, Karatay ve Selçuklu adında üç metropol ilçeden oluşur. Araştırmaya konu olan toplam saha yaklaşık olarak 6580 km²'dir (Harita 1).



Harita 1. Çalışma Alanının Lokasyon Haritası (Kınalıoğlu, 2024, s. 37)

TRAFİK KAZA KARA NOKTALARININ ANALİZİ ve TANIMLANMASI

Trafik kaza kara noktaları kavşaklar, dar yollar, yaya geçitleri, okul önleri ve işlek caddeler gibi trafik güvenliğinin düşük olduğu yüksek kaza riski olan alanlardır. Uluslararası literatürde kazaların karayolları üzerinde yoğunlaştığı yerlere verilen isimdir (Maher & Mountain, 1988). Bu noktaların tespit edilip çeşitli önlemler alınması güvenli trafik yönetimine katkı sağlamaktadır. Trafik kaza kara noktalarının tespitinde kullanılan yöntemlere kaza frekansı, kaza tekrarı oranı, tablo (sayı-

oran), eşdeğer ağırlık (kaza şiddeti) ve oran-kalite kontrol yöntemleri örnek gösterilebilir (Saplıoğlu & Kardeşahin, 2006). Bu yöntemlerden tercih edilmesinde bölgeden bölgeye öne çıkan özellikler yer almakta olup her ülke kendi standardını belirlemektedir. Öyle ki Avrupa ülkeleri içinde dahi farklı yöntemlere başvurulduğu görülmektedir (Elvik, 2007). Türkiye’de kara noktaların tanımlanmasında oran-kalite kontrol yöntemi ön plana çıkmaktadır (Güler, 2017).

TRAFİK KAZA KARA NOKTALARININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN MEKÂNSAL İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER

Mekânsal istatistiksel analizler coğrafi verilerin dağılışı, yoğunluğu, korelasyonları mekânsal ilişkilerini ve coğrafi desenlerin anlaşılmasını sağlamaktadır. Cressie ve Moores (2020) mekânsal istatistiksel analizleri mekânsal özelliklerin sayısal analizini amaçlar şeklinde özetler. Trafik kaza kara noktaları da mekânsal veri içeren bilgilere dayanarak sahadaki kaza yoğunluk alanlarının tespit edilmesi işidir. Bu noktaların tespitinde birçok yöntemden faydalanılırken gerek verinin gerek sahanın özelliklerine göre farklı istatistik analizlere başvurulabilirken, gerekli durumlarda yöntemler yeni durumlara modifiye edilirler. Trafik kaza kara noktaları tespitinde en çok kullanılan yöntemlere noktasal yoğunluk analizleri, kümeleme analizleri, regresyon analizleri, çok kriterli karar verme yöntemleri, makine öğrenmesi algoritmaları vb. örnek gösterilebilir. Çekirdek Yoğunluk Tahmini (Kernel Density Estimation - KDE) ve Mekânsal Otokorelasyon analizleri en çok kullanılan tahmin araçlarıdır.

Çekirdek Yoğunluk Tahmini (Kernel Density Estimation - KDE)

Bu analiz kaza lokasyonlarının sıklığına bağlı olarak oluşturulan yoğunlukları haritalandırır. Bazı araştırmacılara göre uzun süredir kullanılan bir yöntemdir (Xie & Yan, 2013). Analizde kazaların yoğun olarak işaretlendiği alanlar kara nokta olarak temsil edilir. Bu tahmin yönteminin uygulandığı çok sayıda araştırma göze çarpmaktadır (Bil et al., 2013; Sandhu et al., 2016; Thakali et al., 2015). Çalışmalar genel olarak iki türe ayrılmaktadır : Düzlemsel (planar KDE) ve ağsal (network KDE) (Xie & Yan, 2008).

Mekânsal Otokorelasyon

Bu yöntemlerden mekânsal karar alma süreçlerinde faydalanılır. Dağılımdaki mekânsal düzen ve ilişkilerin incelenmesini içerir. Coğrafi gözlem biriminin özelliklerinin çevre birimler ile olan ilişkilerini açıklamaya çalışır (Getis, 2009). Mekânsal Otokorelasyon Global ve lokal mekânsal otokorelasyon olarak ikiye ayrılabilir.

Global mekânsal otokorelasyon coğrafi desenlerin ve olayların dağılımında geniş bir bölge veya sahadaki tüm birimler arasındaki korelasyonu ortaya koyarken, lokal mekânsal otokorelasyon alt bölgeler, daha küçük sahalar veya nokta gruplarının birbirleri ile olan korelasyonunu ortaya koyar.

Moran’s I (Moran, 1948), Gear’s C (Geary, 1954), Anselin Moran’s I (Anselin, 1995) ve Getis-Ord Gi (Getis & Ord, 1992) gibi indisler Mekânsal otokorelasyonun ve kümelenme mekân ilişkilerinin istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığının tespitinde kullanılır. Bu indislerde Z-puanı, mekânsal otokorelasyonun varlığını, P-değeri ise analizin anlamlılığını test etmek için yararlanılan değerlerdir.

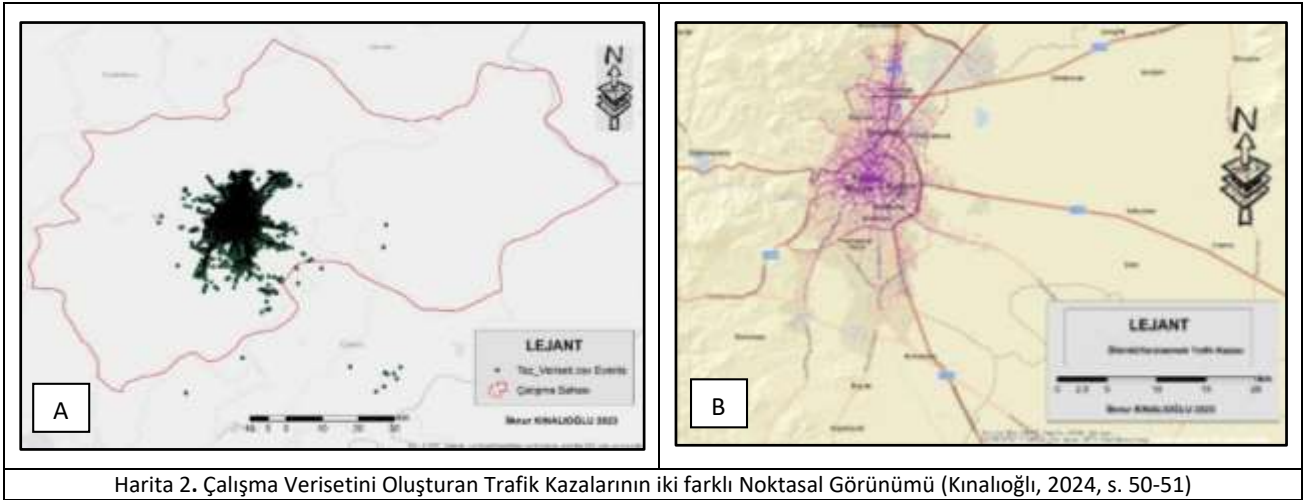
YÖNTEM

Veri seti

Çalışmada bulgular iki farklı türde oluşturulmuştur. İlk bulgu grubu trafik kazalarını farklı değişkenlere göre sınıflandırmaya dayanmıştır. Daha sonra ise kazaların sıklıklarına göre kara nokta tespiti yapılmıştır. Mekânsal istatistiklerin yapılmasında ArcGIS 10.8 ve R programlarından yararlanılmıştır. Çalışmada veri analize hazır hale getirildikten sonra otokorelasyon testleri, mekânsal enterpolasyon ve çekirdek yoğunluk tahmini uygulanmıştır. Mekânsal otokorelasyon testlerinde Moran’s I, Anselin Moran’s I, Getis-Ord Gi ve Geary’s C indisleri dikkate alınmıştır.

Çalışmada 2017-2022 yılları arasında Konya şehrindeki 16638 trafik kazası analize alınmıştır. Bu kazalara ait bilgiler Konya İl Emniyet Trafik Denetleme Şube Müdürlüğünde (KİETDŞM) tutulan kaza trafik tutanaklarından elde edilmiştir. Kazalara ait veriler emniyet mensuplarınca dijital ortamda arşivlenmektedir. KİETDŞM’den dijital olarak sağlanan verisetinden yararlanılarak “il, ilçe, kaza tarihi, yerleşim yeri, oluş türü, araç sayısı, kavşak, yaralı sürücü, yaralı yaya, yaralı sayısı, yaralı durumu, ölü yolcu, ölü yaya, ölü sürücü, ölü durumu, yol türü, enlem ve boylam” olmak üzere 18 farklı değişkenin 16000’i aşan özelliği incelemeye alınmıştır.

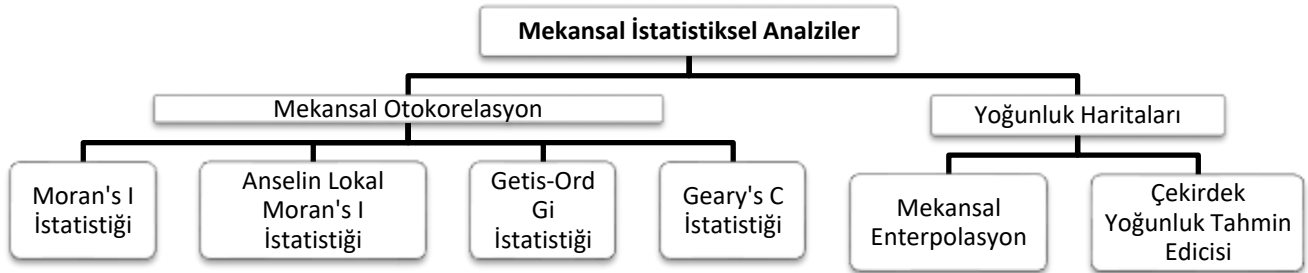
KİETDŞM’den dijital olarak sağlanan *.csv formatındaki veriseti ArcGIS 10.8 yazılımına aktararak *.shp formatına dönüştürülmüştür. *.shp dosyasından kaza noktaları haritalandırılarak analize alınacak verilerin konumları görselleştirilmiştir (Harita 2). Araştırma sahasındaki yol verisi overpass-turbo.eu sitesinden elde edilmiş ve *.kml formatındaki veri aynı program ile analize hazır hale getirilmiştir.



Haritalardan da görüleceği üzere kaza noktalarından bazıları kentin çok uzağındaki lokasyonları göstermektedir. Bu kaza tutanağının tutulduğu sırada hatalı veri girişlerinden kaynaklanan aykırı verilerdir. Analizde olumsuz sonuçların önüne geçmek için böyle veriler elemine edilmiştir. Bir kısım kaza noktasının ise yolların uzağında olduğu gözle yapılan incelemeler sonucunda tespit edilmiştir. Bu tip noktaları yollarla çakıştırmak amacıyla ArcGIS 10.8 yazılımında yer alan "Near Analysis" baş vurulmuştur. Daha sonra veriler ileri analizler için aynı programdaki "Integrate" ve "Collect Events" e tabi tutulmuştur. Integrate işleminde 100 m tolerans ile yakın sahalarda meydana gelen trafik kazaları tek bir konumda birleştirilmiştir. Bu veri "Collect Events" işlemi ile ağırlıklı noktasal verilere dönüştürülmüş ve üretilen "Icount" değişkeni diğer analizlerde parametre olarak kullanılmıştır.

Mekânsal İstatistiksel Analiz Süreci

Mekânsal istatistiksel analizler iki farklı kategoride uygulanmıştır. Bunlar Mekânsal Otokorelasyon ve Yoğunluk haritalarıdır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak tespit edilen noktaların doğrulanması sağlanmıştır. Mekânsal Otokorelasyon ve Yoğunluk analizlerinde kullanılan istatistikler Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1. Çalışmada uygulanan Mekânsal İstatistiksel Analizler (Kınaloğlu, 2024, s. 53)

BULGULAR

TRAFİK KAZA ANALİZİNE İLİŞKİN BULGULAR

Bu bölümde kazalar önce saat, gün, ay, yıl, oluş türü, kavşak türü, ilçe değişkenlerine göre betimlenmiştir. Sonra ise kazalar ölü ve yaralı sayılarına ilişkin bulgular şeklinde ilçelere göre betimlenmiştir.

Kaza Sayılarına İlişkin Betimsel Bulgular

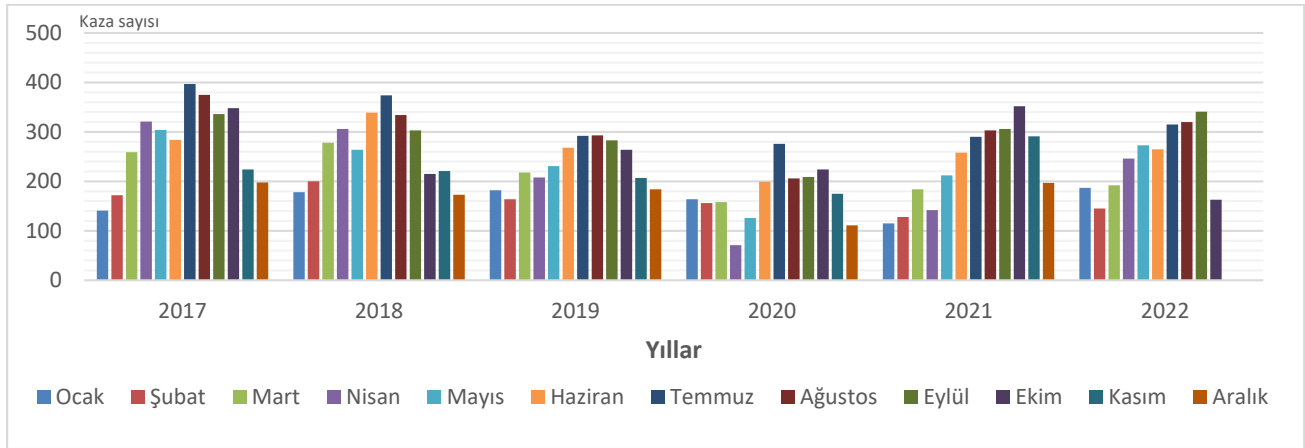
- **Yıllara ve Aylara Göre Kaza Sayısı Analizi**

Konya şehrinde kazaların 2017 yılından günümüze gelene kadar azaldığı göze çarpar (Tablo 1 ve Şekil 2). 2020 yılında Türkiye genelinde trafik kazalarında pandemi nedeniyle bir düşüş görülmüştür (Yöntem vd., 2024). Benzer bir durumun

araştırma sahasında görüldüğünü söylemek mümkündür. Analize dahil edilen yıllar içinde 2020 yılı hem toplamda hem de aylar açısından dikkate alındığında kaza sayılarının düşüklüğü göze çarpar. Kaza vakalarındaki bu düşüşün sebebi kuşkusuz Covid-19 salgını ve bu salgının akabinde ilan edilen sokağa çıkma yasağı ve çeşitli kısıtlamalardır. Bununla birlikte son yıllarda alt ve üst geçitlerin sayısının artması, çevre yollarının şehir içi trafiği rahatlatması ve sinyalizasyon çalışmaları kaza sayısının düşmesinde etkili olmuştur.

