

Makale Türü/Article Type: Araştırma Makalesi/Research Article

Zaman Serisi Modelleri ile Trafik Kazası Sayılarının Tahmin Edilmesi¹

Forecasting Traffic Accident Numbers Using Time Series Models

Serhat TOPUZ²

Hakan Murat ARSLAN³

Öz

Bu çalışma, Batı Karadeniz Bölgesi Jandarma sorumluluk sahasında meydana gelebilecek trafik kazası sayılarını zaman serisi modelleri ile tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, Jandarma Genel Komutanlığı'nın resmî web sitesinde yer alan Nisan 2019'dan Aralık 2023'e kadar olan istatistiki veriler kullanılmıştır. Bu veriler, Bartın, Bolu, Düzce, Karabük, Kastamonu, Sinop ve Zonguldak illerinde meydana gelen trafik kazalarını içermektedir. Araştırmada, otoregresif entegre hareketli ortalamalar (ARIMA) yöntemi kullanılarak gelecekteki kaza sayıları tahmin edilmiştir. Bu kapsamda, veri analizleri ve modellemeler Minitab ve EViews programları ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçları, trend analizi, mevsimsellik analizi ve tahmin modelleri ile desteklenmiştir. Çalışmanın bulgularına göre, trafik kazalarının sayısının tahmin edilmesi, karar verici konumundaki yöneticilerin personel görevlendirmesi ve ekonomik planlama gibi konularda daha bilinçli ve etkili kararlar almasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca, akademik ve kamu kurumlarını ilgilendiren gelecekte yapılacak benzer çalışmalarda, elde edilen tahmin sonuçları, halk sağlığı ve devlet ekonomisi açısından önemli olan trafik kazalarının önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınmasına da yardımcı olacaktır.

Anahtar Sözcükler: Zaman Serisi Modelleri, Trafik Kazası Sayıları, ARIMA Modeli

Abstract

This study aims to forecast the number of traffic accidents that may occur in the jurisdiction of the Gendarmerie in the Western Black Sea Region using time series models. Statistical data from April 2019 to December 2023 obtained from the official website of the General Command of Gendarmerie have been utilized. This data includes traffic accidents occurring in the provinces of Bartın, Bolu, Düzce, Karabük, Kastamonu, Sinop, and Zonguldak. The Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) method has been employed to predict future accident numbers. In this context, data analyses and modeling have been conducted using Minitab and EViews software. The results of the study are supported by trend analysis, seasonality analysis, and forecasting models. According to the findings, predicting the number of traffic accidents will contribute to more informed and effective decision-making by managers in personnel allocation and economic planning. Furthermore, the forecast results obtained will assist in taking necessary measures to prevent traffic accidents, which are significant for public health and the state economy, in future similar studies relevant to academic and public institutions.

Keywords: Time Series Models, Traffic Accident Numbers, ARIMA Model

¹ Bu çalışma, Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde yayımlanan “Trafik Kazası Sayılarının Zaman Serisi Modelleri ile Tahmini: Batı Karadeniz Bölgesi Örneği ” isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

²**Sorumlu Yazar:** Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Düzce, Türkiye, serhattopuz@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1911-7706>

³ Prof. Dr., Düzce Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Düzce, Türkiye, muratarслан@duzce.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-3515-5358>

Bu Yayına Atıfta Bulunmak İçin/Cite as:

Topuz, S., & Arslan, H. M. (2025). Zaman Serisi Modelleri ile Trafik Kazası Sayılarının Tahmin Edilmesi. *Sosyal Bilimlerde Nicel Araştırmalar Dergisi*, 5(1), 14-30

1. Giriş

Küresel bazda kentleşmenin, sosyolojik değişimlerin ve insan popülasyonunun çoğalması ile ulaşım ihtiyacı günden güne artmakta, büyüme hızına bağlı olarak kişi başına düşen araç sayısı da yukarı yönlü olarak değişmektedir. Artan araç sayısı ile trafik yoğunluğu ve trafik kaza sayıları da artmaktadır. Birçok tanımlama ve anlatış biçimi olsa da genel olarak kaza tanımlarına bakıldığında zaman “önceden planlanmamış, öngörülemeyen, beklenmeyen bir şekil veya zamanda meydana gelen gerçekleşmesi istenemeyen olaylardır Kaza bu şekilde tanımlandığında ise sonuç kaderciliğe ve nedenleri araştırmama eğilimine yol açmaktadır Toplum tanımlanan bu algıdan uzaklaştırarak kazayı yeniden tanımlayıp kazanın; belirli hata, yanlış hareket ve ihmaller zincirinden oluşan, yapılacak çalışma ve alınacak önlemler ile korunulabilir bir olaydır olgusu üzerinde tanımlanmaktan geçmektedir (Akdur, 2012).

Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization) Karayolu Güvenliğine İlişkin Küresel Durum Raporuna göre ise trafik kazaları, yılda 1,35 milyon insanın hayatını kaybetmesine, 50 milyona yakın insanın ise yaralanmasına sebep olmaktadır. Küresel ölçekte ölüm sebeplerinde 8. sırada, 5-29 yaş arası genç ve çocuk ölümlerinde ise birinci sırada yer almaktadır (World Health Organization (WHO, 2018). Türkiye’de 2021 yılında 1 186 353 kaza meydana gelmiş bunların, 998 390 tanesi maddi hasarlı, 187 963 tanesi ölümlü ve yaralanmalı nitelikte trafik kazasıdır. Meydana gelen bu kazalarda 5 362 vatandaş hayatını kaybetmiş, 274 615 Türk vatandaşı ise yaralanmıştır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2022).

Trafik kazaları, yalnızca insanların zarar görmesi, sakat kalması veya ölümüyle sonuçlanması gibi sağlık sebepleri ile değil, aynı zamanda hastane hizmetleri gibi kaynakların başka amaçlar için kullanılabilecek şekilde israf edilmesi, tasarruf ve iş gücü kaybıyla sonuçlanması nedeniyle de çok kritiktir (Yenipinar, 2024). Ülke ekonomisine dolaylı katkı sağlamak amacıyla, trafik kazalarının sonuçlarında oluşan ekonomik kayıpları azaltmaya ve yaralanma/ölümleri önlemeye yönelik önlemler için, gelecekteki kaza vakalarının, ölüm oranlarının ve yaralanmaların tahmin edilmesi amacı ile istatistiksel modellerin geliştirilmesine ihtiyaç duyduğu düşünülmektedir.

Ülke genelinde yapılan kaza tahmin modellerinin önlem almak konusunda yerel kolluk kuvvetlerine bir desteğinin olmadığı ve yapılan çalışmaların yetersiz kaldığı, çalışmaların noktasal çözümlere yönelik olarak yapılması gerektiği görülmektedir (Gündüz ve Yüksel, 2020). Bu araştırma konusunun zarureti bu gerekçelere dayanmaktadır. Özellikle yerel yönetimlerin, kaza analizleri ve önleme stratejilerinde daha proaktif ve veriye dayalı yaklaşımlar benimsemeleri gerekmektedir (Aksoy vd., 2025). Bunun yanında, kazaların meydana geldiği noktaların ve sebeplerinin detaylı analizi, kapsamlı ve özelleştirilmiş önlem paketlerinin oluşturulmasını sağlayacaktır.

Günümüzde, trafik kazalarını analiz etmek ve önlemek için çeşitli istatistiksel ve makine öğrenmesi modelleri kullanılmaktadır. Bu modeller, kazaların sıklığını, ciddiyetini ve olası nedenlerini tahmin etmek için kullanılabilmektedir. Ayrıca, bu modeller kaza riskini azaltmak için uygulanabilecek en etkili önlemleri belirlemeye yardımcı olmaktadır. Ancak, bu modellerin etkinliği, toplanan verinin kalitesine ve analizin doğruluğuna bağlıdır. Bu nedenle, trafik güvenliği ile ilgili veri toplama ve analiz süreçleri, sürekli olarak iyileştirilmeli ve güncellenmelidir (Erbey, 2025). Ayrıca, kentsel planlama ve altyapı tasarımıyla trafik güvenliğinin entegrasyonu, kazaların önlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Şehirlerin ve yolların, güvenli ulaşımı teşvik edecek şekilde tasarlanması ve iyileştirilmesi, kazaların önlenmesi ve trafik güvenliğinin artırılmasında kritik öneme sahiptir. Bu, yaya ve bisiklet

yollarının genişletilmesi, aydınlatmanın iyileştirilmesi, hız sınırlarının gözden geçirilmesi ve trafik işaretlemelerinin optimizasyonu gibi çeşitli önlemleri içerebilir. (Öztaş Karlı, 2025) Trafik kazalarının önlenmesi ve trafik güvenliğinin artırılması, çok yönlü bir yaklaşım gerektirmektedir. Bu yaklaşım, veri toplama ve analizi, kentsel planlama, altyapı tasarımı, eğitim ve farkındalık kampanyaları ve yasal düzenlemeler gibi çeşitli unsurları kapsamalıdır (Eken, 2025). Tüm bu unsurların birlikte ve uyum içinde çalışması, trafik kazalarının azaltılması ve yollarda daha güvenli bir ortamın oluşturulması için hayati öneme sahiptir.

