**ARAÇ SATIŞ TAHMİNİ TEKNİKLERİ: BİR SİSTEMATİK LİTERATÜR TARAMASI[[1]](#footnote-1)**

*Satış tahmini bir ürün veya hizmetin müşteriler tarafından gelecekte ne kadar talep edileceğinin çeşitli değişkenler kullanılarak tahmin edilmesine dayanır. Ülkelerin ekonomisine katkısı büyük olan otomotiv sektöründe işletmeler artan rekabetin üstesinden gelebilmek için etkin iş stratejileri geliştirmek zorundadır. Bununla birlikte, karlılığın sürdürülebilirliğini sağlamak adına, kaynakların optimum şekilde yönetilmesi ve tedarik zinciri sürecinde yer alan operasyonların efektif olarak planlanabilmesi hususunda doğru satış tahmini önemli rol oynar. Araç satış tahmini konusu son yıllarda hem otomotiv sektöründe yer alan işletmeler hem de akademisyenler tarafından ilgi gören bir konu olarak öne çıkmaktadır. Yaklaşık 40 yıldır bilim insanları tarafından araştırılan bu konu birçok bilimsel çalışmaya konu olmuş, daha kesin ve doğru tahminler yapılabilmesi adına çeşitli metotlar kullanılmış ve entegre yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu çalışmada literatürde yer alan yaklaşımların öne çıkan özellikleri ve geliştirilebilecek yanlarıyla birlikte özetlenerek değerlendirilmesi, otomotiv sektöründeki karar vericilere araç satış tahmininde kullanılacak yaklaşımlar için karşılaştırmalı bir yol haritası sunulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda Web of Science, Science Direct, IEEE Xplore, Emerald Insight, Springer Link, Taylor & Francis ve ULAKBİM TR Dizin elektronik veri tabanlarında tarama yapılarak makale, bildiri ve kitap bölümlerinden oluşan akademik yayınlar incelenmiştir. Araç satış tahmini için kullanılan tekniklerin sistematik bir şekilde analiz ve sentezi yapılarak literatür taraması yürütülmüştür. Araç satış tahmininde kullanılan yaklaşımlar tek bir teknikten faydalanılan tekil yaklaşımlar, birden fazla tekniğin karşılaştırıldığı karşılaştırmalı çalışmalar ve birden fazla tekniğin bütünleşik olarak kullanıldığı hibrit yaklaşımlar olmak üzere üç ayrı başlık altında sınıflandırılarak analiz edilmiştir. İncelenen tüm çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre araç satış tahmininde kullanılan bağımsız değişkenler sentezlenmiştir. Bununla birlikte, araç satış tahmini için literatürde kullanılan teknikler ve önerilen orijinal yaklaşımlar tahmin performansı açısından karşılaştırılarak sunulmuştur.*

***Anahtar Kelimeler:*** *Araba satış tahmini, otomobil satış tahmini, araç satış tahmini, talep tahmini, otomotiv endüstrisi.*

**FORECASTING CAR SALES TECHNIQUES: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW**

*Sales forecasting is based on estimating how much a product or service will be demanded by customers in the future using various variables. Enterprises have to develop effective business strategies in order to overcome increasing competition in the automotive sector, which contributes greatly to the economy of countries. However, accurate sales forecasting plays an important role in optimal management of resources and effective planning of operations in the supply chain process in order to ensure the sustainability of profitability. Vehicle sales forecasting has come to the fore in recent years as an issue that has attracted interest from both businesses in automotive industry and academics. This subject, which has been researched by scientists for nearly 40 years, has been discussed in many scientific studies and various methods have been used and integrated approaches have been developed in order to make more precise and accurate predictions. The aim of this study is to summarize and evaluate the approaches in the literature with their prominent features and their shortcomings that can be improved, and to present a comparative roadmap for the approaches to be used in vehicle sales forecasting to the decision makers in the automotive industry. Within this scope, Web of Science, Science Direct, IEEE Xplore, Emerald Insight, Springer Link, Taylor & Francis and ULAKBİM TR Dizin electronic databases are reviewed and academic publications consisting of articles, conference papers and book chapters are examined in detail. A literature review is conducted by systematically analyzing and synthesizing the techniques used for vehicle sales forecasting. Approaches used in vehicle sales forecasting are analyzed by classifying them under three separate headings: single approaches using a single technique, comparative studies comparing more than one technique, and hybrid approaches using more than one technique in an integrated manner. According to the results obtained from all the studies analyzed, the independent variables used in vehicle sales forecasting are synthesized. In addition, the techniques used in the literature for vehicle sales forecasting and the original approaches are compared and evaluated in terms of forecasting performance.*

***Keywords:*** *Car sales forecasting, automobile sales prediction, vehicle sales forecasting, demand forecasting, automotive industry.*

**1. GİRİŞ**

Otomotiv endüstrisinde satış ve talep tahmini geliştirme ve üretim süreçlerine göre daha uzun zaman aldığı için önemli bir konudur (Gao *vd*., 2017). Dolayısıyla, otomotiv sektöründe satış tahminlerinin kesinliğini iyileştirme hususu önemli bir nokta olup, işletmenin pazarda rekabet avantajı elde edebilmesine olanak sağlar (Yang ve Li, 2016). Bu bölümde öncelikle talep tahmini konusuna değinilmiş, ardından araç satış tahmini konusunun önemi vurgulanmış, daha sonra Dünya’da ve Türkiye’de otomotiv sektörünün genel durumuna değinilmiştir.

**1.1. Talep Tahmini**

Talep tahmini endüstri mühendisliği alanında üretim planlama ve kontrolü açısından son derece önemli bir konudur. Uzun yıllardır sayısız akademik çalışmanın yapıldığı talep tahmini konusu literatürde oldukça geniş bir yer kaplamaktadır. Literatürde talep tahmini kavramı aynı zamanda satış tahmini olarak da isimlendirilmekte olup, şu şekilde tanımlanabilir: Talep tahmini geçmiş verilerden yola çıkarak gelecek talepler için bir öngörü ya da kestirim yapılmasıdır.

Talep tahmini yöneticilere belirsiz bir ortamda işletme kararlarını vermede yardımcı olduğu sürece efektif bir yönetim metodudur (Wang *vd*., 2011). Talep tahmini birçok doğrusal veya doğrusal olmayan model kullanılarak üretilebilir. Günümüzde talep tahmini, yeni analitik araçların bilinen geleneksel metotlara eklenmesini içeren bir planlama aktivitesidir. Bazı geleneksel metotlar hareketli ortalamalar, ağırlıklı ortalama, üstel düzeltme, regresyon ve diğer orijinal yaklaşımlardır (Salais *vd*., 2020). Genel olarak talep tahmin yöntemleri kantitatif ve kalitatif yöntemler olarak iki gruba ayrılır. Kantitatif yöntemler kendi içinde iki ayrı alt başlığa ayrılır: Zaman serileri analizi ve karma yöntemler. Zaman serileri analizi yöntemleri Box-Jenkins yöntemi, trend analizi, üstel düzeltme tekniği, hareketli ortalamalar ve basit yaklaşımlar olarak sıralanabilir. Karma yöntemler ise basit regresyon analizi, çoklu regresyon analizi, ekonometrik modeller ile yapay zekâ ve sezgiseller olarak dört ayrı gruba ayrılır. Yapay zekâ ve sezgiseller kendi içinde genetik algoritmalar, destek vektör makineleri ve yapay sinir ağları olarak sınıflandırılır. Kalitatif yöntemler ise Delphi tekniği, Pazar araştırması ve uzman görüşlerine başvurma olarak sıralanabilir. Tüm bu talep tahmin yöntemleri Şekil 1’de gösterilmiştir.

**Şekil 1. Talep tahmin yöntemleri**



(Karaatlı *vd.*, 2012)

Talep tahmini günümüz iş dünyasında gelecek beş ya da on yıl içerisinde ortaya çıkacak talebi tahmin etmede, personel çizelgelemede ve stok planlamasında alternatif bir modele karar verebilmek açısından oldukça gereklidir (Subrmanian *vd.*, 2020). Talep tahminleri bir işletmenin üretim, kapasite ve çizelgeleme sistemlerinin belirlenmesine yardımcı olur. Finansman, pazarlama ve personel planlamasına girdi olarak katkıda bulunur. Talepteki değişim öngörülemediği takdirde doğru planlama yapılamaması, üretimin aksaması, pazarın talebini zamanında karşılayamama gibi durumlar söz konusu olabilir. Bu durumlar işletmeye verimliliğin düşmesi, kar oranının azalması, müşteri memnuniyetini sağlayamama gibi olumsuz sonuçlar doğurabilir. Dolayısıyla satış veya talep tahmini işletmelerde verimlilik, karlılık ve sürdürülebilirliğin sağlanması adına oldukça önemli bir konudur.

Satış tahmin süreci çok aşamalı bir prosestir. Bu sürecin adımları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

• Problemin tanımlanması ve yöntem seçimi: Öncelikle tahmin problemi tanımlanır ve tahmin yöntemi seçimi yapılır.

• Model seçimi: Yöntem seçildikten sonra zaman ve maliyet faktörleri, problemin doğası ve verilerin ulaşılabilirliğine uygun bir model seçilir.

• Veri toplama: Geçmiş satışlar ve bağımsız değişkenler ile ilgili veriler toplanır. Tahmin için en anlamlı bağımsız değişkenler belirlenir.

• Uygulama: Seçilen yöntem ve modelin uygulaması yapılır.

• Değerlendirme: Değerlendirme sonuçları pozitifse seçilen model kullanılabilir. Sonuçlar negatifse tahmin yöntemi, model veya değişkenler revize edilmelidir.

1.2. Araç Satış Tahmini

Araç satış tahmini son 40 yıldır önemi gittikçe artan, akademisyenler tarafından sıkça ilgilenilen bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Araç satış tahmini otomotiv sektöründe üretim prosesleri için gerekli planların en doğru şekilde oluşturulabilmesi için son derece kritik bir konudur. Çünkü otomotiv endüstrisi ülkelerin ekonomisi açısından çok önemli bir yere sahip olan sanayi kollarından biridir. Otomotiv sektörü hızla gelişen ve rekabetin yoğun olduğu bir sektördür. Dolayısıyla şirketler bu rekabet ortamının üstesinden gelebilmek için etkin iş stratejileri geliştirmek zorundadırlar. Kaynaklarını efektif bir şekilde yönetmeli, kârı yükseltmeli, üretim faaliyetleri en doğru şekilde planlanmalıdır. Doğru ve etkin satış tahminleri otomotiv şirketleri gibi büyük şirketlere verimlilik artışı, gelirin artışı, giderlerin azalması, müşteri memnuniyetinin artması gibi olumlu sonuçlar meydana getirilmesini sağlar. Bu şekilde firmalar iş stratejilerini bu doğrultuda geliştirebilir ve pazar paylarını arttırabilirler.

Pazar talebi bilgisinin doğruluğu ve kesinliği otomotiv şirketlerinin rekabet yeteneğinin özünün oluşturur. Uzun ürün geliştirme döngüleri sebebiyle, otomobiller için efektif üretim planlaması doğru ve kesin uzun dönem (6-24 ay) satış ve talep tahminlerini gerektirir (Sa-ngasoongsong *vd*., 2012). Üretim planlama süreçlerinde uzun dönem tahminleri üretim planlamada iş gücü açısından uygun bir seviye belirlemek için ve işletme planlaması için bir girdi olarak kullanılır. Hatalı tahminler aşırı stok, üretim kaynaklarının kıtlığı, işgücü aktiviteleri için yüksek maliyetler, üretici için itibar kaybı ve hatta iflas gibi birçok negatif sonucun ortaya çıkmasına sebep olabilir (Gao *vd*., 2017). Tahminlerde oluşan hatalar sıklıkla büyük maliyetlere ve gelir kayıplarına sebep olur. Bu sebeple, yöneticilerin vereceği kararları etkileyen araç satış tahminleri işletme kararları açısından da son derece önemlidir (Yang ve Li, 2016).

