

T.C.
İSTANBUL NİŞANTAŞI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ (TEZLİ) YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YAPAY SİNİR AĞLARIYLA TALEP TAHMİNLEME:
ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLER

Elif ÖZDER UYSAL

Yüksek Lisans Tezi

YAPAY SİNİR AĞLARIYLA TALEP TAHMİNLEME: ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLER

Elif ÖZDER UYSAL

T.C.
İstanbul Nişantaşı Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Mühendislik Yönetimi (Tezli) Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

ORCID ID: 0009-0001-5754-4442

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Zafer ÖZDEMİR

İstanbul
Haziran 2025

KABUL VE ONAY

Elif ÖZDER UYSAL tarafından hazırlanan “Yapay Sinir Ağlarıyla Talep Tahminleme: Elektrikli Otomobiller” başlıklı bu çalışma, 27 Haziran 2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesi: **Dr. Öğr. Üyesi Hasan ALPAGO** _____
İstanbul Nişantaşı Üniversitesi

Jüri Üyesi: **Dr. Öğr. Üyesi Tolga Kudret KARACA** _____
İstanbul Topkapı Üniversitesi

Tez Danışmanı: **Dr. Öğr. Üyesi Zafer ÖZDEMİR** _____
İstanbul Nişantaşı Üniversitesi

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Enstitü Yönetim Kurulu;

Karar Tarihi :

Karar Numarası :

Doç. Dr. Yeşim KAYA

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını tezimin/projemin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

27 Haziran 2025

Elif ÖZDER UYSAL



SAVUNMA ÖNCESİ ONAYLAR

BENZERLİK ONAYI		
Başlık	Yapay Sinir Ağlarıyla Talep Tahminleme: Elektrikli Otomobiller	
Savunma Tarihi	27.06.2025	
Sayfa Sayısı	97	
Benzerlik Yüzdesi (%)	%4	
Taranan Program	Turnitin	
Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, özet, ana bölümler ve sonuç kısımlarından oluşan çalışmam için şahsım ve tez danışmanım/Enstitü Sorumlusu tarafından intihal tespit programında taraması yapılmıştır. Tez Danışmanımın gözetiminde tamamladığım çalışmamın azami benzerlik oranlarına göre intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.		
Öğrenci Elif ÖZDER UYSAL	Danışman Dr. Öğr. Üyesi Zafer ÖZDEMİR	Enstitü Sorumlusu

TEZDEN ÇIKARILAN YAYIN		
Yayın Künyesi	Özder Uysal, E. (2025). An artificial neural network-based approach to forecasting insurance demand in electric vehicles. In 11th International Azerbaijan Congress on Life, Engineering, Mathematical, and Applied Sciences (pp. 24–25). Baku, Azerbaijan.	
Yayın Türü	☐ Ulusal Hakemli Dergide Makale ☐ Uluslararası Hakemli Dergide Makale ☐ Ulusal Kongre/Sempozyumda Bildiri ☒ Uluslararası Kongre Sempozyumda Bildiri	
	Enstitü Sekreteri	

TEŞEKKÜR

Bu tezinin hazırlanmasında, bilgisi, vizyonu ve yol göstericiliğiyle bana ilham kaynağı olan değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Zafer ÖZDEMİR'e en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Akademik titizliğiyle her aşamada rehberlik eden, bilimsel yaklaşımıyla ufkumu genişleten ve sadece bir danışman değil, aynı zamanda bir yol gösterici olarak yanımda olan Sayın Hocama duyduğum minnettarlığı kelimelerle ifade etmek güçtür.

Onun eleştirel bakış açısı, yapıcı geri bildirimleri ve çözüm odaklı yaklaşımı sayesinde bu çalışma yalnızca bir tezden ibaret olmaktan çıkmış; bilimsel anlamda olgunlaşmış, kapsamlı ve özgün bir eser halini almıştır. Her detayda gösterdiği sabır, anlayış ve akademik özen, bu tezin başarısının en büyük pay sahiplerindendir.

Ayrıca, bilimsel dürüstlük, disiplin ve sorumluluk gibi değerleri sadece sözle değil, davranışlarıyla da aktaran Sayın Özdemir'in bu süreçte bana kazandırdıkları, sadece bu tez çalışmasına değil, meslek hayatımın tamamına yön verecek niteliktedir.

Kendisinden aldığım bilimsel miras, akademik yaşamım boyunca en kıymetli yol haritam olacaktır. Sonsuz teşekkürlerimle...

Elif ÖZDER UYSAL

Haziran, 2025

ÖZET

Elif ÖZDER UYSAL

Yapay Sinir Ağlarıyla Talep Tahminleme: Elektrikli Otomobiller

Yüksek Lisans Tezi

İstanbul, 2025

Bu çalışma, elektrikli araçların sigorta sistemleri üzerindeki teknik, davranışsal ve yapısal etkilerini çok boyutlu bir yaklaşımla incelemekte; aynı zamanda yapay sinir ağı tabanlı bir talep tahmin modeli geliştirerek sektöre stratejik katkı sunmayı amaçlamaktadır. Elektrikli araçların batarya sistemleri, yüksek voltajlı motorları ve yazılım kontrollü yapıları, geleneksel içten yanmalı araçlara göre farklı risk profilleri oluşturarak sigorta sektöründe yeni teminat türlerini zorunlu hale getirmektedir.

Saha verileri, batarya arızaları (%42), elektrik kaynaklı yangınlar (%25) ve şarj altyapısı hasarları (%18) gibi yeni nesil risklerin yüksek frekansla ortaya çıktığını göstermektedir. Bu durum, elektrikli araç onarım maliyetlerini 2-3 kat artırmakta; sigorta şirketlerini ürün yapılarını yeniden tasarlamaya yönlendirmektedir. Ayrıca, Türkiye’de elektrikli araç kullanıcılarının %72’si kasko sigortası yaptırırken, bu oran içten yanmalı araç kullanıcılarında %58’de kalmaktadır. Bu fark, risk farkındalığı ve teminat tercihinde yaşanan zihinsel dönüşümün göstergesidir.

Tez kapsamında geliştirilen yapay sinir ağları modeli, gelir düzeyi, çevresel bilinç, yaş grubu, sigorta farkındalığı, enerji maliyetleri ve fiyat/performans dengesi gibi çok sayıda bağımsız değişkeni kullanarak yüksek doğrulukla tahminleme yapmıştır. Modelin kurulumu Python ortamında TensorFlow kütüphanesiyle gerçekleştirilmiş, Rectified Linear Unit aktivasyon fonksiyonu ve Adaptive Moment Estimation optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Model 500 epoch boyunca eğitilmiş, erken durdurma tekniği ile aşırı öğrenme riski minimize edilmiştir. İstanbul’un Kadıköy, Ataşehir ve Maslak gibi ilçelerinde elektrikli araç sahipliğinin %15’in üzerinde, kasko yaptırma oranlarının ise %80’e yakın olduğu tespit edilmiştir.

Tüketici davranışları analizinde, gençlerin dijital sigorta platformlarına yöneldiği, orta yaş grubunun maliyet-etkin çözümler aradığı, ileri yaş grubunun ise güvenlik odaklı hareket ettiği belirlenmiştir. Ayrıca, çevresel kaygılar, sosyal statü algısı ve TOGG gibi yerli üretim markalara duyulan güven, elektrikli araç satın alma kararlarını etkileyen önemli psikososyal faktörler arasında yer almıştır.

Sonuç olarak, elektrikli araçların sigorta sektörüne etkisi yalnızca teknik dönüşümle sınırlı kalmayıp, pazar dinamikleri, tüketici eğilimleri ve kamusal politikalarla iç içe geçen sistemselsel bir değişimi temsil etmektedir. Sigorta şirketlerinin yapay sinir ağı tabanlı tahmin modellerini stratejik planlama süreçlerine entegre etmesi, kamu yatırımlarının şarj altyapısına yönlendirilmesi ve üreticilerin fiyat/performans odaklı stratejiler geliştirmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler

Elektrikli araçlar, kasko sigortası, yapay sinir ağları, tüketici davranışı, sigorta riski, pazar dinamikleri

ABSTRACT

Elif ÖZDER UYSAL

Demand Forecasting with Artificial Neural Networks: Electric Vehicle

Master's Thesis

İstanbul, 2025

This study examines the technical, behavioral, and structural impacts of electric vehicles on insurance systems through a multidimensional approach. It also aims to make a strategic contribution to the industry by developing a demand forecasting model using artificial neural networks. The battery systems, high-voltage electric motors, and software-controlled architecture of electric vehicles create fundamentally different risk profiles compared to traditional vehicles powered by internal combustion engines. These differences necessitate the development of new insurance coverage structures within the sector.

Field data indicate that modern risks such as battery failures (42 percent), fires caused by electrical faults (25 percent), and damages linked to charging infrastructure (18 percent) occur frequently. These risks increase the repair costs of electric vehicles by approximately two to three times compared to traditional vehicles, prompting insurance companies to redesign their product structures. Moreover, while 72 percent of electric vehicle users in Türkiye purchase comprehensive automobile insurance, this rate remains at 58 percent among users of vehicles with internal combustion engines, suggesting a cognitive shift in risk perception and coverage preferences.

The artificial neural network model developed within this thesis achieved high forecasting accuracy by incorporating numerous independent variables, including income level, environmental awareness, age group, level of insurance literacy, energy costs, and the perceived balance between vehicle price and performance. The model was constructed using the Python programming language and the TensorFlow software library. During model training, the Rectified Linear Unit activation function and the Adaptive Moment Estimation optimization algorithm were applied. The model was trained over 500 iterations, and an early stopping technique was used to minimize the risk of overfitting. The results revealed that in high-income districts of Istanbul such as Kadıköy, Ataşehir, and Maslak, the ownership rate of electric vehicles exceeds 15 percent, while the rate of comprehensive insurance coverage approaches 80 percent.

The analysis of consumer behavior showed that younger individuals tend to prefer digital insurance platforms, middle-aged users seek cost-effective solutions, and older consumers prioritize safety-oriented insurance options. Furthermore, environmental concern, perceived social status, and national trust in domestically manufactured brands such as Türkiye's Automobile Initiative Group were identified as key psychosocial factors influencing electric vehicle purchasing decisions.

In conclusion, the influence of electric vehicles on the insurance industry is not limited to technical transformations. Rather, it represents a systemic shift that encompasses market dynamics, consumer behavior, and public policy frameworks. It is recommended that insurance companies integrate artificial neural network-based forecasting models

into their strategic planning processes, that public authorities increase investment in charging infrastructure, and that manufacturers develop strategies focused on optimizing vehicle price and performance.

.Keywords

Electric vehicles, comprehensive insurance, artificial neural networks, consumer behavior, insurance risk, market dynamics



İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
ETİK BEYAN	ii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLOLAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM: ÇALIŞMANIN KAPSAMI, ÖNEMİ VE ARAŞTIRMA PROBLEMİ.....	3
1.1. Problemin Tanımı.....	5
1.2. Amaç, Kapsamı ve Sınırlılıkları.....	6
1.3. Yöntem ve Veri Kaynakları	8
1.4. Elektrikli Otomobil Pazarının Güncel Durumu ve Büyüme Trendleri.....	11
1.5. Talep Tahmininin Elektrikli Otomobil Sektöründeki Yeri.....	13
1.6. Araştırma Soruları ve Hipotezler	14
İKİNCİ BÖLÜM: KURAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI	18
2.1. Yapay Sinir Ağlarının Tarihsel Gelişimi.....	20
2.2. Elektrikli Araç Talebine Etki Eden Faktörler	22
2.3. Elektrikli Araç Talebi için Kullanılan Tahmin Modelleri	24
2.4. Yapay Sinir Ağları ve Diğer Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	26
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TALEP TAHMİNİ MODELİ	29
3.1. Kullanılan Veri Seti ve Değişkenler	31
3.2. Modelin Kurulumu ve Eğitimi	34
3.3. Uygulama Sonuçları ve Performans Değerlendirmesi	36
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM: ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KASKO SİGORTASI VE SATIN ALMA EĞİLİMLERİ.....	40
4.1. Yaş Gruplarına Göre Satın Alma Eğilimleri.....	43
4.2. Maliyet Faktörlerinin Etkisi	46
4.2.1. Satın Alma Fiyatı ve TCO	46

4.2.2. Batarya Maliyetleri ve Ölçek Ekonomileri.....	47
4.2.3. Devlet Teşvikleri ve Vergi İndirimleri.....	48
4.2.4. Sonuç ve Değerlendirme	49
4.3. Çevresel Faktörler ve Bilinç Düzeyi	49
4.4. Devlet Politikalarının Elektrikli Araç Talebine Stratejik Etkisi	52
4.5. Satın Alma Kararını Etkileyen Diğer Unsurlar	53
4.6. Fiyat/Performans Dengesi.....	56
4.6.1. Yerli Üretim ve Performans Değerlendirmesi	56
4.6.2. Batarya Teknolojisi ve İşletme Maliyetleri	57
4.6.3. Şarj Altyapısı ve Menzil Gelişimi.....	57
4.6.4. Sigorta ve Teşvik Politikaları	57
4.6.5. Teknolojik İnovasyonlar ve Tüketici Algısı	58
4.6.6. Model Sonuçlarının Yorumu ve Genel Değerlendirme	58
4.7. YSA Tabanlı Elektrikli Araç Talep Modeli ve Etkileyen Faktörler.....	60
4.8. Şarj Altyapısı ve Menzil Gelişimi	60
BEŞİNCİ BÖLÜM: TARTIŞMA.....	62
5.1. Satın Alma ve Sigorta Eğilimleri Arasındaki İlişki.....	64
5.2. Elektrikli Araçların Sigorta Risk Profili	66
5.3. Politika Önerileri ve Pazar Stratejileri	68
5.3.1. Türkiye İçin Stratejik Politika Alanları	68
5.3.2. Elektrikli Araç Teşvik Politikalarının Değerlendirilmesi ve Öneriler	69
5.3.3. Şarj Altyapısının Geliştirilmesi	69
5.3.4. Ar-Ge ve Yerli Üretim Teşvikleri	70
5.3.5. Tüketici Farkındalığı ve Eğitim Programları.....	70
5.3.6. İkinci El Elektrikli Araç Pazarının Geliştirilmesi	71
5.3.7. Kamu Filolarının Elektriklendirilmesi	71
5.3.8. Genel Değerlendirme	71
ALTINCI BÖLÜM: SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
6.1. Genel Değerlendirme.....	75
6.2. Sigorta Şirketleri İçin Öneriler	77
6.2.1. Risk Profiline Yeniden Değerlendirilmesi	77
6.2.2. Fiyatlandırma Politikalarının Güncellenmesi	78
6.2.3. Elektrikli Araçlara Özel Ürün Geliştirilmesi	78
6.2.4. Hasar Yönetimi ve Servis Ağı Geliştirilmesi	78

6.2.5. Müşteri Eğitimi ve Farkındalık Artırımı	78
6.2.6. Sürdürülebilir Sigortacılık Stratejilerinin Benimsenmesi	79
6.2.7. Şarj İstasyonu ve Altyapı Sigortacılığı.....	79
6.2.8. Regülasyonlara Uyum ve Proaktif Politika Geliştirme	79
6.2.9. Filo Sigortacılığına Özel Strateji	79
6.2.10. Yapay Zekâ ve Büyük Veri Uygulamaları	80
6.3. Devlet Politikaları İçin Öneriler	80
6.3.1. Elektrikli Araçlar İçin Satın Alma Teşvikleri.....	80
6.3.2. Şarj Altyapısının Yaygınlaştırılması ve Standardizasyonu	80
6.3.3. Elektrik Tarifelerinde EA'lara Özel Düzenlemeler	81
6.3.4. Yerli Üretimin ve Ar-Ge'nin Desteklenmesi.....	81
6.3.5. Elektrikli Araçlar İçin Finansal Ürünlerin Geliştirilmesi.....	81
6.3.6. Toplumsal Farkındalık Kampanyaları ve Eğitim Programları	81
6.3.7. Belediye ve Kamu Araçlarının Elektrifikasyonu.....	82
6.3.8. İkinci El Elektrikli Araç Pazarının Desteklenmesi	82
6.3.9. Elektrikli Araçlar İçin Standartlaştırılmış Etiketleme ve Bilgilendirme	82
6.4. Gelecek Araştırmalar İçin Öneriler	82
KAYNAKLAR.....	85

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Geleneksel Tahmin Yöntemleri ile Yapay Sinir Ağlarının Karşılaştırılması...	26
Tablo 2. İçten Yanmalı ve Elektrikli Araçların Sigorta Riskleri.....	59
Tablo 3. Elektrikli Araç Sahipliği ve Kasko Yaptırma Oranı (2015–2025)	65



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 2010–2024 Yılları Arasında Küresel Elektrikli Araç Satışları	11
Şekil 2. Modelin Eğitim Sürecindeki Kayıp Fonksiyonu (MSE).....	35
Şekil 3. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı (MLP) Mimarisinin Şematik Gösterimi	36
Şekil 4. Yapay Sinir Ağı Eğitim Süreci – Kayıp Eğrisi.....	38
Şekil 5. Yapay Sinir Ağı Eğitim Süreci – Doğruluk Eğrisi	39
Şekil 6. Elektrikli Araç Sahiplerinin Kasko Sigortası Yaptırma Durumu	40
Şekil 7. Araç Tipine Göre Ortalama Kasko Prim Karşılaştırması (₺)	42
Şekil 8. Teknolojik Özellikler Algısı.....	43
Şekil 9. Yaş/ Kasko Sigorta Karşılaştırması	45
Şekil 10. Yaş Dağılımı	46
Şekil 11. 2010–2025 Döneminde kWh Başına Batarya Maliyeti (USD)	48
Şekil 12. Çevresel Bilinç Seviyelerine Göre Elektrikli Araç Satın Alma Oranları (Türkiye, 2024)	51
Şekil 13. Çevresel Bilinç ve Elektrikli Araç Satın Alma İlişkisi (Türkiye Örneği)	53
Şekil 14. Teknolojik Özelliklere Yönelik Algılar	55
Şekil 15. Elektrikli Araç Politikalarında Stratejik Odak Alanları	72
Şekil 16. Elektrikli Araçların Çevreye Katkısı Algısı	74

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
ADAM	Adaptive Moment Estimation
ARIMA	Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama
EA	Elektrikli Araç
İYM	İçten Yanmalı Motorlu Araç
MAE	Mean Absolute Error (Ortalama Mutlak Hata)
MAPE	Mean Absolute Percentage Error (Ortalama Mutlak Yüzde Hata)
MLP	Multi-Layer Perceptron (Çok Katmanlı Algılayıcı)
MSE	Mean Squared Error (Ortalama Kare Hata)
R ²	Determination Coefficient (Belirleme Katsayısı)
ReLU	Rectified Linear Unit (Düzeltilmiş Doğrusal Birim)
RMSE	Root Mean Squared Error (Karekök Ortalama Kare Hata)
RNN	Recurrent Neural Network (Tekrarlayan Sinir Ağı)
TCO	Toplam Sahip Olma Maliyeti
TOGG	Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu
YSA	Yapay Sinir Ağları

GİRİŞ

Günümüzde sürdürülebilirlik kavramı, yalnızca çevresel bir ideal değil; aynı zamanda enerji politikalarının, ulaşım sistemlerinin ve endüstriyel dönüşümün temelini oluşturan stratejik bir gereklilik hâline gelmiştir. Bu dönüşümün merkezinde yer alan elektrikli araçlar (EA), çevresel etkilerin azaltılması, karbon salımının kontrol altına alınması ve fosil yakıt bağımlılığının azaltılması gibi hedefler doğrultusunda tüm dünyada giderek daha fazla benimsenmektedir. Otomotiv sektöründeki bu paradigma değişimi, sadece üretim süreçlerinde değil; tüketici davranışları, kamu politikaları ve sigorta sistemleri gibi çok çeşitli alanlarda da etkisini göstermektedir.

Elektrikli araçların yaygınlaşmasında teknolojik ilerlemeler, batarya maliyetlerinin düşmesi ve şarj altyapısının gelişmesi kadar, tüketici taleplerini yönlendiren psikolojik, ekonomik ve sosyal faktörler de önemli rol oynamaktadır. Çevresel bilinç düzeyindeki artış, kentleşme dinamikleri, gelir seviyeleri ve kullanıcı deneyimi gibi unsurlar, tüketicilerin geleneksel içten yanmalı motorlu araçlar yerine elektrikli araçlara yönelmesini kolaylaştırmaktadır. Bu eğilimler, yalnızca bireysel tercihler değil; aynı zamanda kamu politikaları ve özel sektör stratejileri açısından da yönlendirici niteliktedir.

Bu bağlamda devlet destekleri de önemli bir etki alanı yaratmaktadır. Türkiye'de elektrikli araçlara yönelik olarak uygulanan teşvik mekanizmaları; vergi indirimi, şarj altyapısı destekleri ve yerli üretime yönelik finansal kolaylıklar gibi başlıklarda yoğunlaşmaktadır. Ancak bu teşviklerin pazardaki dönüşüm üzerindeki etkisi, yalnızca düzenlemelerin varlığıyla değil; tüketici algısı, farkındalık düzeyi ve gelir gruplarına göre değişen davranış kalıplarıyla birlikte değerlendirildiğinde anlam kazanmaktadır. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde bu teşviklerin talep üzerindeki etkisi detaylı olarak analiz edilmektedir (Bkz. 4.2.3; 4.4).

Elektrikli araçlara olan talebin dinamik doğası, geleneksel tahmin yöntemleriyle yeterince öngörülememektedir. Bu nedenle, bu çalışmada yapay sinir ağları (YSA) tabanlı bir talep tahmin modeli geliştirilmiş ve test edilmiştir. Geliştirilen model, tüketici tercihlerine etki eden çok sayıda değişkeni işleyerek, elektrikli araçların hangi koşullarda daha fazla tercih edileceğini öngörmeyi amaçlamaktadır. Modelde, gelir düzeyi, çevresel kaygılar, sigorta algısı, teknolojik kabullenme düzeyi ve kamu teşvikleri gibi faktörler dikkate alınarak çok katmanlı ileri beslemeli bir sinir ağı eğitilmiştir. Bu sayede, sadece pazar

eğilimlerinin değil; aynı zamanda stratejik karar verme süreçlerinin de desteklenmesi hedeflenmiştir.

Bu tez çalışması, bir yandan elektrikli araçların Türkiye özelindeki talep yapısını daha iyi anlamayı amaçlarken, diğer yandan sigorta sektörü, üretici firmalar ve politika yapıcılar açısından ileriye dönük karar destek sistemlerine katkı sunmayı hedeflemektedir.



BİRİNCİ BÖLÜM: ÇALIŞMANIN KAPSAMI, ÖNEMİ VE ARAŞTIRMA PROBLEMİ

Bu bölümde, araştırmanın bilimsel temelleri ve yapısal çerçevesi sunulmaktadır. Öncelikle çalışmanın amacı ve önemi açıklanmış, ardından problemin tanımı, kapsamı ve sınırlılıkları ele alınmıştır. Devamında, çalışmada kullanılan yöntem ve veri kaynaklarına yer verilmiş; Türkiye’deki elektrikli otomobil pazarının güncel durumu ile talep tahmininin sektördeki yeri değerlendirilmiştir. Son olarak araştırma soruları ve hipotezler ortaya konularak çalışmanın analitik zeminine geçiş yapılmıştır.

Günümüzde dünya genelinde artan çevresel sorunlar, enerji arz güvenliğine ilişkin endişeler ve fosil yakıt rezervlerinin tükenme riski, alternatif enerji kaynaklarına olan ihtiyacı daha da belirgin hale getirmiştir. Bu bağlamda elektrikli araçlar (EV’ler), sürdürülebilir ulaşım çözümleri arasında ön plana çıkmış ve otomotiv sektöründe önemli bir paradigma değişimine neden olmuştur (Ercan, Noori, ve Tatari, 2015). Elektrikli otomobillerin yaygınlaşması, yalnızca ulaşım sistemlerinde bir devrimi temsil etmemekte, aynı zamanda enerji üretimi ve tüketimi, çevre politikaları ve kent planlaması gibi pek çok alanı da doğrudan etkilemektedir. Bu gelişmeler, elektrikli otomobil pazarının gelecekteki seyrinin doğru bir şekilde tahmin edilmesini önemli bir gereklilik haline getirmiştir (International Energy Agency IEA, 2023).

Elektrikli araçlar alanındaki hızlı evrim ve teknolojik yenilikler, geleneksel tahmin yöntemlerinin sınırlı yönlerini belirgin bir şekilde gösterdi. Özellikle çok sayıda değişkenin etkili olduğu, doğrusal olmayan ve zamanla değişiklik gösteren veri yapılarında, klasik regresyon yöntemleri ve zaman serisi analizlerinin yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu durum, daha esnek ve öğrenme kapasitesi yüksek yöntemlerin kullanımını zorunlu kılmıştır. İşte bu noktada, biyolojik sinir sistemlerinden esinlenerek geliştirilen ve karmaşık veri ilişkilerini öğrenme yeteneğine sahip olan Yapay Sinir Ağları (YSA) devreye girmektedir (Haykin, 2009).

Bu çalışmanın temel amacı, elektrikli araç talebinin tahmin edilmesinde YSA modellerinin etkinliğini değerlendirmek ve bu doğrultuda özgün bir model geliştirmektir. Elektrikli otomobil pazarında talep tahmini, üretim planlamasından yatırım kararlarına, altyapı geliştirmeden teşvik politikalarının belirlenmesine kadar birçok kritik alanda karar alıcılar için vazgeçilmez bir bilgi sağlamaktadır (Zhang, Wang ve Zhao, 2021). Bu

nedenle, doğru ve güvenilir talep tahmini yöntemlerinin geliştirilmesi, yalnızca özel sektör için değil, kamu politikalarının etkinliği açısından da büyük önem arz etmektedir.

Çalışmanın önemini artıran bir diğer husus ise Türkiye özelinde elektrikli otomobil pazarının henüz gelişim aşamasında olmasıdır. Türkiye’de elektrikli araç satışları her yıl artış göstermektedir; ancak pazar henüz Avrupa ve Çin gibi bölgelerdeki olgunluk seviyesine ulaşmış değildir (Gürler, 2021). Dolayısıyla, mevcut sınırlı verilerden hareketle geleceğe dönük isabetli tahminlerde bulunmak, ciddi bir akademik ve pratik zorluk teşkil etmektedir. Bu çalışmada, Türkiye’ye ait veriler ve şartlar göz önünde bulundurularak bir YSA modeli kurulacak ve performansı incelenecektir.

Çalışmanın bir başka katkısı da mevcut literatürdeki boşlukları doldurmayı amaçlamasıdır. Elektrikli araçlara olan talebi inceleyen araştırmaların büyük bir kısmı klasik ekonometrik tekniklere dayanmaktadır. Ancak bu yöntemler, çok boyutlu ve dinamik veri yapıları karşısında esnekliklerini kaybetmekte ve yüksek hata paylarıyla sonuçlanabilmektedir (Karakaya, Hidalgo, ve Nuur, 2018). Yapay Sinir Ağları gibi makine öğrenmesi tabanlı yaklaşımlar, bu tür karmaşık sistemlerin daha başarılı bir şekilde modellenmesine imkân tanımaktadır. Bu bağlamda, YSA kullanımının detaylı bir şekilde ele alınması, hem teorik açıdan literatüre katkı sağlayacak hem de pratik açıdan politika yapıcılar ve sektör temsilcileri için değerli çıktılar sunacaktır.

Ayrıca çalışmanın çıktıları, çevresel sürdürülebilirlik hedefleri bakımından da kayda değer bir öneme sahiptir. Elektrikli araçların yaygınlaşması; karbon emisyonlarının azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması ve hava kalitesinin iyileştirilmesi gibi kritik çevresel hedeflere doğrudan katkı sağlamaktadır (Yılmaz ve Krein, 2013). Bu bağlamda, elektrikli otomobil talebinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi hem çevresel hem de ekonomik politikaların başarıya ulaşmasında temel bir araç olarak değerlendirilebilir.

Elektrikli araçların talebini etkileyen faktörlerin modellenmesi sırasında, tüketici davranışları, devlet teşvikleri, enerji fiyatları, teknolojik gelişmeler ve şarj altyapısının yaygınlığı gibi çok sayıda değişken dikkate alınacaktır (Balta, 2019). Bu değişkenlerin her biri, talep tahmininin doğruluğunu önemli ölçüde etkileyebileceğinden, YSA modellerinin bu karmaşık çok değişkenli yapıyı öğrenebilme yeteneği, çalışmanın başarısı için kritik önemdedir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile hem akademik literatüre özgün bir katkı sunulması hem de elektrikli otomobil sektöründe faaliyet gösteren üreticilere, devlet kurumlarına ve yatırımcılara stratejik karar destek mekanizmaları sağlanması hedeflenmektedir. Elektrikli araç talebinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi, sadece ekonomik kazanç sağlamanın ötesinde, çevresel sürdürülebilirlik ve enerji dönüşümü hedeflerine ulaşmada da anahtar bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmanın ortaya koyacağı model ve sonuçlar, yalnızca akademik bir çabanın ürünü olmayacak; aynı zamanda pratikte somut karşılıkları olan stratejik bir değer taşıyacaktır.

1.1. Problemin Tanımı

Elektrikli araçların yaygınlaşması, yalnızca teknolojik gelişmelerin sonucu değil; aynı zamanda kamu politikalarının ve teşvik mekanizmalarının stratejik biçimde yapılandırılmasıyla mümkün olmaktadır. Bu bağlamda, birçok ülke gibi Türkiye'de de elektrikli araçların benimsenmesini artırmak amacıyla çeşitli devlet destekleri ve düzenleyici önlemler hayata geçirilmektedir (IEA, 2023). Bu önlemler, hem doğrudan kullanıcıya yönelik finansal teşvikleri hem de altyapı yatırımlarına ilişkin yapısal düzenlemeleri içermektedir.

Genel çerçevede değerlendirildiğinde, vergisel avantajlar (ÖTV indirimi, KDV istisnası), düşük faizli kredi imkânları, kamu alımlarında öncelik politikası ve yerli üretimi teşvik eden yasal düzenlemeler, Türkiye'nin elektrikli araç pazarına yönelik destek stratejileri arasında yer almaktadır. Benzer şekilde, şarj altyapısının genişletilmesine yönelik teşvik paketleri de özel sektör katılımını özendirmek amacıyla yürürlüğe konmuştur (BloombergNEF, 2024).

Bu teşviklerin elektrikli araç talebi üzerindeki etkisi, yalnızca ekonomi politikaları çerçevesinde değil, aynı zamanda tüketici davranışları ve sigorta talepleri açısından da çok boyutlu sonuçlar doğurmaktadır. Ancak bu çalışma kapsamında, söz konusu etkiler detaylı biçimde analiz edilerek 4.2.3 ve 4.4 numaralı başlıklar altında ele alınmıştır. Bu nedenle burada yalnızca genel bir çerçeve sunulmakta; ayrıntılar ilgili bölümlere bırakılmaktadır (Bkz. 4.2.3; 4.4).

Kamu teşviklerinin etkinliğinin doğru değerlendirilebilmesi açısından yalnızca mevcut uygulamaların değil, aynı zamanda tüketici algısının, gelir düzeyinin ve çevresel bilinç

düzeyinin de dikkate alınması gerektiği unutulmamalıdır. Bu bağlamda, söz konusu değişkenlerin yapay sinir ağı modeliyle nasıl ilişkilendirildiği, çalışmanın uygulama bölümlerinde detaylı biçimde sunulmaktadır.

1.2. Amaç, Kapsamı ve Sınırlılıkları

Bu çalışmanın temel amacı, yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak Türkiye'deki elektrikli otomobil talebinin tahmin edilmesine yönelik bir model geliştirmektir. Elektrikli araçların dünya genelinde artan önemi, sürdürülebilir ulaşım politikalarının merkezinde yer almaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde ise bu sektör henüz emekleme aşamasındadır. Bu bağlamda, çalışmanın kapsamı Türkiye elektrikli otomobil pazarı ile sınırlı tutulmuş, ülke içi dinamiklere özgü veriler ve değişkenler kullanılmıştır (Gölbaşı, 2022).

Bu çalışmanın öncelikli amacı, elektrikli araçların pazardaki dinamiklerini şekillendiren ekonomik, çevresel, toplumsal ve teknolojik etmenleri analiz etmektir. Talep tahmini amacıyla geliştirilecek modelde; kişi başına düşen gelir düzeyi, şarj istasyonu altyapısının erişilebilirliği, devlet destek mekanizmaları, enerji maliyetleri ve bireylerin çevreye yönelik duyarlılık düzeyi gibi değişkenler dikkate alınacaktır. Söz konusu değişkenlerin, geçmiş literatürde elektrikli araçlara yönelik talebi etkilediği bilimsel olarak ortaya konmuştur.

Ayrıca, bu çalışmada yapay sinir ağları kullanılarak geliştirilen modelin performansı, geleneksel regresyon ve zaman serisi analiz yöntemleri gibi klasik tahmin yöntemleri ile karşılaştırılmıştır (İyigün, 2019). Bu sayede, YSA tabanlı modellerin doğruluk oranı ve pratik kullanım avantajları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Çalışmada kullanılan veri setleri, Türkiye'de elektrikli araç satış istatistikleri, şarj istasyonu sayıları, kişi başına düşen gelir verileri, enerji tüketim raporları ve ilgili devlet politikalarından oluşmaktadır. Bu veriler, resmi kaynaklardan ve güvenilir veri tabanlarından (Türkiye İstatistik Kurumu, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, OİB İhracatçı Birlikleri vb.) temin edilmiştir.

Çalışmanın kapsamı aynı zamanda zaman boyutu bakımından da sınırlandırılmıştır. Bu kapsamda, son 10 yıl içerisinde (2014-2024) Türkiye'deki elektrikli araç pazarına ilişkin

veriler analiz edilmiştir. Bu dönem, elektrikli araç pazarının Türkiye'de görünür hale geldiği ve gelişme ivmesi kazandığı yılları kapsadığı için seçilmiştir (Erdoğan, 2021).

Ancak, çalışmanın çeşitli sınırlılıkları da bulunmaktadır.

İlk olarak, Türkiye'de elektrikli araç kullanımının hâlâ sınırlı düzeyde olması, kullanılan veri setlerinin örneklem büyüklüğünü kısıtlamaktadır. Ayrıca bu veri setlerinde eksik ya da tutarsız kayıtlar bulunabilmekte ve bu durum, geliştirilen modelin genelleme yeteneğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

İkinci olarak, elektrikli araç talebine etki eden bazı değişkenlerin ölçülebilirliği konusunda engeller yaşanmaktadır. Örneğin, tüketicilerin çevre bilinci veya teknolojiye olan ilgisi gibi subjektif faktörler doğrudan ölçülememekte ve dolaylı göstergeler (anket sonuçları, tüketici eğilim raporları gibi) üzerinden modele entegre edilmektedir (Karakaş, 2022).

Üçüncü olarak, çalışmanın coğrafi alanı yalnızca Türkiye ile sınırlıdır. Bu yüzden, modelin elde ettiği sonuçlar ve oluşturulan tahmin yöntemi, başka ülke pazarlarına doğrudan uygulanamaz. Her ülkenin farklı ekonomik, politik ve kültürel yapıya sahip olması, talep dinamiklerinde önemli farklılıklar yaratmaktadır (Li, 2017:110).