Tablo 1. Yıllara ve Aylara Göre Kaza Sayıları

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
2017	141	172	259	321	304	284	397	375	336	348	224	198	3359
2018	178	200	278	306	264	339	374	334	303	215	221	173	3185
2019	182	164	218	208	231	268	292	293	283	264	207	184	2794
2020	164	156	158	71	126	199	276	206	209	224	175	111	2075
2021	115	128	184	142	212	258	290	303	306	352	291	197	2778
2022	187	145	192	246	273	265	315	320	341	163	-	-	2447
Toplam	967	965	1289	1294	1410	1613	1944	1831	1778	1566	1118	863	16638



Şekil 2. Yıllara ve Aylara Göre Kaza Sayıları

2020 yılı da dahil olmak üzere analiz periyodunun tamamında kazalar temmuz, ağustos, eylül ve haziran aylarında en yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Bunda kuşkusuz trafiğe çıkan araç sayısının artmasının etkisi büyüktür. Kış aylarında hava ve yol koşullarının kötü, görüş alanının sınırlı olmasına rağmen daha dikkatli araç sürülmesi, hız yapılmaması gibi faktörlerin ve trafiğe çıkan araç sayısının etkili olduğu çeşitli araştırmalarda belirtilmiştir (Aktaş vd., t.y.; Bilgin, vd., 2013). Konya'nın Türkiye'de doğu-batı ve kuzey-güney yönlü ana bir kavşak konumunda olması yaz aylarında transit geçişlerin sayısını arttırmaktadır. Bununla birlikte şehrin turizm potansiyeli de bir çekicilik olarak şehre giren araç sayısını artırır. Ayrıca yaz aylarında tarımsal etkinlikler de trafiğe çıkan araç sayısını etkiler. Yaz mevsimlerinde yurtdışında yaşayan Türk nüfusun Türkiye'ye olan ziyaretleri ve bu nüfusun önemli bir kısmının kendi taşıtları ile ülkeye gelmesi de taşıt yoğunluğunu arttırmaktadır. Kış aylarında ise özellikle Aralık, Ocak ve Şubat'ta kaza frekansı düşmektedir. Bunda büyük oranda öğrencilerin servisleri kullanmaları, hava koşulları sebebiyle toplu taşımının yaygınlaşması ya da yaya olarak ulaşım sağlanması etkilidir. Trafikteki araç sayısının azalması kaza oranını da düşürmektedir.

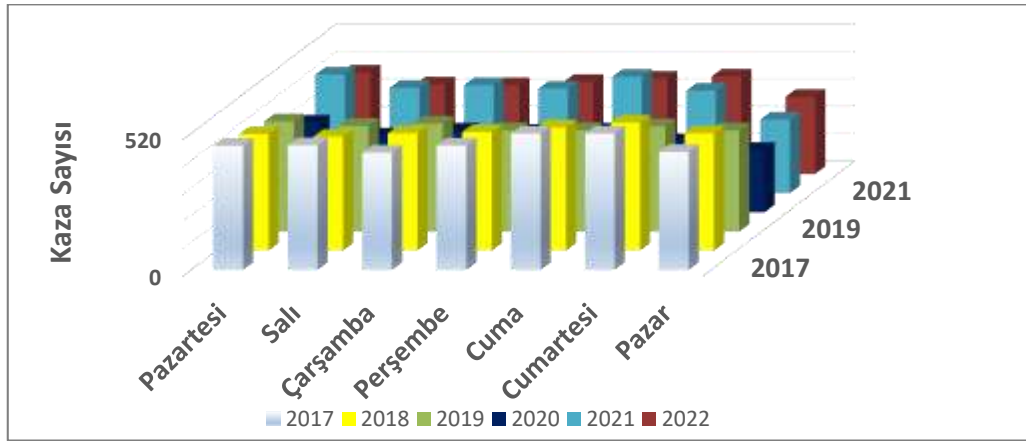
• Günlere Göre Kaza Sayısı Analizi

Konya şehrindeki kazalar haftanın günlerine göre incelendiğinde Pazartesi günlerinin en sık kaza görülen gün olduğu dikkat çeker. Analiz dahilindeki yıllarda Pazartesi günleri 2519 kaza gerçekleşmiştir. Pazartesi gününden sonra Cuma günleri (2496 gün) kazaların sık olduğu ikinci gündür (Tablo 2 ve Şekil 3). Literatür incelendiğinde Pazartesi ve Cuma günleri genel olarak trafik kazalarının en sık yaşandığı günlerdir (Özlü, vd., 2021).

Tablo 2. Günlere Göre Kaza Sayıları

Gün	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Toplam
Pazartesi	473	445	420	342	452	387	2519

Salı	475	434	403	293	401	341	2347
Çarşamba	447	448	411	312	412	339	2369
Perşembe	474	452	386	307	398	351	2368
Cuma	520	470	387	312	444	363	2496
Cumartesi	520	488	401	271	391	372	2443
Pazar	450	448	386	238	280	294	2096
Toplam	3359	3185	2794	2075	2778	2447	16638



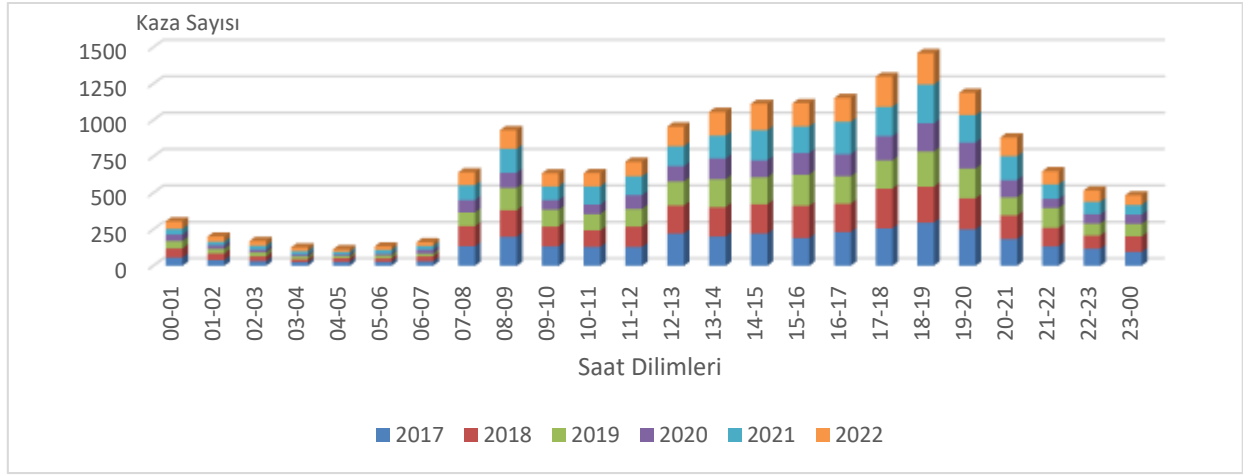
Şekil 4. Günlere Göre Kaza Sayıları

- **Saat Dilimlerine Göre Kaza Sayısı Analizi**

Trafik kazaları genel olarak iş saatleri içinde gerçekleşmektedir. Kazalar üzerinde yapılan çalışmalar da bunu göstermektedir (Özlü, vd., 2021). Araştırma sahası olan Konya şehrinde de kazaların en sık görüldüğü saatler 18-19 saatleri arasındır. Günün yeni başladığı 04-05 civarları ise en az kaza görülen saatlerdir (Tablo 3 ve Şekil 4).

Tablo 3. Saat Dilimlerine Göre Kaza Sayıları

Saat A.	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Saat A.	2017	2018	2019	2020	2021	2022
00-01	56	64	51	43	39	52	12-13	222	191	166	105	137	135
01-02	39	46	31	26	24	35	13-14	201	201	193	142	157	162
02-03	32	32	28	19	27	32	14-15	221	201	186	116	207	181
03-04	25	20	19	13	24	25	15-16	190	222	213	149	183	160
04-05	28	24	16	9	18	18	16-17	232	194	189	151	223	163
05-06	27	24	21	11	26	24	17-18	257	273	193	167	202	207
06-07	30	35	19	26	26	26	18-19	296	248	241	194	266	215
07-08	134	138	94	85	102	89	19-20	250	213	205	178	189	153
08-09	199	183	153	104	165	127	20-21	184	161	125	118	164	129
09-10	133	136	115	67	94	90	21-22	133	128	136	62	100	90
10-11	129	114	112	66	124	91	22-23	117	90	82	65	85	78
11-12	129	140	121	95	129	100	23-00	95	107	85	64	67	65



Şekil 5. Saat Dilimlerine Göre Kaza Sayıları (Kınalıoğlu, 2024, s. 62)

- **Oluş Türüne Göre Kaza Sayısı Analizi**

KİETDŞM'den derlenen verilere göre araştırma sahasında gerçekleşen kazaların 15 tipte olduğu görülmektedir. Bu kazaların çoğu *Yandan Çarpma* (%43,8) şeklindedir. Bu kaza türünü *Yayaya Çarpma* (%20,9) ve *Arkadan Çarpma* (%11,1) türlerinde kazalar izler (Tablo 4).

Tablo 4. Oluş Türüne Göre Kaza Sayıları

Oluş Türü	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Toplam	%
Araçtan Cisim Düşmesi	1			1	2		4	0,02
Araçtan İnsan Düşmesi	22	19	14	9	16	12	92	0,55
Arkadan Çarpma	393	368	298	211	309	268	1847	11,10
Çoklu Çarpışma	3	2	6	3	7	1	22	0,13
Devrilme/Savrulma/Takla	110	86	78	69	104	97	544	3,27
Duran Araca Çarpma	75	68	66	46	63	61	379	2,28
Engel/Cisim ile Çarpışma	230	205	219	162	211	221	1248	7,50
Hayvana Çarpma	9	10	3	1	1		24	0,14
Karşılıklı Çarpışma	149	118	95	74	117	83	636	3,82
Park etmiş araca çarpma		1	7	11	18	20	57	0,34
Yan Yana Çarpışma	43	22	26	35	30	28	184	1,11
Yandan Çarpma	1409	1436	1216	927	1264	1040	7292	43,83
Yayaya Çarpma	761	680	619	390	529	514	3493	20,99
Yoldan Çıkma	151	167	145	134	102	99	798	4,80
Zincirleme Çarpışma	3	3	2	2	5	3	18	0,11
Toplam	3359	3185	2794	2075	2778	2447	16638	100,00

- **Kavşak Türüne Göre Kaza Sayısı Analizi**

Kavşaklar trafik yoğunluğunun olduğu ve araçların karşı karşıya gelebildiği bağlantı noktalarıdır. Araştırma sahasında kavşak türlerine göre yapılan analizlerde en çok kazanın kavşaklarda olduğu tespit edilmiştir. Altı yılda gerçekleşen 16638 kazanın sadece 7334'ünde kavşak yoktur. Bu kazaların 9304'ü ise kavşak noktalarında gerçekleşmiştir. Kavşak özelliklerine göre kazaların dağılışı Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Kavşak Türüne Göre Kaza Sayıları

Kavşak Türü	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Toplam	Kendi İçinde %	Genel %	
Kavşak yok	Diğer	1458	1430	1241	873	1209	1118	7329	99.93%	44.08%
	Hemzemin Geçit	1	1	1	1		1	5	0.07%	

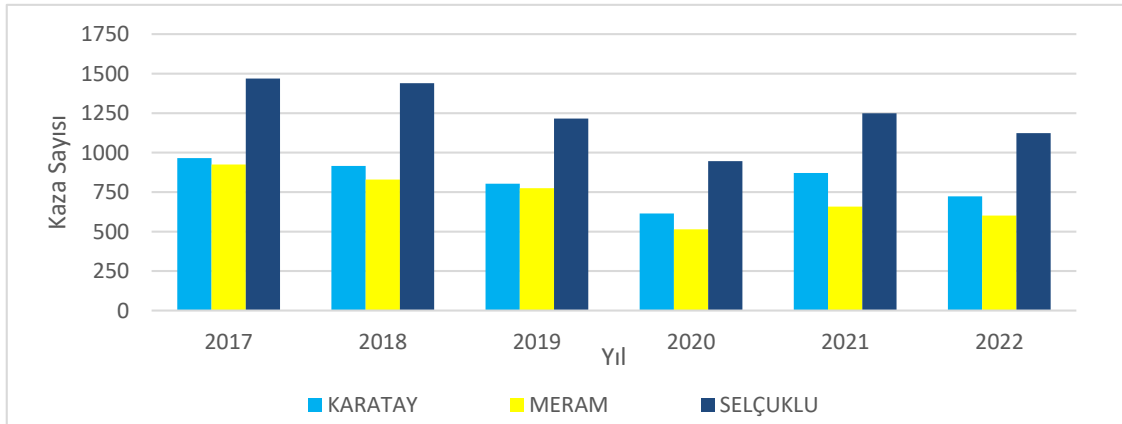
	Dört Yönlü	775	778	669	542	765	629	4158	44.69%	
	Üç Yönlü (T)	620	607	530	411	508	478	3154	33.90%	
Kavşak Var	Dönel Kavşak	262	219	181	129	171	124	1086	11.67%	55.92%
	Diğer Kavşak Çeşidi	141	88	97	67	48	32	473	5.08%	
	Üç Yönlü (Y)	67	37	47	31	49	44	275	2.96%	
	Köprülü Kavşak	35	25	28	21	28	21	158	1.70%	

• İlçelere Göre Kaza Sayısı Analizi

Ne kadar iyi bir şehir, ulaşım ve trafik planlaması yapılırsa yapılsın kaza sıklığı ile nüfus arasında bir ilişki yer almaktadır. İnsanların yoğun olarak yaşadıkları bölgeler trafik yoğunluğuna da sahne olmakta ve haliyle bu kesimlerde kaza sayısı da artmaktadır. Günümüze yaklaştıkça kaza sayıları düşmekle beraber en büyük nüfuslu ilçe olan Selçuklu 'da (%44,7) toplam kazaların neredeyse yarısına yakını gerçekleşmiştir. İlçede yoğun trafik arterlerinin bulunması da bu oranın artmasında etkilidir. Toplam kazanın %29,4'ü Karatay'da ve %25,9'u Meram'da gerçekleşmiştir (Tablo 6 ve Şekil 5).