1.3. Dünya’da Otomotiv Sektörü

Dünya’da otomotiv sektörü en çok yatırımın yapıldığı, en çok gelişen sektörler arasında önde gelmektedir. Dünya’daki en büyük iki bin firmanın 31’ini otomotiv üreticisi şirketler oluşturmaktadır (Yılmaz *vd*, 2017). Otomotiv sektörü yarattığı katma değer, istihdama olan katkısı ve teknolojik gelişmelere öncülük etmesi sebebiyle ülkelerin kalkınmasında önemli bir role sahiptir (Görener, 2008). “*Bu doğrultuda otomotiv sanayii, insanların ulaşım ihtiyacını karşılayan ürünler üretmenin ötesinde pek çok teknolojik ve toplumsal gelişmede anahtar bir rol üstlenmektedir”* (Ölekli, 2019).

“*Uluslararası Motorlu Taşıt Üreticileri Birliği’nin (OICA) saptamalarına göre, dünya otomotiv sektörü eğer bir ülke olsaydı bir yıl içerisinde üretilen brüt katma değer üzerinden 2017 itibarıyla dünyanın en büyük altıncı büyük ekonomisi olacaktı*” (Tahiroğlu Würshing, 2019). Sektör 2017 yılı içerisinde 1,9 trilyon dolar brüt katma değer üretirken, 84,8 milyar dolar tutarında AR-GE yatırımına sahip olmuştur (Ölekli, 2019).

Dünya genelinde bir yıl içerisinde otomotiv sektörü üzerinden kamuya 400 milyar dolar üzerinde vergi geliri sağlanıyor; bununla birlikte toplam imalat sanayi istihdamının yüzde 5’lik bir kısmını sağlayan sektörde sayıları milyonlara ulaşan pek çok insan da istihdam ediliyor (Ölekli, 2019). Dolayısıyla otomotiv sektörü dünyada en önemli sanayi kollarından biridir.

1.4. Türkiye’de Otomotiv Sektörü

Türkiye’de otomotiv sektöründe yerli üretim çalışmaları 1960'lı yıllarda başlamıştır (Yılmaz *vd.*, 2017). Günümüzde Türkiye’de 14 otomotiv üreticisi bulunmaktadır. Bu firmalar yılda 1.5-2 milyon adet bandında araç üretmekte (OSD, 2020a) ve 50.000’den fazla kişiye istihdam sağlamaktadır (OSD, 2020b).

Türkiye’de otomotiv sektörü ihracat yoğun bir sektördür. 2019 yılında 1 milyon 256 bin aracın ihracatı gerçekleşti. Euro bazında ise ihracat yüzde 2,4 artış gösterdi (OSD, 2019).

Ülkemizde uluslararası markaların kısmen üretim ve montaj işlemleri ile orijinal parça üretimleri yapılmaktadır. Yerli otomobil ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.

Bir sonraki bölümde araç satış tahmini konusuyla ilgili literatür taramasına yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu çalışmada gerçekleştirilen literatür taraması iki alt başlık altında incelenmiştir. İlk bölümde literatürde yer alan çalışmalar hakkında çalışmaların sayısı, yayın türleri, yapıldığı alan vb. genel bilgiler özetlenerek literatürdeki çalışmaların genel bir değerlendirmesi verilmiştir. İkinci bölümde araç satış tahmini literatüründe yer alan çalışmalar kullanılan tahmin metotlarına göre tekil yaklaşımlar, karşılaştırmalı çalışmalar ve hibrit yaklaşımlar olarak sınıflandırılarak analiz edilmiştir.

2.1. Literatüre Genel Bakış

Araç satış tahmini literatürüne genel bir bakış açısı sunmak amacıyla Nisan 2021 tarihinde Web of Science veri tabanı üzerinde bir akademik yayın taraması gerçekleştirilmiştir. Bu tarama gerçekleştirilirken kullanılan İngilizce anahtar kelimeler aşağıda sıralanarak verilmiştir:

• Vehicle sales forecasting

• Car sales forecasting

• Automobile sales prediction

• Car sales prediction

• Car demand forecasting

Yukarıda verilen 5 anahtar kelime “Web of Science” veri tabanının “Basic Search” seçeneği ile, kullanılan anahtar kelimeleri birlikte ya da teker teker arayan “OR” operatörü ve arama alanı olarak “TOPIC”1 seçilerek, 1975 – 2021 yılları zaman aralığında tarama yapılmıştır. Bu kombinasyonla yapılan tarama sonucunda bu alanda yazılmış toplamda 532 akademik yayın tespit edilmiştir.

Yapılan tarama kapsamında elde edilen yayınların yıllara göre dağılımı Şekil 2’de gösterilmiştir. 2007 yılına kadar her yıl için yayınlanan çalışma sayısı 10’un altında kalırken 2007 yılı itibariyle giderek yükselen bir artış trendi oluştuğu gözlemlenmiştir. En fazla yayın 2019 yılında türetilmiş olup, bununla birlikte son 5 yıl içerisinde her yıl ortalama olarak yaklaşık 50 yayın üretilmektedir.

**Şekil 2. Yayınların yıllara göre dağılımı**

Yapılan tarama kapsamında elde edilen yayınların türüne göre dağılımı Şekil 3’te gösterilmiştir. Buna göre yayınlanmış çalışmaların büyük bir bölümünü makale ve konferans bildirileri oluşturmuş olup, literatürde 366 makale ve 169 konferans bildirisi tespit edilmiştir.

**Şekil 3. Yayınların türüne göre dağılımı**

Yapılan tarama kapsamında elde edilen sonuçlara göre yayınların ülkelere göre dağılımı ise Şekil 4’te gösterilmiştir. Bu alanda en çok akademik çalışma yapan ülkelerin sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Çin, İngiltere, Almanya ve İtalya olduğu görülmüştür. Türkiye ise bu alandaki akademik çalışmaların azlığı sebebiyle son sıralarda yer almıştır.

**Şekil 4.** **Yayınların ülkelere göre dağılımı**

Yapılan tarama kapsamında elde edilen sonuçlara göre yayınların Web of Science göre dağılımı ise Şekil 5’te gösterilmiştir. Buna göre araç satış tahmini ile ilgili yapılan akademik çalışmaların en çok Ulaşım, Ulaşım bilimi-teknolojisi, Ekonomi, Elektrik Elektronik mühendisliği ve İnşaat mühendisliği kategorilerinde yer aldığı görülmüştür. Çalışmaların %2,19’u ise Endüstri mühendisliği kategorisinde yer almaktadır.

**Şekil 5. Yayınların Web of Science kategorilerine göre dağılımı**

Yapılan tarama kapsamında elde edilen sonuçlara göre yayınların araştırma alanlarına göre dağılımı ise Şekil 6’da gösterilmiştir. Buna göre %21,70 oranı ile en yüksek pay Mühendislik alanında iken, bu alanı sırasıyla Ulaşım, İşletme ekonomisi ve Bilgisayar bilimi alanları takip etmektedir.

**Şekil 6. Yayınların araştırma alanlarına göre dağılımı**

Bu bölümde araç satış tahminiyle ilgili literatüre genel bir bakış açısı sunulmuş olup, bir sonraki bölümde literatürde yer alan çalışmalar incelenmiş araç satış tahmini konusunda kullanılan yaklaşımlar analiz edilmiştir.

2.2. Literatürdeki Yaklaşımların Analizi

Satış tahmini konusunun geniş bir alan olması ve otomotiv sektörünün dünyadaki en önemli sanayi kollarından biri olması sebebiyle araç satış tahmini özellikle son yıllarda oldukça ilgi çeken bir konu haline gelmiştir. Araç satış tahmini literatüründe uzun yıllardan günümüze dek yapılmış birçok akademik çalışma yer almaktadır. Bu sebeple literatürde yer alan çalışmaları mümkün olduğunca eksiksiz bir şekilde tarayabilmek adına bu çalışmada farklı veri tabanları üzerinde geniş ve kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, Web of Science, Science Direct, IEEE Xplore, Emerald Insight, Springer Link, Taylor & Francis ve ULAKBİM TR Dizin elektronik veri tabanlarında tarama yapılarak elde edilen makale, konferans bildirileri ve kitap bölümlerinden oluşan akademik yayınlar incelenmiştir. Literatürde yer alan çalışmalarda araç satış tahmini için birçok farklı metot ve yaklaşımın kullanıldığı görülmüştür. Bu sebeple tarama sonucunda elde edilen çalışmalar kullanılan metot veya yaklaşım bazında sınıflandırmaya gidilmiştir. Bu doğrultuda literatür taraması sonucunda elde edilen çalışmalar tekil yaklaşımlar, karşılaştırmalı çalışmalar ve hibrit yaklaşımlar olarak üç ayrı alt başlıkta incelenmiştir.

2.2.1. Tekil Yaklaşımlar

Araç satış tahmini konusunda 90’lı yıllardan günümüze dek pek çok yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemlere zaman serileri, Üstel Düzeltme, Box Jenkins Metodu, Regresyon Analizi, Yapay Sinir Ağları, Derin Sinir Ağları, Makine Öğrenmesi gibi pek çok örnek verilebilir. Bu kısımda araç satış tahmini literatüründe başka bir teknikle entegre edilmeden kullanılan tekil yaklaşımları ele alan çalışmalar incelenmiştir.

Kurtuluş (1993) Türkiye’de 1967-1990 yıları arasındaki verilerle farklı değişken kombinasyonlarıyla Regresyon Analizi tekniğini kullanarak araç satış tahmini yapmıştır. Kişi başı Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) ve nüfus değişkenleriyle yapılan analizde nüfus değişkeninin araç satışlarında istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmaması sebebiyle araç satış tahmini için regresyon denklemi kişi başı GSMH değişkeni kullanılarak oluşturulmuştur. R2=0,66 değeri bu modelin tahmin için uygun olduğunu göstermektedir. Çalışmada Türkiye’deki araç satış tahmininin yerli üretim ve ithalat olmak üzere iki ayrı kategoride analiz edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Yazar araç satış tahmini için mevcut çalışmalardaki gibi sadece makroekonomik göstergelerin değil, gelecek çalışmalarda servis ağı, promosyon, araç modelleri, tüketici kredi imkanları, pazarlama organizasyonunda yer alan personelin yetkinliği gibi değişkenlerin de dikkate alınması gerektiğini savunmuştur.

Shahabuddin (2009) otomobil satışlarını ekonomik değişkenler yardımıyla Regresyon Analizi yöntemini kullanarak tahmin etme üzerine çalışmıştır. Çalışmada araç satışlarını tahmin etmede kullanılacak 12 bağımsız değişken belirlenmiş olup bu değişkenler şu şekilde sıralanmıştır: dayanıklı mal endüstriyel talebi, dayanıklı mal kişisel tüketimi, nüfus, iskonto oranı, dayanıklı olmayan endüstriyel mallar, dayanıklı olmayan mallar için kişisel tüketim, GSMH, GSYİH, belli başlı ekonomik göstergeler, M1 (nakit para), M2 (nakit para artı kısa dönem kurumsal sermaye), M3 (M2 ve kurumsal sermaye). Bağımsız değişkenlerin araç satışlarıyla ilişkisinin değerlendirilmesinde çoklu regresyon modeli kullanılmıştır. Toplam (yerli ve yabancı) satış miktarı, yerli otomobil satışı, yabancı otomobil satışı, kamyon satışı ve otomobil sevkiyatı mali değeri, gecikmesiz ve çeyrek yıl gecikmeli olarak tahmin edilmiştir. Çalışmada ele alınan değişkenlerle yabancı otomobil satışı, kamyon satışı ve otomobil sevkiyatı mali değerinin yüksek doğruluk oranıyla tahmin edilebildiği, gecikmesiz veya çeyrek yıl gecikmeli değişkenlerin araç satışı ile ilişkisine olumlu veya olumsuz etkisinin bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada yapılan analize otomobil şirketleri, araç modelleri ve araç fiyat aralıkları gibi değişkenler de eklenerek geliştirilebileceği belirtilmiştir.