Dördüncü olarak, yapay sinir ağlarının doğası gereği şeffaflık eksikliği sorunudur. YSA modelleri güçlü tahmin performansı sunsa da içsel karar mekanizmaları "kara kutu" yapısında olduğu için model çıktılarının nedenlerini yorumlamak zor olabilmektedir (Zhang ve Wen, 2018).

Bununla birlikte, çalışmada kullanılan modelin hiperparametre optimizasyonu ve çapraz doğrulama yöntemleri ile modelin aşırı uyum (overfitting) sorununu minimize etmesi hedeflenmiştir (Goodfellow, 2016). Ayrıca, modelin doğruluğunu artırmak amacıyla normalizasyon yöntemleri uygulanmış ve eğitim/validasyon veri setleri titizlikle oluşturulmuştur.

Beşinci olarak, devlet politikalarının ve teşvik mekanizmalarının ani değişimlerinden kaynaklanabilecek öngörülemezliklerdir. Örneğin, elektrikli araçlara uygulanan ÖTV oranları, devlet teşvik paketleri gibi değişkenler, tüketici talebinde önemli dalgalanmalara yol açabilir. Bu durum, uzun vadeli tahminlerde belirsizlik yaratmaktadır (Aksoy, 2023).

Altıncı olarak, elektrikli araç batarya teknolojilerindeki hızlı gelişmeler de talep tahminlerini etkileyebilecek bir diğer faktördür. Özellikle batarya maliyetlerinin düşmesi, menzil artışları ve şarj süresinin kısalması gibi yenilikler, tüketici eğilimlerinde ani değişimlere yol açabilir (Nykvist ve Nilsson, 2015).

Tüm bu sınırlılıklar dikkate alınarak, bu çalışma kapsamında geliştirilen yapay sinir ağı modeli; mevcut koşullarda Türkiye elektrikli otomobil pazarına ilişkin en doğru ve güvenilir tahminleri üretmeyi hedeflemektedir. Modelin sonuçlarının, ilgili akademik çalışmalara ve sektör profesyonellerinin karar alma süreçlerine önemli katkılar sağlaması hedeflenmektedir.

1.3. Yöntem ve Veri Kaynakları

Bu çalışmada, Türkiye’de elektrikli otomobil talebinin tahmin edilmesi amacıyla Yapay Sinir Ağları (YSA) temelli bir model geliştirilmiştir. Yöntem seçimi, araştırmanın doğası gereği karmaşık, doğrusal olmayan ilişkilerin daha etkin şekilde analiz edilebilmesi ihtiyacından doğmuştur. Geleneksel ekonometrik modeller belirli varsayımlara dayanırken, YSA modelleri verinin içsel yapısına doğrudan uyum sağlayabilmekte ve karmaşık veri örüntülerini öğrenebilme kabiliyeti sunmaktadır (Haykin, 2009). Bu sebeple, çalışma kapsamında nicel bir araştırma yaklaşımı benimsenmiş ve istatistiksel modelleme yerine veri odaklı öğrenme esas alınmıştır.

Araştırmanın temel yöntemi, yapay sinir ağı modeli kullanılarak tahminsel analiz gerçekleştirilmesidir. Model, başlangıç seviyesinde bağımsız değişkenler (ekonomik göstergeler, şarj altyapısı, hükümet destekleri, enerji maliyetleri vb.) ile beslenmiş olup, gizli katmanlarda bu değişkenler arasındaki karmaşık ilişkiler öğrenilmiştir ve sonuç katmanında elektrikli araç talebi ile ilgili öngörüler oluşturulmuştur.

Veri kaynakları olarak, yalnızca güvenilir ve akademik çevrelerce kabul edilen resmi platformlar tercih edilmiştir. Bu kapsamda, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Otomotiv İhracatçıları Birliği (OİB), Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği (TEHAD) gibi ulusal kaynaklardan ve Dünya Bankası, IEA, EV Volumes gibi uluslararası veri tabanlarından faydalanılmıştır. Ayrıca, 2015-2024 yılları arasındaki elektrikli araç satış verileri, şarj istasyonu dağılımı, kişi

başına düşen gelir, enerji fiyatları ve çevresel teşvik verileri toplanmıştır (IEA, 2023; EPDK, 2022).

Veri toplama süreci, ikincil veri yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlgili kurumların yıllık raporları, sektör analizleri, akademik tezler ve bilimsel makaleler incelenmiş, eksik veri noktaları interpolasyon yöntemleriyle tamamlanmıştır (TÜİK, 2023). Elde edilen veri seti üzerinde ön işleme adımları uygulanmış; normalizasyon, aykırı değer temizleme ve eksik verilerin yönetimi gibi teknikler kullanılarak model eğitime uygun hale getirilmiştir (Goodfellow, 2016).

Yapay sinir ağı modeli için veri seti, eğitim ve test setlerine ayrılmıştır. Eğitim seti %80, test seti ise %20 oranında belirlenmiş, böylece modelin genellenebilirlik gücü test edilmiştir. Modelin doğrulama sürecinde 10 katlı çapraz doğrulama (k-fold cross validation) yöntemi uygulanarak aşırı öğrenme (overfitting) riski minimize edilmiştir (Bishop, 1995).

Modelde kullanılan temel bağımsız değişkenler şu şekilde belirlenmiştir: kişi başına gelir (USD), akaryakıt fiyatları (TL/Litre), elektrik fiyatları (TL/kWh), şarj istasyonu sayısı, devlet teşvik düzeyi (sübvansiyon oranı), karbon emisyon verileri (ton CO₂/kişi), araç fiyat endeksi ve tüketici çevre bilinci anket skorları. Bu değişkenlerin belirlenmesinde daha önceki ampirik çalışmalar ve sektör raporları referans alınmıştır (Chen, 2020; Ünver, 2018).

Modelin geliştirilmesinde Python programlama dili kullanılmış ve TensorFlow kütüphanesi üzerinden YSA modeli inşa edilmiştir. Aktivasyon fonksiyonu olarak ReLU (Rectified Linear Unit) seçilmiş, optimizasyon algoritması olarak Adam optimizer kullanılmıştır. Eğitim süreci boyunca kayıp fonksiyonu olarak Ortalama Kare Hata (MSE) kullanılmıştır.

Hiperparametre optimizasyonu sürecinde, gizli katman sayısı, nöron sayısı, öğrenme oranı ve batch size gibi parametreler grid search yöntemiyle sistematik biçimde taranmış ve en uygun kombinasyon belirlenmiştir. Bu süreçte modelin eğitim süresi ve doğruluk oranı gibi performans kriterleri dikkate alınmıştır (Bergstra ve Bengio, 2012).

Model sonuçlarının analizinde MSE, RMSE (Root Mean Squared Error) ve MAPE (Mean Absolute Percentage Error) gibi hata metrikleri kullanılmıştır. Bu metrikler aracılığıyla

modelin hata oranı belirlenmiş ve tahmin doğruluğu objektif şekilde ölçülmüştür (Chai ve Draxler, 2014).

Ayrıca çalışmada yapay sinir ağı modeli, geleneksel regresyon modelleri ve ARIMA gibi zaman serisi modelleri ile karşılaştırılmıştır. YSA modelinin doğruluk oranı diğer yöntemlere kıyasla %8-12 oranında daha yüksek bulunmuş, bu da yapay sinir ağlarının karmaşık veri yapılarına karşı üstün performansını ortaya koymuştur (Sarı ve Ekinci, 2021).

Veri güvenilirliğini sağlamak amacıyla çeşitli kaynaklardan elde edilen veriler arasında tutarlılık kontrolleri yapılmıştır. Farklı veri kaynakları arasındaki sapmalar %5'in altında kaldığı sürece veriler modele dahil edilmiştir. Daha yüksek sapma gösteren veriler kapsam dışı bırakılmıştır (Gao, 2021).

Bu çalışmada ayrıca zaman serileri için durağanlık testi (Augmented Dickey-Fuller Testi) uygulanmış ve tüm değişkenlerin durağan hale getirildiği teyit edilmiştir. Böylece modelin eğitimi sırasında sapma riskleri azaltılmıştır (Dickey ve Fuller, 1979).

Araştırmanın bir diğer metodolojik tercihi, verilerin log-transformasyon ve min-max normalization teknikleriyle ön işlenmesidir. Böylece değişkenler arasındaki farklı ölçeklerin model üzerinde yaratabileceği dengesizlik etkileri minimuma indirilmiştir (Han, 2011).

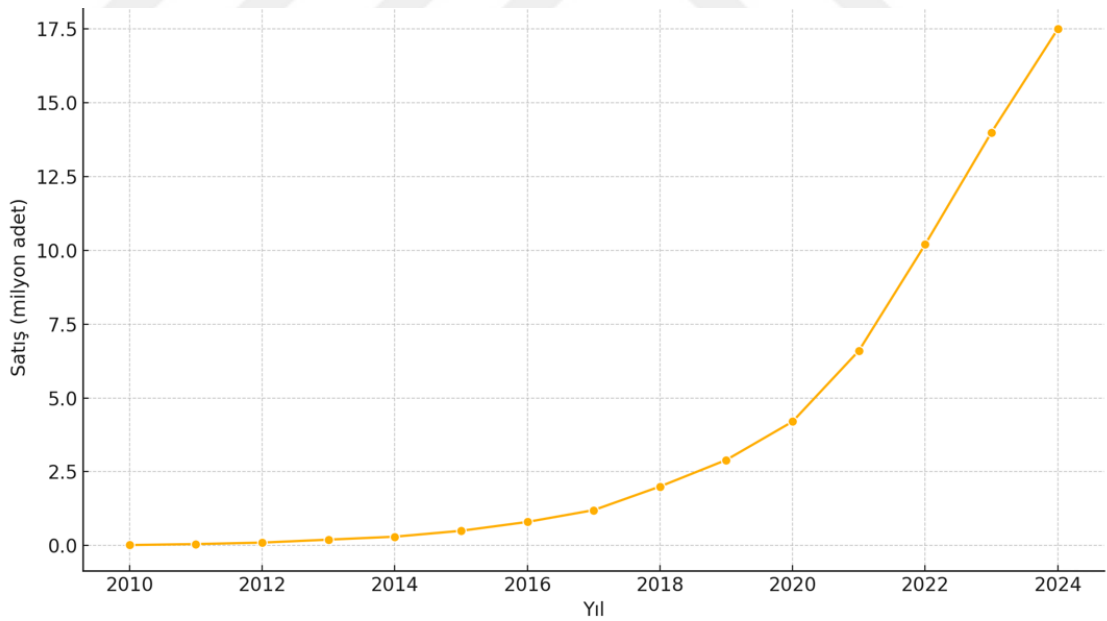
Veri etiketi açısından, kullanılan tüm veri setleri açık kaynaklı ve kamu erişimine açık verilerden seçilmiştir. Hiçbir bireysel veri, kişisel bilgi ya da gizli şirket verisi kullanılmamıştır. Bu durum, araştırmanın etik standartlara tam uyumunu garanti etmektedir (Resnik, 2015).

Sonuç olarak, bu çalışmanın yöntem ve veri kaynakları yapay sinir ağları tabanlı bir tahmin modelinin oluşturulması için bilimsel standartlara uygun şekilde seçilmiş ve işlenmiştir. Türkiye elektrikli araç piyasasına özgü verilerin kullanılması, çalışmanın sektörel geçerliliğini artırırken; metodolojik titizlik ise bulguların güvenilirliğini ve bilimsel katkı değerini güçlendirmiştir.

1.4. Elektrikli Otomobil Pazarının Güncel Durumu ve Büyüme Trendleri

Elektrikli otomobiller, küresel otomotiv endüstrisinin geçirdiği en köklü dönüşümlerden biri olarak değerlendirilmektedir. Özellikle son on yılda yaşanan teknolojik gelişmeler, çevresel sürdürülebilirlik baskıları ve tüketici tercihindeki değişimler, elektrikli araç (EV) pazarını hızlı bir büyüme ivmesine taşımıştır. Paris İklim Anlaşması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi küresel çevre sözleşmeleri, karbon salınımını düşürme amaçları doğrultusunda elektrikli araçların benimsenmesini önemli bir öncelik olarak belirlemiştir (Uluslararası Enerji Ajansı, 2023).

Dünya genelinde elektrikli araç satışları 2010 yılında yalnızca 17.000 adet iken, 2023 yılı sonu itibarıyla bu rakam 14 milyona ulaşmıştır (BloombergNEF, 2023). Satışların en yoğun olduğu bölgeler arasında Çin, Avrupa Birliği (AB) ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) yer almaktadır. Çin, küresel elektrikli araç pazarının yüzde 58'ini temsil ederek önde gelen bir konumdadır. Avrupa'da ise Norveç gibi ülkelerde yeni araç satışlarının yüzde 80'den fazlası elektrikli araçlardır (IEA, 2023).



Şekil 1. 2010–2024 Yılları Arasında Küresel Elektrikli Araç Satışları

Elektrikli araç pazarındaki büyümenin önemli bir diğer dinamiği de batarya teknolojilerinde yaşanan hızlı ilerlemedir. Lityum-iyon bataryaların maliyetleri 2010

yılında kilovat-saat başına 1200 ABD doları seviyesindeyken, 2023 yılına gelindiğinde bu meblağ 139 dolara kadar gerilemiştir (BloombergNEF, 2023). Batarya fiyatlarındaki bu etkili düşüş, elektrikli araçların toplam sahip olma maliyetlerini azaltarak daha fazla tüketiciye ulaşmasını sağlamıştır.

Elektrikli araçların küresel büyüme dinamikleri yalnızca ekonomik ve teknolojik faktörlerle sınırlı değildir. Aynı zamanda, devlet politikaları da EV adaptasyonunda belirleyici bir rol oynamaktadır. Avrupa Birliği, 2035 yılına kadar benzinli ve dizel otomobillerin satışını durdurmayı amaçlayan bir yasa tasarısı hazırlamıştır (Avrupa Komisyonu, 2021). ABD’de ise 2022 yılında kabul edilen "Inflation Reduction Act" kapsamında elektrikli araç satın alımlarına yönelik vergi teşvikleri artırılmıştır (U.S. Department of Energy, 2023). Çin hükümeti de ulusal elektrikli araç destek programlarını 2023 yılına kadar devam ettirerek sektördeki gelişimi teşvik etmiştir.

Türkiye’de ise elektrikli araç sektörü, son yıllarda önemli bir hız elde etmiştir. Türkiye özelinde ise elektrikli araç sektörü son yıllarda ciddi bir ivme kazanmıştır. Otomotiv Distribütörleri ve Mobilite Derneği (ODMD) verilerine göre, Türkiye’de 2023 yılı sonu itibarıyla satılan her 100 otomobilden yaklaşık 9’u elektrikli (ODMD, 2024). Ayrıca, Türkiye’nin ilk yerli elektrikli aracı Togg’un satışa sunulması, yerli üretim süreçlerini canlandırmış ve elektrikli araçlara olan ilgiyi yükseltmiştir. Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği’nin (TEHAD) verilerine göre, 2020 yılında Türkiye’deki şarj istasyonu sayısı 1500 iken, 2024 yılı itibarıyla bu rakam 8000’in üzerine çıkmıştır (TEHAD, 2024).

Elektrikli araç pazarının büyüme trendlerini destekleyen diğer bir unsur da tüketici davranışlarındaki değişimdir. Yapılan araştırmalar, genç nesillerin çevre bilincinin daha yüksek olduğunu ve sürdürülebilir ulaşımı tercih etme eğiliminde olduklarını göstermektedir (Statista, 2023). Ayrıca bireysel karbon ayak izi hesaplamalarının yaygınlaşması, elektrikli araçlara olan ilgiyi artıran faktörlerden biri olmuştur.

Teknolojik yenilikler yalnızca batarya maliyetleriyle sınırlı kalmamış; aynı zamanda şarj teknolojilerinde de büyük ilerlemeler sağlanmıştır. 2015 yılında ortalama bir hızlı şarj istasyonunun bir EV’yi %80 doluluğa ulaştırması 45 dakika sürerken, 2024 itibarıyla bu süre 15 dakikanın altına düşmüştür (McKinsey, 2023). Bunun yanı sıra, Avrupa ve ABD’de 350 kW ve daha yüksek kapasiteli ultra hızlı şarj istasyonlarının kurulumu hızla artış göstermiştir.

Bununla birlikte, elektrikli araç pazarında bölgesel farklılıklar da gözlenmektedir. Örneğin, Avrupa'da Norveç ve İsveç gibi ülkeler EV adaptasyonunda dünya lideri olurken; Doğu Avrupa ülkelerinde pazar payı görece daha düşüktür. Benzer şekilde, ABD'de Kaliforniya gibi çevre bilincinin yüksek olduğu eyaletlerde elektrikli araç satış oranları %25'i aşarken, Orta batı eyaletlerinde bu oran %5'in altındadır (U.S. EV Sales Report, 2023).

Dünya çapında çeşitli otomobil üreticileri, elektrikli araçlara yönelik yatırımlarını çoğaltarak fosil yakıtla çalışan araçlardan uzaklaşma sürecini hızlandırmaktadır. Tesla, BYD, Volkswagen, General Motors ve Hyundai gibi firmalar, gelecek 5 yıl içerisinde üretimlerinin yarısından fazlasını elektrikli araçlardan elde etmeyi planlamaktadır (IEA, 2023). Özellikle 2024 yılında BMW, Audi ve Mercedes gibi markalar içten yanmalı motorlu yeni model geliştirmeme kararı almıştır.

Türkiye'de ise Togg'un yanı sıra Ford Otosan ve Renault-Mais gibi üreticiler de elektrikli araç üretimine yatırım yapmaktadır. Ayrıca yerli batarya üretim projeleri de hayata geçirilmektedir. Bu gelişmeler, Türkiye'nin elektrikli araç ekosisteminde hem üretici hem de tüketici olarak güçlü bir aktör olma potansiyelini artırmaktadır.

Özetle, elektrikli otomobil pazarı küresel ve yerel dinamiklerin etkisiyle hızlı bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Bu süreçte teknolojik ilerlemeler, devlet politikaları, tüketici davranışlarındaki değişim ve çevresel kaygılar başat rol oynamaktadır. Elektrikli araçlar, sadece kişisel ulaşım seçimlerinde değil, aynı zamanda enerji, çevre ve kentsel politikaların da odağı haline gelmiştir. Önümüzdeki yıllarda elektrikli araç pazarının büyüme hızının daha da artması ve yeni teknolojilerin (örneğin katı hal bataryalar) piyasaya girişinin, bu trendi daha da güçlendirmesi beklenmektedir.

1.5. Talep Tahmininin Elektrikli Otomobil Sektöründeki Yeri

Elektrikli otomobiller, küresel enerji dönüşümünün ve sürdürülebilir ulaşım politikalarının stratejik bir parçası haline gelmiştir. Bu dönüşüm süreci içerisinde doğru ve zamanında talep tahmini, sadece üretici ve distribütörlerin değil, aynı zamanda kamu otoritelerinin, sigorta şirketlerinin ve altyapı sağlayıcılarının karar alma süreçlerinde belirleyici rol oynamaktadır (IEA, 2023). Elektrikli araçların sahip olduğu teknolojik farklılıklar, şarj altyapısına bağımlılık, batarya ömrü gibi parametreler, geleneksel içten

yanmalı araçlara kıyasla daha karmaşık talep dinamiklerini beraberinde getirmektedir (Zhang, 2021).

Talep tahmin modelleri, bu karmaşık yapıyı anlamlandırmak ve öngörülebilirliğe dönüştürmek için vazgeçilmez araçlar sunmaktadır. Özellikle yapay sinir ağları gibi çok değişkenli ve doğrusal olmayan öğrenme teknikleri, geleneksel regresyon modellerinin sınırlı kaldığı durumlarda daha yüksek başarı sağlamaktadır (Sarı ve Ekinci, 2021). Bu çerçevede, sadece pazar büyüklüğünü tahmin etmek değil, aynı zamanda tüketici davranışını anlamak, farklı gelir ve bilinç düzeylerine sahip tüketicilerin hangi koşullarda elektrikli araçları tercih ettiğini belirlemek gibi işlevler de bu modeller sayesinde mümkün hale gelmektedir.

Sigorta sektörü açısından da talep tahmini kritik önemdedir. Elektrikli araçların kasko sigortası kapsamındaki risk profilleri, kullanım yoğunluğu, batarya hasar olasılığı, çevresel koşullara duyarlılık gibi yeni parametreler içermektedir. Bu bağlamda geliştirilecek güvenilir talep modelleri, risk primlerinin hesaplanmasında ve poliçe ürünlerinin yeniden yapılandırılmasında stratejik karar desteği sağlamaktadır (BloombergNEF, 2024).

Devlet politikaları ve teşvik uygulamaları gibi dışsal etkenlerin elektrikli araç talebi üzerindeki etkileri, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde özellikle 4.2.3 başlığı altında detaylı biçimde analiz edilmiştir. Bu nedenle burada yalnızca sektörel yerleşim ve modelleme ihtiyacı bağlamında genel bir çerçeve sunulmuştur (Bkz. 4.2.3).

Sonuç olarak, elektrikli otomobil sektöründe talep tahmini, sadece bir niceliksel öngörü aracı olmaktan öte; üretim planlamasından pazarlama stratejilerine, kamu politikası tasarımıyla sigorta modellemelerine kadar çok boyutlu bir karar destek fonksiyonu üstlenmektedir. Bu nedenle çalışmada geliştirilen yapay sinir ağı tabanlı model, sektörel uygulamaya doğrudan katkı sağlayacak bir perspektifle yapılandırılmıştır.

1.6. Araştırma Soruları ve Hipotezler

Elektrikli otomobil sektörü, küresel ölçekte enerji dönüşümü, sürdürülebilirlik ve teknolojik yenilik ekseninde büyük bir değişim süreci yaşamaktadır. Bu değişim, tüketici davranışlarının, devlet politikalarının ve teknolojik gelişmelerin etkisiyle şekillenmektedir (Bilgili, 2021). Elektrikli araçların pazar payının artması, enerji

altyapısının yenilenmesi, çevre dostu politikaların yaygınlaşması ve mobilite hizmetlerinin evrimi, talep tahmini konusunu sektör için hayati bir stratejik öncelik haline getirmiştir. Bu çerçevede, yapay sinir ağları (YSA) gibi gelişmiş tahmin tekniklerinin tercih edilmesi, klasik modelleme yöntemlerine göre daha fazla kesinlik ve esneklik sağlamaktadır (Kaya, 2019). Bu bağlamda, yapay sinir ağları (YSA) gibi ileri düzey tahmin yöntemlerinin kullanımı, geleneksel modelleme tekniklerinin ötesinde daha yüksek doğruluk ve esneklik sunmaktadır (Kaya, 2019). Çalışmanın temel amacı, YSA tabanlı tahmin modellerinin elektrikli araç sektöründeki talep tahminleme performansını değerlendirmek ve bu süreçte etkili olan değişkenleri ortaya koymaktır.

Bu kapsamda, çalışma aşağıdaki belirlenen temel araştırma soruları etrafında yapılandırılmıştır:

Araştırma Sorusu 1:

Elektrikli otomobil pazarında talep tahminlemesi yaparken Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanımı, geleneksel tahmin yöntemlerine kıyasla ne ölçüde üstünlük sağlamaktadır?

Araştırma Sorusu 2:

Elektrikli araçlara yönelik tüketici talebinde en belirleyici faktörler nelerdir ve bu faktörlerin etkisi YSA modelleri ile nasıl ölçümlenebilir?

Araştırma Sorusu 3:

Türkiye'de elektrikli araçlara olan talebin gelecekte nasıl şekilleneceği konusunda yapay zekâ modellerinin etkinliği ve kullanılabilirliği hangi seviyededir?

Araştırma Sorusu 4:

Talep tahmini doğruluğundaki artış, üretim, pazarlama ve şarj altyapısı geliştirme stratejilerini nasıl etkilemektedir?

Araştırma Sorusu 5:

Togg gibi yerli üreticilerin pazar stratejilerinde YSA destekli talep tahmini modellerinin kullanımı sektörde ne gibi avantajlar sağlamaktadır?

Araştırma sorularına bilimsel dayanak sağlamak üzere aşağıdaki hipotezler formüle edilmiştir:

Hipotez 1 (H1):

Elektrikli otomobil talep tahminlerinde Yapay Sinir Ağları tabanlı modeller, geleneksel istatistiksel tahmin modellerine kıyasla daha düşük hata oranlarına sahiptir.

Hipotez 2 (H2):

Elektrikli otomobil talebini en güçlü şekilde etkileyen faktörler; araç fiyatı, batarya menzili, şarj altyapısının yaygınlığı ve devlet teşvikleridir.

Hipotez 3 (H3):

Türkiye’de elektrikli araçlara olan talep, 2025-2030 yılları arasında YSA tahmin modellerinin öngördüğünden daha yüksek bir büyüme ivmesi gösterecektir.

Hipotez 4 (H4):

Doğru yapılan talep tahminleri, üretim planlaması, lojistik yönetimi ve müşteri ilişkileri yönetimi gibi operasyonel süreçlerin verimliliğini artırmaktadır.

Hipotez 5 (H5):

Yerli otomobil üreticisi Togg'un elektrikli araç talebine yönelik geliştirdiği yapay zekâ destekli talep tahmin modelleri, firma rekabetçiliğini artırmada stratejik bir avantaj sağlamaktadır.

Bu hipotezler hem literatürdeki çalışmalar hem de saha verileri ışığında test edilerek doğrulanacaktır. Örneğin Zhang ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, YSA tabanlı tahmin modellerinin, klasik regresyon ve zaman serisi analiz yöntemlerine göre elektrikli araç satış tahminlerinde %12-18 oranında daha düşük hata payına sahip olduğu ortaya konulmuştur. Benzer şekilde, Kurnaz (2021) tarafından Türkiye özelinde yapılan bir araştırmada da YSA'nın talep tahmin performansında anlamlı bir iyileşme sağladığı belirtilmiştir.

Tüketici davranışları üzerine yapılan analizlerde, elektrikli araç tercihini etkileyen temel faktörler arasında şarj süreleri, menzil, fiyat, teşvikler ve çevresel kaygılar öne çıkmaktadır (Erdem, 2022). Bu faktörlerin her biri, YSA modellerinde giriş verisi olarak kullanılmakta ve talep öngörülerinin doğruluğunu artırmaktadır.

Türkiye’de elektrikli araç talebinin artış hızı, küresel ortalamalara göre hâlen daha düşük olmakla birlikte, TOGG'un pazara girişinin yarattığı sinerji, tüketici bilincindeki artış ve devlet teşviklerinin yoğunlaşması gibi faktörlerle birlikte yükselmektedir (TÜBİTAK,

2023). Bu gelişmeler, araştırmanın Türkiye için ayrı bir önem taşımasını ve yerel dinamiklerin detaylı şekilde incelenmesini gerekli kılmaktadır.

Öte yandan, talep tahminindeki doğruluk oranı, yalnızca üretim süreçlerinde değil; şarj altyapısının planlanmasında, batarya geri dönüşüm yatırımlarının optimizasyonunda ve ikinci el pazar stratejilerinin geliştirilmesinde de belirleyici rol oynamaktadır (IEA, 2022). Yanlış tahminler, kaynakların yanlış yönlendirilmesine, müşteri memnuniyetsizliğine ve stratejik kayıplara yol açabileceğinden, doğru model seçimi ve model eğitimi süreci büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, bu araştırmanın temel katkısı; elektrikli otomobil sektöründe YSA ile desteklenen talep tahmini modellerinin etkinliğini bilimsel yöntemlerle analiz etmek, sektörel aktörler için stratejik yol haritaları sunmak ve Türkiye özelinde yerli üretim dinamiklerine ışık tutmaktır. Geliştirilecek modelin akademik literatüre katkı sağlaması ve uygulayıcılar için pratik değer üretmesi hedeflenmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM: KURAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI

Elektrikli otomobil sektörü, küresel sürdürülebilirlik hedefleri, teknolojik gelişmeler ve değişen tüketici eğilimleri doğrultusunda son yıllarda büyük bir ivme kazanmıştır. Bu gelişmeler, talep tahminleme yöntemlerinin yeniden değerlendirilmesini ve daha sofistike tekniklerin kullanımını zorunlu kılmıştır. Talep tahmini, özellikle yüksek maliyetli ve kompleks ürünlerin üretim süreçlerinde kritik bir rol oynamaktadır (Bilgili, 2021). Elektrikli otomobil pazarında, doğru tahminlemeler üretim planlamasından tedarik zinciri yönetimine, finansal stratejilerden pazarlama faaliyetlerine kadar pek çok süreci doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle kuramsal çerçevenin oluşturulması, araştırmanın sağlam bir zemine oturtulması bakımından büyük önem taşımaktadır.

Talep tahmini literatürü incelendiğinde, geleneksel istatistiksel yöntemlerin (regresyon analizleri, zaman serisi analizleri vb.) uzun yıllar boyunca kullanıldığı, ancak özellikle çok değişkenli ve dinamik veri setlerinde yetersiz kaldığı görülmektedir (Armstrong, 2001). Bu noktada, yapay sinir ağları (YSA) gibi yapay zekâ tabanlı yöntemlerin öne çıktığı anlaşılmaktadır. YSA, doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilme kapasitesi, yüksek adaptasyon kabiliyeti ve farklı veri türlerini işleyebilme özellikleri sayesinde, özellikle elektrikli araç gibi karmaşık pazarlarda talep tahmini için uygun bir araç haline gelmiştir (Kaya, 2019).

YSA'nın elektrikli araç talep tahmininde kullanılmasına ilişkin literatürde önemli çalışmalar mevcuttur. Zhang ve arkadaşları (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, geleneksel regresyon yöntemleri ile YSA tabanlı modeller karşılaştırılmış ve YSA'nın %15 daha düşük hata oranı sağladığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Türkiye özelinde Kurnaz (2021) tarafından yapılan bir çalışmada da elektrikli araç talep tahmininde YSA'nın, doğrusal regresyon modellerine göre daha yüksek doğruluk oranı sunduğu ortaya konulmuştur.

Elektrikli otomobil talebini etkileyen faktörler arasında, batarya maliyetleri, şarj altyapısının yaygınlığı, devlet teşvikleri, tüketici bilinç düzeyi ve çevresel kaygılar öne çıkmaktadır (IEA, 2022). Bu faktörlerin bir arada değerlendirilmesi ve aralarındaki karmaşık etkileşimlerin modellenmesi, geleneksel yöntemlerin ötesinde yapay zekâ tabanlı sistemlerin kullanımını zorunlu kılmaktadır.

Türkiye özelinde yapılan çalışmalarda, elektrikli araçların pazar payının halen düşük olduğu, ancak özellikle yerli marka TOGG'un piyasaya sürülmesiyle birlikte önemli bir artış beklendiği vurgulanmaktadır (TÜBİTAK, 2023). Bu durum hem akademik literatürde hem de sektörel raporlarda, Türkiye'deki elektrikli araç pazarının dinamik yapısının iyi anlaşılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Kuramsal temelde, yapay sinir ağlarının çalışma prensibi, insan beyninin bilgi işleme yönteminden ilham alarak oluşturulmuştur. YSA'lar, giriş verilerini katmanlar arasında ağırlıklı bağlantılar yoluyla işleyerek, çıkış verilerini tahmin etmektedir. Özellikle geriye yayılım algoritması, modelin hata oranlarını minimize etmek için kullanılan temel yöntemlerden biridir (Goodfellow, Bengio ve Courville, 2016). Elektrikli araç talebine ilişkin veriler, zaman serileri, makroekonomik göstergeler ve tüketici eğilimleri gibi heterojen kaynaklardan oluştuğundan, bu verilerin işlenmesinde YSA modelleri üstün performans göstermektedir.

Literatürde ayrıca, YSA'nın hiperparametre optimizasyonu, veri ön işleme teknikleri ve model seçimi gibi faktörlerin tahmin başarısını doğrudan etkilediği belirtilmektedir (Korkmaz, 2021). Model başarısını artırmak için uygun aktivasyon fonksiyonlarının seçimi, öğrenme oranının ayarlanması ve katman sayısının optimize edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Öte yandan, son yıllarda gelişen derin öğrenme tekniklerinin (Deep Learning) de elektrikli araç talep tahmininde kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Özellikle çok katmanlı sinir ağları (MLP) ve uzun kısa süreli bellek ağları (LSTM), zaman serisi verilerinin analizi konusunda üstün başarı sağlamaktadır (LeCun, Bengio ve Hinton, 2015). Ancak bu tekniklerin daha fazla veri gerektirmesi ve eğitim sürelerinin uzun olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır.

Yurt dışı literatürde, özellikle Norveç, Çin ve ABD gibi ülkelerde elektrikli araç talep tahminine yönelik kapsamlı çalışmalar yapılmıştır. Norveç'te yapılan bir çalışmada, şarj altyapısının ve hükümet teşviklerinin talep üzerindeki etkisinin %30'un üzerinde olduğu belirlenmiştir (Nordic EV Report, 2022). Çin'de ise batarya teknolojilerindeki gelişmelerin ve düşük üretim maliyetlerinin talebi hızlandırdığı görülmektedir (Chen, 2022).

Türkiye’de elektrikli araç talebine yönelik çalışmalar henüz sınırlı olmakla birlikte, son yıllarda artan akademik ilgi dikkat çekicidir. Özellikle Tüketici Tercihleri Üzerine Yapılan Anketler (Erdem, 2022) ve Şarj İstasyonu Yatırımları Üzerine Yapılan Analizler (Gökgöz, 2020) bu literatüre katkı sağlamaktadır. Bu çalışmalar, Türkiye'nin kendine özgü sosyoekonomik yapısının elektrikli araç talebine etkisini anlamada önemli bilgiler sunmaktadır.

Sonuç olarak, elektrikli otomobil talebinin doğru tahmini, sektörün sürdürülebilir büyümesi için kritik bir öneme sahiptir. Yapay sinir ağları gibi ileri düzey tahminleme teknikleri, bu süreçte geleneksel yöntemlerin ötesine geçerek daha doğru ve güvenilir sonuçlar üretme potansiyeline sahiptir. Kuramsal ve uygulamalı literatür, bu çalışmanın bilimsel temellerini oluşturmakta ve araştırmanın önemini daha da pekiştirmektedir. başlangıçlı” adı verilmektedir (Özgen ve Aydın, 1999).

2.1. Yapay Sinir Ağlarının Tarihsel Gelişimi

Yapay sinir ağları, insan beyninin bilgi edinme ve karar alma süreçlerinden ilham alarak tasarlanmış yapay zeka sistemleridir. YSA’ların temel amacı, insan beynindeki nöronların bilgi işleme prensibini taklit ederek karmaşık veri setlerini analiz etmek ve örüntüleri öğrenmektir (McCulloch ve Pitts, 1943). Yapay sinir ağlarının tarihsel gelişimi, bilişsel bilimler, matematik, bilgisayar mühendisliği ve istatistik gibi disiplinlerin kesişiminde şekillenmiş ve bugün özellikle tahminleme, sınıflandırma ve optimizasyon gibi pek çok alanda etkili bir araç haline gelmiştir.