Tablo 6. İlçelere Göre Kaza Sayıları

İlçe	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Toplam	%
Karatay	965	916	803	615	871	723	4893	29,4
Meram	925	829	775	514	658	601	4302	25,9
Selçuklu	1469	1440	1216	946	1249	1123	7443	44,7
Toplam	3359	3185	2794	2075	2778	2447	16638	100,0



Şekil 5. İlçelere Göre Kaza Sayıları

Ölü ve Yaralı Sayılarına İlişkin Bulgular

Konya şehrinde araştırmaya konu olan yıllarda gerçekleşen 16638 kazanın 23934'ünde yaralanma 102'sinde ise ölüm vakası görülmüştür. Kaza başına 1,43 yaralanma vakası görülürken 163 kazada bir kişi vefat etmiştir. 2020 yılı verilerinde ölüm ve yaralanma sayılarının azlığı kaza sayısının azlığı ile ilişkilidir (Tablo 7).

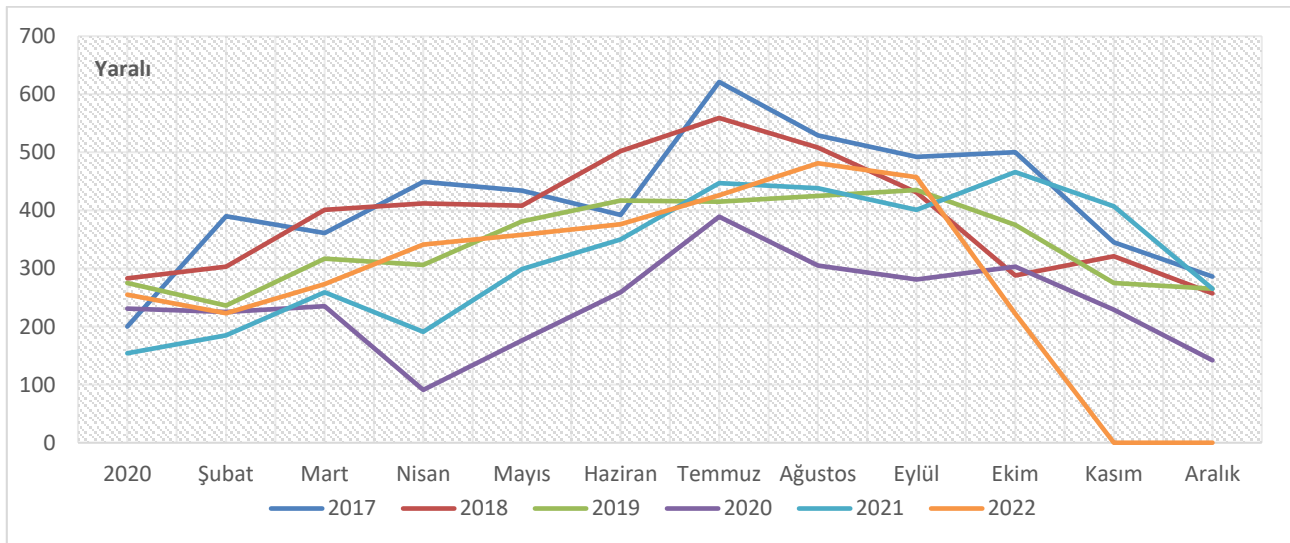
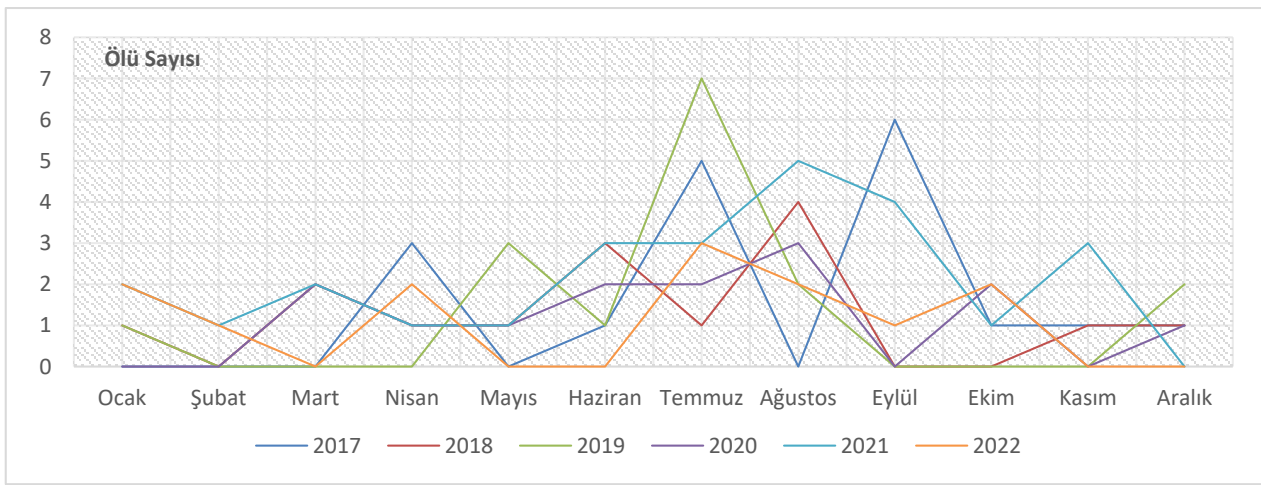
• Yıllara ve Aylara Göre Ölü ve Yaralı Sayısı Analizi

Araştırma sahasındaki kazaların sayısının düşmesine paralel olarak her yıl ölüm ve yaralanma sayılarında da düşüş gözlenmiştir. Kaza sayısının arttığı yaz aylarında bu rakamlar artarken kaza sayısının düştüğü yıllarda ise azalmaktadır (Şekil 6-7).

Tablo 7. Aylara ve Yıllara Göre Ölü ve Yaralı Sayıları

	2017		2018		2019		2020		2021		2022		Toplam	
	Ölü	Yaralı	Ölü	Yaralı	Ölü	Yaralı	Ölü	Yaralı	Ölü	Yaralı	Ölü	Yaralı	Ölü	Yaralı
Ocak	0	200	1	283	1	275	0	231	2	154	2	255	6	1398

Şubat	0	390	0	303	0	236	0	225	1	185	1	223	2	1562
Mart	0	361	2	401	0	317	2	235	2	259	0	273	6	1846
Nisan	3	449	1	412	0	306	1	91	1	191	2	341	8	1790
Mayıs	0	434	1	408	3	381	1	176	1	299	0	358	6	2056
Haziran	1	392	3	502	1	417	2	259	3	350	0	376	10	2296
Temmuz	5	621	1	559	7	415	2	389	3	447	3	426	21	2857
Ağustos	0	529	4	508	2	425	3	305	5	438	2	481	16	2686
Eylül	6	492	0	431	0	435	0	281	4	401	1	457	11	2497
Ekim	1	500	0	288	0	375	2	303	1	466	2	222	6	2154
Kasım	1	345	1	321	0	275	0	229	3	407	0	0	5	1577
Aralık	1	286	1	257	2	265	1	142	0	265	0	0	5	1215
Toplam	18	4999	15	4673	16	4122	14	2866	26	3862	13	3412	102	23934

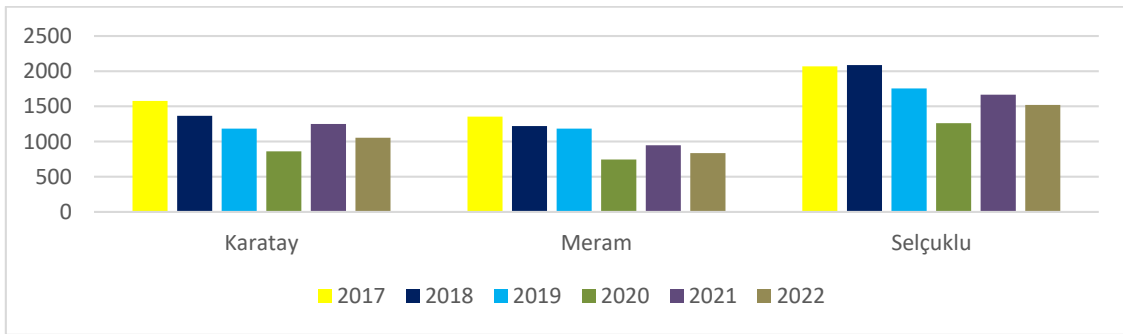


- İlçelere Göre Ölü ve Yaralı Sayısı Analizi

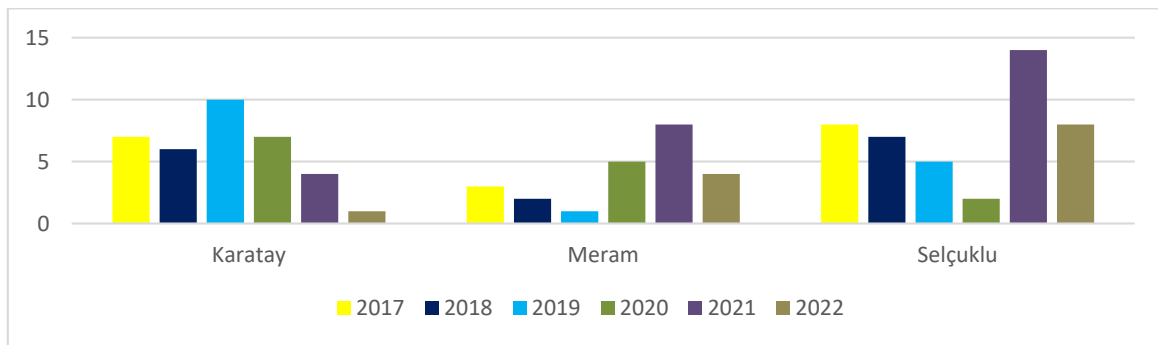
Yukarıda da bahsedildiği üzere ölüm ve yaralanma sayıları ilçelerde gerçekleşen kaza sayılarına göre değişmektedir. Selçuklu ilçesi toplam yaralanma ve ölümlerin ikisinde de %43'ü aşan oranlara sahiptir. Bu ilçeyi yaralanmaların %30'unun ve ölümlü kazaların %34,3'ünün gerçekleştiği Karatay izlemektedir. Meram ilçesi üç ilçe içinde en az nüfusa sahip olan ilçe olup yaralanmalı kazaların %26,3'ü, ölümlü kazaların ise %22,5'i bu ilçede gerçekleşmiştir (Tablo 8 ve Şekil 8-9).