Bu çalışma, mevcut literatürdeki kaza tahmin modellerinin yetersizliği ve yerel düzeydeki trafik dinamiklerinin yeterince incelenmemesi gibi boşlukları hedef almaktadır. Özellikle, Türkiye'de yapılan trafik kazası analizlerinin genellikle ülke genelini kapsamaması, bölgesel özelliklerin göz ardı edilmesine yol açmaktadır. Bu çalışmanın diğer araştırmalardan en önemli farkı, bölgesel bir odaklanma ile Batı Karadeniz Bölgesi'nde spesifik trafik dinamiklerine ışık tutmasıdır. Önceki çalışmalar genellikle ülke genelini kapsarken, bu çalışma yerel düzeyde daha derinlemesine bir analiz sunarak, bölgenin kendine özgü özelliklerini dikkate almaktadır. Ayrıca, Jandarma sorumluluk sahasındaki trafik kazalarına odaklanarak, kırsal ve şehirlerarası trafikteki güvenlik sorunlarına dair önemli veriler sunmaktadır.

Bu çalışma, uzun bir zaman dilimini kapsayan veri seti ile gerçekleştirilmesi açısından da özgünlük taşımaktadır. Nisan 2019'dan Aralık 2023'e kadar olan verilerin kullanılması, elde edilen sonuçların geçerliliğini artırmakta ve daha güvenilir tahminler sunmaktadır. Yöntem olarak ARIMA modelinin kullanılması, zaman serisi analizi alanında yaygın olarak kabul gören bir tekniktir ve bu modelin uygulanması, trafik kazalarının geçmişteki trendlerini gözlemleyerek gelecekteki olası durumları tahmin etme imkânı sunmaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın hem metodolojik hem de pratik açıdan önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir. Bu kapsamlı çerçevede, trafik güvenliği alanında yapılan çalışmaların ve alınan önlemlerin etkinliğinin sürekli olarak değerlendirilmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede, trafik kazalarının getirdiği insanî ve ekonomik kayıpların önüne geçilebilir ve daha güvenli bir toplum oluşturulabilir.

2. Literatür Taraması

2.1. Trafik ve Trafik Kazaları

Trafik, 2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanununun (KTK) 3. maddesinde '*Yayaların, hayvanların ve araçların karayolları üzerindeki hal ve hareketleridir.*' şeklinde tanımlanmıştır. Bu tanımdan anlaşılacağı üzere karayolları üzerinde meydana gelen bütün hareketler trafiğin unsurlarını oluşturmaktadır. Trafik kazası ise yine aynı kanuna göre '*Karayolu üzerinde hareket halinde olan bir veya birden fazla aracın karıştığı ölüm, yaralanma ve zararlı sonuçlanmış olan olaydır.*' şeklinde tanımlanmıştır. Trafik kazasının tanımına istinaden aşağıda belirtilen unsurlar bir trafik kazasının trafik kazası olarak değerlendirilmesi için oluşmuş olması gerekmektedir.

- Bir veya birden fazla araç veya bir araç ile yaya, hayvanın karıştığı bir olayın varlığı,
- Meydana gelen olayın karayolu üzerinde gerçekleşmesi,
- Araç veya araçlardan en az birinin hareket halinde olması,
- Olayın meydana gelmesinde kasıt olmaması,
- Olay sonucu kişiye veya mala zarar gelmesi,
- Kaza ile ölüm, yaralanma veya maddî hasar arasında nedensellik ilişkisinin bulunmasıdır.

Trafik kazalarının oluşumunda birçok faktör etkili olabilir. Trafik kazalarının en yaygın nedeni sürücü hatalarıdır. Literatürde yapılan araştırmalar, hız ihlali, dikkatsizlik, kural ihlali, alkollü araç kullanımı, uykusuzluk ve cep telefonu kullanımı gibi sürücü hatalarının trafik kazalarında önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bu faktörler, sürücülerin dikkat eksikliği, tepki süresindeki yavaşlama ve araç kontrolünün kaybedilmesi gibi durumları beraberinde getirerek kazalara yol açar.

2.2. Türkiye’de Trafik Kazaları

Türkiye ve dünyada karayolu taşımacılığı ve karayolu ulaşımı yaygın ulaşım ağı, farklı türdeki araçlar, her zaman koşulunda taşımaya ve ulaşım imkân vermesi gibi avantajları nedeniyle en çok tercih edilen taşıma ve ulaşım türlerindendir (Özoğlu ve Demirci, 2021). Bu sebeple trafik akışında ve karayolu üzerinde trafik kazalarının meydana gelmesi de kaçınılmazdır.

Türkiye İstatistik Kurumunun en son yayınlanan 2021 yılı Türkiye trafik kazaları verilerine göre ülke genelinde karayolu trafiğine kayıtlı 25 249 119 araç bulunmaktadır. Jandarma Genel Komutanlığı ve Emniyet Genel Müdürlüğü vasıtasıyla alınan verilere göre, 1 186 353 aracın trafik kazasına karıştığı bu kazalar sonucu 5 362 insanın öldüğü, 274 615 insanın ise yaralandığı, 1 142 807 trafik kazasının Emniyet Genel Müdürlüğü sorumluluk sahasında meydana geldiği, 43 546 trafik kazasının ise Jandarma Genel Komutanlığı sorumluluk sahasında meydana geldiği görülmektedir (TÜİK, 2022).

Meydana gelen trafik kazaları incelendiğinde büyük bir ekonomik ve sosyolojik etkisinin olduğu görülmektedir. Kaza sonucunda zarar gören kişi veya kişilerin ailelerinin de olay sonucu etkilendiği (Mohan, 2002), incelediği gibi kaza sonrası oluşan dolaylı zararların ‘sağlık maliyetleri’, ‘diğer kaynak maliyetleri’, ‘üretim kayıpları’ ve ‘yaşam kalitesinin düşmesi’ gibi dört ana grupta incelenebilmektedir. Bu incelemeler sonucunda kazanın net maliyeti hesaplanabilir. Türkiye’nin trafik kazaları sonucu ekonomik kaybı Türkiye Cumhuriyeti 2019 yılında 55 milyar liraya yakın bir kayıptır. Kaybedilen bu miktar gerekli yatırım kanallarına aktarılamamakta ve etkin kullanılamayan ekonomik güç oluşmaktadır.

2.3. Trafik Kazalarının Tahmininde Kullanılmış Modeller

Trafik öngörü yöntemlerinin önceden kullanılan modellerini, karşılaşılan zorlukları ve iyileştirme fırsatlarını inceleyerek, daha yakın zamanlarda özellikle zaman serisi analizine dayalı öngörü yöntemleri de ele alınmıştır. Öngörü teknikleri, gelecekteki ihtiyaçları planlamak için geçmiş ve mevcut işlemleri kontrol etmeye yardımcı olmak için kullanılır. Farklı öngörü yöntemleri mevcut olsa da hepsinin ortak bir hedefi vardır; bir zaman serisi verisi ile gelecek hakkında tahminde bulunmak. Ancak, karar vericiler, bahsedilen modellerden elde edilen sonuçların kararı etkilemedeki güvenilirliğini ve gücünü doğrulamak istemektedirler.

Bu bölüm, trafik kazalarında önceden kullanılan öngörü modelleri ve bu verileri analiz etmek için kullanılan istatistiksel modelleri ele almaktadır. İlgili araştırma konusuyla incelenen bazı referanslar gösterilmiştir.