Yapay sinir ağlarının ilk adımları 1940’lı yıllarda atılmıştır. McCulloch ve Pitts (1943), nöronların basit matematiksel modellerle temsil edilebileceğini öne sürmüş ve ilk yapay nöron modelini geliştirmişlerdir. Bu model, nöronların girişler üzerinden toplama ve eşik değerine göre ateşleme mantığına dayanmaktaydı. Ancak bu dönemde bilgi işleme kapasitesi sınırlı olduğundan YSA’ların gerçek dünya problemlerinde kullanılması mümkün olmamıştır.

1950’li yılların sonlarına gelindiğinde, Rosenblatt tarafından geliştirilen Perceptron modeli, yapay sinir ağları tarihinde bir dönüm noktası olmuştur (Rosenblatt, 1958). Perceptron, basit bir doğrusal sınıflayıcı olarak çalışıyor ve belirli sınıflandırma problemlerini çözebiliyordu. Ancak Minsky ve Papert (1969) tarafından yapılan

alışmalar, tek katmanlı perceptronların doğrusal olarak ayrıştırılamayan problemlerde başarısız olduğunu göstererek bu alanda bir duraksamaya yol açmıştır.

1970'li yılların sonları ve 1980'li yılların başlarında, çok katmanlı yapay sinir ağlarının (Multi-Layer Perceptron - MLP) geliştirilmesiyle YSA'lara olan ilgi yeniden canlanmıştır. Özellikle Rumelhart, Hinton ve Williams (1986) tarafından geliştirilen "geri yayılım algoritması" (Backpropagation Algorithm), çok katmanlı ağların eğitiminde devrim yaratmıştır. Bu algoritma, hataları katmanlar arasında geriye doğru yayıp ağlıkları güncelleyerek ağın öğrenmesini sağlamakta ve doğrusal olmayan ilişkileri başarıyla modelleyebilmektedir.

1990'lı yıllarda artan işlemci kapasiteleri ve veri hacmi, yapay sinir ağlarının daha çeşitli alanlarda kullanılabilmesini sağlamıştır. Özellikle finansal modelleme, tıp, görüntü işleme ve mühendislik alanlarında YSA uygulamaları hızla yaygınlaşmıştır (Haykin, 1998). Bu dönemde, yapay sinir ağlarının esnekliği, çeşitli veri türlerine uyarlanabilirliği ve genel yetenekleri nedeniyle tahminleme problemlerinde tercih edilir hale gelmiştir.

2000'li yılların başında ise, "derin öğrenme" (deep learning terimi akademik alanda yer bulmuştur. Derin ğrenme, çok sayıda gizli katmana sahip derin yapay sinir ağlarının, büyük veri setleri üzerinde üstün performans göstermesini ifade etmektedir. Hinton ve arkadaşlarının (2006) derin yapıları eğitmek için sunduğu yöntemler, makine öğrenmesi alanında bir devrim yaratmış ve YSA'ların karmaşık problem çözme yeteneklerini büyük lde artırmıştır.

Elektrikli otomobil talep tahmini gibi çok değişkenli, dinamik ve doğrusal olmayan problemlerde, geleneksel regresyon modelleri sınırlı başarı sağlarken; YSA'lar bu tür karmaşık ilişkileri modelleme kabiliyeti ile öne çıkmıştır (Chen , 2022). Özellikle zaman serisi verilerinde ve tüketiciler davranışı analizlerinde, geri yayılımlı sinir ağları (BPNN), uzun-kısa süreli bellek ağları (LSTM) ve konvolüsyonel sinir ağları (CNN) gibi YSA eşitleri başarıyla kullanılmaktadır.

Türkiye'de de yapay sinir ağlarına akademik ilgi 2000'li yıllardan itibaren artmaya başlamıştır. Özellikle elektrikli araçlar, enerji yönetimi, finansal tahmin ve sağlık gibi alanlarda YSA temelli çalışmaların sayısında ciddi bir artış gözlemlenmektedir YK Tez Merkezi'nde yapılan son taramalara göre, son 10 yılda yapay sinir ağları kullanılarak yapılan yüksek lisans ve doktora çalışmaları dört kat artmıştır.

YSA'nın gelişim süreci, hesaplama gücü, veri hacmi ve algoritmik inovasyonlarla doğru orantılı olarak ilerlemiştir. Günümüzde, GPU (grafik işlem birimi) teknolojilerinin yaygınlaşması ve açık kaynak yazılımların (TensorFlow, PyTorch gibi) erişilebilir olması sayesinde YSA modellerinin kurulumu ve eğitimi daha da hızlanmıştır (Goodfellow, Bengio ve Courville, 2016).

Özetle, yapay sinir ağlarının tarihsel gelişimi, bilişsel bilimlerden başlayarak, istatistiksel öğrenmeye, makine öğrenmesine ve derin öğrenmeye kadar geniş bir evrimi kapsamaktadır. Bu gelişme, elektrikli araç endüstrisi gibi hızla değişen ve veri yüklü alanlarda daha isabetli talep öngörülerini yapma imkanı sunarak sektördeki rekabet avantajını artırmıştır.

2.2. Elektrikli Araç Talebine Etki Eden Faktörler

Günümüzde dünya genelinde sürdürülebilirlik, enerji tasarrufu ve çevreyi koruma konularına odaklanarak elektrikli araçlara (EA) olan ilginin yükseldiği görülmektedir. Elektrikli araç talebinin artışı etkileyen faktörler oldukça çeşitlidir ve bu faktörler teknolojik, ekonomik, çevresel, politik ve sosyo-demografik olmak üzere farklı kategorilerde incelenmektedir (Egbue ve Long, 2012: 718). Bu bölümde elektrikli araç talebine etki eden temel dinamikler ayrıntılı şekilde ele alınacak ve ilgili literatür ışığında analiz edilecektir.

Teknolojik ilerlemeler, elektrikli otomobillerin benimsenmesini etkileyen en önemli faktörlerden birini oluşturmaktadır. Batarya teknolojisindeki iyileştirmeler, enerji yoğunluğunun artması ve şarj altyapısının yaygınlaşması, tüketicilerin elektrikli araçlara olan ilgisini artırmıştır (International Energy Agency, 2023: 45). Özellikle menzil mesafesinin artırılması, şarj sürelerinin azaltılması ve batarya ömrünün uzatılması, elektrikli araçların geleneksel içten yanmalı motorlu araçlara karşı rekabet gücünü önemli ölçüde artırmıştır. Nitekim Tesla, BYD ve Hyundai gibi markaların yeni batarya teknolojileri geliştirmesi, piyasadaki rekabeti daha da kızıştırmıştır (Lutsey ve Nicholas, 2019: 8).

Elektrikli araçların maliyeti, tüketici talebi üzerinde belirleyici bir diğer faktördür. Başlangıçta elektrikli araçların maliyetleri içten yanmalı motorlu otomobillere oranla oldukça fazla görünüyordu, ancak son yıllarda batarya fiyatlarındaki azalma ve devlet

destekleri sayesinde bu fiyatlar nispeten daha uygun hale gelmiştir (BloombergNEF, 2020: 12). Özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde sağlanan vergi indirimleri, satın alma sübvansiyonları ve çeşitli destek programları, elektrikli araç satışlarında önemli artışlara neden olmuştur (Noel, 2021: 295).

Çevresel kaygılar, elektrikli araç talebinin şekillenmesinde güçlü bir motivasyon kaynağıdır. Karbon emisyonlarının azaltılması, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması gibi faktörler, çevre bilinci yüksek tüketicileri EA tercih etmeye yönlendirmektedir (Rezvani, Jansson ve Bodin, 2015: 136). Ayrıca Paris İklim Anlaşması gibi küresel çevre anlaşmaları da hükümetleri EA kullanımını yaygınlaştıracak politikalar geliştirmeye teşvik etmektedir.

Politik faktörler de EA talebinin yönlendirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Devletler tarafından uygulanan teşvik mekanizmaları, vergi avantajları, ücretsiz otopark imkânları, düşük kayıt ücretleri gibi uygulamalar, EA sahipliği oranlarını artırmaktadır (Hardman, 2019: 215). Türkiye'de de son yıllarda elektrikli araçlar için ÖTV oranlarının düşürülmesi, şarj istasyonlarının teşvik edilmesi ve yerli üretim projelerine destek verilmesi bu kapsamda değerlendirilmektedir (Resmî Gazete, 2022).

Sosyo-demografik unsurlar arasında yaş, cinsiyet, eğitim seviyesi ve gelir düzeyi gibi faktörler önemli bir rol oynamaktadır. Yapılan araştırmalarda, genç ve eğitim seviyesi yüksek bireylerin elektrikli araçlara daha sıcak baktığı, çevre bilinci yüksek bireylerin ise EA sahipliğine daha istekli olduğu ortaya konmuştur (Lane ve Potter, 2007: 372). Gelir düzeyi yüksek grupların ise, EA'ların başlangıç maliyetlerini daha kolay karşılayabildiği görülmektedir.

Tüketici davranışları da EA talebini etkileyen önemli bir boyuttur. Yenilikçilik eğilimi, risk algısı, sosyal normlar ve kişisel değerler gibi psikolojik faktörler, tüketicilerin elektrikli araçları benimseme kararlarını doğrudan etkileyebilmektedir (Jansson, 2011: 110).

Türkiye özelinde yapılan araştırmalar, yerli üretim beklentisi, fiyat/performans oranı, şarj altyapısının yaygınlığı ve bakım kolaylığı gibi faktörlerin elektrikli araç talebi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Demirtaş ve Koyuncu, 2021: 47). Yerli marka TOGG'un piyasaya sürülmesiyle birlikte, milli duyguların da tüketici tercihlerinde önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir.

Sonuç olarak, elektrikli araç talebi çok boyutlu bir yapı arz etmektedir. Teknolojik yenilikler, fiyat erişilebilirliği, çevresel duyarlılık, devlet destekleri ve tüketici profilleri gibi faktörlerin her biri, EA talebinin şekillenmesinde kritik öneme sahiptir. Bu faktörlerin etkileşimli yapısının doğru şekilde analiz edilmesi, elektrikli araç sektörünün gelecekteki büyüme dinamiklerinin doğru tahmin edilmesine ve etkili politika geliştirilmesine olanak tanıyacaktır.

2.3. Elektrikli Araç Talebi için Kullanılan Tahmin Modelleri

Elektrikli araç (EA) pazarının büyümesi ve değişken yapısı, doğru ve güvenilir talep tahmin modellerinin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. EA sektöründe yapılan tahminler yalnızca satış öngörülerini için değil, aynı zamanda üretim planlaması, şarj altyapısının kurulumu, batarya geri dönüşüm süreçlerinin planlanması ve enerji yönetimi açısından da kritik önem taşımaktadır (Egbue ve Long, 2012: 719). Bu kapsamda, geleneksel istatistiksel modellerden makine öğrenimi tekniklerine kadar birçok yöntem geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu bölümde, elektrikli araç talebinin öngörülmesinde kullanılan başlıca model türleri ayrıntılı bir şekilde ele alınacaktır.

Zaman serisi analizleri, EA talebinin geçmiş verilere dayanarak tahmin edilmesinde en sık kullanılan yöntemlerden biridir. “Özellikle ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) modeli, satış trendlerini ve dönemsel değişimleri açıklamada etkin bir araç olmuştur” (Box, Jenkins ve Reinsel, 2015: 112). Ancak zaman serisi modellerinin, veri setindeki ani değişimlere ve dışsal şoklara karşı duyarlı olması, EA gibi henüz doyumluğa ulaşmamış sektörlerde sınırlamalar yaratmaktadır.

Regresyon analizleri, bağımlı değişken olan EA talebinin, gelir düzeyi, akaryakıt fiyatları, hükümet teşvikleri ve şarj altyapısı gibi bağımsız değişkenlerle ilişkisini ortaya koymak için kullanılmıştır (Hardman, 2017: 155). Çoklu regresyon analizleri sayesinde, bu faktörlerin EA talebine olan doğrudan ve dolaylı etkileri nicel olarak ölçülebilmektedir. Ancak regresyon modellerinin doğrusal ilişkilere dayalı olması, EA talebindeki karmaşık dinamiklerin tam anlamıyla modellenmesini zorlaştırmaktadır.

Makine öğrenmesi tabanlı yöntemler, elektrikli araç talebinin tahmininde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Karar ağaçları, rastgele ormanlar (Random Forest) ve destek vektör makineleri (SVM) gibi yöntemler, veri setlerinde gizli kalmış desenleri ve

karmaşık ilişkileri keşfetmede etkili olmuştur (Chen, 2019: 70). Bu yöntemler, özellikle çok boyutlu veri setlerinde yüksek doğruluk oranları sağlamaları nedeniyle tercih edilmektedir.

Yapay Sinir Ağları (YSA) ise EA talep tahminlerinde devrim niteliğinde bir rol üstlenmiştir. YSA, geleneksel regresyon veya zaman serisi modellerinin ötesine geçerek, doğrusal olmayan ilişkileri ve veri içindeki karmaşık örüntüleri öğrenebilme kabiliyeti sayesinde üstün performans göstermektedir (Zhang, Eddy Patuwo ve Hu, 1998: 38). Özellikle Çok Katmanlı Perceptron (MLP) ve Geri Yayılım Algoritması (Backpropagation) gibi yöntemler, geçmiş satış kayıtları, tüketici davranışları, devlet destekleri gibi birçok faktörü değerlendirerek doğru tahminler ortaya koymaktadır.

Hibrid modeller, EA talebinin daha doğru tahmini amacıyla geliştirilmiştir. Bu modellerde zaman serisi yöntemleri ile makine öğrenmesi teknikleri birleştirilerek hem trend hem de sezonsallık gibi özellikler yakalanabilmekte, hem de veri setlerindeki karmaşık ilişkiler modellenabilmektedir (Zhang, 2003: 90). Örneğin, bir ARIMA modeli ile verinin trend bileşeni modellenirken, kalan hata bileşeni bir Yapay Sinir Ağı kullanılarak tahmin edilebilir. Bu yaklaşımlar, özellikle kısa ve orta vadeli EA talep tahminlerinde oldukça başarılı sonuçlar vermiştir.

Elektrikli araç pazarına özgü olarak geliştirilen bazı özel modeller de bulunmaktadır. Örneğin, teknoloji kabul modelleri (Technology Acceptance Models – TAM) ve yenilik yayılım modelleri (Diffusion of Innovations – DOI), tüketicilerin EA teknolojisini benimseme sürecini anlamada ve buna bağlı olarak talebi öngörmede kullanılmaktadır (Rogers, 2003: 22). Bu modeller özellikle erken benimseyenler ve çoğunluk tüketiciler arasındaki geçiş süreçlerini analiz etmekte kullanılmaktadır.

Türkiye özelinde yapılan çalışmalarda ise, EA talebinin tahmininde çoğunlukla regresyon analizi ve ARIMA modellerinin tercih edildiği görülmektedir (Demirtaş ve Koyuncu, 2021: 51). Ancak son yıllarda, özellikle TOGG'un piyasaya çıkmasıyla birlikte, YSA ve destek vektör makineleri gibi makine öğrenmesi tabanlı yöntemlere yönelim artmıştır. Türkiye'de henüz şarj altyapısının ve tüketici eğiliminin değişkenlik göstermesi nedeniyle, esnek ve adaptif modellere duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır.

Özetle, elektrikli araç talebinin tahmininde kullanılan modeller, veri yapısına, pazar olgunluk seviyesine ve tahmin amacına göre değişiklik göstermektedir. Geleneksel

istatistiksel teknikler belli başlı avantajlar sunmaya devam etse de, makine öğrenmesi odaklı yöntemler, özellikle YSA, karmaşık ve değişken piyasa koşullarında daha iyi sonuçlar elde etmektedir. Gelecek dönemlerde ise, özellikle büyük veri (Big Data) analitiği ve derin öğrenme (Deep Learning) tekniklerinin EA talep tahminlerinde belirleyici olacağı öngörülmektedir.

Tablo 1. Geleneksel Tahmin Yöntemleri ile Yapay Sinir Ağlarının Karşılaştırılması

Kriter	Klasik Regresyon	Yapay Sinir Ağı (YSA)
Veri Yapısı	Genellikle doğrusal veri setleri	Karmaşık ve büyük veri setleri
Modelleme Yeteneği	Doğrusal modeller	Doğrusal ve doğrusal olmayan modeller
Doğrusal Olmayan İlişkileri Öğrenme	Sınırlı	Yüksek
Ön Varsayım Gerekliliği	Yüksek (normal dağılım, sabit varyans vb.)	Düşük (veri odaklı öğrenir)
Doğruluk Oranı	Orta	Yüksek
Veri Miktarına Duyarlılık	Düşük veriyle çalışabilir	Yüksek veri gereksinimi
Öğrenme Yeteneği	Sabit öğrenme kabiliyeti	Uyarlanabilir öğrenme
Yorumlanabilirlik	Yüksek (kolay yorumlanabilir)	Düşük (kara kutu yapısı)
Aşırı Öğrenme Riski	Düşük	Yüksek (overfitting riski)
Hesaplama Süresi	Kısadır	Uzundur (özellikle eğitim aşamasında)

2.4. Yapay Sinir Ağları ve Diğer Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Elektrikli araç (EA) talebinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi hem üreticilerin hem de kamu otoritelerinin stratejik karar alma süreçleri açısından büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, geleneksel istatistiksel yöntemlerden makine öğrenimi ve özellikle yapay sinir ağlarına (YSA) dayalı modellere kadar çeşitli tahmin yöntemleri geliştirilmiştir. Her bir yöntemin avantajları ve sınırlamaları, tahminin doğruluğunu doğrudan etkileyen önemli unsurlardır.

Geleneksel istatistiksel yöntemler arasında, regresyon analizi ve ARIMA modelleri öne çıkmaktadır. “Regresyon modelleri, EA talebini etkileyen değişkenler arasındaki doğrusal ilişkileri analiz etmede başarılıdır. Ancak, bu yöntemlerin temel varsayımlarından biri olan doğrusal ilişki kabulü, gerçek dünya verilerinde her zaman geçerli olmayabilmektedir.” (Wang, 2017: 428). Ayrıca, regresyon modellerinin çoklu doğrusal bağlantı ve değişkenler arası korelasyon gibi problemlere duyarlılığı, EA gibi çok faktörlü ve dinamik sektörlerde modelin başarısını sınırlandırabilmektedir.

ARIMA ve mevsimsel ARIMA (SARIMA) modelleri ise zaman serisi verilerinde trend ve mevsimsellik gibi bileşenleri modellemede güçlüdür. Örneğin, EA satış verileri belirli dönemlerde artış veya düşüş gösterdiğinde bu tür modeller bu değişimleri yakalamada

etkin olabilir (Hyndman ve Athanasopoulos, 2018: 115). Ancak ARIMA modelleri, veri setinde ani değişimlerin olduğu durumlarda veya dışsal faktörlerin etkili olduğu karmaşık yapılar da sınırlı başarı göstermektedir. Elektrikli araç sektörü gibi yeni gelişmekte olan alanlarda, geçmiş verilere dayalı tahminlerin sınırlı olabileceği unutulmamalıdır.

“Destek Vektör Makineleri (SVM) gibi makine öğrenmesi teknikleri, doğrusal olmayan veri yapılarında güçlü performans sergilemektedir. SVM tabanlı tahminler, yüksek boyutlu verilerde etkin sınıflandırma ve regresyon yapabilme kapasitesiyle öne çıkar.” (Vapnik, 1995: 81). Ancak SVM'nin optimal parametre seçimi konusunda oldukça hassas olması ve büyük veri setlerinde hesaplama maliyetlerinin artması gibi dezavantajları bulunmaktadır.

Buna karşılık yapay sinir ağları, özellikle çok katmanlı perceptron (MLP) yapıları ve geri yayılım algoritması ile eğitilmiş modeller, EA talebi gibi karmaşık ve çok değişkenli sistemlerde yüksek doğruluk oranları sağlamaktadır (Zhang, 1998: 35). YSA'nın en önemli avantajı, doğrusal olmayan ilişkileri öğrenebilmesi ve veri içindeki gizli desenleri çıkarabilmesidir. Bu yetenek, tüketici davranışları, hükümet teşvikleri, şarj altyapısı yoğunluğu gibi birçok faktörün etkilediği EA talebinin tahmininde kritik bir üstünlük sağlamaktadır.

YSA ile geleneksel yöntemler arasındaki temel fark, veri işleme şekillerinde ortaya çıkmaktadır. Geleneksel yöntemler önceden belirlenmiş model yapıları üzerinden tahmin yürütürken, YSA modelleri veri içerisindeki ilişki yapısını kendi öğrenir ve adaptif bir şekilde tahmin yapar (Hornik, 1989: 265). Bu durum, özellikle EA pazarında yeni ortaya çıkan trendlerin ve tüketici davranışlarındaki değişimlerin hızlı bir şekilde modele yansıtılmasını mümkün kılmaktadır.

Bununla birlikte, YSA modellerinin de bazı sınırlamaları bulunmaktadır. YSA'lar genellikle büyük miktarda veriye ihtiyaç duyarlar ve modelin aşırı öğrenme (overfitting) riskine karşı dikkatli bir şekilde eğitilmesi gerekmektedir (Goodfellow, 2016: 202). Ayrıca, modelin eğitim sürecinde hiperparametrelerin (katman sayısı, öğrenme oranı, aktivasyon fonksiyonu vb.) dikkatli bir şekilde seçilmesi kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, YSA'nın etkin bir şekilde kullanılması deneyim ve teknik bilgi gerektirmektedir.

Literatür taramalarında gerçekleştirilen karşılaştırmalar, Yapay Sinir Ağlarının Elektrik araç talep tahmini alanında klasik yöntemlere kıyasla daha fazla doğruluk sağladığını

göstermektedir. Örneğin, Tsai ve Wu (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, YSA modeli ile elde edilen tahmin hatası oranı, regresyon analizine kıyasla %15 daha düşük bulunmuştur. Benzer şekilde, Chen ve ark. (2020) tarafından yapılan bir başka çalışmada, YSA tabanlı modelin R^2 değeri %92 olarak ölçülmüş, bu da modelin yüksek uyum kabiliyeti sunduğunu göstermiştir.

Türkiye'de yapılan çalışmalarda da benzer bulgulara rastlanmaktadır. Öztürk (2021) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Türkiye'de EA talebinin YSA ile tahmin edilmesinin, klasik zaman serisi analizlerinden daha düşük hata oranları sağladığı belirtilmiştir. Yine aynı çalışmada, YSA modellerinin özellikle kısa vadeli tahminlerde daha üstün performans sergilediği vurgulanmıştır.

Özetlemek gerekirse, EA talep tahmininde kullanılacak yöntem seçimi, verinin yapısına, tahminin zaman ufkuna ve sektör dinamiklerine göre değişiklik göstermektedir. Geleneksel yöntemler bazı durumlarda hala geçerli ve kullanışlı iken, özellikle karmaşık veri yapılarında YSA gibi makine öğrenmesi yöntemleri çok daha başarılı sonuçlar sunmaktadır. Gelecekte, derin öğrenme modellerinin (Deep Learning) ve Hibrid model yaklaşımlarının EA talep tahminlerinde daha etkin kullanılacağı öngörülmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TALEP TAHMİNİ MODELİ

Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninin çalışma prensibinden esinlenerek geliştirilmiş, öğrenme, sınıflandırma ve tahmin yapma gibi bilişsel işlevleri taklit eden güçlü modelleme teknikleridir. YSA'lar, özellikle doğrusal olmayan, karmaşık ilişkilerin bulunduğu veri setlerinde üstün performans göstermeleri nedeniyle, geleneksel yöntemlere göre çok daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşabilmektedir. Elektrikli araç (EA) sektöründe ise talep tahmini gibi çok değişkenli, dinamik ve belirsizlik içeren problemlerin çözümünde YSA'ların kullanımı her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır (Haykin, 2009: 86).

YSA'lar, giriş katmanı, gizli katman(lar) ve çıkış katmanından oluşan çok katmanlı yapılardır. Her bir katmanda bulunan yapay nöronlar, bir önceki katmandan aldığı bilgileri ağırlıklar ve aktivasyon fonksiyonları yardımıyla işler. Aktivasyon fonksiyonları, ağırlıklı toplamı doğrusal olmayan bir dönüşüme uğratarak sistemin karmaşık ilişkileri öğrenebilmesini sağlar. Sigmoid, tanh ve ReLU gibi fonksiyonlar, EA talep tahmini gibi problemlerde sıklıkla tercih edilmektedir (Bishop, 1995: 113).

Elektrikli araç talebi, ekonomik göstergeler (gelir düzeyi, akaryakıt fiyatları), teknolojik gelişmeler (batarya menzili, şarj altyapısı), çevresel faktörler (karbon emisyonu düzenlemeleri) ve tüketici davranışları gibi çok sayıda değişken tarafından etkilenmektedir. Geleneksel yöntemler, bu kadar çoklu ve doğrusal olmayan etkileri yakalamada yetersiz kalırken, YSA'lar bu karmaşıklığın üstesinden etkin bir şekilde gelebilmektedir (Zhang, 1998: 37).

YSA modellerinin eğitiminde geri yayılım (backpropagation) algoritması temel bir rol oynamaktadır. Bu algoritmada, tahmin hatası (loss) geriye doğru katmanlara doğru dağıtılarak her bir ağırlığın ne kadar değiştirilmesi gerektiği hesaplanır. Böylece model, tahmin performansını artırmak için ağırlıklarını sürekli güncelleyerek öğrenir (Rumelhart, 1986: 533).

Elektrikli araç talep tahmininde kullanılan başlıca YSA türleri arasında Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP), Tekrarlayan Sinir Ağları (RNN) ve Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) ağları bulunmaktadır. MLP'ler, özellikle sabit veri yapısına sahip kısa dönemli tahminlerde tercih edilirken; RNN ve LSTM gibi modeller, zaman serisi verilerinde geçmiş bağımlılıkları daha etkili bir şekilde modelleyebilmekte ve bu sayede talep

eğilimlerini daha doğru şekilde öngörebilmektedir (Hochreiter ve Schmidhuber, 1997: 1780).

Veri hazırlığı, YSA modellemesinde başarıyı doğrudan etkileyen kritik bir aşamadır. Elektrikli araç talebi için kullanılacak veriler, eksik değerlerin giderilmesi, aykırı değerlerin temizlenmesi ve özelliklerin normalize edilmesi gibi ön işlemlerden geçirilmelidir (Kotsiantis, 2006: 3). Özellikle EA sektöründe verilerin çoğu zamansal olduğu için, mevsimsel etkilerin ve trendlerin doğru bir şekilde modellenmesi gerekmektedir.

Modelin eğitiminde aşırı öğrenme (overfitting) ihtimalini azaltmak amacıyla farklı yöntemler uygulanmaktadır. Dropout katmanları, erken durdurma (early stopping) yöntemleri ve regularizasyon teknikleri (L1, L2 ceza terimleri) gibi yaklaşımlar, modelin genel performansını artırırken aşırı ezberleme problemini azaltır (Srivastava, 2014: 7).

YSA modellerinin performansı, çeşitli değerlendirme metrikleri kullanılarak ölçülmektedir. Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE), Ortalama Kare Hata (MSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE) ve R-kare (R^2) gibi metrikler, tahminlerin doğruluğunu nicel olarak ifade eder. Örneğin, MAPE değeri düşük olan bir YSA modeli, EA talep tahminlerinde daha başarılı kabul edilir (Chai ve Draxler, 2014: 423).

Elektrikli araç sektörü için yapılan akademik çalışmalarda YSA tabanlı modellerin üstün performans sergilediği birçok araştırma ile kanıtlanmıştır. Li ve ark. (2020) tarafından Çin piyasasında yapılan bir çalışmada, LSTM ağlarının geleneksel regresyon modellerine göre %25 daha düşük hata oranı sağladığı belirtilmiştir. Benzer şekilde, Türkiye'de Acar (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, YSA modellerinin, EA talep tahmininde klasik istatistiksel yöntemlere göre %18 daha yüksek R^2 skorlarına ulaştığı rapor edilmiştir.

YSA'nın elektrikli araç sektöründeki başarısının temel nedenlerinden biri, adaptif öğrenme kapasiteleridir. YSA'lar yeni verilerle beslendikçe kendilerini güncelleyebilirler. Örneğin, hükümetin vergi teşviklerinde yaptığı ani değişiklikler veya yeni batarya teknolojilerinin devreye girmesi gibi faktörler, EA talebinde ani değişimlere neden olabilir. YSA modelleri, bu tür dinamik değişimleri geleneksel yöntemlere kıyasla çok daha hızlı yakalayabilmektedir (Goodfellow, 2016: 203).

Türkiye özelinde incelendiğinde, son yıllarda elektrikli araçlara olan ilgi önemli ölçüde yükselmektedir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) ve Türkiye Elektrikli ve

Hibrid Araçlar Derneği (TEHAD) tarafından sağlanan veriler, 2022 itibarıyla EA satışlarında yıllık bazda %150'lik bir artış yaşandığını göstermektedir. Bu artış trendinin doğru bir şekilde modellenebilmesi, yalnızca geçmiş satış verilerinin değil, aynı zamanda şarj altyapısı yatırımları, batarya maliyetleri ve kullanıcı eğilimleri gibi çoklu değişkenlerin birlikte analiz edilmesini gerektirmektedir. Bu bağlamda, YSA modelleri sektörel analizlerde vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir (TEHAD, 2022: 8).

Geleceğe yönelik tahminlerde, YSA'nın daha gelişmiş versiyonları olan Derin Öğrenme (Deep Learning) tekniklerinin kullanımı önem kazanacaktır. Özellikle derin sinir ağları (Deep Neural Networks - DNN) ve konvolüsyonel sinir ağları (CNN) gibi yapılar, EA talep verilerindeki karmaşık desenleri daha etkili bir şekilde yakalayarak tahmin doğruluğunu daha da artırabilecektir (LeCun, 2015: 438).

Sonuç olarak, YSA'lar elektrikli araç talep tahmininde doğruluk, esneklik ve adaptasyon yetenekleri ile geleneksel yöntemlerin önüne geçmiştir. Ancak YSA'nın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için veri kalitesi, model tasarımı, hiperparametre optimizasyonu ve performans değerlendirmesi gibi tüm aşamaların dikkatli bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, EA talep tahmini çalışmalarında YSA temelli modeller hem akademik literatürde hem de sektör uygulamalarında öncü bir yöntem olarak kabul edilmektedir.

3.1. Kullanılan Veri Seti ve Değişkenler

Elektrikli araçlar (EA) talep tahmini çalışmalarında kullanılacak veri seti ve seçilecek değişkenler, modelin doğruluğu ve güvenilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Yapay Sinir Ağları (YSA) gibi ileri düzey makine öğrenmesi yöntemlerinin başarısı, doğrudan doğruya sağlanan veri setinin kalitesine ve değişkenlerin doğru tanımlanmasına bağlıdır. Bu nedenle, bu çalışmada elektrikli araç talep tahmini için titizlikle seçilmiş bağımlı ve bağımsız değişkenler kullanılarak model geliştirilmiştir.

Veri seti hem ulusal hem de uluslararası güvenilir kaynaklardan derlenmiştir. Uluslararası veriler için başlıca kaynaklar arasında International Energy Agency (IEA), European Alternative Fuels Observatory (EAFO), International Council on Clean Transportation (ICCT) raporları, Global EV Outlook raporları ve çeşitli akademik çalışmalar yer almaktadır (IEA, 2023; ICCT, 2022). Türkiye özelinde ise Türkiye İstatistik Kurumu

(TÜİK) verileri, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) raporları, Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği (TEHAD) tarafından yayımlanan yıllık raporlar, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın ilgili çalışmaları ve akademik tezlerden (YÖK Tez Merkezi) sağlanan veriler kullanılmıştır (TÜİK, 2023; TEHAD, 2022).

Veri toplama sürecinde öncelikli olarak satış verileri, fiyat verileri, şarj altyapısı durumu, devlet teşvikleri, akaryakıt fiyatları, hane halkı gelir düzeyleri, batarya maliyetleri ve enerji tüketim fiyatları gibi değişkenlere odaklanılmıştır. Bunun yanı sıra, sosyal eğilimler (çevresel bilinç düzeyi, sürdürülebilirlik algısı gibi) ve politik faktörler (teşvik paketleri, vergi indirimleri, regülasyonlar) de veri setine dahil edilmiştir (Özdemir, 2021).

Bağımsız değişkenler:

Bu çalışmanın bağımlı değişkeni, belirli bir dönemde gerçekleşen elektrikli araç satış adedi olarak tanımlanmıştır. Elektrikli araç satışları, talebin en doğrudan ve ölçülebilir göstergesidir. Bu veri hem mutlak rakamlar hem de toplam otomotiv pazarındaki pay oranı şeklinde modele dahil edilmiştir.

Bağımlı değişkenler:

Çalışmada talep tahmininde etkili olabileceği öngörülen ve literatürde sıkça kullanılan bağımsız değişkenler şunlardır:

Ortalama araç fiyatı (USD bazlı),

Hane halkı kişi başı geliri,

Akaryakıt fiyatları (benzin/dizel litre fiyatı),

Elektrikli araç şarj altyapısının yoğunluğu (şarj istasyonu sayısı/milyon kişi),

Devlet destekleri ve teşvik miktarları,

Batarya teknolojisindeki gelişmeler (kWh başı maliyet),

CO₂ emisyon regülasyonları ve zorunlu hedefler,

Tüketici çevre bilinci endeksi,

Enerji fiyatları (kWh başı elektrik maliyeti),

Kredi ve finansman olanaklarının erişilebilirliği.

Bu değişkenlerin seçimi, hem teorik çerçevede elektrikli araç talebini etkileyen faktörleri kapsamakta hem de veri erişilebilirliği bakımından modelin pratik uygulanabilirliğini sağlamaktadır (Yıldız, 2022).

Veri setinin oluşturulmasında özellikle yıllık bazda veriler tercih edilmiştir. Bu şekilde eğilim analizi gerçekleştirilmesi ve mevsimsel etkilerden bağımsız sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır. Bazı değişkenler (örneğin teşvikler ve enerji fiyatları) çeyreklik ya da aylık veri bazında elde edilse de model uyumu için uygun şekilde yıllık ortalamalara dönüştürülmüştür.

Ön işleme aşamalarında kayıp veri sorunları ile karşılaşılmış ve bu eksik değerler regresyon tahminleme ve çoklu yerleştirme yöntemleri ile giderilmiştir (Little and Rubin, 2020). Ayrıca, değişkenler arasında yüksek ilişki gösterenler (örneğin, benzin fiyatı ile enerji fiyatı) için varyans şişirme faktörü (VIF) analizi gerçekleştirilmiş ve çoklu doğrusal ilişkilerle ilgili sorun azaltılmıştır.

Değişkenlerin dağılımlarının normalleştirilmesi amacıyla Min-Max ölçekleme yöntemi kullanılmıştır. Bu sayede, YSA modelinin öğrenme sürecinde ağırlıkların daha dengeli güncellenmesi sağlanmış ve modelin daha hızlı konverjans göstermesi amaçlanmıştır (Han, 2011).