Tablo 8. İlçelere Göre Ölü ve Yaralı Sayıları

Yıl	Karatay		Meram		Selçuklu	
	Yaralı	Ölü	Yaralı	Ölü	Yaralı	Ölü
2017	1577	7	1354	3	2068	8
2018	1366	6	1219	2	2088	7
2019	1183	10	1184	1	1755	5
2020	860	7	744	5	1262	2
2021	1250	4	946	8	1666	14
2022	1055	1	836	4	1521	8
Toplam	7291	35	6283	23	10360	44
%	30,5	34,3	26,3	22,5	43,3	43,1



Şekil 8. İlçelere Göre Yaralı Sayıları



Şekil 9. İlçelere Göre Ölü Sayıları

TRAFİK KAZA KARA NOKTALARININ TESPİTİNE İLİŞKİN BULGULAR

MEKÂNSAL OTOKORELASYON ANALİZLERİNE İLİŞKİN BULGULAR

- **Moran's I İstatistiğine İlişkin Bulgular**

Herhangi bir konumdaki nesnenin özelliğinin ona komşu sahalardaki özelliğe ne derece benzediğini açıklamak için mekânsal otokorelasyon kullanılır (Giungato vd., 2023). En yaygın kullanılan mekânsal otokorelasyon tekniklerinden biri de Moran's I indeksidir. Bu analiz sonucunda Moran's I indeksi, Beklenen indeks, varyans, z puanı ve p değeri skorları elde

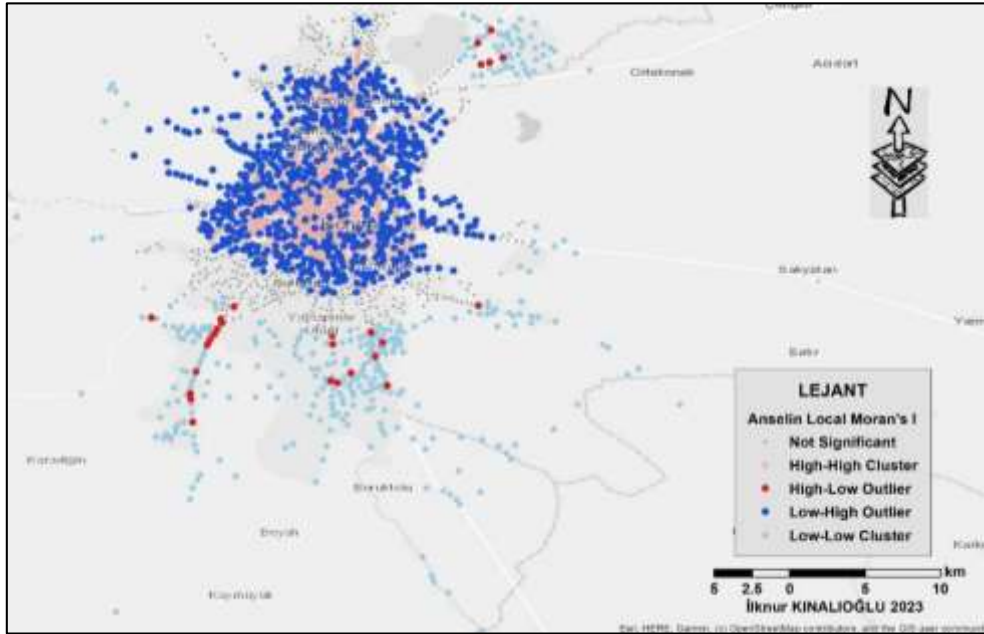
edilir. Bu analiz sonucuna p değerinin anlamlılığı üzerinden yorumlar yapılır. Analizin indis değerleri -1 ve +1 arasında yer alır. Analiz sonuçlarına göre p değeri anlamlı ($p < 0,05$) ise ve z puanı pozitif ise mekânda dağılımın altta yatan bazı sebeplerden ötürü anlamlı bir şekilde kümelenmiş olduğunu gösterir (Haining, 2001; <https://pro.arcgis.com>). Eldeki verilere bakıldığında varyans (0.000001) verilerin homojen olduğunu işaret etmektedir. Ayrıca analizin sonuçlarının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı kontrol edildiğinde p değerinin (0.0001) anlamlı ve z puanının (88.631975) yüksek olduğu görülmektedir. Moran's I indeksi "0.096780" ve beklenen indeks değeri de "-0.000518" şeklindedir. Bu iki değerden benzer skorların bir araya gelerek kümelenmiş olduğunu (0.096780) ve rastgeleliğin düşük bir ihtimal olduğu (-0.000518) anlaşılmaktadır (Tablo 9).

Tablo 9. Mekânsal Otokorelasyon Çıktıları

Moran's I İndis Değeri:	0.096780	z-score:	88.631975
Beklenen İndis Değeri:	-0.000518	p-value:	<0.0001
Varyans:	0.000001		

• Anselin Lokal Moran's I İstatistiğine İlişkin Bulgular

Bu analiz ile istatistiksel olarak önemli sıcak ve soğuk noktalar ile aykırı değerler tanımlanır. ArcGIS yazılımında *Cluster and Outlier Analysis* yardımı ile trafik kazalarının mekânsal dağılımıyla ilgili beş farklı tipte noktadan oluşan bir görüntü ortaya çıkar. Bu analiz sonucunda aykırı değerler tespit edilebilmektedir. Analize göre ortaya çıkan haritadaki noktalar kümeler ve aykırılıkları gösteren değerler alırlar. Ortaya çıkan harita 4 çeyreklik şeklinde yorumlanır. Dubé ve Legros (2014, s. 84-85)'a göre bu değerler Yüksek-Yüksek Küme (High-High Cluster-HH), Düşük-Düşük Küme (Low-Low Cluster-LL), Yüksek-Düşük Aykırı Değer (High-Low Outlier-HL) ve Düşük-Yüksek Aykırı Değer (Low-High Outlier-LH) şeklinde çeyrekliklere ayrılır. Yüksek-Yüksek çeyrek bir değişken için çevresi ile birlikte yüksek frekanslar gösterdiği yerlerdir. Düşük-Düşük çeyrek herhangi bir gözlemin sonucunda komşu birimlerde de az frekanslar tespit etmesidir. Yüksek -Düşük çeyrek, bir değişkenin sık gözlenmesi ancak komşu değişkenlerin düşük değerlerinin olması. Düşük-Yüksek çeyreklik ise incelenen değişkenin mekândaki sıklığının azlığını, ancak komşu birimlerde çok sık görülmesini temsil eder (Dubé ve Legros, 2014). Bu anlamlar trafik kazalarının görüldüğü haritaya uyarlanarak yorumlanır. Bu dört nokta dışında analiz bir de önemli olmayan noktaları belirler. Analiz sonucunda Harita 3'teki görünüm ortaya çıkar.



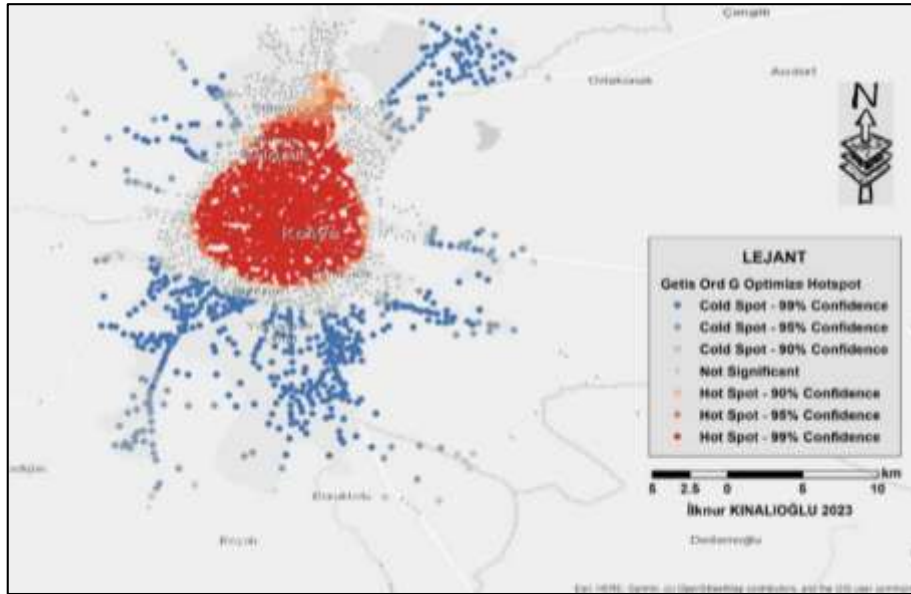
Harita 3. Küme ve Aykırı Değer (Anselin Lokal Moran's I) Analizi Sonuçları (Kınalıoğlu, 2024, s. 68)

• Getis-Ord Gi İstatistiğine İlişkin Bulgular

Yüksek Düşük Kümeleme (High/Low Clustering) ve Optimize Edilmiş Sıcak Nokta Analizleri (Optimized Hotspot Analysis) Getis-Ord Gi istatistiğine ulaşmak ve sonra sıcak nokta (Hotspot) analizi yapmanın ön aşamalarıdır.

Sıcak Nokta Analizi (Getis-Ord Gi*), verisetindeki her özelliğin Getis-Ord Gi* istatistiğini hesaplar. Elde edilen z-puanı ve p-değerleri özelliklerin mekansal olarak nerede kümelenmiş olduğunu belirler. Bu sayede birbirine komşu özelliklerin ilişkisi ortaya çıkar. Bir sıcak noktanın anlamlı olması ve kümelenmenin varlığı o noktanın etrafındakilerin de benzer özelliklere sahip olması ile ilgilidir (<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/h-how-hot-spot-analysis-getis-ord-gi-spatial-stati.htm>)

Harita 4 incelendiğinde sırasıyla %99, 95, 90 güven aralıklarında soğuk noktalar, %99, 95, 90 güven aralıklarında sıcak noktalar ve önemsiz noktalardan oluşan optimize edilmiş sıcak nokta analizi sonuçları görülmektedir. İstatistiksel olarak anlamlı p değerine ulaşılan analizde sıcak noktalar yüksek kaza sıklığını soğuk noktalar ise düşük kaza sıklığını işaret eden kümelerdir.



Harita 4. Optimize Edilmiş Sıcak Nokta Analizi Sonuçları (Kınalıoğlu, 2024, s. 69)

Getis-Ord Gi skorlarına bakıldığında p değerinin (<0.0001) anlamlı olduğu kazaların rastgele olarak buralarda gerçekleşme olasılığının olmadığını göstermektedir. Bu durumda sahadaki kazaların mekandaki dağılımlarında anlamlı kümeler oluşturduğu ve problemlili sahaların varlığı göze çarpar. Araştırmada bazı bölgelerde kaza sıklığının yüksek ve düşük değerlerin ayrı ayrı bir araya gelerek anlamlı şekilde kümelenmiş olduğu tespit edilmiştir (General Getis-Ord Gi : 0.814787). Beklenen g değeri benzer bir kümelenmenin rastgele dağılımdaki olasılığının düşük olduğunu işaret eder (Beklenen General G: 0.644942). Varyansın düşük olması ve yüksek z puanları da bunu desteklemektedir (Tablo 10).

Tablo 10. Yüksek-Düşük Kümeleme Analizi (General Getis-Ord Gi) Çıktıları

Gözlenen General G:	0.814787	z-score:	15.149921
Beklenen General G:	0.644942	p-value:	<0.0001
Varyans:	0.000126		

• Geary's C İstatistiğine İlişkin Bulgular

Geary C istatistik p değeri incelendiğinde otokorelasyonun rastgele olmadığını ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ($p<0.0001$). Z puanının yüksek oluşu da mekânsal homojenliği ve anlamlı bir kümelenmeyi temsil eder ($z: 16.552$). Beklenen Geary C istatistik değerlerinin gözlenen Geary C istatistik değerinden yüksek olması kaza sıklığının rastgele olmadığını mekânsal bir kümelenme olduğunu göstermektedir. İnceleme sahasında kaza verilerinden yola çıkarak yapılan Geary C analizi sonuçlarından gözlenen indis değeri 0,71 beklenen indis değeri ise 1'dir (Tablo 11). Yani kazalar belirli bir yerde yoğunlaşmakta ve bu kümelerin mekânla ilişkisi bulunmaktadır.

R programlama dilinin "Spdep" kullanılarak Geary's C istatistiği oluşturulmuştur. Coğrafi dönüşümlerde ve veri setinin açılmasında yine "SpatialEco", "Sp", "Sf" kütüphanelerine başvurulmuştur (Şekil 10) (Kınalıoğlu, 2024, s. 57).

```

1 library(spdep);library(spatialEco)
2 library(sp);library(sf)
3
4 # Çalışma verisini içeri aktarma
5 yol="C:/Users/IK/Desktop/Veri.txt"
6 data=read.csv(file=yol,sep = ",", header = TRUE)
7 # Koordinat matrisini oluşturma
8 coords <- cbind(data$long, data$lat)
9 # KNN algoritmasını kullanarak her nokta için
10 # 3 komşu nokta bulma
11 knn_mat <- knearneigh(coords, k = 3)
12 # Komşuluk matrisini oluşturma
13 nb_mat <- knn2nb(knn_mat, row.names = NULL, sym = TRUE)
14 nb_mat$weights <- knn_mat$weights
15 # listw matrisini oluşturma
16 listw_mat <- nb2listw(nb_mat)
17 # Geary's C indeksini hesaplama
18 geary_result <- geary.test(data$ICOUNT, listw = listw_mat)
19 # Hesaplanan indeks değerini yazdırma
20 print(geary_result)

```

Şekil 10. Geary's C İstatistiğinin R Kodu (Kınalıoğlu, 2024, s. 57)

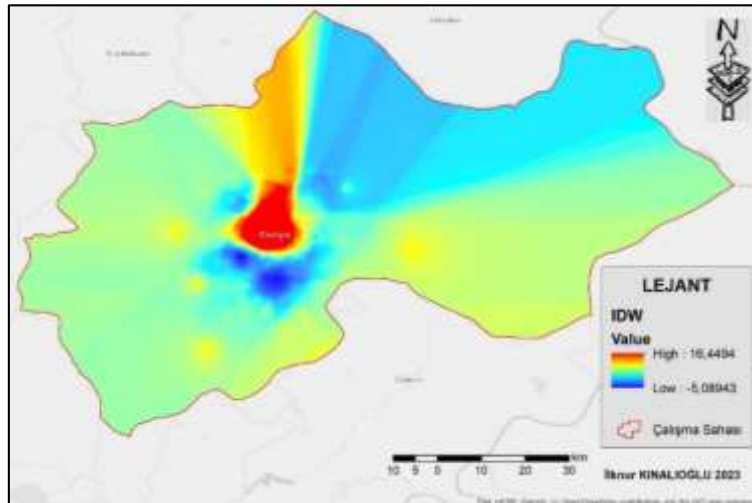
Tablo 11. Geary's C Testinin Çıktıları

Gözlenen Geary's C İndis Değeri:	0.7122433985	p-value:	<0.0001
Beklenen Geary's C İndis Değeri:	1.000	z-score:	16.552
Variance:	0.000126		

YOĞUNLUK HARİTALANDIRMALARINA İLİŞKİN BULGULAR

• Mekânsal Enterpolasyon Analizine İlişkin Bulgular

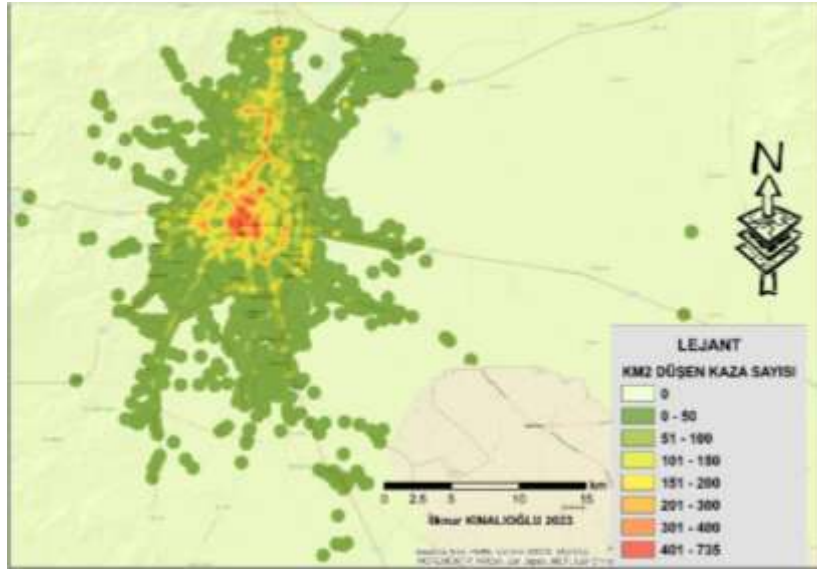
Araştırmada literatürde (Üzülmez ve Arslan, 2018; Arslan ve Üzülmez, 2019) çokça kullanılan ve mekânsal enterpolasyon yöntemlerinden biri olan IDW (Ters Uzaklık Ağırlıklandırma - Inverse Distance Weighting) uygulanmıştır. Bu yöntem ile elde edilen ısı haritası incelendiğinde kırmızı renkli sahaların yüksek kaza sıklığı mavi renkli alanların ise düşük kaza sıklığını işaret ettiği görülecektir. Sıcak noktalar ve ısı haritası karşılaştırıldığında benzer alanlarda kümelenmenin olması dikkat çekicidir. İki haritanın benzer çıkması kümelenmeyi doğrulamakta ve bu bölgelerde trafik güvenliği için düzenlemelerin yapılması gerektiğini göstermektedir (Harita 5).