Çalışmalarının güncelliği devam eden İngiliz mühendis ve istatistikçi (Smeed, 1949) tarafından ortaya atılan trafik akışı teorisi ve trafik kazaları ile ilgili bir modeldir. Bu modele göre, bir ülkedeki trafik kazaları sayısı ile o ülkedeki motorlu araç sayısı arasında bir regresyon vardır.

$$\frac{D}{N} = 0.0003 \left(\frac{N}{P} \right) 0.67 \quad (2.1)$$

Bu model de trafik kazalarının yıllık sayısı (D), ülkedeki motorlu araç sayısı (N) ve nüfusu temsilen (P) ifadeleri formül de kullanılmıştır. Ortaya konan bu formül ve model ilk

olarak İngiltere'deki trafik kazaları üzerine yapılan bir araştırmada ortaya atılmıştır ve daha sonra diğer ülkelerdeki trafik kazaları verileri de incelenerek doğruluğu kanıtlanmıştır. Bu model aynı zamanda *Smeed Kanunu* olarak da bilinir. Ancak (Andreassen, 1985), bu model de ki verilerin bir yılın toplamına ait olduğunu, zaman serisi içermemekle beraber modele ait sabit ve üstel değerlerin incelenecek ülke ve bölgelere göre farklı olabileceğini belirterek kendisi bir çalışma yaparak kanıtlamıştır. Yaptığı çalışmada, Smeed Kanununun Norveç için geçerli olup olmadığı araştırılmıştır. Smeed Kanununun Norveç verilerine uygulanması sonucunda, sabit katsayıların İngiltere'deki oranlardan farklı olduğu ve Norveç'te trafik kazalarının motorlu araç sayısına oranının İngiltere'den daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, kendi modelini geliştirerek yeni bir formül oluşturmuştur.

$$D/N = 0.0267 (N/1000) (1.75 + 0.25 \log_{10}(N/P)) \quad (2.2)$$

Bu model de trafik kazalarının yıllık sayısı (D), ülkedeki motorlu araç sayısı (N) ve nüfusu temsilen (P) ifadeleri formülde kullanılmıştır. *Andreassen Formülü*, Smeed Kanunu gibi trafik kazalarının tahmininde kullanılan önemli bir modeldir ve özellikle Norveç, İsveç ve Danimarka gibi ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Khisty ve Ayvalik (2002) ise, Illinois'taki ölüm oranlarındaki trendlerde bir değişikliğin etkisi olup olmadığını belirlemek için tek değişkenli Box-Jenkins yöntemi ile müdahale analizi kullanmışlardır. Illinois'teki otoyol ölümlerinde gelecekteki trendleri tahmin etmek için ARIMA modeli geliştirmişler ve bu çalışma ile ölüm oranlarının azaltılması konusunda politika geliştirilmesi sürecine yardımcı olunmuştur.

Atalay, Tortum ve Gökdağ (2012), istatistiksel çalışma, 1977-2006 yıllarında Türkiye'de meydana trafik kazası verileri aylık değişkenler şeklinde kullanılarak zaman serisi analizi modellemesi oluşturulup analiz edilmiştir.

Trafik kazaları sayılarının tahmin edilebilmesi ve ilgili zaman serisi analizi modellerinin oluşturulabilmesi için bazı temel kavramların bilinmesi gerekmektedir. Bunlar aşağıda sırası ile başlıklar halinde verilmiştir.

2.4. Zaman Serileri ve Bileşenleri

Zaman serileri, belirli bir zaman aralığında toplanan ve zamanla değişen bir ölçümü ifade eden verilerdir. Zaman serileri, genellikle aynı aralıklarla toplanır ve bu nedenle zamanın doğrusal bir şekilde ilerlediği bir sıraya sahiptirler. Zaman serileri, Holt (1957) tarafından tanımlanan dört ana bileşenle açıklanır. Bu bileşenler:

- Trend
- Mevsimsel Değişimler
- Döngüsel Değişimler
- Rasgele Değişimler olarak adlandırılmaktadır.

Zaman serilerinin bileşenleri, bu verilerin analizi ve tahmininde önemli bir rol oynar. Örneğin, trend ve mevsimsel değişim, gelecekteki verilerin tahmininde kullanılan modellerin belirlenmesine yardımcı olabilir. Döngüsel değişim ve rasgele değişim, zaman serisi verilerinin belirsizliği ve tahmin edilebilirliği hakkında daha fazla bilgi sağlar.

2.4.1. Trend

Yule (1926) tarafından yapılan öneriye göre, trend zaman serilerindeki eğilimleri belirlemek için regresyon analizi kullanılarak elde edilen eğilimlerin "trend" olarak adlandırılmasını önermektedir. Trend, bir zaman serisinin uzun vadeli eğilimini temsil eden bir bileşendir. Genellikle doğrusal veya doğrusal olmayan bir fonksiyon olarak modellenebilir.

Doğrusal trend, zaman serisinin düz bir çizgi boyunca yükseldiği veya düştüğü durumlar için kullanılırken, doğrusal olmayan trend ise, zaman serisinin düz bir çizgi yerine eğri bir çizgi boyunca yükseldiği veya düştüğü durumlar için kullanılır. Trend, verilerin zaman içindeki değişimine göre belirgin bir yükseliş veya düşüş eğilimi sergiler ve zaman serisinin genel eğilimini yansıtır (Yule, 1926).

Trend analizi, bir zaman serisinin geçmiş verilerine dayanarak gelecekteki eğilimleri tahmin etmek için kullanılabilir. Bu analizde, trendin yanı sıra diğer bileşenler de dikkate alınarak modelleme yapılır. Zaman serisindeki değişkenlik trendin yanı sıra mevsimsellik, döngüsel hareketler ve rastgele dalgalanmalar gibi diğer bileşenlerden kaynaklanabilir. Trend analizi, bu bileşenlerin etkisini kontrol etmek ve zaman içindeki eğilimi daha doğru bir şekilde belirlemek için kullanılan yöntemler içerir (Chatfield, 2016).

2.4.2. Mevsimsel Değişimler

Mevsim, yılın belirli bir zaman diliminde düzenli olarak tekrarlanan koşullar ve olaylar topluluğunu ifade eder. Zaman serileri analizinde, mevsimsel değişimler, farklı mevsimlerde gözlemlenen belirli bir özelliğin düzenli olarak değişimini temsil eder. Mevsimsel değişimler, zaman serilerinin analizinde önemli bir bileşen olarak kabul edilir ve genellikle modelleme gerektirir. Mevsimsel bileşen, zaman serisi verilerinde belirli bir zaman aralığında tekrar eden düzenli bir deseni ifade eder (Shumway ve Stoffer, 2011).

Mevsimsel değişimler genellikle belirli bir periyot içinde tekrar eden düzenli desenler olarak ortaya çıkar. Örneğin, hava sıcaklığı verileri incelendiğinde, yıl boyunca mevsimsel bir desen olduğu görülebilir, sıcaklık yaz aylarında yükselirken kış aylarında düşer. Bu mevsimsel değişimin doğru bir şekilde modellenmesi, gelecekteki sıcaklık değişimlerinin tahmin edilmesi ve ilgili stratejilerin geliştirilmesi için önemlidir (Enders, 2015).

2.5. Zaman Serileri için Öngörü Yöntemleri

Öngörü yöntemleri genellikle niteliksel teknikler ve niceliksel teknikler olarak iki ana kategoriye ayrılır. Niteliksel yöntemler, bilinçli uzmanların subjektif tahminlerine dayalı tahmin yaklaşımlarını içerir. Bu yöntemler, ampirik bilgi, doğrudan anlayış ve ilgili diğer bilgiler temelinde oluşturulur. Nitel öngörü yöntemlerinde genellikle uzman görüşleri ve fikirleri kullanılır ve istatistiksel veri analizi yapılması gerekli olmayabilir (Brockwell ve Davis, 2002).

Niceliksel yöntemler ise bir değişkenli ve çok değişkenli yöntemler olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Bu çalışmada temel olan bir bağımsız değişkenli nicel öngörü yöntemlerinden bahsedilmektedir. Bu yöntemler, matematiksel modelleme teknikleri kullanılarak oluşturulur. Bu yöntemler arasında basit hareketli ortalama (Simple Moving Average - SMA), üstel düzleştirme (Exponential Smoothing - ES), Box-Jenkins otoregresif entegrasyon hareketli ortalama (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA), Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network - ANN), Box-Jenkins çok değişkenli modelleri, Holt-Winters üstel düzleştirme (tekli, çiftli, üçlü) gibi yöntemler yer alır. Bu yöntemler, tahmin edilmek istenen değişkenin önceki değerleri ve ilgili diğer faktörlerin de dikkate alındığı bir matematiksel modelleme sürecini içerir (Box ve Jenkins, 1976; Brockwell ve Davis, 2002).