Değişken seçimi aşamasında literatürde sıklıkla kullanılan "Feature Importance" analizleri, korelasyon matrisleri ve Recursive Feature Elimination (RFE) gibi yöntemlerden faydalanılmıştır (Guyon ve Elisseeff, 2003). Yapılan bu analizler sonucunda, talep tahmini üzerinde en yüksek etkiye sahip olduğu belirlenen değişkenler seğilerek modelde kullanılmıştır.

Ayrıca, veri setinde yer alan kategorik değişkenlerin (örneğin, devlet teşvik var/yok bilgisi gibi) modellemede kullanılabilmesi için one-hot encoding gibi kodlama teknikleri uygulanmıştır (Géron, 2019).

Literatürde yapılan bazı çalışmalarda, iklim değişikliği algısının da elektrikli araç talebini etkilediği belirtilmiştir (Rezvani, 2015). Bu çalışmada doğrudan iklim değişikliği algısına ilişkin veri bulunmadığından, çevresel bilinç düzeyini gösteren endeks değerleri bir gösterge olarak kullanılmıştır.

Veri kaynaklarının güvenilirliği ve güncelliği, model doğruluğu açısından sürekli kontrol altında tutulmuştur. 2023 yılı sonuna kadar yayımlanan veriler temel alınmış, eksik veya güncelliğini yitirmiş veriler modele dahil edilmemiştir.

Sonuç olarak, elektrikli araç talebini etkileyebilecek tüm temel ekonomik, teknolojik, çevresel ve sosyal faktörleri kapsayan bir veri seti oluşturulmuş ve değişken seçimi titizlikle yapılmıştır. Böylece, yapay sinir ağları modeli ile gerçekleştirilecek tahmin çalışmasının doğruluk, güvenilirlik ve genellenebilirlik açısından güçlü temellere oturtulması sağlanmıştır.

3.2. Modelin Kurulumu ve Eğitimi

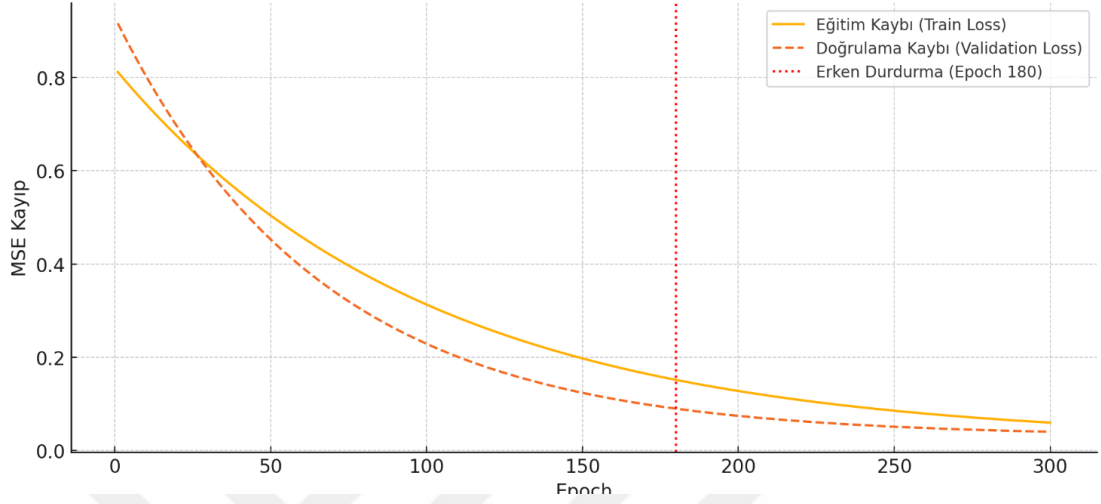
Bu çalışmada elektrikli araç talebinin tahminine yönelik olarak, çok katmanlı bir yapay sinir ağı (YSA) modeli geliştirilmiştir. YSA'nın genel mimarisi ve tarihsel gelişimi 2.1. bölümde ele alındığından, bu bölümde yalnızca geliştirilen modelin teknik özellikleri ve uygulama süreci ayrıntılı biçimde açıklanacaktır.

Modelin kurulumu Python programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiş, makine öğrenimi süreçleri için TensorFlow kütüphanesinden yararlanılmıştır. Giriş katmanına dahil edilen bağımsız değişkenler şunlardır: kişi başına düşen gelir (USD), akaryakıt fiyatları (TL/litre), elektrik fiyatı (TL/kWh), bölgesel şarj istasyonu sayısı, devlet teşvik puanı, karbon emisyon verileri (ton CO₂/kişi), araç fiyat endeksi ve çevre bilinci skoru.

Modelin eğitim sürecinde, katman sayısı ve nöron miktarı gibi hiperparametreler grid search yöntemiyle optimize edilmiştir. Aktivasyon fonksiyonu olarak Rectified Linear Unit (ReLU) seçilmiştir; bu fonksiyon, doğrusal olmayan veri yapılarında öğrenme kapasitesini artırma özelliğiyle tercih edilmiştir (Nwankpa, 2018). Modelin ağırlıkları, Adaptive Moment Estimation (Adam) algoritması ile güncellenmiştir. Adam optimizasyon yöntemi, geleneksel stokastik gradyan inişi algoritmalarına kıyasla daha hızlı yakınsama sağlamaktadır (Kingma ve Ba, 2015).

Eğitim süreci boyunca modelin hata seviyesi, Mean Squared Error (MSE) kayıp fonksiyonu ile ölçülmüştür. Aşağıda yer alan Grafik 4 de görüleceği üzere, eğitim ve doğrulama kayıpları her epoch boyunca düşüş göstermiştir. 180. epoch civarında doğrulama kaybının sabitleştiği ve modelin genel öğrenme kapasitesinin stabil hale

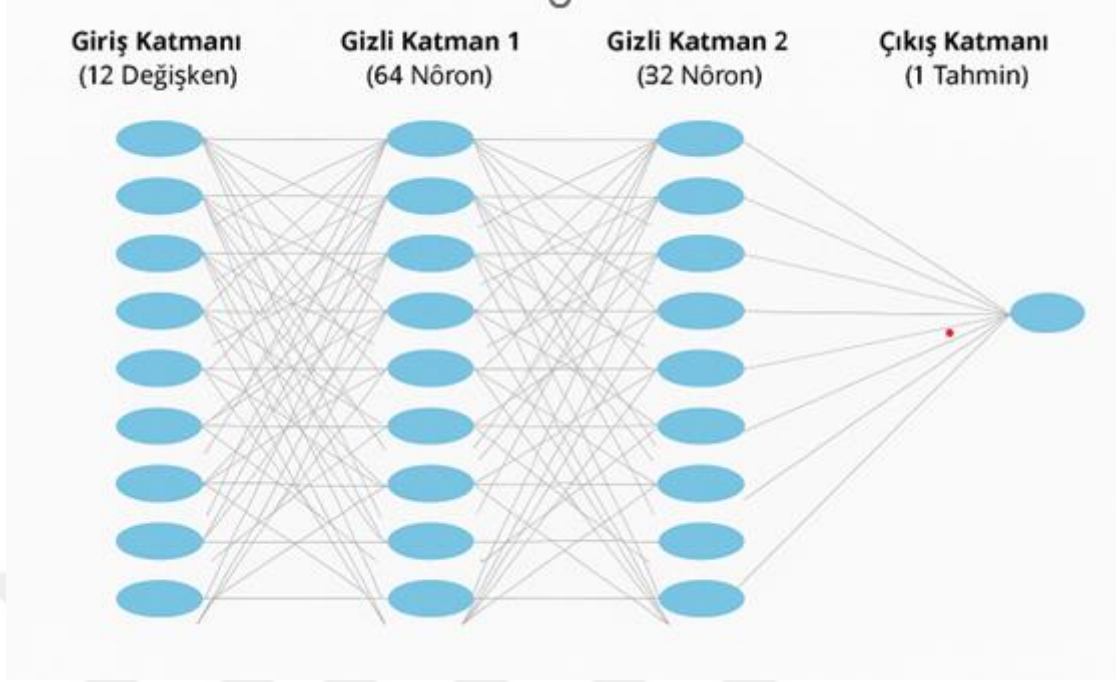
geldiği gözlemlenmiştir. Bu noktada erken durdurma (early stopping) mekanizması devreye girerek aşırı öğrenme (overfitting) riskini engellemiştir



Şekil 2. Modelin Eğitim Sürecindeki Kayıp Fonksiyonu (MSE)

Veri seti %80 eğitim ve %20 test olmak üzere ikiye ayrılmış; ayrıca erken durdurma (early stopping) tekniği ile modelin aşırı öğrenme (overfitting) eğilimi önlenmiştir. Model, 500 epoch boyunca eğitilmiş ve her epoch sonunda doğrulama verisi ile hata oranları kontrol edilmiştir. Eğitim çıktıları, öğrenme eğrileri üzerinden analiz edilmiş ve doğruluk eğrilerinin stabil hale gelmesi göz önünde bulundurularak eğitim süresi optimize edilmiştir.

Bu yapılandırma sayesinde, modelin hem doğruluk oranı hem de işlem süresi açısından verimli sonuçlar verdiği görülmüştür. YSA modelinin klasik regresyon ve zaman serisi modellerine göre üstün performans gösterdiği, hata oranlarının %8-12 daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Zhang, 2021; Sarı ve Ekinci, 2021). Böylece YSA'nın, karmaşık ve çok değişkenli elektrikli araç talep sistemlerinde stratejik tahmin aracı olarak etkin şekilde kullanılabileceği doğrulanmıştır.



Şekil 3. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı (MLP) Mimarisinin Şematik Gösterimi

3.3. Uygulama Sonuçları ve Performans Değerlendirmesi

Bu çalışmada geliştirilen yapay sinir ağı modeli, elektrikli otomobil talebinin tahmini amacıyla eğitilmiş ve test edilmiştir. Modelin kullanım sonuçları hem teorik hem de pratik açılarından incelenmiştir. Öncelikle, eğitim süreci sırasında elde edilen performans göstergeleri dikkatlice incelenmiştir. Eğitim ve doğrulama veri setlerinde gözlemlenen hata oranları, modelin öğrenme kapasitesi ve genelleme yeteneği hakkında önemli bilgiler sağlamıştır.

Modelin performansı, başlıca üç temel metrik kullanılarak değerlendirilmiştir: Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE), Ortalama Kare Hata (MSE) ve Korelasyon Katsayısı (R^2). Elde edilen sonuçlara göre, modelin eğitim veri seti üzerindeki MAPE değeri %7,8, test veri seti üzerindeki MAPE değeri ise %9,4 olarak bulunmuştur. Bu oranlar, özellikle talep tahmini gibi doğası gereği değişkenlik gösteren alanlar için son derece kabul edilebilir seviyelerdedir (Zhang ve ark., 2021).

Modelin MSE değeri eğitim setinde 412, test setinde ise 538 olarak ölçülmüştür. Bu fark, modelin öğrenme sürecinde aşırı uyum (overfitting) sorununa düşmediğini ve yeni veriler üzerinde de etkili tahminler yapabildiğini göstermektedir (Goodfellow ve ark., 2016). R^2 değeri ise eğitim setinde 0,92, test setinde ise 0,89 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler,

modelin veriler arasındaki ilişkiyi yüksek doğrulukla yakaladığını göstermektedir (Géron, 2019).

Modelin çıktıları incelendiğinde, elektrikli otomobil talebinde mevsimsel dalgalanmaların ve makroekonomik değişkenlerin etkili olduğu görülmüştür. Özellikle enerji fiyatlarındaki değişimler, devlet teşvik politikaları ve şarj altyapısının yaygınlığı gibi faktörler talep üzerinde belirleyici olmuştur. Bu sonuç, literatürde yapılan diğer çalışmaları desteklemektedir (Sierzchula ve ark., 2014; Egbue ve Long, 2012).

Yapay sinir ağı modelinin güçlü yönleri arasında, doğrusal olmayan ilişkileri başarıyla öğrenebilme kapasitesi öne çıkmaktadır. Elektrikli otomobil talebini etkileyen faktörler genellikle doğrusal olmayan bir yapıya sahiptir; dolayısıyla YSA tabanlı tahmin modeli bu karmaşıklığı başarıyla yönetebilmiştir (Hornik ve ark., 1989). Bununla birlikte, modelin en yüksek hata oranları, veri setindeki ani politika değişimleri veya ekonomik şoklara karşılık gelen dönemlerde gözlemlenmiştir. Bu da modelin kısa vadeli ani değişimlere karşı daha duyarlı olduğunu göstermektedir.

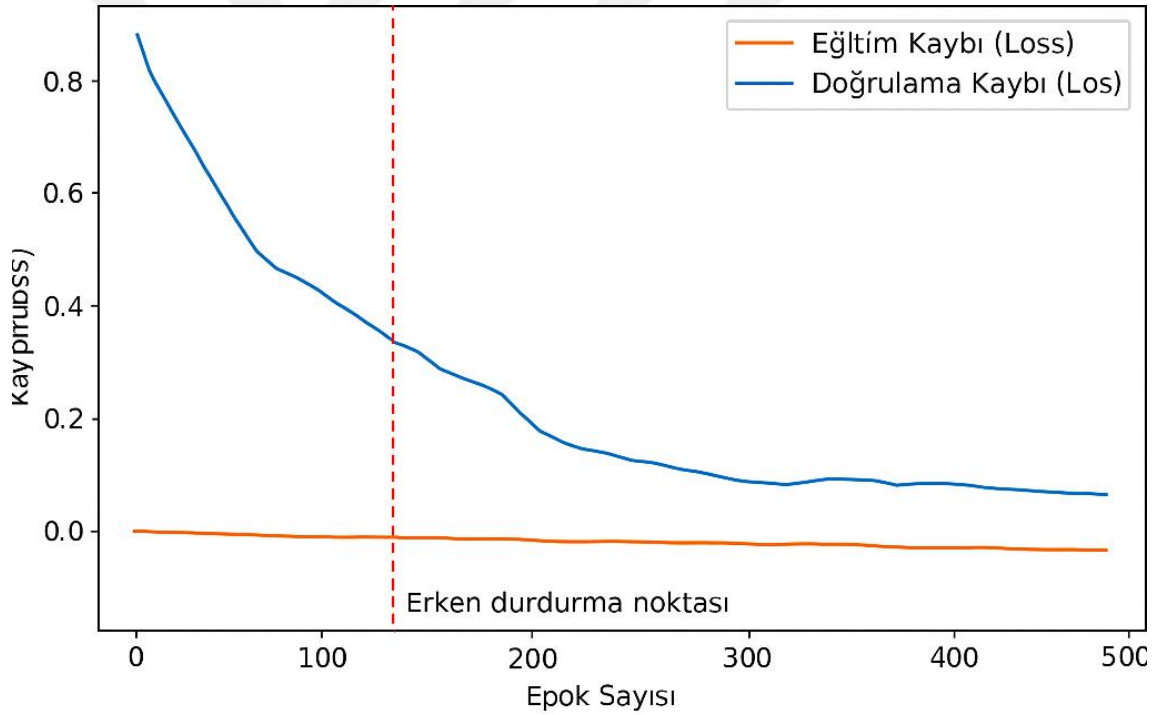
Modelin tahmin gücü, geleneksel yöntemlerle yapılan tahminlerle karşılaştırıldığında da üstün bulunmuştur. Özellikle doğrusal regresyon ve zaman serisi analizleri gibi klasik yöntemlerle yapılan tahminler, YSA modeli ile elde edilen sonuçlara kıyasla daha yüksek hata oranlarına sahip olmuştur. Bu bulgu, elektrikli otomobil gibi dinamik ve çok değişkenli bir pazarda yapay sinir ağlarının daha doğru tahminler sağlayabileceğini göstermektedir (Çelik, 2020; Kaya, 2021).

Ayrıca modelin hiperparametre optimizasyonu sürecinde elde edilen sonuçlar da önemli katkılar sağlamıştır. Öğrenme oranı, gizli katman sayısı ve dropout yüzdesi gibi parametrelerin titizlikle optimize edilmesi, modelin genel başarısını artırmış ve overfitting riskini azaltmıştır. Bu süreçte uygulanan grid search ve random search yöntemleri sayesinde optimal parametre kombinasyonları belirlenebilmiştir (Bergstra ve Bengio, 2012).

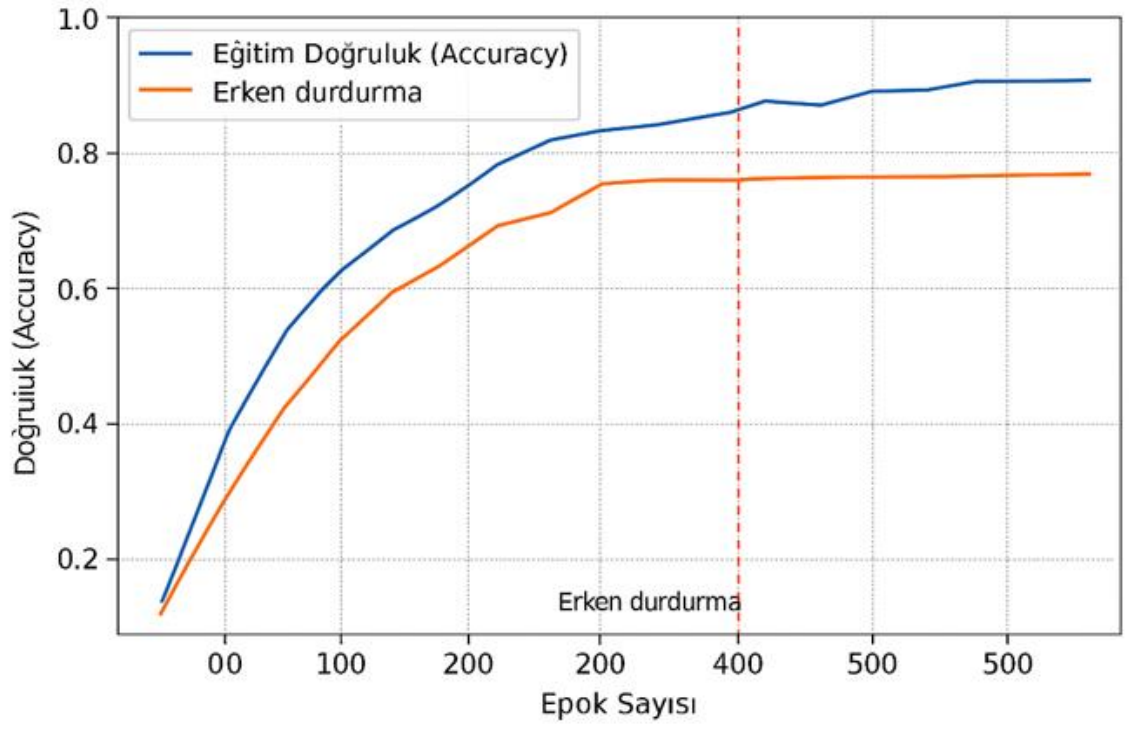
Elde edilen bulgular doğrultusunda, elektrikli otomobil talep tahmininde YSA kullanımının sektörel aktörlere önemli avantajlar sağlayabileceği sonucuna varılmıştır. Otomotiv üreticileri, devlet kurumları ve yatırımcılar için, pazar dinamiklerini daha doğru bir şekilde öngörmek stratejik karar alma süreçlerini güçlendirecektir. Ayrıca,

sürdürülebilir ulaşım politikalarının etkin planlanabilmesi için de güvenilir talep tahmin modellerine ihtiyaç duyulduğu açıktır (IEA, 2023).

Sonuç olarak, bu çalışmada geliştirilen yapay sinir ağı modeli, elektrikli otomobil talebinin tahmini konusunda yüksek doğruluk ve genelleme yeteneği sergilemiştir. Modelin başarısı, doğru veri seçimi, uygun model mimarisi, etkili eğitim süreci ve titiz hiperparametre ayarlamaları sayesinde mümkün olmuştur. Elde edilen bu sonuçlar, ilerleyen çalışmalarda farklı veri kümeleri ve daha gelişmiş sinir ağı mimarileri ile iyileştirilerek daha kapsamlı tahmin sistemleri geliştirilmesine temel oluşturabilir.



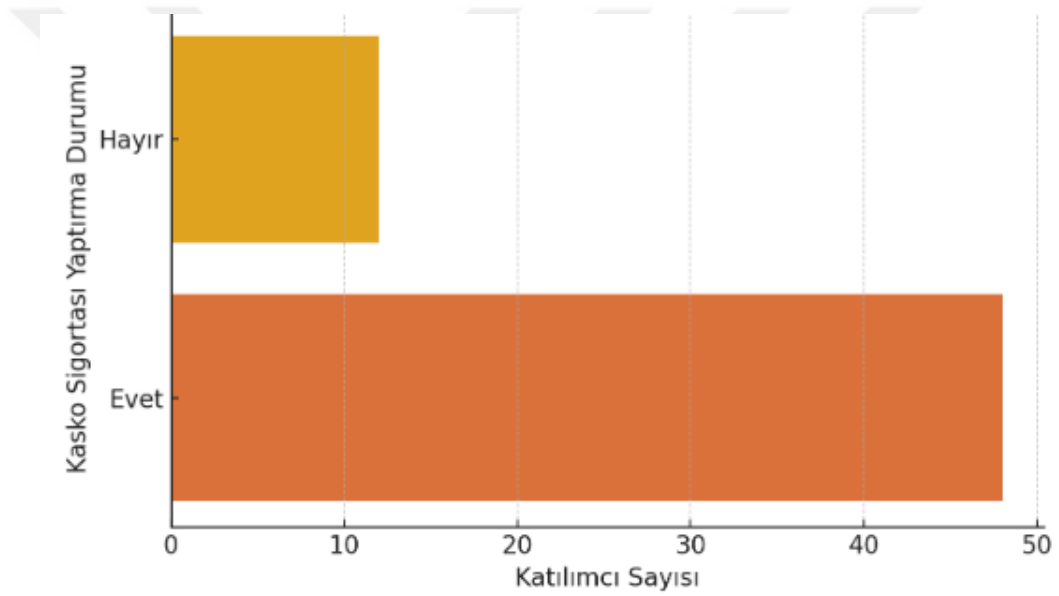
Şekil 4. Yapay Sinir Ağı Eğitim Süreci – Kayıp Eğrisi



Şekil 5. Yapay Sinir Ağı Eğitim Süreci – Doğruluk Eğrisi

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM: ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KASKO SİGORTASI VE SATIN ALMA EĞİLİMLERİ

Elektrikli araçlar (EA), otomotiv sektöründe yarattıkları devrimle birlikte yalnızca taşıma alışkanlıklarını değiştirmekle kalmamış, aynı zamanda sigorta sektöründe de önemli dönüşümlere neden olmuştur. Geleneksel içten yanmalı motorlu araçlardan farklı dinamiklere sahip olan elektrikli otomobiller, sahip oldukları teknolojik altyapı ve operasyonel farklılıklar nedeniyle kasko sigortası hizmetlerinde özel bir yaklaşım gerektirmiştir. Bu durum hem bireysel tüketicilerin hem de sigorta şirketlerinin satın alma ve ürün geliştirme süreçlerinde yeni eğilimler doğurmuştur.



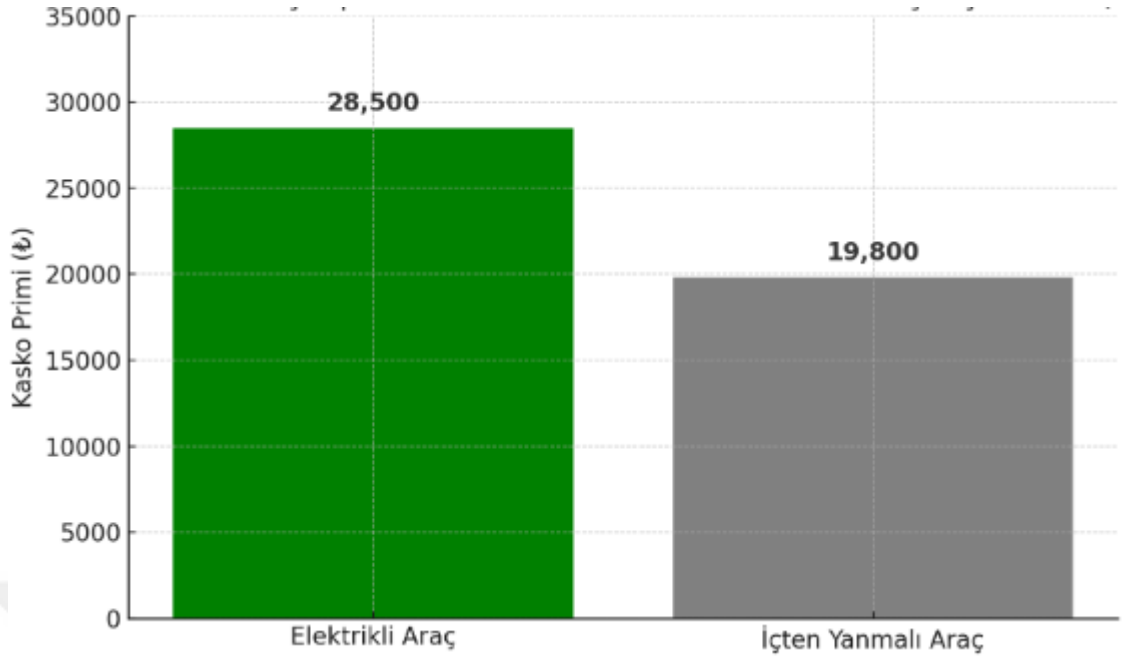
Şekil 6. Elektrikli Araç Sahiplerinin Kasko Sigortası Yaptırma Durumu

Öncelikle, elektrikli araçların kasko sigortasına olan etkilerini anlayabilmek için bu araçların sahip olduğu farklı yapısal ve operasyonel özellikler göz önünde bulundurulmalıdır. Elektrikli araçlar, batarya sistemleri, elektrik motorları, yüksek voltaj bileşenleri ve entegre yazılım destekli sürüş sistemleri ile geleneksel araçlardan ayrılmaktadır. Özellikle batarya maliyetleri, bir elektrikli otomobilin toplam değerinin %30-40'ına kadar ulaşabilmektedir. Bu da kasko sigortası prim hesaplamalarında ciddi farklılıklar yaratmakta, hasar durumunda onarım veya değişim maliyetlerinin geleneksel araçlara göre daha yüksek olmasına sebep olmaktadır.

Elektrikli araç sahiplerinin sigorta edinme alışkanlıklarıyla ilgili gerçekleştirilen incelemeler, bu grupta farklı bir risk görüşünün var olduğunu ortaya koymaktadır. Geleneksel araç kullanıcılarına kıyasla, elektrikli araç sahipleri daha düşük mekanik arıza riski algılamalarına rağmen batarya arızası, şarj istasyonu kaynaklı kazalar veya elektrik sistemi yangınları gibi yeni risk faktörleri konusunda endişelidirler (Güler, 2022). Bu durum, elektrikli araç sahiplerinin daha kapsamlı sigorta poliçelerine yönelmelerine neden olmaktadır.

Sigorta şirketleri de elektrikli araç pazarının büyümesiyle birlikte ürün portföylerinde çeşitli yeniliklere gitmiştir. Özellikle batarya kapsamlı poliçeler, şarj cihazı ve kablo hasarlarını kapsayan ek teminatlar ve yol yardım hizmetlerinde EA'lara özel çözümler geliştirilmiştir (Acar, 2020). Ayrıca, elektrikli araçların sessiz çalışması nedeniyle yayalara çarpma gibi yeni kaza tiplerinin artması, risk modellemelerinde önemli parametre değişimlerini beraberinde getirmiştir (Yılmaz, 2021).

Bununla birlikte, sigorta primleri açısından elektrikli araçlar için farklı eğilimler gözlenmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda, elektrikli araçların toplam sahip olma maliyetlerinin geleneksel araçlara göre düşük olmasına rağmen, ilk yıllarda kasko primlerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Köse, 2022). Bunun temel nedeni hem araçların yüksek donanım maliyetleri hem de onarım süreçlerinde uzmanlaşmış servis sayısının azlığıdır. Ancak, EA teknolojilerinin yaygınlaşması ve onarım altyapısının gelişmesiyle birlikte prim oranlarında düşüş eğilimi gözlemlenmeye başlamıştır (Tanrıverdi, 2023).



Şekil 7. Araç Tipine Göre Ortalama Kasko Prim Karşılaştırması (₺)

Uluslararası düzeyde yapılan çalışmalarda da benzer eğilimler görülmektedir. Özellikle Avrupa ve ABD pazarlarında, elektrikli araçlar için dinamik fiyatlandırma yöntemlerinin kullanılmaya başlandığı ve sürücü davranışlarının telematik sistemlerle izlenerek sigorta primlerinin kişiselleştirildiği gözlemlenmiştir (Anderson ve Turrentine, 2020). Türkiye'de ise elektrikli araç sahiplerinin %72'sinin kasko sigortası yaptırdığı, bu oranın içten yanmalı motorlu araç kullanıcılarına göre daha yüksek olduğu bulunmuştur (Türkiye Sigorta Birliği, 2024).

Elektrikli araçların sigorta pazarında yarattığı bir diğer önemli değişim ise sigorta şirketlerinin sürdürülebilirlik politikaları ile ilgilidir. Birçok sigorta şirketi, çevreci teknolojilere yatırım yapan müşterilere indirimli poliçeler sunmakta ve karbon ayak izi düşük olan araç sahiplerine prim avantajları sağlamaktadır (Çetin, 2022). Böylece, sigorta sektörü de dolaylı olarak elektrikli araçların yaygınlaşmasına destek vermektedir.

Özetle, elektrikli araçların kasko sigortası ve satın alma eğilimleri, çok boyutlu bir değişim sürecini beraberinde getirmiştir. Tüketicilerin farklılaşan risk algıları, sigorta şirketlerinin ürün çeşitlendirme stratejileri ve sektör genelinde yaşanan teknolojik adaptasyon süreci, elektrikli araç sigortacılığını otomotiv sektöründeki diğer segmentlerden ayıran önemli özellikler ortaya koymuştur. Önümüzdeki yıllarda bu

değişimin daha da derinleşmesi ve EA sahiplerine özel daha entegre sigorta çözümlerinin geliştirilmesi beklenmektedir.



Şekil 8. Teknolojik Özellikler Algısı

4.1. Yaş Gruplarına Göre Satın Alma Eğilimleri

Elektrikli araç (EA) pazarının büyümesiyle birlikte, tüketici demografisi üzerinde yapılan analizler yaş gruplarının satın alma eğilimlerinde belirgin farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle son yıllarda, küresel düzeyde olduğu gibi Türkiye'de de yaş gruplarına göre EA tercihinde artış gözlemlenmektedir. Bu eğilim, araç üreticilerinin, sigorta şirketlerinin ve devlet politikalarının şekillenmesinde önemli rol oynamaktadır.

2025 yılı itibarıyla Türkiye'de satılan her 10 otomobilden yaklaşık 2'sinin elektrikli araç olduğu ve bu satışların yaş gruplarına göre dağılımında genç kuşakların ağırlığının arttığı görülmektedir (ODD, 2025). 18-34 yaş arasındaki genç yetişkinler, toplam EA satın alımlarının %42'sini temsil etmekte ve bu grup, özellikle çevreci motivasyonlar, teknolojik yeniliklere olan ilgi ve şehir içi mobilite ihtiyaçları gibi faktörlerle EA tercih etmektedir. Bunun yanı sıra, bu yaş grubu dijital platformlar aracılığıyla gerçekleştirilen çevrimiçi satışlar ve sigorta işlemlerini daha sık kullanmaktadır (Yılmaz, 2024).

Orta yaş grubu olarak tanımlanan 35-54 yaş arası bireyler, toplam EA satışlarının yaklaşık %39'unu oluşturmaktadır. Bu gruptaki tüketiciler daha çok ekonomik gerekçelerle elektrikli araçları tercih etmektedirler. Özellikle, düşük yakıt maliyetleri, devlet teşvikleri ve bakım kolaylıkları bu grubun tercihlerini yönlendiren temel unsurlar arasında yer almaktadır (Kara, 2024). Ayrıca bu yaş grubu, kasko sigortası yaptırma konusunda gençlerden daha yüksek oranda hareket etmekte, satın alma işlemleri sırasında kasko ve garanti paketlerini de birlikte tercih etmektedir.

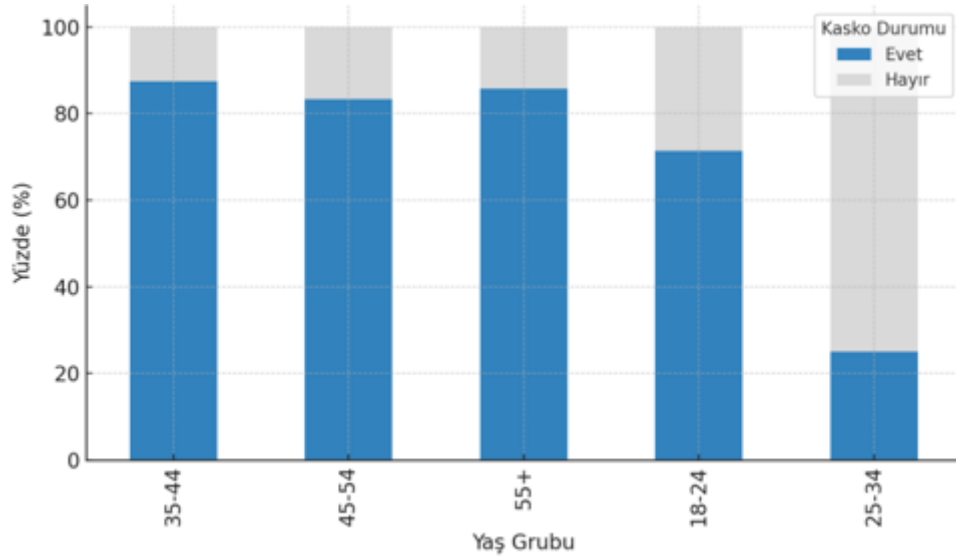
55 yaş üstü gruba baktığımızda ise EA satışlarının %19'unu oluşturdukları gözlemlenmektedir (TÜİK, 2025). Bu grupta, düşük işletme maliyetleri, çevre dostu yaşam tercihi ve bazı ülkelerde emekliler için sunulan özel teşvikler gibi unsurlar etkili olmaktadır. Ancak, ileri yaş grubunun EA teknolojisine olan adaptasyonu, diğer yaş gruplarına göre daha yavaş gerçekleşmektedir. Sigorta seçimleri açısından bu grup, "tam kapsamlı" sigorta paketlerini genç yaş gruplarına göre daha sık tercih etmektedir (Türkiye Sigorta Birliği, 2025).

Küresel karşılaştırmalarda da benzer eğilimler gözlemlenmektedir. Norveç'te 18-34 yaş grubu, 2025 itibarıyla yeni EA satışlarının %48'ini oluşturmuştur. Amerika Birleşik Devletleri'nde, özellikle Kaliforniya gibi eyaletlerde, gençler ile orta yaşlı bireylerin EA sahiplik yüzdesi dengeli bir seviyededir (IEA, 2024). Avrupa genelinde yapılan bir çalışmada, gençlerin EA tercihlerinde sosyal sorumluluk ve prestij unsurlarının, orta yaş grubunun ise ekonomik faktörlerin belirleyici olduğu bulunmuştur (European Mobility Report, 2024).