Harita 5. Mekânsal Enterpolasyon Haritası (Kınalıoğlu, 2024, s. 71)

• Çekirdek Yoğunluk Tahmin Edicisine İlişkin Bulgular

Çekirdek yoğunluk tahmin edicisi analizi ile ortaya konan ısı haritasında kırmızı noktalar belirli sıklıktaki kümelenmenin yüksekliğini göstermektedir. Sarıdan yeşile doğru ise kaza sıklıklarındaki azalış temsil edilir. Bu analiz sonucunda da önceki analizlere benzer bir görünüm ortaya çıkmıştır (Harita 6).



Harita 6. Çekirdek Yoğunluk Tahmin Edicisi Isı Haritası (Kınalıoğlu, 2024, s. 72)

- **Kaza Kara Noktaları**

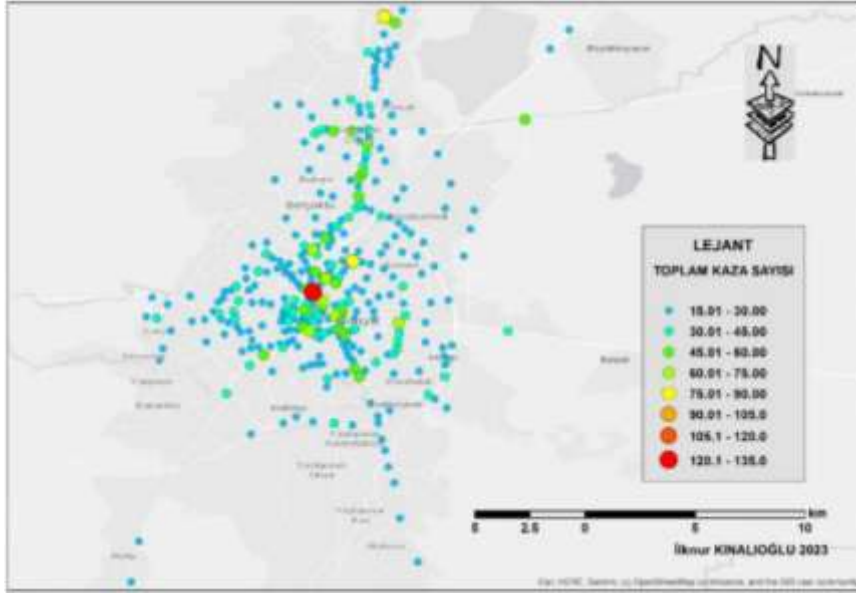
Mekânsal istatistiksel analizler Karatay, Meram ve Selçuklu ilçelerinde meydana gelen kazalarının özellikle yerleşmenin yoğunlaştığı ve bu ilçelerinin kesiştiği alanlarda kümelenmiş olduğunu göstermektedir. Yapılan analizler ve ortaya konan haritaların tamamında ortak bölgelerde kümelenmeler anlamlı olarak dağılmaktadır.

Belli bölgelerde kümelenmiş olan bu kazalar gerçekleştirilen mekânsal analizler sonucu ulaşılan bulgulara göre istatistiksel açıdan anlamlı kümelenmeler göstermektedir. Bu durum trafik kazalarının çalışma sahasında rastgele bir şekilde dağılmadığını işaret etmektedir. Veriseti üzerinden 100 m tolerans ile yapılan ağırlıklandırılmalar ile 1930 kaza noktası ortaya çıkmıştır. Kaza sıklığına göre kaza noktalarının frekans dağılımı aşağıdaki gibidir (Tablo 12). Bu verilere göre 950 noktada yılda sadece bir kaza meydana gelirken bazı noktalarda kaza sayısının sıklığı rastlantısal olmaktan uzaktır (Tablo 12). 352 noktada ise yılda üçten fazla kaza ile karşılaşılmaktadır. Risk oluşturan sahaların bulunabilmesi için ilk aşamada 5 yılda ortalama 3 ve üzerinde trafik kazasının gerçekleştiği noktalar tespit edilmiştir (Harita 7). Bu aşamadan sonra 352 nokta üzerinde ikinci bir eleme ile yılda ortalama 9 ve daha yüksek kazanın olduğu noktalar haritalanmıştır (Harita 8). Bu elemelerden sonra 32 kaza kara noktası bulunmuştur (Tablo 13).

Tablo 12. Kaza Sayılarını Mekânsal Frekans Tablosu

Yıllık Ortalama Kaza Sayısı (KS)	5 Yıllık Toplam Kaza Sayısı (TKS)	Kaza Noktası Sayısı
0 <= KS < 1	0 <= TKS < 5	950
1 <= KS < 2	5 <= TKS < 10	420
2 <= KS < 3	10 <= TKS < 15	208
3 <= KS < 4	15 <= TKS < 20	114
4 <= KS < 5	20 <= TKS < 25	78
5 <= KS < 6	25 <= TKS < 30	65
6 <= KS < 7	30 <= TKS < 35	30
7 <= KS < 8	35 <= TKS < 40	20
8 <= KS < 9	40 <= TKS < 45	13
9 <= KS < 10	45 <= TKS < 50	11
10 <= KS < 11	50 <= TKS < 55	8

11 <= KS < 12	55 <= TKS < 60	4
12 <= KS < 13	60 <= TKS < 65	1
13 <= KS < 14	65 <= TKS < 70	2
14 <= KS < 15	70 <= TKS < 75	3
15 <= KS < 16	75 <= TKS < 80	1
16 <= KS < 17	80 <= TKS < 85	1
17 <= KS < 26	85 <= TKS < 130	1



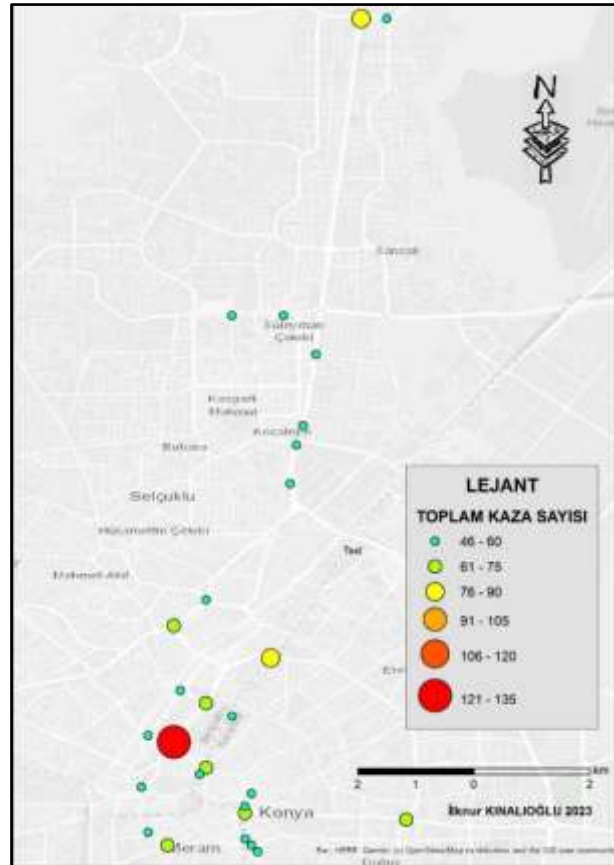
Harita 8. Kaza Kara Noktalarının Çalışma Sahasındaki Dağılımı (Kınalıoğlu, 2024, s. 74)

Bir kısmı fotoğraflar ile de gösterilen bu noktalardan Nalçacı Kavşağı en riskli saha olup, yıllık kaza ortalaması 25.2 ve toplamda 126 kaza görülen bir noktadır. Kaza kara noktalarından en düşük olanları yıllık ortalama 9.2 ve toplam 46 kaza sayısı ile sırasıyla Yeni İstanbul Caddesi – 1. Organize Durağı Kavşağı, Azerbaycan Caddesi – Gazze Caddesi Kavşağı, Aksaray Yolu Aslım Caddesi Kavşağı ve Selim Sultan Caddesi gibi kavşak ve caddelerdir (Harita 7-8 ve Fotoğraf 1-6).

Tablo 13. Yılda 9 ve Üzeri Ölümlü ve Yaralanmalı Kaza Meydana Gelen Noktalar

Sıra	Konum	Yer	Top. Kaza Sayısı (5 yıl)	Sıra	Konum	Yer	Top. Kaza Sayısı (5 yıl)
1.	37.882, 32.490	Nalçacı Kavşağı	126	17.	37.868, 32.486	Amber Reis Caddesi - Sait Paşa Caddesi	52
2.	37.994, 32.519	Toki Fırat Kavşağı	80	18.	37.865, 32.503	Karatay Otobüs Terminali - Garaj Caddesi	52
3.	37.895, 32.505	Belh Kavşağı	77	19.	37.875, 32.485	Adalhan Kavşağı	51
4.	37.878, 32.495	Beşyol Kavşağı	73	20.	37.948, 32.507	Halil Ürün Caddesi - Sultan Caddesi	50
5.	37.888, 32.495	Kule Kavşağı	71	21.	37.931, 32.510	Yeni İstanbul Caddesi - Trafik Bölge Denetleme	50
6.	37.870, 32.526	Aslanlı Kışla Caddesi - Fetih Caddesi Kavşağı	70	22.	37.872, 32.501	Mevlana Caddesi - İstanbul Caddesi	50
7.	37.866, 32.489	Balık Hali Kavşağı	67	23.	37.994, 32.523	Veysel Karani Caddesi - Coşandere Caddesi Kavşağı	49
8.	37.871, 32.501	Mevlana Caddesi - Aziziye Caddesi	65	24.	37.948, 32.499	Halil Ürün Caddesi - Cengizhan Caddesi Kavşağı	49
9.	37.900, 32.490	Aydınlıkevler Kavşağı	62	25.	37.904, 32.495	Aydınlık Köprülü Kavşağı (AVM Önü)	47
10.	37.883, 32.486	Kabataş Kavşağı	59	26.	37.886, 32.499	Kahraman Caddesi - Ankara Caddesi	47
11.	37.890, 32.491	Adnan Menderes Caddesi - Kule Caddesi Kavşağı	57	27.	37.874, 32.502	Köprübaşı Caddesi - İstanbul Caddesi	47

12.	37.950, 32.512	Otogar Kavşağı	56	28.	37.867, 32.501	Belediye Caddesi - Karatay Belediyesi	47
13.	37.849, 32.508	Karaman Caddesi - Fetih Caddesi Kavşağı	56	29.	37.922, 32.508	Yeni İstanbul Caddesi - 1. Organize Durağı Kavşağı	46
14.	37.928, 32.509	Yeni İstanbul Caddesi - Albayrak Caddesi Kavşağı	54	30.	37.856, 32.470	Azerbaycan Caddesi - Gazze Caddesi Kavşağı	46
15.	37.866, 32.502	Piri Esat Caddesi - Garaj Caddesi Kavşağı	52	31.	37.953, 32.576	Aksaray Yolu Aslım Caddesi Kavşağı	46
16.	37.877, 32.494	Ankara Caddesi - Sultanşah Caddesi	52	32.	37.848, 32.509	Selimsultan Caddesi	46



Harita 9. Yılda 9'dan Fazla Kaza Gerçekleşen Kaza Kara Noktaları (Kınaloğlu, 2024, s. 76)



Fotoğraf 1. Nalçacı Kavşağı - (Konum: 37.882,32.490)

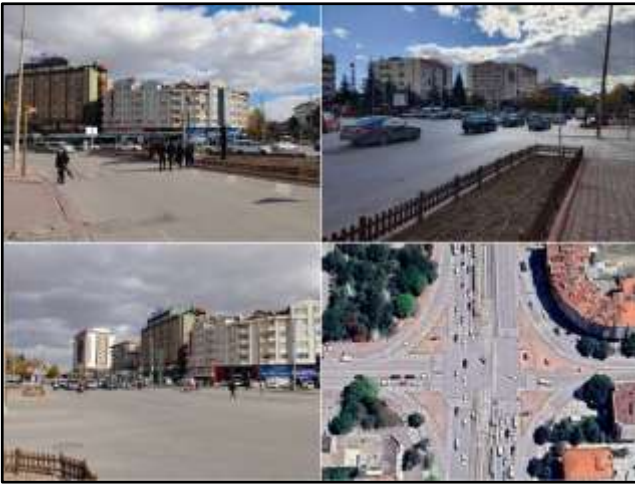
Fotoğraf 2. Toki Fırat Kavşağı (Konum: 37.994,32.519)



Fotoğraf 3. Belh Kavşağı (Konum: 37.895,32.505)



Fotoğraf 4. Beşyol Kavşağı (Konum: 37.878,32.495)



Fotoğraf 5. Kule Kavşağı (Konum: 37.888,32.495)



Fotoğraf 6. Aslanlı Kışla Cad. - Fetih Cad. Kavşağı (Konum: 37.870,32.526)

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma 2017-2022 yılları arasında Konya şehrinde (Karatay, Meram ve Selçuklu) meydana gelen 16638 trafik kazasına göre mekânsal istatistiksel yöntemler kullanılarak trafik kaza kara noktaları tespit edilmiştir. Çalışmada istatistik verilerden yararlanılmasının yanında KİETDŞM İstatistik Büro Amirliği yetkilileri ile de görüşmeler yapılmıştır. İstatistik veriler ile ortaya konan kara noktalar kurumdaki görevli personel ile de görüşülerek teyit edilmiştir.