2.6. Zaman Serilerinde Durağanlık

Durağan bir zaman serisi, istatistiksel özelliklerinin zaman içinde değişmediği bir süreçtir. Bu özellikler arasında ortalama, varyans, otokorelasyon gibi istatistiksel ölçütler yer alır (Haavelmo, 1944). Birçok istatistiksel tahmin yöntemi, zaman serisini yaklaşık olarak durağan hale getirebileceği hipotezine dayanır ve bunun için matematiksel değişiklikler veya dönüşümler uygular. Zaman serisini durağanlaştırmak için gerekli dönüşümlerin belirlenmesi,

uygun bir tahmin modeli oluşturmak için temel bir adımdır. ARIMA modeline uyarlama yöntemi genellikle zaman serisini fark alma yoluyla durağanlaştırmayı içerir. Zaman serisi analizinde, genellikle verilerin durağan olduğu varsayılır. Yani, istatistiksel özellikler zaman içinde değişmez. Bu nedenle, bir zaman serisinin durağan olduğu kabul edilirse, istatistiksel tahmin yöntemleri daha güvenilir sonuçlar üretebilir (Shin ve diğ., 1992).

Durağanlık, zaman serisi analizinde temel bir kavramdır çünkü birçok istatistiksel model ve tahmin yöntemi durağan zaman serilerine dayanır. Durağanlık, zaman serisinin öngörülebilirliğini ve modelleme sürecinde kullanılan istatistiksel özelliklerin geçerliliğini sağlar. Eğer bir zaman serisi durağan değilse, yani istatistiksel özellikleri zamanla değişiyorsa, modellemek ve tahmin yapmak daha zor hale gelir (Shin ve diğ., 1992).

2.7. Durağan Olmayan (Non Stationary) Zaman Serileri

Durağan olmayan bir zaman serisi, istatistiksel özelliklerinin zaman içinde değiştiği bir seridir. Bu değişimler, serinin ortalama veya varyansının zamanla değişmesiyle ortaya çıkabilir. Daha karmaşık bir şekilde ifade etmek gerekirse, durağan olmayan bir zaman serisi, zamanla trend veya mevsimsel etkilere sahip olabilir (Enders, 2015). Trend, zaman serisinin ortalamasının zaman içinde artan veya azalan bir şekilde değiştiği durumu ifade eder. Örneğin, ekonomik verilerde görülen bir artış veya azalış trendi, zaman serisinin trend içerdiğini gösterir. Trend, serinin ortalama değerini etkileyen ve zamanla değişen bir faktördür (Brooks, 2008).

Mevsimsel etkiler ise zaman serisinin belirli bir periyotta düzenli olarak tekrarlanan örüntülere sahip olduğunu ifade eder. Örneğin, hava sıcaklığı verilerinde yıllık olarak tekrarlanan sıcaklık değişimleri mevsimsel bir etki olarak kabul edilebilir. Bu tür etkiler, serinin ortalama değerini etkileyen ve düzenli bir şekilde tekrarlanan faktörlerdir (Hamilton, 1994). Durağan olmayan zaman serileri, trend ve mevsimsel etkilere bağlı olarak farklılık gösterebilir. Bu etkiler, serinin istatistiksel özelliklerinde zaman içinde değişikliklere yol açar. Bu nedenle, durağan olmayan zaman serileri analiz edilirken, trend ve mevsimsel etkilerin dikkate alınması önemlidir (Hyndman ve Athanasopoulos, 2018).

2.7.1. Fark Alma İşlemi Alarak Durağanlaştırma

Zaman serilerinde fark alma, bir önceki zaman noktasındaki verinin, şu anki zaman noktasındaki veriden çıkarılması işlemidir. Bu işlem, zaman serisindeki trendi kaldırmak ve zaman serisini durağan hale getirmek için kullanılır. Fark alma işlemi aşağıdaki formülle gösterilir (Brockwell ve Davis, 2002):

$$\nabla x_t = x_t - x_{t-1} \quad (2.9)$$

İkinci fark alma işlemi ise:

$$\nabla^2 x_t = \nabla x_t - \nabla x_{t-1} = x_{t-1} - (x_{t-1} - x_{t-2}) = x_t - 2x_{t-1} + x_{t-2} \quad (2.10)$$

T= 2,3,4, ...

∇ : Diferansiyel operatörü

2.7.2. Mevsimsel Fark Alarak Durağanlaştırma

Geçerli değer ile geçen yılın aynı dönemine ait değer arasındaki farka mevsimsel fark denir. Aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Shumway ve Stoffer, 2011):

$$\nabla_s = 1 - B^s \quad (2.11)$$

S: Mevsim.

2.8. Dickey- Fuller Testi

Bu birim kök testi Dickey ve Fuller (1979) tarafından bulunmuş bir birim kök testidir.

Birim kök testler içerisinde en çok kullanılan birim kök testlerinden birisidir. Test, birinci dereceden otoregresif AR (1) modeline dayanmaktadır. Modele göre, Φ_1 , otoregresyon parametresini ve ε_t modelin beyaz gürültü özelliğini taşıyan kısmını gösterecek şekilde model aşağıdaki gibi gösterilebilmektedir (Dickey ve Fuller, 1979; Fuller, 1976):

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.16)$$

$$t = 1, \dots, T \quad (2.17)$$

Birim kök kavramı ve testleri serinin durağan olup olmadığının anlaşılması için kullanılmaktadır. Yukarıda bahsedilen AR (1) sürecinde Φ_1 1'e eşit olacak şekilde değerlendirilirse aşağıdaki gibi test süreci devam etmektedir:

$$y_t = y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.18)$$

Bu durumda y_0 dan başlayacak şekilde herhangi bir y_t değeri aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$y_t = y_0 + \sum_{j=1}^t \varepsilon_j \quad (2.19)$$

Serinin t zamanındaki varyansı ise aşağıdaki gibi olur:

$$Var(y_t) = \sum_{j=1}^t \sigma^2 = t\sigma^2 \quad (2.20)$$

Örnek olarak t=1 için varyans $Var(y_1) = \sigma^2$ ise t=2 için varyans $Var(y_1) = 2\sigma^2$ olur. Bu duruma göre varyan t'ye bağlıdır. Seride bulunan varyans zaman ilerlemesi ile sonsuza yaklaşmaktadır. Varyans her zaman değişken olduğu için zaman serisi için durağan olmadığı varsayımı yapılabilmektedir.

2.9. Ljung Box Testi

Ljung-Box testi, otokorelasyon grafiğine odaklanmıştır. Farklı her bir gecikme için rastgeleliği test etmek yerine, belirli bir sayıda gecikme sayısına odaklanarak genel rastgeleliği test etmektedir. Eğer zaman serileri normal dağılımı izliyorsa, gözlemlerinin bağımsızlığı testi parametrik bir testtir, aksi durumlarda ise parametrik olmayan testler kullanılır. Rastgeleliğin incelenmesi için temel yollar vardır. Otokorelasyon grafikleri, rastgeleliği test etmek için geçerli bir teknik olarak literatürde yer alır (Brockwell ve Davis, 2002).

Uzunluğu n olan Y zaman serisi için test istatistiği:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{\hat{r}_k^2}{n-k} \quad (2.33)$$

k: Gecikme sayısı.

m: Test edilen gecikme sayısı.

$\hat{r}_k^2$: Serinin tahmini otokorelasyonu.

Modelin uygunluğu için Box ve Ljung tarafından önerilen Box-Ljung Q testi hesaplanan kalıntıların Q istatistiği n-p-q serbestlik derecesi ile bir dağılıma sahiptir (Pindyck ve Rubinfeld, 1991).