Shahid ve Manarvi (2009) Pakistan’daki Suzuki modelleri için geçmiş satış verilerini Veri Madenciliği tekniği ve istatistiksel araçlarla analiz etmiştir. Bu metodun araç satış trendlerini tahmin etmede kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Karaatlı *vd*. (2012) Yapay Sinir Ağları tekniğiyle GSYİH, Reel Kesim Güven Endeksi (RKGE), yatırım harcamaları, tüketim harcamaları, Tüketici Güven Endeksi (TGE), dolar kuru ve zaman değişkenlerini kullanarak Ocak 2007-Haziran 2011 arasında yer alan 54 aylık veri ile Türkiye’de yeni otomobil satışlarını tahmin etmişlerdir. Çalışmada Mean Absolte Percentage Error (MAPE)2 değeri 0,1682 olarak bulunmuş ve güvenilir bir tahmin yapıldığı vurgulanmıştır. Gelecek çalışmalarda, burada kullanılan 7 bağımsız değişkenin yanı sıra otomobil satış fiyatları, vergi oranları, otomobil segmentleri, benzin fiyatları gibi farklı değişkenler kullanılması önerilmiştir.

Yan ve Tu (2012) kısa dönem satış tahmini için satış zaman serilerinde mevcut örüntü ve bununla eşleşen tarihsel örüntü arasındaki karakteristik benzerlik derecesini hesaplayan bir algoritma geliştirmiştir. Eşleşen benzerlik derecesi modelde kısa dönem satış tahmininde girdi olarak kullanılmıştır. Bu yeni model otel ve araç üretim alanlarında örneklenerek tahmin performansı Auto Regressive Moving Average3 (ARMA) ve Radial Basis Function4 (RBF) modellerinin performansıyla karşılaştırılmıştır. Yeni model daha düşük hata ile daha yüksek tahmin kesinliğine sahip olarak gözlemlenmiştir.

Kong *vd*. (2013) bir otomotiv firmasında kısa dönem talep tahmini yapmak için üstel düzeltme tekniğine başvurmuştur. Trend ve mevsimsellik bileşenleri dalgalanma gösterdiğinden düzeltme yapılmıştır. Firmanın 2009 ve 2010 yılları satış verileri kullanılarak kurulan mevsimsel indeksi düzeltilmiş üstel düzeltme yöntemiyle ortalama %4,86 hata değerine ulaşılmıştır.

Akyurt (2015) Türkiye’de üretilecek yerli marka otomobil satış tahmini için, Ocak 2011–Eylül 2015 dönemleri arasında Türkiye’de üretilen otomobil satışları verisini analiz ederek Yapay Sinir Ağları yönteminin geri yayılım algoritmasıyla eğitilmiş ileri beslemeli modelini kullanmıştır. Çalışmada hem orijinal veriler hem de hareketli ortalamalar tekniği kullanılarak mevsimsellikten arındırılmış veriler kullanılmıştır. İki modelde de gizli katmanlardaki nöron sayılarının 7 olarak belirlendiği bu çalışmada orijinal veri kümesiyle MAPE değeri %10,09 olarak elde edilirken, mevsimsellikten arındırılmış veri kümesiyle MAPE değeri %7,25 olarak elde edilmiştir. Girdi olarak sadece geçmiş satış verilerinin kullanılması, ekonomik göstergelerin ve üretimle alakalı değişkenlerin ihmal edilmiş olması çalışmanın zayıf yönlerini oluşturmaktadır.

Zhen ve Zitong (2018) Çin’in Panzhihua bölgesinde geçmiş satış verilerini kullanarak Intelligent Fuzzy Evaluation Algorithm (IFEA) ile araç satışını etkileyen doğrusal olmayan özellikteki indeksleri optimize ederek, güçlü tahminler için girdi olarak kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Abu ve İsmail (2019) Malezya’daki özel araç satış miktarını Ocak 2000-Aralık 2009 arasında yer alan tek değişkenli zaman serisi verisini kullanarak tahmin etmiştir. Verilerin derinlemesine analiziyle elde edilen otokorelasyon fonksiyonları verinin mevsimsel özellik taşıdığını göstermiştir. Dolayısıyla Seasonal Auto Regressive Integrated Moving Average5 (SARIMA) özel araç satış tahmini için uygun bir model olarak görülmüştür. Box Jenkins metodunu uygulamadan önce durağan olmayan zaman serisi durağan hale çevrilmiştir. Çalışmada 4 farklı geçici SARIMA modeli için en küçük kareler yöntemiyle parametreler tahmin edilmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı veriye sahip olmayan bir model elendikten sonra geriye kalan üç modelin yeterliliği artıklarına bakılarak değerlendirilmiştir. SARIMA(2,1,0)(2,0,0)12 modeli anlamlı otokorelasyona sahip olmadığından tahmin modeli olarak seçilmiştir. Kontrol aşamasında artıklar için çizilen histogramın normal dağılım eğrisiyle uygunluk göstermesi modelin tahmin için uygun olduğunu işaret etmiştir. SARIMA(2,1,0)(2,0,0)12 modeliyle yapılan tahminle en iyi satış tahmini her yılın Temmuz ayı için elde edilmiş olup, 12 aylık bir periyotla her Temmuz ayında araç satışlarında yükselme yaşanmaktadır.

Watchter *vd.* (2019) araç satın almaya niyetli müşterilerin yaptığı çevrimiçi aramaların anahtar kelimeleri ve çeşitli ekonomik değişkenleri kullanarak Amerika’daki üretici Honda için araç satış tahmini yapmıştır. TGE, Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE), yakıt fiyatı, işsizlik oranı, Standard&Poor 500 Index değişkenlerinin kullanıldığı çalışmada yakıt fiyatları değişkeni anlamlı bir etkisi bulunmadığı için analizden çıkarılmıştır. Farklı regresyon modellerinin karşılaştırıldığı çalışmada satın alma öncesiyle ilgili anahtar kelimelerin değerlendirmeye alınıp, satın alma öncesiyle ilgisi olmayan anahtar kelimelerin ise değerlendirme dışı bırakılmasıyla oluşturulan model 8856.0 Mean Absolute Error6 (MAE) değeriyle en iyi performansı göstermiştir.

Kaya ve Yıldırım (2020) Derin Sinir Ağları modeliyle Türkiye’de otomobil satış miktarlarını tahmin etmiştir. Çalışmada kullanılan indikatörler zaman, dolar kuru, GSYİH, TGE ve TÜFE olarak seçilmiştir. Seçilen değişkenlerin farklı kombinasyonlarıyla 4 ve 8 katmanlı Derin Sinir Ağları modellenerek oluşturulan tahminlerden, en iyi sonucu zaman, dolar kuru ve GSYİH değişkenlerini ele alan 8 katmanlı model vermiştir. Zaman değişkeninin tahminde önemli bir unsur olduğu sonucuna ulaşılan bu çalışma efektif tahmin sonuçları vermiştir.

Punjabi *vd.* (2020) sosyal medya platformları ve araçlarla ilgili forum ve bloglarda kullanıcıların araçlarla ilgili paylaştığı değerlendirmeleri ve aylık satış verilerini kullanarak araç satışlarını Polinomiyal Regresyon Analizi ile tahmin etmiştir. Çalışmada araç tipi, modeli, kullanıcı skoru, uzman skoru, ay, marka, geçmiş satış skoru ve uzman görüşlerini ölçen faktör5 değişkeni kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan faktör5 değişkeninin ağırlığı deneme yanılma yoluyla belirlenmiştir. Verilerin %80’i eğitim %20’si test için kullanılmış olup, bu modelin ülke/bölge bazında spesifik araç modelleri için uygun olabileceği sonucuna varılmıştır. Önerilen modelin daha kesin tahmin sonuçlarına ulaşabilmesi için, amortisman, araç piyasaya çıkış ayı, motor performansı, mil hesabı ücret, yaşam süresi gibi parametrelerin modele eklenmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Sharma *vd*. (2021) Hindistan otomotiv pazarında yer alan Maruti-Suzuki, Hyundai, Toyota, Honda ve Tata markaları için, 2019 yılı itibariyle 15 aylık satış verisi ve zaman değişkenini kullanarak, Covid-19 salgını sürecinde araç satış tahmini için makine öğrenmesi tekniğinden faydalanmıştır. Random Forest7 algoritmasının kullanıldığı modelde gelecek ay için satış rakamları tahmin edilmiştir.

Araç satış tahmininde tekil yaklaşım kullanılan tüm bu çalışmalar Tablo 1’de özetlenerek verilmiştir.

**Tablo 1. Araç satış tahmininde tekil yaklaşım kullanılan çalışmaların özeti**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Yazar** | **Girdi** | **Çıktı** | **Metodoloji** | **Sonuçlar** | **Bulgular** |
| Kurtuluş (1993) | Kişi başı GSMH, nüfus | Türkiye'deki aylık otomobil satış miktarı | Regresyon Analizi | R2=0,66 | Makroekonomik göstergelerle birlikte, firmaların pazarlama çabalarıyla ilgili değişkenler de kullanılmalıdır. |
| Shahabuddin (2009) | Ekonomik değişkenler | Araç satış miktarı, Sevkiyat değeri ($) | Regresyon Analizi | R2=0,996 | Ekonomik değişkenler yabancı araç satışlarıyla yakından ilgiliyken, yerel araç satışlarıyla arasında güçlü bir ilişki bulunmamaktadır. |
| Shahid ve Manarvi (2009) | Geçmiş satış verileri | Pakistan'da Suzuki modelleri için satış analizi | Veri Madenciliği |  | Veri Madenciliğiyle birlikte istatistiksel teknikler araç satış trendlerini tahmin etmek için kullanılabilir. |
| Karatlı *vd.* (2012) | Makroekonomik göstergeler ve zaman | Türkiye'deki aylık otomobil satış miktarı | Yapay Sinir Ağları | MAPE: 0,1682 | MAPE değeri 0,1-0,2 aralığında olduğundan "doğru tahminler" sınıfında bir tahmin yapılmıştır. |
| Yan ve Tu (2012) | Geçmiş satış verileri | Çin Nanjing'teki bir otel ve bir araç üreticisi için satış tahmini | Zaman serileri | MSE: 1244.7  MAPE: %6,6 (*son 3 veri için*) | Önerilen yeni yaklaşım kısa dönem satış tahmini için hızlı tahmin olanağı ve yüksek kesinliği sağlar. |
| Kong *vd.* (2013) | Geçmiş araç satış verisi | Çin'deki bir otomotiv firması için kısa dönem araç satış miktarı | Üstel düzeltme | Ortalama hata: %4,86 | Ortalama hata %5'ten az olduğundan üstel düzeltme firma için yüksek tahmin gücüne sahiptir. |
| Sharma *vd.* (2021) | Geçmiş satış verisi, zaman | Hindistan otomotiv pazarındaki üreticiler için aylık satış tahmini | Makine öğrenmesi (Rastsal orman algoritması) |  | Covid-19 gibi salgın süreçlerinde araç satış tahmini için makine öğrenmesi teknikleriyle pazar trendi efektif bir şekilde tahmin edilebilir. |