Kaza verilerine göre nüfus ile kazalar arasında doğru bir orantı olup kaza sayılarını nüfus arttıkça sıklığı görülmüştür. Selçuklu 7443, Karatay 4893 ve Meram 4302 kazaya sahne olmuştur. Bu kazaların büyük kısmı semt pazarları ve yolcu terminallerinde gerçekleşmektedir.

Kaza sayıları geçmişten günümüze gelindikçe azalmaktadır. Ölü ve yaralı sayıları da günümüze yaklaştıkça azalmaktadır. 5 yılda kazalarda 23934 yaralanma ve 102 vefat ile karşılaşmıştır.

Kazaların frekansında mevsimsel etkiler görülmekte ve yazları artan bir sıklıkla karşılaşmaktadır. Kaza frekansının arttığı aylar Temmuz, Ağustos, Eylül ve Haziran iken en az frekansa sahip aylar Aralık, Ocak ve Şubat'tır. Tüm aylar içinde kaza sıklığı Pazartesi ve Cumaları artmakta Pazar günleri ise en düşük sıklıkta olmaktadır. Kazaların az görüldüğü saatler 04:00-05:00 arasında iken 18:00-19:00 saatleri en çok kazaya rastlanan saatlerdir.

Kazalar büyük oranda kavşaklarda (%55.92) meydana gelip özellikle dört yönlü kavşaklar kaza riski en yüksek kavşaklardır (%44.69). Bu tip kavşakları üç yönlü T kavşaklar (%33.90) takip etmiştir. Şehirdeki köprü ve viyadüklerin kaza riskini azalttığı en az kazanın görüldüğü köprülü kavşak kazalarından (%1.70) anlaşılmaktadır. Şehirdeki kazalar büyük oranda

"Yandan Çarpma" şeklinde olup ikinci ve üçüncü sırada "Yayaya Çarpma" ve "Arkadan Çarpma" şeklindeki kazalar yer almıştır.

Betimsel analizlerden sonra mekânsal analizler de kazaların dağılımında mekân ile olan ilişkileri ortaya koymuştur. ArcGIS 10.8 yazılımı ve R programlama dili kullanılarak kaza kara noktalarının mekânsal istatistikleri ortaya konmuştur. Bu analizlere göre kazalar mekânda rastlantısal değil anlamlı bir şekilde belirli alanlarda kümelenmiştir.

Çalışmada kaza sayısı-frekansı yöntemine dikkate alınarak eşik değer üzerinde kaza gerçekleşen noktalar kaza kara noktası kabul edilmiştir. Eşik değer için genel kabul görmüş bir değer olmamakla beraber yıllık ortalama 3 ve daha fazla trafik kazası yaşanan noktalar kaza kara noktası kabul edilebilmektedir. Buna göre yıllık ortalama 3 ve daha fazla trafik kazasının görülen lokasyon 352'dir. Buna karşın bazı noktalarda kaza yoğunluğu eşik değerinin çok üzerine çıkmıştır. Örneğin yılda ortalama 9 ve daha fazla kaza görülen 32 lokasyon tespit edilmiştir. Şehirde kaza riski en yüksek noktalar Nalçacı Kavşağı (yıllık ortalama 25.2 ve toplam 126 kaza), Toki Fırat Kavşağı (Top:80, Ort:16), Belh Kavşağı (Top: 77, Ort:15.4), Beşyol Kavşağı (Top:73, Ort:14.6) ve Kule Kavşağı'dır (Top:71, Ort:14.2).

Trafik güvenliğinin artırılması amacıyla kavşaklarda sinyalizasyon tamamlanmalı ve sıkça trafik ekiplerince kontrol edilmesi gerekli durumlarda cezai işlem uygulanmalıdır. Özellikle gece aydınlatmalarının düzgün çalışıp çalışmadığı kontrol edilmelidir. Yaya üst ve alt geçitlerinin sayısının artırılması en çok görülen kaza tiplerinden olan yayaya çarpma tipindeki kazalarında azalmasına katkı sağlayacaktır.

Yerinde yapılan görüşmeler ve arazi gözlemlerinde bazı araç üst ve altgeçitlerin yer alan eğim, açı vb. mühendislik kusurlarının olabileceği görülmüştür. Örneğin Yeni İstanbul Caddesi – Albayrak Caddesi kesişiminde eğim kaynaklı sorunlardan üstgeçide giren araçların görüş mesafesi sınırlanmaktadır ve süratli olan araçların frenleme mesafesi bulamayıp riskli durumlara karşılama ihtimalini artırmaktadır.

Konya şehrinde kaza kara noktalarının belirlenmesi sürdürülebilir ve güvenilir bir trafik yönetimi için önemlidir. Eldeki analizlere ek olarak istatistiksel yöntemler ve makine öğrenmesi algoritmaları, yapay zekâ desteğinden yararlanılarak tespit edilen kara noktalarının doğruluğu test edilebilir yeni kaza kara noktaları bulunabilir.

Çalışma verisinin alındığı tarihlerde henüz 2022 yılının son iki ayı tablolara işlenmediğinden bu aylardaki kaza sayıları analizlere dahil edilememiştir. Bu aylarda görülen kaza verileri analizlerde küçük de olsa değişikliklere yol açabilir, ancak bu büyük oranda betimsel tablo oranlarında bir değişime sahne olabilir. Trafik kaza kara noktalarında ve mekânsal indislerde bir değişikliğin olması zor görülmektedir. Bu verilerin eksikliği analizlerde karşılaşılan bir sınırlılık olmuştur.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar aralarında çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Arslan, F. & Üzülmmez, M. (2019). Bandırma'da rüzgâr enerji santralleri için potansiyel alanların belirlenmesi. 2. Uluslararası Bandırma ve Çevresi Sempozyumu (UBS'19) Tam Metin Bildiriler Kitabı III, s. 103-113.
- Aktaş, E. Ö., Koçak, A., Zeyfeoğlu, Y., Solak, İ., & Aksu, H. (t.y.). Trafik kazası nedeniyle Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Acil Servis'e başvuran olguların özellikleri. *Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Başkanlığı Yayınları*. Erişim adresi: <https://trafik.gov.tr/kurumlar/trafik.gov.tr/Arsiv/SiteAssets/Yayinlar/Bildiriler/pdf/A5-13.pdf>
- Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical analysis*, 27(2), 93-115.
- Bíl, M., Andrášik, R., & Janoška, Z. (2013). Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation. *Accident Analysis & Prevention*, 55, 265-273.
- Bilgin, U. E., Meral, O., Koçak, A., Aktaş, E. Ö., Kıyan, S., & Altuncu, Y. A. (2013). 2011 yılında trafik kazası sonucu Ege Üniversitesi Hastanesi Acil Servisi'ne başvuran hastaların adli tıbbi boyutuyla incelenmesi. *Ege Tıp Dergisi / Ege Journal of Medicine*, 52(2), 93-99.
- Chen, S., Kuhn, M., Prettner, K. ve Bloom, D. E. (2019). The global macroeconomic burden of road injuries: Estimates and projections for 166 countries. *The Lancet Planetary Health*, 3(9), e390-e398. doi:[10.1016/S2542-5196\(19\)30170-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30170-6)

- Cressie, N., & Moores, M. T. (2020). Spatial Statistics. In B. S. Daya Sagar, Q. Cheng, J. McKinley, & F. Agterberg (Eds.), *Encyclopedia of Mathematical Geosciences* (pp. 1-11). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26050-7_31-1
- Çodur, M., Atalay, A., & Tortum, A. (2015). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Trafik Kaza Analizi: Erzurum-Horasan Yolu Örneği* İnşaat Mühendisleri Odası 11. Ulaştırma Kongresi,
- Deniz, M., & Topuz, M. (2018). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Destekli Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Analitik Hiyerarşi Tekniği Kullanarak Uşak Merkez İlçede Alternatif Çöplük Alanlarının Belirlenmesi. *Journal of History Culture and Art Research*, 7(5), 544-578
- Dereli, M. A. (2016). *Trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli mekânsal istatistiksel metotlar ile bir model geliştirilmesi*. Yayınlanmış Bütünleşik Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Dereli, M. A., Erdoğan, S., Çabuk, A., Tiryakioğlu, İ., Uysal, M., Erdoğan, H., Saraçlı, S., Akbulut, H., DüNDAR, S., & Yalçın, M. (2015). İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Kara Nokta Belirleme Çalışmaları. 15. *Türkiye Harita Bilimsel Ve Teknik Kurultayı*, 25-28.
- Dubé, J., & Legros, D. (2014). *Spatial econometrics using microdata*. ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc.
- Doğru, E., & Aydın, F. (2018). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Trafik Kazalarının Analizi: Karabük Merkez İlçe Örneği* TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 2018,
- Elvik, R. (2007). *State-of-the-art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road networks*. Transportøkonomisk institutt Oslo, Norway.
- Ertunç, E., Tayfun, Ç., & Mutluoğlu, Ö. (2016). Analysis of Road Traffic Accidents in Antalya Province (Turkey) Using Geographical Information Systems. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(4), 309-320.
- Geary, R. C. (1954). The contiguity ratio and statistical mapping. *The incorporated statistician*, 5(3), 115-146.
- Getis, A. (2009). Spatial autocorrelation. In *Handbook of applied spatial analysis: Software tools, methods and applications* (pp. 255-278). Springer.
- Getis, A., ve Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical analysis*, 24(3), 189-206.
- Geymen, A., & Dedeoğlu, O. K. (2016). Coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılarak trafik kazalarının azaltılması: Kahramanmaraş ili örneği. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 79-88.
- Giungato, G., Maggio, S. (2023). Moran's Index. In: Daya Sagar, B.S., Cheng, Q., McKinley, J., Agterberg, F. (eds) *Encyclopedia of Mathematical Geosciences*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85040-1_210
- Güler, H. (2017). Karayolu trafik kazalarına yeni bir yaklaşım: Kaza analiz kesimleri modeli. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(6), 707-717.
- Haining, R. P. (2001). Spatial Autocorrelation. N. J. Smelser ve P. B. Baltes (Ed.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* içinde (ss. 14763-14768). Oxford: Pergamon. doi:[10.1016/B0-08-043076-7/02511-0](https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/02511-0)
- Janani, G., & Devi, N. R. (2016). Road traffic accidents analysis using data mining techniques. *JITA-APEIRON*, 14(2).
- Kınalıoğlu, İ. (2024). *Coğrafi bilgi sistemleri destekli mekânsal istatistiksel yöntemler kullanılarak Konya şehrinde trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Uşak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uşak.
- Maher, M., & Mountain, L. (1988). The identification of accident blackspots: a comparison of current methods. *Accident Analysis & Prevention*, 20(2), 143-151.
- Moran, P. A. (1948). The interpretation of statistical maps. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 10(2), 243-251.