2.9.1. Otoregresif Entegre Hareketli Ortalamalar Modeli (ARIMA)

ARMA (p,d,q) modellerinin bir zaman serisi olarak modellenebilmesi için serinin durağan olması gerekmektedir. Gerçek hayatta karşılaşılan zaman serilerinin çoğu durağan değildir. Durağan olmayan zaman serilerinin varyansı ve ortalaması zamanla değiştiğinden

güvenilir sonuçlar elde edilememektedir. Sonucun güvenilir olabilmesi için serinin durağanlaşması gerekmektedir (Brockwell ve Davis, 2002).

Zaman serilerini durağan hale getirmek amacıyla ardışık fark alma yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemin çıkış noktası zaman serisinin bir trend bileşeni ve bir durağandan oluştuğu varsayımdır (Shumway ve Stoffer, 2011, s. 84). Gerçek hayatta karşılaşılan modellerin çoğu trend içermektedir. Bu varsayım dikkate alınarak bir zaman serisi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$x_t = \mu_t + y_t \quad (2.45)$$

Eşitlikte μ_t trend bileşenidir ve $\mu_t = \beta + \beta_1 t$ olarak ifade edilir. Trend bileşeninin varyans ve ortalaması zamana bağlı olarak değiştiği için durağan değildir. Bu durumda serinin birinci derece farkının alınması gerekmektedir. Fark alındığında:

$$\nabla x_t = \beta_1 + \nabla y_t \quad (2.46)$$

biçiminde ifade edilebilir. Fark alma işlemi gerçekleştirildikten sonra trend bileşeni ortadan kaldırılarak seri durağan hale getirilmiştir. Eğer trend ikinci dereceden, $\mu_t = \beta + \beta_1 t + \beta_2 t^2$ formunda ise bu durumda birinci dereceden fark alma durağan hale getirmez bu sebeple bir kere daha farkı alınarak durağanlaştırılır, ikinci dereceden fark serisi ($\nabla^2 x_t$) ile gösterilir. Durağan olmayan bu tip serileri ardışık olarak fark almak sureti ile durağanlaştıran modele entegre model denir. Durağan hale gelene kadar d farkı alınan seri için I(d) ile gösterilen model oluşturulur.

ARMA (p,q) modeline entegre model eklenerek durağan olmayan zaman serilerinin durağanlaştırılarak zaman serisi modeli haline getirilmesi hedeflenir. Durağanlaşan zaman serisinde ARIMA (p,d,q) modeli elde edilmektedir. Bir zaman serisi x_t için uyarlanan d'inci dereceden fark serisi $\nabla^d x_t$ bir ARMA (p,q) modeliyse, buna ARIMA (p,d,q) modeli adı verilmektedir (Box ve Jenkins, 1976).

3. Materyal ve Yöntem

Bu bölümde araştırmanın yöntemi, modeli, evreni, örnekleme, veri toplama araçları ve verilerin analizine ilişkin yöntem ve teknikler açıklanmıştır. Aynı zamanda oluşturulan zaman serisi analizi modelinin kriterleri ile ilgili bilgi verilmiştir.

3.1. Araştırma Modeli

Bu çalışmada Batı Karadeniz Bölgesi Jandarma sorumluluk sahasında meydana gelen trafik kaza sayılarının nicel araştırma yöntemlerinden olan zaman serisi analizi yöntemi ile tahmin edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla zaman serisi tekniklerinden olan Otoregresif Entegre Hareketli Ortalamalar (ARIMA) yöntemi ile uygun model tasarlanmış ve belirli bir zaman aralığı için meydana gelmesi muhtemel trafik kaza sayısının tahmin edilmesi hedeflenmiştir.

3.2. Evren ve Örneklem

Bu çalışmanın evreni, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan ve Jandarma sorumluluk sahasında bulunan Bartın, Bolu, Düzce, Karabük, Kastamonu, Sinop ve Zonguldak illerinde meydana gelen trafik kazalarıdır. Bu iller, araştırmanın kapsamı dahilinde yer almakta ve bu bölgelerde meydana gelen trafik kazalarının tümü araştırmanın evrenini oluşturmaktadır. Çalışmanın örnekleme ise, Nisan 2019'dan Aralık 2023'e kadar olan dönemde Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki Jandarma sorumluluk sahasında meydana gelen trafik kazası sayılarıdır. Bu zaman diliminde meydana gelen yaralanmalı trafik kazaları, Jandarma Genel Komutanlığı'nın resmî web sitesinde yer alan istatistiksel verilerden elde edilmiştir. Örneklem seçiminde, bu

dönemdeki verilerin tamamı dikkate alınarak tam sayım yöntemi kullanılmıştır, bu da örneklemin evreni tamamen temsil ettiğini göstermektedir.

3.3. Verilerin Analizi

Elde edilen verilere zaman serisi analizi modelleri uygulanarak tahmin edilebilmesi için öncelikli olarak durağan olup olmadığının tespiti gerekmektedir. Bu sebeple Minitab 21 istatistik yazılımı ile trend analizi yapılarak Dickey ve Fuller (1981) tespit ettiği kriterler çerçevesinde EViews istatistik yazılımı ile durağanlık analizi yapılmıştır. Serinin durağanlığının tespiti sonrası seride mevsimselliğin tespiti için Minitab 21 ve R Studio istatistiksel yazılımları kullanılarak otokorelasyon (ACF) ve kısmi otokorelasyon (PACF) korelogramları çizdirilmiş ve (Box ve Jenkins (1976)'ın belirlemiş olduğu korelogramın incelenmesinde belirtilen kriterler çerçevesinde mevsimsellik analizi yapılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda tahmin için gerekli olan uygun Otoregresif Entegre Hareketli Ortalamalar (ARIMA) modelinin Box ve Jenkins metoduyla tespit edilmesi ve uygun modelin Akaike Bilgi Kriteri (AIC), Düzeltilmiş Akaike Bilgi Kriteri (AICc) ve Schwarz Bayesian Bilgi Kriterleri çerçevesinde değerlendirilmesi için ARIMA (p,d,q) (P,D,Q) p max=1, d=1, q max=1, P max=1, D=1, Q max=1 için oluşturulabilecek zaman serilerinde toplam 64 farklı ARIMA kombinasyonu denenmiştir.

Denenen ARIMA model kombinasyonları içerisinde AIC, BIC ve AICc değerlerinde en düşük değerleri bulunan 9 ARIMA kombinasyonu çalışma içerisine dahil edilerek analizi yapılmıştır. Yapılan testler ve analizler sonucunda tespit edilen ARIMA modelinin tahminleri Minitab 21 ve R Studio istatistiksel yazılımları ile yapılmış, iki istatistiksel programın tahminleri arasında farklar çalışma içerisinde irdelenmiştir.

3.4. Çalışmanın Kısıtları

Bu çalışmanın bazı kısıtları bulunmaktadır. Öncelikle, yalnızca Batı Karadeniz Bölgesi Jandarma sorumluluk sahasında meydana gelen trafik kazaları incelendiği için, elde edilen sonuçların genelleştirilebilirliği sınırlıdır. Diğer bölgelerdeki trafik kazalarının dinamikleri ve sebepleri farklılık gösterebilir. Ayrıca, kullanılan zaman serisi analizi yöntemleri, geçmiş verilerin sürekli olarak güncellenmesi ve analiz edilmesine dayanmakta olup, gelecekteki tahminlerin doğruluğu, bu verilerin kalitesine bağlıdır.

Verilerin toplanmasında herhangi bir eksiklik veya hata, tahmin sonuçlarını olumsuz etkileyebilir. Bunun yanı sıra, çalışmada yöntem-doğrulama eksiklikleri, pandemi-kırılma etkisi, uzamsal heterojenlik ve tekrarlanabilirlik gibi kritik kısıtlar açıkça belirtilmemiştir. Gelecekteki araştırmalarda bu unsurların dikkate alınması, bulguların güvenilirliğini ve uygulanabilirliğini artıracaktır. Bu nedenle, önerilen alanlarda yapılacak daha kapsamlı çalışmalar, trafik kazalarının dinamiklerini daha iyi anlamamıza katkı sağlayacaktır.

Son olarak, ARIMA modelinin sınırlamaları da göz önünde bulundurulmalıdır; bu model, mevsimsellik ve dışsal faktörlerin etkilerini yeterince yansıtamayabilir. Bu nedenlerle, trafik kazalarının daha kapsamlı bir şekilde incelenmesi ve farklı analiz yöntemlerinin kullanılması, gelecekteki araştırmalar için önerilmektedir.