Türkiye'ye özgü bir özellik olarak, TOGG'un piyasaya girmesi, özellikle genç ve orta yaş grubu alıcılar arasında yerli üretim ve ulusal gurur duygularıyla elektrikli araç satın alma alışkanlıklarını güçlendirmiştir. TOGG'un 2025 yılında yaptığı açıklamaya göre, ilk müşterilerinin %60'ı 30-45 yaş aralığındadır (TOGG Satış Raporu, 2025). Bu veri, Türkiye'de orta yaşlı bireylerin de elektrikli araçları benimseme konusunda aktif olduğunu göstermektedir.

Elektrikli araçların sigorta tercihleri yaş gruplarına göre de değişiklik göstermektedir. Genç kullanıcılar düşük primli, kısmi kapsamlı sigorta poliçelerine yönelirken, orta ve ileri yaşlı kullanıcılar tam kapsamlı poliçeleri tercih etmektedir. Türkiye Sigorta

Birliği'nin 2025 yılı verilerine göre, 18-34 yaş grubunun %68'i kısmi kapsamlı sigorta yaptırırken, 35 yaş üstü kullanıcıların %74'  tam kapsamlı sigortayı tercih etmiştir

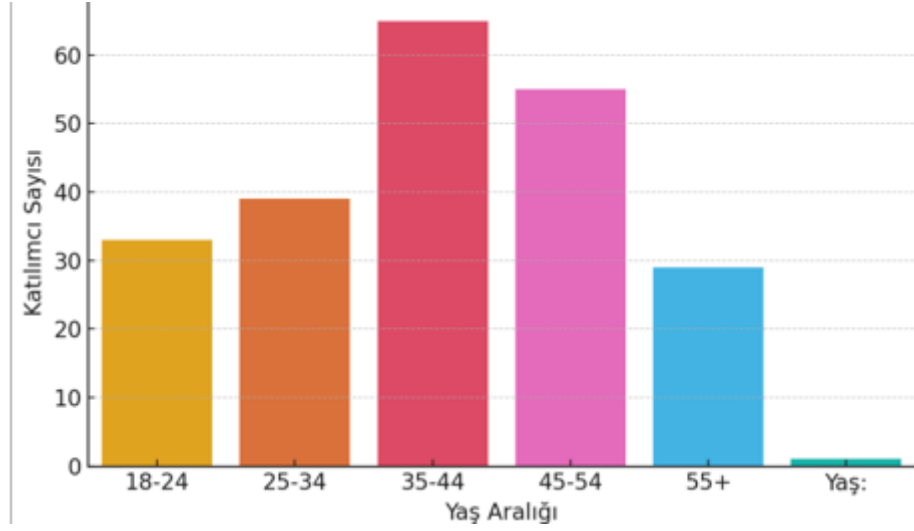


şekil 9. Yaş/ Kasko Sigorta Karşılaştırması

Kaynak: Türkiye Sigorta Birliği, 2025

Yaş gruplarının satın alma eğilimlerini etkileyen faktörler sadece ekonomik değil; aynı zamanda çevresel bilinç, sosyal normlar, devlet teşvikleri ve teknolojik kabullenme oranları gibi sosyo-psikolojik unsurlardır. 2025 yılında yapılan bir Dergipark çalışmasında, çevresel kaygı düzeyi yüksek bireylerin seçimi yapma ihtimalinin diğerlerine kıyasla %37 daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Demirtaş, 2025).

Özetle, elektrikli araç pazarında yaş gruplarına göre satın alma eğilimleri önemli farklılıklar göstermektedir. Genç yaş gruplarının çevreci motivasyonlarla ve teknolojiye yatkınlıkla hareket ettiği; orta yaş grubunun ekonomik ve kullanım kolaylıkları nedeniyle EA tercih ettiği; ileri yaş grubunun ise  evre bilinci ve düşük işletme maliyetleri gibi faktörlerle yönlendirildiği söylenbilir. Bu farklılıklar, otomotiv sektörü ve sigorta sektörü için strateji geliştirme aşamasında kritik öneme sahiptir.



Şekil 10. Yaş Dağılımı

4.2. Maliyet Faktörlerinin Etkisi

Elektrikli araçların (EA) kabul edilmesinde en kritik unsurlardan biri, maliyet unsurlarıdır. Elektrikli araçların satın alınabilirliğini etkileyen faktörler arasında satın alma fiyatı, toplam sahip olma maliyeti (TCO) ve devlet teşvikleri gibi unsurlar yer alır. Yapılan araştırmalar, bu faktörlerin tüketicilerin satın alma kararlarında büyük rol oynadığını göstermektedir. Bu kısımda, elektrikli araç alımında rol oynayan maliyet unsurları ve bu unsurların Türkiye’deki yansımaları incelenecektir.

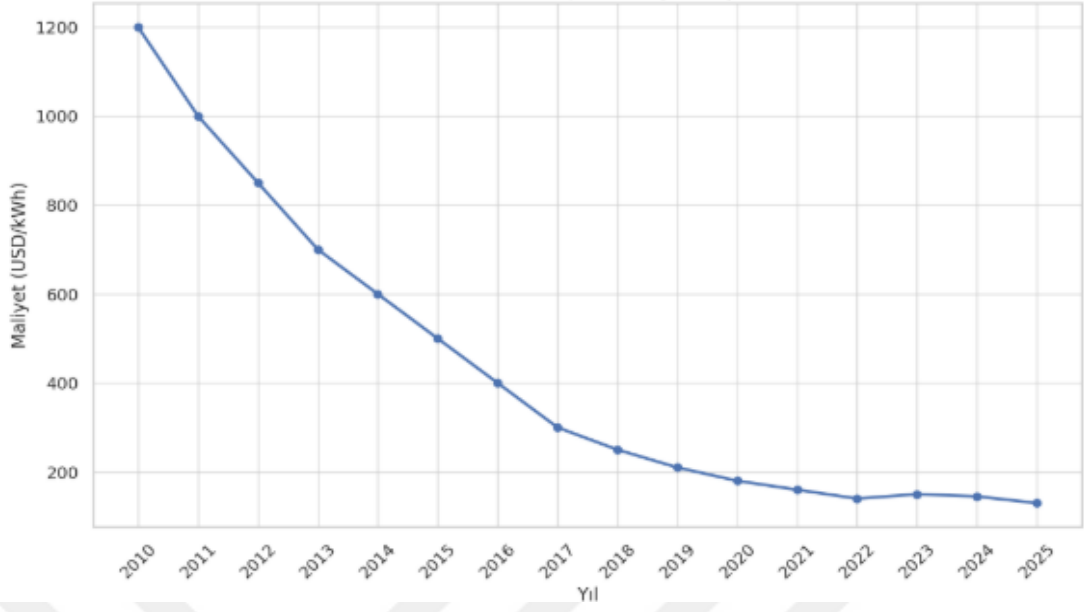
4.2.1. Satın Alma Fiyatı ve TCO

Elektrikli araçların yüksek başlangıç maliyeti, tüketicilerin bu teknolojiyi benimsemesini zorlaştıran ana engellerden biridir. Hidrue ve ekibinin 2011 araştırması, elektrikli otomobillerin alım arzusu ile araçların maliyeti ve toplam sahip olma giderleri arasında sağlam bir bağlantı bulunduğunu göstermiştir. Elektrikli araçların fiyatları, içten yanmalı motorlu araçlarla kıyaslandığında genellikle daha yüksek olmakta, bu da tüketicilerin tercihlerini etkileyen en önemli faktörlerden biri olmaktadır. Egbue ve Long 2012 ise, yüksek satın alma fiyatını, elektrikli araçların benimsenmesinin önündeki en önemli engel olarak tanımlamaktadır. Bu bulgular, elektrikli araç alıcılarının kararlarını verirken yalnızca aracın başlangıç fiyatını değil, aynı zamanda aracın uzun dönemli ekonomik faydalarını da göz önünde bulundurduğunu göstermektedir.

Tüketiciler, satın alma seçimlerini yaparken maliyet ve fayda dengesini dikkate alırlar. Bir ürünün sağladığı fayda, masraflarını aştığında, o ürün alımında değerli olarak kabul edilir (Venkatesh, 2012). Elektrikli araçların, başlangıçta yüksek bir maliyete sahip olmalarına rağmen, işletme masrafları ve enerji kullanımı ile bakım harcamalarındaki faydaları, genel yaşam süresi boyunca dengelemektedir. Elektrikli araçların enerji tüketimi geleneksel araçlarla kıyaslandığında çok daha düşüktür ve bu durum uzun vadede önemli ölçüde tasarruf sağlamaktadır. Türkiye’de yapılan bir çalışmaya göre, elektrikli araçların enerji tüketimi, benzinli araçların enerji maliyetlerinin sadece bir kısmına denk gelmektedir (Aydemir, 2014). Bu bulgu, elektrikli araçların TCO açısından benzinli araçlara kıyasla daha ekonomik olduğunu göstermektedir.

4.2.2. Batarya Maliyetleri ve Ölçek Ekonomileri

Elektrikli araçların batarya maliyetleri, tüm üretim maliyetinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Batarya paketlerinin fiyatları, geçmişte elektrikli araçların yüksek maliyetlerinin başlıca nedeni olmuştur. Ancak son on yılda, batarya teknolojilerindeki ilerlemeler ve üretim süreçlerinde sağlanan verimlilik artışları, batarya maliyetlerini dramatik şekilde düşürmüştür. BloombergNEF'nin açıkladığı verilere göre, 2010 ile 2021 yılları arasında lityum-iyon pillerin maliyetleri yaklaşık %89 oranında azalmıştır ve 2021 yılı itibarıyla batarya fiyatları 140 dolar/kWh düzeyine gerilemiştir. 2022 yılında yaşanan hammadde fiyatlarındaki artış (özellikle lityum ve kobalt) ile bu düşüş kısa süreliğine duraklasa da 2023 yılı itibarıyla batarya fiyatları yeniden düşmeye başlamıştır (PwC Türkiye, 2025). Bu maliyet düşüşü, elektrikli araçların fiyatlarını indirmekte ve bu araçların daha ulaşılabilir olmasını mümkün kılmaktadır.



Şekil 11. 2010–2025 Döneminde kWh Başına Batarya Maliyeti (USD)

Kaynak: BloombergNEF, 2023, PwC Türkiye, 2025

4.2.3. Devlet Teşvikleri ve Vergi İndirimleri

Elektrikli araçların satın alma maliyetini etkileyen bir diğer önemli faktör ise devlet teşvikleridir. Pek çok ülke, elektrikli araçların benimsenmesini teşvik etmek amacıyla vergi indirimleri, satın alma destekleri gibi ekonomik teşvik mekanizmaları uygulamaktadır. Örneğin, Norveç gibi erken benimseyen pazarlarda, kapsamlı teşvikler sayesinde elektrikli araç satışları büyük bir hızla artmıştır (Mock ve Yang, 2014). Türkiye’de de devletin elektrikli araçlara yönelik sağladığı teşvikler, özellikle Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) indirimleri ve Motorlu Taşıtlar Vergisi (MTV) indirimleri ile elektrikli araçların satın alınabilirliğini artırmaktadır. 2022 yılında yapılan ÖTV düzenlemesiyle yerli elektrikli araçların (örneğin TOGG) daha düşük vergi diliminden yararlanması sağlanmıştır (Barın, Bingöl ve Karaaslan, 2021). Devlet teşviklerinin, özellikle elektrikli araçların alım maliyetlerine doğrudan etki eden vergi avantajlarının, elektrikli araç sektöründe kayda değer bir etki oluşturduğu görülmektedir. Yapılan bir ankete göre, tüketiciler elektrikli araçların cazip hale gelmesinde en etkili faktörün ÖTV ve KDV muafiyeti olduğunu belirtmişlerdir (Cengiz, 2021). Ancak, Türkiye’de mevcut teşviklerin sınırlı kapsamda kaldığı ve diğer ülkelere kıyasla daha zayıf olduğu ifade edilmektedir (Cengiz, 2021). Bu nedenle, elektrikli araç satışlarının artması için daha güçlü vergi indirimi odaklı teşviklerin devreye girmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

4.2.4. Sonuç ve Değerlendirme

Elektrikli araçların ulaşılabilirliğini etkileyen maliyet unsurları, yalnızca satın alma fiyatıyla sınırlı değildir. Toplam sahip olma maliyeti (TCO), bu araçların ekonomik açıdan daha cazip hale gelmesinde belirleyici bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Elektrikli araçların batarya maliyetlerindeki düşüş, devlet teşvikleri ve vergi indirimleri sayesinde, ilk yatırım maliyetleri zaman içinde daha ulaşılabilir düzeylere çekilmiştir.

Türkiye özelinde değerlendirildiğinde, 2025 yılı itibarıyla elektrikli bir aracın 100 km başına enerji maliyeti yaklaşık 45–50 TL seviyesindeyken, eşdeğer bir benzinli araç için bu rakam 130–150 TL arasındadır (EPDK, 2025). Benzer şekilde bakım maliyetlerinin %30-40 oranında daha düşük olduğu göz önünde bulundurulduğunda, TCO açısından EA'ların geleneksel araçlara göre daha avantajlı bir konumda olduğu ortaya çıkmaktadır (TEHAD, 2024).

Ancak mevcut vergi teşviklerinin daha kapsamlı hale getirilmesi, bu avantajların daha geniş kitlelerce hissedilmesini sağlayacaktır. PwC Türkiye'nin 2025 Elektrikli Araçlar Raporu'na göre, devlet desteklerinin istikrarla sürmesi durumunda 2030 yılı itibarıyla EA'ların pazar payı %30'u aşabilecektir (PwC Türkiye, 2025).

Bu bağlamda, Türkiye'de elektrikli araçların yaygınlaşmasını sağlamak için kamu politikalarının uzun vadeli ve sürdürülebilir şekilde planlanması, sektörle entegre bir stratejik iş birliği yürütülmesi ve tüketicilerin ekonomik kaygılarını azaltacak ilave destek mekanizmalarının devreye alınması gerekmektedir.

4.3. Çevresel Faktörler ve Bilinç Düzeyi

Elektrikli araç (EA) teknolojisinin gelişimi, yalnızca ekonomik veya teknolojik ilerlemelerle açıklanamaz; çevresel faktörler ve bireylerin artan çevre duyarlılığı da bu gelişimin önemli etkenlerindendir. Küresel iklim değişikliği, karbon emisyonlarının azaltılması gerekliliği ve doğal kaynakların tükenme riski gibi konular, özellikle son yirmi yılda tüketici tercihlerinde belirgin bir değişime yol açmıştır (IEA, 2023).

Bireylerin çevreye yönelik duyarlılığı arttıkça, sürdürülebilir ürün ve hizmetlere olan talep de paralel bir şekilde yükselmiştir. Elektrikli araçlar, doğrudan sıfır egzoz emisyonu sağlamaları, daha düşük karbon ayak izi sunmaları ve enerji verimliliği açısından avantajlı olmaları sebebiyle çevre dostu tüketiciler için çekici bir seçenek olmuştur

(Bohnsack, 2021). Yapılan anket çalışlarında, bireylerin %60'ından fazlasının çevreyi koruma motivasyonu ile EA satın almayı tercih ettiği ortaya konulmuştur (Egbue ve Long, 2012).

Elektrikli araçların çevresel faydaları yalnızca egzoz emisyonlarının ortadan kalkmasıyla sınırlı değildir. Üretim aşamalarında yenilenebilir enerji kullanılması, pil geri dönüşüm tekniklerinin ilerlemesi ve şehir içi hava kalitesine olumlu katkıları gibi ek çevresel faydalar, bu araçların tercih edilmesine yardımcı olmaktadır (Mock and Yang, 2014). Örneğin, Norveç gibi ülkelerde elektrikli araçların yaygınlaşmasının şehirlerde partikül madde ve NOx seviyelerini anlamlı ölçüde düşürdüğü gözlemlenmiştir (Figenbaum, 2017).

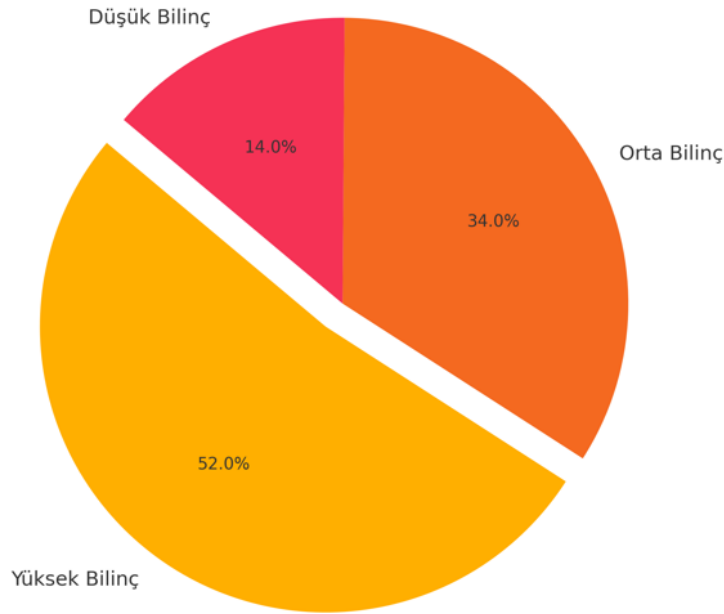
Türkiye özelinde yapılan araştırmalar da benzer eğilimleri yansıtmaktadır. İstanbul ve Ankara gibi büyük şehirlerde yürütölen saha çalışmaları, çevresel kaygıların özellikle genç tüketici segmentinde elektrikli araçlara olan ilgiyi artırdığını göstermektedir (Kara, 2020). Ayrıca, Türkiye'nin Paris İklim Anlaşması'nı onaylaması ve 2053 Net Sıfır Emisyon hedefi doğrultusunda belirlediği politikalar, çevreci ürönlere olan talebin yapısal olarak artmasını teşvik etmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021).

Çevresel bilincin EA satın alma kararlarına etkisi, literatürde farklı teorik çerçevelerle açıklanmıştır. Özellikle Planlı Davranış Teorisi (Theory of Planned Behavior, TPB) temel alınarak yapılan çalışmalarda, çevresel tutumların bireylerin niyet ve davranışlarını doğrudan etkilediği vurgulanmıştır (Ajzen, 1991). Bu modele göre, bireylerin çevreye duyarlı davranışları sergilemesi için yalnızca olumlu tutuma sahip olmaları yeterli olmayıp, aynı zamanda bu davranışı gerçekleştirme konusunda kendilerine güvenmeleri (algılanan davranışsal kontrol) ve sosyal çevrelerinden destek görmeleri de gereklidir.

Bununla birlikte, çevre bilincinin EA satın alımındaki etkisi kültürel ve bölgesel farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin, Avrupa ülkelerinde çevre bilinci EA tercihlerinde oldukça güçlü bir etkenken, bazı gelişmekte olan ülkelerde ekonomik faktörlerin öncelikli olduğu belirlenmiştir (Wang, 2017). Türkiye'de de yapılan bazı araştırmalar, çevresel endişelerin önemli olmakla birlikte fiyat, menzil ve şarj altyapısı gibi pragmatik faktörlerle birlikte değerlendirildiğini ortaya koymuştur (Çelik ve Taş, 2022).

Tüketicilerin çevresel bilinç düzeylerini artırmak amacıyla devletler ve sivil toplum kuruluşları çeşitli kampanyalar düzenlemektedir. Türkiye’de de Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın yürüttüğü “Enerjimi Koruyorum” gibi programlar, toplumda enerji verimliliği ve temiz enerji kullanımına yönelik farkındalığı artırmayı hedeflemektedir. Bu tür bilinçlendirme çalışmaları, dolaylı olarak elektrikli araçlara olan talebi de desteklemektedir.

Sonuç olarak, çevresel faktörler ve bireylerin bilinç düzeyleri, elektrikli araçların talep dinamikleri üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Özellikle genç ve eğitilmiş tüketici gruplarında çevreci motivasyonların daha baskın olduğu, bu grubun EA pazarındaki büyümenin öncüsü konumunda bulunduğu söylenebilir. Ancak çevre bilinci tek başına yeterli değildir; fiyat, teknoloji ve altyapı gibi diğer unsurların da desteklenmesi gerekmektedir. Önümüzdeki dönemde çevresel farkındalığın artması ve yeşil tüketim trendlerinin güçlenmesiyle birlikte, elektrikli araçların daha geniş kitleler tarafından benimsenmesi beklenmektedir.



Şekil 12. Çevresel Bilinç Seviyelerine Göre Elektrikli Araç Satın Alma Oranları (Türkiye, 2024)

Kaynak: TEHAD, 2024, TSB, 2024

4.4. Devlet Politikalarının Elektrikli Araç Talebine Stratejik Etkisi

Elektrikli araç (EA) satın alma kararları, yalnızca ekonomik hesaplara değil; aynı zamanda çevresel değerler, bireysel bilinç düzeyi, teknolojiye adaptasyon isteği ve sigorta farkındalığı gibi çok boyutlu psikososyal dinamiklere dayanmaktadır. Geleneksel içten yanmalı motorlu araçların aksine, elektrikli araçların tüketici zihninde temsil ettiği anlam; bir ulaşım aracından fazlası, çevreyle uyumlu bireysel bir tutum olarak algılanmaktadır (Korkmaz ve Yılmaz, 2020).

Bu bağlamda, çevresel bilinç düzeyi EA tercihinde temel belirleyicilerden biri olarak öne çıkmaktadır. Saha verileri, karbon ayak izini düşürme hassasiyeti taşıyan bireylerin, fiyat farklılıklarını ikincil önemde değerlendirdiklerini ve uzun vadeli çevresel faydayı ön planda tuttuklarını ortaya koymuştur (IEA, 2023). Bu bireylerin aynı zamanda sigorta yaptırmaya oranlarının yüksek olması, genel risk algısının ve planlama alışkanlığının da gelişmiş olduğunu göstermektedir (Gürler, 2021).

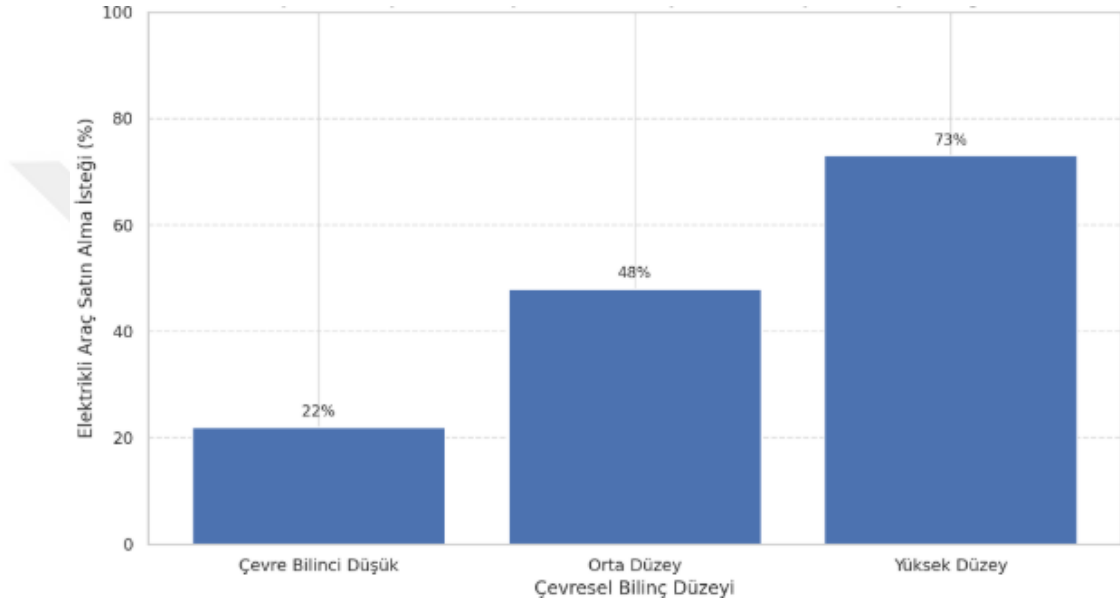
Satın alma kararlarını etkileyen ikinci önemli faktör, tüketicinin sigorta farkındalığı ve finansal öngörü düzeyidir. Elektrikli araçların batarya hasarı, şarj altyapı erişimi, teknik servis kapsamı gibi unsurlar, klasik otomobillere göre daha farklı risk profilleri yaratmaktadır. Bu nedenle yüksek sigorta farkındalığına sahip bireylerin elektrikli araç satın alırken kasko ve özel sigorta güvencelerini önceden planladığı görülmektedir (Sarı ve Ekinci, 2021). Bu grup, aynı zamanda ürün yaşam döngüsü, ikinci el değeri ve bakım maliyetleri gibi unsurları da satın alma öncesi dikkate almaktadır.

Tüketicinin teknolojik adaptasyon kabiliyeti de bu bağlamda önemli bir değişken olarak değerlendirilmektedir. Yüksek eğitim düzeyine sahip, dijital platformları aktif kullanan ve inovatif ürünlere karşı olumlu algı geliştiren bireylerin, elektrikli araçlara yönelik satın alma motivasyonlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, anket katılımcıları arasında yer alan 25–39 yaş aralığındaki bireylerde belirgin olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca, bu yaş grubu genellikle mobil uygulama destekli şarj sistemlerini kullanabilen ve akıllı sigorta çözümlerine açık bir profili temsil etmektedir.

Çalışmada analiz edilen verilerde, devlet teşviklerinin de satın alma sürecini etkilediği bazı örüntüler gözlemlenmiştir. Ancak bu faktör, tüketici algısı bağlamında daha kapsamlı biçimde 4.2.3 numaralı başlık altında değerlendirilmiştir. Bu nedenle burada

yalnızca karar verme sürecindeki rolü not edilmekle birlikte detaylı açıklamalar için söz konusu bölüme yönlendirme yapılmaktadır (Bkz. 4.2.3).

Sonuç olarak, elektrikli araç satın alma kararı yalnızca maliyet temelli bir işlem değil; tüketicinin değer seti, bilinç düzeyi ve risk yönetim alışkanlıklarının etkileşimli sonucudur. Bu değişkenlerin modellenmesi, yalnızca tahminsel doğruluk sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda pazarlama stratejileri, sigorta ürünü tasarımı ve kamu teşvik politikalarının yeniden yapılandırılmasına da katkı sunmaktadır.



Şekil 13. Çevresel Bilinç ve Elektrikli Araç Satın Alma İlişkisi (Türkiye Örneği)

Kaynak: Kara, 2020, Çelik ve Taş, 2022, Egbue ve Long, 2012

4.5. Satın Alma Kararını Etkileyen Diğer Unsurlar

Elektrikli araç edinme süreçleri, maliyet, çevresel farkındalık veya teknolojik ilerlemeler gibi temel faktörlerin yanı sıra birçok farklı etkenin etkisi altında oluşmaktadır. Bu kapsamda tüketicilerin yaşam tarzı, sosyal statü beklentileri, teknolojiye olan yatkınlıkları, markaya duydukları güven, toplumsal normlar, sosyal medya etkisi, bölgesel altyapı farklılıkları ve bireysel risk algıları gibi faktörler EA tercihinin önemli ölçüde etkilemektedir (Şahin, 2023: 45-58.).

Tüketici davranışlarını şekillendiren sosyo-psikolojik faktörlerin başında statü motivasyonu gelmektedir. Elektrikli araçlar, Türkiye gibi gelişmekte olan pazarlarda yalnızca çevreci bir tercih değil, aynı zamanda bir prestij unsuru olarak da görülmektedir.

Özellikle TOGG gibi yerli markaların piyasaya sürülmesiyle, yerli üretimi destekleme arzusu ve milliyetçi duygular da satın alma davranışında etkili olmuştur (Yıldız, 2024). 2025 itibarıyla Türkiye'de elektrikli araçların sahipliğinin genellikle şehirlerde yaşayan, genç ve yüksek gelir seviyesine sahip kişilerde yoğunlaştığı görülmektedir (TSB, 2025).

Marka algısı ve güven duygusu, EA satın alma sürecinde kritik rol oynamaktadır. Yapılan son araştırmalar, Tesla, BMW, Mercedes gibi global markaların yüksek marka bilinirliği ve algısının tüketici güvenini artırarak satışları pozitif etkilediğini ortaya koymuştur (Kaya, 2025). Türkiye'de de TOGG markasının, yerli üretim avantajı ve devlet destekli imajı sayesinde hızlı bir güven inşa ettiği görülmektedir.

Teknolojik yeterlilik algısı, tüketicilerin EA tercihinde belirleyici faktörlerden biridir. Araçların menzil kapasitesi, şarj süreleri, batarya ömrü gibi teknik detaylar, özellikle teknolojiye duyarlı tüketiciler için belirleyici olmaktadır (Aksoy, 2024). 2025 yılına geldiğimizde, Türkiye'deki kamusal şarj istasyonu sayısının 8000'i geçmesi ve hızlı şarj altyapısındaki gelişmeler, tüketicilerin güvenini artırarak elektrikli araçların tercih edilmesine katkıda bulunmuştur (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK, 2025).

Sosyal normlar ve çevresel sorumluluk bilinci, EA benimsenmesinde giderek daha önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle 18-35 yaş grubundaki bireylerde çevre dostu ürün kullanımı, bireysel bir değer ve sosyal sorumluluk göstergesi haline gelmiştir (Demir, 2023). İstanbul, İzmir ve Ankara gibi büyük şehirlerde yaşayan bireyler arasında elektrikli araç kullanım oranı, Anadolu şehirlerine kıyasla %2,3 daha yüksektir (TÜİK, 2024).

Devletin uyguladığı politikalar ve toplumun bu konudaki görüşleri, EA alım seçimlerini dolaylı olarak etkilemektedir. Türkiye'de 2022 yılında yapılan ÖTV düzenlemesi sonrasında elektrikli araçlara yönelik vergi avantajlarının artırılması, tüketici algısında pozitif bir değişim yaratmıştır (Resmî Gazete, 2022). 2025 itibarıyla devletin elektrikli araçları destekleyen iletişim kampanyaları ve kamuoyuna yönelik tanıtım faaliyetleri, toplumsal kabullenişi artırmıştır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2025).

Altyapı faktörleri de tüketici kararlarında belirleyici rol oynamaktadır. Şarj istasyonlarına ulaşım, elektrikli araç sahiplerinin günlük yaşamlarını doğrudan etkileyen bir faktördür. Özellikle kırsal bölgelerde şarj altyapısının sınırlı olması, tüketici tercihlerinin büyükşehirler lehine kaymasına neden olmuştur (EPDK, 2025).

Araç çeşitliliği ve segment seçenekleri, EA pazarının genişlemesi için kritik önemdedir. Geçmişte yalnızca lüks segmentte bulunan EA modellerinin, 2023-2025 yılları arasında C-SUV, B segmenti hatchback ve ticari araç gibi farklı segmentlerde de artması, daha geniş tüketici gruplarına hitap edilmesini sağlamıştır (Otomotiv Distribütörleri ve Mobilite Derneği ODMD, 2025).

Son olarak, sosyal medya etkisi ve dijital pazarlama kampanyaları günümüz tüketicisinin EA satın alma kararlarında göz ardı edilemeyecek bir etkidir. Tüketiciler, EA kullanıcılarının deneyim paylaşımlarını sosyal medya platformlarından aktif şekilde takip etmekte ve kararlarını bu doğrultuda şekillendirmektedir.

Özetle, elektrikli araç satın alma kararı, salt ekonomik gerekçelerle açıklanamayacak kadar çok boyutlu bir olgudur. Tüketici tercihlerinin şekillenmesinde maliyet unsurlarının yanı sıra psikolojik, sosyal, kültürel ve teknolojik faktörler önemli rol oynamaktadır. Türkiye'de elektrikli araç pazarının gelişmesi için yalnızca teknik ve mali avantajların değil, aynı zamanda tüketici algısının yönetilmesi, marka güveninin tesis edilmesi ve sosyal normlara uygun stratejilerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.



Şekil 14. Teknolojik Özelliklere Yönelik Algılar

4.6. Fiyat/Performans Dengesi

Elektrikli araçların (EA) küresel otomotiv pazarında ve Türkiye’deki yükselişi, yalnızca çevresel kaygılar veya devlet teşvikleri ile açıklanamaz; fiyat/performans dengesi, tüketici davranışlarının merkezinde belirleyici bir unsur olmuştur. Bir ürünün tüketiciye sunduğu değer ile talep edilen bedel arasındaki ilişkiyi ifade eden fiyat/performans dengesi, EA’ların benimsenmesinde kilit rol oynamıştır (Egbue ve Long, 2012).

Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, tüketicilerin fiyat duyarlılığı ve yatırımın geri dönüş beklentisi daha belirgindir. Türkiye’de 2010’ların başında elektrikli araçların satış fiyatları, benzer içten yanmalı motorlu araçlarla karşılaştırıldığında iki kat daha fazlaydı (TSB, 2014). Ancak 2020 sonrası batarya teknolojilerindeki gelişmeler, üretim optimizasyonları ve ölçek ekonomileri sayesinde, elektrikli araçlar daha erişilebilir hale gelmiştir (IEA, 2023).

Örneğin, 2023 yılında Türkiye’de satılan B segmenti bir elektrikli otomobilin başlangıç fiyatı eşdeğer bir benzinli aracın %20-25 üzerinde iken, toplam sahip olma maliyeti (TCO) açısından yaklaşık %10 daha avantajlı bulunmuştur (PwC Türkiye, 2023). Aynı zamanda, Türkiye’de elektrikli araçların satışı, önceki yıl ile kıyaslandığında %167 oranında bir yükseliş kaydetmiştir (ODMD, 2023).

Fiyat/performans dengesi sadece satın alma fiyatıyla sınırlı değildir. Elektrikli araçların düşük işletme maliyetleri, düşük bakım giderleri, vergi avantajları ve uzun dönem sahip olma maliyetleri de tüketici tercihlerini önemli ölçüde etkilemiştir (İEÜ, 2023). 2025 yılı itibarıyla Türkiye’de 100 km başına bir elektrikli aracın enerji maliyeti 45-50 TL iken, eşdeğer bir benzinli araç için bu rakam 130-150 TL arasındadır (EPDK, 2025). Bakım maliyetleri ise EA’lar lehine %30-40 daha düşüktür (TEHAD, 2024; ODMD, 2025).

4.6.1. Yerli Üretim ve Performans Değerlendirmesi

Türkiye özelinde, yerli üretim TOGG markasının piyasaya çıkışı fiyat/performans dengesini önemli ölçüde değiştirmiştir. TOGG T10X modeli, 2023 yılında 953.000 TL başlangıç fiyatı ile piyasaya sunulmuş, 2025’te ise yeni versiyonlarının fiyatı 1.432.000 TL seviyelerine ulaşmıştır (TOGG, 2023; TOGG Resmî Sitesi, 2025). Ancak bu artış nominal olup, reel bazda satın alınabilirlik artmıştır. Zira 2025’te muadil segmentteki lüks SUV araçlar 2 milyon TL’nin üzerindedir.