**Tablo 1. Araç satış tahmininde tekil yaklaşım kullanılan çalışmaların özeti (devamı)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Yazar** | **Girdi** | **Çıktı** | **Metodoloji** | **Sonuçlar** | **Bulgular** |
| Akyurt (2015) | Türkiye'de üretilmiş araç satış verileri | Türkiye'de üretilecek yerli araç satış miktarı | Yapay Sinir Ağları | MAPE: %7,25 (*mevsimsellikten arındırılmış veri ile*) | Mevsimsellikten arındırılmış veriler ham verilere göre daha iyi bir tahmin sunmaktadır. |
| Zhen ve Zitong (2018) | Geçmiş satış verileri | Çin Panzhihua bölgesi için araç satış tahmini | IFEA |  | Otomobil satışlarını etkileyen doğrusal olmayan indeksler IFEA ile optimize edilerek güçlü tahminler için veri olarak kullanılabilir. |
| Abu ve İsmail (2019) | Malezya'daki özel araç tescil verisi | Malezya'daki özel araç satış miktarı | Box-Jenkins Metodu | MAPE: 0,13 | SARIMA Malezya'daki araç satışları için tatmin edici bir tahmin performansına sahiptir. |
| Watchter *vd.* (2019) | Anahtar kelimeler için çevrimiçi arama verileri, TGE, TÜFE, yakıt fiyatı, işsizlik oranı, Standard&Poor 500 Index | Honda üreticisi için Amerika'da araç satış tahmini | Regresyon Analizi | MAE: 8856.0 RMSE: 11815.0 (*In-Sample*) | Araç modelleriyle ilgili anahtar kelimelerin Google Trends verileri ile ekonomik göstergeler kullanılarak elde edilen tahmin modeli, mevsimsel otoregresif benchmark modeline göre örneklem dışı veri için %27 oranında iyileştirilmiş tahmin performansı sağlar. |
| Kaya ve Yıldırım (2020) | Ekonomik değişkenler, zaman | Türkiye'deki aylık otomobil satış miktarı | Derin Sinir Ağları | Best Mean Loss ± Std. Dev.: 0,0086 ±0,002 | En iyi sonuçlar 8 katmanlı Derin Sinir Ağları ile zaman, dolar kuru, GSYİH değişkenleriyle elde edilmiştir. |
| Punjabi *vd.* (2020) | Sosyal medya ve web siteleri (kullanıcı ve uzman skorları), aylık satış miktarı | Araç satış miktarı | Regresyon Analizi | MAE: 9629,60 | Ülke/bölge bazlı spesifik modeller için uygulanabilecek bir model. |

Bir sonraki bölümde literatürde araç satış tahmini için birden fazla yöntemin karşılaştırıldığı çalışmalar ele alınmıştır.

2.2.2. Karşılaştırmalı Çalışmalar

Araç satış tahmini literatüründe kullanılan yaklaşımlardan biri de farklı tahmin tekniklerinden ayrı ayrı faydalanarak ve bu tekniklerin performansını birbiriyle karşılaştırma yoluna giderek en uygun sonucu veren tekniği tespit etmek olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kısımda araç satış tahmini literatüründe yer alan birden fazla tekniği kullanarak birbiriyle karşılaştıran çalışmalar incelenmiştir.

Hüllsmann *vd*. (2011) zaman serileri analizi ve Veri Madenciliği tekniklerini kullanarak bir araç satış tahmin modeli geliştirmiş ve bu modelin Alman ve Amerikan otomotiv pazarında ele alınmış bir örneğini sunmuştur. Çalışmada araç pazarına özgü mutlak ve harici parametreler yıllık, 3 aylık ve aylık dönemler bazında ele alınmıştır. Alman araç pazarının değerlendirilmesinde ekonomik indisler olarak Deutscher Aktienindex (DAX) ve IFO8 indekslerinden yararlanılırken, Amerikan pazarı için ise aynı indekslere karşılık gelen Dow Jones ve Business Confidence Index (BCI) indekslerinden yararlanılmıştır. Zaman serileri yaklaşımıyla araç satış tahmini oluştururken, takvim bileşeni, mevsim bileşeni ve trend bileşeni tahmin edilmiştir. Trend bileşeninin tahmininde Veri Madenciliği yaklaşımları kullanılmıştır. Kullanılan algoritmalar daha iyi performans göstermesi ve çok karmaşık olmaması sebebiyle Support Vector Machine, Gussian Kernel, karar ağaçları, k-Nearest Neighbor ve Random Forest olarak seçilmiştir. Daha sonra en iyi MAPE değerini veren metot ve veri seti kombinasyonu belirlenmiştir. Mutlak aylık harici parametreler kullanıldığında en açıklanabilir modeli sunan yöntem Karar Ağaçları olarak belirlenmiştir. Aylık veriler söz konusu olduğunda, bu yöntem en güvenilir ve açıklanabilir yöntem olarak ortaya çıkmıştır.

Wang *vd*. (2011) Tayvan’daki araç satışlarını Adaptive Neuro Fuzzy Inference System9 (ANFIS) ile tahmin etmiş, sonuçları Auto Regressive Integrated Moving Average10 (ARIMA) ve Artificial Neural Network (ANN) teknikleriyle elde edilen sonuçlarla karşılaştırmıştır. Bu yöntemler arasında en iyi sonuçlar ANFIS ile elde edilmiştir. Sedan, küçük ticari araç ve büyük ticari araç tipindeki araçların değerlendirildiği çalışmada tüm araç tipleri için R2=%99,99, MAPE=%0,38 olarak elde edilmiştir.

Sa-ngassongsong *vd*. (2012) ekonomik göstergeler ve segment düzeyinde araç satışları arasındaki ilişkiyi yapısal ilişki tanımlama modeliyle ifade etmiştir. Bu çalışmada Vector Error Correction Model11 (VECM) yaklaşımı kullanılmıştır. VECM modelinin performansı klasik zaman serileri yaklaşımlarıyla karşılaştırılmış, önerilen yaklaşımın %42,55 daha düşük MAPE değeri sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Sharma ve Sinha (2012) Hindistan’daki Suzuki işletmesi için Fuzzy Back Propagation Network12 (FBPN) tekniğiyle, petrol kuru, enflasyon oranı ve geçmiş satış verilerini bağımsız değişken olarak alarak araç satış rakamlarını tahmin etmiştir. Çalışmada aynı bağımsız değişkenler kullanılarak çoklu lineer regresyon metoduyla da tahmin yapılmıştır. FBPN Regresyon Analizi’ne göre çok daha iyi sonuç vermiştir.

Brühl *vd*. (2009) Almanya otomotiv pazarında 1992-2007 yılları arasında gerçekleşen araç tescil verilerini zaman serileri modeliyle analiz etmiştir. Zaman serileri modeli trend, mevsimsel, takvim ve hata bileşenlerini içermektedir. Trend bileşeninin tahmininde Multiple Linear Regression13 (MLR) ve Support Vector Machine14 (SVM) kullanılırken, diğer üç bileşen tek değişkenli olarak tahmin edilmiştir. Trend bileşenini etkileyen harici değişkenler, GSYİH, ulaşılabilir kişisel gelir, TÜFE, faiz oranı, işsizlik oranı, endüstriyel yatırım talebi, petrol fiyatları, özel tüketim, örtülü yenileme talebi, model politikası olarak alınmıştır. Bu 10 değişkenin tamamı ve bir kısmı ayrıca kullanılarak, trend tahmini doğrusal (MLR ile) ve doğrusal olmayan (SVM ile) şekilde tahmin edilerek, yıllık, aylık ve çeyrek yıllık tahmin modelleri oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre en güçlü tahmini 10 değişkenin tamamını dikkate alan, doğrusal olmayan trend tahmini ile çeyrek yıllık model vermektedir. 14 ve 15 yıllık olmak üzere ayrı ayrı yapılan iki analiz için de ortalama yüzde eğitim hatası %0,42 olarak ortaya çıkmıştır.

Kuvettli *vd*. (2015) Türkiye’de üretilen üç farklı markaya ait üç farklı segment için aylık araç satış miktarları tahminini ileri beslemeli yapay sinir ağı modeli ile gerçekleştirmiştir. Çalışmada modelin eğitimi için Levenberg-Marquadt algoritması seçilmiş olup, gizli katman nöron sayısı optimum değeri 31 olarak elde edilmiştir. Bağımsız değişkenler zaman, marka, segment, GSYİH, taşı kredisi faiz oranı, yakıt fiyatları, ortalama yakıt tüketim miktarı ve CO2 emisyonu olarak seçilmiştir. Yapay Sinir Ağları modeliyle eğitim, validasyon ve test olmak üzere tüm veri seti için 0,92807 regresyon değerine ulaşılmıştır. Ayrıca oluşturulan regresyon modelinde R2= 0,582 değeri elde edilmiştir. İki yöntem arasında yapılan karşılaştırmada Yapay Sinir Ağları’nın Regresyon Analizi’ne göre hem eğitim hem test veri seti için çok daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Çalışma literatürden farklı olarak marka, segment, CO2 emisyonu gibi farklı değişkenler kullanılmasıyla orijinal olup, marka ve CO2 emisyonu değişkenlerinin çıkarılması durumunda Yapay Sinir Ağları modelinin tahmininin oldukça kötüleştiği ifade edilmiştir.

Chiu ve Shu (2017) bazı ekonomik indeksler, elektronik Word of Mouth (e-WoM) ve Google Trends verilerini Genetik Algoritma (GA) K-Nearest Neighbor (KNN), Support Vector Regression15 (SVR), Classification and Regression Trees16 (CART) ve Neural Network17 (NN) tekniklerini kullanarak analiz ederek araç satışlarını tahmin etmiştir. En iyi sonuç %23,86 MAPE değeriyle GA/KNN (k=3) tekniğiyle 1 aylık değişim verisi kullanılarak elde edilmiştir. Girdi olarak araçlarla ilgili forumlardan elde edilen müşteri duygu indisleri, Google Trends verileri ve ekonomik indeksler dışında Facebook grup yorumlarından da girdi değişkenleri elde edilerek çalışmanın geliştirilebileceği vurgulanmıştır.

Wijnhoven ve Plant (2017) Hollanda’da 11 farklı araç modelinin satışları için sosyal medyada duygu analizi ve Google Trends verilerinin etkisini araştırmıştır. Sosyal medyadaki duyguların araç satışları üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Google Trends verileri ve sosyal medyadaki bahsetme sayıları ise efektif bir tahmin modeli için anlamlı bulunmuştur. Çalışmada karar ağacı analizi yaklaşımının kullanıldığı bir doğrusal regresyon modeli önerilmiş olup, bu model 0.7313 korelasyon katsayısı ile anlamlı sonuçlar vermiştir.

Zhang *vd.* (2017) Çin’de elektrikli araçların satışlarını tahmin etmek amacıyla tek değişkenli ve çok değişkenli zaman serileri yaklaşımlarını karşılaştırılmıştır. Single Spectrum Analysis18 (SSA) yapılırken geçmiş satış zaman serisi, Vector Autoregressive Model19 (VAR) kullanılırken TÜFE, TGE, üretici fiyatı, yakıt ve araç fiyatı ve Baidu verisi kullanılmıştır. MAPE değeri VAR tekniği ile %36,40 olarak, SSA tekniğiyle %29,1 olarak elde edilmiştir. Çalışmada çok değişkenli zaman serileri yaklaşımlarının elektrikli araç pazarının geleceğini daha iyi açıkladığı vurgulanmıştır.