4. Bulgular

4.1. İlgili Zaman Serisinin Tanımlayıcı İstatistikleri

Bu bölümde, ilgili zaman serisi modelleri oluşturularak en uygun olan model tespit edilmiştir. Modelin tanımlanması, modelin tahmini, model uygunluğunun tespiti yapılmış ve son aşamada tahminler gerçekleştirilmiştir. Kullanılan veriler Batı Karadeniz Bölgesinde Nisan 2019'dan Aralık 2023'e kadar Batı Karadeniz Bölgesinde Jandarma sorumluluk sahasında

meydana gelen trafik kazası sayılarını içermektedir. Tahmin aşamasında ise 2024 yılına ait muhtemel kaza sayıları tahmin edilmiştir. Analiz için Minitab 21 istatistik yazılımı kullanılmış ve her veri kümesine zaman serisi analizi modelleri uygulanmıştır. Batı Karadeniz Bölgesinde 2019-2023 dönemi için meydana gelen trafik kazaları veri setinin tanımlayıcı istatistikleri, Tablo 1'de ifade edilmiştir.

Tablo 1. Kaza Verilerinin Açıklayıcı Genel İstatistikleri

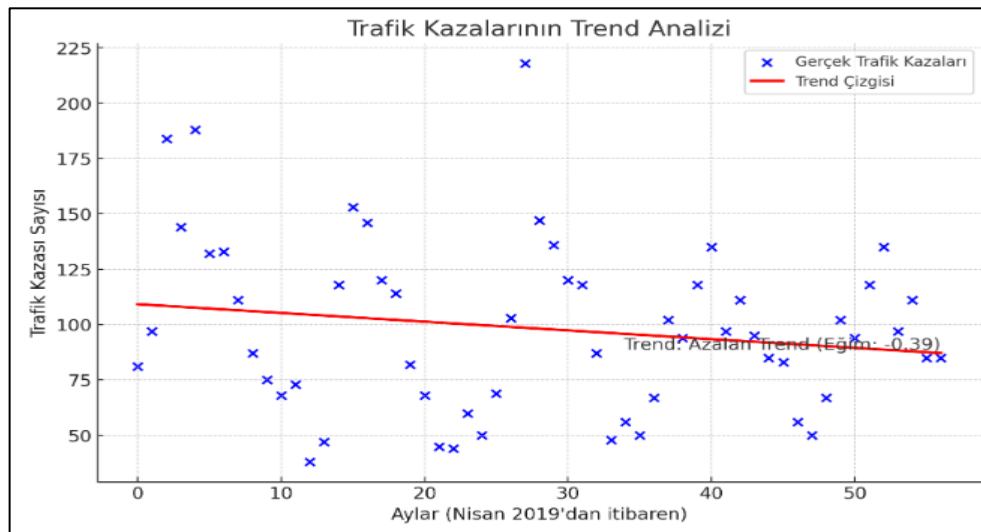
	Yaralanma Sayısı
n	57
Ortalama	3.11
Standart Hata	0.33
Standart Sapma	2.53
En Küçük Değer	0
Ortalama	3
En Büyük Değer	10
Aralık	10
Çarpıklık	0.97
Basıklık	0.60

Tablo 1, ilgili tahmin modellemesi oluşturulacak zaman serisi analizi verilerine ait genel istatistikleri göstermektedir. Bu tablo da kazaların ayrıntılarına ait dağılımlar ve istatistiki veriler yer almaktadır.

4.2. Batı Karadeniz Bölgesi Jandarma Sorumluluk Sahasında Nisan 2019 ile Aralık 2023 Arasında Meydana Gelen Trafik Kaza Sayılarının Analizi

4.2.1. Modelin Tanımlanması

İlgili tarih aralığında meydana gelen trafik kaza sayılarının zaman serisi grafiği Şekil 1'de verilmiştir. Şekilde belirtilen zaman serisi grafiğinin model seçimini tanımlamak ve tespit edilen modele istinaden tahmin yapmak amacı ile öncelikli olarak durağanlığının tespit edilmesi gerekmektedir.



Şekil 1. Meydana Gelen Trafik Kazalarını Gösterir Zaman Serisi Grafiği

Grafik, trafik kazalarının zaman içindeki trend analizini göstermektedir. Kırmızı çizgi,

trend çizgisini temsil ederken, mavi noktalar her bir ay için gerçekleşen trafik kaza sayılarını göstermektedir. Yapılan analize göre, trafik kaza sayısında genel bir "**Azalan Trend**" gözlemlenmektedir (Eğim: -0.39). Bu, gözlemlenen dönem boyunca her geçen ay trafik kazalarının sayısının ortalama olarak azaldığını göstermektedir.

4.2.2. Durağanlığın Tespit Edilmesi

İlgili seride durağanlık olup-olmadığını tespit edilebilmek için EViews programında ilgili arayüz kullanılarak Güçlendirilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi uygulanmıştır. Test istatistiği Tablo 2’ de gösterilmiştir.

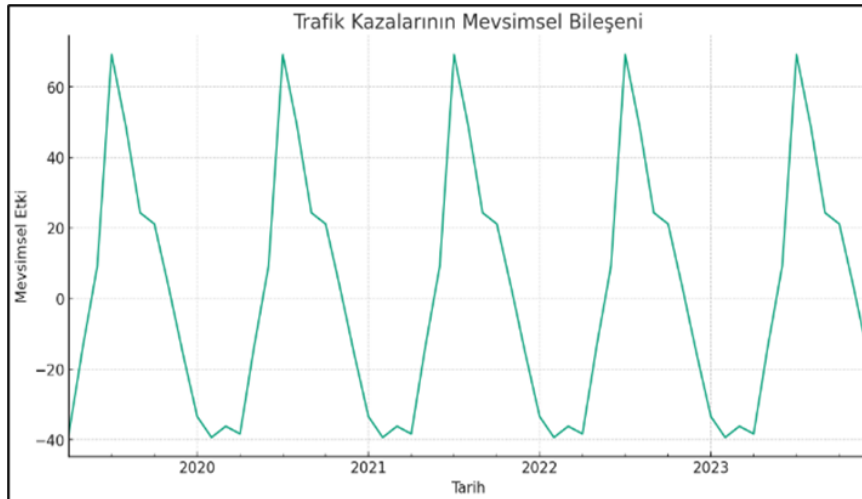
Tablo 2. Güçlendirilmiş Dickey-Fuller Testi

		t-istatistiği	Gecikme Değeri	p-değeri
ADF Test İstatistiği		-4.53	7	0.000176
Kritik Değerler	%1 Seviyesinde	-3.57		
	%5 Seviyesinde	-2.92		
	%10 Seviyesinde	-2.60		

Dickey ve Fuller (1981), çalışmalarında belirlenmiş kriterler çerçevesinde ilgili seride yapılan birim kök testleri sonucunda Tablo 2’ de ifade edilen Güçlendirilmiş Dickey-Fuller test istatistikleri incelendiğinde; serinin t değerinin kritik değerlerden küçük ve p değerinin ($\alpha=0.01$) den küçük olduğu görülmektedir. Birim kök olmadığından seri durağandır. Bu analiz sonucunda hem Güçlendirilmiş Dickey-Fuller testine göre ilgili zaman serisinin anlamlı bir trende sahip olmadığı ve zamanla sabit bir ortalamaya ve varyansa sahip olduğunu göstermektedir.

4.2.3. Mevsimselliğin Tespit Edilmesi

Daha kesin bir mevsimsellik tespiti için, mevsimsel alt seri grafiği kullanılmıştır. İlgili tarih aralığında meydana gelen trafik kazalarının mevsimsel alt seri grafiği Şekil 2’ de gösterilmiştir. Farklı mevsimler arasındaki değişiklikler, mevsimsel deseni göstermektedir.