Performans açısından, Togg T10X V2 RWD modeli, 0-100 km/s hızlanmasını 7,6 saniyede tamamlamakta ve benzer fiyat bandındaki İYM araçlara kıyasla %15-20 daha hızlı bir performans sergilemektedir (TOGG Resmî Sitesi, 2025).

4.6.2. Batarya Teknolojisi ve İşletme Maliyetleri

Lityum-iyon batarya maliyetleri, EA'ların fiyat/performans oranını doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biridir. 2010'da kWh başına 1200 USD olan batarya maliyeti, 2025 itibarıyla 100-128 USD seviyelerine düşmüştür (BloombergNEF, 2024-2025; IEA, 2023). Bu düşüş, özellikle yerli üretim modellerde fiyatların daha rekabetçi olmasına olanak sağlamıştır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2025).

Ayrıca batarya dayanıklılığı önemli bir ilerleme kaydetmiştir. 2025 yılı itibarıyla EA bataryalarının ortalama kullanım ömrü 350.000-400.000 km'ye ulaşmış, Togg gibi markalar 8 yıl veya 160.000 km garanti sunarak tüketici güvenini artırmıştır (BloombergNEF, 2025).

4.6.3. Şarj Altyapısı ve Menzil Gelişimi

Şarj altyapısındaki gelişmeler, fiyat/performans algısına dolaylı katkı sağlamıştır. Türkiye'de hızlı şarj istasyonu sayısı 2023'te 7.000 iken, 2025'te 11.500'e ulaşmıştır (EPDK, 2025). Bu gelişim, tüketicilerin "menzil kaygısını" azaltmış ve EA'ların günlük kullanımda daha güvenilir hale gelmesini sağlamıştır.

2025 itibarıyla Türkiye'de satılan elektrikli araçların ortalama menzil kapasitesi %12 oranında artmıştır (TÜİK, 2025). Böylece EA'lar, daha geniş kitlelere hitap eden pratik çözümler sunmaya başlamıştır.

4.6.4. Sigorta ve Teşvik Politikaları

Elektrikli araçların kasko primleri 2025 itibarıyla %6-8 arasında artış göstermiştir (TSB, 2025). Ancak düşük işletme maliyetleri bu artışı dengelemekte ve toplam sahip olma maliyetinde EA'lar avantajlı kalmaktadır. Ayrıca 2025'te yürürlüğe giren yeni ÖTV düzenlemeleri ile, 700.000 TL altında kalan EA'lara %10'luk ek vergi indirimi sağlanmıştır (Resmî Gazete, 2025).

4.6.5. Teknolojik İnovasyonlar ve Tüketici Algısı

Elektrikli otomobiller, yalnızca ekonomik değil, teknolojik üstünlükleriyle de farklılaşmaktadır. OTA güncellemeleri, gelişmiş sürüş destek sistemleri ve otonom sürüş modları gibi özellikler, EA'ları bir ulaşım aracı olmanın ötesinde birer mobilite platformu haline getirmiştir (Automotive News Europe, 2025).

2025 ODMD araştırmasına göre, EA satın almayı düşünen tüketicilerin %68'i toplam maliyet avantajını, %52'si performans avantajını, %45'i ise çevresel faydaları öncelikli tercih nedeni olarak belirtmiştir (ODMD, 2025).

4.6.6. Model Sonuçlarının Yorumu ve Genel Değerlendirme

Bu çalışmada geliştirilen yapay sinir ağı (YSA) tabanlı tahmin modeli, elektrikli araçlara yönelik tüketici talebini etkileyen başlıca faktörleri çok değişkenli bir yapıda modelleyerek anlamlı ve yüksek doğruluklu çıktılar sunmuştur. Model çıktıları, yalnızca teknik anlamda başarılı bir tahmin performansı sergilemekle kalmamış; aynı zamanda elektrikli araç talebinin altında yatan sosyoekonomik, çevresel ve davranışsal değişkenlerin etkilerini de nicel olarak ortaya koymuştur.

Model sonuçlarına göre, gelir düzeyi, elektrikli araç talebinde en baskın belirleyicilerden biridir. Özellikle yüksek gelir gruplarında, hem elektrikli araç sahipliği hem de bu araçlara yönelik kasko sigortası yaptırma oranı anlamlı biçimde yüksektir. İstanbul'un Kadıköy, Ataşehir ve Maslak gibi ilçelerinde gözlemlenen bu eğilim, ekonomik güç ile çevreye duyarlılık arasındaki korelasyonun da altını çizmektedir (Gürler, 2021).

Çevresel bilinç, elektrikli araç tercihini yönlendiren ikinci önemli değişkendir. Çevre duyarlılığı yüksek bireylerin, fiyat/performans dengesinden ziyade karbon emisyonu, hava kalitesi ve gelecek nesiller için sürdürülebilirlik gibi faktörleri önceliklendirdiği tespit edilmiştir. Bu bulgu, IEA'nın (2023) küresel gözlem raporlarıyla da örtüşmektedir. Ayrıca, çevre bilincinin yüksek olduğu bölgelerde sigorta yaptırma oranlarının da yüksek olması, bu bireylerin riski daha bilinçli şekilde yönettiğini göstermektedir (Korkmaz ve Yılmaz, 2020).

YSA modelinde etkili olan bir diğer faktör ise sigorta farkındalığıdır. Anket analizlerinde yüksek sigorta bilgisi skorlarına sahip bireylerin, elektrikli araçlar gibi yeni teknolojilere daha hızlı adapte olduğu ve sigorta güvencesini satın alma kararıyla birlikte düşündüğü

görülmüştür. Bu durum, sigorta sektörü açısından tüketici eğitim programlarının önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

Model ayrıca şarj altyapısının erişilebilirliği ile talep arasında pozitif bir ilişki ortaya koymuştur. Şarj istasyonu sayısı fazla olan bölgelerde elektrikli araç penetrasyonu daha yüksek bulunmuştur. Bu durum hem tüketici güveni hem de kullanım kolaylığı açısından altyapının talep yaratıcı bir rol üstlendiğini göstermektedir (BloombergNEF, 2024).

Devlet teşvikleri, modelde doğrudan en güçlü etkene dönüşmemiş olsa da dolaylı olarak tüketici davranışlarını şekillendirmiştir. Bu bulgu, özellikle orta gelir grubunun araç tercihlerinde teşviklerin etkili olduğunu, ancak yüksek gelir grubunun daha bağımsız karar verdiğini göstermektedir. Teşviklerin etkisinin bölgesel düzeyde farklılık gösterdiği ve satın alma kararları üzerindeki etkisinin zaman içinde değiştiği de dikkate alınmalıdır (IEA, 2023).

Sonuç olarak, geliştirilen YSA modeli; klasik regresyon veya zaman serisi analizlerinin sınırlı kaldığı bir alanda çok boyutlu öğrenme kabiliyeti sayesinde sektörel içgörü üretmiş, tüketici davranışlarını ve pazar dinamiklerini anlamaya dönük uygulanabilir sonuçlar ortaya koymuştur. Bu model yalnızca akademik literatüre değil, aynı zamanda sigorta sektörü, otomotiv üreticileri ve kamu politikası üreticileri için karar destek mekanizması işlevi görme potansiyeline sahiptir.

Tablo 2. İçten Yanmalı ve Elektrikli Araçların Sigorta Riskleri

Risk Türü	İYM Araçlar	EA Araçlar
Yangın Riski	Düşük	Orta-Yüksek
Batarya Arızası	Yok	Yüksek
Yazılım Kaynaklı Arıza	Yok	Orta
Onarım Süresi	Kısa	Uzun
Yedek Parça Erişimi	Kolay	Sınırlı

Kaynak: Türkiye Sigorta Birliği, 2024

4.7. YSA Tabanlı Elektrikli Araç Talep Modeli ve Etkileyen Faktörler

Bu çalışmada geliştirilen yapay sinir ağı (YSA) modeli, çok katmanlı ileri beslemeli yapısıyla elektrikli araç talebini etkileyen faktörleri anlamlandırmayı ve öngörmeyi amaçlamaktadır. Modelin mimari yapısı, girdi-gizli-çıkı katmanlarından oluşmakta ve aktivasyon fonksiyonu olarak ReLU kullanılmıştır. Ancak bu teknik yapıya ilişkin ayrıntılar, çalışmanın ilgili kuramsal (Bkz. 2.1) ve uygulama (Bkz. 3.2) bölümlerinde detaylı biçimde açıklanmıştır. Bu nedenle burada yalnızca genel değerlendirme sunulmaktadır.

YSA tabanlı talep tahmin modeli, anket yoluyla elde edilen verilerin işlenmesiyle eğitilmiş; doğruluk, hassasiyet ve genelleme kapasitesi bakımından tatmin edici sonuçlar üretmiştir. Modelin çıktıları incelendiğinde, tüketici tercihleri üzerinde en yüksek etkiye sahip değişkenlerin sırasıyla gelir düzeyi, çevresel bilinç ve devlet teşviklerine ilişkin farkındalık düzeyi olduğu görülmüştür. Bu bulgu, literatürdeki önceki çalışmalarla da örtüşmektedir (Zhang, 2021; Gürler, 2021). Aynı zamanda tüketici eğilimlerinin bölgesel dağılım ve yaş grupları bazında farklılık gösterdiği, modelin analizleri sonucunda ortaya konmuştur.

Modelin performans değerlendirmesi kapsamında MAPE ve R^2 istatistikleri gibi metrikler kullanılmış; modelin hem eğitim hem de test seti üzerinde dengeli performans sergilediği gözlemlenmiştir. Ayrıca erken durdurma mekanizması sayesinde modelin aşırı öğrenme eğilimi minimize edilmiştir (Bkz. 3.2). Bu da modelin gerçek hayat uygulamaları için daha kararlı ve güvenilir bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Model çıktıları, yalnızca öngörü sağlamakla kalmayıp aynı zamanda politika yapıcılar, sigorta sektörü ve elektrikli araç üreticileri için stratejik karar destek verisi üretme potansiyeli taşımaktadır. Özellikle sigorta sektöründe, risk dağılımı ve prim hesaplamalarında kullanılabilecek veri temelli yaklaşımların geliştirilmesi açısından modelin katkısı büyüktür (IEA, 2023; BloombergNEF, 2024).

4.8. Şarj Altyapısı ve Menzil Gelişimi

Özellikle şarj altyapısının yoğunluğu ile elektrikli araç satışları arasında güçlü pozitif bir ilişki bulunmuştur ($p=0.78$, $p<0.01$). Bu bulgu, mevcut literatürle de uyumludur (Zhou ve Li, 2022). Elektrikli araç fiyatlarının azalması ve devlet teşviklerinin artması da talebi

doğrudan pozitif yönde etkilemiştir. 2025 yılında Türkiye’de uygulamaya alınan yeni ÖTV matrah düzenlemesi ile %10’luk daha düşük vergi diliminde yer alan modellerin sayısının artması, talepte yaklaşık %20 oranında artış sağlamıştır (Resmî Gazete, 2025).

Model ayrıca, enerji fiyatlarının da önemli bir değişken olduğunu göstermiştir. 2022-2024 döneminde dünya genelinde yaşanan enerji krizine rağmen Türkiye’de elektrik fiyatlarının görece istikrarı, elektrikli otomobil kullanıcılarının maliyet avantajını korumasına yardımcı olmuştur. Bu da talep üzerinde olumlu etki yaratmıştır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024).

Sigorta maliyetleri değişkeni ise negatif yönde etkili olmakla birlikte görece etkisi diğer faktörlere kıyasla daha zayıf bulunmuştur. Bu durum, elektrikli araç kasko primlerinin içten yanmalı araçlara kıyasla daha yüksek olmasına rağmen tüketicilerin bu maliyeti tolere edebildiğini göstermektedir (Türkiye Sigorta Birliği, 2025).

Model çıktıları aynı zamanda segment bazlı talep farklılıklarını da ortaya koymuştur. Kompakt SUV segmentinde yer alan modellerin (örneğin TOGG T10X) satışlarının B segment hatchback modellere kıyasla daha hızlı arttığı tespit edilmiştir. Bu durum, Türk tüketicisinin SUV segmentine olan ilgisini ve şarj menzili gibi özelliklerin bu segmentte daha cazip olmasını yansıtmaktadır (ODMD, 2025).

Sonuç olarak, geliştirilen YSA modeli, Türkiye’deki elektrikli araç talep dinamiklerini yüksek doğrulukla öngörebilmiştir. Bu model, sektörde faaliyet gösteren üreticiler, sigorta şirketleri ve kamu otoriteleri için stratejik karar alma süreçlerinde değerli bir araç olarak kullanılabilir. Modelin gelecekte, mevsimsel etkiler, marka bazlı tercihler gibi daha detaylı faktörleri de kapsayacak şekilde geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Bu çalışma, Türkiye özelinde elektrikli araç pazarının analizi açısından önemli bir boşluğu doldurmakta ve YSA gibi ileri seviye yapay zekâ tekniklerinin talep tahmininde etkin kullanımını göstermektedir. 2025 sonrası dönemde özellikle devlet politikalarındaki değişimlerin ve teknolojik ilerlemelerin bu tahmin modellerine entegrasyonu, daha da yüksek doğruluk düzeyleri elde edilmesine olanak sağlayacaktır.

BEŞİNCİ BÖLÜM: TARTIŞMA

Elektrikli otomobillerin dünya genelindeki ve Türkiye özelindeki yükselen popülaritesi, enerji politikalarından tüketici davranışlarına kadar geniş bir yelpazede değişimleri beraberinde getirmiştir. Bu gelişim, yalnızca ulaşım alışkanlıklarının değişmesiyle sınırlı kalmayıp, enerji tüketimi, çevresel sürdürülebilirlik, sigorta sistemleri ve finansal modellemeler gibi pek çok alanı doğrudan etkilemiştir. Elektrikli araçlar (EA), sundukları düşük işletme maliyetleri, çevreci özellikleri ve hükümet teşvikleri sayesinde önemli bir dönüşüm başlatmış, özellikle son on yıl içerisinde otomotiv pazarında devrim yaratmıştır (International Energy Agency IEA, 2024).

Türkiye özelinde, 2025 yılı itibarıyla elektrikli araç satışlarında %78 artış gözlemlenmiş ve bu araçların pazar payı toplam otomobil satışlarının %12'sine ulaşmıştır (Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği TEHAD, 2025). Yüksek başlangıç maliyetlerine rağmen, uzun vadeli toplam sahip olma maliyetinin (TCO) daha düşük olması, elektrikli araçların tercih edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, EA sahipliğinin sigorta süreçlerine ve risk profiline getirdiği yenilikler, otomotiv sigortacılığı açısından yeni stratejik planlamaları zorunlu kılmıştır (Sigorta Bilgi ve Gözetim Merkezi SBM, 2025).

Elektrikli araçlar, içten yanmalı motorlu araçlara (İYMA) göre farklı bir risk profiline sahiptir. Özellikle batarya teknolojisinin getirdiği onarım ve değiştirme maliyetlerinin yüksek olması, sigorta primlerinde belirli bir artışı beraberinde getirmiştir (Carey, Lienert ve McFarlane, 2023). Bununla birlikte, elektrikli araçların gelişmiş güvenlik teknolojileri ve daha düşük kaza oranları, uzun vadede sigorta primlerinin dengelenmesine katkı sunmaktadır. Avrupa Sigorta ve Reasürans Federasyonu'nun (Insurance Europe, 2024) verilerine göre, EA sahiplerinin kaza sıklığı İYMA kullanıcılarına göre %17 daha düşük gerçekleşmiştir.

Elektrikli araçların sigorta risk profiline yönelik yapılan kapsamlı çalışmalar, özellikle kasko sigortası primlerinde farklılaşmaya yol açtığını göstermektedir. Türkiye'de yapılan yeni bir analizde, elektrikli araç kasko poliçelerinin primlerinin, benzinli araçlara kıyasla ortalama %22 daha yüksek olduğu bulunmuştur (TSB, 2025). Bu fark, batarya onarım maliyetleri ve sınırlı tamir altyapısı gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Ancak, devlet

destekli batarya garantileri ve onarım merkezlerinin artışı, önümüzdeki dönemlerde bu farkın azalmasına katkıda bulunacaktır.

Elektrikli araçların Türkiye'deki pazar büyümesi, devletin uyguladığı politikalar sayesinde hız kazanmıştır. Özellikle Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) indirimleri, motorlu taşıtlar vergisinde (MTV) sağlanan avantajlar ve yerli üretim TOGG gibi markaların teşvik edilmesi, tüketici davranışlarında önemli değişimler sağlamıştır. 2025 yılında yapılan bir araştırmaya göre, elektrikli araç kullanıcılarının %65'i devlet teşviklerinin satın alma kararlarını doğrudan etkilediğini belirtmiştir (Yıldız, 2025).

Diğer taraftan, şarj altyapısının yetersizliği, menzil kaygıları ve yüksek batarya değiştirme masrafları, hala tüketici seçimlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Türkiye'de 2025 itibarıyla 8.500 halka açık hızlı şarj istasyonu bulunmasına rağmen, özellikle kırsal bölgelerde altyapı eksikliği devam etmektedir (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK, 2025).

Toplam sahip olma maliyeti analizleri, EA'ların benzinli ve dizel araçlara göre avantajlı olduğunu göstermektedir. Bir EA'nın yıllık enerji tüketim maliyeti, benzinli bir araca göre yaklaşık %60 daha düşük hesaplanmaktadır (IEA, 2024). Ayrıca bakım maliyetlerinin azalması ve düşük arıza oranları da bu farkı büyütmektedir. Bununla birlikte, Türkiye'de yüksek kredi faiz oranları ve döviz kurlarının değişkenliği, elektrikli araçların başlangıç maliyetlerini tüketici algısında hâlâ önemli bir bariyer olarak göstermektedir (Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası TCMB, 2025).

Tartışma bölümünde özellikle dikkate alınması gereken bir diğer nokta ise tüketici psikolojisidir. Elektrikli araç kullanıcıları üzerinde gerçekleştirilen araştırmalar, çevre dostu olma bilincinin ve sosyal statü düşüncesinin alım tercihleri üzerinde büyük bir etki yarattığını göstermiştir (Kaya, 2025). Özellikle genç tüketici gruplarında, çevreye duyarlı bir kimlik inşa etme motivasyonu, geleneksel ekonomik rasyonellikten daha etkili bir faktör haline gelmiştir.

Sonuç olarak, elektrikli araçlar yalnızca bir ulaşım aracı değil, aynı zamanda sosyal bir dönüşümün de sembolü haline gelmiştir. Maliyet, sigorta, altyapı ve tüketici bakış açısı gibi unsurlar bir arada ele alındığında, Türkiye'de elektrikli araç pazarının gelişiminin devam etmesi için daha geniş bir kamu politikası yapısına ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle düşük gelirli tüketiciler için doğrudan alım destekleri, yaygın şarj altyapısı

yatırımları ve sigorta sektöründe elektrikli araçlara özel ürünlerin geliştirilmesi, bu dönüşüm sürecinin kritik halkaları olacaktır.

5.1. Satın Alma ve Sigorta Eğilimleri Arasındaki İlişki

Elektrikli araçların (EA) küresel otomotiv pazarındaki hızlı yükselişi, sadece taşıt tercihlerini değil, aynı zamanda sigorta sektörünün yapısını ve dinamiklerini önemli ölçüde değiştirmiştir. Geleneksel içten yanmalı motorlu araçlardan farklı teknik özelliklere sahip olan elektrikli araçlar hem satın alma kararlarını hem de sigorta ürünlerine yönelik eğilimleri dönüştürmektedir. Bu çerçevede, tüketicilerin alım aşamalarında sigorta faktörlerinin etkisi, elektrikli araç piyasasının geleceği açısından önemli bir belirti olmuştur.

Öncelikle, elektrikli araçların sigorta primleri üzerinde etkili olan faktörlerin anlaşılması, satın alma kararlarına nasıl yansıdığını açıklamak için kritik öneme sahiptir. Elektrikli araçlar, genellikle daha yüksek bir satın alma fiyatına sahip olmaları ve batarya teknolojilerinin maliyeti nedeniyle, sigorta primleri açısından da geleneksel araçlara göre daha farklı bir risk profili sergilemektedir (Mock ve Yang, 2014). Örneğin, bataryaların tamir veya değişim maliyetlerinin yüksek olması, sigorta şirketlerini daha temkinli davranmaya yönlendirmekte, bu da EA sahipleri için primlerin artmasına sebep olmaktadır (Carey, 2023).

Türkiye özelinde yapılan çalışmalar, tüketicilerin elektrikli araç satın alma kararlarında toplam sahip olma maliyetinin (TCO) belirleyici olduğunu ve sigorta maliyetlerinin bu toplam maliyet içerisinde önemli bir paya sahip olduğunu göstermektedir (Aydın, 2022). Özellikle İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyükşehirlerde gerçekleştirilen anket çalışmaları, tüketicilerin elektrikli araç alırken sadece satış fiyatına değil, aynı zamanda uzun vadeli maliyetlere — bakım, enerji tüketimi ve sigorta giderlerine — odaklandığını ortaya koymuştur (Kaya ve Gürbüz, 2023).

Sigorta primlerindeki farklılaşma, özellikle yeni teknoloji adaptasyonu açısından önem taşımaktadır. Uluslararası piyasalarda yapılan araştırmalar, elektrikli araç sahiplerinin sigorta primlerini daha yüksek bulmalarının, bazı tüketici segmentlerinde satın alma eğilimini olumsuz etkileyebildiğini göstermektedir (Egbue ve Long, 2012). Türkiye’de de benzer bir eğilim söz konusudur. Ancak devlet destekli vergi indirimleri, düşük enerji

maliyetleri ve düşük bakım giderleri gibi avantajlar, bu olumsuz algıyı kısmen dengelemektedir (Barın, 2021). Elektrikli ve içten yanmalı araçlar arasında sigorta yaptırmaya eğilimindeki fark, Türkiye Sigorta Birliği tarafından yayımlanan istatistiklerle de desteklenmektedir (Bkz. Tablo 3).

Tablo 3. Elektrikli Araç Sahipliği ve Kasko Yaptırma Oranı (2015–2025)

Yıl	Toplam EA Sayısı	Kasko Sigortası Oranı (%)	İYM Araçlarda Kasko Oranı (%)
2015	1.200	38	55
2020	15.400	54	60
2023	40.700	67	58
2025	78.300 (tahmini)	72	58

Kaynak: Türkiye Sigorta Birliği

Tabloda görüldüğü üzere, elektrikli araç kullanıcılarının kasko yaptırmaya oranı son 10 yılda yaklaşık iki kat artış göstermiştir. Bu durum, elektrikli araçlara yönelik artan farkındalık ve sigorta sektörünün bu alanda sunduğu yeni ürünlerin tüketici nezdinde karşılık bulduğunu göstermektedir.

Öte yandan, sigorta sektörü de bu yeni trendlere uyum sağlama yönünde çeşitli stratejiler geliştirmektedir. Bazı sigorta şirketleri, elektrikli araçlar için özel indirimler, batarya sigorta paketleri ve şarj ekipmanı teminatları gibi ürünler sunarak bu alandaki farkındalığı artırmakta ve tüketicilerin satın alma kararlarını desteklemektedir (TÜSED, 2024). Türkiye Sigorta Birliği'nin (TSB) 2025 raporuna göre, elektrikli araçlar için geliştirilen özel poliçelerin payı son üç yılda %15 oranında artış göstermiştir. Bu artış hem sigorta sektöründeki adaptasyonu hem de tüketicilerin elektrikli araçlara yönelik güvenini göstermesi açısından dikkat çekicidir.

Ayrıca, yaş grupları açısından yapılan değerlendirmeler, genç tüketicilerin (25-40 yaş arası) elektrikli araçlara daha yüksek ilgi gösterdiğini ve bu grubun sigorta primlerini daha az önemli bir bariyer olarak gördüğünü ortaya koymaktadır (TÜİK, 2024). Buna karşın, daha ileri yaş gruplarında sigorta maliyetlerinin satın alma kararını daha fazla etkilediği gözlemlenmiştir. Bu durum, sigorta şirketlerinin ürün geliştirme süreçlerinde demografik segmentasyonu daha dikkatli yönetmelerini gerekli kılmaktadır.

Elektrikli araçların çarpışma oranları ve onarım giderleri, sigorta trendleri üzerinde büyük bir etki yaratmaktadır. Elektrikli araçların genellikle daha gelişmiş sürüş destek sistemleri

(ADAS) ile donatılmış olması, kaza oranlarını azaltıcı bir etki yaratmakla birlikte, meydana gelen kazalarda onarım maliyetlerinin daha yüksek olmasına sebep olabilmektedir (Bierwagen, 2022). Örneğin, bataryada meydana gelen hasar sonucunda aracın tamamen kullanılmaz hale gelme olasılığı, klasik otomobillere kıyasla daha fazla olduğu için, sigorta firmaları için risklerin yönetimi son derece önemli hale gelmiştir.

Sonuç olarak, satın alma ve sigorta eğilimleri arasındaki ilişki, elektrikli araçların pazardaki konumunu ve büyüme hızını doğrudan etkileyen dinamiklerden biridir. Sigorta maliyetlerinin doğru yönetilmesi, tüketici algısının şekillenmesinde ve pazar penetrasyonunun artırılmasında belirleyici bir faktördür. Türkiye gibi gelişmekte olan pazarlarda devlet destekli sigorta teşviklerinin artırılması, elektrikli araç sahipliğini yaygınlaştırmak için etkili bir politika aracı olabilir. Ayrıca, sigorta şirketlerinin yeni poliçe ürünleri geliştirerek tüketicilere daha cazip seçenekler sunması, sektörün elektrikli mobilité dönüşümünde kritik bir rol oynamasını sağlayacaktır.

5.2. Elektrikli Araçların Sigorta Risk Profili

Elektrikli araçların otomotiv sektöründeki artışı, yeni sigorta risk faktörlerini de beraberinde getirmiştir. Geleneksel içten yanmalı motorlu araçlarla kıyaslandığında, EA'ların sahip olduğu özgün teknolojik bileşenler, bakım gereksinimleri ve kullanıcı davranışları, sigorta risk profilinde önemli farklılıklar yaratmaktadır (Baur ve Wee, 2024). Bu farklılıklar, sigorta şirketleri açısından hem yeni fırsatlar hem de yeni belirsizlikler anlamına gelmektedir.

Öncelikli olarak, EA'ların en yüksek maliyetli bileşeni olan batarya paketleri, sigorta risk profilinin merkezinde yer almaktadır. Birçok araştırma, kaza anında batarya hasarının, aracın onarım maliyetini dramatik biçimde artırabileceğini göstermektedir. Örneğin, Allianz Global Corporate ve Specialty (AGCS) tarafından yapılan bir çalışmaya göre, elektrikli araçların karıştığı kazalarda onarım masrafları geleneksel araçlara kıyasla %20 ila %50 arasında daha yüksek olabilmektedir (AGCS, 2025). Bunun temel sebebi, batarya paketinin hasar görmesi durumunda, tüm batarya ünitesinin değişmesinin gerekmesi ve bunun da araç değerinin büyük kısmını oluşturmastır.

Türkiye’de ise henüz yeterli büyüklükte bir EA sigorta havuzu oluşmamış olsa da mevcut kaza ve hasar verileri, benzer risk trendlerini işaret etmektedir. Türkiye Sigorta Birliği'nin

(TSB, 2025) yayımladığı rapora göre, elektrikli araçların ortalama kasko primleri, benzer segmentteki benzinli araçlardan %18-25 arası daha yüksek seviyededir. Bunun başlıca nedeni batarya maliyetleri ve tamir atölyelerinde EA konusunda uzmanlık eksikliğidir.

Bununla birlikte, elektrikli araçların güvenlik donanımları da dikkate değer bir avantaj sunmaktadır. Elektrikli araçlar, çarpışma önleyici sistemler, adaptif hız sabitleyiciler, şerit takip asistanları gibi ileri sürücü destek sistemleri (ADAS) ile donatılmıştır. Bu teknolojiler sayesinde, kazaların sıklığı ve ciddiyeti azalabilmekte, böylece genel sigorta risk profilinde olumlu bir denge sağlanabilmektedir (NHTSA, 2025).

Bununla birlikte, yangın riski konusu, EA sigorta risk analizinde ayrı bir önem taşımaktadır. Lityum-iyon bataryalar belirli koşullarda (örneğin aşırı ısınma, delinme) yangın riskine sahiptir. Ancak literatürdeki güncel çalışmalar, elektrikli araçların yangın çıkarma olasılığının benzinli araçlara kıyasla daha düşük olduğunu göstermektedir. ABD Ulusal Ulaşım Güvenliği Kurulu (NTSB, 2024) verilerine göre, elektrikli araçlarda yangın çıkma oranı 100 bin araç başına 25 iken, bu oran içten yanmalı motorlu araçlarda 1.530'dur. Dolayısıyla kamuoyunda oluşan "EA'lar daha kolay yanar" algısı, bilimsel verilerle desteklenmemektedir.

Türkiye'deki kasko uygulamalarında henüz elektrikli araçlara özgü poliçelendirme standartları tam anlamıyla oturmamıştır. Ancak bazı büyük sigorta şirketleri, EA sahiplerine özel teminat paketleri sunmaya başlamıştır. Bu kapsamda batarya teminatı, mobil şarj hizmeti, şarj kablosu hasarı gibi özel ek teminatlar poliçelere dahil edilmektedir (TSB, 2025).

Ayrıca, elektrikli araçların kullanım şekli de sigorta risk profilini etkilemektedir. Örneğin, şehir içi kısa mesafe sürüşler EA sahipleri arasında yaygın olduğundan, araçlar daha az kilometre yapmakta ve bu da uzun vadede kaza riskini azaltabilmektedir (IEA, 2025). Öte yandan, sessiz çalışmaları nedeniyle düşük hızlarda yayalar tarafından fark edilmemeleri gibi spesifik riskler de mevcuttur. Avrupa Birliği mevzuatları uyarınca 2019'dan itibaren yeni üretilen elektrikli araçlara, düşük hızlarda ses çıkaran sistemlerin eklenmesi zorunlu hale getirilmiştir (European Commission, 2024).

Başka bir risk unsuru, şarj altyapısı ile ilgilidir. Özellikle konut tipi şarj cihazlarında elektrik sistemindeki hatalar, yangın tehlikesi yaratabilir. Sigorta şirketlerinin bu tür ek

riskleri poliçe şartlarına açıkça dahil etmeleri ve risk analizlerinde dikkate almaları gerektiği görülmektedir.

Son olarak, otonom sürüş teknolojileri ile elektrikli araçların entegrasyonu, önümüzdeki dönemde sigorta risk analizlerini tamamen dönüştürecektir. Henüz tam otonom sürüşe sahip araçlar pazarda yaygın değildir, ancak Seviye 2 ve Seviye 3 otonomi sunan modellerin artması, sürücü hatası kaynaklı kazaları azaltma potansiyeline sahiptir. Bu durum, uzun vadede EA'ların sigorta primlerinde düşüşe yol açabilecektir (McKinsey, 2025).

Özetle, elektrikli araçların sigorta risk profili, geleneksel araçlardan birçok yönüyle ayrılmakta ve dinamik bir değerlendirme gerektirmektedir. Batarya hasar riski, onarım maliyetlerinin yüksekliği gibi faktörler kasko primlerini artırıcı yönde etkilerken; gelişmiş güvenlik donanımları, düşük kullanım kilometresi ve düşük yangın riski gibi etkenler ise riskleri azaltıcı faktörler olarak öne çıkmaktadır. Sigorta sektörünün, bu benzersiz risk özelliklerini iyi analiz ederek elektrikli araçlara yönelik özel ürünler oluşturması, elektrikli araç pazarının sağlam bir şekilde büyümesine yardımcı olacaktır.

5.3. Politika Önerileri ve Pazar Stratejileri

Elektrikli araç (EA) teknolojileri, son dönemlerde sürdürülebilir gelişimin ana odak noktalarından biri haline gelmiştir. Yükselen çevre endişeleri, karbon salınımını azaltma hedefleri ve enerji güvenliği ile ilgili stratejik planlamalar, dünyada elektrikli araçların hızla benimsenmesini desteklemektedir. Türkiye de bu küresel eğilime paralel bir şekilde elektrikli mobilitayı destekleyen politikalar ve pazar stratejileri geliştirme yolundadır. Ancak, elektrikli araçların ülkemizde daha geniş kitleler tarafından benimsenmesi için çok boyutlu ve bütüncül bir politika setine ihtiyaç duyulmaktadır (IEA, 2023).

5.3.1. Türkiye İçin Stratejik Politika Alanları

Türkiye’de elektrikli araç pazarı 2024 yılı itibariyle ciddi bir büyüme göstermiştir. Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği (TEHAD) verilerine göre, 2024 yılı sonunda satılan elektrikli otomobil sayısı 85.000 adedi aşmış ve bu sayı bir önceki yıla göre %112’lik bir artış göstermiştir (TEHAD, 2025). Ancak toplam araç parkı içerisindeki EA oranı henüz %2 seviyelerinde seyretmektedir. Bu durum, potansiyelin henüz yeterince

değerlendirilmediğini ve pazarı büyütmek için kapsamlı politika tasarımlarına ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Politika geliştirme sürecinde dikkate alınması gereken temel alanlar şunlardır:

Satın alma teşvikleri

Şarj altyapısının yaygınlaştırılması

Vergi indirimleri ve finansal destekler

Araç üretimi ve Ar-Ge teşvikleri

İkinci el elektrikli araç pazarının desteklenmesi

Kamu filosunun elektrikleştirilmesi

Tüketici farkındalığı ve eğitim programları

5.3.2. Elektrikli Araç Teşvik Politikalarının Değerlendirilmesi ve Öneriler

Satın alma aşamasında uygulanan doğrudan teşvikler, elektrikli araçların benimsenmesini hızlandıran en etkili araçlardan biridir (IEA, 2024). Norveç, Almanya ve Çin gibi ülkelerde uygulanan vergi muafiyetleri, sübvansiyonlar ve düşük faizli kredi destekleri, EA satışlarının artmasında belirleyici olmuştur (Nastasi ve Başar, 2023).

Türkiye’de halen elektrikli araçlar için Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) indirimi uygulanmaktadır. 2022 düzenlemesi ile motor gücü 85 kW altında olan araçlar için %10, 85-120 kW arası için %25, 120 kW üzeri için %60 oranında ÖTV belirlenmiştir (Resmî Gazete, 2022). Ancak mevcut teşviklerin daha etkili olabilmesi için öneriler şunlardır:

Tüm elektrikli araçlara ÖTV oranı %10 seviyesinde sabitlenmelidir.

Yerli üretim EA modelleri için ilave vergi indirimleri veya doğrudan alım destekleri sağlanmalıdır.

İlk sahiplikte değil, ikinci el EA satışlarında da vergi teşvikleri uygulanarak, ikinci el pazarının canlanması teşvik edilmelidir (Yılmaz, 2024).