- Ozdemir, H.M., Ozav, L. & Yasak, U. (2022). Etimesgut'ta (Ankara) Kentsel Morfolojik Süreçler: Konut Örüntüsünün Değişimi/Urban Morphological Processes in Etimesgut Urban Core (Istasyon District): Change in Housing Pattern . *Gelecek Vizyonlar Dergisi*, 6(4), 64-78. doi: 10.29329/fvj.2022.500.5
- Özdemir, H.M., Yasak, Ü. (20224). Ankara metropol alanında (Türkiye) askeri bölgelerin yeşil alan olarak kullanılma potansiyelinin analizi. *Humanit Soc Sci Commun* 11, 1399. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03850-4>
- Özlü, T., Haybat, H. & Zerenoglu, H. (2021). Temporal and spatial analysis of traffic accidents: The case of Eskişehir city. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 43, 136-158
- Sandhu, H., Singh, G., Sisodia, M., & Chauhan, R. (2016). Identification of black spots on highway with kernel density estimation method. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 44, 457-464.
- Saplıoğlu, M., & Kardeşin, M. (2006). Coğrafi bilgi sistemi yardımı ile isparta ili kentiçi trafik kaza analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(3), 321-332.
- Siyavuş, A. E. (2022). Üsküdar'da Meydana Gelen Trafik Kazalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Analizi. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 65-82.
- Şişman, A., Sesli, F., & Karaca, A. (2010). Samsun kent için trafik kazalarının CBS yardımıyla incelenmesi. *III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (ss. 692-699). Gebze, Kocaeli.
- Topuz, M. & Deniz, M. (2022). Demirci'de (Manisa) şehrsel fonksiyonlar ve arazi kullanım özellikleri. *Gelecek Vizyonlar Dergisi (Future Visions Journal)*, 6(4), 1-21.
- Topuz, M., Deniz, M. Application of GIS and AHP for land use suitability analysis: case of Demirci district (Turkey). *Humanities and Social Sciences Communications*. 2023, 10(1), 1-15. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01609-x>
- Thakali, L., Kwon, T. J., & Fu, L. (2015). Identification of crash hotspots using kernel density estimation and kriging methods: a comparison. *Journal of Modern Transportation*, 23, 93-106.
- TÜİK. (2021). *Yıllara Göre Ölü ve Yaralı Sayılarının Yaş Gruplarına Göre Dağılımı*. Türkiye İstatistik Kurumu. Retrieved 01.01.2023 from <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/DownloadIstatistikselTablo?p=s3X1ewHAUrvDlu2xqzR8puR27kKcez/eWi8QBseKx9uf0L0wTjc7ol0a94Eaj0rk>
- Üzülmez, M. & Arslan, F. (2018). Sındırgı'da rüzgâr enerji santralleri (RES) kurulabilir alanların coğrafi bilgi sistemleri (CBS) belirlenmesi. *Güncel Araştırmalar Işığında Sındırgı Bildiriler Kitabı*, s. 273-282.
- Vural, E. (2019). Viranşehir (Şanlıurfa) Şehir Merkezi'ndeki trafik kazalarının coğrafi analizi (2013-2017). *Kent Akademisi*, 12(2), 340-363.
- Xie, Z., & Yan, J. (2008). Kernel density estimation of traffic accidents in a network space. *Computers, environment and urban systems*, 32(5), 396-406.
- Xie, Z., & Yan, J. (2013). Detecting traffic accident clusters with network kernel density estimation and local spatial statistics: an integrated approach. *Journal of transport geography*, 31, 64-71.
- Yöntem, A., Arslan, İ., & Bilen, S. (2024). Çocuk acil servise başvuran adli olguların değerlendirilmesi: COVID-19 pandemisinin adli olgulara etkileri. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilim Dergisi*, 17(Özel Sayı-1, 22. Mersin Pediatri Günleri), 192-200.
- <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/h-how-spatial-autocorrelation-moran-s-i-spatial-st.htm>
- <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/h-how-hot-spot-analysis-getis-ord-gi-spatial-stati.htm>
- <https://overpass-turbo.eu/>
- <https://www.afro.who.int/publications/global-status-report-road-safety-time-action> (19.12.2024)

EXTENDED SUMMARY

INTRODUCTION

Traffic accidents have caused thousands of deaths and injuries for years, creating major socio-economic problems at both individual and societal levels. These accidents put pressure on health systems and the economy. Therefore, improving traffic safety and preventing traffic accidents are socio-economically significant. Education and awareness-raising programs play an essential role in raising traffic safety awareness. These programs can raise the awareness of drivers, pedestrians, and passengers by providing information about the risks of not obeying traffic rules.

Technological developments make significant contributions to traffic safety. In addition to in-vehicle safety systems, off-vehicle solutions, such as intelligent traffic management systems for urban areas and highway authorities, also improve traffic safety. These systems can reduce the risk of accidents by regulating traffic flow. Another important factor in traffic safety is the identification of black spots. These areas are known accidents, and safety violations are often seen commonly. Identifying these points is important to prevent accidents, and measures can be taken, such as regulating traffic flow and reviewing speed limits. Identifying these fields is important to prevent accidents, and measures can be taken, such as regulating traffic flow and reviewing speed limits.

Via modern technological tools and analytical methods, the determination of traffic accident black spots has become more precise. Geographic Information Systems (GIS), supported by spatial statistical methods, play a significant role in the analysis of these points. GIS enables strategic steps to be taken to develop traffic safety policies and prevent accidents. Spatial statistical methods are efficient tools for analyzing the causes of traffic accidents and risk spots. These methods reduce the margin of error in determining accident black spots and provide more accurate analysis results.

This study aims to identify traffic accident black spots in Konya city via Geographic Information Systems and spatial statistical methods. The sub-objectives include analyzing the temporal distribution of traffic accidents, spatial diversity of accident points, classification of accident types, and descriptive statistics of the number of deaths and injuries in accidents. The study also aims to contribute to the identification of regions with high traffic accident risk and the development of traffic safety policies.

Analyzing traffic accidents in Konya is significant in improving the effectiveness of traffic safety policies. By evaluating the use of Geographic Information Systems and spatial statistical methods, this work can contribute to understanding the traffic safety situation and taking strategic steps to prevent future accidents. These methods are important tools for understanding the causes of traffic accidents, identifying risk areas, and developing safety policies.

The study area is Konya, an urban settlement of the Central Anatolia Region. The city is located in the Konya sub-region, and consists of three metropolitan districts, namely Meram, Karatay, and Selçuklu. Its total area is approximately 6580 km².

LITERATURE

Approximately 1.35 million people lose their lives in traffic accidents every year. In addition to the deaths, around 50 million people are injured in these accidents (www.afro.who.int). The impact of traffic accidents, which cause losses in terms of deaths and injuries, on the world economy is around 1.8 trillion dollars annually (Chen et al., 2019). TurkStat provides the primary information on accident reports in Türkiye. In 2021, there were 187693 traffic accidents with fatalities and injuries in Türkiye (TUIK, 2021). In these accidents, 5 362 people lost their lives, and 274 615 people were injured. The majority of the victims were between the ages of 25-64 (3067 people). However, we should mention a point for this issue. In Turkish accident records, an accident is considered fatal only if there is a death at the accident scene. For this reason, accidents in which people are alive at the scene of the accident but die on the way to the hospital or at a later date are not included in fatal accidents. Since death does not occur at the crash site in these accidents, they are referred to as injury accidents. Therefore, it should be noted that fatal accidents are much higher than what is mentioned here and other accident over the Türkiye.

The use of GIS in analyzing the urban land use has a wide place in the literature (Topuz and Deniz, 2022; Deniz and Topuz, 2018; Özdemir and Yasak. 2024; Topuz and Deniz, 2023; Özdemir, Özav and Yasak, 2022). With the widespread use of GIS in recent years, analyses have started to be carried out with the help of these programs in black spot detection. For instance, a study using GIS data from 2005 to 2012 noted that accidents exhibit seasonality, and GIS technologies effectively detect this (Çodur et al. 2015). In some studies, in addition to black spot detection, there are estimates of the expected number of accidents with the Empirical Bayes method. In the study where 20 black spots were identified, statistical methods such as Poisson regression, NB regression and Empirical Bayes were used (Dereli et al. 2015).

Spatial Statistical Methods Used in the Identification of Traffic Accident Black Spots

Spatial statistical analyses provide an understanding of the distribution, density, correlations, spatial relationships, and geographic patterns of geographic data. Cressie and Moores (2020) summarize spatial statistical analysis as aiming at the quantitative analysis of spatial features. Traffic black spots are also the identification of accident density areas in the field based on information contained in spatial data. Various methods are employed to identify these points, and different statistical analyses can be applied based on the characteristics of the data and the field. Point density analyses, clustering analyses, regression analyses, multi-criteria decision-making methods, machine learning algorithms, etc. can be given as examples of the most commonly used methods for detecting traffic accident black spots. Kernel Density Estimation (KDE) and Spatial Autocorrelation analysis are the most common estimation tools.

Kernel Density Estimation – (KDE)

This analysis maps the densities based on the frequency of accident locations. Some researchers indicate that this method has been in use for a long time (Xie & Yan, 2013). In the analysis, areas where accidents are densely means black spots. A large number of researches have applied this estimation method (Bil et al., 2013; Sandhu et al., 2016; Thakali et al., 2015). The works can be broadly categorized into two types: Planar KDE and network KDE (Xie & Yan, 2008).

Spatial Autocorrelation

These methods are utilized in spatial decision-making processes. It involves the examination of spatial patterns and relations in distribution. It tries to explain the correlations of the characteristics of the geographical observation unit with the surrounding units (Getis, 2009).

METHOD

The results of this research are organized in two different classes. The first group of results was based on classifying traffic accidents according to different variables. Then, black spots were identified according to the frequency of accidents. ArcGIS 10.8 and R programs were used for spatial statistics. After the data were prepared for analysis, autocorrelation tests, spatial interpolation, and kernel density estimation were applied. Moran's I, Anselin Moran's I, Getis-Ord Gi and Geary's C indices are considered in spatial autocorrelation tests.

In the study, 16638 traffic accidents in Konya between 2017 and 2022 were analyzed. Information on these accidents was gathered from accident traffic reports kept at Konya İl Emniyet Trafik Denetleme Şube Müdürlüğü (KİETDŞM). More than 16000 features of 18 different variables of accidents were analyzed.

Spatial statistical analyses were applied in two different categories. These are Spatial Autocorrelation and Density maps. The results obtained were compared to verify the detected points. Figure 1 shows the statistics used in Spatial Autocorrelation and Density analyses.

RESULTS and CONCLUSION

Results of the Identification of Traffic Accident Black Spots

Results of the Spatial Autocorrelation Analyses

Moran's I Statistic Results

Spatial autocorrelation is used to describe the extent to which the property of an object at any location is similar to the property at neighboring sites (Giungato et al., 2023). One of the most widely used spatial autocorrelation techniques is Moran's I index. This analysis calculates Moran's I index, Expected index, variance, z score, and p-value. This analysis result is interpreted based on the significance of the p-value. The index values of the analysis are between -1 and +1. According to the analysis, if the p-value is significant ($p < 0.05$) and the z score is positive, it indicates that the distribution in the space is significantly clustered due to some underlying reasons (Haining, 2001; <https://pro.arcgis.com>). When the data are analyzed, the variance (0.000001) is homogeneous. In addition, the results are statistically significant ($p = 0.0001$), and the z score (88.631975) is high. Moran's I index is "0.096780" and the expected index value is "-0.000518". This means that accidents are clustered (0.096780), and the probability of randomness (-0.000518) is low.

Anselin Local Moran's I Statistics

This analysis identifies statistically significant hot and cold spots and outliers. By Cluster and Outlier Analysis in ArcGIS software, an image consisting of five different types of points related to the spatial distribution of traffic accidents emerges. Based on the analysis, one could identify the outliers. According to the analysis, the points on the resulting map

take values indicating clusters and outliers. The map is interpreted as 4 quadrants. According to Dubé and Legros (2014, pp. 84-85), these values are divided into quartiles as High-High Cluster-HH, Low-Low Cluster-LL, High-Low Outlier-HL, and Low-High Outlier-LH. HH quadrant is where a variable shows high frequencies with its surroundings. LL quadrant is any observation that detects low frequencies in neighboring units. HL quartile is where a variable is frequently observed, but neighboring variables are not. The LH quartile represents the low frequencies of the examined variable in the space, but very frequent in neighboring units (Dubé and Legros, 2014). These meanings are interpreted by adapting them to the map of traffic accidents. Apart from these four points, the analysis also identifies points that are not significant. Map 3 represents the result of the analysis.

Results of the Getis-Ord G_i^*

High/Low Clustering and Optimized Hotspot Analysis are the preliminary stages of reaching the Getis-Ord G_i^* statistic and then performing a hotspot analysis. Hot Spot Analysis (Getis-Ord G_i^*) calculates the Getis-Ord G_i^* statistic for each feature in the dataset. Z-score and p-values determine where features are clustered spatially. Analysis reveals the relationship between neighboring features. The significance of a hotspot and the presence of clustering is related to the fact that those around that hotspot have similar features (<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/h-how-hot-spot-analysis-getis-ord-gi-spatial-stati.htm>)

Map 4 shows the optimized hot spot analysis of cold spots at 99, 95, and 90% confidence intervals, hot spots at 99, 95, and 90% confidence intervals, and insignificant spots. In the analysis with statistically significant p-value, hot spots are clusters indicating high accident frequency, and cold spots are clusters indicating low accident frequency.

According to the Getis-Ord G_i^* scores, the p-value (<0.0001) is significant, indicating that accidents are not likely to occur randomly in these areas. In this case, it is noticeable that the accidents in the field form meaningful clusters in their spatial distribution and the presence of problem areas. According to the study, in some regions, high and low values of accident frequency were significantly clustered together (General Getis-Ord G_i^* : 0.814787). The expected g-value indicates that the probability of similar clustering in a random distribution is low (Expected General G: 0.644942). The low variance and high z scores support this condition (Table 10).

Results of the Geary's C

When Geary's C statistic p-value is analyzed, the autocorrelation is not random and statistically significant ($p < 0.0001$). A high z score represents spatial homogeneity and significant clustering ($z: 16.552$). The fact that the expected Geary's C statistic values are higher than the observed Geary's C statistic value shows that the accident frequency is not random, but there is spatial clustering. The observed index value is 0.71, and the expected index value is 1 in Geary's C analysis results based on the accident data (Table 11). In other words, accidents are concentrated in a certain place, and these clusters are spatially related.

Geary's C statistic was calculated using "Spdep" of the R programming language. "SpatialEco", "Sp", and "Sf" libraries were used for geographical transformations and opening the data set (Figure 10) (Kınalıoğlu, 2024, p. 57).

Results of Density Maps

Results of Spatial Interpolation Analysis

IDW (Inverse Distance Weighting), one of the spatial interpolation methods, was applied. The heat map obtained with this method is examined, and it will be seen that the red-colored areas indicate high accident frequency, and the blue-colored areas indicate low accident frequency. When hot spots and heat maps are compared, it is noteworthy that there is clustering in similar areas. The fact that the two maps are similar confirms the clustering and shows that arrangements should be made for traffic safety in these areas (Map 5).

Results of kernel density estimator

In the heat map produced by the kernel density estimator analysis, the red dots indicate the height of clustering at a given frequency. From yellow to green, the decrease in accident frequencies is represented. The result of this analysis is similar to the previous analyses (Map 6).

Traffic Accident Black Spots

Spatial statistical analyses show that accidents in Karatay, Meram, and Selçuklu districts are clustered in areas where settlements are concentrated and where these districts intersect. In all analyses and maps, clusters are significantly distributed in certain regions.