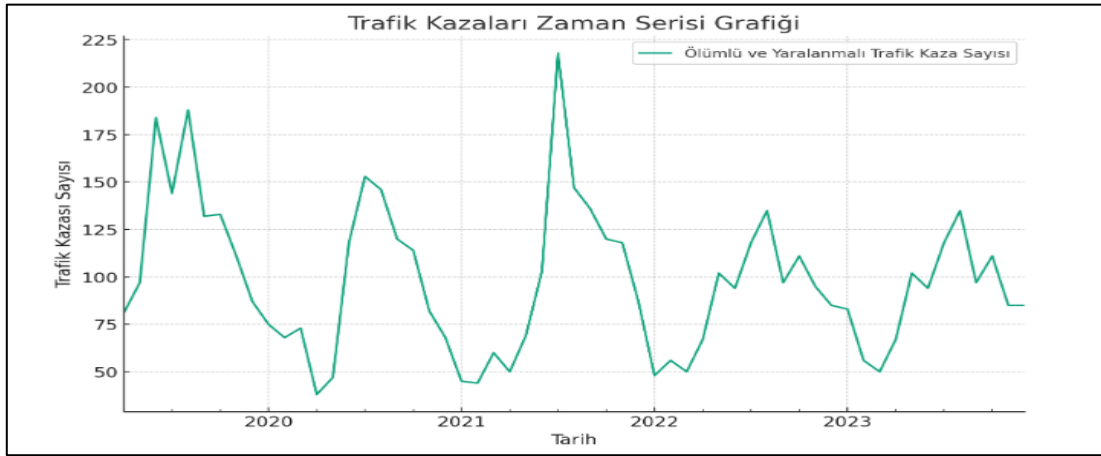


Şekil 2. Aylık Verileri Gösterir Mevsimsel Alt Seri Grafiği

4.2.4. Serinin Farkının Alınması

Uygun model seçiminin yapılabilmesi için Tablo 1 ve Tablo 2’ de belirtilen test istatistikleri analiz edildiğinde; ilgili zaman serisinin trend eğilimi doğrusuna sahip olmadığı ve durağan olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple 2019-2023 yılları arasında aylık meydana gelen trafik kazası sayıları

serisinin farkının alınmasına gerek yoktur. İlgili zaman serisinin zaman serisi grafiği Şekil 3’ deki gibidir.



Şekil 3. (2019-2023) Arasında Aylık Kaza Sayıları Serisinin Zaman Serisi Grafiği

4.2.5. Model Seçimi

İlgili zaman serisinin durağanlığının analizinden sonra uygulanabilecek modellere ait bilgi kriter değerleri hesaplanmıştır. Anlamlılık düzeyi en yüksek dokuz adet model belirlenerek diğer modeller değerlendirmeye alınmamıştır. Tespit edilen modeller; Akaike Bilgi Kriteri (AIC), Düzeltilmiş Akaike Bilgi Kriteri (AICc) ve Bayesian Bilgi Kriteri (BIC) değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye istinaden en uygun model AIC değeri en düşük olan ARIMA (1,0,1)(1,1,1) 12 modeli ile saptanmış ve ilgili tahmin verileri oluşturulmuştur. AIC, modelin uyumunu ve karmaşıklığını belirtmektedir. Küçük AIC değerleri, daha iyi bir model oluşturduğu anlamına gelir.

4.2.6. Tahminlerin Yapılması

Ki-Kare değerleri belirli gecikme değerlerine göre hesaplanmıştır. Bu değerler, artıkların oto-korelasyon içerip içermediğini ölçen istatistiksel verilerdir. Genellikle, yüksek ki-kare değeri değişkenler arasında daha yüksek oto-korelasyon olduğunu gösterir, bu da modelin veriyi tam olarak modelleyemediğini göstermektedir. Serbestlik derecesi gecikmelere bağlı olarak değişir ve her bir test için serbestlik derecesini belirler.

P değeri her bir ki-kare değerinin anlamlılığını test etmektedir. Genellikle, p-değeri 0.05'ten büyükse, hipotez testindeki hipotez reddedilmemektedir ve kalıntıların beyaz gürültü olduğu sonucuna varılmaktadır ve oto korelasyonun olmadığı kabul edilmektedir.

Yapılan tahminler Şekil 4 (*Minitab Programı ile*)’ de güven aralıkları ile gösterilmiştir. Şekil 4 için mavi çizgiler trafik kaza verilerini, kırmızı çizgiler güven aralığını, yeşil çizgi ise kaza tahminlerini ifade etmektedir.



Şekil 4. Minitab Uygulaması ile Hazırlanan Tahmin Grafiği

Şekil 4’de trafik kazalarının sabit katsayı dahil edilmeden yapılan tahmin değerlerini (%95 güven aralığında) ifade etmektedir. Şekil 4 incelendiğinde gerçek değerlerin Aralık 2023 yılında bitmiş olduğu görülmektedir. Aralık 2023 yılından itibaren oluşturulan ve yeşil tablo çizgileri ile gösterilen alan güven aralıkları içerisinde analiz edildiğinde, tahmin edilen dönemde kaza vakalarının mevsimsel dalgalanma ile önümüzdeki dönemde azalma eğiliminde olacağı görülmektedir. Tablo 3’de Minitab programı aracılığıyla yapılmış %95 güven aralığında 2024 yılına ait tahmin değerleri yer almaktadır.

Tablo 3. Minitab Programı ile Yapılan Tahmin Değerleri

2024	Tahmin Değeri	En Düşük	En Yüksek
Ocak	57	15	100
Şubat	54	11	98
Mart	55	10	99
Nisan	61	16	106
Mayıs	88	43	133
Haziran	110	64	155
Temmuz	139	93	184
Ağustos	145	99	191
Eylül	110	64	156
Ekim	116	70	162
Kasım	97	51	143
Aralık	85	39	130

5. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışma kapsamında, Nisan 2019’dan Aralık 2023’e kadar meydana gelen trafik kaza sayıları dikkate alınarak geleceğe dönük trafik kaza sayılarının tahminin yapılması hedeflenmiştir. Veriler üzerinde zaman serisinin tanımlanması ve ilgili modellerin uygulanması amacı ile Box-Jenkins metodolojisi kullanılmıştır. Bu metodoloji üç basamaklı iteratif döngüden oluşur, Bunlar; Model tanımlama, model tahmini ve model yeterliliğinde teşhisin ardından tahlillerin kontrolüdür. Verilerin tanımlanması adımı, tüm veri setinin azalma eğilimi ve mevsimsel desen oluşturduğu gözlenmiştir. Mevsimsellik, mevsimselliğe ait alt seri grafiklerinden tespit edilmiştir. Dickey-Fuller testinin sonuçları veri setinin durağan olduğunu göstermektedir.

Gerçekleştirilen analizler sonucunda 2024 yılına ait Batı Karadeniz bölgesi Jandarma sorumluluk sahasında meydana gelebilecek trafik kazası sayılarının tahminleri Minitab 21 istatistiksel yazılımı aracılığıyla yapılmıştır. Yıllık bazda trafik kaza sayısı tahminleri incelendiğinde, 2023 yılına kıyasla 2024 yılında trafik kaza sayısının %3,13 artacağı, 2022 yılının tamamı ve 2023 yılının ilk çeyreğini kapsayan 15 aylık periyot ile tahmin edilen aynı döneme karşılık gelen 2024 yılının ilk çeyreği karşılaştırıldığında ise trafik kaza sayısının % 3,44 artacağı öngörülmektedir. Elde edilen sonuçlar, bölgedeki trafik kazası sayılarının belirli bir trend ve mevsimsellik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Çalışmanın bulguları hem ulusal hem de uluslararası literatürdeki benzer araştırmalarla paralellik göstermektedir. Örneğin, Erdoğan vd., (2008) tarafından Türkiye genelinde yapılan çalışmada da ARIMA modelinin trafik kazalarını tahmin etmede etkili olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, Kumar ve Toshniwal (2016)'ın Hindistan'da yaptığı araştırma sonuçları da ARIMA modelinin başarısını desteklemektedir.