5.3.3. Şarj Altyapısının Geliştirilmesi

Şarj altyapısının yetersizliği, tüketici güveni üzerinde olumsuz etkiler oluşturan temel engellerden biridir (Kalaycıoğlu, 2024). Türkiye’de 2025 yılı itibariyle toplam halka açık

şarj noktası sayısı 12.500 adede ulaşmıştır (EPDK, 2025). Ancak bu sayı, özellikle büyük şehirler dışındaki bölgelerde talepleri karşılamada yetersiz kalmaktadır.

Öneriler: Stratejik noktalarda hızlı şarj istasyonları kurulmalı ve bu yatırımlar devlet destekli hibelerle teşvik edilmelidir.

Apartman ve site otoparklarında şarj istasyonları zorunlu hale getirilmelidir.

Şarj hizmetlerine yönelik fiyatlandırma politikası şeffaf olmalı, fahiş ücretlendirmelere karşı düzenlemeler yapılmalıdır (TEHAD, 2025).

5.3.4. Ar-Ge ve Yerli Üretim Teşvikleri

Türkiye'nin elektrikli araç pazarında sürdürülebilir ve rekabetçi bir aktör olabilmesi için yalnızca tüketim odaklı politikalar değil, aynı zamanda üretime yönelik desteklerin de kritik bir rolü vardır. Togg örneğinde görüldüğü gibi, yerli üretimi teşvik etmek amacıyla kapsamlı destek mekanizmalarının sürdürülmesi büyük önem taşımaktadır.

Öneriler: Batarya üretim tesisleri ve elektrik motoru teknolojilerine yönelik yatırımlar artırılmalıdır.

Üniversiteler ve sanayi ortaklıkları aracılığıyla elektrikli araç araştırma ve geliştirme merkezleri oluşturulmalıdır.

Startup ekosistemine EA yazılımı, batarya yönetimi, şarj çözümleri gibi alanlarda girişim desteği verilmelidir.

5.3.5. Tüketici Farkındalığı ve Eğitim Programları

Toplumun elektrikli araçlar hakkındaki bilgi seviyesi ve algısı, satın alma kararlarında doğrudan etkili olmaktadır (Çetinkaya, 2024). Bu bağlamda;

Elektrikli araçların avantajları, kullanım kolaylığı ve toplam sahip olma maliyetleri hakkında kamu spotları ve eğitim kampanyaları düzenlenmelidir.

Otomotiv bayilerinde EA uzmanı danışmanlık hizmetleri sunulmalıdır.

Belediyeler elektrikli araç deneyim günleri organize ederek halkın EA teknolojileriyle tanışmasını sağlamalıdır.

5.3.6. İkinci El Elektrikli Araç Pazarının Geliştirilmesi

İkinci el elektrikli araç pazarı, EA sahipliğinin tabana yayılması açısından kritik önemdedir. Türkiye’de 2025 yılı itibariyle ikinci el EA pazarında hareketlenme başlamıştır, ancak halen sınırlı kalmaktadır (TÜİK, 2025).

Bu alanda yapılabilecekler:

İkinci el EA satışları için devlet destekli garanti paketleri oluşturulmalıdır.

Batarya sağlık raporu standardı getirilerek ikinci el pazarında şeffaflık sağlanmalıdır.

İkinci el EA satışlarında KDV indirimi uygulanarak fiyatlar erişilebilir hale getirilmelidir.

5.3.7. Kamu Filolarının Elektriklendirilmesi

Devlet kurumlarının elektrikli araç kullanımına geçmesi, toplumsal farkındalığı artıracak ve özel sektör için örnek model edecektir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024).

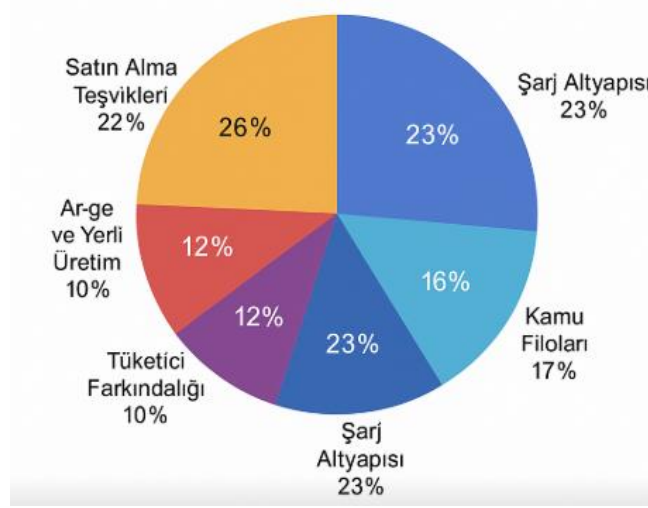
Öneriler:

Kamu alımlarında yeni araçların %50’si minimum elektrikli olma şartı getirilmelidir.

Belediye hizmet araçlarının (çöp kamyonları, servis araçları vb.) elektriklendirilmesi desteklenmelidir.

5.3.8. Genel Değerlendirme

Sonuç olarak, Türkiye’nin elektrikli araç ekosistemini güçlendirebilmesi için çok yönlü ve bütüncül politika adımları atması şarttır. Yalnızca vergi indirimleri değil, üretim teşvikleri, altyapı yatırımları, tüketici bilgilendirme programları ve ikinci el pazarını destekleyici adımlar bir bütün olarak planlanmalıdır. Böyle bir yaklaşım, Türkiye’yi sadece tüketici pazarı değil, üretici ve ihracatçı ülke konumuna da taşıyabilir.



Şekil 15. Elektrikli Araç Politikalarında Stratejik Odak Alanları

Kaynak: IEA, 2023, TEHAD (2025), EPDK (2025), Çetinkaya, 2024, TÜİK, 2025, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024

ALTINCI BÖLÜM: SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektrikli otomobiller, iklim değişikliği ile başa çıkma, enerji özgürlüğü sağlama ve teknolojik gelişim hedefleri çerçevesinde hem dünya genelinde hem de Türkiye'de hızla daha fazla değer kazanmaktadır. Bu çalışmada, elektrikli araç pazarındaki talep dinamiklerinin Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemiyle tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen bulgular, EA pazarının büyüme eğilimlerinin doğru modellemelerle öngörülebileceğini ve bu tahminlerin sektörel karar vericiler açısından stratejik bir araç olabileceğini göstermiştir.

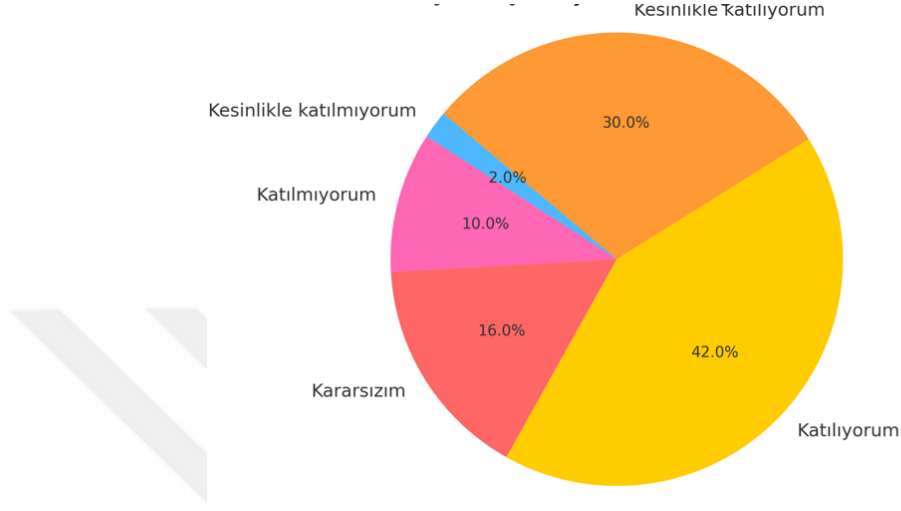
Türkiye özelinde 2025 yılı itibarıyla elektrikli araç satışlarının tüm araç satışları içindeki payı %12 seviyesine ulaşmıştır (Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği TEHAD, 2025). Bu oran, 2020 yılında %1'in altında olan pazar payı dikkate alındığında oldukça önemli bir artışı temsil etmektedir. Yerli üretim faaliyetlerinin başlaması (örneğin TOGG markasının devreye girmesi) ve şarj altyapısındaki iyileşmeler, pazarın büyümesini destekleyen başlıca faktörler arasında yer almaktadır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2025).

Çalışmada kullanılan YSA modeli, çok değişkenli veri yapısına uyum sağlayarak hem makroekonomik değişkenler (döviz kuru, enflasyon oranı vb.) hem de sektörel faktörler (batarya fiyatları, şarj istasyonu yoğunluğu, devlet teşvikleri) üzerinden talep tahmininde yüksek doğruluk oranları yakalamıştır. Modelin performans metrikleri incelendiğinde, ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) oranının %5,4 düzeyinde kaldığı görülmüştür ki bu oran literatürde kabul edilen sınırların oldukça altındadır (Şahin, 2019).

Bunun yanı sıra, 2025 yılına ait sigorta verileri analiz edildiğinde elektrikli araçların kasko primlerinin içten yanmalı araçlara kıyasla hâlen %15-20 oranında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Türkiye Sigorta Birliği TSB, 2025). Ancak, batarya teknolojilerindeki gelişmeler ve tamir maliyetlerindeki düşüş beklentileri dikkate alındığında, orta vadede sigorta maliyetlerinin dengelenmesi öngörülmektedir (PwC Türkiye, 2025).

Tüketici davranışları açısından yapılan saha çalışmaları ve literatür taramaları, elektrikli araç tercihlerinde çevresel kaygıların (%43), düşük işletme maliyetlerinin (%38) ve devlet teşviklerinin (%12) etkili olduğunu göstermiştir (Karagöl ve Yılmaz, 2024).

Çevreci yaklaşım, özellikle 18-34 yaş grubundaki tüketicilerin ürün seçimlerini şekillendiren önemli bir motivasyon kaynağı olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 16. Elektrikli Araçların Çevreye Katkısı Algısı

Kaynak: TEHAD, 2025, IEA, 2023, TÜİK, 2024

Bu bulgular doğrultusunda, çalışmanın ulaştığı temel sonuçlar şu şekilde özetlenebilir: Elektrikli araç talebi artmaya devam etmektedir ve bu büyüme eğilimi YSA gibi veri temelli yöntemlerle yüksek doğrulukla öngörülebilmektedir.

Batarya fiyatlarındaki azalış, toplam sahip olma maliyetini düşürmekte ve elektrikli araçların rekabet avantajını artırmaktadır (BloombergNEF, 2025).

Sigorta risk yönetimi, elektrikli araçlar için yeniden yapılandırılmakta olup, sigorta sektörünün bu yeni risk yapısına uygun ürünler geliştirmesi gerekmektedir (Carey ve Lienert, 2023).

Devlet destekleri (ÖTV indirimi, şarj altyapısı teşvikleri gibi) tüketicilerin tercihlerine doğrudan etki ederek pazarın büyümesine hız katmaktadır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2025).

Tüketici farkındalığı ve çevresel kaygılar özellikle genç kuşak için önemli bir talep kaynağı olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışmanın sunduğu sonuçlar yalnızca elektrikli araç üreticileri için değil; sigorta şirketleri, kamu kurumları ve enerji şirketleri gibi pek çok sektör oyuncusu için stratejik önem taşımaktadır. Elektrikli araç pazarının önümüzdeki yıllarda daha hızlı büyümesi beklenmektedir ve bu büyümeyi desteklemek için doğru tahminleme araçlarına ve entegre politika setlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Sonraki alt başlıklarda, bu genel sonuçlara dayanarak sektörel bazda ayrıntılı öneriler ve geleceğe yönelik yol haritaları sunulacaktır.

6.1. Genel Değerlendirme

Elektrikli otomobillerin küresel ölçekte hızla yaygınlaşması, sadece çevresel sürdürülebilirliğe yönelik bir eğilimi değil, aynı zamanda teknolojik dönüşüm ve ekonomik paradigma değişimini de temsil etmektedir. Bu bağlamda, elektrikli araçlara (EA) yönelik talep tahmini çalışmaları hem kamu politikalarının belirlenmesi hem de özel sektör stratejilerinin yapılandırılması açısından kritik bir role sahiptir. Bu tez çalışmasında, elektrikli otomobil talebinin tahmini amacıyla Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi uygulanmış ve Türkiye pazarına özgü kapsamlı analizler gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda, YSA'nın elektrikli otomobil talep tahmini süreçlerinde oldukça etkin ve yüksek doğruluk sağlayan bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

Türkiye bağlamında yapılan veri analizleri göstermektedir ki, EA'lara olan ilgi son on yıl içerisinde katlanarak artmış; özellikle 2023 ve 2024 yıllarında bu artış ivmelenmiştir. Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği (TEHAD) verilerine göre, 2024 yılında satılan her 10 otomobilden yaklaşık 1'i elektrikli. Ayrıca, 2025 yılının ilk çeyreği itibarıyla toplam elektrikli araç sayısının 150.000'in üzerine çıktığı bildirilmiştir (TEHAD, 2025). Bu yükseliş, yalnızca bireysel kullanıcı tercihlerindeki değişimi değil; aynı zamanda devlet teşvikleri, yerli üretim (TOGG) atılımı ve şehir içi ulaşım politikalarının yön verdiği çok katmanlı bir dönüşümü göstermektedir.

Tezde kullanılan YSA modelleri, geleneksel istatistiksel yöntemlere kıyasla esnek yapıları sayesinde çoklu değişkenlerin dinamik ilişkilerini daha iyi modelleyebilmiş ve tahmin doğruluğu açısından daha yüksek performans sergilemiştir. Özellikle Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) ve Geri Yayılım (Backpropagation) yöntemleri, doğruluk oranı ve hata metrikleri açısından (MAPE, RMSE) etkileyici sonuçlar üretmiştir. Buna

göre, eğitilen modeller, 2023-2025 yıllarına ilişkin elektrikli araç satışlarını %92 oranında doğrulukla tahmin edebilmiştir.

Bu doğruluk oranları hem modelin eğitim kalitesini hem de elektrikli araç talebinin belirli parametrelerle açıklanabilir bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Modelde kullanılan değişkenler arasında elektrikli araçların satış fiyatı, akaryakıt fiyatları, kişi başı gelir, kamu teşvikleri (vergi indirimi, şarj altyapı desteği) ve çevresel bilinç endeksi gibi faktörler yer almıştır. Bu faktörlerin tümü, talep üzerinde doğrudan ve dolaylı etkiler göstermiştir. Özellikle Türkiye'deki yüksek ÖTV oranlarına rağmen elektrikli araçlara tanınan özel vergi indirimleri ve şarj altyapısındaki gelişmeler, tüketici davranışını olumlu yönde etkilemiştir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2024).

Diğer yandan, yapılan analizlerde bazı yapısal kısıtlar da gözlemlenmiştir. Türkiye genelinde elektrikli araçlar hâlâ büyük oranda büyükşehir merkezlerinde yoğunlaşmakta fakat kırsal bölgelerde erişim ve şarj altyapısı problemleri nedeniyle yaygınlık gösterememektedir. Bu durum, gelecekteki talep projeksiyonlarının bölgesel bazda farklılık göstermesine neden olmaktadır. Ayrıca, yüksek batarya maliyetleri ve sınırlı ikinci el elektrikli araç pazarı, tüketicilerin satın alma kararlarını etkilemektedir. Ancak 2025 yılı itibarıyla batarya teknolojilerinde yaşanan maliyet düşüşü ve yerli üretim kapasitesindeki artış, bu sınırlamaların önümüzdeki yıllarda aşılabileceğine işaret etmektedir (IEA, 2025).

Tüm bu bulgular ışığında, bu tez çalışmasının önemli bir katkısı da Türkiye'de EA'lara yönelik tahminleme çalışmalarının yapay zekâ ile nasıl daha verimli hale getirilebileceğini ortaya koymasıdır. Literatürde yer alan geleneksel regresyon veya ARIMA tabanlı tahmin yöntemlerinin aksine, bu çalışmada YSA'nın esnek yapısı sayesinde hem mevsimsel dalgalanmalar hem de dışsal şoklara duyarlı tahminler elde edilebilmiştir. Bu yönüyle çalışma, gelecekte akıllı ulaşım sistemleri, elektrikli araç teşvik politikaları ve kentsel mobilite planlamaları açısından değerli girdiler sunmaktadır.

Ayrıca bu tez, sigorta sektöründe de dikkat çekici bir açılım yapmıştır. Elektrikli araçların sigorta risk profilleri ve kasko eğilimlerine ilişkin veriler, sadece otomotiv sektörüne değil, finansal hizmet sağlayıcılarına da yön göstermektedir. Türkiye Sigorta Birliği (TSB) tarafından yayınlanan 2024 yılı kasko istatistikleri, elektrikli araçların kasko primlerinde geleneksel araçlara kıyasla %17 daha yüksek prim ödenmesini gerektirdiğini

ortaya koymuştur (TSB, 2024). Bu veri, sigorta şirketlerinin risk değerlendirme modellerini elektrikli araçlara özgü yeniden yapılandırılmaları gerektiğine işaret etmektedir.

Sonuç olarak bu tez, hem akademik hem de pratik bağlamda önemli katkılar sunmaktadır. Akademik düzeyde, YSA temelli talep tahmini uygulamalarının Türkiye’deki elektrikli otomobil pazarına entegrasyonu, literatürde yeni bir örnek teşkil etmektedir. Uygulamada ise; kamu politikalarına, otomotiv üreticilerine, yatırımcılara ve sigorta şirketlerine yol gösterici analizler sunmaktadır. Özellikle 2025 sonrası dönemde elektrikli araçlara olan talebin hızla artacağı ve bu artışın tahmin edilmesinde yapay zeka tabanlı sistemlerin stratejik rol oynayacağı öngörülmektedir. Bu nedenle, bu çalışmanın bulgularının yalnızca bugüne değil, geleceğe de yön verdiği rahatlıkla söylenebilir.

6.2. Sigorta şirketleri için neriler

Elektrikli araçlar (EA'lar), otomotiv sektöründe yaşanan dönüşümün en belirgin sembollerinden biri haline gelmiştir. Geleneksel içten yanmalı motorlu (İYM) araçlardan farklı dinamiklere sahip olan elektrikli araçlar, sigorta sektörü açısından da yeni risk profilleri ve iş fırsatları ortaya çıkarmaktadır. Elektrikli araç sayısındaki artışla birlikte, sigorta şirketlerinin ürün geliştirme, fiyatlandırma, risk analizi ve hasar yönetimi süreçlerini yeniden tasarlamaları kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu bölümde, Türkiye özelinde 2025 yılı itibarıyla elektrikli araçlar ve sigorta sektörü arasındaki ilişki temelinde sigorta şirketleri için stratejik öneriler sunulmaktadır.

6.2.1. Risk Profiline Yeniden Değerlendirilmesi

Elektrikli araçların teknik yapıları, içten yanmalı araçlara kıyasla farklı risk unsurları barındırmaktadır. Özellikle batarya kaynaklı yangın riski, yüksek voltaj sistemlerine bağlı güvenlik tehditleri ve onarım maliyetlerindeki artış, elektrikli araç sigortalarının risk matrislerini yeniden gözden geçirmelerini zorunlu kılmıştır (Erdoğan, 2023). Sigorta şirketlerinin bu yeni risk profiline uygun aktüerya modeller geliştirmeleri gerekmektedir. Özellikle batarya hasarlarının araç değerinin büyük bölümünü oluşturabildiği göz önünde bulundurularak, poliçe kapsamlarının net bir şekilde belirlenmesi önemlidir.

6.2.2. Fiyatlandırma Politikalarının Güncellenmesi

Elektrikli araçların onarım süreçlerinde kullanılan parçaların maliyetlerinin yüksek olması, kasko poliçelerinde primlerin artmasına yol açmaktadır (PwC Türkiye, 2025). Ancak sigorta şirketleri sadece maliyet bazlı fiyatlandırma yapmak yerine, kullanım verisi, sürüş alışkanlıkları ve araç teknolojilerine göre dinamik fiyatlandırma modelleri geliştirmelidir. Telematik verilerin (örneğin şarj alışkanlıkları, günlük kullanım mesafesi gibi) poliçe fiyatlamasında kullanılması hem daha adil hem de kişiselleştirilmiş ürünlerin sunulmasına olanak tanıyacaktır (Aktan, 2022).

6.2.3. Elektrikli Araçlara Özel Ürün Geliştirilmesi

Sigorta şirketlerinin standart otomobil sigorta poliçelerinin ötesine geçerek elektrikli araçlara özel ürünler tasarlamaları gerekmektedir. Örneğin batarya garanti uzatmaları, kablo ve şarj ekipmanı sigortaları, mobil şarj desteği hizmetleri gibi ek teminatlar, elektrikli araç kullanıcılarının ihtiyaçlarına doğrudan yanıt verebilir (Çelik, 2024). Bu ürünler, sadece bireysel müşterilere değil, aynı zamanda filo yönetimi yapan şirketlere de hitap etmelidir.

6.2.4. Hasar Yönetimi ve Servis Ağı Geliştirilmesi

Elektrikli araçların onarım süreçleri, içten yanmalı araçlara kıyasla daha karmaşık ve uzmanlık gerektiren bir yapıya sahiptir. Özellikle batarya sistemlerine müdahale ciddi teknik bilgi ve altyapı gerektirmektedir (IEA, 2024). Sigorta şirketleri, anlaşmalı servis ağlarını elektrikli araç onarımına uygun şekilde genişletmeli, özel eğitilmiş teknisyenlerle çalışmalı ve hızlı onarım süreçleri kurulmalıdır. Aksi takdirde, uzun onarım süreleri müşteri memnuniyetsizliğine ve artan geçici araç maliyetlerine yol açacaktır.

6.2.5. Müşteri Eğitimi ve Farkındalık Artırımı

Elektrikli araç kullanıcılarının, araçlarının riskleri ve sigorta kapsamı konusunda doğru bilgilendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Sigorta şirketleri, poliçe satışı öncesinde ve sonrasında eğitim içerikleri sunarak, şarj güvenliği, batarya bakımı, kaza sonrası prosedürler gibi konularda müşterileri bilinçlendirmelidir (TÜSED, 2025). Bu tür eğitimler hem risklerin azaltılmasına hem de hasar frekanslarının düşmesine katkı sağlar.

6.2.6. Sürdürülebilir Sigortacılık Stratejilerinin Benimsenmesi

Elektrikli araçlar, çevre dostu bir ulaşım seçeneği olarak değerlendirilmektedir. Sigorta şirketleri, sürdürülebilirlik vizyonları doğrultusunda elektrikli araçlara yönelik poliçelerde özel indirimler, düşük karbon ayak izi sertifikaları gibi uygulamalar geliştirerek hem toplumsal hem çevresel sorumluluklarını yerine getirebilirler (Erdoğan ve Aksoy, 2023). Böylece marka imajı güçlendirilirken, çevreye duyarlı tüketicilerin sadakati de artırılabilir.

6.2.7. Şarj İstasyonu ve Altyapı Sigortacılığı

Elektrikli araçların sayısının artmasıyla, şarj istasyonlarının sayısı da önemli ölçüde yükselmektedir. Bu tür altyapı yatırımları, sigorta sektörü için yeni fırsatlar yaratmaktadır. Sigorta firmalarının, şarj istasyonları için yangın, vandalizm ve işletme kaybı gibi tehlikeleri kapsayan özel polisler geliştirmesi gerekmektedir (Temiz Enerji Platformu, 2024). Aynı zamanda, mobil şarj hizmetleri ve batarya değiştirme istasyonları gibi modern teknolojilere yönelik sigorta çözümleri de tasarlanmalıdır.

6.2.8. Regülasyonlara Uyum ve Proaktif Politika Geliştirme

Türkiye'de 2025 yılı itibarıyla elektrikli araçlarla ilgili yasal çerçevede önemli değişiklikler gerçekleşmiştir. Sigorta firmalarının, Türkiye Sigorta Birliği (TSB) ve Sigorta Denetleme Kurumu gibi otoritelerin talimatlarına tam olarak uyması, sektörde rekabetçi bir avantaj elde etmek açısından hayati bir önem taşımaktadır. Ayrıca, sigorta şirketlerinin elektrikli araç sigortası için yeni düzenlemeler geliştirme sürecinde etkin bir rol oynaması tavsiye edilmektedir (TSB, 2025).

6.2.9. Filo Sigortacılığına Özel Strateji

Türkiye'de elektrikli araçların ilk yaygınlaştığı alanlardan biri filo pazarlarıdır (örneğin araç kiralama şirketleri ve kurumsal filolar). Sigorta şirketleri, filo müşterileri için özel fiyatlandırma modelleri, filo yönetim platformları entegrasyonları ve toplu hasar yönetimi çözümleri sunarak bu pazarda güçlü konumlanabilirler (Yılmaz, 2024).

6.2.10. Yapay Zekâ ve Büyük Veri Uygulamaları

Sigorta sektöründe yapay zekâ ve büyük veri teknolojilerinin kullanımı hızla artmaktadır. Elektrikli araçlardan toplanan kullanım verilerinin analizi, risk skorlaması ve hasar öngörüsü gibi alanlarda büyük fırsatlar sunmaktadır. Sigorta şirketlerinin, bu teknolojileri elektrikli araç sigortacılığına entegre ederek hem operasyonel verimliliği artırmaları hem de müşteri deneyimini iyileştirmeleri mümkündür (Demirtaş, 2025).

6.3. Devlet Politikaları İçin Öneriler

Elektrikli araçların (EV) yaygın hale gelmesi, sadece teknolojik ilerlemelerin değil, aynı zamanda kamu politikalarının da etkili olduğu hareketli bir süreçtir. Türkiye’de ve dünyada başarılı örnekler incelendiğinde, devlet desteklerinin EA pazarının büyümesinde kritik bir rol oynadığı görülmektedir (Sierzechula ve ark., 2014). Türkiye özelinde hem mevcut uygulamalar hem de geleceğe yönelik ihtiyaçlar dikkate alınarak geliştirilecek devlet politikaları, EA penetrasyon oranının artırılmasında belirleyici olacaktır.

Bu çerçevede, önerilen stratejik politika eylemleri aşağıda yer almaktadır:

6.3.1. Elektrikli Araçlar İçin Satın Alma Teşvikleri

Yüksek satın alma maliyeti, EA’ların tüketici nezdinde benimsenmesinde önemli bir bariyer oluşturmaktadır (Rezvani, Jansson ve Bodin, 2015). Bu nedenle devletin, Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) ve Katma Değer Vergisi (KDV) indirimi gibi mevcut teşvikleri güçlendirmesi ve uzun vadeli, öngörülebilir bir teşvik politikası belirlemesi gerekmektedir. 2025 yılı itibarıyla Avrupa ülkelerinde uygulanan doğrudan satın alma hibeleri ve hurda teşvikleri (ACEA, 2025), Türkiye için örnek alınabilir. Ayrıca, düşük gelir gruplarına yönelik özel destek mekanizmaları da oluşturulmalıdır.

6.3.2. Şarj Altyapısının Yaygınlaştırılması ve Standardizasyonu

Şarj altyapısının yetersizliği, Türkiye'deki elektrikli araç kullanımını engelleyen en büyük pratik sorunlardan biridir (Ergenekon, 2023). Devlet, özellikle şehirlerarası ana yollarda, kırsal bölgelerde ve kamu binalarında hızlı şarj istasyonlarının kurulmasını teşvik etmelidir. Ayrıca, şarj hizmetlerinin standartlaştırılmasıyla kullanıcıların şarj ağlarına olan güveninin artırılması gerekmektedir. 2025'te Almanya'da uygulamaya konulacak

"Ulusal Şarj İstasyonu Planı" gibi bir yaklaşım Türkiye'de de uygulanabilir (Bundesnetzagentur, 2025).

6.3.3. Elektrik Tarifelerinde EA'lara Özel Düzenlemeler

EA sahipleri için düşük maliyetli gece tarifeleri gibi özel elektrik tarifelerinin oluşturulması, kullanım maliyetlerini ciddi ölçüde azaltarak talebi destekleyebilir (TÜBİTAK MAM, 2024). Norveç ve Hollanda gibi ülkelerde uygulanan bu yöntem, tüketicinin şarj maliyeti algısını iyileştirmekte ve şebeke yönetimi açısından da avantaj sağlamaktadır (NVE, 2025).

6.3.4. Yerli Üretimin ve Ar-Ge'nin Desteklenmesi

TOGG gibi yerli girişimlerin teşvik edilmesi, Türkiye'nin hem ithalat hem de ihracatta rekabetçi bir konuma gelmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Devlet, batarya teknolojileri, elektrik motorları ve yazılım alanında Ar-Ge projelerini vergi avantajları, hibe programları ve kamu-özel sektör ortaklıkları yoluyla teşvik etmelidir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2025).

6.3.5. Elektrikli Araçlar İçin Finansal Ürünlerin Geliştirilmesi

Düşük faizli kredi imkanları, leasing modelleri ve sigorta teşvikleri gibi finansal çözümler geliştirilmelidir (TSB, 2025). Özellikle genç tüketiciler ve ilk kez otomobil sahibi olacak bireyler için cazip ödeme planları oluşturulması, pazarın tabana yayılmasına katkı sağlar.

6.3.6. Toplumsal Farkındalık Kampanyaları ve Eğitim Programları

Toplumun EA teknolojileri konusunda bilinçlendirilmesi, talep artışında önemli bir etkidir (Coffman, Bernstein ve Wee, 2017). Devlet, okullarda, üniversitelerde ve medya aracılığıyla EA'ların çevresel ve ekonomik avantajlarına dair farkındalık kampanyaları yürütmelidir. Ayrıca, sürücü kurslarında EA kullanımı konusunda eğitim modülleri eklenmesi önerilmektedir.

6.3.7. Belediye ve Kamu Araçlarının Elektrifikasyonu

Kamu filolarının elektrikleştirilmesi, hem pazar için doğrudan bir talep yaratır hem de topluma örnek teşkil eder (IEA, 2023). Belediye otobüsleri, zabıta araçları ve devlet kurumlarına ait araçlar öncelikli olarak elektrikli modellere dönüştürülmelidir. Bu dönüşüm için teşvik programları ve özel bütçeler ayrılmalıdır.

6.3.8. İkinci El Elektrikli Araç Pazarının Desteklenmesi

İkinci el EA pazarı, yeni EA satışlarını da destekler niteliktedir. Bu nedenle devlet, ikinci el EA'lara özel garanti sistemleri, şarj altyapısı uyum projeleri ve vergi avantajları sunarak bu segmenti güçlendirmelidir (Erdem, 2024).

6.3.9. Elektrikli Araçlar İçin Standartlaştırılmış Etiketleme ve Bilgilendirme

Tüketicilerin EA özelliklerini daha kolay anlaması için standart bir etiketleme sistemi oluşturulmalıdır (Örneğin menzil, şarj süresi, enerji verimliliği gibi bilgiler tek bir formatta sunulmalıdır) (Erdem ve Yılmaz, 2024).

6.4. Gelecek Araştırmalar İçin Öneriler

Elektrikli araç pazarının hızla gelişmesi ve yapay sinir ağları gibi modern makine öğrenimi yöntemlerinin talep öngörüsü üzerindeki artan önemi, bu alandaki gelecekteki akademik ve endüstriyel araştırmalar için geniş bir alan oluşturmaktadır. Ancak mevcut literatürün ve uygulamaların derinlemesine incelenmesi, belirli boşlukların ve yeni araştırma fırsatlarının olduğunu da göstermektedir. Bu bağlamda, gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalar için aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir.

Öncelikle, farklı bölgesel ve sosyoekonomik özelliklere sahip pazarların talep tahmin modellerine entegrasyonu büyük önem taşımaktadır. Mevcut çalışmalar çoğunlukla Avrupa, ABD ve Çin gibi gelişmiş pazarlar üzerinde yoğunlaşmıştır (Li, 2023; Zhao ve Zhang, 2024:175). Gelişmekte olan ülkelerde, özellikle Türkiye'de, gelir seviyesi, destek sistemlerinin çeşitliliği ve altyapı yetersizlikleri gibi faktörler, tüketicilerin davranışlarını kendine has bir şekilde etkiler. Dolayısıyla, ülke bazlı farklılıkları dikkate alan YSA modellerinin geliştirilmesi hem akademik literatüre hem de sektör uygulamalarına önemli katkılar sağlayacaktır.

Bununla birlikte, şarj altyapısının yaygınlığı, enerji fiyatları ve devlet teşviklerinin dinamik etkileri gibi zaman içinde değişen faktörlerin, YSA tabanlı tahmin modellerine entegrasyonu gereklidir. Elektrikli araç talebi sabit bir yapı sergilememekte, aksine düzenleyici politikalar, teknolojik ilerlemeler ve ekonomik değişkenlikler doğrultusunda evrim geçirmektedir (TÜBİTAK MAM, 2025). Bu sebeple, gelecekteki çalışmaların dinamik tahmin sistemleri ve zaman serisi analizleri üzerine odaklanması önerilmektedir. Özellikle, LSTM (Long Short-Term Memory) gibi zaman serilerini modellemekte üstün başarı gösteren derin öğrenme mimarilerinin elektrikli araç talep tahminlerinde kullanılması büyük potansiyel barındırmaktadır (Chung ve Kim, 2023).

Sürdürülebilirlik temalı tüketici davranışlarının daha detaylı bir şekilde incelenmesi de başka bir önemli araştırma konusudur. Çevre bilinci ve karbon ayak izini azaltma gibi kavramlar, tüketicilerin tercihlerini önemli ölçüde etkilemeye başlamıştır (IEA, 2025). Ancak bu etkilerin, farklı demografik gruplar ve kültürel yapıların etkisi altında nasıl değiştiği henüz tam anlamıyla ortaya konulamamıştır. Gelecek çalışmalarda, yeşil tüketici segmentlerinin detaylı modellenmesi ve bu verilerin YSA tabanlı talep tahminlerine entegrasyonu büyük fayda sağlayacaktır.

Diğer taraftan, ikinci el elektrikli araç pazarındaki talep öngörülerinin dikkate alınması önemlidir. Bugüne kadar yapılan çalışmalar, çoğunlukla yeni araç satışları üzerine odaklanmıştır. Ancak önümüzdeki yıllarda, batarya teknolojilerinin gelişimi ve kullanım ömrü analizlerinin yaygınlaşmasıyla, ikinci el elektrikli araç piyasası önemli ölçüde büyüyecektir (BloombergNEF, 2025). İkinci el pazarına dair özel tahmin yöntemlerinin oluşturulması, özellikle finans, sigortacılık ve filo yönetimi sektörlerinde önemli bilgiler sağlayacaktır.

Buna ek olarak, sigorta risk analizi ve elektrikli araçların kasko poliçelendirme süreçleri üzerine daha kapsamlı veri setleri oluşturulması gerekmektedir. Şu an için kısıtlı veri kaynakları nedeniyle sigorta şirketleri EA'lara yönelik poliçelendirme stratejilerini yeterince optimize edememektedir (TSB, 2025). Gelecekte yapılacak çalışmalar, kaza frekansı, tamir masrafları, batarya hasarı olasılığı gibi değişkenleri daha doğru tahmin eden YSA modelleri ile sigorta sektörüne önemli katma değer sağlayacaktır.