Arslankaya ve Öz (2018) geçmiş verileri kullanarak zaman serileri (hareketli ortalama ve üstel düzeltme), çoklu regresyon ve Yapay Sinir Ağları teknikleriyle araç satışlarını tahmin etmiştir. Çalışmada kullanılan bağımsız değişkenler Türkiye’nin önde gelen otomotiv şirketlerinden birinde çalışan uzmanlar tarafından belirlenmiştir. Bu değişkenler kayda geçen araç sayısı, GSYİH, TÜFE, dolar kuru, RKGE, TGE, aylık çalışma saatleri, üretilen model sayısı olarak sıralanmıştır. 2016-2011 yılları aralığında yer alan 42 aylık veri dört farklı teknikle ayrı ayrı analize tabi tutulmuştur. Yapay Sinir Ağları, çoklu Regresyon Analizi, hareketli ortalamalar ve üstel düzeltme teknikleriyle MAPE değerleri sırasıyla %7,44, %12,66, %23,08, %24,2 bulunmuştur. Çalışmadan en iyi tahmin sonucu Yapay Sinir Ağları tekniğiyle elde edilmiştir.

Gao *vd*. (2018) Çin’deki otomobil satışları, yerel marka (Chery) otomobil satışları ve ekonomik değişkenler arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Makalede, 95 oktan kurşunsuz benzin fiyatı, TGE, TÜFE, çelik üretimi, Chery satışları bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. Weak Exogenity Testi sonucunda TGE ve TÜFE harici değişkenler olarak tespit edilmiş ve tahmin modeline dahil edilmemiştir. ARMA, VAR ve VECM modelleriyle Çin’deki otomobil satışları tahmin edilmiş ve sonuç olarak en düşük MAPE ve Root Mean Square Error20 (RMSE) değerleri VECM tekniği ile elde edilmiştir. Tahmin sonuçları tatminkâr olsa da modelde kullanılan ekonomik değişkenler kısıtlıdır. Çalışmada modele daha fazla dahili ekonomik değişken eklenerek tahmin gücünün iyileştirilebileceği ifade edilmiştir.

Pai ve Liu (2018) sosyal medya verileri ve borsa değerlerinden faydalanarak zaman serileri analizi ve çok değişkenli Regresyon Analizi yaklaşımını kullanmıştır. Twitter platformunda araç satın alma konusunda atılan tweetlerin duygu skoru ile Dow Jones Industrial Average (DJIA) ve Standard & Poor’s 500 Index (S&P 500) bağımsız değişkenler olarak alınmıştır. Değişkenler hem mevsimsel etki altında, hem de mevsimsellikten arındırılarak, Naive Method, Üstel Düzeltme Tekniği, ARIMA, SARIMA olmak üzere dört zaman serileri yaklaşımı ve Back Propagation Neural Network21 (BPNN) ile Least Squares Support Vector Regression22 (LSSVR) teknikleri ile analize tabi tutulmuştur. Çalışmada en iyi sonuçları SARIMA tekniği vermiş olup; en iyi MAPE, Weighted Absolute Percentage Error23 (WAPE), Normalized Mean Absolute Error24 (NMAE) istatistikleri mevsimsellikten arındırılmış verilerle elde edilmiştir. Çalışmada sosyal medya verileri için yalnızca Twitter platformundan alınan veriler kullanılmıştır. Gelecekte Facebook ve Youtube gibi sosyal medya platformlarından alınacak verilerin de eklenmesiyle daha kesin tahminlere ulaşılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Zuhdi *vd.* (2020) Fuzzy Time Series25 (FTS) ve ANFIS teknikleriyle karşılaştırmalı araç satış tahmini yapmıştır. 2010-2017 yılları için çeşitli otomobil markalarına ait geçmiş satış verilerinin kullanıldığı çalışmada ANFIS tekniği %13,17 ortalama tahmin hatası ile, %22,22 ortalama tahmin hatası veren FTS tekniğine göre daha üstündür.

Araç satış tahmini literatüründe yer alan tüm bu karşılaştırmalı çalışmalar Tablo 2’de özetlenmiştir.

**Tablo 2. Araç satış tahmininde karşılaştırmalı çalışmaların özeti**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Yazar** | **Girdi** | **Çıktı** | **Metodoloji** | **Sonuçlar** | **Bulgular** |
| Hüllsmann *vd.* (2011) | Ekonomik değişkenler | Almanya ve Amerika otomobil pazarında yeni araç tescili | Zaman Serileri, Veri Madenciliği | MAPE: %6,93  (*DT metodu, 2007 verisi, Alman otomobil pazarı için*) | Aylık veriler söz konusu olduğunda, en açıklanabilir modeli sunan yöntem Karar Ağaçları olarak belirlenmiştir. |
| Wang *vd.* (2011) | Araç satış miktarı, uyum göstergeleri, öncü göstergeler, toptan eşya fiyat endeksi, gelir | Tayvan için sedan, küçük ticari araç, büyük ticari araç satış tahmini | ANFIS, ANN (BPN), ARIMA | MAPE: %0.38  (*Tüm araç tipleri için*) | ANFIS modeli adımsal regresyon ile birlikte kullanıldığında geleneksel yöntemlerden daha efektif bir tahmin aracı olur. |
| Sa-ngasoongsong *vd.* (2012) | ABD geçmiş araç satış verileri, TÜFE, işsizlik oranı, yakıt fiyatları, konut başlangıcı | ABD için araç satış tahmini | VECM, Zaman Serileri | MAPE: 0.0135 RMSE: 0.1416 (*VECM*) | VECM klasik zaman serileri yaklaşımlarına göre %42,55 oranında daha düşük MAPE değeri sunar. |
| Sharma ve Sinha (2012) | Petrol kuru, enflasyon oranı, geçmiş satış verisi | Hindistan'daki Suzuki işletmesi için aylık satış tahmini | FBPN, MLR | MSE: 7.7728e-006 (*FBPN*) | FBPN ile yapılan tahmin performansı MLR'ye göre daha üstündür. |
| Brühl *vd.* (2009) | Araç satış miktarı zaman serisi, harici parametreler (makroekonomik göstergeler, otomobil pazarı ve tüketici davranışıyla ilişkili değişkenler) | Almanya'daki yıllık, aylık, çeyrek yıllık araç satış miktarları | Zaman Serileri, Veri Madenciliği | (*15 yıllık veri, tüm parametreler ve doğrusal olmayan trend tahmini ile*) Ortalama eğitim hatası: %0.42, Ortalama test hatası: %2.13 | Çeyrek yıllık model test hatasını minimize etmenin yanında, yıllık ve aylık modellere göre daha yüksek performans göstermektedir. |
| Kuvvetli *vd.* (2015) | Geçmiş satış verileri, makroekonomik göstergeler, segment, marka, CO2 emisyonu | Türkiye'deki aylık otomobil satış miktarı | Yapay Sinir Ağları, Regresyon Analizi | R=0,92807 (*YSA için*),  R=0,763 (*regresyon analizi için*) | YSA modeli regresyon analizine göre daha iyi tahmin gücüne sahiptir. |

**Tablo 2. Araç satış tahmininde karşılaştırmalı çalışmaların özeti (devamı)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Yazar** | **Girdi** | **Çıktı** | **Metodoloji** | **Sonuçlar** | **Bulgular** |
| Chiu ve Shu (2017) | Ekonomik indisler, Elektronik "Word of Mouth", Google Trends verileri | Tayvan'daki aylık otomobil satış miktarı | GA-KNN, SVR, CART, NN | MAPE: %23,86 (*GA/KNN, k=3 için*) | Başarılı bir tahmin için GA/KNN tekniği kullanılabilir. |
| Wijnhoven ve Plant (2017) | Sosyal medya gönderi sayısı, aylık pozitif ve negatif gönderi sayıları, aylık Google Trends skoru, aylık araç satış verisi | Hollanda'daki 11 model için araç satış tahmini | Regresyon Analizi, Karar Ağacı Analizi | MAE: 141.4526 RMSE: 328.8579 | Spesifik tahmin formülleri sağlayan karar ağacı ile regresyon modeli pratik ve kullanışlı olup, bu model daha fazla veri ve diğer analitik teknikleri geliştirilebilir. |
| Zhang *vd.* (2017) | Çin'deki geçmiş araç satış verileri, TÜFE, TGE, üretici fiyatı, yakıt ve araç fiyatı, Baidu verisi | Çin'de elektrikli araç satış tahmini | Zaman Serileri (SSA, VAR) | MAPE:  %36,40 (*SSA*), %29,1 (*VAR*) | Çok değişkenli zaman serileri yaklaşımlarıyla elde edilen elektrikli araç tahmin modelleri pazarın geleceğini daha iyi açıklar. |
| Arslankaya ve Öz (2018) | Tescillenen araç sayısı, ekonomik değişkenler, aylık çalışma süresi, üretilen araç modeli sayısı | Türkiye'deki aylık otomobil satış miktarı | Zaman serileri, çoklu Regresyon Analizi, Yapay Sinir Ağları | MAPE: %7,44 (*YSA için*) | En iyi sonuçlar YSA yöntemiyle elde edilmiştir. |
| Gao *vd.* (2018) | Ekonomik değişkenler | Çin'deki aylık otomobil satış miktarı | Zaman Serileri (ARMA, VAR, VECM) | MAPE: 0,1243 | En iyi MAPE ve RMSE sonuçları VECM modeliyle elde edilmiştir. |
| Pai ve Liu (2018) | Twitter verileri, borsa değerleri (DJIA, S&P 500) | Amerika'daki aylık araç satış miktarı | Zaman Serileri (Naive, ES, ARIMA, SARIMA), BPNN, Regresyon Analizi (LSSVRTS) | MAPE: %7,076 | En iyi sonucu SARIMA metodu mevsimsellikten arındırılmış verilerle vermektedir. |
| Zuhdi *vd.* (2020) | Çeşitli markalara ait geçmiş satış verileri | Çeşitli markalar için araç satış miktarı | FTS, ANFIS | AFER:  %13,17 (*ANFIS*), %22,27 (*FTS*) | Tahmin performansının iyileştirmek için Sturges formülünün uygulandığı iki teknikten ANFIS daha düşük hata oranı sunar. |

Bir sonraki bölümde literatürde yer alan hibrit yaklaşımları ele alan çalışmalar incelenmiştir.

2.2.3. Hibrit Yaklaşımlar

Araç satış tahmini literatüründe probleme karşı geliştirilen çözüm yaklaşımlarından bir diğeri ise birden fazla tekniği birbiriyle entegre ederek hibrit yaklaşımların geliştirilmesidir. Bu kısımda araç satış tahmini literatüründe yer alan ve birden fazla tekniği birbiriyle entegre ederek geliştirilen hibrit yaklaşımları ele alan çalışmalar incelenmiştir.

Wu (2010) kaotik haritalama, genetik algoritma ve SVM tekniklerinden oluşan hibrit bir tahmin modeli geliştirmiştir. Kısaca Cv-SVM olarak isimlendirilen bu hibrit model araç satış tahmininde uygulanmış, standart SVM yaklaşımına göre daha iyi bir tahmin performansı sunduğu görülmüştür. Çalışmada geliştirilen modelin çok boyutlu veri ve sonlu örneklem söz konusu olduğunda efektif bir yaklaşım olduğu ifade edilmiştir.

Lu ve Geng (2011) geçmiş satış verisi ve çeşitli ekonomik göstergeleri kullanarak, Particle Swarm Optimization26 (PSO) ve SVM ile oluşturdukları hibrit yaklaşımla Tayvan’daki yıllık otomobil satışlarını tahmin etmiştir. PSO-SVM hibrit yaklaşımı GA-SVM yaklaşımına göre daha düşük tahmin hatası vermektedir.