Ancak, bu çalışma birkaç önemli unsur açısından literatürdeki benzer çalışmalardan farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar aşağıda sırası ile ifade edilmiştir:

1. Spesifik olarak Batı Karadeniz Bölgesi'ne odaklanarak, bölgesel dinamikler ve farklılıklar ortaya koyulmuştur. Bu, ulusal trafik kazası sayıları literatüründe genellikle ihmal edilen bir yaklaşımdır.
2. Özellikle Jandarma sorumluluk sahasındaki trafik kazalarına odaklanarak, bu çalışma kırsal ve şehirlerarası bölgelerdeki trafik güvenliği konusunda önemli bilgiler sunmaktadır. Bu durum şehir içi trafik kazası sayılarına farklı bir perspektif sunmaktadır.
3. Çalışmada kullanılan veri seti, kayıtlı uzun bir dönemi kapsamaktadır. Bu durum, birçok benzer çalışmadan daha uzun bir zaman dilimini içermektedir. Bu uzun dönemli veri seti dolayısıyla daha geçerli, güvenilir ve kapsamlı sonuçlar sunmaktadır.
4. Çalışmada, mevsimsellik faktörü detaylı bir şekilde incelenmiş, Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki trafik kazaları sayısının mevsimsel dinamikleri ortaya koyulmuştur. Bu durumun, bölgeye özgü trafik güvenliği stratejilerinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın bulguları literatürdeki benzer çalışmalar ile karşılaştırıldığında bir kısım sonuçlar elde edilmektedir. Bu sonuçlar aşağıdaki paragraflarda sırası ile ifade edilmiştir: Mevsimsellik faktörü, çalışmada önemli bir bulgu olarak öne çıkmıştır. Bu sonuç, Karaa vd., (2018)'nin Tunus'ta yaptığı çalışmanın bulgularıyla örtüşmektedir. Her iki çalışmada da mevsimsel faktörlerin trafik kazaları üzerinde önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, trafik kazalarının önlenmesinde mevsimsel dinamiklerin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Diğer yandan, çalışma ARIMA modelinin etkinliğini gösterse de Xie vd., (2007)'nin Çin'de yaptığı çalışmada olduğu gibi, farklı zaman serisi modellerinin de kullanılması ve sonuçların karşılaştırılması gelecekteki araştırmalar için önemli bir adım olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, Yu vd., (2015)'nin Hong Kong'da yaptığı çalışmada vurgulandığı gibi, trafik kaza sayılarını etkileyen diğer faktörlerin de modele dahil edilmesi, analizin kapsamını genişletecektir.

Çalışmanın sonuçları, trafik kazalarının önlenmesi ve yol güvenliğinin artırılması için kanıta dayalı politika yapımının önemini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, Kaygısız vd., (2017)'nin Türkiye genelinde yaptığı çalışmada önerildiği gibi, bilimsel verilerin politika oluşturma

süreçlerinde aktif olarak kullanılması gerekmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmanın Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki trafik kazalarının dinamiklerini anlamada önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Bölgesel odağı, uzun vadeli veri analizi ve Jandarma sorumluluk sahasına özel yaklaşımıyla literatüre özgün katkılar sağlayacağı tahmin edilmektedir.

Çalışmada aylık veri sayısının ve incelenen bölge büyüklüğünün artırılması sonuçların güvenilirliği açısından daha doğru olacaktır. Bu nedenle gelecekte yapılacak benzer çalışmalarda daha geriye dönük veri ve daha büyük bir bölge ile model ve tahminler tekrarlanabilir. Ayrıca Çalışmada kullanılan tahmin yöntemleri asayiş suçları veya idari suçlarda da zaman serisi analizi ile tahmin modelleri kullanılabilir.

Kaynakça

- Akdur, R. (2012). Türkiye'deki trafik kazalarının epidemiyolojik ilkeler ışığında değerlendirilmesi. *Ulaşım ve Trafik Güvenliği Dergisi*, 5, 1-17.
- Aksoy, M., Bertan, B., & Kara, E. (2025). YÖK Tez Veri Tabanında Yer Alan Güvenlik Performansı Konulu Tezlerin Analizi: Meta Bir Değerlendirme. *Fırat Üniversitesi Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 9(1), 27-42.
- Andreassen, D. C. (1985). Linking deaths with vehicles and population. *Traffic Engineering and Control*, 26(11), 547-549.
- Atalay, A., Tortum, A., & Gökdağ, M. (2012). Türkiye'de 1977-2006 yılları arasında meydana gelen aylık trafik kazalarının zamansal analizi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 18(3), 221-229.
- Box, G. E. P., & Jenkins, G. M. (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Revised Edition, Holden Day, San Francisco.
- Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2002). *Introduction to time series and forecasting* (2nd ed). Springer, New York.
- Brooks, C. (2008). *Introductory econometrics for finance* (2nd ed). Cambridge University Press. Cambridge.
- Chatfield, C. (2016). *The Analysis of Time Series: An Introduction, Sixth Edition*. İçinde *The Analysis of Time Series: An Introduction, Sixth Edition* (s. 329). Chapman and hall/CRC.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431.
- Eken, Ö. F. (2025). Asya, Avrupa, Amerika'daki Akıllı Kent Modellerinin Türkiye'deki Kentler Bağlamında Karşılaştırmalı Tasarım Analizi.
- Enders, W. (2015). *Applied econometric time series* (Fourth edition.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Erbey, A. (2025). Akıllı Şehirlerde Teknoloji ve Veri Yönetimi: Geleceğin Şehir Yaşamı. *Yönetim Bilişim Sistemleri Alanında Yenilikçi Çözümler ve Güncel Yaklaşımlar*, 69.
- Erdogan, S., Yilmaz, I., Baybura, T., & Gullu, M. (2008). Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: City of Afyonkarahisar. *Accident Analysis & Prevention*, 40(1), 174-181.
- Fuller, W. A. (1976). *Introduction to statistical time series* (2nd.ed). John Wiley & Sons.
- Gündüz, G., & Yüksel, İ. (2020). İç Güvenlik Yönetiminde Uygulanan Modeller; Türkiye ve ABD'nin İç Güvenlik Yönetim Uygulamalarına Yönelik Bir Araştırma. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 7(60), 2915-2924.
- Haavelmo, T. (1944). The probability approach in econometrics. *Econometrica*, 12, iii-115.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis*. Princeton, N.J: Princeton University Press.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and practice*. OTexts.

- Karaa, I. B., Khoufi, I., Shatnawi, O., & Ghedira, K. (2018). Prediction and analysis of road accidents in Tunisia. In 2018 *IEEE/ACS 15th International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA)* (pp. 1-6). IEEE.
- Kaygısız, Ö., Senbil, M., & Yıldız, A. (2017). Influence of urban built environment on traffic accidents: The case of Eskisehir (Turkey). *Case Studies on Transport Policy*, 5(2), 306-313.
- Khisty, C. J., & Ayvalik, C. (2002). *And Fatality Rates in Illinois*.
- Kumar, S., & Toshniwal, D. (2016). A data mining approach to characterize road accident locations. *Journal of Modern Transportation*, 24(1), 62-72.
- Mohan, D. (2002). *Social cost of road traffic crashes in India*. İçinde Proceedings First Safe Community Conference on Cost of Injury (pp. 33-38). Viborg: Safe Community Conference on Cost of Injury.
- Özoğlu, B., & Demirci, S. B. (2021). Türkiye’de karayolu taşımacılığının değerlendirilmesi: Bir literatür taraması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 670-687.
- Öztaş Karlı, R. G. (2025). Akıllı kent donatılarının ulaşım sistemlerindeki rolü ve etkileri. *Journal of Intelligent Transportation Systems & Applications*, 8(1).
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (1991). *Econometric Models and Economic Forecasts*. McGraw-Hill.
- Shin, Y., Kwiatkowski, D., Schmidt, P., & Phillips, P. C. B. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series are nonstationary? *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159-178.
- Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2011). *Time Series Analysis and Its Applications*. Springer, New York.
- Smeed, R. J. (1949). Some statistical aspects of road safety research. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 112(1), 1-34.
- TÜİK. (2022). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-Istatistikleri-2021-45658> (Erişim Tarihi: 2023, Şubat 26)
- World Health Organization. (2018). Global status report on road safety 2018. World Health Organization.
- Xie, Y., Lord, D., & Zhang, Y. (2007). Predicting motor vehicle collisions using Bayesian neural network models: An empirical analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 39(5), 922-933.
- Yenipinar, F. (2024). Trafik Kazalarının Neden ve Etkileri Üzerine Küresel Önlemler Analizi. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 140-151.
- Yu, R., Xiong, Y., & Abdel-Aty, M. (2015). A correlated random parameter approach to investigate the effects of weather conditions on crash risk for a mountainous freeway. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 50, 68-77.
- Yule, G. U. (1926). Why do we Sometimes get Nonsense-Correlations between Time-Series: A Study in Sampling and the Nature of Time-Series. *Journal of the Royal Statistical Society*, 89(1), 1. doi:10.2307/234148f.
- 2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu (1983). T.C. Resmî Gazete, 18195, 18 Ekim 1983