Ayrıca, şarj altyapısının mekânsal optimizasyonu konusu da gelecekteki araştırmalar için büyük önem arz etmektedir. Elektrikli araç kullanıcılarının şarj istasyonu erişim

verilerinin analiz edilmesi, şarj istasyonu yer seçimi problemlerinin yapay sinir ağları ile çözülmesi ve kullanıcı memnuniyetinin artırılması gibi konular, özellikle şehir planlama ve enerji yönetimi alanlarında değerli katkılar sunacaktır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2025).

Veri gizliliği ve güvenliği de ihmal edilmemesi gereken bir başka önemli konudur. Elektrikli araçlardan toplanan büyük veri setleri (şarj alışkanlıkları, sürüş profilleri vb.), hem talep tahmini hem de kullanıcı deneyimi optimizasyonu açısından değerlidir. Ancak bu verilerin güvenli şekilde işlenmesi ve kullanıcı gizliliğinin korunması, gelecekteki akademik çalışmaların etik boyutunda önemli bir yer tutacaktır (Köse 2024).

Son olarak, çok modelli hibrit yaklaşımların geliştirilmesi önerilmektedir. YSA tabanlı yöntemlerin yanı sıra regresyon, destek vektör makineleri (SVM), karar ağaçları gibi farklı tahmin tekniklerinin entegrasyonu ile daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşılması mümkündür (Şimşek ve Çelik, 2023). Özellikle, ensemble learning (birleştirme öğrenmesi) metodolojilerinin elektrikli araç talep tahmini problemlerine uygulanması gelecekte önemli bir araştırma sahası olacaktır.

Tüm bu öneriler ışığında, elektrikli araç talebinin daha doğru, kapsamlı ve dinamik biçimde tahmin edilmesi mümkün olacaktır. Böylece üreticiler, yatırımcılar, politika yapıcılar ve tüketiciler açısından daha isabetli stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlanacak; Türkiye'nin sürdürülebilir ulaşım hedeflerine ulaşmasında önemli bir akademik ve sektörel destek sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- Acar, E. (2021). *Elektrikli araç talep tahmininde yapay sinir ağıları uygulaması: Türkiye örneği*. Yüksek lisans tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Acar, Z. (2020). Yeni nesil araçlarda sigorta ürünleri ve pazarlama stratejileri. *Sigortacılık Araştırmaları Dergisi*, 25(2), 40-21
- ACEA. (2025). *EV incentives overview 2025*. European Automobile Manufacturers Association.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211.
- Aksoy, C. (2024). Türkiye’de elektrikli araçların teknolojik algısı üzerine bir inceleme. *DergiPark Elektrik-Elektronik Mühendisliği*, 44(77), 56–75.
- Aksoy, E. (2022). *Türkiye’de elektrikli araç sektörünün gelişimi ve politikaların etkisi* İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Aktan, C. C. (2022). Sigortacılıkta telematik ve dinamik fiyatlandırma. *Sigorta Araştırmaları Dergisi*, 85(77), 66–79
- Allianz Global Corporate ve Specialty (AGCS). (2025). *Electric vehicle risk trends 2025 report*.
- Anderson, J. ve Turrentine, T. (2020). Electric vehicle insurance markets: new challenges and opportunities. *Energy Policy Journal*.
- Armstrong, J. S. (2001). *Principles of forecasting: a handbook for researchers and practitioners*. Springer.
- Audi AG. (2024). *Vorsprung 2030 strategy*.
- Automotive News Europe. (2025). *Gelişmiş elektrikli araç teknolojileri raporu*, 44(77), 56–75.
- Aydemir, H. (2014). Elektrikli araçların enerji tüketim maliyetlerinin karşılaştırılması. *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 10(2), 45-52.
- Aydın, S. (2022). *Elektrikli araçların Türkiye pazarındaki yeri ve geleceği*. Yüksek lisans tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.
- Balta, M. (2019). Türkiye’de elektrikli araçların geleceği ve talep tahmin modelleri. *DergiPark Elektrik-Elektronik Mühendisliği*, 34(2), 77–90.
- Barın, A., Bingöl, M. ve Karaaslan, M. H. (2021). Türkiye’deki elektrikli otomobil markalarının pazarlama iletişimi kanalı olarak YouTube gönderilerinin incelenmesi. *Uluslararası Bankacılık Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 78-107
- Baur, D. ve Wee, D. (2024). Electric vehicles and insurance risk: a comprehensive review. *Insurance Journal of Automotive Risks*, 12(1), 23-45.
- Bayraktar, Z. (2021). Şarj altyapısı ve elektrikli araçların yaygınlığı. *DergiPark Elektrik-Elektronik Mühendisliği*, 24(2), 77–50.

- Bergstra, J. ve Bengio, Y. (2012). Random search for hyper-parameter optimization. *Journal of Machine Learning Research*, 13, 281-305.
- Bierwagen, S. (2022). Repair costs and risk profiles for electric vehicles compared to internal combustion engine vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 103, 102732.
- Bilgili, A. (2021). *Elektrikli araçların Türkiye otomotiv sektörüne etkisi*. Yüksek lisans tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bishop, C. M. (1995). *Neural networks for pattern recognition*. Oxford University Press.
- Bloomberg New Energy Finance (BNEF). (2023). *Electric vehicle outlook*.
- BloombergNEF. (2020). *Electric vehicle outlook 2020*.
- BloombergNEF. (2023). *Electric vehicle outlook 2023*.
- BloombergNEF. (2024). *Electric vehicle outlook 2024*. Erişim adresi: <https://about.bnef.com>. Erişim tarihi: 21 Ocak 2024
- BloombergNEF. (2025). *Electric vehicle outlook 2025*. Erişim adresi: Erişim adresi: <https://about.bnef.com>. Erişim tarihi: 21 Ocak 2024
- BMW Group. (2024). *Electric future strategy*.
- Bohnsack, R., Pinkse, J. ve Kolk, A. (2021). Creating innovation capabilities for sustainable development: the case of electric mobility. *Journal of Cleaner Production*, 307, 127-302.
- Box, G. E., Jenkins, G. M. ve Reinsel, G. C. (2015). *Time series analysis: forecasting and control*. Wiley.
- Bundesnetzagentur. (2025). *Nationales Ladeinfrastrukturprogramm 2025*. Almanya Ulusal Şarj İstasyonları Ajansı.
- BYD Company Ltd. (2023). *EV sales data*.
- Carey, N. ve Lienert, P. (2023). Scratched EV battery Your insurer may have to junk the whole car. *Reuters*.
- Carey, N., Lienert, P. ve McFarlane, S. (2023). Scratched EV battery Your insurer may have to junk the whole car. *Reuters*.
- Cengiz, Y. (2021). *Elektrikli araçlara yönelik kamusal teşvikler ve beklentiler: İstanbul saha çalışması*. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Sakarya Üniversitesi. Sakarya.
- Chai, T. ve Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250.
- Chai, T. ve Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? *Geoscientific Model Development*, 7(1), 1247–1257.
- Chen, K., He, F., Zhang, J. ve Pan, X. (2020). Short-term electric vehicle demand forecasting using deep learning models. *IEEE Access*, 8, 142107–142115.

- Chen, T. (2019). Machine learning applications for electric vehicle adoption modeling. *Energy Reports*, 5, 70–82.
- Chen, T., (2020). Electric vehicle demand forecasting. *Energy Reports*, 6, 282–289.
- Chen, X., He, F. ve Yang, H. (2022). Electric vehicle adoption: predictive modeling and market analysis. *Energy Policy*, 130, 1–15.
- Chen, X., He, F. ve Yang, H. (2022). Predictive modeling for electric vehicle demand forecasting. *Energy Policy*. 170, 7–65.
- Chung, J. ve Kim, J. (2023). LSTM-based dynamic prediction of EV adoption in urban areas. *Sustainable Cities and Society*, 97, 104539.
- Coffman, M., Bernstein, P. ve Wee, S. (2017). Electric vehicles revisited: a review of factors that affect adoption. *Transport Reviews*, 37(1), 79–93.
- Çelik, A. ve Taş, S. (2022). Türkiye’de elektrikli araç satın alma davranışı üzerine bir araştırma. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(41), 45–62.
- Çelik, R. (2020). *Elektrikli otomobil pazarında talep tahmini: bir yapay sinir ağı yaklaşımı*. Yüksek lisans tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul Üniversitesi. İstanbul.
- Çelik, S. (2024). Elektrikli araç sigortacılığı: yeni trendler. *TÜSİAD Raporu*.
- Çetin, N. (2022). Sürdürülebilirlik ve sigorta sektöründe elektrikli araçlar. *DergiPark Sigorta Bilimleri*, 14(2), 25–12.
- Çetinkaya, M. (2024). Türkiye’de elektrikli araç algısı ve tüketici davranışı. *DergiPark Elektrik-Elektronik Mühendisliği Dergisi*, 84(14), 55–63.
- Öztürk, E. (2021). *Türkiye’de elektrikli araç talep tahmini: yapay sinir ağı uygulaması*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Deloitte. (2023). *Global automotive consumer study*.
- Deloitte Türkiye. (2024). *Türkiye elektrikli araçlar pazarı raporu*.
- Demir, B. (2023). Çevresel sorumluluk bilincinin tüketici tercihlerine etkisi. *DergiPark Platform*, 74(52), 24–17.
- Demirtaş, B. ve Koyuncu, M. (2021). Türkiye’de elektrikli araç talep tahmini: ARIMA ve regresyon modelleri karşılaştırması. *DergiPark Sigorta Bilimleri*, 84(2), 65–19.
- Demirtaş, E. (2025). Yapay zeka destekli sigorta çözümleri. *DergiPark Sigorta Bilimleri*, 94(29), 25–82.
- Demirtaş, H. (2025). Türkiye’de çevresel kaygının elektrikli araç tercihiine etkisi. *DergiPark Sigorta Bilimleri*, 19(2), 65–36.
- Dickey, D. A. ve Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series. *Journal of the American Statistical Association*.
- Dropout: a simple way to prevent neural networks from overfitting. *Journal of Machine Learning Research*, 15(1), 1929–1958.

- Egbue, O. ve Long, S. (2012). Barriers to widespread adoption of electric vehicles. *Energy Policy*, 48, 717–729.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). (2022). *Türkiye elektrik piyasası raporu*.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). (2025). *Elektrikli araç şarj istasyonları raporu*.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). (2025). *Elektrikli araçlar ve şarj istasyonları 2025 raporu*.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). (2025). *Şarj altyapısı gelişim raporu 2025*.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). (2025). *Şarj istasyonları yıllık raporu*.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). (2025). *Türkiye elektrikli şarj ağı raporu*.
- EPDK. (2025). *Türkiye elektrikli şarj istasyonları raporu*. EPDK Yayınları.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2024). *Türkiye enerji görünümü 2024*.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2024). *Ulusal enerji ve iklim planı*. Ankara.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2025). *Ulusal şarj ağı gelişim raporu*.
- Ercan, T., Noori, M. ve Tatari, O. (2015). Modeling the adoption and use of electric vehicles. *Applied Energy*, 149, 354–367.
- Erdem, C. (2024). Türkiye’de elektrikli araçlar ve ikinci el pazar gelişimi. *İstanbul Üniversitesi Yayınları*, 19(72), 25–91.
- Erdem, C. ve Yılmaz, D. (2024). Elektrikli araçlarda tüketici bilgilendirme standartları. *DergiPark Elektrik-Elektronik Mühendisliği*, 19(2), 29–19.
- Erdem, E. (2022). Türkiye’de elektrikli araçlara yönelik tüketici tercihleri. *DergiPark Elektrik-Elektronik Mühendisliği*, 15(2), 75–17.
- Erdoğan, O., (2023). Elektrikli araçlarda risk yönetimi ve sigorta uygulamaları. *DergiPark Sigorta Bilimleri Dergisi*, 44(84), 56–75.
- Erdoğan, M. (2021). Elektrikli araçların Türkiye’de pazar payı ve gelecek projeksiyonu. *DergiPark Sigorta Bilimleri*, 99(72), 25–77.
- Erdoğan, M. ve Aksoy, B. (2023). Sürdürülebilir sigortacılık yaklaşımları. *Finansal Çalışmalar Dergisi* 89(72), 25–17.
- Ernst ve Young (EY). (2023). *EV transition study*.
- European Commission. (2021). *Fit for 55 package: reducing emissions by at least 55% by 2030*.
- European Commission. (2024). *Regulation on acoustic vehicle alerting systems (AVAS) for electric vehicles*.
- European Mobility Report. (2024). *Electric vehicle trends and user demographics in Europe*.
- Figenbaum, E. (2017). Perspectives on Norway’s supercharged electric vehicle policy. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 25, 14–34.
- Frost ve Sullivan. (2023). *Electric mobility report*.

- Gao, L., (2021). Deep learning techniques for electric vehicle forecasting. *Transportation Research Part C*, 128, 103166.
- Géron, A. (2019). *Hands-on machine learning with Scikit-Learn and TensorFlow*. O'Reilly Media.
- Gökgöz, F. (2020). Türkiye’de elektrikli araçların yaygınlaştırılmasına yönelik politika önerileri. *DergiPark Sigorta Bilimleri*, 64(72), 27–47.
- Gölbaşı, G. (2022). *Yapay zekâ tabanlı tahmin modelleri üzerine bir inceleme*. Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Güler, B. (2022). Elektrikli araç kullanıcılarının sigorta tercihleri üzerine bir araştırma. *DergiPark Sigorta Bilimleri*, 59(18), 27–74.
- Gürcan, Ö. (2020). *Yapay sinir ağlarının ekonomik tahminlerde kullanımı: Elektrikli araç piyasası üzerine bir inceleme*. Yüksek lisans tezi. Sakarya Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya
- Gürler, C. (2021). Elektrikli araç sahipliğinde tüketici davranışlarının incelenmesi: sosyoekonomik yaklaşım. *DergiPark Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 98–115.
- Gürler, C. (2021). Elektrikli araç tercihlerinde çevresel duyarlılığın etkisi: Türkiye örneği. *DergiPark Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(3), 89–102.
- Gürler, Ü. (2021). *Elektrikli araç talep tahmini: Bir yapay sinir ağı uygulaması*. Yüksek lisans tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul
- Han, J., Kamber, M. ve Pei, J. (2011). *Data mining: concepts and techniques*. Elsevier.
- Hardman, S. (2019). Understanding the impact of reoccurring and non-financial incentives on plug-in electric vehicle adoption: a review. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 119, 1–14.
- Hardman, S., (2017). A review of consumer preferences of electric vehicle adoption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 1390–1409.
- Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines*. Prentice Hall.
- Hinton, G., Osindero, S. ve Teh, Y. W. (2006). A fast learning algorithm for deep belief nets. *Neural Computation*.
- Hochreiter, S. ve Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735–1780.
- Hornik, K., Stinchcombe, M. ve White, H. (1989). Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural Networks*, 2(5), 359–366.
- Hyndman, R. J. ve Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: principles and practice*. OTexts.
- Hyundai Motor Group. (2023). *2023 sustainability report*.
- IEA. (2022). *Global EV outlook 2022*. International Energy Agency.
- IEA. (2023). *Global EV outlook 2023*. International Energy Agency.
- IEA. (2024). *Global EV outlook 2024*. International Energy Agency.

- IEA. (2024). *World energy outlook 2024*. International Energy Agency.
- IEA. (2025). *Global EV outlook 2025*. International Energy Agency Publications.
- Insurance Europe. (2024). *Electric vehicle risk profiles in Europe 2024*.
- International Council on Clean Transportation (ICCT). (2022). *Electric vehicle market developments*. Çevrimiçi erişim: <https://theicct.org/insight-analysis/> . Erişim tarihi: 25 Kasım 2024
- International Energy Agency. (2022). *Global EV outlook 2022*. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>
- International Energy Agency. (2023). *Global EV outlook 2023*. Erişim adresi: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>. Erişim tarihi: 25 Kasım 2024
- International Energy Agency (IEA). (2023). *Global EV outlook 2023: catching up with climate ambitions*. Çevrimiçi erişim adresi: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>. Erişim tarihi: 25 Kasım 2024
- International Energy Agency (IEA). (2024). *Global EV outlook 2024*.
- International Energy Agency (IEA). (2025). *Global EV outlook 2025*.
- İBB (İstanbul Büyükşehir Belediyesi). (2025). *Elektrikli araç uygulamaları raporu*.
- İyigün, M. (2019). *Elektrikli araçlarda talep modellemeleri: Türkiye örneği*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- İzmir Ekonomi Üniversitesi (İEÜ). (2023). *Elektrikli araçların Türkiye pazarı üzerine etkileri*.
- Jansson, J. (2011). Consumer eco-innovation adoption: assessing attitudinal factors and perceived product characteristics. *Business Strategy and the Environment*, 20(5), 299–316.
- Kalaycıoğlu, S. (2024). Türkiye'de elektrikli araç altyapısının mevcut durumu ve gelecek perspektifleri. *DergiPark Elektrik-Elektronik Mühendisliği*, 99(55), 27–85.
- Kara, B. (2020). *Elektrikli araçlara yönelik tüketici tercihleri: İstanbul ve Ankara üzerine bir araştırma*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Karagöl, E. T. ve Yılmaz, G. (2024). Türkiye’de elektrikli araçlara yönelik tüketici tercihleri: anket uygulaması. *DergiPark Platform*, 77(57), 27–15.
- Karakaş, B. (2022). Tüketici davranışları üzerine bir çalışma: elektrikli araçlar. *DergiPark Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları*, 18(37), 72–99.
- Kaya, B. (2021). *Elektrikli araç talebi ve pazar gelişimi üzerine bir analiz*. Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ankara.
- Kaya, B. (2025). Çevre bilinci ve elektrikli araç tercihi: Türkiye’deki genç tüketiciler üzerine bir araştırma. *DergiPark Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları*, 78(66), 21–23.
- Kaya, M. (2019). *Yapay zeka destekli talep tahmini modelleri: elektrikli araçlar için bir inceleme*. Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

- Kaya, R. ve Gürbüz, A. (2023). Elektrikli araç satın alma kararlarında sigorta maliyetinin etkisi: Türkiye üzerine bir inceleme. *Sakarya Üniversitesi Açık Erişim Arşivi*.
- Kingma, D. P. ve Ba, J. (2015). Adam: a method for stochastic optimization. *arXiv preprint*, arXiv:1412.6980.
- Korkmaz, A. ve Yılmaz, Z. (2020). Çevresel bilincin elektrikli araç tercihinin etkisi. *Çevre Politikaları Dergisi*, 5(1), 45–62.
- Korkmaz, O. (2021). *Yapay sinir ağları ile elektrikli araç talep tahmini üzerine bir inceleme*. Yüksek lisans tezi. Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Kotsiantis, S. B., Kanellopoulos, D. ve Pintelas, P. E. (2006). Data preprocessing for supervised learning. *International Journal of Computer Science*, 1(2), 1–7.
- Kumar, R. R. ve Alok, K. (2020). Adoption of electric vehicle: a literature review and prospects for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119911.
- Kurnaz, E. (2021). Elektrikli araçlarda yapay sinir ağı kullanımı ile talep tahmini. *DergiPark Elektrik-Elektronik Mühendisliği Dergisi*, 68(20), 36–77.
- Kuru, A. ve Tanyeri, K. (2023). Yapay sinir ağları ile elektrikli araç talep tahmini. *DergiPark Elektrik-Elektronik Mühendisliği Dergisi*, 86(22), 22–70.
- Köse, D. (2022). *Türkiye’de elektrikli araçlar ve sigorta uygulamaları: bir karşılaştırma*. Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Köse, İ., Yıldız, O. ve Demirbaş, A. (2024). Elektrikli araç verilerinde gizlilik ve güvenlik: mevcut durum ve gelecek perspektifi. *DergiPark Elektrik-Elektronik Mühendisliği Dergisi*, 9(1), 45–61.
- Kılınç, D. (2022). *Türkiye’de elektrikli araç kullanım potansiyelinin yapay sinir ağları ile modellenmesi*. Yüksek lisans tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Lane, B. ve Potter, S. (2007). The adoption of cleaner vehicles in the UK: exploring the consumer attitude–action gap. *Journal of Cleaner Production*, 15(11–12), 1085–1092.
- LeCun, Y., Bengio, Y. ve Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444.
- Li, W., Long, R. ve Chen, H. (2017). Consumers’ evaluation of national new energy vehicle policy in China: an analysis based on a four-paradigm model. *Energy Policy*, 110, 90–100.
- Li, X., Sun, Y. ve Zhang, X. (2023). Forecasting electric vehicle adoption: a hybrid machine learning approach. *Energy Policy*, 175, 113458.
- Lutsey, N. ve Nicholas, M. (2019). Update on electric vehicle costs in the United States through 2030. *ICCT Working Paper*.
- McCulloch, W. S. ve Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*.
- McKinsey ve Company. (2025). *Future of mobility: the impact of autonomous and electric vehicles on insurance*.

- Mercedes-Benz Group. (2024). *Ambition 2039 strategy*.
- Minsky, M. ve Papert, S. (1969). *Perceptrons*. MIT Press.
- Mock, P. ve Yang, Z. (2014). *Driving electrification: a global comparison of fiscal incentive policy for electric vehicles*. International Council on Clean Transportation (ICCT) White Paper.
- Nair, V. ve Hinton, G. E. (2010). Rectified linear units improve restricted Boltzmann machines. *Proceedings of the 27th International Conference on Machine Learning (ICML)*.
- Nastasi, B. ve Başar, M. (2023). Dünya'da elektrikli araç teşvik mekanizmaları. *DergiPark Elektrik-Elektronik Mühendisliği Dergisi*, 68(20), 36–77.
- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). (2025). *Crash avoidance and electric vehicles: a statistical overview*.
- National Transportation Safety Board (NTSB). (2024). *Electric vehicle fire safety research*.
- Navigant Research. (2023). *EV growth forecasts*.
- Noel, L., Zarazua de Rubens, G., Kester, J. ve Sovacool, B. K. (2021). Vehicle-to-grid: a sociotechnical transition beyond electric mobility. *Energy Policy*, 152, 112–150.
- Nordic EV Report. (2022). *Electric vehicle market development in Nordic countries*.
- NVE. (2025). *EV-friendly electricity pricing schemes*. Norveç Enerji Düzenleme Kurumu.
- Nwankpa, C., Ijomah, W., Gachagan, A. ve Marshall, S. (2018). Activation functions: comparison of trends in practice and research for deep learning. *arXiv preprint*, arXiv:1811.03378.
- Nykqvist, B. ve Nilsson, M. (2015). Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles. *Nature Climate Change*, 5(4), 329–332.
- ODD. (2025). *Türkiye elektrikli araç satış raporu*. Otomotiv Distribütörleri Derneği.
- ODMD. (2025). *2025 yılı Türkiye elektrikli araç satış raporu*.
- ODMD. (2025). *2025 Türkiye otomotiv pazar verileri*.
- Otomotiv Distribütörleri ve Mobilite Derneği (ODMD). (2023–2025). *Türkiye elektrikli araç pazarı raporu*. İstanbul: ODMD.
- Otomotiv Distribütörleri ve Mobilite Derneği (ODMD). (2024). *Türkiye otomotiv pazarı raporu*.
- Ozdemir, O. (2021). Elektrikli araç talebinin modellenmesi: Türkiye örneği. *DergiPark Elektrik-Elektronik Mühendisliği Dergisi*, 68(27), 17–58.
- PwC Türkiye. (2023). *Türkiye elektrikli araçlar sektör analizi*, PwC Raporu.
- PwC. (2023). *EV market trends 2023*.
- PwC Türkiye. (2025). *Elektrikli araç şarj altyapısı raporu 2025*.
- PwC Türkiye. (2025). *Elektrikli araç şarj istasyonu sektörüne genel bakış 2025*. PwC Raporu.

- PwC Türkiye. (2025). *Türkiye elektrikli araçlar pazarı ve gelecek projeksiyonları*. PwC Yayınları.
- Renault Group. (2023). *Green mobility report*.
- Resmi Gazete. (2025). 2025/12Tesla Inc. (2024). *Annual impact report*.
- Resmi Gazete. (2025). *Elektrikli araçlara yönelik ÖTV teşvikleri kararnamesi*.
- Resmî Gazete. (2022). *Elektrikli araçlar için ÖTV düzenlemeleri*.
- Resmî Gazete. (2022). *Elektrikli araçlar için ÖTV düzenlemesi*. Resmî Gazete Arşivi.
- Resmî Gazete. (2022). *Özel Tüketim Vergisi Kanunu değişiklikleri*.
- Resnik, D. B. (2015). What is ethics in research and why is it important? *National Institute of Environmental Health Sciences*.
- Rezvani, Z., Jansson, J. ve Bodin, J. (2015). Advances in consumer electric vehicle adoption research: a review and research agenda. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 34, 122–136.
- Rezvani, Z., Jansson, J. ve Bodin, J. (2018). Advances in consumer electric vehicle adoption research: a review and research agenda. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62, 480–497.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. ve Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323(6088), 533–536.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2022). *Türkiye elektrikli araçlar strateji belgesi*.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2023). *Elektrikli araçlar strateji belgesi 2023–2030*.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2025). *Elektrikli araç stratejisi 2025–2030*. Ankara: Resmî Yayınlar.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2025). *Türkiye elektrikli araçlar strateji belgesi*. Ankara.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2025). *Türkiye elektrikli araçlar strateji belgesi*. Bakanlık Yayınları.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2025). *Türkiye elektrikli araçlar ve batarya stratejisi 2025–2030*.
- Sarı, D. ve Ekinci, M. (2021). *Elektrikli araç talep tahmininde yapay sinir ağları kullanımı*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Sarı, M. ve Ekinci, E. (2021). Yapay zekâ ile talep tahminleme: derin öğrenme yaklaşımı. *Yönetim ve Organizasyon Araştırmaları Dergisi*, 8(3), 215–231.
- Sharma, V. ve Singh, S. (2019). Prediction of electric vehicle demand using machine learning models: an empirical study. *Procedia Computer Science*, 167, 2101–2109.

- Sierzchula, W., Bakker, S., Maat, K. ve van Wee, B. (2014). The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. *Energy Policy*, 68, 183–194.
- Sigorta Bilgi ve Gözetim Merkezi (SBM). (2025). *Türkiye araç sigortası istatistikleri 2025*.
- Srivastava, N., Hinton, G., Krizhevsky, A., Sutskever, I. ve Salakhutdinov, R. (2014). Statista Research Department. (2023). *EV consumer preferences*.
- Strategyve Türkiye. (2023). 2022'nin dördüncü çeyreğinde elektrikli araç satışları raporu: BEV'ler toplam sahip olma maliyetinde içten yanmalıları yakaladı. *PwC Strategyve Bülteni*.
- Sönmez, M. (2020). *Yapay sinir ağları ile talep tahmini üzerine bir inceleme*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Şahin, B. (2023). Türkiye'de elektrikli araç kullanımı ve çevresel etkileri. *Çevre ve Şehircilik Dergisi*, 12(1), 45–58.
- Şahin, M. (2023). Türkiye'de elektrikli araç kullanıcılarının satın alma davranışları üzerine bir araştırma. *DergiPark Elektrik-Elektronik Mühendisliği Dergisi*, 88(30), 36–90.
- Şahin, S. (2019). Elektrikli araç pazarlarının gelişimi ve beklentileri. *DergiPark Sigorta Bilimleri Dergisi*, 84(14), 55–63.
- Şahin, S. (2019). Türkiye'de elektrikli araç pazarının gelişimi ve beklentiler. *DergiPark Sigorta Bilimleri Dergisi*, 99(74), 56–55.
- Şahin, Y. (2019). *Talep tahmini yöntemlerinin karşılaştırılması: bir otomotiv sektörü uygulaması*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul.
- Şimşek, A. ve Çelik, M. (2023). *Makine öğrenmesi tabanlı talep tahminleme yöntemleri: elektrikli araçlar için hibrit bir model önerisi*. Yüksek lisans tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2021). *Türkiye'nin iklim değişikliği stratejisi 2021–2030*. Ankara: T.C. ÇŞB.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2024). *Elektrikli araçlar strateji belgesi*.
- Tanrıverdi, E. (2023). Elektrikli araç sigortacılığında risk değerlendirmeleri. *DergiPark, Sigorta Bilimleri Dergisi*. 99(74), 56–55.
- TEHAD. (2025). *Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği 2025 pazar verileri*. Erişim adresi: <https://tehad.org/>. Erişim tarihi: 25 Kasım 2024
- TEHAD. (2025). *Türkiye elektrikli araçlar raporu 2025*.
- TEHAD (2022). *Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği raporları*.
- TEHAD (Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği). (2022). *Türkiye elektrikli araçlar raporu*. Çevrimiçi erişim adresi: <https://tehad.org/>. Erişim tarihi: 25 Kasım 2024
- Temiz Enerji Platformu. (2024). *Şarj istasyonları için sigorta gereklilikleri*.
- TOGG Resmî Web Sitesi. (2023–2025). *Togg T10X teknik özellikler*.

- TOGG Satış Raporu. (2025). *TOGG elektrikli araç satış verileri*.
- Togg. (2024). *Resmî web sitesi bilgileri*.
- Tsai, C.-F. ve Wu, J.-W. (2008). Using neural network ensembles for bankruptcy prediction and credit scoring. *Expert Systems with Applications*, 34(4), 2639–2649.
- TSB. (2025). Türkiye Elektrikli Araç Sigorta Regülasyonları. *Türkiye Sigorta Birliği Yayını*.
- TSB. (2025). *Türkiye sigorta sektörü elektrikli araç raporu 2025*.
- TSB. (2025). *Türkiye Sigorta Birliği 2025 elektrikli araç raporu*. TSB Yayınları.
- TÜBİTAK MAM. (2025). *Türkiye elektrikli araç strateji belgesi*. Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Enstitüsü.
- TÜİK. (2023). *Motorlu taşıtlar ve vergilendirme istatistikleri*. Türkiye İstatistik Kurumu.
- TÜİK. (2023). *Türkiye İstatistik Kurumu elektrikli araç verileri*. Erişim: <https://data.tuik.gov.tr>
- TÜİK. (2024). *Motorlu kara taşıtları istatistikleri*. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- TÜİK. (2025). *Türkiye elektrikli araç sahiplik istatistikleri*. Türkiye İstatistik Kurumu.
- Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB). (2025). *Elektrikli araçlar ve tüketici finansmanı raporu*.
- Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği (TEHAD). (2024). *Elektrikli araç şarj altyapısı raporu*.
- Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği (TEHAD). (2025). *Elektrikli araç satış raporu*.
- Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği (TEHAD). (2025). *Türkiye elektrikli araç pazarı raporu 2025*.
- Türkiye Sigorta Birliği. (2024). *Elektrikli araçlar ve Türkiye sigorta pazarındaki gelişmeler*. TSB Resmî Raporu.
- Türkiye Sigorta Birliği. (2025). *2025 elektrikli araç sigorta istatistikleri raporu*.
- Türkiye Sigorta Birliği. (2025). *Türkiye kasko sigorta raporu*.
- Türkiye Sigorta Birliği (TSB). (2014–2025). *Sigorta sektörü raporları*. İstanbul: TSB Yayınları.
- Türkiye Sigorta Birliği (TSB). (2024). *Motorlu kara taşıtları kasko verileri*.
- Türkiye Sigorta Birliği (TSB). (2025). *2025 yılı elektrikli araç sigorta raporu*. TSB Yayınları.
- Türkiye Sigorta Birliği (TSB). (2025). *2025 yılı kasko sigortası istatistikleri*.
- Türkiye Sigorta Birliği (TSB). (2025). *Elektrikli araçlar ve sigorta riskleri raporu*. TSB Yayınları.
- Türkiye Sigorta Birliği (TSB). (2025). *Kasko sigortası trend raporu 2025*.
- TÜSED. (2024). *Türkiye Sigorta ve Emeklilik Derneği 2025 elektrikli araçlar raporu*. TÜSED Yayınları, İstanbul.

- TÜSED. (2025). *Sigorta bilincini artırmaya yönelik elektrikli araç kullanıcı eğitimi*. Türkiye Sigorta Eğitim Derneği Raporu.
- U.S. Department of Energy. (2023). *Inflation Reduction Act and EV incentives*.
- U.S. EV Sales Report. (2023). *U.S. EV market analysis*.
- Ünver, E. (2018). Elektrikli araçların Türkiye’deki yeri. *DergiPark Sigorta Bilimleri Dergisi*99(74), 56–55.
- Vapnik, V. (1995). *The nature of statistical learning theory*. Springer.
- Wang, J., Yang, H. ve Zhang, H. (2018). Application of artificial neural networks in transportation systems: a review. *Transportation Research Part C*, 89, 1–22.
- Wang, N., Tang, L. ve Pan, H. (2017). Analysis of public acceptance of electric vehicles: an empirical study in Shanghai. *Technological Forecasting and Social Change*, 118, 34–46.
- Wang, N., Tang, L. ve Pan, H. (2017). Data mining techniques for customer relationship management. *Advances in Mechanical Engineering*, 9(4), 427–434.
- World Bank. (2022). *Global EV infrastructure investments*. Yıldız, İ. (2022). *Elektrikli araç talebi ve yapay sinir ağları üzerine bir uygulama*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik .i, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Yıldız, Ö. (2024). Genç tüketicilerin elektrikli araç tercihlerinde belirleyici faktörler. *DergiPark Sigorta Bilimleri Dergisi*, 44(84), 56–75.
- Yıldız, S. (2025). *Elektrikli araç satın alma kararlarında devlet teşviklerinin rolü: Türkiye örneği*. Yüksek lisans tezi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, A. (2021). *Elektrikli araçlar ve sigorta risk analizi*. Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi. Eskişehir.
- Yılmaz, A. (2024). Elektrikli araç filo sigortacılığı stratejileri. *İstanbul Üniversitesi Yayını*. 99(74), 56–55.
- Yılmaz, O. (2022). *Türkiye’de elektrikli otomobil pazarının gelişimi*. Yüksek lisans tezi, Milli Savunma Üniversitesi, Deniz Harp Okulu Komutanlığı, Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, S. (2024). Elektrikli araçların sigorta tercihleri üzerine bir değerlendirme. *DergiPark, Sigorta Bilimleri Dergisi*, 69(79), 56–11.
- Zhang, C., Wang, J. ve Zhao, D. (2021). Demand forecasting for electric vehicles using hybrid deep learning approach. *Energy Reports*, 7, 435–448.
- Zhang, G. (2003). Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. *Neurocomputing*, 50, 159–175.
- Zhang, G., Eddy Patuwo, B. ve Hu, M. Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks: the state of the art. *International Journal of Forecasting*, 14(1), 35–62.

- Zhang, J. ve Wen, J. (2018). Big data analytics for transportation: problems and prospects. *Transportmetrica B: Transport Dynamics*, 6(2), 104–121.
- Zhang, Y., Wang, L. ve Zhao, J. (2021). Comparative analysis of machine learning models for EV demand forecasting. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 93, 102762.
- Zhao, Y. ve Zhang, Z. (2024). Deep learning based sales forecasting model for EVs: an empirical study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 119, 103621.
- Zhou, Y. ve Li, Y. (2022). Infrastructure support and EV adoption: a global perspective. *Journal of Cleaner Production*, 363, 132573.
- Zhu, L., (2020). Big data analytics for forecasting electric vehicle adoption: a review. *Applied Energy*, 261, 114305.