Jun ve Qing (2015), Back Propagation27 (BP) sinir ağlarında ağırlıkları optimize etmek için genetik algoritmayı kullanmıştır. Çalışmada BP sinir ağları ve genetik algoritmaya dayalı bir çoklu doğrusal Regresyon Analizini içeren hibrit bir yaklaşım geliştirilmiştir. Araç satışını etkileyen harici değişkelerin kullanıldığı çalışmada, bu metodun veriye daha uygun olduğu ve doğrusal regresyona göre daha yüksek tahmin kesinliği sağladığı vurgulanmıştır.

Farahani *vd*. (2020) Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada’daki Kia ve Hyundai işletmeleri için araç satış tahmininde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Yapay Sinir Ağları tekniğini kullanmıştır. 2010-2015 yılları arasındaki geçmiş satış verilerinin kullanıldığı çalışmada, araç satışlarını etkileyen faktörler belirlenip, alanında uzman kişiler tarafından faktörlerin önem düzeyini belirlemek için ikili karşılaştırmaklar yapılarak ağırlıklandırılmıştır. Belirlenen faktörlerin (ekonomi, boyut, performans, sürücü ve yolcu konforu, aracın dış görünüşü ve satışlardaki mevsimsellik etkisi) girdi olarak kullanıldığı Yapay Sinir Ağları modeli TrainBr algoritmasıyla eğitilmiştir. Çalışmada karşılaştırma yapılan Lineer Regresyon, Üstel Regresyon ve Yapay Sinir Ağları (YSA) modelleri arasında en düşük Mean Square Error28 (MSE) değeri YSA modeliyle elde edilmiştir.

Vahabi *vd*. (2016) İran’daki bir otomotiv şirketinin yıllık otomobil satışlarını tahmin etmek için ANFIS ve GA tekniklerini entegre etmiştir. Geçmiş satış verileri ve çeşitli ekonomik göstergelerin bağımsız değişken olarak ele alındığı çalışmada, ANFIS metodu sistemi eğitmek için kullanılırken GA ise ANFIS sonuçlarını uyarlamak amacıyla kullanılmıştır. Gelecek çalışmalarda ANFIS sonuçlarını iyileştirmede farklı sezgisel veya meta sezgisel tekniklerin kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Yang ve Li (2016) Çin’de 2010-2013 yılları arasında yer alan geçmiş araç satış verilerini kullanarak 2014 yılının ilk 4 ayı için satış tahmini yapmıştır. Çalışmada mevsimsel indeks ve RBF sinir ağları teknikleri hem tekil olarak hem de kombine edilerek tahmin performansları ölçülmüştür. İki metodunun kombine edilmesiyle yapılan tahmin daha kesin sonuçlar vermektedir.

Gao *vd*. (2017) Çin’deki araç satışlarını tahmin etmek için PSO ve Ant Colony Optimization (ACO) tekniklerini kullanarak hibrit bir yaklaşım geliştirmiştir. Araç satışları, otoyol uzunluğu (km), GSYİH, araç sahipliği, TÜFE değişkenlerinin kullanıldığı çalışmada, hibrit yaklaşımla hem doğrusal hem karesel formda analiz yapılmıştır. Hibrit yaklaşım PSO ve ACO tekniklerine göre daha iyi tahmin sonuçları vermiş olup, çalışmada kullanılan ekonomik gösterge sayısı kısıtlıdır.

Zhu *vd*. (2019) Çin’deki Yangcheng şehrinde Mart 2015 ve Ekim 2017 arasındaki geçmiş araç satış verilerini kullanarak, Gated Recurrent Units29 (GRU) ve Reinforcement Learning30 (RL) modellerini entegre ederek geliştirdiği GRU-RL modelle araç satış tahmini yapmıştır. BP, Long Short Term memory31 (LSTM), GRU mimarileriyle karşılaştırılan önerilen model, tüm RMSE ve MAPE parametrelerinde bu modellerden daha iyi sonuç vermiştir. Çalışmada modelin araç satışını etkileyen diğer faktörleri de göz önünde bulundurma bakımından geliştirilebileceği ifade edilmiştir.

Salais *vd*. (2020) Delphi tekniği ile uzman görüşlerine başvurarak araç satış tahmini için bağımsız değişkenleri faiz oranı, GSYİH, enflasyon ve MXN/USD kuru olarak belirlemiştir. Bulanık mantık ile değişkenler arasındaki ilişkiler ve ağırlıkları tespit edilmiştir. Yapay Sinir Ağları’yla yapılan tahminle harici değişkenlerin dikkate alındığı Nonlinear Autoregressive model32 (NARX), harici değişkenlere sahip olmayan alındığı Nonlinear Autoregressive model (NAR) ve Holt modelinden daha iyi sonuçlar vermiştir.

Subrmanian *vd*. (2020) Adaptive Multiplicative Triple Exponential Smoothing Holt-Winters (AHW) ile BPNN metotlarını birleştirerek oluşturdukları hibrit yaklaşımla Hindistan’da yer alan 20 otomobil üreticisinin satış gelirlerini tahmin etmiştir. 2011-2019 yılları arasında yer alan geçmiş satış verilerinin kullanıldığı modelin R=0,9956 değeriyle mevcut tahmin yöntemlerinden daha yüksek tahmin kesinliği verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Yılmaz *vd*. (2020) K-ortalamalar, GA ve ANFIS tekniklerinden oluşan hibrit bir model geliştirmiştir. Araç tipi, DPPI, Moodys kredi notu, S&P kredi notu, ara mallar, dayanıklı tüketim malları, dayanıksız tüketim malları, enerji, sermaye malları, TÜFE, marka ve tarih değişkelerinin kullanıldığı çalışmada girdiyi oluşturacak değişkenler K-ortalamalar algoritması ile kümelenmiş, ardından GA için girdi oluşturmuştur. GA çıktısı ise ANFIS’te girdi olarak kullanılmış ve araç satış tahmini yapılmıştır. ANFIS tekniğine göre daha iyi bir tahmin sonucu veren Hibrit model için RMSE değeri 0,024 olarak elde edilmiştir.

Yin *vd*. (2020) yeni ürünlerin talep tahmini için bulanık kümeleme ve derin öğrenme yaklaşımlarını entegre etmiştir. Yeni cep telefonu ve yeni otomobil satış tahmininin örneklendiği çalışmada, Çin’de faaliyet gösteren bir otomotiv firmasının 5 ayrı araç modeline ait geçmiş verilerle yeni bir araç modelinin satış tahmini yapılmıştır. Bulanık kümeleme-kaba küme yaklaşımı ile yeni model aracın ve diğer 5 araç modelinin arasındaki benzerlikler saptanmış, Bass model ile yeni model aracın ilk satışları tahmin edilmiştir. Long Short Term Memory modeliyle ilk satış verileri kullanılarak sinir ağları eğitilmiş ve tahmin hatası tahmin edilmiştir.

Araç satış tahmininde hibrit yaklaşımları ele alan tüm bu çalışmalar Tablo 3’te özetlenmiştir.

**Tablo 3. Araç satış tahmininde hibrit yaklaşım kullanılan çalışmaların özeti**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Yazar** | **Girdi** | **Çıktı** | **Metodoloji** | **Sonuçlar** | **Bulgular** |
| Wu (2010) | Geçmiş satış verileri, marka bilinirlik derecesi, performans, model güzelliği, satış deneyimi, yakıt fiyatı, birikim | Araç satış miktarı | Chaos theory + GA+v-SVM (Cv-SVM) | MAPE: 0.0630 (*C v-SVM ile en iyi*) | Hibrit Cv-SVM yaklaşımı çok boyutlu veri ve sınırlı örnek boyutları için efektiftir. ARMA, GA v-SVM, ECGA v-SVM yaklaşımlarına göre daha düşük MAPE değeri sunar. |
| Lu ve Geng (2011) | Geçmiş satış verileri, 9 ekonomik gösterge | Tayvan'daki yıllık otomobil satış miktarı | PSO+SVM | MAPE: 0,206 | PSO-SVM hibrit yaklaşımı GA-SVM yaklaşımına göre daha düşük tahmin hatası verir. |
| Jun ve Qing (2015) | Harici değişkenler (pazardaki değişiklikler, ekonomik kriz, yakıt fiyatlarındaki artış, vergi indirimi vs.) | Araç satış tahmini | BPNN+GA bazlı MLR |  | Sinir ağlarındaki ağırlıkları GA ile optimize etme metodu veriye daha uygun olmakla birlikte daha yüksek tahmin kesinliği sunar. |
| Farahani *vd.* (2016) | Araç satışını etkileyen faktörler (Fiyat, performans, güvenlik, görünüş, konfor, mevsimsellik) | ABD ve Kanada'da Kia ve Hyundai için araç satış tahmini | AHP+ANN | MSE: 0,44x108 (*ANN*) | Belirlenen faktörlere dayanarak YSA ile aylık araç satış miktarı efektif olarak tahmin edilebilir. |
| Vahabi *vd.* (2016) | İran geçmiş araç satış verileri, dolar kuru, enflasyon oranı, kişi başı gelir, kredi faiz oranı, ithalat tarifesi, ithalat değeri, konut başlangıçları değeri | İran'daki bir otomotiv şirketi için araç satış tahmini | ANFIS+GA | RMSE: 27092.76 R2: %99,66 | ANFIS metodu sistemi eğitmek, GA ise ANFIS sonuçlarını uyarlamak için kullanılmış olup, bu entegre yaklaşım klasik YSA modeline göre daha iyi sonuç verir. |
| Yang ve Li (2016) | Çin'deki geçmiş araç satış verileri | Çin için araç satış tahmini | Mevsimsel indeks+  RBF-NN | MAPE: 4.48 (*mevsimsel indeks*), 10.08 (*RBF ağı*), 3.90 (*kombine model*) | Mevsimsel indeks tekniği RBF-NN tekniğine göre daha düşük hata vermekte olup, iki metodun kombinasyonu yapılan tahmin gücünü yükseltir. |

**Tablo 3. Araç satış tahmininde hibrit yaklaşım kullanılan çalışmaların özeti (devamı)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Yazar** | **Girdi** | **Çıktı** | **Metodoloji** | **Sonuçlar** | **Bulgular** |
| Gao *vd.* (2017) | Araç satışları, otoyol kilometresi, GSYİH, araç sahipliği, TÜFE | Çin'deki araç satış tahmini | PSO+ACO | MAE: 54,49 (*Doğrusal*), 11,73 (*Karesel*) | Hibrit PSO-ACO yaklaşımı, PSO veya ACO yaklaşımlarına göre daha iyi bir tahmin sunar. |
| Zhu *vd.* (2019) | Geçmiş araç satış verisi | Çin'in Yangcheng şehri için araç satış tahmini | Sinir ağları (GRU+RL modeli) | MAPE ≈ %15 | Geleneksel GRU modeline göre GRU-RL modelinde parametreler zaman serisinin dinamik değişikliklerine daha iyi ayarlanabilir. |
| Salais *vd.* (2020) | Faiz oranı, GSYİH, enflasyon, MXN/USD kuru | Araç satış tahmini | Delphi Tekniği+  Bulanık mantık+  YSA | MAPE: 8 | Kalitatif ve kantitatif değişkenlerin entegre edildiği modelde, harici değişkenlere sahip olan doğrusal olmayan otoregresif sinir ağı, harici değişkeni olmayan model ile Holt modeline göre daha düşük hata seviyesi sunar. |
| Subrmanian *vd.* (2020) | Geçmiş satış gelirleri | Hindistan'daki 20 otomobil üreticisi için satış geliri tahmini | AHW+BPNN | R=0,9956 | AHW ve BPNN teknikleriyle oluşturulan hibrit yaklaşım geleneksel BPNN yöntemine göre daha iyi tahmin yapmaktadır. |
| Yılmaz *vd.* (2020) | Araç tipi, DPPI, Moodys kredi notu, S&P kredi notu, ara mallar, dayanıklı tüketim malları, dayanıksız tüketim malları, enerji, sermaye malları, TÜFE, marka, tarih | Araç satış tahmini | K-means Kümeleme+  GA+  ANFIS | RMSE: 0,024 | Girdiyi oluşturan değişken sayısının azaltılmasının amaçlandığı hibrit model ANFIS modeline göre daha başarılı ve uygulanabilirdir. |
| Yin *vd.* (2020) | Çin'deki bir üreticinin 5 modele ait satış verileri | Çin'deki bir üretici için yeni bir otomobil modelinin satış tahmini | Bulanık kümeleme+  Derin öğrenme | MAPE: 0.1760 | Yeni bir ürün için benzer ürünlerden faydalanarak yapılan benzerlik ölçümü Bass model için veri kaynağı olabilir. Bass Model çıktılarının ise LSTM sinir ağlarına girdi sağladığı bu hibrit yaklaşım yeni ürünler için etkin bir tahmin gerçekleştirebilir. |

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde araç satış tahmini konusunda yapılan literatür taraması sonucunda elde edilen bulgulara göre, araç satış tahmininde kullanılan yöntemler, bağımsız değişkenler, yöntemlerin tahmin performansı değerlendirilmiştir.