These accidents, which are clustered in certain regions, show statistically significant clustering according to the results of the spatial analysis. This indicates that traffic accidents are not randomly distributed in the research area. According to

the data set, there are 1930 traffic accident points. According to this data, only one accident per year occurs at 950 points, while the frequency of the number of accidents at some points is far from randomness (Table 12). 352 points have more than three accidents per year. Locations with an average of three or more traffic accidents over a five-year period were identified in the initial phase to find areas that present a risk (Map 7). After this stage, the points with an average of 9 or more accidents per year were mapped with a second elimination on 352 points (Map 8). After this elimination, 32 accident black spots were found (Table 13).

Among these points, Nalçacı Junction is the most risky area, with an annual accident average of 25.2 and a total of 126 accidents. The lowest accident black spots are intersections and streets such as Yeni İstanbul Caddesi - 1st Organize Durağı Junction, Azerbaijan Caddesi - Gazze Caddesi Junction, Aksaray Yolu Aslım Caddesi Junction and Selim Sultan Caddesi with an annual average of 9.2 and a total of 46 accidents respectively.

In addition to utilizing statistical data in the study, interviews were also conducted with officials from the Statistics Bureau of KİETDŞM. The black spots revealed by the statistical data were also confirmed by interviewing the personnel in charge at the KİETDŞM.

According to the accident data, there is a direct proportion between the population and the number of accidents, and it is observed that the number of accidents became more frequent as the population increased. Accidents have been seen in Selçuklu 7443, Karatay 4893, and Meram 4302 times. Most of these accidents take place in neighborhood markets and passenger terminals. The number of accidents has been decreasing from the past to the present.

Seasonal effects are observed in the frequency of geese, with an increasing frequency in summer. The months with the highest accident frequency are July, August, September, and June, while with the lowest frequency are December, January, and February. In all months, the frequency of accidents increases on Mondays and Fridays and is lowest on Sundays. The hours with the lowest frequency of accidents are between 04:00-05:00, while 18:00-19:00 are the highest frequency of accidents.

The majority of accidents occurred at intersections (55.92%), with four-way intersections having the highest accident risk (44.69%). These types of intersections were followed by three-way T-intersections (33.90%). The fact that bridges and viaducts in the city reduce the risk of accidents is evident from the bridge intersection accidents (1.70%), where the least accidents occurred. Most of the accidents were "Side Impact" accidents, followed by "Pedestrian Collision" and "Rear Impact" accidents in second and third place.

According to the analysis, accidents are clustered in certain areas in a meaningful, not randomly. In the study, considering the accident number-frequency method, the points having accidents above the threshold value were accepted as accident black spots. Although there is no generally accepted value for the threshold, points with an annual average of 3 or more traffic accidents can be considered accident black spots. Accordingly, the locations with an annual average of 3 or more traffic accidents are 352.

The signalization at intersections should be properly completed and regularly monitored by traffic teams, with penalties applied when necessary to enhance traffic safety. Street and avenue lighting should be checked for proper functioning, especially at nights. Increasing the number of pedestrian overpasses and underpasses will contribute to the reduction of pedestrian collision type accidents, which is one of the most common accident types.

Interviews and field observations revealed that some vehicle overpasses and underpasses may have engineering defects such as slope, angle, etc. For example, at the intersection of Yeni İstanbul Street and Albayrak Street, the visibility of vehicles entering the overpass is limited due to slope-related problems, and speeding vehicles cannot find braking distance, increasing the possibility of encountering risky situations.

In Türkiye, accident statistics do not include fatal accidents in which people are alive at the location of the accident but die on the way to the hospital or at a later date. Since death does not occur at the scene in these accidents, they are referred to as injury accidents. Therefore, it should be noted that fatal accidents are much higher than mentioned here.

EK-1

Sıra No	5 Yıldaki Toplam Kaza Sayısı	Noktanın Konumu
1	126	37.882, 32.490
2	80	37.994, 32.519
3	77	37.895, 32.505
4	73	37.878, 32.495
5	71	37.888, 32.495
6	70	37.870, 32.526
7	67	37.866, 32.489
8	65	37.871, 32.501
9	62	37.900, 32.490
10	59	37.883, 32.486
11	57	37.890, 32.491
12	56	37.950, 32.512
13	56	37.849, 32.508
14	54	37.928, 32.509
15	52	37.866, 32.502
16	52	37.877, 32.494
17	52	37.868, 32.486
18	52	37.865, 32.503
19	51	37.875, 32.485
20	50	37.948, 32.507
21	50	37.931, 32.510
22	50	37.872, 32.501
23	49	37.994, 32.523
24	49	37.948, 32.499
25	47	37.904, 32.495
26	47	37.886, 32.499
27	47	37.874, 32.502
28	47	37.867, 32.501

29	46	37.922, 32.508
30	46	37.856, 32.470
31	46	37.953, 32.576
32	46	37.848, 32.509
33	44	37.876,32.479
34	44	37.866,32.525
35	44	37.848,32.544
36	43	37.874,32.482
37	43	37.913,32.504
38	43	37.917,32.507
39	42	37.878,32.487
40	42	37.829,32.498
41	41	37.872,32.458
42	41	37.866,32.494
43	40	37.934,32.511
44	40	37.939,32.512
45	40	37.958,32.513
46	39	37.873,32.488
47	39	37.947,32.491
48	39	37.877,32.502
49	39	37.840,32.537
50	39	37.866,32.569
51	38	37.874,32.457
52	38	37.879,32.459
53	37	37.852,32.464
54	37	37.879,32.482
55	37	37.901,32.486
56	37	37.949,32.493
57	37	37.961,32.505
58	36	37.870,32.480

59	36	37.874,32.491
60	36	37.867,32.499
61	36	37.885,32.527
62	35	37.841,32.455
63	35	37.878,32.505
64	35	37.913,32.518
65	35	37.862,32.524
66	34	37.894,32.498
67	33	37.885,32.458
68	33	37.891,32.467
69	33	37.871,32.490
70	33	37.867,32.507
71	33	37.949,32.512
72	33	37.857,32.523
73	33	37.859,32.524
74	32	37.860,32.478
75	32	37.865,32.491
76	32	37.909,32.500
77	32	37.854,32.515
78	32	37.873,32.528
79	31	37.872,32.426
80	31	37.874,32.452
81	31	37.898,32.471
82	31	37.898,32.492
83	31	37.847,32.496
84	31	37.889,32.500
85	31	37.981,32.512
86	30	37.862,32.446
87	30	37.858,32.461
88	30	37.890,32.479
89	30	37.906,32.483

90	30	37.860,32.484
91	30	37.870,32.485
92	30	37.829,32.490
93	30	37.891,32.502
94	30	37.878,32.538
95	30	37.853,32.544
96	29	37.870,32.455
97	29	37.883,32.463
98	29	37.892,32.478
99	29	37.897,32.485
100	29	37.877,32.490
101	29	37.886,32.493
102	29	37.870,32.501
103	29	37.894,32.513
104	29	37.936,32.519
105	29	37.834,32.521
106	29	37.878,32.527
107	29	37.870,32.536
108	28	37.874,32.449
109	28	37.888,32.462
110	28	37.878,32.469
111	28	37.881,32.491
112	28	37.853,32.494
113	28	37.912,32.501
114	28	37.862,32.504
115	28	37.895,32.510
116	28	37.979,32.515
117	28	37.818,32.519
118	28	37.978,32.521
119	28	37.790,32.525

120	28	37.917,32.544
121	27	37.880,32.424
122	27	37.850,32.473
123	27	37.875,32.478
124	27	37.873,32.480
125	27	37.872,32.486
126	27	37.907,32.497
127	27	37.884,32.507
128	27	37.960,32.520
129	27	37.856,32.543
130	27	37.861,32.547
131	26	37.868,32.459
132	26	37.863,32.481
133	26	37.876,32.482
134	26	37.886,32.484
135	26	37.899,32.487
136	26	37.867,32.492
137	26	37.874,32.494
138	26	37.875,32.514
139	26	37.871,32.515
140	26	37.966,32.515
141	26	37.927,32.546
142	25	37.872,32.422
143	25	37.871,32.446
144	25	37.865,32.454
145	25	37.860,32.472
146	25	37.861,32.476
147	25	37.895,32.476
148	25	37.895,32.487
149	25	37.889,32.493
150	25	37.871,32.496

151	25	37.895,32.502
152	25	37.854,32.506
153	25	37.883,32.510
154	25	37.850,32.511
155	25	37.916,32.513
156	25	37.864,32.516
157	25	37.829,32.517
158	25	37.948,32.523
159	25	37.850,32.533
160	25	37.897,32.551
161	24	37.883,32.456
162	24	37.885,32.466
163	24	37.928,32.474
164	24	37.959,32.475
165	24	37.831,32.483
166	24	37.913,32.491
167	24	37.843,32.495
168	24	37.928,32.505
169	24	37.899,32.508
170	24	37.837,32.513
171	24	37.955,32.514
172	23	37.780,32.419
173	23	37.902,32.465
174	23	37.870,32.477
175	23	37.892,32.488
176	23	37.856,32.492
177	23	37.909,32.497
178	23	37.903,32.497
179	23	37.877,32.499
180	23	37.926,32.508

181	23	37.858,32.509
182	23	37.901,32.520
183	23	37.889,32.522
184	23	37.939,32.541
185	22	37.855,32.427
186	22	37.877,32.430
187	22	37.878,32.465
188	22	37.869,32.469
189	22	37.877,32.472
190	22	37.890,32.489
191	22	37.853,32.491
192	22	37.870,32.492
193	22	37.949,32.495
194	22	37.894,32.504
195	22	37.955,32.509
196	22	37.832,32.516
197	22	37.822,32.518
198	22	37.913,32.521
199	22	37.905,32.523
200	21	37.870,32.440
201	21	37.880,32.453
202	21	37.866,32.464
203	21	37.903,32.471
204	21	37.867,32.483
205	21	37.891,32.497
206	21	37.866,32.505
207	21	37.878,32.512
208	21	37.969,32.516
209	21	37.941,32.517
210	21	37.983,32.524
211	21	37.911,32.525

212	21	37.855,32.545
213	21	37.990,32.595
214	20	37.859,32.428
215	20	37.866,32.460
216	20	37.896,32.473
217	20	37.892,32.475
218	20	37.888,32.482
219	20	37.891,32.485
220	20	37.901,32.496
221	20	37.866,32.497
222	20	37.900,32.503
223	20	37.938,32.503
224	20	37.882,32.504
225	20	37.856,32.504
226	20	37.860,32.506
227	20	37.871,32.507
228	20	37.875,32.507
229	20	37.937,32.511
230	20	37.946,32.513
231	20	37.880,32.517
232	20	37.988,32.519
233	20	37.811,32.521
234	20	37.981,32.521
235	20	37.881,32.521
236	20	37.772,32.533
237	20	37.862,32.536
238	20	37.916,32.556
239	19	37.866,32.432
240	19	37.878,32.451
241	19	37.892,32.462

242	19	37.863,32.465
243	19	37.872,32.477
244	19	37.880,32.478
245	19	37.871,32.482
246	19	37.870,32.487
247	19	37.954,32.489
248	19	37.863,32.493
249	19	37.906,32.502
250	19	37.958,32.509
251	19	37.917,32.510
252	19	37.972,32.515
253	19	37.892,32.519
254	19	37.899,32.526
255	19	37.908,32.527
256	19	37.893,32.539
257	19	37.908,32.554
258	18	37.881,32.440
259	18	37.883,32.454
260	18	37.860,32.464
261	18	37.862,32.480
262	18	37.959,32.485
263	18	37.852,32.488
264	18	37.906,32.491
265	18	37.923,32.493
266	18	37.906,32.494
267	18	37.864,32.501
268	18	37.861,32.502
269	18	37.948,32.509
270	18	37.974,32.515
271	18	37.898,32.518
272	18	37.975,32.520

273	18	37.849,32.523
274	18	37.998,32.526
275	18	37.948,32.534
276	18	37.839,32.540
277	18	37.982,32.587
278	17	37.860,32.468
279	17	37.889,32.481
280	17	37.851,32.486
281	17	37.944,32.486
282	17	37.887,32.489
283	17	37.901,32.491
284	17	37.941,32.493
285	17	37.894,32.496
286	17	37.888,32.497
287	17	37.849,32.503
288	17	37.828,32.506
289	17	37.955,32.522
290	17	37.804,32.523
291	17	37.897,32.532
292	17	37.890,32.534
293	17	37.860,32.543
294	17	37.879,32.545
295	16	37.764,32.415
296	16	37.871,32.452
297	16	37.824,32.464
298	16	37.891,32.471
299	16	37.829,32.478
300	16	37.866,32.478
301	16	37.913,32.479
302	16	37.894,32.480

303	16	37.867,32.480
304	16	37.884,32.485
305	16	37.932,32.488
306	16	37.922,32.498
307	16	37.960,32.499
308	16	37.849,32.499
309	16	37.858,32.503
310	16	37.944,32.508
311	16	37.888,32.512
312	16	37.928,32.515
313	16	37.977,32.516
314	16	37.981,32.517
315	16	37.857,32.520
316	16	37.920,32.524
317	16	37.925,32.527
318	16	37.906,32.530
319	16	37.903,32.535
320	16	37.835,32.544
321	15	37.767,32.415
322	15	37.804,32.429
323	15	37.892,32.442
324	15	37.890,32.446
325	15	37.873,32.455
326	15	37.849,32.458
327	15	37.886,32.461
328	15	37.853,32.472
329	15	37.879,32.485
330	15	37.863,32.489
331	15	37.878,32.491
332	15	37.952,32.493
333	15	37.859,32.493

334	15	37.944,32.494
335	15	37.872,32.494
336	15	37.877,32.496
337	15	37.883,32.497
338	15	37.835,32.498
339	15	37.955,32.500
340	15	37.797,32.500
341	15	37.948,32.503
342	15	37.880,32.507
343	15	37.841,32.512
344	15	37.905,32.513
345	15	37.915,32.518
346	15	37.852,32.519
347	15	37.966,32.520
348	15	37.930,32.524
349	15	37.895,32.528
350	15	37.892,32.531
351	15	37.913,32.532
352	15	37.845,32.547