3.1. Kullanılan Yöntemler

Yapılan literatür taramasında araç satış tahmininde pek çok tekniğin kullanıldığı görülmüştür. Bu teknikler Box-Jenkins metodu, üstel düzeltme, hareketli ortalamalar, ARMA, ARIMA, VECM, FTS gibi zaman serileri yöntemleri; basit ve çoklu regresyon analizi; yapay sinir ağları, makine öğrenmesi, derin sinir ağları, ANFIS gibi yapay zeka temelli yöntemler; destek vektör regresyonu, destek vektör makineleri; PSO ve ACO gibi genetik algoritmalar olarak sıralanabilir. Bu yöntemler arasında regresyon analizi, zaman serileri ve yapay sinir ağları hem uygulama kolaylığı hem de yüksek tahmin performansı ile öne çıkan yaklaşımlar olarak görülmektedir.

3.2. Bağımsız Değişkenler

Literatür taraması bölümünde incelenen çalışmalarda araç satış tahmini için birçok bağımsız değişkenin kullanıldığı görülmüştür. Bu değişkenler ekonomik göstergeler, araçla ilgili değişkenler, internet verileri ve harici değişkenler olmak üzere dört ayrı kategoride sınıflandırılmıştır. Ekonomik değişkenler sınıfında yer alan GSMH, GSYİH, TEFE, TÜFE, Tüketici Güven Endeksi, enflasyon oranı, işsizlik oranı, faiz oranı, vergi oranı, dolar kuru, petrol kuru, borsa değerleri gibi değişkenler literatürde yer alan çalışmalarda sıklıkla kullanılan bağımsız değişkenlerdir. Ekonomik değişkenlerle birlikte araç satış veya tescil sayısı, üretilen araç sayısı, mevsimsellik, zaman, nüfus gibi harici değişkenler de araç satış tahmininde sıklıkla kullanılan bağımsız değişkenler olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte bazı çalışmalarda araçların markası, segmenti, dış görünüşü, fiyatı gibi özellikleriyle ilgili değişkenler de kullanılırken, bazı çalışmalarda ise araçlarla ilgili çeşitli web siteleri veya sosyal medya platformlarında belirli araçlar için yapılan arama veya gönderi/yorum sayısı gibi internet verileri de kullanılmaktadır. Araç satış tahmini için kullanılan bağımsız değişkenler derlenerek Tablo 4’te verilmiştir.

**Tablo 4.** Araç satış tahmininde kullanılan bağımsız değişkenler

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ekonomik göstergeler** | **Harici değişkenler** | **Araçla ilgili değişkenler** | **İnternet verileri** |
| GSMH | Aylık satış miktarı | Araç segmenti | Sosyal medya yorumları (Twitter, Facebook, Youtube) |
| GSYİH | Tescillenen araç sayısı | Araç markası | Google Trends verileri |
| TÜFE | Mevsimsellik | Araç CO2 emisyonu | Web sitelerindeki yorumlar |
| TEFE | Zaman | Araç fiyatı | Gönderi sayısı |
| Tüketici Güven Endeksi | Üretilen araç sayısı | Araç performansı | Pozitif veya negatif yorum sayısı |
| Enflasyon oranı | Aylık çalışma süresi (otomotiv üretimi için) | Araç dış görünüşü | Çevrimiçi arama verileri |
| İşsizlik oranı | Otoyol uzunluğu (km) | Araç konforu |  |
| Faiz oranı | Nüfus | Marka bilinirlik derecesi |  |
| Vergi oranları | Otomobil pazarıyla ilgili harici değişkenler |  |  |
| Dolar kuru | Tüketici davranışıyla ilgili harici değişkenler |  |  |
| Petrol kuru | Konut başlangıcı değeri |  |  |
| Borsa değerleri (DJIA, S&P 500 vs.) |  |  |  |

3.3. Tahmin Performansı

Satış tahminleri bir işletmenin tüm fonksiyonları üzerinde etkili olup, üretim planlarıyla yakından ilişkilidir. Güvenilir ve doğru tahminler etkin üretim planlamasında önemli rol oynar. Satış tahmininde kesinliği ve doğruluğu yüksek tahminler elde etmek için kullanılacak yöntem, model ve bağımsız değişkenlerin seçiminde dikkatli olunmalıdır. Amaç gelecekteki araç talebini en doğru şekilde tahmin edecek, tahmin performansı en yüksek modeli seçmektir. Literatürde araç satış tahmini için kullanılan yaklaşımların tahmin performansını değerlendirmek için çeşitli istatistiksel performans metrikleri kullanılmıştır. Bu performans metrikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

• R2

• MSE

• RMSE

• MAE

• MAPE

Regresyon analizinin kullanıldığı çalışmalarda çoğunlukla R2 metriği kullanılırken, bazı çalışmalarda ise RMSE ve MAE metrikleri kullanılmıştır. Zaman serileri teknikleri, yapay sinir ağları, genetik algoritma gibi sezgisel yöntemlerin kullanıldığı çalışmalarda ise tahmin performansı çoğunlukla MAPE metriğiyle ölçülmektedir. Bununla birlikte MAE, MSE, RMSE gibi metriklerden de faydalanılmaktadır.

Literatürde yapılan karşılaştırmalı çalışmaların tahmin performansları incelendiğinde regresyon analizi, zaman serileri, yapay sinir ağları gibi tekniklerin öne çıktığı görülmüştür. Farklı tekniklerin kullanılmasıyla oluşturulan hibrit yaklaşımların ise tekil yaklaşımlara göre daha iyi bir tahmin performansı sunduğu görülmüştür.

4. SONUÇ

Otomotiv sektörü ülkelerin ekonomisine katkısı çok büyük olan, gittikçe büyüyen ve gelişen, rekabetin çok yoğun olduğu bir sektördür. Ulaşım, petro-kimya, demir-çelik, cam, plastik, tekstil, elektronik, akaryakıt, yedek parça, servis, sigorta gibi birçok sektörle olan yakın ilişkisi sebebiyle lokomotif bir sanayi dalı olan bu sektör dünyada en büyük sektörler arasındadır. Otomotiv endüstrisi dünya ekonomisinin yaklaşık %5’ini oluşturmaktadır (Pişkin, 2017). Küresel ticarette en fazla payın sahibi olan sektörlerden biridir.

Yoğun rekabet koşullarının söz konusu olduğu bu sektörde otomotiv şirketleri maliyetleri düşürebilmek, verimliliği arttırabilmek, pazar payını yükselterek karlılığı ve sürdürülebilirliği sağlamak adına üretim faaliyetlerini ve kaynaklarını en doğru şekilde planlamalıdır. Efektif planlamanın yolu doğru satış tahminin geçmektedir.

Otomotiv sektöründe karar vericiler doğru satış tahminleri elde edebilmek için en doğru yöntem, model ve bağımsız değişken kombinasyonunu belirlemelidir. Bunun yapabilmek için farklı yöntem, model veya bağımsız değişkenlerle ayrı ayrı tahminler yapılarak sonuçları karşılaştırılabilir. Bu şekilde en yüksek tahmin performansını veren model seçilerek uygulanabilir. Tahmin performansının düşük olduğu durumlarda ise yöntem ve bağımsız değişkenlerde değişikliğe gidilerek model revize edilmelidir.

Bu çalışmada otomotiv sektöründe yer alan karar vericilere üretim faaliyetleriyle ilgili planlamalara girdi oluşturan satış tahminlerinde kullanılacak yöntemlerle ilgili bir literatür taraması yapılmıştır. Araç satış tahmini konusu için kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiş olup, literatürde yer alan tahmin yaklaşımları sınıflandırılarak özetlenmiştir. Yaklaşımların öne çıkan özellikleri ve geliştirilebilecek yanları analiz edilmiştir. Tahminde kullanılan bağımsız değişkenler ile kullanılan modellerin tahmin performansları değerlendirilmiştir. Literatürdeki çalışmalarda ele alınan yaklaşımlar incelendiğinde bağımsız değişkenlerin tahmin performansını maksimize edecek en doğru kombinasyonunun oluşturulması gerektiği görülmüştür. Tekil bir yaklaşım kullanılacaksa farklı modeller ve bağımsız değişkenler denenerek en yüksek tahmin performansını sağlayan modelin seçilmesi önerilmektedir. Bununla birlikte literatürde sıkça birden fazla yöntemin birbirine entegre edildiği hibrit yaklaşımların kullanıldığı, bu yaklaşımların tekil yaklaşımlara göre genellikle daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Bu bağlamda yüksek tahmin doğruluğuna ulaşabilecek tahminler için hibrit yaklaşımların kullanılması önerilmektedir. Ancak yine de seçilecek bağımsız değişkenler, firmanın üretim faaliyetleriyle ilgili değişkenler, aracın özellikleriyle ilgili değişkenler ve modelde kullanılacak veriler farklılık gösterebileceğinden aynı modeller farklı firmalar için farklı sonuçlar verebilir. Bu sebeple doğru tahminlere ulaşabilmek adına farklı modeller denenerek tahmin performanslarının karşılaştırılması da araç satış tahmininde etkin bir yol olarak önerilmektedir.

KAYNAKÇA

AKYURT, İ., (2015), Talep Tahmininin Yapay Sinir Ağlarıyla Modellenmesi: Yerli Otomobil Örneği, Ekonometri ve İstatistik, 23, 147-157.

ARSLANKAYA, S. ve ÖZ, V., (2018), Time Series Analysis of Sales Quantity in an Automotive Company and Estimation by Artificial Neural Networks, Sakarya University Journal of Science, 22 (5), 1482-1492.

BRÜHL, B., HÜLSMANN, M., BORSCHEID, D., FRIEDRİCH, C. and REITH, D., (2009), A Sales Forecast Model for the German Automobile Market Based on Time Series Analysis and Data Mining Methods, Advances in Data Mining: Applications and Theoretical Aspects, 20-22 July 2009 Leipzig Germany, Berlin Heidelberg: Springer, 146-160.

CHIU, C. and SHU, C., (2017), Monthly car sales prediction using Internet Word-of-Mouth (eWOM), 2017 IEEE International Conference on Innovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA), 3-5 July 2017 Gdynia Poland, IEEE, 345-348.

FARAHANI, D. S., MOMENI, M., and AMIRI, N., (2016), Car Sales Forecasting Using Artificial Neural Networks and Analytical Hierarchy Process (Case Study Kia and Hyundai Incorporations in the USA), DATA ANALYTICS 2016 The Fifth International Conference on Data Analytics, 9-13 October 2016 Venice Italy, IARIA, 57-62.

GAO, J., XIE, Y., GU, F., XIAO, W., HU, J. and YU, W., (2017), A hybrid optimization approach to forecast automobile sales of China, Advances in Mechanical Engineering, 9 (8), 1-10.

GAO, J., XIE, Y., CUI, X., YU, H. and GU, F., (2018), Chinese automobile sales forecasting using economic indicators and typical domestic brand automobile sales data: A method based on econometric model, Advances in Mechanical Engineering, 10 (2), 1-11.

GÖRENER, A., (2008), Türk Otomotiv Sektörünün Ülke Ekonomisine Katkıları ve Geleceğe Yönelik Sektörel Beklentiler, Yaşar Üniversitesi E-Dergisi, 3 (10), 1213-1232.

HÜLSMANN, M., BORSCHEID, D., FRIEDRICH, C. and REITH, D., (2011), General Sales Forecast Model for Automobile Markets and their Analysis, International Journal Transaction on Machine Learning and Data Mining, 5 (2), 65-86.

ISMAIL, Z., MEMBER, IEEE, JAMALUDDIN, F. and MANSOR, R., (2011), A Study on Private Vehicle Demand Forecasting Based on Box-Jenkins Method, AIP Conference Proceedings, 2-3 May 2018 Aceh, USA: AIP Publishing, 1-9.

JUN, T. and QING, W., (2015), Optimize BP Neural Network Structure on Car Sales Forecasts Based on Genetic Algorithm, Proceedings of the 2015 International Industrial Informatics and Computer Engineering Conference, 10-11 January 2015 Shaanxi, China: Atlantis Press, 75-79.

KARAATLI, M., HELVACIOĞLU, Ö., ÖMÜRBEK, N. ve TOKGÖZ, G., (2012), Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Otomobil Satış Tahmini, Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 8 (17), 87-100.

KAYAPINAR KAYA, S. ve YILDIRIM, Ö., (2020), A Prediction Model for Automobile Sales in Turkey Using Deep Neural Networks, Endüstri Mühendisliği, 31 (1), 57-74.

KONG, Q., SUN, W. H., and JIANG, W., (2012), Research of the Car Demand Forecasting Based on the Seasonal Index Correcting Smoothing Model, Applied Mechanics and Materials, 253–255, 1496–1499.

KURTULUŞ, K., (1993), Demand Estimation for Passenger Cars in Turkey, Proceedings of the 1993 World Marketing Congress, 1993 İstanbul, Springer, 166-170.

KUVVETLİ, Y., DAĞSUYU, C. ve OTURAKÇI, M., (2015), Türkiye’deki Araç Satışları için Ekonomik ve Çevresel Faktörleri Göz Önüne Alan Yapay Sinir Ağı Tabanlı Bir Tahmin Yaklaşımı, Endüstri Mühendisliği, 26 (3), 23-31.

LU, X. and GENG, X., (2011), Car Sales Volume Prediction Based on Particle Swarm Optimization Algorithm and Support Vector Regression, 2011 Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, 28-29 March 2011 Shenzhen Guangdong, Los Alamitos CA: IEEE Computer Society, 71-74.

OSD, (2019), <http://www.osd.org.tr/sites/1/upload/files/2019_Kuresel_Degerlendirme_Raporu-5496.pdf>, [Erişim Tarihi: 10.05.2021].

OSD, (2020a), <http://www.osd.org.tr/sites/1/upload/files/Otomotiv_Sanayii_Uretim_Bulteni_2020.12-5528.pdf>, [Erişim Tarihi: 10.05.2021].

OSD, (2020b), <http://www.osd.org.tr/sites/1/upload/files/YILLIK_2020-5479.pdf>, [Erişim Tarihi: 10.05.2021].

ÖLEKLİ, H., (2019), Sektörel Bakış – Otomotiv - 2019 [online], Türkiye, <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2019/04/sektorel-bakis-2019-otomotiv.pdf>, [Erişim tarihi: 10.05.2021].

PAI, P. and LIU, C., (2018), Predicting Vehicle Sales by Sentiment Analysis of Twitter Data and Stock Market Values, IEEE Access, 6, 57655-57662.

PİŞKİN, S., (2017), Türkiye Otomotiv Sanayii Rekabet Gücü ve Talep Dinamikleri Perspektifinde 2020 İç Pazar Beklentileri, Otomotiv Sektör Raporu, Türkiye, http://www.taysad.org.tr/uploads/dosyalar/06-02-2017-09-59-170206-Otomotiv\_Sektor\_Raporu\_TSKB-2208.pdf, [Erişim Tarihi: 07/06/2017].

PUNJABI, S. K., SHETTY, V., PRANAV, S. and YADAV, A., (2020), Sales Prediction using Online Sentiment with Regression Model, 2020 4th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), 13-15 May 2020 Madurai India, IEEE, 209-212.

SALAIS, T., SAUCEDO, J., RODRIGUEZ AGUILAR, R. and VELA-HARO, J., (2020), Demand Prediction Using a Soft-Computing Approach: A Case Study of Automotive Industry. Applied Sciences. 10 (3), 829.

SA-NGASOONGSONG, A., BUKKAPATNAM, S. T. S., JAEBEOM, K., PARAMESHWARAN S., I. and SURESH, R.P. (2012), Multi-step sales forecasting in automotive industry based on structural relationship identification, International Journal of Production Economics, 140(2), 875-887.

SHAHABUDDIN, S., (2009), Forecasting automobile sales, Management Research News, 32(7), 670-682.

SHAHID, S., and MANARVI, I., (2009), A methodology of predicting automotive sales trends through data mining, 2009 International Conference on Computers & Industrial Engineering, 6-9 July 2019 Troyes France, IEEE, 1464-1469.

SHARMA, P., KHATER, S. and VASHİSHT, V., (2021), Sales Forecast of Manufacturing Companies using Machine Learning navigating the Pandemic like COVID-19, 2021 2nd International Conference on Computation, Automation and Knowledge Management (ICCAKM), 19-21 January 2021 Dubai United Arab Emirates, IEEE, 1-5.

SHARMA, R. and SINHA, A., (2012), Sales Forecast of an Automobile Industry, International Journal of Computer Applications, 53 (12), 25-28.

SUBRMANIAN, K., OTHMAN, M. B., SOKKALİNGAM, R. and THANGARASU G., (2020), A Hybrid Model of Holt-Wintor and Neural Network Methods for Automobile Sales Forecasting, 2020 International Conference on Computational Intelligence (ICCI), 8-9 October 2020 Bandar Seri Iskandar Malaysia, IEEE, 242-245.

TAHİROĞLU WÜRSHİNG, F., (9 Nisan 2019), Otomotivi birleşme ve devralmalar destekleyecek. https://home.kpmg/tr/tr/home/medya/press-releases/2019/04/otomotivi-birlesme-ve-devralmalar-destekleyecek.html

VAHABI, A., SEYYEDI, S. and ALBORZI, M. (2016), A Sales Forecasting Model in Automotive Industry using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (Anfis) and Genetic Algorithm (GA), International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 7 (11), 24-30.

WACHTER, P., WIDMER, T. and KLEIN, A., (2019), Predicting Automotive Sales using Pre-Purchase Online Search Data, 2019 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 1-4 September 2019 Lepzig Germany, IEEE, 569-577.

WANG, F. K., CHANG, K. K. and TZENG, C. W. (2011), Using adaptive network-based fuzzy inference system to forecast automobile sales. Expert Systems with Applications, 38 (8), 10587-10593.

WIJNHOVEN, F. and PLANT, O., (2017), Sentiment Analysis and Google Trends Data for Predicting Car Sales, I CIS 2017 PROCEEDINGS, 10-13 December 2017 Seoul Korea, AIS Electronic Library (AISeL), 1-16.

WU, Q., (2010), The hybrid forecasting model based on chaotic mapping, genetic algorithm and support vector machine, Expert Systems with Applications, 37 (2), 1776-1783.

YAN, H. and TU, X., (2012), Short-term sales forecasting with change-point evaluation and pattern matching algorithms, Expert Systems with Applications, 39 (5), 5426-5439.

YANG, L. and LI, B., (2016), The Combination Forecasting Model of Auto Sales Based on Seasonal Index and RBF Neural Network, International journal of database theory and application, 9 (1), 67-76.

YILMAZ, S., TAŞTAN, K., ECEK, N. ve ÇINAR, E., (2017), Otomotiv Sektörünün Dünyadaki ve Türkiye’deki Değişimi, Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi, 7 (3), 685-695.

YILMAZ, A., KAYA, U. ve ŞAYKOL, E., (2020), An ANFIS Based Vehicle Sales Forecasting Model Utilizing Feature Clustering and Genetic Algorithms, Journal of Aeronautics and Space Technologies, 13 (1), 139-154.

YIN, P., DOU, G., LIN, X. and LIU, L., (2020), A hybrid method for forecasting new product sales based on fuzzy clustering and deep learning, Kybernetes, 49 (12), 3099-3118.

ZHANG, Y., ZHONG, M., GENG, N. and JIANG, Y., (2017), Forecasting electric vehicles sales with univariate and multivariate time series models: The case of China, PLoS ONE, 12(5), 1-15.

ZHEN, Z. and ZITONG, Z., (2018), Automobile Sales Forecast In Panzhihua Region Based on Intelligent Fuzzy Evaluation, 2018 11th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 22-23 September 2018 Changsha China, IEEE, 21-26.

ZHU, B., DONG, H. ve ZHANG, J., (2019), Car Sales Prediction Using Gated Recurrent Units Neural Networks with Reinforcement Learning, Intelligence Science and Big Data Engineering. Big Data and Machine Learning, Springer, 312-324.

ZUHDI, A. F., ARIPRIHARTA, TAUFANI, A. R., FIRMANSAH, A. and HORNG, G. J., (2020), Car Sales Prediction System Based on Fuzzy Time Series and Adaptive Neuro Fuzzy Inference System, 2020 International Computer Symposium (ICS), 17-19 December 2020 Tainan Taiwan, IEEE, 272-277.

NOTLAR

1. “TOPIC” seçeneği ile başlık, özet ve yazar anahtar kelimelerinde arama yapılır.
2. Ortalama Mutlak Yüzde Hata
3. Otoregresif hareketli ortalamalar modeli
4. Radyal temelli fonksiyon
5. Mevsimsel bütünleşik otoregresif hareketli ortalama
6. Ortalama mutlak hata
7. Rastsal orman
8. IFO Business Climate Index
9. Uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi
10. Bütünleşik otoregresif hareketli ortalama
11. Vektör hata düzeltme modeli
12. Bulanık geri yayılımlı sinir ağları
13. Çoklu Doğrusal Regresyon
14. Destek vektör makinesi
15. Destek vektör regresyonu
16. Sınıflandırma ve Regresyon Ağaçları
17. Sinir ağları
18. Tekil spektrum analizi
19. Vektör otoregresyon modeli
20. Kök ortalama kare hata
21. Geri yayılımlı sinir ağları
22. En küçük kareler destek vektör regresyonu
23. Ağırlıklı mutlak yüzde hata
24. Normalize ortalama mutlak hata
25. Bulanık zaman serileri
26. Parçacık sürü optimizasyonu
27. Geri yayılımlı
28. Ortalama karesel hata
29. Geçitli tekrarlayan birimler
30. Pekiştirmeli öğrenme
31. Uzun Kısa Süreli Bellek
32. Doğrusal olmayan otoregresif model

1. Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 119C064 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. [↑](#footnote-ref-1)